



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LAS QUEBRADAS HUAYRAPATA,
ISHCAY Y PICAY DE LA CIUDAD DE GUALACEO**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR. AUGUSTO VICENTE SAQUICELA VINTIMILLA

DIRECTOR. ING. CIVIL DIEGO CORONEL SACOTO

CUENCA – ECUADOR

2016



DECLARACIÓN

Yo, **Augusto Vicente Saquicela Vintimilla**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Augusto Vicente Saquicela Vintimilla

C.I. 0105132021



CERTIFICACIÓN

Yo, **Ing. Civil Diego Coronel Sacoto**, certifico que el presente trabajo de titulación con tema *“EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LAS QUEBRADAS HUAYRAPATA, ISHCAY Y PICAY DE LA CIUDAD DE GUALACEO”* fue desarrollado por el señor **Augusto Vicente Saquicela Vintimilla**, bajo mi supervisión.

MSc. Ing. Civil Diego Fernando Coronel Sacoto
Director Del Trabajo De Titulación

Augusto Vicente Saquicela Vintimilla



*Dedico este proyecto de investigación a mis padres
Vicente y Esperanza por todo el esfuerzo y
dedicación que han tenido que realizar día con día
para poderme brindar los estudios, a mi esposa
Ximena por el apoyo, la dedicación y sobre todo la
paciencia que todos los días me brinda para poder
salir adelante, a mis hijos Ismael y Nicole con todo
el amor del mundo.*



Un agradecimiento muy especial primeramente a Dios por todos los favores recibidos y a mis padres por la dedicación y la insistencia de día a día para que salga adelante con mis estudios a mi esposa Ximena por la insistencia de todos los días para que este proyecto salga adelante, a mi Tutor de investigación que gracias a sus conocimientos se pudo concluir con el objetivo del estudio, a mis amigos que estuvieron brindándome su apoyo cuando lo necesitaba para que se logre finalizar esta investigación a todos mis familiares que estuvieron presentes brindándome el apoyo necesario para poder concluir mis estudios.



INDICE

CONTENIDO

1. DATOS GENERALES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Generalidades	2
1.3. Localización del Proyecto.....	2
1.4. Población de Enlace	4
2. Objetivos de proyecto y diagnóstico del problema.	5
2.1. Objetivos	5
2.1.1. Objetivo General	5
2.1.2. Objetivos Específicos.....	5
2.2. Diagnóstico del problema.	5
2.2.1. Historia de inundaciones de las quebradas.	5
2.2.2. Ubicación específica del estudio.....	10
2.2.3. Revisar la ordenanza actual municipal.....	11
3. Topografía	13
3.1. Cauce natural de las quebradas.....	13
3.1.1. Cauce natural	13
3.1.2. Flujo.....	14
3.1.2.1. Tipos de Flujo.	14
3.1.3. Tránsito de crecientes.....	15
3.1.4. Principio del tránsito hidrológico.....	16
3.1.5. Métodos del tránsito hidrológico.	17
3.1.5.1. Tránsito en cauces: Método de Muskingum.....	17
3.1.5.2. Método de Muskingum-Cunge	18
3.1.6. UN método hidrológico simple para transito de crecientes.....	21



3.2.	Secciones transversales en el sector urbano de la ciudad.....	23
3.2.1.	Sección transversal.	23
3.3.	Pendientes longitudinales de los cauces naturales	24
3.3.1.	Pendiente Longitudinal.	24
3.4.	Zonas de inundaciones actualmente construidas.....	24
4.	Niveles de inundación con caudales pico.	26
4.1.	Resumen de Caudales Pico.	27
4.2.	Modelación de los cauces de las quebradas de forma natural.	34
4.3.	Modelación de los cauces de las quebradas con la estructura de la ciudad (casas, edificios, áreas verdes, zonas de recreación y más).	35
5.	Plan de manejo de las quebradas en estudio.	35
5.1.	Margen de protección de las quebradas	35
5.2.	Retiros para construcción de viviendas en lugares próximos al cauce.....	36
5.3.	Información del tipo de uso de suelo para los sectores próximos a los cauces de las quebradas.	36
5.3.1.	La ecuación de MANNING.....	36
5.3.2.	Selección del coeficiente de rugosidad de Manning.	37
5.3.3.	Factores que afectan el coeficiente de rugosidad de Manning.....	37
5.3.3.1.	Rugosidad superficial.....	37
5.3.3.2.	Vegetación.	38
5.3.3.3.	Irregularidad del canal.	38
5.3.3.4.	Alineamiento del canal.....	38
5.3.3.5.	Sedimentación y socavación.	38
5.3.3.6.	Obstrucción.....	38
5.3.3.7.	Tamaño y forma del canal.....	38
5.3.3.8.	Nivel y caudal.	38
5.3.3.9.	Cambio estacional.....	38
5.3.3.10.	Material de suspensión y carga de lecho.....	39



5.3.4.	Canales con rugosidad compuesta.	43
5.4.	Determinación de zonas seguras.	49
6.	Uso Modelo Iber 2.2.	49
6.1.	Crear o importar una geometría.	50
6.1.1.	Asignar parámetros.	51
6.2.	Asignación de condiciones de contorno.	52
6.2.1.	Condiciones de Ingreso.	52
6.2.2.	Condiciones de Salida.	53
6.3.	Asignación de condiciones internas (condiciones de malla).	54
6.3.1.	Rugosidad.	54
6.3.1.1.	Asignación según usos de suelo.	54
6.3.1.2.	Asignación automática con datos geo referenciados.	54
6.3.2.	Procesos Hidrológicos.	55
6.4.	Calculo.	56
6.4.1.	Ejecución del cálculo.	56
6.4.2.	Datos procesados.	56
6.5.	POST-PROCESO.	57
6.5.1.	Visualización de resultados.	58
7.	Resultados.	64
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	72
8.1.	Conclusiones.	72
8.2.	Recomendaciones.	74
9.	Bibliografía.	76
10.	Anexos.	77

FIGURAS.

Figura 1 Mapa De Ubicación De La Zona De Estudio	3
--	---



Figura 2 Gráficos De Transito De Avenidas. Fuente. (Chow, 1955)	16
Figura 3 Sección De Canal Abierto Para Transito De Cauces. Fuente (Chow, 1955)	18
Figura 4 Perfil Transversal Tipo	23
Figura 5. Hidrogramas Quebrada Huayrapata Periodo De Retorno De 2 Años.	27
Figura 6 Hidrogramas Quebrada Huayrapata. Periodo De Retorno De 5 Años.	27
Figura 7 Hidrogramas Quebrada Huayrapata. Periodo De Retorno De 10 Años.	28
Figura 8 Hidrogramas Quebrada Huayrapata. Periodo De Retorno De 10 Años.	28
Figura 9 Hidrograma Quebrada Ishcay. Periodo De Retorno De 2 Años.	29
Figura 10 Hidrogramas Quebrada Ishcay. Periodo De Retorno De 5 Años.	29
Figura 11 Hidrogramas Quebrada Ishcay. Periodo De Retorno De 10 Años.	30
Figura 12 Hidrogramas Quebrada Ishcay. Periodo De Retorno De 25 Años.	30
Figura 13. Hidrogramas Quebrada Picay. Periodo De Retorno De 2 Años.	31
Figura 14 Hidrogramas Quebrada Picay. Periodo De Retorno De 5 Años.	31
Figura 15 Hidrogramas Quebrada Picay. Periodo De Retorno De 10 Años.	32
Figura 16 Hidrogramas Quebrada Picay. Periodo De Retorno De 25 Años.	32
Figura 17 Asignación De Caudales Específicos Modelo Iber 2.2	33
Figura 18 Asignación De Salida De Aguas Modelo Iber 2.2	34
Figura 19. Sección Tipo Para Cálculo De Rugosidad Equivalente.	45
Figura 20. Hoja De Cálculo De Rugosidad Equivalente.	45
Figura 21 Asignación De Rugosidad Automático Modelo Iber 2.2	46
Figura 22. Modelo Raster. Fuente. (Esri, Aula Virtual Arcgis, 2016)	47
Figura 23. Geometría Importada A Iber 2.2.	50
Figura 24. Parámetros Asignados En Iber 2.2 Para Mallado De Superficie.	51
Figura 25. Malla De La Superficie De Estudio. Iber 2.2	51
Figura 26. Orthofoto Geo Referenciada En Mallado. Iber 2.2	52
Figura 27. Hidrogramas Para Condiciones De Ingreso. Iber 2.2	52
Figura 28. Ventana De Dialogo. Comprobación De Condiciones De Contorno Asignados. Iber 2.2	53
Figura 29. Ventana De Dialogo. Comprobación De Condiciones De Salida. Iber 2.2	53
Figura 30. Formato .Csv Para Asignación De Rugosidad Automática	55
Figura 31. Comprobación De Rugosidades Asignadas Iber 2.2	55
Figura 32. Ventana De Cálculo Para Condiciones Generales De Calculo Iber 2.2	56
Figura 33. Datos Procesados De Modelación. Iber 2.2	57
Figura 34. Post-Proceso (Áreas Coloreadas Suaves). Resultados De Calado Máximo (M) Iber 2.2	58
Figura 35. Post-Proceso (Áreas Coloreadas Suaves). Resultados De Caudal Especifico (M2/S) Iber 2.2	59
Figura 36. Post-Proceso (Áreas Coloreadas Suaves). Resultados De Velocidad Maxima (M/S) Iber 2.2	59
Figura 37. Post-Proceso (Áreas Coloradas Suaves). Resultados De Cota De Agua Maxima Iber 2.2	60
Figura 38 Perfil Transversal Intersección De La Avenida Loja – Q. Picay (Zona De Desbordamiento). Iber 2.2	60
Figura 39. Sección Transversal De Puente. Q. Picay	61
Figura 40 Perfil Transversal Sector El Chorro. Intersección Luis Ríos Rodríguez – Q. Ishcay	62
Figura 41. Sección Transversal Puente. Q. Ishcay	62
Figura 42 Perfil Transversal Intersección Calle Eugenio Espejo - Q. Huayrapata	63
Figura 43. Sección Transversal De Puente. Q. Huayrapata	63
Figura 44. Resultados De Modelación Hidráulica De Las Quebradas Huayrapata, Ishcay Y Picay. Con Hidrogramas Con Periodo De Retorno De 2 Años. Iber 2.2	64
Figura 45 Resultados De Modelación Hidráulica De Las Quebradas Huayrapata, Ishcay Y Picay. Con Hidrogramas Con Periodo De Retorno De 10 Años. Iber 2.2	64
Figura 46 Resultados De Modelación Hidráulica De Las Quebradas Huayrapata, Ishcay Y Picay. Con Hidrogramas Con Periodo De Retorno De 25 Años. Iber 2.2	65
Figura 47 Resultados De Modelación Hidráulica De Las Quebradas Huayrapata, Ishcay Y Picay. Con Hidrogramas Con Periodo De Retorno De 5 Años. Iber 2.2	68



Figura 48 Resultados De Velocidad. De Modelación Hidráulica De Las Quebradas Huayrapata, Ishcay Y Picay. Para Un Periodo De Retorno De 10 Años. Iber 2.2	70
Figura 49 Resultados De Velocidad. De Modelación Hidráulica De Las Quebradas Huayrapata, Ishcay Y Picay. Para Un Periodo De Retorno De 25 Años. Iber 2.2	71

TABLAS

TABLA 1. VALORES DE COEFICIENTE DE MANNING. FORMULA DE CANALES ABIERTOS. FUENTE (CHOW, 1955)	40
TABLA 2. COEFICIENTES DE MANNING PARA CANALES ABIERTOS. FUENTE (CHOW, 1955)	41
TABLA 3. COEFICIENTE DE MANNING PARA ZONA DE ESTUDIO.	46

FOTOGRAFIAS

- Fotografía 1. Una Mujer Camina En Frente De La Quebrada Ischay, Una De Las Vertientes Que Se Desbordó En Gualaceo. Fuente. Publicado El 2012/11/29 Por Csm
- Fotografía 2. Bomberos Prestan Sus Servicios Para Desalojar El Agua Que Ingreso A Sus Domicilios. Fuente. (Mercurio, 2012)
- Fotografía 3. Rosa Vera Retira Con Una Escoba El Agua Que Entró A Su Sastrería Ubicada En La Calle Colón, Del Cantón Gualaceo. Fuente. El Mercurio_Publicado El 2012/11/29 Por Csm
- Fotografía 4. Sección De Tubería De 1metro. Av. Cañaverales Y Q. Huayrapata
- Fotografía 5. Sección De Tubería Reducida Por Acumulación De Sedimentos.
- Fotografía 6. El Desbordamiento De Las Quebradas Hace Que Sus Aguas Se Evacuen Por Las Distintas Vías De La Ciudad.
- Fotografía 7. Sección De Quebrada Limitada Para El Transporte De Aguas.
- Fotografía 8. Quebrada Ishcay. Sector Centro Comercial Las Orquídeas
- Fotografía 9. Quebradas En Completo Abandono.
- Fotografía 10. Quebradas Sirven Como Botadero De Basura.
- Fotografía 11. Las Quebradas Por Falta De Mantenimiento Pierden Su Sección Por Causa De Arbustos Que Crecen En Su Cauce.
- Fotografía 12. Puente De Mampostería De Piedra En El Centro De La Ciudad.
- Fotografía 13. Puentes Que Son Construidos Sin Tener En Cuenta Una Sección Útil.
- Fotografía 14. Q. Huayrapata Sector La Pradera Cuenta Con Un Puente De Sección Útil Para El Transporte De Aguas Y Limpieza De Sedimentos.
- Fotografía 15. Q. Huayrapata Y Abelardo J. Andrade La Sección Se Limita A Una Tubería De 1m De Diámetro. Sector La Pradera.



RESUMEN.

El desarrollo comercial y residencial del cantón Gualaceo de la Provincia del Azuay aumenta rápidamente sin que el GAD Municipal logre tener un control adecuado de las construcciones, lo que ha permitido que en lugares próximos a los cauces de las quebradas que atraviesan la ciudad de Gualaceo como son sus márgenes naturales de inundación, se construya arbitrariamente sin permisos, de manera informal y en algunos casos inclusive con los respectivos permisos de la autoridad.

Este desorden en el crecimiento provoca una gran susceptibilidad de que ocurra inundación y destrucción a estas obras construidas e inclusive pérdidas humanas; por lo que, como estudiantes nos hemos visto en la obligación de hacer un estudio de estas situación preocupante para que se tomen las medidas adecuadas por parte fundamentalmente de las autoridades de control para precautelar la seguridad de las personas. Conjuntamente a esta situación insostenible, radica el tema de los costos de limpieza de materiales que cada invierno se sedimentan en los lechos de las quebradas que hacen que pierdan la sección de salida del flujo, dinero que podría ser utilizado en otros fines para el servicio de la colectividad.

Las quebradas estudiadas que atraviesan el área urbana de la Ciudad de Gualaceo son: Huayrapata, Ishcay y Picay, que se extienden en sentido Este-Oeste y evacúan el agua de precipitación que receptan las micro cuencas. Estas quebradas desembocan el agua al río Santa Bárbara.

La presente investigación consiste en la modelación hidráulica de los lechos de las mencionadas quebradas para conocer sus niveles de inundación, velocidad de salida del flujo y otras cualidades en caso de que se produzca caudales extraordinarios analizados para diferentes períodos de retorno con una metodología apropiada tomando como herramienta principal al modelo hidráulico IBER 2.2. desarrollado por investigadores españoles. Los caudales de ingreso al área urbana serán tomados del estudio realizado en otro tema de investigación realizado por el compañero Andrés Ulloa, quien estudió las micro cuencas de aporte muy detalladamente por lo que hemos estado trabajando estrechamente con quien se ha estado trabajando conjuntamente. Con los resultados obtenidos se sacarán conclusiones y recomendaciones importantes para el GAD Municipal y la ciudadanía en general.



Palabras Clave: modelación hidráulica, periodo de retorno, caudales, quebradas, micro cuencas.

ABSTRACT.

Commercial and residential development of the Gualaceo canton in the Province of Azuay rises rapidly without the Municipal GAD can gain an adequate control of the constructions, which has allowed that close to the beds of several ravines that flow through the city of Gualaceo such as natural flood margins places, arbitrarily built without necessary permissions informally and in some cases even with permissions from the authorities.

This growth disorder causes a susceptibility the occurrence of floods and destruction of these built works and even human losses; so that as students we have seen the need to do a study of these worrisome situations so with that appropriate supervisory of the authorities to safeguard the security of people. In conjunction of this untenable situation, lies the issue of costs of cleaning materials, every winter sediment in the beds of streams causes the loose the outflow section, money that could be used for other purposes as services for the community.

The studied streams that cross the urban area of the City of Gualaceo are: Huayrapata, Ishcay and Picay, which extend east-west and evacuate the precipitation water that collects the micro-watersheds. These streams flow water in the Santa Barbara River.

The current research consists of a hydraulic modeling of the beds of the aforementioned streams to understand their flood levels, speed outflow and other qualities in the event that extraordinary flows analyzed for different return periods with an appropriate methodology to occur taking as main tool in hydraulic model IBER 2.2. developed by Spanish researchers. The water inflow to the urban area will be taken from the study in another research topic developed by our fellow Andrés Ulloa, who studied the micro basins and with his very detailed contribution so we have been working. With the results obtained important conclusions and recommendations for the Municipal GAD and citizenship will be obtained in general.

Palabras Clave: hydraulic modeling, return period, flows, streams, micro basins.



1. DATOS GENERALES

1.1. Introducción

Las quebradas Picay, Ishcay y Huayrapata atraviesan la ciudad de Gualaceo de Oeste a Este que empieza su recorrido en las cordilleras del Cantón, hasta desembocar en el Río Santa Bárbara, en la parte urbana que recorre sus márgenes de 1m y que en lugares no cuenta con márgenes, se encuentra formando un canal rectangular, cada una de las quebradas tiene un desnivel moderado.

Los desbordamientos frecuentes en épocas de invierno se dan anualmente en sectores situados en sus inmediaciones, debido a las intensas lluvias y poca pendiente de la zona urbana que se encuentra situada a sus márgenes el arrastre de escombros y la erosión de su cuenca hacen que su capacidad natural del cauce disminuya. Por lo que se debe ejecutar limpiezas y obras de defensa en sus márgenes a lo largo de su cauce para la construcción de viviendas que en lugares se han visto ineficaces¹ porque se ha construido en su llanura de inundación. En algunos eventos se han afectado viviendas produciendo pérdidas materiales y poniendo en riesgo las vidas humanas y varios sectores de la Ciudad, se ha decidido realizar un estudio hidráulico debido a la problemática de la zona por un lado analizar alternativas para proteger el área urbana de las vías de desagüe frente a desbordamientos eventuales y por otro lado como afecta las obras de defensa(muros de contención construidos en el margen de lado y lado convirtiendo a la quebrada en un canal rectangular) realizadas para la construcción de edificaciones en sus márgenes con la finalidad de limitar la construcción de más viviendas con márgenes de protección mínimos en sectores para poder conservar los márgenes que son zonas de inundación natural de la cuenca, mejorando la hidromorfología² de la zona.

¹ No sirven para el efecto esperado, no se obtiene el resultado esperado.

² Características principales de las fuentes de agua

Augusto Vicente Saquicela Vintimilla



1.2. Generalidades

Los cauces de ríos o quebradas en condiciones naturales, tienen su propio mecanismo que hace innecesaria la ejecución de limpiezas, sin embargo, la presencia de infraestructuras sobre las quebradas y la alteración geomorfológica³ y de los usos de suelo en sus márgenes y llanuras de inundación ha dado lugar a un incremento de inundaciones en la ciudad. Tomando en cuenta que los márgenes establecidos en la ordenanza no se han cumplido de manera precisa por causa de construcciones informales en los márgenes naturales de las quebradas en estudio.

1.3. Localización del Proyecto

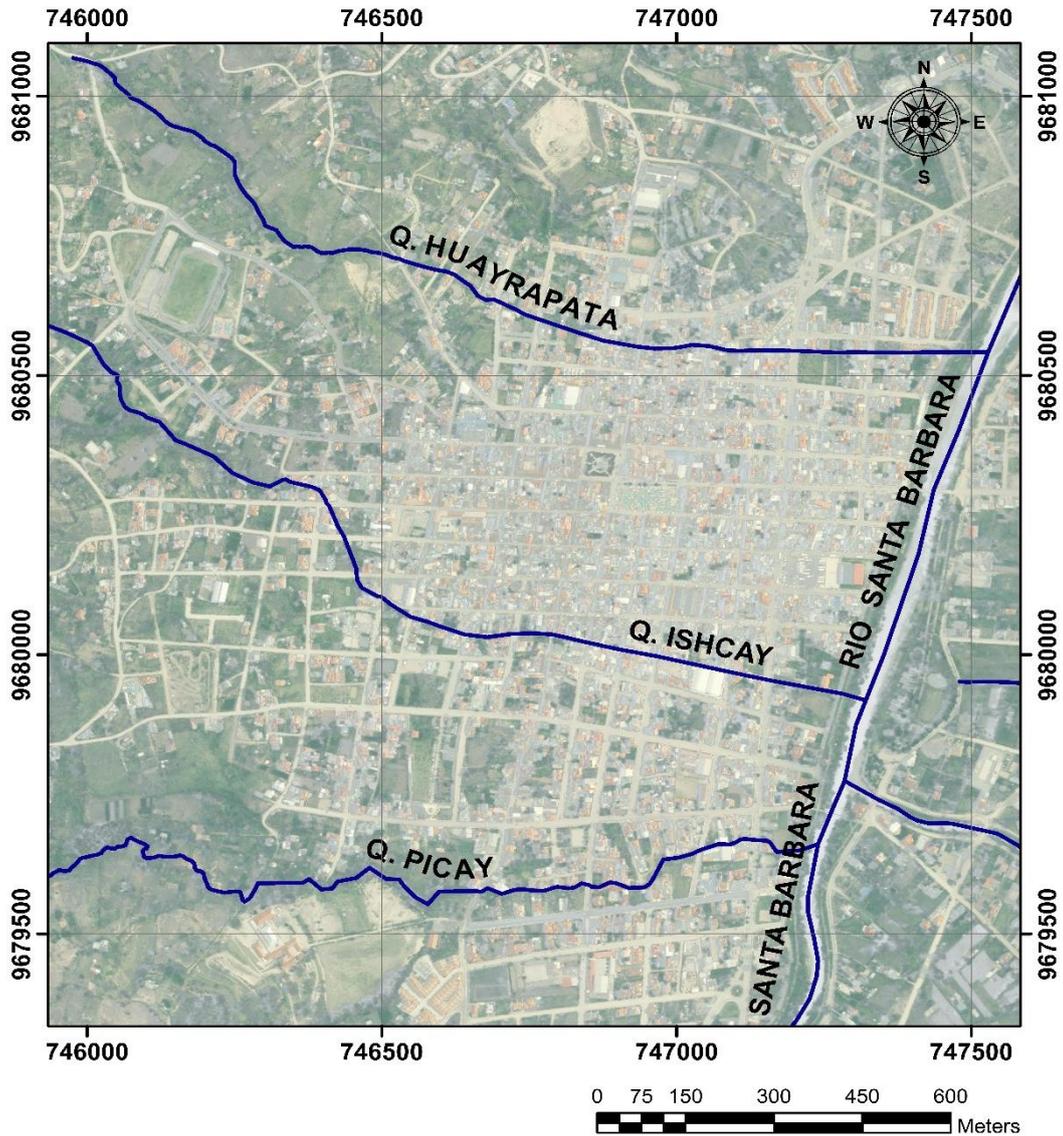
Al Sur del Ecuador en las coordenadas UTM WGS - 84⁴ Este 747000, Norte 9685000; en la Provincia del Azuay se encuentra el Cantón Gualaceo, cabecera cantonal que se asienta a 2250 m.s.n.m. rodeada de montañas y colinas. Es el centro de producción de varias artesanías que se comercializan en el país, lleno de tradición y cultura; con una población cantonal aproximada de 42709 habitantes, en la parte urbana de la ciudad cuenta con 10501 habitantes aproximadamente cubriendo una superficie de 660 hectáreas.

³ Características principales de las quebradas.

⁴ Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator, basado en el sistema de posicionamiento global del año 1984.



MAPA DE UBICACIÓN



Gualaceo Cantón de la Provincia del Azuay - Ecuador
 Ubicado en la parte Oriental de la Provincia.
 Bañada por los Ríos Santa Barbara y San Francisco.

Datos Proporcionados por el GAD Municipal de Gualaceo
 Sistema de Coordenadas: WGS 1984
 Zona: UTM 17 Sur
 DATUM: WGS 1984

LEYENDA
 Hidrografia_Urbano

Longitud de Quebradas	
Huayrapata	1790.60 m
Ishcay	2184.19 m
Picay	2168.09 m

Figura 1 Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio



1.4. Población de Enlace

La Ciudad de Gualaceo en su parte urbana tiene una población aproximada de 10501 habitantes que se encuentran vinculados directamente con el problema que ocasionan las quebradas en tiempos de invierno. Los datos aquí mencionados están tomados del último censo poblacional a nivel nacional. Las poblaciones que se encuentran directamente afectadas son las que se encuentran poblando las márgenes de inundación natural de cada quebrada.



2. Objetivos de proyecto y diagnóstico del problema.

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Realizar una evaluación hidráulica de las quebradas Picay, Ishcay y Huayrapata de la Ciudad de Gualaceo, generando niveles de inundaciones a lo largo de su recorrido dentro de la parte urbana de la ciudad.

2.1.2. Objetivos Específicos

- Recopilar caudales pico para diferentes periodos de retorno de las cuencas que aportan a las diferentes quebradas en estudio, 2 – 5 – 10 – 25 años.
- Determinar las secciones de cada quebrada en estudio en partes de interés para la evaluación.
- Modelar los caudales en las secciones levantadas.
- Analizar los cauces de las quebradas que se encuentran afectados.
- Determinar las zonas de inundaciones en la zona urbana.

2.2. Diagnóstico del problema.

2.2.1. Historia de inundaciones de las quebradas.

La ciudad de Gualaceo tiene varios problemas en sus quebradas que atraviesan la ciudad en su área urbana en épocas de invierno, debido a que su sección en cada una de las mismas no cumple con lo necesario para poder transportar el caudal de aporte en las partes altas de sus cuencas, siendo un problema grave; ya que se encuentran asentadas varias viviendas a lo largo de su recorrido.

En el transcurso del tiempo varias han sido las necesidades debido al desbordamiento de las quebradas, muchas de las cuales han tenido que ver con el arrastre de sólidos y debido al caudal de crecida afectado viviendas que se encuentran en los márgenes de las quebradas causando graves daños en las mismas e inundando las calles de la ciudad, al final del día dejando gran cantidad de sedimentos en estas.



La infraestructura de la ciudad también se encuentra afectada por los desbordamientos, las casas que se encuentran asentadas en los márgenes son destruidas por los caudales elevados del invierno destruyendo a su paso algunos de los puentes que se encuentran en su recorrido.

Inundación en Gualaceo por fuerte aguacero

“Una intensa lluvia de 90 minutos provocó el colapso de tres quebradas del cantón azuayo de Gualaceo y anegó a casi todo el centro de la urbe. El agua ingresó a viviendas y negocios causando pérdidas importantes. Hay cuatro casas en riesgo y una que colapsó. Los problemas empezaron cuando un fuerte aguacero arrasó con palizadas y escombros que se depositaron en las quebradas. La lluvia de hoy agravó la situación “la taponó y colapsó”, contó Cristian Cárdenas, técnico del Consejo de Seguridad Ciudadana. La Tres de Noviembre, la Jaime Roldós y Los Cañaverales (esta se ubica al pie del río Santa Bárbara) principales arterias de la ciudad parecían ríos. En la parte alta, sector de El Chorro, cuatro casas están en riesgo y otra colapsó. La familia de la última fue evacuada hacia un albergue. El Municipio activó el Plan de Contingencia para atender la emergencia. Las principales tareas son sacar el agua con bombas del Cuerpo de Bomberos. También intentar limpiar las quebradas para el encausamiento y desfogue normal. Cárdenas contó que en 10 viviendas el agua subió tres metros.” (ELCOMERCIO.COM, 2012)

Gualaceo se inundó a día seguido y se alarga emergencia

“Las lluvias volvieron a inundar ayer, por segundo día consecutivo, zonas de Gualaceo (Azuay), mientras que a través del Decreto Ejecutivo 1.119 se amplió el estado de excepción declarado el pasado 8 de marzo en esa provincia, ante los efectos del clima que ayer también afectó zonas de El Triunfo, en Guayas. En Gualaceo ayer se anegaron calles, locales comerciales y casas del centro cantonal. Mientras que el día anterior, la lluvia de una hora y media de duración aumentó la creciente de las quebradas, principalmente la Ishcay, que pasa por el sector Chorro, entre las calles Miguel Delgado y 3 de Noviembre. Agua y lodo, en un nivel de 60 a 80 cm de alto, ingresaron a la casa de Esther Tigre y dañaron muebles. Con ayuda de los vecinos limpió el piso de madera. “Por poco me cae la pared”, dijo Jorge Guaraca, de 62 años, dueño de un taller mecánico ubicado junto a la casa de Tigre. Enrique Lituma, jefe del



Cuerpo de Bomberos, indicó que recibieron quince llamadas de auxilio por el taponamiento del puente sobre la quebrada, la falta de mantenimiento en las orillas y las construcciones cercanas a las zonas peligrosas. Cerca de tres horas duró la emergencia en la que un rayo cayó sobre una casa en el sector del estadio Gerardo León Pozo. El techo destruido causó heridas de primer grado en el pecho y rodilla de Luis Muy, de 80 años, quien al momento es atendido en el hospital regional de Cuenca.” (Universo, 2012)



Fotografía 1. Una mujer camina en frente de la quebrada Ishcay, una de las vertientes que se desbordó en Gualaceo. Fuente. Publicado el 2012/11/29 por CSM

Lluvias inundan Azogues y Gualaceo

“Obsoleto Dos horas y media después, en Gualaceo, al nororiente del Azuay, cayó una lluvia intensa, desbordando las quebradas Ishcay y la contigua al hospital Moreno Vásquez. Los lugares afectados fueron Quimshi, El Arenal y el área urbana. La precipitación se prolongó durante 30 minutos. El sistema de alcantarillado no soportó la cantidad de agua y convirtió en ríos las calles Colón, Luis Cordero, Vicente Peñaherrera, Dávila Chica y la avenida Jaime Roldós. El agua ingreso a las viviendas dañando todo tipo de enseres. Rosa Vera intentaba rescatar las telas que se mojaron de su sastrería. Estaba indignada ante la falta de atención, por parte del Municipio, para la reparación del alcantarillado que ha inundado en cuatro ocasiones su negocio. Esa



misma irritación tiene Nelly Sacoto, quien ha perdido la cuenta del número de veces que su casa ha estado bajo el agua por la lluvia y “el inservible alcantarillado”.

Añadió que “todo esto inició cuando cambiaron las tuberías, nunca pensaron que Gualaceo podrían crecer tanto y esa red es muy pequeña y con la mínima lluvia se sobresatura”; con escoba en mano retiraba el agua estancada en el corredor del inmueble. Marco Tapia, alcalde, corroboró que el sistema de alcantarillado está obsoleto en diferentes zonas, tienen más de 25 años y aún no hay un proyecto para su reparación. Sostuvo que se tendrían que cambiar las matrices de agua. Además recordó que continuamente limpian, en la parte alta, las quebradas. Los bomberos ayudaron a la gente, con baldes y bombas succionadoras, a sacar el agua de los inmuebles. Aquella tarea, sumada a la limpieza de lodo de las vías, tardó más de dos horas. Santiago Lituma, jefe del Cuerpo de Bomberos, recordó que el 5 de octubre pasado sucedió algo similar: llovió y colapsó el alcantarillado y suspendieron el fluido eléctrico.” (Mercurio, 2012)



Fotografía 2. Bomberos Prestan sus Servicios para desalojar el agua que ingreso a sus domicilios. Fuente. (Mercurio, 2012)

Gualaceo se alista para la época de invierno.

“La Municipalidad envía hoy a su personal para que realice trabajos de limpieza de las quebradas, mientras que los bomberos efectúan controles en las orillas



del río y la empresa municipal de agua potable, Emapas, construirá canales en la avenida Jaime Roldós. Gustavo Vera, alcalde encargado de Gualaceo, pidió que desde hoy se realice la limpieza de las quebradas Picay, Yucacay y Huayrapata que en temporada de lluvias se desbordan arrastrando todo lo que encuentran a su paso y que depositan sus aguas en las partes bajas de la ciudad. El problema según Vera se repite todos los años. Por su parte, Santiago Lituma, jefe de bomberos de Gualaceo, dijo que constantemente realizan operativos de control en las orillas del Santa Barbará porque con las lluvias que se ocasionan en el sector Ayllón del cantón Sígsig, donde nace el caudal, provoca la creciente del río. Acotó que el problema es mayor cuando el aguacero es de gran fuerza y provoca que las quebradas aumenten su caudal llevando las aguas a la avenida Jaime Roldós donde se producen inundaciones que afectan las viviendas.” (Tiempo, eltiempo.com.ec, 2014)

Quebrada se desborda en Gualaceo por lluvia.

“Cinco familias perdieron el 80 por ciento de sus enceres y más de 10 resultaron afectadas parcialmente luego de que la quebrada Guizhcay, ubicada cerca del centro cantonal, en el barrio El Chorro se desbordara producto de la creciente que arrastró, troncos y rocas taponando varios tramos de la mismas, esto luego del torrencial aguacero que soportó este cantón azuayo el miércoles y ayer en horas de la tarde. A las 17:00 del miércoles comenzaron a reportarse las emergencias en este sector, en donde más de 15 casas están ubicadas junto a la quebrada, sin embargo es la primera vez que ésta se desborda, provocando graves daños sin víctimas que lamentar; miembros del cuerpo de bomberos acudieron hasta estos lugares para socorrer a los habitantes entre ellos tres menores de cuatro, cinco y siete años que estaban dormidos y no se dieron cuenta que el agua ingresaba a la vivienda.”



Fotografía 3. Rosa Vera retira con una escoba el agua que entró a su sastrería ubicada en la calle Colón, del cantón Gualaceo. Fuente. EL Mercurio Publicado el 2012/11/29 por CSM

Pérdidas

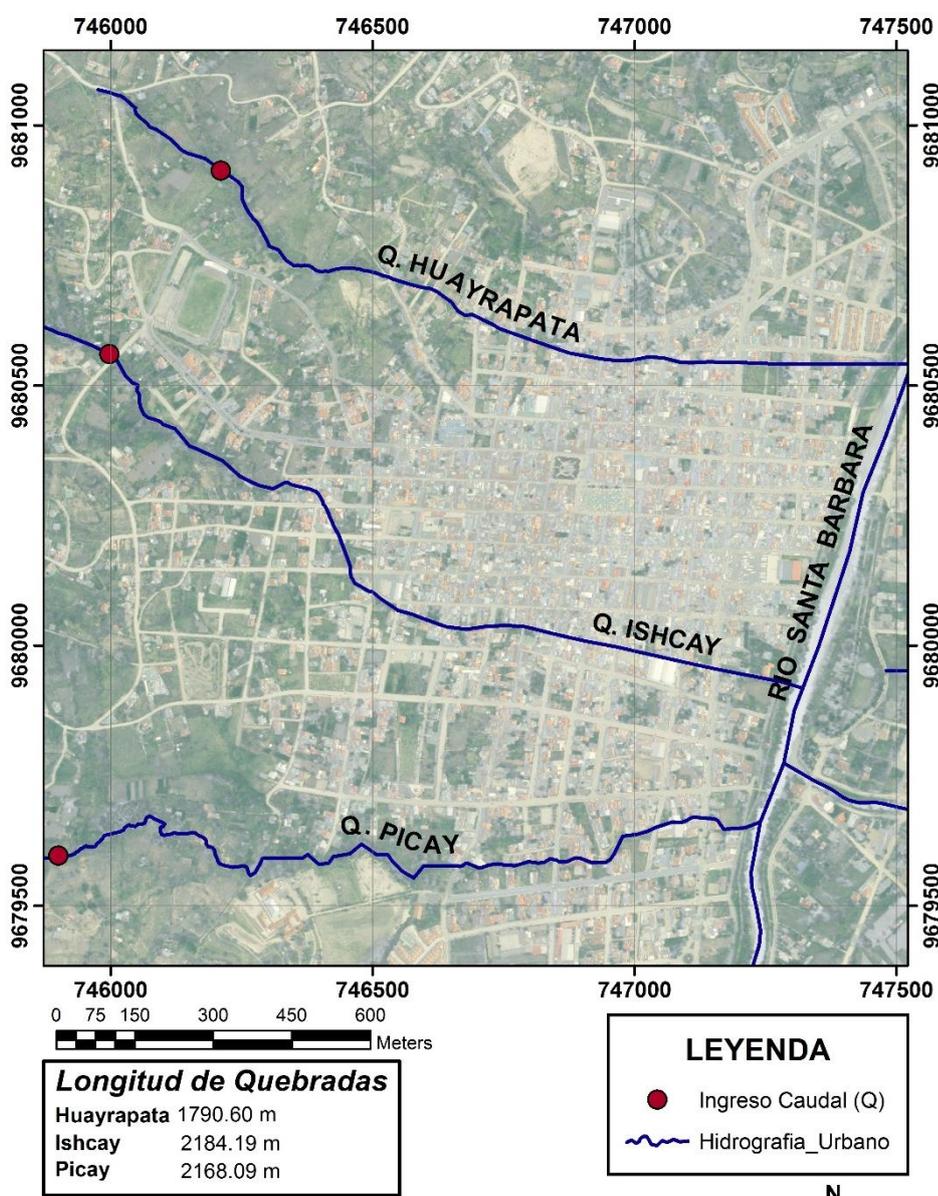
“Una pareja de esposos de 80 años se quedó en la calle, ya que su vivienda ubicada junto a la quebrada arrasó con todos sus enceres y las paredes se desplomaron debido la fuerza de la corriente, Rosa Albarracín, afectada, estuvo a punto de ser arrastrada por la corriente pero fue rescatada por sus vecinos y luego trasladada hasta el hospital de la ciudad con hipotermia. Pasado el peligro, las familias ingresaron a sus casas a las 19:00 e iniciaron las tareas de limpieza, a recoger y tratar de recuperar lo que quedó luego de la inundación. Jorge Guaraca propietario de un taller ubicado en el lugar manifestó que es la primera vez que el agua ingresa a las viviendas. “Prácticamente hemos perdido todos los enceres y herramientas de trabajo, estamos preocupados porque si el invierno continúa, nuevamente se registrarán los problemas”, expresó. Por su parte el jefe del Cuerpo de Bomberos del cantón, Enrique Lituma, manifestó que el desbordamiento de la quebrada se debe a la cantidad de material que arrastró la creciente que al llegar al sector El Chorro en donde está ubicado un puente, este se obstruyó y el agua rebotó hacia las viviendas ingresando por las puertas y ventanas, problema similar se vivió ayer nuevamente por las lluvias.” (Tiempo, 2012)

2.2.2. Ubicación específica del estudio.

Augusto Vicente Saquicela Vintimilla



La Zona de estudio se encuentra en la ciudad de Gualaceo, Provincia del Azuay al sur del Ecuador a una altura promedio de 2250msnm, las quebradas se encuentran atravesando la ciudad de Oeste a Este, tienen un recorrido distinto cada una con la quebrada Huayrapata 1790.60 metros, Ishcay 2184.19 metros y Picay 2168.09 metros desde los sectores de la circunvalación en donde empieza la parte urbana hasta desembocar en el rio Santa Bárbara, además de incluir las infraestructuras que se encuentran ya conformadas a la margen del cauce de las mismas. Estas que se encuentran al norte en el centro y al sur de la ciudad teniendo todas el mismo problema.



2.2.3. Revisar la ordenanza actual municipal.



La ordenanza municipal⁵ se encuentra aprobada por el consejo el 3 de septiembre del 2007 y puesta en vigencia desde el diez de marzo de 2008.

La siguiente Ordenanza que regula la contribución comunitaria en parcelaciones y urbanizaciones que se encuentran dentro del sector urbano de Gualaceo y sus cabeceras urbanas de las parroquias rurales.

Art. 6.- Márgenes de protección de ríos y quebradas. - En lo que respecta a la parroquia Gualaceo: Las áreas de protección de márgenes de ríos serán de 40 m, a excepción de las áreas ya consolidadas.

En las áreas de protección de las márgenes del río San Fráncico será de 20 m.

Para demás parroquias del cantón las áreas de protección de las márgenes de ríos serán de 40 m.

En lo que respecta a las quebradas dentro de los límites urbanos se mantendrá un rango de 3m -15m determinado por el Departamento de Planificación. Esta franja será medida, desde la margen más desfavorable.

De los márgenes de protección de quebradas y acueductos, los funcionarios y/o trabajadores tendrán libre acceso a estas franjas de protección, para su mantenimiento.

Estas márgenes de protección formarán parte de la participación municipal siempre y cuando sean parte de un equipamiento comunitario debiendo ser consideradas como áreas públicas reguladas por el Plan de Desarrollo Estratégico y el Departamento de Planificación. (GUALACEO, 2008)

⁵ Normativa propuesta y aprobada por el consejo para cumplimiento en regulaciones municipales.
Augusto Vicente Saquicela Vintimilla



3. Topografía.

Para la obtención de la topografía se ha procedido a utilizar un levantamiento topográfico facilitado por el Ing. Manuel Orellana el mismo que se realizó en el Año 2015 para la realización del Plan Maestro⁶ de Agua Potable, la topografía cuenta con curvas de nivel a cada metro. Por los problemas que hay en el levantamiento para la determinación de las secciones transversales. Se ha realizado el procedimiento habitual que consiste en realizar perfiles transversales y los mismos integrarlos a la topografía proporcionada al fin de obtener una correcta definición de la morfología del cauce. Los perfiles transversales en las quebradas se realizaron cuando el nivel del agua era bajo la lámina de agua no llega a los 20cm sobre la superficie del terreno del cauce, y la limpieza de la quebrada no se había realizado hace más de siete meses. Con información obtenida sobre los catastros de la ciudad se va adjuntar a la topografía existente para realizar el estudio de inundaciones. Cabe mencionar que el presente estudio buscara las posibles soluciones que se puede dar para evitar las inundaciones, por lo que se va a trabajar con caudales asociados a periodos de retorno moderadamente altos.

3.1. Cauce natural de las quebradas.

3.1.1. Cauce natural: Es el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus crecientes y bajas periódicas. El Cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno o franja de terreno cubierta por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (media de los máximos caudales anuales en su régimen natural producidos durante 10 años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente), teniendo en cuenta sus características geomorfológicas y ecológicas. (Hidricos, 2014)

⁶ Proyecto de diseño de un sector urbano o rural, que puede incluir edificios, espacios públicos, bosques, carreteras, parques, y que va dirigido a organizar todos los elementos contenidos en el plan.
Augusto Vicente Saquicela Vintimilla



3.1.2. Flujo.

Es la cantidad de agua que pasa en una unidad de tiempo, este es el volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

3.1.2.1. Tipos de Flujo.

Para clasificar los tipos de flujo es preciso considerar dos aspectos:

La uniformidad del flujo dentro de la corriente fluvial y su variabilidad con el tiempo.

Es común que las condiciones de flujo cambien dentro de un mismo río. A menudo, ciertas secciones o tramos del río presentan varias transiciones de condiciones de flujo entre un determinado tipo de flujo y otro.

- **Flujo uniforme y no uniforme.**

Si suponemos que en cada punto dentro una corriente el fluido se mueve a la misma velocidad y en la misma dirección, el flujo es uniforme.

Sin embargo, si en un momento dado la velocidad no es igual en cada punto, el flujo no es uniforme.

Un flujo en un cauce fluvial no puede ser uniforme, porque la velocidad del fluido cerca de los bordes del cauce siempre será menor, por efecto de la fricción, a menudo ignoramos este efecto, por considerarlo insignificante a los fines de cómputo. En realidad, si el tamaño y la forma del cauce y la sección transversal son constantes, el flujo se considera uniforme.

- **Flujo constante y flujo variable.**

Cuando el flujo es constante o permanente, las condiciones de velocidad, presión y sección transversal pueden ser distintas de un punto a otro, pero no cambian con el tiempo.

Si en algún punto dentro del fluido las condiciones cambian con el tiempo, el flujo se describe como variable.



En la práctica, siempre habrá leves variaciones de velocidad y presión, pero si los valores medios son constantes, el flujo se considera constante.

Si combinamos las condiciones de flujo antes descritas podemos identificar cuatro tipos generales de flujo:

- **Flujo constante y uniforme:** Las condiciones no cambian ni con la posición en el río ni con el tiempo.
- **Flujo constante y no uniforme:** Las condiciones cambian de un lugar a otro del río, pero no con el tiempo.

3.1.3. Tránsito de crecientes.

Puede suponerse que la configuración de una onda de creciente que se desplaza a lo largo de un tramo de canal regular y corto, donde la resistencia es relativamente baja, permanecerá invariable. El movimiento de la creciente puede tratarse como un flujo uniformemente progresivo. En ingeniería hidrológica el tránsito de crecientes es una técnica importante necesaria para la solución completa del problema de control de crecientes y para la operación satisfactoria de un servicio de predicción de crecientes. Para tales propósitos, se reconoce el tránsito de crecientes como un procedimiento requerido con el fin de determinar un hidrograma en un punto de una corriente utilizando el hidrograma conocido en un punto aguas arriba. Las máquinas electrónicas modernas pueden transitar con facilidad una creciente directamente desde sus fuentes. De acuerdo con esto, el significado de tránsito de creciente se ha extendido para incluir el tránsito del movimiento del agua desde la lluvia hasta la escorrentía. La técnica de tránsito se aplica tanto a tramos de canal como a embalses. En este último caso, se conoce como tránsito a través de embalses. Cuando se utiliza para determinar la creciente combinada en un punto aguas abajo debido a crecientes en varias tributarias aguas arriba y en la corriente principal, la técnica se conoce como síntesis de crecientes.

El método hidráulico para el tránsito de crecientes se distingue del método hidrológico por el hecho de que el primero se basa en la solución de las ecuaciones diferenciales básicas para el flujo no permanente en canales abiertos, en tanto que el segundo no hace uso directo de estas ecuaciones sino de aproximaciones en algún



sentido a sus soluciones. En general el método hidrológico es más simple pero la falla en dar resultados enteramente satisfactorios en problemas diferentes de aquellos en los que se determina el progreso de una creciente aguas abajo en un río largo. Por ejemplo, cuando una creciente pasa a través de una confluencia, a menudo se produce un remanso. Cuando una presa regula la creciente, por lo general se involucran oleadas. Los efectos de remanso y de oleadas en estos problemas pueden evaluarse con exactitud solo mediante las ecuaciones hidráulicas básicas empleadas en el método hidráulico, pero mediante el método hidrológico. (Chow, 1955)

3.1.4. Principio del tránsito hidrológico.

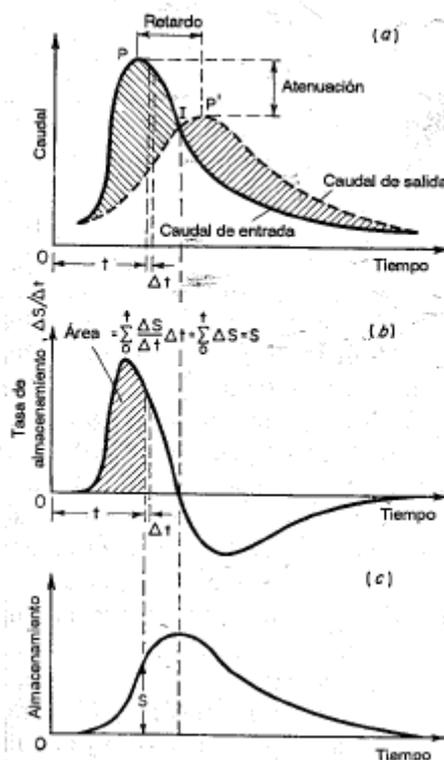


Figura 2 Gráficos de Transito de Avenidas. Fuente. (Chow, 1955)

Cuando una onda de creciente pasa un tramo de canal, los hidrogramas de flujo de entrada y de salida en los extremos de aguas arriba y aguas abajo del tramo, respectivamente, se muestran en la figura (a). suponiendo una pérdida o una ganancia de agua pequeña a lo largo del curso del flujo a lo largo del tramo, las áreas totales bajo los hidrogramas son iguales, debido a que el volumen del agua de la creciente no cambia. En corrientes naturales la resistencia del canal y la capacidad de almacenamiento en este son altas; en consecuencia, la onda de creciente tendrá



características que se modificaran de manera significativa. Como se muestra en la figura (a), el pico de la creciente se atenúa y se demora. La diferencia entre las ordenadas de los hidrogramas de flujo de entrada y de salida, representada por las áreas sombradas en la figura, es igual a la tasa de almacenamiento en el tramo; es decir,

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = I - O$$

Donde $\Delta S/\Delta t$ es el cambio en el almacenamiento durante el periodo Δt , I es el flujo de entrada promedio durante Δt y O es el flujo de salida promedio durante Δt . El valor de $\Delta S/\Delta t$ es positivo cuando el almacenamiento aumenta y negativo cuando disminuye. Esta ecuación constituye la base para un procedimiento hidrológico de tránsito en el cual Δt se conoce como periodo de tránsito.

La tasa de almacenamiento puede graficarse contra el tiempo, como se muestra en la figura (b), en la cual puede verse que el almacenamiento aumenta antes del momento para el cual el flujo de entrada es igual al de salida y decrece a partir de ese momento. El área acumulada por debajo de la curva de almacenamiento tasa (área sombrada en la figura) representa el volumen de almacenamiento en un tiempo t después del inicio de la creciente. Al graficar este volumen con respecto al tiempo puede obtenerse una curva de almacenamiento-volumen, como se muestra en la figura (c). esta curva tiene pico que representa el máximo volumen de almacenamiento, el cual ocurre cuando el de entrada es igual al de salida. (Chow, 1955)

3.1.5. Métodos del tránsito hidrológico.

Se han desarrollado muchos métodos hidrológicos para el tránsito de crecientes, acerca de los cuales existen muchas descripciones en la literatura de la ingeniería hidrológica. (Chow, 1955)

3.1.5.1. Tránsito en cauces: Método de Muskingum.

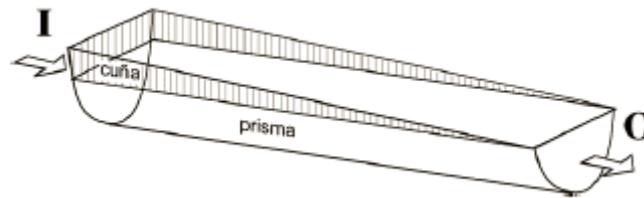


Figura 3 Sección de Canal Abierto para Transito de Cauces. Fuente (Chow, 1955)

El tránsito en un tramo de un cauce responde a la misma idea básica que hemos visto para un estanque o depósito. Posiblemente el método más utilizado en cálculos manuales por su sencillez sea el de Muskingum.

El almacenamiento (S) en un tramo del cauce puede descomponerse en dos partes: almacenamiento en prisma, que sería proporcional al caudal de salida (O) y almacenamiento en cuña, que sería función de la diferencia entre el caudal de entrada y el de salida ($I - O$), ya que cuanto mayor sea esa diferencia, más pronunciada sea la cuña. (Chow, 1955)

$$S_{prisma} = K * O$$

$$S_{cuña} = b(I - O)$$

Donde: S = almacenamiento en el tramo considerado de un cauce

I = Caudal de entrada en este tramo

O = Caudal de salida de ese tramo

K = Constante para ese tramo de cauce referente al almacenamiento en prisma

b = Constante para ese tramo de cauce referente al almacenamiento en cuña

3.1.5.2. Método de Muskingum-Cunge

Cunge combinó métodos hidráulicos con la simplicidad del método Muskingum

Calcula las dos constantes utilizadas en el método Muskingum, K y X , mediante parámetros hidráulicos del cauce. (Chow, 1955)

$$K = \Delta x / c$$

$$X = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{Q}{BS_0 c \Delta x} \right)$$



Δx = Longitud del tramo del cauce considerado

c = “celeridad” = velocidad media.m

m =Aproximadamente 5/3 para cauces natirales amplios

S_0 =Pendiente media del cauce (adimensional)

Q = Caudal

B = Anchura del cauce

El método de Muskingum - Cunge es una variación del método de Muskingum hecha por Cunge, la cual consiste en cambiar la base cinemática del método de Muskingum a un método análogo del tipo difusivo para tener la capacidad de predecir la atenuación de la onda del hidrograma

Es necesario saber cómo calcular la celeridad de la onda cinemática:

$$c = \beta(V)$$

Los coeficientes de transito son:

$$C_0 = \frac{c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right) - 2(X)}{2(-X) + c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)}$$

$$C_1 = \frac{c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right) + 2(X)}{2(-X) + c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)}$$

$$C_0 = \frac{2(-X) - c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)}{2(-X) + c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)}$$

Por definición:

$$K = \frac{\Delta x}{c}$$



La ecuación de cálculo de (X) se obtiene con la siguiente expresión:

$$X = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{q_0}{(S_0)(c)(\Delta x)} \right)$$

Donde:

Δx = Longitud del tramo del cauce considerado.

C = Celeridad

S_0 = Pendiente media del cauce (adimensional).

Q_0 = Flujo por unidad de ancho

Una característica única del método Muskingum-Cunge es la independencia de la red del hidrograma de salida calculado, lo que lo distingue de otras soluciones de onda cinemática lineal con la difusión incontrolada numérica y la dispersión.

La correcta aplicación de este método requiere elegir correctamente el Δt y Δx . Para ello se dividirá el tramo estudiado en subtramos, de modo que el caudal de salida de uno de ellos será el caudal de entrada del siguiente

Si la dispersión numérica se reduce al mínimo, el caudal de salida calculado en el extremo inferior de un tramo del canal será esencialmente el mismo, independientemente del número de tramos que se utilizan en el cálculo. Esto se debe a que (X) es una función de Δx , y los coeficientes C_0 , C_1 y C_2 varían de acuerdo al alcance de la longitud de tránsito. (Moreno, 2010)

Una versión mejorada del método Muskingum-Cunge es gracias a Ponce - Yevjevich. El valor de (C) es el número de Courant y se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)$$

El Número de Reynolds se calcula con:

$$D = \frac{q_0}{(S_0)(c)(\Delta x)}$$

Donde D es el número de Reynolds por lo tanto:



$$X = 1 - D$$

El término para calcular el coeficiente de tránsito tomando en cuenta el coeficiente de Courant (C) y el número de Reynolds.

$$C_0 = \frac{-1 + C + D}{1 + C + D}$$

$$C_1 = \frac{1 + C - D}{1 + C + D}$$

$$C_2 = \frac{1 - C + D}{1 + C + D}$$

Una vez definido Δt se calcula Δx como:

$$\Delta x = c(\Delta t)$$

Para poder realizar los cálculos del método de Muskingum-Cunge es necesario conocer las siguientes fórmulas básicas:

Velocidad media: $V = \frac{Q_p}{A_p}$

La onda de celeridad: $c = \beta(V)$

Flujo por unidad de ancho Q_0 : $q_0 = \frac{Q_p}{T_p}$

3.1.6. UN método hidrológico simple para tránsito de crecientes.

El método aquí descrito es aproximado pero simple y apropiado para propósitos prácticos. Igual que la mayor parte de los métodos hidrológicos de tránsito, este se basa en las siguientes suposiciones:

- 3.1.6.1. El canal** se divide en cierto número de tramos relativamente cortos y prácticamente con características físicas constantes. Luego la creciente se transita de manera sucesiva desde un tramo hasta el otro. En general, el tramo práctico más corto es la sección entre las dos estaciones de aforo más cercanas.



3.1.6.2. Los datos de caudal se determinan a intervalos iguales de tiempo o periodos de tránsito, durante los cuales el incremento o decremento en el flujo de entrada o de salida se supone que varia linealmente. Aunque es preferible un periodo de transito corto, este aumentara el trabajo de cálculo.

3.1.6.3. Los flujos de entrada y de salida se toman como una medida de almacenamiento en el tramo. Estas suposiciones es cierta si la creciente se transita a través de un embalse de piscina nivelada donde la variación en almacenamiento este los niveles ascendentes y descendentes de la onda de creciente no es significativa. En el caso de una corriente la longitud del tramo para el transito no debe ser muy larga o exceder el producto del periodo de transito por la velocidad promedio del flujo en el tramo, a pesar de que en muchos casos son permisibles tramos mucho más largos.

3.1.6.4. El flujo en el tramo, aportes locales de flujos de tributarios no aforados, aguas subterráneas, lluvia o cualquier forma de precipitación y disminuciones locales debidos a evaporación infiltración no se consideran si las cantidades son pequeñas. Si estas son grandes, se añaden o se deducen del flujo de entrada, según sea el caso.

Para el tránsito de una creciente desde el primer periodo de transito hasta el segundo, se tiene:

I_1 y O_1 = flujo de entrada y flujo de salida instantaneos, respectivamente, al final del primer periodo de tránsito o al comienzo del segundo.

S_1 =almacenamiento en el tramo al comienzo del segundo periodo de tránsito.

S_2 =almacenamiento en el tramo al final del primer periodo de transito o al comienzo del segundo

Δt =Perido de transito

Luego

$$I = \frac{(I_1 - I_2)}{2} = \text{Flujo de entrada promedio durante } \Delta t$$

$$O = \frac{(O_1 - O_2)}{2} = \text{Flujo de salida promedio durante } \Delta t$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \text{Cambio en el almacenamiento durante } \Delta t$$



Al sustituir estas expresiones en la ecuación y simplificar,

$$2 \frac{S_1}{\Delta t} - O_1 + I_1 + I_2 = 2 \frac{S_2}{\Delta t} + O_2$$

Si I_1 , I_2 , O_1 y O_2 se expresan en $pies^3/sg$, S_1 y S_2 en acre-pies y Δt en días, considerando que en un $pie^3/sg = 2$ acre-pies/día aproximadamente, entonces la ecuación se convierte en

$$\frac{S_1}{\Delta t} - O_1 + I_1 + I_2 = \frac{S_2}{\Delta t} + O_2$$

Cuando $\Delta t = 1$ día, como en la mayor parte de los casos, la ecuación anterior se convierte en:

$$S_1 - O_1 + I_1 + I_2 = S_2 + O_2$$

Esta ecuación consiste en la base de este método.

3.2. Secciones transversales en el sector urbano de la ciudad.

3.2.1. Sección transversal.

En los cauces naturales las secciones transversales son irregulares y la medición de sus características geométricas se realiza con levantamientos topográficos de secciones transversales.

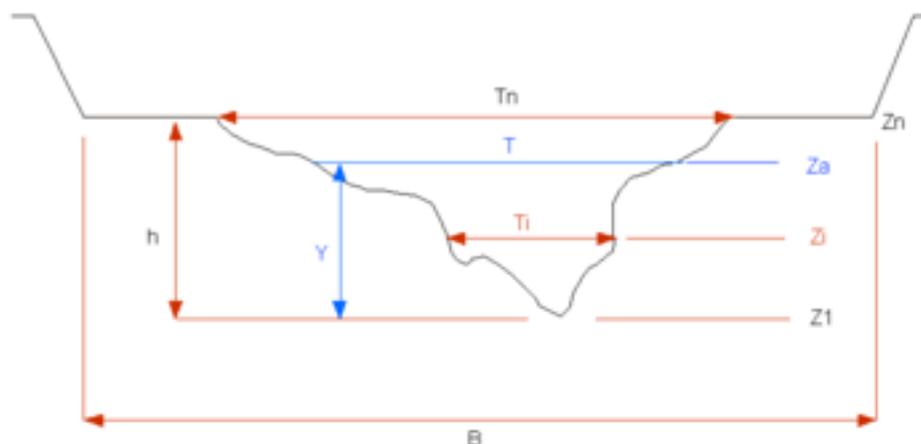


Figura 4 Perfil Transversal Tipo
Fuente. Gustavo Silva. <http://www.oocities.org/gsilvam/cauces.htm>



<i>Zl</i>	<i>Cota del Fondo</i>
<i>Zi, Ti</i>	<i>Características de la Sección de flujo</i>
<i>Za</i>	<i>Cota del agua</i>
<i>Zn</i>	<i>Cota de la planicie inundable</i>
<i>Tn</i>	<i>Ancho de la boca del cauce</i>
<i>Y</i>	<i>Profundidad de flujo</i>
<i>T</i>	<i>Ancho de la sección de flujo</i>
<i>h</i>	<i>Altura del canal principal</i>
<i>B</i>	<i>Ancho de la zona inundable</i>

La línea que une los puntos más profundos de las secciones transversales a lo largo de la corriente se denomina “thalweg” (una línea que une los puntos más bajos de las sucesivas secciones transversales a lo largo del curso de un río o quebrada). En las corrientes de lecho aluvial se observan continuas variaciones en las secciones transversales y en la línea del thalweg. Las magnitudes y frecuencias de estas variaciones dependen del régimen de caudales, la capacidad de transporte de sedimentos, y el grado de estabilidad del cauce.

3.3. Pendientes longitudinales de los cauces naturales

3.3.1. Pendiente Longitudinal.

En cauces naturales la pendiente longitudinal se mide a lo largo de la línea del agua, debido a que el fondo no es una buena referencia, tanto por su inestabilidad como por sus irregularidades. La pendiente de la línea del agua varía con la magnitud del caudal, y esa variación es importante cuando se presentan cambios grandes del caudal en tiempos cortos, por ejemplo, al paso de crecientes. En los períodos que tienen un caudal más o menos estable es posible relacionar las pendientes con los caudales utilizando registros de aforos.

3.4. Zonas de inundaciones actualmente construidas.

Las zonas de inundaciones actualmente construidas en la parte urbana de la ciudad son las márgenes de las quebradas que están atravesando la misma, tomando en consideración las márgenes de los ríos Santa Bárbara y San Francisco que son los únicos retiros para margen de protección que se exigen. En la parte urbana se ha construido sin tener una normativa clara de los riesgos que pueden ocurrir al construir sin dejar una



margen de protección considerable de los cauces de las quebradas. Considerando que en las partes centro urbana de la ciudad no se cuenta con margen de protección.



4. Niveles de inundación con caudales pico.

Para el objetivo que se está realizando en este estudio hidráulico de inundaciones en la Ciudad de Gualaceo por causa de crecientes en sus quebradas, se ha decidido emplear el modelo IBER cuya versión a utilizarse es la 2.0.

IBER es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios, promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua, y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (GEAMA, perteneciente a la Universidad de A Coruña), el Grupo FLUMEN (de la Universidad Politécnica de Catalunya y de la Universitat de Barcelona) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE, vinculado a la Universitat Politécnica de Catalunya).

Los caudales pico que se utilizan en el estudio son tomados para un periodo de retorno de 2 – 5 – 10 – 25 años, para cada una de las quebradas:



4.1. Resumen de Caudales Pico.

- Caudal Máximo⁷ (Q_{max}) = $5.29 \text{ m}^3/\text{sg}$ Perido de retorno de 2 años.

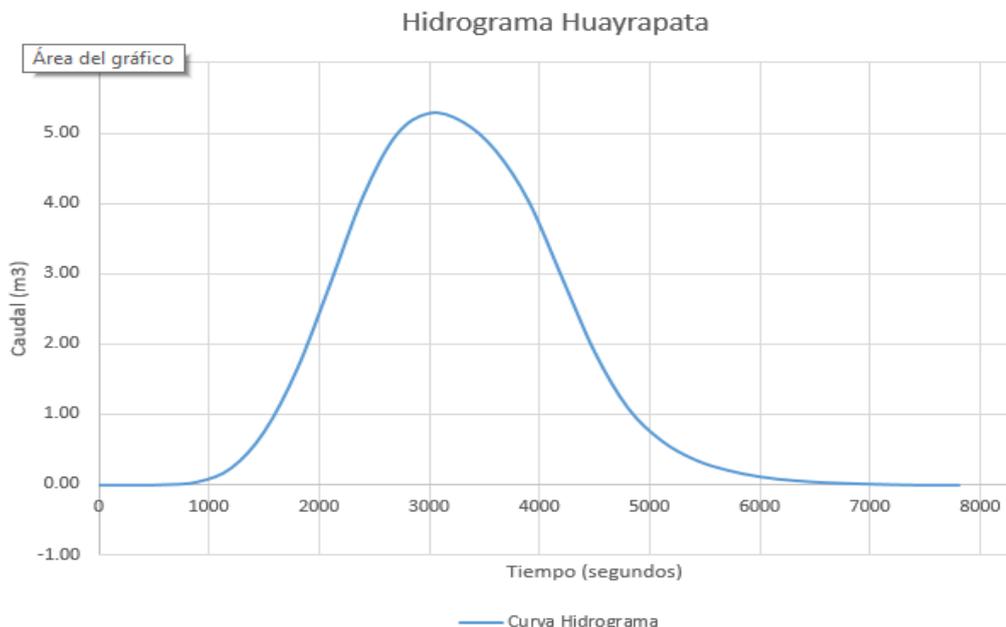


Figura 5. Hidrogramas Quebrada Huayrapata Periodo de Retorno de 2 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.

- Caudal Máximo (Q_{max}) = $8.99 \text{ m}^3/\text{sg}$ Periodo de Retorno de 5 años.

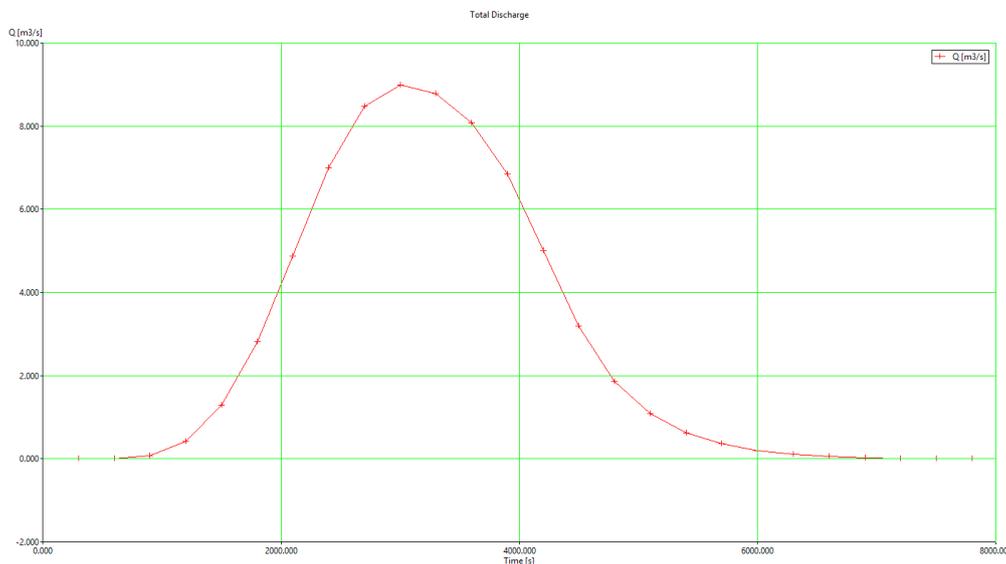


Figura 6 Hidrogramas Quebrada Huayrapata. Periodo de Retorno de 5 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.

⁷ Caudal ocurrido en una sección de control, en un lapso determinado. Se expresan en m³/s y se le asocia la fecha en que se ha registrado.



- Caudal Máximo (Q_{max}) = $10.83 \text{ m}^3/\text{sg}$ Periodo de Retorno de 10 años.

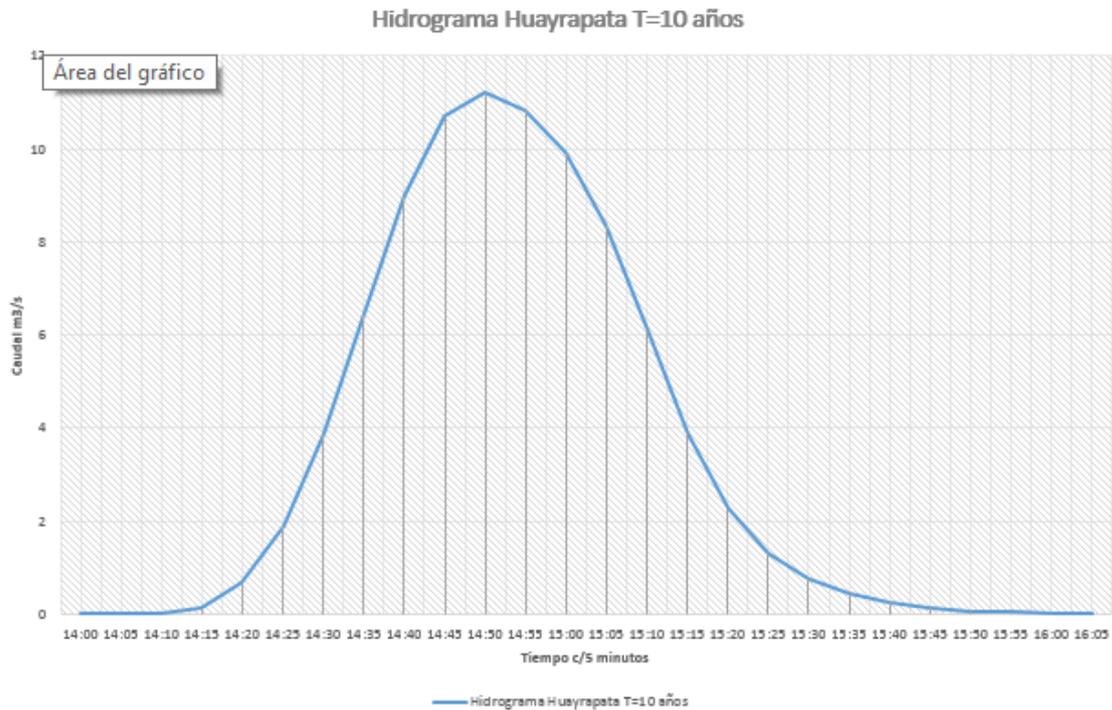


Figura 7 Hidrogramas Quebrada Huayrapata. Periodo de Retorno de 10 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R

- Caudal Máximo (Q_{max}) = $14.03 \text{ m}^3/\text{sg}$ Periodo de Retorno de 25 años.

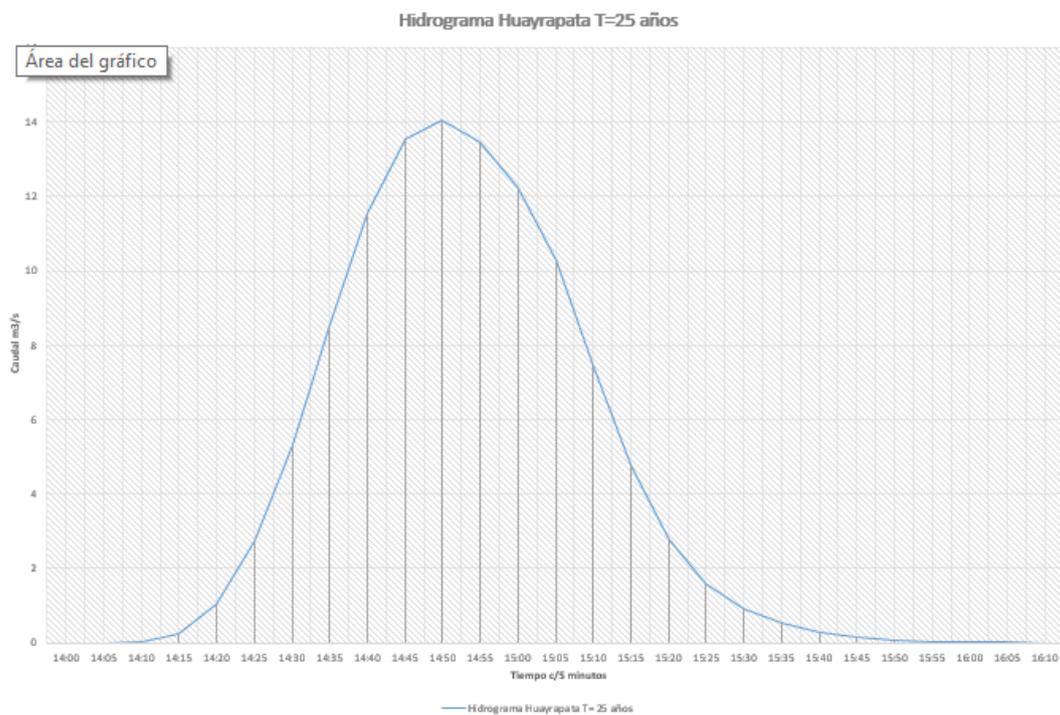


Figura 8 Hidrogramas Quebrada Huayrapata. Periodo de Retorno de 25 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.



- Caudal Máximo (Q_{max}) = $16.97 \text{ m}^3/\text{sg}$

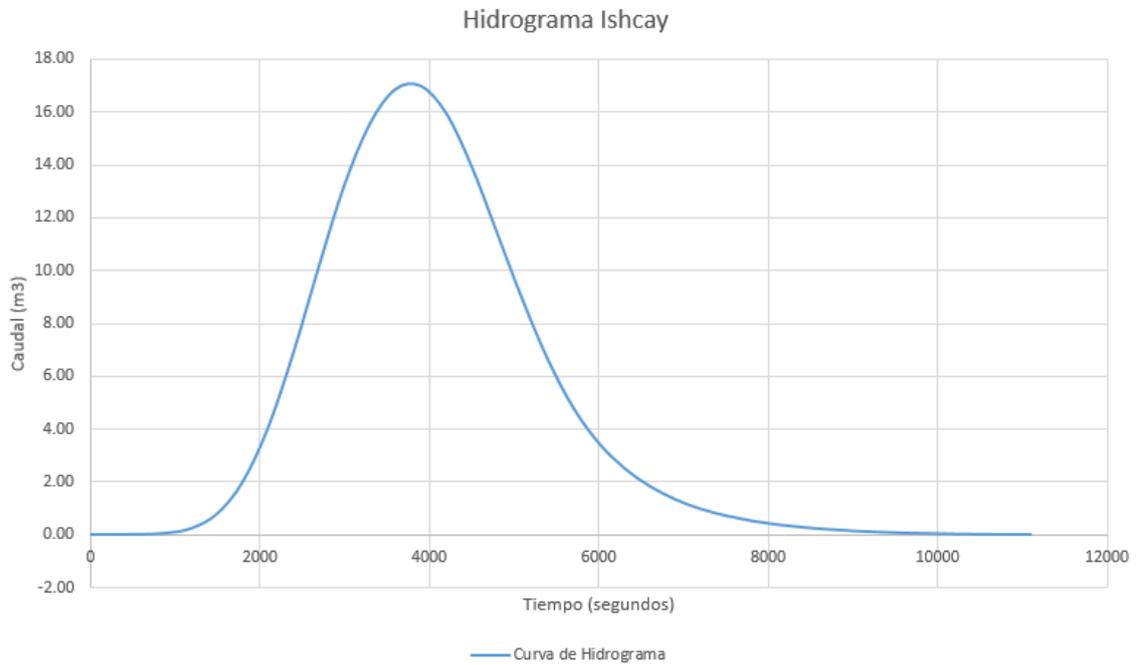


Figura 9 Hidrograma Quebrada Ishcay. Periodo de Retorno de 2 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.

- Caudal Máximo (Q_{max}) = $28.00 \text{ m}^3/\text{sg}$

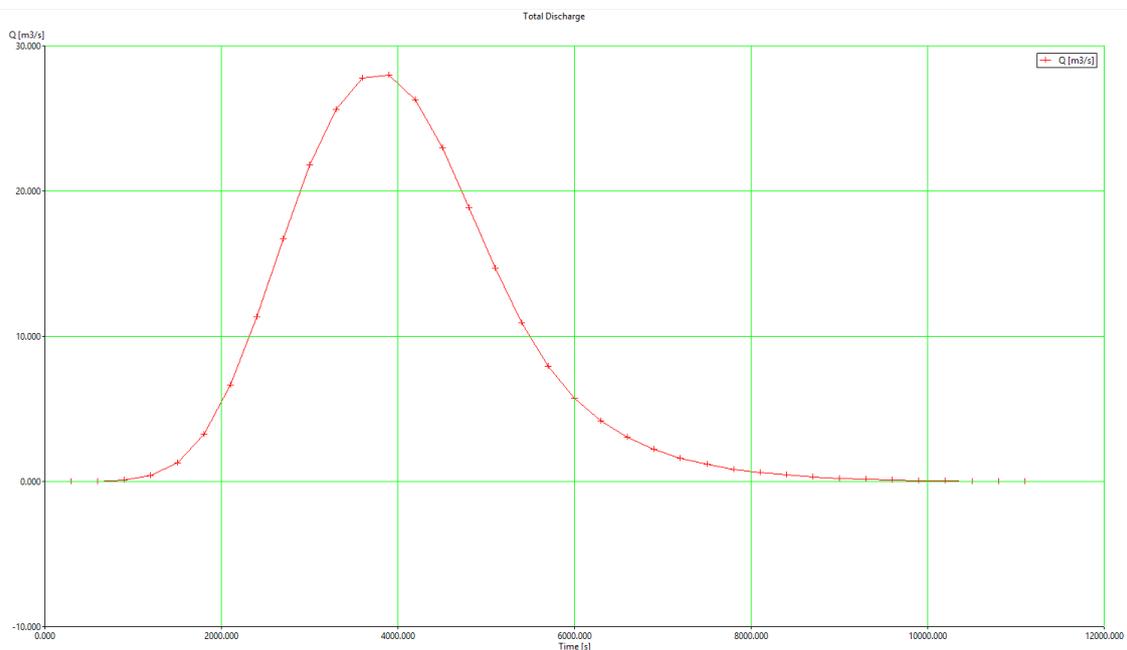


Figura 10 Hidrogramas Quebrada Ishcay. Periodo de Retorno de 5 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.



- Caudal Máximo (Q_{max}) = $34.77 \text{ m}^3/\text{sg}$

Hidrograma Ishcay T=10 años

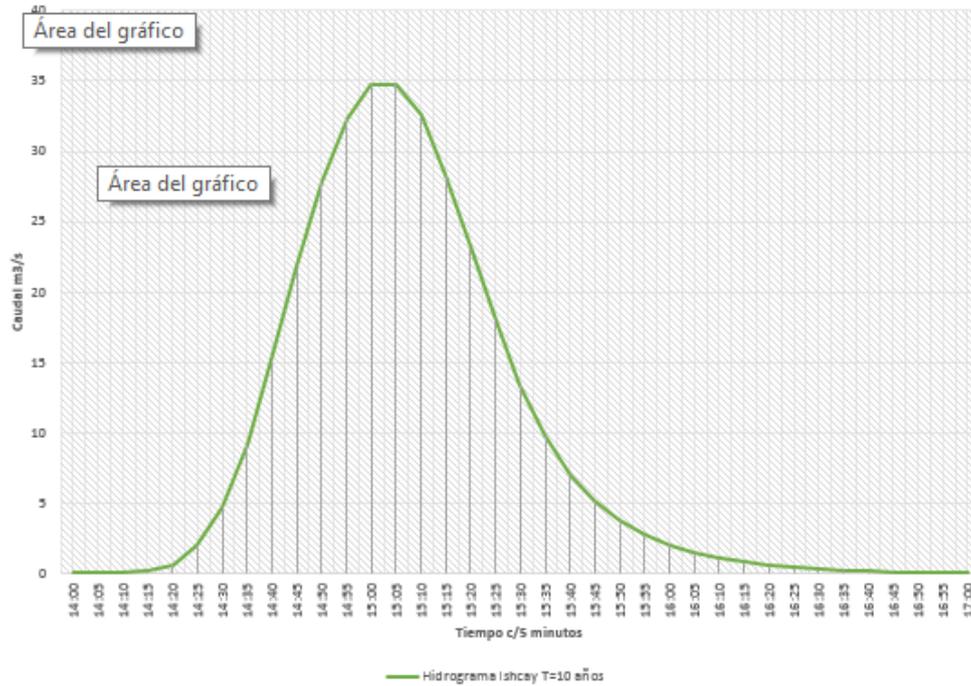


Figura 11 Hidrogramas Quebrada Ishcay. Periodo de Retorno de 10 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.

- Caudal Máximo (Q_{max}) = $43.69 \text{ m}^3/\text{sg}$

Hidrograma Ishcay T=25 años

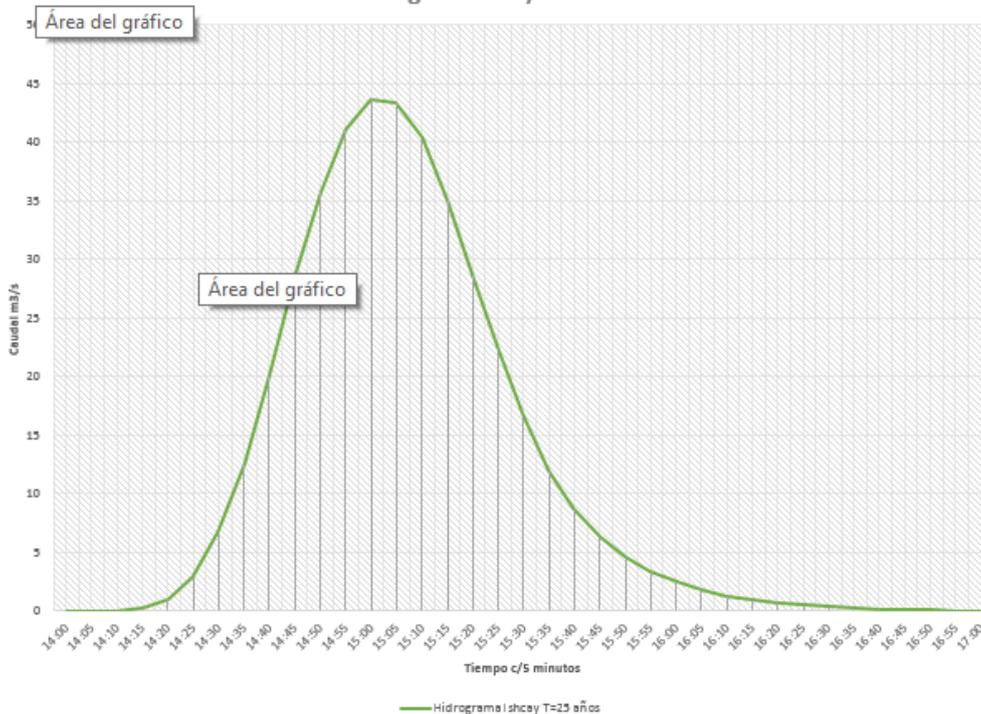


Figura 12 Hidrogramas Quebrada Ishcay. Periodo de Retorno de 25 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.



- Caudal Máximo (Q_{max}) = $22.94 \text{ m}^3/\text{sg}$

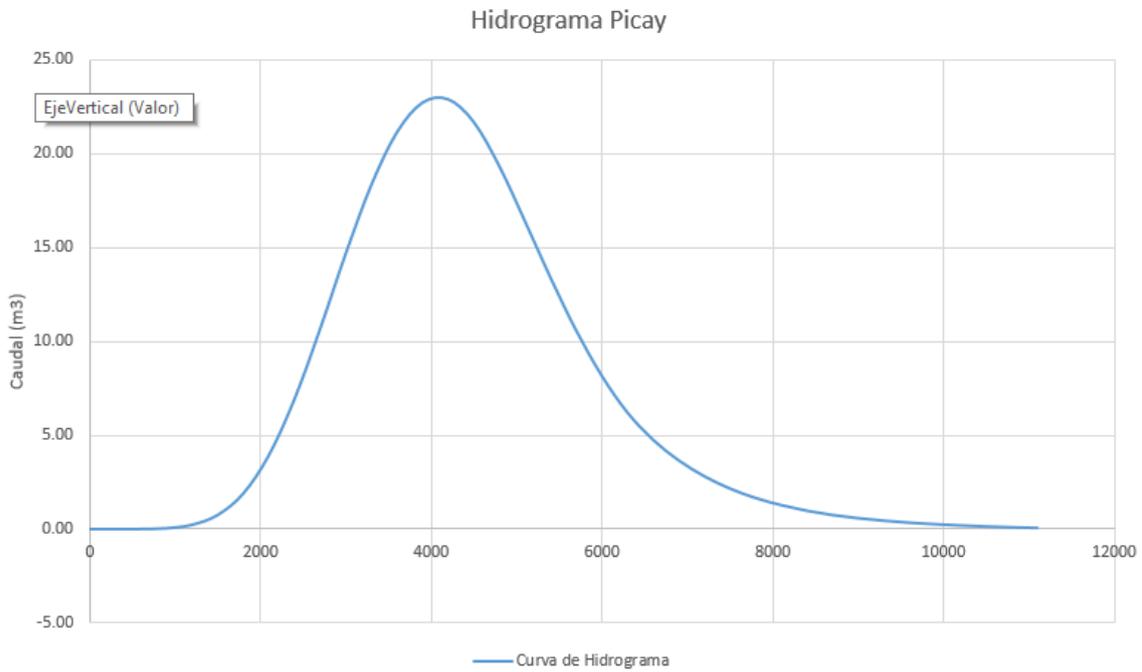


Figura 13. Hidrogramas Quebrada Picay. Periodo de Retorno de 2 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.

- Caudal Máximo (Q_{max}) = $40.15 \text{ m}^3/\text{sg}$

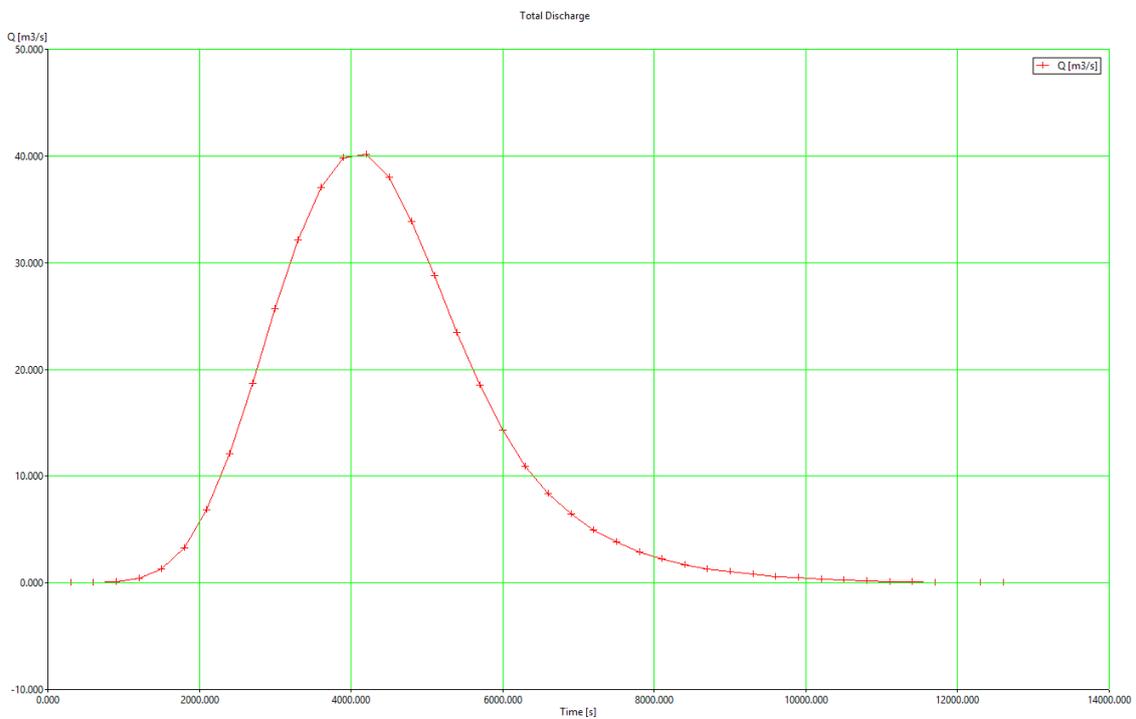


Figura 14 Hidrogramas Quebrada Picay. Periodo de Retorno de 5 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.



- Caudal Máximo (Q_{max}) = $49.80 \text{ m}^3/\text{s}$

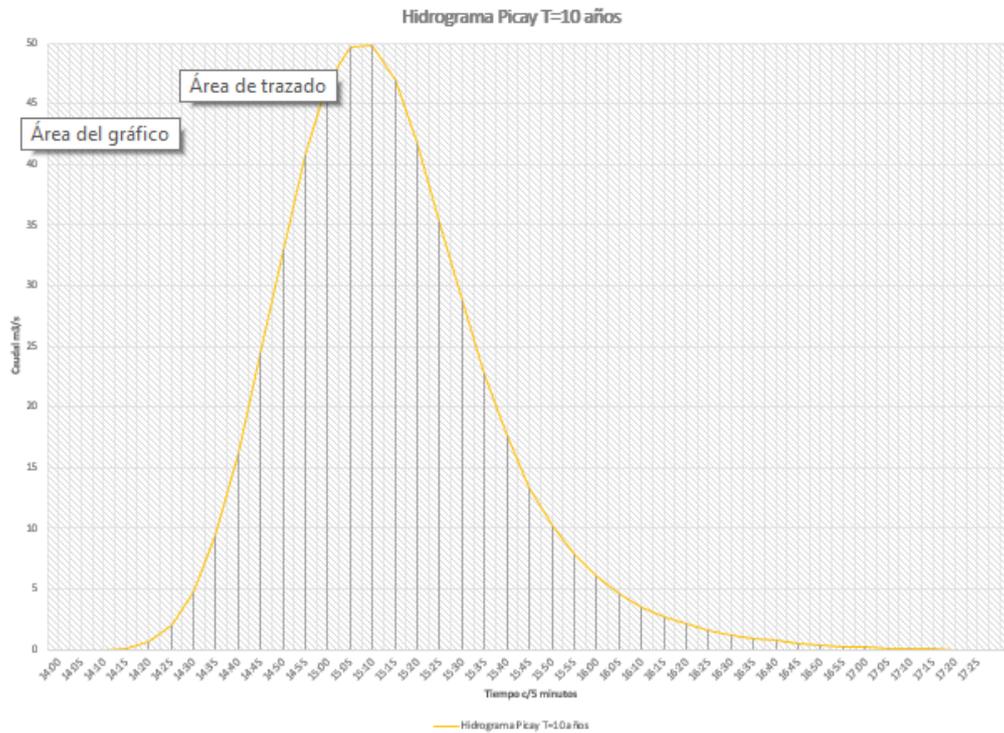


Figura 15 Hidrogramas Quebrada Picay. Periodo de Retorno de 10 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.

- Caudal Máximo (Q_{max}) = $62.38 \text{ m}^3/\text{s}$

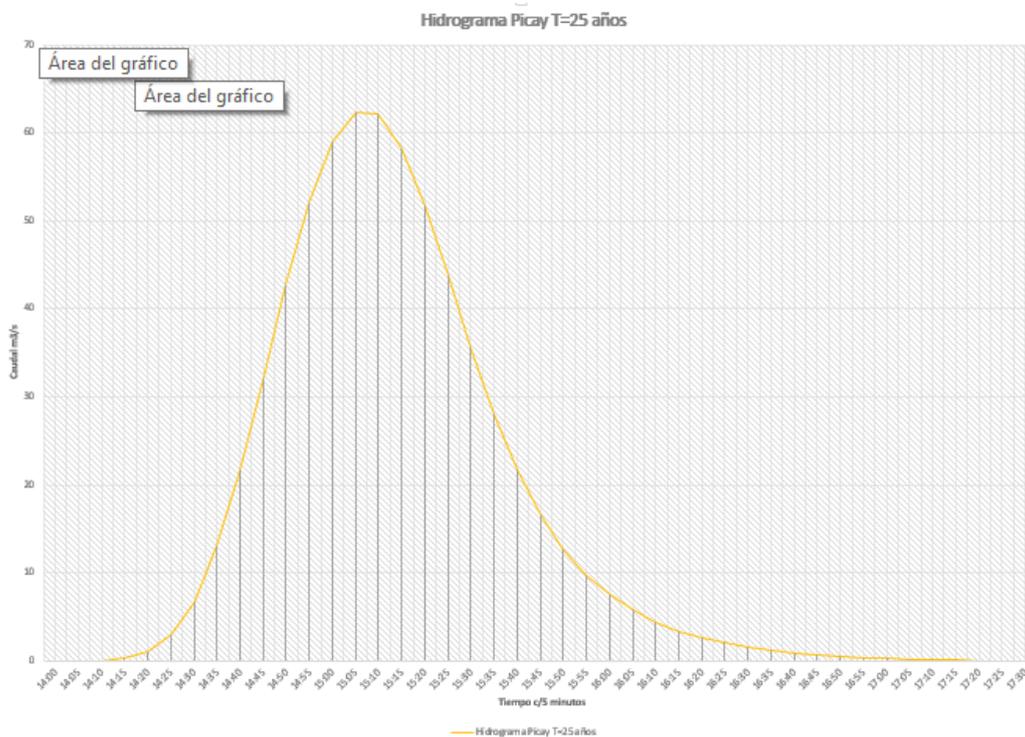


Figura 16 Hidrogramas Quebrada Picay. Periodo de Retorno de 25 años.
Fuente. "Evaluación hidrológica de las quebradas de la ciudad de Gualaceo". Andrés Ulloa R.



Figura 17 Asignación de Caudales Específicos Modelo Iber 2.2

El modelo Iber2.2, tiene la facilidad de ingresar los caudales en cada una de las quebradas identificando el cauce, y especificando el caudal para cada una de ellas por medio de un hidrograma, obtenido en el ingreso a la parte urbana del estudio con un periodo de retorno de 2 – 5 – 10 – 25 años. Los hidrogramas tomados para el estudio son datos obtenidos por el Sr. Andrés Ulloa en un estudio hidrológico para la Universidad Católica de Cuenca que lleva como título “*Evaluación Hidrológica De Las Quebradas De La Ciudad De Gualaceo*”. El periodo de retorno que se consideró para los resultados de este estudio es para 5 – 10 – 25 años por el hecho que para un periodo de retorno menor, la sección transversal de las quebradas responden de una manera eficaz, evacuando las aguas hacia el rio Santa Bárbara el único colector de aguas que tienen las quebradas. Con un periodo de retorno de 5 años se puede observar los resultados que no son satisfactorios teniendo como caudal pico todas ellas superior a los 8m³/sg. Se realiza la modelación para ver que desastres puede ocasionar las crecientes de las quebradas en la ciudad con periodos de 10 y 25 años, por el hecho que no sabemos cuándo se pudo dar el último evento máximo; y las consecuencias que ocasiona un elevado caudal en las secciones actuales de las quebradas.

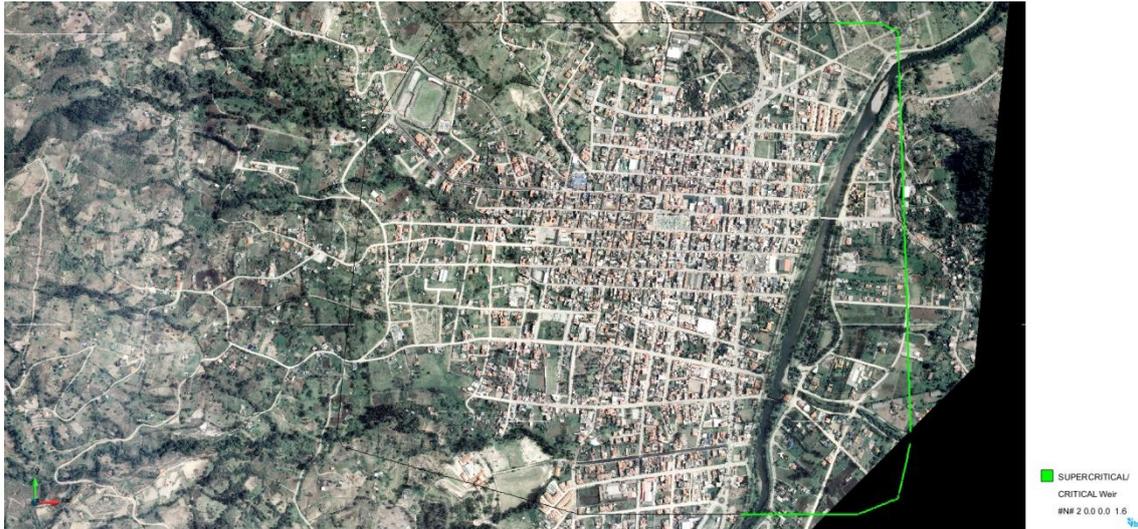


Figura 18 Asignación de Salida de Aguas Modelo Iber 2.2

De la misma manera se puede especificar el lugar de salida del agua, en este caso por la topografía y teniendo al Rio Santa Bárbara como evacuador de aguas nos ayudara para poder observar que cantidad de agua se puede evacuar antes que empiece una inundación o desbordamiento del mismo.

4.2. Modelación de los cauces de las quebradas de forma natural.

Iber consta de un módulo hidrodinámico que permite la simulación bidimensional de cauces (y en consecuencia posibilita la definición de zonas inundables, la delimitación de vías de intenso desagüe o en general la zonificación del Dominio Público Hidráulico), un módulo de turbulencia y un módulo de transporte sólido por arrastre de fondo y en suspensión para la cuantificación de procesos de erosión y sedimentación

Los campos de aplicación de la versión actual de Iber son:

- Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales
- Evaluación de zonas inundables y cálculo de las zonas de flujo preferente
- Cálculos de rotura de presa
- Cálculo hidráulico de encauzamientos
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios



- Estabilidad de los sedimentos del lecho
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular

El modelo Iber consta de diferentes módulos de cálculo acoplados entre sí. La versión actual incluye un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia, y un módulo de transporte de sedimentos por carga de fondo y por carga en suspensión. Entre las líneas prioritarias de desarrollo de Iber a corto plazo se encuentran los modelos de transporte de mezclas de sedimento, los modelos de hábitat fluvial y los modelos de calidad de aguas.

4.3. Modelación de los cauces de las quebradas con la estructura de la ciudad (casas, edificios, áreas verdes, zonas de recreación y más).

Las quebradas que atraviesan la ciudad tienen sobre los márgenes de inundación estructuras, sobre su cauce puentes los cuales sirven para fluir al tráfico vehicular y peatonal dentro de la ciudad; de la misma manera a los márgenes de las quebradas se encuentran estructuras de viviendas las cuales ya están conformadas desde tiempos atrás las mismas que están construidas de lado a lado de la quebrada haciendo un canal rectangular todo el cauce de las quebradas. Cabe recalcar que la quebrada Ishcay cuenta sobre su cauce con una estructura de mampostería de piedra en arco el cual en ocasiones podría resultar insuficiente su sección para el paso libre del caudal generado. Las obras aguas abajo de la quebrada Huayrapata en su desembocadura se encuentra la vía que recorre el parque lineal el mismo que está conformado sobre un desagüe con una sección de 1m de diámetro, en épocas de crecida el arrastre de sólidos y escombros taponan la sección formando un dique.

5. Plan de manejo de las quebradas en estudio.

5.1. Margen de protección de las quebradas

Los márgenes de protección en las quebradas de la ciudad de Gualaceo se vienen regulando desde la aprobación de la ordenanza municipal en el cantón Gualaceo en la cual consta que “En lo que respecta a las quebradas dentro de los límites urbanos se mantendrá un rango de 3m - 15m determinado por el Departamento de Planificación. Esta franja será medida, desde la margen más desfavorable.” (GUALACEO, 2008), las



mismas que han venido ocasionando un canal de sección limitada a lo largo del cauce de las quebradas.

Esos 3m – 15m que contempla la ordenanza municipal de Gualaceo para los márgenes de protección es muy escasa por que disminuye la sección, cuando en la ciudad de Cuenca tiene un mínimo de 15m para mí esto cumple porque las secciones son de 4 metros.

5.2. Retiros para construcción de viviendas en lugares próximos al cauce.

Los retiros que constan en las líneas de fábrica emitidas por el departamento de planificación son de 4m a partir del margen de protección, en las cuales hay lugares en donde las construcciones no obedecen a un margen de protección si no que se hallan situadas sobre el margen del cauce.

5.3. Información del tipo de uso de suelo para los sectores próximos a los cauces de las quebradas.

La información sobre el uso de suelo, tipos de suelo proporcionada por el GAD Municipal es la que se toma en cuenta para el presente estudio, la misma que nos sirve como referencia para poder indicar los distintos coeficientes de Manning asignados para el modelo IBER.

Con los datos proporcionados y con la observación directamente en el campo se ha determinado un coeficiente **n** de **Manning** el mismo que es utilizado por el programa para la modelación hidráulica.

5.3.1. La ecuación de MANNING.

En 1889 el ingeniero irlandés Robert Manning presento una ecuación, la cual se modificó más adelante hasta llegar a su bien conocida forma actual.

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:



V es la velocidad media en pies/sg, R es el radio hidráulico en pies, S es la pendiente de la línea de energía y n es el coeficiente de rugosidad, específicamente conocido como n de **Manning**. Esta ecuación fue desarrollada a partir de siete ecuaciones diferentes, basada en los datos experimentales de Bazin y además verificada mediante 170 observaciones.

5.3.2. Selección del coeficiente de rugosidad de Manning.

Al aplicar la ecuación de Manning o la ecuación de G.K., la mayor dificultad está en la determinación del coeficiente de rugosidad, ya que no existe un método exacto para la selección del valor n . con el nivel de conocimiento actual, seleccionar un valor de n , significa estimar la resistencia al flujo en un canal determinado, lo cual realmente es un asunto de intangibles. Para ingenieros veteranos, esto significa utilizar profundos criterios de ingeniería y experiencia; para principiantes, no pasa de ser un proceso de adivinanza, diferentes individuos obtendrán diferentes resultados.

5.3.3. Factores que afectan el coeficiente de rugosidad de Manning.

No es raro que los ingenieros piensen que un canal tiene un valor único de n para todas las ocasiones. En realidad, el valor de n es muy variable y depende de un cierto número de factores. Para seleccionar el valor de n apropiado para diferentes condiciones de diseño, resulta muy útil tener un conocimiento básico de estos factores. Los factores que ejercen la mayor influencia sobre el coeficiente de rugosidad tanto en canales artificiales como en canales naturales se escriben más adelante. Nótese que estos factores están hasta cierto punto interrelacionadas; por tanto, la discusión de uno de los factores puede repetirse en conexión con otro.

5.3.3.1. Rugosidad superficial. La rugosidad superficial se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. Por lo general este se considera como el único factor para la selección de un coeficiente de rugosidad, pero en realidad es solo uno de varios factores principales. En general, granos finos dan como resultado un valor relativamente bajo de n , y granos gruesos, un valor alto de n .



- 5.3.3.2. Vegetación.** La vegetación puede considerarse como una clase de rugosidad superficial, pero también reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto depende por completo de la altura, la densidad, la distribución y el tipo de vegetación, y es muy importante en el diseño de pequeños canales de drenaje.
- 5.3.3.3. Irregularidad del canal.** Las irregularidades del canal incluyen irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma de esta a lo largo del canal.
- 5.3.3.4. Alineamiento del canal.** Curvas suaves con radios grandes producirán valores de n relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos incrementarán el n . con base a pruebas de laboratorio llevadas en canaletas.
- 5.3.3.5. Sedimentación y socavación.** En general, la sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el n , en tanto que la socavación puede hacer lo contrario e incrementar el n . sin embargo, el efecto dominante de la sedimentación dependerá de la naturaleza del material depositado. Depósitos no uniformes, como barras de arena y ondulaciones de arena, constituyen irregularidades del canal e incrementaran la rugosidad.
- 5.3.3.6. Obstrucción.** La presencia de obstrucciones de troncos, pilas de puente y estructuras similares tiende a incrementar el n . La magnitud de este aumento depende de la naturaleza de las obstrucciones, de su tamaño, forma, número y distribución.
- 5.3.3.7. Tamaño y forma del canal.** No existe evidencia definitiva acerca del tamaño y la forma del canal como factores importantes que afecten el valor de n . un incremento en el radio hidráulico puede aumentar o disminuir el n , según la condición del canal.
- 5.3.3.8. Nivel y caudal.** En la mayor parte de las corrientes el valor de n disminuye con el aumento en el nivel y en el caudal.
- 5.3.3.9. Cambio estacional.** Debido al crecimiento estacional de las plantas acuáticas hierbas, malezas, sauces y árboles en el canal o en la banca, el valor de n puede aumentar en la estación de crecimiento y disminuir en la



estación inactiva. Este cambio estacional puede producir cambios en otros factores.

5.3.3.10. Material de suspensión y carga de lecho. El material en suspensión y la carga de lecho, ya sea en movimiento o no, consumirá energía y causara una pérdida de altura e incrementara la rugosidad aparente del canal.

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrollo un procedimiento para estimar el valor de n . Mediante este procedimiento, el valor de n puede calcularse por:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Donde:

n_0 es un valor básico de n para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados, n_1 es un valor que debe agregarse al n_0 para corregir el efecto de las rugosidades superficiales, n_2 es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal, n_3 es un valor para considerar las obstrucciones, n_4 es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo, y m_5 pueden seleciinarse en la tabla de acuerdo con las condiciones dadas. (Chow, 1955)



Tabla 1. Valores de Coeficiente de Manning. Formula de Canales Abiertos. Fuente (Chow, 1955)

Condiciones de Canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n_0	0,020
	Corte en Roca		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0,000
	Menor		0,005
	Moderado		0,010
	Severo		0,020
Variaciones de la seccion transversal	Gradual	n_2	0,000
	Ocasionalmente alterante		0,005
	Frecuentemente alterante		0,010 - 0,015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0,000
	Menor		0,010 - 0,015
	Apreciable		0,020 - 0,030
	Severo		0,040 - 0,060
Vegetacion	Baja	n_4	0,005 - 0,010
	Media		0,010 - 0,025
	Alta		0,025 - 0,050
	Muy Alta		0,050 - 0,100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m_5	1,000
	Apreciable		1,150
	Severo		1,300



Tabla 2. Coeficientes de Manning para Canales Abiertos. Fuente (Chow, 1955)

Tipo de cauce y descripción	Valor de n		
	Mínimo	Normal	Máximo
f) Ladrillo			
Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g) Mampostería			
Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
Piedra suelta o riprap	0.023	0.032	0.035
h) Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i) Asfalto			
Liso	0.013	0.013	
Rugoso	0.016	0.016	
j) Revestimiento vegetal	0.030	...	0.500
C. Excavado o dragado			
a) En tierra, recto y uniforme			
Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
Limpio, después de exposición a la intemperie.	0.018	0.022	0.025
Con gravas, sección uniforme, limpio.	0.022	0.025	0.030
Con pastos cortos, algunas malezas.	0.022	0.027	0.033
b) En tierra, serpenteante y lento			
Sin vegetación.	0.023	0.025	0.030
Pastos, algunas malezas.	0.025	0.030	0.033
Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos.	0.030	0.035	0.040
Fondo en tierra con lados en piedra.	0.028	0.030	0.035
Fondo pedregoso y bancas con maleza.	0.025	0.035	0.040
Fondo en cantos rodados y lados limpios.	0.030	0.040	0.050
c) Excavado con pala o dragado			
Si vegetación.	0.025	0.028	0.033
Matorrales ligeros en las bancas.	0.035	0.050	0.060
d) Cortes en roca			
Lisos y uniformes.	0.025	0.035	0.040
Afilados e irregulares.	0.035	0.040	0.050
e) Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
Malezas densas, tan altas como la profundidad del flujo.	0.050	0.080	0.120
Fondo limpio, matorrales en los lados.	0.040	0.050	0.080
Igual, nivel máximo del flujo.	0.045	0.070	0.110
Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140



Tabla 2 Coeficientes de Manning para Canales Abiertos. Fuente (Chow, 1955). Continua Anterior

Tipo de cauce y descripción	Valor de n		
	Mínimo	Normal	Máximo
D. Cauces naturales menores (ancho superior a nivel de crecida menor que 30 m)			
D1) Cauces en planicie			
1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2) Igual que arriba pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
4) Igual que arriba pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas	0.040	0.048	0.055
6) Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
7) Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8) Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0.075	0.100	0.150
D2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
1) Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2) Fondo: canto rodado y algunas rocas	0.040	0.050	0.070
E) Cauces con planicie crecida			
1) Pastos, sin arbustos			
• Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
• Pastos altos	0.030	0.035	0.050
2) Áreas cultivadas			
• Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
• Cultivos maduros alineados	0.025	0.035	0.045
• Campo de cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
3) Arbustos			
• Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
• Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
• Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
• Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
• Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160



Tabla 2. Coeficientes de Manning para Canales Abiertos. Fuente (Chow, 1955). Continua Anterior

Tipo de cauce y descripción	Valor de n		
	Mínimo	Normal	Máximo
4) Árboles			
· Sauces densos, en verano, y rectos	0.110	0.150	0.200
· Tierra clara con ramas, sin brotes	0.030	0.040	0.050
· Igual que arriba pero con gran crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
· Grupos grandes de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento inferior y nivel de la inundación por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
· Igual que arriba, pero con el nivel de inundación alcanzando las ramas	0.100	0.120	0.160
F) Cursos de agua importantes (ancho superior a nivel de inundación mayor que 30 m). Los valores de n son menores que los de los cursos menores de descripción similar, ya que las bancas ofrecen menor resistencia efectiva.			
1) Sección regular sin rocas y arbustos	0.025	-	0.060
2) Sección irregular y áspera	0.035	-	0.100

5.3.4. Canales con rugosidad compuesta.

En muchos canales artificiales, y en la mayor parte de los canales naturales, la rugosidad varía a lo largo del perímetro del canal en estos casos a veces es necesario calcular un valor equivalente del coeficiente de rugosidad para todo el perímetro. Este coeficiente de rugosidad efectivo se emplea entonces en el cálculo de las alturas normales en todo el canal. En esta sección se considera varios métodos para estimar el coeficiente de rugosidad equivalente para canales naturales, artificiales y de laboratorios.

En un canal natural, el área total del flujo se divide en N partes, cada una de las cuales tiene asociado un perímetro mojado P_i y un coeficiente de rugosidad n_i conocidos. En estos métodos los perímetros mojados (es decir, los P_i de cada sección ficticia) no incluyen las fronteras imaginarias entre las subsecciones. Los métodos de cálculo del coeficiente de rugosidad para este tipo de canal se basan en la ecuación de Manning para flujo uniforme:

5.3.4.1. *Horton y Einstein y Banks* desarrollaron por separado un método que supone que cada subdivisión del área tiene la misma velocidad media de la sección total.



$$n_i = \left[\sum_{i=1}^N \frac{(P_i n_i^{3/2})}{P} \right]^{2/3}$$

En donde:

n_i = coeficiente equivalente de Manning para la sección total

P = perímetro mojado de la sección completa

N = número de subsecciones

5.3.4.2. Si se supone que la fuerza cortante total es igual a la suma de las fuerzas cortantes en cada subsección, entonces se tiene que

$$n_i = \left[\sum_{i=1}^N \frac{(P_i n_i^2)}{P} \right]^{1/2}$$

5.3.4.3. Si se supone que el caudal total de la sección completa equivale a la suma de los caudales individuales en cada sección, entonces

$$n_i = \frac{PR^{5/3}}{\sum_{i=1}^N \frac{P_i R^{5/3}}{n_i}}$$

5.3.4.4. El método de *Los Angeles U.S.*, en el cual el coeficiente equivalente se obtiene a través de una ponderación de las áreas

$$n_i = \sum_{i=1}^N \frac{(A_i n_i)}{A}$$

5.3.4.5. El método de *Coltbach*, el cual pondera las áreas de acuerdo a:

$$n_i = \left(\sum_{i=1}^N \frac{(A_i n_i^{3/2})}{A} \right)^{2/3}$$

Los coeficientes de Manning que se asignan a las distintas coberturas del suelo están obtenidos a partir de la ocupación de uso de suelo que esta facilitado por el GAD



Municipal del Cantón. El coeficiente de Manning para el cauce está dado por la formula.

- El coeficiente de rugosidad para el cauce esta dado en base a las observaciones en campo, y la teoría de canales abiertos.

$$n = (0.020 + 0.005 + 0 + 0.040 + 0.050)1$$

$$n = 0.1150$$

- Valor de n , obtenido por método de n equivalente.

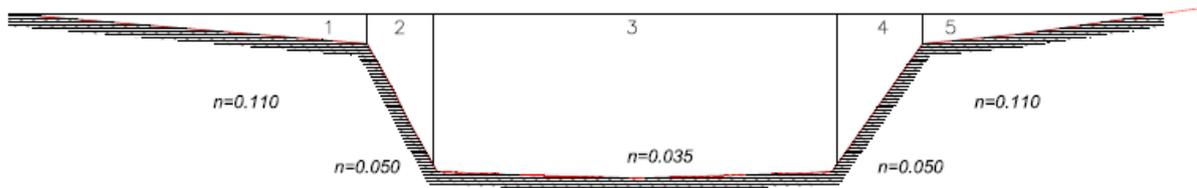


Figura 19. Sección Tipo para Cálculo de Rugosidad Equivalente.

n equivalente en el canal de creciente									
Seccion	Area (m ²)	Perimetro (m)	n_i	R. Hidraulico	Metodo 1	Metodo 2	Metodo 3	Metodo 4	Metodo 5
Nº	A_i	P_i		$R_i = A_i/P_i$	$P_i * n_i^{3/2}$	$P_i * n_i^2$	$P_i * R_i^{1/3} / n_i$	$A_i * n_i$	$A_i * n_i^{8/2}$
1	1.30	11.61	0.1100	0.1119	0.42343	0.14044	2.73975	0.14280	0.04736
2	1.47	6.04	0.050	0.2434	0.06751	0.01510	11.46208	0.07350	0.01644
3	15.79	17.38	0.035	0.9083	0.11381	0.02129	423.07455	0.55258	0.10338
4	1.90	6.50	0.050	0.2923	0.07269	0.01625	16.74140	0.09503	0.02125
5	0.95	7.93	0.110	0.1194	0.28942	0.09599	2.08719	0.10417	0.03455
Σ	21.40	49.46		0.4327	0.96688	0.28907	456.10498	0.96808	0.22297
Metodo 1		Metodo 2		Metodo 3		Metodo 4		Metodo 5	
$n_e = \left[\sum_{i=1}^N \frac{(P_i n_i^{3/2})}{P} \right]^{2/3}$		$n_e = \left[\sum_{i=1}^N \frac{(P_i n_i^2)}{P} \right]^{1/2}$		$n_e = \frac{P R^{5/3}}{\sum_{i=1}^N \frac{P_i R_i^{5/3}}{n_i}}$		$n_e = \frac{\sum_{i=1}^N (A_i n_i)}{A}$		$n_e = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (A_i n_i^{8/2})}{A} \right)^{2/3}$	
$n1$	0.0726	$n2$	0.0764	$n3$	0.0268	$n4$	0.0452	$n5$	0.0477
Promedio T	0.0538								
Promedio	0.0605	Tomo este valor excluyendo el valor del metodo 3 porque tiene mucha diferencia							

Figura 20. Hoja de Cálculo de Rugosidad Equivalente.

Los valores para cada sección de n , que se toman son de tablas comparadas de (Chow, 1955), estos valores son asignados a cada tipo de suelo que se observa en el cauce de inundación y en donde va a recorrer el flujo. Los valores por los diferentes métodos tienen diferencia por lo que se asume tomar el valor de n equivalente por ser un valor,

Augusto Vicente Saquicela Vintimilla



de equivalencia de toda la sección transversal. En los métodos de equivalencia de n , se excluye un valor que es muy diferente a los demás valores tomando en cuenta solo 4 valores para encontrar un promedio ponderado para asignar al modelo Iber 2.2.

Tabla 3. Coeficiente de Manning para Zona de Estudio.

Usos de Suelo	Coeficiente de Manning
Cauce	0.0605
Rio	0.033
Cultivos	0.045
Ciudad	0.027

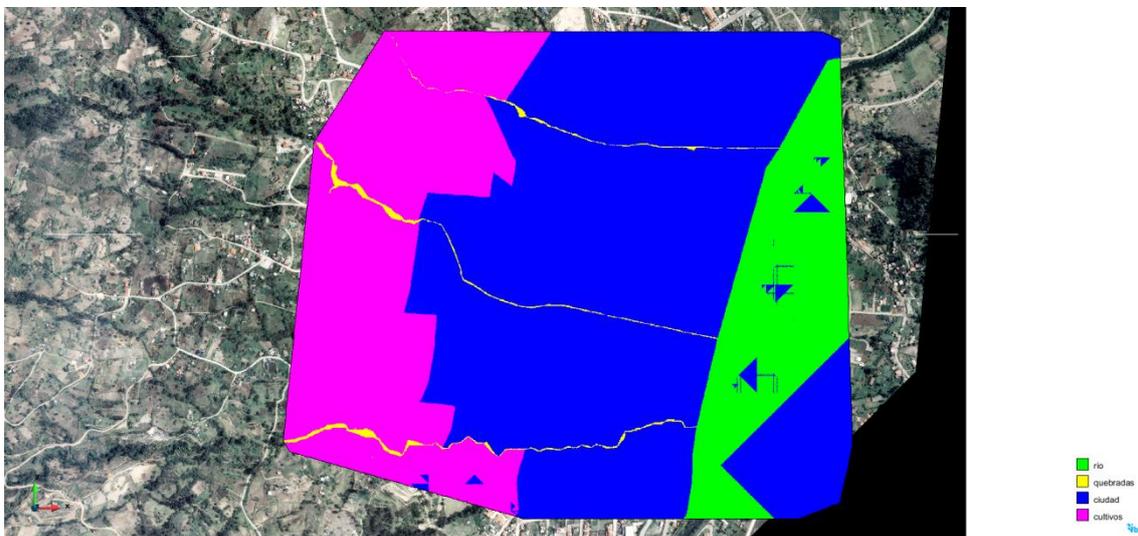


Figura 21 Asignación de Rugosidad Automático Modelo Iber 2.2

En el modelo Iber 2.2 la rugosidad se puede realizar de manera automática con datos obtenidos por observación en campo o datos proporcionados por entidades públicas. La rugosidad automática se introduce por medio de un modelo ASCII el mismo que esta geo referenciado y obtenido a partir de información de estudios de rugosidad y uso de suelo realizados en la ciudad.

Para generar un archivo ASCII se tiene partir de un archivo tin, un archivo raster, que son obtenidos de un levantamiento taquimétrico del área en estudio.

- **Archivo TIN.**

Una superficie de red irregular de triángulos (TIN) se puede generar a partir de mediciones de origen de superficie o mediante la conversión de otra superficie



funcional en una superficie TIN. Puede crear una superficie TIN a partir de entidades, como puntos, líneas y polígonos, que contengan información de elevación. Se puede generar rápidamente en ArcGIS. (esri, 2016)

- **Archivo Raster**

En su forma más simple, un ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura. Los rásteres son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.

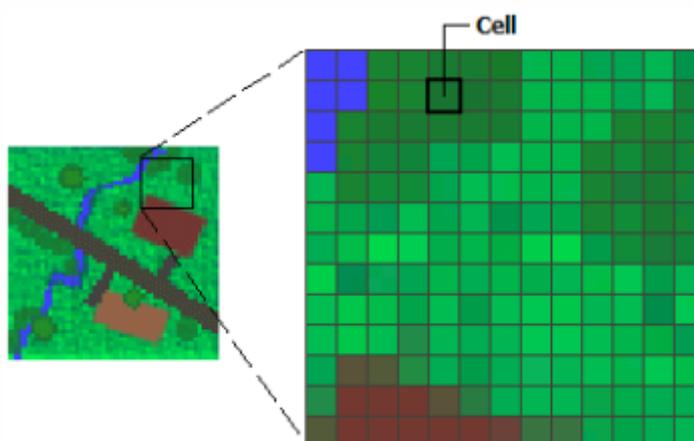


Figura 22. Modelo Raster. Fuente. (esri, Aula Virtual ARCGis, 2016)

Los datos almacenados en formato ráster representan fenómenos del mundo real:

Los datos temáticos (también conocidos como discretos) representan entidades como datos de la tierra o de uso de la tierra.

Los datos continuos representan fenómenos como la temperatura, la elevación o datos espectrales, entre ellos imágenes satelitales y fotografías aéreas.

Las imágenes incluyen mapas escaneados o dibujos y fotografías de edificios.

Los rásteres temáticos y continuos se pueden visualizar en el mapa en forma de capas de datos junto con otros datos geográficos, pero a menudo se utilizan como datos de origen para el análisis espacial con la extensión de ArcGIS Spatial Analyst extension.

Los rásteres de imágenes suelen utilizarse como atributos en tablas: pueden



visualizarse con datos geográficos y se utilizan para transmitir información adicional acerca de las entidades geográficas de mapas. (esri, Aula Virtual ARCGis, 2016)

- **Archivo ASCII**

También conocido como un raster Ascii. Es un formato que al estar como un archivo de texto puede ser leído por cualquier tipo de programa que tenga el mismo formato de datos en filas y columnas. Para el modelo Iber 2.2 el formato ASCII es un archivo que se puede importar y utilizar la información para todos los usos que es diseñado.

El formato ráster Esri ASCII se puede utilizar para transferir información hacia o desde otros sistemas ráster o basados en celdas. Cuando un ráster existente es el resultado de un ráster de formato Esri ASCII, el archivo comenzará con la información del encabezado que define las propiedades del ráster como el tamaño de celda, el número de filas y columnas, y las coordenadas del origen del ráster. La información del encabezado está seguida por la información del valor de celda especificada en un orden mayor de filas delimitado por el espacio, con cada fila separada por un retorno de carro.

Para convertir un archivo ASCII a ráster, los datos deben estar en este mismo formato. Los parámetros en la parte del encabezado del archivo deben coincidir correctamente con la estructura de los valores de datos.

La estructura básica del ráster Esri ASCII tiene la información del encabezado al comienzo del archivo seguida por los datos del valor de celda.

El componente de datos del ráster Esri ASCII sigue la información del encabezado.

Los valores de las celdas deberían estar delimitados por espacios.

No se necesitan devoluciones de acarreo al final de cada fila en el ráster. El número de columnas en el encabezado determina cuándo comienza una nueva fila.

La fila 1 de los datos está en la parte superior del ráster, la fila 2 está justo debajo de la fila 1, y así sucesivamente. (esri, 2016)



5.4. Determinación de zonas seguras.

Las zonas seguras del área en estudio son las que se encuentran en las partes altas de la ciudad podemos con seguridad identificar algunas de estas zonas que no tienen problema con el desbordamiento de las quebradas, favorecidas a su vez por no estar en influencia directa con las quebradas y porque la topografía de la zona ayuda a que las aguas de posibles crecientes no llegue hasta estos lugares. En estas zonas es posible aun poder conservar el cauce natural de la quebradas que nos ayudan a que las aguas pierdan velocidad y de esta manera evitar el arrastre de escombros y que se erosione el cauce aguas abajo que terminarían afectando a los sectores más vulnerables. *(Ver Anexo 12.)*

6. Uso Modelo e 2.2.

Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de Iber abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos, y el flujo de marea en estuarios. El modelo Iber consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y/o cuadriláteros.

Para poder realizar un cálculo con Iber, se deben realizar los siguientes pasos:

- Crear o importar una geometría
- Asignar una serie de parámetros de entrada (rugosidad del fondo, modelo de turbulencia, etc.)
- Asignar condiciones de contorno e iniciales
- Asignar opciones generales de cálculo (tiempo de cálculo, parámetros del esquema numérico, activación de módulos adicionales)
- Construir una malla de cálculo
- Lanzar el cálculo

Las condiciones de contorno e iniciales, así como la mayor parte de parámetros de entrada se pueden asignar tanto sobre la geometría, como sobre la malla. Las condiciones asignadas sobre la geometría se traspasan a la malla al crearla, las condiciones asignadas

Augusto Vicente Saquicela Vintimilla



sobre la malla se pierden al remallar. Para generar una malla se debe tener una geometría formada por superficies.

6.1. Crear o importar una geometría.

Para importar una geometría es necesario en primer lugar guardar el proyecto con un nombre. El proyecto se guarda en el ordenador como una carpeta con el nombre del proyecto y extensión .gid.

Iber dispone de una interfaz en la cual se puede crear una geometría desde el inicio, dibujando puntos (directamente o entrando coordenadas), líneas y superficies. Por otro lado, desde el menú “Archivo>Importar” se pueden importar distintos formatos estándar (dxf, shapefile, entre otros).

Asimismo, a través del menú “Iber_Herramientas” se pueden importar modelos digitales del terreno en formato ASCII de Arc/Info.

Una vez creada o importada una geometría es posible editarla y modificarla con las opciones bajo el menú Geometría.

La geometría se debe colapsar (eliminar líneas que se superponen unas con otras, líneas o puntos que se repiten).

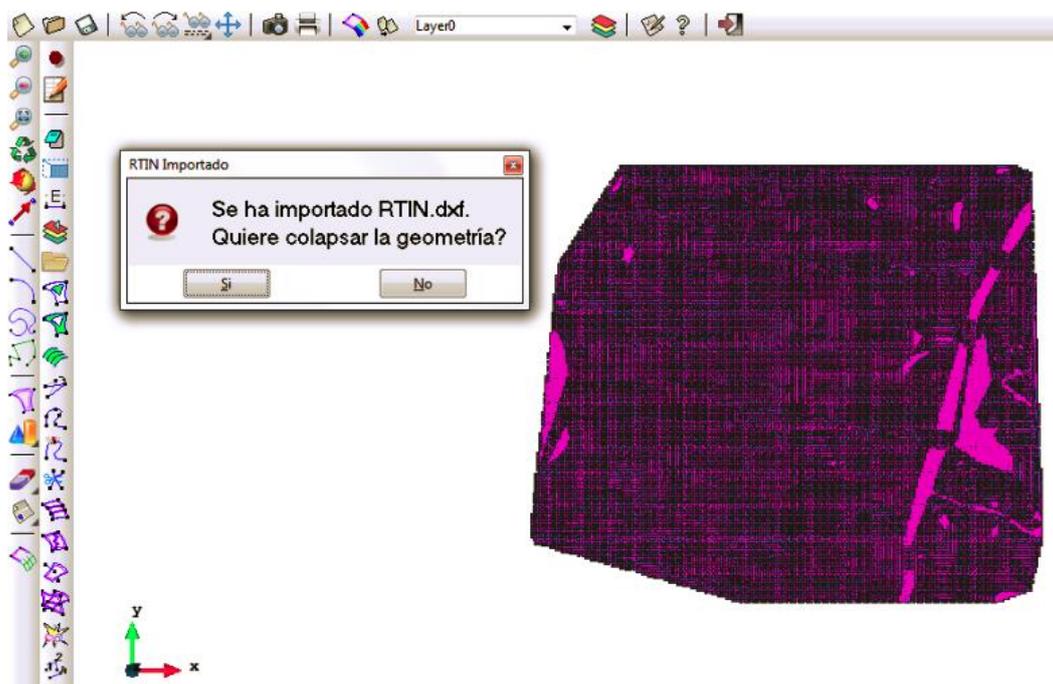


Figura 23. Geometría importada a Iber 2.2.



6.1.1. Asignar parámetros.

La asignación de parámetros se las realiza a través del menú de Iber 2.2, se ingresa los datos para poder generar una malla con la que se puede modelar.

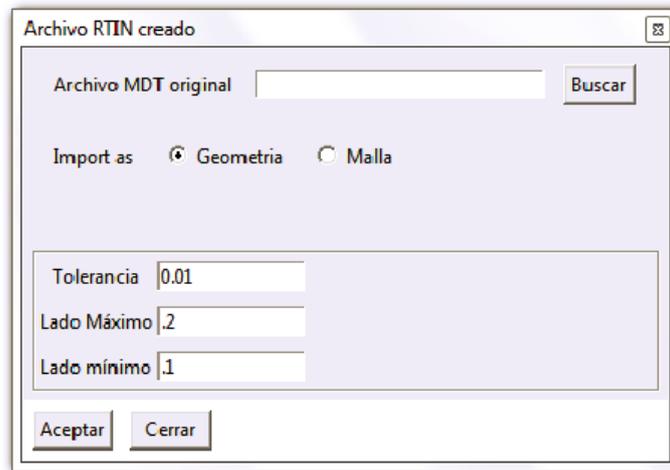


Figura 24. Parámetros Asignados en Iber 2.2 para Mallado de Superficie.

Con estas condiciones dadas se puede generar el mallado de la geometría colapsada.

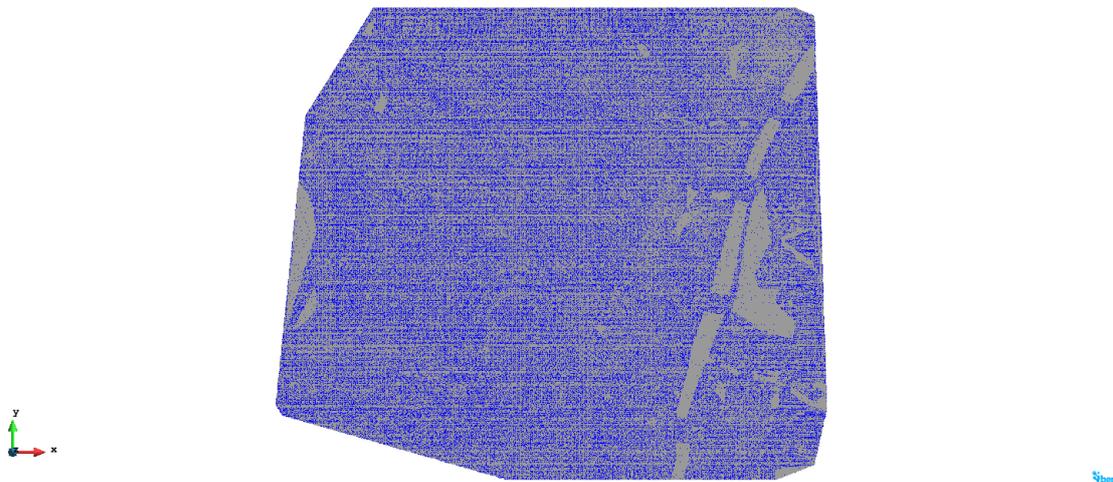


Figura 25. Malla de la Superficie de Estudio. Iber 2.2

Para realizar los siguientes pasos con una precisión y si el proceso de importación del mallado esta geo referenciado podemos ingresar la orthofoto de la zona en estudio.



Figura 26. Orthofoto Geo referenciada en Mallado. Iber 2.2

6.2. Asignación de condiciones de contorno.

6.2.1. Condiciones de Ingreso

Existe la posibilidad de asignar un caudal total, un caudal específico (caudal por unidad de ancho), o una cota de agua. En cada caso se exigirán los parámetros necesarios en función de si el régimen es subcrítico, crítico, o supercrítico.

En el presente estudio se usó la condición de entrada con un flujo subcritico por medio de un hidrogramas, para cada una de las quebradas.

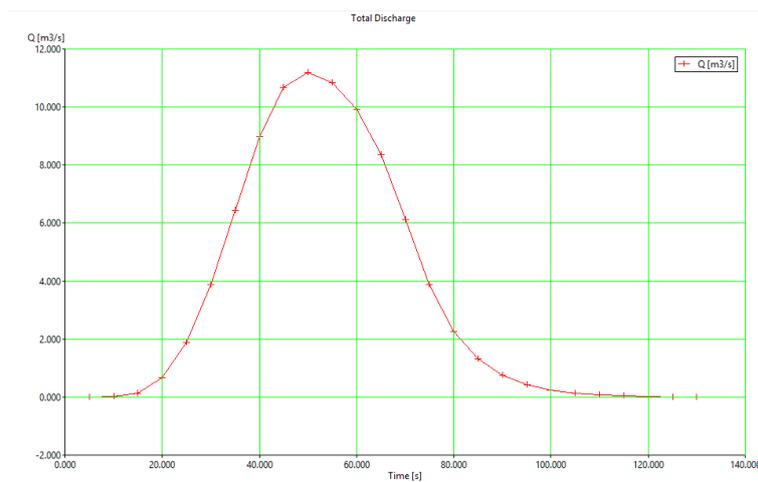


Figura 27. Hidrogramas para Condiciones de Ingreso. Iber 2.2

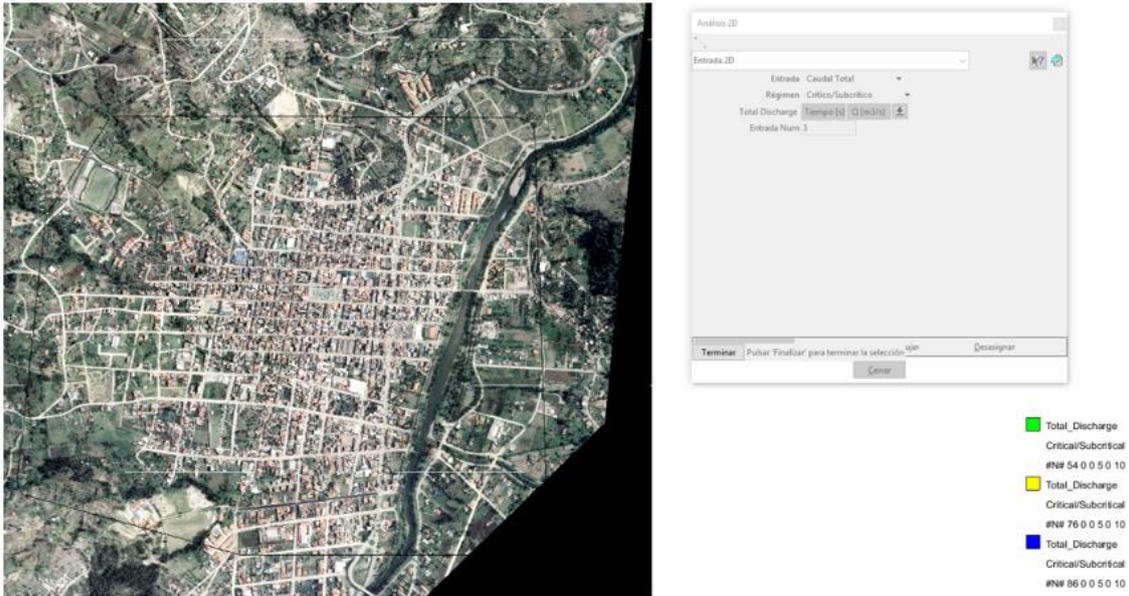


Figura 28. Ventana de Dialogo. Comprobación de Condiciones de Contorno Asignados. Iber 2.2

6.2.2. Condiciones de Salida.

En este caso sólo se deben especificar parámetros adicionales si el régimen es subcrítico, en cuyo caso es posible utilizar una condición tipo vertedero, una condición de nivel dado (cota o calado) o una curva de gasto. En caso de régimen supercrítico o crítico no es necesario asignar parámetros adicionales.

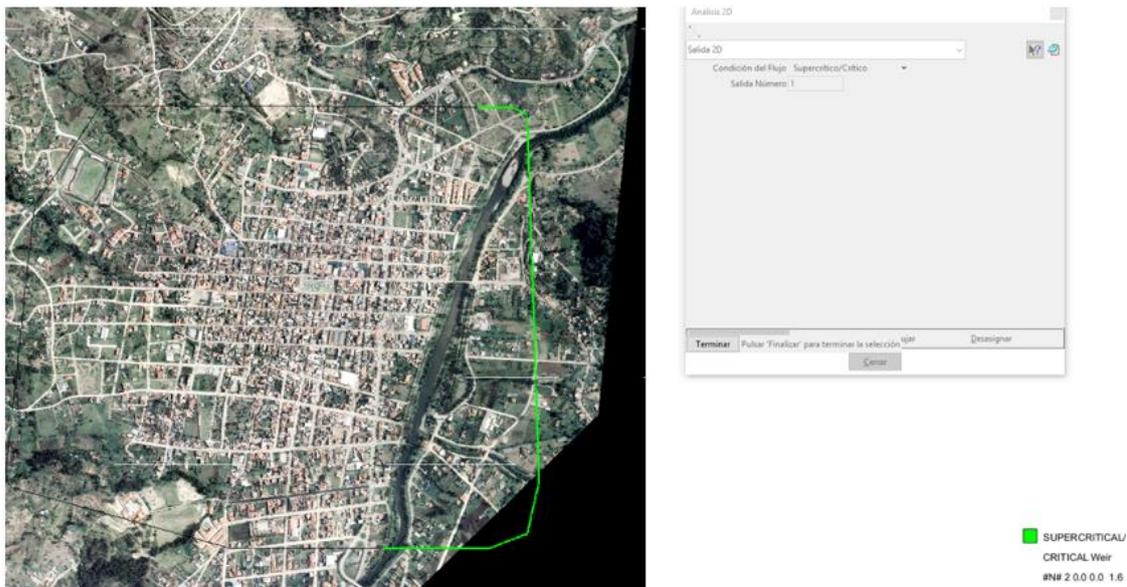


Figura 29. Ventana de Dialogo. Comprobación de Condiciones de Salida. Iber 2.2



6.3. Asignación de condiciones internas (condiciones de malla).

6.3.1. Rugosidad.

En Iber la rugosidad se asigna a través de un coeficiente de rugosidad de Manning.

6.3.1.1. Asignación según usos de suelo.

Con el menú “Rugosidad > Usos del suelo” se abre la posibilidad de escoger un uso del suelo y asignarlo a las superficies que forman la geometría (o en su caso a los elementos de la malla). Existen unos valor predeterminados asignados a cada uso del suelo, pero estos pueden cambiarse. También se pueden añadir o eliminar usos del suelo.

6.3.1.2. Asignación automática con datos geo referenciados.

La asignación automática del coeficiente de rugosidad se realiza desde el menú:

“Datos >Rugosidad > Asignación automática”.

Este menú abre una ventana de selección donde el usuario puede escoger el tipo de archivo desde donde se leerá la información de usos del suelo. Iber tiene implementados dos formatos, el formato estándar ASCII Grid ArcInfo y un formato XY definido específicamente. En ambos casos debe existir en el mismo directorio un archivo *.csv que contenga la lista de los tipo utilizados, que además deberán coincidir con los existentes en la base de datos del programa. Si las clases no existieran pueden crearse dentro de la base de datos mediante la ventana de asignación manual mencionada en el sub-apartado anterior.

Una vez seleccionado el formato deseado se acepta y se abrirá una ventana desde donde escoger el archivo. Al escoger el archivo adecuado y aceptar, el programa lee la información y automáticamente asigna a los elementos de la malla el coeficiente de Manning que les corresponde.



A	B	C	D
1	id	class_Names	
2	1	quebradas	
3	2	ciudad	
4	3	cultivos	
5	4	river	
6			
7			
8			

Figura 30. Formato .csv para Asignación de Rugosidad Automática

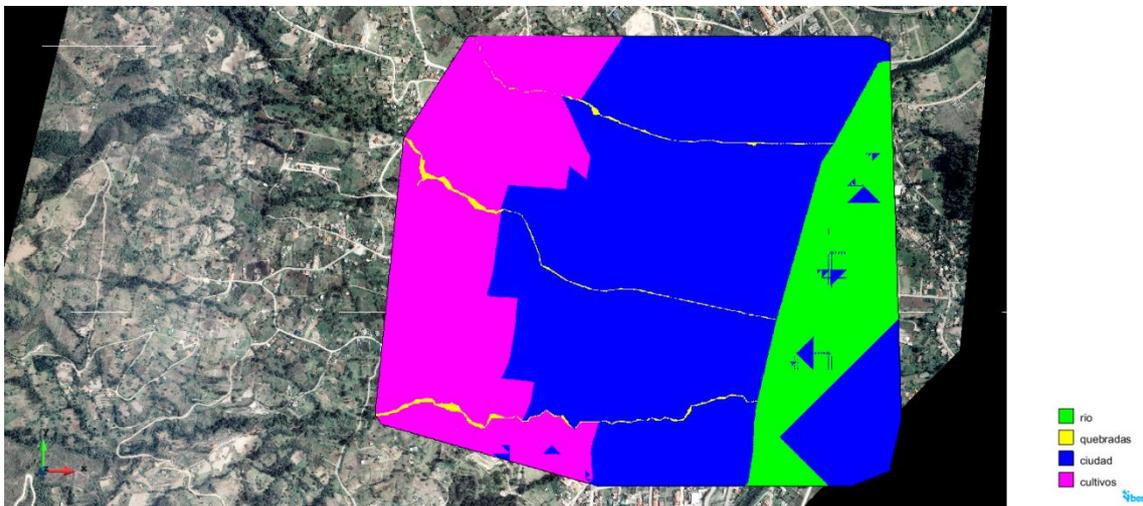


Figura 31. Comprobación de Rugosidades Asignadas Iber 2.2

6.3.2. Procesos Hidrológicos.

- Lluvia
- Perdidas por infiltración
- Lluvia
- Transporte de sedimentos
- Vías de intenso desagüe.



6.4. Cálculo.

6.4.1. Ejecución del cálculo.

Para lanzar un cálculo, en primer lugar se deben fijar los parámetros de cálculo, o datos del problema, mediante las distintas pestañas del menú “Datos > Datos del problema”. En el siguiente sub apartado se explican las distintas opciones de dicho menú.

El cálculo se lanza con el menú Calcular. A través de dicho menú es posible lanzar directamente el cálculo (“Calcular > Calcular”) o acceder a la ventana de cálculo (“Calcular > Ventana de cálculo”). Esta segunda opción permite tener un mejor control del proceso de cálculo, o acceder al archivo que muestra el estado del proceso (Botón Ver salida), mientras el cálculo se está ejecutando.

La ventana de información del proceso también se abre, durante el proceso o cuando éste ha finalizado, con el menú “Calcular > Ver información del proceso”. Es conveniente consultar dicha información para detectar posibles avisos de errores.

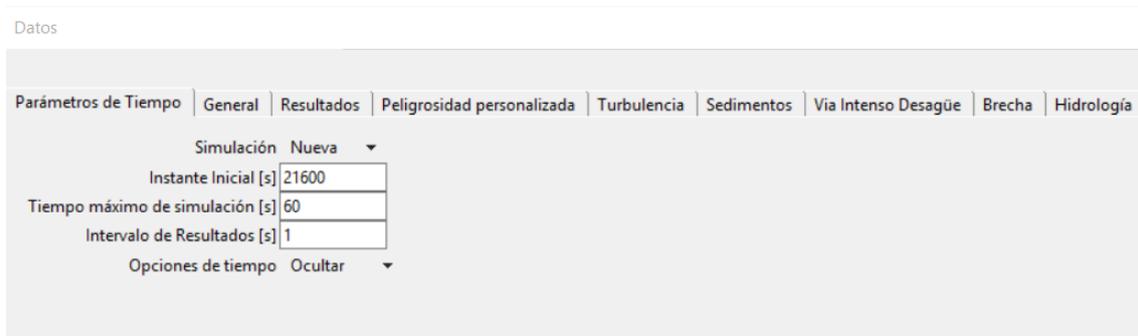


Figura 32. Ventana de Cálculo para Condiciones Generales de Calculo Iber 2.2

6.4.2. Datos procesados.

Los datos que indica el programa de cada proceso, son caudales de ingreso y caudales (m³) de salida cada uno de estos con su tiempo de ejecución en segundos.



```

NUMERICAL SCHEME: 1st Order
Initial volume:      0.00 m3

Simulation time  Time step  Time           Qin           Qout
300.000         1.00000    9:14:51:95     0.000         0.000
600.227         0.38564    9:15:48:11     0.030         0.000
900.196         0.23683    9:17:21:87     0.240         0.000
1200.080        0.10946    9:20:07:39     1.200         0.000
1500.082        0.10244    9:23:41:04     3.890         0.000
1800.023        0.08011    9:27:53:36     9.320         0.000
2100.025        0.06588    9:33:02:75     18.399        0.000
2400.044        0.06426    9:39:16:38     30.449        0.000
2700.004        0.05056    9:46:15:56     43.848        0.000
3000.000        0.04752    9:54:04:19     56.458        0.000
3300.054        0.05729    10:02:56:84    66.510        0.000
3600.029        0.05245    10:13:05:62    72.899        0.000
3900.020        0.05403    10:25:33:90    74.680        0.000
4200.019        0.05390    10:39:49:62    71.480        0.000
4500.020        0.05471    10:54:32:75    64.241        0.000
4800.027        0.05643    11:08:58:36    54.631        0.000
5100.035        0.04389    11:22:45:61    44.530        1.518
5400.040        0.06221    11:35:16:85    35.051        7.610
5700.018        0.05746    11:47:04:92    26.841        13.453
6000.016        0.06397    11:57:57:03    20.241        20.588
6300.041        0.07054    12:08:24:23    15.160        25.529
6600.019        0.05159    12:18:15:30    11.430        27.345
6900.041        0.05852    12:25:56:73    8.650         26.268
7200.046        0.07947    12:32:47:38    6.550         24.200
7500.029        0.08340    12:39:36:16    4.960         21.760
7800.074        0.07710    12:45:48:28    3.760         19.064
8100.022        0.05395    12:51:38:71    2.860         16.941
8400.001        0.06243    12:57:09:53    2.170         15.135
8700.018        0.07850    13:02:13:11    1.640         13.596
9000.015        0.08413    13:07:36:21    1.240         12.480
9300.046        0.08328    13:12:29:63    0.940         11.480
9600.058        0.07816    13:17:16:09    0.690         10.560
9900.072        0.09858    13:21:58:43    0.520         9.755
10200.087       0.09384    13:26:32:96    0.370         8.964
10500.024       0.09387    13:31:21:60    0.260         8.341
10800.057       0.09299    13:36:15:10    0.170         7.695
11100.057       0.09448    13:41:07:08    0.110         7.127
11400.077       0.09474    13:45:59:95    0.070         6.637
11700.074       0.09477    13:50:34:97    0.040         5.769
12000.058       0.09482    13:55:08:26    0.020         5.357
12300.014       0.09503    13:59:53:50    0.000         5.014
12600.081       0.09518    14:04:35:12    0.000         4.258
COMPUTATION FINISHED SUCCESSFULLY!
    
```

Figura 33. Datos Procesados de Modelación. Iber 2.2

La tabla de datos procesados indica el tiempo de simulación que se ingresa en el programa para poder modelar los caudales en cada una de las quebradas este tiempo la tabla nos indica en segundos, indica la hora que se empieza a calcular el programa y la hora que finaliza; la hora que transcurre entre cada uno de los lapsos de tiempo, cada uno de los lapsos de tiempo vienen con su respectivo caudal de entrada y de salida, esto depende mucho del hidrograma que se ingresa al programa, en donde se han indicado los ingresos a cada una de las quebradas y la zona que se delimita para la salida de los caudales que se generan aguas arriba.

6.5. POST-PROCESO.

Una vez finalizado el cálculo, o durante el mismo, se puede acceder al post-proceso para visualizar y analizar los resultados. El cambio entre las interfaces de pre-proceso y



post-proceso se realiza mediante el menú “Archivo > postproceso” y “Archivo > preproceso”, o mediante los botones correspondientes de la barra de herramientas.

6.5.1. Visualización de resultados.

Iber dispone de multitud de opciones para visualizar y analizar los resultados, personalizar los colores, las leyendas, mostrar etiquetas de valores, etc. Una opción para visualizar resultados es mediante el menú “Ventana > ver resultados”. La ventana que se abre permite acceder a los distintos grupos de resultados (o Análisis) que se pueden visualizar en cada instante de tiempo, como áreas coloreadas, áreas coloreadas suavizadas, o vectores.

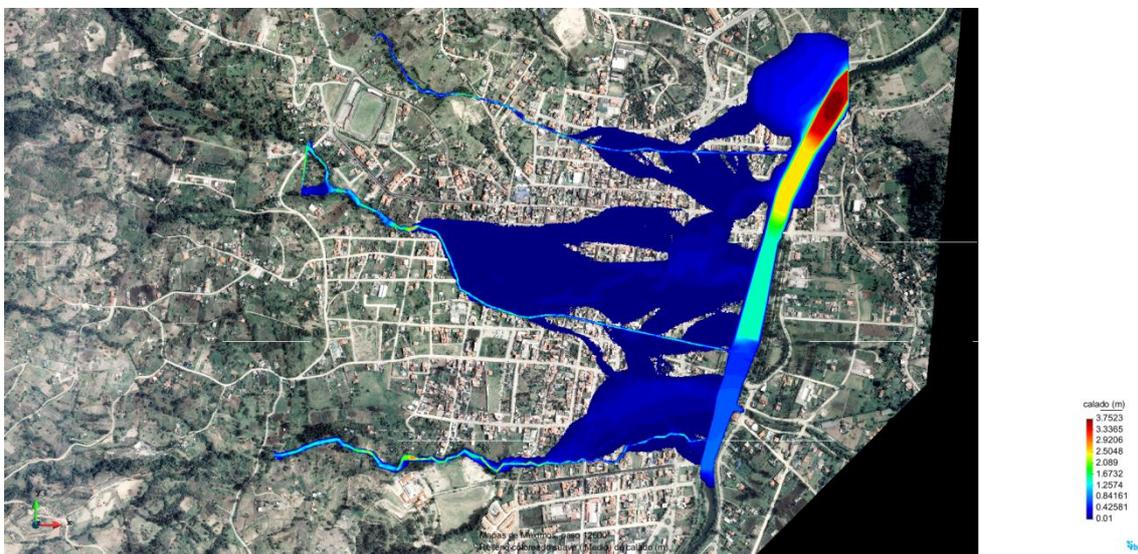


Figura 34. Post-Proceso (Áreas Coloreadas Suaves). Resultados de Calado Máximo (m) Iber 2.2



Figura 35. Post-Proceso (Áreas Coloreadas Suaves). Resultados de Caudal Especifico (m2/s) Iber 2.2



Figura 36. Post-Proceso (Áreas Coloreadas Suaves). Resultados de Velocidad Maxima (m/s) Iber 2.2



Figura 37. Post-Proceso (Áreas Coloradas Suaves). Resultados de Cota de Agua Máxima Iber 2.2

Los resultados de los datos procesados se pueden visualizar e interpretar a través de imágenes que se obtienen del mismo programa en la etapa de post-proceso. El programa ofrece distintas opciones de visualización entre ellas la de áreas coloreadas suaves que se observa en las figuras, con una tabla de patrones de colores podemos identificar que áreas se encuentran en distintas alturas. De la misma manera se puede verificar los resultados de Hidráulica Máxima en Caudal Especifico, Cota de Agua, Calado y Velocidad.

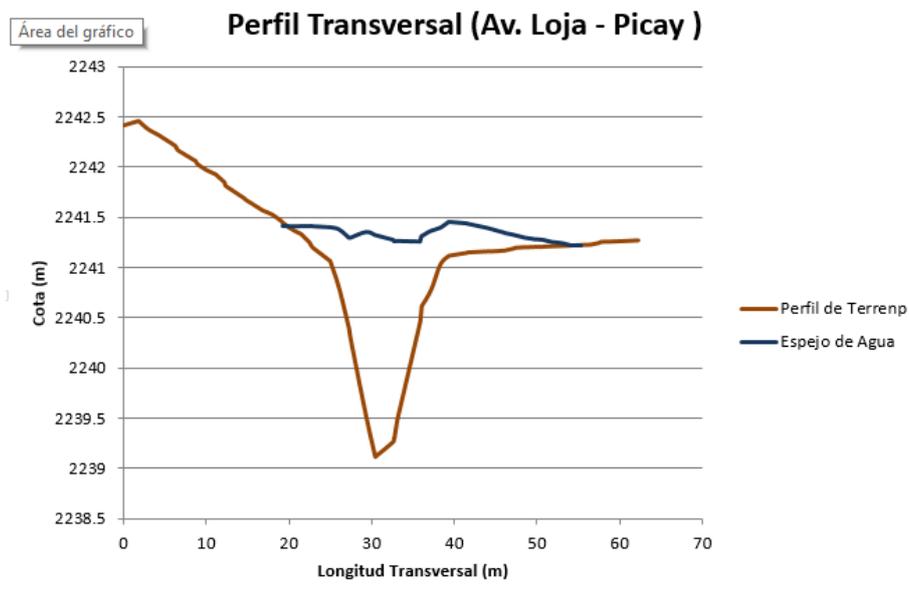


Figura 38 Perfil Transversal Intersección de La Avenida Loja – Q. Picay (Zona de desbordamiento). Iber 2.2

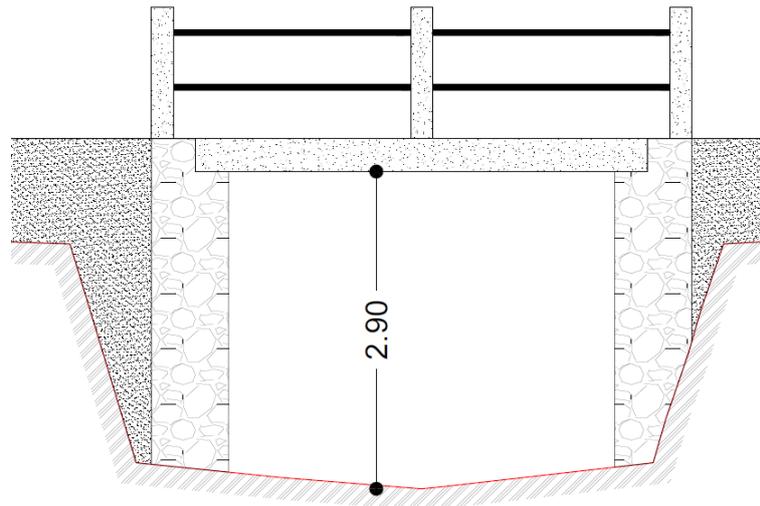


Figura 39. Sección Transversal de Puente. Q. Picay

Una zona de riesgo es la intersección de la Av. Loja con la quebrada Picay al Sur de la ciudad, en donde la cota de agua o espejo de agua se levanta sobre el perfil natural del terreno en 13cm, comenzando a desbordarse en las calles aledañas, en donde se observa que no hay inundación, porque la topografía de la zona ayuda a que se evacue las aguas.

La sección de los puentes que se indica no son iguales a los gráficos expuestos porque son de una sección tipo con las medidas que se encuentran en el campo únicamente tiene el ancho de la calzada y la altura en el centro del puente con respecto al cauce del agua en cada una de las quebradas.

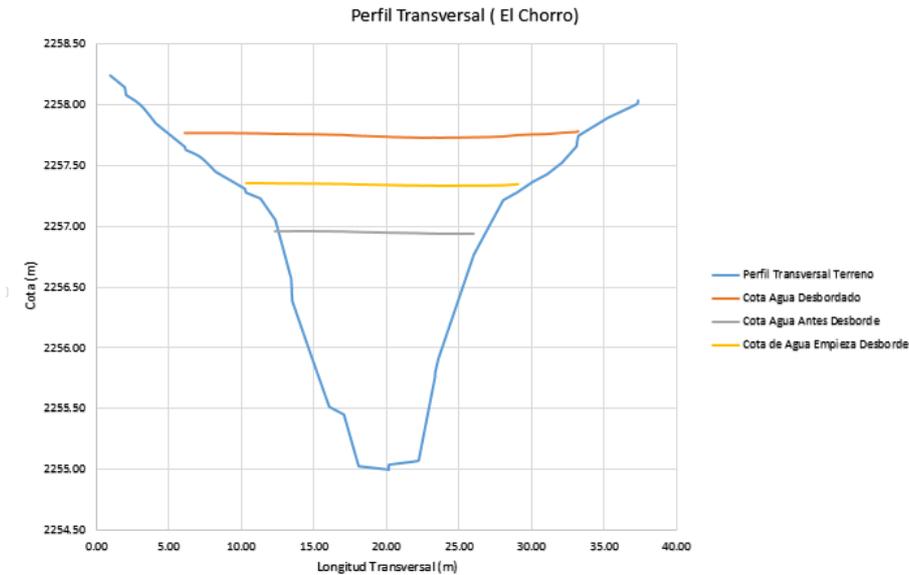


Figura 40 Perfil Transversal Sector el Chorro. Intersección Luis Ríos Rodríguez – Q. Ishcay

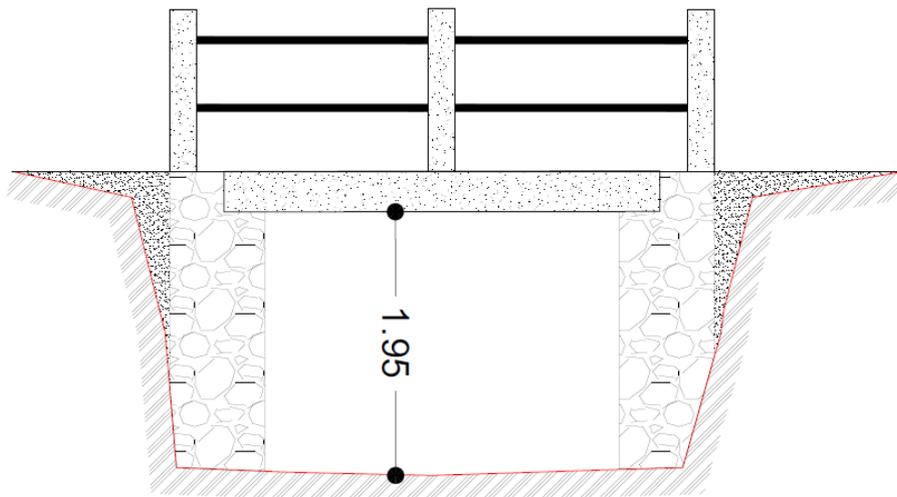


Figura 41. Sección Transversal Puente. Q. Ishcay

Otra zona de riesgo en donde el agua supera el perfil natural del cauce y provoca danos en ocasiones graves es la Intersección de la calle Luis Ríos Rodríguez y quebrada Ishcay sector Chorro en donde el perfil transversal en su parte útil no posee una sección considerable para evacuación de aguas y en la parte alta la quebrada receipta aguas de varias micro cuencas, la cual provoca que la cota de agua suba 49cm, a sus lados la quebrada esta encausada por viviendas provocando que el agua llegue a la altura de sus paredes.

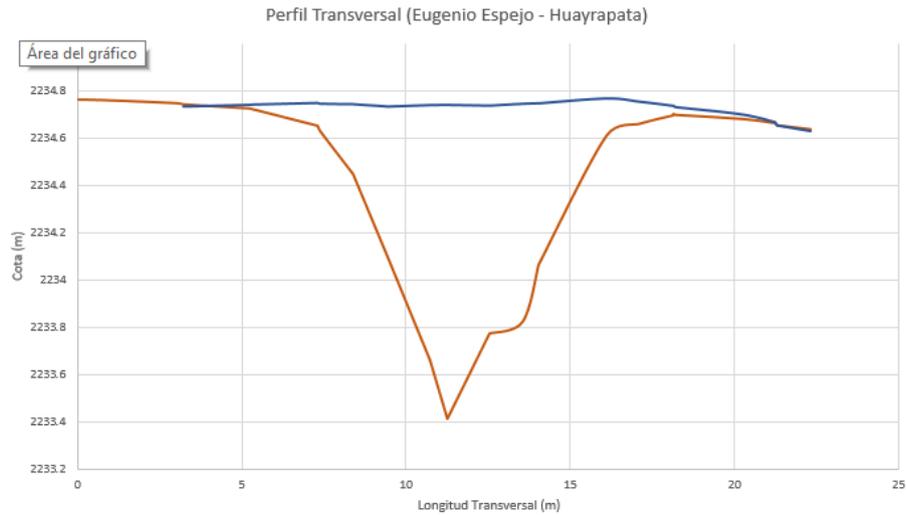


Figura 42 Perfil Transversal Intersección calle Eugenio Espejo - Q. Huayrapata

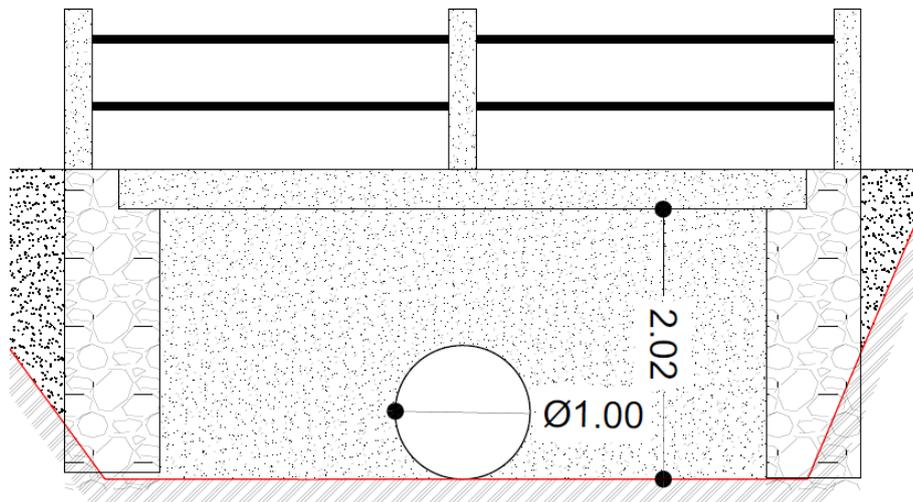


Figura 43. Sección Transversal de Puente. Q. Huayrapata

En la zona Norte – Este es una zona baja en donde la falta de limpieza de la quebrada y el mal manejo para la conservación de la misma, provoca que la quebrada llegue a un nivel máximo que le permite el cauce y se desborde con una cota máxima sobre el perfil natural del terreno de 18 – 30 cm el cual al ser una zona de topografía llana y en influencia directa con el Rio Santa Bárbara se inunda causando danos mayores.



7. Resultados.

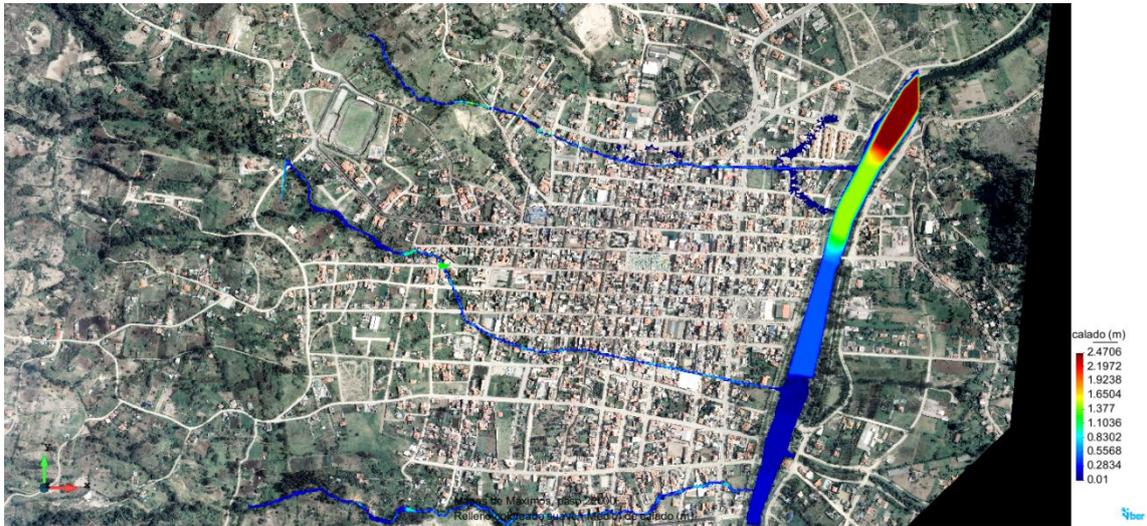


Figura 44. Resultados de Modelación Hidráulica de Las Quebradas Huayrapata, Ishcay y Picay. Con Hidrogramas con Periodo de Retorno de 2 años. Iber 2.2

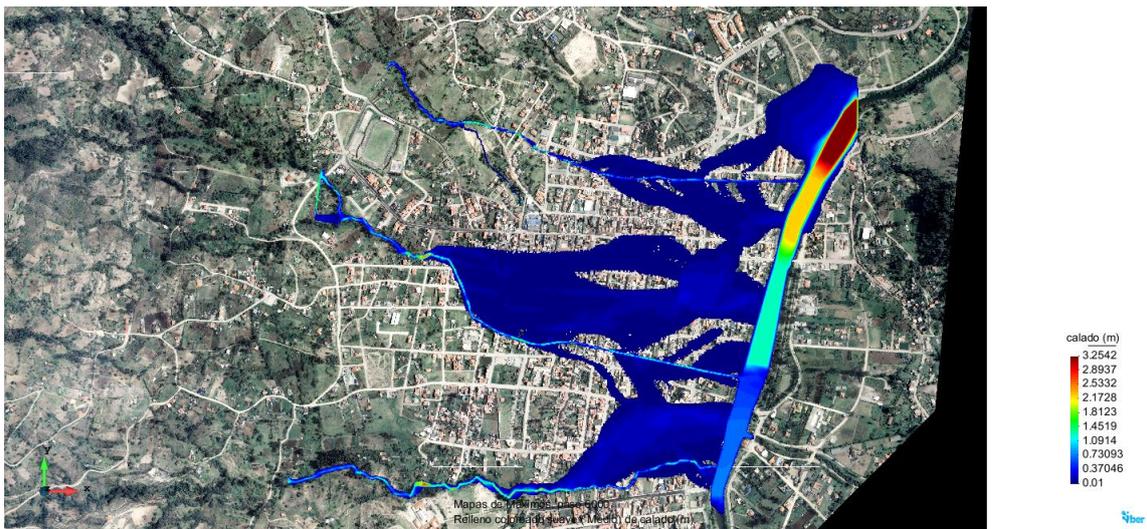


Figura 45 Resultados de Modelación Hidráulica de Las Quebradas Huayrapata, Ishcay y Picay. Con Hidrogramas con Periodo de Retorno de 10 años. Iber 2.2

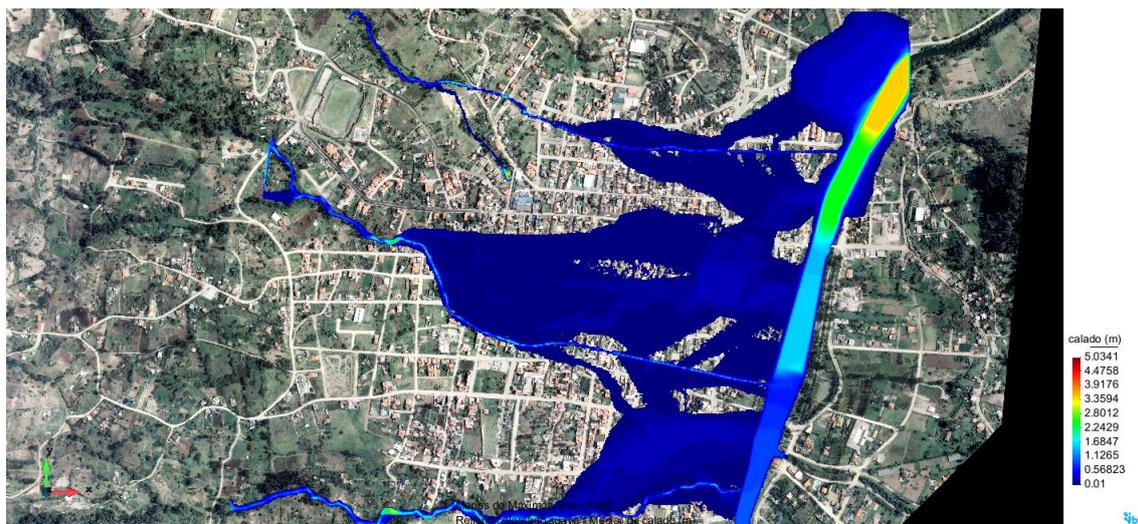


Figura 46 Resultados de Modelación Hidráulica de Las Quebradas Huayrapata, Ishcay y Picay. Con Hidrogramas con Periodo de Retorno de 25 años. Iber 2.2

La modelación en Iber, para determinar niveles de inundación, en las quebradas se realizó primeramente con un hidrograma de creciente correspondiente a un periodo de retorno de 2 años, cuyos resultados son conservadores pues se observa que las secciones son capaces de absorber al caudal pico resultante y que ingresa a la ciudad, es decir el agua no se desborda. En este caso las velocidades que alcanza el flujo no es destructivo y la erosión que se produce en la cuenca no afecta al cauce capaz de que no se sedimente disminuyendo la sección. Esto se puede observar en la foto anterior.

Sin embargo, en la parte Norte-Este de la ciudad, hay un leve desbordamiento en donde se puede apreciar que alcanza un calado de agua máximo de 1cm sobre el área de inundación, lo que se considera como algo relevante en este caso particular por el hecho que puede haber un error mínimo en el levantamiento topográfico, y por las rugosidades asignadas a los diferentes suelos, el recorrido del agua se detiene a un margen no mayor de 50 m. Puede ser también por el hecho que en esta quebrada al llegar a su desembocadura en el rio Santa Bárbara existe una sección reducida de diámetro 1 metro por el cual no se puede evacuar ese caudal, de forma rápida causando un encausamiento de las aguas y posteriormente su desbordamiento. Fotografía 4.

Esta zona es propensa a los desbordamientos por causa de obras realizadas sin tener en cuenta la sección útil que se necesita para la evacuación de caudales mayores a los normales de épocas de invierno, el arrastre de solidos también es un problema para el desbordamiento y encausamiento debido a que estas tuberías pierden su sección útil por los sedimentos ahí depositados. Se puede observar esto en las Fotografía 5.

Los resultados de la modelación para caudales mayores con periodos de retorno de 10 – 25 años son significativamente diferentes tomando en consideración la misma topografía de la ciudad y el calado máximo en cada uno de los casos tiene una diferencia notable, en 10 años los desbordamientos en la ciudad llegan las aguas a un calado de 37cm sobre la superficie, con periodos de retorno de 25 años llega a un calado máximo de 56cm sobre la superficie en la ciudad. En el cauce las quebradas la diferencia de igual manera es considerable llegando a 1.45m y 2.24m respectivamente el calado en las quebradas. Se observa los resultados que lugares específicos como el Arenal la quebrada se desborda en ambos casos tomando una sección de quebrada actualmente cerrada arbitrariamente por los propietarios y llegando a un punto en donde la quebrada Augusto Vicente Saquicela Vintimilla



anteriormente existente esta desviada hacia el alcantarillado. Para estos casos las quebradas no cumplen con una sección con la que se pueda prevenir desastres materiales y posiblemente vidas humanas. Para estos mismos periodos de retorno los resultados de la modelación respecto a los desbordamientos no hay mayor diferencia por el hecho que los desbordamientos se producen en las mismas zonas en donde se desborda para periodos de retorno menores, con la única observación que en la quebrada Huayrapata se desborda en una zona en donde la quebrada está actualmente desviada.



Fotografía 4. Sección de tubería de 1metro. Av. Cañaverales y Q. Huayrapata



Fotografía 5. Sección de tubería reducida por acumulación de Sedimentos.

Se observa en las quebradas, que no tienen tratamiento o plan municipal para la conservación de las márgenes de inundación natural, la limpieza de los cauces no se da para que queden aptas para posibles eventos de creciente con los que podría provocar problemas de desbordamiento afectando a los sectores de influencia directa con las quebradas.

Continuando con el modelo Iber 2.2 y con caudales de periodo de retorno de 5 años, para cada una de las quebradas se obtiene resultados preocupantes para varios sectores en donde ya se encuentran consolidada la zona residencial.

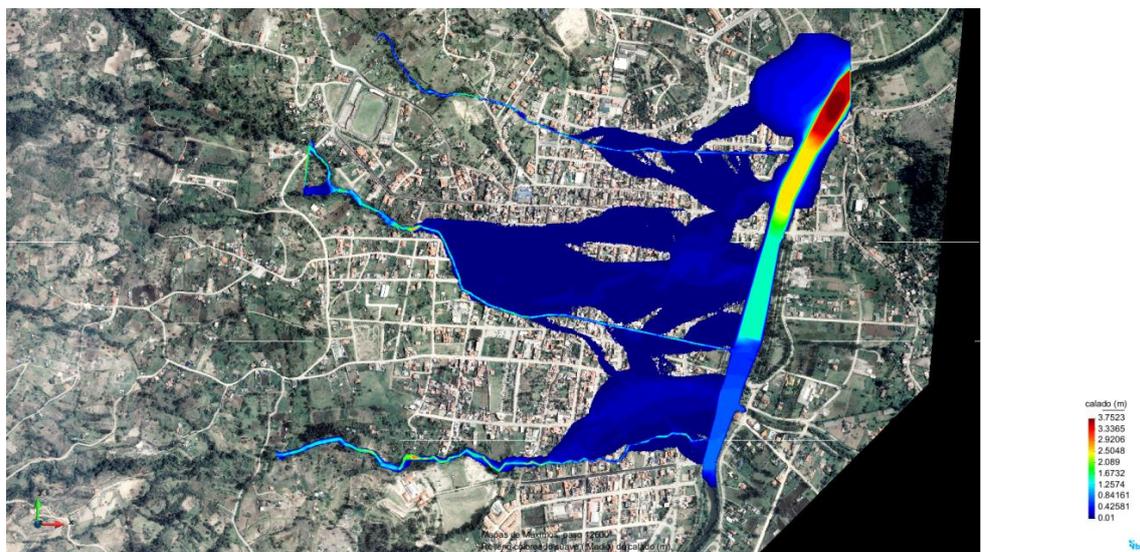




Figura 47 Resultados de Modelación Hidráulica de Las Quebradas Huayrapata, Ishcay y Picay. Con Hidrogramas con Periodo de Retorno de 5 años. Iber 2.2

Dividimos el área de estudio en varias zonas:

a.- En las que el desbordamiento no causaría danos de gran magnitud, porque la topografía de la zona ayudaría evacuar las aguas hacia las partes bajas en donde recorrería el agua por las distintas vías desembocando las aguas en sumideros en estas zonas el agua llegaría entre 8 cm y 15 cm aproximadamente sobre la calzada. Este caudal que se regaría por las distintas calles y avenidas de la ciudad no es despreciable porque si consideramos la sección de las distintas calles y el calado del agua que recorre por las mismas es considerable.



Fotografía 6. El desbordamiento de las quebradas hace que sus aguas se evacuen por las distintas vías de la Ciudad.

b.- Hay zonas en las que el problema sería más grave en donde llegaría a una altura de 40cm sobre la cota máxima del cauce natural de las quebradas cosa que se ha podido comprobar con eventos antes ocurridos en los que por la sección de la quebrada y su forma de canal la velocidad del agua aumenta considerablemente volviéndose un caudal destructor el mismo que ha empujado paredes las cuales han colapsado, en estas zonas el desbordamiento provoca que el agua llegue afectar las casas aledañas, la problemática es que la altura de los puentes y demás obras de arte



que no favorecen una evacuación rápida de las aguas provocando represamientos y que los niveles sigan subiendo hasta desbordarse por las calles.

c.- Zonas de inundación en el cual el agua estaría 80cm sobre la cota máxima del cauce, estas zonas bajas de la ciudad tienen más problemas porque el desbordamiento provoca inundaciones en las zonas residenciales que tienen influencia directa con las quebradas y a su vez con el río Santa Bárbara que en este tipo de eventos sube su nivel provocando que las quebradas no puedan evacuar su aguas de manera rápida, dando como resultado las inundaciones en las zonas bajas. En las zonas que se encuentran con influencia directa con el río Santa Bárbara tienen mayor problemas en épocas de invierno, estas épocas en donde las lluvias a nivel local son intensas también se dan en los cantones vecinos que se encuentran en las partes más altas que son bañadas al mismo tiempo por el Santa Bárbara, hay lluvias intensas las cuales provocan que el nivel suba en las partes bajas lo que provoca que si hay una creciente de las quebradas en Gualaceo la evacuación de las aguas sea mucho más lenta provocando en las quebradas que se embalse al agua hasta llegar a su mismo nivel para empezar a tener un flujo de salida lo que provoca un desbordamiento en las zonas bajas de la ciudad. Figura 32.

En ciertas ocasiones que solo tenemos lluvia en las partes altas de la zona en estudio el caudal de las quebradas puede llegar a ser el mismo que el ejemplo anterior, en este caso si el nivel del río Santa Bárbara es el normal la evacuación de las aguas es mucho más fluido, lo que hace que las secciones de las quebradas sigan siendo útiles y no haya desbordamientos. En lugares en donde la sección de las quebradas no sea lo suficientemente eficaz para el transporte de las aguas puede haber desbordamientos pero no con mucha gravedad, pero si causaría problemas en el alcantarillado pluvial por el arrastre de sólidos.

Otra zona de riesgo en donde el agua supera el perfil natural del cauce y provoca danos en ocasiones graves es la Intersección de la calle Luis Ríos Rodríguez y quebrada Ishcay sector Chorro en donde el perfil transversal en su parte útil no posee una sección considerable para evacuación de aguas y en la parte alta la quebrada recepta aguas de varias micro cuencas, lo cual provoca que el calado de agua suba 79 cm, a sus lados la quebrada esta encausada por viviendas provocando que el agua llegue a la altura de sus paredes.



Fotografía 7. Sección de Quebrada limitada para el transporte de Aguas.

En la zona Norte – Este es una zona baja en donde la falta de limpieza de la quebrada y el mal manejo para la conservación de la misma, provoca que la quebrada llegue a un nivel máximo que le permite el cauce y se desborde con una cota máxima sobre el perfil natural del terreno de 8 – 10 cm el cual al ser una zona de topografía llana y en influencia directa con el Rio Santa Bárbara se inunda causando danos mayores.



Figura 48 Resultados de Velocidad. De Modelación Hidráulica de Las Quebradas Huayrapata, Ishcay y Picay. Para un periodo de retorno de 10 años. Iber 2.2



Figura 49 Resultados de Velocidad. De Modelación Hidráulica de Las Quebradas Huayrapata, Ishcay y Picay. Para un periodo de retorno de 25 años. Iber 2.2

Si consideramos las velocidades generadas en casos de periodos de retorno de 10 – 25 años no es muy considerable porque en lugares del centro de la ciudad en Estudio las velocidades que se generan están entre los 2.14 – 4.33 m/sg. Lo que deberíamos considerar seria en ambos que con las velocidades se mantienen reduciendo hasta 1 m/sg.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Los caudales picos con las que se hicieron las corridas necesarias para la modelación hidráulica, se tomaron del proyecto de investigación del Señor Andrés Ulloa Rodas en su trabajo titulado: “Evaluación Hidrológica de las quebradas de La Ciudad de Gualaceo”, los caudales obtenidos son representados por hidrogramas en cada una de las quebradas. Primeramente se evaluó las inundaciones para un periodo de retorno de 2 años, para el cual las secciones tienen la capacidad de eliminar el agua de creciente hacia el río Santa Bárbara. Luego se tomó el hidrograma para un período de retorno de 5 – 10 – 25 años, estos son más altos y se muestran amenazantes para la seguridad de las obras civiles y de la gente especialmente en las zonas bajas de la ciudad.
- Los perfiles longitudinales y transversales de las quebradas se obtuvieron por levantamientos topográficos, estos datos están procesados, geo referenciados y en los formatos necesarios para ser ingresados en el programa de modelación, las secciones transversales en todo su recorrido están realizadas a partir de curvas de nivel cada 20 cm. Estos resultados del levantamiento topográfico ayudan a tener un perfil transversal lo más cercano a la realidad que nos ayudará a determinar los niveles de inundación en base a caudales que soportara en su recorrido.
- Para modelar las corridas se usó el software Iber 2.2 creado por ingenieros españoles. El programa hace un análisis bidimensional y los resultados obtenidos con el uso del programa son muy satisfactorios que nos han ayudado a cumplir con éxito los objetivos de esta investigación.
- Con la ayuda de los resultados procesados, podemos demostrar que las quebradas que atraviesan la ciudad no tienen una sección adecuada para evacuar las aguas que ingresan al área urbana, en las partes en donde las secciones son muy limitadas y con tiempos de retorno de 5 años, se obtienen velocidades altas las mismas que pueden ser destructivas y pueden causar graves danos, incluso perdidas como de animales, viviendas y vidas humanas.



- Con base a los resultados de la modelación se puede afirmar que las zonas de inundación son sin duda las partes en donde las zonas residenciales ya se encuentran consolidadas, las mismas que han provocado un encajonamiento de cada una de las quebradas llevando a convertirse en un canal rectangular que en casos de lluvias intensas o eventos de crecida que elevan su calado, provocando erosión, destrucción y desbordamiento en sectores de la ciudad que por medio de observaciones en el campo se ha podido verificar y mirar por peligros inminentes.
- Otro resultado de los desbordamientos es por causa de los puentes y alcantarillas que se encuentran en el recorrido de las quebradas que no tienen una sección necesaria e útil para la evacuación temprana de las aguas, estas secciones limitadas en algunos casos provocan que las aguas se embalsen desbordándose sobre los puentes y fluyendo el agua en la calzada; además, por causa de la topografía de la ciudad estas siguen su recorrido afectando calles, avenidas, sistema de alcantarillado y poniendo en riesgo la vida de las personas que se encuentran en escuelas y lugares públicos que pueden ser afectados por los desbordamientos. (*Véase Anexo 3*)



8.2. Recomendaciones

- La ciudad de Gualaceo en su parte urbana, debe tener un plan de manejo y conservación de las áreas verdes cercanas a cauces hídricos, preservando sus zonas de inundación natural que necesitan las quebradas para desfogar agua de eventos extraordinarios.
- Para una conservación de las quebradas de la zona en estudio se recomienda hacer una limpieza de cada quebrada: evitar que la sección de la quebrada este tomada de maleza, la misma que retiene en sus recorridos solidos de erosión de las cuencas. La limpieza que se realiza debe tener una profundidad mínima con respecto a los puentes que sirven para el tráfico vehicular, evitando así que en crecientes los puentes sean una obstáculo para el flujo normal del agua.
- Control en sectores en donde los ciudadanos ocupan los cauces de las quebradas como botadero de basura o escombrera, esto provoca que se obstaculice el flujo del agua en crecientes.
- En sectores en donde todavía no se encuentra consolidadas las construcciones como sectores residenciales se podría conservar estas zonas naturales, las mismas que podrían ayudarnos para realizar obras civiles en las cuales se podría realizar un aliviadero de todas la aguas que se recogen de las micro cuencas de esta manera poder reducir los desbordamientos en el centro de la ciudad.
- Lo ideal sería derrocar las estructuras y dejar por lo menos ocho metros de margen de cada lado del eje para desfogue, esto debe quedar dentro de la normativa municipal pues al respecto dice que la distancia de ubicación debe estar entre 3 y 10 metros.
- En el peor de los casos se debería utilizar una vía de las que se encuentran conformadas para poder evacuar el agua de las quebradas y llevar hacia el río Santa Bárbara. Esta vía se convertiría en un parque lineal. Es una solución no viable porque se encuentra conformada la zona residencial se encuentra ubicada en toda esta vía. No deja ser una solución para tratar de evitar desastres por el hecho que los calados serian pequeños y las velocidades no serían destructivas hasta llegar al rio Santa Bárbara.
- Se debería pensar incluso en derivadores de caudal en la cuenca alta hacia quebradas que tengan mayor capacidad hidráulica.



- Hacer un plan agresivo de reforestación y recuperación de suelos de las cuencas altas de aporte a las quebradas estudiadas.
- Colocar urgentemente estaciones meteorológicas a tiempo real para informar sobre eventos extraordinarios de precipitación oportunamente, especialmente desalojar sitios de aglomeración humana como escuelas, colegios etc. y tener ubicados sitios de para albergues temporales.
- Por lo pronto las secciones de los puentes y alcantarillas deben ser revisados y aumentados porque las secciones son demasiado pequeñas y no tienen capacidad de desfogue del agua ya que incluso ocurren obstrucciones por las palizadas que trae la creciente. Estas palizadas son sobrantes de madereros que cortan árboles y dejan las ramas en el sitio de corte del árbol.
- Considerando todos los resultados observados de las modelaciones de esta investigación se deberá realizar planes de protección de las márgenes de las quebradas en todo su recorrido de la parte urbana de la ciudad, tratando de mantener su estado natural las partes de expansión urbana que todavía no han sido afectadas que servirían como zonas de inundación, que ayudarían a disminuir la velocidad con la que bajan las aguas por todo su recorrido en las partes altas.



9. Bibliografía.

- Chow, V. T. (1955). *Hidraulica de Canales Abiertos*. Mac Grow Hill.
- COMERCIO, D. E. (12 de Abril de 2012). *ELCOMERCIO.COM*. Obtenido de ELCOMERCIO.COM:
<http://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/inundacion-gualaceo-fuerte-aguacero.html>
- esri. (2016). *Aula Virtual ARCGis*. Obtenido de Aula Virtual ARCGis for Desktop:
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>
- esri. (2016). *Aula Virtual ARCGis*. Obtenido de Aula Virtual ARCGis Desktop:
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/esri-ascii-raster-format.htm>
- esri. (2016). *Aula Virtual ARCGis*. Obtenido de Aula Virtual ARCGis for Desktop:
<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/data/tin/create-a-tin-surface.htm>
- GUALACEO, E. I. (2008). *ORDENANZA MUNICIPAL*. GUALACEO: REGISTRO OFICIAL.
- Hidricos, S. G. (2014). CRITERIOS PROYECTOS DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CAUCES. *CORNARE*, 2,3.
- Mercurio, D. E. (29 de Noviembre de 2012). *EL Mercurio Diario Independiente de la Mañana*. Obtenido de EL Mercurio Diario Independiente de la Mañana:
<http://www.elmercurio.com.ec/358840-lluvias-inundan-azogues-y-gualaceo/#.VuvMbeJ6TIV>
- Moreno, M. V. (2010). *Implementacion de Metodologias para el Calculo de Transito de Avenidas en el Laboratorio Virtual de Hidrologia*. Loja: Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Tiempo, E. (13 de Abril de 2012). *eltiempo.com.ec*. Obtenido de eltiempo.com.ec:
<http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/94694-quebrada-se-desborda-en-gualaceo-por-lluvia/>
- Tiempo, E. (09 de Enero de 2014). *eltiempo.com.ec*. Obtenido de eltiempo.com.ec:
<http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/135711-gualaceo-se-alista-para-la-a-poca-de-invierno/>
- Universo, D. E. (13 de Abril de 2012). *EL UNIVERSO*. Obtenido de EL UNIVERSO:
<http://www.eluniverso.com/2012/04/13/1/1447/gualaceo-inundo-dia-seguido-alarga-emergencia.html>



10. Anexos.



Anexo 1. Las quebradas se encuentran encajonadas de lado a lado sin tener un margen de protección.



Fotografía 8. Quebrada Ishcay. Sector Centro Comercial Las Orquídeas



Anexo 2. No hay un control y una limpieza adecuada de las quebradas para que no haya arrastre de sedimentos y escombros hacia las partes bajas.



Fotografía 9. Quebradas En Completo Abandono.



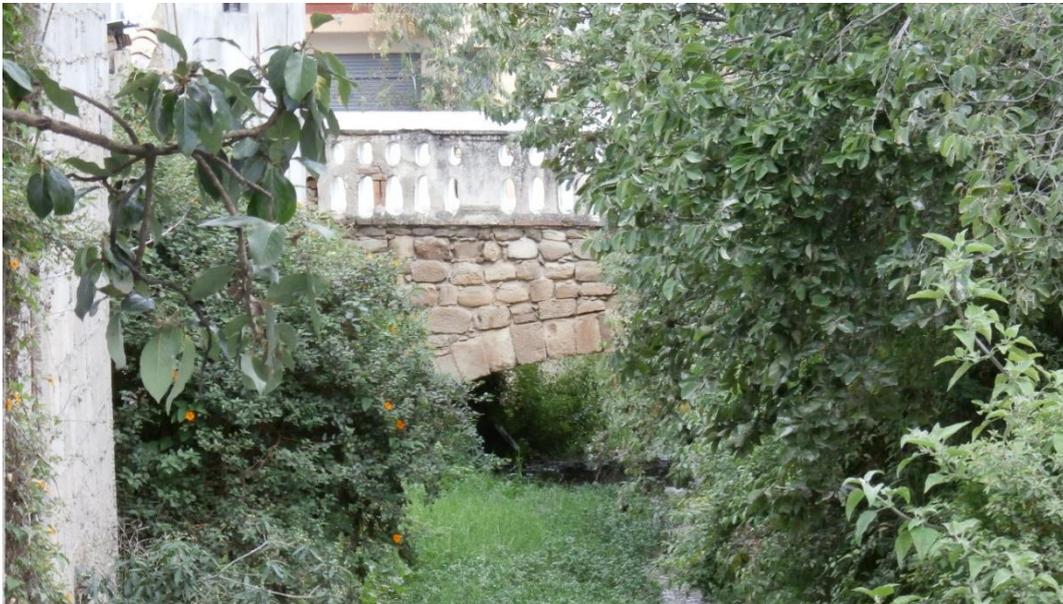
Fotografía 10. Quebradas Sirven Como Botadero De Basura.



Fotografía 11. Las Quebradas Por Falta De Mantenimiento Pierden Su Sección Por Causa De Arbustos Que Crecen En Su Cauce.



Anexo 3. Las quebradas tienen construidas sobre su cauce estructuras de sección limitada que provocan encausamiento del agua.



Fotografía 12. Puente De Mampostería De Piedra En El Centro De La Ciudad.



Fotografía 13. Puentes Que Son Construidos Sin Tener En Cuenta Una Sección Útil.



Fotografía 14. Q. Huayrapata Sector La Pradera Cuenta Con Un Puente De Sección Útil Para El Transporte De Aguas Y Limpieza De Sedimentos.

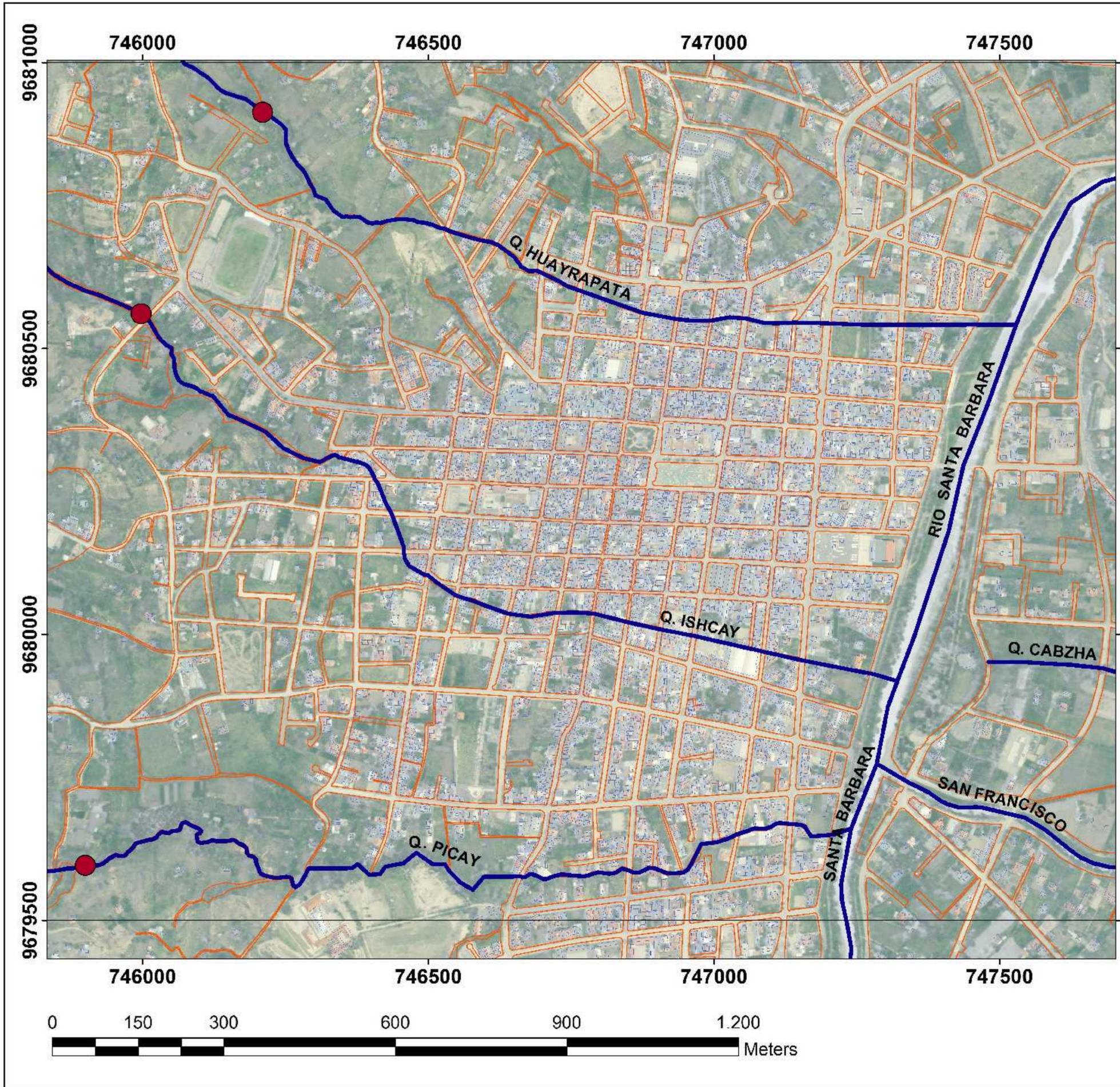


Fotografía 15. Q. Huayrapata Y Abelardo J. Andrade La Sección Se Limita A Una Tubería De 1m De Diámetro. Sector La Pradera.



Anexo 4

Ubicación De Zona De Estudio.

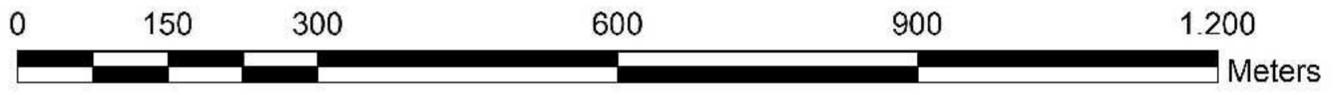


MAPA DE UBICACIÓN

GUALACEO CANTÓN DE LA PROVINCIA DEL AZUAY - ECUADOR
 UBICADO EN LA PARTE ORIENTAL DE LA PROVINCIA.
 BAÑADA POR LOS RÍOS SANTA BÁRBARA Y SAN FRANCISCO.
 ATRAVESADO POR TRES QUEBRADAS DE ESTE - OESTE QUE
 RECOGEN TODAS LAS AGUAS GENERADAS EN LAS
 MICROCUENCAS DE LAS PARTES ALTAS DEL CANTÓN.

LEYENDA

- Ingreso Caudal (Q)
- Hidrografia_Urbano
- Manzanas
- Construcciones

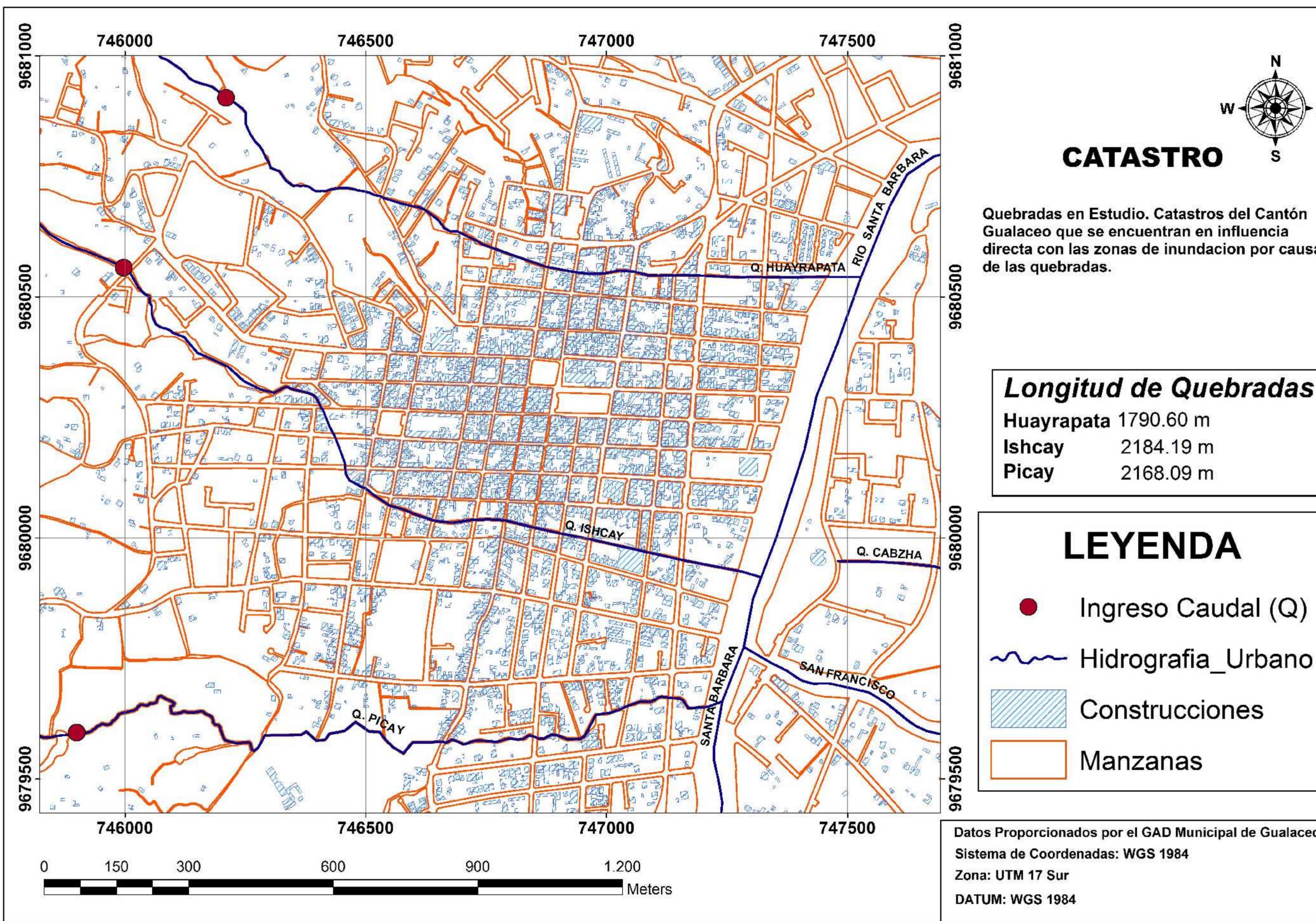


Datos proporcionados por el GAD Municipal de Gualaceo
 Sistema de Coordenadas: WGS 1984
 Zona: UTM 17 Sur
 DATUM: WGS 1984

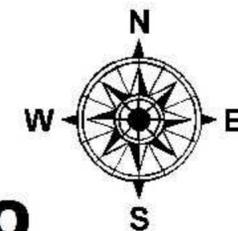


Anexo 5

Quebradas De La Ciudad Con Su Infraestructura Consolidada.



CATASTRO



Quebradas en Estudio. Catastros del Cantón Gualaceo que se encuentran en influencia directa con las zonas de inundacion por causa de las quebradas.

Longitud de Quebradas	
Huayrapata	1790.60 m
Ishcay	2184.19 m
Picay	2168.09 m

LEYENDA

- Ingreso Caudal (Q)
- Hidrografia_Urbano
- Construcciones
- Manzanas

Datos Proporcionados por el GAD Municipal de Gualaceo
 Sistema de Coordenadas: WGS 1984
 Zona: UTM 17 Sur
 DATUM: WGS 1984





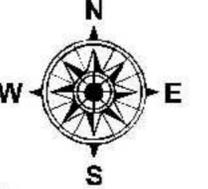
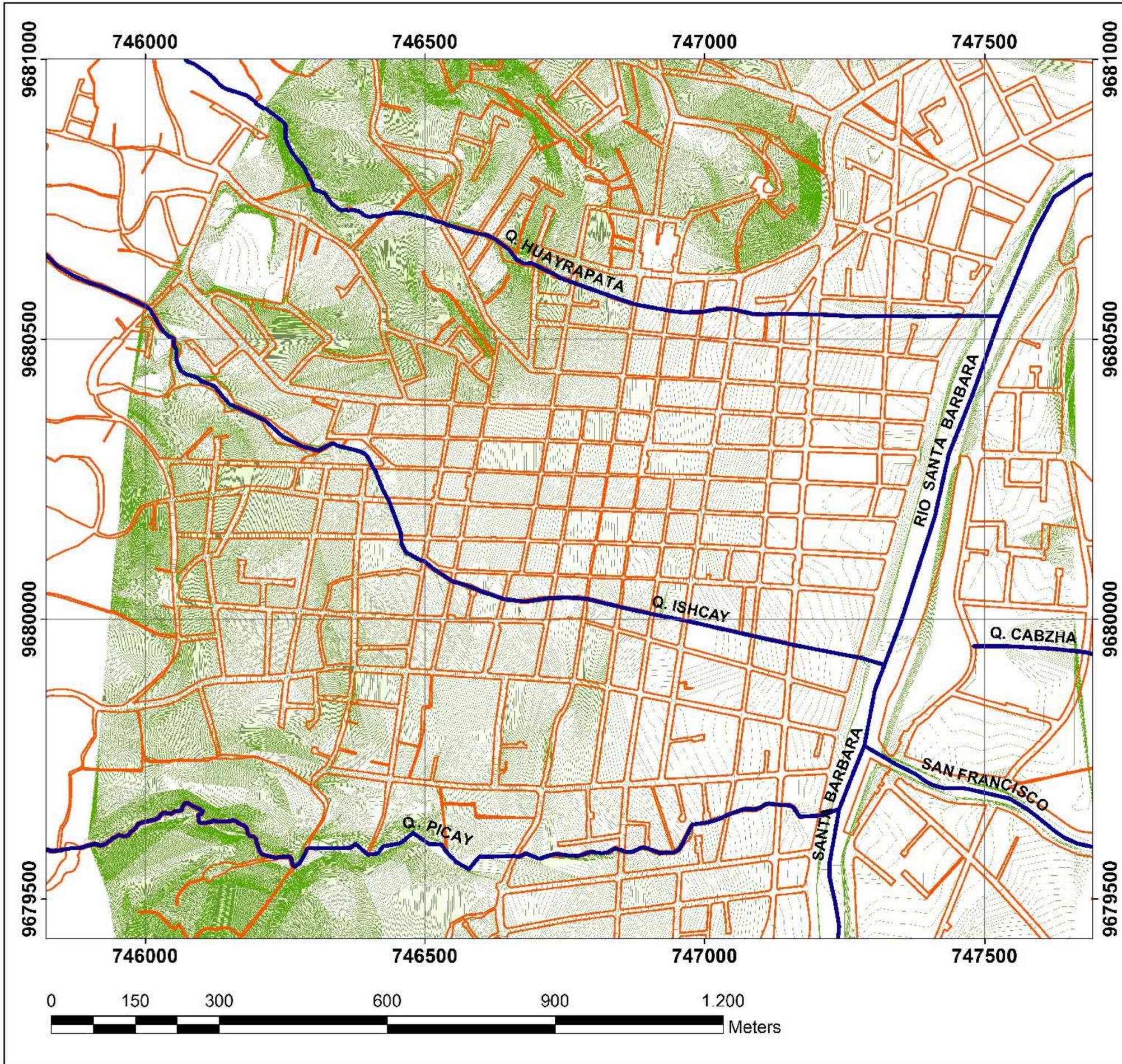
Anexo 6

Curvas De Nivel De La Ciudad.



Anexo 7

Grafico Del Modelo Tin



TOPOGRAFIA

Las curvas de Nivel estan a cada 20 cm. Para los detalles de las quebradas y tener un perfil transversal optimo para el estudio se realizo con estacion total tipo batimetria.

Longitud de Quebradas	
Huayrapata	1790.60 m
Ishcay	2184.19 m
Picay	2168.09 m

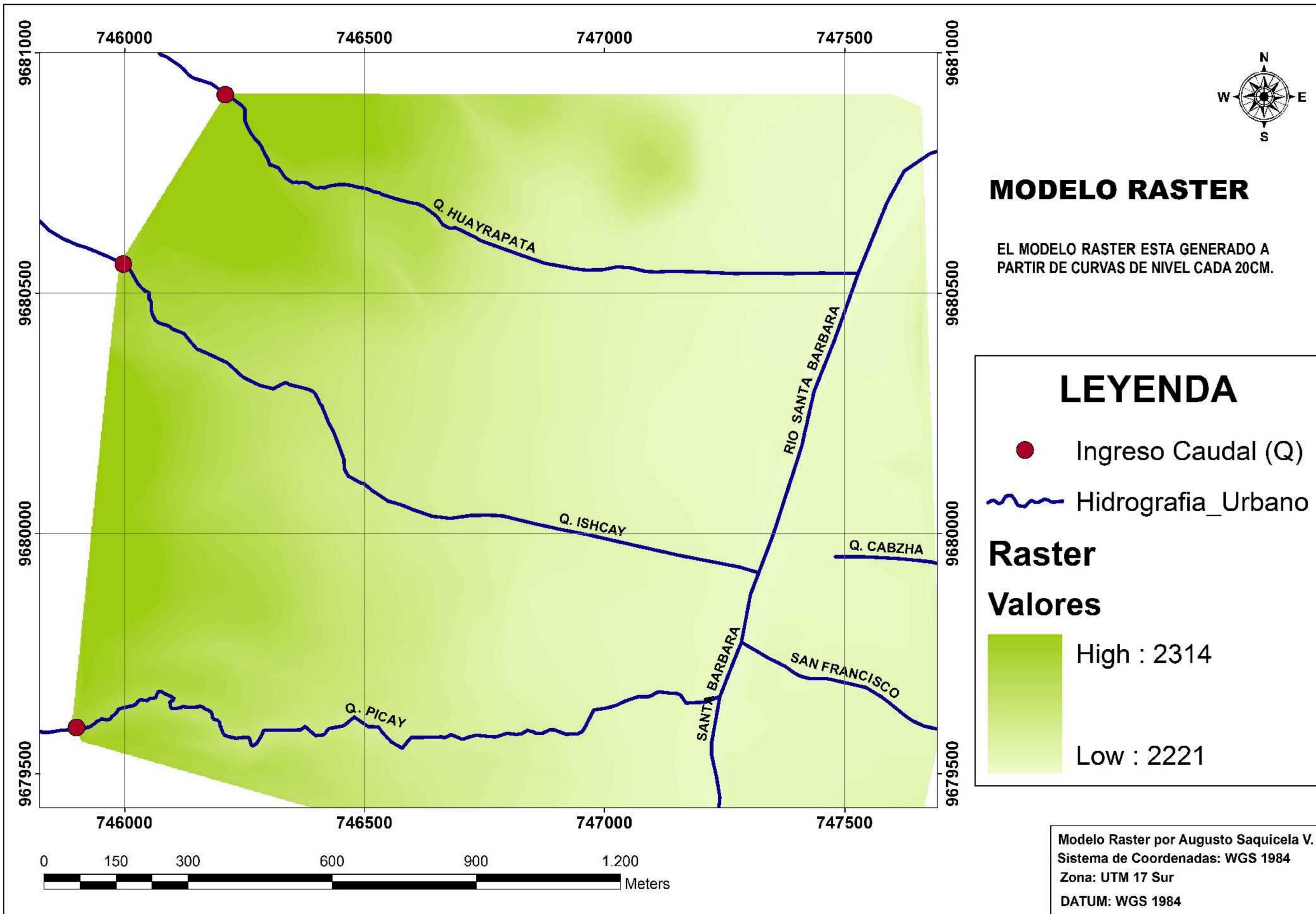
LEYENDA	
	Hidrografia_Urbano
	Manzanas
	Curvas Nivel 20cm

Topografia General por ING. CIV. Manuel Orellana S
 Batimetria Augusto Saquicela V.
 Sistema de Coordenadas: WGS 1984
 Zona: UTM 17 Sur
 DATUM: WGS 1984



Anexo 8

Grafico Del Modelo Raster



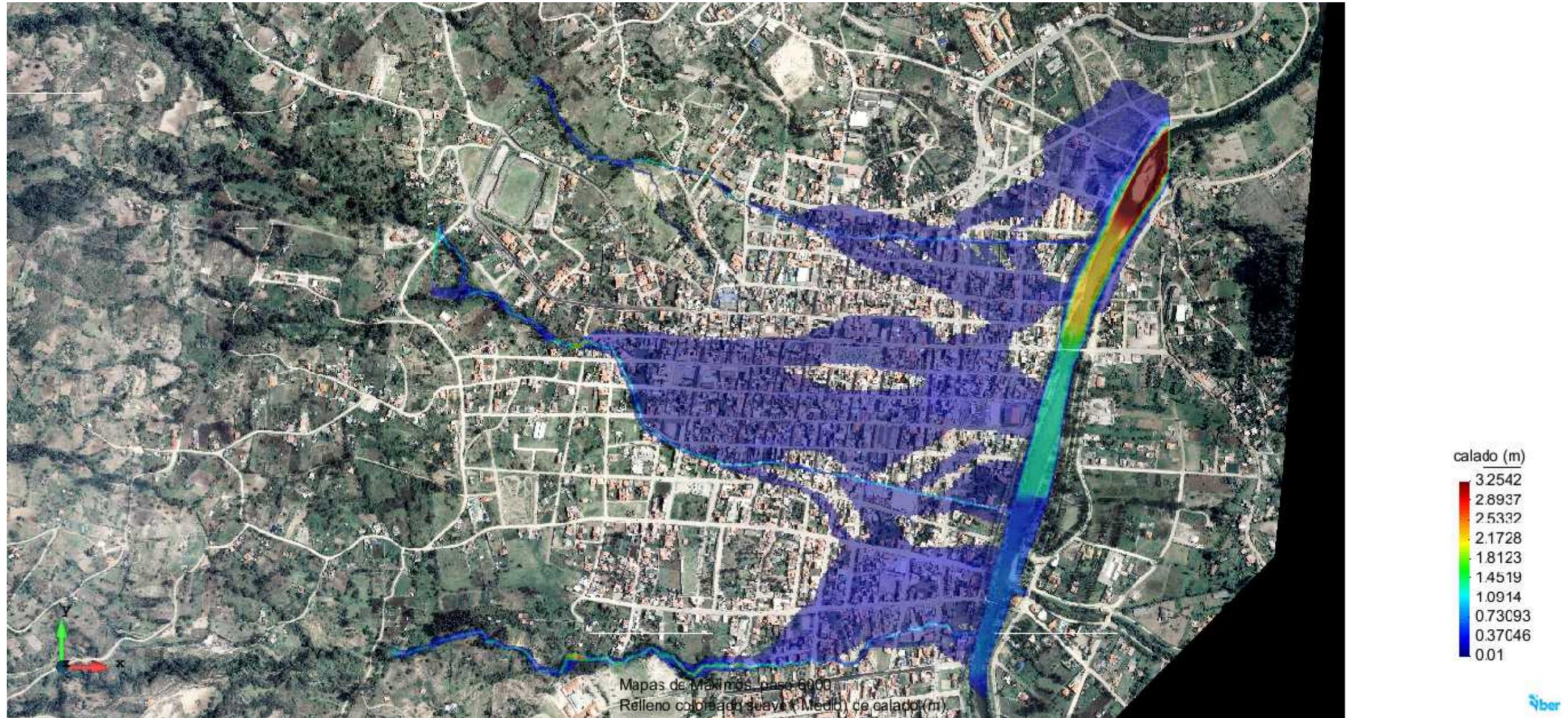


Anexo 9

Resultados De Modelación

Calado Máximo De Las Quebradas Y La Ciudad Con Periodos De Retorno De 10 Años

RESULTADOS DE MODELACIÓN CON PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



- Los resultados obtenidos del modelo iber 2.2 son en dos dimensiones.
- La simbología en este mapa expuesto representa las zonas de inundación y su calado máximo en unidades métricas

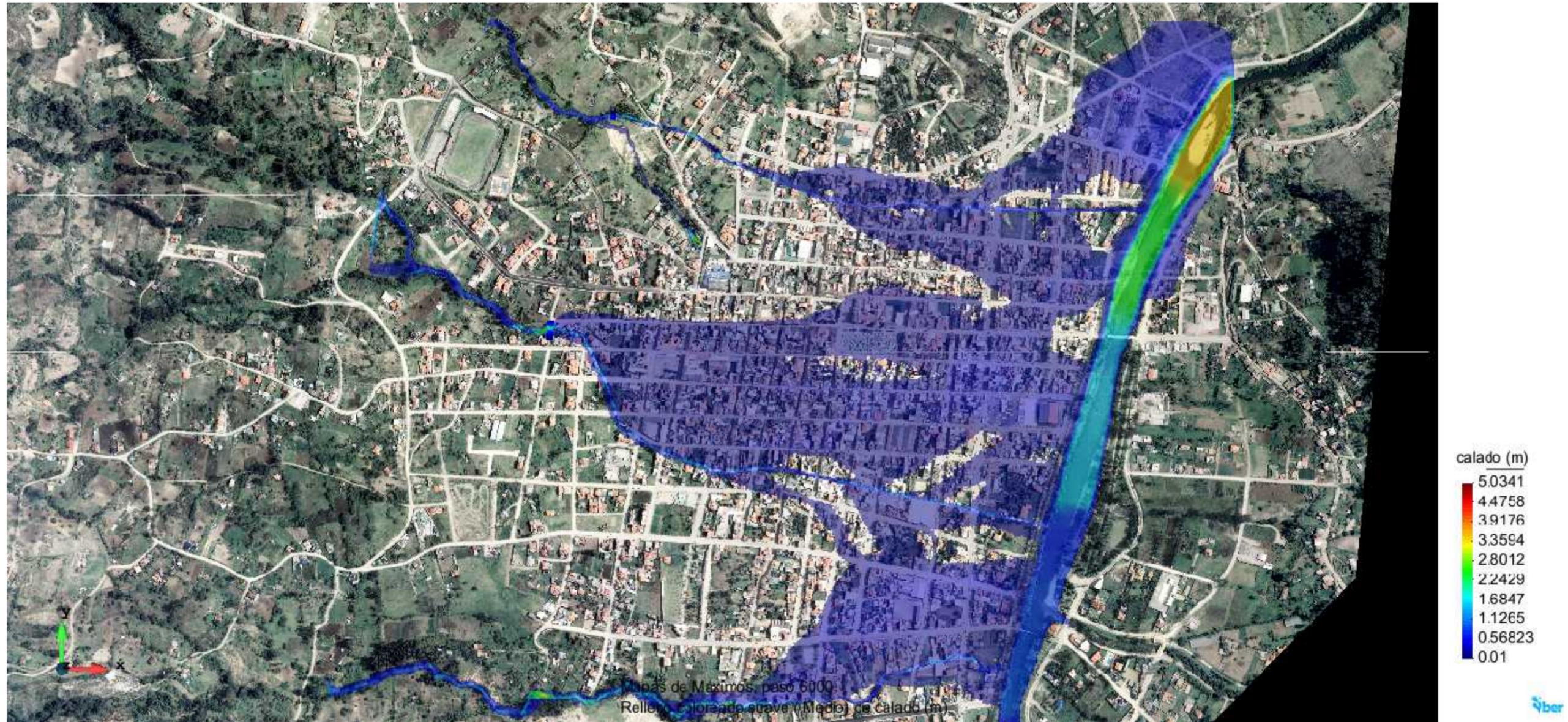


Anexo 10

Resultados De Modelación

Calado Máximo De Las Quebradas Y La Ciudad Con Periodos De Retorno De 25 Años

RESULTADOS DE MODELACIÓN CON PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

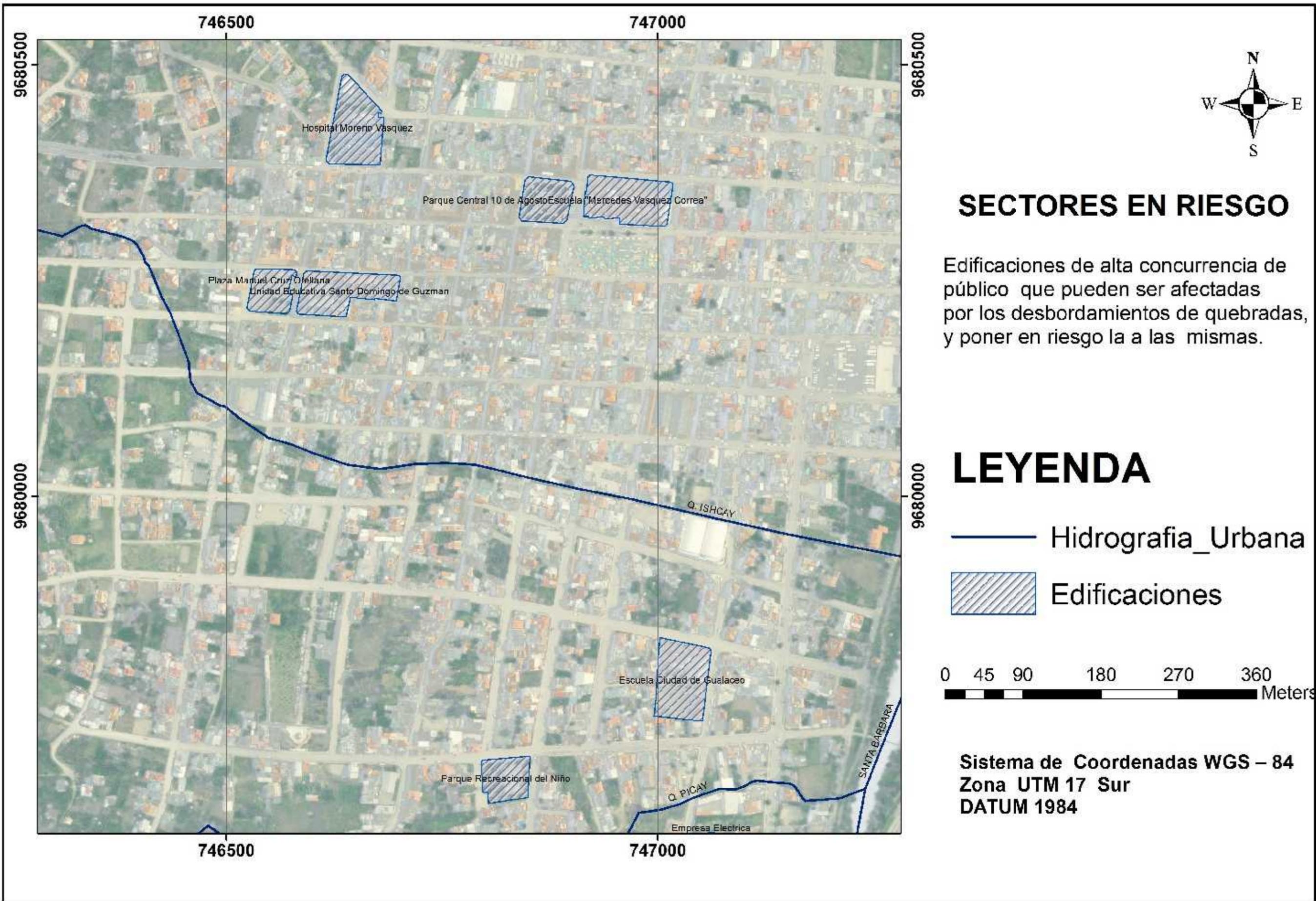


- Los resultados obtenidos del modelo iber 2.2 son en dos dimensiones.
- La simbología en este mapa expuesto representa las zonas de inundación y su calado máximo en unidades métricas



Anexo 11

Sectores Públicos En Riesgo Por Inundaciones.

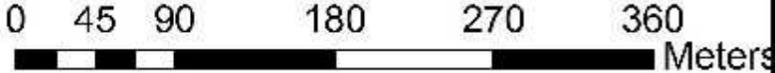


SECTORES EN RIESGO

Edificaciones de alta concurrencia de público que pueden ser afectadas por los desbordamientos de quebradas, y poner en riesgo la a las mismas.

LEYENDA

-  Hidrografia_Urbana
-  Edificaciones

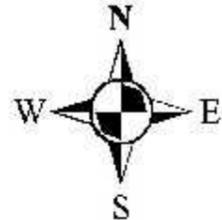
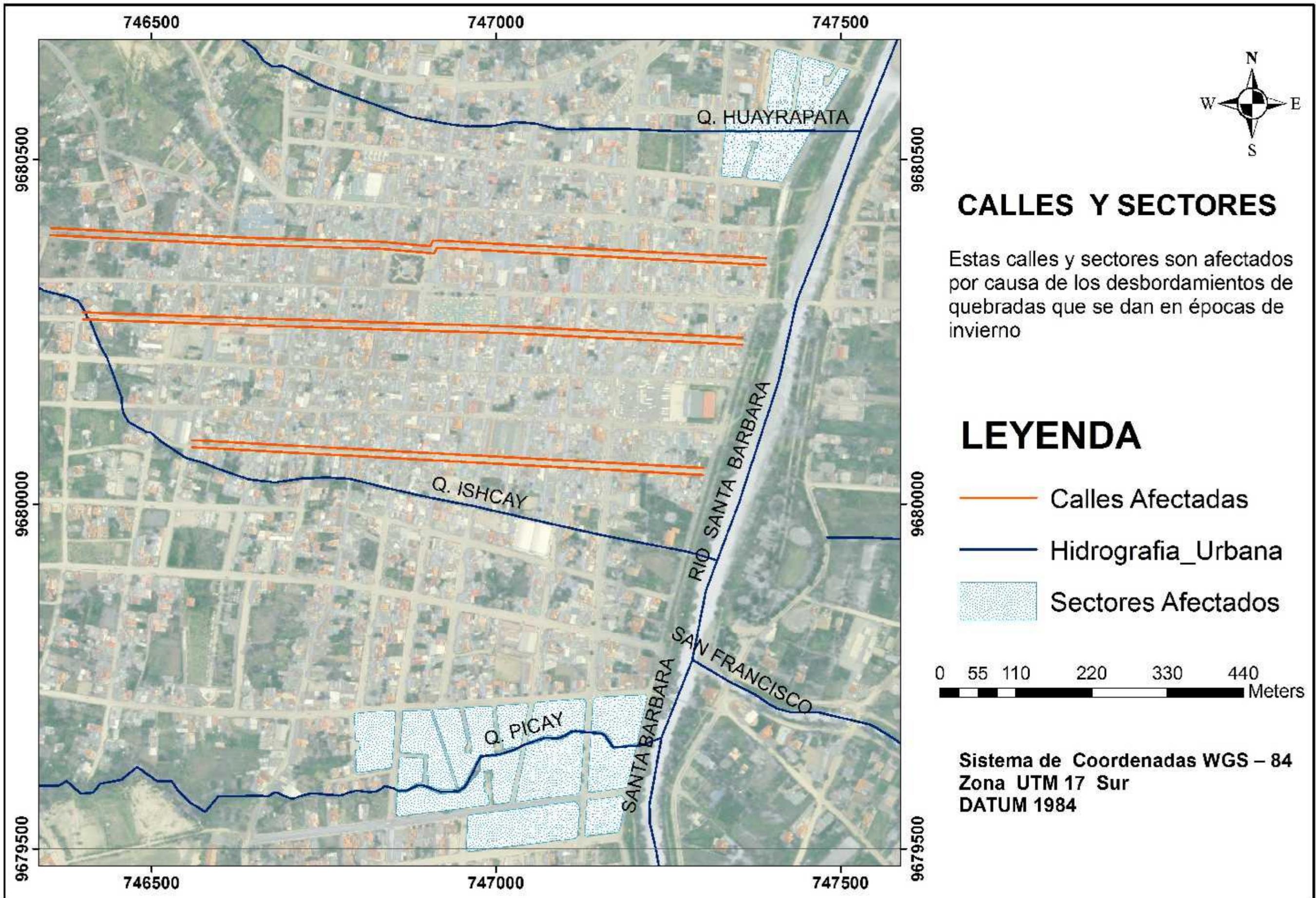


Sistema de Coordenadas WGS – 84
 Zona UTM 17 Sur
 DATUM 1984



Anexo 12

Calles Y Sectores Residenciales De La Ciudad En Peligro Por Inundaciones

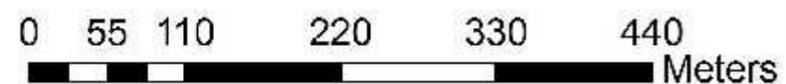


CALLES Y SECTORES

Estas calles y sectores son afectados por causa de los desbordamientos de quebradas que se dan en épocas de invierno

LEYENDA

- Calles Afectadas
- Hidrografia_Urbana
- Sectores Afectados

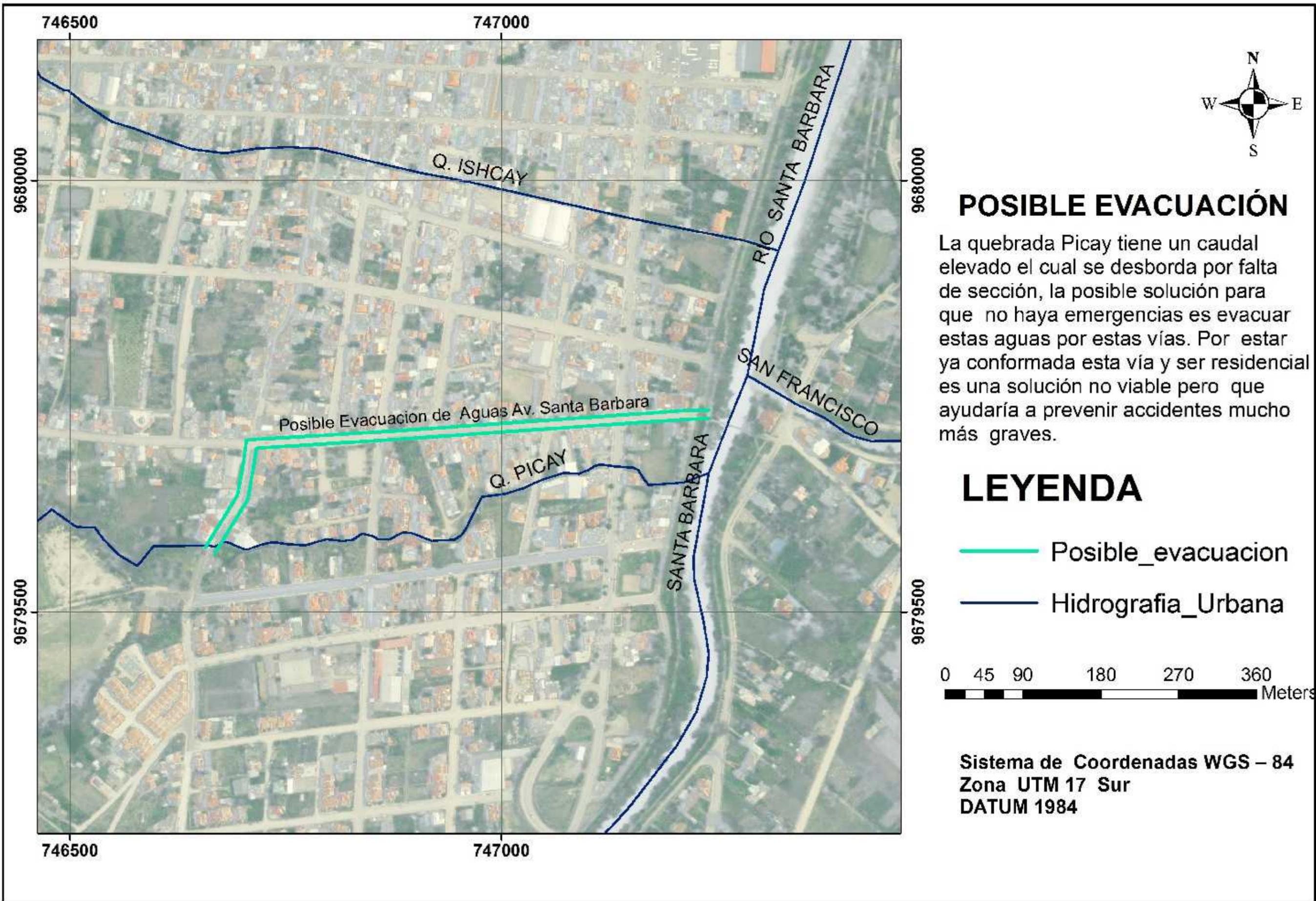


Sistema de Coordenadas WGS – 84
 Zona UTM 17 Sur
 DATUM 1984



Anexo 13

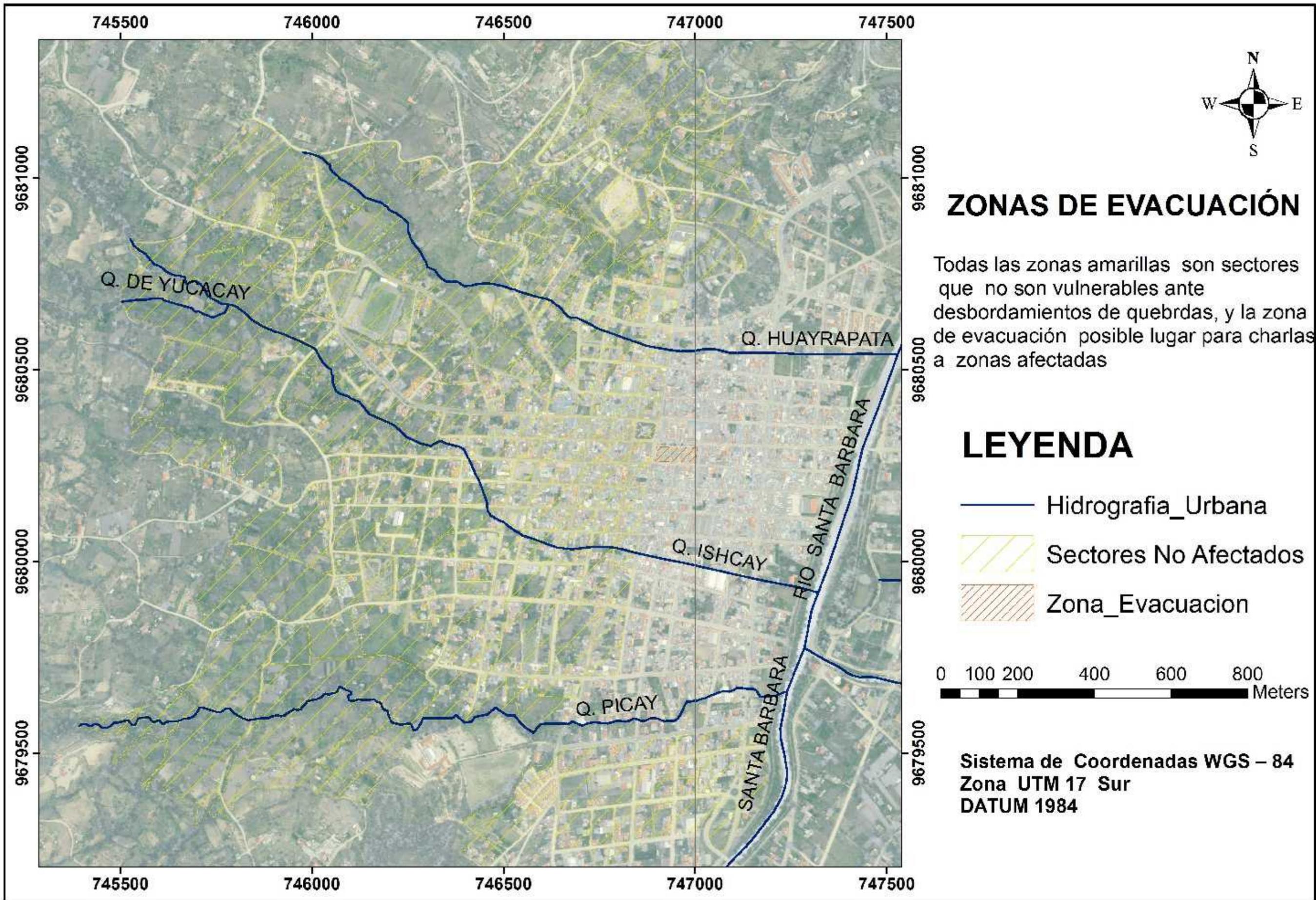
Posible Solución Para Tratar De Prevenir Desastres Por Desbordamiento De La Quebrada Picay





Anexo 14

**Zonas No Propensas A Ser Afectadas Por
Causa De Desbordamientos De Quebradas.**



745500

746000

746500

747000

747500

9681000

9680500

9680000

9679500

9681000

9680500

9680000

9679500

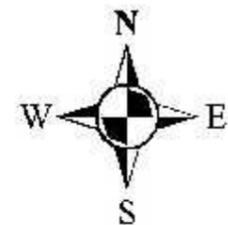
Q. DE YUCACAY

Q. HUAYRAPATA

Q. ISHCAY

Q. PICAY

RIO SANTA BARBARA



ZONAS DE EVACUACIÓN

Todas las zonas amarillas son sectores que no son vulnerables ante desbordamientos de quebrdas, y la zona de evacuación posible lugar para charlas a zonas afectadas

LEYENDA

- Hidrografia_Urbana
- ▨ Sectores No Afectados
- ▨ Zona_Evacuacion

0 100 200 400 600 800 Meters

Sistema de Coordenadas WGS – 84
Zona UTM 17 Sur
DATUM 1984