



UCASAL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

Proyecto Final

Estudio hidrológico de un cruce sobre el río Vaqueros

Carrera: Ingeniería Civil

Alumnos: - Néstor Lesser

- Milagro Laconi

Año: 2018

Agradecimientos:

En primer lugar, a la Ingeniera Cecilia Botelli, quien colaboró de manera inestimable en el trabajo; y en segundo lugar a mi familia, por el apoyo de estos años.

Néstor Lesser

Le agradezco a la UCASAL y a todos los profesores que me acompañaron a lo largo de toda la carrera, especialmente a la Ingeniera Cecilia Botelli, que nos guio en la realización de este proyecto final.

También quería agradecer a la Pastoral Universitaria por ayudarme en mi crecimiento espiritual en estos años en la universidad.

A mi familia, mi mamá, mi papá y mis hermanas, por estar incondicionalmente en todo momento sobre todo en los más difíciles de la carrera. A mi novio que estuvo al lado mío ayudándome y apoyándome estos dos últimos años de carrera.

A los profesionales que fueron ejemplo e inspiración a seguir esta carrera: Ing. Victor Laconi, Prof. Adriana Hevia, Ing. Eduardo Laconi, Ing. Victoria Laconi, Ing. Ramiro Gauffin, Ing. José Gauffin.

A mis amigos y compañeros con los que compartí estos años de facultad.

Y por último a Dios y a la Virgen María, sin ellos hubiera sido imposible llegar hasta acá.

Muchas Gracias.

Milagro Laconi

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: Introducción y marco teórico	1
INTRODUCCIÓN	2
Objetivo general:	3
Objetivos específicos:	3
MARCO TEÓRICO	4
Cuenca Hidrográfica:.....	4
Delimitación de la cuenca:	4
Caudal afluente.....	5
Características físicas de la cuenca:	5
Parámetros físicos de la red de drenaje:.....	6
Global Mapper	8
Tiempo de concentración:.....	9
Fórmula de Kirpich:	9
Fórmula F.A.A.:	9
Coeficiente de escorrentía	9
Método del Número de Curva:.....	9
The Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)	12
Método de Hidrograma unitario del SCS	13
Método de Muskingam cunge.....	14
Hydrological Engineering Center – River Analysis System	15
Descripción general de las capacidades hidráulicas (HEC- RAS).....	15
Base teórica para cálculos hidrodinámicos unidimensionales y bidimensionales (HEC-RAS).....	16
Condiciones de frontera (HEC-RAS)	17
Método de Lischtnan-Levediev.....	17
Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU)	21
CAPÍTULO 2: Marco Contextual	24
CAPÍTULO 3: Enfoque práctico.....	28
Análisis de la cuenca con Global Mapper:	29
Datos obtenidos de Global Mapper:.....	34
Tiempo de concentración:	34
Análisis del tipo de suelo de cada sub-cuenca:.....	37
“Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy), Nadir A. - Chafatinos T. 1990”	38
Grupo Hidrológicos de los suelos:	39

Método de la curva número:.....	42
Lluvia de diseño	44
The Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)	46
Introducción del puente en el HEC-RAS y pre-dimensionado	105
Pre-dimensionado del puente	108
Socavación general por el método de Lischtván-Levediev	109
Socavación en las pilas por el método de la universidad estatal de colorado	112
Cómputo y presupuesto del puente	113
Conclusión	121
CAPÍTULO 5: Anexos	127
Registro Fotográfico	128
Tablas:	130
Estudio de Suelos de la cuenca del Río Vaqueros.....	132
CAPÍTULO 6: Bibliografía	139

CAPÍTULO 1: Introducción y marco teórico

En el caso de la localidad de Vaqueros, existe una notable falta de infraestructura, sobretodo vial. Consta de sólo dos puentes para acceder y salir de la misma.

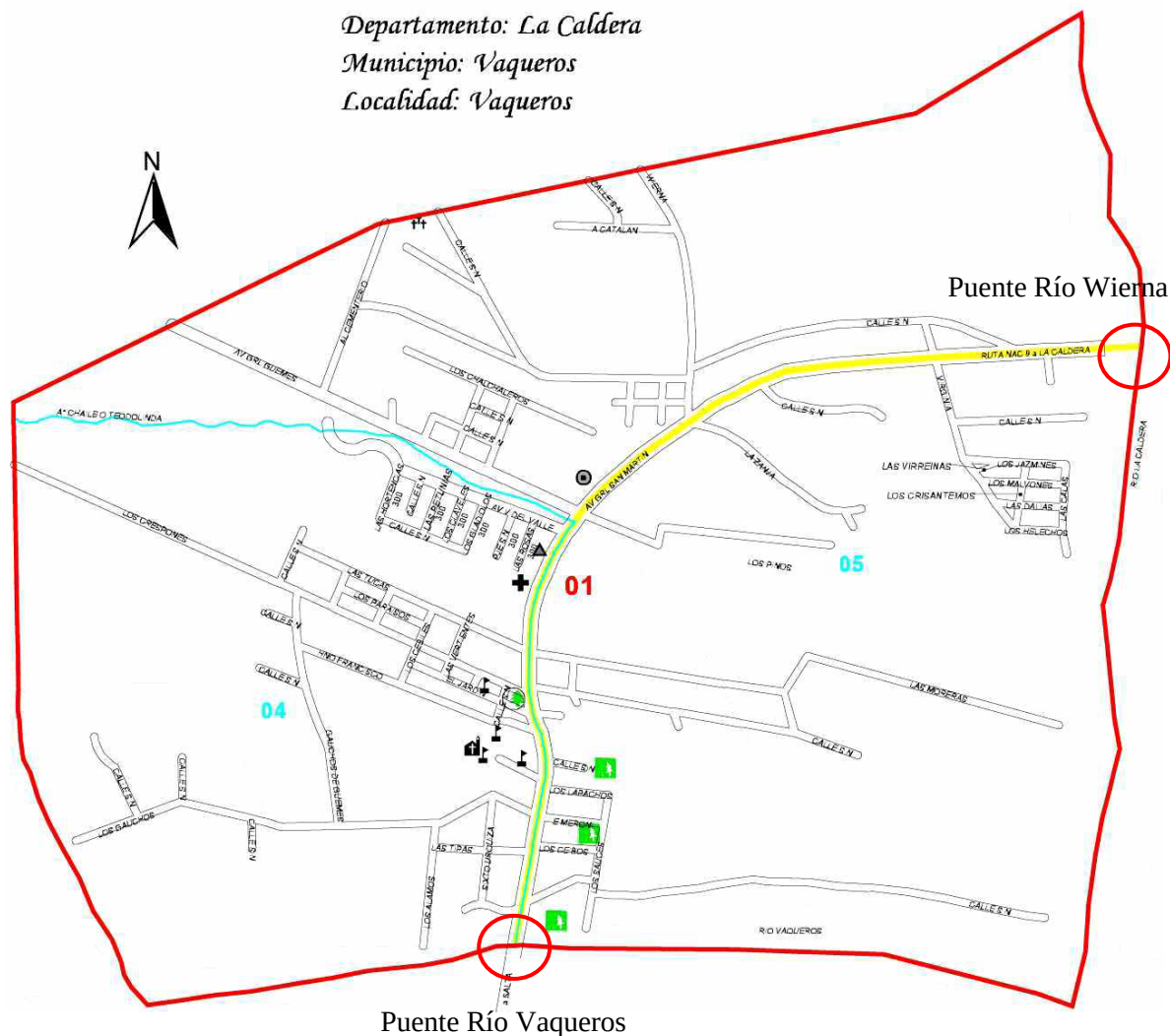


Fig.1: Mapa de la localidad de Vaqueros con los dos únicos puentes de acceso

Para luego plantear un cruce en el rio vaqueros y de esta manera tener otra vía de acceso a la localidad aguas arriba del puente existente.

Objetivo general:

Realizar el estudio morfológico y calcular el caudal máximo de creciente de la cuenca. Y con esos datos establecer el lugar óptimo y las características que debe llevar el nuevo cruce hacia Vaqueros, aguas arriba del puente existente.

Objetivos específicos:

- Delimitar el área de influencia de la cuenca
- Determinar la morfometría de la cuenca
- Analizar los datos hidrométricos existentes de la cuenca.
- Identificar qué usos tiene el suelo en el área de influencia de la cuenca.
- Calcular el caudal máximo de creciente de la cuenca por medio del método racional.

MARCO TEÓRICO

Cuenca Hidrográfica:

Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de agua, en un pantano o directamente en el mar.

También se puede definir como un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple. Se debe tener en cuenta que durante este proceso ocurren pérdidas diversas de agua, dichas pérdidas son producto de diferentes factores como evaporación o infiltración del agua en el suelo.

Delimitación de la cuenca:

Los caudales afluentes de las cuencas hidrográficas están delimitados por líneas divisorias las cuales son las encargadas de separar las precipitaciones que caen en hoyas inmediatamente vecinas.

La divisoria une los puntos de máxima cota entre hoyas. Cuando los límites de las aguas subterráneas de una cuenca no coincidan con los límites de las aguas superficiales, sus límites se extenderán subterráneamente hasta incluir la de los acuíferos que confluyan hacia la cuenca deslindada por las aguas superficiales.

Generalmente, la delimitación de la cuenca como área de estudio, en mapas o fotografías aéreas, se hace siguiendo la línea de mayor altura o divisoria de aguas, hasta encerrar toda el área cuyas aguas drenan a través de un colector común, en una sección o punto considerado, que bien puede ser la desembocadura o cualquier sección dentro del cauce principal.

El relieve de los sistemas hidrológicos, es decir su topografía, brinda un primer aspecto para el análisis con el fin de demarcar hoyas hidrográficas, regiones donde se presenta escorrentía que es drenada por un cuerpo de agua. Cuando distintos cauces de agua se encuentran en una misma región, se establecen divisorias para separar y delimitar las áreas de las hoyas; tenemos entonces la divisoria topográfica y la divisoria freática, esta última está relacionada con el caudal base de la hoya; como es muy posible que las dos divisorias no coincidan, es muy frecuente que se utilice la división topográfica para establecer el área de drenaje.

Se puede clasificar los cauces de agua con base en la constancia de escorrentía:

- Perennes: corrientes con agua todo el tiempo, el nivel de agua subterránea no desciende nunca debajo del lecho del río.
- Intermitentes: corrientes que escurren durante el periodo de lluvia y se secan durante el verano el nivel de agua subterránea se conserva sólo por encima del lecho del río solo en la estación lluviosa.
- Efímeros: existen durante o inmediatamente después de las precipitaciones.

La divisoria de los cauces de agua se emplea principalmente para identificar el área de la cuenca hidrográfica y su morfometría.

Caudal afluente

El concepto de afluente hace referencia al cuerpo de agua cuya desembocadura no se produce en el mar, sino que lo hace en un río superior o de mayor importancia. El afluente se une al efluente en la zona de confluencia.

Lo habitual es que la diferencia entre afluente y efluente sea establecida por la importancia de cada río según su longitud, caudal o superficie de cuenca. De esta manera, el río considerado más sobresaliente es el efluente, y el que aporta las aguas al otro río constituye el afluente.

Características físicas de la cuenca:

✓ Superficie: se puede calcular integrando el área encerrada por la divisoria de aguas superficiales sobre una carta topográfica o imágenes satelitales. Eso nos permite estimar una clasificación de acuerdo a su tamaño.

Cuenca	Superficie [km ²]
Pequeña	< 100
Mediana	100 – 2000
Grande	> 2000

(Fuente: Ing. Francisco Javier Ramos Vernieri)

✓ Forma: la forma de una cuenca influye en el tiempo de concentración. Para poder comparar la forma de distintas cuencas, se utiliza el Índice de Compacidad, definido como el cociente entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área equivalente:

$$K_c = 0,28 P_c / \sqrt{A_c}$$

✓ Relieve: los parámetros que describen el relieve son: pendiente media de la cuenca, Pendiente media del cauce y la Información área-elevación.

✓ La pendiente media se calcula con la ecuación:

$$S_c = D * L / A$$

Siendo: D= equidistancia entre curvas de nivel, L= suma de las longitudes de todas las curvas de nivel comprendidas en la cuenca; A= área de la cuenca.

✓ Orientación: se relaciona con el tipo de precipitación, los vientos predominantes y la insolación. Este efecto es importante en las cuencas de montaña.

✓ Uso y cobertura de suelo: la vegetación natural de los suelos vírgenes contribuye a regular el régimen de caudales, debido a que favorece la infiltración y la evapotranspiración. Cuando la vegetación natural es removida y reemplazada por prácticas agrícolas o urbanizaciones, en general aumenta la escorrentía superficial y la velocidad del flujo y disminuyen la infiltración y la evapotranspiración.

✓ Textura del suelo: la textura del suelo determina su permeabilidad. Suelos de textura gruesa tiene una alta capacidad de infiltración final después de un humedecimiento prolongado, lo que reduce el escurrimiento superficial. Suelos de textura fina tienen una baja capacidad de infiltración final, lo que aumenta el escurrimiento superficial.

Parámetros físicos de la red de drenaje:

✓ Pendiente media del curso principal: es uno de los parámetros que mas influyen sobre la respuesta hidrológica de la cuenca. A medida que aumenta la pendiente media del cauce, aumenta la velocidad del flujo y, por lo tanto, disminuye el tiempo de concentración de la cuenca.

Los perfiles longitudinales típicos del fondo de los cauces naturales son cóncavos hacia arriba. Además, todas las cuencas, con excepción de las más pequeñas, tienen varios cauces, cada uno con un perfil diferente. Por esta razón, la definición de la pendiente media de cauce en una cuenca es muy difícil. Por lo general, sólo se considera la pendiente del cauce principal.

El método simple de cálculo de la pendiente media es:

$$S_1 = \frac{(C_A - C_B)}{L}$$

Donde: S1= pendiente media de cauce calculada con el método simple; CA= cota de fondo del cauce en la cabecera; CB= cota de fondo en la desembocadura; L= longitud del cauce, medida sobre un mapa de la cuenca.

En los casos en que existe un tramo de cauce corto y con fuerte desnivel en la cabecera, el valor de la pendiente obtenido con S1 puede no ser representativo para evaluar la velocidad media del flujo en el canal.

Linsley propuso calcular la pendiente media del cauce como la pendiente de la línea dibujada de modo tal que el área por debajo de esta línea sea igual al área por debajo del perfil longitudinal del cauce principal.

$$S_2 = \frac{(C_C - C_B)}{L} \quad C_C = \frac{2 \text{ Área}}{L} - C_B$$

S2= pendiente media del cauce, calculada conservando el área bajo el perfil longitudinal.

Taylor schwarz consideraron la longitud del cauce dividida en segmentos de igual longitud y propusieron la expresión de S3, que pondera cada segmento de acuerdo a la raíz cuadrada de su pendiente (proporcional a la velocidad del flujo uniforme). Esta expresión da relativamente menor peso a las mayores pendientes del tramo de cabecera.

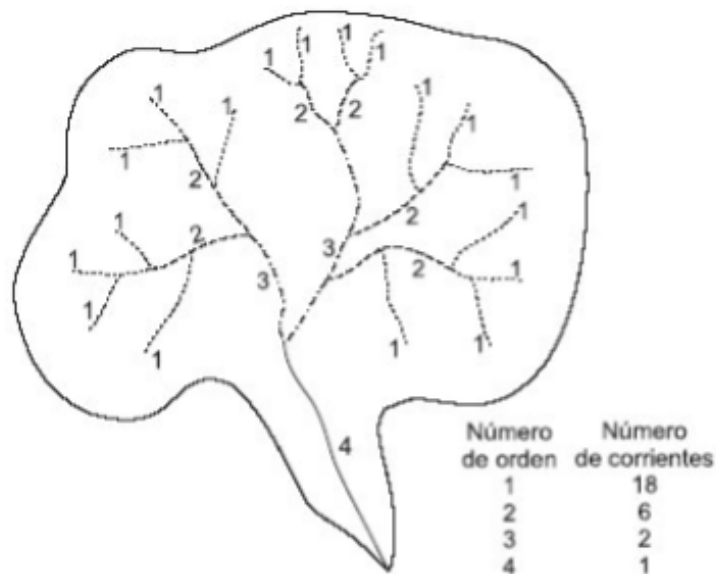
$$S_3 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{S_i}}{n} \right)^2$$

S3= pendiente media del cauce calculada con el método de Taylor y Schwarz; Si= pendiente del segmento de cauce i; n= cantidad de segmentos de igual longitud.

✓ Número de orden de un cauce (Ni): es una medida de la ramificación y jerarquía del cauce principal de una cuenca.

Teniendo en cuenta los cursos intermitentes y permanentes Horton propuso el siguiente procedimiento para el cálculo de N_i :

- Los canales reconocibles más pequeños se designan como de orden 1. Normalmente estos cursos fluyen durante los meses húmedos del año hidrológico (cursos intermitentes).
- Cuando dos cursos de orden 1 se unen, resulta un curso de orden 2 hacia aguas abajo. En general, cuando dos cursos de orden i se unen, se genera un curso de orden $i+1$.
- Cuando un curso de orden menor se une con otro de orden mayor, el curso resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los dos órdenes.
- El orden de la cuenca de drenaje es el mismo que el orden del cauce en la sección de salida, es decir el mayor orden de la cuenca.



✓ Densidad de drenaje (D_d): es el cociente entre la suma de las longitudes de todos los cursos en la cuenca y el área de drenaje. Se puede expresar por ej: en m/km².

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A}$$

Donde: D_d = densidad de drenaje, L_i = longitud del curso i -ésimo de la cuenca;
 n =cantidad total de cursos en la cuenca.

Un valor alto de D_d refleja una cuenca bien drenada con un tiempo de concentración corto. En general, es el caso de cuencas relativamente impermeables, con pendientes altas y escasa cobertura vegetal. Un valor de D_d indica una cuenca pobremente drenada. En general corresponde a cuencas con suelos permeables y baja pendiente.

✓ Patrón de alineamiento del curso: describe la forma de alineamiento (en planta) del cauce principal. Una clasificación general es:

Canal con meandros: cuando el curso escurre formando ondulaciones más o menos regulares. La sinuosidad depende principalmente del caudal que conduce el curso, de la carga de sedimentos que acarrea el agua, de la pendiente y del material de fondo del curso. Se calcula como:

$$S_s = \frac{L_c}{L_v}$$

Donde: S_s = sinuosidad; L_c = longitud del cauce principal en el tramo de análisis; L_v = longitud del valle de inundación en el mismo tramo.

Canal de trenzado: cuando el curso tiene canales interconectados (brazos)y separados por islas.

Canal recto: cuando la sinuosidad es menor a 1,25.

Global Mapper

Global Mapper es una potente y asequible aplicación que combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una variedad sin precedentes de formatos de datos.

Incluye la posibilidad de acceder directamente a varias fuentes en línea de imágenes, mapas topográficos, y los datos DEM/DSM. Esto incluye el acceso a las imágenes de color de alta resolución de DigitalGlobe para el mundo entero (con marca de agua) mapas detallados de calles de OpenStreetMap.org, y el acceso a la base de datos completa de TerraServer-USA/MSRMaps.com imágenes de satélite y mapas topográficos de la USGS libre de-cargo.

También tiene la capacidad de acceder fácilmente a fuentes de datos WMS, que incorpora en el acceso a los datos de elevación e imágenes de color para el mundo entero, y para ver la elevación y datos vectoriales en 3D real, con la superposición de cualquier dato cargado sobre ellas.

Con datos importados elevación Global Mapper puede generar vistas perspectivas en 3D, sombreados personalizados, análisis de cuencas, cuencas visuales y línea de vista, además de la generación de curvas de nivel personalizadas.

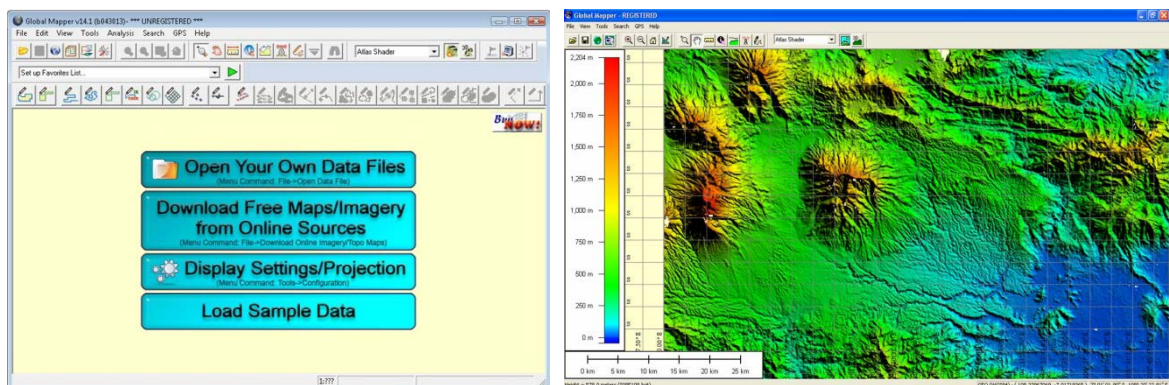


Fig.2: Programa Global Mapper

Tiempo de concentración:

El tiempo de concentración y de retardo son variables utilizadas extensivamente en el diseño hidrológico para determinar la capacidad hidráulica máxima de diferentes estructuras; se trata de variables que son propias para cada sitio y que dependen de las características geomorfológicas de la cuenca y de la lluvia. El tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el sitio de desagüe. Se atribuye muy comúnmente el tiempo de concentración al tiempo que tarda una gota de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de desagüe. Lo cual no siempre se corresponde con el fenómeno real, pues pueden existir lugares en la cuenca en los que el agua caída tarde más en llegar al desagüe que el más alejado. Además, debe tenerse claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante ya que depende ligeramente de las características de la lluvia.

Ver Anexos Tabla 2

Fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0,0078 * L^{0,77} * S^{-0,385}$$

L= longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida [pies].

S= pendiente promedio de la cuenca [pies/pie]

Fórmula F.A.A.:

$$t_c = 1,8 * (1,1 - C) * L^{0,5} / S^{0,33}$$

C= coeficiente de escorrentía del método racional.

L= longitud del flujo superficial [pies].

S= pendiente de la superficie [%].

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía depende de las características del suelo. La tasa de infiltración disminuye a medida que la lluvia continúa y también es influida por las condiciones de humedad que hay en el suelo. Otros factores que influyen en el coeficiente de escorrentía son la intensidad de lluvia la proximidad del nivel freático, el grado de compactación del suelo, la porosidad del sub-suelo, la vegetación, la pendiente del suelo y el almacenamiento por depresión.

Ver Anexos TABLA 1 (utilizado en la fórmula Federal Aviation Administration para el tiempo de concentración)

Método del Número de Curva:

Este método permite determinar la precipitación efectiva generada por una tormenta, por medio de funciones precipitación - escurrimiento directo. Está basado en una gran cantidad de datos de escurrimiento en parcelas experimentales y cuencas pequeñas de EUA, para tormentas de alta intensidad y corta duración (de 24 h de duración y menores). Los orígenes del método se remontan a miles de ensayos con infiltrómetros realizados por el SCS a fines de la década de 1930 y principios de la década de 1940 (Ponce et. al, 1995).

El método se basa que para tormentas simples la relación entre los escurrimientos real y potencial es igual a la relación entre las pérdidas real y potencial:

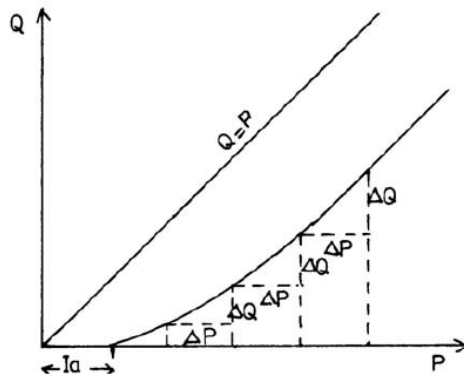
$$\frac{Q}{P} = \frac{P-Q}{S}$$

Q: escurrimiento directo real, P: precipitación o escurrimiento potencial, P-Q: déficit o pérdida de escurrimiento real, S: déficit potencial.

La justificación del método es pragmática. Observaciones en cuencas aforadas demuestran que a medida que se desarrolla una tormenta, los incrementos ΔQ se aproximan a los ΔP debido a que se satisface el almacenamiento natural en la cuenca.

Por lo tanto, la función Q (P) tiende a hacerse paralela a una recta a 45 ° y la diferencia P-Q se aproxima a un valor constante S.

Relación escurrimiento directo – precipitación total de una tormenta.



Despejando Q e introduciendo una pérdida inicial, Ia:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Válida para: $P \geq I_a$ y $S \geq I_a + F$.

Q: escurrimiento directo (precipitación efectiva) originada por una tormenta [mm], P: precipitación total de la tormenta [mm], Ia : pérdida inicial, a partir de la cual se genera escurrimiento directo [mm], S: pérdida potencial [mm], Ia + F: pérdidas reales de escurrimiento, F: infiltración acumulada.

SCS determinó empíricamente la siguiente ecuación, en cuencas experimentales pequeñas:

$$I_a = 0.2 S \quad Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S}$$

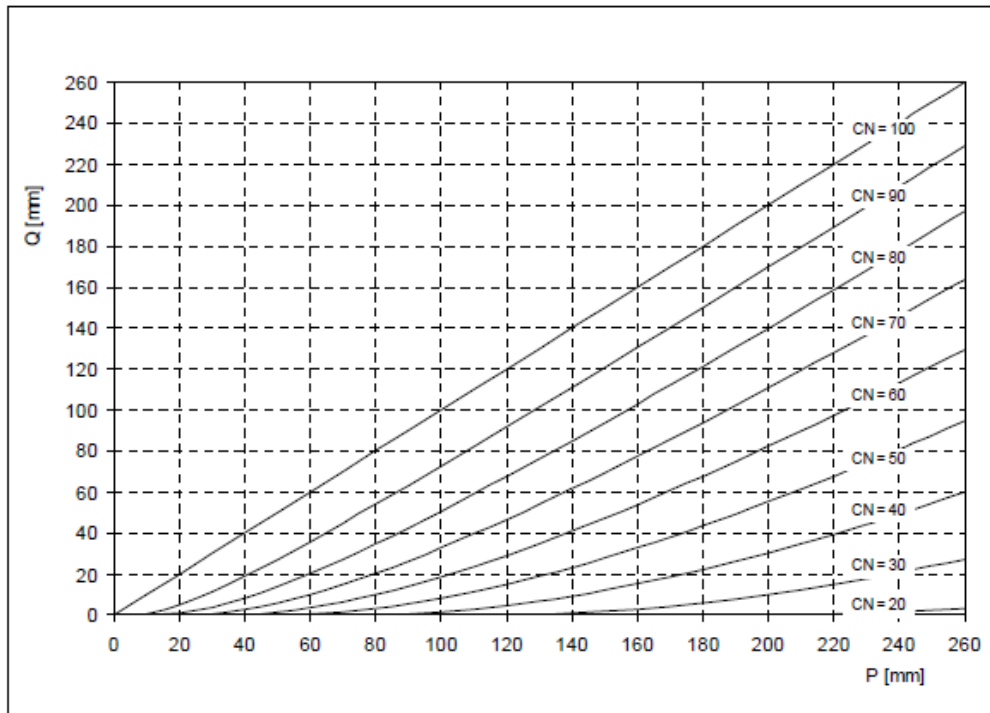
El parámetro S se expresa en función del parámetro Número de Curva, CN, cuyo valor numérico es más fácilmente manejable ($0 \leq CN \leq 100$).

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) 25.4$$

CN: número de curva [ad], 25.4: convierte unidades.

La ecuación representa una familia de curvas $Q = f(P)$, cada una correspondiente a un valor de CN (Figura N° 3.24).

Relaciones precipitación – escurrimiento directo para distintos CN



: precipitación total de una tormenta, Q: escurrimiento directo total generado por la tormenta.

La relación $CN = 0$ es coincidente con el eje de abscisas y representa la condición que todo lo que llueve se infiltra ($Q = 0$ para cualquier valor de P).

La relación $CN = 100$ es coincidente con la recta bisectriz y representa la condición que escurre todo lo que precipita ($Q = P$).

Por otra parte, desarrollando la expresión cuadrática en S en (3.27) y aplicando el método de la resolvente, se tiene:

$$S = 5 \left(P + 2 Q - \sqrt{4 Q^2 + 5 Q P} \right)$$

P: precipitación total de la tormenta, Q: escurrimiento directo generado por la tormenta.

Si se tienen los datos de P y Q , se calcula S y el valor de CN .

Si no se dispone de datos de Q , para estimar el valor de CN pueden utilizarse tablas propuestas por SCS, las cuales están en función del tipo de suelo (potencial de escurrimiento), del uso y tratamiento del suelo y de la condición de humedad antecedente.

En estas tablas se combinan grupos hidrológicos de suelos, uso y tratamiento y condición para la infiltración, conformando *complejos hidrológicos suelo-vegetación*, para los cuales se da el valor del CN correspondiente a una condición de humedad antecedente promedio.

Ver Anexos **TABLA 3:** Valores de CN para distintos complejos hidrológicos suelo vegetación.

El suelo de la cuenca en estudio se clasifica en uno de los siguientes cuatro grupos hidrológicos:

Grupo A: potencial de escurrimiento mínimo, suelos con alta f_c aun cuando están completamente humedecidos consistentes principalmente de arenas o gravas profundas bien o excesivamente drenados a bien drenados.

Grupo B: potencial de escurrimiento medio. Suelos con moderada f_c , de textura moderadamente fina a moderadamente gruesa, moderadamente profundis a profundos, moderadamente drenados a bien drenados.

Grupo C: potencial de escurrimiento alto. Suelos con baja f_c , con un horizonte que impide el movimiento de agua hacia abajo o de textura moderadamente fina a fina.

Grupo D: potencial de escurrimiento máximo. Suelo con una muy baja f_c : suelos arcillosos con un alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático permanentemente alto, suelos con lentes o estratos impermeables sobre o próximos a la superficie y suelos poco profundos sobre un material impermeable.

Para una cuenca compuesta por varios grupos hidrológicos y con diferentes usos y coberturas del suelo, intercalados sobre la superficie total, se puede calcular un CN compuesto ponderando cada valor por su área relativa.

Se distinguen tres condiciones de humedad antecedente del suelo: I, II, III.

Condición I: suelo seco. Esta condición no es aplicable al cálculo de crecidas de proyecto.

Condición II: promedio de las condiciones que han precedido a la ocurrencia de las crecidas de proyecto.

Condición III: suelo con mucha humedad, sin llegar a la saturación.

The Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)

El sistema de modelado hidrológico (HEC-HMS) está diseñado para simular los procesos hidrológicos completos (hidrología dinámica y procesos en la interfaz suelo-agua-planta) de los sistemas de cuencas dendríticas (forma ramificada como una mano extendida). El software incluye muchos procedimientos tradicionales de análisis hidrológico, como la infiltración de eventos, los hidrogramas unitarios y el enrutamiento hidrológico. HEC-HMS también incluye los procedimientos necesarios para la simulación continua, incluida la evapotranspiración, el deshielo y la contabilidad de la humedad del suelo. También se proporcionan capacidades avanzadas para la simulación de escorrentía en cuadrícula utilizando la transformación de escorrentía cuasi-distribuida lineal. Se proporcionan herramientas de análisis complementarias para la optimización del modelo, el flujo de

predicción, la reducción del área de profundidad, la evaluación de la incertidumbre del modelo, la erosión y el transporte de sedimentos, y la calidad del agua.

El software presenta un entorno de trabajo completamente integrado que incluye una base de datos, utilidades de entrada de datos, un motor de cálculo y herramientas de informe de resultados. Una interfaz gráfica de usuario permite al usuario un movimiento sin interrupciones entre las diferentes partes del software. Los resultados de simulación se almacenan en HEC-DSS (sistema de almacenamiento de datos) y se pueden usar junto con otros programas para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronóstico de flujo, impacto de urbanización futura, diseño de aliviaderos de embalses, reducción de daños por inundación, regulación de llanuras de inundación y operación de sistemas.

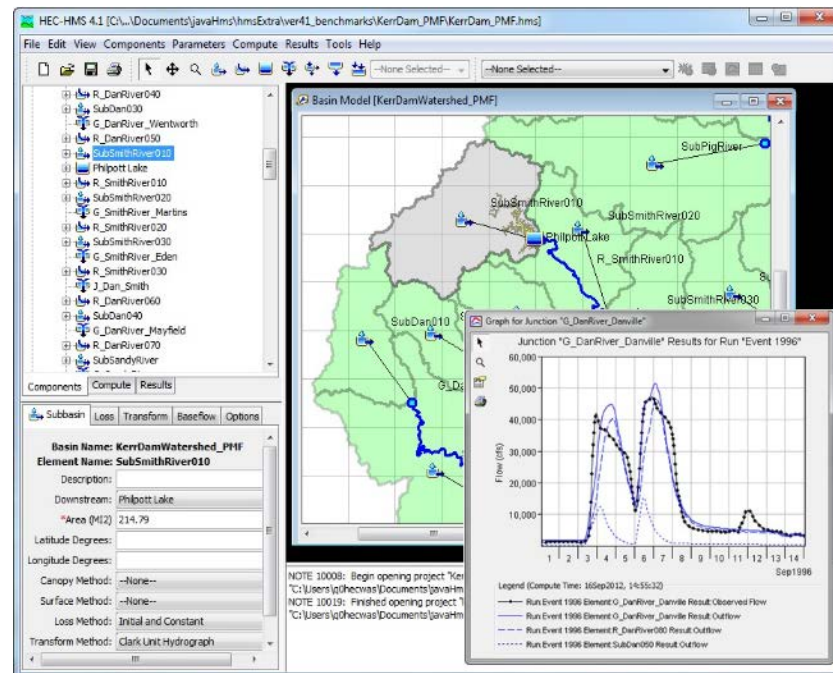


Fig.3: Programa HEC - HMS

Método de Hidrograma unitario del SCS

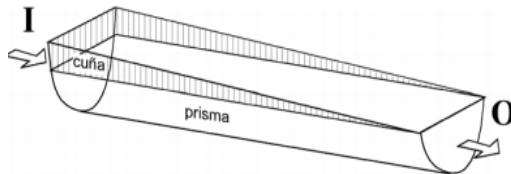
El método de hidrograma unitario del SCS define un hidrograma unitario curvilíneo al establecer primero el porcentaje de escorrentía de la unidad que ocurre antes del flujo máximo. Luego, se puede ajustar un hidrograma unitario triangular al hidrograma unitario curvilíneo de modo que se pueda calcular la base de tiempo total del hidrograma unitario. El hidrograma unitario estándar se define con 37.5% de la escorrentía de la unidad que ocurre antes del flujo máximo.

El porcentaje de escurrimiento unitario que ocurre antes del flujo máximo no es uniforme en todas las cuencas hidrográficas porque depende de la longitud del flujo, la pendiente del terreno y otras propiedades de la cuenca. Al cambiar el porcentaje de escorrentía unitario antes del pico, se pueden calcular hidrogramas unitarios alternativos para las cuencas hidrográficas con topografía variable y otras condiciones que afectan a la escorrentía. El porcentaje de escorrentía antes del pico se refleja en el factor de tasa máxima (PRF). Se ha encontrado que las cuencas hidrográficas planas generalmente tienen un PRF más bajo que puede ser tan pequeño como 100. Las cuencas hidrográficas más inclinadas tienen un PRF más grande que puede alcanzar hasta 600. El hidrograma unitario predeterminado tiene un PRF de 484. Hidrogramas unitarios con factores específicos de velocidad pico están definidos en el manual nacional de ingeniería. El retraso estándar se define como la longitud de tiempo entre el centroide de la masa de precipitación y el flujo

máximo del hidrograma resultante. El examen de las ecuaciones utilizadas para derivar el hidrograma unitario curvilíneo muestra que el retraso puede calcularse como la duración de la precipitación unitaria dividida entre dos, más el 60% del tiempo de concentración.

Método de Muskingam cunge

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, mas pronunciada será la cuña:



$$S(\text{prisma}) = K \cdot O \quad S(\text{cuña}) = b \cdot (I - O)$$

Donde:

S= almacenamiento en el tramo considerado de un cauce

I= caudal de entrada en ese 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.

$$b/K = X$$

K puede asimilarse al tiempo recorrido de la onda cinemática de un extremo a otro del tramo estudiado.

X es una constante que en teoría puede estar entre 0 y 0,5 pero normalmente vale 0,2 y 0,3.

Si $K = \Delta t$ y $X = 0,5$, el hidrograma de salida es idéntico al de entrada pero desplazado a la derecha un tiempo igual a K.

Si conocemos estas dos constantes K y X podemos calcular los caudales de salida a partir de los caudales de entrada. Inversamente, si disponemos de los caudales de entrada y salida para el mismo hidrograma, podremos calcular las constantes K y X para ese tramo de cauce.

Cunge combinó métodos hidráulicos con la simplicidad del método de Muskingam. Calcula las dos constantes utilizadas en el método de Muskingam, K y X, mediante parámetros hidráulicos del cauce.

Hydrological Engineering Center – River Analysis System

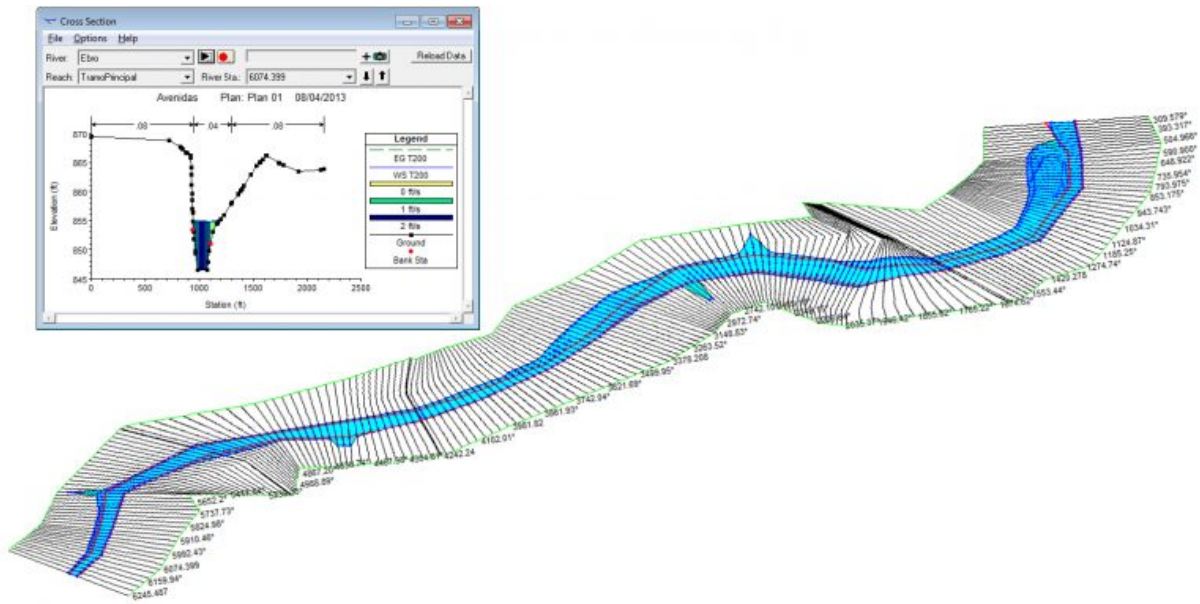


Fig.4: Programa HEC - RAS

HEC-RAS es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis fluviales unidimensionales:

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

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

Este software permite al usuario realizar un flujo continuo unidimensional, cálculos de flujo inestable de una y dos dimensiones, cálculos de transporte de sedimentos / lecho móvil y modelado de la temperatura del agua / calidad del agua.

Descripción general de las capacidades hidráulicas (HEC- RAS)

Perfiles estacionarios de superficie de flujo de agua: este componente del sistema de modelado está diseñado para el cálculo de los perfiles de la superficie del agua para un flujo constante y gradualmente variado. El sistema puede manejar un alcance de un solo río, un sistema dendrítico o una red completa de canales. El componente de flujo constante es capaz de modelar perfiles superficiales de agua de régimen de flujo subcrítico, supercrítico y mixto.

Simulación de Flujo Inestable: Este componente del sistema de modelado HEC-RAS es capaz de simular un flujo inestable unidimensional; flujo inestable bidimensional; o

combinado 1D y Modelado de flujo inestable 2D a través de una red completa de canales abiertos.

Transporte de sedimentos / Cálculos de límites móviles: Este componente del sistema de modelado está destinado a la simulación del transporte de sedimentos unidimensionales / límite móvil de cálculos resultantes de la socavación y la deposición durante períodos de tiempo moderados.

Análisis de calidad del agua: Este componente del sistema de modelado está destinado a permitir al usuario realizar análisis de calidad del agua fluvial.

Base teórica para cálculos hidrodinámicos unidimensionales y bidimensionales (HEC-RAS)

Perfiles de superficie de agua de flujo constante 1D. Ecuaciones para cálculos de perfil básico:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Donde: Z_1, Z_2 = elevación de los canales principales invertidos.

Y_1, Y_2 = profundidad del agua en secciones transversales.

V_1, V_2 = velocidades promedio (área de descarga total / flujo total).

a_1, a_2 = coeficientes de ponderación de velocidad.

g = aceleración gravitacional.

h_e = pérdida de energía.

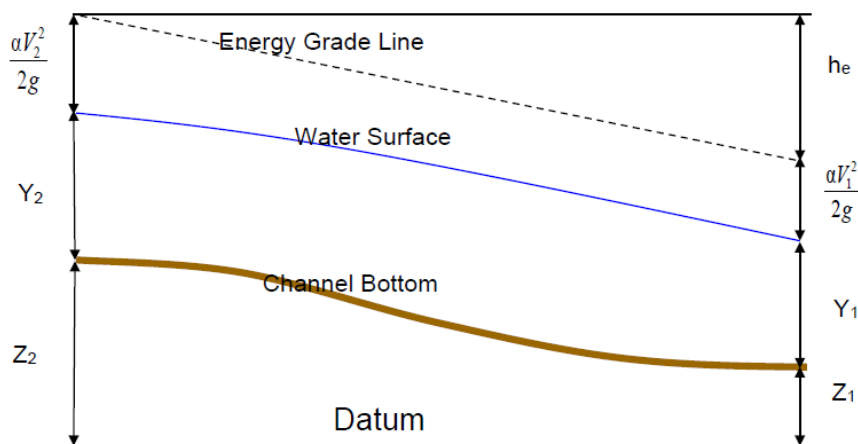


Fig. 5: Representación de términos en la ecuación de energía

Condiciones de frontera (HEC-RAS)

Para un alcance del río, hay N nodos computacionales que unen N-1 células de diferencia finita.

A partir de estas células se pueden desarrollar ecuaciones de diferencias finitas $2N-2$. Debido a que hay $2N$ incógnitas (ΔQ y Δz para cada nodo), se necesitan dos ecuaciones adicionales. Estas ecuaciones son proporcionadas por las condiciones de contorno para cada alcance, que para el flujo subcrítico, se requieren en los extremos aguas arriba y aguas abajo.

Condiciones de límites interiores (para conexiones de alcance)

Una red se compone de un conjunto de M alcances individuales. Se requieren ecuaciones de límites interiores para especificar conexiones entre alcances. Dependiendo del tipo de unión de alcance, se usa una de dos ecuaciones:

Continuidad de flujo:

$$\sum_{i=1}^l S_{gi} Q_i = 0$$

Donde:

l: el número de alcances conectados en un cruce.

$S_{gi} = -1$ si i es una conexión a un alcance ascendente, $+1$ si i es una conexión a un alcance descendente.

$Q_i =$ descarga al alcance i.

Continuidad del escenario: $Z_k = Z_c$

donde Z_k , la etapa en el límite del alcance k, se establece igual a Z_c , una etapa común a todas las condiciones de frontera de la etapa en la intersección de interés.

Método de Lischtván-Levediev

Este es un método que permite el cálculo de la socavación general del cauce durante crecientes independientemente de que exista o no un puente. Si el método se aplica para la zona de un puente, quiere decir que se está considerando también el efecto de la contracción, y por lo tanto, éste no debe adicionarse.

Se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente (V_r) y la velocidad media erosiva (V_e). La velocidad erosiva no es la que da inicio al movimiento de las partículas en suelos sueltos, sino la velocidad mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo. Si el suelo es cohesivo, es la velocidad que es capaz de levantar y poner el sedimento en suspensión. La velocidad erosiva es función de las características del sedimento de fondo y de la profundidad del agua. La velocidad real está dada principalmente en función de las características del río: pendiente, rugosidad y tirante o profundidad del agua. El método se basa en suponer que el caudal unitario correspondiente a

cada franja elemental en que se divide el cauce natural permanece constante durante el proceso erosivo y puede aplicarse, con los debidos ajustes, para casos de cauces definidos o no, materiales de fondo cohesivos o friccionantes y para condiciones de distribución de los materiales del fondo del cauce homogénea o heterogénea.

- Proceso de cálculo:
 - Velocidad media real:

$$Q_d = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Qd= caudal de diseño [m3/seg].

A= área hidráulica [m2].

R= radio hidráulico [m].

S= pendiente hidráulica, o, pendiente media del río asumiendo flujo uniforme.

n= coeficiente de rugosidad de Manning

$$\alpha = \frac{Q_d}{AR^{2/3}} = \frac{S^{1/2}}{n}$$

α = coef. de sección dependiente de las características hidráulicas.

R= A/P

A=Be*h

P = Be + 2h

R = h, asumiendo que el perímetro mojado es igual al ancho libre de la superficie del agua, lo cual es válido para cauces muy anchos.

$$\alpha = \frac{S^{1/2}}{n} \cong \frac{Q_d}{B_e h^{5/3}} \cong \frac{Q_d}{B_e h_m^{5/3}} \quad h = h_m = A/B_e$$

$$Q_d = \alpha B_e h_m^{5/3}$$

Considerando que el caudal permanece constante antes y después de ocurrida la socavación, se tiene:

$$Q_d = \alpha h^{5/3} B_e = V_r H_s B_e \quad V_r = \frac{\alpha h^{5/3}}{H_s}$$

Vr = velocidad real del flujo.

La condición de equilibrio se logra cuando la velocidad real y la velocidad erosiva son iguales.

- Velocidad erosiva

Para suelos granulares: la velocidad erosiva es la que levanta y mantiene el material en movimiento.

$$V_e = 0.68 \beta D_m^{0.28} H_z^z$$

Ve = velocidad erosiva

β = coef. de frecuencia.

Dm = diámetro medio de las partículas del material granular [mm].

z = exponente variable en función del diámetro medio de la partícula.

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \log T_r$$

Tr = tiempo de retorno

$$D_m = \sum D_i P_i ; \quad z = 0.394557 - 0.04136 \log D_m - 0.00891 \log^2 D_m .$$

- Determinación de la profundidad de socavación en suelos homogéneos

La profundidad de socavación en cualquier punto de la sección transversal se obtiene cuando la velocidad media del cauce iguala a la velocidad erosiva ($V_r = V_e$). Conocido el perfil transversal de la sección bajo el puente antes del paso de la avenida, se escogen algunos puntos en cuyas verticales se desea conocer la profundidad de socavación. Uniendo estos puntos se obtiene el perfil de socavación. Considerando que la hipótesis del método es que el gasto en cada franja del cauce permanece constante durante el proceso erosivo, la profundidad de socavación será igual a 0 en las orillas, por lo que no se permite estimar ninguna erosión lateral de las márgenes.

Las siguientes expresiones asumen que los suelos son homogéneos y que la rugosidad del cauce es constante:

Para suelos granulares:

$$H_z = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta D_m^{0.28}} \right]^{1/(1+z)}$$

La anterior expresión no considera el efecto de la contracción del flujo debida a estribos y pilas, ni el peso específico del agua durante la creciente, por lo que debe corregirse mediante unos factores de ajuste cuando se trata de evaluar un puente.

El factor de corrección por contracción μ es menor que 1 y contribuye al aumento de la profundidad de socavación.

Tabla: Factor de corrección por contracción del cauce μ . (Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992).

V (m/s)	Luz libre (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

V = velocidad media en la sección transversal

$\mu = 1.0$ si no hay obstáculos.

Para puentes de una sola luz, la luz libre es la distancia entre estribos. Para puentes de varias luces, la luz libre es la mínima distancia entre dos pilas consecutivas, o entre pila y estribo más próximos.

Adicionalmente, el efecto del peso específico del agua durante la creciente se considera en otro factor de corrección ϕ que es mayor o igual que la unidad y su efecto es reducir la profundidad de socavación.

$\phi = 1.0$, si $\gamma_m = 1.0 \text{ t/m}^3$ (agua clara)

γ_m = peso específico de la muestra agua sedimento.

$\phi = -0.54 + 1.5143 \gamma_m$, si $\gamma_m > 1.0 \text{ t/m}^3$ (lecho móvil).

La ecuación final para el cálculo de la socavación considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico del agua, es la siguiente:

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \phi D_m^{0.28}} \right]^{1/1+z}$$

Hs y h [m]
Dm [mm]
 β = coef. de frecuencia,

μ = factor de corrección por contracción del cauce.

ϕ = factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

- Determinación de la profundidad de socavación en suelos no homogéneos

En el caso de suelos estratificados, la profundidad de equilibrio arriba de la cual los sedimentos son arrastrados físicamente por el agua, se puede obtener analíticamente por tanteos. Escogido un punto P_i , para el cual se desea calcular la posible socavación y conocida la estratigrafía bajo la sección, se procede por estratos a aplicar las ecuaciones según sea el material de que estén formados. El cálculo se inicia para el estrato superior y se continúa hacia las capas más profundas. Se suspenden los tanteos cuando se llega a un estrato en donde se cumpla que la profundidad H_s calculada cae dentro de él. Esto mismo debe repetirse para varios puntos de la sección que al unirlos darán el perfil teórico del fondo socavado.

Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU)

Existe una ecuación desarrollada por la Universidad Estatal de Colorado (CSU) para el cálculo de la socavación local en pilas tanto en agua clara como en lecho móvil. Esta ecuación fue desarrollada con base en análisis dimensional de los parámetros que afectan la socavación y análisis de datos de laboratorio. Es el método más usado en los Estados Unidos de América (HEC-18, 1993, 1995) y es una de las dos que usa el programa HEC-RAS (1998).

$$\frac{d_s}{h} = 2.0 K_f K_\phi K_c K_a \left(\frac{a}{h} \right)^{0.65} F_r^{0.43} \quad \begin{array}{l} d_s \leq 2.4a \text{ para } F_r \leq 0.8 \\ d_s \leq 3.0a \text{ para } F_r > 0.8 \end{array}$$

d_s = profundidad de socavación local [m]

h = profundidad del flujo directamente aguas arriba de la pila [m]

$K_f = K_1$ = factor de corrección que tiene en cuenta la forma de la pila (Tabla 3.8)

$K_\phi = K_2$ = factor de corrección que tiene en cuenta el ángulo de ataque del flujo

(Tabla 3.9 o ecuación 3.69)

$K_c = K_3$ = factor de corrección por la forma del lecho (Tabla 3.10)

Usualmente igual a 1.1

$K_a = K_4$ = factor de corrección por acorazamiento del sedimento del lecho (Ecuación 3.70 y

Tabla 3.11). Este factor fue introducido en la versión corregida de HEC-18 (1993)

publicada en 1995.

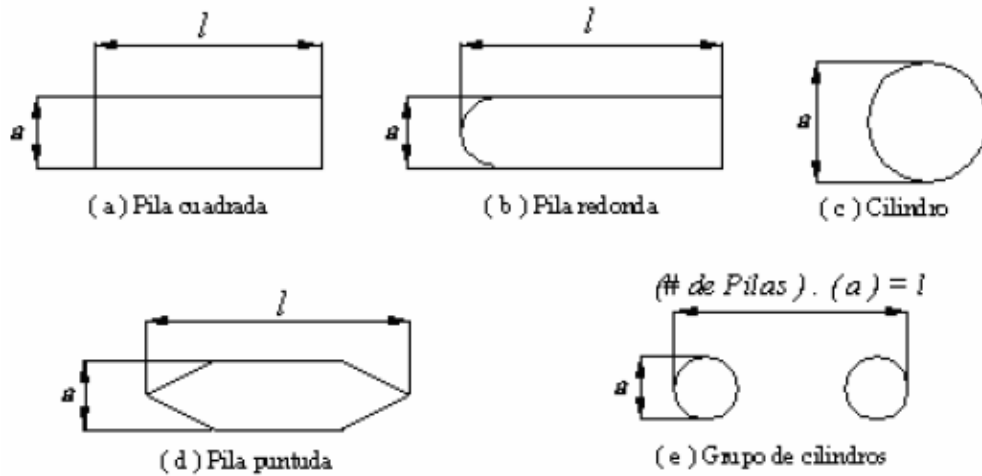
a = ancho de la pila [m]

l = longitud de la pila [m]

Fr = número de Froude en la sección directamente aguas arriba de la pila

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

V = velocidad media del flujo directamente aguas arriba de la pila [m/s]



Factor de corrección por la forma de la pila K_f

Forma de la pila	K_f
Nariz cuadrada	1.1
Nariz redonda	1.0
Cilíndrica	1.0
Punta aguda	0.9
Grupo de cilindros	1.0

El factor de corrección K_f se determina usando la anterior tabla cuando el ángulo de ataque es menor que 5° . En otro caso, K_ϕ domina para ángulos mayores por lo que K_f debe ser tomado igual que 1.0. K_f debe usarse solamente cuando las condiciones del flujo influyen sobre toda la longitud de la pila pues el factor de corrección podría ser menor en otros casos.

Factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo K_ϕ .

Ángulo de ataque	$l/a = 4$	$l/a = 8$	$l/a = 12$
0°	1.0	1.00	1.0
15°	1.5	2.00	2.5
30°	2.0	2.75	3.5
45°	2.3	3.30	4.3
90°	2.5	3.90	5.0

Si l/a es mayor que 12, se usan los valores correspondientes a $l/a = 12$ como máximos.

$$K_\phi = \left(\cos \phi + \frac{l}{a} \sin \phi \right)^{0.65}$$

Factor de corrección por la forma del lecho K_c

Condición del lecho	Altura de la duna H [pies]	K_c
Socavación en agua clara	N/A	1.1
Lecho plano y antidunas	N/A	1.1
Dunas pequeñas	$2 < H < 10$	1.1
Dunas mediana	$10 < H < 30$	1.1 a 1.2
Dunas grandes	$H > 30$	1.3

Se recomienda usar un valor de K_c de 1.1 considerando que el lecho tiende a ser plano durante crecientes.

El factor de corrección K_a disminuye la profundidad de socavación por acorazamiento del hueco de socavación para materiales del lecho con D_{50} mayor o igual que 2 mm o D_{95} mayor o igual que

20 mm ($D_{50} \geq 0.002$ m o $D_{95} \geq 0.02$ m).

Criterios para adoptar K_a

$D_{50} < 2 \text{ mm o } D_{95} < 20 \text{ mm}$	$K_a = 1.0$
$D_{50} \geq 2 \text{ mm y } D_{95} \geq 20 \text{ mm}$	$K_a = 0.4(V_R)^{0.15}$

$$K_a = 0.4(V_R)^{0.15} \quad V_R = \left[\frac{V_1 - V_{icD50}}{V_{cD50} - V_{icD95}} \right] > 0 \quad V_{icDx} = 0.645 \left(\frac{D_x}{a} \right)^{0.053} V_{cDx}$$

V_R = relación de velocidad

V_1 = velocidad de aproximación justo aguas arriba de la pila [m/s]

V_{icDx} = velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en la pila para el tamaño

D_x de las partículas de sedimento [m/s]

V_{icD95} = velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en la pila para el tamaño

D_{95} del material de lecho [m/s]

V_{icD50} = velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en la pila para el tamaño

D_{50} del material de lecho [m/s]

V_{cDx} = velocidad crítica para iniciar movimiento de partículas de tamaño D_x del material de lecho [m/s]

V_{cD50} = velocidad crítica para iniciar movimiento de partículas de tamaño D_{50} del material de lecho [m/s]

a = ancho de la pila [m]

$$V_{cDx} = \frac{6.19 h^{1/6} D_x^{1/3}}{3.73}$$

D_x = tamaño de la partícula para la que el x por ciento del material del lecho es más fino [m]

h = profundidad del agua aguas arriba de la pila sin incluir socavación local [m]

El valor mínimo de K_a es 0.4.

CAPÍTULO 2: Marco Contextual

A partir de 1990, Vaqueros tuvo un gran crecimiento. Si bien en la localidad solamente se realizó un loteo, la misma gente fue vendiendo sus terrenos y realizando loteos a menor escala. Según el INDEC censo de 1991: 1877 habitantes; censo de 2001: 2980 habitantes; censo de 2010: 4575 habitantes. Lo que implica un crecimiento del 58,7% al 2001 y del 145,7% al 2010 con respecto a 1991.

De la misma manera, como se puede ver en las imágenes de Google Earth, la ciudad de Salta en la zona del Huaico también tuvo un crecimiento significativo.

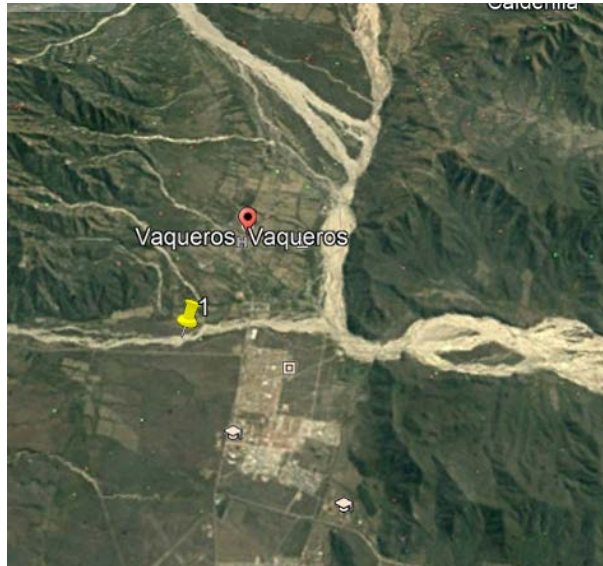


Fig. 6: Imagen satelital año 1984

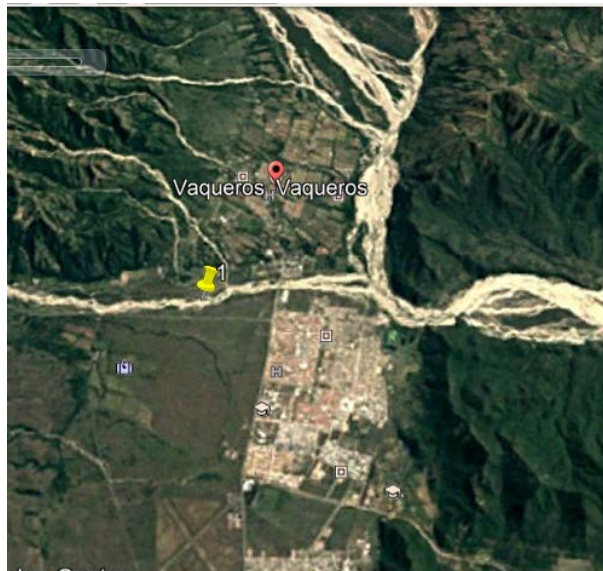


Fig.7: Imagen satelital año 1994

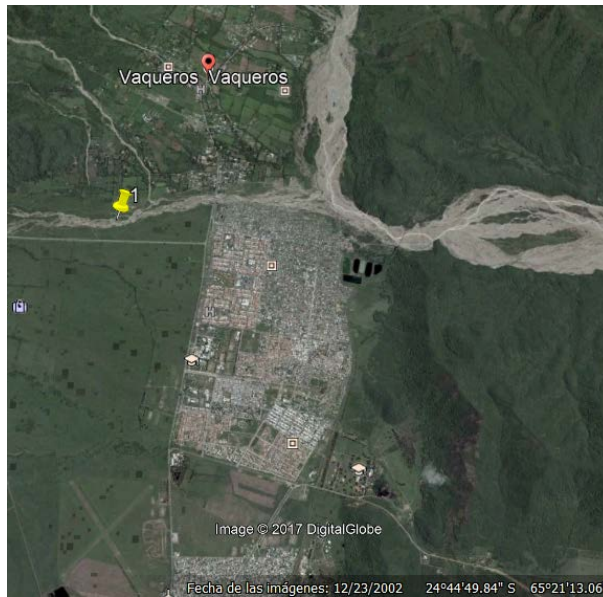


Fig.8: Imagen satelital año 2004

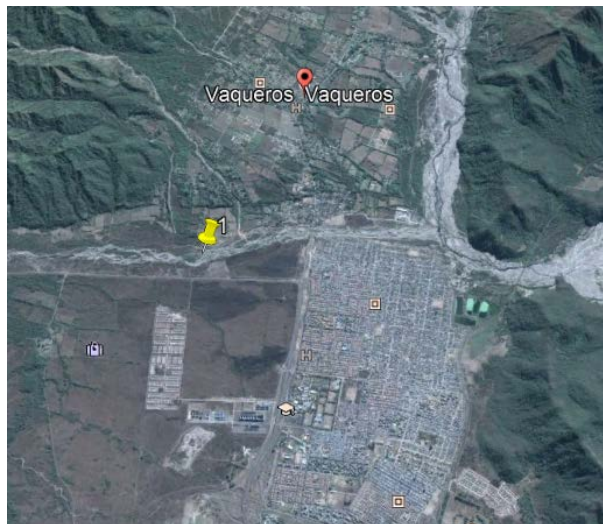


Fig.9: Imagen satelital año 2010

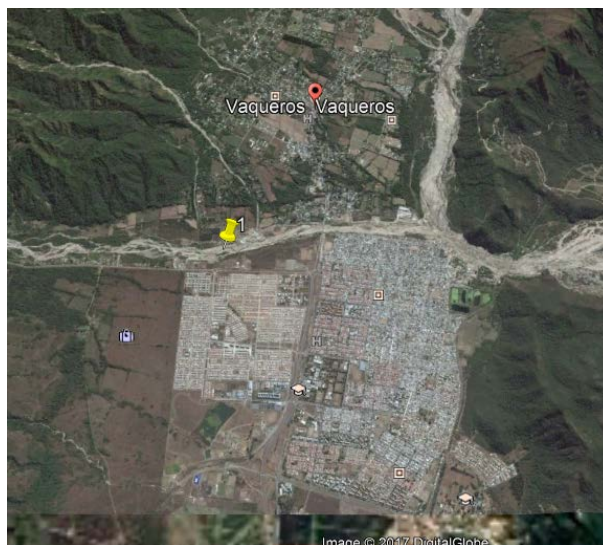


Fig. 10: Imagen satelital año 2017

La única forma de cruzar el río Vaqueros es por el puente. La ciudad creció pero la infraestructura para cruzar tanto el río Vaqueros como el río Wierna no aumentó. El déficit en la infraestructura es evidente. El embotellamiento de vehículos en la única vía de ingreso y egreso hacia Vaqueros, La Caldera y el dique Campo Alegre, ruta que también conecta con Jujuy, es rutinario.

Esto genera grandes problemas de tránsito especialmente los días de verano, que la gente acostumbra ir al río a pasar el día. La cantidad de veraneantes que van a los ríos Vaqueros y Wierna los fines de semana supera la capacidad de la Ruta 9. Más allá de la demora en cruzar el río para volver a sus casas, el problema se convierte en uno mayor cuando el que necesita cruzar tiene que ir a trabajar o una ambulancia intenta llegar a destino. El personal de la Policía Vial registró más de seis mil autos en el río Vaqueros desde las 11hs. y hasta las 17hs.

Por esta razón este proyecto consiste en realizar un estudio a la cuenca que desemboca en el puente que cruza el río Vaqueros y hacer un análisis de la urbanización para plantear el mejor lugar para hacer un cruce alternativo al que ya existe. La idea principal es plantearlo aguas arriba del puente existente para descongestionar el tránsito de la entrada a Vaqueros.

CAPÍTULO 3: Enfoque práctico

ENFOQUE PRÁCTICO

- 1º- Análisis de la cuenca con Google Earth y Global Mapper (determinación de la cuenca y sub-cuencas).
- 2º- Obtención de datos: pendiente, longitud del cauce, área de la cuenca y sub-cuencas.
- 3º- Cálculo de tiempo de concentración con fórmula de Kirpich y fórmula de Federal Aviation Administration.
- 4º- Determinación de tipo y uso de suelo para obtener el valor de CN.
- 5º- Cálculo de factor de forma, coeficiente de compacidad, índice de sinuosidad, densidad de drenaje.
- 6º- Cálculo de caudal con programa HEC - RAS y HEC - HMS.
- 7º- Diseño del cruce, pre-dimensionado, cómputo y presupuesto

Análisis de la cuenca con Global Mapper:

Para comenzar con el proyecto, lo primero fue analizar la cuenca que desemboca en el Río Vaqueros. Para esto utilizamos el programa: Global Mapper, que delimita la cuenca y las sub-cuencas, de acuerdo a la superficie máxima que pongamos a analizar.

Además, el programa, nos da información de las pendientes, superficies de las subcuencas, longitud del cauce de agua, etc.; que nos va a servir para calcular el tiempo de concentración.

1º) Cargamos el DEM (Modelo Digital de Elevación, información que nos proporciona la NASA y también el Instituto Geográfico Nacional):

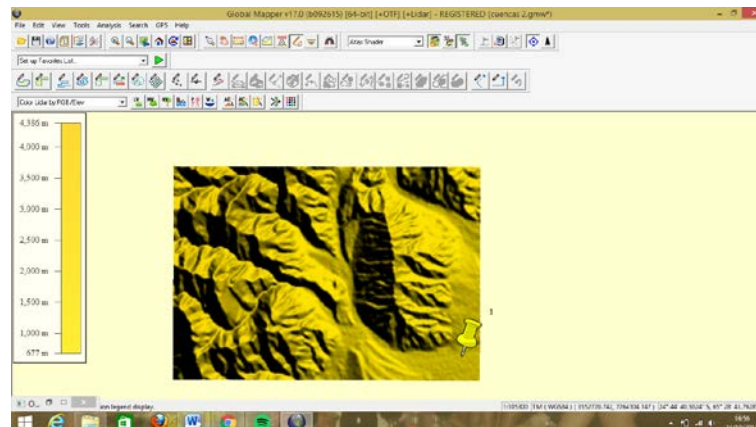


Fig. 11: Primera vez que cargamos el DEM: no abarca la cuenca completa.

Dibujamos en el programa un rectángulo, en el cual creíamos que iba a entrar la cuenta completa y nos dimos cuenta que habían sectores que habían quedado fuera. Por esta razón tuvimos que repetir el procedimiento varias veces hasta encontrar el correcto.

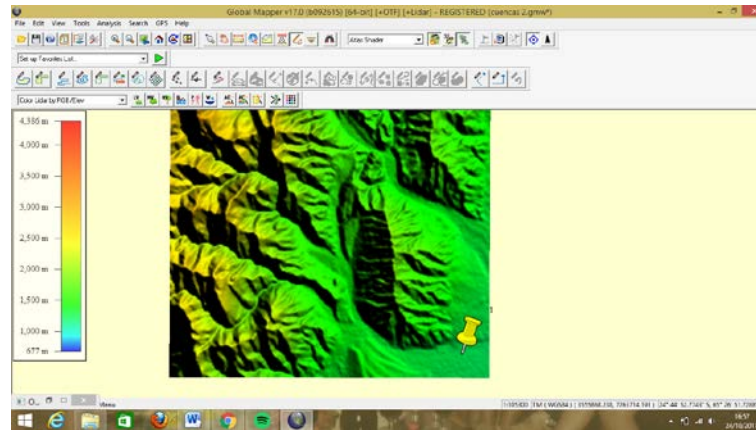


Fig.12: DEM de una superficie más amplia que todavía no abarca la cuenca completa.

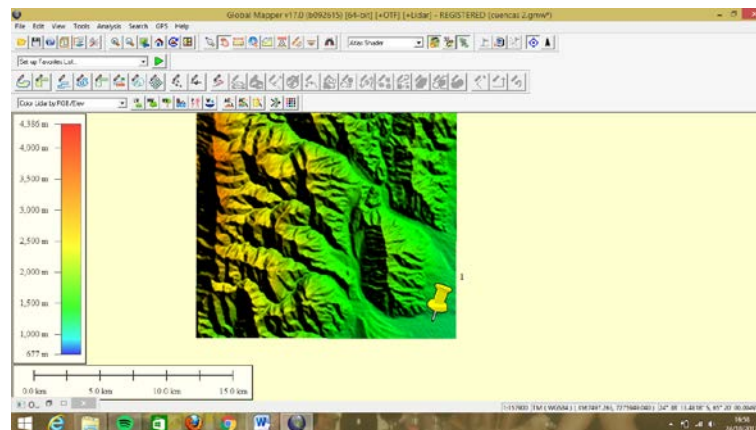


Fig.13: DEM definitivo, que abarca toda la cuenca a analizar.

Luego para el estudio de nuestra cuenca necesitamos definir la cuenca, eliminar las cuencas que desembocan en otros ríos y definir: el tamaño de las sub-cuencas a analizar y la longitud de los cauces de las sub-cuencas.

Para esto, tuvimos varios intentos hasta definir el más conveniente:

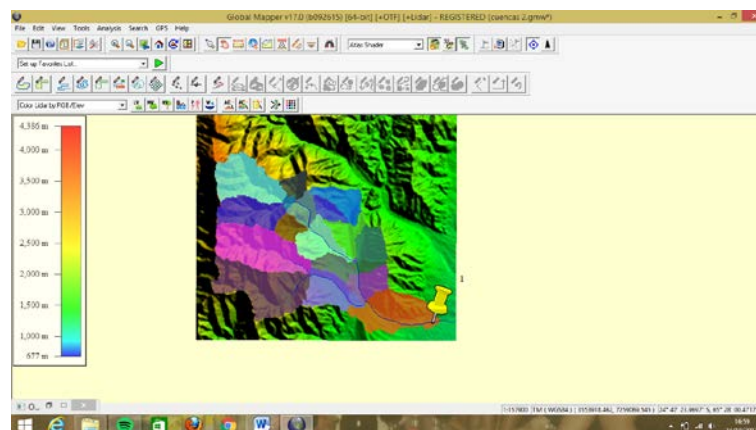


Fig.14: Muestra la forma en que el programa dibuja las sub-cuencas que existen en el sector de terreno elegido.

De esta manera borramos las sub-cuencas que no desembocaban en nuestro lugar de estudio y fuimos programando el Global Mapper con distintas superficies de sub-cuencas y longitudes de cauce.

El programa delimita las sub-cuencas de acuerdo a las áreas que quedan definidas entre los puntos más altos de la topografía. Y esto lo hace según el área de sub-cuenca máxima que ingresamos nosotros. Lo mismo realiza con la longitud del cauce principal, es decir que nosotros ingresamos una longitud máxima del cauce principal.

Luego nosotros con nuestro criterio terminamos de definir las sub-cuencas de acuerdo a lo que podemos observar.

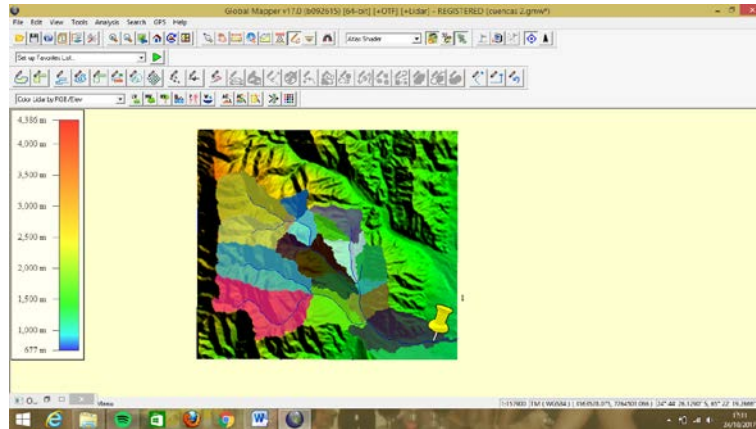


Fig.15: Área 10km², Longitud 50m.

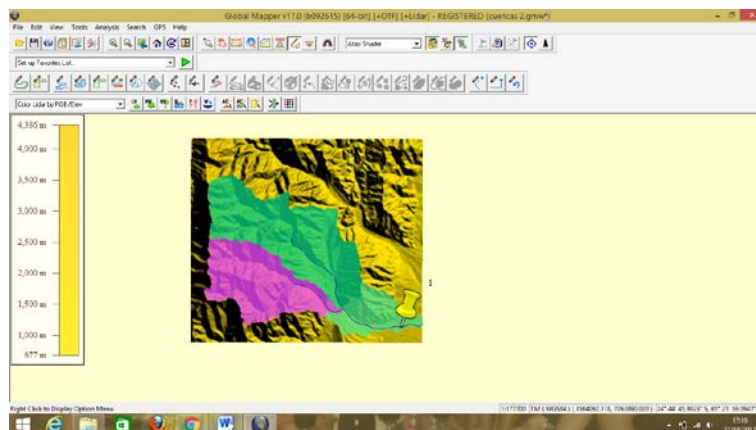


Fig.16: Área 40km², Longitud 25m.

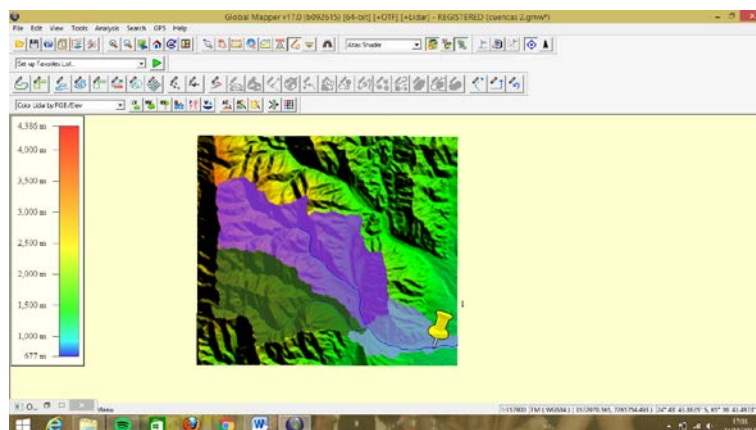


Fig.17: Área 30km², Longitud 50.

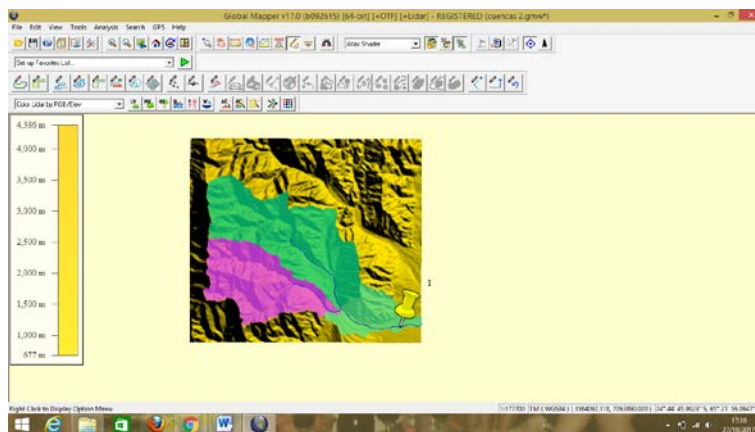


Fig.18: Área 50km², Longitud 25m.

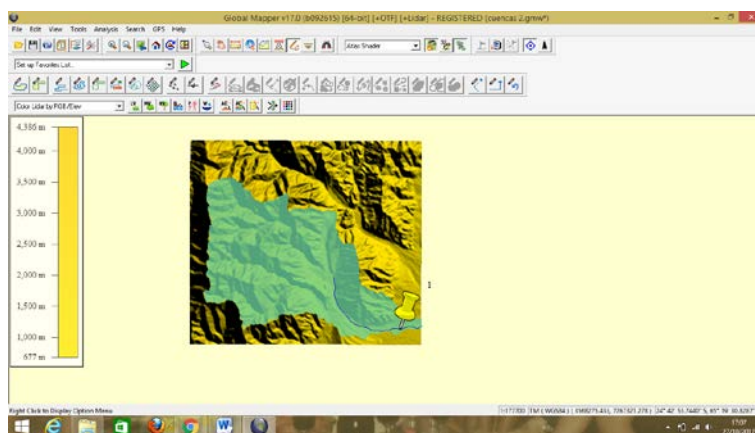


Fig.19: Área 75km², Longitud 25m

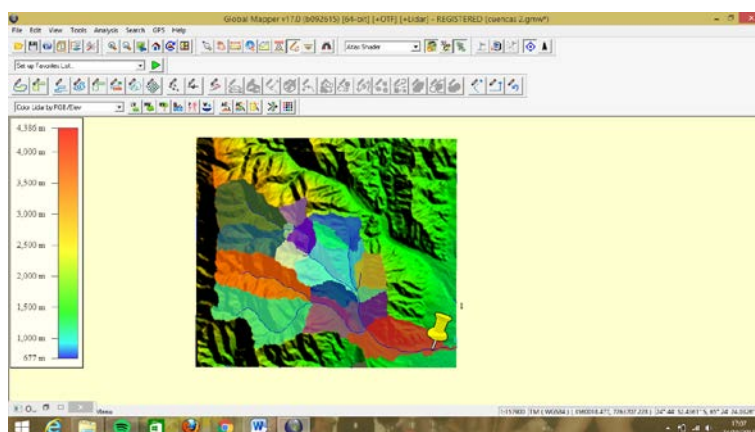


Fig.20: Área 15km², Longitud 25m.

Elegimos el modelo de sub-cuencas con el que vamos a trabajar según la precisión que necesitemos: cuantas mas sub-cuencas tengamos mas exactos van a ser nuestros resultados pero es mas largo el trabajo.

Para nuestro trabajo consideramos conveniente trabajar con el modelo de siete sub-cuencas:

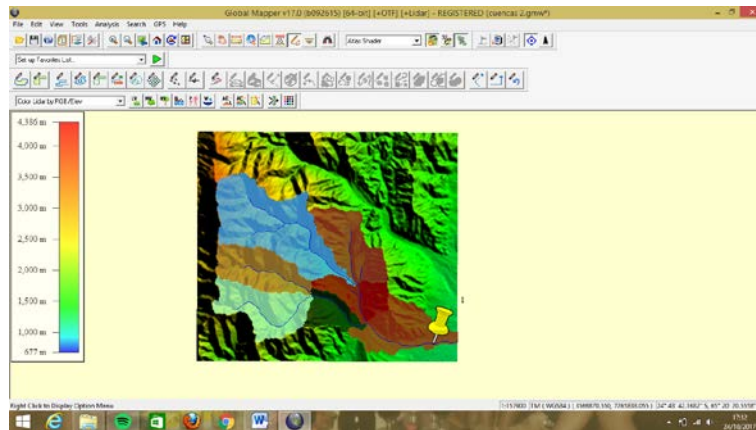


Fig.21: Modelo de sub-cuencas elegido.

Luego desactivamos el DEM para poder trabajar con el programa más rápido. Numeramos las sub-cuencas para poder extraer de cada una los datos que necesitamos para sacar el tiempo de concentración:



Fig. 22: Numeración de las sub-cuencas.

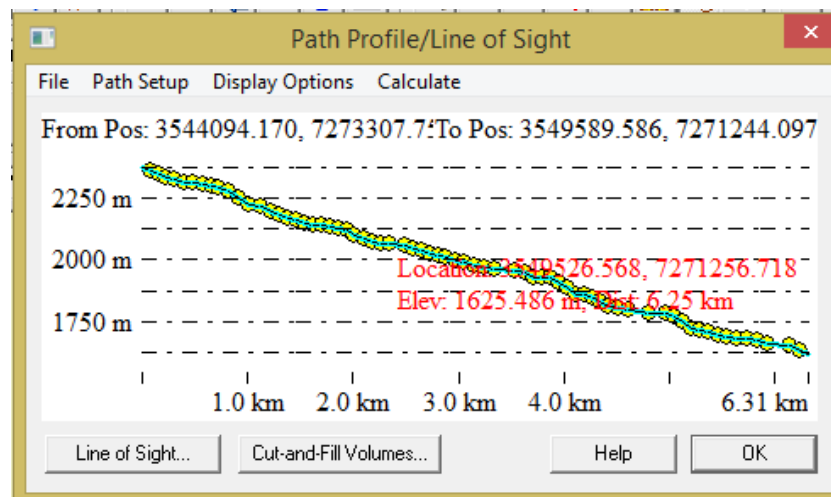


Fig. 23: Gráfico elevación-longitud del cauce principal de cada sub-cuenca.

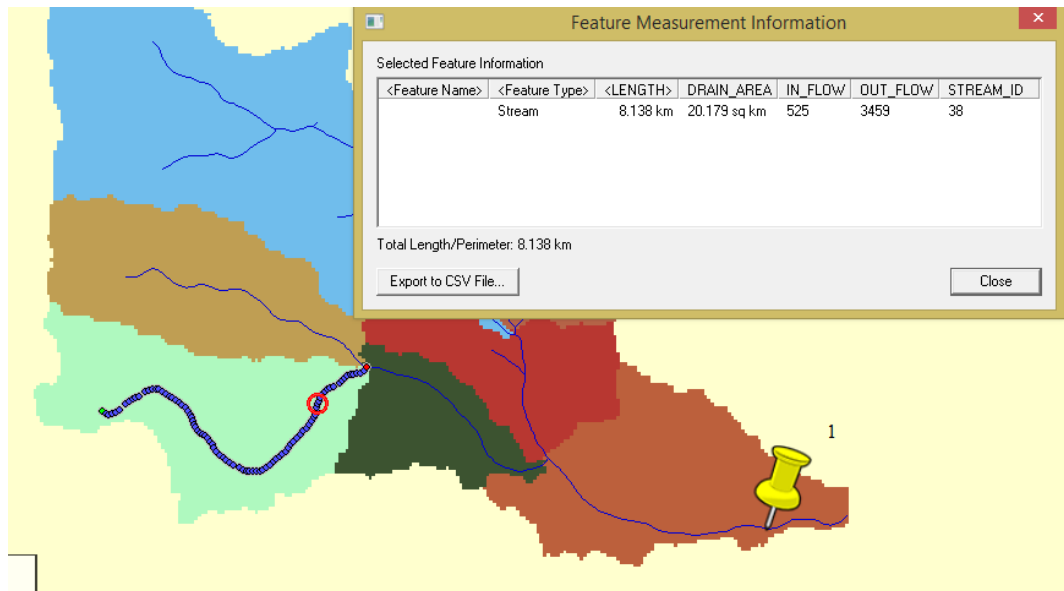


Fig. 24: Cuadro con las características de cada sub-cuenca y de su cauce principal (largo del cauce principal, área)

Fig. 23 y 24: Cuadros del programa Global Mapper donde se muestra la información necesaria para obtener los datos de pendiente, área, etc. de cada sub-cuenca.

Datos obtenidos de Global Mapper:

Sub-cuenca N°	Área [km2]	Longitud del canal (L) [mts.]	Longitud del canal (L) [pies]	Desnivel [mts.]	Denivel [pies]	Pendiente [%]
1	41.262	11665.07	38261.43	1044	3424.32	0.09
2	18.382	6314	20709.92	749.51	2458.39	0.12
3	20.184	8138	26692.64	735.33	2411.88	0.09
4	18.889	4325	14186.00	129.79	425.71	0.03
5	10.956	3048.95	10000.56	84.41	276.86	0.03
6	8.727	5165	16941.20	229	751.12	0.04
7	19.741	7579	24859.12	159.82	524.21	0.02

Tiempo de concentración:

Para sacar el tiempo de concentración utilizamos la fórmula de kirpich y la fórmula de Federal Aviation Administration. Ya que son fórmulas experimentales, cada una se ajusta al tipo de cuenca que se analiza. De esta manera determinamos que la que mas se ajusta a nuestra cuenca de montaña, es el tiempo de concentración obtenido de la fórmula de Kirpich.

Además la fórmula de Kirpich toma el tiempo de concentración desde el punto mas lejano, por esto un tramo es superficial (to) y el otro es por un cauce definido de la sub cuenca (tc).

Fórmula de Kirpich:

$$tc = 0,0078 * L^{0,77} * S^{-0,385}$$

L= longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida [pies].

S= pendiente promedio de la cuenca [pies/pie]

Fórmula F.A.A.:

$$tc = 1,8 * (1,1 - C) * L^{0,5} / S^{0,33}$$

C= coeficiente de escorrentía del método racional.

L= longitud del flujo superficial [pies].

S= pendiente de la superficie [%].

Sacamos C (coeficiente de escorrentía) de la tabla 15.1.1. en función del tipo de suelo que observamos en la cuenca para un tiempo de recurrencia de 25 años y de 50 años. Superponemos las cuencas del programa Global Mapper en Google Earth para poder sacar el coeficiente C según la TABLA 1 (Anexos). Estos valores fueron utilizados para sacar el tiempo de concentración según FAA pero al final no utilizamos ese tiempo de concentración.

Para elegir qué tiempo de concentración es el que mas se ajusta a nuestra cuenca, utilizamos una expresión que analiza la raíz cuadrada de la superficie de la cuenca en millas y si anda en el orden de ese valor, es el que mas se ajusta a nuestro cálculo.

En nuestro caso el tc que mas se ajusta a nuestra cuenca de montaña es el obtenido con la fórmula de Kirpich.

El tiempo de retardo se utiliza para el programa HEC HMS. El mismo lo utiliza para el hidrograma unitario del método de SCS. El tiempo de retardo es el 60% del tiempo de concentración.

TABLA PARA CALCULAR EL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE CADA SUB-CUENCA															
Sub-cuenca Nº	Área [km2]	Longitud del canal (L) [mts.]	Longitud del canal (L) [pies]	Desnive l [mts.]	Denivel [pies]	Pendiente [°]	Coeficiente de escorrentía (C) para tr=25 años	Coeficiente de escorrentía (C) para tr=50 años	Tiempo de concentraci ón (Kirpich) [min]	Tiempo de concentración (Federal Aviation Administration 25 años)	Tiempo de concentración (Federal Aviation Administration 50 años)	Tiempo de concentración (kerby- kirpich)			Tiempo de retardo (lag time)
												to	tc	TC	
1	41,262	11665,07	38261,43	1044	3424,32	0,09	0,34	0,37	66,74	18,24	17,52	158,61	66,85	225,45	135,27
2	18,382	6314	20709,92	749,51	2458,39	0,12	0,34	0,37	37,31	14,97	14,38	111,43	37,38	148,81	89,28
3	20,184	8138	26692,64	735,33	2411,88	0,09	0,34	0,37	50,39	17,10	16,43	133,76	50,48	184,23	110,54
4	18,889	4325	14186,00	129,79	425,71	0,03	0,34	0,37	47,35	22,10	21,23	129,01	47,42	176,43	105,86
5	10,956	3048,95	10000,56	84,41	276,86	0,03	0,34	0,37	37,31	21,39	20,54	111,67	37,37	149,04	89,43
6	8,727	5165	16941,20	229	751,12	0,04	0,34	0,37	46,71	20,03	19,23	127,87	46,78	174,65	104,79
7	19,741	7579	24859,12	159,82	524,21	0,02	0,34	0,37	83,54	27,31	26,24	182,13	83,67	265,81	159,49

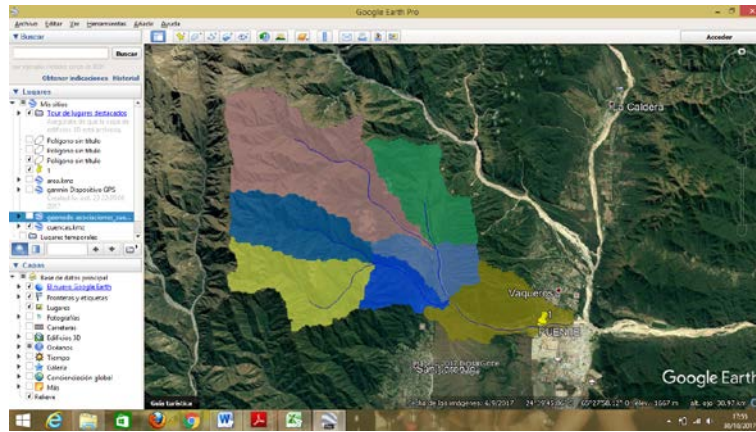


Fig. 25: Imagen de las subcuencas superpuesta en google earth.

Análisis del tipo de suelo de cada sub-cuenca:

Para poder analizar el escurrimiento del agua en la cuenca, fue necesario determinar el tipo de suelo de cada sub-cuenca y qué superficie ocupa. Para esto, utilizamos el mapa de la provincia de Salta que fue aportado por el INTA. Luego clasificamos a que grupo hidrológico pertenecía cada tipo de suelo y después que superficie ocupaba de cada sub-cuenca.

Según el mapa de suelos que nos proporciona el INTA, lo que hicimos fue superponer nuestra cuenca y determinar las áreas de cada suelo y de esa manera analizar a que grupo pertenece la sub-cuenca.

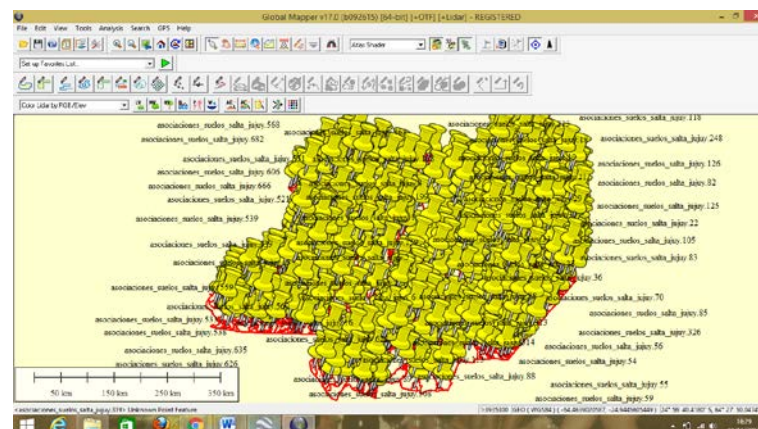


Fig. 26: Mapa con los tipos de suelos de la provincia de Salta y Jujuy.

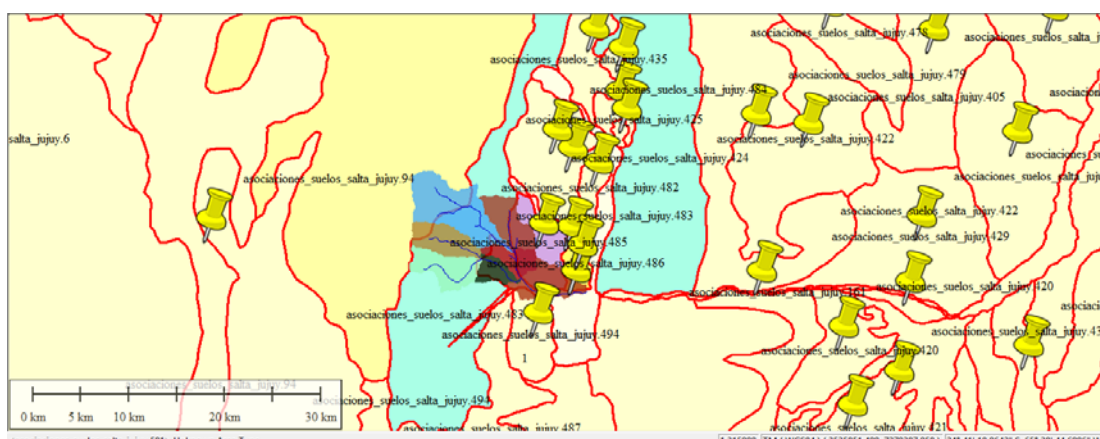


Fig. 27: Superposición de la cuenca con el mapa de los tipos de suelo.

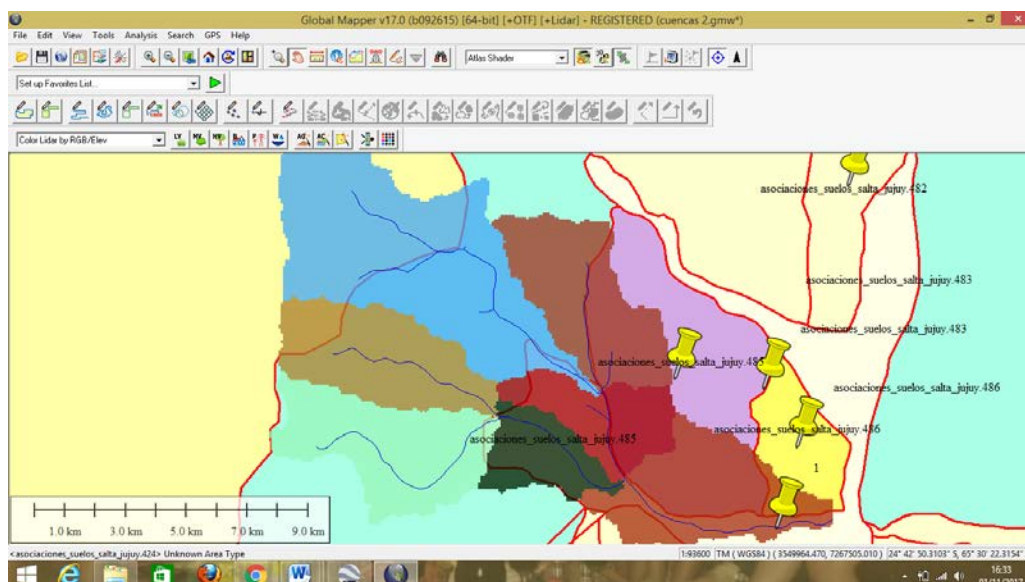


Fig. 28: Acercamos la figura para poder ver con mas claridad la divisoria de suelos.

“Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy), Nadir A. - Chafatinos T. 1990”

La clasificación brindada por el INTA está basada en el estudio de nombre mencionado en el título. A continuación se detallan algunas características de los tipos de suelos involucrados en la cuenca de estudio:

San Alejo (Saj): Suelo débilmente desarrollado; de textura medianamente fina; pobremente drenado; fuertemente ácido a neutro; contenido de materia orgánica bajo; capacidad de intercambio catiónico alto; porcentaje de saturación de bases bajo; pendiente del 6 al 12 %; erosión ligera a moderada.

Mojotoro (Mj): Suelo de incipiente desarrollo; de textura media en superficie y gruesa en profundidad; bien a excesivamente drenado; neutro; contenido de materia orgánica bajo; capacidad de intercambio catiónico moderadamente alta; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente del 2 al 6 %; erosión ligera.

La Quesera - La Quesera Chica (Lq-Lqc): Suelo débilmente desarrollado; de textura media en superficie y media a medianamente gruesa en profundidad; moderadamente bien drenado; moderadamente ácido a moderadamente alcalino; contenido de materia orgánica alto; capacidad de intercambio catiónico moderadamente alta; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente del 1 al 4 %; erosión ligera a moderada; inundación temporaria.

San Lorenzo (Sl): Suelo fuertemente desarrollado, de texturas media en superficie y fina en profundidad; imperfecta a pobremente drenado; moderadamente ácido a moderadamente alcalino; contenido de materia orgánica moderadamente alto; carbonatos en profundidad; capacidad de intercambio catiónico moderadamente alta a alta; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente del 5 al 15 %; erosión moderada a severa.

Quijano (Qj): Suelo de incipiente desarrollo; de textura gruesa; excesivamente drenado; moderadamente ácido; contenido de materia orgánica medio; capacidad de intercambio catiónico media; pendiente del 5 al 15 %; erosión moderada.

Afloramiento + La Poma - Nazareno (Af+Lp-Na): Los afloramientos están constituidos por rocas sedimentarias como ser areniscas, areniscas silificadas, limolitas, conglomerados, etc. La Poma se encuentra cubriendo afloramientos con pendiente de 13 al 55%, son de nulo desarrollo pedogenético, condicionado por las características limitantes del clima árido de la Puna; prácticamente no poseen cobertura vegetal; erosión moderada a grave. Suelos formados sobre rocas sedimentarias; con pendientes del 13 al 55%; erosión moderada a grave; muy someros y sin ningún desarrollo que diferencie una variación de horizontes; la parte superficial que no supera los 10 cm es pedregosa, subyacente se encuentra la roca madre.

Vaqueros (Va): está compuesto de depósitos fluviales derivados de rocas del Terciario: areniscas, limolitas, conglomerados y en menor proporción de rocas del Ordovícico, Cámbrico y Precámbrico.

Grupo Hidrológicos de los suelos:

Según el tipo de suelo clasificado por el INTA, y las características de los mismos, según el estudio detallado anteriormente, determinamos a qué grupo hidrológico pertenece cada uno según la clasificación propuesta en el Método de la Curva Número. En página 12 se detalla las características cada de grupo hidrológico.

- **San Alejo (Saj): Grupo C** (pobremente drenado).
- **Mojotoro (Mj): Grupo A** (bien a excesivamente drenado).
- **La Quesera-La Quesera Chica (Lq-Lqc): Grupo B** (moderadamente bien drenado).
- **San Lorenzo (Sl): Grupo D** (imperfecta a pobremente drenado).
- **Quijano (Qj): Grupo A** (excesivamente drenado).
- **Afloramiento + La Poma – Nazareno (Af+Lp-Na): Grupo D** (estrato impermeable).
- **Vaqueros (Va): Grupo C**

Cálculo de las áreas de cada sub-cuenca según tipo de suelo:

Sub-Cuenca 1:

Af+Lp-Na: 21,755 km²

Lq-Lqc: 18,292 km²

Mj: 1,213 km²

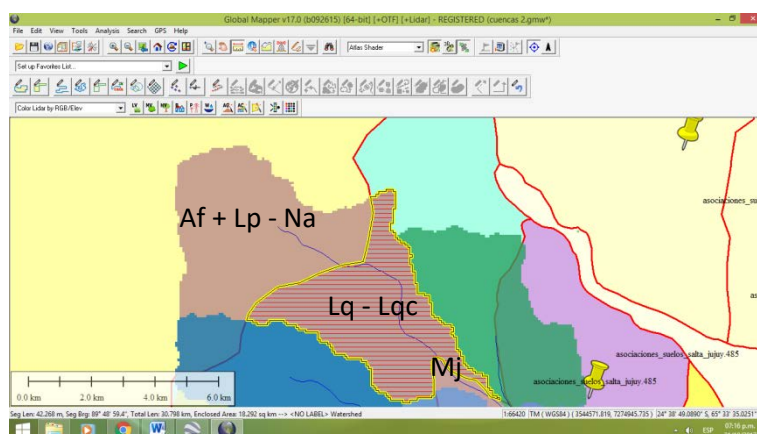


Fig. 29: Tipos de suelos predominantes en la sub-cuenca 1.

Sub-Cuenca 2:

Af+Lp-Na: 3,157 km²

Lq-Lqc: 15,223 km²

Mj: 0,007 km²

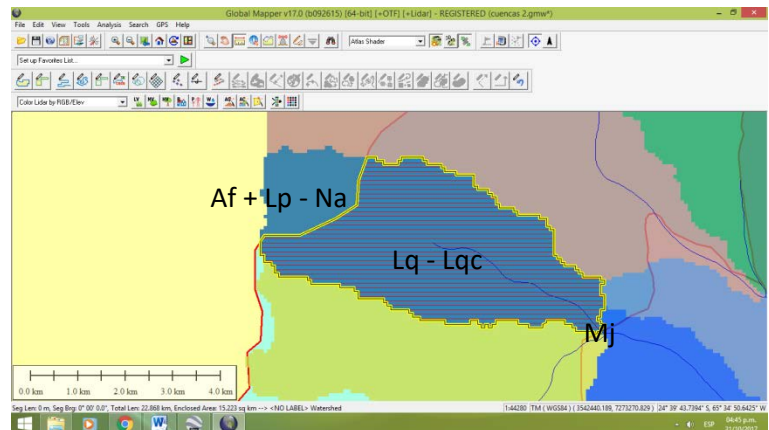


Fig. 30: Tipos de suelos predominantes en la sub-cuenca 2.

Sub-Cuenca 3:

Mj: 0,46 km²

Lq-Lqc: 19,713 km²

Af+Lp-Na: 0,011 km²

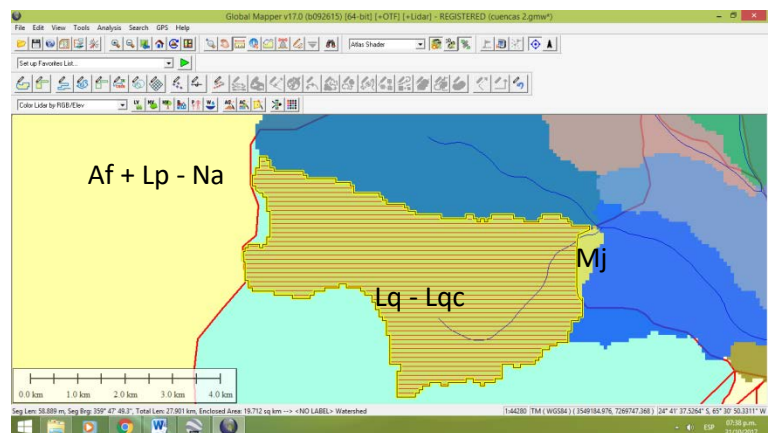


Fig. 31: Tipos de suelos predominantes en la sub-cuenca 3.

Sub-Cuenca 4:

Saj: 8,408 km²

Mj: 0,056 km²

Lq-Lqc: 10,428 km²

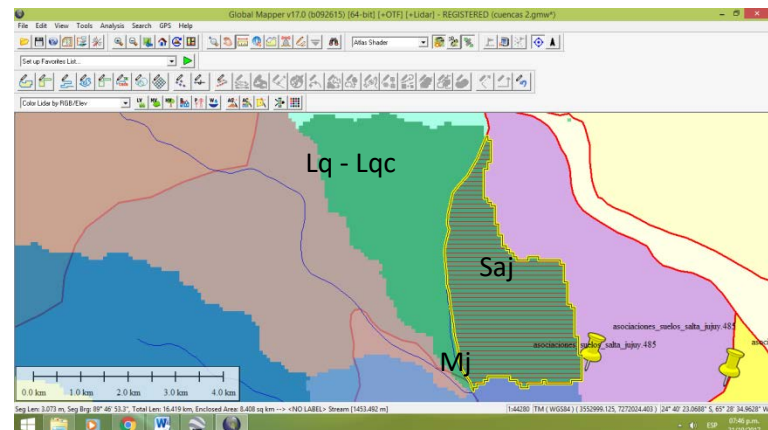


Fig. 32: Tipos de suelos predominantes en la sub-cuenca 4.

Sub-Cuenca 5:

Mj: 4,973 km²

Saj: 5,202 km²

Lq-Lqc: 0,786 km²

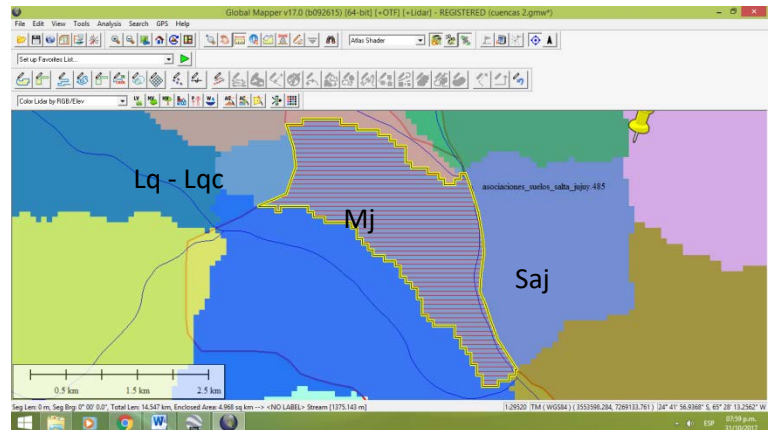


Fig. 33: Tipos de suelos predominantes en la sub-cuenca 5.

Sub-Cuenca 6:

Mj: 7,25 km²

Lq-Lqc: 1,475 km²

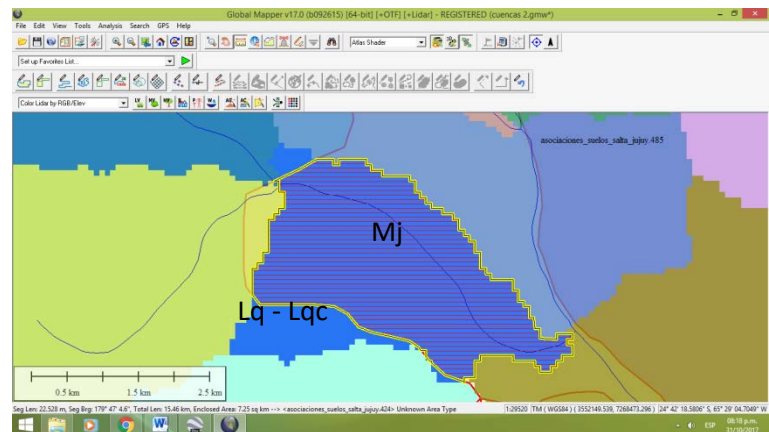


Fig. 34: Tipos de suelos predominantes en la sub-cuenca 6.

Sub-Cuenca 7:

Mj: 5,45 km²

Va: 2,135 km²

Saj: 9,859 km²

Sl: 2,234 km²

Qj: 0,064 km²

Lq-Lqc: 0,001 km²

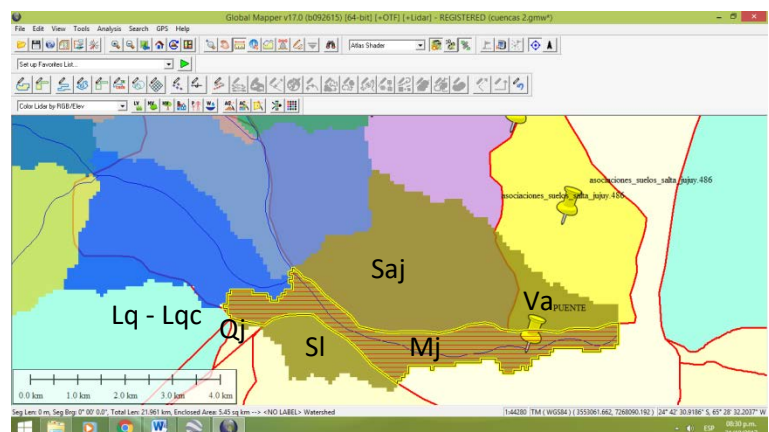


Fig. 35: Tipos de suelos predominantes en la sub-cuenca 7.

Método de la curva número:

Los valores determinados se obtuvieron a través de las Tablas que el Método nos brinda (VER TABLA 3 – Anexos, Pág. 131). Se trabajó suponiendo condición antecedente II.

Sub-Cuenca 1:

A total: 41,26 km²

Af+Lp-Na: 21,755 km ²	CN = 93	} Ponderamos
Lq-Lqc: 18,292 km ²	CN = 70	
Mj: 1,213 km ²	CN = 30	

$$CN1 = \frac{21,755 * 93 + 18,292 * 70 + 1,213 * 30}{41,26} = 80,95$$

Sub-Cuenca 2:

A total: 18,387 km²

Af+Lp-Na: 3,157 km ²	CN = 93	} Ponderamos
Lq-Lqc: 15,223 km ²	CN = 70	
Mj: 0,007 km ²	CN = 30	

$$CN2 = \frac{3,157 * 93 + 15,223 * 70 + 0,007 * 30}{18,387} = 73,93$$

Sub-Cuenca 3:

A total: 20,184 km²

Mj: 0,46 km ²	CN = 25	} Ponderamos
Lq-Lqc: 19,713 km ²	CN = 70	
Af+Lp-Na: 0,011 km ²	CN = 93	

$$CN3 = \frac{0,46 * 25 + 19,713 * 70 + 0,011 * 93}{20,184} = 68,99$$

Sub-Cuenca 4:

A total: 18,892 km²

Saj: 8,408 km ²	CN = 74	} Ponderamos
Mj: 0,056 km ²	CN = 30	
Lq-Lqc: 10,428 km ²	CN = 70	

$$CN4 = \frac{8,408 * 74 + 0,056 * 30 + 10,428 * 70}{18,892} = 71,66$$

Sub-Cuenca 5:

A total: 10,961 km²

Mj: 4,973 km ²	CN = 67	} Ponderamos
Saj: 5,202 km ²	CN = 74	
Lq-Lqc: 0,786 km ²	CN = 70	

$$CN5 = \frac{4,973 * 67 + 5,202 * 74 + 0,786 * 70}{10,961} = 70,54$$

Sub-Cuenca 6:

A total: 8,725 km²

Mj: 7,25 km ²	CN = 61	} Ponderamos
Lq-Lqc: 1,475 km ²	CN = 70	

$$CN6 = \frac{7,25 * 61 + 1,475 * 70}{8,725} = 62,52$$

Sub-Cuenca 7:

A total: 19,743 km²

Mj: 5,45 km ²	CN = 77	} Ponderamos
Va: 2,135 km ²	CN = 90	
Saj: 9,859 km ²	CN = 74	
Sl: 2,234 km ²	CN = 84	
Qj: 0,064 km ²	CN = 61	
Lq-Lqc: 0,001 km ²	CN = 70	

$$CN7 = \frac{5,45 * 77 + 2,135 * 90 + 9,859 * 74 + 2,234 * 84 + 0,064 * 61 + 0,001 * 70}{19,743} = 77,65$$

Sub-cuenca	1	2	3	4	5	6	7
Curva Número	80,95	73,93	68,99	71,66	70,54	62,52	77,65

Lluvia de diseño

Para los datos de los hietogramas de tormenta, se usaron los resultados proporcionados por la UCASAL (Ing. Botelli), texto que se adjunta a continuación:

“Cálculo de la duración de la tormenta crítica sobre la cuenca:

Para calcular la duración de la tormenta crítica de la cuenca analizada, se modelaron para una recurrencia de 25 años lluvias de diferentes duraciones para encontrar cual es la duración que genera el caudal pico máximo (caso más desfavorable); y esto se hizo teniendo en cuenta aplicando el modelo del SCS – CN con los valores previamente presentados.

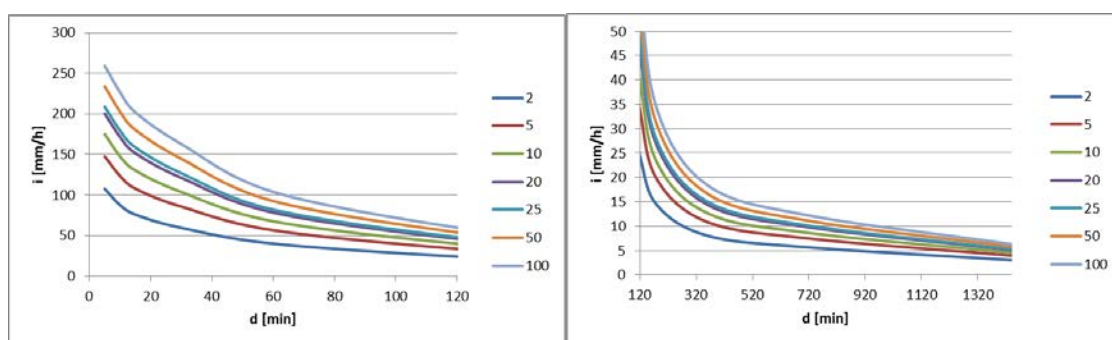
Con dicho análisis, se observa que a partir de una duración de tormenta de 180 minutos (3 horas) la cuenca entra en régimen, es decir que los caudales picos crecen muy poco en su magnitud. Es por ello que la duración de la lluvia de diseño a ser ingresada al modelo hidrológico para la determinación de los caudales de diseño es de 180 minutos (y esta generará la respuesta más desfavorable sobre la cuenca).

Cálculo de la curva IDT:

Se utilizan las curvas IDT actualizadas generadas en el marco del proyecto de investigación “Cálculos de IDT y Actualización de Lluvias máximas” de la Universidad Católica de Salta (UCASAL).

Para este cálculo se utilizó la información pluviográfica existente en el Aeropuerto de Salta Capital (Latitud: -24.78 / Longitud: -65.40). En base a dicha información se estimó la relación IDT actualizada

La IDT resultante es la que se presenta a continuación:



Curva IDT en la localidad de Salta Capital para duraciones de entre 5 y 120 minutos (gráfico izquierdo) y para duraciones mayores a 120 minutos (gráfico derecha).

Partiendo de dicha curva IDT, se estimaron las lluvias de diseño asociadas a las recurrencias de 25 y 50 años. Las láminas de lluvia correspondientes a una duración de 180 minutos (duración crítica de la cuenca) y a los diferentes T son:

T [años]	10	25	50	100
h [mm]	84	100	112	124

Láminas de lluvia (en mm) caídas en 180 minutos para las diferentes recurrencias.

Dichos resultados, fueron ajustados por:

* Atenuación espacial mediante el método CODA (Catalini, 2001). El mismo establece que:

$$h_{areal} = CDA \cdot h$$

Dónde:

h_{areal} : Lámina de lluvia media areal sobre la cuenca.

h : lámina de lluvia puntual cuya localización coincide con la ubicación de la IDT previamente calculada.

CDA : coeficiente de atenuación (ya que la lluvia no se ni en área ni en tiempo) para calcular la precipitación media areal en una cuenca a partir de datos de precipitación puntuales. Depende de la duración de la tormenta (d) y del área de la cuenca (A); y se calcula como (Catalini, 2001)= 0.79

Las láminas de lluvia medias areales correspondientes a una duración de 180 minutos (duración crítica de la cuenca) y a los diferentes T son:

T [años]	10	25	50	100
h [mm]	62	73	82	91

Láminas de lluvia medias areales (en mm) caídas en 180 minutos para las diferentes recurrencias.

Distribución temporal de la lámina de lluvia correspondiente aplicando los hietogramas tipo estimados a partir de la información pluviográfica actualizada existente en el Aeropuerto de Salta Capital (Latitud: -24.78 / Longitud: -65.40), resultados también generados en el marco del proyecto de investigación antes mencionado.

Los siguientes gráficos muestran los hietogramas tipo para la duración crítica de la cuenca de estudio (igual a 180 minutos) estimados en dicho proyecto de investigación con el método de la mediana de la distribución empírica (técnica de Huff) y por el método del ordenamiento de intervalos (técnica de Pilgrim).

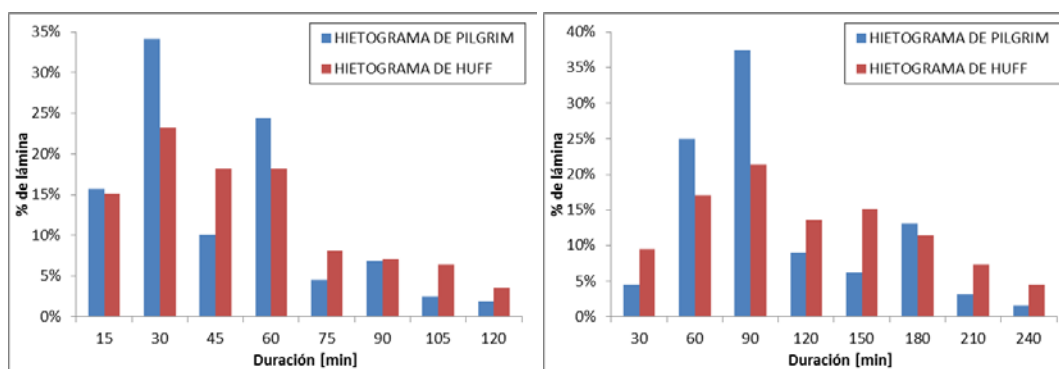


Fig. 36: Hietogramas tipo estimados en Salta Capital para duración igual a 120 y 240 minutos mediante la metodología de Huff y Pilgrim.

Ambas metodologías de estimación de hietogramas tipo se aplican a partir del análisis de los IMA (intervalos de máxima anual) que surgen del análisis de la información pluviográfica histórica de las series de precipitación.

Teniendo en cuenta estos resultados, en este trabajo se utilizó un coeficiente de avance (es decir una relación entre la posición del pico de la tormenta y la duración total de la precipitación) de 0.25.”-

Utilizamos una recurrencia de 25 y 50 años ya que es lo que se recomienda a la hora de calcular un puente.

The Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)

HMS permite formar varias sub-cuencas y realiza los cálculos para cada sub-cuenca de: qué parte de la precipitación caída va a generar escorrentía directa, la escorrentía directa producida por esta precipitación neta y calcula la evolución de la escorrentía básica a lo largo del tiempo. También calcula, para cada tránsito a lo largo de un cauce, la evolución del hidrograma que, generado en la salida de una sub-cuenca, circula por otra distinta. En los puntos de unión, suma los caudales generados por varios elementos. Finalmente nos proporciona los hidrogramas generados para cada sub-cuenca y para el total de la cuenca.

Entonces luego de obtener todos los datos necesarios, los ingresamos en el programa HEC-HMS para obtener el caudal que estamos buscando.

Cargamos los datos de la cuenca y de las sub-cuencas que obtuvimos anteriormente:

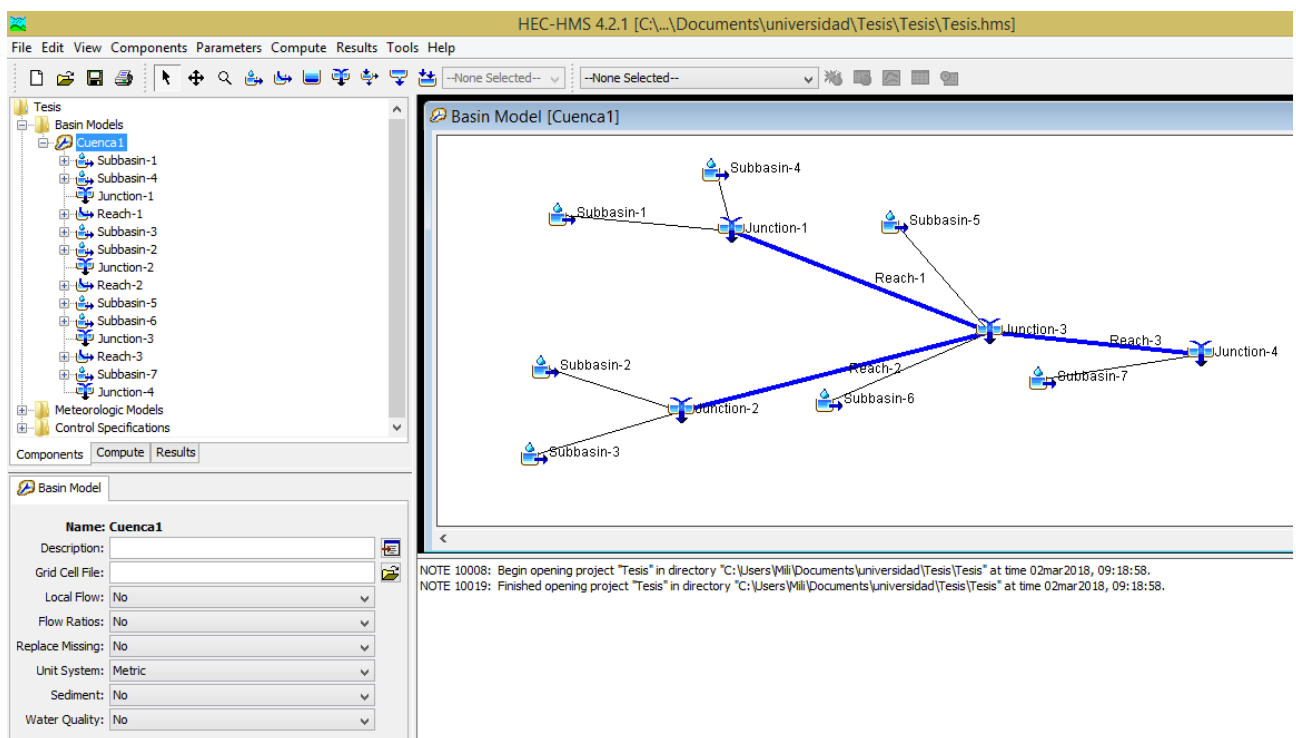


Fig. 37: Modelado de la cuenca en HEC - HMS.

Los datos que cargamos son:

- Área de cada sub-cuenca
- CN de cada sub-cuenca (para ingresar las pérdidas)
- Tiempo de retardo

Y seleccionamos los métodos a utilizar: el método curva número para calcular las pérdidas y el método del hidrograma unitario del SCS para la transformación lluvia- caudal.

También ingresamos los datos de una lluvia de 25 años de recurrencia y otra de 50 años de recurrencia obtenidos.

Y en la pestaña “control specifications” le indicamos cuando debe empezar y terminar de calcular y el incremento de tiempo

Frequency Storm

Met Name: t:25años

Probability: Other

Input Type: Annual Duration

Output Type: Annual Duration

Intensity Duration: 15 Minutes

Storm Duration: 3 Hours

Intensity Position: 33 Percent

Storm Area (KM2):

Curve: Uniform For All Subbasins

Duration	Annual-Duration Depth (MM)
5 Minutes	
15 Minutes	14,280
1 Hour	42,560
2 Hours	61,720
3 Hours	73,530
6 Hours	
12 Hours	

-Duración de la intensidad: 15 min
-Duración de la tormenta: 3 hrs.
-Posición de la intensidad: 33%
(determina en qué parte de la tormenta se producirá el período de máxima intensidad).

Del hietograma de lluvia: tiempo-precipitación

Fig. 38: Datos ingresados para una lluvia de 25años de recurrencia

Frequency Storm

Met Name: t:50años

Probability: Other

Input Type: Annual Duration

Output Type: Annual Duration

Intensity Duration: 15 Minutes

Storm Duration: 3 Hours

Intensity Position: 33 Percent

Storm Area (KM2):

Curve: Uniform For All Subbasins

Duration	Annual-Duration Depth (MM)
5 Minutes	
15 Minutes	16,030
1 Hour	47,770
2 Hours	69,270
3 Hours	82,530
6 Hours	
12 Hours	

-Duración de la intensidad: 15 min
-Duración de la tormenta: 3 hrs.
-Posición de la intensidad: 33%
(determina en qué parte de la tormenta se producirá el período de máxima intensidad).

Del hietograma de lluvia: tiempo-precipitación

Fig. 39: Datos ingresados para una lluvia de 50años de recurrencia

Fig. 40: Datos ingresados en la pestaña control specifications.

- Para tiempo de recurrencia de 25 años:

La siguiente tabla nos proporciona información sobre el área de drenaje (drainage área) de cada sub-cuenca (subbasin), caudal máximo (peak discharge) y volumen de agua.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Subbasin-1	41,262	88,9	03feb2015, 14:00	983,6
Subbasin-4	18,889	29,8	03feb2015, 13:45	309,5
Junction-1	60,151	117,5	03feb2015, 14:00	1293,1
Reach-1	60,151	116,7	03feb2015, 14:15	1237,8
Subbasin-3	20,184	24,1	03feb2015, 13:45	246,0
Subbasin-2	18,382	35,5	03feb2015, 13:15	356,9
Junction-2	38,566	58,3	03feb2015, 13:30	603,0
Reach-2	38,566	57,0	03feb2015, 14:00	577,0
Subbasin-5	10,956	18,0	03feb2015, 13:15	179,5
Subbasin-6	8,727	7,7	03feb2015, 13:45	75,4
Junction-3	118,400	196,2	03feb2015, 14:00	2069,7
Reach-3	118,400	191,7	03feb2015, 14:30	1904,9
Subbasin-7	19,741	33,8	03feb2015, 14:30	371,7
Junction-4	138,141	225,5	03feb2015, 14:30	2276,5

Fig. 41: Resultados obtenidos para $t=25$ años

Luego, adjuntamos los resultados obtenidos para cada sub-cuenca:

- El primer cuadro muestra los resultados del volumen de las pérdidas, el volumen en exceso, el caudal máximo, el volumen de la precipitación, etc
- El segundo cuadro muestra: el Hietograma resultante (en rojo flujo de base y en azul flujo directo) y debajo el hidrograma resultante.

Para sub-cuenca 1:

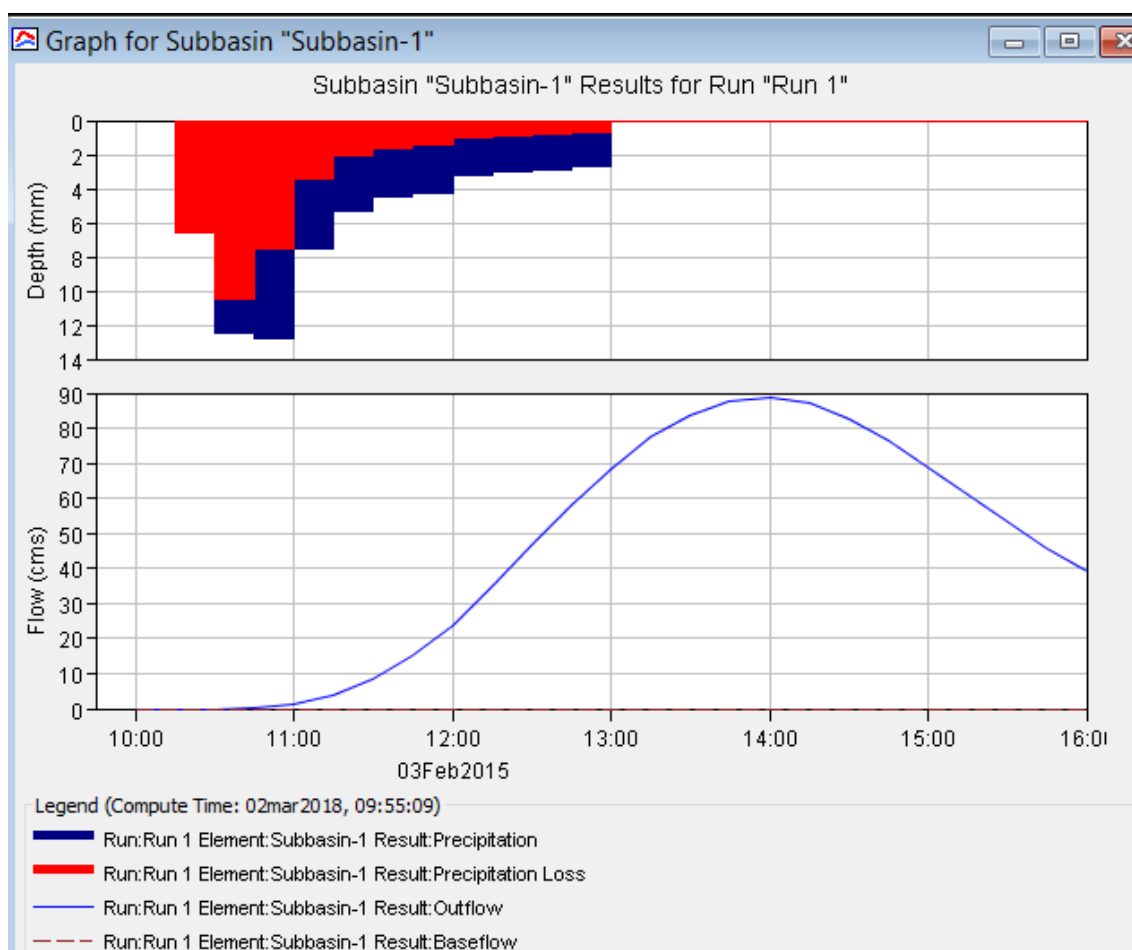
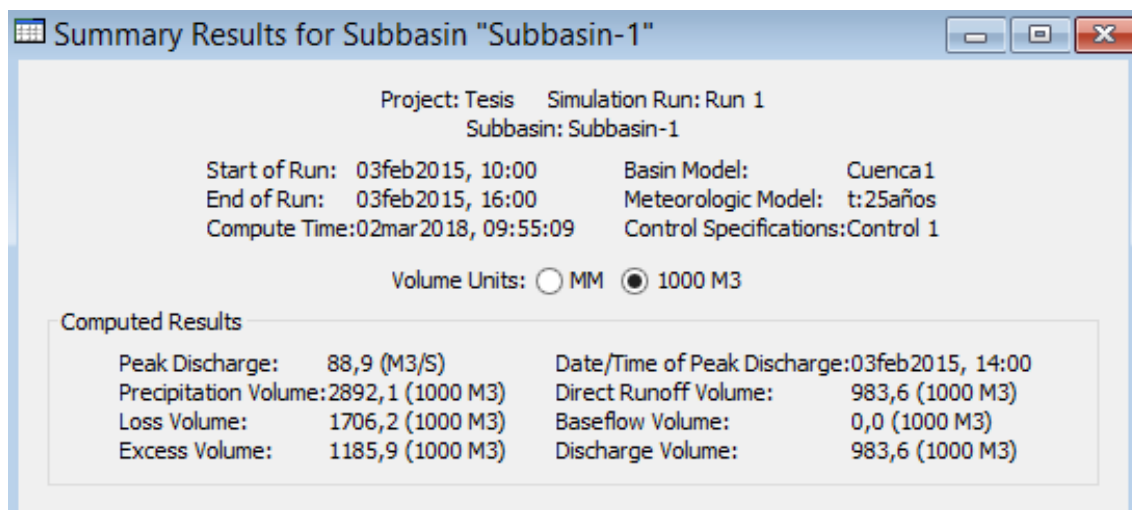


Fig. 42: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 1

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-1"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Subbasin: Subbasin-1							
Start of Run: 03feb2015, 10:00				Basin Model: Cuenca1			
End of Run: 03feb2015, 16:00				Meteorologic Model: t:25años			
Compute Time:02mar2018, 09:55:09				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	4,85	4,85	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	6,63	6,63	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	12,44	10,43	2,02	0,2	0,0	0,2
03feb2015	11:00	12,82	7,53	5,29	1,4	0,0	1,4
03feb2015	11:15	7,50	3,43	4,07	4,0	0,0	4,0
03feb2015	11:30	5,30	2,10	3,19	8,4	0,0	8,4
03feb2015	11:45	4,51	1,62	2,89	14,8	0,0	14,8
03feb2015	12:00	4,24	1,40	2,84	23,9	0,0	23,9
03feb2015	12:15	3,21	0,98	2,22	34,9	0,0	34,9
03feb2015	12:30	3,02	0,87	2,14	46,7	0,0	46,7
03feb2015	12:45	2,86	0,79	2,07	58,1	0,0	58,1
03feb2015	13:00	2,72	0,71	2,01	68,5	0,0	68,5
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	77,2	0,0	77,2
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	83,6	0,0	83,6
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	87,5	0,0	87,5
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	88,9	0,0	88,9
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	87,3	0,0	87,3
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	82,8	0,0	82,8
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	76,2	0,0	76,2
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	68,8	0,0	68,8
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	61,0	0,0	61,0
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	53,2	0,0	53,2
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	45,8	0,0	45,8
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	39,1	0,0	39,1

Fig.43: Tabla de resultados para la sub-cuenca 1

Para sub-cuenca 2:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-2"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Subbasin: Subbasin-2	
Start of Run: 03feb2015, 10:00	Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00	Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:02mar2018, 09:55:09	Control Specifications:Control 1
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 35,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 13:15
Precipitation Volume:1321,6 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 356,9 (1000 M3)
Loss Volume: 946,9 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 374,7 (1000 M3)	Discharge Volume: 356,9 (1000 M3)

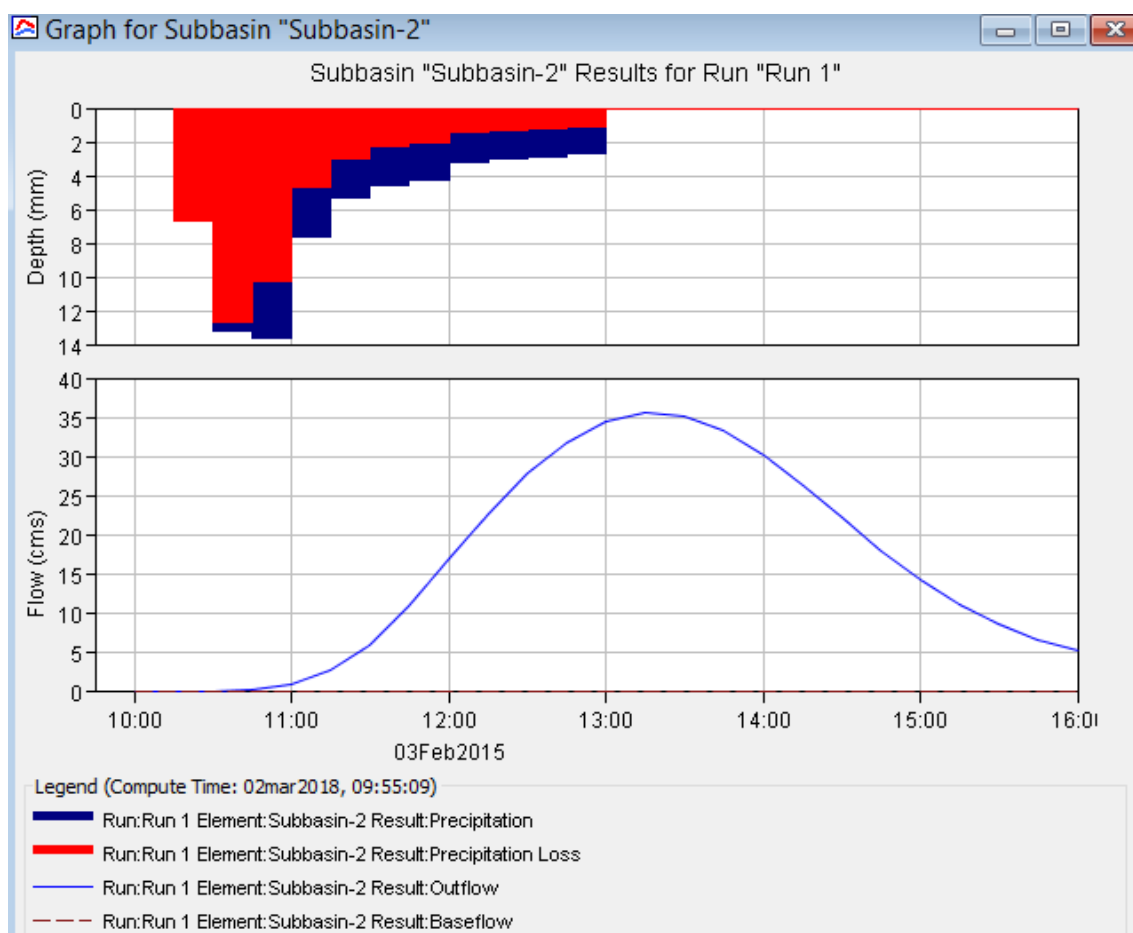


Fig. 44: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 2

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-2"

Project: Tesis Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-2

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:02mar2018, 09:55:09 Control Specifications:Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	4,89	4,89	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	6,68	6,68	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	13,19	12,69	0,50	0,1	0,0	0,1
03feb2015	11:00	13,59	10,26	3,33	0,7	0,0	0,7
03feb2015	11:15	7,61	4,71	2,90	2,5	0,0	2,5
03feb2015	11:30	5,36	2,96	2,39	5,8	0,0	5,8
03feb2015	11:45	4,54	2,31	2,22	10,9	0,0	10,9
03feb2015	12:00	4,25	2,02	2,23	16,8	0,0	16,8
03feb2015	12:15	3,21	1,45	1,77	22,7	0,0	22,7
03feb2015	12:30	3,02	1,30	1,72	27,9	0,0	27,9
03feb2015	12:45	2,86	1,17	1,68	31,8	0,0	31,8
03feb2015	13:00	2,71	1,07	1,64	34,5	0,0	34,5
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	35,5	0,0	35,5
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	35,0	0,0	35,0
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	33,2	0,0	33,2
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	30,2	0,0	30,2
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	26,3	0,0	26,3
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	22,1	0,0	22,1
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	17,9	0,0	17,9
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	14,2	0,0	14,2
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	11,0	0,0	11,0
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	8,4	0,0	8,4
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	6,5	0,0	6,5
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	5,1	0,0	5,1

Fig. 45: Tabla de resultados para la sub-cuenca 2

Para sub-cuenca 3:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-3"

Project: Tesis Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-3

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:02mar2018, 09:55:09 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	24,1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	03feb2015, 13:45
Precipitation Volume:	1448,1 (1000 M3)	Direct Runoff Volume:	246,0 (1000 M3)
Loss Volume:	1172,1 (1000 M3)	Baseflow Volume:	0,0 (1000 M3)
Excess Volume:	276,0 (1000 M3)	Discharge Volume:	246,0 (1000 M3)

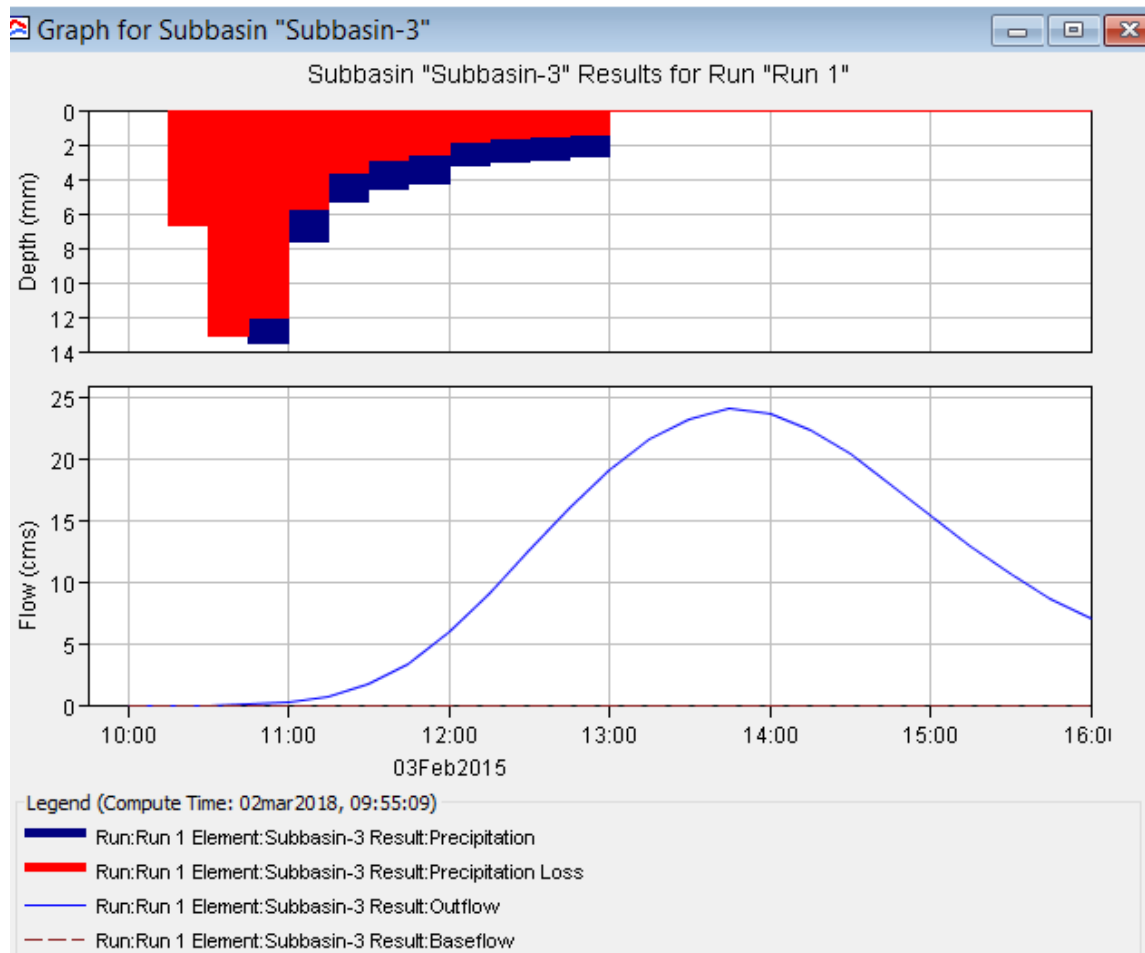


Fig. 46: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 3

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-3"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Subbasin: Subbasin-3							
Start of Run: 03feb2015, 10:00				Basin Model: Cuenca1			
End of Run: 03feb2015, 16:00				Meteorologic Model: t:25años			
Compute Time:02mar2018, 09:55:09				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	4,89	4,89	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	6,67	6,67	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	13,12	13,12	0,01	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	13,52	12,00	1,52	0,1	0,0	0,1
03feb2015	11:15	7,60	5,74	1,86	0,7	0,0	0,7
03feb2015	11:30	5,35	3,68	1,67	1,7	0,0	1,7
03feb2015	11:45	4,53	2,92	1,62	3,4	0,0	3,4
03feb2015	12:00	4,25	2,58	1,67	6,0	0,0	6,0
03feb2015	12:15	3,21	1,86	1,35	9,2	0,0	9,2
03feb2015	12:30	3,02	1,68	1,34	12,6	0,0	12,6
03feb2015	12:45	2,86	1,53	1,32	16,0	0,0	16,0
03feb2015	13:00	2,71	1,41	1,31	19,1	0,0	19,1
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	21,6	0,0	21,6
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	23,3	0,0	23,3
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	24,1	0,0	24,1
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	23,8	0,0	23,8
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	22,4	0,0	22,4
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	20,4	0,0	20,4
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	18,0	0,0	18,0
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	15,4	0,0	15,4
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	13,0	0,0	13,0
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	10,7	0,0	10,7
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	8,6	0,0	8,6
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	6,9	0,0	6,9

Fig. 47: Tabla de resultados para la sub-cuenca 3

Para su-cuenca 4:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-4"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Subbasin: Subbasin-4	
Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1	
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:25años	
Compute Time:02mar2018, 09:55:09 Control Specifications:Control 1	
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 29,8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 13:45
Precipitation Volume:1357,2 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 309,5 (1000 M3)
Loss Volume: 1017,4 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 339,8 (1000 M3)	Discharge Volume: 309,5 (1000 M3)

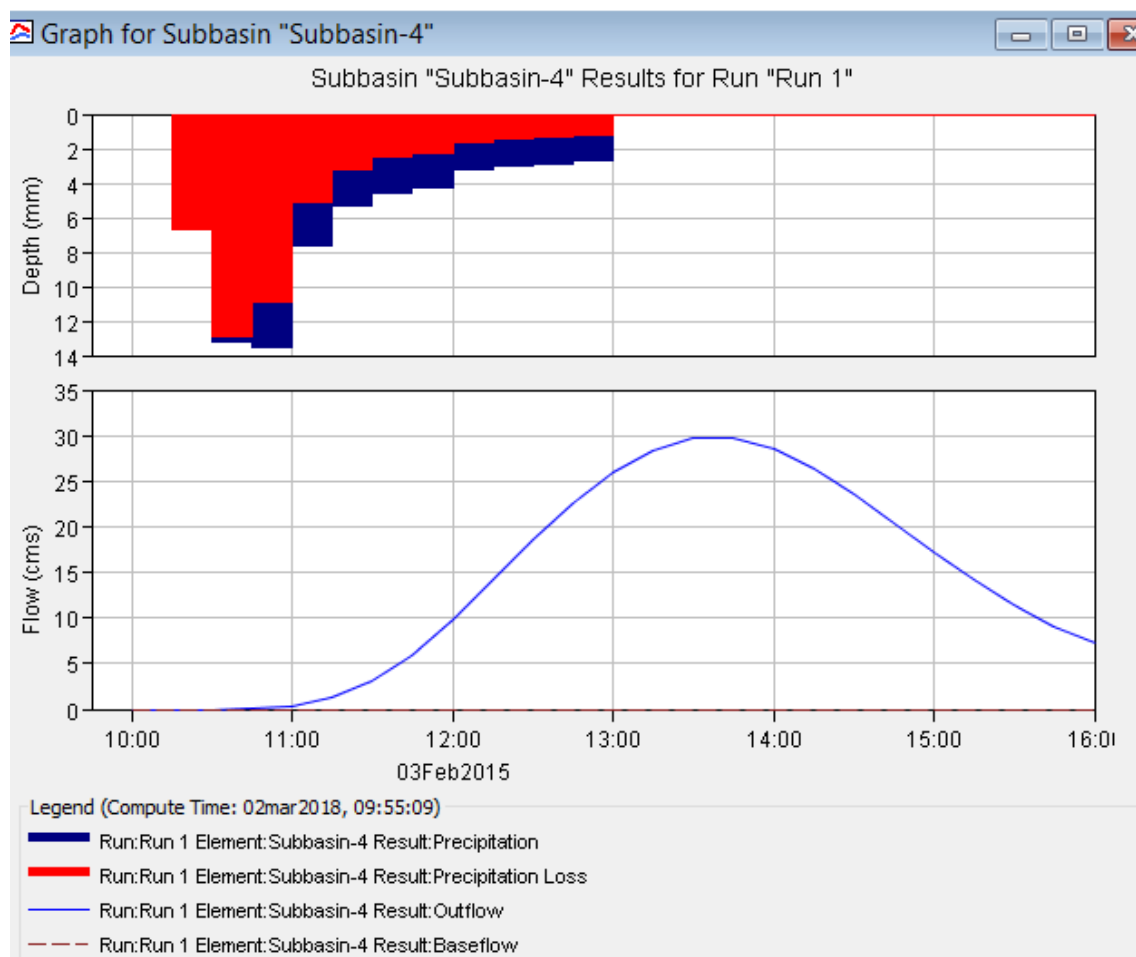


Fig. 48: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 4

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-4"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Subbasin: Subbasin-4							
Start of Run: 03feb2015, 10:00				Basin Model: Cuenca1			
End of Run: 03feb2015, 16:00				Meteorologic Model: t:25años			
Compute Time:02mar2018, 09:55:09				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	4,89	4,89	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	6,67	6,67	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	13,17	12,93	0,24	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	13,57	10,88	2,69	0,4	0,0	0,4
03feb2015	11:15	7,60	5,06	2,54	1,3	0,0	1,3
03feb2015	11:30	5,36	3,21	2,15	3,0	0,0	3,0
03feb2015	11:45	4,54	2,52	2,02	5,8	0,0	5,8
03feb2015	12:00	4,25	2,21	2,04	9,7	0,0	9,7
03feb2015	12:15	3,21	1,58	1,63	14,2	0,0	14,2
03feb2015	12:30	3,02	1,43	1,59	18,6	0,0	18,6
03feb2015	12:45	2,86	1,29	1,56	22,6	0,0	22,6
03feb2015	13:00	2,71	1,18	1,53	26,0	0,0	26,0
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	28,4	0,0	28,4
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	29,8	0,0	29,8
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	29,8	0,0	29,8
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	28,6	0,0	28,6
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	26,4	0,0	26,4
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	23,5	0,0	23,5
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	20,3	0,0	20,3
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	17,1	0,0	17,1
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	14,1	0,0	14,1
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	11,5	0,0	11,5
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	9,1	0,0	9,1
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	7,3	0,0	7,3

Fig. 49: Tabla de resultados para la sub-cuenca 4

Para sub-cuenca 5:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-5"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Subbasin: Subbasin-5	
Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1	
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:25años	
Compute Time:02mar2018, 09:55:09 Control Specifications:Control 1	
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 18,0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 13:15
Precipitation Volume:794,7 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 179,5 (1000 M3)
Loss Volume: 605,8 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 188,9 (1000 M3)	Discharge Volume: 179,5 (1000 M3)

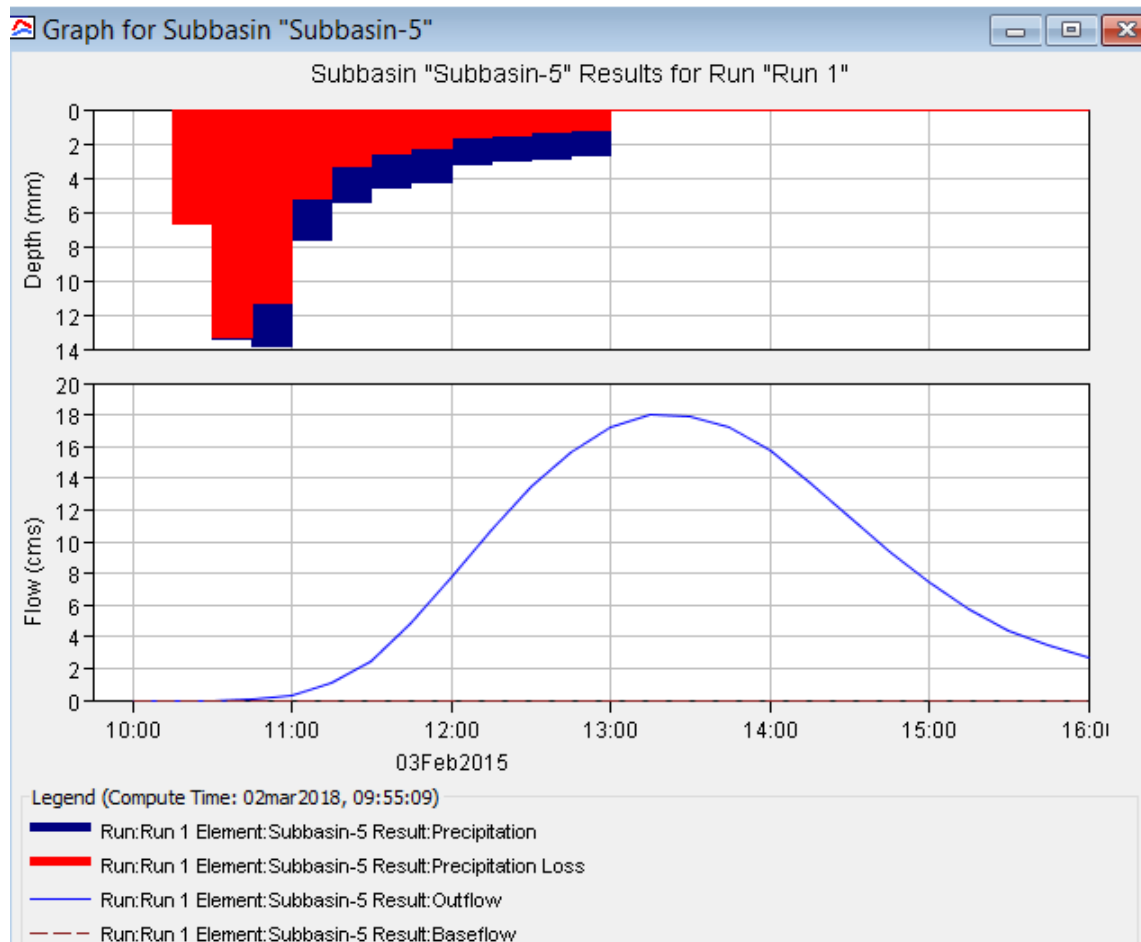


Fig. 50: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 5

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-5"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 1							
Subbasin: Subbasin-5							
Start of Run: 03feb2015, 10:00		Basin Model: Cuenca1					
End of Run: 03feb2015, 16:00		Meteorologic Model: t:25años					
Compute Time:02mar2018, 09:55:09		Control Specifications:Control 1					
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	4,91	4,91	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	6,69	6,69	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	13,45	13,28	0,17	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	13,86	11,33	2,53	0,3	0,0	0,3
03feb2015	11:15	7,65	5,21	2,43	1,0	0,0	1,0
03feb2015	11:30	5,38	3,31	2,07	2,5	0,0	2,5
03feb2015	11:45	4,54	2,60	1,95	4,9	0,0	4,9
03feb2015	12:00	4,26	2,29	1,97	7,8	0,0	7,8
03feb2015	12:15	3,22	1,64	1,58	10,8	0,0	10,8
03feb2015	12:30	3,02	1,48	1,55	13,5	0,0	13,5
03feb2015	12:45	2,86	1,34	1,51	15,6	0,0	15,6
03feb2015	13:00	2,71	1,23	1,48	17,2	0,0	17,2
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	18,0	0,0	18,0
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	17,9	0,0	17,9
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	17,2	0,0	17,2
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	15,7	0,0	15,7
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	13,7	0,0	13,7
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	11,6	0,0	11,6
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	9,4	0,0	9,4
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	7,5	0,0	7,5
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	5,8	0,0	5,8
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	4,4	0,0	4,4
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	3,4	0,0	3,4
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	2,7	0,0	2,7

Fig. 51: Tabla de resultados para la sub-cuenca 5

Para sub-cuenca 6:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-6"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 1	
Subbasin: Subbasin-6	
Start of Run: 03feb2015, 10:00	Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00	Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE	Control Specifications:Control 1
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 7,7 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 13:45
Precipitation Volume:634,7 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 75,4 (1000 M3)
Loss Volume: 551,1 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 83,6 (1000 M3)	Discharge Volume: 75,4 (1000 M3)

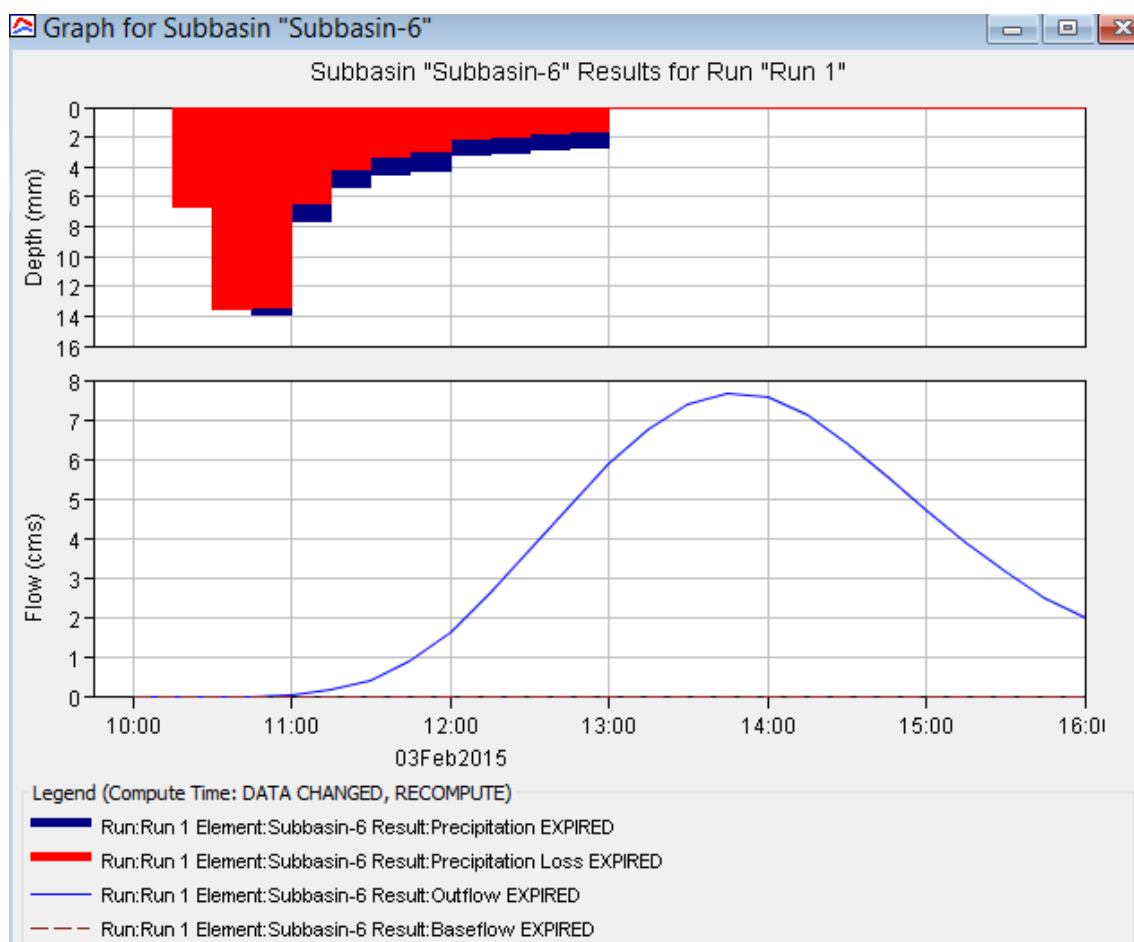


Fig. 52: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 6

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-6"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 1				Subbasin: Subbasin-6			
Start of Run: 03feb2015, 10:00				Basin Model: Cuenca1			
End of Run: 03feb2015, 16:00				Meteorologic Model: t:25años			
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	4,91	4,91	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	6,70	6,70	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	13,53	13,53	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	13,94	13,40	0,54	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:15	7,66	6,48	1,18	0,1	0,0	0,1
03feb2015	11:30	5,38	4,21	1,18	0,4	0,0	0,4
03feb2015	11:45	4,55	3,35	1,19	0,9	0,0	0,9
03feb2015	12:00	4,26	2,99	1,27	1,6	0,0	1,6
03feb2015	12:15	3,22	2,16	1,05	2,6	0,0	2,6
03feb2015	12:30	3,02	1,96	1,06	3,7	0,0	3,7
03feb2015	12:45	2,86	1,80	1,06	4,8	0,0	4,8
03feb2015	13:00	2,71	1,66	1,05	5,9	0,0	5,9
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	6,8	0,0	6,8
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	7,4	0,0	7,4
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	7,7	0,0	7,7
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	7,6	0,0	7,6
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	7,1	0,0	7,1
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	6,4	0,0	6,4
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	5,6	0,0	5,6
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	4,7	0,0	4,7
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	3,9	0,0	3,9
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	3,1	0,0	3,1
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	2,5	0,0	2,5
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	2,0	0,0	2,0

Fig. 53: Tabla de resultados para la sub-cuenca 6

Para sub-cuenca 7:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-7"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 1	
Subbasin: Subbasin-7	
Start of Run: 03feb2015, 10:00	Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00	Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:02mar2018, 09:55:09	Control Specifications:Control 1
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 33,8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 14:30
Precipitation Volume:1417,1 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 371,7 (1000 M3)
Loss Volume: 912,3 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 504,8 (1000 M3)	Discharge Volume: 371,7 (1000 M3)

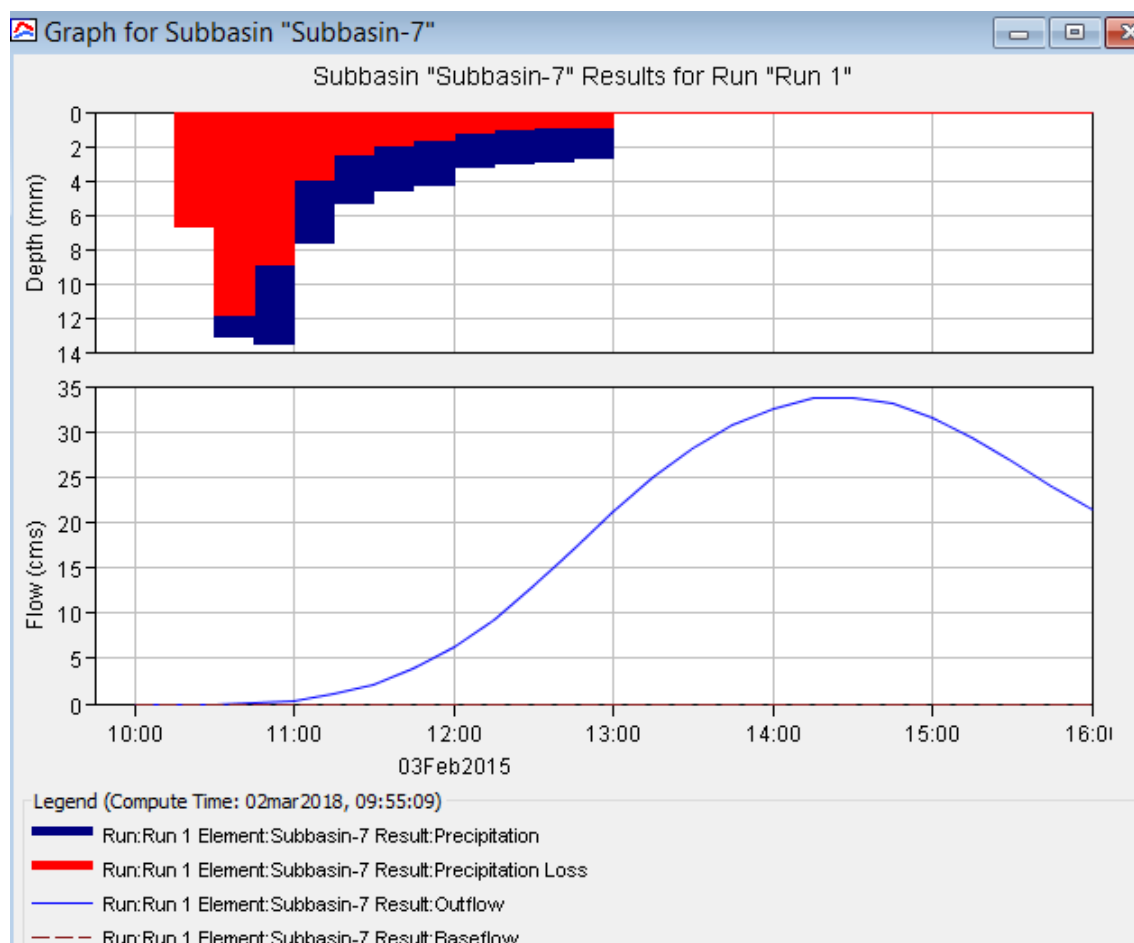


Fig. 54: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 7

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-7"

Project: Tesis Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-7

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:02mar2018, 09:55:09 Control Specifications:Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	4,89	4,89	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	6,67	6,67	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	13,14	11,83	1,31	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	13,54	8,87	4,67	0,3	0,0	0,3
03feb2015	11:15	7,60	3,96	3,64	1,0	0,0	1,0
03feb2015	11:30	5,35	2,45	2,90	2,2	0,0	2,2
03feb2015	11:45	4,53	1,90	2,64	3,8	0,0	3,8
03feb2015	12:00	4,25	1,65	2,61	6,2	0,0	6,2
03feb2015	12:15	3,21	1,17	2,05	9,3	0,0	9,3
03feb2015	12:30	3,02	1,04	1,98	13,0	0,0	13,0
03feb2015	12:45	2,86	0,94	1,92	17,1	0,0	17,1
03feb2015	13:00	2,71	0,85	1,86	21,1	0,0	21,1
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	24,9	0,0	24,9
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	28,1	0,0	28,1
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	30,7	0,0	30,7
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	32,6	0,0	32,6
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	33,6	0,0	33,6
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	33,8	0,0	33,8
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	33,1	0,0	33,1
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	31,5	0,0	31,5
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	29,2	0,0	29,2
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	26,7	0,0	26,7
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	24,0	0,0	24,0
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	21,3	0,0	21,3

Fig. 55: Tabla de resultados para la sub-cuenca 7

Para la unión de la sub-cuenca 1 y sub-cuenca 4:

Summary Results for Junction "Junction-1"

Project: Tesis Simulation Run: Run 1
Junction: Junction-1

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:02mar2018, 09:55:09 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 117,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 03feb2015, 14:00
Volume: 1293,1 (1000 M3)	

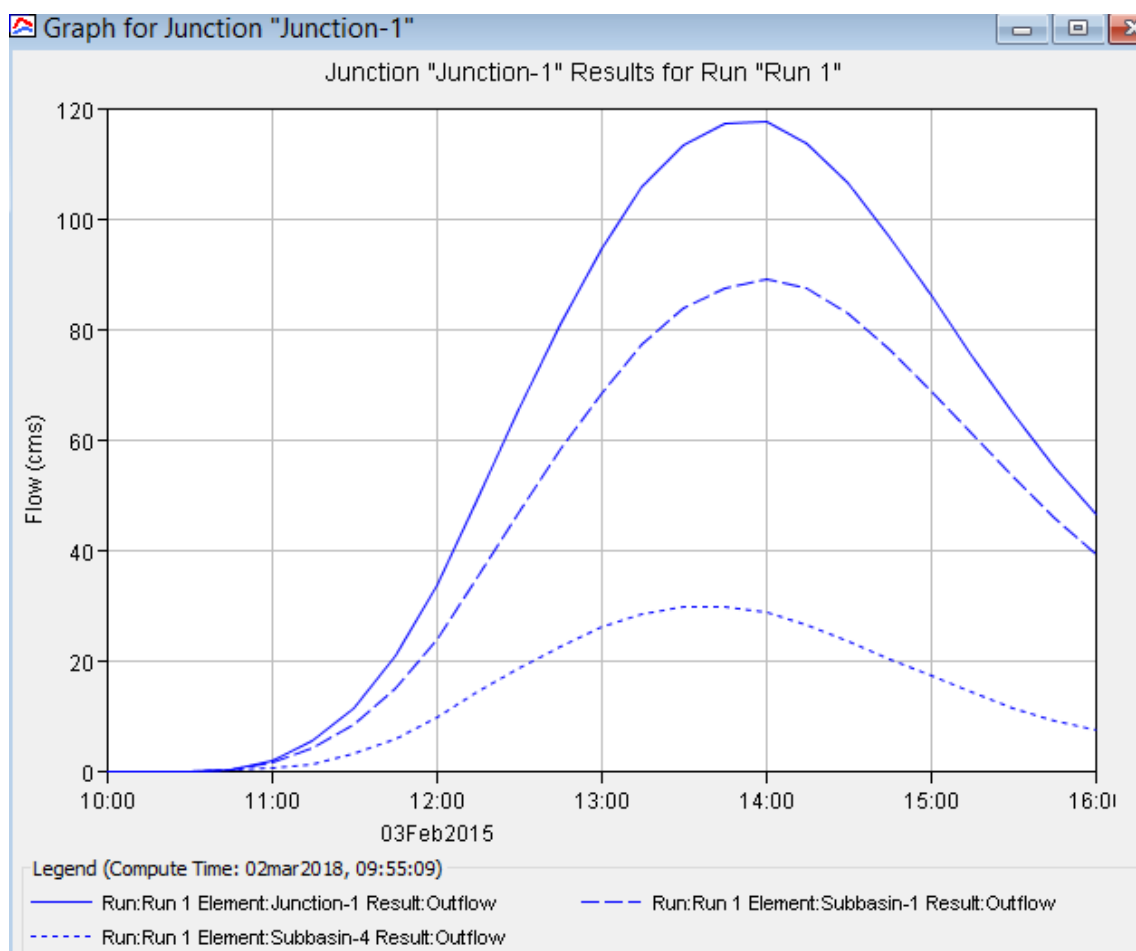


Fig. 56: Hidrograma resultante

Time-Series Results for Junction "Junction-1"				
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Junction: Junction-1				
Start of Run: 03feb2015, 10:00		Basin Model: Cuenca1		
End of Run: 03feb2015, 16:00		Meteorologic Model: t:25años		
Compute Time:02mar2018, 09:55:09		Control Specifications:Control 1		
Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Outflow (M3/S)
03feb2015	10:00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	0,2	0,0	0,3
03feb2015	11:00	1,4	0,4	1,8
03feb2015	11:15	4,0	1,3	5,3
03feb2015	11:30	8,4	3,0	11,4
03feb2015	11:45	14,8	5,8	20,7
03feb2015	12:00	23,9	9,7	33,6
03feb2015	12:15	34,9	14,2	49,1
03feb2015	12:30	46,7	18,6	65,3
03feb2015	12:45	58,1	22,6	80,7
03feb2015	13:00	68,5	26,0	94,5
03feb2015	13:15	77,2	28,4	105,7
03feb2015	13:30	83,6	29,8	113,4
03feb2015	13:45	87,5	29,8	117,3
03feb2015	14:00	88,9	28,6	117,5
03feb2015	14:15	87,3	26,4	113,7
03feb2015	14:30	82,8	23,5	106,2
03feb2015	14:45	76,2	20,3	96,5
03feb2015	15:00	68,8	17,1	85,9
03feb2015	15:15	61,0	14,1	75,1
03feb2015	15:30	53,2	11,5	64,7
03feb2015	15:45	45,8	9,1	55,0
03feb2015	16:00	39,1	7,3	46,4

Fig. 57: Tabla de resultados

Para la unión de la sub-cuenca 2 y sub-cuenca 3:

Summary Results for Junction "Junction-2"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Junction: Junction-2	
Start of Run: 03feb2015, 10:00	Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00	Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:02mar2018, 09:55:09	Control Specifications:Control 1
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 58,3 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 03feb2015, 13:30
Volume: 603,0 (1000 M3)	

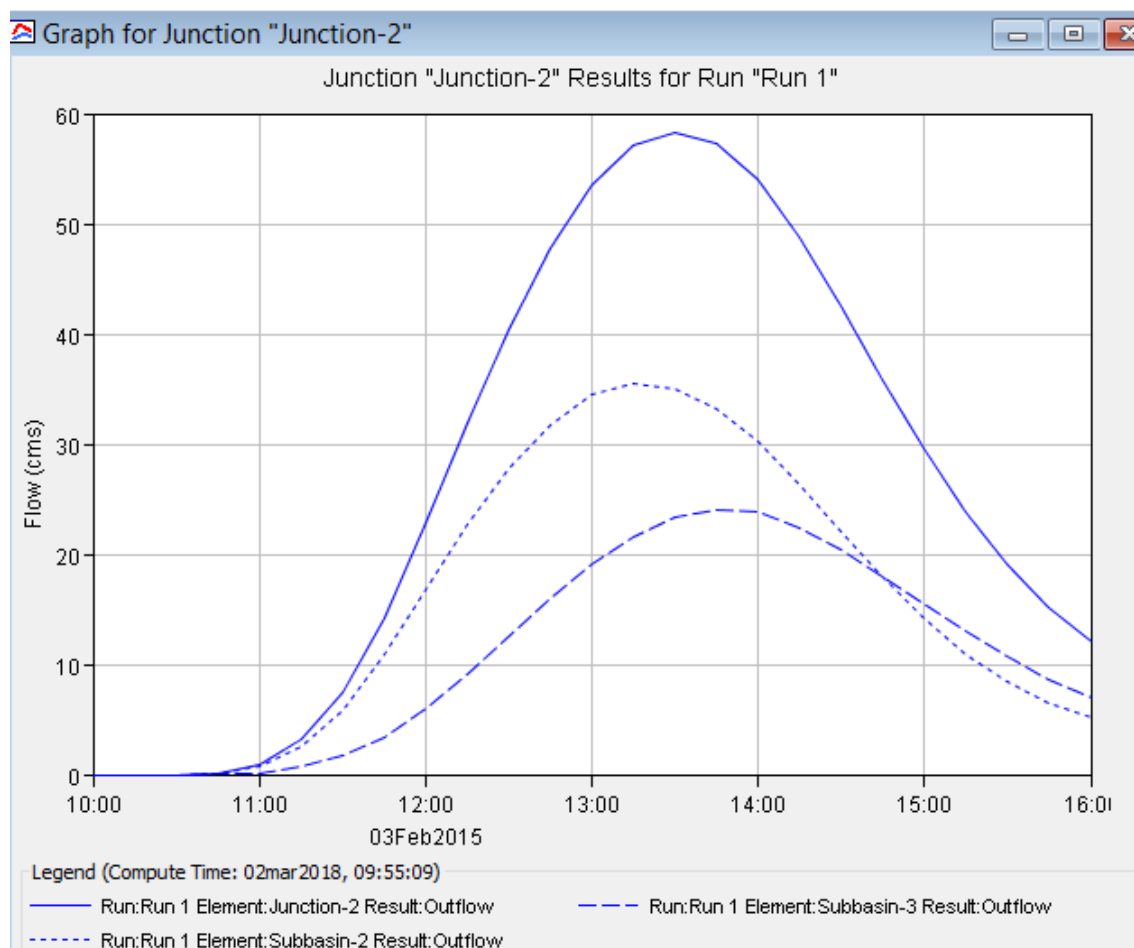


Fig. 58: Hidrograma resultante

Time-Series Results for Junction "Junction-2"				
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Junction: Junction-2				
Start of Run: 03feb2015, 10:00		Basin Model: Cuenca 1		
End of Run: 03feb2015, 16:00		Meteorologic Model: t:25años		
Compute Time:02mar2018, 09:55:09		Control Specifications:Control 1		
Date	Time	Inflow from...	Inflow from...	Outflow
		(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)
03feb2015	10:00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	0,0	0,1	0,1
03feb2015	11:00	0,1	0,7	0,9
03feb2015	11:15	0,7	2,5	3,2
03feb2015	11:30	1,7	5,8	7,5
03feb2015	11:45	3,4	10,9	14,3
03feb2015	12:00	6,0	16,8	22,8
03feb2015	12:15	9,2	22,7	31,9
03feb2015	12:30	12,6	27,9	40,4
03feb2015	12:45	16,0	31,8	47,8
03feb2015	13:00	19,1	34,5	53,5
03feb2015	13:15	21,6	35,5	57,1
03feb2015	13:30	23,3	35,0	58,3
03feb2015	13:45	24,1	33,2	57,3
03feb2015	14:00	23,8	30,2	54,0
03feb2015	14:15	22,4	26,3	48,7
03feb2015	14:30	20,4	22,1	42,5
03feb2015	14:45	18,0	17,9	35,9
03feb2015	15:00	15,4	14,2	29,6
03feb2015	15:15	13,0	11,0	23,9
03feb2015	15:30	10,7	8,4	19,1
03feb2015	15:45	8,6	6,5	15,2
03feb2015	16:00	6,9	5,1	12,0

Fig. 59: Tabla de resultados

Para la unión de la sub-cuenca 5 y sub-cuenca 6:

Summary Results for Junction "Junction-3"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Junction: Junction-3	
Start of Run: 03feb2015, 10:00	Basin Model: Cuenca 1
End of Run: 03feb2015, 16:00	Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE	Control Specifications:Control 1
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge:196,2 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 14:00
Volume: 2069,7 (1000 M3)	

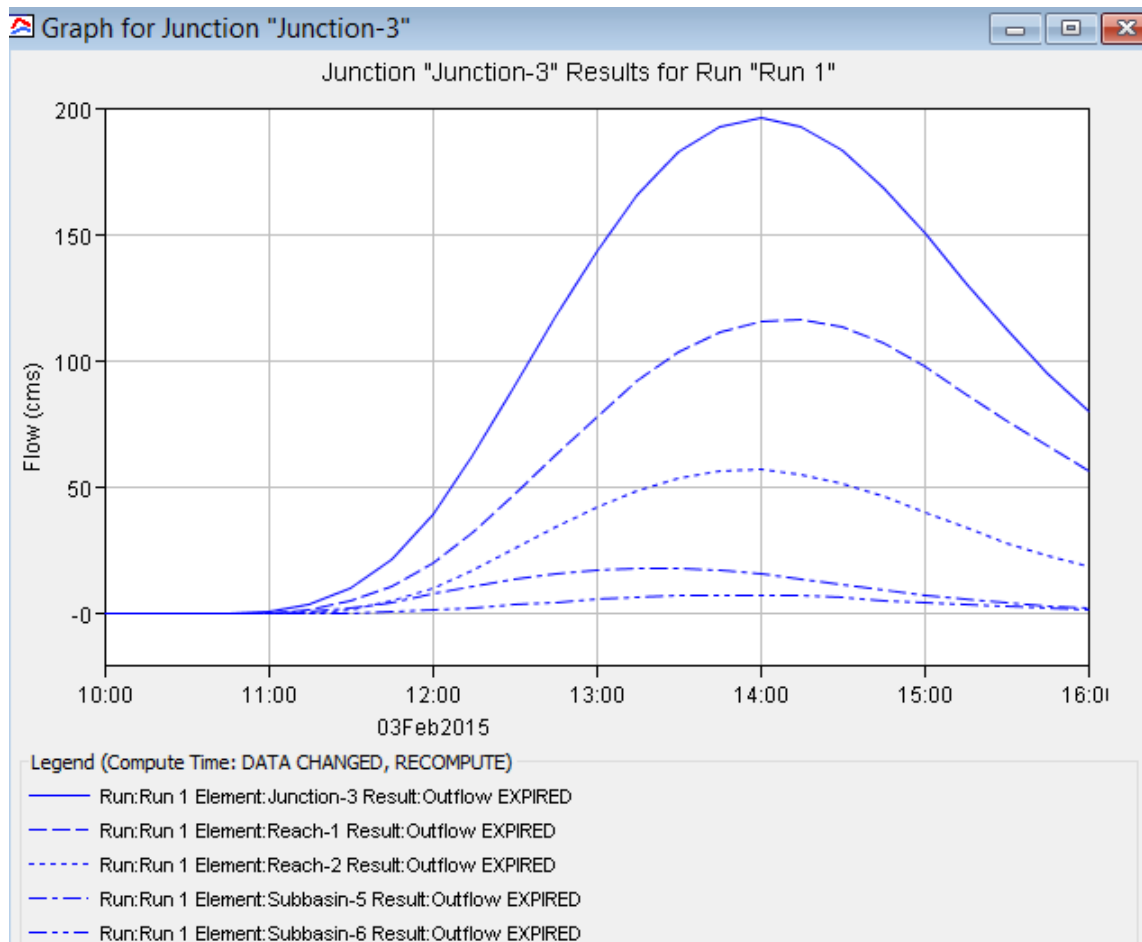


Fig. 60: Hidrograma resultante

Time-Series Results for Junction "Junction-3"

Project: Tesis Simulation Run: Run 1
Junction: Junction-3

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications:Control 1

Date	Time	Inflow from...	Inflow from...	Inflow from...	Inflow from...	Outflow
		(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)
03feb2015	10:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	0,0	-0,0	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	0,4	0,0	0,3	0,0	0,7
03feb2015	11:15	1,9	0,5	1,0	0,1	3,5
03feb2015	11:30	5,2	2,0	2,5	0,4	10,1
03feb2015	11:45	11,1	5,1	4,9	0,9	21,9
03feb2015	12:00	20,0	10,3	7,8	1,6	39,7
03feb2015	12:15	32,3	17,5	10,8	2,6	63,1
03feb2015	12:30	47,1	25,7	13,5	3,7	90,0
03feb2015	12:45	62,9	34,2	15,6	4,8	117,5
03feb2015	13:00	78,2	42,0	17,2	5,9	143,3
03feb2015	13:15	92,0	48,7	18,0	6,8	165,4
03feb2015	13:30	103,4	53,6	17,9	7,4	182,3
03feb2015	13:45	111,5	56,3	17,2	7,7	192,7
03feb2015	14:00	116,0	57,0	15,7	7,6	196,2
03feb2015	14:15	116,7	55,3	13,7	7,1	192,8
03feb2015	14:30	113,5	51,6	11,6	6,4	183,0
03feb2015	14:45	106,8	46,4	9,4	5,6	168,1
03feb2015	15:00	97,7	40,4	7,5	4,7	150,2
03feb2015	15:15	87,4	34,2	5,8	3,9	131,2
03feb2015	15:30	76,7	28,3	4,4	3,1	112,6
03feb2015	15:45	66,3	23,0	3,4	2,5	95,3
03feb2015	16:00	56,6	18,5	2,7	2,0	79,8

Fig. 61: Tabla de resultados

Para la unión de la sub-cuenca 7 y resto de sub-cuencas:

Summary Results for Junction "Junction-4"

Project: Tesis Simulation Run: Run 1
Junction: Junction-4

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:25años
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:225,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 14:30
Volume: 2276,5 (1000 M3)	

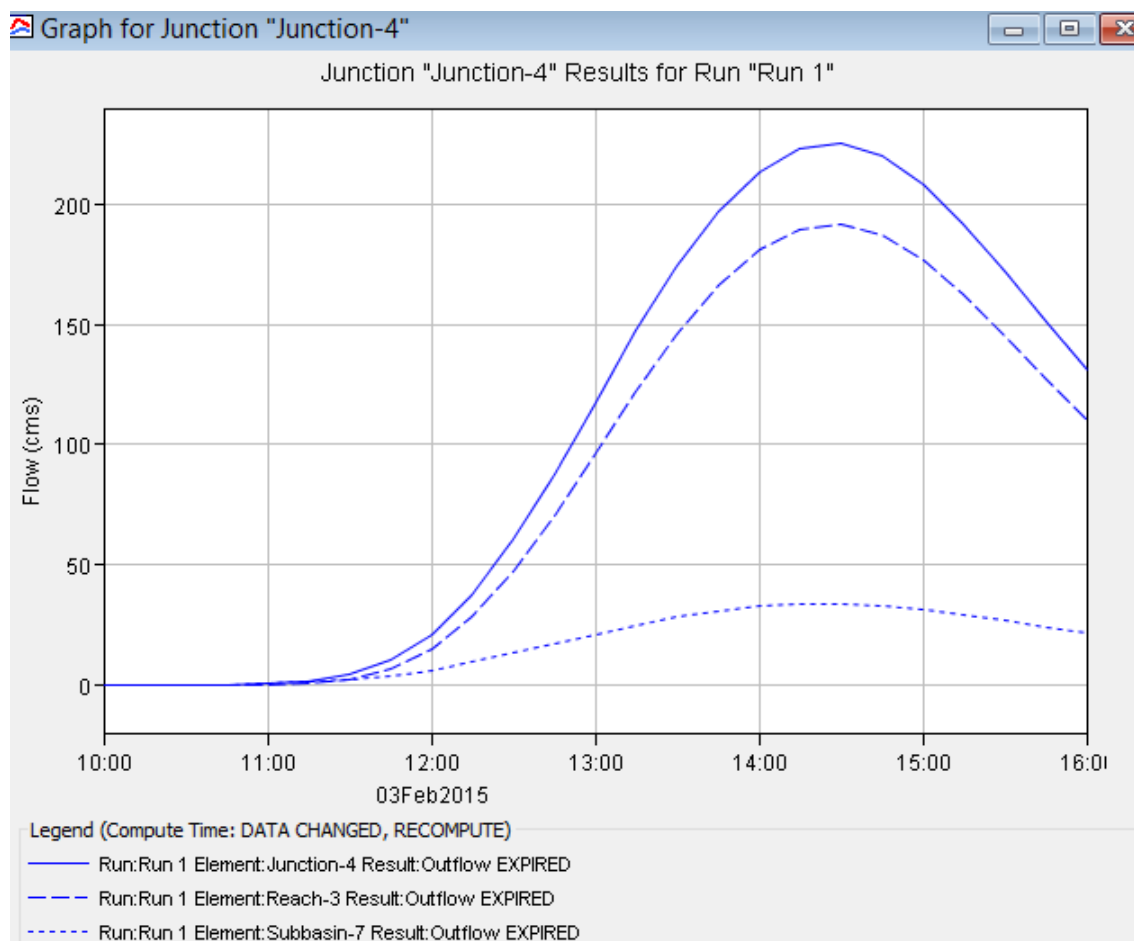


Fig. 62: Hidrograma resultante

Time-Series Results for Junction "Junction-4"				
Project: Tesis Simulation Run: Run 1 Junction: Junction-4				
Start of Run: 03feb2015, 10:00		Basin Model: Cuenca1		
End of Run: 03feb2015, 16:00		Meteorologic Model: t:25años		
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications:Control 1		
Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Outflow (M3/S)
03feb2015	10:00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	-0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	0,0	0,3	0,3
03feb2015	11:15	0,3	1,0	1,4
03feb2015	11:30	2,0	2,2	4,1
03feb2015	11:45	6,3	3,8	10,1
03feb2015	12:00	14,6	6,2	20,8
03feb2015	12:15	28,1	9,3	37,4
03feb2015	12:30	47,2	13,0	60,2
03feb2015	12:45	70,6	17,1	87,7
03feb2015	13:00	96,4	21,1	117,5
03feb2015	13:15	122,3	24,9	147,1
03feb2015	13:30	146,2	28,1	174,3
03feb2015	13:45	166,3	30,7	197,0
03feb2015	14:00	181,1	32,6	213,7
03feb2015	14:15	189,7	33,6	223,3
03feb2015	14:30	191,7	33,8	225,5
03feb2015	14:45	187,2	33,1	220,2
03feb2015	15:00	176,9	31,5	208,4
03feb2015	15:15	162,3	29,2	191,6
03feb2015	15:30	145,3	26,7	172,0
03feb2015	15:45	127,3	24,0	151,3
03feb2015	16:00	109,6	21,3	131,0

Fig. 63: Tabla de resultados

- Para tiempo de recurrencia de 50 años:

Global Summary Results for Run "Run 2"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 09:47:48 Control Specifications:Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Subbasin-1	41,262	108,8	03feb2015, 14:00	1211,6
Subbasin-4	18,889	38,3	03feb2015, 13:30	400,7
Junction-1	60,151	145,6	03feb2015, 13:45	1612,3
Reach-1	60,151	144,1	03feb2015, 14:15	1545,1
Subbasin-3	20,184	31,8	03feb2015, 13:45	328,8
Subbasin-2	18,382	45,0	03feb2015, 13:15	455,4
Junction-2	38,566	75,0	03feb2015, 13:30	784,2
Reach-2	38,566	73,2	03feb2015, 14:00	751,4
Subbasin-5	10,956	23,2	03feb2015, 13:15	233,5
Subbasin-6	8,727	10,6	03feb2015, 13:45	105,6
Junction-3	118,400	247,4	03feb2015, 14:00	2635,6
Reach-3	118,400	241,5	03feb2015, 14:30	2432,5
Subbasin-7	19,741	41,9	03feb2015, 14:30	465,4
Junction-4	138,141	283,4	03feb2015, 14:30	2897,9

Fig. 64: Resultados obtenidos para $t=50$ años

Para sub-cuenca 1:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Subbasin: Subbasin-1

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	108,8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	03feb2015, 14:00
Precipitation Volume:	3246,1 (1000 M3)	Direct Runoff Volume:	1211,6 (1000 M3)
Loss Volume:	1790,7 (1000 M3)	Baseflow Volume:	0,0 (1000 M3)
Excess Volume:	1455,4 (1000 M3)	Discharge Volume:	1211,6 (1000 M3)

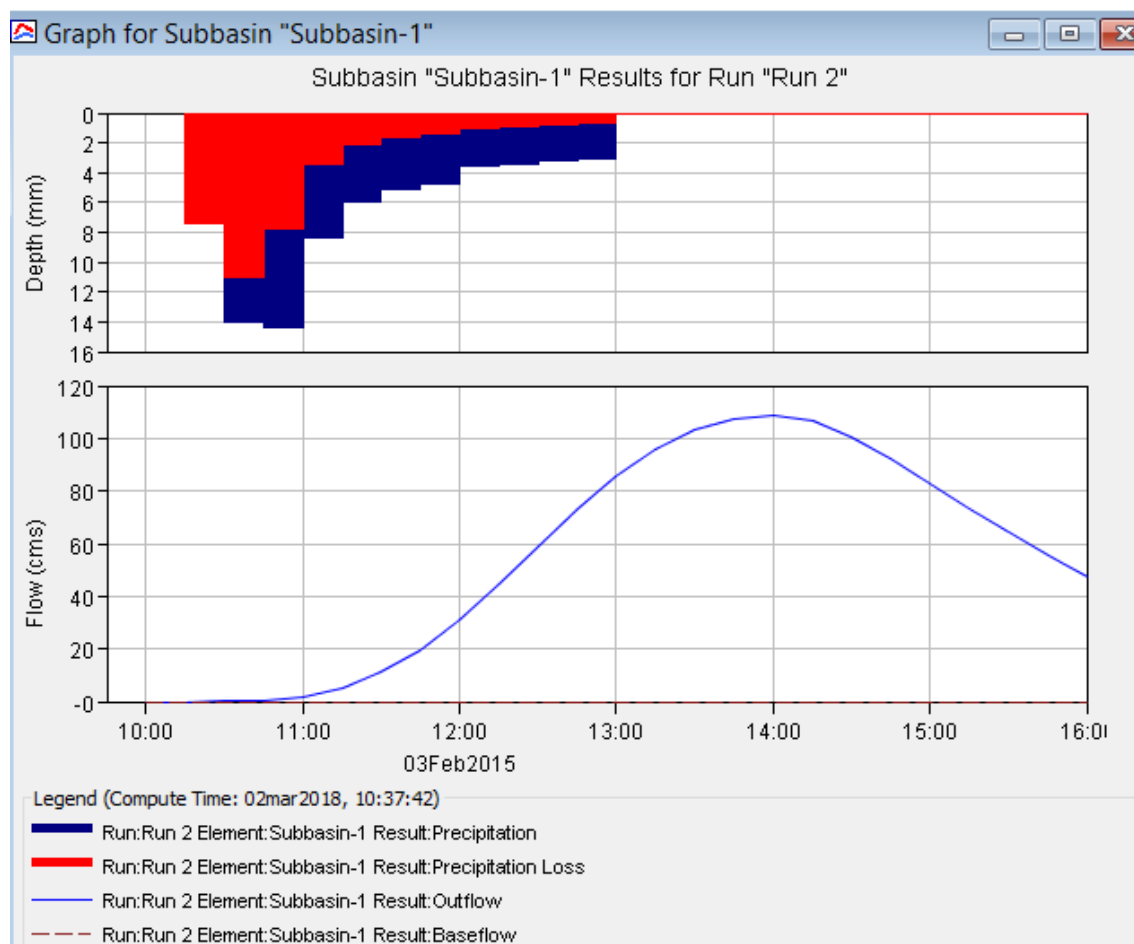


Fig. 65: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 1

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-1"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 2 Subbasin: Subbasin-1							
Start of Run: 03feb2015, 10:00				Basin Model: Cuenca1			
End of Run: 03feb2015, 16:00				Meteorologic Model: t:50años			
Compute Time:02mar2018, 10:37:42				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	5,45	5,45	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	7,44	7,43	0,02	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	13,97	10,99	2,98	0,4	0,0	0,4
03feb2015	11:00	14,39	7,71	6,68	2,0	0,0	2,0
03feb2015	11:15	8,41	3,45	4,96	5,4	0,0	5,4
03feb2015	11:30	5,94	2,10	3,84	11,0	0,0	11,0
03feb2015	11:45	5,06	1,61	3,46	19,4	0,0	19,4
03feb2015	12:00	4,76	1,38	3,38	30,9	0,0	30,9
03feb2015	12:15	3,60	0,97	2,63	44,7	0,0	44,7
03feb2015	12:30	3,39	0,86	2,53	59,3	0,0	59,3
03feb2015	12:45	3,21	0,77	2,44	73,2	0,0	73,2
03feb2015	13:00	3,05	0,70	2,36	85,6	0,0	85,6
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	95,9	0,0	95,9
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	103,3	0,0	103,3
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	107,5	0,0	107,5
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	108,8	0,0	108,8
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	106,4	0,0	106,4
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	100,5	0,0	100,5
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	92,3	0,0	92,3
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	83,2	0,0	83,2
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	73,6	0,0	73,6
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	64,2	0,0	64,2
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	55,2	0,0	55,2
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	47,1	0,0	47,1

Fig. 66: Tabla de resultados para la sub-cuenca 1

Para sub-cuenca 2:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-2"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 2 Subbasin: Subbasin-2	
Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1	
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años	
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1	
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 45,0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 13:15
Precipitation Volume:1483,4 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 455,4 (1000 M3)
Loss Volume: 1006,0 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 477,4 (1000 M3)	Discharge Volume: 455,4 (1000 M3)

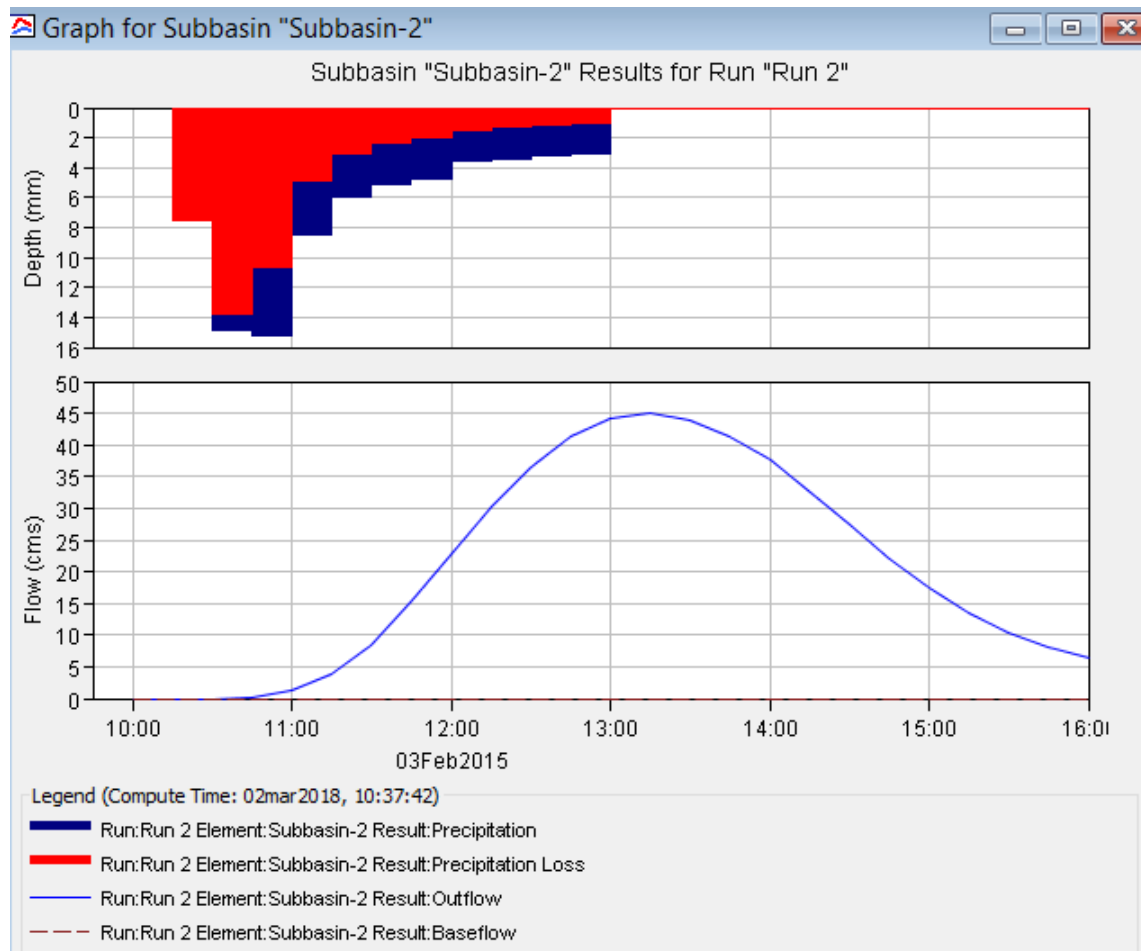


Fig. 67: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 2

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-2"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 2 Subbasin: Subbasin-2							
Start of Run: 03feb2015, 10:00				Basin Model: Cuenca1			
End of Run: 03feb2015, 16:00				Meteorologic Model: t:50años			
Compute Time:02mar2018, 10:37:42				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	5,49	5,49	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	7,49	7,49	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	14,80	13,80	0,99	0,2	0,0	0,2
03feb2015	11:00	15,25	10,70	4,55	1,2	0,0	1,2
03feb2015	11:15	8,54	4,83	3,71	3,7	0,0	3,7
03feb2015	11:30	6,01	3,02	2,99	8,3	0,0	8,3
03feb2015	11:45	5,09	2,34	2,75	15,1	0,0	15,1
03feb2015	12:00	4,77	2,04	2,73	22,9	0,0	22,9
03feb2015	12:15	3,61	1,45	2,16	30,3	0,0	30,3
03feb2015	12:30	3,39	1,30	2,09	36,6	0,0	36,6
03feb2015	12:45	3,21	1,17	2,03	41,2	0,0	41,2
03feb2015	13:00	3,05	1,07	1,98	44,1	0,0	44,1
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	45,0	0,0	45,0
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	43,9	0,0	43,9
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	41,5	0,0	41,5
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	37,5	0,0	37,5
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	32,6	0,0	32,6
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	27,3	0,0	27,3
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	22,1	0,0	22,1
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	17,5	0,0	17,5
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	13,5	0,0	13,5
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	10,4	0,0	10,4
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	8,1	0,0	8,1
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	6,3	0,0	6,3

Fig. 68: Tabla de resultados para la sub-cuenca 2

Para sub-cuenca 3:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-3"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Subbasin: Subbasin-3

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	31,8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	03feb2015, 13:45
Precipitation Volume:	1625,4 (1000 M3)	Direct Runoff Volume:	328,8 (1000 M3)
Loss Volume:	1258,0 (1000 M3)	Baseflow Volume:	0,0 (1000 M3)
Excess Volume:	367,3 (1000 M3)	Discharge Volume:	328,8 (1000 M3)

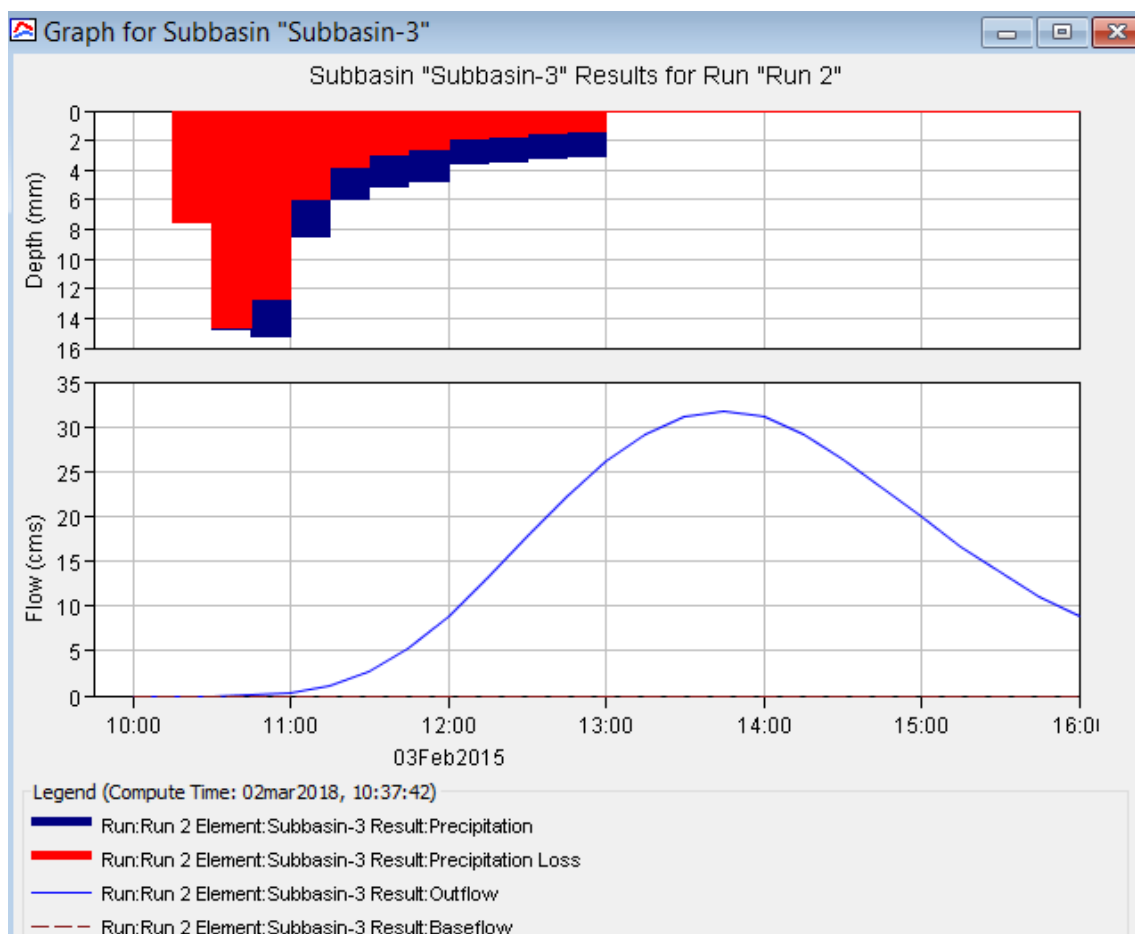


Fig. 69: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 3

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-3"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 2				Subbasin: Subbasin-3			
Start of Run: 03feb2015, 10:00				Basin Model: Cuenca1			
End of Run: 03feb2015, 16:00				Meteorologic Model: t:50años			
Compute Time:02mar2018, 10:37:42				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	5,49	5,49	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	7,49	7,49	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	14,73	14,61	0,12	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	15,18	12,70	2,48	0,3	0,0	0,3
03feb2015	11:15	8,53	5,98	2,55	1,1	0,0	1,1
03feb2015	11:30	6,01	3,81	2,19	2,6	0,0	2,6
03feb2015	11:45	5,09	3,00	2,08	5,2	0,0	5,2
03feb2015	12:00	4,77	2,65	2,12	8,9	0,0	8,9
03feb2015	12:15	3,61	1,90	1,71	13,3	0,0	13,3
03feb2015	12:30	3,39	1,71	1,68	17,9	0,0	17,9
03feb2015	12:45	3,21	1,56	1,65	22,2	0,0	22,2
03feb2015	13:00	3,05	1,43	1,62	26,1	0,0	26,1
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	29,1	0,0	29,1
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	31,1	0,0	31,1
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	31,8	0,0	31,8
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	31,1	0,0	31,1
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	29,2	0,0	29,2
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	26,4	0,0	26,4
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	23,2	0,0	23,2
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	19,9	0,0	19,9
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	16,7	0,0	16,7
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	13,7	0,0	13,7
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	11,1	0,0	11,1
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	8,9	0,0	8,9

Fig. 70: Tabla de resultados para la sub-cuenca 3

Para sub-cuenca 4:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-4"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 2	
Subbasin: Subbasin-4	
Start of Run: 03feb2015, 10:00	
End of Run: 03feb2015, 16:00	
Compute Time:02mar2018, 10:37:42	
Basin Model: Cuenca1	
Meteorologic Model: t:50años	
Control Specifications:Control 1	
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 38,3 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 13:30
Precipitation Volume:1523,4 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 400,7 (1000 M3)
Loss Volume: 1084,7 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 438,6 (1000 M3)	Discharge Volume: 400,7 (1000 M3)

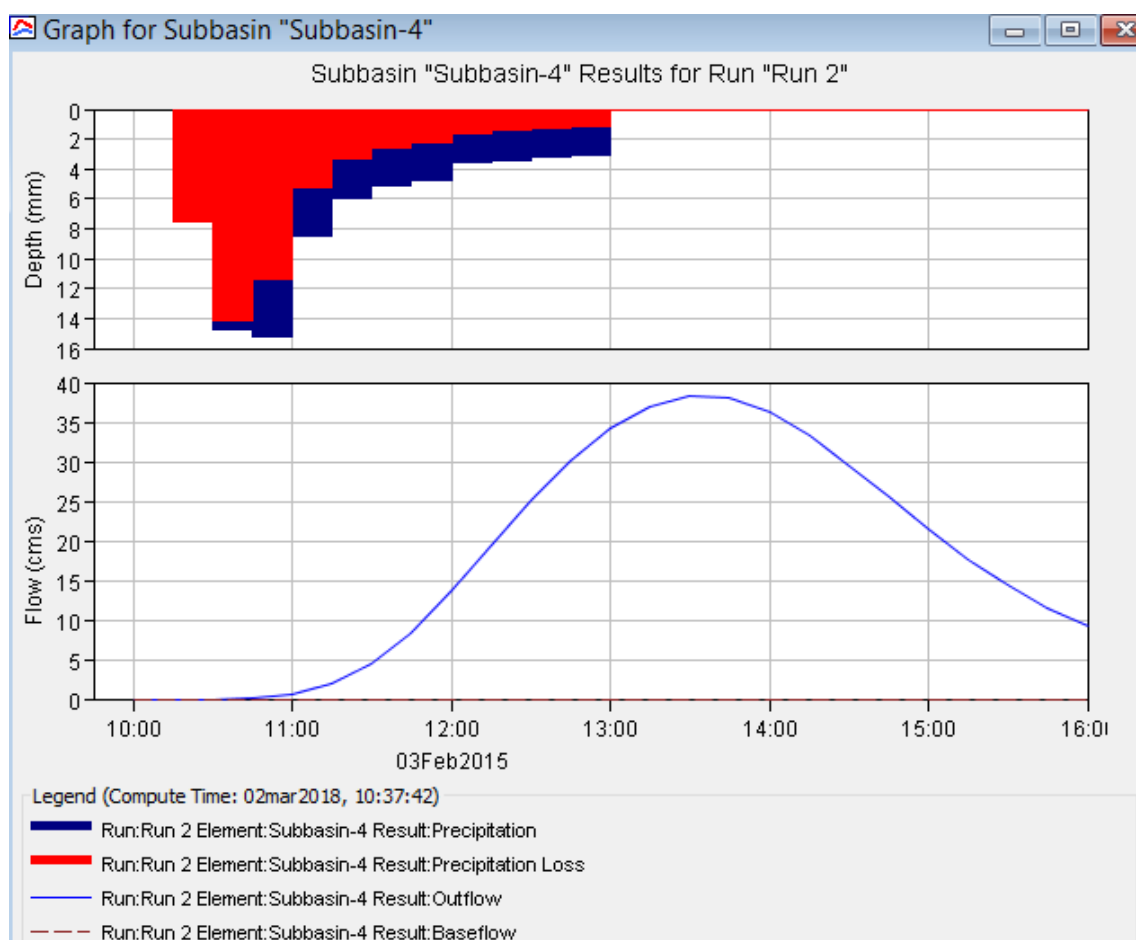


Fig. 71: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 4

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-4"							
Project: Tesis Simulation Run: Run 2				Subbasin: Subbasin-4			
Start of Run: 03feb2015, 10:00				Basin Model: Cuenca1			
End of Run: 03feb2015, 16:00				Meteorologic Model: t:50años			
Compute Time:02mar2018, 10:37:42				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	5,49	5,49	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	7,49	7,49	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	14,78	14,18	0,60	0,1	0,0	0,1
03feb2015	11:00	15,23	11,41	3,82	0,6	0,0	0,6
03feb2015	11:15	8,54	5,23	3,31	2,0	0,0	2,0
03feb2015	11:30	6,01	3,29	2,72	4,4	0,0	4,4
03feb2015	11:45	5,09	2,57	2,52	8,4	0,0	8,4
03feb2015	12:00	4,77	2,24	2,53	13,7	0,0	13,7
03feb2015	12:15	3,61	1,60	2,01	19,5	0,0	19,5
03feb2015	12:30	3,39	1,44	1,95	25,1	0,0	25,1
03feb2015	12:45	3,21	1,30	1,90	30,1	0,0	30,1
03feb2015	13:00	3,05	1,19	1,86	34,1	0,0	34,1
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	36,9	0,0	36,9
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	38,3	0,0	38,3
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	38,0	0,0	38,0
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	36,2	0,0	36,2
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	33,3	0,0	33,3
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	29,5	0,0	29,5
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	25,5	0,0	25,5
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	21,5	0,0	21,5
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	17,7	0,0	17,7
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	14,3	0,0	14,3
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	11,5	0,0	11,5
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	9,2	0,0	9,2

Fig. 72: Tabla de resultados para la sub-cuenca 4

Para sub-cuenca 5:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-5"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 2	
Subbasin: Subbasin-5	
Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1	
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años	
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1	
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge: 23,2 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 13:15
Precipitation Volume:892,0 (1000 M3)	Direct Runoff Volume: 233,5 (1000 M3)
Loss Volume: 646,7 (1000 M3)	Baseflow Volume: 0,0 (1000 M3)
Excess Volume: 245,2 (1000 M3)	Discharge Volume: 233,5 (1000 M3)

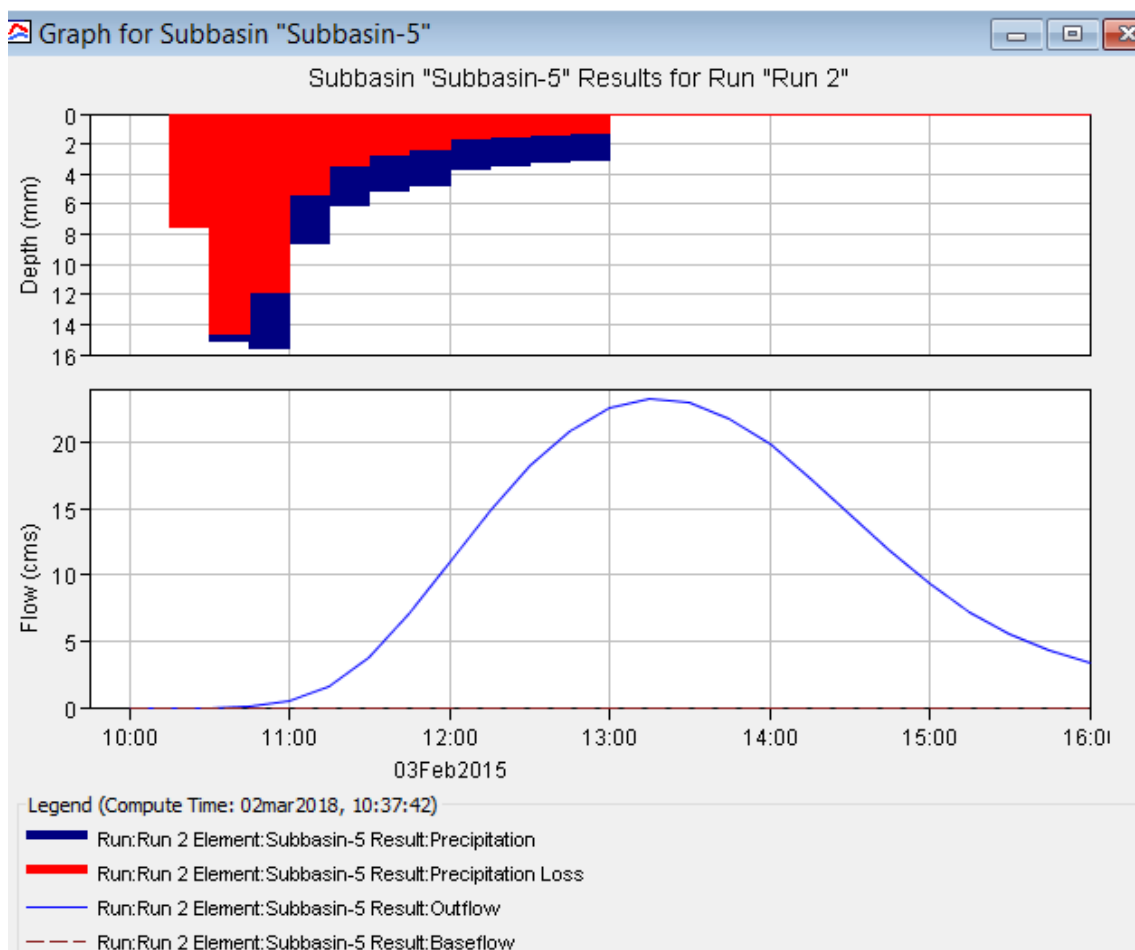


Fig. 73: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 5

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-5"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Subbasin: Subbasin-5

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca 1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time: 02mar2018, 10:37:42 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	5,50	5,50	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	7,51	7,51	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	15,09	14,61	0,49	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	15,56	11,90	3,66	0,5	0,0	0,5
03feb2015	11:15	8,58	5,39	3,19	1,6	0,0	1,6
03feb2015	11:30	6,03	3,40	2,64	3,7	0,0	3,7
03feb2015	11:45	5,10	2,65	2,45	7,0	0,0	7,0
03feb2015	12:00	4,78	2,32	2,45	10,9	0,0	10,9
03feb2015	12:15	3,61	1,66	1,95	14,8	0,0	14,8
03feb2015	12:30	3,39	1,49	1,90	18,1	0,0	18,1
03feb2015	12:45	3,21	1,35	1,85	20,7	0,0	20,7
03feb2015	13:00	3,05	1,24	1,81	22,5	0,0	22,5
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	23,2	0,0	23,2
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	22,9	0,0	22,9
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	21,8	0,0	21,8
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	19,8	0,0	19,8
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	17,3	0,0	17,3
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	14,5	0,0	14,5
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	11,8	0,0	11,8
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	9,3	0,0	9,3
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	7,2	0,0	7,2
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	5,5	0,0	5,5
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	4,3	0,0	4,3
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	3,4	0,0	3,4

Fig. 74: Tabla de resultados para la sub-cuenca 5

Para su-cuenca 6:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-6"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Subbasin: Subbasin-6

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca 1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time: 02mar2018, 10:37:42 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	10,6 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	03feb2015, 13:45
Precipitation Volume:	712,4 (1000 M3)	Direct Runoff Volume:	105,6 (1000 M3)
Loss Volume:	595,9 (1000 M3)	Baseflow Volume:	0,0 (1000 M3)
Excess Volume:	116,5 (1000 M3)	Discharge Volume:	105,6 (1000 M3)

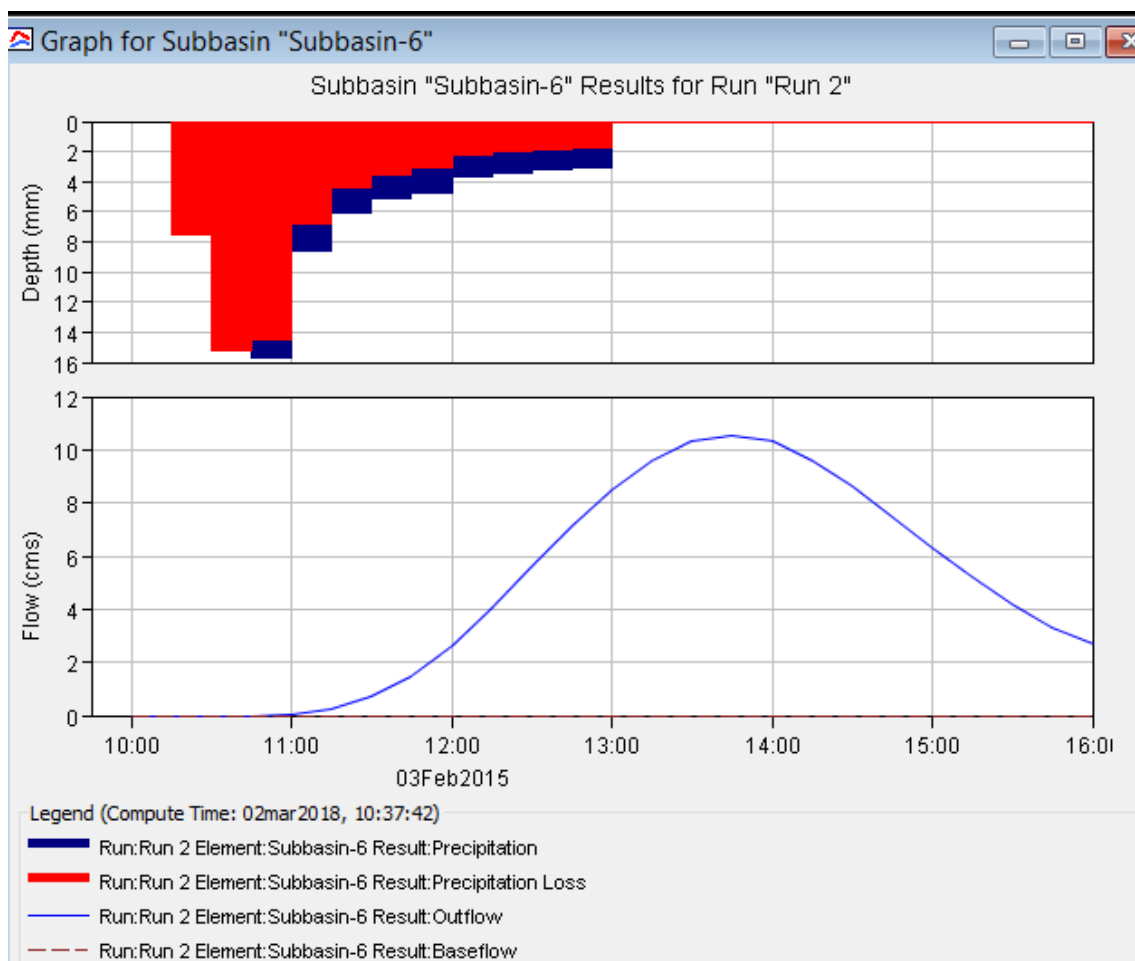


Fig. 75: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 6

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-6"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Subbasin: Subbasin-6

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	5,51	5,51	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	7,52	7,52	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	15,18	15,18	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	11:00	15,65	14,45	1,21	0,1	0,0	0,1
03feb2015	11:15	8,60	6,82	1,77	0,3	0,0	0,3
03feb2015	11:30	6,04	4,40	1,64	0,7	0,0	0,7
03feb2015	11:45	5,10	3,49	1,61	1,5	0,0	1,5
03feb2015	12:00	4,78	3,10	1,68	2,6	0,0	2,6
03feb2015	12:15	3,61	2,24	1,37	4,1	0,0	4,1
03feb2015	12:30	3,39	2,03	1,37	5,6	0,0	5,6
03feb2015	12:45	3,21	1,85	1,36	7,1	0,0	7,1
03feb2015	13:00	3,05	1,70	1,34	8,5	0,0	8,5
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	9,6	0,0	9,6
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	10,3	0,0	10,3
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	10,6	0,0	10,6
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	10,3	0,0	10,3
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	9,6	0,0	9,6
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	8,6	0,0	8,6
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	7,5	0,0	7,5
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	6,3	0,0	6,3
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	5,2	0,0	5,2
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	4,2	0,0	4,2
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	3,3	0,0	3,3
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	2,7	0,0	2,7

Fig. 76: Tabla de resultados para la sub-cuenca 6

Para su-cuenca 7:

Summary Results for Subbasin "Subbasin-7"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Subbasin: Subbasin-7

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	41,9 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	03feb2015, 14:30
Precipitation Volume:	1590,5 (1000 M3)	Direct Runoff Volume:	465,4 (1000 M3)
Loss Volume:	962,3 (1000 M3)	Baseflow Volume:	0,0 (1000 M3)
Excess Volume:	628,2 (1000 M3)	Discharge Volume:	465,4 (1000 M3)

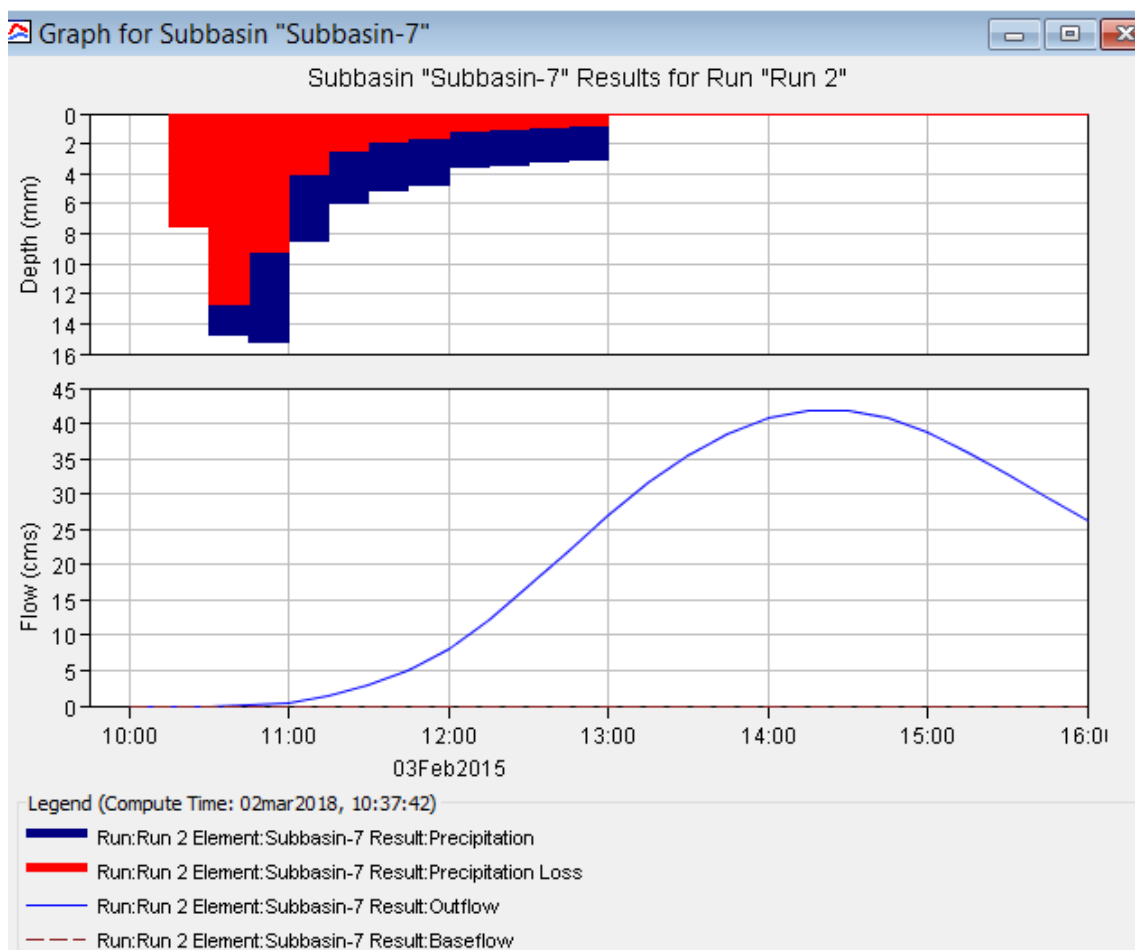


Fig. 77: Hietograma e hidrograma resultantes para sub-cuenca 7

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-7"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Subbasin: Subbasin-7

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03feb2015	10:00				0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	5,49	5,49	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	7,49	7,49	0,00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	14,75	12,64	2,11	0,1	0,0	0,1
03feb2015	11:00	15,20	9,15	6,05	0,5	0,0	0,5
03feb2015	11:15	8,53	4,02	4,51	1,4	0,0	1,4
03feb2015	11:30	6,01	2,47	3,54	2,9	0,0	2,9
03feb2015	11:45	5,09	1,90	3,19	5,1	0,0	5,1
03feb2015	12:00	4,77	1,64	3,13	8,2	0,0	8,2
03feb2015	12:15	3,61	1,16	2,45	12,2	0,0	12,2
03feb2015	12:30	3,39	1,03	2,36	16,9	0,0	16,9
03feb2015	12:45	3,21	0,93	2,28	22,0	0,0	22,0
03feb2015	13:00	3,05	0,84	2,21	27,0	0,0	27,0
03feb2015	13:15	0,00	0,00	0,00	31,5	0,0	31,5
03feb2015	13:30	0,00	0,00	0,00	35,5	0,0	35,5
03feb2015	13:45	0,00	0,00	0,00	38,6	0,0	38,6
03feb2015	14:00	0,00	0,00	0,00	40,7	0,0	40,7
03feb2015	14:15	0,00	0,00	0,00	41,8	0,0	41,8
03feb2015	14:30	0,00	0,00	0,00	41,9	0,0	41,9
03feb2015	14:45	0,00	0,00	0,00	40,9	0,0	40,9
03feb2015	15:00	0,00	0,00	0,00	38,8	0,0	38,8
03feb2015	15:15	0,00	0,00	0,00	35,9	0,0	35,9
03feb2015	15:30	0,00	0,00	0,00	32,7	0,0	32,7
03feb2015	15:45	0,00	0,00	0,00	29,4	0,0	29,4
03feb2015	16:00	0,00	0,00	0,00	26,1	0,0	26,1

Fig. 78: Tabla de resultados para la sub-cuenca 7

Para la unión de la sub-cuenca 1 y sub-cuenca 4:

Summary Results for Junction "Junction-1"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Junction: Junction-1

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 145,6 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 03feb2015, 13:45
Volume: 1612,3 (1000 M3)	

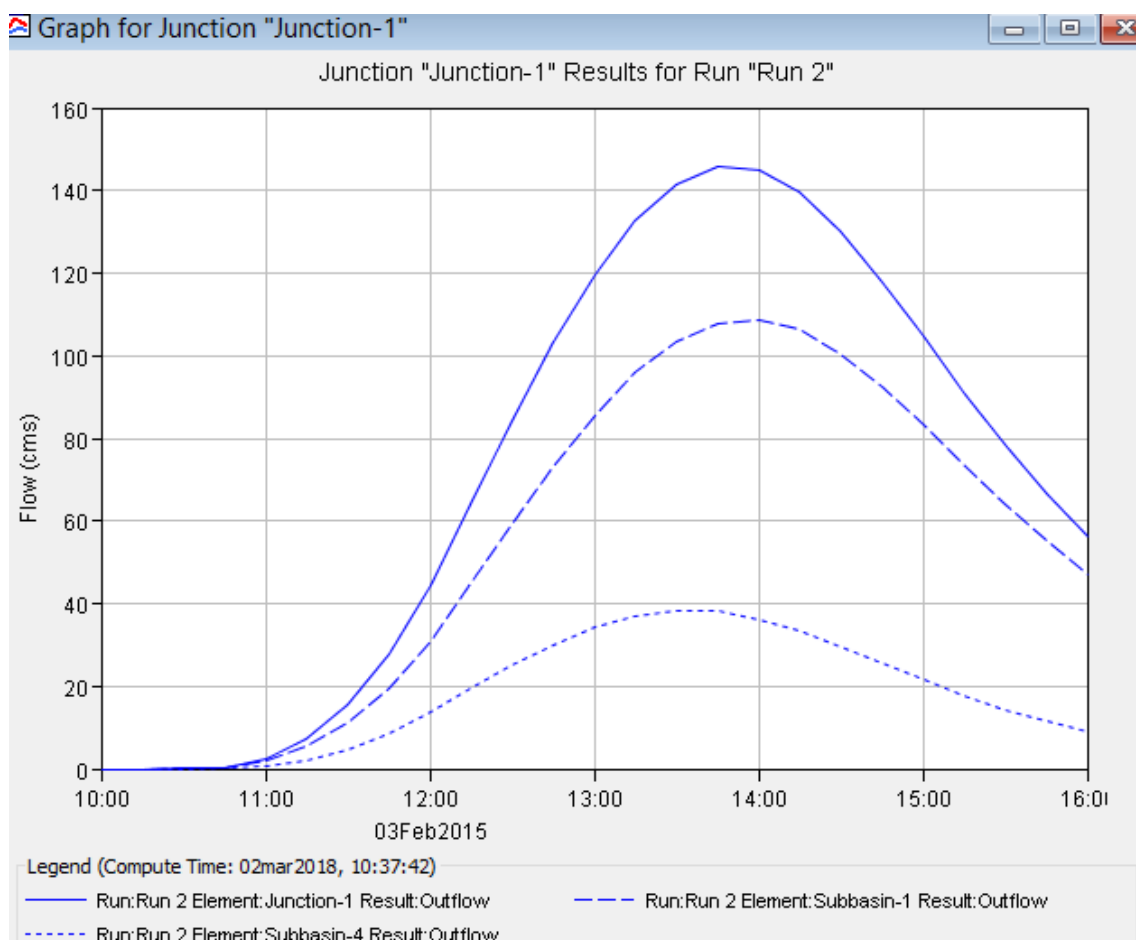


Fig. 79: Hidrograma resultante

Time-Series Results for Junction "Junction-1"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Junction: Junction-1

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Outflow (M3/S)
03feb2015	10:00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	0,4	0,1	0,4
03feb2015	11:00	2,0	0,6	2,5
03feb2015	11:15	5,4	2,0	7,4
03feb2015	11:30	11,0	4,4	15,5
03feb2015	11:45	19,4	8,4	27,7
03feb2015	12:00	30,9	13,7	44,5
03feb2015	12:15	44,7	19,5	64,2
03feb2015	12:30	59,3	25,1	84,3
03feb2015	12:45	73,2	30,1	103,2
03feb2015	13:00	85,6	34,1	119,7
03feb2015	13:15	95,9	36,9	132,9
03feb2015	13:30	103,3	38,3	141,6
03feb2015	13:45	107,5	38,0	145,6
03feb2015	14:00	108,8	36,2	145,0
03feb2015	14:15	106,4	33,3	139,7
03feb2015	14:30	100,5	29,5	130,0
03feb2015	14:45	92,3	25,5	117,8
03feb2015	15:00	83,2	21,5	104,6
03feb2015	15:15	73,6	17,7	91,3
03feb2015	15:30	64,2	14,3	78,5
03feb2015	15:45	55,2	11,5	66,7
03feb2015	16:00	47,1	9,2	56,3

Fig. 80: Tabla de resultados

Para la unión de la sub-cuenca 2 y sub-cuenca 3:

Summary Results for Junction "Junction-2"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Junction: Junction-2

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:75,0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 13:30
Volume: 784,2 (1000 M3)	

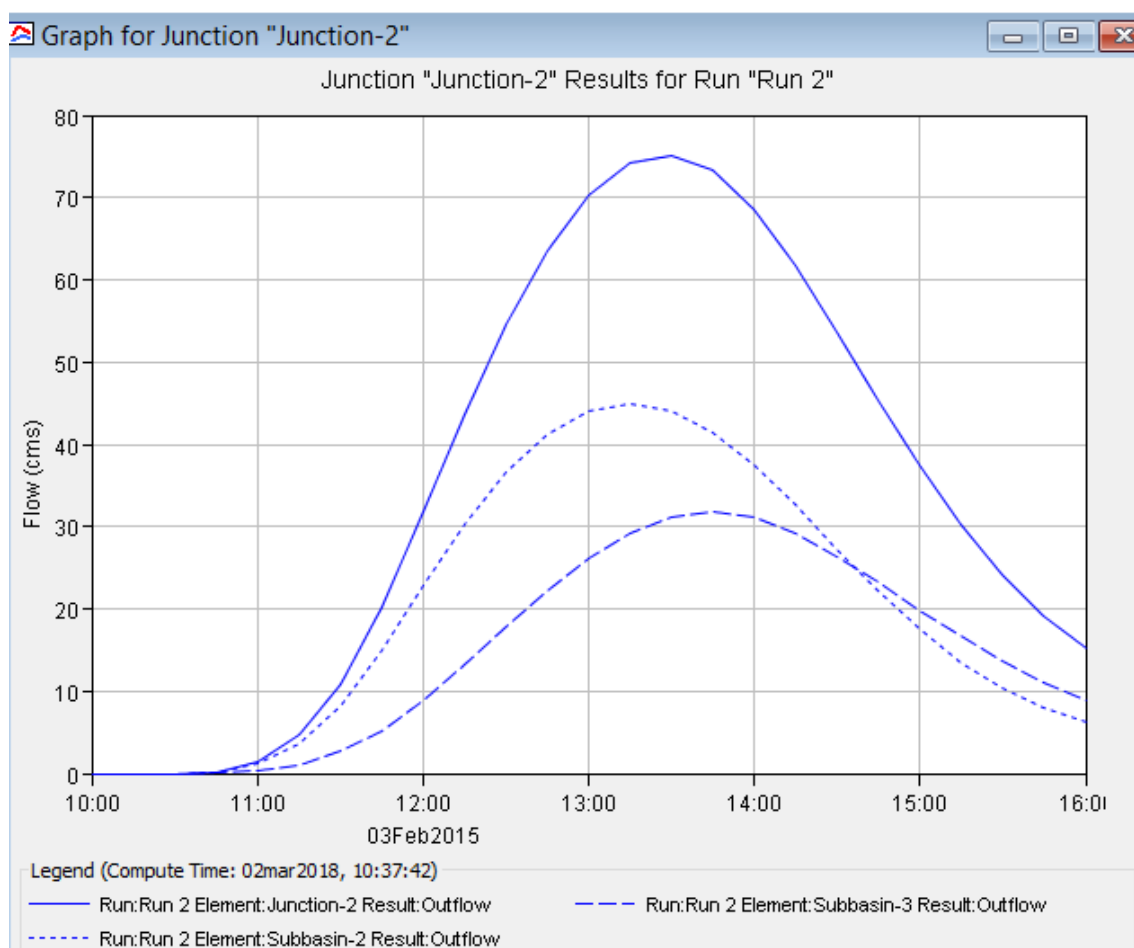


Fig. 81: Hidrograma resultante

Time-Series Results for Junction "Junction-2"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Junction: Junction-2

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Outflow (M3/S)
03feb2015	10:00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	0,0	0,2	0,2
03feb2015	11:00	0,3	1,2	1,4
03feb2015	11:15	1,1	3,7	4,8
03feb2015	11:30	2,6	8,3	10,9
03feb2015	11:45	5,2	15,1	20,3
03feb2015	12:00	8,9	22,9	31,8
03feb2015	12:15	13,3	30,3	43,6
03feb2015	12:30	17,9	36,6	54,4
03feb2015	12:45	22,2	41,2	63,4
03feb2015	13:00	26,1	44,1	70,2
03feb2015	13:15	29,1	45,0	74,1
03feb2015	13:30	31,1	43,9	75,0
03feb2015	13:45	31,8	41,5	73,3
03feb2015	14:00	31,1	37,5	68,6
03feb2015	14:15	29,2	32,6	61,7
03feb2015	14:30	26,4	27,3	53,7
03feb2015	14:45	23,2	22,1	45,3
03feb2015	15:00	19,9	17,5	37,4
03feb2015	15:15	16,7	13,5	30,2
03feb2015	15:30	13,7	10,4	24,1
03feb2015	15:45	11,1	8,1	19,2
03feb2015	16:00	8,9	6,3	15,2

Fig. 82: Tabla de resultados

Para la unión de la sub-cuenca 5 y sub-cuenca 6

Summary Results for Junction "Junction-3"

Project: Tesis Simulation Run: Run 2
Junction: Junction-3

Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1
End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años
Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:247,4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 14:00
Volume: 2635,6 (1000 M3)	

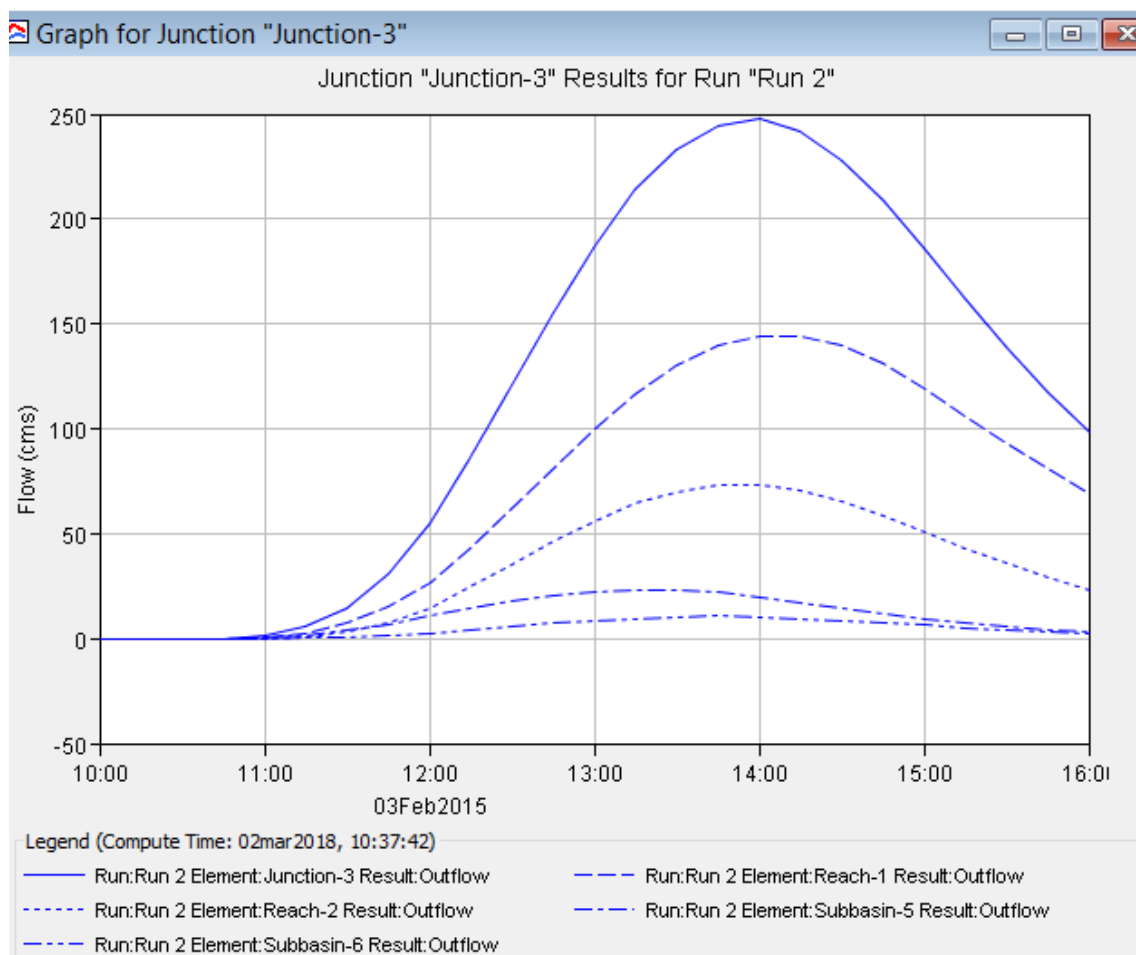


Fig. 83: Hidrograma resultante

Time-Series Results for Junction "Junction-3"						
Project: Tesis Simulation Run: Run 2 Junction: Junction-3						
Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1 End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1						
Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Outflow (M3/S)
03feb2015	10:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	0,1	-0,0	0,0	0,0	0,1
03feb2015	11:00	0,6	0,1	0,5	0,1	1,2
03feb2015	11:15	2,7	0,8	1,6	0,3	5,4
03feb2015	11:30	7,2	3,0	3,7	0,7	14,7
03feb2015	11:45	15,0	7,5	7,0	1,5	31,0
03feb2015	12:00	26,8	14,8	10,9	2,6	55,1
03feb2015	12:15	42,7	24,5	14,8	4,1	86,1
03feb2015	12:30	61,6	35,4	18,1	5,6	120,8
03feb2015	12:45	81,3	46,4	20,7	7,1	155,5
03feb2015	13:00	100,1	56,2	22,5	8,5	187,3
03feb2015	13:15	116,7	64,3	23,2	9,6	213,9
03feb2015	13:30	130,1	70,0	22,9	10,3	233,4
03feb2015	13:45	139,4	73,0	21,8	10,6	244,7
03feb2015	14:00	144,1	73,2	19,8	10,3	247,4
03feb2015	14:15	144,1	70,6	17,3	9,6	241,7
03feb2015	14:30	139,6	65,6	14,5	8,6	228,2
03feb2015	14:45	130,8	58,8	11,8	7,5	208,8
03feb2015	15:00	119,3	51,1	9,3	6,3	186,0
03feb2015	15:15	106,5	43,2	7,2	5,2	162,1
03feb2015	15:30	93,3	35,7	5,5	4,2	138,8
03feb2015	15:45	80,6	29,1	4,3	3,3	117,3
03feb2015	16:00	68,7	23,4	3,4	2,7	98,1

Fig. 84: Tabla de resultados

Para la unión de la sub-cuenca 7 y resto de sub-cuencas:

Summary Results for Junction "Junction-4"	
Project: Tesis Simulation Run: Run 2 Junction: Junction-4	
Start of Run: 03feb2015, 10:00 Basin Model: Cuenca1 End of Run: 03feb2015, 16:00 Meteorologic Model: t:50años Compute Time:02mar2018, 10:37:42 Control Specifications:Control 1	
Volume Units: ☐ MM ☒ 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge:283,4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:03feb2015, 14:30
Volume: 2897,9 (1000 M3)	

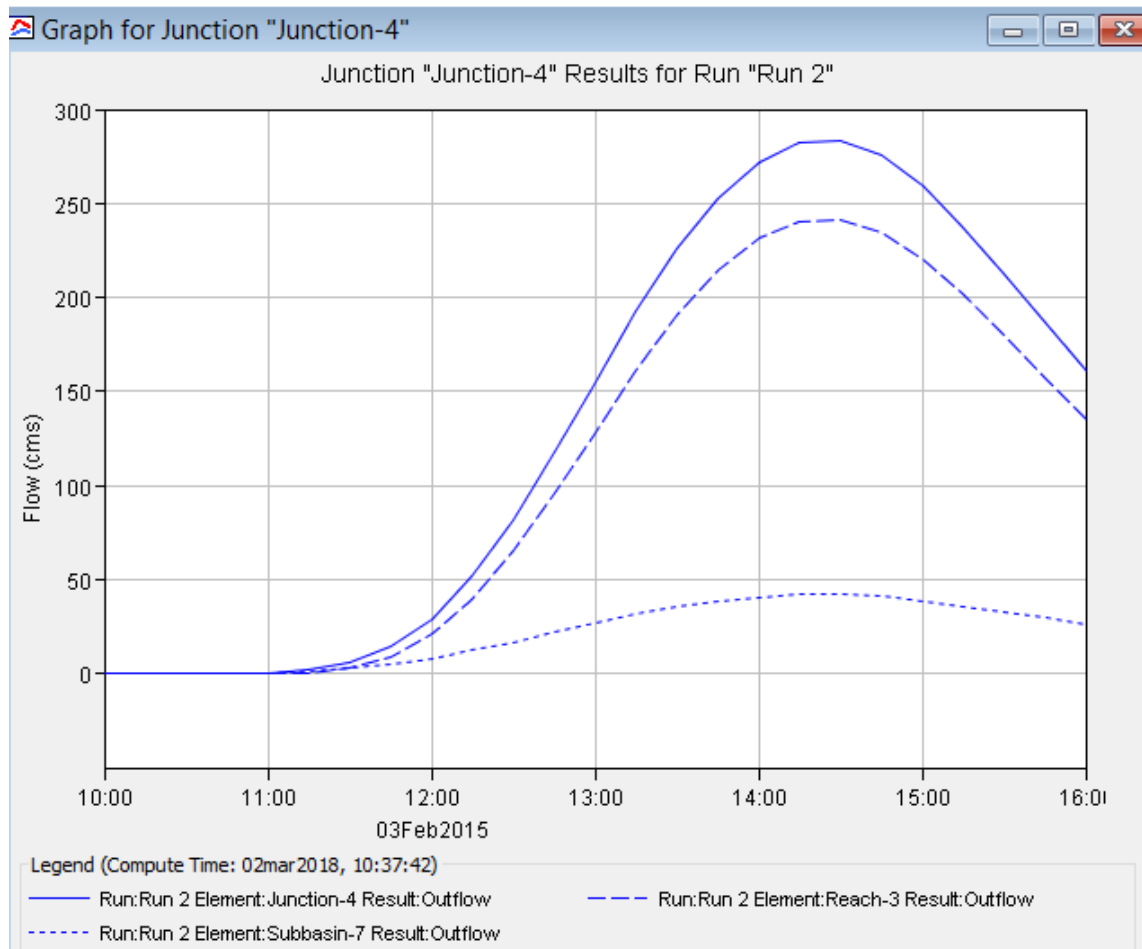


Fig. 85: Hidrograma resultante

Time-Series Results for Junction "Junction-4"				
Project: Tesis Simulation Run: Run 2 Junction: Junction-4				
Start of Run: 03feb2015, 10:00		Basin Model: Cuenca1		
End of Run: 03feb2015, 16:00		Meteorologic Model: t:50años		
Compute Time:02mar2018, 10:37:42		Control Specifications:Control 1		
Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Outflow (M3/S)
03feb2015	10:00	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:15	0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:30	-0,0	0,0	0,0
03feb2015	10:45	-0,0	0,1	0,1
03feb2015	11:00	0,0	0,5	0,5
03feb2015	11:15	0,6	1,4	2,0
03feb2015	11:30	3,0	2,9	6,0
03feb2015	11:45	9,2	5,1	14,3
03feb2015	12:00	20,9	8,2	29,0
03feb2015	12:15	39,4	12,2	51,6
03feb2015	12:30	64,8	16,9	81,7
03feb2015	12:45	95,5	22,0	117,5
03feb2015	13:00	128,5	27,0	155,5
03feb2015	13:15	161,0	31,5	192,5
03feb2015	13:30	190,3	35,5	225,8
03feb2015	13:45	214,3	38,6	252,9
03feb2015	14:00	231,4	40,7	272,1
03feb2015	14:15	240,6	41,8	282,4
03feb2015	14:30	241,5	41,9	283,4
03feb2015	14:45	234,5	40,9	275,4
03feb2015	15:00	220,6	38,8	259,4
03feb2015	15:15	201,7	35,9	237,6
03feb2015	15:30	180,0	32,7	212,7
03feb2015	15:45	157,3	29,4	186,8
03feb2015	16:00	135,2	26,1	161,3

Fig. 86: Tabla de resultados

Una vez obtenidos los datos con el programa HEC-HMS, continuamos con el programa HEC-RAS. Pero para esto debíamos tener los datos de la topografía del lugar realizada.

Introdujimos los datos de la topografía con el GPS directamente al Google Earth y luego modificamos el archivo para poder abrirlo con Global mapper y armar los perfiles transversales.

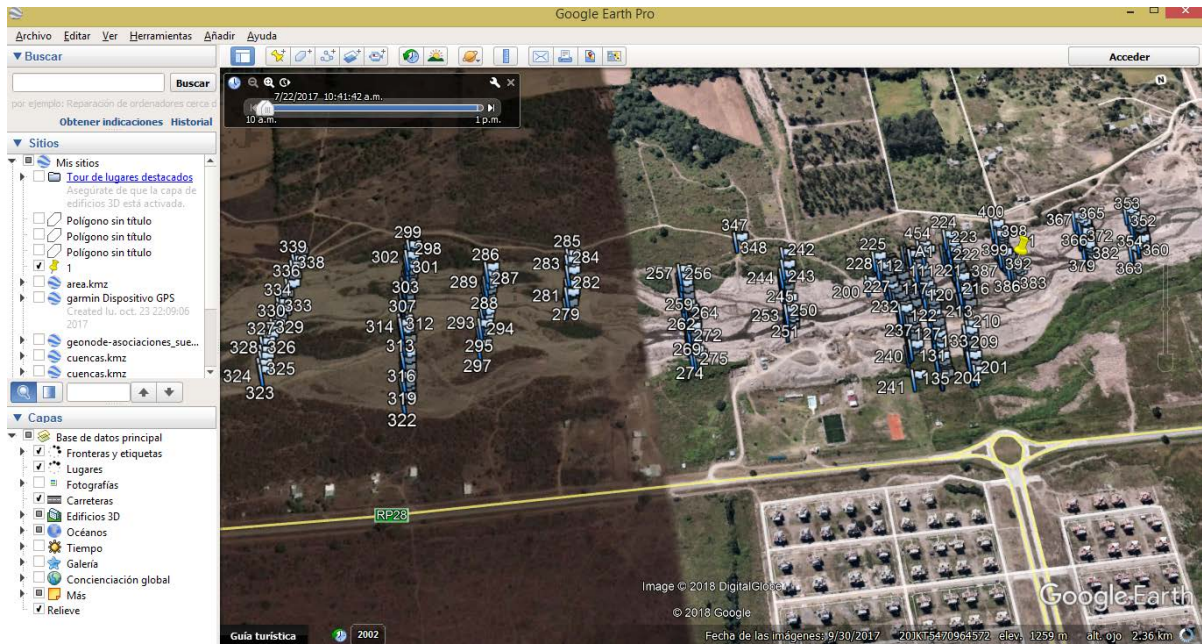


Fig. 87: Perfiles transversales obtenidos con el GPS.

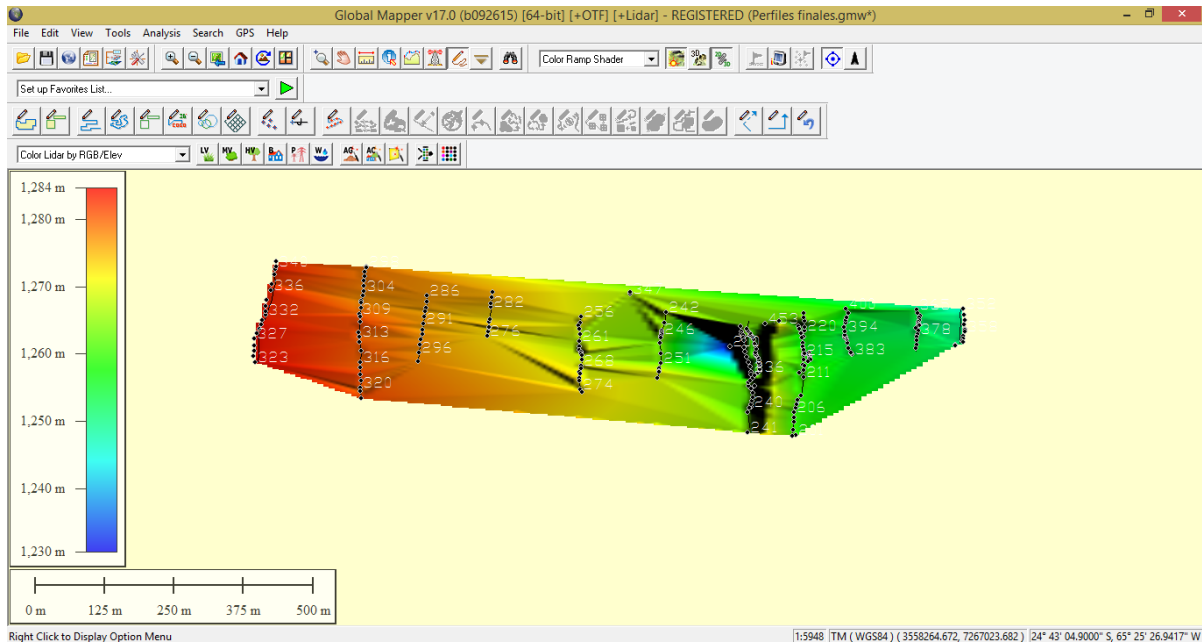


Fig. 88: Perfiles transversales y DEM obtenido con global mapear

Anteriormente utilizamos el Global Mapper y sacamos el DEM que necesitábamos para armar la cuenca. En este caso, al tener ya los puntos sacados con la topografía lo que hacemos con el Global Mapper es armar el DEM.

De esta manera con los perfiles transversales dibujados en Global mapper, sacamos las tablas de cada perfil (distancia, elevación):

Perfil 1		Perfil 2		Perfil 3		Perfil 4	
Distancia (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Elevación (m)
0	1247.353	0	1254.731	0	1258.754	0	1262.969
9.362	1249.762	6.012	1254.185	9.385	1256.328	7.647	1264.441
10	1249.947	10	1253.611	10	1256.252	10	1263.82
18.746	1250.427	12.641	1253.218	17.638	1255.657	14.032	1262.867
20	1250.517	15.867	1252.982	20	1255.629	20	1260.969
26.605	1250.729	19.72	1252.744	23.247	1255.516	24.224	1259.473
30	1250.768	20	1252.733	28.056	1255.476	30	1258.699
34.281	1250.872	23.153	1252.615	30	1255.487	30.538	1258.665
40	1251.027	26.699	1252.321	35.463	1255.408	40	1257.918
40.176	1251.031	30	1251.989	40	1255.076	42.764	1257.732
47.298	1251.22	30.733	1251.948	43.147	1254.882	50	1257.267
50	1251.283	35.905	1252.68	50	1254.657	53.348	1257.097
53.443	1251.172	40	1253.309	51.076	1254.505	59.933	1257.072
59.588	1251.113	40.223	1253.342	52.95	1254.46	60	1257.073
		46.005	1253.456	54.9	1254.399	65.969	1258.748
		50	1253.479	59.524	1254.377	70	1259.212
		52.115	1253.527	60	1254.375	76.464	1260.062
		58.238	1253.747	65.065	1254.395	80	1260.001
		60	1253.8	70	1254.568	84.802	1259.741
		64.884	1253.946	74.632	1254.748	90	1260.255
		70	1254.245	80	1254.962	93.25	1260.58
		71.896	1254.358	83.576	1255.149	100	1260.199
		76.401	1254.422	86.541	1255.31	102.78	1260.196
				88.658	1255.495	110	1260.629
						115.52	1260.811
						120	1260.762
						130	1260.765
						140	1260.315
						148.35	1260.181
						150	1260.331
						160	1261.299
						165.89	1261.173
						170	1261.209
						173.08	1261.113
						180	1260.572
						180.95	1260.534
						190	1260.57
						190.92	1260.571
						200	1260.648
						210	1260.996
						212.82	1261.129
						212.82	1261.129
						218.42	1261.537

Perfil 5		Perfil 6		Perfil 7		Perfil 8	
Distancia (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Elevación (m)
0	1264.574	0	1268.161	0	1270.596	0	1275.019
10	1264.279	10	1266.015	10	1270.422	10	1275.237
13.394	1264.404	19.058	1264.979	16.122	1269.98	10.28	1275.233
19.426	1263.55	20	1265.023	20	1269.555	20	1274.579
20	1263.404	30	1266.563	22.64	1269.176	21.073	1274.494
26.792	1261.934	34.086	1266.909	30	1268.376	27.947	1273.876
30	1260.93	40	1266.231	33.287	1268.156	30	1273.752
32.582	1260.878	40.33	1266.179	40	1268.084	40	1273.191
37.057	1260.449	46.129	1265.142	45.173	1267.959	49.331	1272.701
40	1260.629	50	1264.522	50	1267.981	50	1272.708
48.203	1260.98	55.571	1263.777	54.368	1268.01	55.037	1272.965
50	1260.928	60	1263.866	60	1268.371	60	1273.775
60	1260.478	70	1264.297	60.857	1268.475	63.385	1273.627
60.845	1260.502	74.429	1264.453	70	1268.133	70	1272.836
70	1260.1	80	1264.167	71.168	1268.042	71.721	1272.891
71.134	1260.225	90	1263.629	78.827	1268.732	80	1272.9
80	1260.087	92.159	1263.76	80	1268.897	80.442	1272.911
85.425	1260.581	100	1267.149	90	1270.436		
90	1260.493	101.68	1267.838	90.422	1270.48		
95.067	1261.162	108.4	1269.842	100	1270.406		
99.401	1261.266	110	1269.925	101.67	1270.61		
100	1261.282	119.1	1269.524	110	1271.577		
106.43	1263.683			112.86	1271.913		
110	1264.691			118.36	1272.652		
113.11	1264.029			120	1272.418		
120	1263.297			130	1271.424		
127.14	1264.834			132.91	1271.667		
130	1264.525			139.64	1272.856		
139.91	1263.216						
140	1263.206						
147.22	1263.16						
150	1263.165						
153.84	1263.098						
160	1263.417						
161.28	1263.49						
165.82	1263.985						
169.89	1263.426						
170	1263.414						
177.96	1262.744						
180	1262.88						
190	1263.778						
200	1264.694						
201.9	1264.868						
205.21	1265.129						

Perfil 9		Perfil 10		Perfil 11	
Distancia (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Elevación (m)	Distancia (m)	Elevación (m)
0	1276.505	0	1278.193	0	1282.711
10	1276.279	8.762	1278.228	3.874	1282.92
10.541	1276.266	10	1278.278	10	1282.522
20	1276.05	17.301	1278.341	13.55	1282.217
22.674	1275.977	20	1278.241	20	1281.871
30	1275.417	24.748	1278.042	30	1281.289
37.312	1275.993	30	1277.782	30.027	1281.287
40	1276.055	33.961	1277.591	40	1282.013
50	1276.234	40	1277.533	40.283	1282.005
50.838	1276.224	43.42	1277.481	50	1282.662
60	1275.675	50	1277.159	59.383	1282.645
60.95	1275.702	52.285	1277.052	60	1282.645
69.418	1276.491	60	1276.952	70	1282.67
70	1276.517	64.292	1277.095	77.499	1282.681
78.572	1276.551	70	1277.538	80	1282.733
80	1276.603	74.483	1277.916	90	1282.917
89.344	1277.168	80	1278.331	93.343	1282.951
90	1277.165	84.663	1278.68	100	1283.231
100	1276.629	90	1280.093	108.24	1283.704
102.59	1276.562	98.981	1280.381	110	1283.677
110	1276.865	100	1280.426	117.54	1283.868
119.57	1277.219	110	1280.115	120	1283.957
		118.71	1279.597	127.91	1283.863
		120	1279.499	130	1283.838
		125.83	1279.073	140	1283.718
		130	1279.26	143.13	1283.681
		135.37	1279.604	150	1283.599
		140	1279.667	153.69	1283.554
		150	1279.521	160	1283.704
		151.77	1279.519	163.53	1283.831
		160	1279.371	170	1284.066
		170	1279.196	175.36	1284.226
		172.39	1279.185	175.36	1284.226
		180	1279.346		
		182.25	1279.467		
		190	1280.335		
		194.44	1280.708		
		200	1280.473		
		206.21	1280.13		
		210	1280.025		
		217.85	1279.787		
		220	1279.399		
		224.09	1278.941		
		230	1279.791		
		233.55	1280.36		

Con los datos de los caudales obtenidos con el programa HEC-HMS y las tablas de los perfiles transversales, empezamos a trabajar con el programa HEC-RAS.

Para trabajar con este programa, por un lado cargamos la planimetría (representar la altura de cada punto respecto a un plano que se toma como referencia), por otro cargamos el caudal obtenido con el programa HES- HMS y por otro lado las condiciones de borde (pendiente, velocidad máxima, etc.)

- Datos de planimetría cargados en el programa (obtenidos con la topografía):

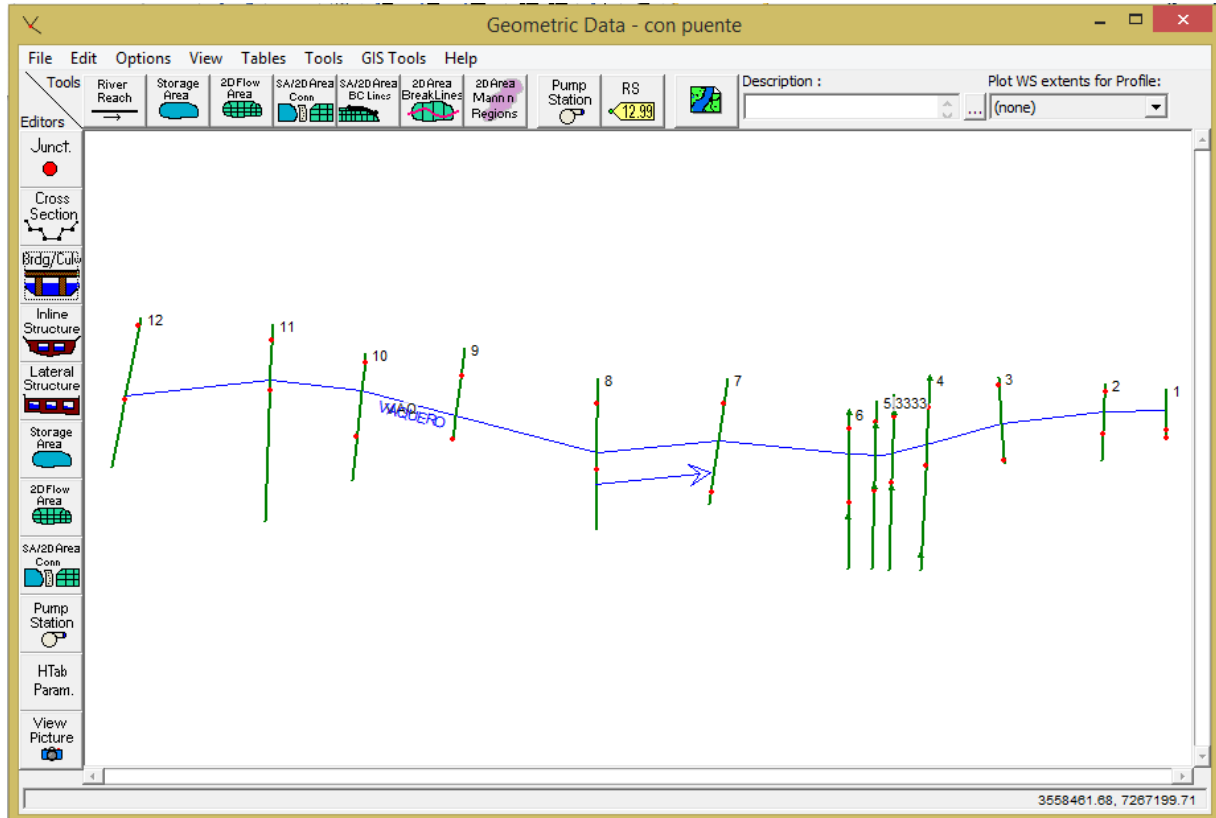


Fig. 89: Perfiles transversales en HEC-RAS

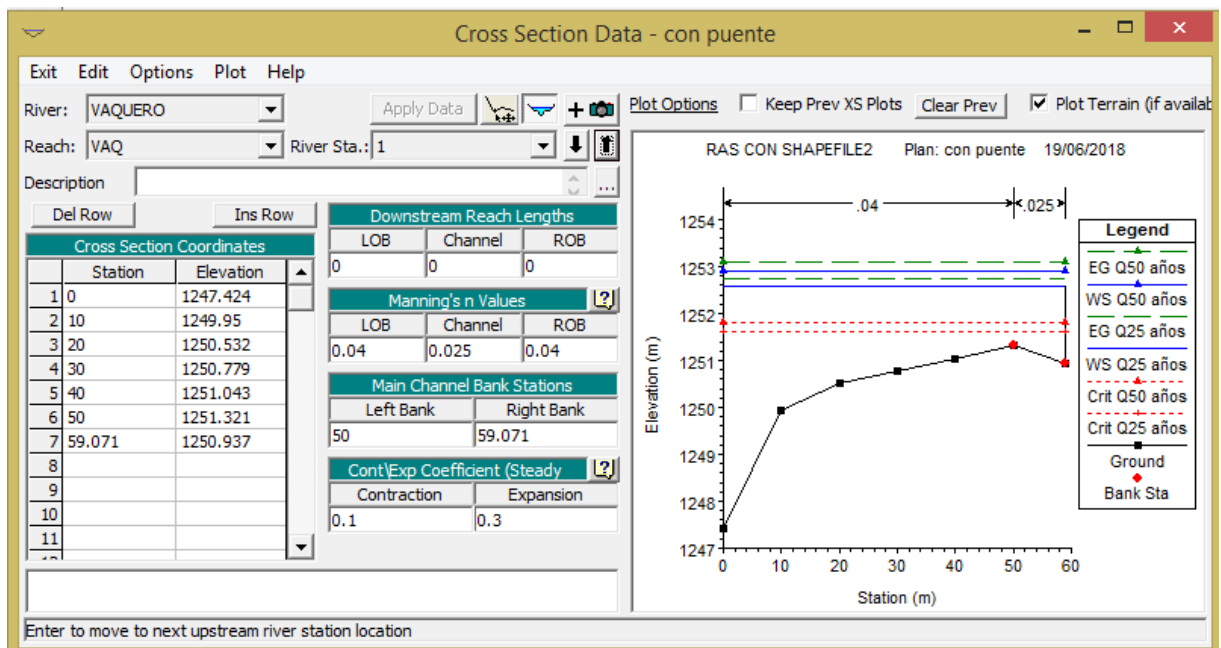


Fig. 90: Perfil transversal N° 1 en HEC-RAS

Referencias de la Fig. 90:

- Cross section Coordinates: datos obtenidos de la topografía, tabla distancia elevación de cada perfil.
- Downstream Reach Lengths: distancia de cada punto extremo y central de cada perfil al perfil anterior.
- Manning's Values: coeficiente de Manning para la orilla izquierda, derecha y del río.
- Main Channel Bank Stations: distancia a del origen a los putos de separación de las márgenes derecha e izquierda.
- Cont/Exp Coefficient: coeficiente de contracción y expansión, sirve para definir si existe un flujo super-crítico.

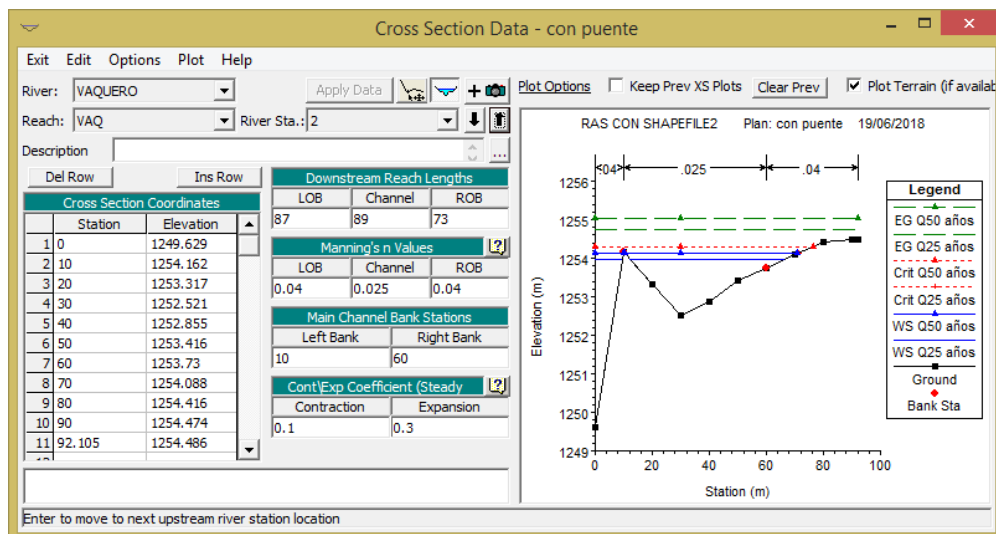


Fig. 91: Perfil transversal N° 2 en HEC-RAS

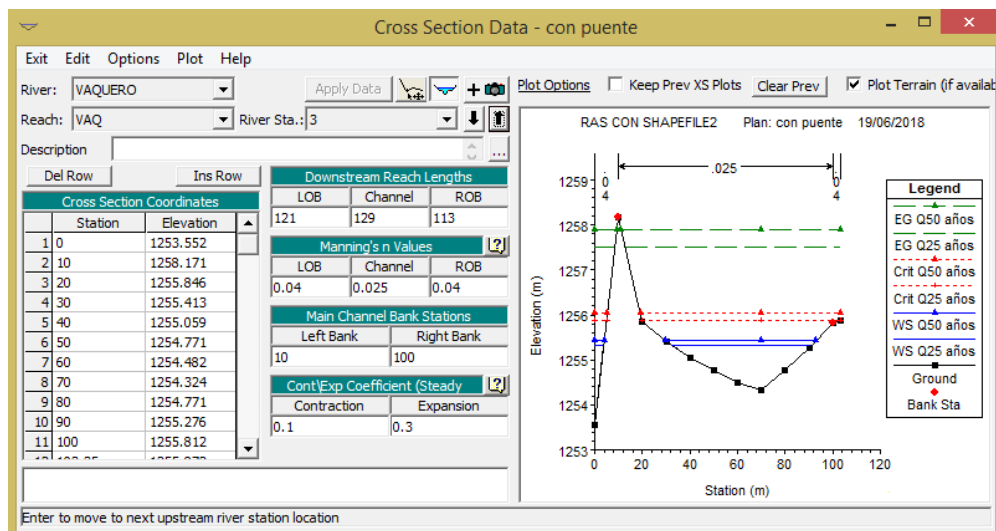


Fig. 92: Perfil transversal N° 3 en HEC-RAS

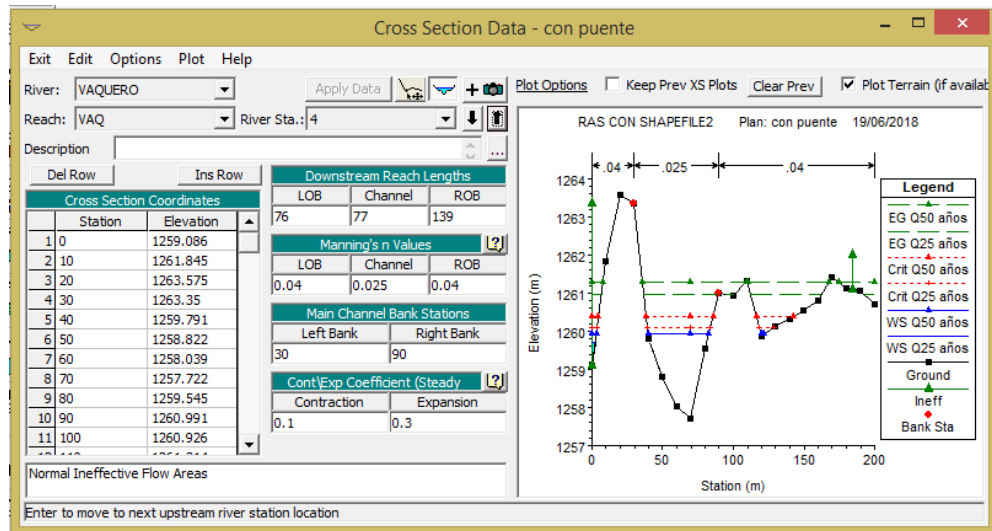


Fig. 93: Perfil transversal N° 4 en HEC-RAS

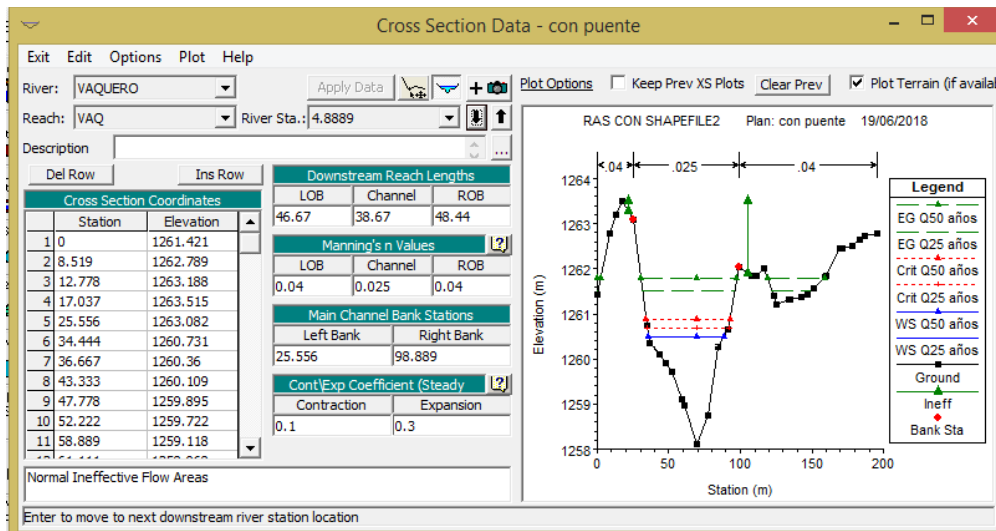


Fig. 94: Perfil transversal N° 4,88 en HEC-RAS

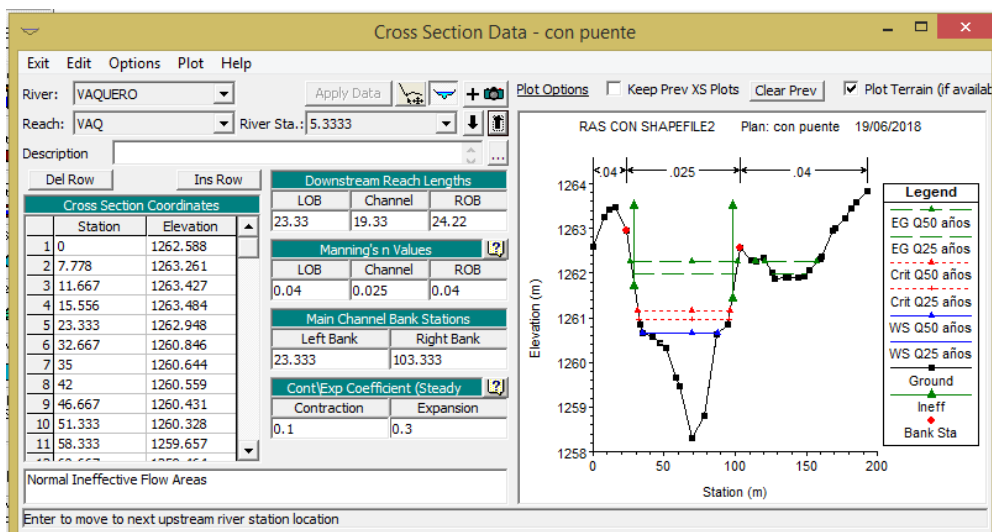


Fig. 95: Perfil transversal N° 5,33 en HEC-RAS

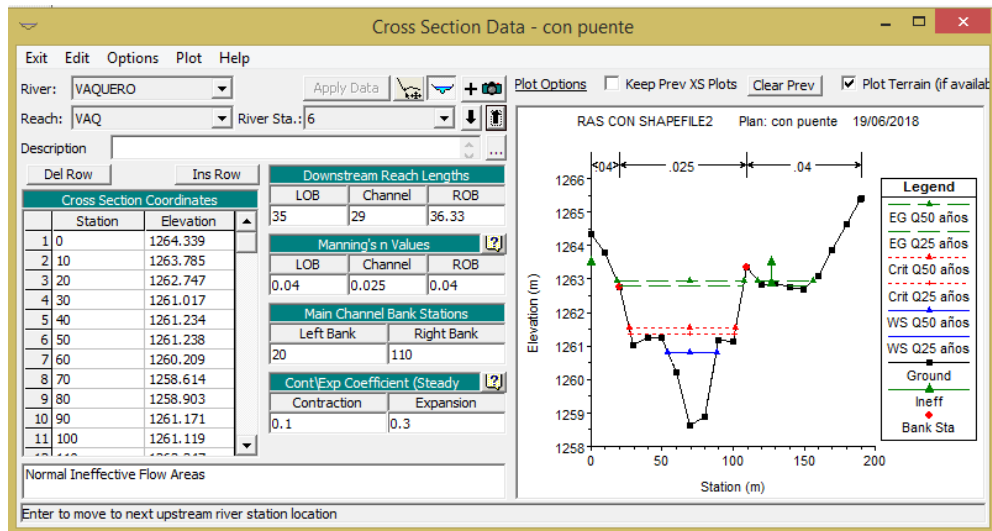


Fig. 96: Perfil transversal N° 6 en HEC-RAS

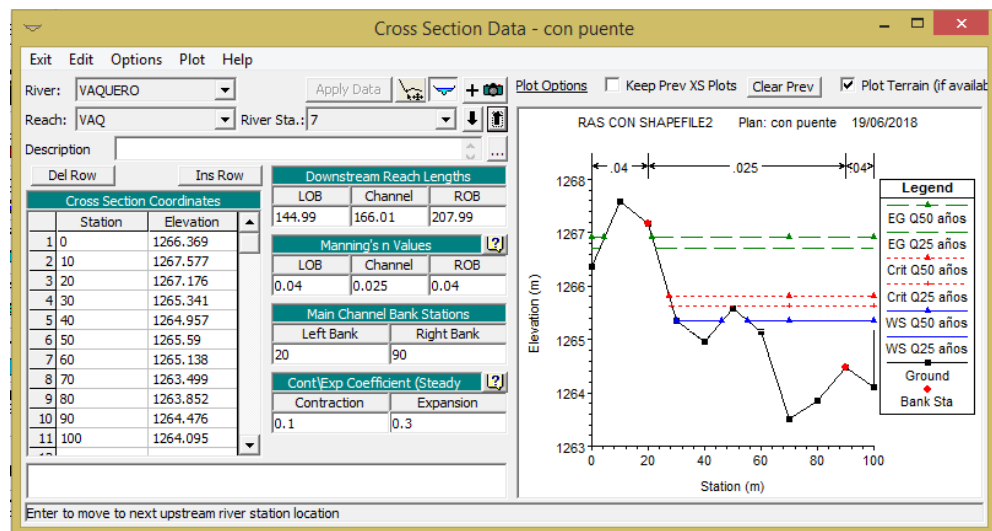


Fig. 97: Perfil transversal N° 7 en HEC-RAS

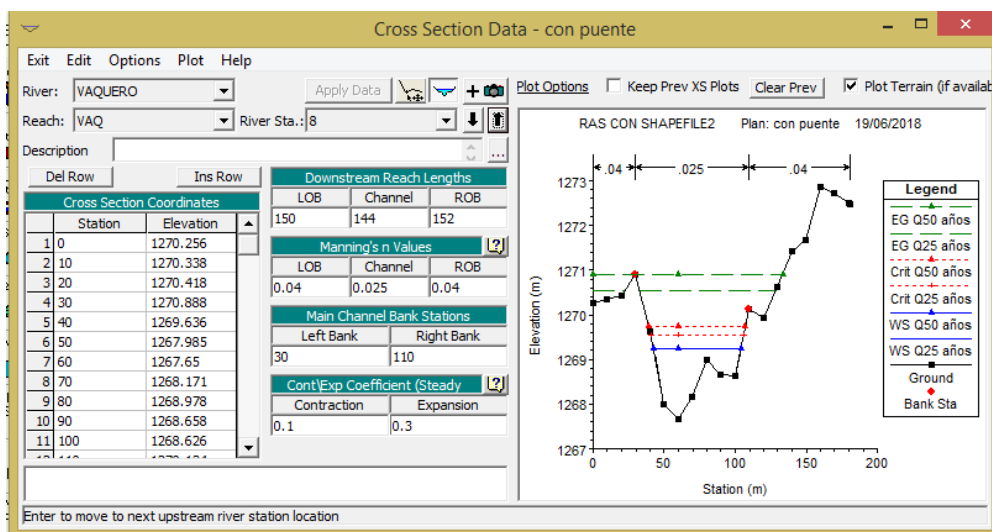


Fig. 98: Perfil transversal N° 8 en HEC-RAS

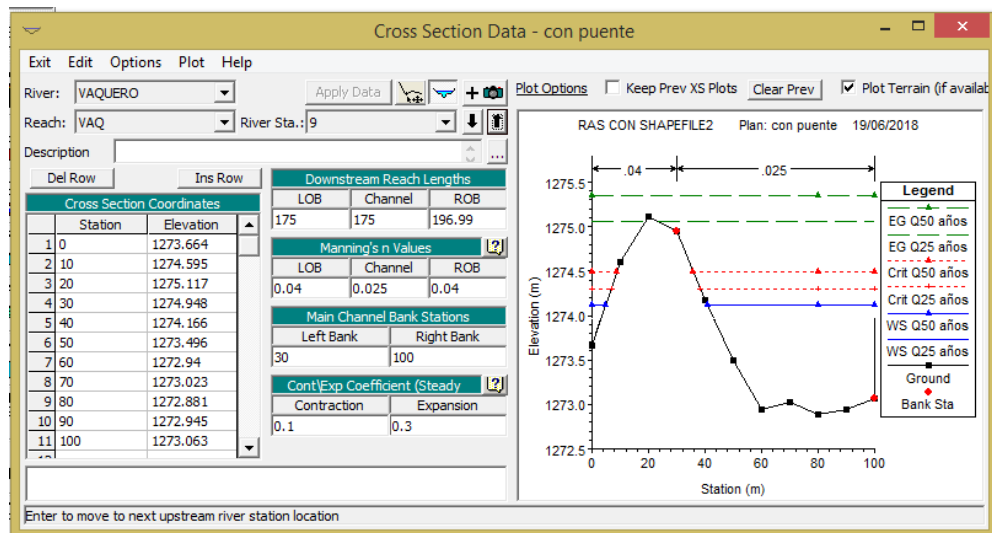


Fig. 99: Perfil transversal N° 9 en HEC-RAS

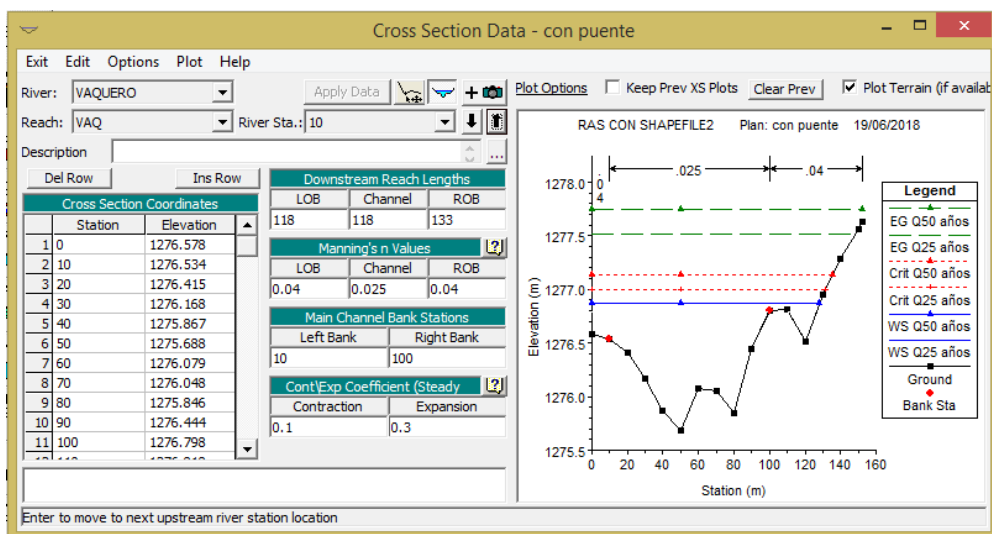


Fig. 100: Perfil transversal N° 10 en HEC-RAS

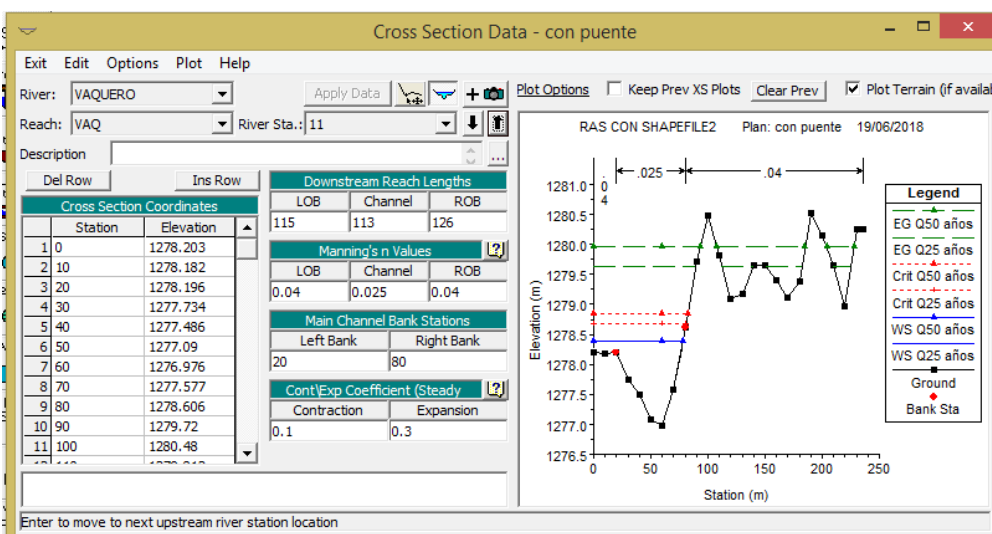


Fig. 101: Perfil transversal N° 11 en HEC-RAS

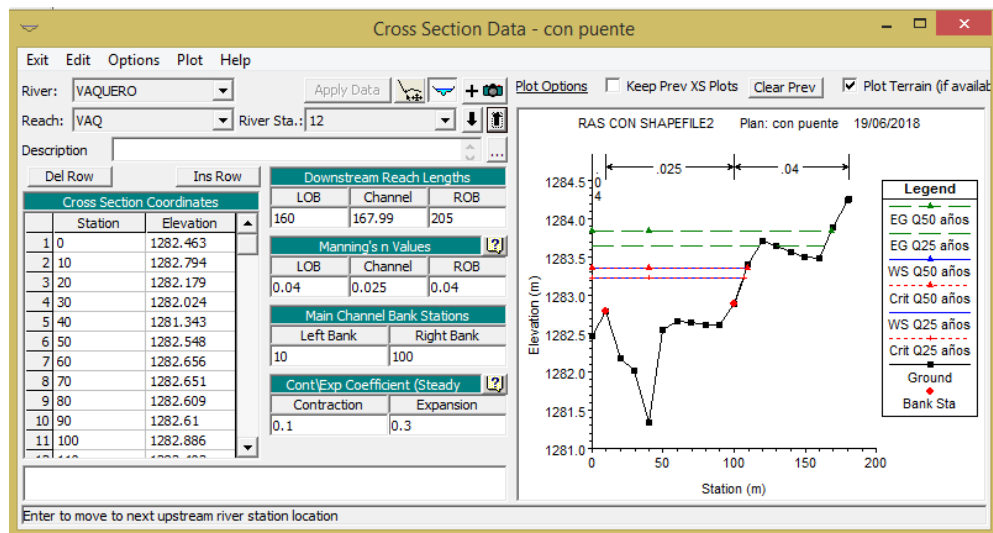


Fig. 102: Perfil transversal N° 12 en HEC-RAS

Necesitamos densificar los perfiles sobre todo en la zona del puente. Así que utilizamos la herramienta de interpolación del programa para que realice dicha operación. Se puede realizar de dos maneras: 1) interpolar entre dos perfiles una cierta cantidad de perfiles o 2) interpolar entre dos perfiles, perfiles cada una cierta distancia. Nosotros utilizamos la opción dos, es decir que interpolamos los perfiles cada 10 mts. y nos quedó de esta manera:

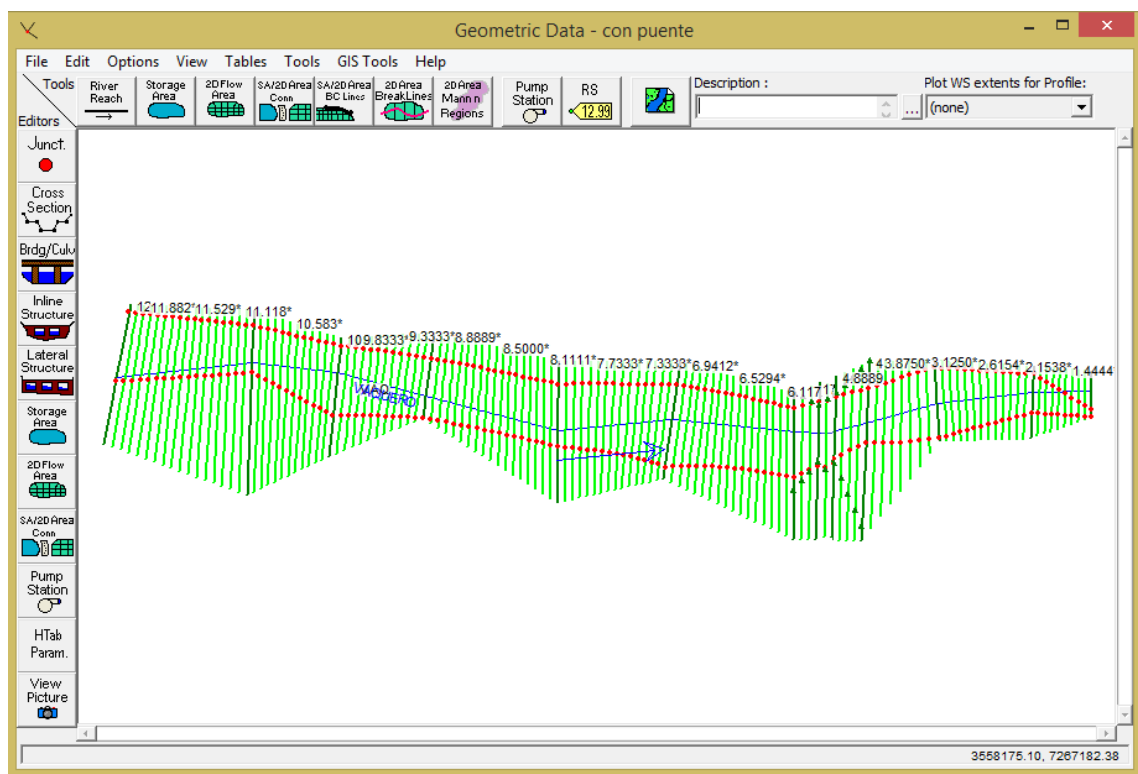


Fig.103: Interpolación de perfiles transversales cada 10 metros.

Los puntos rojos que se muestran en el gráfico, muestran los límites de la margen derecha y margen izquierda del río.

- Caudal obtenido con HEC HMS:

Steady Flow Data - 1

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): Reach Boundary Conditions ... Apply Data

Locations of Flow Data Changes

River: Add Multiple...

Reach: River Sta.: Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	PF 1	PF 2
1 Rio vaqueros1705	vaqueros	10	225.5	283.4

Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

En la imagen anterior se puede ver cómo cargamos en el programa los caudales obtenidos con el programa HEC HMS para una lluvia de 25 años de recurrencia (PF 1) y para una lluvia de 50 años de recurrencia (PF 2).

- Para obtener un cálculo más exacto, definimos la pendiente del río obtenida en cálculos anteriores como condicion de borde:

Steady Flow Boundary Conditions

☒ Set boundary for all profiles ☐ Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

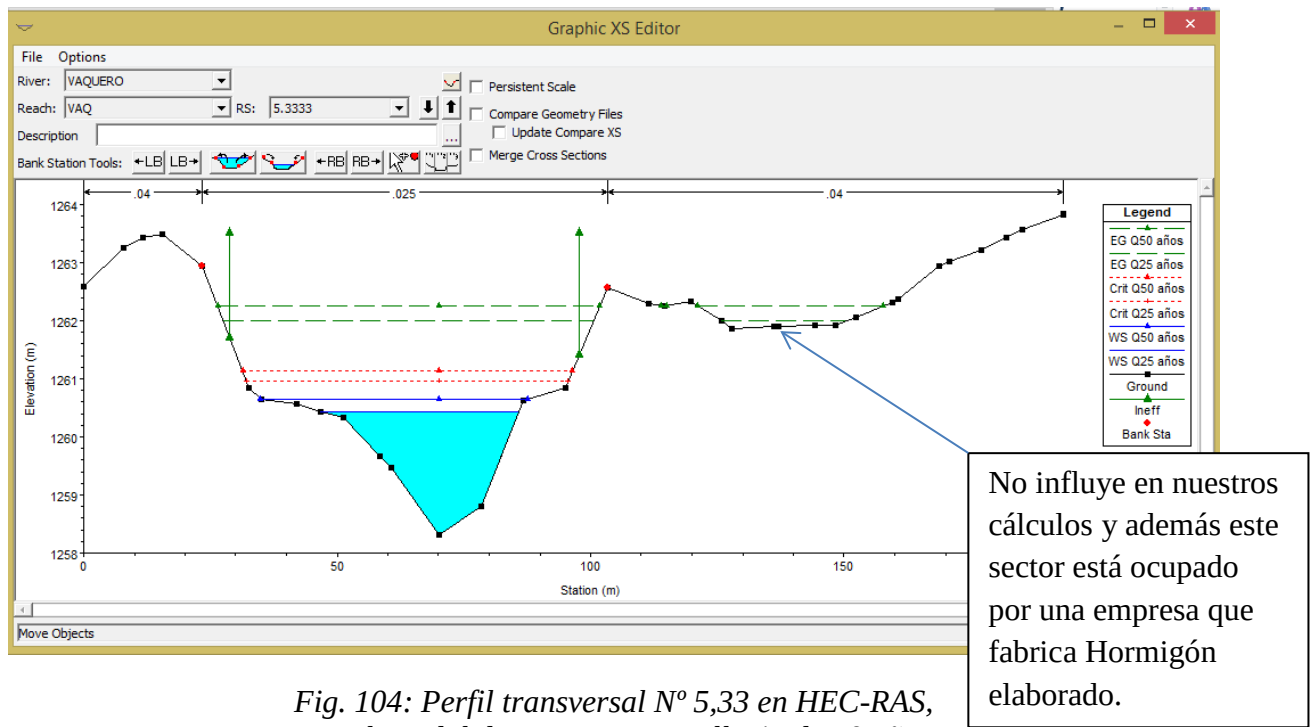
Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Rio vaqueros1705	vaqueros	all	Normal Depth S = 0.02	Normal Depth S = 0.02

Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ...

Enter to accept data changes.

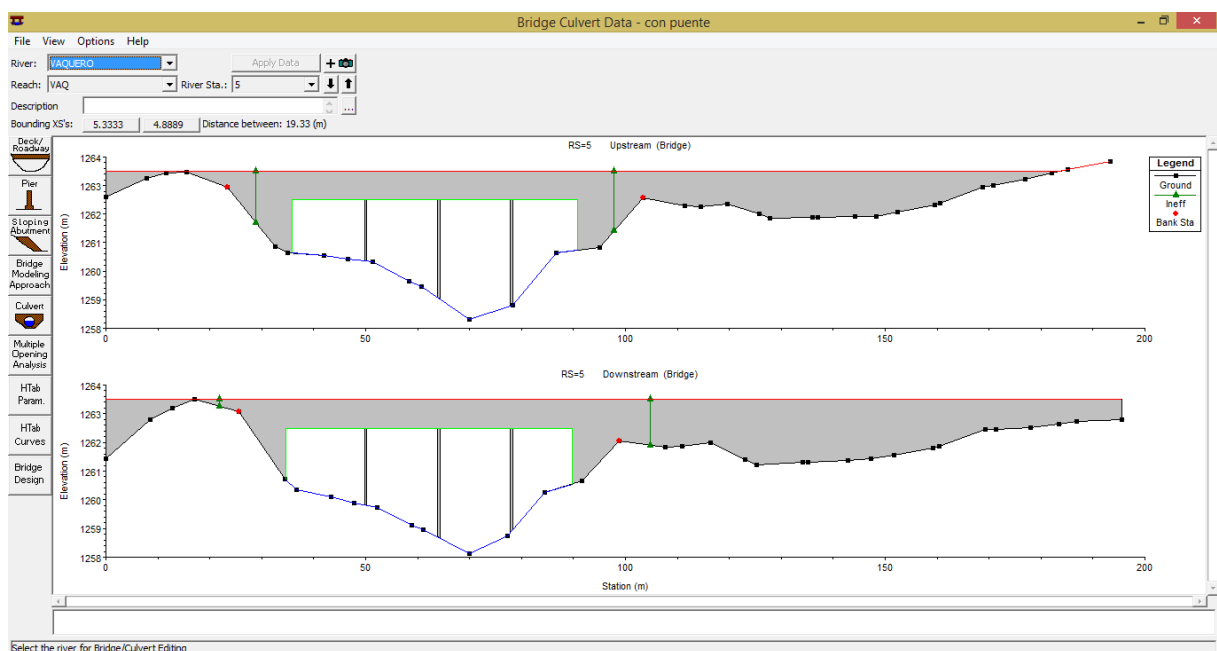
Según los datos obtenidos en el HEC-RAS y con el mapa de las calles, concluimos que el mejor lugar para construir un cruce del río vaqueros es en el perfil número 5,33. Y el cruce tiene que ser un puente, debido al gran caudal de agua que se produce en el verano y al gran arrastre de sedimentos que trae el río.



Introducción del puente en el HEC-RAS y pre-dimensionado

Luego de haber elegido el perfil 5,33 en el HEC – RAS introducimos el puente, y las pilas del puente, para poder ver cómo va a actuar el río después de la construcción del puente y para poder calcular la socavación.

De esta manera podemos obtener la profundidad de fundación y si es necesario o no poner barreras antes de los estribos.



Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
3.5	12	1.4

Upstream				Downstream		
	Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	0.	1263.5	1258.317	0.	1263.5	1258.119
2	35.833	1263.5	1258.317	34.723	1263.5	1258.119
3	35.833	1263.5	1262.5	34.723	1263.5	1262.5
4	90.833	1263.5	1262.5	89.723	1263.5	1262.5
5	90.833	1263.5	1258.317	89.723	1263.5	1258.119
6	193.353	1263.5	1258.317	195.569	1263.5	1258.119
7						
8						

U.S Embankment SS: D.S Embankment SS:

Weir Data

Max Submergence: Min Weir Flow El:

Weir Crest Shape

☒ Broad Crested
☐ Ogee

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway. (m)

Pier Data Editor

Pier #

Centerline Station Upstream:

Centerline Station Downstream:

Floating Pier Debris

☐ Apply floating debris to this pier

Debris Width:

Debris Height:

Upstream		Downstream	
	Pier Width	Elevation	Pier Width
1	0.5	1258.119	0.5
2	0.5	1262.5	0.5
3			
4			
5			

Select the Pier to Edit

Fig. 105: Características de la losa del puente y las pilas

Referencias de la Fig. 105:

Deck/Roadway Data Editor (para editar los datos de la losa):

- Distancia al perfil anterior
- Ancho
- Weir Coef.: para definir el flujo sobre una obstrucción
- Altura del puente con respecto al perfil transversal aguas arriba y aguas abajo.

Pier Data Editor (para editar los datos de las pilas):

- Ancho de la pila
- Elevación de cada pila

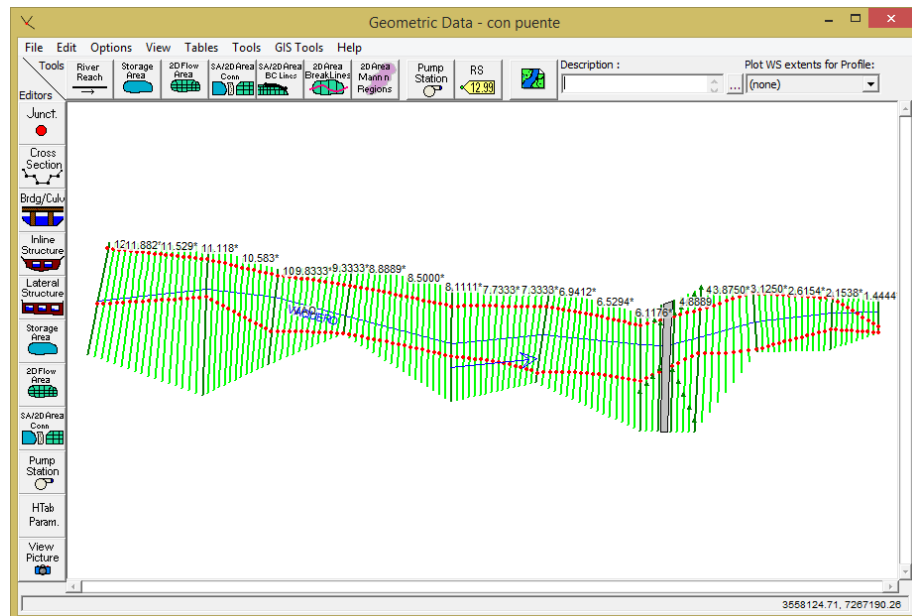


Fig. 106: Vista en planta de la ubicación del puente

Luego hicimos correr el programa para ver cómo se comporta el agua para cada lluvia y el resultado fue positivo, es decir que el puente no rebalsaría en el caso de una tormenta de esa magnitud:

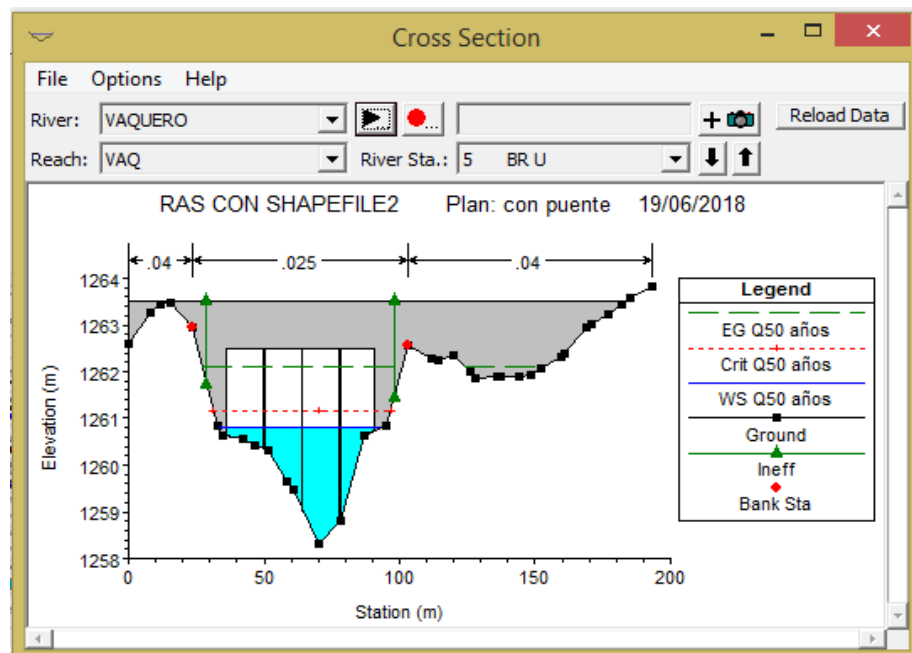


Fig. 107: Perfil transversal del puente-altura máxima del agua para una lluvia de 50 años de recurrencia.

Pre-dimensionado del puente

Por último para poder terminar el estudio hídrico, debemos calcular la socavación total para una lluvia de 50 años de recurrencia. Para esto pre-dimensionamos el puente y así podemos determinar el comportamiento del agua una vez construido el puente.

El puente consta de:

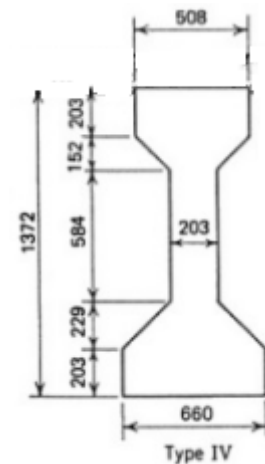
- Losa tablero

Para un puente A30, de 10.2 m. de ancho, carpeta de 10 cm. de espesor, veredas de 1.3 m. de ancho, barandas, guardarruedas: espesor de la losa: 20 cm.

- Vigas longitudinales

Vigas pre-moldeadas, postesadas AASHTO, para una luz de 20 m. aproximadamente:
Viga tipo 4.

Viga Tipo	A_c $\times 10^3 \text{ mm}^2$	I_c $\times 10^9 \text{ mm}^4$	C_b mm	Vano recomendado máximo m
I	178.1	9.5	320	9.1 - 13.7
II	238.1	21.2	402	12.2 - 18.3
III	361.3	52.2	515	16.8 - 24.4
IV	509.0	108.5	628	21.3 - 30.5
V	653.5	216.9	812	27.4 - 36.6
VI	700.0	305.2	924	33.5 - 42.7



- Vigas transversales

Dimensiones mínimas: 50 x 60.

- Pilas

Pilas de sección transversal circular de 1 m de diámetro.

- Bases

Zapatas corridas: dimensiones especificadas en el plano adjunto.

Socavación general por el método de Lischtván-Levediev

Q total= caudal total

Be= ancho de la lámina de agua.

μ = factor de corrección por contracción del cauce.

α =coeficiente de sección dependiente de las características hidráulicas.

β =coeficiente de frecuencia

dm= 19.35 mm Y= 1.1 1/(1+z)= 0.76

ψ = 1.13 z= 0.32

Perfil	Q Total	Cota inferior del cauce en la sección	Altura de la lámina de agua	yo	Área hidráulica	Be	ym	Vel. del agua en el cauce	μ	α	β	Ancho de la superficie libre del flujo en la sección	ys	Froude Chl	Altura de socavación
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)				(m)	(m)		(m)
12	287	1281.34	1283.4	2.02	97.51	106.6	0.92	3.12	0.99	3.15	0.97	109.21	3.88	1.01	1.86
11.941*	287	1281.09	1282.9	1.76	72.27	100.6	0.72	4.15	0.99	5.00	0.97	102.61	4.63	1.53	2.87
11.882*	287	1280.83	1282.5	1.7	67.01	98.31	0.68	4.47	0.99	5.58	0.97	99.96	4.82	1.69	3.12
11.824*	287	1280.57	1282.2	1.66	64.31	96.43	0.67	4.66	0.99	5.90	0.97	97.92	4.88	1.77	3.22
11.765*	287	1280.32	1281.9	1.62	62.58	94.26	0.66	4.79	0.99	6.08	0.97	96.13	4.84	1.83	3.22
11.706*	287	1280.06	1281.7	1.6	61.41	92.29	0.67	4.89	0.99	6.19	0.97	94.51	4.83	1.86	3.23
11.647*	287	1279.8	1281.4	1.58	60.55	90.47	0.67	4.96	0.99	6.26	0.97	92.97	4.79	1.88	3.21
11.588*	287	1279.55	1281.1	1.55	59.84	88.77	0.67	5.03	0.99	6.30	0.97	91.18	4.70	1.89	3.15
11.529*	287	1279.29	1280.8	1.53	59.12	87.18	0.68	5.09	0.99	6.35	0.97	89.48	4.65	1.9	3.12
11.471*	287	1279.03	1280.6	1.52	58.45	85.69	0.68	5.16	0.99	6.40	0.97	87.88	4.64	1.9	3.12
11.412*	287	1278.77	1280.3	1.5	57.83	84.3	0.69	5.22	0.98	6.51	0.97	86.36	4.62	1.91	3.12
11.353*	287	1278.52	1280	1.48	57.24	83	0.69	5.27	0.98	6.55	0.97	84.93	4.56	1.91	3.08
11.294*	287	1278.26	1279.7	1.46	56.66	81.76	0.69	5.33	0.98	6.60	0.97	83.58	4.51	1.91	3.05
11.235*	287	1278	1279.5	1.45	56.11	80.62	0.70	5.39	0.98	6.64	0.97	82.3	4.49	1.91	3.04
11.176*	287	1277.75	1279.2	1.43	55.58	79.55	0.70	5.44	0.98	6.69	0.97	81.1	4.44	1.91	3.01
11.118*	287	1277.49	1278.9	1.42	55.07	78.54	0.70	5.5	0.98	6.74	0.97	79.94	4.42	1.92	3.00
11.059*	287	1277.23	1278.7	1.42	54.58	77.57	0.70	5.55	0.98	6.78	0.97	78.84	4.44	1.92	3.02
11	287	1276.98	1278.4	1.4	54.13	76.66	0.71	5.6	0.98	6.82	0.97	77.8	4.39	1.92	2.99
10.917*	287	1276.87	1278.3	1.4	56.88	78.45	0.73	5.34	0.98	6.38	0.97	79.65	4.17	1.83	2.77
10.833*	287	1276.76	1278.2	1.4	59.31	81.54	0.73	5.12	0.98	6.10	0.97	81.54	4.03	1.75	2.63
10.750*	287	1276.65	1278	1.39	61.38	83.48	0.74	4.94	0.98	5.85	0.97	83.48	3.87	1.7	2.48
10.667*	287	1276.55	1277.9	1.37	63.07	85.44	0.74	4.8	0.99	5.63	0.97	85.44	3.69	1.66	2.32
10.583*	287	1276.44	1277.8	1.36	64.5	87.41	0.01	4.68	0.99	#####	0.97	87.41	#####	1.63	35.66
10.500*	287	1276.33	1277.7	1.34	65.76	89.43	0.74	4.58	0.99	5.41	0.97	89.43	3.48	1.61	2.14
10.417*	287	1276.23	1277.5	1.31	66.87	91.51	0.73	4.49	0.99	5.34	0.97	91.51	3.35	1.59	2.04
10.333*	287	1276.12	1277.4	1.3	68.11	93.55	0.73	4.39	0.99	5.26	0.97	93.55	3.28	1.57	1.98
10.250*	287	1276.01	1277.3	1.28	69.32	103.9	0.67	4.32	0.99	5.48	0.97	103.94	3.31	1.55	2.03
10.167*	287	1275.9	1277.2	1.25	70.89	111.8	0.63	4.26	0.99	5.54	0.97	111.84	3.24	1.54	1.99
10.083*	287	1275.8	1277	1.22	72.43	118.8	0.61	4.21	0.99	5.57	0.97	118.82	3.16	1.54	1.94
10	287	1275.69	1276.9	1.19	74.15	128.3	0.58	4.18	0.99	5.63	0.97	128.34	3.09	1.55	1.90

UCASAL –Facultad de Ingeniería e Informática- Enfoque práctico
–“Estudio hidrológico de un cruce sobre el río Vaqueros”

9.9167*	287	1275.45	1276.6	1.16	71.14	127.2	0.56	4.38	0.99	6.00	0.97	127.21	3.14	1.65	1.98
9.8333*	287	1275.22	1276.4	1.14	69.36	126.8	0.55	4.5	0.99	6.25	0.97	126.81	3.16	1.7	2.02
9.7500*	287	1274.99	1276.1	1.13	67.77	117.7	0.58	4.6	0.99	6.18	0.97	117.69	3.10	1.74	1.97
9.6667*	287	1274.75	1275.9	1.12	66.77	110.9	0.60	4.7	0.99	6.09	0.97	110.86	3.03	1.75	1.91
9.5833*	287	1274.52	1275.6	1.1	65.97	106.9	0.62	4.78	0.99	6.06	0.97	106.92	2.95	1.77	1.85
9.5000*	287	1274.29	1275.4	1.09	65.13	102.6	0.63	4.87	0.99	6.02	0.97	102.58	2.91	1.78	1.82
9.4167*	287	1274.05	1275.1	1.08	63.79	94.82	0.67	4.95	0.99	5.92	0.97	94.82	2.83	1.8	1.75
9.3333*	287	1273.82	1274.9	1.08	62.66	87.61	0.72	5	0.99	5.78	0.97	87.61	2.78	1.79	1.70
9.2500*	287	1273.58	1274.7	1.09	61.63	80.9	0.76	5.02	0.98	5.69	0.97	80.9	2.78	1.77	1.69
9.1667*	287	1273.35	1274.5	1.12	60.73	74.74	0.81	5.01	0.98	5.54	0.97	74.74	2.82	1.73	1.70
9.0833*	287	1273.12	1274.3	1.16	60.07	69.2	0.87	4.97	0.98	5.36	0.97	69.2	2.88	1.66	1.72
9	287	1272.88	1274.1	1.24	59.32	64.2	0.92	4.91	0.98	5.20	0.97	64.2	3.06	1.58	1.82
8.9444*	287	1272.59	1273.8	1.16	55.94	65.05	0.86	5.31	0.98	5.79	0.97	65.05	3.05	1.78	1.89
8.8889*	287	1272.3	1273.4	1.14	54.73	67.43	0.81	5.5	0.98	6.15	0.97	67.43	3.12	1.88	1.98
8.8333*	287	1272.01	1273.2	1.16	54.44	70.68	0.77	5.56	0.98	6.40	0.97	70.68	3.29	1.91	2.13
8.7778*	287	1271.72	1272.9	1.18	53.45	68.36	0.78	5.6	0.98	6.45	0.97	68.36	3.39	1.93	2.21
8.7222*	287	1271.43	1272.6	1.21	52.73	68.1	0.77	5.63	0.98	6.58	0.97	68.1	3.55	1.94	2.34
8.6667*	287	1271.14	1272.4	1.23	52.04	67.23	0.77	5.67	0.98	6.67	0.97	67.23	3.66	1.96	2.43
8.6111*	287	1270.85	1272.1	1.26	51.54	67.29	0.77	5.68	0.98	6.79	0.97	67.29	3.82	1.98	2.56
8.5556*	287	1270.56	1271.8	1.28	51.03	67.09	0.76	5.69	0.98	6.88	0.97	67.09	3.94	1.99	2.66
8.5000*	287	1270.27	1271.6	1.31	50.51	65.96	0.77	5.7	0.98	6.92	0.97	65.96	4.08	2	2.77
8.4444*	287	1269.98	1271.3	1.34	50.21	60.4	0.83	5.71	0.98	6.59	0.97	60.4	4.04	2	2.70
8.3889*	287	1269.68	1271.1	1.38	50.09	60.29	0.83	5.73	0.98	6.61	0.97	60.29	4.21	2.01	2.83
8.3333*	287	1269.39	1270.8	1.4	50.01	60.27	0.83	5.74	0.98	6.63	0.97	60.27	4.29	2.01	2.89
8.2778*	287	1269.1	1270.5	1.43	49.99	60.34	0.83	5.74	0.98	6.64	0.97	60.34	4.41	2.01	2.98
8.2222*	287	1268.81	1270.3	1.46	49.93	60.48	0.83	5.75	0.98	6.66	0.97	60.48	4.54	2.02	3.08
8.1667*	287	1268.52	1270	1.49	50	60.7	0.82	5.74	0.98	6.66	0.97	60.7	4.66	2.02	3.17
8.1111*	287	1268.23	1269.8	1.52	49.99	60.95	0.82	5.74	0.98	6.68	0.97	60.95	4.79	2.02	3.27
8.0556*	287	1267.94	1269.5	1.55	50.04	61.26	0.82	5.73	0.98	6.70	0.97	61.26	4.92	2.03	3.37
8	287	1267.65	1269.2	1.59	50.11	61.61	0.81	5.73	0.98	6.70	0.97	61.61	5.09	2.03	3.50
7.9333*	287	1267.37	1269	1.59	49.87	60.99	0.82	5.75	0.98	6.71	0.97	60.99	5.09	2.03	3.50
7.8667*	287	1267.1	1268.7	1.58	49.69	60.45	0.82	5.77	0.98	6.71	0.97	60.45	5.05	2.03	3.47
7.8000*	287	1266.82	1268.4	1.59	49.57	60.03	0.83	5.79	0.98	6.71	0.97	60.03	5.09	2.03	3.50
7.7333*	287	1266.54	1268.2	1.61	49.53	59.8	0.83	5.79	0.98	6.70	0.97	59.8	5.17	2.03	3.56
7.6667*	287	1266.27	1267.9	1.62	49.48	59.62	0.83	5.8	0.98	6.70	0.97	59.62	5.20	2.03	3.58
7.6000*	287	1265.99	1267.6	1.64	49.51	59.61	0.83	5.79	0.98	6.69	0.97	59.61	5.28	2.03	3.64
7.5333*	287	1265.71	1267.4	1.67	49.57	60.38	0.82	5.79	0.98	6.74	0.97	60.38	5.43	2.03	3.76
7.4667*	287	1265.44	1267.1	1.69	50.19	67.97	0.74	5.77	0.98	7.14	0.97	67.97	5.76	2.03	4.07
7.4000*	287	1265.16	1266.9	1.72	50.96	69.45	0.73	5.77	0.98	7.06	0.97	69.45	5.84	2.02	4.12
7.3333*	287	1264.88	1266.6	1.75	51.72	71.04	0.73	5.77	0.98	6.99	0.97	71.04	5.93	2.03	4.18
7.2667*	287	1264.61	1266.4	1.76	52.88	77.32	0.68	5.78	0.98	7.13	0.97	77.32	6.06	2.05	4.30
7.2000*	287	1264.33	1266.1	1.77	54.04	79.45	0.68	5.87	0.98	7.00	0.97	79.45	6.02	2.09	4.25
7.1333*	287	1264.05	1265.8	1.77	53.52	71.05	0.75	5.96	0.98	6.61	0.97	71.05	5.76	2.11	3.99
7.0667*	287	1263.78	1265.6	1.78	52.99	64.51	0.82	5.94	0.98	6.30	0.97	64.51	5.60	2.08	3.82
7	287	1263.5	1265.4	1.85	53.15	60.48	0.88	5.77	0.98	6.00	0.97	60.84	5.67	2.01	3.82
6.9412*	287	1263.21	1265.1	1.86	53.94	65.09	0.83	5.82	0.98	6.15	0.97	65.09	5.81	2.05	3.95

UCASAL –Facultad de Ingeniería e Informática- Enfoque práctico
–“Estudio hidrológico de un cruce sobre el río Vaqueros”

6.8824*	287	1262.92	1264.8	1.92	55.89	71.84	0.78	5.71	0.98	6.19	0.97	71.84	6.08	2.02	4.16
6.8235*	287	1262.64	1264.6	1.99	58.13	79.14	0.73	5.53	0.98	6.19	0.97	79.14	6.36	1.94	4.37
6.7647*	287	1262.35	1264.4	2.08	59.56	86.61	0.69	5.36	0.98	6.31	0.97	86.61	6.82	1.88	4.74
6.7059*	287	1262.06	1264.2	2.15	58.76	87.9	0.67	5.3	0.98	6.52	0.97	87.9	7.29	1.85	5.14
6.6471*	287	1261.78	1264	2.19	57.01	85.87	0.66	5.27	0.98	6.75	0.97	85.87	7.67	1.84	5.48
6.5882*	287	1261.49	1263.7	2.22	54.43	73.43	0.74	5.31	0.98	6.57	0.97	73.43	7.64	1.84	5.42
6.5294*	287	1261.2	1263.4	2.24	53.14	62.71	0.85	5.4	0.98	6.15	0.97	62.71	7.35	1.87	5.11
6.4706*	287	1260.91	1263.2	2.26	52.41	61.67	0.85	5.47	0.98	6.23	0.97	61.67	7.50	1.9	5.24
6.4118*	287	1260.63	1262.9	2.27	51.75	60.5	0.86	5.54	0.98	6.28	0.97	60.5	7.59	1.91	5.32
6.3529*	287	1260.34	1262.6	2.29	51.18	59.06	0.87	5.61	0.98	6.29	0.97	59.06	7.69	1.92	5.40
6.2941*	287	1260.05	1262.4	2.3	50.66	57.11	0.89	5.66	0.98	6.26	0.97	57.11	7.70	1.92	5.40
6.2353*	287	1259.76	1262.1	2.31	49.85	51.07	0.98	5.76	0.97	6.03	0.97	51.07	7.53	1.86	5.22
6.1765*	287	1259.48	1261.8	2.3	48.72	45.85	1.06	5.89	0.97	5.83	0.97	45.85	7.30	1.82	5.00
6.1176*	287	1259.19	1261.5	2.3	47.67	45.63	1.04	6.02	0.97	6.03	0.97	45.63	7.49	1.88	5.19
6.0588*	287	1258.9	1261.2	2.26	46.02	35.22	1.31	6.23	0.95	5.49	0.97	35.22	6.82	1.74	4.56
6	287	1258.61	1260.8	2.2	44.32	34.27	1.29	6.47	0.95	5.74	0.97	34.27	6.82	1.82	4.62
5.7778*	287	1258.52	1260.8	2.27	46.77	36.11	1.30	6.13	0.95	5.43	0.97	36.16	6.81	1.72	4.54
5.5555*	287	1258.42	1260.8	2.33	49.11	44.06	1.11	5.84	0.96	5.66	0.97	44.06	7.26	1.77	4.93
5.333	287	1258.32	1260.7	2.33	51.16	49.72	1.03	5.61	0.97	5.67	0.97	52.72	7.27	1.82	4.94
4.889	287	1258.12	1260.5	2.37	56.89	49.76	1.14	5.04	0.97	4.76	0.97	52.76	6.49	1.55	4.12
4.6667*	287	1258.02	1260.4	2.34	56.92	50.36	1.13	5.04	0.97	4.79	0.97	50.36	6.42	1.51	4.08
4.4445*	287	1257.92	1260.2	2.3	56.81	47.98	1.18	5.05	0.97	4.65	0.97	47.98	6.15	1.48	3.85
4.2222*	287	1257.82	1260.1	2.27	56.44	47.24	1.19	5.08	0.97	4.65	0.97	47.24	6.05	1.46	3.78
4	287	1257.72	1259.9	2.21	56.58	48.33	1.17	5.16	0.97	4.71	0.97	48.33	5.90	1.46	3.69
3.8750*	287	1257.3	1259.2	1.89	47.83	46.01	1.04	6.1	0.96	6.09	0.97	46.01	5.88	1.87	3.99
3.7500*	287	1256.87	1258.6	1.7	44.06	47.07	0.94	6.65	0.96	7.09	0.97	47.07	5.77	2.16	4.07
3.6250*	287	1256.45	1258	1.55	42.03	49.05	0.86	7	0.97	7.80	0.97	49.05	5.52	2.38	3.97
3.5000*	287	1256.02	1257.5	1.44	40.92	51.61	0.79	7.22	0.97	8.44	0.97	51.61	5.34	2.56	3.90
3.3750*	287	1255.6	1256.9	1.33	40.41	54.62	0.74	7.34	0.97	8.95	0.97	54.62	5.05	2.71	3.72
3.2500*	287	1255.17	1256.4	1.25	40.34	58.11	0.69	7.38	0.97	9.35	0.97	58.11	4.83	2.83	3.58
3.1250*	287	1254.75	1255.9	1.17	40.84	62.22	0.66	7.29	0.98	9.49	0.97	62.22	4.49	2.9	3.32
3	287	1254.32	1255.4	1.1	41.79	66.98	0.62	7.11	0.98	9.59	0.97	66.98	4.19	2.92	3.09
2.9231*	287	1254.19	1255.4	1.21	48.78	70.42	0.69	6.11	0.98	7.67	0.97	70.42	3.98	2.39	2.77
2.8462*	287	1254.05	1255.4	1.31	55.59	73.57	0.76	5.37	0.98	6.35	0.97	73.57	3.82	2.02	2.51
2.7692*	287	1253.91	1255.3	1.41	62.1	76.45	0.81	4.82	0.98	5.42	0.97	76.45	3.71	1.75	2.30
2.6923*	287	1253.77	1255.3	1.5	67.57	79.15	0.85	4.45	0.98	4.81	0.97	79.15	3.67	1.56	2.17
2.6154*	287	1253.63	1255.2	1.56	71.23	79.78	0.89	4.26	0.98	4.43	0.97	79.78	3.62	1.44	2.06
2.5385*	287	1253.49	1255.1	1.57	71.7	78.83	0.91	4.25	0.98	4.35	0.97	78.85	3.60	1.43	2.03
2.4615*	287	1253.35	1254.9	1.59	71.76	77.72	0.92	4.27	0.98	4.30	0.97	77.72	3.63	1.42	2.04
2.3846*	287	1253.21	1254.8	1.6	71.82	76.6	0.94	4.28	0.98	4.26	0.97	76.6	3.63	1.42	2.03
2.3077*	287	1253.08	1254.7	1.6	71.69	75.36	0.95	4.31	0.98	4.22	0.97	75.36	3.61	1.42	2.01
2.2308*	287	1252.94	1254.5	1.6	71.3	73.99	0.96	4.34	0.98	4.21	0.97	73.99	3.60	1.43	2.00
2.1538*	287	1252.8	1254.4	1.6	70.89	72.66	0.98	4.37	0.98	4.20	0.97	72.66	3.59	1.44	1.99
2.0769*	287	1252.66	1254.3	1.6	70.47	71.42	0.99	4.4	0.98	4.19	0.97	71.42	3.59	1.46	1.99
2	287	1252.52	1254.1	1.6	69.98	70.48	0.99	4.42	0.98	4.20	0.97	70.48	3.59	1.47	1.99
1.8889*	287	1252.35	1253.7	1.31	60.26	63.57	0.95	4.79	0.98	5.03	0.97	63.57	3.20	1.79	1.89

*UCASAL –Facultad de Ingeniería e Informática- Enfoque práctico
–“Estudio hidrológico de un cruce sobre el río Vaqueros”*

1.7778*	287	1252.17	1253.3	1.13	57.68	61.28	0.94	4.71	0.98	5.28	0.97	61.28	2.75	1.9	1.62
1.6667*	287	1251.99	1253	1	56.92	60.58	0.94	4.53	0.98	5.36	0.97	60.58	2.38	1.94	1.38
1.5556*	287	1251.82	1252.7	0.88	56.91	60.94	0.93	4.36	0.98	5.38	0.97	60.94	2.03	1.97	1.15
1.4444*	287	1251.64	1252.4	0.79	57.84	62.84	0.92	4.2	0.98	5.35	0.97	62.84	1.77	1.97	0.98
1.3333*	287	1251.47	1252.2	0.72	59.86	67.58	0.89	4.05	0.98	5.30	0.97	67.58	1.56	1.96	0.84
1.2222*	287	1251.29	1252.9	1.6	123.95	66.41	1.87	2.81	0.98	1.56	0.97	66.41	1.69	0.77	0.09
1.1111*	287	1251.11	1252.9	1.79	62.74	62.74	1.00	135.92	0.98	4.67	0.97	68.1	4.49	0.68	2.70
1	287	1250.94	1252.9	1.96	144.4	59.07	1.44	2.3	0.97	2.73	0.97	59.07	3.35	0.55	1.39

$$\frac{d_s}{h} = 2.0 K_f K_\phi K_c K_a \left(\frac{a}{h} \right)^{0.65} F_r^{0.43}$$

Socavación en las pilas por el método de la universidad estatal de colorado

h	Kf	K ϕ	Kc	Ka	a	Fr
4.94	1	1	1.1	1	1	1.82

ds= 3.01 mts

Socavación total en cada pila: 7.95 mts.

Cómputo y presupuesto del puente

Cómputo

		Unidad	Cantidad	Dimensiones			TOTAL
				a	b	h	
1	Trabajos preliminares						
1.1	Proyecto	gl	1				1.0
1.2	Limpieza de terreno	m2	1	80	20		1600.0
1.3	Obrador	gl	1				1.0
1.4	Cartel de obra	gl	1				1.0
1.5	Replanteo	m2	1	80	20		1600.0
2	Movimiento de suelos						
2.1	Terraplenamiento	m3					
			1	100		2	200.0
			1	25		4	100.0
							300.0
2.2	Excavación	m3	1	25		4	100.0
2.3	Compactación	m2					
			1	100		2	200.0
			1	25		4	100.0
							300.0
2.4	Excavación para bases aisladas	m3	5	3	9	5.5	742.5
2.5	Excavación para estribos	m3	2	1	52.4	5.5	576.4
3	Estructura de Hormigón Armado						
3.1	Hormigón de limpieza	m2	5	3	10		150.0
3.2	Bases aisladas	m3	5	3	10	2	300.0
3.3	Pilas	m3	1	0.785		78.9	61.9
3.4	Estribos	m3	2	0.5	60.4	2.75	166.1
3.5	Vigas transversales	m3	5	0.5	10.2	0.6	15.3
3.6	Vigas longitudinales	m3	3	0.509		60	91.6
3.7	Losa	m3	1	10.2	60	0.25	153.0
4	Varios						
4.1	Montaje de vigas longitudinales	Un.	12				12.0
4.2	Carpeta de rodamiento	km	1	0.06			0.1
4.3	Veredas	m2	1	10.14	90	0.1	91.3
4.4	Baranda	m	1	80			80.0
4.5	Guardarruedas	m	1	80			80.0

Análisis de precios

1. Trabajos preliminares

1.1	Ítem: Proyecto Ejecutivo				gl	\$ 225,000.00
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
	Arquitectura	gl	1	\$ 90,000.00	\$ 90,000.00	
	Estructura Resistente	gl	1	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	
	Instalación Eléctrica	gl	1	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00	

1.2	Ítem: Limpieza de terreno a maquina				m2	\$ 850.28
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Equipos	Motoniveladora	h	0.4	\$ 1,687.02	\$ 674.81	
	Camión volcador	h	0.05	\$ 1,348.36	\$ 67.42	
	Pala Cargadora	h	0.05	\$ 1,385.10	\$ 69.25	
Mano de Obra	Oficial	h	0.1	\$ 170.92	\$ 17.09	
	Ayudante	h	0.15	\$ 144.74	\$ 21.71	

1.3	Ítem: Obrador				u	\$ 86,568.87
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Obrador Metálico	u	1	\$ 70,000.00	\$ 70,000.00	
Mano de Obra	Oficial	h	80	\$ 170.92	\$ 13,673.99	
	Ayudante	h	20	\$ 144.74	\$ 2,894.88	

1.4	Ítem: Cartel de obra				u	\$ 22,315.90
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Cartel de obra	u	1	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	
Mano de Obra	Ayudante	h	16	\$ 144.74	\$ 2,315.90	

1.5	Ítem: Replanteo				m	\$ 84.04
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Clavos P.P. 2 1/2"	kg	0.05	\$ 51.24	\$ 2.56	
	Tirante pino 3" x 3" s/cepillar	m	0.2	\$ 65.02	\$ 13.00	
	Alambre Negro N° 16	kg	0.05	\$ 51.97	\$ 2.60	
	Pino 1" s/cepillar	m2	0.05	\$ 307.32	\$ 15.37	
Mano de Obra	Oficial	h	0.16	\$ 170.92	\$ 27.35	
	Ayudante	h	0.16	\$ 144.74	\$ 23.16	

UCASAL –Facultad de Ingeniería e Informática- Enfoque práctico
–“Estudio hidrológico de un cruce sobre el río Vaqueros”

2. Movimiento de suelos

2.1	Ítem: Terraplenamiento a máquina				m3	\$ 51.65
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Equipos	Motoniveladora	h	0.025	\$ 1,687.02	\$ 42.18	
Mano de Obra	Oficial	h	0.03	\$ 170.92	\$ 5.13	
	Ayudante	h	0.03	\$ 144.74	\$ 4.34	

2.2	Ítem: Excavación a máquina				m3	\$ 279.89
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Equipos	Retropala	h	0.1	\$ 503.50	\$ 50.35	
	Camión volcador	h	0.1	\$ 1,348.36	\$ 134.84	
Mano de Obra	Oficial	h	0.3	\$ 170.92	\$ 51.28	
	Ayudante	h	0.3	\$ 144.74	\$ 43.42	

2.3	Ítem: Compactación				m3	\$ 392.00
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Equipos	Vibrocompactador a explosión	h	0.25	\$ 1,423.26	\$ 355.82	
Mano de Obra	Ayudante	h	0.25	\$ 144.74	\$ 36.19	

2.4	Ítem: Excavación a máquina para bases				m3	\$ 279.89
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Equipos	Retropala	h	0.1	\$ 503.50	\$ 50.35	
	Camión volcador	h	0.1	\$ 1,348.36	\$ 134.84	
Mano de Obra	Oficial	h	0.3	\$ 170.92	\$ 51.28	
	Ayudante	h	0.3	\$ 144.74	\$ 43.42	

Ítem: Perfilado para excavación de bases					m3	\$ 723.72
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Mano de Obra	Ayudante	h	5	\$ 144.74	\$ 723.72	

2.5	Ítem: Excavación a máquina para estribos				m3	\$ 228.61
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Equipos	Retropala	h	0.1	\$ 503.50	\$ 50.35	
	Camión volcador	h	0.1	\$ 1,348.36	\$ 134.84	
Mano de Obra	Ayudante	h	0.3	\$ 144.74	\$ 43.42	

Ítem: Perfilado para excavación de estribos					m3	\$ 723.72
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Mano de Obra	Ayudante	h	5	\$ 144.74	\$ 723.72	

3. Estructura de Hormigón Armado

3.1	Ítem: H° de limpieza - e= 10cm				m2	\$ 443.41
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Cemento Portland	kg	25	\$ 7.83	\$ 195.75	
	Ripio lavado 1:3	m3	0.08	\$ 393.24	\$ 31.46	
	Arena gruesa	m3	0.09	\$ 355.99	\$ 32.04	
Mano de Obra	Oficial	h	0.4	\$ 170.92	\$ 68.37	
	Ayudante	h	0.8	\$ 144.74	\$ 115.80	

3.2	Ítem: H° A° p/bases aisladas				m3	\$ 9,770.16
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Hierro torsionado	kg	80	\$ 29.70	\$ 2,376.00	
	Hormigón elaborado H30	m3	1	\$ 2,832.00	\$ 2,832.00	
	Alambre negro N°16	kg	0.2	\$ 51.97	\$ 10.39	
Mano de Obra	Oficial	h	8	\$ 170.92	\$ 1,367.40	
	Ayudante	h	22	\$ 144.74	\$ 3,184.37	

3.3	Ítem: H° A° p/columnas resistentes				m3	\$ 14,043.42
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Hierro torsionado	kg	140	\$ 29.70	\$ 4,158.00	
	Hormigón elaborado H30	m3	1	\$ 2,832.00	\$ 2,832.00	
	Madera 1" pino nacional	m2	2	\$ 307.32	\$ 614.64	
	Clavos 2"	kg	1.5	\$ 51.24	\$ 76.86	
	Tirante pino 3" x 3" s/cepillar	m	4	\$ 65.02	\$ 260.08	
	Alambre negro N°16	kg	1.5	\$ 51.97	\$ 77.96	
Mano de Obra	Oficial	h	20	\$ 170.92	\$ 3,418.50	
	Ayudante	h	18	\$ 144.74	\$ 2,605.39	

3.4	Ítem: H° A° p/estribos				m3	\$ 15,167.14
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Hierro torsionado	kg	80	\$ 29.70	\$ 2,376.00	
	Hormigón elaborado H30	m3	1	\$ 2,832.00	\$ 2,832.00	
	Madera 1" pino nacional	m2	3	\$ 307.32	\$ 921.96	
	Alambre negro N°16	kg	3	\$ 51.97	\$ 155.91	
	Clavos 2"	kg	3	\$ 51.24	\$ 153.72	
	Tirante pino 3" x 3" s/cepillar	m	8	\$ 65.02	\$ 520.16	
Mano de Obra	Oficial	h	26	\$ 170.92	\$ 4,444.05	
	Ayudante	h	26	\$ 144.74	\$ 3,763.34	

*UCASAL –Facultad de Ingeniería e Informática- Enfoque práctico
–“Estudio hidrológico de un cruce sobre el río Vaqueros”*

3.5	Ítem: H° A° p/vigas resistentes transversales				m3	\$ 12,737.45
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Hierro torsionado	kg	100	\$ 29.70	\$ 2,970.00	
	Hormigón elaborado H30	m3	1	\$ 2,832.00	\$ 2,832.00	
	Madera 1" pino nacional	m2	2.5	\$ 307.32	\$ 768.30	
	Clavos 2"	kg	1.5	\$ 51.24	\$ 76.86	
	Tirante pino 3" x 3" s/cepillar	m	5	\$ 65.02	\$ 325.10	
	Alambre negro N°16	kg	1.6	\$ 51.97	\$ 83.15	
Mano de Obra	Oficial	h	18	\$ 170.92	\$ 3,076.65	
	Ayudante	h	18	\$ 144.74	\$ 2,605.39	

3.6	Ítem: H° A° p/vigas resistentes longitudinales				m3	\$ 15,076.11
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Hierro torsionado	kg	200	\$ 29.70	\$ 5,940.00	
	Hormigón elaborado H30	m3	1	\$ 2,832.00	\$ 2,832.00	
	Madera 1" pino nacional	m2	2.5	\$ 307.32	\$ 768.30	
	Clavos 2"	kg	1.5	\$ 51.24	\$ 76.86	
	Tirante pino 3" x 3" s/cepillar	m	5	\$ 65.02	\$ 325.10	
	Alambre negro N°16	kg	1.6	\$ 51.97	\$ 83.15	
Mano de Obra	Oficial	h	16	\$ 170.92	\$ 2,734.80	
	Ayudante	h	16	\$ 144.74	\$ 2,315.90	

3.7	Ítem: H° A° p/losas macizas				m3	\$ 9,035.60
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Hierro torsionado	kg	34	\$ 29.70	\$ 1,009.80	
	Hormigón elaborado H30	m3	1	\$ 2,832.00	\$ 2,832.00	
	Madera 1" pino nacional	m2	0.7	\$ 307.32	\$ 215.12	
	Clavos 2"	kg	1	\$ 51.24	\$ 51.24	
	Tirante pino 3" x 3" s/cepillar	m	2	\$ 65.02	\$ 130.04	
	Alambre negro N°16	kg	1.2	\$ 51.97	\$ 62.36	
Mano de Obra	Oficial	h	15	\$ 170.92	\$ 2,563.87	
	Ayudante	h	15	\$ 144.74	\$ 2,171.16	

4. Varios

4.1	Ítem: Montaje de vigas longitudinales				un	\$ 622,410.00
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Grúa	hs	6	\$ 90,000.00	\$ 540,000.00	
	Neoprenos	cm3	25000	\$ 1.25	\$ 31,250.00	
	Utilería de grúa	gl	1	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	
	Varillas roscadas	un	2	\$ 580.00	\$ 1,160.00	
	Cabos de guiado	m	40	\$ 350.00	\$ 14,000.00	
Mano de Obra	Oficial	h	12	\$ 170.92	\$ 2,051.10	
	Ayudante	h	8	\$ 144.74	\$ 1,157.95	

4.2	Ítem: Carpetas de rodamiento				km	\$ 10,189,044.95
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Pavimento de Hormigón	m3	1960	\$ 3,917.72	\$ 7,678,733.36	
	Hormigón compactado a rodillo	m3	656.1	\$ 1,616.44	\$ 1,060,547.79	
	Grava graduada simple	m3	739.6	\$ 1,179.44	\$ 872,317.23	
	Preparación subrasante	m3	75690	\$ 7.63	\$ 577,446.58	

4.3	Ítem: Vereda de h's° fratasado (e=10 cm)				m2	\$ 658.44
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Cemento Portland	kg	25	\$ 7.83	\$ 195.75	
	Ripiosa	m3	0.2	\$ 393.24	\$ 78.65	
Mano de Obra	Oficial	h	1.4	\$ 170.92	\$ 239.29	
	Ayudante	h	1	\$ 144.74	\$ 144.74	

4.4	Ítem: Barandas metálicas				ml	\$ 1,351.52
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Caño cuadrado 100x100 e: 2mm x 6m	ml	1.50	\$ 75.60	\$ 113.40	
	Caño est. cuadrado 15x15 e: 1,2mm	ml	6.00	\$ 48.73	\$ 292.38	
	Caño est. cuadrado 20x40 e: 1,2mm	ml	1.00	\$ 56.82	\$ 56.82	
	Electrodos 2,5	kg	0.20	\$ 194.90	\$ 38.98	
	Pintura sintética	lts	0.30	\$ 222.29	\$ 66.69	
	Pintura antioxiado	lts	0.60	\$ 227.92	\$ 136.75	
	Disco de cortes 4,5	un	0.20	\$ 24.50	\$ 4.90	
	Disco sensitiva 14"	un	0.10	\$ 235.00	\$ 23.50	
Mano de Obra	Oficial especializado	h	0.9	\$ 204.30	\$ 183.87	
	Ayudante	h	3.00	\$ 144.74	\$ 434.23	

4.5	Ítem: Guardarruedas				ml	\$ 251.95
	Detalle	U	Rendi- miento	Precio Unit.	Subtotales	Total
Materiales	Chapa lisa galvanizada N°24	kg	1.3	\$ 7.83	\$ 10.18	
Mano de Obra	Oficial especializado	h	0.9	\$ 204.30	\$ 183.87	
	Ayudante	h	0.4	\$ 144.74	\$ 57.90	

Presupuesto:

		Un.	Cant.	Prec. Unit.	Prec. parcial	TOTAL
1 Trabajos preliminares						\$ 1,828,800.67
1.1	Proyecto	gl	1	\$ 225,000.00	\$ 225,000.00	
1.2	Limpieza de terreno	m2	1600	\$ 850.28	\$ 1,360,455.89	
1.3	Obrador	gl	1	\$ 86,568.87	\$ 86,568.87	
1.4	Cartel de obra	gl	1	\$ 22,315.90	\$ 22,315.90	
1.5	Replanteo	m2	1600	\$ 84.04	\$ 134,460.01	
2 Movimiento de suelos						\$ 623,654.67
2.1	Terraplenamiento	m3	300	\$ 51.65	\$ 15,493.67	
2.2	Excavación	m3	100	\$ 279.89	\$ 27,988.68	
2.3	Compactación	m2	300	\$ 392.00	\$ 117,600.39	
2.4	Excav. p/bases aisladas	m3	742.5	\$ 368.65	\$ 273,725.16	
2.5	Excav. p/estribos	m3	576.4	\$ 327.63	\$ 188,846.77	
3 Estructura de Hormigón Armado						\$ 9,345,225.47
3.1	Hormigón de limpieza	m2	150	\$ 443.41	\$ 66,512.01	
3.2	Bases aisladas	m3	300	\$ 9,770.16	\$ 2,931,047.90	
3.3	Pilas	m3	61.9	\$ 14,043.42	\$ 869,800.49	
3.4	Estribos	m3	166.1	\$ 15,167.14	\$ 2,519,261.79	
3.5	Vigas transversales	m3	15.3	\$ 12,737.45	\$ 194,882.99	
3.6	Vigas longitudinales	m3	91.62	\$ 15,076.11	\$ 1,381,273.47	
3.7	Losa	m3	153	\$ 9,035.60	\$ 1,382,446.82	
4 Varios						\$ 8,248,473.06
4.1	Montaje de vigas long.	Un.	12	\$ 622,410.00	\$ 7,468,920.00	
4.2	Carpeta de rodamiento	km	0.06	\$ 10,189,044.9	\$ 611,342.70	
4.3	Veredas	m2	91.26	\$ 658.44	\$ 60,088.94	
4.4	Baranda	m	80	\$ 1,351.52	\$ 108,121.43	
4.5	Guardarruedas	m	80	\$ 251.95	\$ 20,155.73	
TOTAL						\$ 20,046,153.88

Conclusión

Una vez finalizado el estudio hídrico de la cuenca del río vaqueros, proponemos como alternativa de cruce del río, aguas arriba del puente existente, un puente a la altura de la rotonda de la ruta 28 del barrio “El Huaico” (perfil 5.33 y 4.88 de nuestro estudio).



Fig. 108: Imagen del puente diseñado

Sabemos que la construcción de un nuevo puente puede causar congestiones de tránsito en otros sectores de la ciudad, no se encuentran estudios al respecto pero tampoco corresponden al alcance de nuestro proyecto. Con un estudio urbanístico se pueden proponer soluciones al respecto.

Debido al gran arrastre de sedimentos del río, sobretodo en épocas lluviosas, la única forma segura, estable y duradera en el tiempo, aunque más costosa, es el puente. De esta manera, calculamos las características esenciales que debe tener la estructura del mismo y el lugar óptimo de cruce, no solo por la topografía sino también por las características hídricas de la sección y por la composición de las calles.

Para continuar con el proyecto, hace falta el cálculo de estructuras del puente y el estudio vial. Entonces por cuestiones de seguridad, planteamos un puente tipo sobredimensionado, para ver el comportamiento del agua luego de haberlo construido. Así calculamos la socavación máxima, para poder obtener la profundidad mínima de fundación y la altura máxima del pelo de agua para una lluvia de 50 años de recurrencia. Estos valores, deben ser recalculados una vez que se tengan las dimensiones definitivas de los elementos que conforman el puente, especialmente del ancho de las pilas y el tipo de fundación.

En los anexos adjuntamos los planos del proyecto hídrico:

- planos de perfiles transversales del río
- plano del perfil longitudinal
- plano de detalles del puente

Para concluir, hicimos el cómputo y presupuesto del mismo, como para tener un aproximado de la cantidad necesaria de dinero para llevar a cabo este proyecto. El mismo también debe ajustarse de acuerdo al cálculo de estructuras de dicho puente.

Precio total costo-costo: \$20.046.153,88 (veinte millones, cuarenta y seis mil, ciento cincuenta y tres con ochenta y ocho)

El presupuesto incluye:

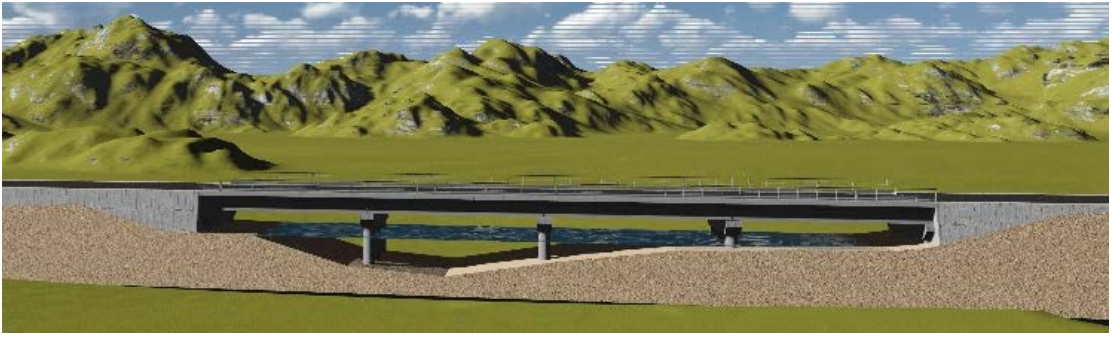
- Trabajos preliminares:
 - Limpieza de terreno
 - Obrador
 - Proyecto ejecutivo
- Movimiento de suelos
 - Excavaciones
 - Terraplenamiento
- Estructura de Hormigón armado: con hormigón elaborado H-30
- Carpeta de rodamiento
- Dispositivos de seguridad
 - Barandas
 - Guardarruedas

No incluye:

- Instalación eléctrica
- Instalación de artefactos eléctricos
- Construcción de la carretera hasta el punto del puente

Imágenes del puente diseñado, luego de una lluvia de 50 años de recurrencia:





CAPÍTULO 4: Topografía

Para el estudio de nuestra cuenca necesitamos saber con más precisión las pendientes de toda la cuenca. Para eso pedimos la estación total de la facultad y fuimos al río Vaqueros aguas arriba del puente. El objetivo era sacar perfiles transversales cada 100 mts. y en los lugares donde estimamos que va a ser nuestro cruce del río, hacer perfiles transversales cada 50 mts.

Cuando llegamos al lugar nos dimos con que es difícil manejarnos con la estación total, ya que las empresas que están al margen del río y que usan de cantera el ripio, acopiaron el material en las laderas del río de tal manera que en ambos costados del río hay material acumulado de 4 mts. de alto aproximadamente.

De esta manera decidimos obtener todos los puntos de nuestra cuenca con un GPS, ya que nos proporciona los datos con la precisión que necesitamos sin afectar a los alcances del presente trabajo y además es fácil de transportar en un terreno de estas características.



Fig.109: Material acopiado en las laderas del río.

Recorrimos el río y sacamos fotos para ver de qué manera podríamos sacar los perfiles necesarios para nuestro estudio de las pendientes.

GPStmap 60Csx- Garmin:



Características del GPS:

Precisión de posicionamiento de GPS: >1 mt. el 95% en condiciones óptimas
Tipos de datos transferidos: Waypoints, rutas, tracks en formato gpx, mapas en formato img, pantallas en formato jpg.

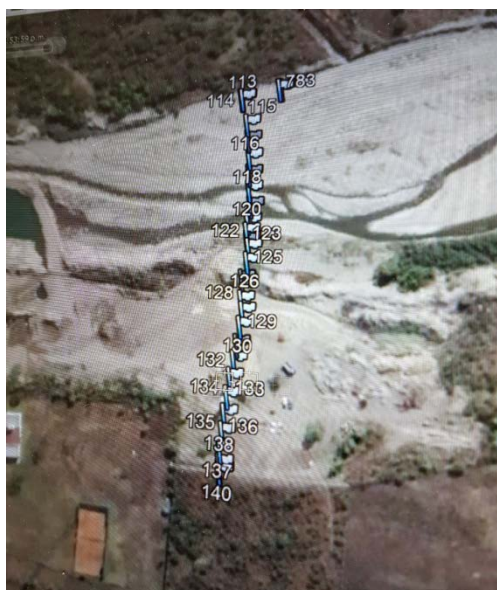


Fig.110: Primer perfil obtenido el 14/10/2017

De cada uno de los puntos obtenidos podemos sacar las coordenadas x,y,z. De las cuales la que nos interesa es la coordenada z ya que nos da el valor de la altura para sacar las pendientes de la cuenca.

Estos puntos nos sirven para cargarlos en los programas hidrológicos y hacer correr los programas. Así podremos estudiar el cauce del río y cómo se comporta.

El 21/10/2017 logramos sacar 12 perfiles transversales más:

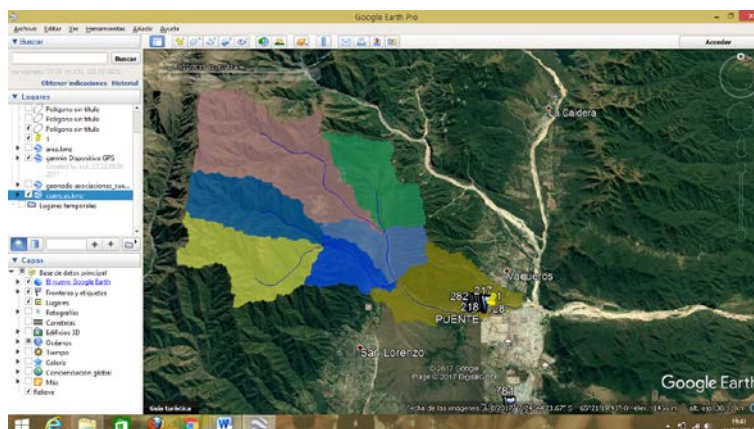


Fig.112

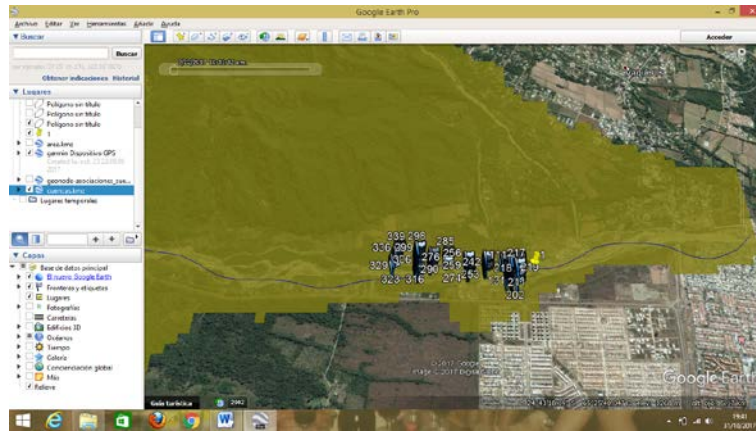


Fig. 113

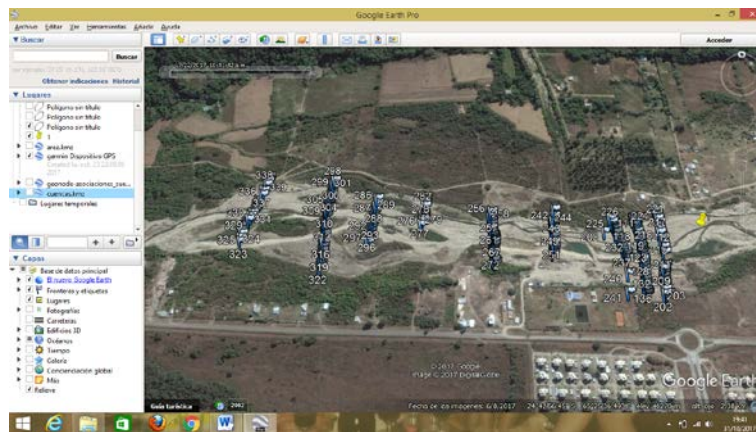


Fig. 114

Fig. 112, fig. 113 y fig. 114: Imágenes de Google Earth con los puntos obtenidos con el GPS.

CAPÍTULO 5: Anexos

Registro Fotográfico

- Sábado 14/10/2017



Fig. 115: Fotos del río desde arriba del acopio de materiales.



Fig. 116: Fotos desde el lugar donde trabajan las empresas que están al costado del río.



Fig. 117: Foto recorriendo el perfil longitudinal del río.

- Sábado 21/10/2017



Fig.118: Fotos de los últimos perfiles transversales tomados.



Fig. 119: Foto panorámica del lugar.



Fig. 120: Foto panorámica del lugar donde trabajan las empresas.



Tablas:

TABLA 1: Coeficiente de escorrentía

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional							
Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.

TABLA 2: Tiempo de concentración

TIEMPO DE CONCENTRACION

Método y fecha	Fórmula para t_c (min)	Observaciones
Kirpich (1940)	$t_c = 0.0078L^{0.77}S^{-0.385}$ L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, pies S = pendiente promedio de la cuenca, pies/pie	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales en Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 60(11.9L^3/H)^{0.385}$ L = longitud del curso de agua más largo, mi H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, pies	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California (U. S. Bureau of Reclamation, 1973, pp. 67-71).
Izzard (1946)	$t_c = \frac{41.02S(0.0007i + c)L^{0.33}}{S^{0.33}i^{0.667}}$ i = intensidad de lluvia, pulg/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, pies S = pendiente de la trayectoria de flujo, pies/pie	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 500 .

Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 1.8(1.1 - C)L^{0.50}S^{0.333}$ C = coeficiente de escorrentía del método racional L = longitud del flujo superficial, pies S = pendiente de la superficie, %	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973)	$t_c = \frac{0.94L^{0.6}i^{0.6}}{(1.48S^{0.3})}$ L = longitud del flujo superficial, pies n = coeficiente de rugosidad de Manning i = intensidad de lluvia, pulg/h S = pendiente promedio del terreno, pies/pie	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto i (intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos; la superposición de una curva de intensidad-duración-frecuencia da una solución gráfica directa para t_c .
Ecuación de retardo SCS (1973)	$t_c = \frac{100 L^{0.8} [(1,000/CN) - 9]^{0.7}}{1,900 S^{0.5}}$ L = longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), pies CN = número de curva SCS S = Pendiente promedio de la cuenca, %	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 2,000 acres; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67 \times$ retardo de la cuenca.
Cartas de velocidad promedio del SCS (1975, 1986)	$t_c = \frac{1}{60} \sum \frac{L}{V}$ L = longitud de la trayectoria de flujo, pies V = velocidad promedio en pies por segundo de la figura 3-1 del TR 55 para diferentes superficies	Las cartas de flujo superficial de la figura 3-1 del TR 55 muestran la velocidad promedio como una función de la pendiente del curso de agua y de la cubierta superficial. (Véase también la tabla 5.7.1)

TABLA 3: Valores de CN para distintos complejos hidrológicos suelo vegetación.

Uso y cobertura del suelo	Tratamiento ó método	Condición para la infiltración	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Barbecho	SR		77	86	91	94
Cultivos en hileras	SR	mala	72	81	88	91
	SR	buena	67	78	85	89
	C	mala	70	79	84	88
	C	buena	65	75	82	86
	C y T	mala	66	74	80	82
Granos pequeños	C y T	buena	62	71	78	81
	SR	mala	65	76	84	88
	SR	buena	63	75	83	87
	C	mala	63	74	82	85
	C	buena	61	73	81	84
Legumbres tupidas o rotación de praderas	C y T	mala	61	72	79	82
	C y T	buena	59	70	78	81
	SR	mala	66	77	85	89
	SR	buena	58	72	81	85
	C	mala	64	75	83	85
Pradera o pastizal	C	buena	55	69	78	83
	C y T	mala	63	73	80	83
	C y T	buena	51	67	76	80
		mala	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
Pradera permanente		buena	39	61	74	80
	C	mala	47	67	81	88
	C	regular	25	59	75	83
	C	buena	10	35	70	79
Bosques (lotes de bosques)			30	58	71	78
		mala	45	66	77	83
		regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77

SR: hileras rectas, T: terrazas, C: por curva de nivel, C y T: terrazas a nivel.

Uso y cobertura del suelo	Grupo hidrológico			
	A	B	C	D
Suelo desnudo	77	85	91	93
Pasto (matas de pasto o baja densidad de siembra)	51	70	80	84
Cultivos menores (jardines o huertas)	45	66	77	83
Caña de azúcar (quema de residuos)	43	65	77	82
Caña de azúcar (surcos en contorno)	32	58	72	79
Vegetación natural	25-30	41-46	57-63	66
Matorral de hoja caduca (roble o natural con piso de gramilla)	29-33	43-48	59-65	67
Pasturas irrigadas	32-37	46-51	62-68	70
Frutales con verdeo anual	37-41	50-55	64-69	71
Pastos anuales	46-49	57-60	68-72	74
Cereales de cosecha fina	61-64	69-71	76-80	81
Cereales de cosecha gruesa	67-69	74-76	80-83	84
Áreas urbanas				
Áreas abiertas (césped, parques, etc.)				
óptimas condiciones: 75% o más de cubierta de pasto	39	61	74	80
condiciones aceptables: 50 a 75 % de cubierta de pasto	49	69	79	84
Áreas comerciales (85 % impermeables)				
Distritos industriales (72 % impermeables)	89	92	94	95
	81	88	91	93
Residencial				
Tamaño medio del lote [m2]	% medio impermeable			
< 500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Estacionamientos pavimentados, techos, accesos, etc.				
	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentadas con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

Estudio de Suelos de la cuenca del Río Vaqueros

Para la realización del mismo se tomó como base el trabajo realizado en la tesis de grado “Saneamiento del Río Vaqueros – Margen Derecha”. BERNAL, F.; CHOCOBAR, E.; GARCIA, M.; ORTEGA, C. Tutor: Ing. Juan B. Sciortino. U.N.Sa., Cátedra de Hidráulica Aplicada, 2006.

Los estudios se realizaron en base a 4 muestras que pertenecen a la margen derecha del río y del cauce. Se obtuvieron a 350 metros aguas arriba del puente, con 3 excavaciones en niveles diferentes de terreno, como se muestra en el gráfico.

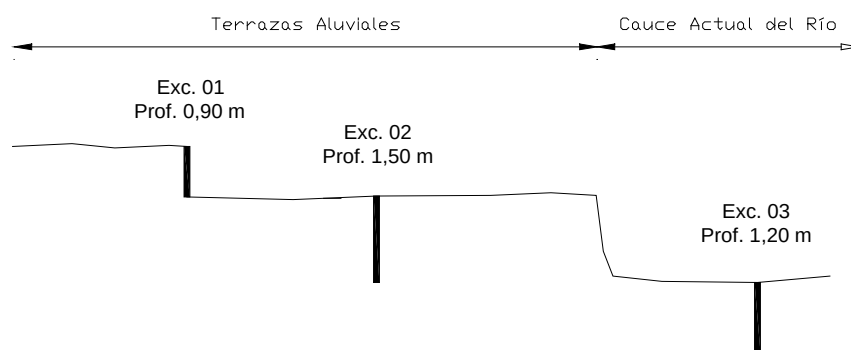


Fig. N°: Esquema de excavaciones

El perfil de suelo compuesto por la combinación de todas estas excavaciones es el siguiente:

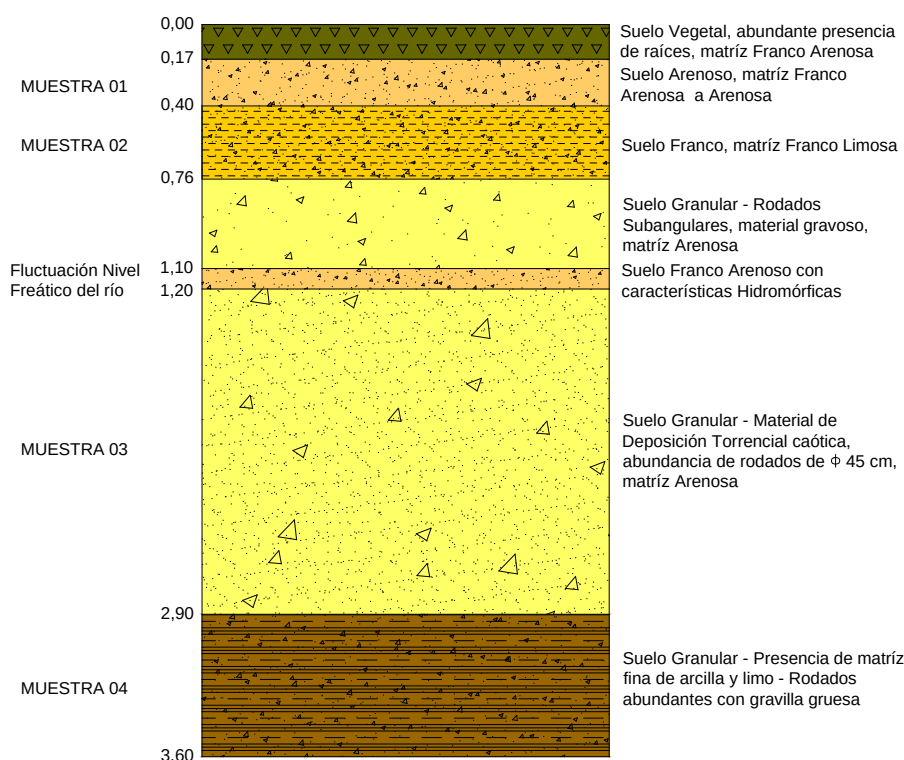


Fig. N°: Perfil Compuesto (Excavaciones 01, 02 y 03).

Clasificación de suelos (VN-E4-84)

La clasificación de suelos según HRB (Highway Research Board) se basa en:

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Índice de Grupo

CLASIFICACION GENERAL	SUELOS GRANULARES							SUELOS ARCILLOSO - LIMOSO			
	Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35 %							Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35 %			
CLASIFICACION POR GRUPOS	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Ensayo de tamizado por vía húmeda. Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros N° 40	Máx 30	Máx 50	Mín 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40											
Límite Líquido ω_L (%)	-	-	-	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41
Índice de Plasticidad I_p (%)	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11
Índice de Grupo IG	0	0	0	0	0	Máx 4	Máx 4	Máx 8	Máx 12	Máx 16	Máx 20
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosas		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno					Regular a pobre					

- A-1: Los suelos tipo A-1 están constituidos por materiales granulares bien graduados (su curva granulométrica se acerca a la de Fuller o de máxima compacidad) con poca o nula plasticidad. Su comportamiento es excelente, ya que presenta un muy buen valor soporte y muy pocas variaciones volumétricas con los cambios de humedad.

- A-2: Los suelos A-2 están constituidos por gravas bien graduadas o de regular graduación, pero el pasante del tamiz 40 posee características propias de los suelos finos en lo que se refiere a constantes físicas (LL, LP, IP). Ello da lugar a distintos subgrupos, por ejemplo:

- A-2-4: Tiene un pasante de tamiz N°200 menor del 35%, pero el LL y IP del material pasante del tamiz N°40 tiene las mismas características de un suelo A-4.

- A-2-6: Tiene las características de un suelo A-2, pero el pasante del tamiz N°40 tiene las características de un suelo A-6.

Son cohesivos y eso les confiere un gran valor soporte cuando están secos, incluso mayor que un suelo A-1.

- A-3: Los suelos A-3 son arenas lavadas características de los médanos o de las playas de ríos, no tienen cohesión. Cuando están confinados presentan un muy buen valor soporte y excelente drenaje y muy pequeña variación volumétrica con los cambios de humedad.

- Los suelos A-4, A-5, A-6 y A-7 se caracterizan por tener pasante del tamiz N°200 mayor del 35%, son suelos finos. En ellos predominan las arenas finas, los limos y las arcillas.

- A-4 y A-5: están constituidos prácticamente por limos y arenas.
- A-4: predomina la arena, se llaman areno-limosos
- A-5: predomina la arcilla se llaman limo-arenosos
- A-6 y A-7: son esencialmente una combinación de arena fina y arcilla

- A-6: son los más abundantes, predomina la arena, se llaman areno arcillosos.
- A-7: predomina la arcilla, se llaman arcillo-arenosos.

Estos suelos presentan buena cohesión, tienen gran valor soporte cuando están secos pero lo pierden al obtener humedad. Presentan grandes variaciones volumétricas cuando absorben agua. Para estos suelos hay que determinar el valor x :

$$x = LL - 30$$

Si el IP es menor que x , el suelo es A-7-5, y si es mayor el suelo es A-7-6.

Índice de Grupo

Es un adimensional que da una idea de la calidad del suelo

$$IG = (F - 35) \cdot [0.2 + 0.005 \cdot (LL - 40)] + 0.01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$$

Donde F es el porcentaje del suelo pasante por el tamiz N°200

Para los suelos A-2-6 y A-2-7 el IG se calcula con la siguiente fórmula:

$$IG = 0.01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$$

En la clasificación de suelos se indica el IG entre paréntesis.

Los suelos con menor IG son los de mejor calidad. Un IG=0 equivale a un suelo de muy buena calidad, en cambio, un IG=20 es un suelo de calidad muy pobre.

Límites de Atterberg

Límite Líquido (Ensayo VN-E2-65)

Se denomina Límite Líquido al contenido de humedad, expresado en por ciento del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluya y se unan en una longitud de 12 mm., aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo. El ensayo se realiza sobre la fracción del material que pasa por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40).

Límite Plástico (Ensayo VN-E3-65)

Se denomina Límite Plástico al contenido de humedad existente en un suelo, expresado en por ciento del peso de suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm. de diámetro.

Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico de un mismo suelo.

Ensayo de Granulometría (VN-E7-65)

El ensayo sirve para establecer la distribución porcentual de las partículas que componen un material granular, en función de su tamaño y dibujar la curva representativa del mismo. Consiste en pasar el material por una columna de tamices de distintas aperturas que actúan como filtro, y en base a su peso calcular los porcentajes de suelo pasantes y retenidos en cada tamiz.

Resultados

Muestra N°1:

- LL= 21
- LP=19
- IP=2

Clasificación SUCS

Pasante Malla 200	Límite Líquido	Índice de Plasticidad	Suelo tipo	Nombre	Resistencia en Seco	Dilatancia	Tenacidad
>50%	< 50	< 4	ML	Limo Arcilloso	Nula a Ligera	Rápida a lenta	Nula

Limo Inorgánico arcilloso de baja plasticidad

Clasificación HRB

Pasante Malla 200	Límite Líquido	Índice de Plasticidad	Índice de Grupo	Suelo tipo
>36%	< 40	<10	0	A-4 (0)

Suelo Limoso

Muestra N°2:

- LL= 23
- LP=19
- IP=4

Clasificación SUCS

Pasante Malla 200	Límite Líquido	Índice de Plasticidad	Suelo tipo	Nombre	Resistencia en Seco	Dilatancia	Tenacidad
>50%	<50	<de 4	ML	Limo Arenoso	Nula a Ligera	Rápida a lenta	Nula

Limo Inorgánicos, Arenoso, de baja plasticidad.

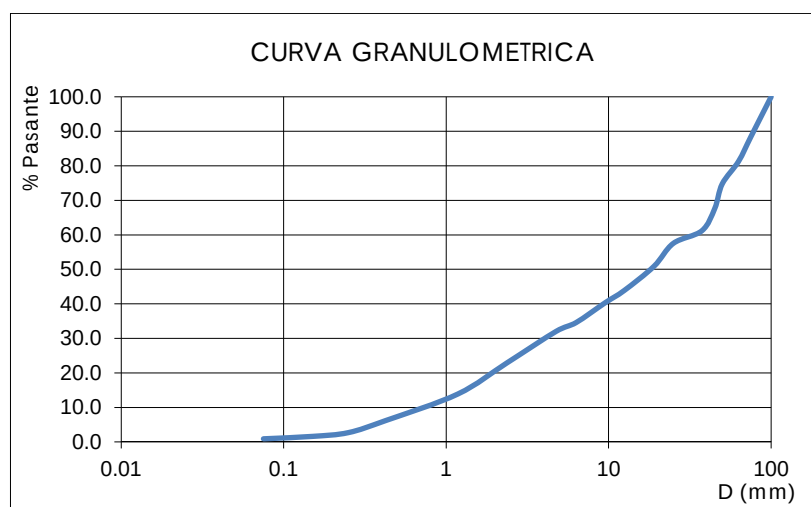
Clasificación HRB

Pasante Malla 200	Límite Líquido	Índice de Plasticidad	Índice de Grupo	Suelo tipo
>36%	< 40	< 10	0	A-4 (0)

Suelo Limoso

Muestra N°3:

Suelo Granular



- Cu= 42
- Cc=1
- Peso específico real= 2659,78 kg/m³

Clasificación SUCS

Retenido Tamiz N° 200	Pasa Tamiz N° 4	Pasa Tamiz N° 200	Coef. Uniformidad	Coef. Curvatura	Clasificación
66.77	32.0	0.9	42	1	GP
Grueso	Grava (G)	Limpia	Mal Graduada (P)		

Tabla N°7: Muestra N°3 – Clasificación SUCS

Gravas Limpia, mal graduada, con presencia de arenas con poco o nada de finos.

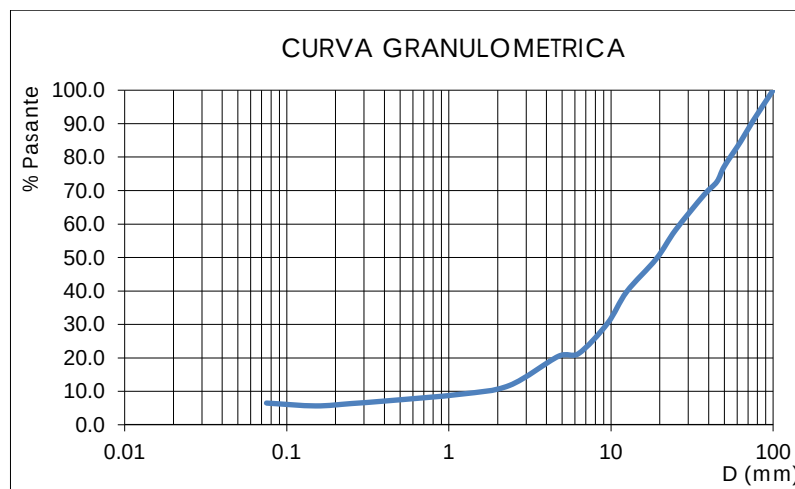
Clasificación HRB

Pasante Tamiz N° 10	Pasante Tamiz N° 40	Pasante Tamiz N° 200	Índice de Grupo	Suelo tipo
<50	<30	<15	0	A-1 (0)

Suelo Granular con fragmento de roca y grava

Muestra N°4:

Suelo Granular



- $C_u = 18$
- $C_c = 2.15$
- Peso específico real = $2634,70 \text{ kg/m}^3$

Clasificación SUCS

Retenido Tamiz N° 200	Pasa Tamiz N° 4	Pasa Tamiz N° 200	Coef. Uniformidad	Coef. Curvatura	Clasificación
83.05	58.2	6.5	18	2	GP - GC
Grueso	Arena (S)	con Finos	Mal Graduada		

Gravas con Arena y Finos sin clasificación - Escasa Presencia de arcillas

Clasificación HRB

Pasante Tamiz N° 10	Pasante Tamiz N° 40	Pasante Tamiz N° 200	Índice de Grupo	Suelo tipo
<50	<30	<15	0	A-1 (0)

Suelo Granular con fragmento de roca y grava

Conclusión

En conjunto con el Ing. Emmel Castro, en base a la clasificación de suelos, la granulometría y estratificación del terreno, se estimaron los siguientes parámetros del suelo:

- $\Phi = 30^\circ$
- $\gamma_{\square} = 2600 \text{ Kg/m}^3$
- $C = 0.05 \text{ MPA}$
- Coeficiente de balasto $K = 12 \text{ kg/cm}^3$

CAPÍTULO 6: Bibliografía

Bibliografía

- Hidrología aplicada – Ven Te Chow.
- Fundamentos de hidrología de superficie – Francisco Javier Aparicio.
- Estabilidad de Cauces – pdf.
- Ing. Francisco Javier Ramos Vernieri – Apuntes de la materia Hidrología
- Proyecto de ribera de río vaqueros – pdf.
- Estudio de factibilidad y proyecto de obra. Dren horizontal Vaqueros – pdf.
- Manual del usuario de HEC – RAS
- Apuntes de la Materia Higrología
- Apuntes de Socavación de Puentes – Universidad del Cauca
- Análisis de precio y costos de la construcción del Copaipa
- Revista Vivienda, Junio 2018