

REPUBLICA DE PANAMÁ
PROVINCIA DE VERAGUAS
DISTRITO ATALAYA
CORREGIMIENTO ATALAYA CABECERA

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO
– QDA. LA MATA Y QDA. BRAZO LA MATA

PROYECTO
“PROYECTO RESIDENCIAL:
“ALTOS DE ATALAYA”
FINCA 30187169 COD. 9001

PROMOTORA:
PROMOTORA HORIZONTE DE PARIS, S.A.
Folio 155603055



POR: ING. FRANKLIN VEGA PERALTA
Céd. 9 - 127 - 064
LIC. 94 - 005 - 003
LIC. 3,277 - 95

SANTIAGO, MARZO - 2023

1. INTRODUCCIÓN

Dando cumplimiento a las regulaciones de diseños hidráulicos y ambientales de Panamá, como son la Ley 41 del 1 de julio de 1998, modificada por la Ley N° 8 de 25 de marzo de 2015; General de Ambiente de la República de Panamá y a normas y reglamentaciones de Ministerio de Obras Públicas, se presenta este estudio hidrológico que comprende una descripción general de las características físicas, climatológicas e hidrológicas de nivel de máximas crecidas en un punto específico de una quebrada denominada La Mata y su afluente denominada qda. Brazo La Mata, recursos hídricos que interaccionan con proyecto a desarrollar denominado Residencial Altos de Atalaya y otras urbanizaciones de esta zona de la provincia de Veraguas. Se refiere esencialmente en dar a conocer los principales parámetros del régimen climatología e de hidrología de la mencionada fuente hídrica, para establecer una LÍNEA BASE TECNICA HIDROLOGICA, principalmente para cálculos hidráulicos y la toma de decisiones en el diseño y construcción de obras hidráulicas y conocer la cota segura de la terracería donde se habilitarán los lotes de residencial para viviendas.

Para llegar a estos objetivos una de las primeras tareas fue la de conocer mejor la variación de la lluvia y los recursos hídricos dentro de la cuenca estudiada. Como línea base hidrológica se revisaron, corrigieron y se estimaron los datos faltantes de precipitación de las estaciones disponibles en el área, si ello fuere necesario, aspecto que no lo fue.

La información de precipitación y caudal son los principales parámetros hidrológicos del balance hídrico superficial. Para establecer ese balance fue considerada el agua que llega anualmente a la cuenca a través de las precipitaciones y la pérdida de ésta por la influencia de la evapotranspiración.

Los 66 años de registros históricos desde el año 1955 al año actual 2023 de la estación Santiago, sirve para definir la precipitación pluvial, la cual está activa y es las más cercanas al punto de estudio de la fuente hídrica y dan resultados de valores muy aproximados de cada uno de los parámetros calculados.

Para estimar las pérdidas de agua por evapotranspiración en el área de estudio, se tomó como base los registros meteorológicos de la estación Tipo A de Santiago (Estación 120 – 002: ETESA) ubicada en la Cuenca N° 120 – Río San Pedro, con elevación de 88 m snm. Esta estación, permite estimar la variación de la evapotranspiración potencial con la altura asumiendo una variación lineal. De esta forma, para el cálculo del balance hídrico, se obtiene un valor aproximado de la

evapotranspiración en la cuenca de la fuente estudiada hasta el punto de estudio. Las cuencas analizadas hasta el punto de estudio, tienen un área de drenaje de 3.8km² qda. La Mata y 0.47Km² el afluente qda. Brazo La Mata. A la vez la primera tiene una pendiente media de 0.08 m/m y la segunda una pendiente media de 0.04 m/m, significa que ambas cuencas tienen escurrimiento moderadamente rápido, siendo el coeficiente de escorrentía de 0.47 para qda. La Mata y 0.47 para el afluente qda. Brazo La Mata. La erosión se considera moderada en ambas cuencas y la elevación media de la cuenca hasta el punto de estudio es de 72.0 metros snm para qda. La Mata y de 63.2 metros snm para qda. Brazo La Mata.

Tomando en cuenta la elevación media del origen de la **Qda La Mata**, en el área semi- urbana de Atalaya (lugar Los Cerros), que es de 75.0 m snm y la altitud del punto de estudio es de 51 m snm, se tiene un desnivel entre ambos puntos de 24 metros con una distancia del origen de la gota de agua más lejana del cauce principal de 4.83 km., resultando una pendiente media del cauce $S_m = 0.006$ m/m. Con respecto a la qda. Brazo La Mata la elevación del origen en el área semi- urbana de Atalaya (lugar Villa Atenas), que es de 62.8 m snm y la altitud del punto de estudio es de 52 m snm, se tiene un desnivel entre ambos puntos de 10.8 metros con una distancia del origen de la gota de agua más lejana del cauce principal de 1.36 km., resultando una pendiente media del cauce $S_m = 0.008$ m/m. Si, se observa el perfil del cauce, en mapa elaborado de la cuenca se aprecian algunos cambios moderados de pendiente que influyen en el drenaje desde donde nace la fuente de agua, hasta el sitio de estudio.

2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA DONDE SE UBICA ODA. LA MATA y el afluente ODA. BRAZO LA MATA.

El área de estudio se ubica dentro de la cuenca hidrográficas correspondiente al río Santa María, con un área de drenaje de 3,326 Km² y una longitud de su cauce principal de 168 kilómetros, siendo su caudal promedio anual de 82.6 m³/s.

Se ubica cartográficamente entre las coordenadas extremas UTM WGS 84; de latitud Norte 953302 y 878765 y longitud Este 475972 y 556332. Entre los tributarios importantes de esta cuenca en la parte alta están el río Cuay, río Mulaba, río Higuí, río Gatú, río San Juan y río Corita, en la parte alta de la cuenca. En la parte media baja de la cuenca donde se ubica el proyecto están el río Escota, río Conacá y río Cañazas. La elevación media de la cuenca es de 200 msnm, y el punto más alto de la cuenca se encuentra en la cordillera central con una elevación máxima de

1,528 m snm. Las lluvias se distribuyen gradualmente desde la parte alta de la cuenca con un aproximado de 4,000 mm/año, hacia el litoral con 1,500 mm/año. Poco más del 95 % de la lluvia ocurre entre los meses de abril a diciembre y el 5 % restante se registra entre los meses de enero, febrero y marzo. Esta cuenca es conformada por variados ríos y diversas quebradas de tamaños moderados y variables en lo referente a su área de drenaje. Ver Figura N° 1.

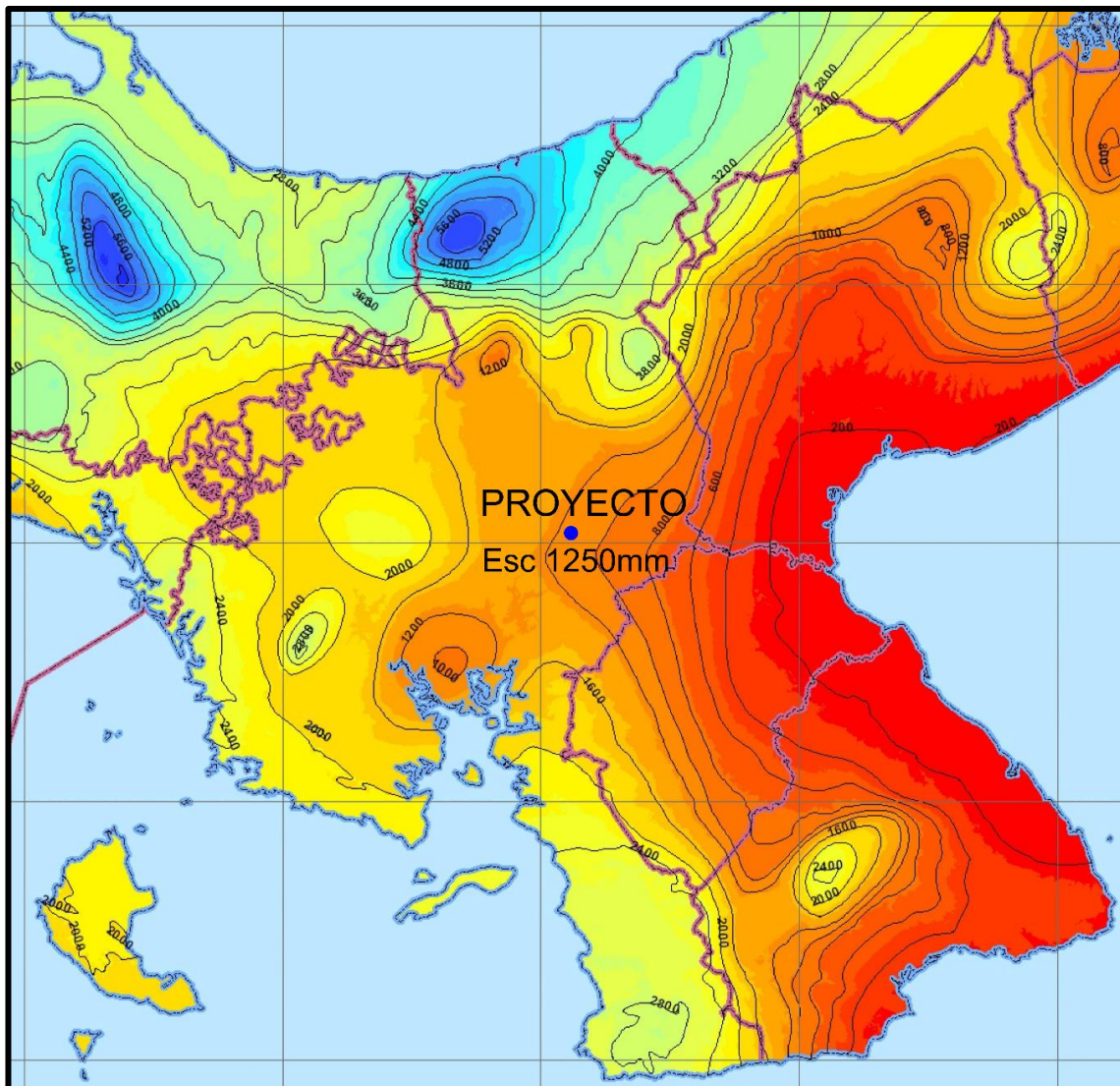
Figura No 1: Cuenca 132,
Donde se ubica el proyecto;
Río Santa María.



Entre las subcuencas que están en la región del área del proyecto y que son afluentes a río Santa María, están río Escota, río Conacá y río Cañazas. Estos son de orden dos y tres, con pendientes de la cuenca que no sobre pasan 8 %. La altura media de las cuencas de estos pequeños tributarios, no sobrepasan los 100 metros sobre el nivel del mar. El esquema de drenaje de estas micro - cuencas, es dendrítico, en dirección Norte – Este y Oeste – Este. En su mayoría estas micro cuencas está cubiertas por vegetación variable, predominando la vegetación del pasto, alternado con delgados bosques de galería y con el desarrollo de asentamiento humano, reciente y antiguos. La fuente de agua natural más cercana al ADP (Área Directa del Proyecto), discurre a lado del polígono del proyecto y corresponde a la qda. La Mata en la parte Sur y a un Ramal (afluente) de

esta en la parte Oeste denominada qda. Brazo La Mata. Esta quebrada tiene una longitud principal desde su nacimiento hasta el punto ubicado colindante al proyecto de 4.83 km; un área de drenaje de 3.8 Km³, con crecidas máximas instantáneas que pueden llegar hasta los 25.0 m³/s y solo posee un afluente importante denominada como se dijo qda. Brazo La Mata. Esta última tiene longitud en su cauce desde el punto más alejado de 1.36Km, con un área de drenaje de 0.47km². Esta área de la cuenca 132, no posee estaciones hidrológicas que registren caudales diarios, para determinar caudales promedios mensuales que discurren en los 12 meses del año. La elevación media de esta quebrada La Mata en la zona de estudio es de 72m snm y esorrentía que promedia los 1250mm al año, mientras que para el afluente qda. Brazo La Mata la elevación media es de 63.2m snm y la esorrentía que promedia es también 1,250mm.

Figura N° 2: Esorrentía anual en milímetros, para ambas cuencas:



Características Generales Qda. La Mata:

La cuenca de la **Qda. La Mata** hasta el punto de estudio, se encuentra ubicada en la vertiente del Pacífico, hacia la parte central (Cuenca Media – Alta), de la cuenca N° 132 Río Santa María, siendo afluente indirecto a este, específicamente la cuenca estudiada esta entre las coordenadas límites UTM WGS 84: 893411.00 – 891229 de latitud Norte y 508261.00 – 512227.00 latitud Este. Tomando en cuenta la elevación del origen de la quebrada La Mata en las periferias de Atalaya (comunidad Los Cerros), que es de 75.0 m snm y la altitud del punto de estudio es de 51.0 m snm (sitio de proyecto), se tiene un desnivel entre ambos puntos que es 24 metros. Considerando la distancia del cauce desde donde drena la gota de agua más lejana en él que es de 4.83 km, obtenemos una pendiente media del cauce $S_m = 0.006$ m/m. La cuenca Analizada hasta el punto de estudio, tiene un área de drenaje de 3.8 km² y tiene una pendiente media de 0.08 m/m, significando que la cuenca es de escurrimiento moderadamente rápido, siendo el coeficiente de escorrentía aproximado de 0.47. La pendiente media de la cuenca, es representativa general de toda la cuenca analizada de 3.8Km². La erosión se considera moderada y la elevación media de la cuenca hasta el punto de estudio es de 72 metros snm. Considerando este recurso hídrico puede denominarse un curso de agua permanente, ya que tiene agua en invierno, así como en la época de verano cuando no se dan lluvias. La cuenca está compuesta por elementos variados, como son el área semi- urbana de Atalaya y el área de vegetación compuesta por potreros y rastrojos y con reductos de bosques de galerías los cuales han sido afectados y diezmados por la acción humana desde hace años atrás.

Características Generales Qda. Brazo La Mata, afluente a Qda. La Mata:

La cuenca de la **Qda. Brazo La Mata** es afluente de la Qda. La Mata. Por ello se encuentra también ubicada en la vertiente del Pacífico, en la parte central (Cuenca Media – Alta), de la cuenca N° 132 Río Santa María, siendo afluente indirecto a este, específicamente la cuenca estudiada esta entre las coordenadas límites UTM WGS 84: 893397 – 892406.00 de latitud Norte y 511549.00 – 892726.00 latitud Este. Tomando en cuenta la elevación del origen de la quebrada Brazo La Mata en las periferias de Atalaya (Residencial Villa Atenas), que es de 62.8 m snm y la altitud del punto de estudio es de 52.0 m snm (sitio de proyecto), se tiene un desnivel entre ambos puntos que es 10.8 metros. Considerando la distancia del cauce desde donde drena la gota de agua más lejana en él que es de 1.36 km, obtenemos una pendiente media del cauce $S_m = 0.008$ m/m. La cuenca

Analizada hasta el punto de estudio, tiene un área de drenaje de 0.47 km² y tiene una pendiente media de 0.08 m/m, significando que la cuenca es de escurrimiento moderadamente rápido, siendo el coeficiente de esorrentía aproximado de 0.47. La pendiente media de la cuenca, es representativa general de toda la cuenca analizada de 0.47Km². La erosión se considera moderada y la elevación media de la cuenca hasta el punto de estudio es de 63.2 metros snm. Considerando este recurso hídrico puede denominarse un curso de agua permanente, ya que tiene agua en invierno, así como en la época de verano cuando no se dan lluvias. La cuenca está compuesta por elementos variados, como son el área semi- urbana de Atalaya y el área de vegetación compuesta por potreros y rastrojos y con reductos de bosques de galerías los cuales han sido afectados y diezmados por la acción humana desde hace años atrás.

3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

3.1. Clima:

Según la clasificación de las Zonas de Vida de Holdridge, el clima predominante en el sitio del proyecto es Bosque Húmedo Tropical (bh - T), que comprende una extensión de 29,900 kilómetros cuadrados, lo cual representa un 40% de la superficie del territorio nacional (Atlas Ambiental de Panamá). Se caracteriza por una temperatura media anual de 18° a 26° C y una precipitación media anual entre 1850mm – 2,500 mm. El bosque húmedo tropical corresponde al bosque más extendido de Panamá, hasta una elevación de los 600 m snm. En general este tipo de clima es bastante atractivo para el desarrollo de actividades agropecuarias sostenibles debido a la alta precipitación y tasa de humedad predominante. Esta zona de vida, encuentra presente tanto en la vertiente Atlántica como Pacífica del país, específicamente en las provincias de Panamá, Colón, Coclé, Darién, Chiriquí, Veraguas, Bocas del Toro, Los Santos.

Según la clasificación la clasificación KÖPPEN, el clima predominante para la zona de estudio es Clima Tropical de Sabana - Awi – el cual puede tener precipitaciones de 1000 mm anuales. Este clima está sujeto a la influencia de los vientos monzónicos (m). Sin embargo, como en Panamá esta condición no se manifiesta claramente, entendemos que la influencia es fundamentalmente debida a la estacionalidad de los vientos alisios. Es el tipo climático más seco (w) de la zona, lo que se refleja en su promedio de precipitación que puede ser menor de 1.000 mm, como es el caso de la región denominada “Arco Seco”. Existe una estación seca bien definida, de 3 a 5 meses. Ver Figuras N° 3 y N° 4, cuya fuente es el Atlas de Panamá.

Figura N° 3: Zonas de Vida de Holdridge:

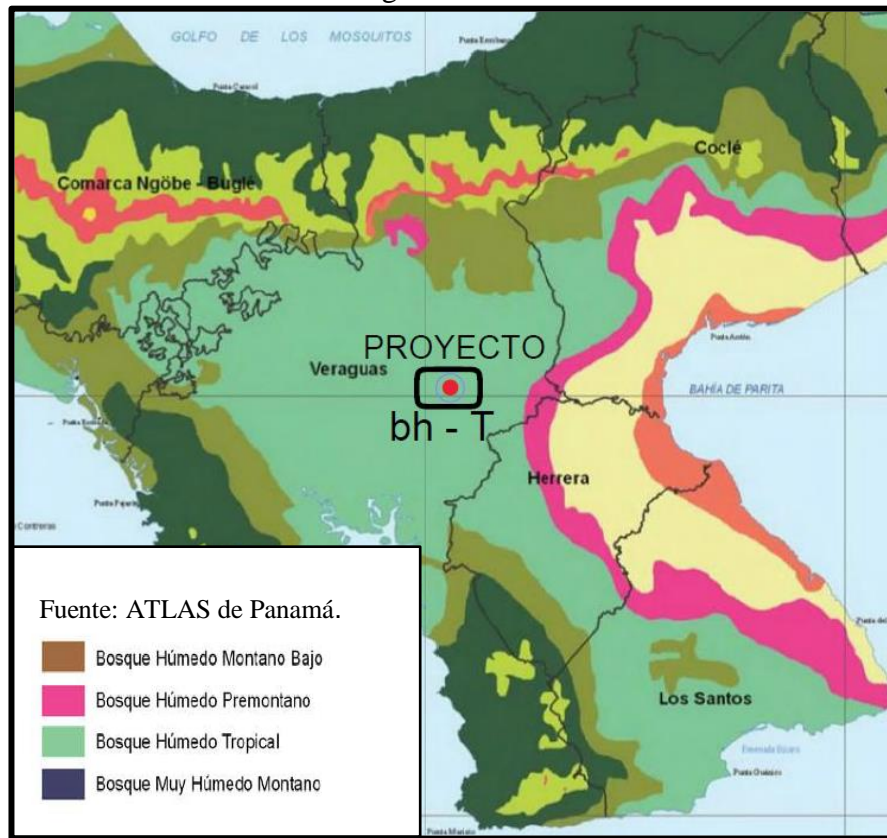
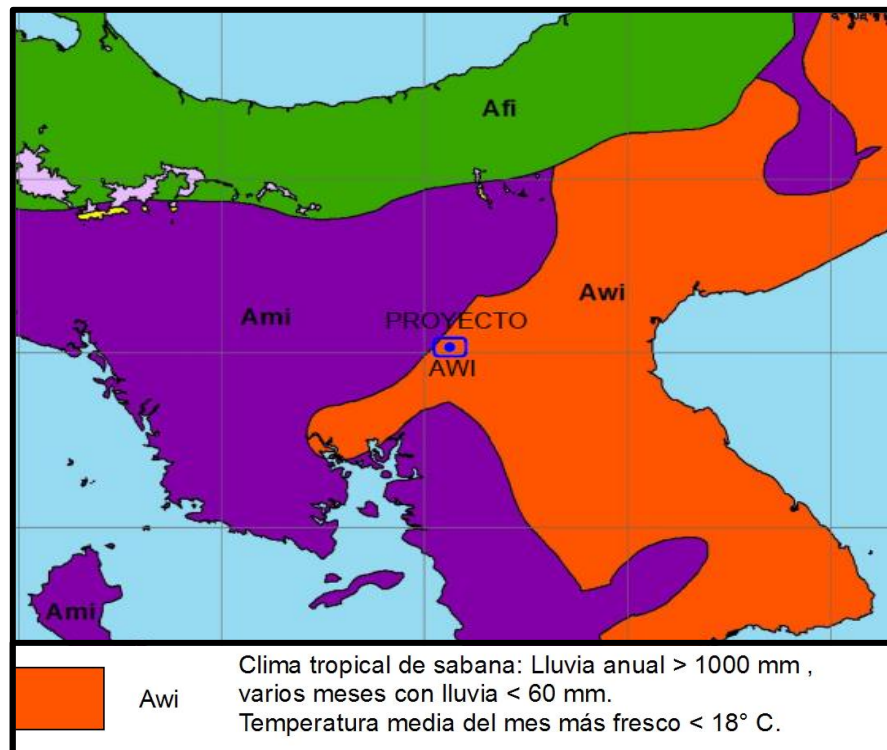


Figura N° 4: Proyecto y Clima Según la Clasificación KÖPPEN: Fuente: ATLAS de Panamá.



3.2. Precipitación

3.2.1. Estaciones Meteorológicas

Se consideró solo la estación meteorológica activa ubicada dentro de la cuenca estudiada N° 120 - 002 (Estación Santiago – Nomenclatura ETESA). En el **Cuadro 1**, se presentan las coordenadas geográficas, elevación, tipo de estación, fecha de instalación y el promedio multianual de la estación seleccionada para el periodo del año 1955 al 2023. La información de esta estación fue obtenida de datos estadísticos históricos de ETESA;

| Cuadro N° 1. Lista de estaciones meteorológicas consideradas en el estudio | | | | | | | |
|--|----------|-------------------------|-------------|-------|------|----------------------|---------------------------|
| Número | Nombre | Coordenadas Geográficas | | Elev. | Tipo | Fecha De instalación | Promedio Multianual en mm |
| | | Latitud N | Longitud O | m snm | | | |
| 120 - 002 | Santiago | 08° 05' 12" | 80° 56' 40" | 88 | A | 1955 | 2,436.0 |

Fuente: ETESA.

TIPO A: Estación Principal.

Cuadro N° 2: Precipitación Pluvial (mm) Santiago - Aeropuerto Rúben Cantú: 1955 - 2023

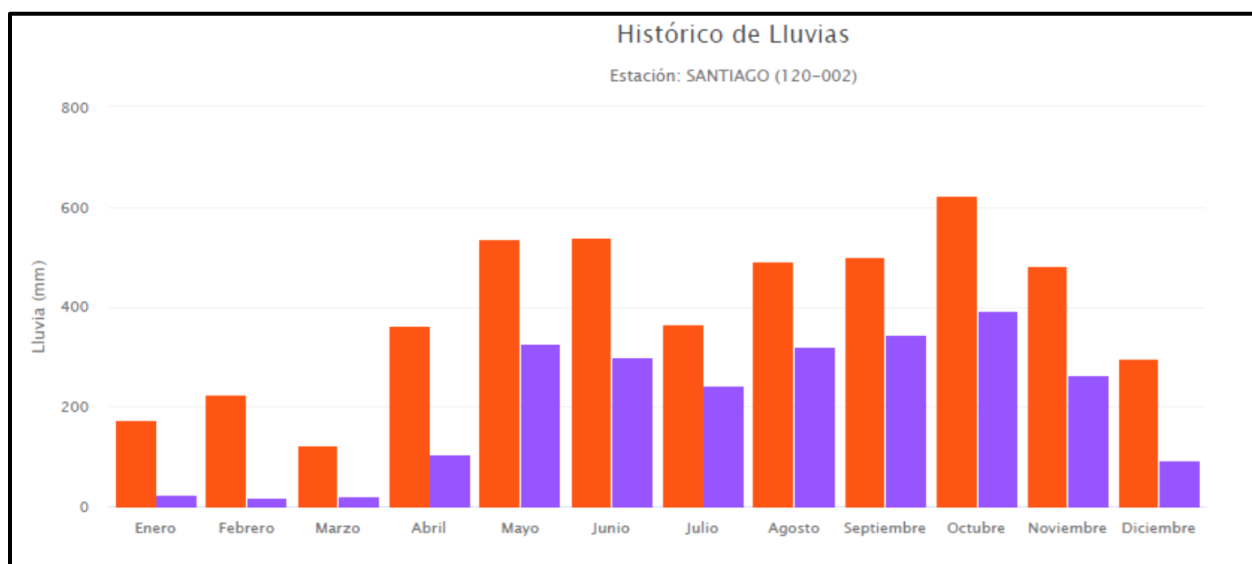
| Mes | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Precipitación | 23.3 | 16.3 | 20.3 | 103.1 | 325.1 | 299.1 | 239.8 | 320.1 | 342.9 | 392.2 | 262.0 | 91.8 |

Precipitación Multianual Promedio 1955 - 2021: **2,436.0 mm**

Fuente: ETESA.

Analizando la estación activa más cercas a la zona de estudio (Santiago - Aeropuerto Rubén Cantú), el promedio para la zona influenciada oscila en un promedio multianual de 2,436.0 mm para el periodo 1955 – 2023. Los meses de mayo a noviembre fueron normalmente meses con buena precipitación anual, no así para los años meses diciembre, enero, febrero y marzo y abril, donde baja precipitación pluvial. En el periodo lluvioso, por lo general, el primer máximo del año se alcanza en mayo y el segundo en octubre, en los meses de mayo, agosto, septiembre, octubre y noviembre se dan los mayores valores en lluvia, decreciendo hacia el mes de diciembre. A estos máximos mensuales, en promedio, los afecta un fenómeno en particular, como se dan en otros lugares de Panamá. En esta cuenca, el receso de lluvia corresponde a las semanas donde la ZCI tiene su mayor actividad más al Norte. En el mismo cuadro se observa que la estación tiene características típicas del régimen de la vertiente del Pacífico, en la estación seca los valores son más bajos y en el periodo lluvioso, más altos. Se define un periodo efectivo húmedo de 8 meses al año (de abril a noviembre).

Figura N° 5: Precipitación Multianual 1955 – 2023; Estación Santiago, Aeropuerto Rubén Cantú.



Fuente ETESA.

3.3. Temperatura: Los parámetros meteorológicos que se presentan a continuación corresponden a la estación más cercana al área de estudio, como es la estación Santiago, la cual es la más representativa del área en estudio, porque están ubicada dentro de la cuenca 120 donde se ubica la fuente hídrica estudiada.

En el **cuadro N° 3**, se presentan las temperaturas máximas, promedio y mínima promedio mensual para el período 1955 - 2023 en la estación Santiago. Se registran, las temperaturas, promedios mensuales válidas para la cuenca donde se ubica la fuente de agua en estudio. El promedio anual de las temperaturas medias mensuales es de 27.2 °C, para esta estación. Este valor se presenta en el **Cuadro N° 3**. Se observa que la variación máxima anual multianual (1955- 2023) de las temperaturas es muy poca en esta estación, con una desviación máxima de sólo 1.8 grados, la cual se da entre los meses de mayo a junio.

Estación: Estación Santiago – 120 – 002:

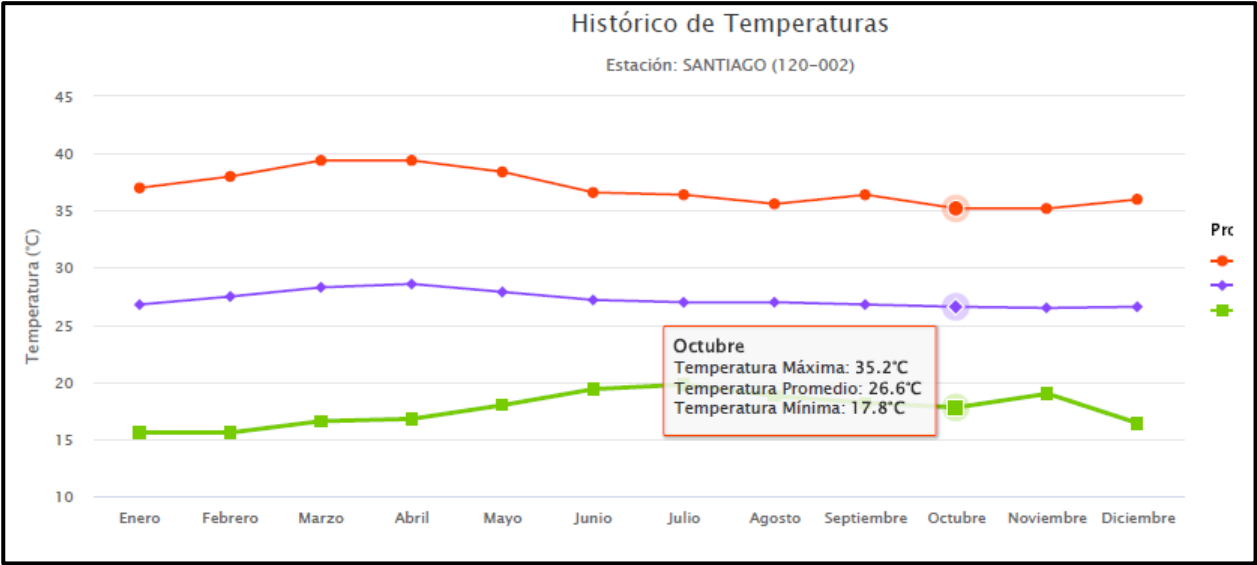
Cuadro N° 3: Promedio de Temperaturas en Grados Centígrados, Periodo 1955 - 2021.

| Meses | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Máxima | 37.0 | 38.0 | 39.4 | 39.4 | 38.4 | 36.6 | 36.4 | 35.6 | 36.4 | 35.2 | 35.2 | 36.0 |
| Media | 26.8 | 27.5 | 28.3 | 28.6 | 27.9 | 27.2 | 27.0 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 26.5 | 26.6 |
| Mínima | 15.6 | 15.6 | 16.6 | 16.8 | 18.0 | 19.4 | 19.8 | 18.8 | 18.2 | 17.8 | 19.0 | 16.4 |

Fuente: ETESA

Tomando en cuenta los registros de temperatura de la estación Santiago y sus correspondientes elevaciones, podemos inferir, qué en las cuencas de las fuentes hídricas en la zona, la variación de la temperatura media anual con la altura es de 0.6 ° C por cada 100 metros.

Figura N° 6: Temperatura Multianual 1955 – 2023; Estación Santiago, Aeropuerto Rubén Cantú.



Fuente ETESA.

3.4. Viento: Para referenciar la velocidad del viento se tomaron datos de la estación meteorológica tipo A; Aeropuerto Rubén Cantú de Santiago.

La variación del viento (a 2 metros de la superficie) a lo largo del año en la cuenca, tomando como referencia la estación Aeropuerto Rubén Cantú, se muestra en el **cuadro N° 4**.

| Cuadro 4. Velocidad media del viento en m/s – Histórica (2 metros de la superficie) | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Período 1955 -2023 | | | | | | | | | | | | | |
| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | prom |
| Máxima | 2.0 | 2.7 | 2.5 | 2.3 | 1.8 | 1.5 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.9 | 1.4 | 1.4 | 1.8 |
| Promedio | 1.4 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.2 |
| Mínima | 0.3 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |

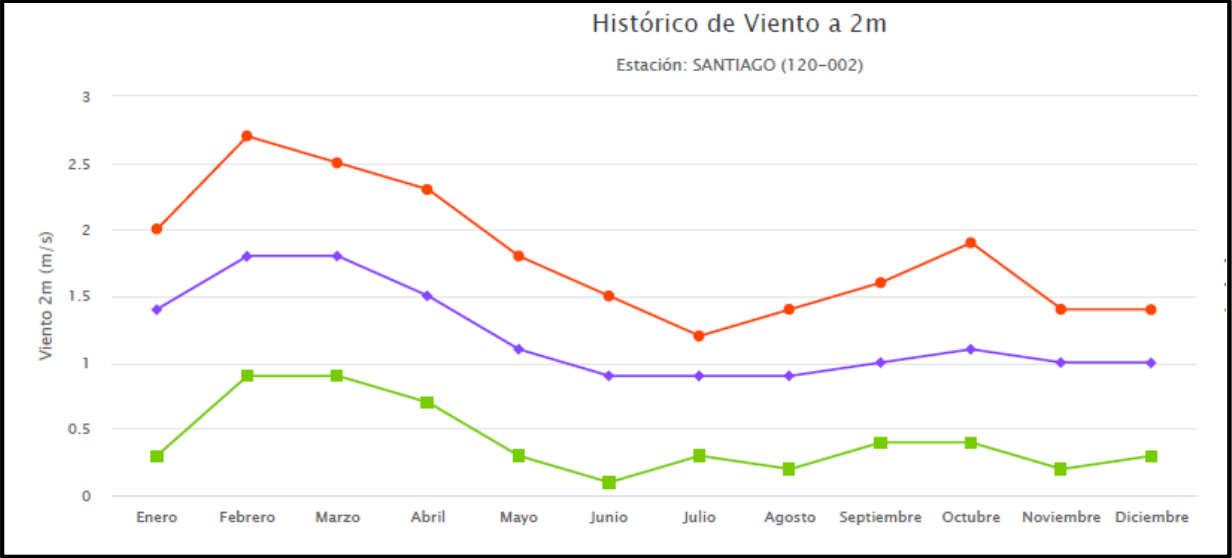
Fuente: ETESA

Se distinguen claramente dos períodos que coinciden con la época seca y lluviosa. Los valores más elevados de velocidad del viento se presentan en los meses secos cuando la región es invadida por el flujo predominante de los vientos alisios del noroeste.

El comportamiento de la velocidad del viento registrado en la estación Santiago, nos indica que la variación mensual a lo largo del año es moderadamente significativa y además, la velocidad media promedio del viento más alta se da en los meses de enero, febrero, marzo y abril que para h=2 mts., es de 1.6 m/s. Las velocidades medias promedios mínimas se dan en el mes lluvioso de octubre,

que para una altura de 2 mts., la velocidad de 0.4 m/s. La velocidad promedio anual del viento a 2.0 metros de la superficie es de 1.2 m/s. Para el periodo analizado, la, velocidades máximas históricas se dan en febrero con registros de 2.7 m/s y las mínimas en noviembre con 0.2 m/ s.

Figura N° 7: Velocidad de Viento a 2 m; 1955–2023; Estación Santiago, Aeropuerto Rubén Cantú.



Fuente ETESA.

3.5. Humedad Relativa.

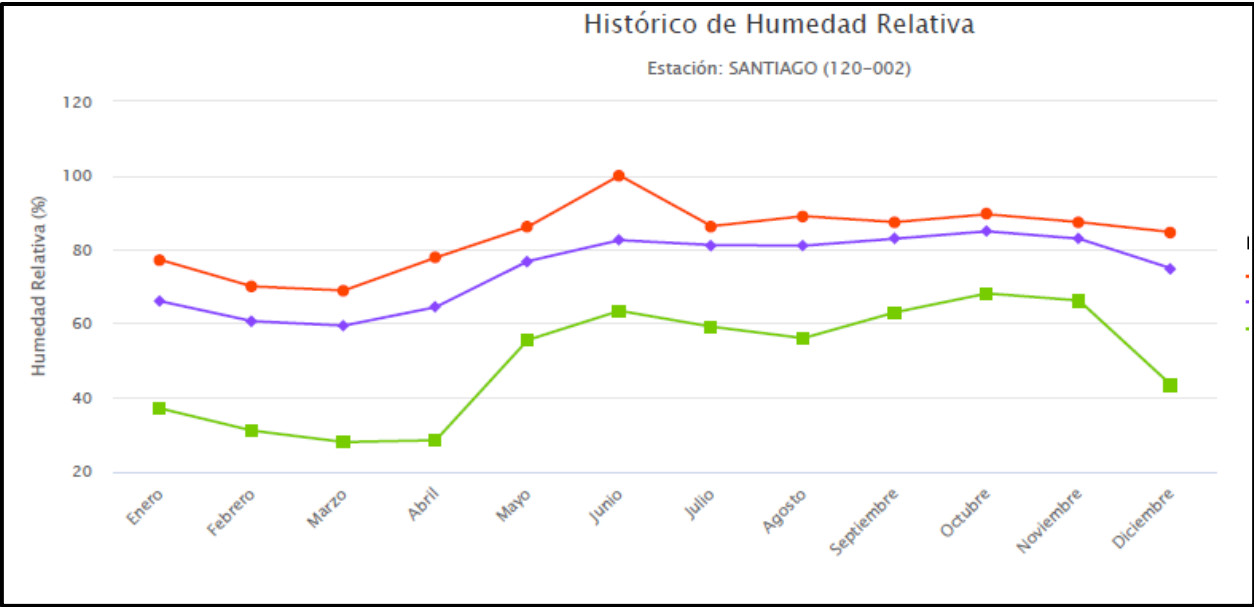
A partir de las observaciones en la estación meteorológica de Santiago, se obtuvo la variación mensual de la humedad relativa, **cuadro N° 5**. Estos registros son históricos.

| Cuadro 5. Humedad Relativa % - Histórica | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Período 1955 -2021 | | | | | | | | | | | | | |
| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | prom |
| Máxima | 77.2 | 70.0 | 68.9 | 77.8 | 86.1 | 100.0 | 86.3 | 89.0 | 87.4 | 89.5 | 87.4 | 84.7 | 83.7 |
| Promedio | 66.0 | 60.6 | 59.4 | 64.6 | 76.8 | 82.5 | 81.2 | 81.0 | 82.9 | 84.9 | 82.9 | 74.9 | 74.8 |
| Mínima | 37.0 | 31.0 | 27.9 | 28.4 | 55.5 | 63.4 | 59.1 | 56.0 | 63.0 | 68.1 | 66.2 | 43.4 | 49.9 |

Fuente: ETESA

Los valores más bajos ocurren durante el período seco, entre los meses de febrero y marzo. En marzo se registra le humedad promedio más baja en la estación con un 59.6 % de humedad. En los meses de invierno la humedad asciende siendo la mayor en promedio en el mes de octubre con 89.5% de humedad. El promedio anual máxima de la humedad relativa es de 83.7 % en esta estación. La humedad relativa promedio máxima multianual es de 74.8% en ese periodo de 66 años y la humedad relativa promedio, mínima multianual es de 49.9 para esos mismos periodos de registros.

Figura N° 8: Humedad Relativa; 1955–2023; Estación Santiago, Aeropuerto Rubén Cantú



Fuente ETESA.

3.7. Evaporación:

A partir de las mediciones en la estación meteorológica de Santiago, se obtuvo la variación mensual de la evaporación, **cuadro N° 6**. Estos registros son históricos.

| Cuadro 6. Evaporación Promedio Mensual Histórico mm | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Período 1955 -2021 | | | | | | | | | | | | | |
| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sept | oct | nov | dic | prom |
| Máxima | 252.6 | 264.9 | 310.0 | 269.4 | 197.2 | 162.9 | 168.0 | 169.5 | 153.6 | 146.5 | 154.7 | 193.6 | 182.5 |
| Promedio | 193.0 | 216.0 | 232.4 | 203.7 | 140.0 | 114.8 | 118.6 | 120.9 | 112.5 | 111.5 | 107.1 | 133.5 | 150.3 |
| Mínima | 78.6 | 143.2 | 133.6 | 149.2 | 83.0 | 72.5 | 81.8 | 88.9 | 37.2 | 38.7 | 16.0 | 41.1 | 83.5 |

Fuente: ETESA

Según los datos anteriores la evaporación máxima histórica se da en el mes de marzo con 310.0mm, mientras que la más baja o mínima histórica se da en el mes de noviembre con 16.0 mm. La evaporación promedio histórica en la estación es de 150.3 mm.

4.0. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y FÍSICAS DE LAS CUENCAS EN ESTUDIO; QDA. LA MATA Y QDA BRAZO LA MATA HASTA EL SITIO DE ESTUDIO.

Las cuencas analizadas se encuentran ubicada en la vertiente del Pacífico, en la parte central de la Cuenca del río Santa María – N° 132 y escurren indirectamente a este, ya que vierte sus aguas primero al río Cañazas y este a su vez al río San Santa María.

4.1.Fuente Hídrica: Qda. La Mata dentro de la Cuenca N° 132 – Río Santa María.

La cuenca de la **Qda. La Mata** hasta el punto de estudio, se encuentra ubicada en la vertiente del Pacífico, hacia la parte central (Cuenca Media – Alta), de la cuenca N° 132 Río Santa María, siendo afluente indirecto a este, específicamente la cuenca estudiada esta entre las coordenadas límites UTM WGS 84: 893411.00 – 891229 de latitud Norte y 508261.00 – 512227.00 latitud Este. La cuenca de esta fuente hídrica hasta el sitio de estudio tiene mayormente topografía moderadamente ondulada, con alturas que van desde los 50 metros sobre el nivel de mar, hasta los 100 metros sobre el nivel del mar. Cierta parte de la cuenca está compuesta por la zona semiurbana de la comunidad de Los Cerros y otras (viviendas, casas y calles) y la mayor parte en reducto de una pequeña franja de árboles de galería; pastos nativos y sembrados. Algunas de las características físicas son las siguientes:

✓ Coordenadas del Punto de Estudio:

El punto de análisis donde se desarrollará el Proyecto es el siguiente:

UTM Este : 512368.00

UTM Norte: 892399.00

H = 51.00 snm

4.1.1. Relieve General de La Cuenca: La cuenca posee un relieve ondulado con depresiones, cerros pequeños y pocos valles de extensión en su contorno interno. Existen altitudes que van desde de los 50 metros hasta 100 metros sobre el nivel del mar, los cuales circunscriben y fijan los pequeños tributarios de la cuenca.

4.1.2. Suelos de La Cuenca: Aunque no existe un estudio detallado de la cuenca, las observaciones de campo demuestran una textura arcillosa, con un pH ácido. Los suelos de está zonas pueden catalogarse como clase VI, dado las variantes restrictivas para las actividades agronómicas, ya que se requieren medidas correctivas y preventivas de alta intensidad.

4.1.3. Usos de Suelos en la Cuenca: La inspección demostró que estos suelos son utilizados principalmente en uso agropecuario (potreros y siembra de cultivos), pero también incluye su uso para para residencias y colaterales otras actividades antrópicas. Otros suelos están en descanso, antes utilizados en ganadería extensiva. Debe señalarse que estos suelos están cubiertos en gran porcentaje por hierbas y pastos nativos, y otro menor porcentaje por construcción de viviendas e infraestructuras civiles, como calles de asfalto y caminos de tierra.

4.1.4. Vías de Comunicación Terrestre en la Cuenca: Colindante a la pequeña cuenca hidrográfica se ubican algunas calles y la carretera interamericana, llegando a interactuar en su dendrografía con la carretera Panamericana en la parte Norte.

4.1.5. Características Físicas de la Cuenca – Geomorfología de la Cuenca.

- **Composición de La Cuenca:** Además del cauce principal (3.28 Km. de largo desde su nacimiento hasta el sitio de estudio), tiene dos tributarios que escurren desde la parte Este y Sur de la cuenca. Estos tributarios (entre los dos, longitud de 4.83 km), son de caudal pequeño y definen la fuente de agua hasta el sitio de estudio como de orden 2, como se explica posteriormente y se observa en el mapa elaborado para el cálculo de parámetros físicos de la cuenca.
- **Orden de la Fuente Hídrica:** Analizado los diferentes tributarios y corrientes de agua que drenan hasta el cauce principal y considerando el sitio de ubicación del proyecto, la qda. se categoriza como de **Orden 2**.
- **Área de Drenaje:** Esta fue calculada desde el punto de nacimiento hasta el sitio o punto donde termina perímetro del área del proyecto y que se ubica en la parte norte del mismo. Este da como resultado un área de **3.8 Kilómetros Cuadrados**. Se analizó y utilizó para ello, la divisoria topográfica con las cuencas adyacentes en mapa topográfico digital elaborado mediante el programa Global Mapper, levantado y referenciado a fotografías satelitales sometidas a análisis de curvas de nivel con cotas de 10 metros de diferencia.

- **Perímetro de la Cuenca:** Se calcula, en función de un polígono variable que define el área de drenaje hasta el punto de estudio, estimándose en **13.13** Kilómetros de longitud.
- **Coefficiente de Compacidad (Kc), de esta micro cuenca:** En función del perímetro de la cuenca (13.13 Km.) y el área de drenaje (3.8Km²), el coeficiente de compacidad (Kc) es de 1.18, lo que refleja una cuenca tendiendo a regular. No obstante, bajo este parámetro la cuenca tiende a moderadas crecidas durante las precipitaciones, ya que un coeficiente de 1 indica crecidas constantes (con Kc. igual a la unidad las crecidas son más constantes en la cuenca hidrográfica).
- **Factor de Forma (Kf):** Considerando la longitud axial de la hoya 4.83 Km. y el área de drenaje de 3.8 Km², el factor de forma (kf) calculado es 2.8. Este factor de forma corrobora lo obtenido en el punto anterior, ya que un kf. Alto (mayor de 1.5) implica una mayor probabilidad de crecidas. En este caso se considera un factor de 2.8, como relativamente moderado para la cuenca.
- **Densidad de Drenaje:** Considerando las longitudes de todos los tributarios (1.55 Km.), la longitud del drenaje principal (3.28 Km). y el área de drenaje (3.8 Km²), la fuente hídrica hasta el sitio del proyecto, tiene una Densidad de Drenaje (Dd) de 3.22 Km / Km². Esto implica un drenaje bueno para la cuenca ya que un valor de 0.5 Km / Km², indicaría un drenaje pobre (mal drenado).
- **Extensión media de la escorrentía superficial (EmEs):** Considerando el área de drenaje (3.8 Km²) y la longitud total de las corrientes de agua de la cuenca hasta el sitio del proyecto (4.29 Km.), la extensión media de la escorrentía superficial es de 0.08 Km.
- **Sinuosidad de la corriente de agua (Si):** Considerando la longitud de la corriente principal en su trayectoria natural sinuosa; 3.28 Km. y la longitud en línea recta de la misma corriente hasta el sitio de estudio; 2.6 Km. La sinuosidad de la corriente es de 1.28. La sinuosidad tiende a recta, dado que una sinuosidad menor o que se aproxima a 1.25, es considerada recta.

- **Pendiente de la Cuenca:** Esta define la velocidad de escorrentía y el tiempo de concentración de la hoya hidrográfica. Hay varios métodos de estimación, no obstante el método seleccionado es el de curvas de nivel. En mapa de cálculo de características físicas de la cuenca presentado, se dan los datos de: longitud total de las curvas de nivel seleccionadas; 15.2 Kms.; diferencia de cotas para el cálculo; 10 metros y área de drenaje 3.80 Km².

Con los datos anteriores la pendiente de la hoya es:

$$S_{cuenca} = \frac{\text{Diferencia de Cotas} \times \text{Long. Total de Cotas de 10.0m}}{AD}$$

$$S_{cuenca} = \frac{10.0\text{m.} \times 15.2 \text{ Km}}{1000 \times 3.8 \text{ Km}^2}$$

$$S_{cuenca} = 0.08 \text{ m/m}$$

- **Pendiente Media de la Corriente Principal.**

La pendiente media del cauce de la **qda. La Mata**, se calcula considerando la diferencia de elevación desde su nacimiento hasta el punto de estudio. En el caso de esta cuenca, el cauce principal nace a una cota de 75.0 m snm y el punto de estudio está a 51.0 snm. La longitud del cauce entre estos dos puntos es de 4.83 Kms. De esta forma la pendiente media del cauce principal es:

$$S_{mc} = \frac{75\text{m} - 51.0\text{m}}{1000 \times 4.83}$$

$$S_{mc} = 0.005 \text{ m/m}$$

- **Elevación Media de la Cuenca:** Es importante porque controla la velocidad de escorrentía y el tiempo de concentración de la hoya hidrográfica. Hay varios métodos de estimación, no obstante, el método seleccionado se basa en el área de drenaje; las alturas medias entre curvas de nivel consecutivas y el área entre cada curva media interpolada. Esto produce una hipsométrica que da la elevación media de la cuenca. No obstante, dado el propósito de este estudio de línea base de la cuenca, se seleccionaron dos curvas representativas y dos áreas que abarcan dichas curvas y aplicamos la fórmula siguiente para el cálculo:

$$\text{Elevación Media (Elm)} = \frac{1}{AD} \sum H_i \times A_i$$

AD= Área de Drenaje

Hi= Altura media entre cotas de clase (cotas con variación de 10m)

Ai=Área entre cotas de 20m

Aplicando la fórmula:

$$\text{Elm} = \frac{80 \text{ m} \times (1.95 \text{ Km}^2) + 64 \text{ m} \times (1.85 \text{ Km}^2)}{3.8 \text{ Km}^2}$$

$$\text{Elm} = \frac{156.0 + 118.4}{3.8}$$

$$\text{Elev. m} = 72.0 \text{ mts.}$$

4.2.Fuente Hídrica: Qda. Brazo La Mata dentro de la Cuenca N° 132 – Río Santa María.

La cuenca de la **Qda. Brazo La Mata** hasta el punto de estudio es afluente de la Qda. La Mata, se encuentra ubicada en la vertiente del Pacífico, hacia la parte central (Cuenca Media – Alta), de la cuenca N° 132 Río Santa María, siendo afluente indirecto a este, específicamente la cuenca estudiada esta entre las coordenadas limites UTM WGS 84: 893397 – 892406.00 de latitud Norte y 511549.00 – 892726.00 latitud Este. La cuenca de esta fuente hídrica hasta el sitio de estudio tiene mayormente topografía moderadamente ondulada, con alturas que van desde los 70 metros sobre el nivel de mar, hasta los 50 metros sobre el nivel del mar. Cierta parte de la cuenca está compuesta por la zona semiurbana de la comunidad de Villa Atenas y otras (viviendas, casas y calles) y la mayor parte en reducto de una pequeña franja de árboles de galería; pastos nativos y sembrados. Algunas de las características físicas son las siguientes:

✓ Coordenadas del Punto de Estudio:

El punto de análisis donde se desarrollará el Proyecto es el siguiente:

UTM Este 511897.00

UTM Norte: 892441.00

H = 52.0 snm

4.2.1. Relieve General de La Cuenca: La cuenca posee un relieve ondulado con depresiones, cerros pequeños y pocos valles de extensión en su contorno interno. Existen altitudes que van desde de los 50 metros hasta 70 metros sobre el nivel del mar, los cuales circunscriben y fijan los pequeños tributarios de la cuenca.

- 4.2.2. Suelos de La Cuenca:** Aunque no existe un estudio detallado de la cuenca, las observaciones de campo demuestran una textura arcillosa, con un pH ácido. Los suelos de estas zonas pueden catalogarse como clase VI, dado las variantes restrictivas para las actividades agronómicas, ya que se requieren medidas correctivas y preventivas de alta intensidad.
- 4.2.3. Usos de Suelos en la Cuenca:** La inspección demostró que estos suelos son utilizados principalmente en uso agropecuario (potreros y siembra de cultivos), pero también incluye su uso para residencias y colaterales otras actividades antrópicas. Otros suelos están en descanso, antes utilizados en ganadería extensiva. Debe señalarse que estos suelos están cubiertos en gran porcentaje por hierbas y pastos nativos, y otro menor porcentaje por construcción de viviendas e infraestructuras civiles, como calles de asfalto y caminos de tierra.
- 4.2.4. Vías de Comunicación Terrestre en la Cuenca:** Colindante a la pequeña cuenca hidrográfica se ubican algunas calles y la carretera interamericana, llegando a interactuar en su dendrografía con la carretera Panamericana en la parte Norte.
- 4.2.5. Características Físicas de la Cuenca – Geomorfología de la Cuenca.**
- **Composición de La Cuenca:** Además del cauce principal (0.97 Km. de largo desde su nacimiento hasta el sitio de estudio), tiene dos tributarios que escurren desde la parte Este y Sur de la cuenca. Estos tributarios (entre los dos, longitud de 0.39km), son de caudal pequeño y definen la fuente de agua hasta el sitio de estudio como de orden 2, como se explica posteriormente y se observa en el mapa elaborado para el cálculo de parámetros físicos de la cuenca.
 - **Orden de la Fuente Hídrica:** Analizado los diferentes tributarios y corrientes de agua que drenan hasta el cauce principal y considerando el sitio de ubicación del proyecto, la qda. se categoriza como de **Orden 2**.
 - **Área de Drenaje:** Esta fue calculada desde el punto de nacimiento hasta el sitio o punto donde termina perímetro del área del proyecto y que se ubica en la parte norte del mismo. Este da como resultado un área de **0.47 Kilómetros Cuadrados**. Se analizó y utilizó para ello, la divisoria topográfica con las cuencas adyacentes en mapa topográfico digital

elaborado mediante el programa Global Mapper, levantado y referenciado a fotografías satelitales sometidas a análisis de curvas de nivel con cotas de 10 metros de diferencia.

- **Perímetro de la Cuenca:** Se calcula, en función de un polígono variable que define el área de drenaje hasta el punto de estudio, estimándose en **4.07** Kilómetros de longitud.
- **Coefficiente de Compacidad (K_c), de esta micro cuenca:** En función del perímetro de la cuenca (4.07 Km.) y el área de drenaje (0.47Km²), el coeficiente de compacidad (K_c) es de 1.18, lo que refleja una cuenca tendiendo a regular. No obstante, bajo este parámetro la cuenca tiende a tener crecidas moderadas durante las precipitaciones, ya que un coeficiente de 1 indica crecidas constantes (con K_c igual a la unidad las crecidas son más constantes en la cuenca hidrográfica).
- **Factor de Forma (K_f):** Considerando la longitud axial de la hoya 1.36 Km. y el área de drenaje de 0.47 Km², el factor de forma (k_f) calculado es 2.0. Este factor de forma corrobora lo obtenido en el punto anterior, ya que un k_f Alto (mayor de 1.5) implica una mayor probabilidad de crecidas. En este caso se considera un factor de 2.0, como relativamente moderado para la cuenca.
- **Densidad de Drenaje:** Considerando las longitudes de todos los tributarios (0.39 Km.), la longitud del drenaje principal (0.97 Km.) y el área de drenaje (0.47 Km²), la fuente hídrica hasta el sitio del proyecto, tiene una Densidad de Drenaje (D_d) de 3.0 Km / Km². Esto implica un drenaje bueno para la cuenca ya que un valor de 0.5 Km / Km², indicaría un drenaje pobre (mal drenado).
- **Extensión media de la esorrentía superficial ($EmEs$):** Considerando el área de drenaje (0.47 Km²) y la longitud total de las corrientes de agua de la cuenca hasta el sitio del proyecto (1.36 Km.), la extensión media de la esorrentía superficial es de 0.34 Km.
- **Sinuosidad de la corriente de agua (Si):** Considerando la longitud de la corriente principal en su trayectoria natural sinuosa; 0.97 Km. y la longitud

en línea recta de la misma corriente hasta el sitio de estudio; 0.65 Km. La sinuosidad de la corriente es de 1.50. La sinuosidad no es recta, dado que una sinuosidad menor o que se aproxima a 1.25, es considerada recta.

- **Pendiente de la Cuenca:** Esta define la velocidad de escorrentía y el tiempo de concentración de la hoya hidrográfica. Hay varios métodos de estimación, no obstante el método seleccionado es el de curvas de nivel. En mapa de cálculo de características físicas de la cuenca presentado, se dan los datos de: longitud total de las curvas de nivel seleccionadas; 15.2 Kms.; diferencia de cotas para el cálculo; 10 metros y área de drenaje 3.80 Km².

Con los datos anteriores la pendiente de la hoya es:

$$Scuenca = \frac{\text{Diferencia de Cotas} \times \text{Long. Total de Cotas de 10.0m}}{AD}$$

$$Scuenca = \frac{10.0m. \times 1.88 \text{ Km}}{1000 \times 0.47 \text{ Km}^2}$$

$$Scuenca = 0.04 \text{ m/m}$$

- **Pendiente Media de la Corriente Principal.**

La pendiente media del cauce de la **qda. La Mata**, se calcula considerando la diferencia de elevación desde su nacimiento hasta el punto de estudio. En el caso de esta cuenca, el cauce principal nace a una cota de 62.8.0 m snm y el punto de estudio está a 52.0 snm. La longitud del cauce entre estos dos puntos es de 4.83 Kms. De esta forma la pendiente media del cauce principal es:

$$Smc = \frac{62.8m - 52.0m}{1000 \times 1.36}$$

$$Smc = 0.008 \text{ m/m}$$

- **Elevación Media de la Cuenca:** Es importante porque controla la velocidad de escorrentía y el tiempo de concentración de la hoya hidrográfica. Hay varios métodos de estimación, no obstante el método seleccionado se basa en el área de drenaje; las alturas medias entre curvas de nivel consecutivas y el área entre cada curva media interpolada. Esto produce una hipsométrica que da la elevación media de la cuenca. No obstante, dado el propósito de este estudio de línea base de la cuenca, se

seleccionaron dos curvas representativas y dos áreas que abarcan dichas curvas y aplicamos la formula siguiente para el cálculo:

$$\text{Elevación Media (Elm)} = \frac{1}{AD} \sum H_i \times A_i$$

AD= Área de Drenaje

H_i= Altura media entre cotas de clase (cotas con variación de 10m)

A_i=Área entre cotas de 20m

Aplicando la fórmula:

$$\text{Elm} = \frac{66 \text{ m} \times (0.25 \text{ Km}^2) + 60 \text{ m} \times (0.22 \text{ Km}^2)}{0.47 \text{ Km}^2}$$

$$\text{Elm} = \frac{16.5 + 13.0}{0.47}$$

$$\text{Elev. m} = 63.2 \text{ mts.}$$

5.0. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y POTENCIAL.

Al estudiar el balance hídrico de una cuenca, el interés principal radica en la determinación de las pérdidas de agua por evapotranspiración, que es la cantidad de agua que regresa a la atmósfera a través de la evaporación directa de la superficie del suelo más la transpiración de las plantas.

En este estudio se utilizó el método de **ECUACIONES DERIVADAS** del Método FAO – Penman – Monteith, para estimar la evapotranspiración potencial. Este método posee una base físico-teórica y su uso requiere varios elementos de las todas las estaciones meteorológicas en la cuenca que se realiza el estudio. Da buenos resultados en regiones húmedas y semi-húmedas.

La fórmula que se utilizó para el cálculo de la ETP es la siguiente:

Las fórmulas derivadas son dos:

VERTIENTE DEL PACIFICO:

$$\checkmark \text{ ETP} = - 0.29509 \times (\text{ELEV.}) + 1407.9 \text{ (mm)}.$$

VERTIENTE DEL ATLANTICO:

$$\text{ETP} = - 0.26556 \times (\text{ELEV.}) + 1,284.0 \text{ (mm)}.$$

Donde;

- ETP: Evapotranspiración Potencial
- Elevación: elevación media de la cuenca estudiada hasta el sitio de estudio en m snm; en este caso **72.0m**.
- **-0.26556** y **-0.29509**; constantes calculadas para la vertiente Atlántica y **Pacífica**.
- **1284.0** y **1407.9**; constantes calculadas para la vertiente Atlántica y **Pacífica**.

Entonces;

$$\text{ETR} = \text{ETP} \times \text{ETA};$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración Real

ETA= Factor de Holdridge según movimiento del agua en asociaciones climáticas que depende de la ETP y la lluvia; de acuerdo a las siguientes relaciones validas:

$$\text{Para, ETA} = 0.1467\text{RE} + 0.9876\text{RE}^3 - 2.1124\text{RE}^2 + 1.2714\text{RE} + 0.6964;$$

Vertiente Pacífico.

$$\text{Para, ETA} = -3.102\text{RE}^2 + 2.451\text{RE} + 0.4531; \text{ Vertiente Atlántico}$$

$$\Rightarrow RE = ETP / P; \text{ donde } P = \text{Precipitación Media en la Cuenca.}$$

Como se observa para pasar de la evapotranspiración potencial a la real se utilizó el diagrama de Holdridge de movimiento de agua en asociaciones climáticas, la que nos permite encontrar la relación entre la Evapotranspiración real y la potencial, que depende fundamentalmente de la precipitación media de la cuenca.

Para el cálculo de la ETP promedio anual representativa del área en estudio, primero se calculó la ETP utilizando Penman en la estación Santiago. La información climatológica base se presenta en los cuadros de precipitación de la estación Santiago – Aeropuerto Rubén Cantú, para el periodo 1955 – 2021 (66 años de registro). Para ello fue necesario estimar la elevación media de cada la cuenca mediante el método de cotas medias de la cuenca e intervalos de clases. La elevación media de la cuenca en estudio se calcula en base a mapa topográfico con curvas de nivel con diferencia de altura de 10.0 metros. El valor estimado de ETP anual en la estaciones, se logró utilizando el método de Penman, las cuales arrojaron una precipitación media para la cuenca de 2,436.0 mm. En el **cuadro 7** se muestran los valores de ETP estimados en la cuenca en estudio. Se observa que, de acuerdo al diagrama de Holdridge, la relación entre la evapotranspiración real (ETR) y la potencial (ETP) varía 0.93, dependiendo de la precipitación media de la cuenca.

| Cuadro 7. Evapotranspiración real anual estimada en la | | | | | | |
|---|-------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Cuenca de Qda. La Mata | | | | | | |
| Estación | Elev. Media | ETP | Pm | RE= | ETA= | ETR |
| | msnm | (mm) | (mm) | ETP/Pm | ETR/ETP | mm |
| Cuenca hasta el punto de estudio del proyecto. | 72.0 | 1,386.0 | 2,436.0 | 0.57 | 0.93 | 1,289.0 |

Ing. Franklin Vega Peralta

| Cuadro 8. Evapotranspiración real anual estimada en la | | | | | | |
|---|-------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Cuenca de Qda. Brazo La Mata | | | | | | |
| Estación | Elev. Media | ETP | Pm | RE= | ETA= | ETR |
| | msnm | (mm) | (mm) | ETP/Pm | ETR/ETP | mm |
| Cuenca hasta el punto de estudio del proyecto. | 63.2 | 1,389.2 | 2,436.0 | 0.57 | 0.93 | 1,292.0 |

Ing. Franklin Vega Peralta

6. INFORMACIÓN DE CAUDAL.

6.1. Generalidades.

Este estudio comprende la determinación y cálculo de los parámetros hidrológicos necesarios para conocer mejor la variación espacial de la lluvia y los recursos hídricos en el área de influencia. Se refiere esencialmente al análisis de los principales parámetros del balance hídrico superficial y las crecidas máximas de la **Qda. La Mata y Qda Brazo La Mata**. Para establecer ese balance fue considerada el agua que llega anualmente a las cuencas a través de las precipitaciones y la pérdida de ésta por la influencia de la evapotranspiración, en el periodo multianual de estudio desde 1955 – 2023 (Estación Santiago).

Dado el propósito de este estudio (línea base para proyecto de construcción de obras civiles), se utilizaron los datos de precipitación en la estación Santiago, para determinar la variación espacial de la precipitación y la evapotranspiración, parámetros básicos para la obtención del balance hídrico en la fuente estudiada. Además estos datos, sirven de referencia para el cálculo de obtener los caudales máximos y de máxima crecidas que se esperan drenen en el cauce estudiado aun con las máximas precipitaciones. Se obvia por razones de propósito del estudio, los caudales registrados en estaciones hidrológicas cercanas, considerando que no formulan una razón apropiada para obtener resultados más certeros de los caudales esperados en la cuenca estudiada, que es clasificada como una fuente permanente pequeña, con crecientes instantáneas en invierno y con menos caudal a falta de precipitación en la época seca.

6.2. Balance Hídrico.

Para estimar el caudal medio anual (escorrentía superficial) en la cuenca de interés se utilizó el método del balance hídrico superficial que generalmente se expresa como:

$$\langle P \rangle - \langle R \rangle = \langle ETR \rangle + \eta$$

donde:

$\langle P \rangle$ = Precipitación media de la cuenca del periodo en estudio (mm); 1955 – 2021 (Estación Santiago).

$\langle R \rangle$ = Caudal medio o escurrimiento en altura media de agua sobre las cuencas correspondientes al periodo en estudio (mm)

$\langle ETR \rangle$ = Evapotranspiración media de la cuenca del periodo en estudio (mm)

η = Término de discrepancia o error.

El símbolo $\langle \rangle$ indica promedio espacial horizontal y temporal. En este caso asumimos que los cambios de almacenamientos en un periodo largo de tiempo y en áreas extensas tienden a minimizarse y lo suponemos nulo.

El análisis de balance hídrico nos permite conocer en el área de estudio la disponibilidad del agua. Este estudio se basa en el análisis de los tres principales componentes del ciclo hidrológico, tales como: la precipitación, la evapotranspiración y el caudal.

Para la determinación de los principales componentes del balance hídrico se analizaron 66 años (1955 – 2023) de la Estación Santiago y los cálculos de la Evapotranspiración Potencial y Evapotranspiración Real por las **ECUACIONES DERIVADAS** del Método FAO – Penman – Monteith.

El área de drenaje de las cuencas de la fuente hídricas hasta el punto de estudio es de 3.8 km² para qda. La Mata que tiene una elevación media de 72.0 msnm y 0.47 km², para qda. Brazo La Mata que tiene una elevación media de 63.2 msnm. La precipitación promedio en ambas cuencas se estimó por año mediante el método de Thiessen, se utilizó como base las estaciones Santiago. Los pesos se consideraron equilibrados para la estación seleccionada, calculando los datos faltantes para las estaciones con métodos estadísticos (aspecto que no se requirió), obteniendo la precipitación media multianual que en un caso es con registros históricos de 66 años. El promedio multianual ponderado por lectura para los datos de la estación es de 2,436.0 mm.

Cuadro N° 9: Resultado del Balance Hídrico de la Cuenca Qda La Mata hasta el punto de Estudio:

| Estación | COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO – qda. La Mata | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Volumen | | | | Altura del Agua | | | |
| Punto de Estudio del Proyecto | Precipitación Media Anual Pm (m ³) | Evapo-Transpiración Real (ETR) (m ³) | Escurrentía (m ³) - R | Coefficiente de Escurrentía | Precipitación P(mm) | Evapo-Transpiración Real (ETR) mm | Escurrentía (mm) - R | Coefficiente de Escurrentía |
| AD=3.8 Km ² | 9,256,800 | 4,898,200 | 4,358,600 | 0.47 | 2436.0 | 1,289.0 | 1,147.0 | 0.47 |

Calculo: Ing. Franklin Vega Peralta.

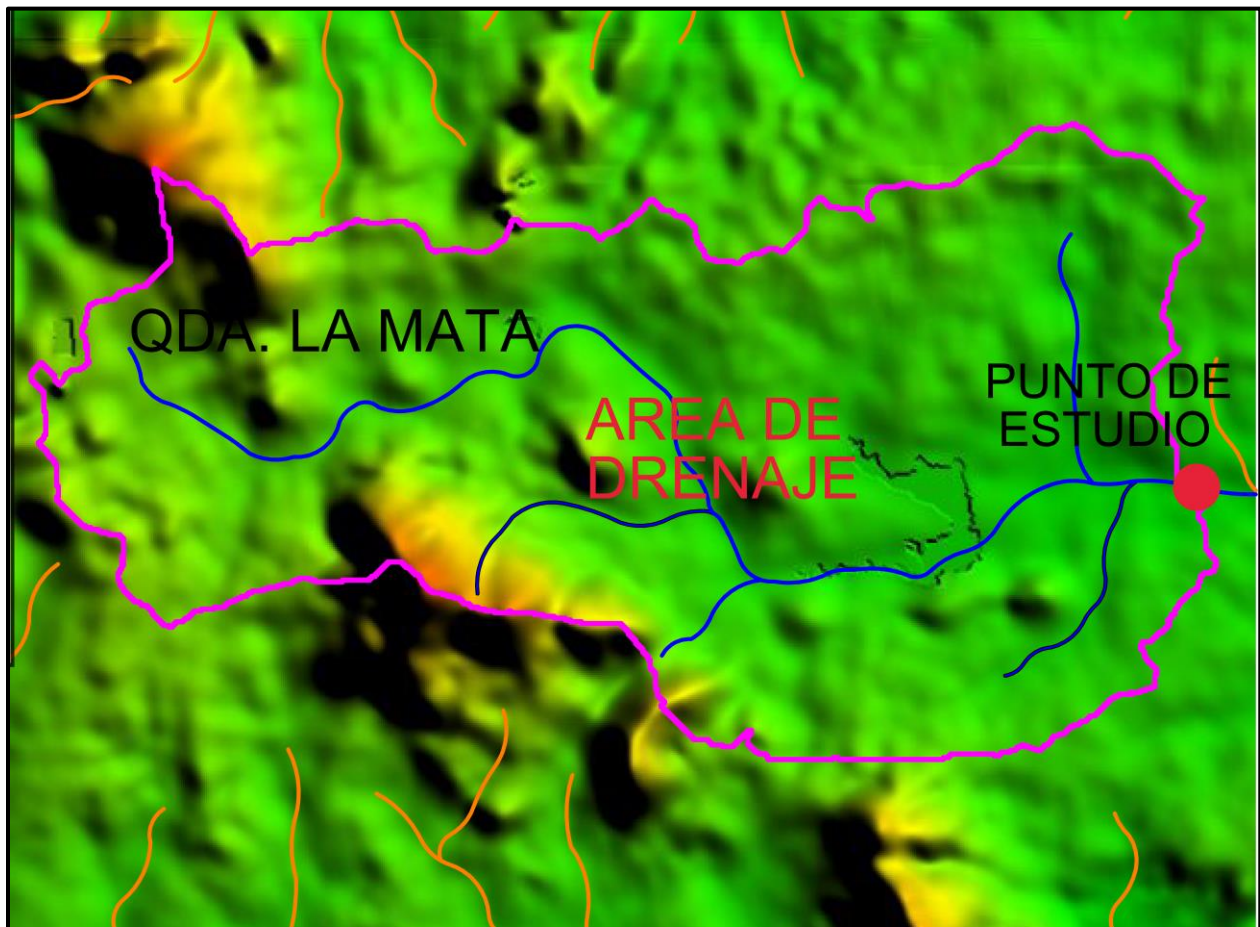
Cuadro N° 10: Resultado del Balance Hídrico de la Cuenca Qda Brazo La Mata hasta el punto de Estudio:

| Estación | COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO – qda. Brazo La Mata | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Volumen | | | | Altura del Agua | | | |
| Punto de Estudio del Proyecto | Precipitación Media Anual Pm (m ³) | Evapo-Transpiración Real (ETR) (m ³) | Escurrentía (m ³) - R | Coefficiente de Escurrentía | Precipitación P(mm) | Evapo-Transpiración Real (ETR) mm | Escurrentía (mm) - R | Coefficiente de Escurrentía |
| AD=0.47 Km ² | 1,144,920 | 607,240 | 537,680 | 0.47 | 2436.0 | 1,292.0 | 1,144.0 | 0.47 |

Calculo: Ing. Franklin Vega Peralta.

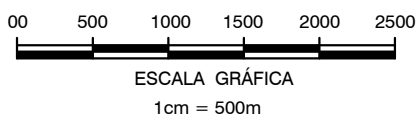
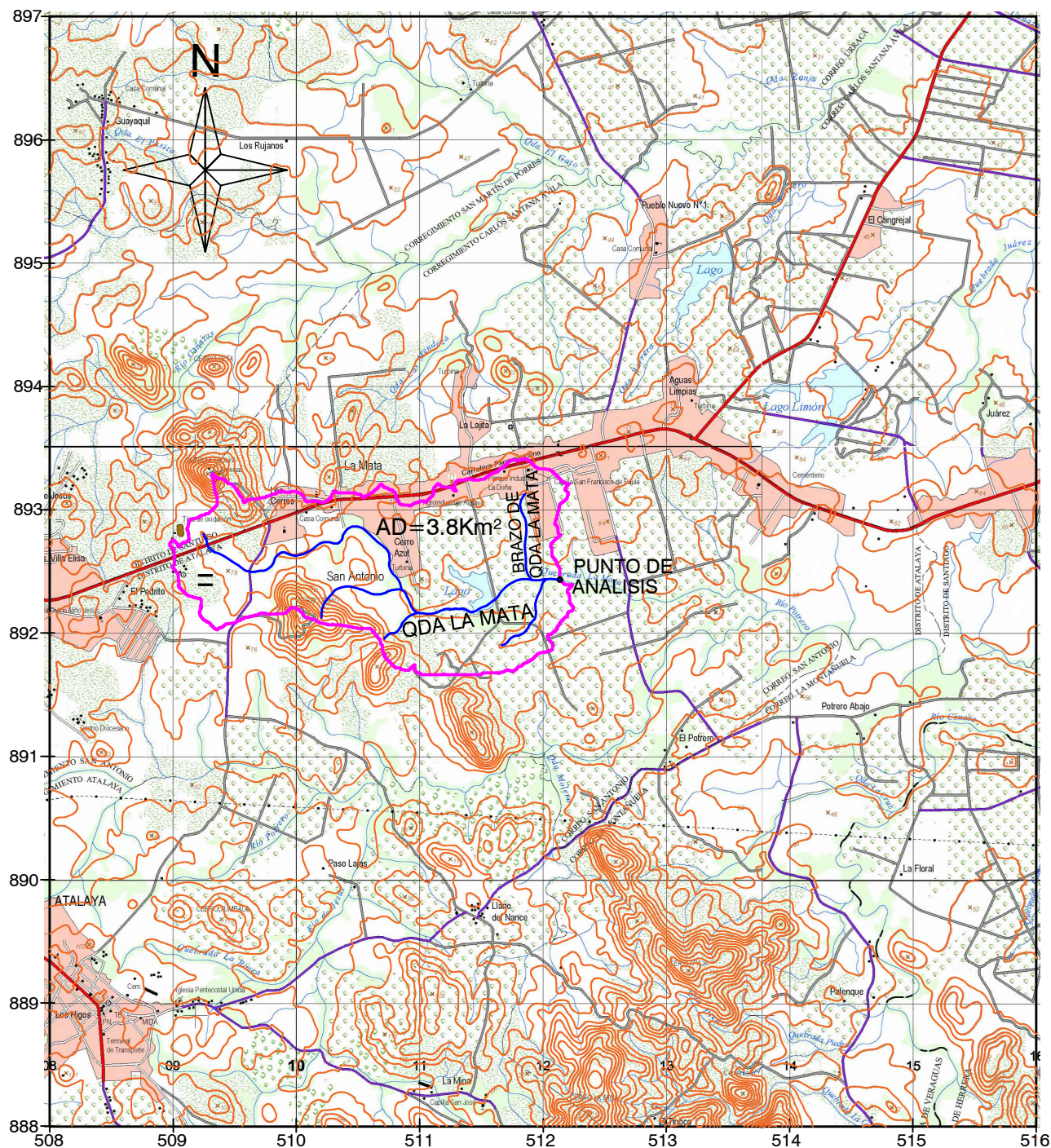
6.3. Caudal de Crecidas Máximas de la qda. La Mata y qda. Brazo La Mata: Considerando que las áreas de drenajes de las cuencas estudiadas, son de 380 há, para la qda. La Mata y de 47 ha para qda. Brazo La Mata (cercana y menor de 250 há.) y ubicadas en la zona semi urbana de Atalaya, se aplicará el método utilizado para el **Cálculo del Caudal de Máximas Crecidas es el denominado Método Racional**, para un periodo de retorno de 50 años. Este es recomendado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y elaborado por ETESA, basado en Intensidades de lluvias de las vertiente del Pacífico de diversas cuencas hidrográficas del país. Para el desarrollo y aplicación de la metodología fue necesario el cálculo del área de drenaje en mapa topográfico a escala de 1: 25,000, apoyado en orto fotografía DTM de imagen satelital de ambas quebradas, como se presenta a continuación:

FIG. 9.; Determinación de Área de Drenaje Según DTM – Topográfico: Qda La Mata.



Fuente: Ing. Franklin Vega Peralta

MAPA DE DEFINICIÓN DE ÁREA DE DRENAJE QDA LA MATA



EL NORTE DE REFERENCIA ES CUADRICULAR.
 CUADRÍCULA / PROYECCIÓN
 UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
 DATO HORIZONTAL: NORTE AMERICANO DE 1927
 ZONA 17
 ESFEROIDE DE CLARKE 1866

DEFINICIÓN DE AREA DE DRENAJE "QDA. LA MATA" PROYECTO "ALTOS DE ATALAYA"

CORREGIMIENTO: ATALAYA

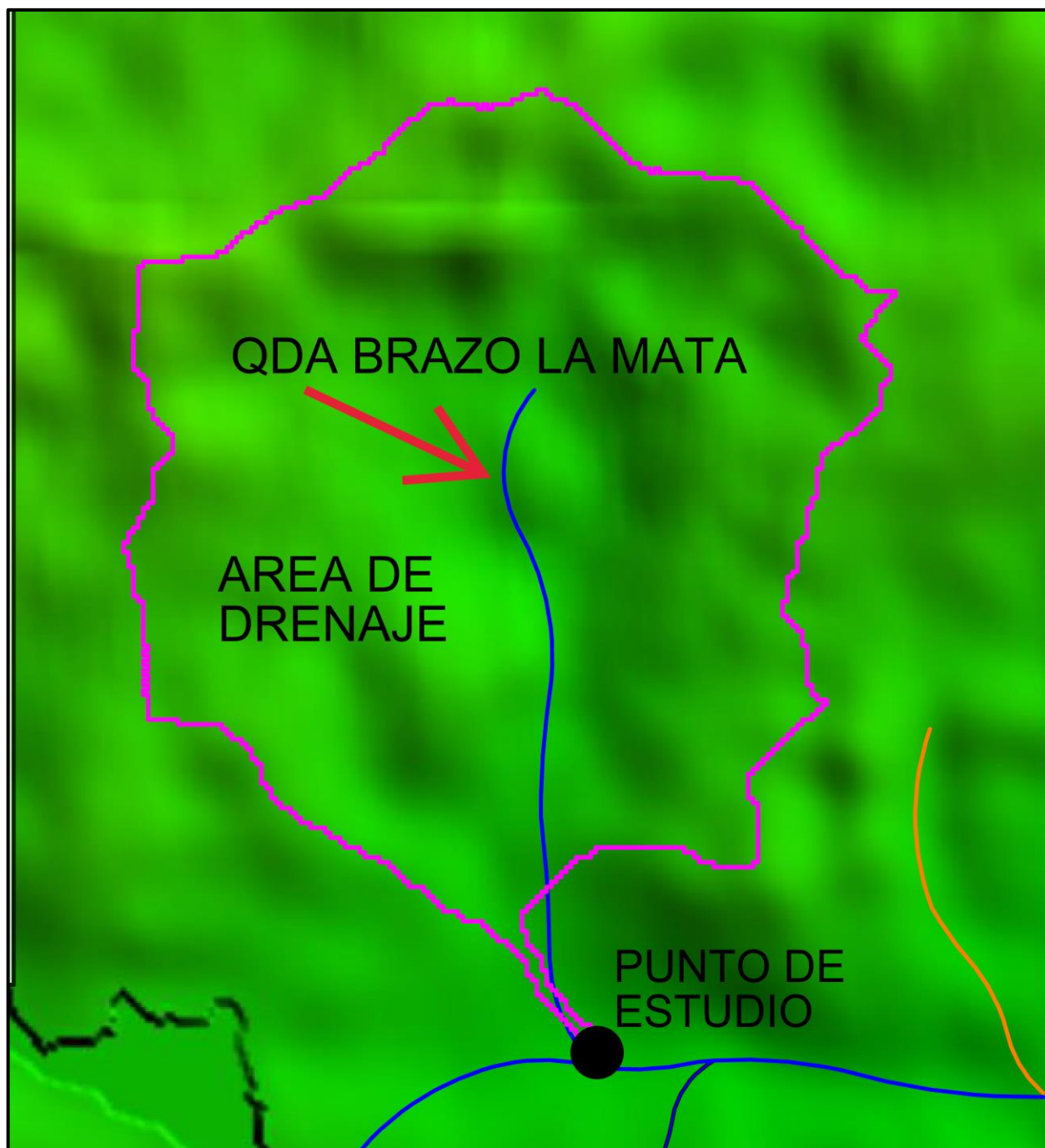
DISTRITO: ATALAYA

PROVINCIA DE VERAGUAS

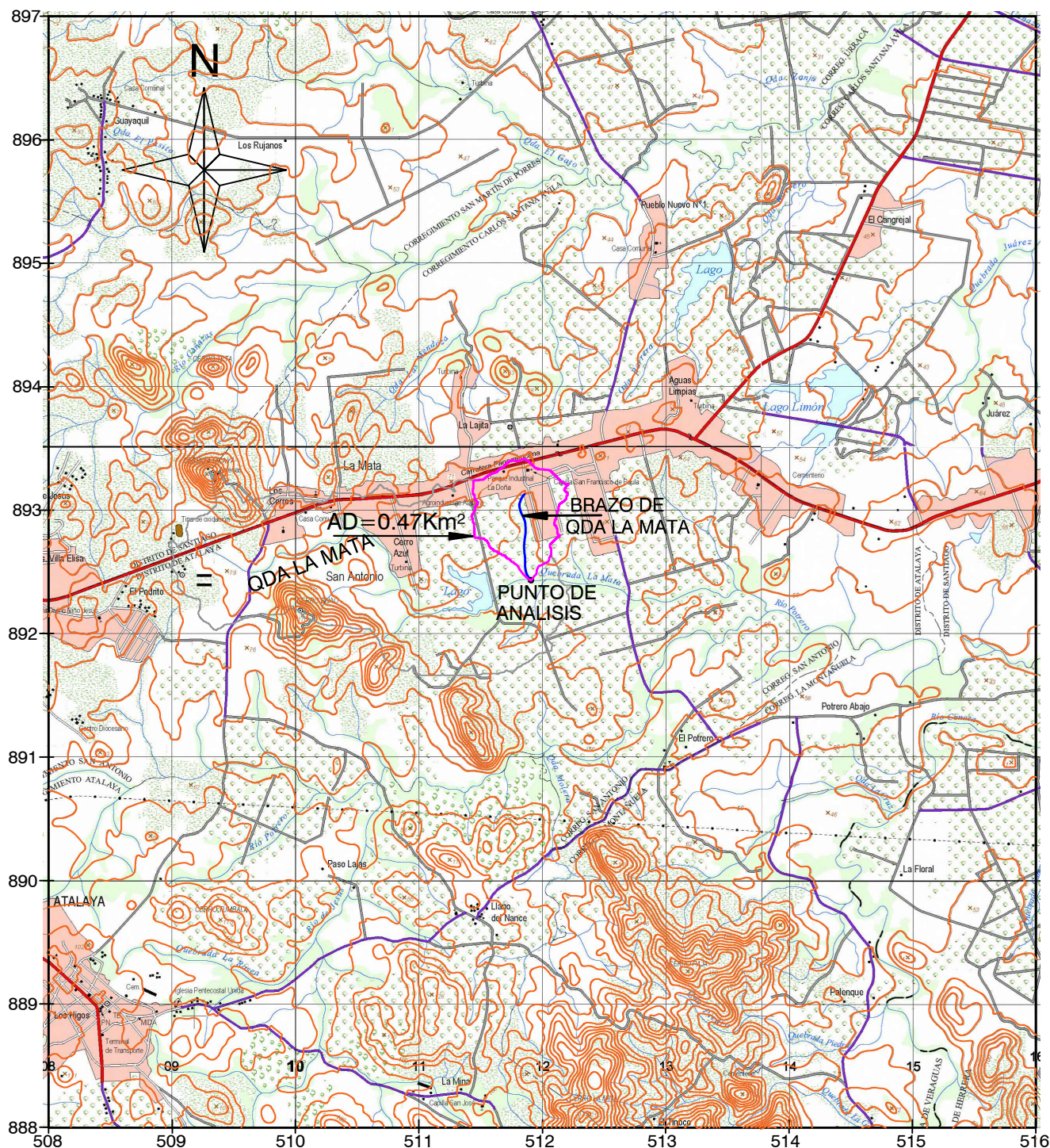
ESCALA: 1 : 50,000

LEVANTADO: ING. FRANKLIN VEGA PERALTA

FIG. 10.; Determinación de Área de Drenaje Según DTM – Topográfico: Qda Brazo La Mata



MAPA DE DEFINICIÓN DE ÁREA DE DRENAJE BRAZO DE QDA LA MATA



00 500 1000 1500 2000 2500
 ESCALA GRÁFICA
 1cm = 500m

EL NORTE DE REFERENCIA ES CUADRICULAR.
 CUADRÍCULA / PROYECCIÓN
 UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
 DATO HORIZONTAL: NORTE AMERICANO DE 1927
 ZONA 17
 ESFEROIDE DE CLARKE 1866

DEFINICIÓN DE AREA DE DRENAJE
 "BRAZO DE QDA. LA MATA"
 PROYECTO "ALTOS DE ATALAYA"

CORREGIMIENTO: ATALAYA
 DISTRITO: ATALAYA PROVINCIA DE VERAGUAS

ESCALA: 1 : 50,000

LEVANTADO: ING. FRANKLIN VEGA PERALTA

APLICACIÓN DEL METODO RACIONAL

Esta metodología esta descrita en el Manual de Aprobación de Plano Pluvial según las fórmulas contenidas en el estudio de drenaje pluvial de Panamá en el año 1972.

Como se anunció, dado que el área, de drenaje de las cuencas en estudio es menor a 250 Hectáreas o cercana a esa área, utilizaremos el método racional para la estimación de caudales, para un periodo de retorno de uno en cincuenta años:

ASÍ:

$$Q = (C \times i \times A) / 360;$$

donde:

Q : Caudal Máximo en m³/s

C : Coeficiente de escorrentía

I : intensidad de lluvia en mm/hora

A: Área de drenaje de la cuenca en hectáreas.

Las suposiciones incluidas en la formula racional son:

1. El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad particular de lluvia ocurre si la duración de la lluvia es igual o mayor que el tiempo de concentración.
 2. El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad específica de lluvia con una duración igual o mayor que el tiempo de concentración es directamente proporcional a la intensidad de lluvia.
 3. La frecuencia de ocurrencia del escurrimiento máximo es la misma que la intensidad de la lluvia con la cual se calculó.
 4. El escurrimiento máximo por área unitaria disminuye conforme aumenta el área de drenajes y la intensidad de lluvia disminuye conforme aumenta su duración.
 5. El coeficiente de escorrentía permanece constante para todas las tormentas en una cuenca.
- ✓ **Coeficiente de Escorrentía:** Es porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo. En el recorrido por la cuenca se pudo comprobar que el suelo del área de drenaje está, cubierta principalmente por pastos, rastrojos, matojos dispersos y corresponde a un área semiurbana con previsión a desarrollo futuro y creciente. Dado el propósito de este estudio tomaremos un coeficiente de escorrentía recomendado para áreas sin construcciones y rurales.

En este caso la mayor parte del terreno está cubierto por pastos, hierbas y arboles dispersos. En estos casos se recomienda un valor de C, adaptado a la realidad de la zona, que es de 0.36.

✓ **Intensidad de la lluvia:** Utilizaremos ecuaciones para el cálculo de intensidad recomendadas por el MOP para la vertiente del pacífico:

$i = 370 / (t_c + 33)$; período de retorno de **50 años**.

Donde:

i: Intensidad de lluvia en pulgada/hora

t_c : Tiempo de concentración en minutos

✓ **Tiempo de concentración:** Se define como el tiempo requerido para que escurra el agua desde el punto más distante de una cuenca hasta el punto de medición de flujo o caudal. En este caso se considera en flujo tanto en el cauce de la fuente hídrica, como en la tierra natural, tomando en cuenta el punto mas alejado donde cae la gota mas lejana.

Existen varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración, utilizaremos la ecuación de Kirpich:

$$T_c = 3.7688 * (L / \sqrt{p})^{0.77}$$

T_c : tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud de la cuenca en Km.

p: Pendiente media de la cuenca en m/m

✓ **Cálculo de Caudales de Crecidas Máximas de las Quebradas.**

Cálculo del tiempo de concentración qda. La Mata:

| Sección | Altura | Longitud | Pendiente | t_c |
|---------------------------|--------------|----------|-----------|-------------|
| | Desnivel (m) | Km | m/m | min |
| Hasta el Punto de Estudio | 24 | 4.83 | 0.005 | 97.2 |

Cálculo del tiempo de concentración qda. Brazo La Mata:

| Sección | Altura | Longitud | Pendiente | t_c |
|---------------------------|--------------|----------|-----------|-------------|
| | Desnivel (m) | Km | m/m | min |
| Hasta el Punto de Estudio | 10.8 | 1.36 | 0.008 | 30.6 |

- ✓ **Cálculo de la Intensidad de Lluvia: Utilizaremos un periodo de retorno de 1 en 50 años:**

Cálculo del Intensidad qda. La Mata:

$$i_{50} = 370 / (t_c + 33) = 370 / (97.2 + 33) = \mathbf{2.85 \text{ pulg./hr.}}$$

| tc(min) | I(pulg/hr) | I(mm/hr) |
|-------------|-------------|-------------|
| 97.2 | 2.85 | 72.5 |

Franklin Vega Peralta

Cálculo del Intensidad qda. Brazo La Mata:

$$i_{50} = 370 / (t_c + 33) = 370 / (30.6 + 33) = \mathbf{5.8 \text{ pulg./hr.}}$$

| tc(min) | I(pulg/hr) | I(mm/hr) |
|-------------|------------|--------------|
| 30.6 | 5.8 | 147.3 |

Franklin Vega Peralta

- ✓ **Cálculo del caudal para qda La Mata y Qda. Brazo La Mata:**

Caudal Qda La Mata

$$Q = (C \times i \times A) / 360$$

| C (Adimensional) | I (mm / hr) | AD1(hectáreas) | m ³ / seg.(m ² /s) |
|------------------|-------------|----------------|--|
| 0.36 | 72.5 | 380 | 27.6 |

Qr de crecidas máximas que llega al punto de estudio = 27.6 m³ / seg.

Caudal Qda. Brazo La Mata

$$Q = (C \times i \times A) / 360$$

| C (Adimensional) | I (mm / hr) | AD1(hectáreas) | m ³ / seg.(m ² /s) |
|------------------|-------------|----------------|--|
| 0.36 | 147.3 | 47.0 | 6.9 |

Qr de crecidas máximas que llega al punto de estudio = 6.9 m³ / seg

REVISIÓN:**Qda La Mata:**

El caudal de 27.6 metros cúbicos por segundo o 973.7 p³/s., es el máximo que se puede presentar para un periodo de retorno de 50 años. Este caudal es conservador suponiendo en crecimiento urbano y civil en el futuro. Por lo anterior porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo se estima como el 36% de total del precipitado en un momento y es el recomendado para la zona.

Qda La Brazo La Mata:

El caudal de 6.9 metros cúbicos por segundo o 243.47 p³/s., es el máximo que se puede presentar para un periodo de retorno de 50 años. Este caudal es conservador suponiendo en crecimiento urbano y civil en el futuro. Por lo anterior porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo se estima como el 36% de total del precipitado en un momento y es el recomendado para la zona.

7. Calculo Hidráulico.

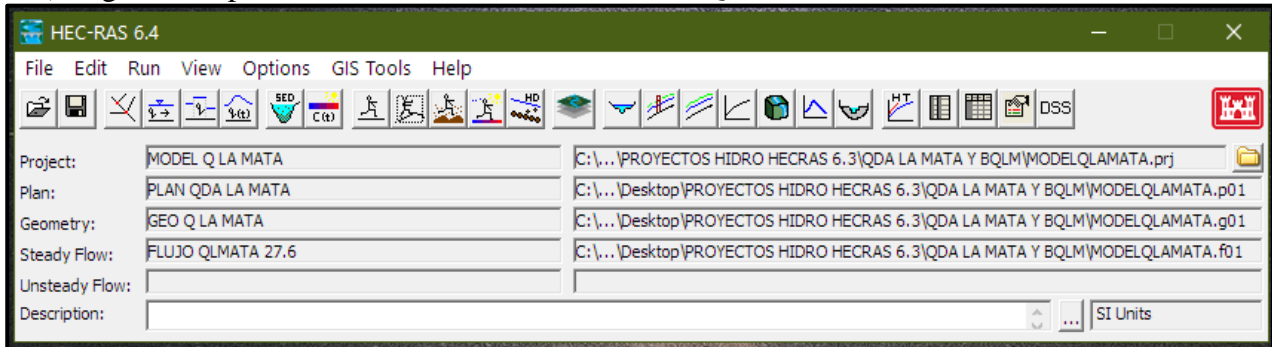
7.1. Consideraciones técnicas para las corridas de cálculo hidráulico.

- ✓ La topografía para la obtención de secciones se basó en modelo de elevación digital (DEM) a cada 5m, con fuente del Instituto Geográfico Tommy Guardia.
- ✓ El alineamiento del cauce se establece mediante las coordenadas WSG 84 e imagen satelital tipo Geo Tiff, según levantamiento de topografía de secciones cada 20 metros aguas del cauce del río.
- ✓ Se levanto perfil de las quebradas con GPS Trimble sub métrico y su base, amarrado a punto geodésico nacional Aeropuerto Rubén Cantú – Santiago.
- ✓ Se determino el Área de Drenaje por separado, de cada quebrada mediante el programa WMS y Global Mapper, el cual se reflejó en mapa de definición de esa área y otros parámetros de las cuencas. Se contiene en anexos.
- ✓ Para el cálculo del N.A.M.E. e inundación, se utilizó el Programa HEC- RAS – 6.3.
- ✓ Se generaron y analizaron todas las secciones del eje, identificadas en el alineamiento de las quebradas mediante programa RAS MAPER de Hec Ras 6.3.
- ✓ Para condiciones de contorno se utilizó un valor de coeficiente “n” de Manning de 0.03 borde izquierdo del cauce; 0.03 centro del cauce y 0.03 borde derecho del cauce.
- ✓ Para los coeficientes de expansión/contracción, se utilizó 0.1 y 0.3 respectivamente, recomendados para tramos de transición sin infraestructuras dentro o cerca de cauces.
- ✓ Se utilizó la pendiente promedio de cada cuenca de quebrada, en las condiciones de contorno para hacer la simulación, considerando la topografía plana del terreno.
- ✓ Su utilización condición de contorno con régimen Mixto, en virtud de la pendiente del fondo del cauce de las quebradas, mediante Profundidad Normal.
- ✓ Se calculo las crecidas máximas promedios para un periodo de retorno 1:50 años.
- ✓ Las Secciones transversales se obtuvieron mediante CIVIL CAT 2022.

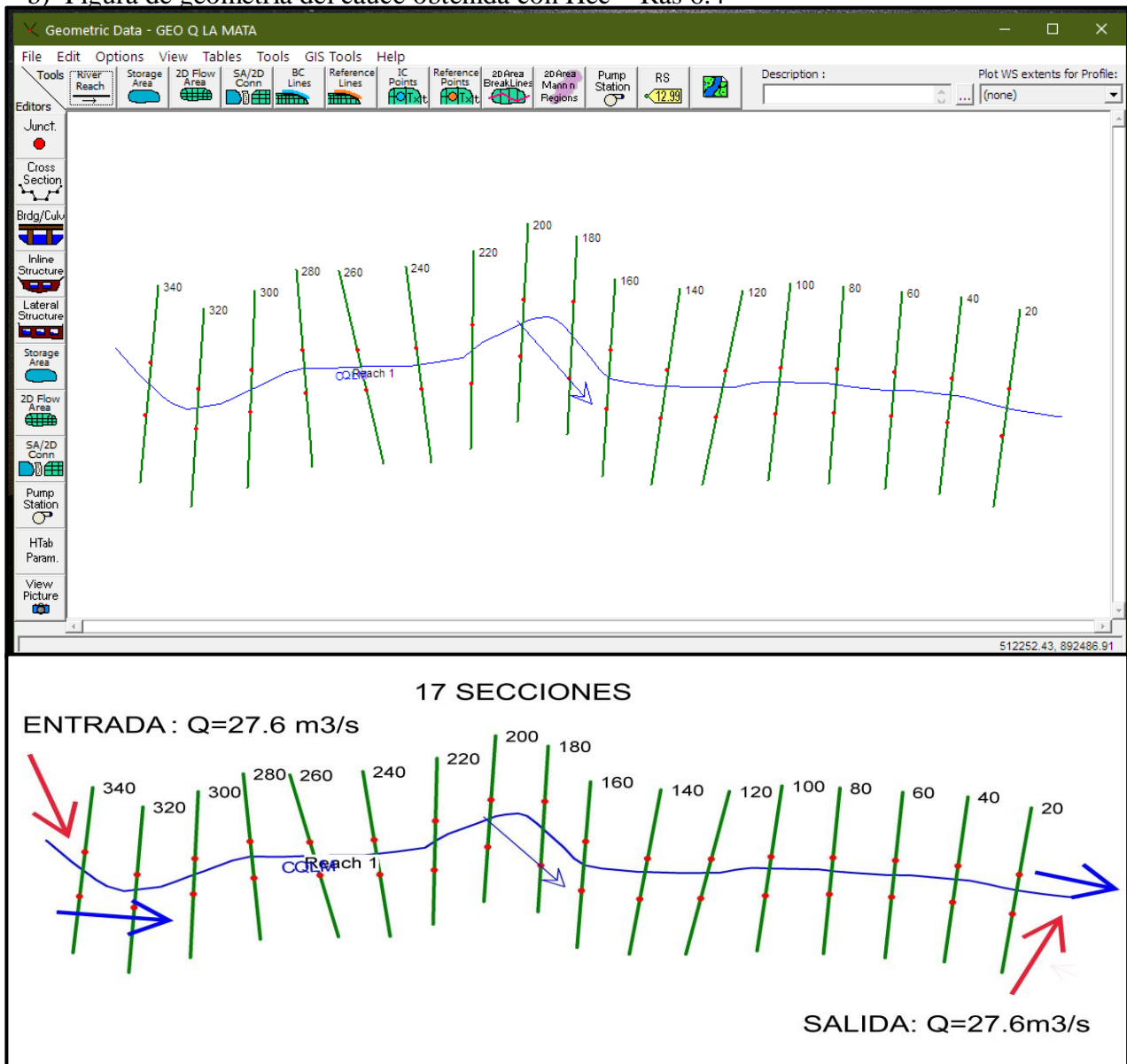
7.2. Geometría de los Causas: La geometría del cauce se levantó en función de la topografía levantada, estableciendo las secciones seleccionadas a cada 20 metros de distancia una de otra. Las secciones se definieron a cada 12.5 metros del eje de cada quebrada hacia el terreno. A cada quebrada se le estableció geometría del cauce, para la corrida hidráulica del programa de simulación HEC – RAS – 6.3. En este documento se presentan las alineaciones en geometría del cauce de qda. La Mata y Qda. Brazo LA Mata.

7.3. CALCULO HIDRÁULICO PARA LA QUEBRADA LA MATA, MEDIANTE PROGRAMA HEC – RAS:

a) Figura de Aplicación de Modelo En Hec - Ras – Qda La Mata



b) Figura de geometría del cauce obtenida con Hec – Ras 6.4



c) Establecimiento de parámetros de flujo y condiciones de contornos

Parámetros de flujo.

Steady Flow Data - FLUJO QLMATA 27.6

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach: River Sta.:

| Flow Change Location | | | Profile Names and Flow Rates | | |
|----------------------|---------|-----|------------------------------|------------|------------|
| River | Reach | RS | TR 50 AÑOS | TR 50 AÑOS | TR 50 AÑOS |
| 1 CQLM | Reach 1 | 340 | 27.6 | | |

Condiciones de Contorno:

Steady Flow Boundary Conditions

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

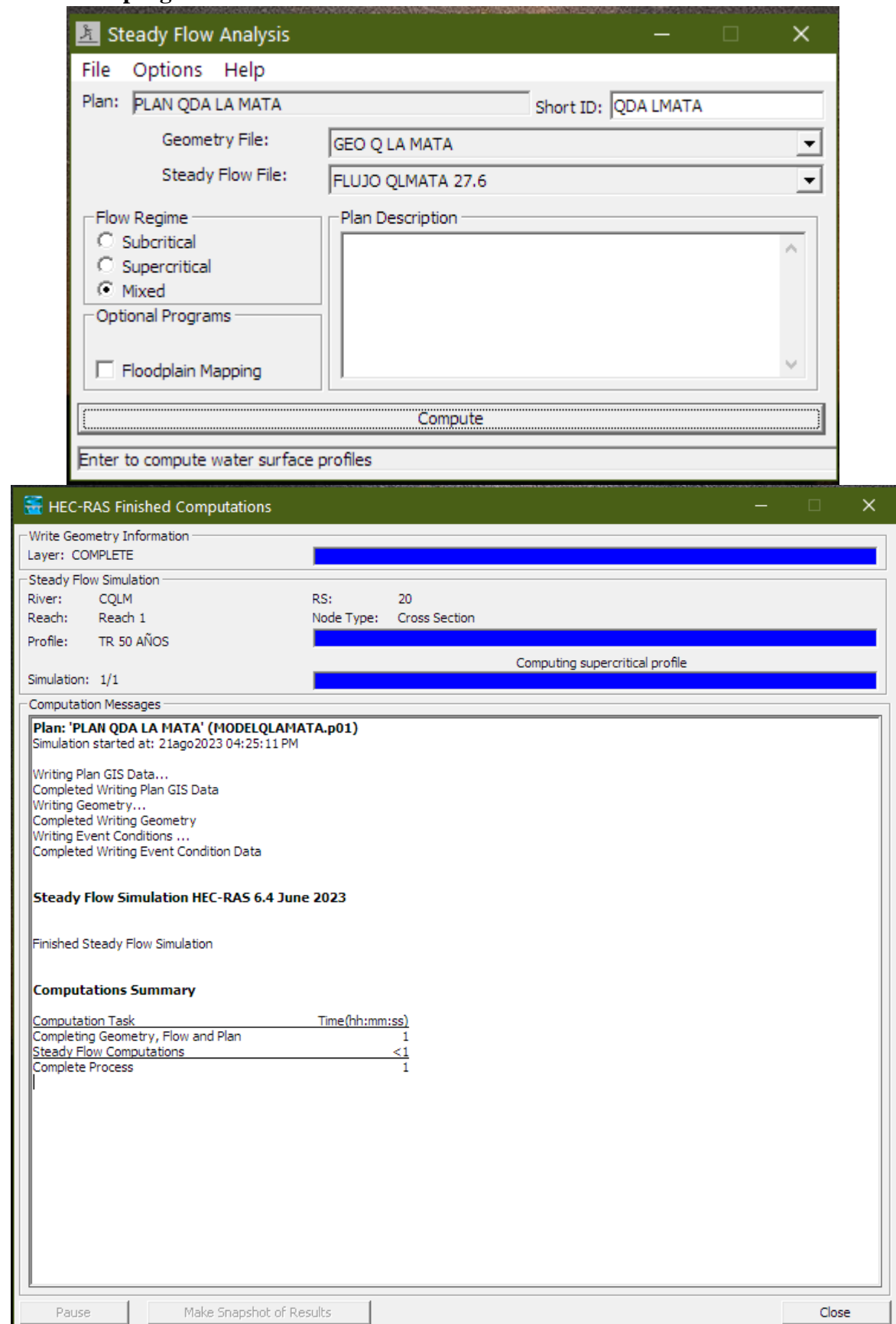
Available External Boundary Condition Types

Selected Boundary Condition Locations and Types

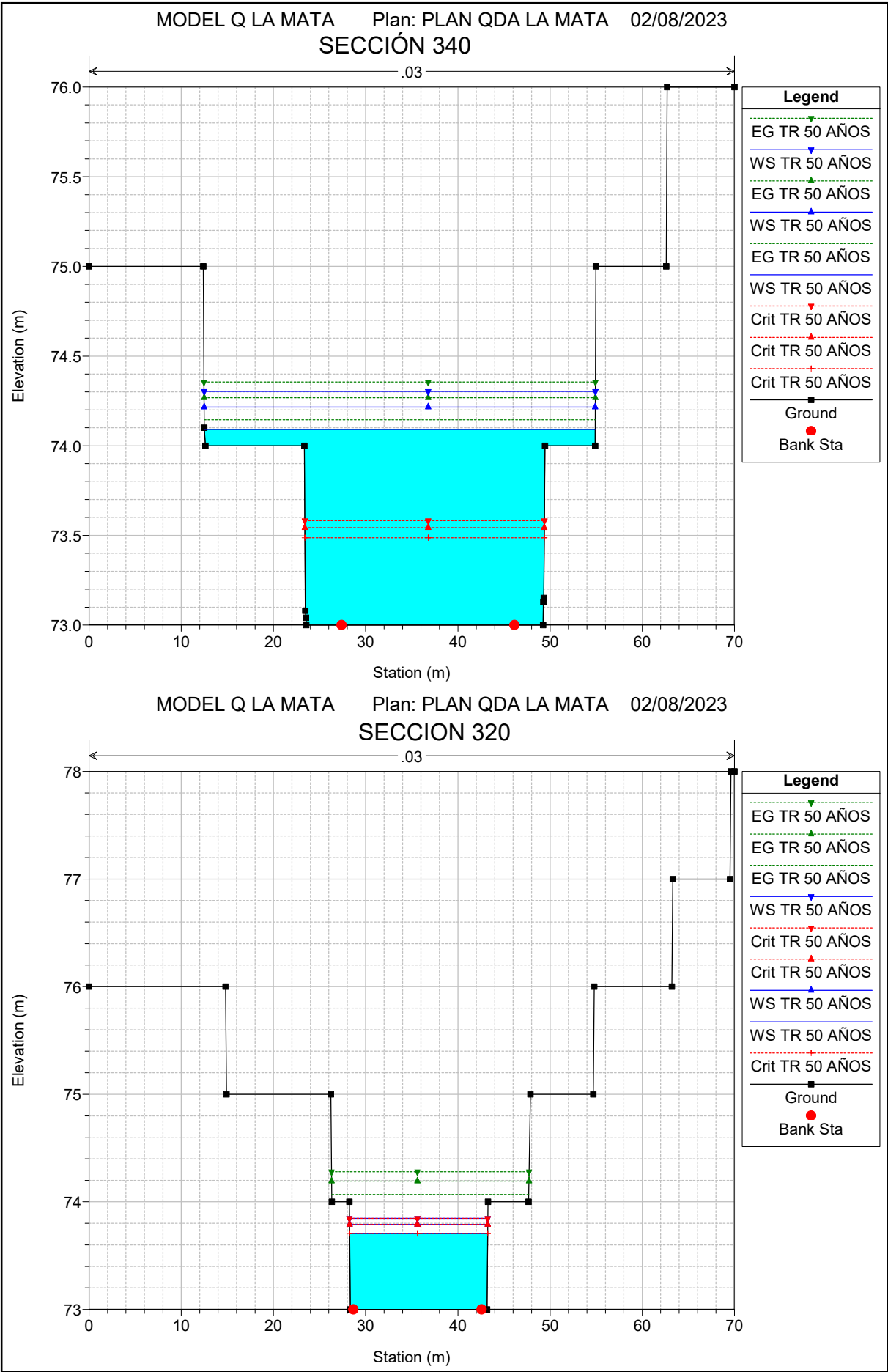
| River | Reach | Profile | Upstream | Downstream |
|-------|---------|---------|-----------------------|------------------------|
| CQLM | Reach 1 | all | Normal Depth S = 0.03 | Normal Depth S = 0.014 |

Enter to accept data changes.

d) Corrida del programa en la modelación.

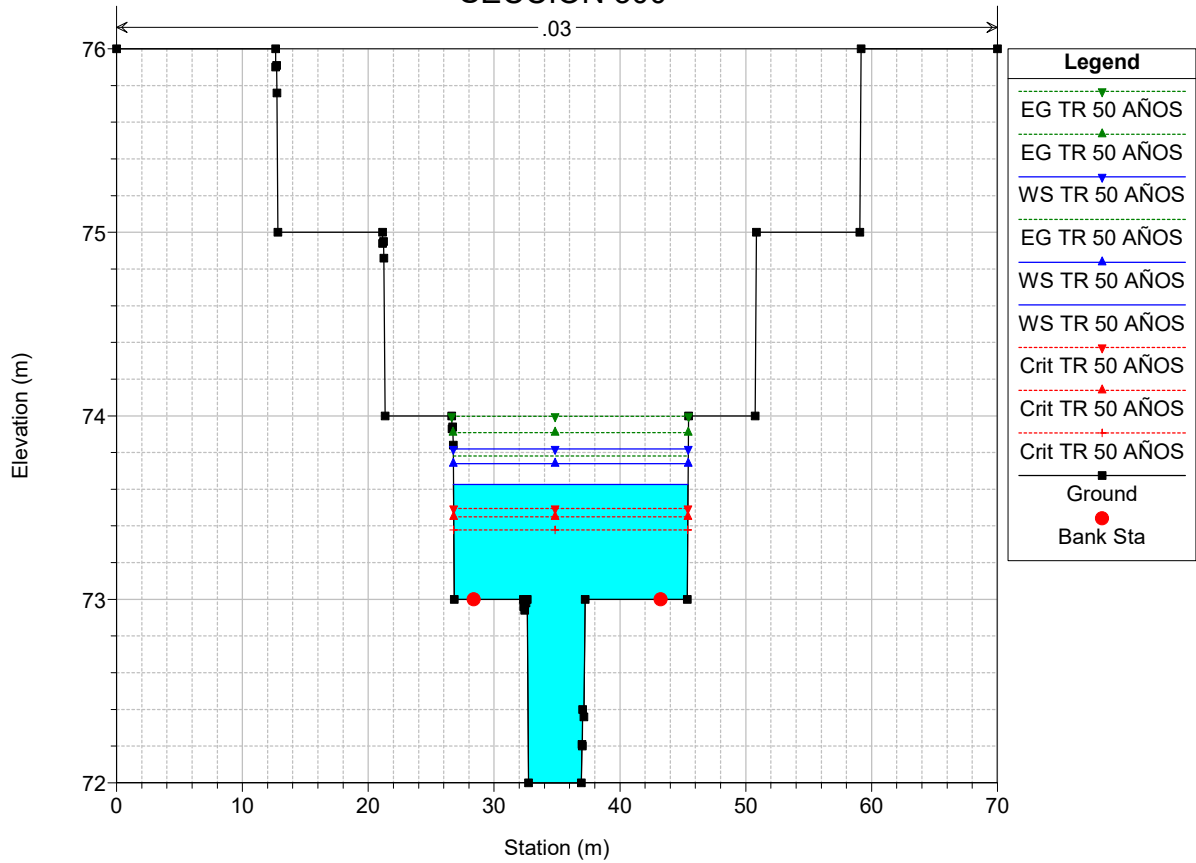


7.3.1. GRAFICO RESULTADO DE LA SIMULACION Y OBTENCIÓN DEL NAME



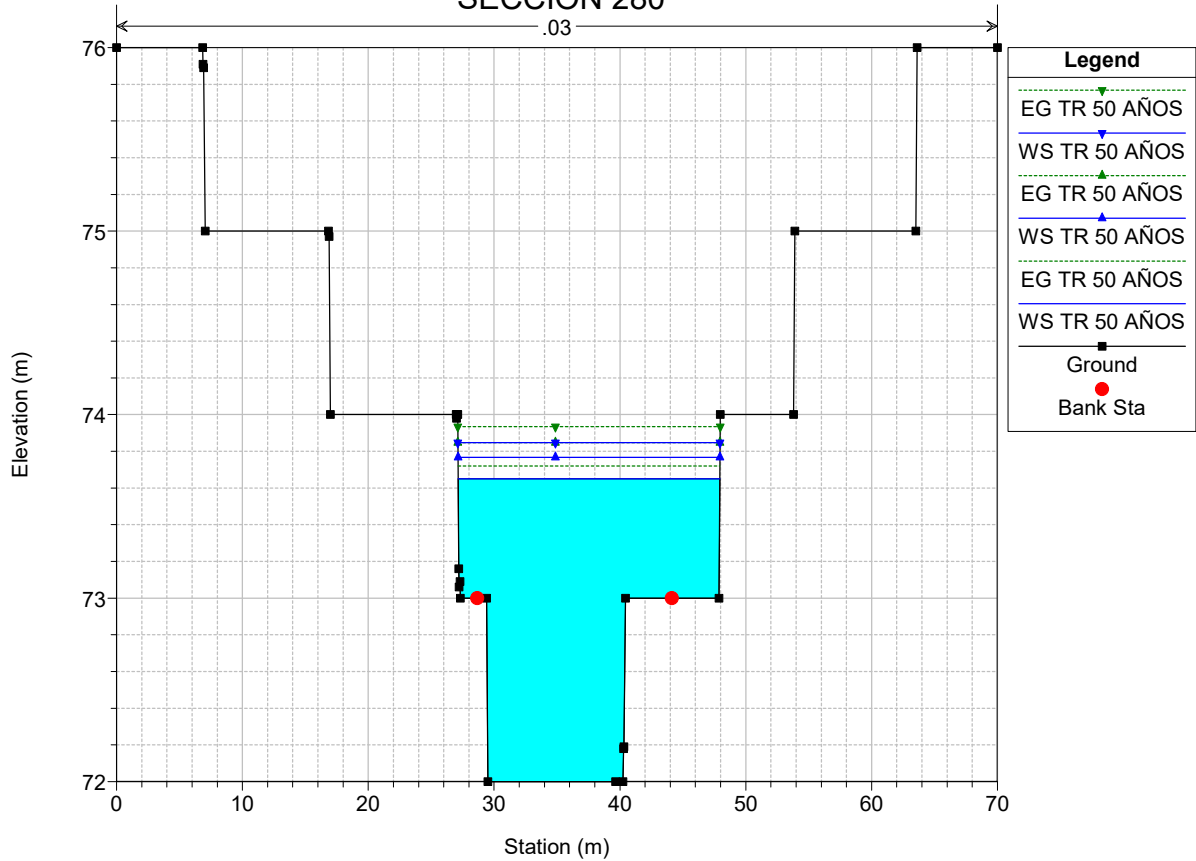
MODEL Q LA MATA Plan: PLAN QDA LA MATA 02/08/2023

SECCION 300

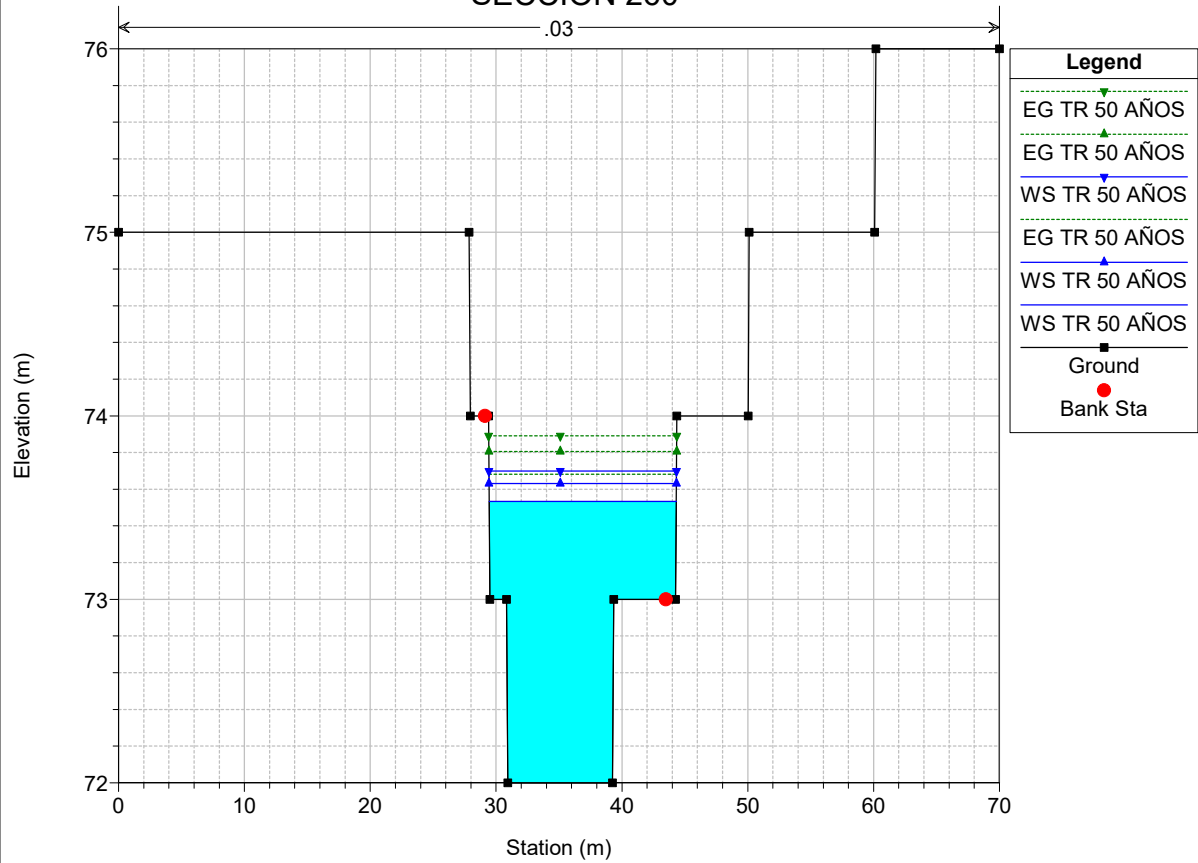


MODEL Q LA MATA Plan: PLAN QDA LA MATA 02/08/2023

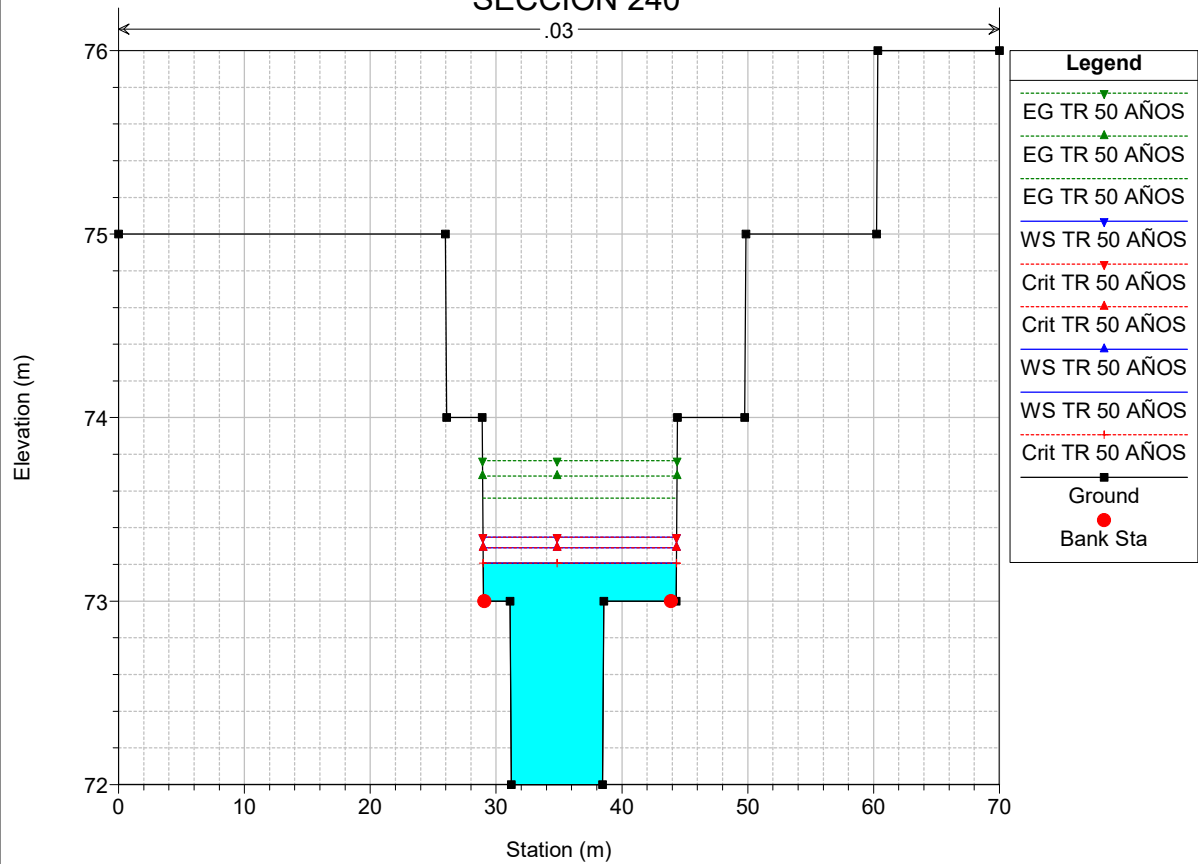
SECCION 280



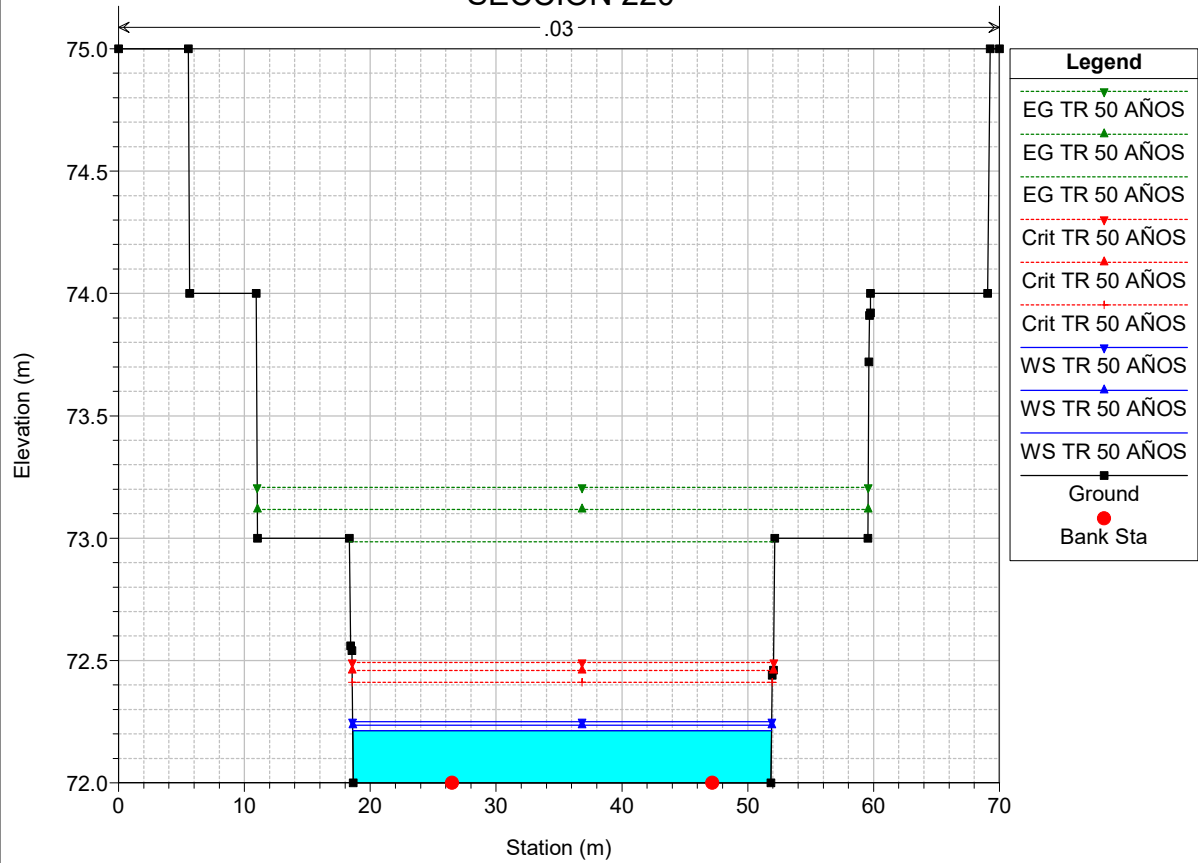
SECCION 260



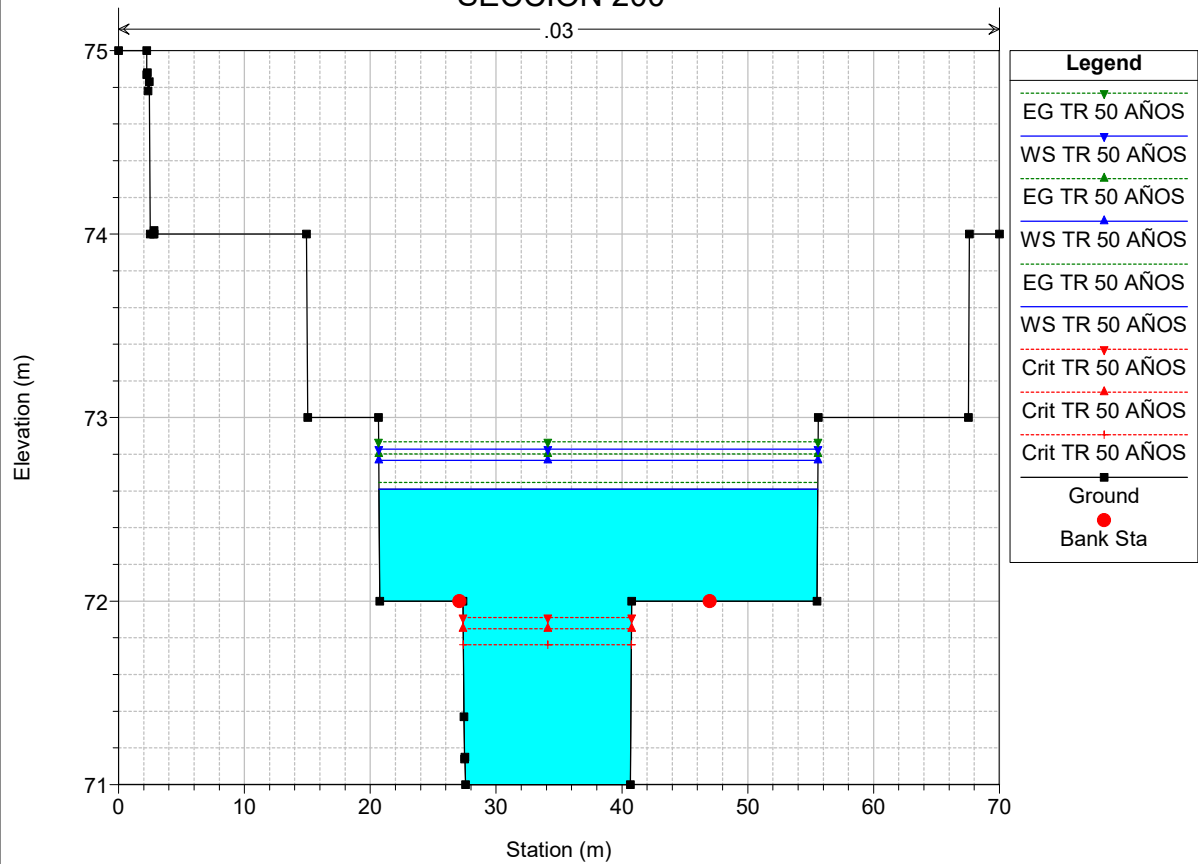
SECCIÓN 240



SECCION 220

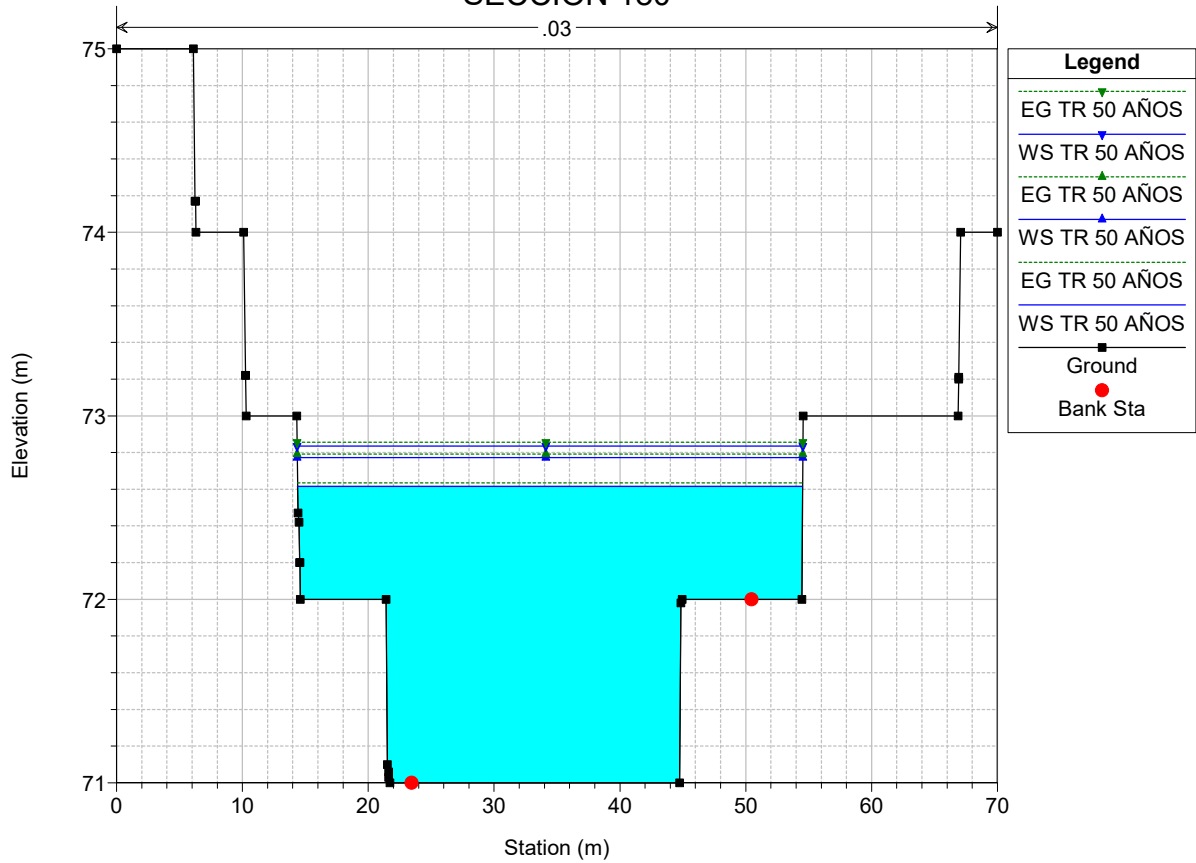


SECCION 200



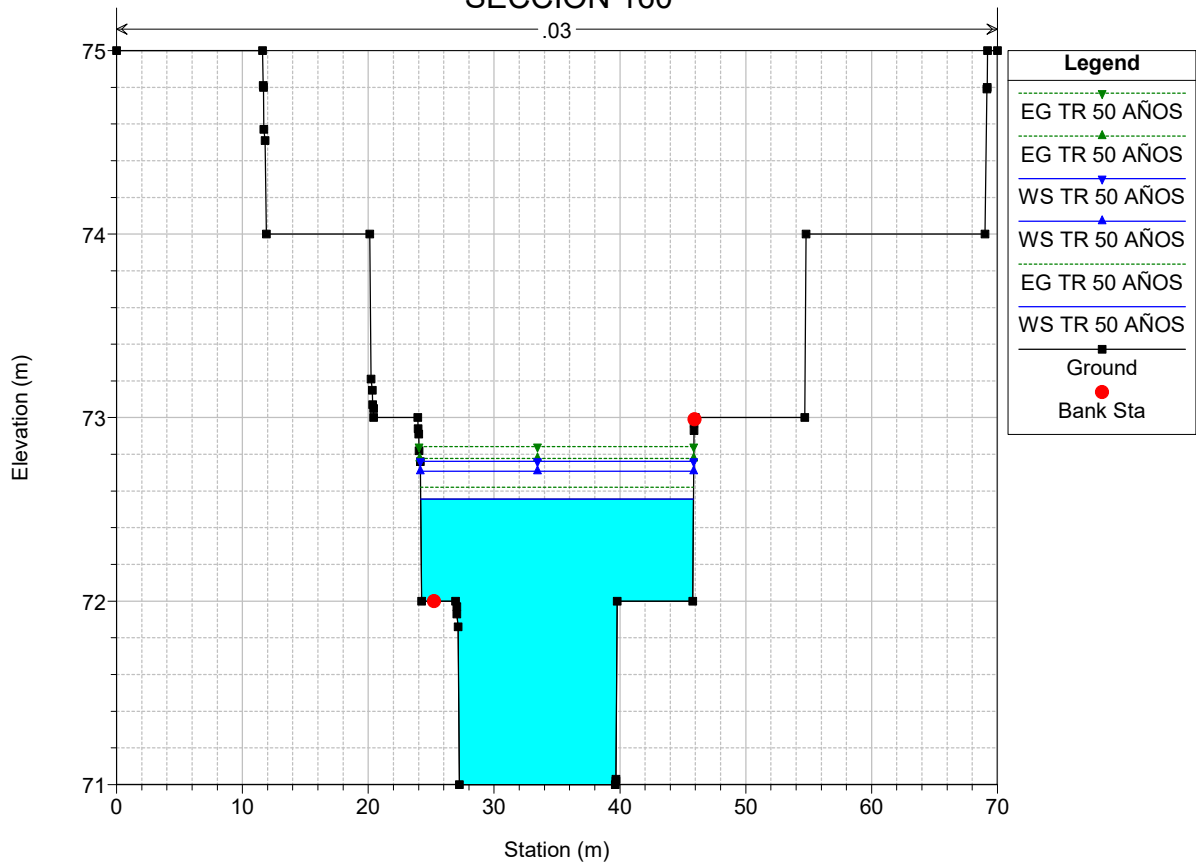
MODEL Q LA MATA Plan: PLAN QDA LA MATA 02/08/2023

SECCIÓN 180

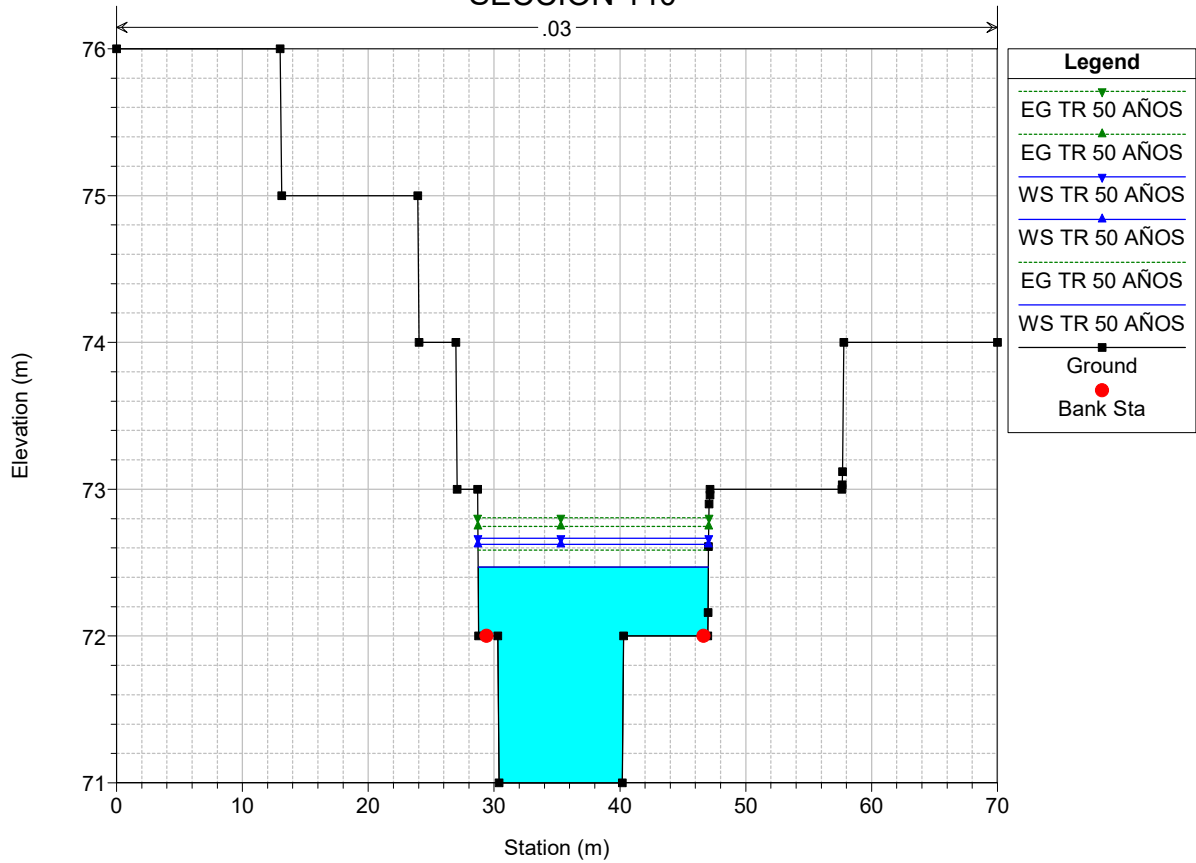


MODEL Q LA MATA Plan: PLAN QDA LA MATA 02/08/2023

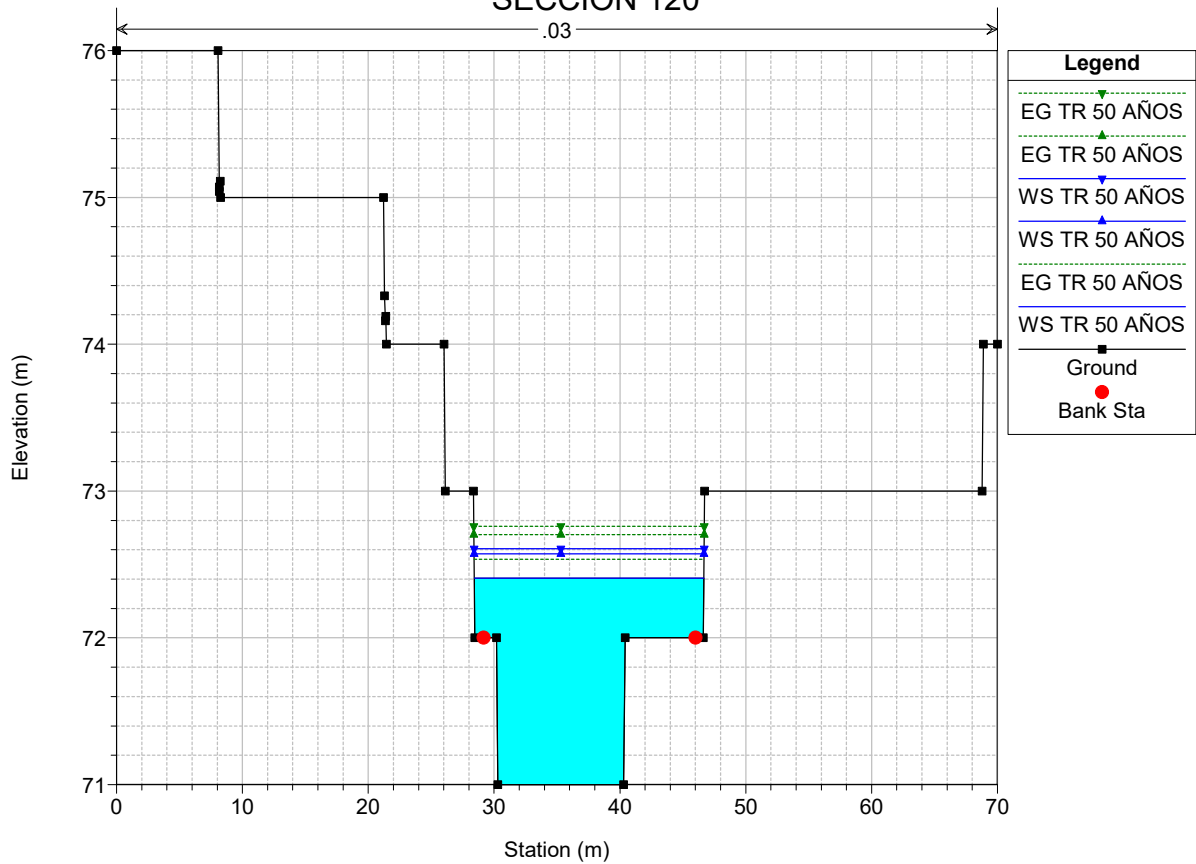
SECCION 160



SECCION 140



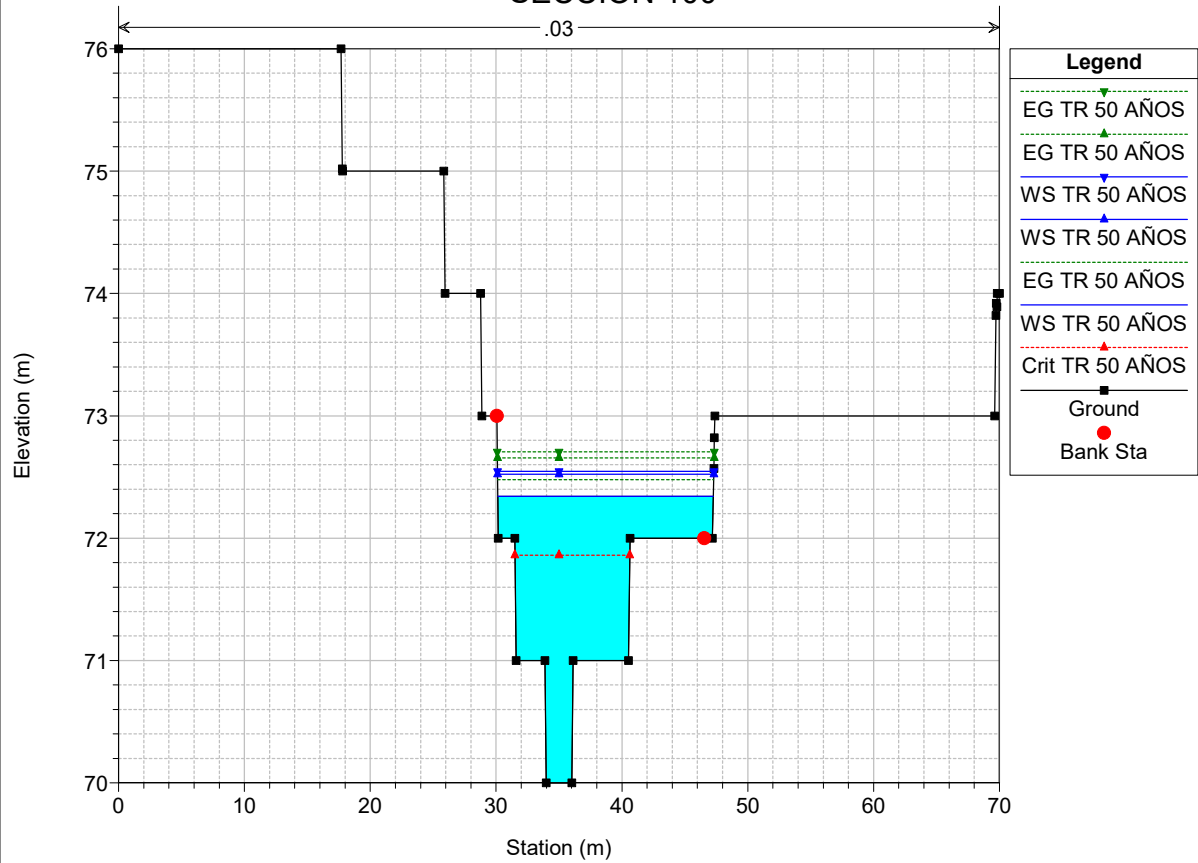
SECCION 120



MODEL Q LA MATA

Plan: PLAN QDA LA MATA 02/08/2023

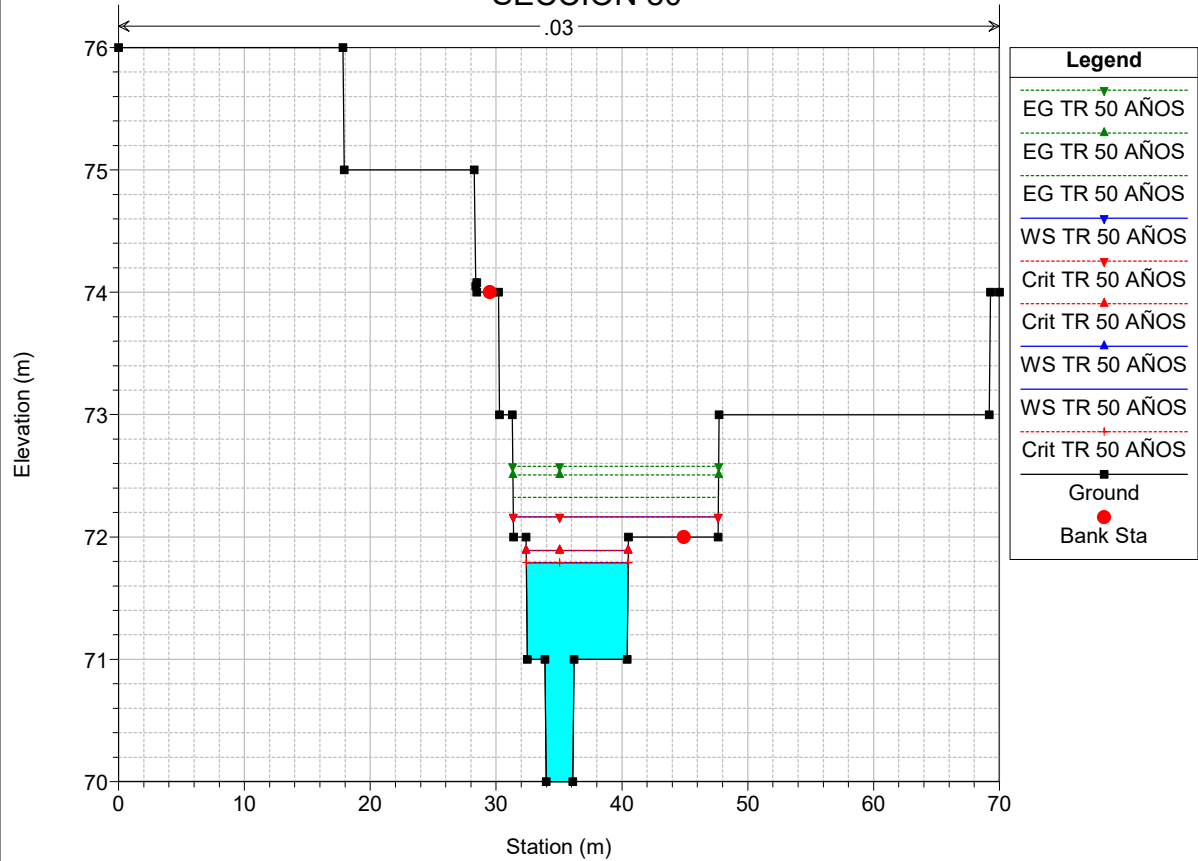
SECCION 100



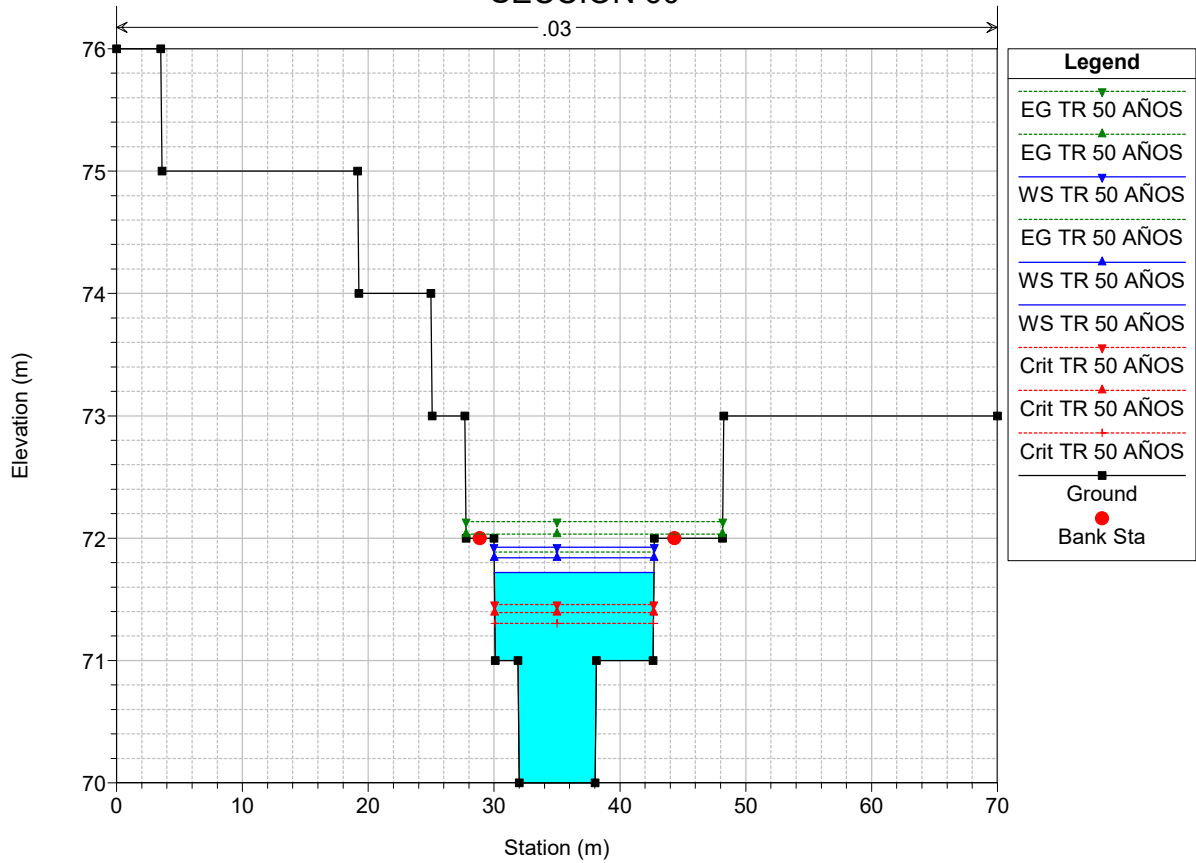
MODEL Q LA MATA

Plan: PLAN QDA LA MATA 02/08/2023

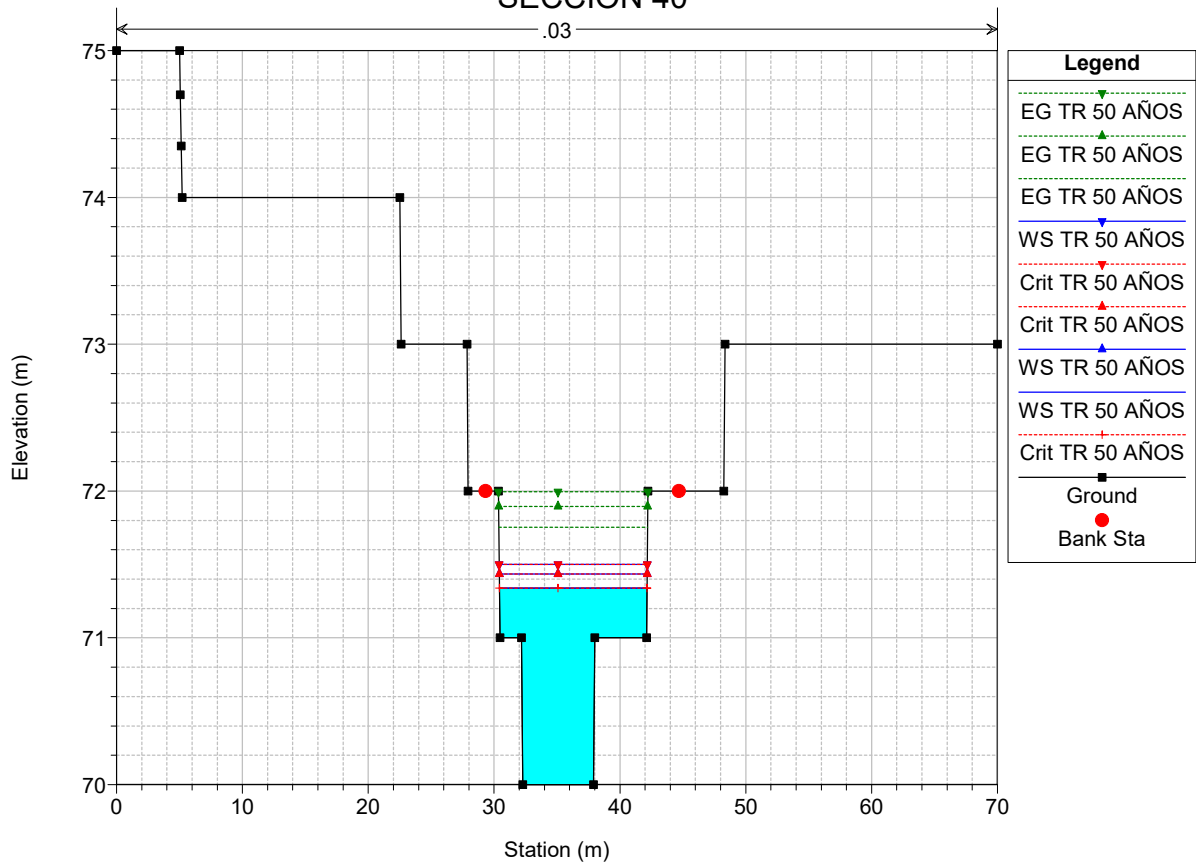
SECCION 80



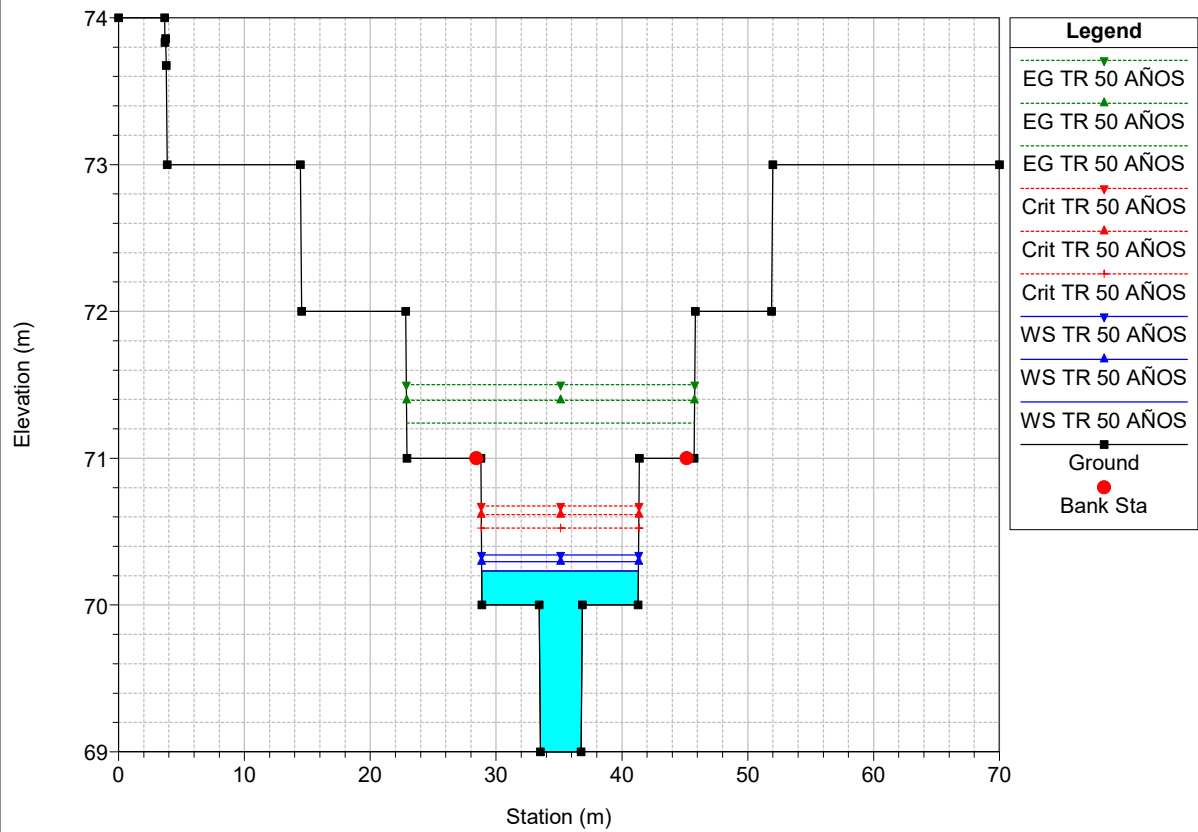
MODEL Q LA MATA Plan: PLAN QDA LA MATA 02/08/2023
SECCIÓN 60



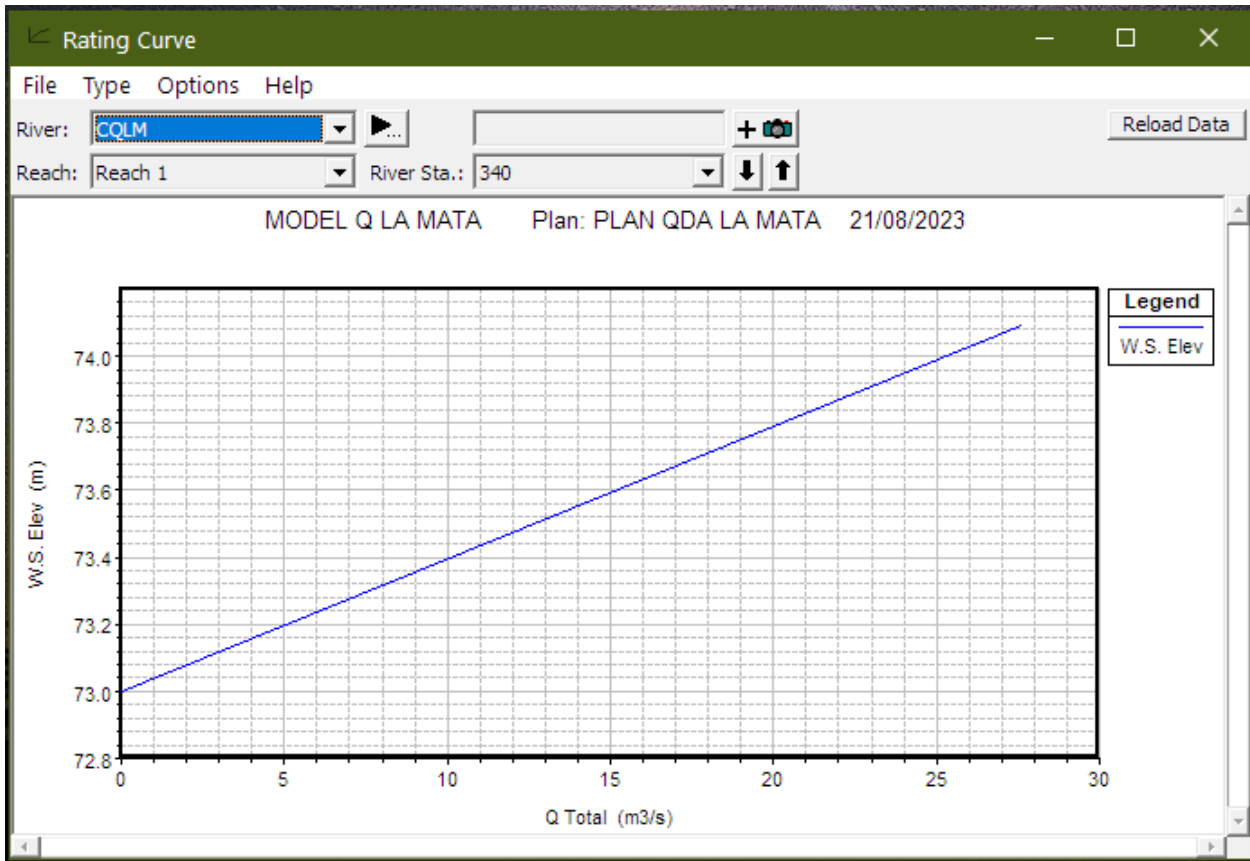
MODEL Q LA MATA Plan: PLAN QDA LA MATA 02/08/2023
SECCION 40



SECCIÓN 20



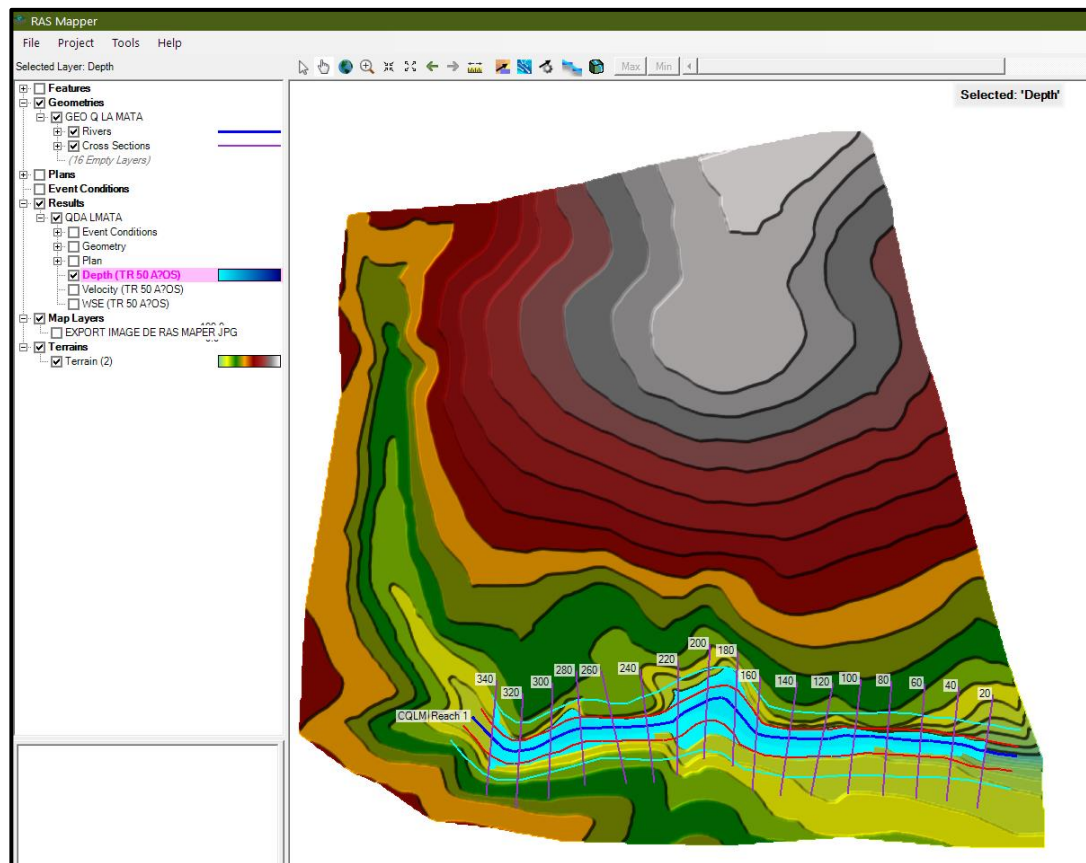
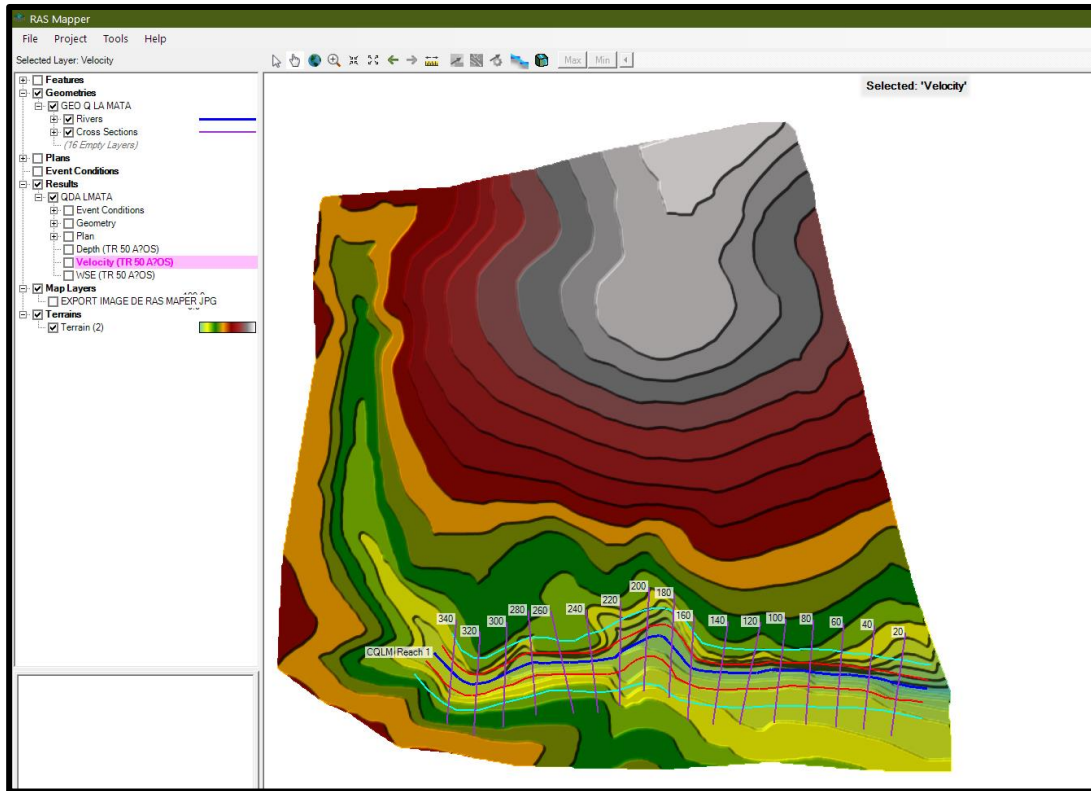
e) Curva de Variación del tirante en el canal



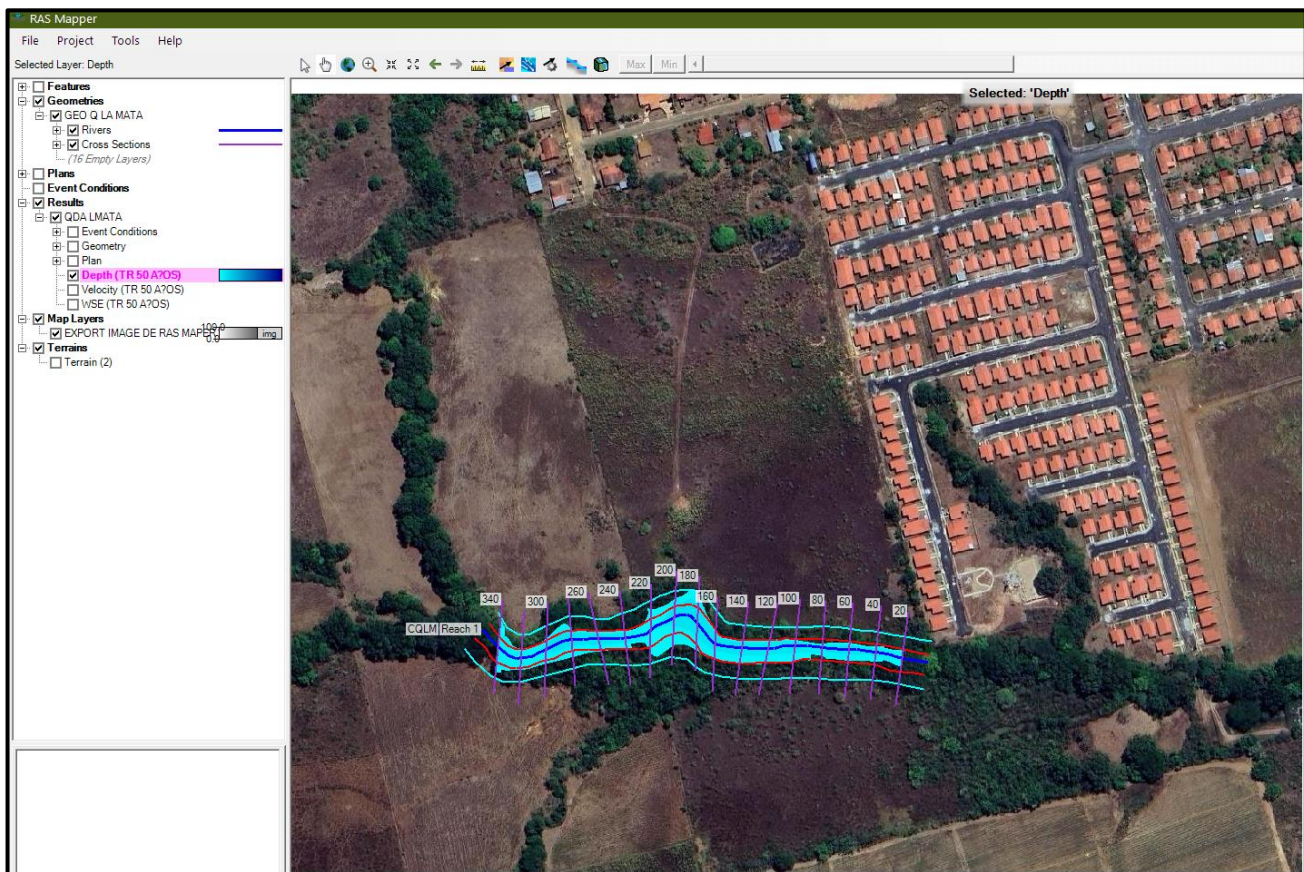
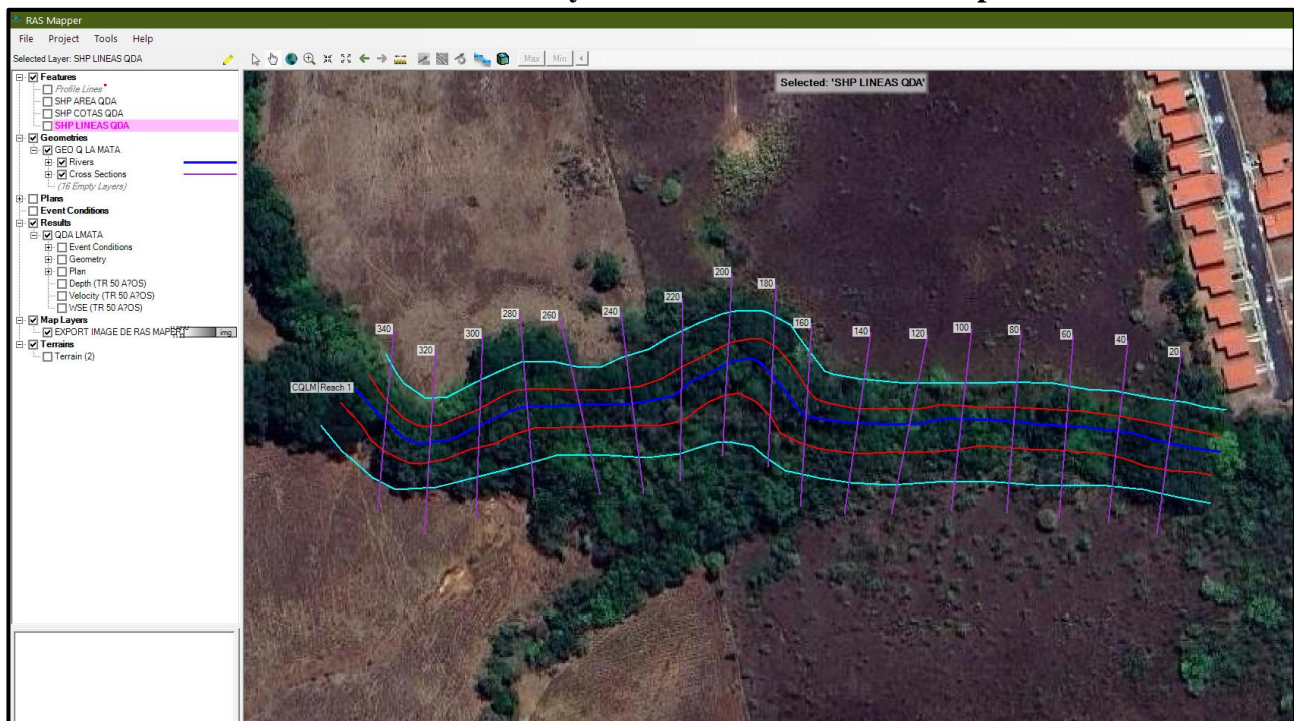
f) Tabla de resultados con cota de nivel de máxima crecida

| HEC-RAS Plan: QDA LMATA River: CQLM Reach: Reach 1 Profile: TR 50 AÑOS | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m³/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m²) | Top Width (m) | Froude # Chl |
| Reach 1 | 340 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 73.00 | 74.09 | 73.49 | 74.14 | 0.000975 | 1.10 | 29.82 | 42.38 | 0.34 |
| Reach 1 | 320 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 73.00 | 73.71 | 73.71 | 74.07 | 0.010385 | 2.70 | 10.54 | 14.97 | 1.02 |
| Reach 1 | 300 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 72.00 | 73.63 | 73.38 | 73.78 | 0.003786 | 1.80 | 16.06 | 18.64 | 0.60 |
| Reach 1 | 280 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 72.00 | 73.65 | | 73.72 | 0.001002 | 1.20 | 24.38 | 20.79 | 0.33 |
| Reach 1 | 260 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 72.00 | 73.53 | | 73.68 | 0.002749 | 1.72 | 16.31 | 14.88 | 0.52 |
| Reach 1 | 240 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 72.00 | 73.21 | 73.21 | 73.56 | 0.011733 | 2.64 | 10.52 | 15.36 | 1.01 |
| Reach 1 | 220 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 72.00 | 72.21 | 72.41 | 72.98 | 0.108314 | 3.92 | 7.10 | 33.29 | 2.71 |
| Reach 1 | 200 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 71.00 | 72.61 | 71.76 | 72.65 | 0.000574 | 0.89 | 34.55 | 34.87 | 0.25 |
| Reach 1 | 180 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 71.00 | 72.62 | | 72.63 | 0.000232 | 0.62 | 47.94 | 40.13 | 0.17 |
| Reach 1 | 160 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 71.00 | 72.56 | | 72.62 | 0.001090 | 1.14 | 24.55 | 21.68 | 0.34 |
| Reach 1 | 140 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 71.00 | 72.47 | | 72.59 | 0.002234 | 1.52 | 18.47 | 18.29 | 0.47 |
| Reach 1 | 120 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 71.00 | 72.41 | | 72.54 | 0.002637 | 1.61 | 17.50 | 18.25 | 0.51 |
| Reach 1 | 100 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 70.00 | 72.34 | | 72.48 | 0.003101 | 1.63 | 17.02 | 17.13 | 0.52 |
| Reach 1 | 80 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 70.00 | 71.79 | 71.79 | 72.32 | 0.013741 | 3.23 | 8.53 | 8.09 | 1.01 |
| Reach 1 | 60 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 70.00 | 71.72 | 71.30 | 71.89 | 0.003135 | 1.82 | 15.18 | 12.68 | 0.53 |
| Reach 1 | 40 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 70.00 | 71.34 | 71.34 | 71.75 | 0.012100 | 2.85 | 9.69 | 11.73 | 1.00 |
| Reach 1 | 20 | TR 50 AÑOS | 27.60 | 69.00 | 70.23 | 70.52 | 71.24 | 0.056202 | 4.45 | 6.20 | 12.46 | 2.01 |

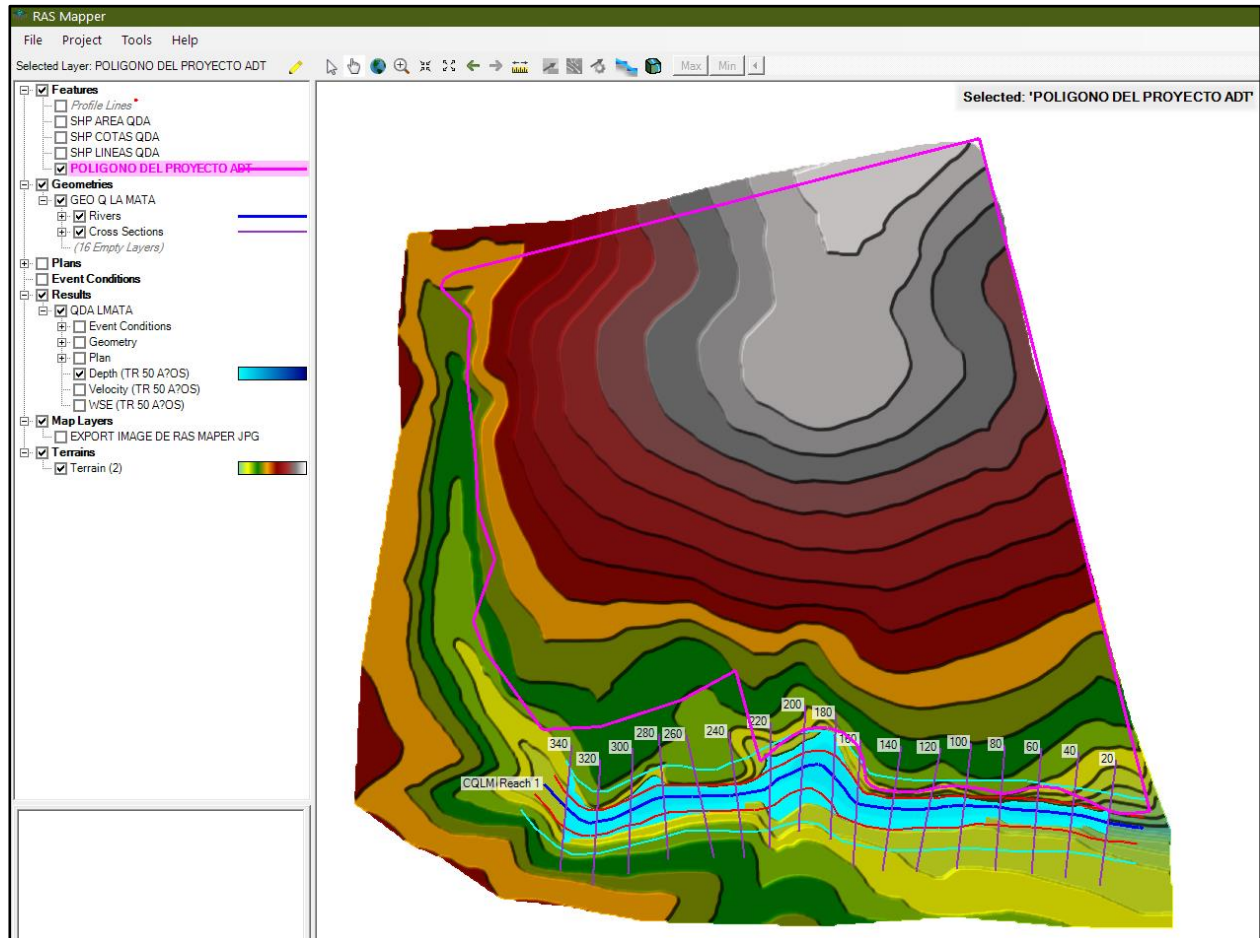
g) Imágenes de Resultado de Inundación En Ras Mapper
- Geometría del Cauce en DEM y Crecida Máxima en Ras Mapper



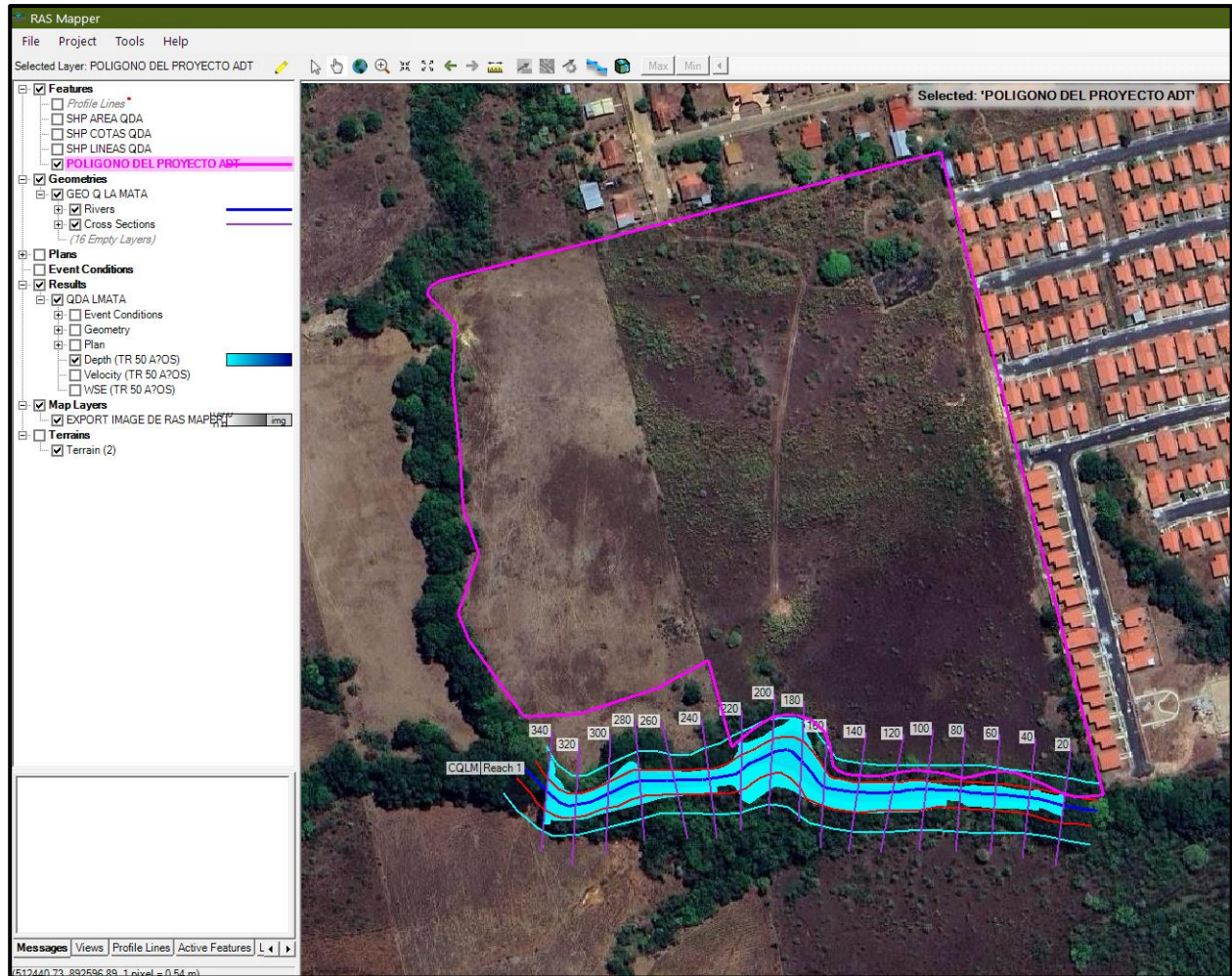
-Geometría del Cauce en Foto Satelital y Crecida Máxima en Ras Mapper



- Llanura de inundación REFLEJADA en el DEM Vs. Polígono del Proyecto
Qda. La Mata

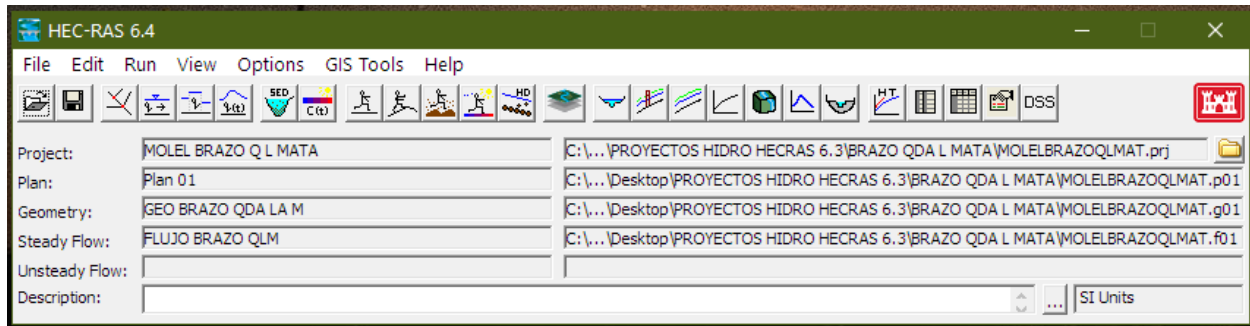


- Llanura de inundación REFLEJADA en Foto Satelital Vs. Polígono del Proyecto: Qda. La Mata

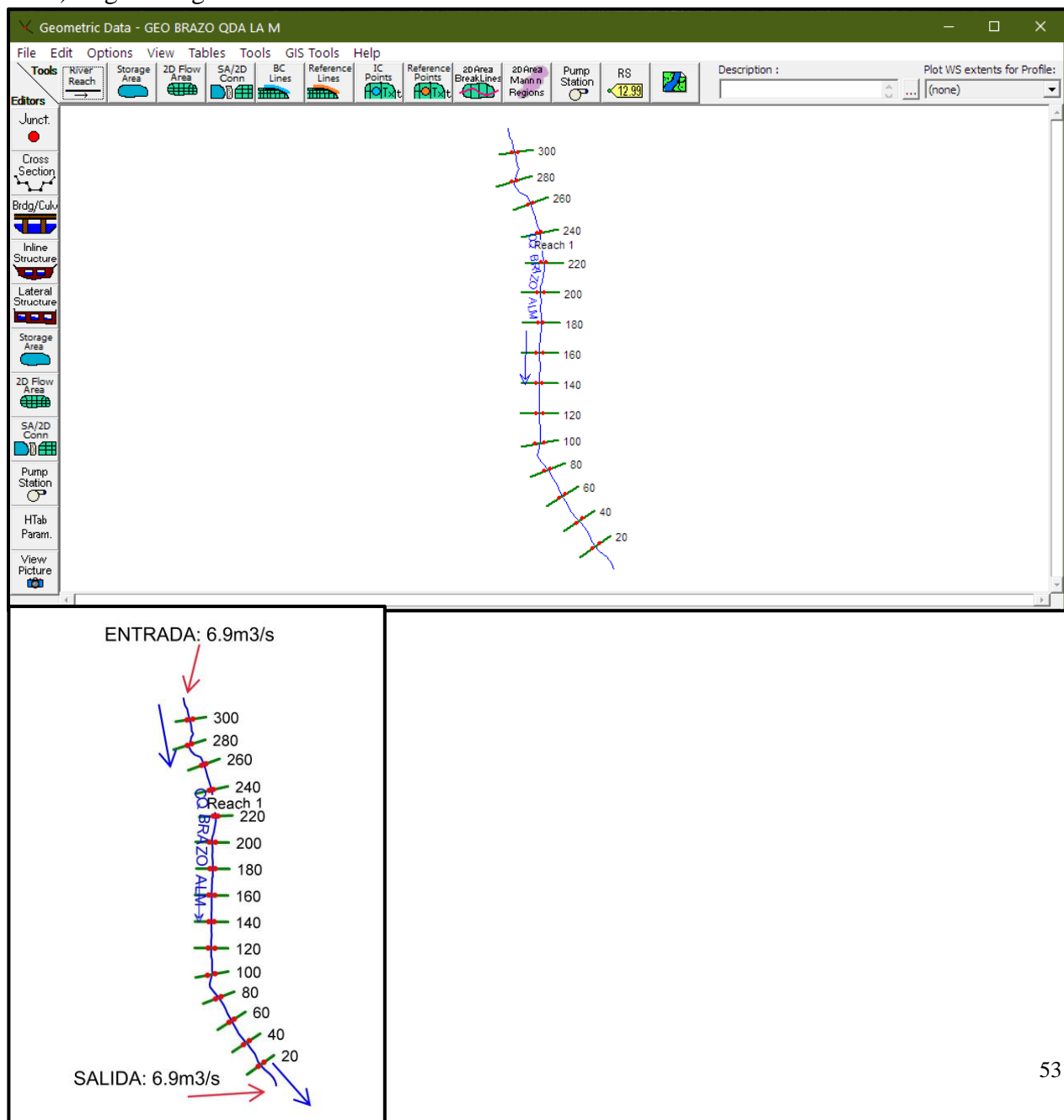


7.4. CALCULO HIDRÁULICO PARA LA QUEBRADA BRAZO LA MATA, MEDIANTE PROGRAMA HEC – RAS:

a) Figura de Aplicación de Modelo En Hec - Ras – Qda Brazo La Mata



b) Figura de geometría del cauce obtenida con Hec – Ras 6.4



c) Establecimiento de parámetros de flujo y condiciones de contornos

Parámetros de flujo.

Steady Flow Data - FLUJO QLMATA 27.6

File Options Help

Description :

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

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 | TR 50 AÑOS | TR 50 AÑOS | TR 50 AÑOS |
| 1 CQLM | Reach 1 | 340 | 27.6 | | |

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

Condiciones de Contorno:

Steady Flow Boundary Conditions

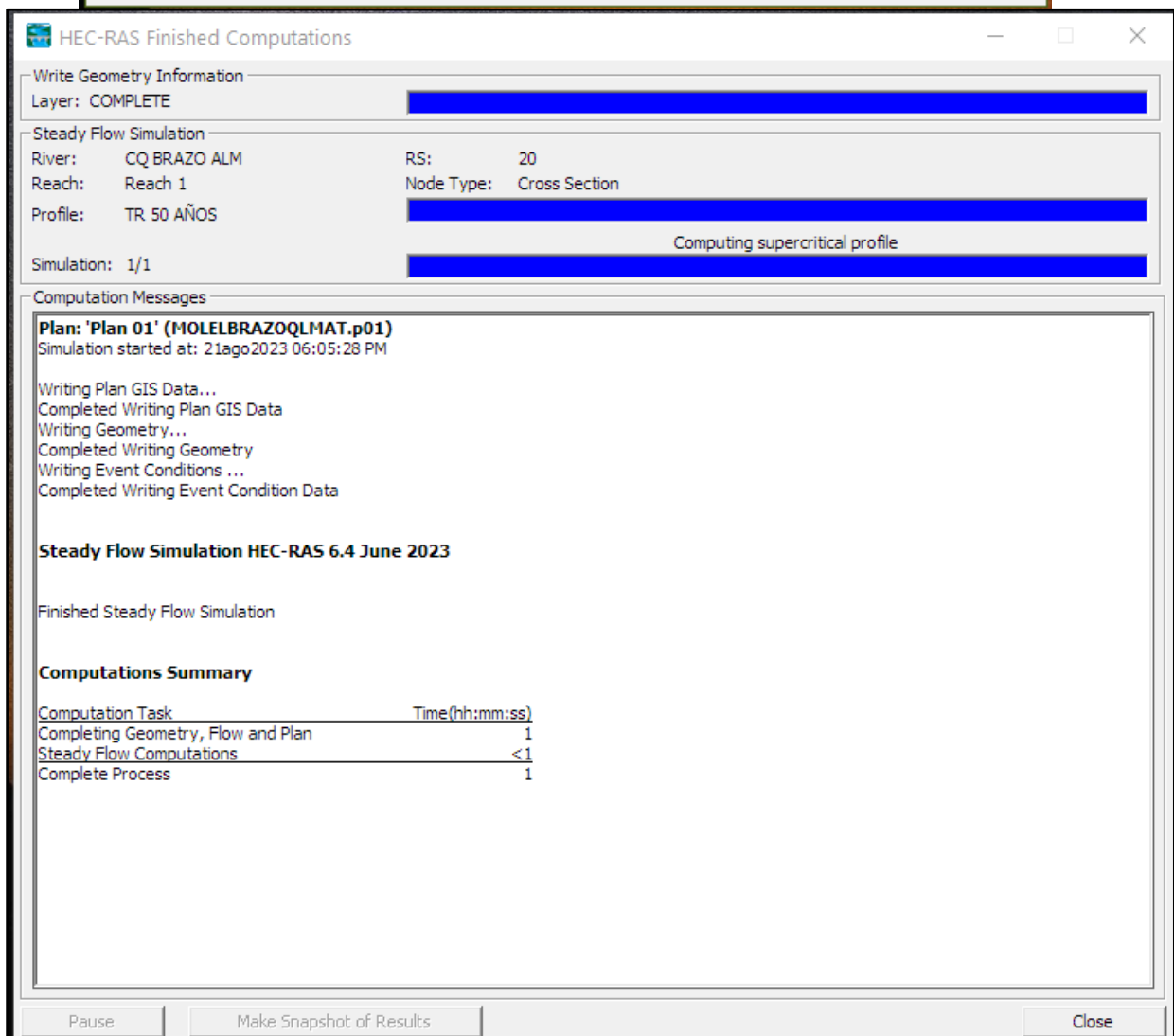
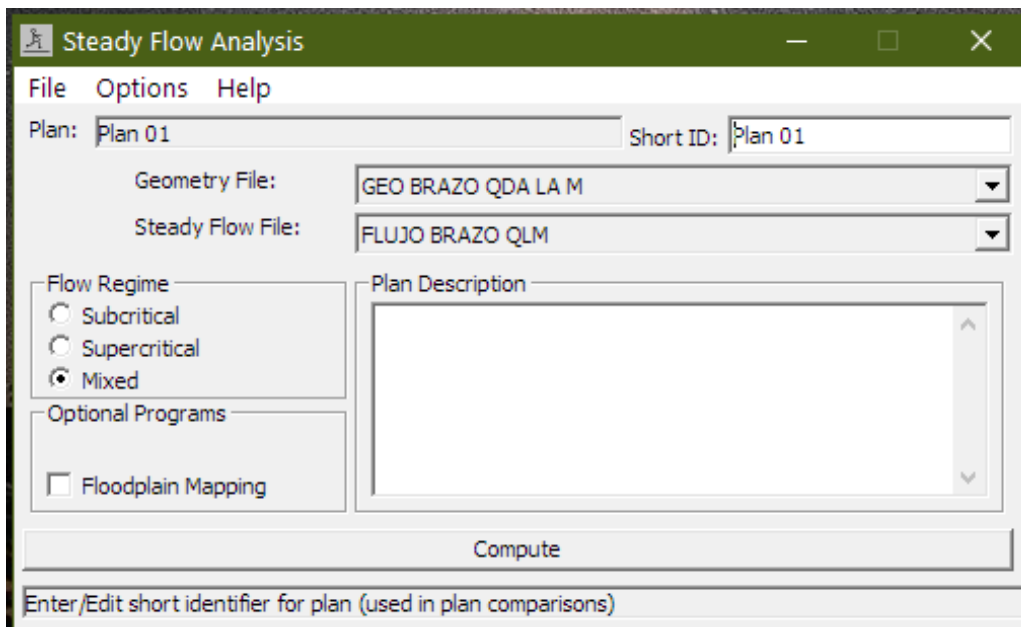
☒ Set boundary for all profiles ☐ Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

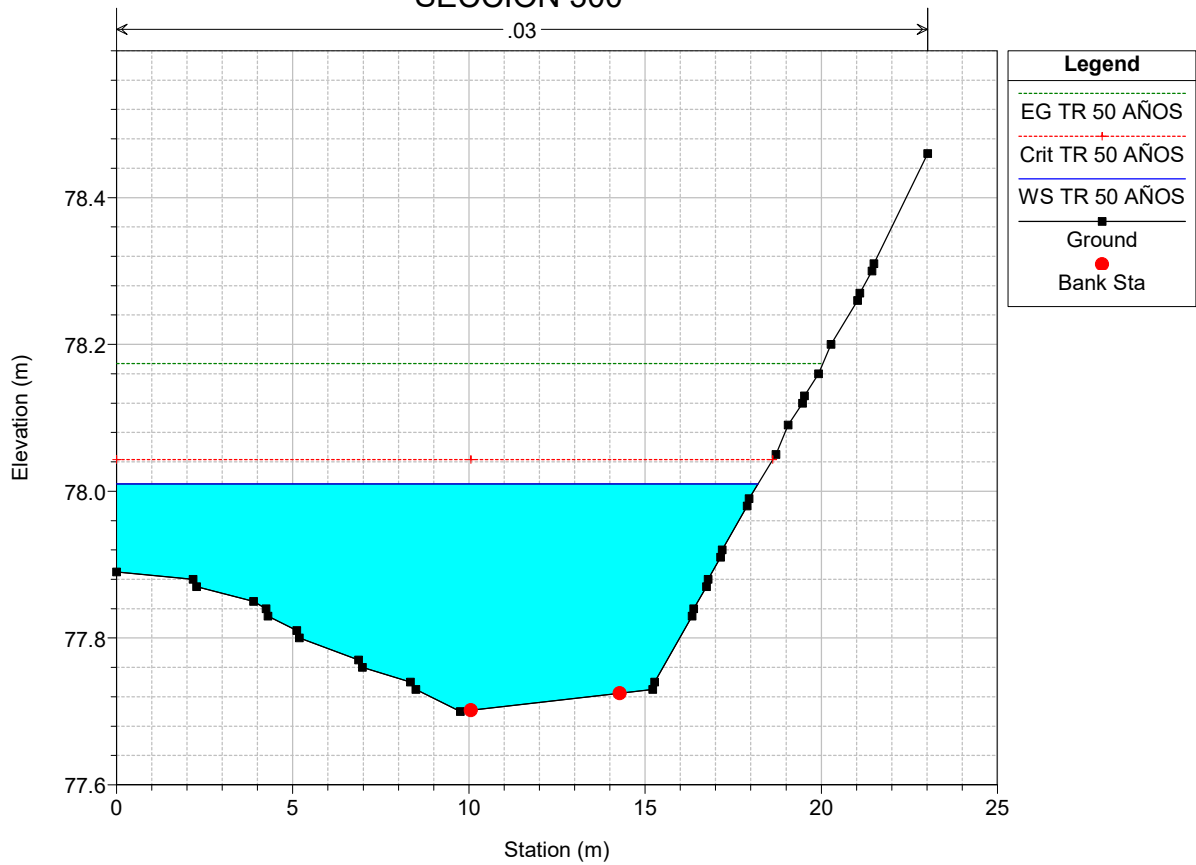
Selected Boundary Condition Locations and Types

| River | Reach | Profile | Upstream | Downstream |
|--------------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|
| CQ BRAZO ALM | Reach 1 | all | Normal Depth S = 0.02 | Normal Depth S = 0.01 |

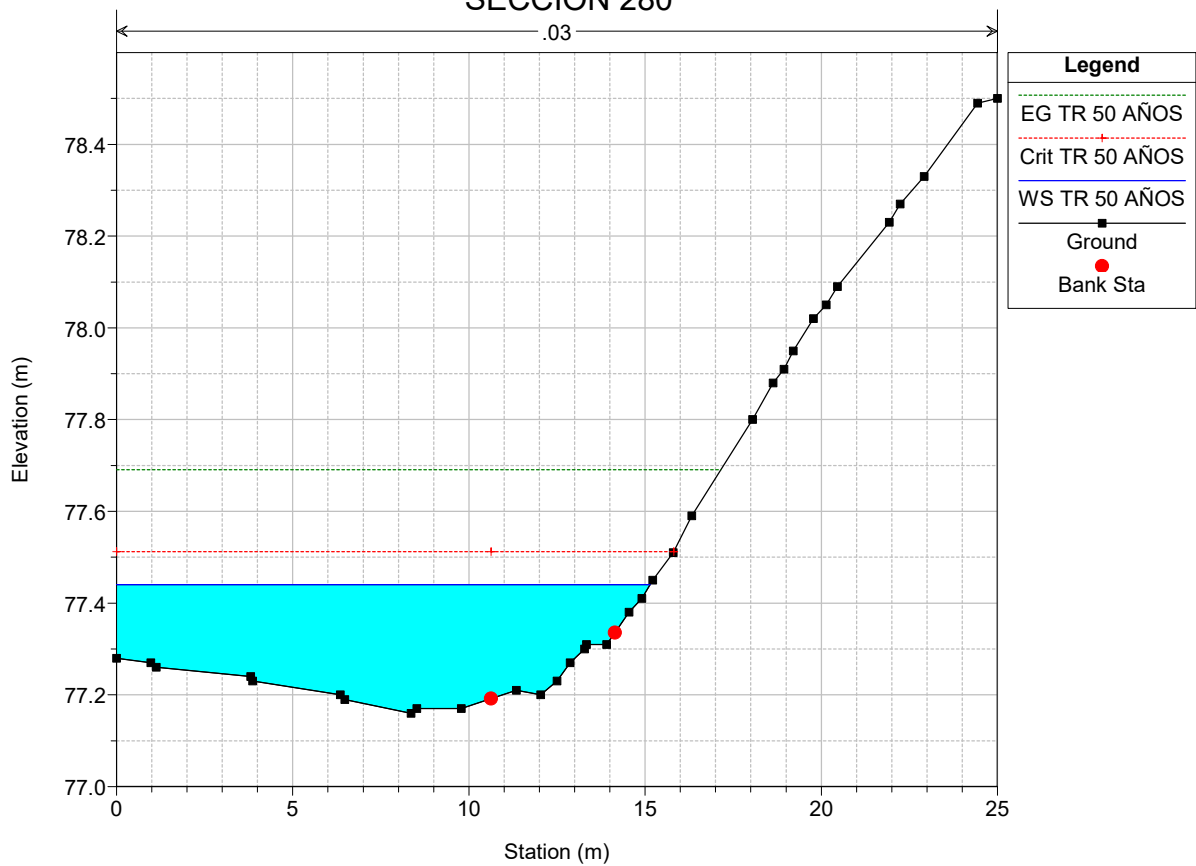
d) Corrida del programa en la modelación.



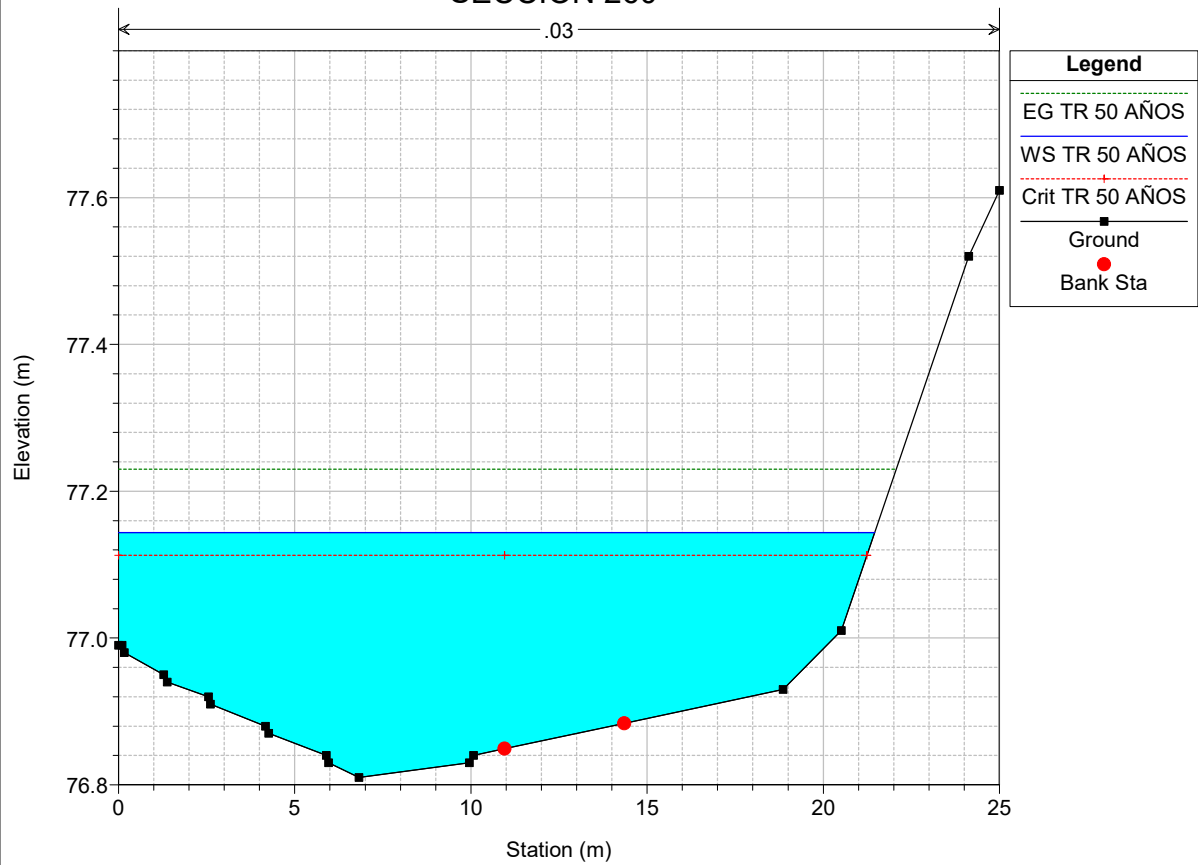
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023
SECCIÓN 300



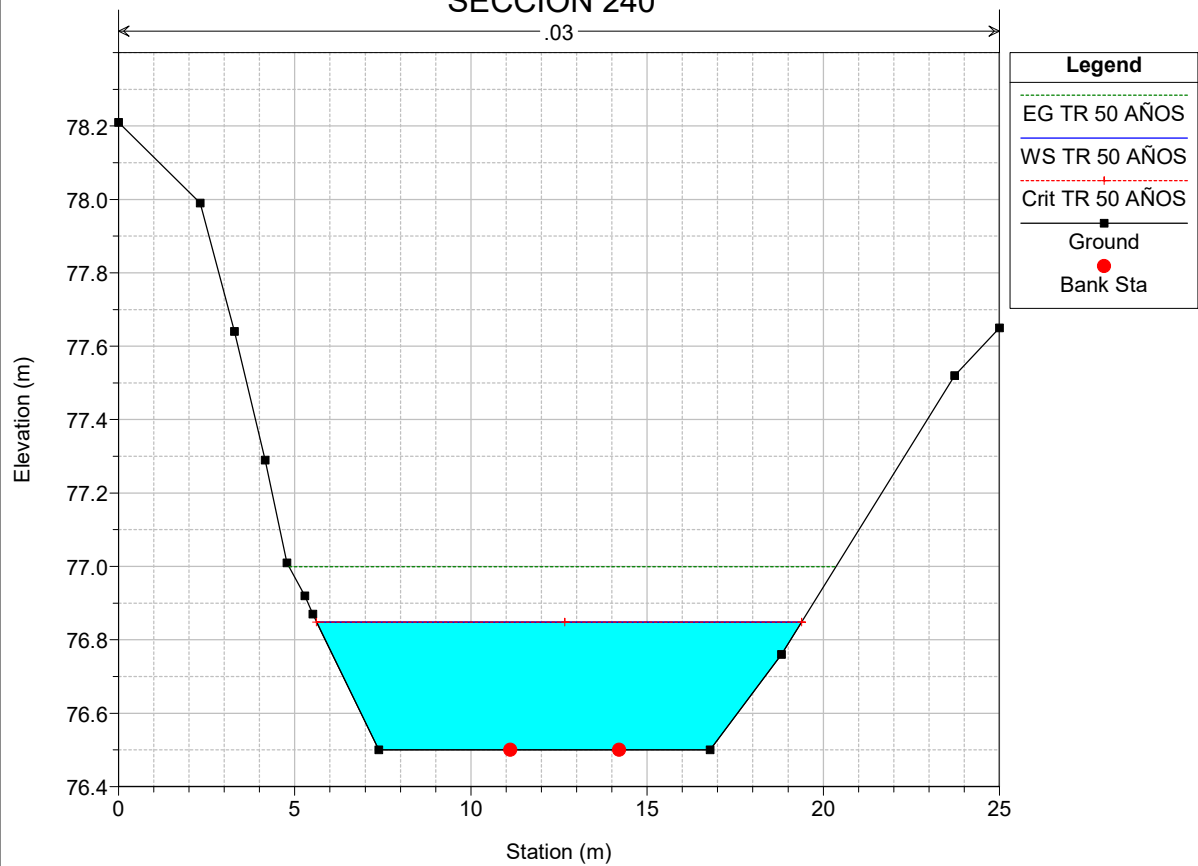
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023
SECCION 280



MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023
SECCIÓN 260

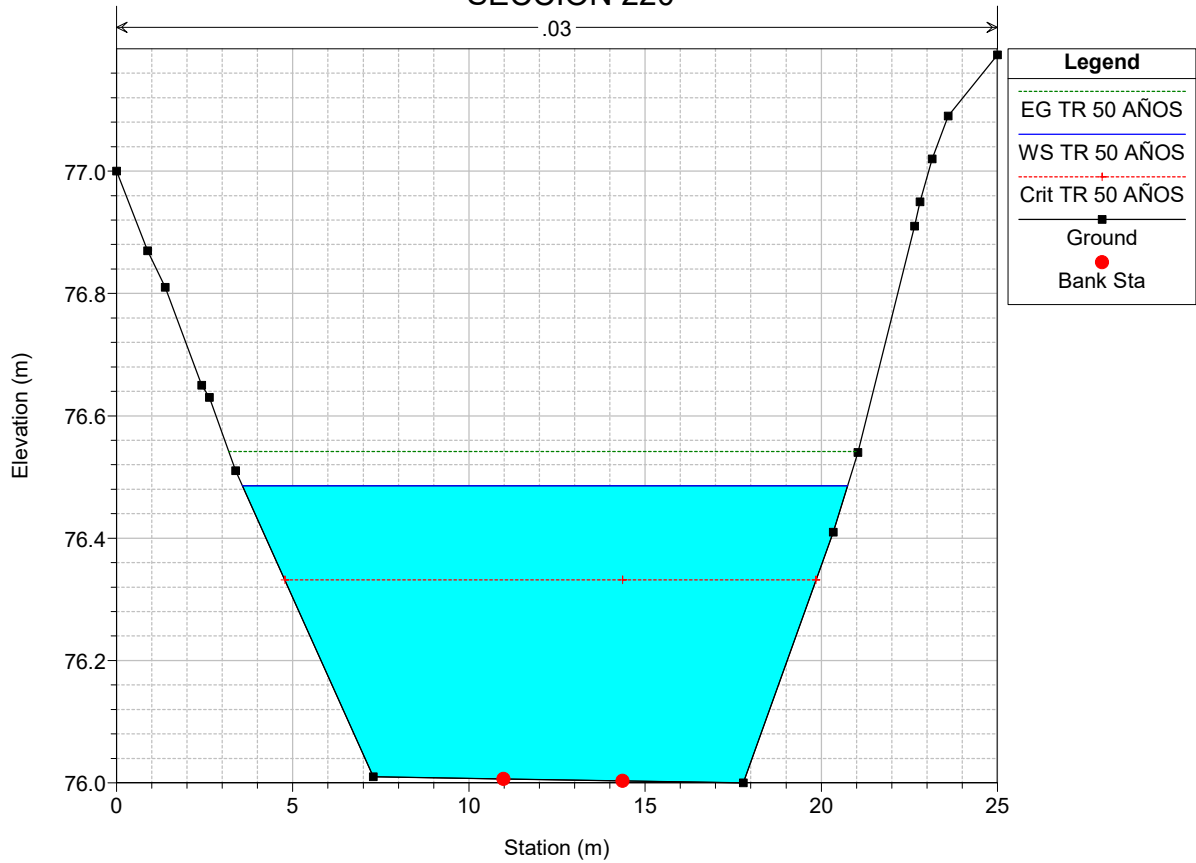


MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023
SECCIÓN 240



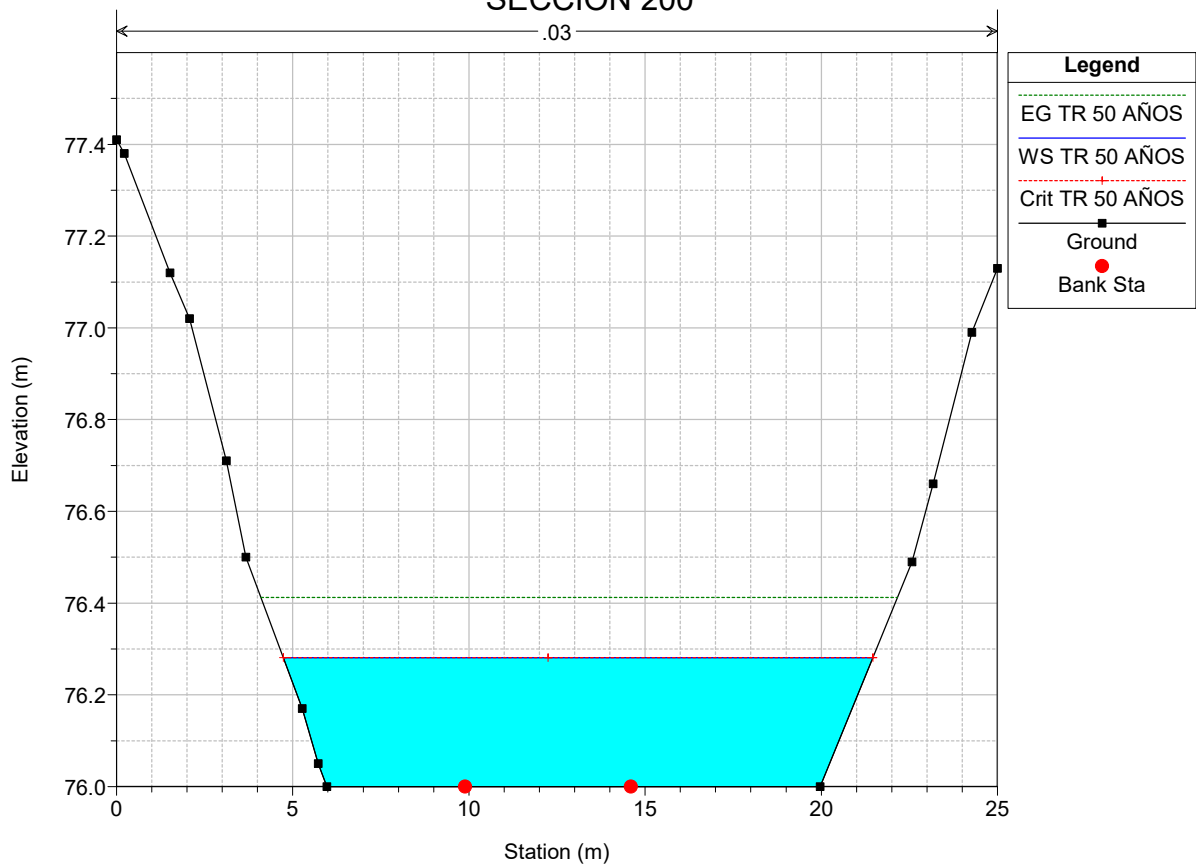
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023

SECCIÓN 220



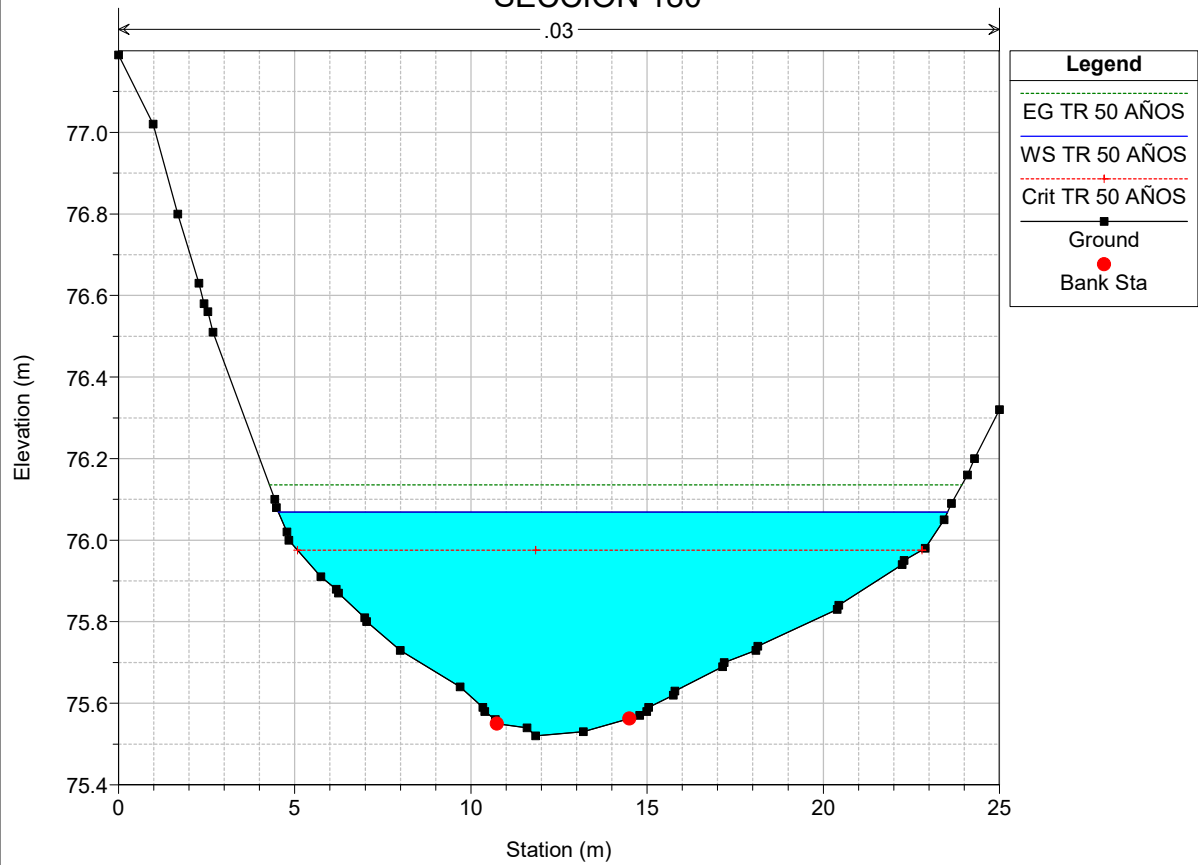
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023

SECCIÓN 200



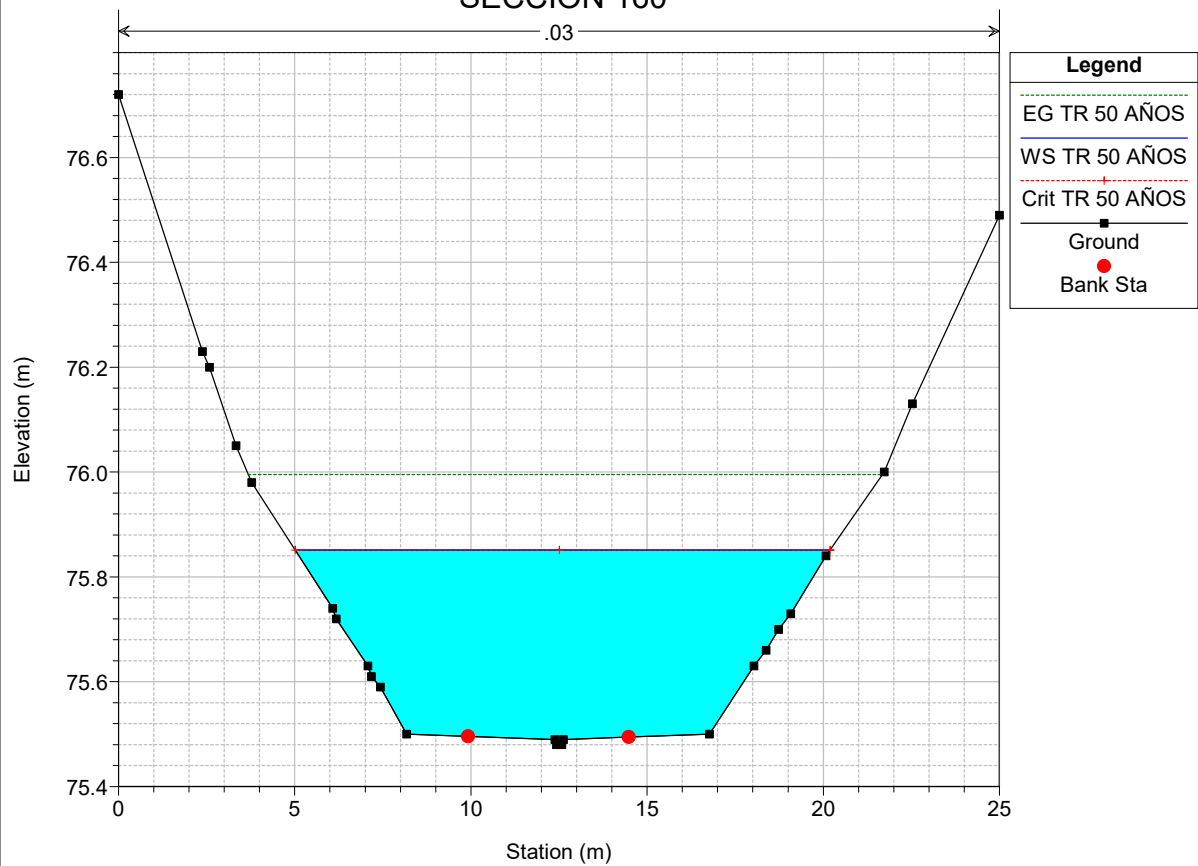
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023

SECCIÓN 180



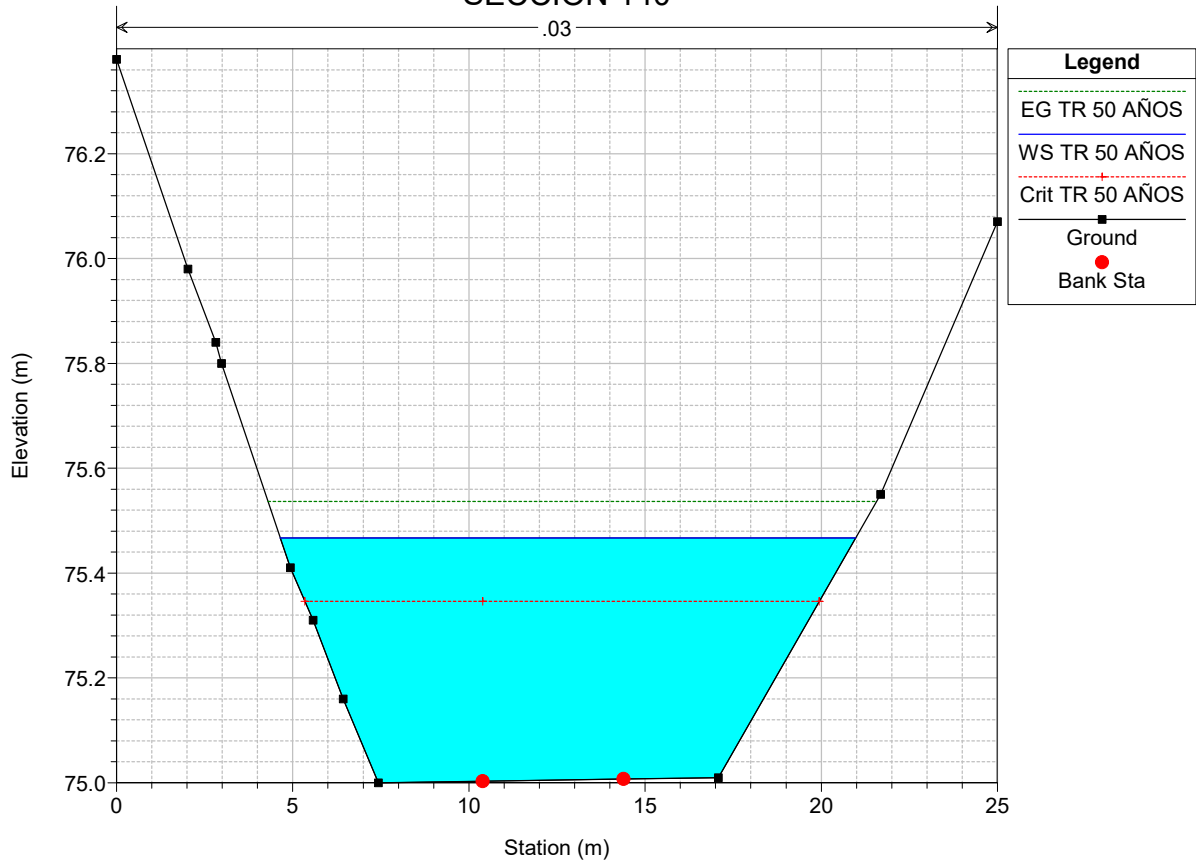
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023

SECCIÓN 160



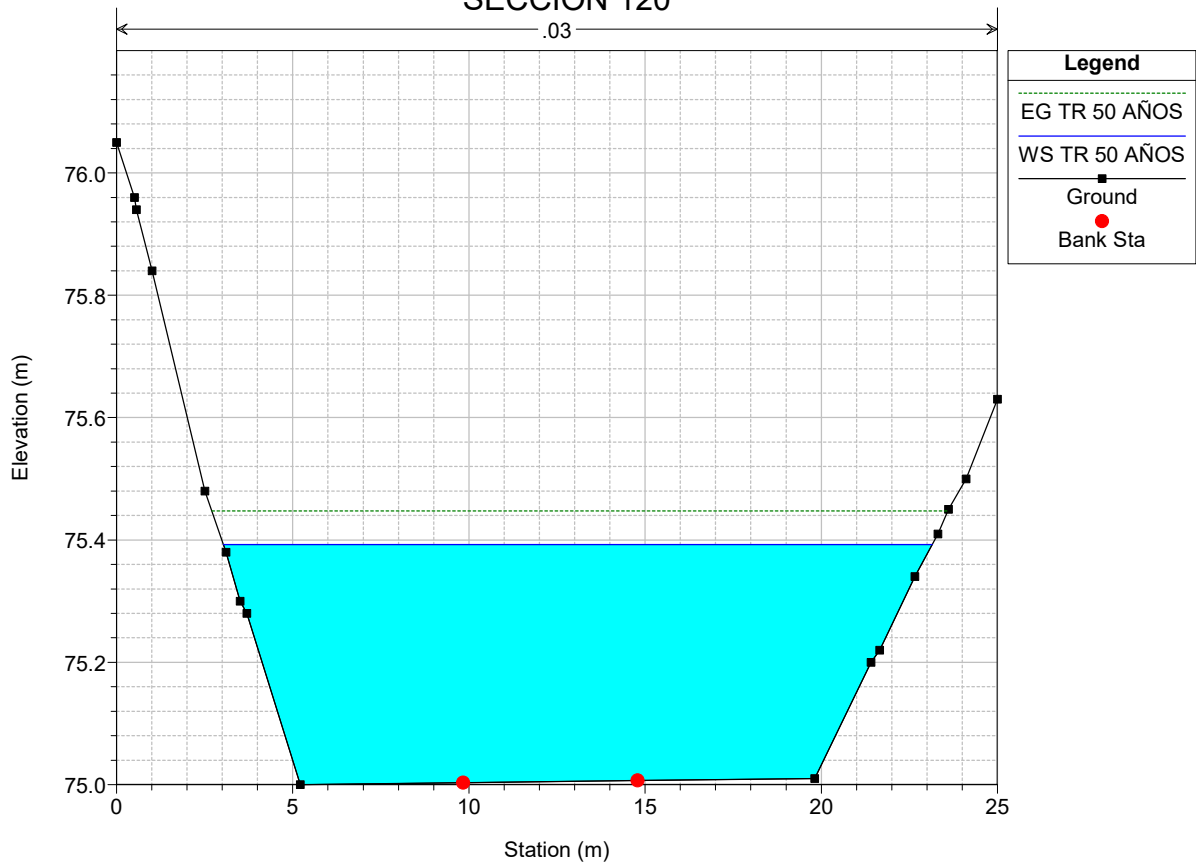
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023

SECCIÓN 140

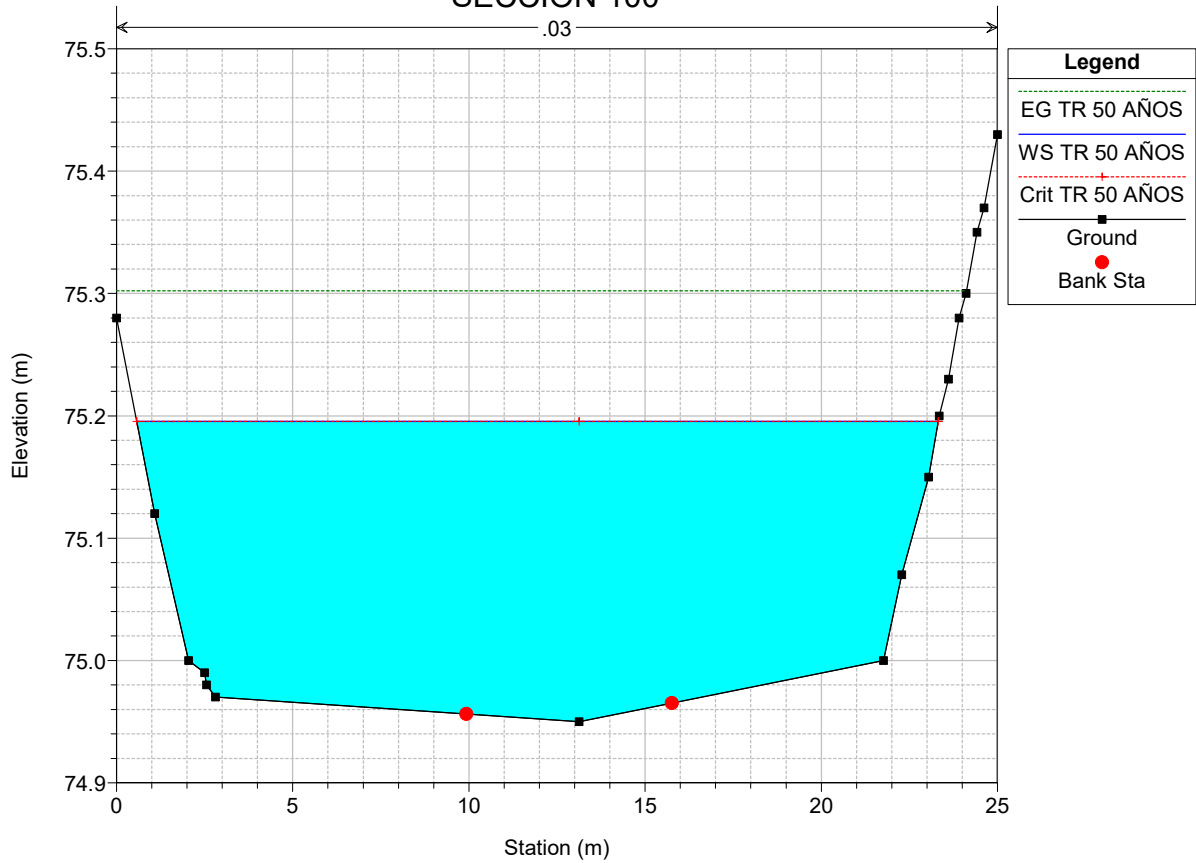


MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023

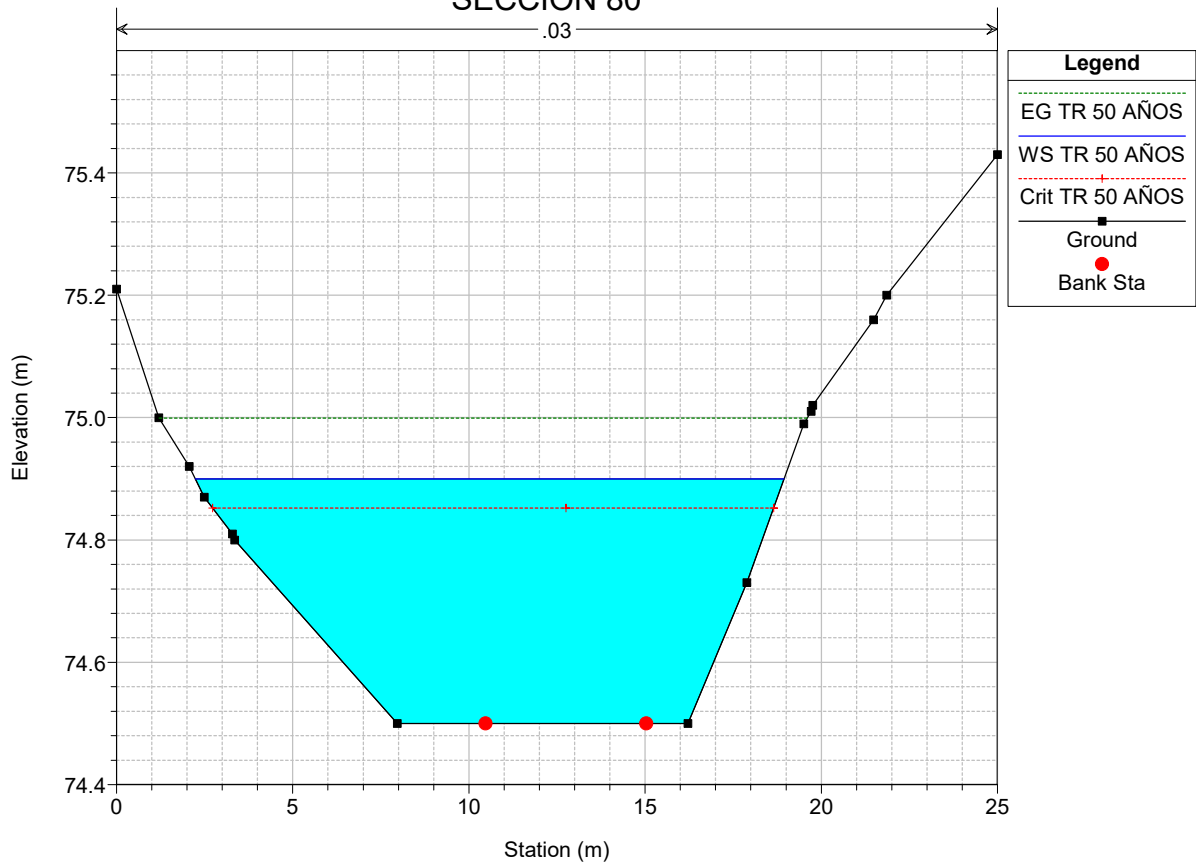
SECCIÓN 120



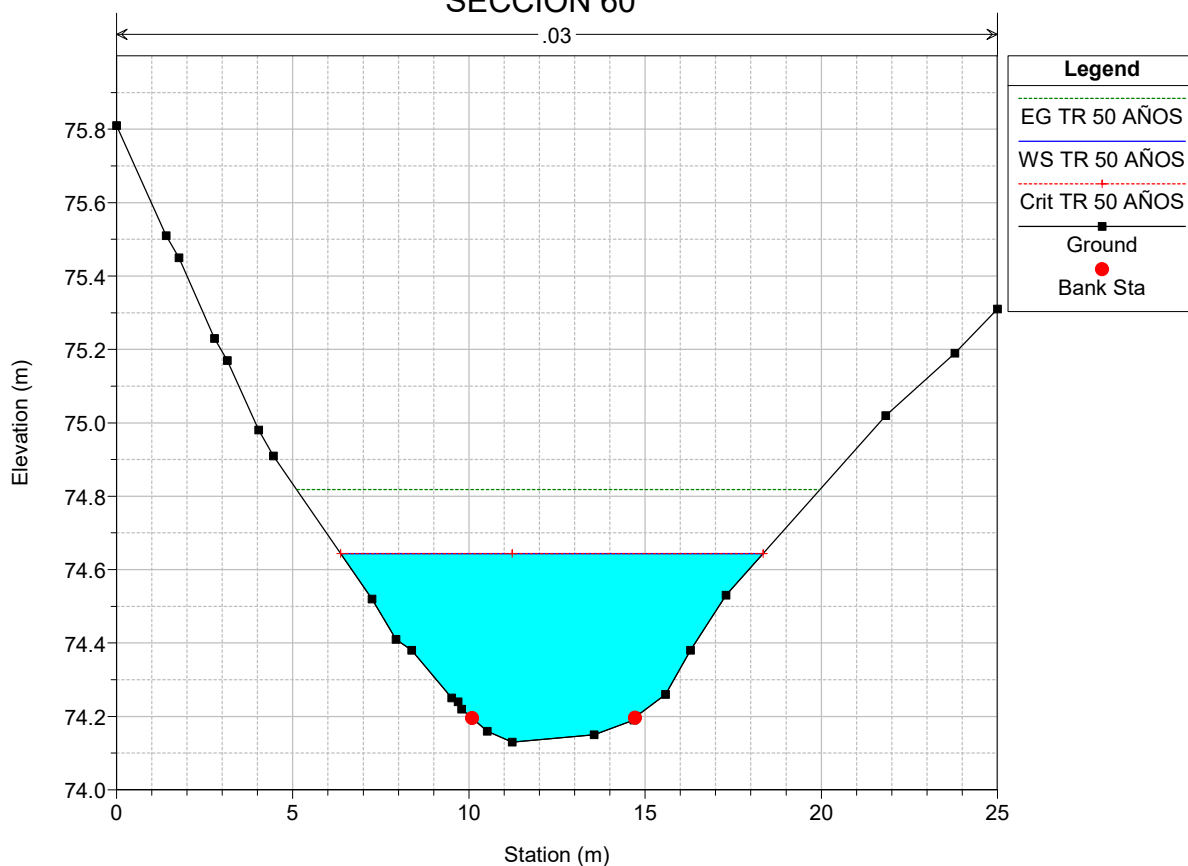
SECCIÓN 100



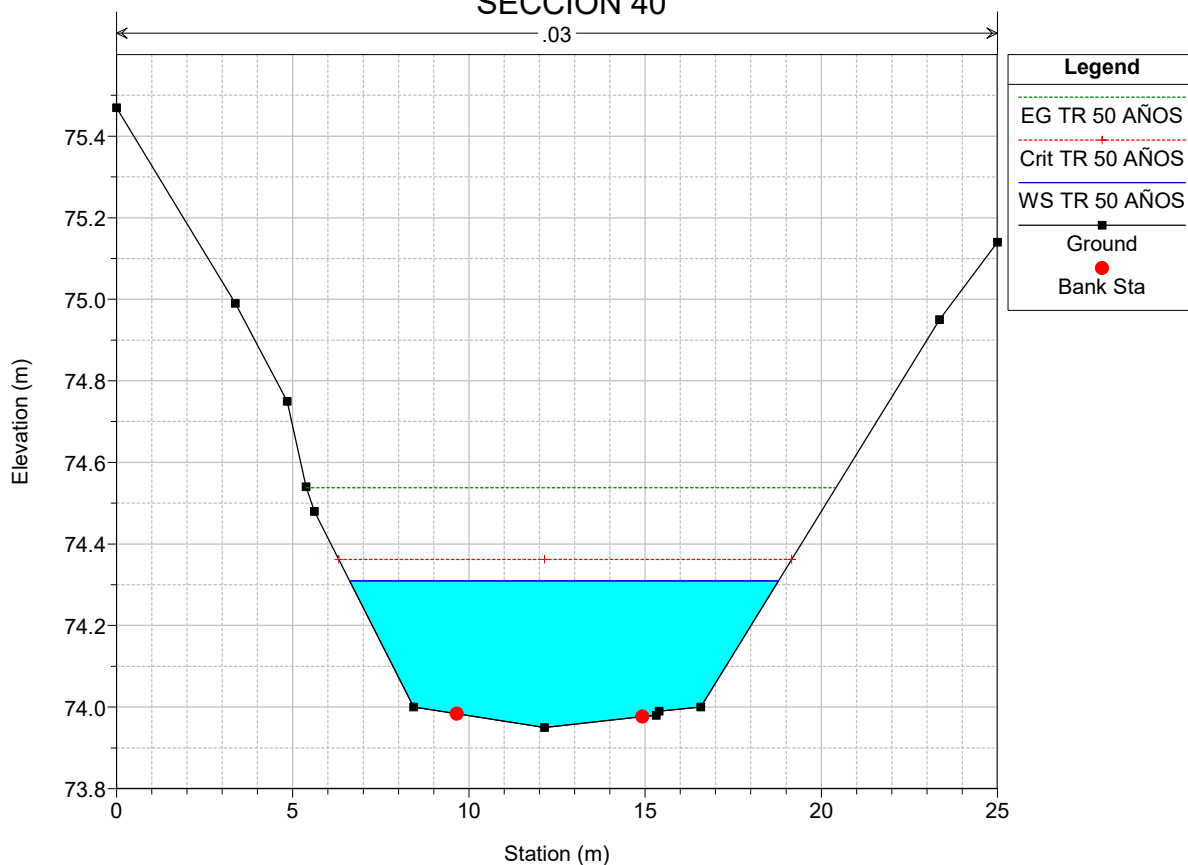
SECCIÓN 80



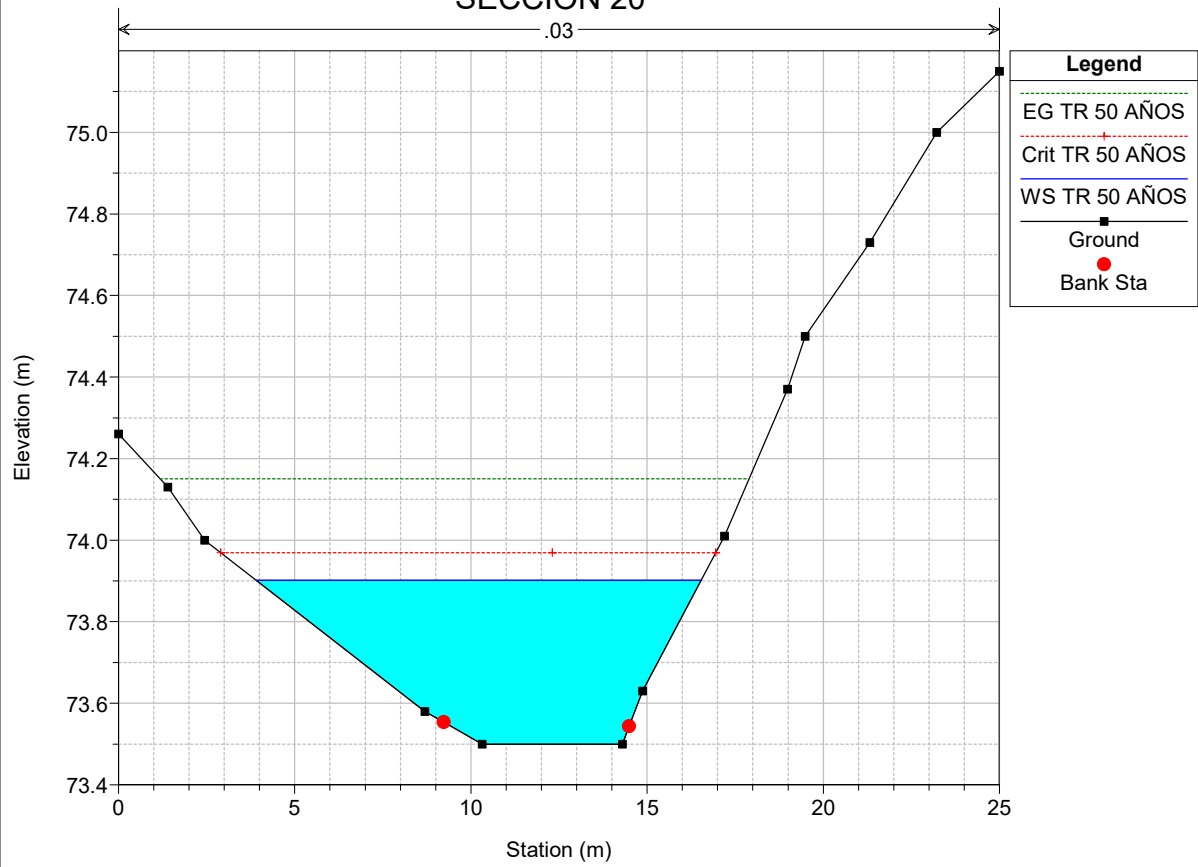
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023
SECCIÓN 60



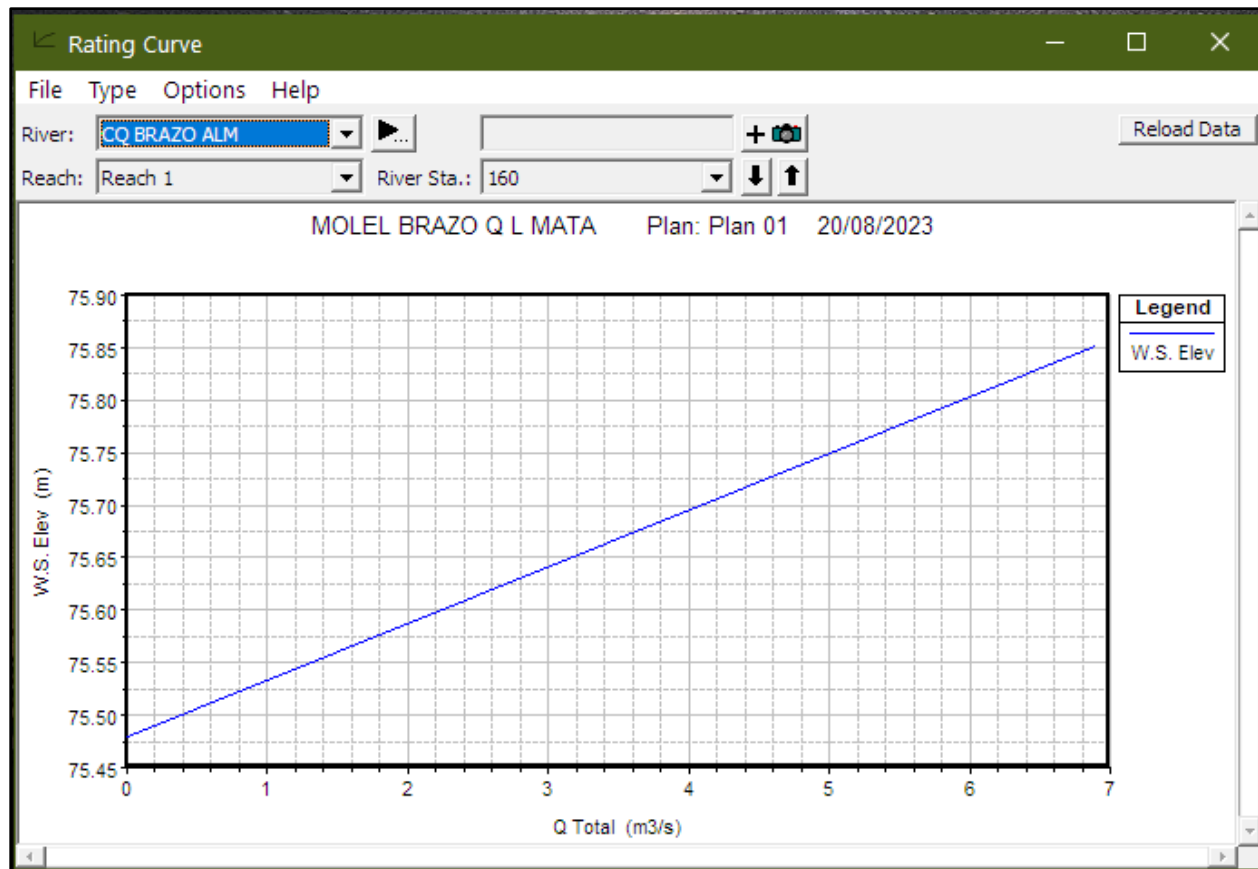
MOLEL BRAZO Q L MATA Plan: Plan 01 20/08/2023
SECCIÓN 40



SECCIÓN 20



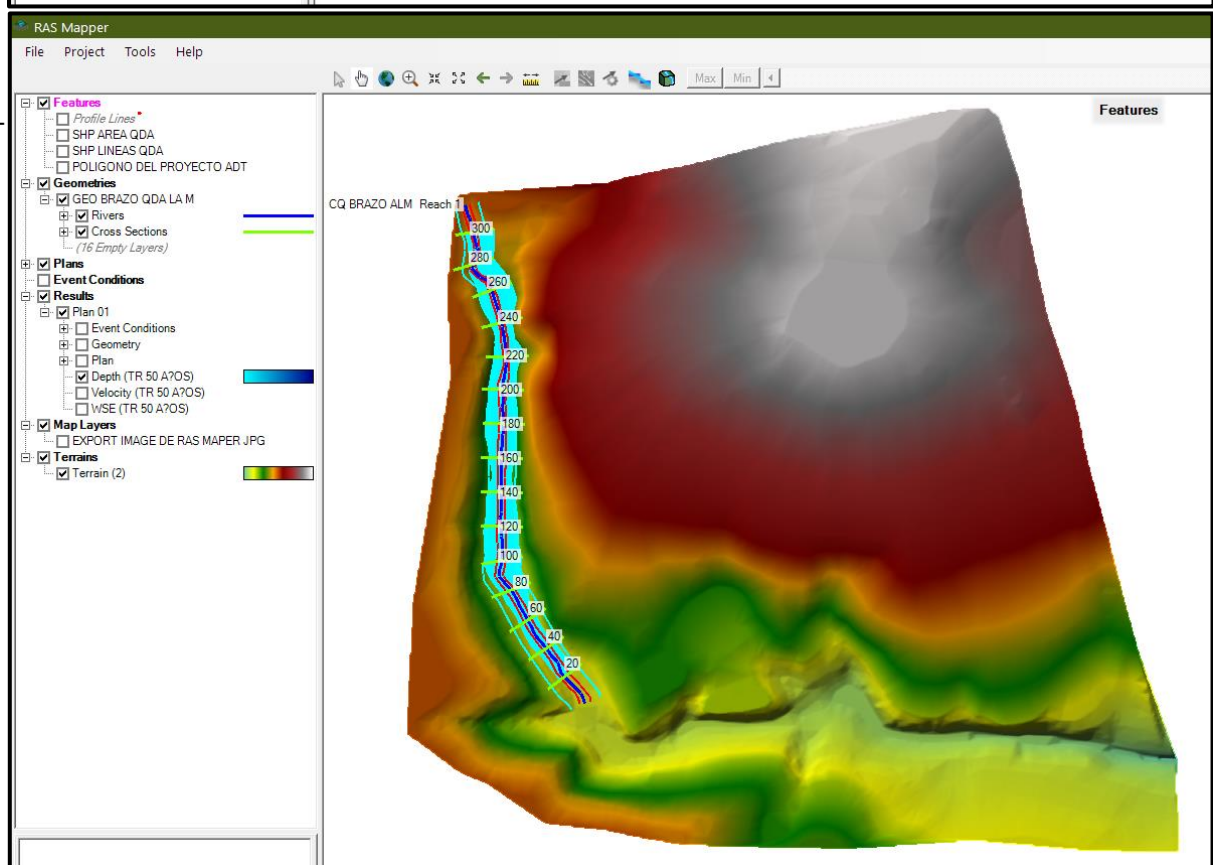
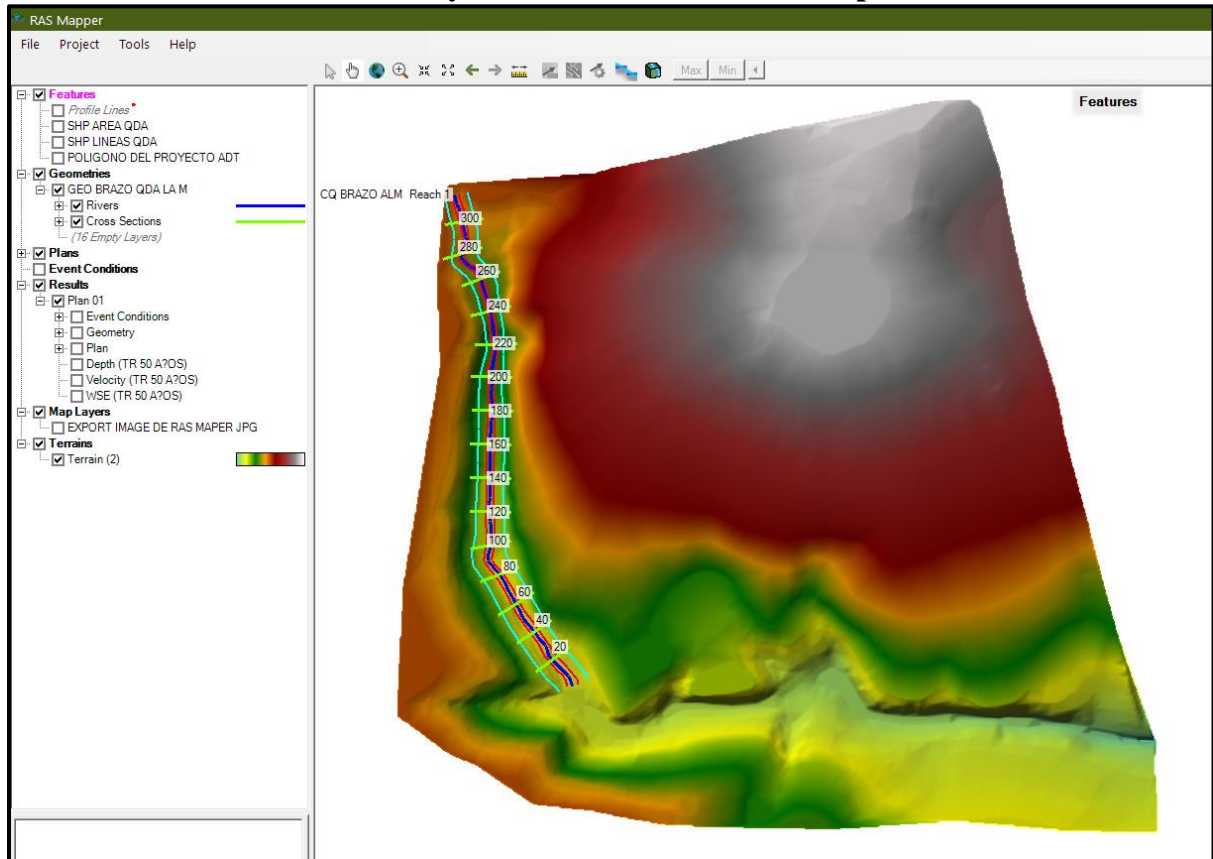
e) Curva de Variación del tirante en el canal



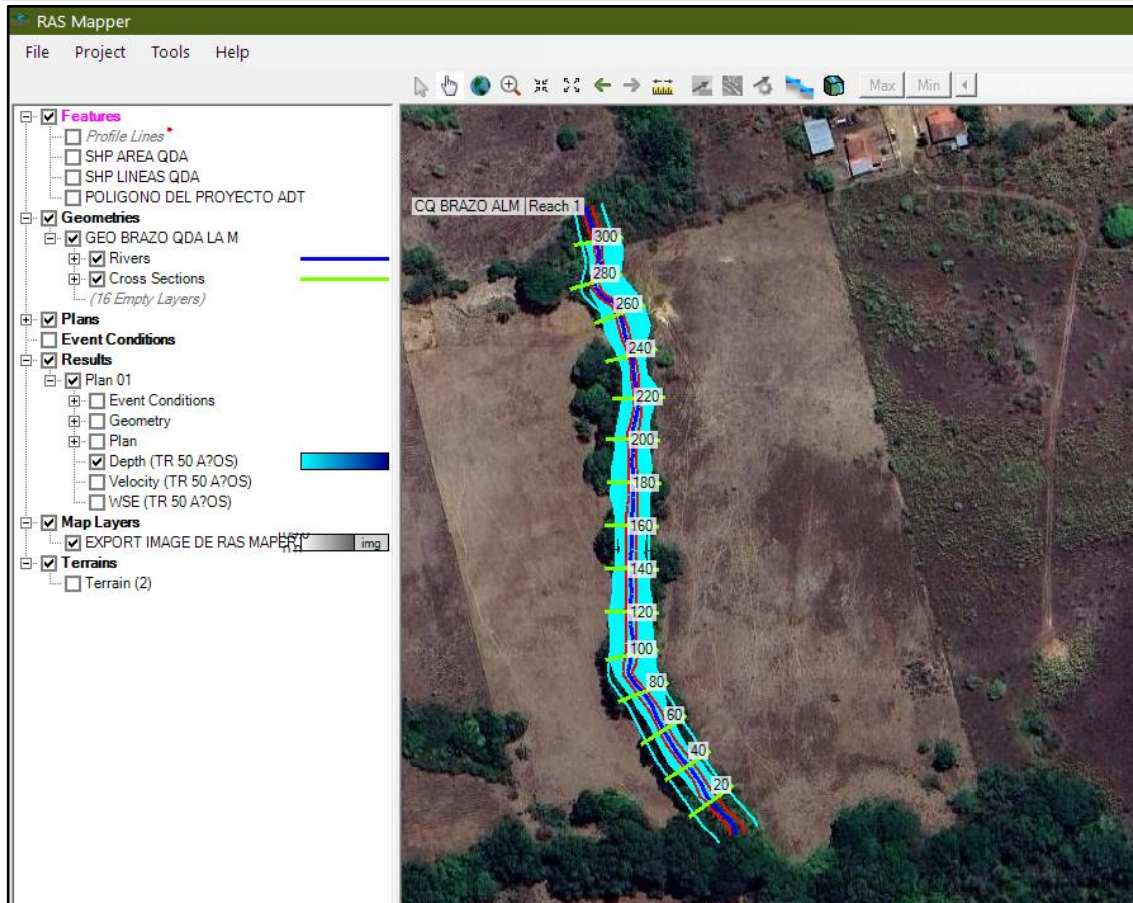
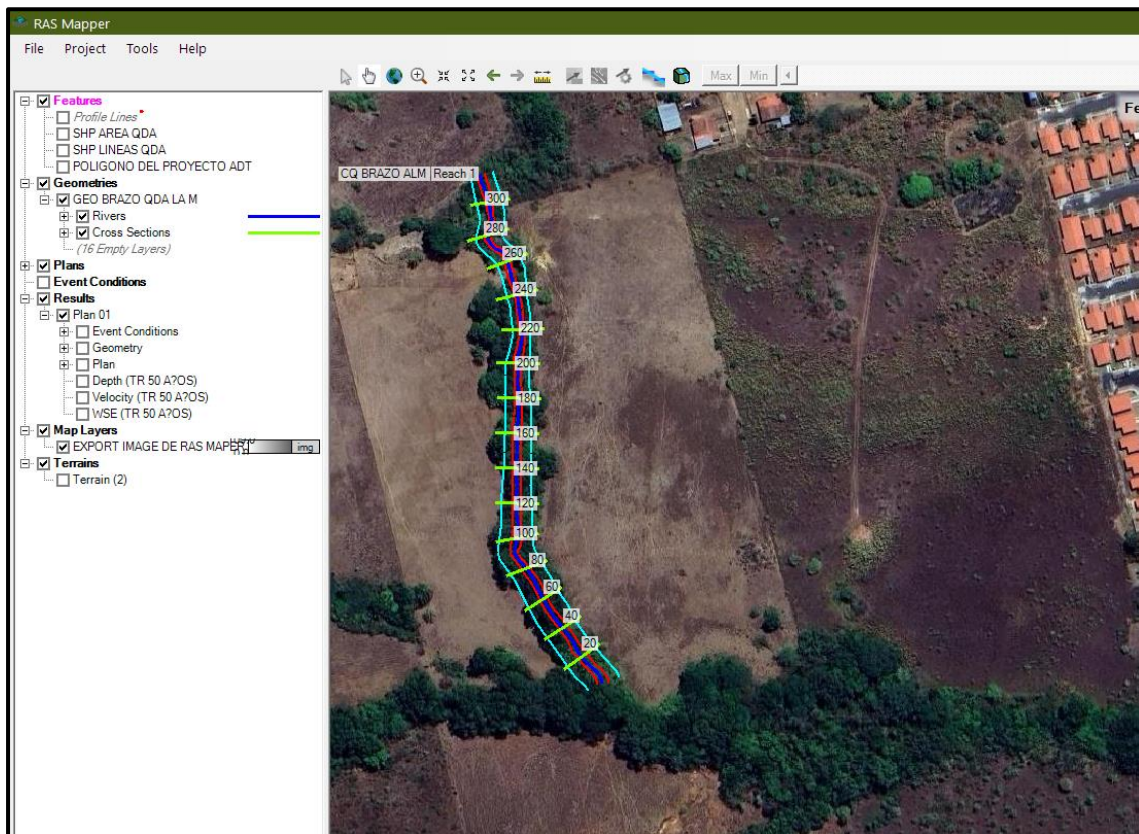
f) Tabla de resultados con cota de nivel de máxima crecida

| Profile Output Table - Standard Table 1 | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| HEC-RAS F | | | | | | | | | | | | |
| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
| Reach 1 | 300 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 77.70 | 78.01 | 78.04 | 78.17 | 0.020038 | 2.10 | 3.97 | 18.20 | 1.23 |
| Reach 1 | 280 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 77.19 | 77.44 | 77.51 | 77.69 | 0.033971 | 2.06 | 3.15 | 15.15 | 1.49 |
| Reach 1 | 260 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 76.85 | 77.14 | 77.11 | 77.23 | 0.009353 | 1.37 | 5.36 | 21.46 | 0.83 |
| Reach 1 | 240 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 76.50 | 76.85 | 76.85 | 77.00 | 0.013199 | 1.90 | 4.05 | 13.77 | 1.03 |
| Reach 1 | 220 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 76.00 | 76.49 | 76.33 | 76.54 | 0.003384 | 1.19 | 6.66 | 17.17 | 0.55 |
| Reach 1 | 200 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 76.00 | 76.28 | 76.28 | 76.41 | 0.014007 | 1.69 | 4.32 | 16.73 | 1.02 |
| Reach 1 | 180 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 75.52 | 76.07 | 75.98 | 76.14 | 0.004077 | 1.40 | 6.42 | 19.00 | 0.61 |
| Reach 1 | 160 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 75.48 | 75.85 | 75.85 | 76.00 | 0.012787 | 1.90 | 4.22 | 15.19 | 1.01 |
| Reach 1 | 140 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 75.00 | 75.47 | 75.35 | 75.54 | 0.004407 | 1.32 | 6.01 | 16.33 | 0.62 |
| Reach 1 | 120 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 75.00 | 75.39 | | 75.45 | 0.004075 | 1.13 | 6.72 | 20.12 | 0.58 |
| Reach 1 | 100 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 74.95 | 75.20 | 75.20 | 75.30 | 0.014729 | 1.56 | 4.80 | 22.75 | 1.02 |
| Reach 1 | 80 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 74.50 | 74.90 | 74.85 | 75.00 | 0.007856 | 1.60 | 5.07 | 16.71 | 0.81 |
| Reach 1 | 60 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 74.13 | 74.64 | 74.64 | 74.82 | 0.009927 | 2.07 | 4.01 | 11.99 | 0.94 |
| Reach 1 | 40 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 73.95 | 74.31 | 74.36 | 74.54 | 0.020153 | 2.33 | 3.36 | 12.18 | 1.27 |
| Reach 1 | 20 | TR 50 AÑOS | 6.90 | 73.50 | 73.90 | 73.97 | 74.15 | 0.018437 | 2.44 | 3.38 | 12.63 | 1.24 |

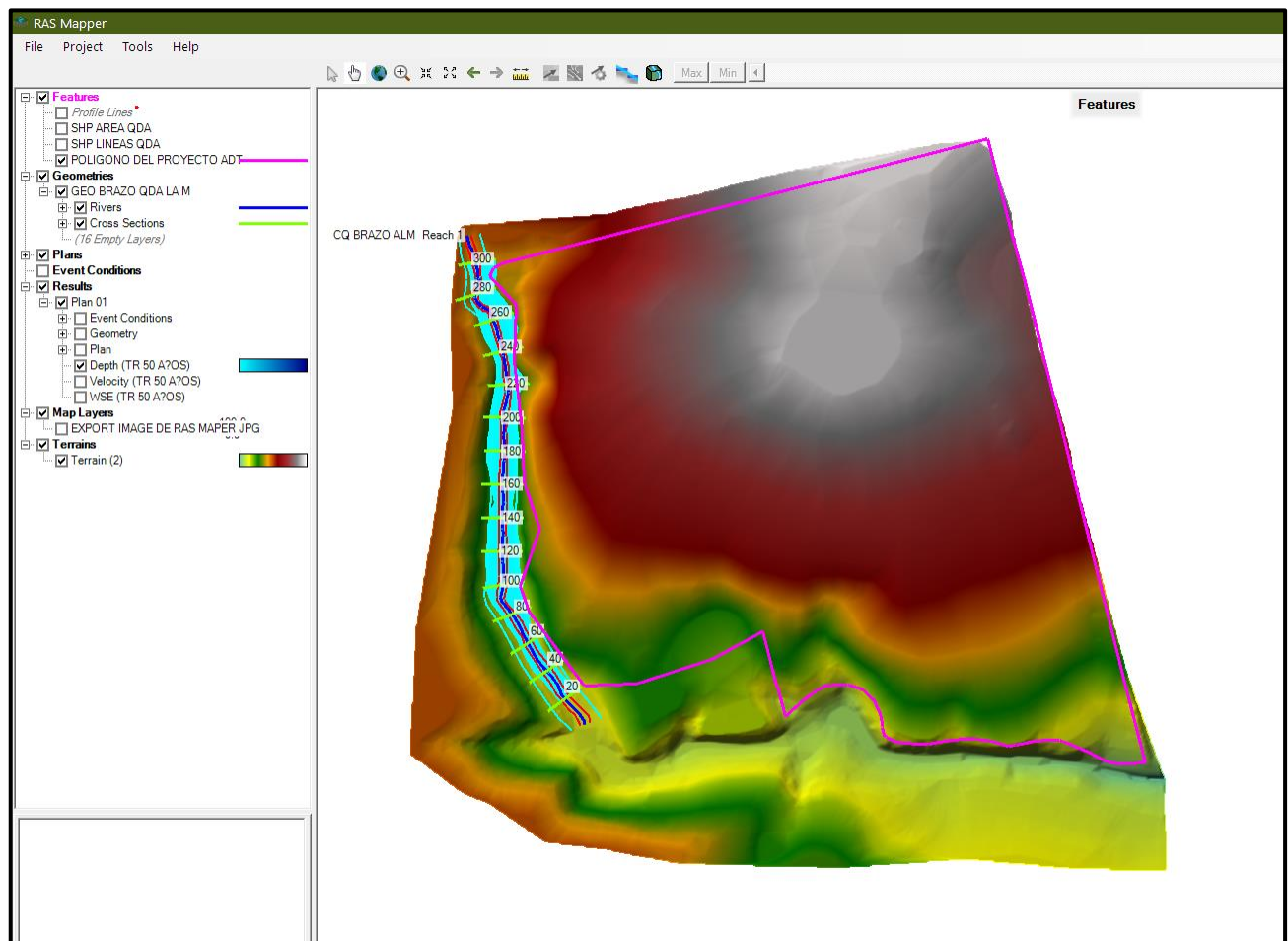
g) Imágenes de Resultado de Inundación En Ras Mapper
- Geometría del Cauce en DEM y Crecida Máxima en Ras Mapper



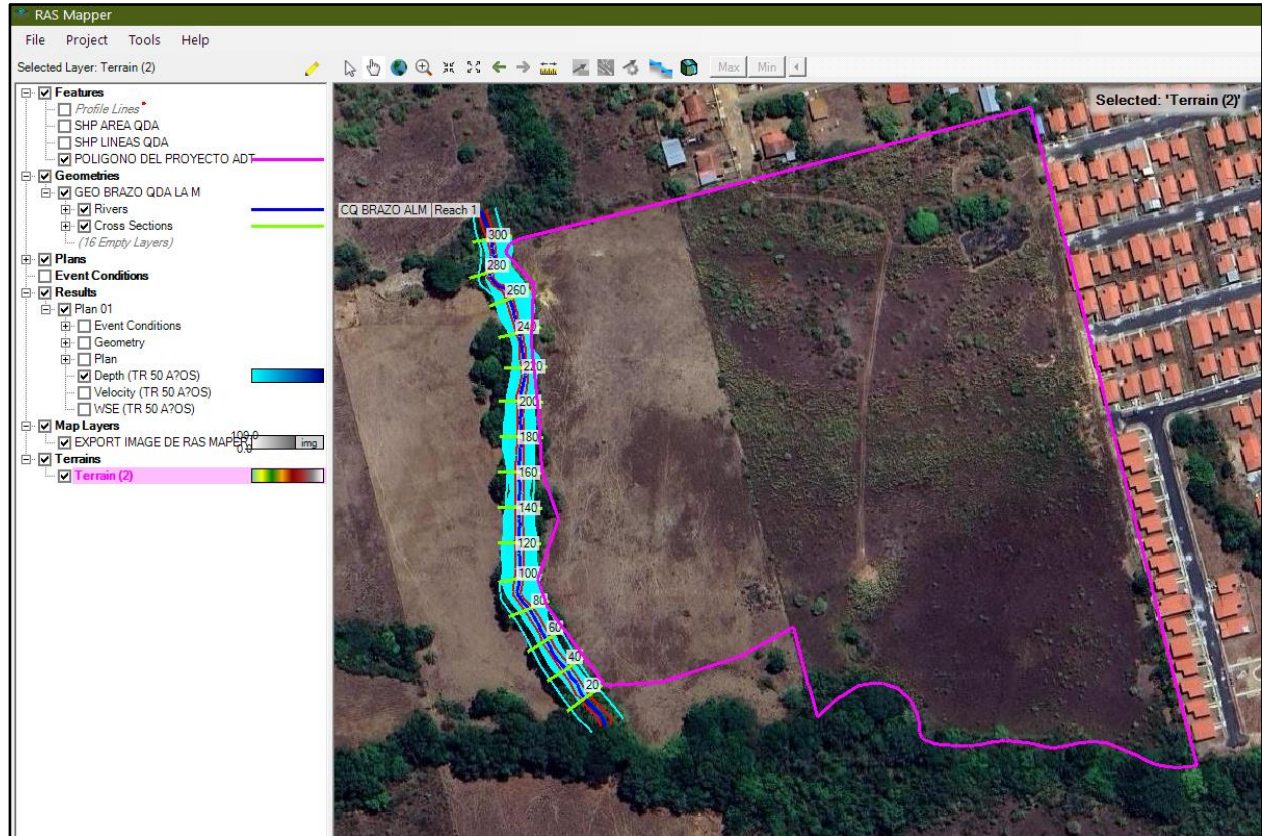
-Geometría del Cauce en Foto Satelital y Crecida Máxima en Ras Mapper



- Llanura de inundación REFLEJADA en el DEM Vs. Polígono del Proyecto
Qda. La Mata



**- Llanura de inundación REFLEJADA en Foto Satelital Vs. Polígono del Proyecto:
Qda. La Mata**



8.0. CONCLUSIONES

1. No existen aforos de caudales instantáneos en el punto de estudio después de altas intensidades de precipitación, ello considerando que la qda. La Mata y Qda. Brazo La Mata no posee estación hidrológica y no hay registros de medición de avenidas caudalosas.
2. La precipitación promedio anual de la cuenca de la qda. La Mata y Qda. Brazo La Mata hasta el Sitio de estudio es aproximadamente 2436.0 milímetros. Esta es válida para el propósito de estudio, y es un valor adecuado como línea base de la precipitación de la cuenca, ello considerando que los registros datan de 65 años atrás (estación Santiago).
3. El caudal máximo para una taza de retorno de 50 años, hasta el sitio del proyecto es:

| Tr | Qmáx (m ³ /s) |
|----|--------------------------|
| 50 | 27.6 - Qda. La Mata |
| 50 | 6.9 - Brazo Qda La Mata |

9.0. RECOMENDACIONES

1. Analizar el sitio donde se pretenda realizar las terracerías con levantamientos topográficos precisos para definir el nivel de las obras con respecto al cauce de la quebrada. Tomar en cuenta esta simulación para la obtención del **NAME** de las quebradas (HEC – RAS) y asegurar la sección hidráulica y el nivel apropiado, según estos cálculos
2. Los trabajos de construcción del proyecto deben realizarse en periodo seco, para minimizar los procesos de erosión y sedimentación y una mayor eficiencia de construcción.
3. Evitar la tala de árboles innecesaria para la implementación del proyecto.
4. Revestir con concreto reforzado el fondo de la entrada y salida en el ancho de la estructura proyectada, así como los taludes. Esto para evitar problemas de socavación que puedan afectar.
5. Realizar limpieza y conformación de cauce aguas arriba y aguas debajo de la obra que se proyecte protegiendo la servidumbre hídrica establecida por MiMBIENTE.

8.0 Bibliografía.

- (1) Chow, V.T.; Maidment, D.R.; Mays, L.W. 1993. Hidrología Aplicada. Editora McGrawHill. Primera Edición. Producido por Juan Salarriaga y Germán R. Santos del inglés Applied Hydrology.
- (2) Maidment, R. 1992. Handbook of Hydrology. McGrawHill, Inc.
- (3) Atlas Nacional de Panamá. 1988. Instituto Cartográfico Tommy Guardia.
- (4) Catastro de Caudales mensuales y aforos esporádicos en ríos de la República de Panamá. 1993. Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación. Departamento de Hidrometeorología.
- (5) Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, Manual de instrucciones N° 140, Estudios Hidrológicos, Managua, Nicaragua. 1977.
- (6) Seminario “Modelos para medir el impacto del cambio en el uso de la tierra sobre la hidrología e inundaciones”, J.Schellekens, R. Passchier, A. Hooijer and M.Vis, El Salvador, 11 al 14 de diciembre de 2001.
- (7) Revista del Departamento de Geografía, Universidad de Panamá, Tierra y Hombre #2, 1971.
- (8) Desastres Naturales y Zonas de riesgo en Panamá, Instituto de Estudios Nacionales, Universidad de Panamá, 1991.
- (9) Inventario y Demostraciones Forestales, Zona de Vida, Panamá, 1971, basado en la labor de Joseph A. Tosi Jr. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- (10) Carlos A. Ortiz Solorio, Elementos de Agrometeorología Cuantitativa con aplicaciones en la república mexicana, 1984.
- (11) IRHE (hoy ETESA), Evaluación de Evapotranspiración Potencial para la República de Panamá, 1992.
- (12) CRICA, UNESCO, Hidrología con información limitada, Caudales mínimos, San José Costa Rica, 1983.
- (13) IRHE (hoy ETESA), Estudio Regional de Crecidas Máximas, Departamento de Hidrometeorología, Panamá, 1986
- (14) Hidráulica de sedimentos, Julian Aguirre PE, Mérida - Venezuela, 1988.
- (15) INEC – Contraloría General de Panamá – Situación Física; 2001 - 2010

ANEXOS PLANOS TOPOGRAFICOS LEVANTADOS EN EL TERRENO

PLANO TOPOGRAFICO LEVANTADO QDA LA MATA



PLANO TOPOGRAFICO LEVANTADO QDA BRAZO LA MATA

