

INF/DISEÑO – ESTUDIO HIDROLÓGICO  
Ing. Eldis A. Ruiz V.  
C.I.N° 2014-006-131

**Análisis Hidrológico**  
**PROYECTO: LOTIFICACION SAN**  
**JOSE**

**PROMOTOR:**

**DELVIN BULTRON**

**RÍO OCU**

**INFORME N° 1**

**FECHA: JULIO 2023**



Ing. Eldis A. Ruiz V.

## 1. INTRODUCCIÓN

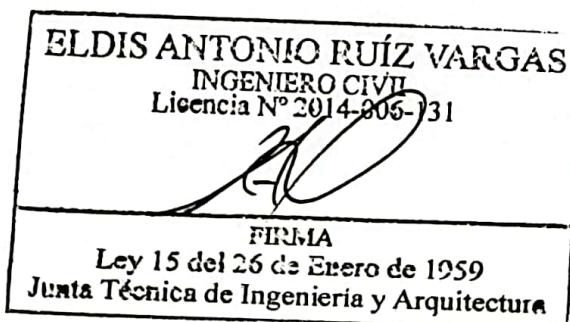
*El presente estudio tiene como objetivo complementar el desarrollo del Proyecto de Lotificación sobre la finca 30411067, de manera que pueda ser evaluado el comportamiento y las condiciones hidrológicas dentro del citado proyecto.*

*El proyecto se localiza en Ocú, Corregimiento de Ocú, Provincia de Herrera.*

*Se utilizaron los conceptos de divisoria o interflujo y sumatoria de líneas paralelas para identificar el perímetro, así como las observaciones de campo.*

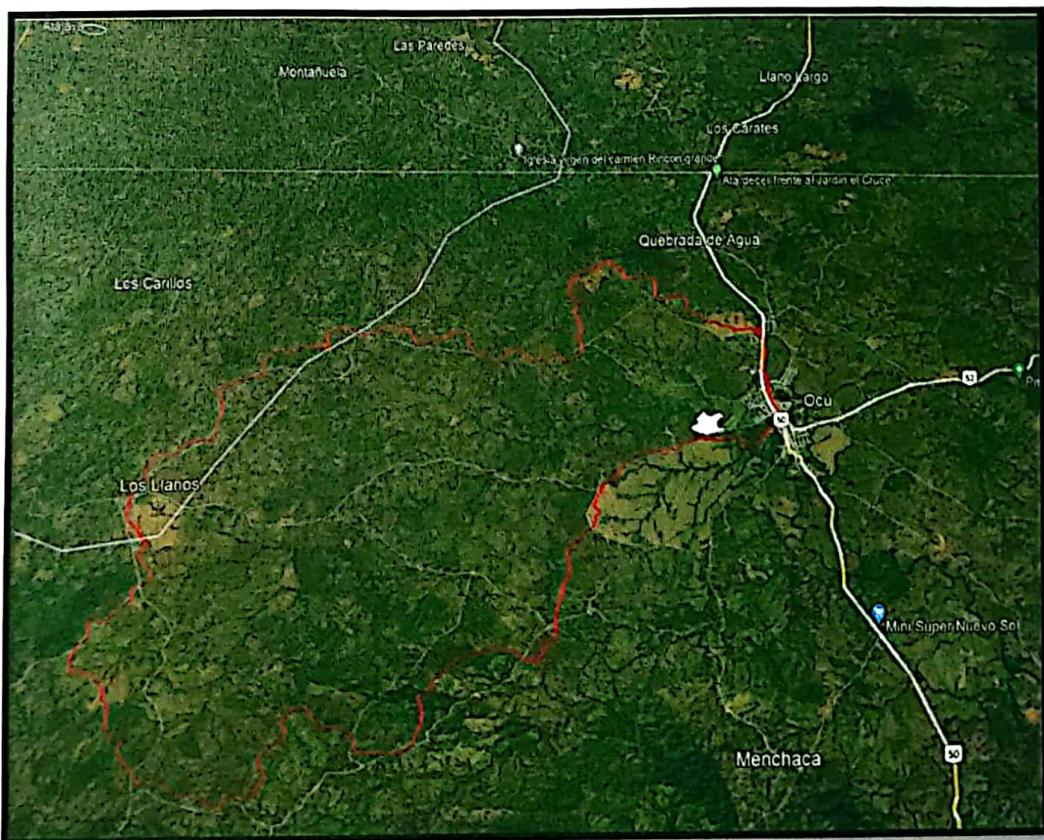
*El área donde se desarrollará el proyecto es una zona rural, donde predominan arbustos y pastizales en áreas abiertas e interrumpidas y vegetación característica del entorno cercano a un cuerpo hídrico.*

*Las pendientes de las zonas a intervenir en el proyecto hacia el río son moderadas y su elevación es mayor en el margen donde se van a construir las viviendas.*



*En la época seca se presentan los caudales menores, durante la época de lluvia se tienen los caudales mayores.*

*Por la naturaleza del área y el comportamiento del Río se ha considerado para este estudio hidrológico toda el área de drenaje aguas arriba de la zona a intervenir comprendida por la sección del río cuyo recorrido en todas las zonas de intervención del proyecto es de aproximadamente 1k+220 (ver imagen de localización), el área de drenaje es hasta la zona de influencia del proyecto es de 62 km<sup>2</sup> (6200 ha) hasta el punto final del proyecto, localizado en la parte sur de la finca (ver secciones transversales).*



*Figura 1. Zona de influencia -Cuenca de Drenaje*

Se somete este proyecto a los cálculos de los caudales promedios en el área de influencia del proyecto para una crecida en un periodo de retorno de 50 a través de un recorrido observado en campo, que va desde la estación 0K+000 hasta la 1K+220.00, hacemos la aclaración de que se ha modelado tomando en cuenta toda el área de drenaje del cauce hídrico y realizado un análisis completo del recorrido del cauce , sin embargo el proyecto se ve influenciado solamente en los tramos señaladas en la línea anterior, por lo que la secciones a modelar corresponderán únicamente al tramo a intervenir.

Por otro lado es menester de este estudio, analizar los volúmenes de agua durante la época de invierno en la sección observada a fin de disponer de los parámetros hidráulicos sustanciales para el buen desempeño del proyecto y de esta manera eliminar las molestias a los futuros usuarios y vecinos del área.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Estudiar aspectos hidrológicos de una sección de la sub-cuenca y observar su comportamiento hidráulico, para para un período de retorno 1:50 años respectivamente.

El objetivo del Estudio Hidrológico en la zona es visualizar el potencial de inundación de los terrenos adyacentes al cauce hídrico y realizar los análisis correspondientes a fin de establecer el caudal de diseño para el período de retorno adecuado y así establecer la cota mínima de terracería, para evitar inundaciones y perjuicios a los que viven en el área en mención.

Los Estudios Hidrológicos e Hidráulicos se llevaron a cabo a partir de información hidroclimatológica y topográfica de la zona de interés, tomando en cuenta la amenaza que puede generar el proyecto o a la que puede verse expuesto, de acuerdo a los niveles de inundación, estableciendo así las medidas de mitigación necesarias.

### 3. INFORMACIÓN ANALIZADA

Para el análisis de la situación, se ha valido de toda la información suministrada por La empresa Promotora en donde destacan principalmente:

- ✓ Diseño Inicial para evacuación de las aguas Pluviales y estudios hidrológicos para quebradas.
- ✓ Planos CAD y perfiles topográficos de la zona a analizar.
- ✓ Curvas de nivel y levantamiento topográfico.

De Manera complementaria se emplearon los estudios realizados por ETESA a las principales cuencas del país, para estimar los caudales de la zona.

### 3. NORMATIVA DE REFERENCIA

- MOP: MANUAL PARA LA REVISION DE PLANOS, ACTUALIZADO SEGÚN GACETA NO. 29308-B, OFICIAL DIGITAL, DEL MARTES 15 DE JUNIO DE 2021.
- Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006. ETESA

### 4. METODOLOGÍA

Tras analizar la información suministrada, se ha realizado un análisis hidrológico con la finalidad principal de estimar los niveles de crecidas máxima para distintos periodos de retorno y tener un comportamiento bastante aproximado del cauce y la zona donde se desea realizar los desarrollos. Para realizar este trabajo se ha procedido de la siguiente forma:

1. Demarcación de las cuencas de aporte de hacia el río.
2. Demarcación de la ruta de recorrido y el tiempo de concentración.
3. Cálculo de la intensidad máxima de lluvia para un periodo de retorno de 1:50 años.

## Recopilación de la Información

*Básicamente se recabó la información a partir de la revisión y análisis de bibliografía, Estudios hidrológicos del área de interés, glosario hidrológico internacional, documentos, planos, mapas, especificaciones del MOP, Leyes, Normas y Decretos relativos al agua y de las observaciones y mediciones realizadas en campo con un equipo de especialistas.*

## Cálculos

*En gabinete se realizaron elaboraciones de planos, cálculos y mediciones del área de drenaje y su delimitación, pendientes, distancias, perfil de la quebrada, recorrido de la quebrada, secciones transversales, dimensiones de los taludes, así como de otros parámetros hidráulicos, análisis de variables climatológicas y levantamientos topográficos y batimétricos en los puntos de interés, se utilizaron los Mosaicos topográficos OCÚ Hoja 4039 IV, 1:25,000 del IGNTG de Panamá.*

*Entre las consultas revisamos los boletines hidrológicos de ETESA.*

*Las visitas al sitio del proyecto se realizaron para el reconocimiento del área y otros aspectos ambientales (flora y fauna, aspectos físicos y comunidad adyacente al curso hídrico, evaluación visual, etc.), el cálculo de caudales para diferentes períodos de retornos, levantamientos topográficos y geodésicos, cálculo de secciones transversales y perfil de la quebrada.*

## Hidrología

### Hidro climatología

En Ocú, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es ventosa y parcialmente nublada y es muy caliente y opresivo durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 36 °C.

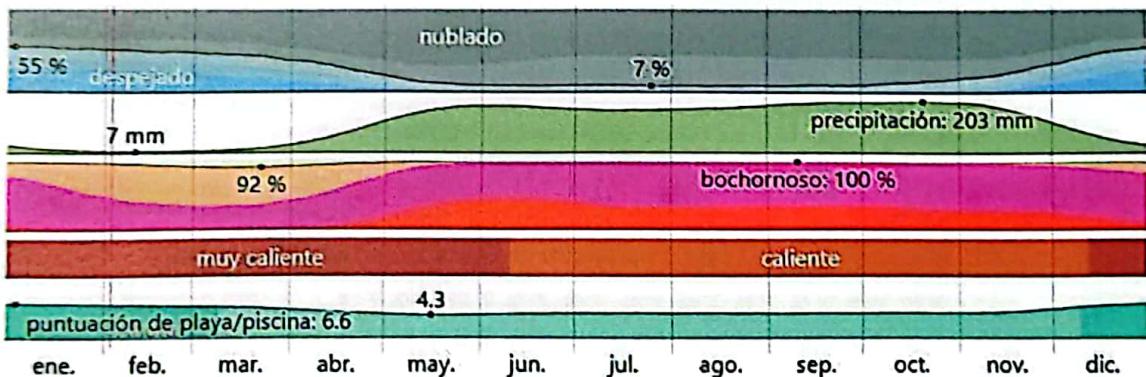
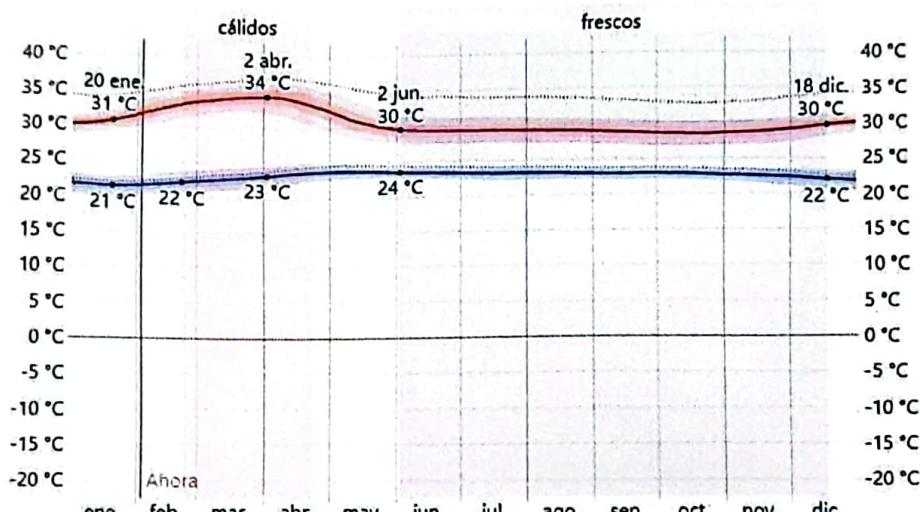


Fig. 1 Tiempo por Mes en Ocú (fuente: <https://es.weatherspark.com/>)

### Temperatura Promedio Ocú

La temporada calurosa dura 2.0 meses, del 21 de febrero al 23 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 33 °C. El mes más cálido del año en Ocú es abril, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y mínima de 24 °C.

La temporada fresca dura 6.5 meses, del 2 de junio al 18 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 30 °C. El mes más frío del año en Ocú es octubre, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y máxima de 28 °C.



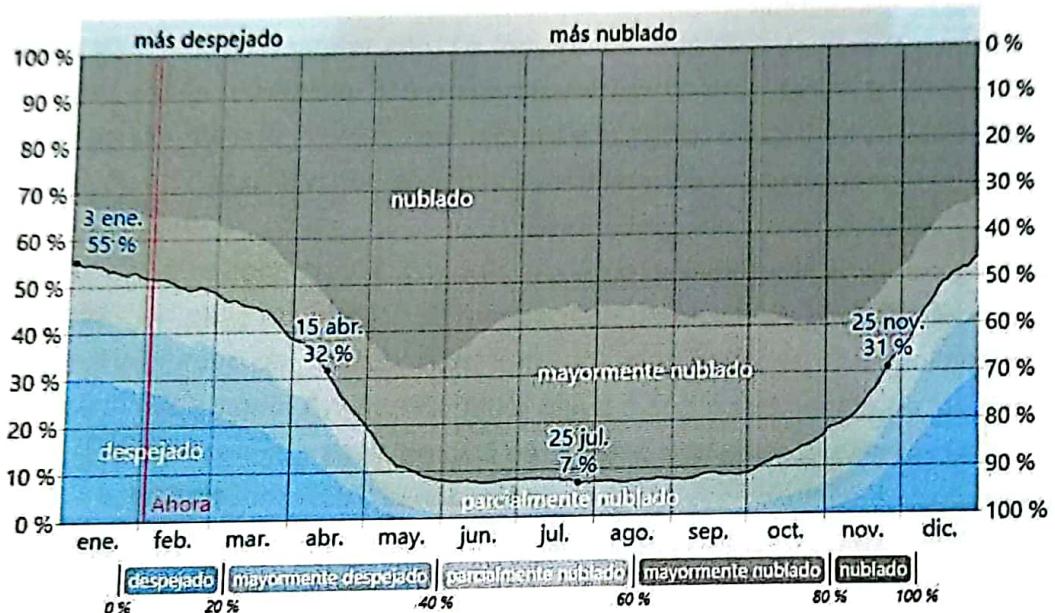
La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	Jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	31 °C	33 °C	34 °C	34 °C	31 °C	29 °C	29 °C	29 °C	28 °C	29 °C	30 °C	
Temp.	25 °C	27 °C	28 °C	28 °C	27 °C	26 °C	26 °C	26 °C	25 °C	25 °C	25 °C	
Mínima	22 °C	22 °C	23 °C	24 °C	24 °C	23 °C	22 °C	22 °C				

Fig2. Temperatura promedio máxima y Mínima de Ocú

## NUBOSIDAD

En Ocú, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en Ocú comienza aproximadamente el 25 de noviembre; dura 4.7 meses y se termina aproximadamente el 15 de abril. El mes más despejado del año en Ocú es enero, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 54 % del tiempo. La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 15 de abril; dura 7.3 meses y se termina aproximadamente el 25 de noviembre. El mes más nublado del año en Ocú es agosto, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 93 % del tiempo.



El porcentaje de tiempo pasado en cada banda de cobertura de nubes, categorizado según el porcentaje del cielo cubierto de nubes.

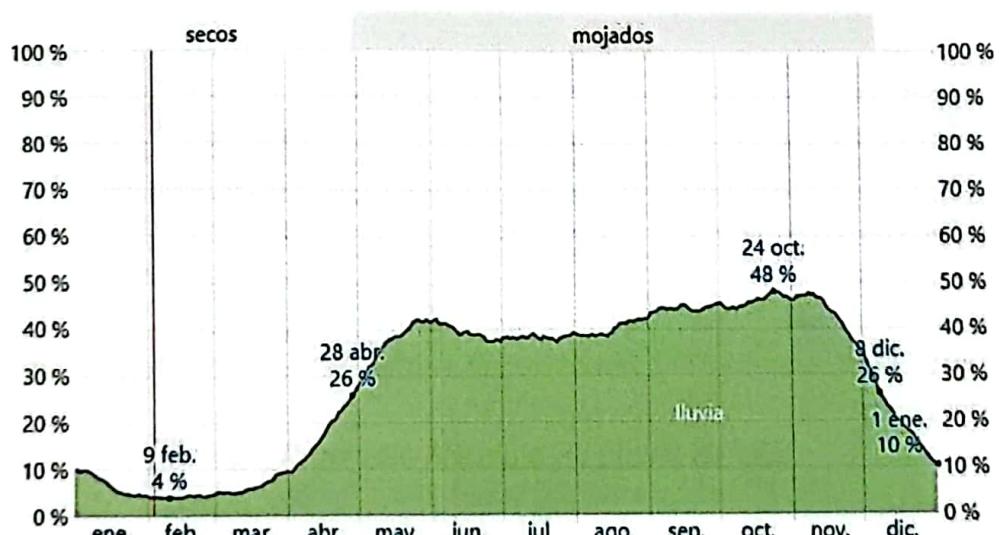
	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	Jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Más nublado	46 %	50 %	56 %	71 %	88 %	92 %	92 %	93 %	92 %	87 %	75 %	53 %
Más despejado	54 %	50 %	44 %	29 %	12 %	8 %	8 %	7 %	8 %	13 %	25 %	47 %

Fig3. Categorías de Nubosidad de Ocú

## Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Ocú varía considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 7.4 meses, de 28 de abril a 8 de diciembre, con una probabilidad de más del 26 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Ocú es octubre, con un promedio de 14.3 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 4.7 meses, del 8 de diciembre al 28 de abril. El mes con menos días mojados en Ocú es febrero, con un promedio de 1.2 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Ocú es octubre, con un promedio de 14.3 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 48 % el 24 de octubre.



El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

Días de	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	Jun.	Jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Lluvia	2.1dd.	1.2dd.	2.0dd.	5.5dd.	11.7dd.	11.8dd.	11.9dd.	12.5dd.	13.3dd.	14.3dd.	12.9dd.	6.2dd.

Fig4. Probabilidad de precipitación de Ocú

## Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una escala móvil centrado alrededor de cada día del año. Ocú tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 10 meses, del 14 de marzo al 19 de enero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en Ocú es octubre, con un promedio de 203 milímetros de lluvia.

El período del año sin lluvia dura 1.8 meses, del 19 de enero al 14 de marzo. El mes con menos lluvia en Ocú es febrero, con un promedio de 7 milímetros de lluvia.

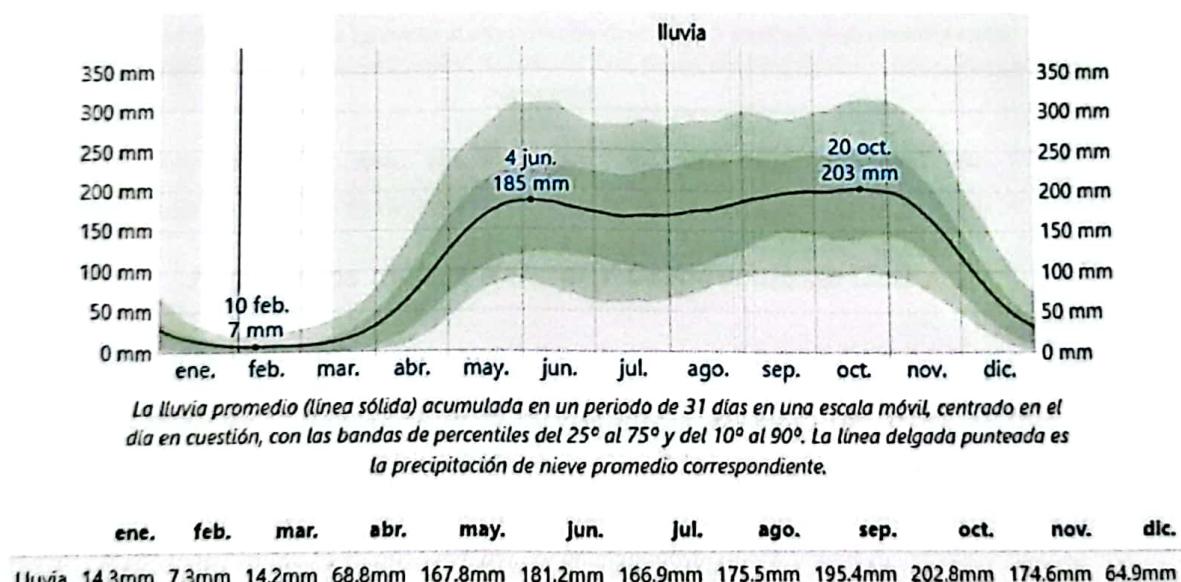
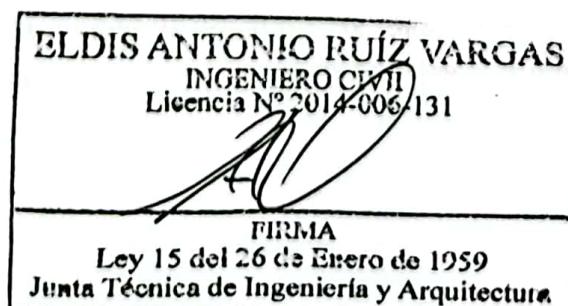
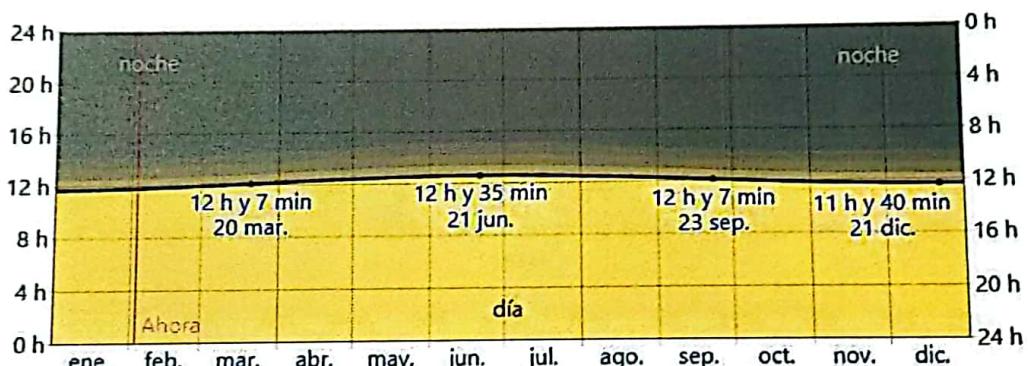


Fig5. Promedio Mensual de Lluvia de Ocú



### Sol

La duración del día en Ocú no varía considerablemente durante el año, solamente varía 35 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2023, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 40 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 12 horas y 35 minutos de luz natural.



La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total

Horas de ene. feb. mar. abr. may. jun. jul. ago. sep. oct. nov. dic.

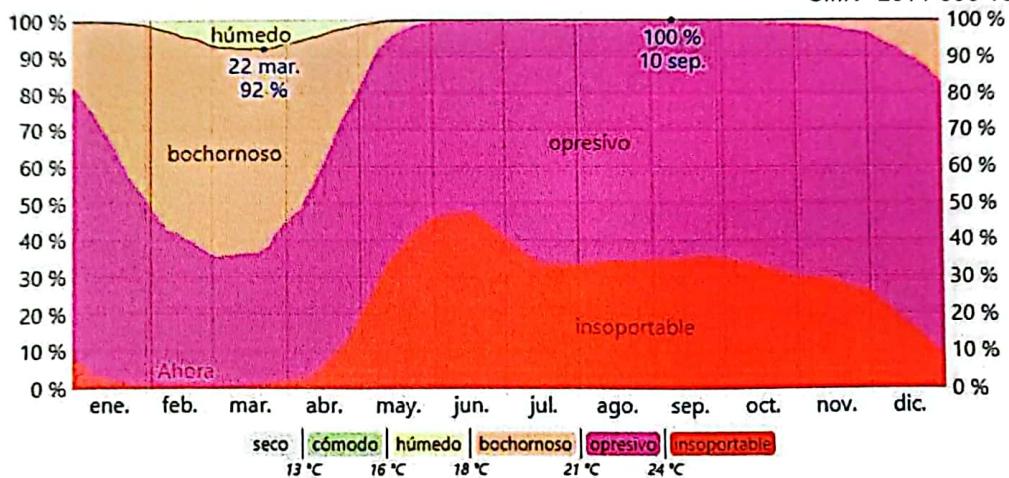
Luz natural 11.7h 11.9h 12.1h 12.3h 12.5h 12.6h 12.5h 12.4h 12.2h 11.9h 11.8h 11.7h

**Fig6. Horas de Luz Natural Y Crepúsculo de Ocú**

### Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en Ocú, debido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insopportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece entre el 4 % del 96 %.



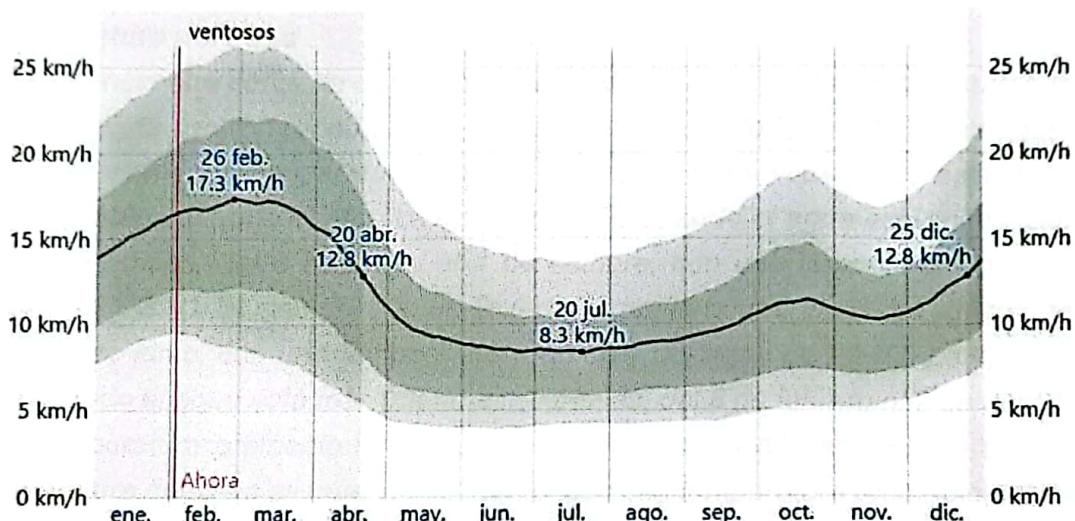
El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío.

	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	Jun.	Jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Días bochornosos	30.9dd.	26.9dd.	28.7dd.	28.9dd.	30.9dd.	30.0dd.	31.0dd.	31.0dd.	30.0dd.	31.0dd.	30.0dd.	31.0dd.

Fig7. Niveles de Comodidad de la Humedad de Ocú

### Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora. La velocidad promedio del viento por hora en Ocú tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 3.9 meses, del 25 de diciembre al 20 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 12.8 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Ocú es febrero, con vientos a una velocidad promedio de 16.9 kilómetros por hora. El tiempo más calmado del año dura 8.1 meses, del 20 de abril al 25 de diciembre. El mes más calmado del año en Ocú es julio, con vientos a una velocidad promedio de 8.4 kilómetros por hora.

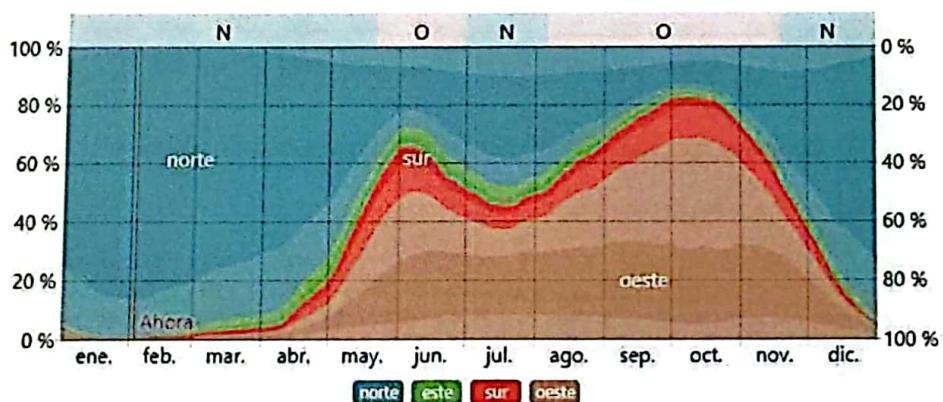


El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25º a 75º y 10º a 90º.

	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Vel. del viento (kph)	15.2	16.9	16.8	13.4	9.6	8.5	8.4	8.9	8.9	9.8	11.1	10.5

**Fig8. Velocidad promedio del Viento en Océano Pacífico**

La dirección predominante promedio por hora del viento en Océano Pacífico varía durante el año. El viento con más frecuencia viene del oeste durante 1.3 meses, del 21 de mayo al 30 de junio y durante 3.4 meses, del 6 de agosto al 18 de noviembre, con un porcentaje máximo del 69 % en 13 de octubre. El viento con más frecuencia viene del norte durante 1.2 meses, del 30 de junio al 6 de agosto y durante 6.1 meses, del 18 de noviembre al 21 de mayo, con un porcentaje máximo del 48 % en 18 de julio.

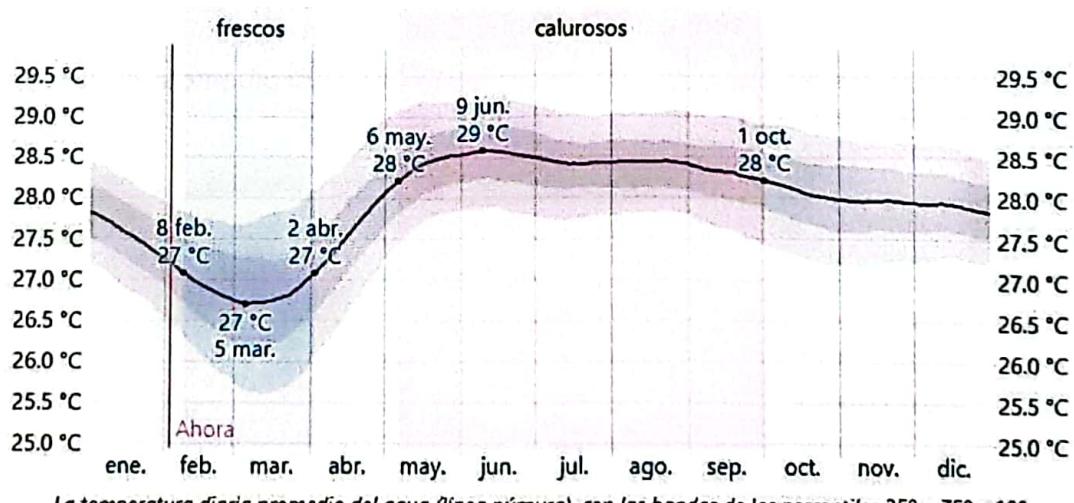


El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menor de 1.6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

**Fig9. Dirección del Viento en Océano Pacífico**

### Temperatura del agua

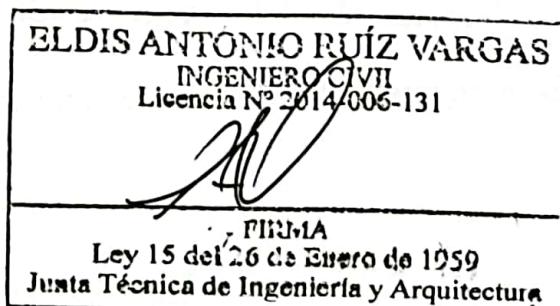
Ocú se encuentra cerca de una masa grande de agua (p. ej. un océano, mar o lago grande). Esta sección reporta la temperatura promedio de la superficie del agua de un área amplia. La temperatura promedio del agua tiene variaciones estacionales considerables durante el año. La época del año cuando el agua está más caliente dura 4.9 meses, del 6 de mayo al 1 de octubre, con una temperatura promedio superior a 28 °C. El mes del año en Ocú en el que la temperatura del agua es más caliente es junio, con una temperatura promedio del agua de 29 °C. La época del año cuando el agua está más fría dura 1.8 meses, del 8 de febrero al 2 de abril, con una temperatura promedio inferior a 27 °C. El mes del año en Ocú en el que la temperatura del agua es más fría es marzo, con una temperatura promedio del agua de 27 °C.



La temperatura diaria promedio del agua (línea púrpura), con las bandas de los percentiles 25° a 75° y 10° a 90°.

Agua ene. feb. mar. abr. may. jun. jul. ago. sep. oct. nov. dic.  
 Temperatura 28 °C 27 °C 27 °C 28 °C 28 °C 29 °C 28 °C 28 °C 28 °C 28 °C 28 °C 28 °C

Fig10. Temperatura Promedio del Agua en Ocú



### Energía solar

Esta sección trata sobre la energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta. La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales considerables durante el año. El período más resplandeciente del año dura 2.9 meses, del 16 de enero al 13 de abril, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6.0 kWh. El mes más resplandeciente del año en Ocú es marzo, con un promedio de 6.7 kWh. El período más obscuro del año dura 5.4 meses, del 18 de mayo al 1 de noviembre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 3.9 kWh. El mes más oscuro del año en Ocú es julio, con un promedio de 3.2 kWh.

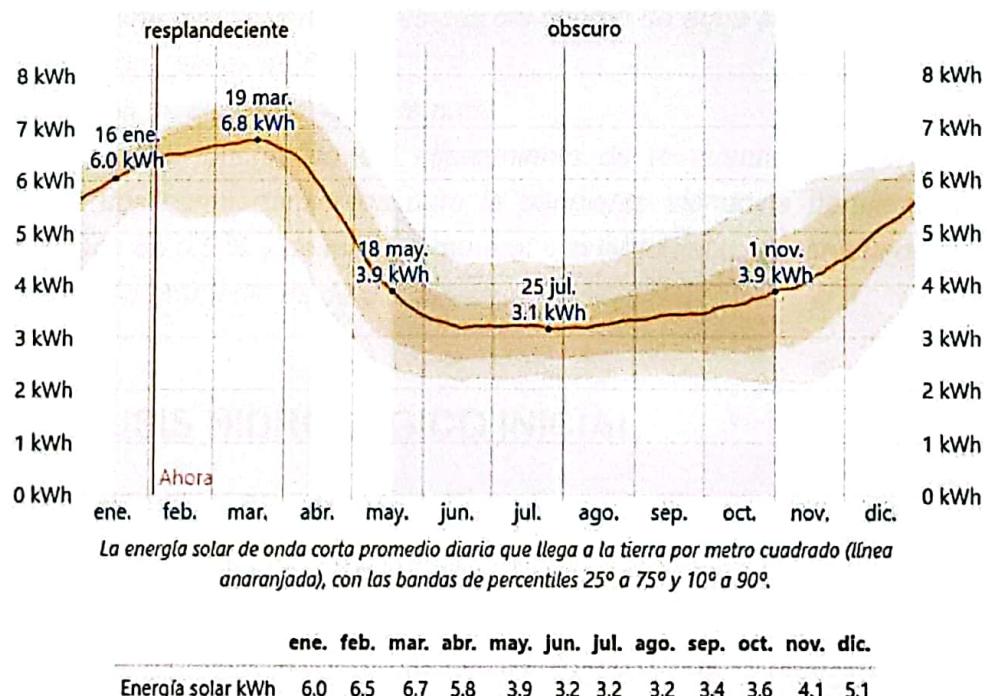


Fig11. Energía solar de onda corta incidente diario promedio en Ocú

### **Topografía**

Para fines de este informe, las coordenadas geográficas de Ocú son latitud: 7.941°, longitud: -80.779°, y elevación: 122 m. La topografía en un radio de 3 kilómetros de Ocú contiene solamente variaciones modestas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 59 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 127 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene solamente variaciones modestas de altitud (608 metros). En un radio de 80 kilómetros contiene variaciones enormes de altitud (1,933 metros). El área en un radio de 3 kilómetros de Ocú está cubierta de tierra de cultivo (43 %), pradera (40 %) y árboles (12 %), en un radio de 16 kilómetros de tierra de cultivo (41 %) y pradera (35 %) y en un radio de 80 kilómetros de pradera (30 %) y agua (25 %).

### **Morfometría de la sección del curso hídrico**

Entre las características morfométricas del cuerpo de agua se tiene lo siguiente:

El área de drenaje es de 62 Km<sup>2</sup>

La elevación media es de 127 m.s.n.m.

Según el perfil topográfico del alineamiento de la quebrada observamos que tenemos dos comportamientos para la pendiente siendo la pendiente máxima aproximada de 0.5 % y de manera general a lo largo del tramo se puede decir que la inclinación promedio es de 0.2 %.

## **5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO INICIAL**

### **5.1 DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS.**

#### **5.1.1 DELIMITACIÓN DE LAS CUENCA HACIA ZONA DE INTERVENCIÓN**

La cuenca hidrográfica, la cual drena hacia el tramo donde se realizará la extracción de material tiene un área de drenaje de alrededor de 6200 hectáreas; el cálculo se hizo utilizando el Mosaico topográfico de Ocú Hoja 4039 IV, 1:25,000 del IGNTG de Panamá, anexo a este informe, completado con las observaciones y mediciones de campo realizadas en el área de influencia de la cuenca.

Se observa que el área de drenaje tiene una gran zona de **influencia > 250 has**, por lo que no es posible utilizar el método racional para la estimación de los caudales.

Se realizó una delimitación con software y se realizó el análisis correspondiente tomando en cuenta el procedimiento establecido en el Análisis regional de crecidas Máximas de ETESA.

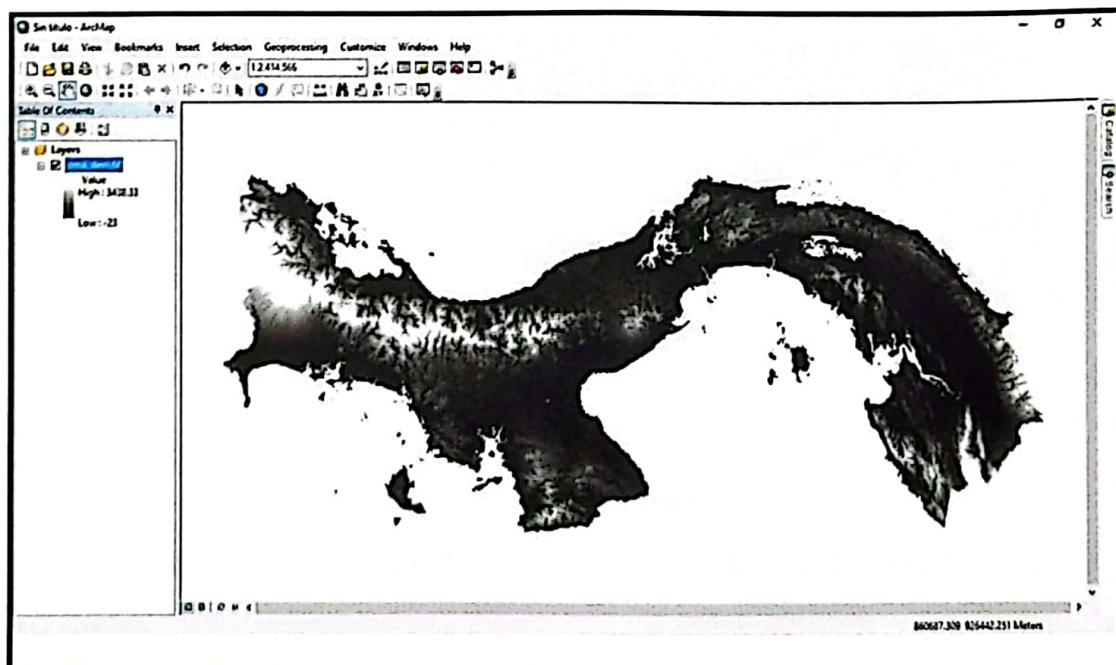
***Delimitación de la zona de influencia y trazado previo de vertientes existentes.***

Para el análisis de la cuenca contigua a la zona de intervención se procedió utilizar una serie de Geo-Procesos en el Software de manera que pudiera trazarse un polígono y las vertientes actuales de la zona a fin de obtener el área de influencia estimada para el Río Ocú

**Trazado previo de vertientes existentes.**

Procedimiento de Análisis:

- Se exportó el tramo de Influencia en formato KML generado en google earth al software.



***Figura 12. MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL***

- Se Procedió a cargar un DEM (Modelo de elevación digital) propio del programa esto con la finalidad de obtener información topográfica y depresiones de la zona a analizar y poder realizar el análisis y delimitación de las cuencas con el software.
- Se cargaron capas de ríos secundarios en el modelo de elevación digital de manera que pudieran tenerse todos los afluentes para el tramo en análisis.
- Se emplearon herramientas de análisis hidrológico del Software ArcMap de modo que pudiera delimitarse de manera correcta el área de la cuenca en Análisis para el Río OCU
- A manera ilustrativa se muestra parte del procedimiento realizado en el programa.

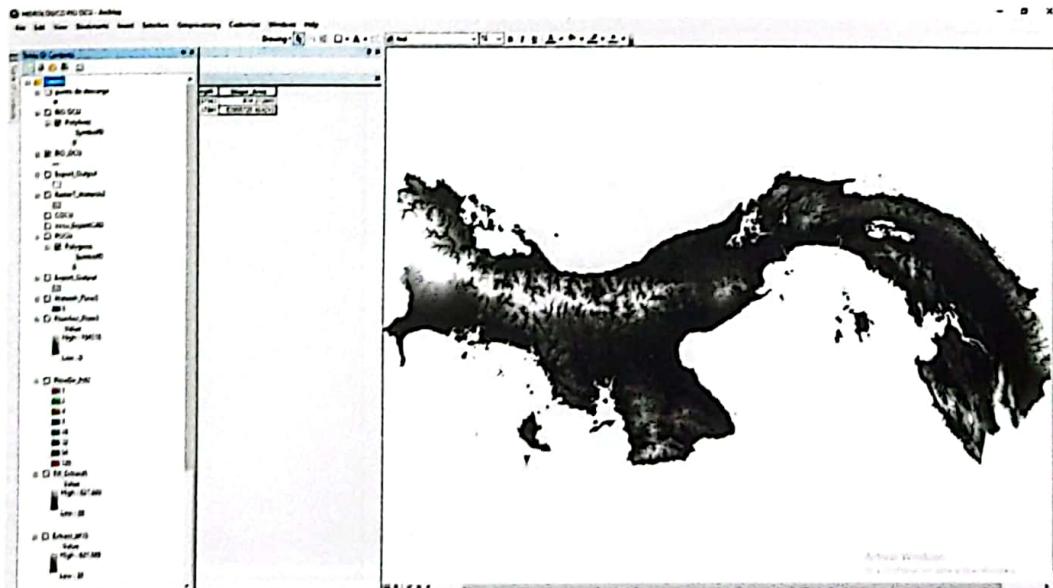


Figura 13. INSERCIÓN DE CAPAS DE RÍOS OCÚ REFERENCIADA



INF/DISEÑO – ESTUDIO HIDROLÓGICO

Ing. Eldis A. Ruiz V.

C.I.N° 2014-006-131

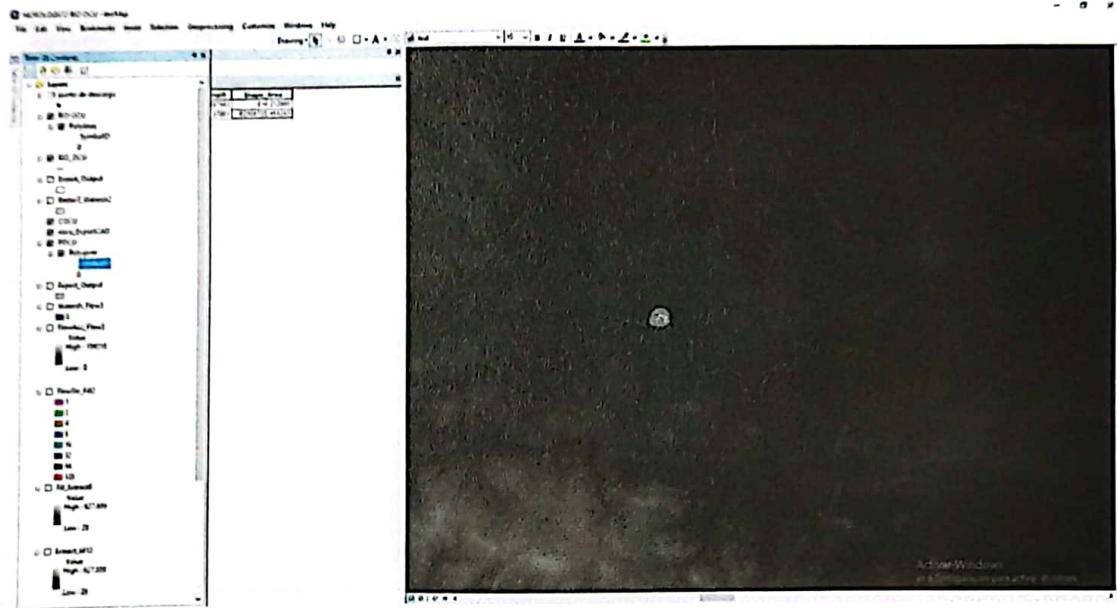


Figura 14. UBICACIÓN DE TRAMO O ZONA A ANALIZAR

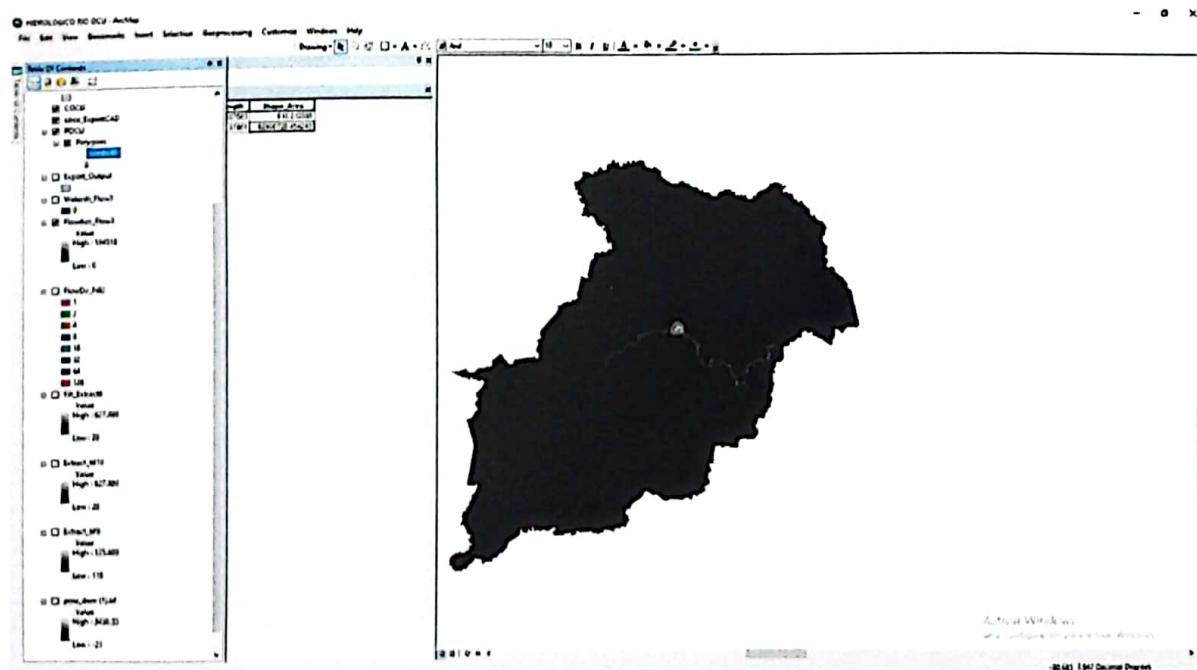
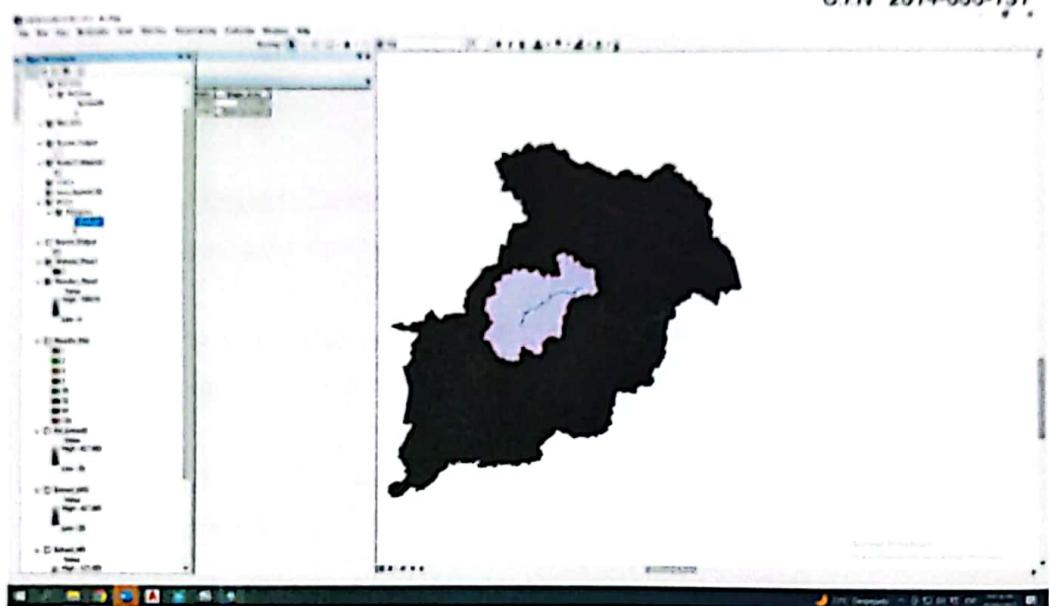


Figura 15. GENERACIÓN DE ACUMULACIÓN DE FLUJO GENERAL PARA LA ZONA.

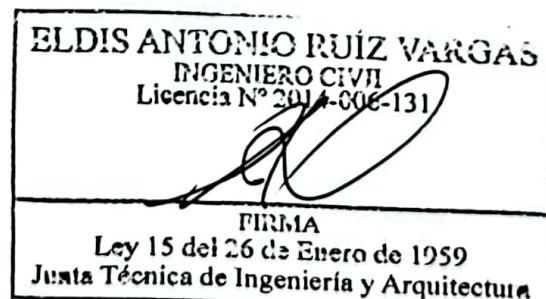
INF/DISEÑO - ESTUDIO HIDROLÓGICO

Ing. Eldis A. Ruiz V.

C.I.N° 2014-006-131



**Figura 7. GENERACIÓN DE CUENCA DE DRENAJE PARA EL RÍO OCÚ.**



## 5.2. MÉTODO ETESA

La aplicación del Método Lavalin (Método ETESA) consiste en lo siguiente:

- A. Se determina el área de drenaje de la cuenca del sitio de Interés en Km<sup>2</sup>.
- B. De acuerdo a la localización geográfica del recurso a analizar, se determina la zona a la que pertenece según la Región Hidrológicamente Homogénea (ETESA).
- C. Se calcula el caudal promedio máximo utilizando una de las cinco ecuaciones elaboradas por ETESA para este fin, en función de la Zona establecida.

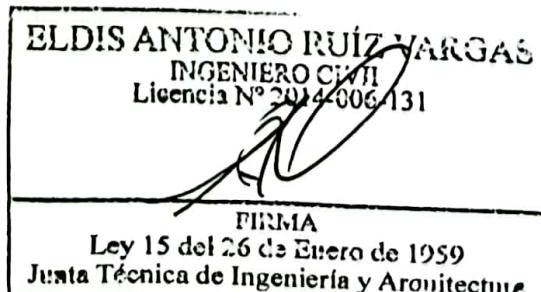
Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\max} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\max} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\max} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
	3	$Q_{\max} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{\max}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

Fuente: Cuadro 7, "Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006"

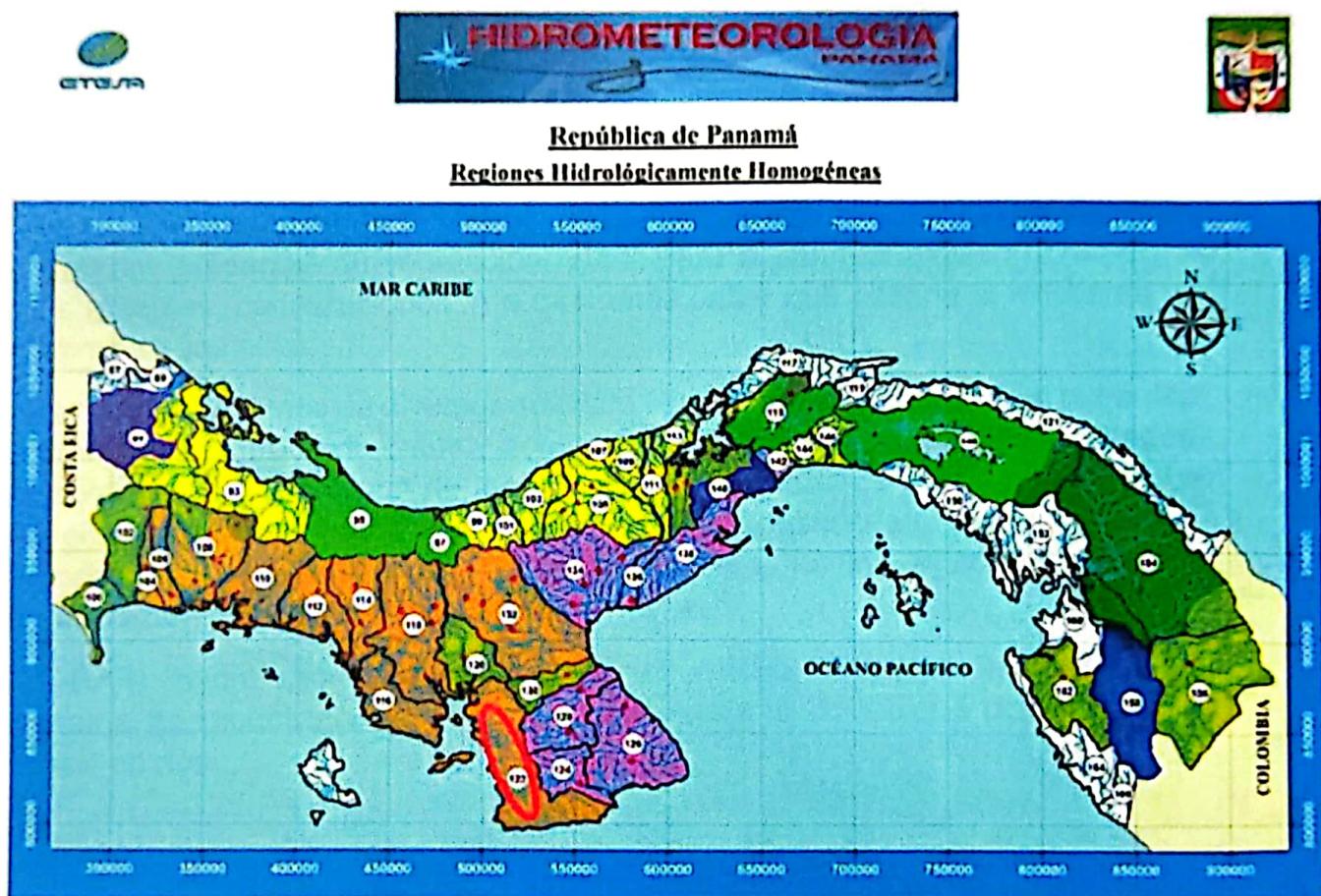
- Se calcula el  $Q_{\max}$  instantáneo para el periodo de retorno requerido, multiplicando el caudal antes obtenido por uno de los siguientes factores en función del sitio de estudio.

Tr, años	Factores $Q_{\max} / Q_{\text{prom.máx}}$ para distintos Tr.				
	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4	Tabla # 5
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: Cuadro 6, "Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006"



Se asume que la zona de estudio se encuentra en la Zona 7, basado en el Plano para las zonas Hidrológicamente Homogéneas de ETESA mostrado a continuación.



Fuente: Figura 73, "Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006"



Con el área de drenaje estimada se calcula el caudal instantáneo para el periodo de retorno determinado los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

TRAMO	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>	Periodo de Retorno (años)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Factor Tabla 3	Caudal Instantáneo (m <sup>3</sup> /s)
Río Ocú	62	1:10	102.74	1.6	164.4
Río Ocú	62	1:20	102.74	1.88	193.2
Río Ocú	62	1:50	102.74	2.24	230.1

## VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD RÍO OCU (TRAMO EN INTERVENCIÓN)

Cuando estudiamos un tramo de un determinado río para conocer hasta donde llegaría el agua si el caudal alcanzara cierto valor, nos surgen preguntas como ¿qué altura alcanzará la lámina de agua? ¿se inundarán las zonas próximas? ¿en qué extensión?

Responder a estas preguntas no es una tarea fácil ya que debemos tener en cuenta diferentes factores como la forma del cauce, su pendiente o su naturaleza (tipo de material, presencia de vegetación, etc.). Pero si además existen obras en el cauce (puentes, canalizaciones...) o queremos saber qué pasaría si existieran, el problema se complica.

Hoy en día disponemos de diversos software específicos de modelización hidráulica que facilitan la entrada de datos y permiten visualizar gráficamente los resultados, incluso exportarlos en forma de tablas, lo que nos facilita su interpretación. Entre todo ellos, destaca sin duda el software HEC-RAS (desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers), es uno de los programas de referencia dentro de su campo.

HEC-RAS (Hydrological Engineering Center - River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente.
- Modelización de flujo en régimen no permanente.
- Modelización del trasporte de sedimentos.
- Análisis de calidad de aguas.

Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

Se procedió a modelizar las secciones óptimas propuestas en el diseño inicial a fin de verificar si es necesario cambiar su dimensionamiento a través del modelo HEC-RAS.

Se modelizó para la aportación de cada microcuenca estimada con el método racional.

Así como para la aportación del caudal calculada con el método racional. Se generaron secciones en el software civil 3D en base a la topografía levantada y se exportaron al software Hec-ras para realizar la verificación bajo nuestros parámetros de diseño.

Cuando nos enfrentamos a la definición de los condicionantes hidráulicos de un modelo hidráulico, ya sea uni o bidimensional, una de las variables que más influyen en el comportamiento del modelo es precisamente el coeficiente de rugosidad.

Disponer de toda esta información previa de valores ya establecidos, verificados, contrastados y tabulados es realmente de mucha ayuda. Pero claro, esos valores responden a unas características muy concretas que seguramente presentará similitudes con las que tiene el cauce que debes modelizar. Pero al final cada caso es único. Por ello es importante entender los factores que afectan el valor  $n$  para adquirir un conocimiento básico del problema y disminuir la incertidumbre.

El conocimiento y la experiencia a través de los años permite al diseñador asignar valores que mejor se ajusten a las condiciones encontradas, sin embargo, cuando no se cuenta con esa experiencia, contamos con diferentes métodos estimativos para poder realizar una modelización lo más real posible.

Cowan, en 1956, desarrolló una expresión que permite determinar el valor del coeficiente de Manning a través de la interacción de diferentes parámetros que permiten describir o valorar características concretas de un cauce. La expresión es la siguiente:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m$$

n en esta expresión, el valor del coeficiente de rugosidad de Manning n depende de:

$n_b$  = un valor base de n para un cauce recto, uniforme y liso en función del material del fondo

$n_1$  = factor de corrección para implementar el efecto de las irregularidades superficiales

$n_2$  = un valor que añade las variaciones de forma y tamaño de la sección del cauce

$n_3$  = un valor que implementa el efecto de obstrucciones

$n_4$  = un valor que incorpora el efecto de presencia de vegetación

$m$  = un factor corrector que implementa la sinuosidad del cauce.

La explicación de esta metodología esta recogida la “Guide for Selecting Manning’s Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”

Tabla 5-5. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación (5-12)

Condiciones del canal		Valores
Material involucrado	Tierra	0.020
	Corte en roca	
	Grava fina	
	Grava gruesa	
Grado de irregularidad	Suave	0.000
	Menor	
	Moderado	
	Severo	
Variaciones de la sección transversal	Gradual	0.000
	Ocasionalmente alternante	
	Frecuentemente alternante	
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	0.000
	Menor	
	Apreciable	
	Severo	
Vegetación	Baja	0.005-0.010
	Media	
	Alta	
	Muy alta	
Grado de los efectos por meandros	Menor	1.000
	Apreciable	
	Severo	
		1.150
		1.300

Según las condiciones encontradas en campo nuestros parámetros son los siguientes:

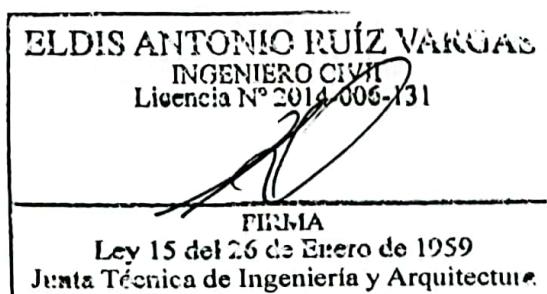
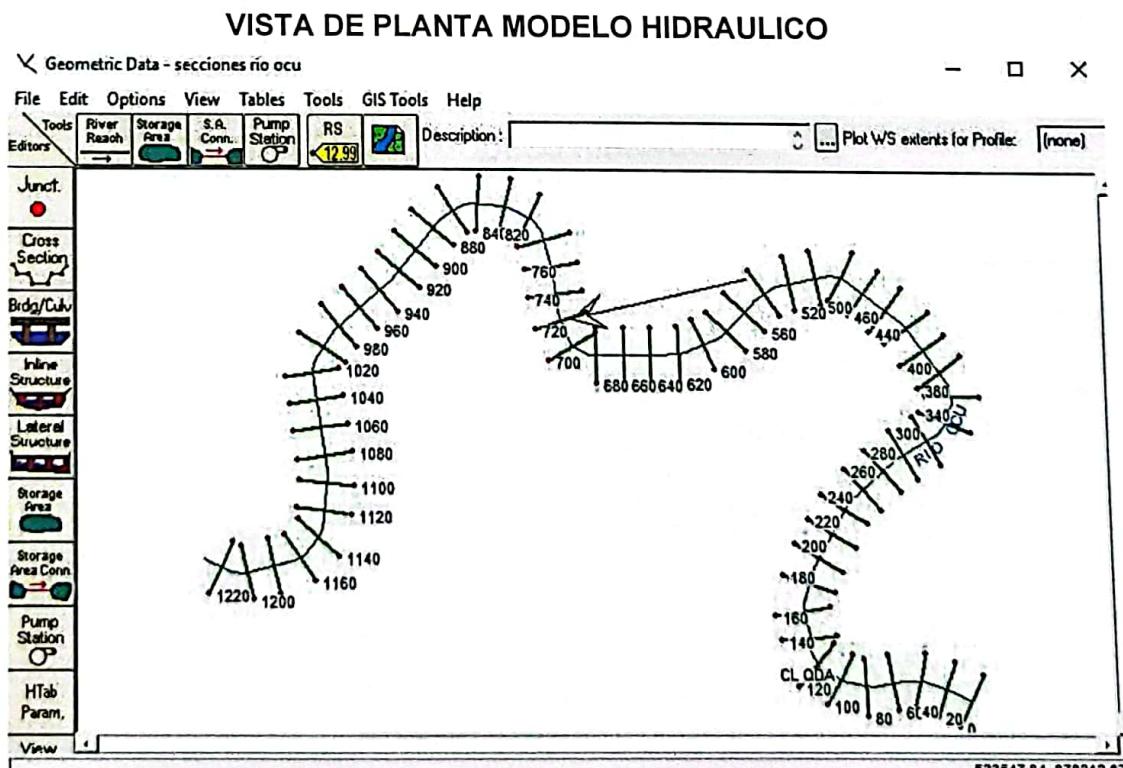
$nb=0.020$ ;  $n1=0.000$ ;  $n2=0.005$ ;  $n3 = 0.0$ ;  $n4=0.005$ ;  $m= 1.0$

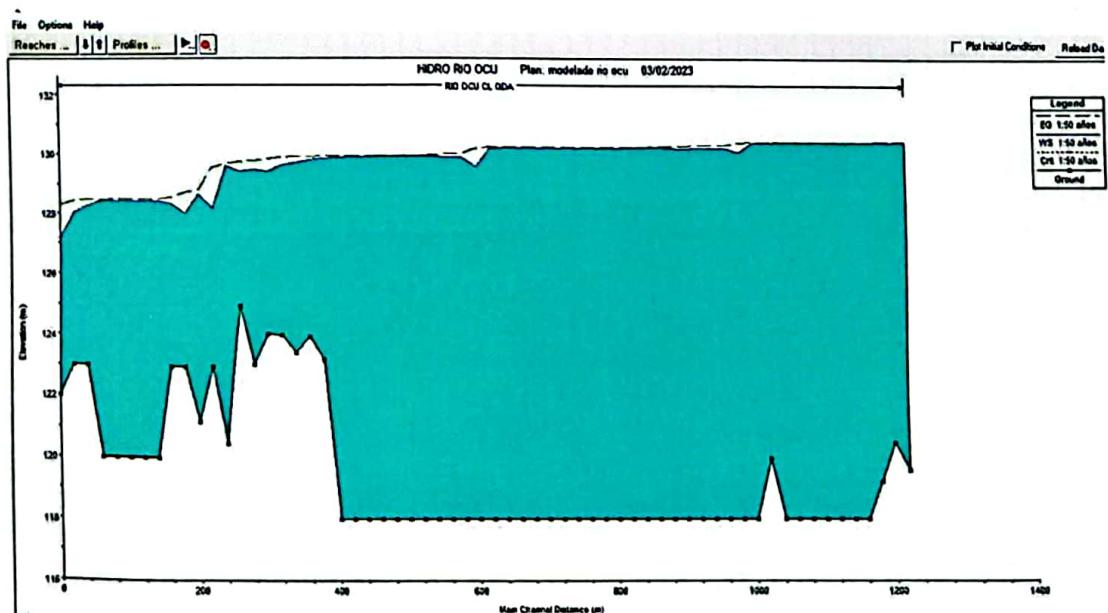
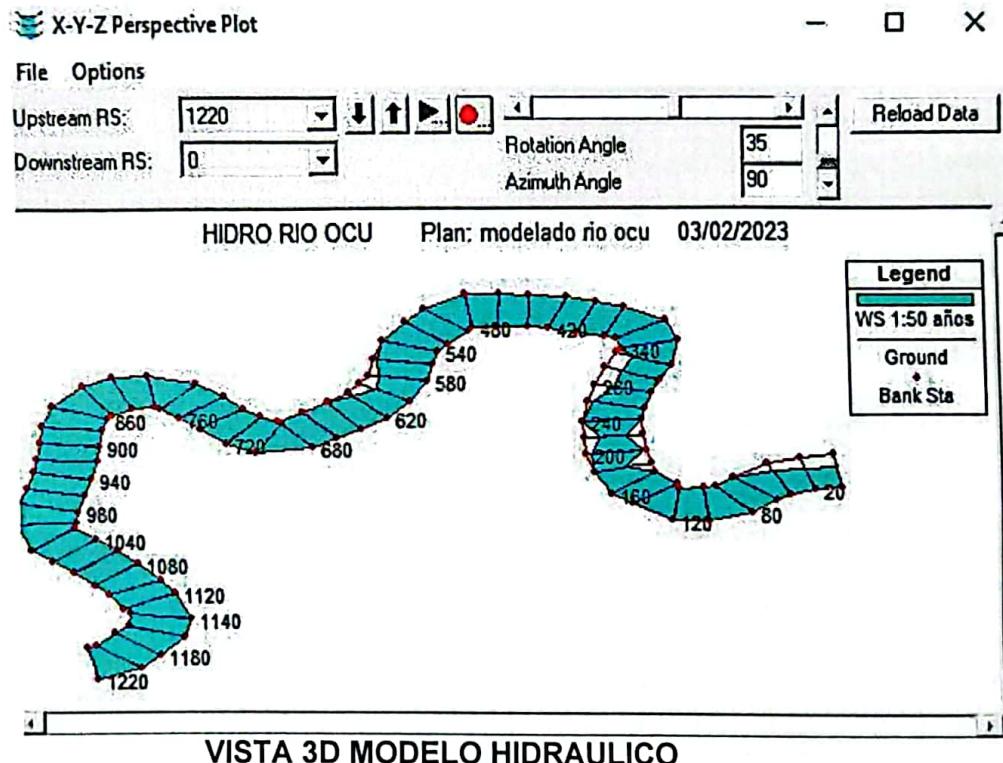
$n=0.030$

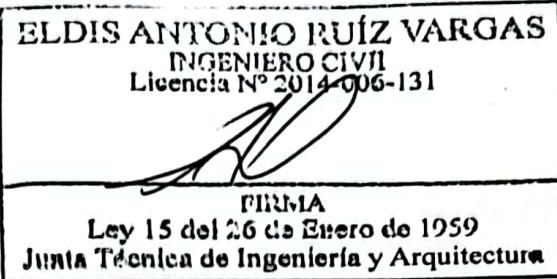
Esta condición dentro de las recomendaciones del Mop se aproxima a la condición para Cauce de tierra con Vegetación normal, lodo con escombro o irregular a causa de erosión donde el valor de  $n = 0.030$ .

Se realizó la modelización en HEC-RAS para la siguiente condición

- Periodo de Retorno 1:50 años



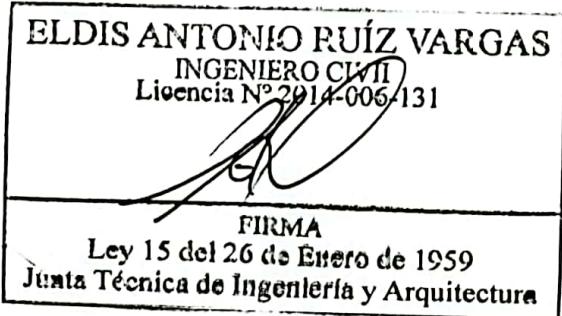




Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #	Chl	NIVEL DE TERRACERIA SEGURO
			(m³/s)	(m)	(m)		(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)			
RIO OCU	1220	1:50 años	230.15	119.62	130.45		130.47	0.000029	0.62	369.93	40.0	0.07		131.95
RIO OCU	1200	1:50 años	230.15	120.51	130.45		130.47	0.00003	0.63	365.86	40.0	0.07		131.95
RIO OCU	1180	1:50 años	230.15	119.23	130.45		130.47	0.000023	0.57	401.45	40.0	0.06		131.95
RIO OCU	1160	1:50 años	230.15	118	130.45		130.47	0.000021	0.56	410.92	40.0	0.06		131.95
RIO OCU	1140	1:50 años	230.15	118	130.45		130.47	0.000022	0.56	408.47	40.0	0.06		131.95
RIO OCU	1120	1:50 años	230.15	118	130.45		130.46	0.000027	0.6	385.39	40.0	0.06		131.95
RIO OCU	1100	1:50 años	230.15	118	130.45		130.46	0.000025	0.58	393.48	40.0	0.06		131.95
RIO OCU	1080	1:50 años	230.15	118	130.45		130.46	0.000022	0.56	413.45	40.0	0.06		131.95
RIO OCU	1060	1:50 años	230.15	118	130.44		130.46	0.000029	0.61	375.78	40.0	0.06		131.94
RIO OCU	1040	1:50 años	230.15	118	130.44		130.46	0.000027	0.61	379.79	40.0	0.06		131.94
RIO OCU	1020	1:50 años	230.15	120	130.44		130.46	0.000026	0.69	335	40.0	0.08		131.94
RIO OCU	1000	1:50 años	230.15	118	130.41		130.46	0.000012	0.95	241.72	40.0	0.12		131.93
RIO OCU	980	1:50 años	230.15	118	130.12		130.42	0.000135	2.44	94.19	40.0	0.51		131.62
RIO OCU	960	1:50 años	230.15	118	130.25		130.35	0.0000398	1.39	166.12	40.0	0.22		131.75
RIO OCU	940	1:50 años	230.15	118	130.26		130.33	0.0000277	1.22	188.03	40.0	0.18		131.76
RIO OCU	920	1:50 años	230.15	118	130.25		130.33	0.0000254	1.21	190.08	40.0	0.18		131.75
RIO OCU	900	1:50 años	230.15	118	130.23		130.32	0.000034	1.31	175.33	40.0	0.2		131.73
RIO OCU	880	1:50 años	230.15	118	130.26		130.3	0.000059	0.91	252.31	40.0	0.09		131.76
RIO OCU	860	1:50 años	230.15	118	130.28		130.29	0.000025	0.61	377.78	40.0	0.05		131.78
RIO OCU	840	1:50 años	230.15	118	130.27		130.29	0.0000048	0.73	315.37	40.0	0.08		131.77
RIO OCU	820	1:50 años	230.15	118	130.26		130.29	0.000063	0.8	286.32	40.0	0.1		131.76
RIO OCU	800	1:50 años	230.15	118	130.25		130.28	0.000075	0.83	276.6	40.0	0.1		131.75
RIO OCU	780	1:50 años	230.15	118	130.26		130.29	0.000059	0.78	296.14	40.0	0.09		131.76
RIO OCU	760	1:50 años	230.15	118	130.26		130.28	0.000041	0.7	328.67	40.0	0.08		131.76
RIO OCU	740	1:50 años	230.15	118	130.25		130.28	0.000065	0.81	282.62	40.0	0.1		131.75
RIO OCU	720	1:50 años	230.15	118	130.25		130.28	0.000051	0.78	294.8	40.0	0.09		131.75
RIO OCU	700	1:50 años	230.15	118	130.25		130.28	0.000042	0.68	336.01	40.0	0.08		131.75
RIO OCU	680	1:50 años	230.15	118	130.25		130.28	0.000044	0.7	329.13	40.0	0.08		131.75
RIO OCU	660	1:50 años	230.15	118	130.25		130.27	0.000046	0.73	316.04	40.0	0.08		131.75
RIO OCU	640	1:50 años	230.15	118	130.25		130.27	0.000041	0.72	319.53	40	0.08		131.75
RIO OCU	620	1:50 años	230.15	118	130.21		130.27	0.000145	1.07	214.71	36.17	0.14		131.71
RIO OCU	600	1:50 años	230.15	118	129.62		130.21	0.00023	3.39	67.96	26.77	0.68		131.12
RIO OCU	580	1:50 años	230.15	118	129.93		130.20	0.000395	1.48	155	32.84	0.22		131.43
RIO OCU	560	1:50 años	230.15	118	129.92		130.20	0.000459	1.51	152.75	36.44	0.23		131.42
RIO OCU	540	1:50 años	230.15	118	129.96		130.21	0.000112	0.99	231.45	39.53	0.13		131.46
RIO OCU	520	1:50 años	230.15	118	129.98		130.21	0.00004	0.7	327.02	40	0.08		131.48
RIO OCU	500	1:50 años	230.15	118	129.98		130.20	0.000032	0.65	354.41	40	0.07		131.48
RIO OCU	480	1:50 años	230.15	118	129.98		130.20	0.000022	0.57	402.8	40	0.06		131.48
RIO OCU	460	1:50 años	230.15	118	129.98		130	0.000027	0.61	379.39	40	0.06		131.48
RIO OCU	440	1:50 años	230.15	118	129.98		130	0.000038	0.67	361.79	40	0.07		131.48
RIO OCU	420	1:50 años	230.15	118	129.97		130	0.000058	0.8	288.41	40	0.09		131.47
RIO OCU	400	1:50 años	230.15	118	129.94		129.99	0.000134	0.99	233.33	40	0.13		131.44
RIO OCU	380	1:50 años	230.15	125	129.9		129.99	0.00025	1.27	181.14	40	0.19		131.4
RIO OCU	360	1:50 años	230.15	124	129.85		129.98	0.00051	1.6	143.97	40	0.27		131.35
RIO OCU	340	1:50 años	230.15	123.48	129.75		129.95	0.001042	2	115.27	40	0.38		131.25
RIO OCU	320	1:50 años	230.15	123	129.68		129.93	0.000952	2.21	104.1	27.45	0.36		131.18
RIO OCU	300	1:50 años	230.15	124.1	129.48		129.89	0.001948	2.83	81.31	26.03	0.51		130.98
RIO OCU	280	1:50 años	230.15	123.08	129.52		129.83	0.001158	2.45	93.95	26.33	0.41		131.02
RIO OCU	260	1:50 años	230.15	125	129.49		129.8	0.001657	2.47	93.15	36.03	0.49		130.99
RIO OCU	240	1:50 años	230.15	120.48	129.85		129.66	0.00072	1.29	212.1	40	0.15		131.16
RIO OCU	220	1:50 años	230.15	123	128.25		129.58	0.000027	5.11	45.06	17.16	1.01		129.75
RIO OCU	200	1:50 años	230.15	121.19	128.7		128.84	0.000469	1.69	135.9	34.2	0.27		129.97
RIO OCU	180	1:50 años	230.15	123	128.06		128.77	0.00043	3.71	61.97	22.14	0.71		129.56
RIO OCU	160	1:50 años	230.15	123	128.4		128.58	0.000845	1.88	122.45	40	0.34		129.9
RIO OCU	140	1:50 años	230.15	120	128.48		128.53	0.000144	1.05	217.15	40	0.15		129.98
RIO OCU	120	1:50 años	230.15	120	128.47		128.53	0.000163	1.09	211.1	40	0.15		129.97
RIO OCU	100	1:50 años	230.15	120	128.47		128.52	0.000112	1.01	228.56	40	0.13		129.97
RIO OCU	80	1:50 años	230.15	120	128.46		128.52	0.000163	1.09	211.9	40	0.15		129.96
RIO OCU	60	1:50 años	230.15	120	128.47		128.52	0.000153	1.09	252.8	40	0.12		129.97
RIO OCU	40	1:50 años	230.15	123	128.31		128.51	0.000084	0.91	121.06	29.88	0.3		129.81
RIO OCU	20	1:50 años	230.15	123	128.07		128.45	0.0001915	2.75	83.68	26.35	0.49		129.57
RIO OCU	0	1:50 años	230.15	122	127.19		128.3	0.001807	4.67	49.25	23.7	1.03		128.69

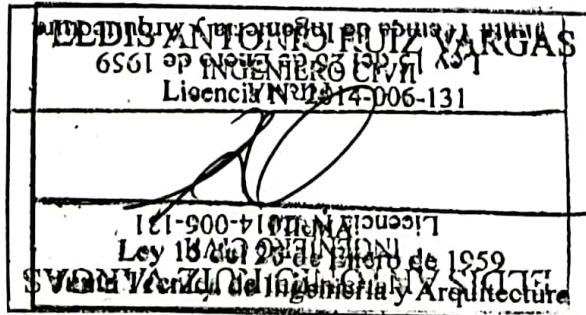
## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Como conclusión en base a todas las secciones analizadas y la aportación calculada se observa que el comportamiento y capacidad de las secciones a lo largo de del alineamiento del cauce no es suficiente para un periodo de retorno 1: 50 años considerado como crítico, por lo que se deberán tener todas las previsiones necesarias durante la construcción o desarrollo respetando la servidumbre delimitada en los planos la cual toma en cuenta la superficie de inundación del modelado
2. El nivel de agua máximo extraordinario (NAME) sobrepasa los bordes superiores del barranco en ambos extremos lo que indica que la zona en eventos de lluvia relativamente altos es propensa a inundaciones en las zonas más cercanas a los bordes del río.
3. A lo largo del cauce se deberá mantener la Zona de protección de exigida por el Ministerio de ambiente
4. Monitorear periódicamente las secciones del río, para verificar que las condiciones ambientales no desmejoren los taludes.
5. Inspeccionar dos veces al año la zona de escarpe en la quebrada para verificar su condición. En caso de encontrarse desprendimientos o desmejoramiento, los diseñadores deben considerar estructuras ambientalmente saludables para la retención de taludes, tales como lo son enrocados.



FIRMA

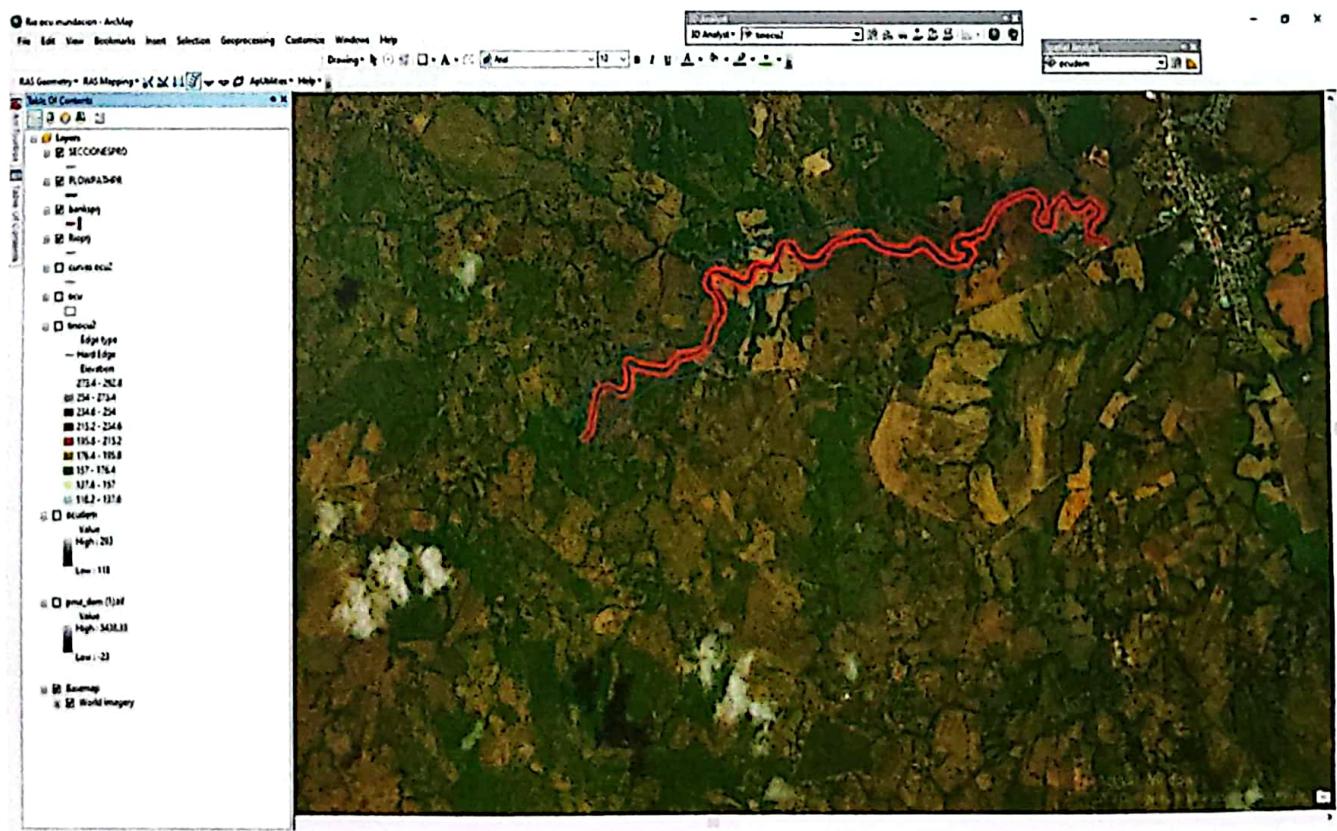
Ley 15 del 26 de Enero de 1959  
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

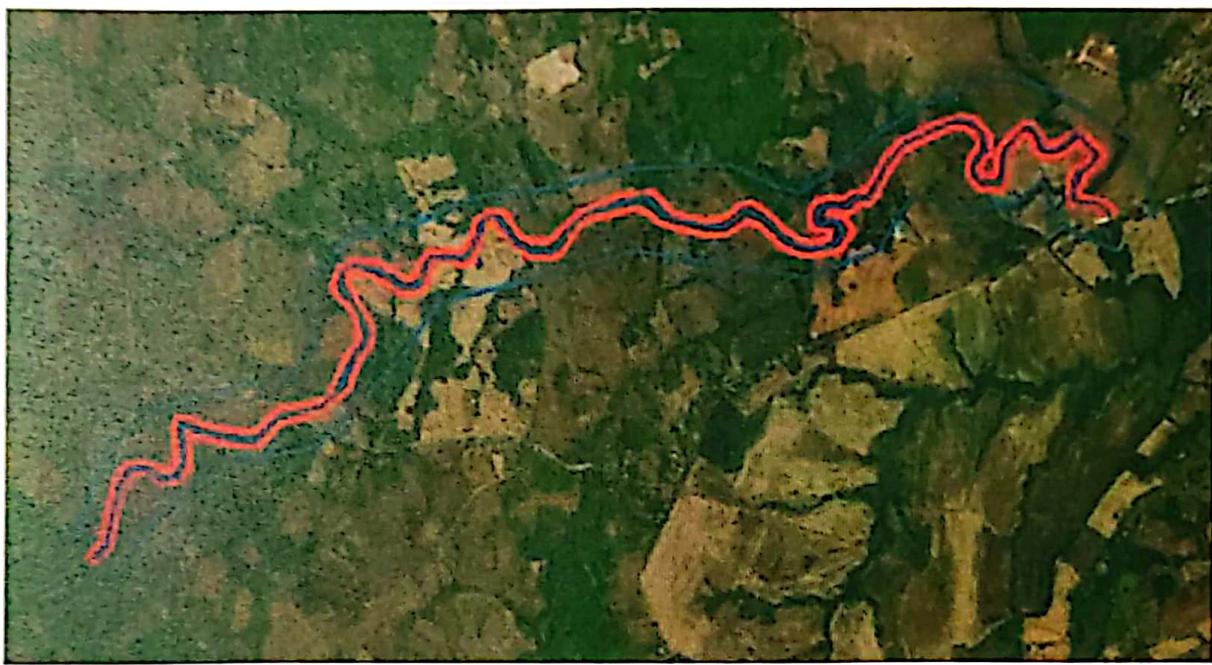


## ANÁLISIS COMPLEMENTARIO Y JUSTIFICACIÓN DE NIVELES PROPUESTOS

Para justificar los niveles propuestos para el ajuste del nuevo desarrollo en términos de parcelación quiero señalar, que se debe tomar en cuenta que el caudal calculado para un periodo de retorno de 1: 50 años se ha aplicado en su totalidad sobre el tramo en estudio sin embargo se debe tomar en cuenta que producto de la cuenca , este caudal realiza un recorrido desde el punto más alto de todo el Río Ocú hasta el punto más bajo por lo que frente a un evento de posible desbordamiento, este se daría en todo el recorrido del Cauce, tomando en cuenta esta condición, el flujo calculado para una condición de precipitación se puede estimar para un evento probabilístico en una regresión específica, esto propiamente dará niveles de terracería seguros más acordes al comportamiento global para un periodo de retorno en 1:50 años.

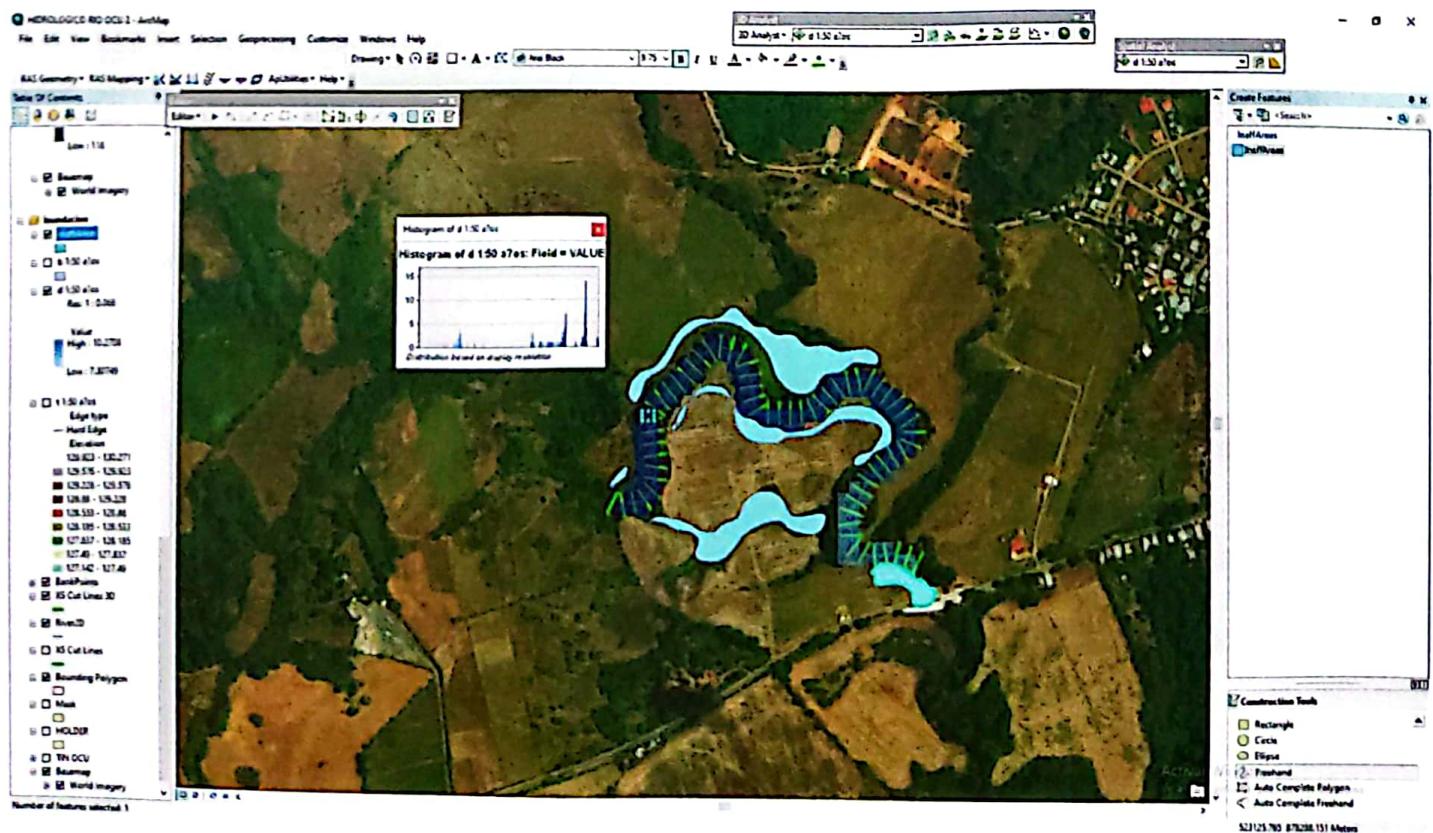
Bajo esta condición se ha realizado una simulación total a través de un modelo de elevación digital en el software ArcGIS empleando el complemento HEC-geo Ras, este nos permite identificar las áreas inundables, inefectivas o que no pueden ser desarrolladas y de igual manera colocando una condición de flujo o frontera (FlowPath) se puede observar los puntos más vulnerables hay que tomar en cuenta que bajo este escenario frente a un posible desbordamiento solo afectará el área comprendida entre estas zonas.

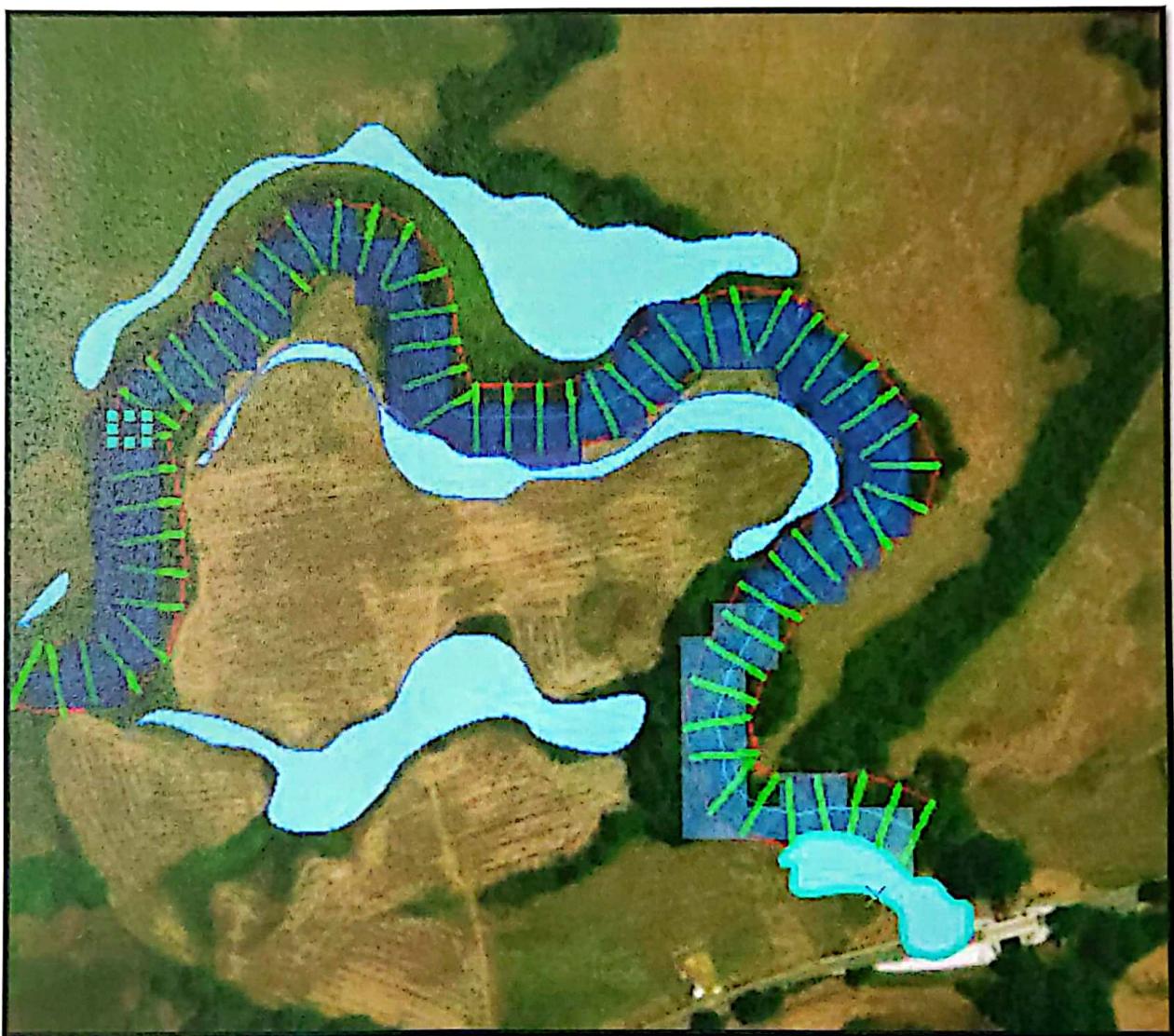




Zona de análisis incluyendo tramo o recorrido aguas arriba del proyecto.

Posterior al análisis Post- Proceso en el software se pueden obtener las zonas más vulnerables del proyecto.

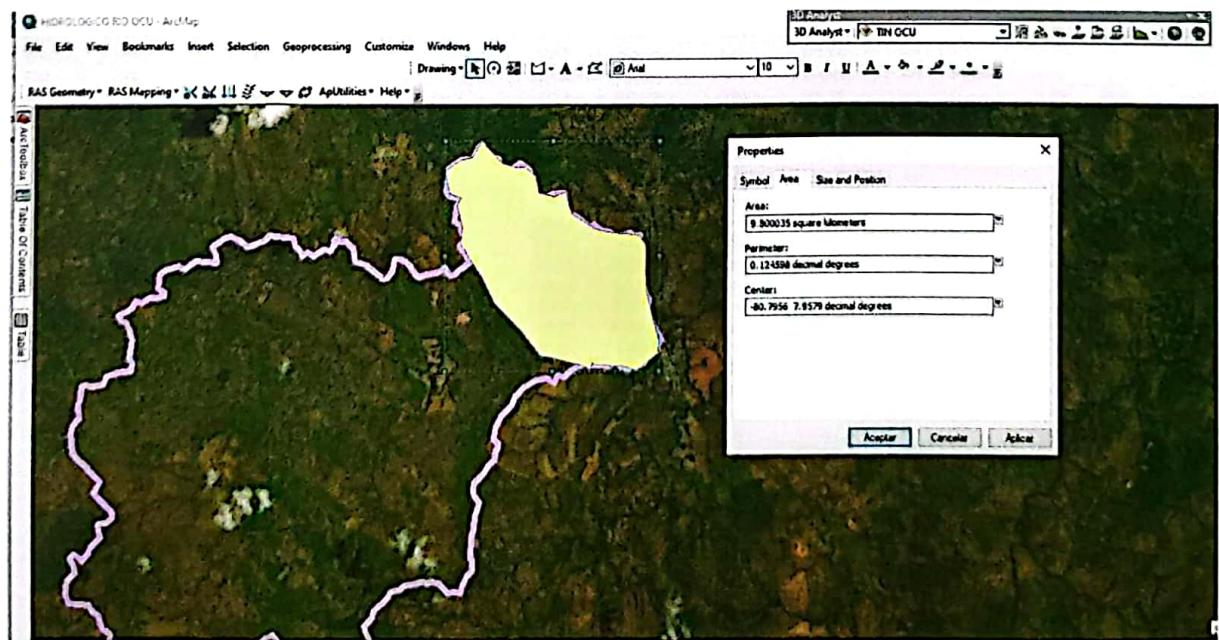




Del resultado arrojado en el programa se puede explicar los siguiente:

- La línea roja corresponde al límite o frontera que se le indica al software como posible zona de afectación o límite a lo largo de todo el curso del río.
- La línea azul corresponde al eje central del río y las líneas verdes representan las secciones trasversales hasta la condición de frontera.
- Dentro de la condición de frontera se observa una mancha azul las zonas más oscuras corresponden a los puntos más críticos donde el desbordamiento o riesgo de desbordamiento es mayor y la zonas más claras corresponden a las zonas donde la afectación sería menor.

- De igual forma se observan unas manchas en celestes, estas zonas corresponden a las zonas o extremos inundables en una parcela determinada o específica esto significa que todo lo comprendido entre dichas áreas no puede ser desarrollado de modo que frente a un posible desbordamiento esta área funcione como zona de amortiguamiento del río.
- Tomando en cuenta esta condición es notorio que la nueva propuesta de desarrollo se aleja de estas zonas, razón por la cual es justificable realizar un movimiento de tierra mucho más liviano señalando que de igual forma esto no eximirá a la finca de una condición de relleno en su totalidad, pero se pueden minimizar las cotas de los niveles de terreno arrojados por el análisis hidrológico puesto que condicionar el proyecto para la cantidad de lotes propuestos a los niveles del estudio resulta económicamente inviable específicamente los puntos más bajos donde tendríamos rellenos por encima de los 7 metros de altura ya que la cota promedio de crecida está sobre los 131 m.s.n.m.
- Para ser conservador y comparar los niveles de crecida en un periodo de retorno de 1: 50 emplearemos una cuenca parcial como aportación instantánea manteniendo la metodología ETESA para la estimación del caudal cuya superficie de aportación es de 9.8 km<sup>2</sup>



- Bajo esta condición tenemos lo siguiente:

TRAMO	SUPERFICIE Km2	Periodo de Retorno (años)	Caudal (m3/s)	Factor Tabla 3	Caudal Instantáneo (m3/s)
Río Ocú	9.8	1:2	34.60	0.92	31.8
Río Ocú	9.8	1:5	34.60	1.32	45.7
Río Ocú	9.8	1:10	34.60	1.6	55.4
Río Ocú	9.8	1:20	34.60	1.88	65.0
Río Ocú	9.8	1:50	34.60	2.24	77.5

ANÁLISIS	ESTACIÓN	Q TOTAL	FONDO	NIVEL DE AGUA MÁXIMO (W.S)	ELEVACIÓN DE AGUA CRÍTICA (W.S)	E.G. ELEV	PENDIENTE E.G SLOPE	VELOCIDAD	ÁREA CAUDAL	ANCHO	FROUDE #	TIRANTE CRÍTICO(m)	NIVEL DE TERRACERÍA SEGURO
CL RIO OCU	1200	77.5	119.62	128.29		128.3	0.000007	0.27	283.68	40	0.03	8.7	129.8
CL RIO OCU	1180	77.5	120.51	128.29		128.3	0.000007	0.28	279.65	40	0.03	7.9	129.8
CL RIO OCU	1160	77.5	119.23	128.29		128.3	0.000005	0.25	315.13	40	0.03	9.1	129.8
CL RIO OCU	1140	77.5	118	128.29		128.3	0.000005	0.24	324.65	40	0.03	10.3	129.8
CL RIO OCU	1120	77.5	118	128.29		128.3	0.000005	0.24	322.22	40	0.03	10.3	129.8
CL RIO OCU	1100	77.5	118	128.29		128.3	0.000005	0.25	299.22	40	0.03	10.3	129.8
CL RIO OCU	1080	77.5	118	128.29		128.3	0.000005	0.25	307.31	40	0.03	10.3	129.8
CL RIO OCU	1060	77.5	118	128.29		128.3	0.000005	0.24	327.26	40	0.03	10.3	129.8
CL RIO OCU	1040	77.5	118	128.29		128.29	0.000007	0.27	289.72	40	0.03	10.3	129.8
CL RIO OCU	1020	77.5	118	128.29		128.29	0.000006	0.26	283.74	40	0.03	10.3	129.8
CL RIO OCU	1000	77.5	120	128.29		128.29	0.00001	0.31	249.13	40	0.04	8.3	129.8
CL RIO OCU	980	77.5	118	128.28		128.29	0.000048	0.5	156.33	40	0.08	10.3	129.8
CL RIO OCU	960	77.5	118	128.09		128.27	0.003093	1.89	41.03	21.54	0.44	10.1	129.6
CL RIO OCU	940	77.5	118	128.19		128.22	0.000133	0.74	104.89	26.95	0.12	10.2	129.7
CL RIO OCU	920	77.5	118	128.19		128.22	0.000116	0.67	116.07	31.55	0.11	10.2	129.7
CL RIO OCU	900	77.5	118	128.19		128.21	0.000118	0.68	113.73	32.29	0.12	10.2	129.7
CL RIO OCU	880	77.5	118	128.18		128.21	0.000176	0.79	98.04	28.4	0.14	10.2	129.7
CL RIO OCU	860	77.5	118	128.19		128.2	0.000031	0.45	170.54	32.77	0.06	10.2	129.7
CL RIO OCU	840	77.5	118	128.2		128.2	0.000005	0.26	294.61	40	0.03	10.2	129.7
CL RIO OCU	820	77.5	118	128.19		128.2	0.000014	0.33	232.49	40	0.04	10.2	129.7
CL RIO OCU	800	77.5	118	128.19		128.2	0.00002	0.38	203.65	40	0.05	10.2	129.7
CL RIO OCU	780	77.5	118	128.19		128.2	0.000025	0.4	194.03	40	0.06	10.2	129.7
CL RIO OCU	760	77.5	118	128.19		128.2	0.000018	0.36	213.52	40	0.05	10.2	129.7
CL RIO OCU	740	77.5	118	128.19		128.2	0.000011	0.32	245.96	40	0.04	10.2	129.7
CL RIO OCU	720	77.5	118	128.19		128.2	0.000021	0.39	200.22	40	0.06	10.2	129.7
CL RIO OCU	700	77.5	118	128.19		128.2	0.000019	0.36	212.38	40	0.05	10.2	129.7
CL RIO OCU	680	77.5	118	128.19		128.19	0.000011	0.31	253.48	40	0.04	10.2	129.7
CL RIO OCU	660	77.5	118	128.19		128.19	0.000012	0.31	246.63	40	0.04	10.2	129.7
CL RIO OCU	640	77.5	118	128.19		128.19	0.000013	0.33	233.78	39.23	0.04	10.2	129.7
CL RIO OCU	620	77.5	118	128.19		128.19	0.00001	0.31	239.78	37.05	0.04	10.2	129.7
CL RIO OCU	600	77.5	118	128.18		128.19	0.000051	0.33	145.23	32.9	0.08	10.2	129.7
CL RIO OCU	580	77.5	118	127.63		128.14	0.011225	3.15	2458	13.23	0.74	9.5	129.1
CL RIO OCU	560	77.5	118	127.96		127.99	0.000132	0.8	97.11	22.3	0.12	10.0	129.5
CL RIO OCU	540	77.5	118	127.93		127.99	0.000163	0.83	91.74	25.15	0.14	10.0	129.5
CL RIO OCU	520	77.5	118	127.96		127.98	0.00004	0.5	155.72	36.24	0.08	10.0	129.5
CL RIO OCU	500	77.5	118	127.97		127.97	0.00001	0.31	246.61	40	0.04	10.0	129.5
CL RIO OCU	480	77.5	118	127.97		127.97	0.000008	0.28	273.94	40	0.03	10.0	129.5
CL RIO OCU	460	77.5	118	127.97		127.97	0.000005	0.24	322.25	40	0.03	10.0	129.5
CL RIO OCU	440	77.5	118	127.97		127.97	0.000006	0.26	298.92	40	0.03	10.0	129.5
CL RIO OCU	420	77.5	118	127.97		127.97	0.00001	0.3	261.48	40	0.04	10.0	129.5
CL RIO OCU	400	77.5	118	127.97		127.97	0.000021	0.37	208.44	40	0.05	10.0	129.5
CL RIO OCU	380	77.5	118	127.98		127.97	0.000055	0.3	151.9	40	0.03	10.0	129.5
CL RIO OCU	360	77.5	123.26	127.94		127.97	0.000146	0.73	103.36	35.91	0.14	4.7	129.4
CL RIO OCU	340	77.5	124	127.89		127.96	0.000635	1.17	64.21	37.33	0.28	3.9	129.4
CL RIO OCU	320	77.5	123.48	127.82		127.94	0.001032	1.49	51.92	28.18	0.35	4.3	129.3
CL RIO OCU	300	77.5	124.07	127.81		127.92	0.000793	1.43	54.18	28.02	0.32	3.7	129.3
CL RIO OCU	280	77.5	124.1	127.66		127.88	0.002288	2.08	37.33	22.35	0.51	3.6	129.2
CL RIO OCU	260	77.5	123.08	127.71		127.83	0.000709	1.52	50.98	20.38	0.31	4.6	129.2
CL RIO OCU	240	77.5	125	127.19	127.19	127.75	0.008584	3.3	23.51	21.26	1	2.2	128.7
CL RIO OCU	220	77.5	120.48	127.33		127.35	0.00008	0.63	122.68	35.25	0.11	6.8	128.8
CL RIO OCU	200	77.5	123	128.4	126.4	127.25	0.009259	4.1	15.9	11.11	1	3.4	127.9
CL RIO OCU	180	77.5	121.19	126.85		126.9	0.00023	0.97	79.56	27.01	0.18	5.7	128.4
CL RIO OCU	160	77.5	123	126.37		126.87	0.003134	2.43	31.93	17.9	0.58	3.6	128.1
CL RIO OCU	140	77.5	123	126.71		126.78	0.0004	1.17	65.18	25.29	0.23	3.7	128.2
CL RIO OCU	120	77.5	120	126.73		126.76	0.00005	0.52	145.5	37.94	0.08	6.8	128.3
CL RIO OCU	100	77.5	120	126.74		126.75	0.000083	0.35	142.11	40	0.09	6.7	128.2
CL RIO OCU	80	77.5	120	126.73		126.76	0.000041	0.49	159.43	40	0.08	6.8	128.3
CL RIO OCU	60	77.5	120	126.74		126.76	0.000063	0.54	143.14	40	0.09	6.7	128.2
CL RIO OCU	40	77.5	120	126.73		126.75	0.000025	0.42	133.79	39.75	0.06	6.8	128.3
CL RIO OCU	20	77.5	123	126.7		126.75	0.000273	1.02	76.03	28.5	0.19	3.7	128.2
CL RIO OCU	0	77.5	123	126.35		126.73	0.001374	1.69	45.84	24.79	0.4	3.6	128.1

## Comparativo de niveles

ESTACIÓN	NIVEL DE AGUA MÁXIMO (WS)	COTE DE TERRENO NATURAL	NIVEL DE TERRACERÍA SEGURO
1200	128.29	129	129.79
1180	128.29	129	129.79
1160	128.29	129	129.79
1140	128.29	129	129.79
1120	128.29	129	129.79
1100	128.29	128	129.79
1080	128.29	128	129.79
1060	128.29	128	129.79
1040	128.29	128	129.79
1020	128.29	128	129.79
1000	128.29	128	129.79
980	128.28	128	129.78
960	128.09	128	129.59
940	128.19	128	129.69
920	128.19	127	129.69
900	128.19	127	129.69
880	128.18	127	129.68
860	128.19	127	129.69
840	128.2	127	129.7
820	128.19	127	129.69
800	128.19	127	129.69
780	128.19	127	129.69
760	128.19	127	129.69
740	128.19	127	129.69
720	128.19	127	129.69
700	128.19	127	129.69
680	128.19	127	129.69
660	128.19	127	129.69
640	128.19	127	129.69
620	128.19	127	129.69
600	128.18	127	129.68
580	127.63	127	129.13
560	127.96	127	129.46
540	127.95	127	129.45
520	127.96	127	129.46
500	127.97	127	129.47
480	127.97	127	129.47
460	127.97	127	129.47
440	127.97	127	129.47
420	127.97	127	129.47
400	127.97	127	129.47
380	127.96	127	129.46
360	127.94	127	129.44
340	127.89	127	129.39
320	127.82	127	129.32
300	127.81	127	129.31
280	127.66	127	129.16
260	127.71	127	129.21
240	127.19	127	128.69
220	127.33	126	128.83
200	126.4	126	127.9
180	126.86	125	128.36
160	126.57	125	128.07
140	126.71	125	128.21
120	126.75	125	128.25
100	126.74	125	128.24

Nota: debemos tomar en cuenta que estos niveles en la práctica se aplican para aquellos lotes o franjas de lotes ubicados inmediatamente después de la zona de servidumbre o protección del Ministerio de Ambiente, razón por la cual al dejar una gran franja de área no desarrollable los niveles a proponer están basados en la degradación de niveles desde los puntos teóricos con rellenos más altos hacia la parte central de la finca, por tanto no es necesario mantener la gran diferencia de rellenos en cuanto a movimiento de tierra para la nueva parcelación propuesta, de igual forma para una cuenca instantánea en las zonas más vulnerables la crecida máxima se encuentra por debajo de la cota de terreno natural y en el resto de las zonas ligeramente por encima.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Manual de Diseño del Ministerio de Obras Públicas.**
2. **Atlas Ambiental de la República de Panamá.**
3. **Informes meteorológicos ETESA.**
4. **Hidrología para pequeñas Cuencas (Método TR-55), Departamento de Agricultura de los E.U.A.**
5. **Reporte de Investigación, Bogdan Kwiecisnski y Luis D'Croz, Universidad de Panamá-2008.**
6. **Hidráulica de Canales Abiertos. Ven Te Chow.**
7. **Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains".**
8. **[https://stridatasi.opendata.arcgis.com/datasets/237cbd35b2914eb89601699ec8b58cf4/1:50K Topographic Sheets Mosaic for Panama – Webmap.](https://stridatasi.opendata.arcgis.com/datasets/237cbd35b2914eb89601699ec8b58cf4/1:50K%20Topographic%20Sheets%20Mosaic%20for%20Panama%20-%20Webmap)**
9. **<https://es.weatherspark.com/y/18334/Clima-promedio-en-Oc%C3%BA-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>**

INF/DISEÑO – ESTUDIO HIDROLÓGICO  
Ing. Eldis A. Ruiz V.  
C.I.N° 2014-006-131

## SECCIONES

## EFECTO REBOTE

El "efecto rebote" en ríos, también conocido como "rebote de flujo" o "efecto de resaca", es un fenómeno hidráulico que ocurre cuando el flujo de agua en un río se ve afectado por un cambio brusco en las condiciones hidráulicas. Este fenómeno puede ocurrir en diferentes situaciones y se manifiesta de manera diferente según las circunstancias específicas.

Uno de los escenarios comunes donde se puede observar el efecto rebote es en la construcción de presas o estructuras que interrumpen el flujo natural del río. Cuando se cierra una compuerta de una presa o se libera una gran cantidad de agua repentinamente, el flujo aguas abajo se detiene bruscamente y se forma una onda de choque o resaca que se mueve río arriba. Esta onda de resaca puede desplazarse varios kilómetros y generar aumentos temporales en el nivel del agua aguas arriba, lo que puede afectar las áreas cercanas al río y causar inundaciones.

El efecto rebote también puede ser causado por otros factores, como la obstrucción repentina de un puente o una crecida repentina debido a lluvias intensas. En ambos casos, se generan cambios rápidos en el flujo del agua, lo que lleva a la formación de ondas de resaca que pueden propagarse río arriba y aguas abajo.

Este fenómeno puede ser peligroso y debe ser tenido en cuenta en la planificación y construcción de infraestructuras cercanas a ríos, así como en la gestión de situaciones de emergencia relacionadas con inundaciones repentina. Es importante que las autoridades tomen medidas adecuadas para mitigar el riesgo del efecto rebote y para alertar a las comunidades locales sobre los posibles peligros asociados con cambios repentina en el flujo de agua en los ríos.

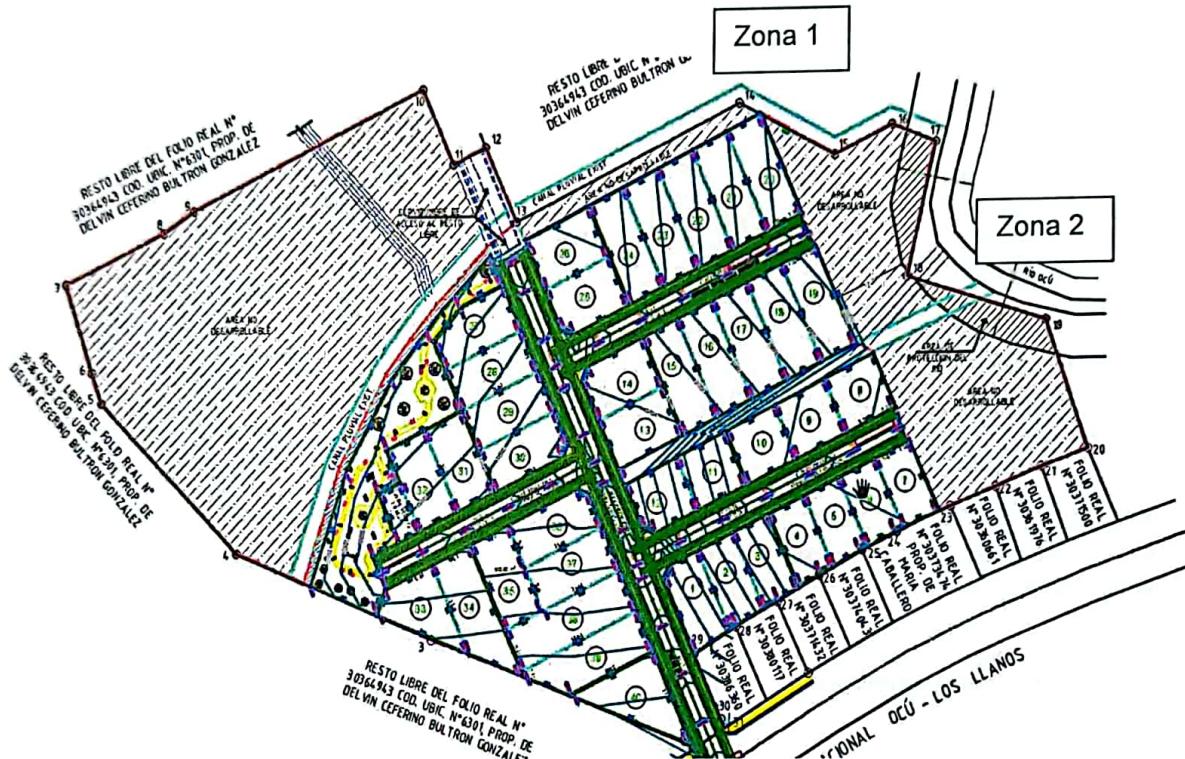
Dada las condiciones del proyecto a desarrollar producto de fuertes lluvias este es uno de los escenarios que se desea evitar dado que producto de condiciones como la sedimentación u obstrucción por elementos ajenos a las condiciones naturales del río se pueden dar represamientos impidiendo un flujo correcto en la sección natural y bajo esta condición los canales naturales que funcionan como aliviaderos pueden generar una condición adversa siendo el fenómeno de inundación el escenario más crítico.

Bajo esta condición para mitigar dicho efecto en los canales naturales tanto para el canal de mayor longitud como el canal de menor longitud será necesario modificar la geometría de modo que la sección y las condiciones de pendiente sean óptimas de modo que el flujo se dé siempre en dirección del río y no en contrapendiente lo que ocasiona un rebose y por consiguiente un desbordamiento.

INF/DISEÑO – ESTUDIO HIDROLÓGICO

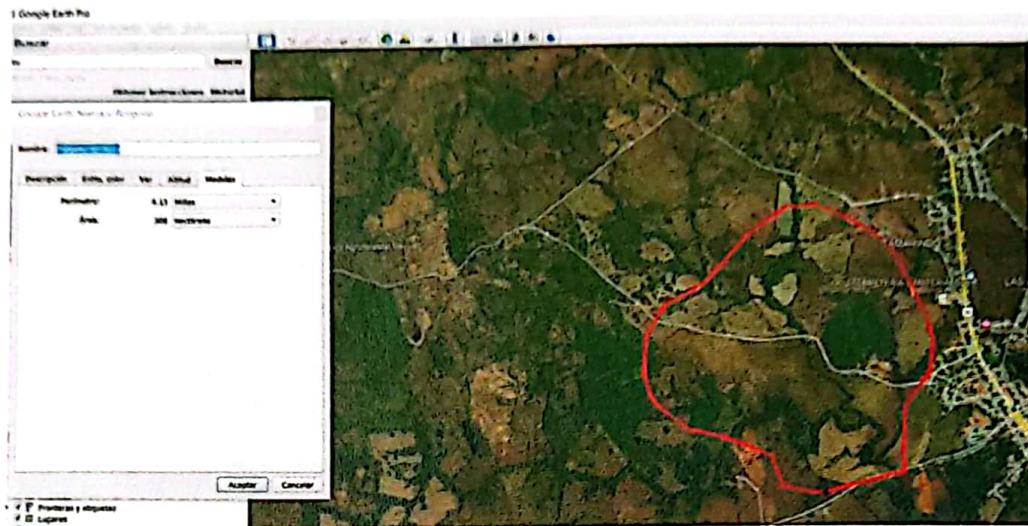
Ing. Eldis A. Ruiz V.

C.I.N° 2014-006-131



Tal como lo establece el Ministerio de Obras públicas obras como aliviaderos y canales naturales o artificiales, deben ser analizados para la peor lluvia en un periodo de retorno de 1: 10 años, sin embargo, para ser conservador tomando en cuenta que el curso principal fue analizado para un periodo de retorno de 1: 50 años, emplearemos el caudal máximo para definir la sección del canal.

TRAMO	SUPERFICIE Km2	Periodo de Retorno (años)	Caudal (m3/s)	Factor Tabla 3	Caudal Instantáneo (m3/s)
Río Océ	3.08	1:10	17.48	1.6	28.0
Río Océ	3.08	1:50	17.48	2.24	39.2
caudal directo sobre canal mas crítico (30%) del manejo del río					11.75



Para la estimación de caudal de influencia directa que pudiera causar efecto rebote por condiciones topográficas, se toma el área o cuenca de incidencia más cercana al sitio de desarrollo y que por lo general resulta menor a la cuenca parcial de análisis. Esta zona representa un área total de 3.08 km<sup>2</sup>.

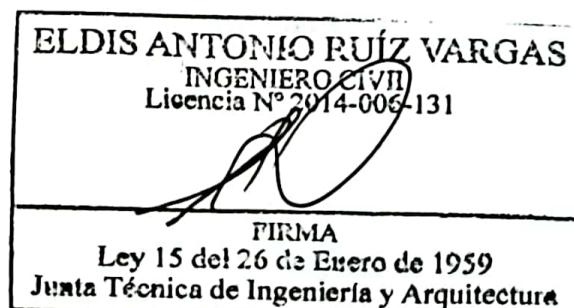
Para el diseño o mejoramiento de los canales debemos tomar en cuenta dos condiciones.

- Cálculo de la sección en condiciones naturales.
- Cálculo de la sección de máxima eficiencia mejorada (revestimiento en concreto y zampeado).

Para el dimensionamiento del Canal se empleará el programa H canales para definir la geometría de mayor eficiencia que garantice un correcto flujo hacia la desembocadura del Río Océ.

Los criterios de diseño serán los siguientes:

- Caudal de diseño: 39.2 m<sup>3</sup>/s
- Pendiente de diseño: 1%
- Proporción de taludes: 1H :1V



## INF/DISEÑO – ESTUDIO HIDROLÓGICO

Ing. Eldis A. Ruiz V.

C.I.N° 2014-006-131

1. Condición 1: sección natural y coeficiente de rugosidad  $n= 0.030$  canal natural

Diseño para una sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica

Lugar:	OCU	Proyecto:	DESARROLLO OCU
Tramo:	GLOBAL	Revestimiento:	CANAL NATURAL
<b>Datos:</b>			
Caudal (Q):	11.75 m <sup>3</sup> /s	Ancho de solera (b):	1.2601 m
Talud (Z):	1	Área hidráulica (A):	4.2306 m <sup>2</sup>
Rugosidad (n):	0.030	Espejo de agua (T):	4.3024 m
Pendiente (S):	0.01 m/m	Número de Froude (F):	0.6942
 Cuidado velocidad erosiva			
<b>Resultados:</b>			
Tirante (y):	1.5211 m	Ancho de solera (b):	1.2601 m
Perímetro (p):	5.5625 m	Área hidráulica (A):	4.2306 m <sup>2</sup>
Radio hidráulico (R):	0.7606 m	Espejo de agua (T):	4.3024 m
Velocidad (v):	2.7774 m/s	Número de Froude (F):	0.6942
Energía específica (E):	1.9143 m-Kg/Kg	Tipo de flujo:	Subcrítico

Para una condición natural requerimos una altura de canal de aproximadamente 1.52 metros y un ancho de 4.3 metros sin embargo la velocidad en el canal es erosiva por lo que se recomienda manejar una sección mejorada con zampeado y concreto pobre con una resistencia de 2500 PSI.

Bajo esta condición tenemos lo siguiente:

Diseño para una sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica

Lugar:	OCU	Proyecto:	DESARROLLO OCU
Tramo:	GLOBAL	Revestimiento:	CANAL NATURAL
<b>Datos:</b>			
Caudal (Q):	11.75 m <sup>3</sup> /s	Ancho de solera (b):	0.9209 m
Talud (Z):	1	Área hidráulica (A):	2.2595 m <sup>2</sup>
Rugosidad (n):	0.013	Espejo de agua (T):	3.1442 m
Pendiente (S):	0.01 m/m	Número de Froude (F):	1.9585
			
<b>Resultados:</b>			
Tirante (y):	1.1117 m	Ancho de solera (b):	0.9209 m
Perímetro (p):	4.0652 m	Área hidráulica (A):	2.2595 m <sup>2</sup>
Radio hidráulico (R):	0.5550 m	Espejo de agua (T):	3.1442 m
Velocidad (v):	5.2002 m/s	Número de Froude (F):	1.9585
Energía específica (E):	2.4899 m-Kg/Kg	Tipo de flujo:	Supercrítico

Se requiere un canal con una profundidad de 1.11 metros y un ancho de 3.14 metros para un área hidráulica de 2.26 m<sup>2</sup>, con el propósito de no alterar la configuración de la lotificación pero cumpliendo con el área hidráulica requerida, se recomienda en ambos puntos mejorar las secciones naturales y revestirlas en los taludes con concreto de 2500 psi y piedras que funcionen como disipadores de energía, empleando un ancho de 3.00 metros donde el ancho sea inferior requerido para cumplir con el área hidráulica, será de 1.07 m manteniendo una profundidad de 1.11 m.

### Recomendaciones

Mitigar el efecto rebote requiere tomar en cuenta una serie de medidas y técnicas durante la construcción de los canales, para minimizar este efecto y sus consecuencias negativas se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Tomar en cuenta los análisis del estudio hidrológico para comprender cómo afectará el canal al entorno circundante y cómo podría alterar el flujo natural del agua.
- Mejorar la sección de los canales naturales asegurando de que el diseño del canal sea compatible con las características hidrológicas y geográficas del área. Considerando la pendiente, el caudal esperado, la vegetación circundante y otras características importantes para minimizar los efectos negativos.
- Emplear técnicas de revestimientos adecuados en el canal para reducir la erosión y la sedimentación (zampeado).
- Construcción de estructuras de retención: se deben agregar a lo largo del Canal rocas en el fondo de canal que funcionen como elementos de desaceleración para controlar el flujo del agua y minimizar la erosión.
- Implementación de técnicas de manejo de sedimentos: se recomienda en las entradas del canal y de ser necesario en las salidas, utilizar trampas de sedimentos y otros dispositivos para capturar y retener los sedimentos antes de que ingresen al canal principal
- Restauración del hábitat: Después de la construcción, trabajar en la restauración de las áreas afectadas aguas abajo para ayudar a mitigar los impactos ecológicos negativos.
- Monitoreo continuo: Lleva a cabo monitoreos regulares para evaluar el rendimiento del canal y realizar ajustes según sea necesario para reducir cualquier efecto rebote no anticipado.
- Involucrar a las comunidades locales y expertos: consultar con las comunidades locales y especialistas en gestión del agua para obtener conocimientos valiosos y perspectivas locales que puedan ayudar a mejorar el diseño y la implementación del canal.

