

**2011** “Cálculo de niveles y gastos máximos según el método hidráulico”. Revista Voluntad Hidráulica N° 104, INRH, ISSN: 0505-9461, Cuba, pp. 55–62.

Dr. José Luis Batista Silva, Investigador Titular.  
Instituto de Geografía Tropical, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.  
jbatista@ceniai.inf.cu

## **CÁLCULO DE NIVELES Y GASTOS MÁXIMOS SEGÚN EL MÉTODO HIDRÁULICO**

### **1.- Introducción**

La importancia económica del caudal (nivel) máximo probable de las crecidas de un curso de agua en un punto dado, es evidente por razón de los efectos destructivos bien conocidos y la necesidad de calcular ciertas obras apropiadas con vistas a esa eventualidad; la luz de los puentes, las dimensiones de los aliviaderos de crecida o vertederos de las presas, la altura de diques de protección contra inundaciones, la potencia de las estaciones de desecamiento de los “polders”, etc., son esencialmente determinados por la crecida probable a que esas obras deberán hacer frente, además de ciertas consideraciones relacionadas con una optimización de la hidroeconomía.

De ahí los numerosos estudios efectuados por los hidrólogos, los estadísticos y los ingenieros sobre el caudal máximo y el volumen de la frecuencia de las crecidas en las corrientes de agua más diversas. Todos esos trabajos no han llegado todavía al punto de un cuerpo de doctrina universalmente admitida para la predeterminación del caudal máximo de crecida a tomar en consideración cuando se elabora un proyecto de obra hidráulica; en ese campo complejo, en que los casos particulares son innumerables, la destreza del ingeniero, la experiencia del hidrólogo, el juicio y la prevención del hidroeconomista jugarán siempre un gran papel.

Ningún método de cálculo para resolver este problema es enteramente satisfactorio, pero cada uno permite al ingeniero usar racionalmente tal o más cual categoría de los datos (climatología, pluviometría, etc.) –generalmente incompletos- de que dispone. Cuando están en juego importantes intereses no se vacilará en utilizar simultáneamente métodos basados en conceptos tan diferentes como los del hidrograma unitario y el análisis de la frecuencia de los caudales, pues de la síntesis de los diversos métodos de estimación se pueden esperar los resultados más seguros.

Algunos hidrólogos clasifican las crecidas según caudales iguales o superiores a cierto múltiplo del módulo anual (de 3 a 5 veces el módulo, por ejemplo); para otros, la crecida es un caudal de frecuencia o probabilidad pequeña (de 1 al 5% de probabilidad) por ejemplo; es común llamarle “crecida anual” al mayor caudal observado en el año. Por otra parte, los caudales así definidos son caudales “pico” instantáneos (deducidos de las observaciones limnigráficas), caudales medios diarios que resultan, bien de una o algunas lecturas de escalas limnimétricas, o bien aún de un simple estimado.

Para los estudios de obras hidráulicas se procurará caracterizar cada crecida por toda o una parte de los elementos siguientes que se enumeran a continuación por orden de prioridad:

1. Caudal máximo instantáneo (o en su defecto caudal medio diario máximo);

2. Duración de la crecida (y de sus fases características: tiempo de concentración, tiempo básico, tiempo de retardo, etc.);
3. Volumen total escurrido;
4. Hidrograma de la crecida dado por el limnógrafo o trazado a partir de observaciones continuadas.

Está claro que el único caudal máximo de una crecida –a menudo la única referencia- es insuficiente para estudiar un embalse de protección contra las inundaciones, un evacuador de crecida de una gran represa, etc., puesto que una crecida muy aguda y de pequeña duración exigirá obras menos importantes que una crecida de igual caudal máximo que se extienda durante muchos días y conlleve una avenida de varios picos. Desafortunadamente, cuando se trata de fenómenos tan excepcionales como las crecidas catastróficas, es en extremo raro que se disponga de datos muy precisos.

Nunca se insistirá demasiado en la necesidad de proceder, antes de todo estudio, al análisis crítico de los datos de observaciones (pluviométricas, caudales, niveles de agua) con miras a estimar su calidad y proceder eventualmente a su corrección. En ciertos casos se estará obligado a tener en cuenta la modificación de la cobertura vegetal y los cultivos en la cuenca, tanto en el curso del período de las observaciones como en el futuro; los cambios en el escurrimiento debidos a la influencia antrópica (canalización de cauces, presas, etc.) pueden también modificar notablemente el paso de las crecidas.

A nivel global, las crecidas pueden ser agrupadas, en consideración a las causas que las engendran, en tres grandes clases:

1. Lluvias y aguaceros intensos y prolongados.
2. Fusión de la nieve en regiones de llanura.
3. Fusión de la nieve y glaciares en regiones montañosas.
4. Almacenamiento y descongelación del hielo.
5. Efecto combinado de la fusión de nieve y precipitaciones pluviales.

Las grandes crecidas tienen, sobre todo como origen, aguaceros excepcionales por su intensidad, su extensión, su duración o su sucesión cercana. Por supuesto, para el Archipiélago Cubano, las crecidas se concentran en la primera clase.

Considerados en una larga serie de años, los fuertes aguaceros que persisten muchos días en grandes extensiones, parecen reproducirse a intervalos más o menos alejados, siguiendo modalidades casi análogas; esto sugiere la existencia, en ciertas regiones, de distribuciones pluviométricas, que corresponden a situaciones meteorológicas semejantes de una vez a otra. Esas similitudes se explican principalmente por la posición geográfica y el relieve de las cuencas consideradas, así como por las trayectorias habituales de las perturbaciones meteorológicas.

Lluvias generales, aguaceros tempestuosos cortos, violentos y muy localizados, producen en las pequeñas cuencas, principalmente de montaña, crecidas “súbitas” cuyos caudales máximos elevados pueden provocar grandes destrozos a lo largo de los pequeños

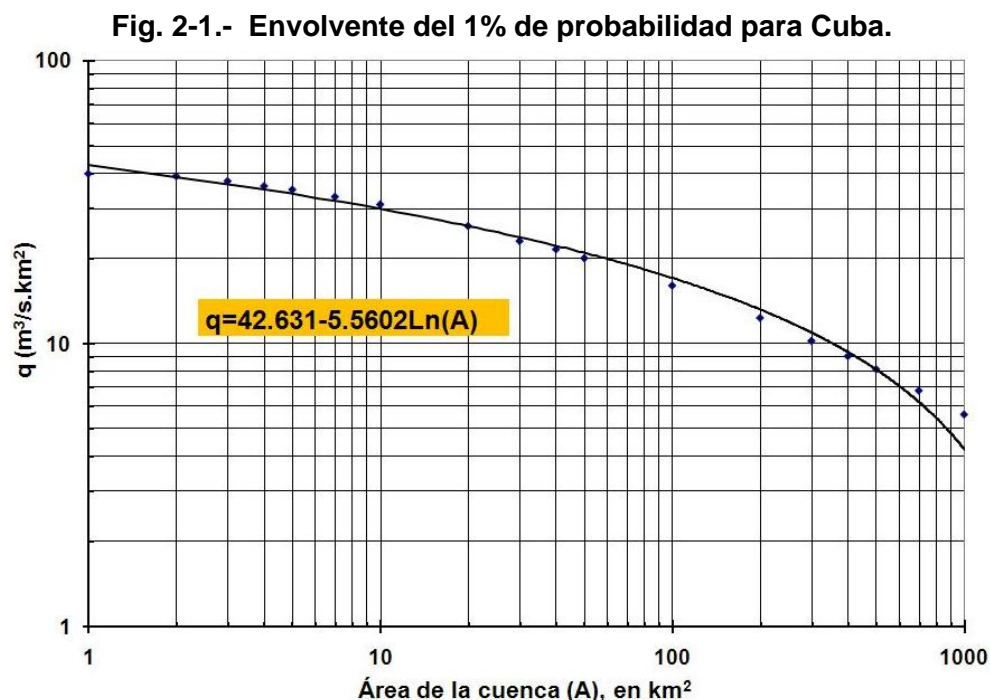
torrentes interesados, sin influir notablemente en el caudal de los grandes cursos de agua de llanura de los cuales son tributarios.

## 2.- Cálculo de los caudales máximos.

Cuando existen observaciones directas los gastos máximos instantáneos se calculan por la curva de probabilidades defida por tres parámetros fundamentales:

- Gastos máximos promedio ( $Q_{máx.Prom}$ )
- Coeficiente de variación ( $C_v$ )
- Coeficiente de asimetría ( $C_s$ )

En la literatura hidrológica pueden encontrarse diversas metodologías y algoritmos para calcular los gastos máximos de los ríos cuando no existen observaciones directas. No obstante, en el caso particular de Cuba es recomendable tener en cuenta las características de sus cuencas fluviales, en su mayoría relativamente pequeñas, a la hora de seleccionar la metodología de cálculo correspondiente. En la década de los 60 del Siglo XX se utilizaban las denominadas curvas envolventes para calcular los módulos máximos de escurrimiento en función del área de la cuenca como único parámetro. Una de estas envolventes es la que se presenta en la Figura 2-1, determinada a partir de la recopilación de los valores de gastos extremos registrados en cuencas del territorio cubano, y que puede servir de indicador de los caudales máximos.



Algunas de estas metodologías, deducidas especialmente para el país a partir de los datos hidrométricos existentes no siempre ofrecen resultados satisfactorios. En un esquema de cálculo para determinar los gastos máximos (1973), diseñado especialmente para las características fisiográficas cubanas, se utilizaron datos de estaciones hidrométricas con áreas mayores de 30 km<sup>2</sup> para deducir las ecuaciones, gráficos y nomogramas, por tanto el método ofrece buenos resultados para áreas de cuencas

hidrográficas mayores de esta magnitud (Alexeev y Riazanov, 1973). Sin embargo, los cálculos realizados por diversos especialistas refieren que los gastos máximos determinados por esta metodología en áreas pequeñas resultan relativamente bajos. Otro método utilizado internacionalmente es el método racional, bien conocido por los especialistas involucrados en el tema.

Batista (1976), ajustó el Método Racional a las características de los ríos cubanos para áreas hidrográficas pequeñas. Es difícil señalar el límite de cuenca pequeña, por esta razón, se ha considerado arbitrariamente que ese algoritmo de cálculo para Cuba resulta aplicable hasta áreas de cuencas hidrográficas de 25 km<sup>2</sup> aproximadamente, según se recomienda en la citada metodología.

El esquema de cálculo propuesto declara el valor del gasto máximo en función de tres importantes parámetros (C, i, A), determinantes de la formación del escurrimiento en la cuenca y tiene la ventaja de que su significado físico es razonablemente claro. En el caso particular de cuencas pequeñas, la intensidad de las precipitaciones es el factor que más influye en la formación del escurrimiento máximo. Sin embargo, debe considerarse que el escurrimiento máximo es un fenómeno muy complejo y que la "fórmula racional" no puede abarcar todos los factores que intervienen en el mismo (Ver Voluntad Hidráulica N°. 40).

### **3.- Determinación de los gastos máximos a partir de las huellas de crecidas.**

La información sobre los gastos máximos extremos e inclusive sobre las crecidas catastróficas frecuentemente no es suficiente o no existe del todo. Esto casi siempre ocurre con las corrientes pequeñas, arroyos intermitentes, cañadas y en algunos casos ríos mayores, en los que las redes de observaciones son muy limitadas y/o no se dispone de mediciones sistemáticas del caudal. Aun existiendo instalaciones hidrométricas para medir los caudales, pero sin limnógrafos o registradores automáticos para medir el nivel del agua, pueden ocurrir crecidas rápidas que no se conoce su magnitud porque ocurrieron entre dos mediciones de aforos. Debe tenerse en cuenta también que, en este caso, no se cuenta con la información de los niveles, ni de las características principales de los aguaceros que pueden ocurrir localmente entre las áreas de las estaciones de observación.

El interés de determinar los datos de niveles y gastos extremos tiene mucha importancia, sobre todo en las regiones donde las precipitaciones pluviales son intensas, y pequeñas corrientes forman grandes crecidas en muy corto tiempo. Por ello es posible conocer los caudales máximos utilizando características hidráulicas y morfológicas del río (cauce, riberas, llanura de inundación, etc.), correspondientemente al nivel de aguas máximas (NAM), que puede ser determinado a partir de las huellas de crecidas tomadas por investigaciones de campo en distintos puntos de la cuenca.

El trabajo relacionado con el cálculo de los gastos máximos por el NAM se hace en dos partes: gabinete (oficina) y campo. Los trabajos de gabinete se llevan a cabo antes y después de haber realizado las mediciones e investigaciones de campo.

Antes de salir de expedición es necesario familiarizarse con las cuencas hidrográficas, las redes hidrológicas, los materiales de observación de los puntos de observación de las precipitaciones, los niveles y gastos que se presentan en la región donde se desea aplicar esta metodología y cualquier otra información que pueda resultar hidrológicamente interesante. Por tanto, debe tenerse la información relacionada con las lluvias, niveles

máximos y gastos, y sobre el grado de las crecidas y su frecuencia, registrados en la región. Además de los datos de la red de observaciones hidrometeorológicas, también se recopila información publicada, artículos en revistas y periódicos, las actas de algunas empresas agrícolas, desastres ocurridos, pérdidas de vidas humanas, animales, y sobre todo la experiencia de las personas que viven en la región desde hace mucho tiempo.

La información recopilada permite evaluar el objetivo perseguido en las investigaciones necesarias durante el trabajo de campo y obtener la posibilidad de resultados confiables, y sobre todo definir la región a investigar. Después de esto se traza la ruta a seguir y los lugares interesados, “ploteando” los puntos en un mapa. Actualmente el trabajo se reduce considerablemente si se utiliza un GPS para posteriormente descargar la información en un ordenador. En este caso deben considerarse las cuencas más importantes, teniendo en cuenta su ubicación geográfica y su utilización hidro-económica.

Los trabajos de campo se ejecutan siguiendo la ruta o plan trazado previamente para determinar los niveles y gastos máximos en las corrientes de la región. La primera intención es averiguar con los pobladores locales que puedan ofrecer información al respecto, asimismo preguntar en organizaciones locales (empresas de transporte, fincas, granjas, etc.) y por supuesto observar y/o buscar las huellas dejadas por las crecidas más importantes, tarea que debe asumir el equipo de trabajo hidrológico.

Las huellas de crecidas pueden ser:

- *acumulaciones o amontonamiento*, la más abundante, se refiere a restos de vegetación (hierbas, ramas secas, limo, arena o fango pegado a los troncos y a la vegetación, piedras).
- *erosionables* – (se observa frecuentemente después de la ocurrencia de grandes velocidades de la corriente), en este caso ocurre un desprendimiento fuerte en las orillas, se ven las raíces de árboles grandes en las riberas sin tierra, arranque de paredes de construcciones, partes de columnas de puentes, árboles arrancados y tirados sobre el cauce o la orilla.
- *marcas de corrosión* – decoloración o color específico del perímetro mojado por la acción físico-química del agua que contiene sustancias en suspensión y disolubles. Esas marcas se observan en las orillas y en las paredes o columnas de edificaciones en las orillas del río.
- *botánicas*- colores más verdosos de la vegetación en zonas donde ha llegado el agua, esto tiene lugar en regiones donde llueve poco, pero en cuencas grandes se registran fuertes precipitaciones en la parte alta y aguas abajo se eleva el nivel hasta alcanzar la vegetación en las márgenes sin que ocurran precipitaciones.
- *marcas* dejadas por el agua en los pilares y muros de puentes, tuberías, alcantarillas, edificaciones, viviendas y otras construcciones. Estas son las huellas más confiables del NAM.

Debe tenerse presente que algunos arbustos, malezas y la vegetación joven se doblan o “acuestan” por la presión del agua durante una crecida, al bajar el nivel del agua este tipo de vegetación se levanta para volver a su posición original, por tanto el limo u otra marca

quedará adherido en esa vegetación, pero no será una huella confiable. También es importante el hecho que varias huellas se superponen unas a otras, es decir, forman evidencias de varios niveles o pisos en la ribera de los ríos y por tanto es necesario seleccionar la máxima.

Por la presión del agua algunas ramas son arrancadas y quedan en algunos lugares, por ejemplo, sobre un puente, tubería, etc., por ello es una huella importante que debe tenerse en cuenta. Por todas estas razones, la determinación de las huellas de los niveles máximos requiere mucha experiencia y atención.

Durante las expediciones de campo se obtienen muy buenos resultados cuando se efectúan inmediatamente después de la ocurrencia de crecidas, pues en ese momento están muy frescas las huellas dejadas por la subida del agua en los ríos de la región a estudiar y además la población local puede ofrecer una información confiable.

En el trabajo de campo se fijan las huellas y se selecciona un tramo para hacer el levantamiento, es decir, las secciones transversal y longitudinal.

Es conveniente también hacer lo siguiente:

- Abrir un expediente por cada cuenca hidrográfica y anotar todos los puntos donde se realizarán las observaciones y mediciones para calcular los niveles y gastos máximos.
- Estudiar en una carta topográfica la ubicación del río, con sus afluentes, construcciones hidráulicas o hidrotécnicas, si existiesen, y en general familiarizarse con las características de la cuenca hidrográfica. Si se dispone de datos morfométricos de la cuenca deben recopilarse. Teniendo en cuenta que cada cuenca hidrográfica contará con un expediente, es conveniente volcar al mapa toda la información disponible. Podría aplicarse un Sistema de Información Geográfica para representar y procesar toda la información obtenida.

#### **4.- Selección del tramo, nivelación y trabajos topográficos.**

El tramo debe ser lo más recto posible o con pequeñas curvaturas, preferiblemente con una forma uniforme de la sección transversal y la rugosidad, donde el agua del río fluya libremente y pueda evacuar prácticamente toda el agua que escurra durante las crecidas.

La longitud del tramo deberá ser de tal forma que la caída sea por lo menos de 0.5 m y en corrientes muy pequeñas, hasta 1.0 m; además de esto, buscar pequeños "saltos" o desniveles del agua, lo cual permite obtener una buena pendiente y otras características morfológicas.

1. El cauce debe ser uno sólo, es decir, no puede recibir entradas (afluentes), aportes de otras fuentes, independientemente contengan agua o no dentro del tramo a seleccionar. Evitar zonas de remansos en el tramo.
2. No seleccionar un tramo aguas arriba de la construcción de una presa (excepto que se requiera hacer cálculos especiales).
3. Las orillas y la vegetación de ambas márgenes deben ser bastante parecidas.

En el caso que no sea posible seleccionar un tramo correspondiente al lugar donde se tienen las marcas (huellas) del nivel máximo por no responder a los requerimientos, puede trasladarse la sección transversal aguas abajo o aguas arriba y la marca de NAM se mueve teniendo en cuenta la pendiente y la morfología de las riberas.

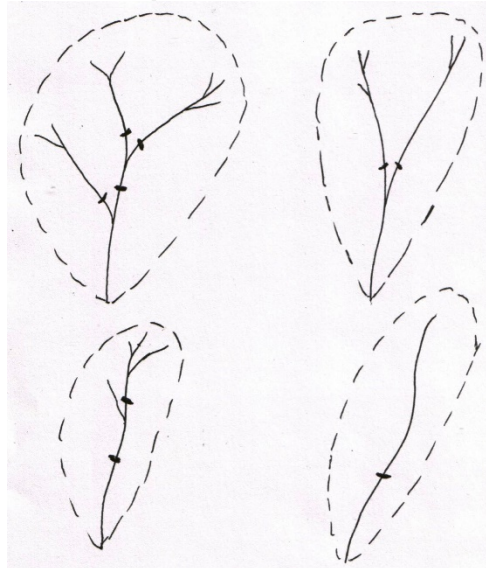
En el tramo seleccionado se hace una nivelación para obtener el perfil longitudinal siguiendo las marcas dejadas por el agua, es decir, por la parte superior de la margen del río, hasta donde llegó el nivel del agua, con el objetivo de determinar las características morfométricas. En toda la extensión del tramo debe hacerse una descripción detallada del cauce, riberas, llanura de inundación, incluyendo forma, vegetación, suelos y todo lo que considere necesario pueda ser útil para determinar la rugosidad según la descripción de Sribny.

La mayoría de las veces no es posible determinar las huellas de niveles máximos necesarios a lo largo de las márgenes del tramo, por esta razón la nivelación del perfil longitudinal se hace por el nivel del agua (ras o "pelo" del agua) existente el mismo día del levantamiento topográfico en el lugar. Si el río no tiene agua, puede hacerse por el lecho del cauce (talweg). Cuando se toma por el nivel del agua puede utilizarse el método rápido o detallado.

Según comparaciones realizadas por distintos especialistas, para determinar la pendiente utilizando las huellas de las riberas, el lecho del cauce seco o el nivel del agua no se diferencian mucho, por tanto, cualquiera de ellos puede ser empleado para los cálculos finales, aunque es preferible el nivel del agua.

La cantidad de tramos depende de la magnitud de la red fluvial (Figura 4-1).

**Figura 4-1.- Cuencas hidrográficas mostrando distintos cierres para calcular los niveles y gastos máximos por el método de las huellas de crecidas.**



La determinación de la pendiente del río por la superficie del agua consiste en medir el nivel del agua en el tramo. La magnitud de la pendiente se calcula por la relación:

$$S = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{\Delta H}{L}$$

donde,

$H_1, H_2$  - Nivel en los puntos extremos (m);  $L$  - longitud del tramo (m).

La diferencia de niveles o la caída ( $\Delta H$ ), se obtiene directamente por la nivelación. La longitud del tramo ( $L$ ), se mide con una cinta, aunque también es posible medirla con un nivel topográfico. Son varios los métodos para determinar la pendiente, aunque generalmente se utiliza el denominado método “rápido”.

El método “rápido” consiste en la nivelación entre dos estaquillas, previamente clavadas en una de las orillas, dentro del agua, de manera tal que la superficie del agua coincida exactamente a ras con la parte superior de las estaquilla, las cuales deben ser hincadas al mismo tiempo para evitar el error por la posible variación del nivel del agua en el río. Con este método se obtiene inmediatamente la pendiente aplicando la ecuación arriba expresada. En este caso las alturas de los niveles no están referidas a un punto de control del Sistema Geodésico, por tanto son alturas arbitrarias. Las estaquillas se preparan previamente, pueden ser de madera o cualquier otro material que pueda encajarse en la orilla, pero deben tener la parte superior perfectamente lisa y de corte horizontal.

Seleccionado el tramo con las huellas marcadas, se fijan dos o tres secciones transversales y se hace la nivelación considerando 1-1.5 m más arriba de la marca de la huella máxima. Si el cauce del río, escogido para hacer la topografía de la sección transversal, tiene agua es necesario medir la profundidad por vadeo o desde una embarcación si fuese necesario. Anotar fecha y las horas de inicio y final del trabajo.

En la medición de la profundidad por vadeo una persona entra al agua y parada dentro del cauce con una escala o regla graduada, toma la profundidad en cada vertical seleccionada, es decir, una línea vertical imaginaria en la sección, que se toma a distancias iguales desde una orilla a otra en la sección transversal del río. La cantidad de verticales depende del ancho del río. Cuando no es posible medir la profundidad por el método del “vadeo”, debido a una mayor profundidad del río, debe emplearse una embarcación para tomar los valores de las profundidades en las verticales. Es importante considerar la corrección correspondiente de la lectura cuando se mide desde una embarcación.

Basados en estos trabajos de las investigaciones de campo se calcula la magnitud del gasto máximo según el “Método hidráulico”, también conocido por las denominaciones de “Huellas máximas y/o “Sección y Pendiente”. Este método se resume en multiplicar el área de la sección “viva” de la corriente (para los mayores niveles alcanzados) por la velocidad media, calculada por la fórmula de Chezy.

Se requiere que el tramo escogido tenga las mismas condiciones que se exigen para construir una estación hidrométrica o de aforo, es decir, tramo recto, con una forma uniforme de la sección transversal y su rugosidad. En el tramo seleccionado se fija la sección principal (A) y dos secciones de control, aguas arriba (B) y aguas abajo (C).



En cada uno de estos cierres se hacen levantamientos de los perfiles transversales hasta un nivel por encima en 1-2 metros del nivel máximo alcanzado por la mayor crecida, determinada por las huellas dejadas por la misma.

Para determinar el perfil longitudinal (pendiente del río) se lleva a cabo una nivelación en el tramo por una longitud aproximadamente igual a 10 veces el ancho del río, tomado en el nivel máximo alcanzado durante la ocurrencia de la mayor crecida, así como por el fondo del cauce o talweg.

Otra información de campo es una evaluación visual de la rugosidad del cauce y la ribera o llanura de inundación en el tramo donde se encuentran las secciones transversales seleccionadas (A, B y C). Esto significa hacer una descripción, lo más exacta posible, anotando el tipo de suelo, la vegetación, etc., que se observe en las riberas y en la llanura de inundación, para posteriormente determinar los valores del coeficiente de rugosidad por la tabla de M. F. Sribny, (Ver páginas 17-19, Alexeev-Riazanov, 1973).

Con todos los datos disponibles y el resultado de las mediciones y procesamiento de la nivelación topográfica efectuada se procede al cálculo del gasto en el gabinete. Con el área de la sección viva en el cierre principal (A) y en los de control (B) y (C) para el nivel de aguas máximas y la velocidad media de la corriente se determina el gasto. La velocidad media se calcula por la fórmula de Chezy:

$$V_m = C\sqrt{RS}$$

donde,

$V_m$  – velocidad media de la corriente para el nivel máximo correspondiente, en m/s

C – coeficiente de resistencia del cauce, según una de las fórmulas de Bazin, Pavlovsky, Ganguiet-Kutter, Manning y otras.

R- radio hidráulico

S – es la pendiente en el tramo donde se requiere calcular el gasto.

En la fórmula de Chezy deben ser determinados los valores de C, R y S. El radio hidráulico (R) puede ser sustituido por la profundidad media del río ( $h_m$ ) siempre y cuando la forma del cauce y las riberas tenga una forma de “V” o “U”, es decir, cauces más o menos “normales” y donde el ancho del río sea más de diez veces la profundidad. De esta manera se calcula la profundidad de la sección ( $\omega$ ) por el ancho del río (B) para un determinado nivel, por tanto,

$$h_m = \frac{\omega}{B}$$

La profundidad ( $h_m$ ) y ancho del río (B) están en metros y el área de la sección transversal ( $\omega$ ) en metros cuadrados.

El gasto que se calcula por el método de sección y pendiente es inversamente proporcional a la rugosidad ( $\gamma$ ), es decir, mientras mayor sea la rugosidad menor será el gasto a obtener para un mismo nivel.

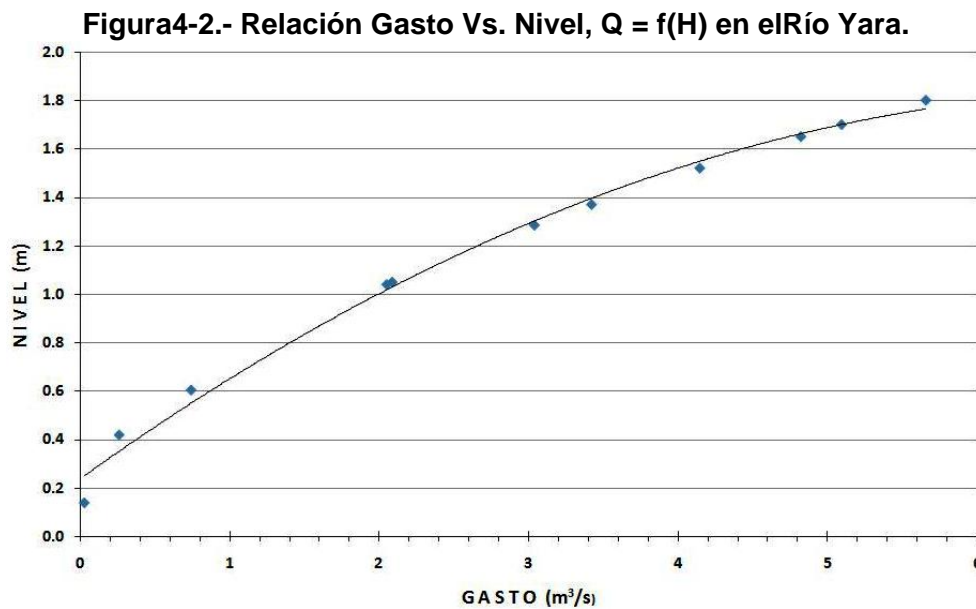
Disponiendo de todos los datos medidos en el campo se elaboran los perfiles transversal y longitudinal con el objetivo de obtener la información requerida para aplicar la ecuación de Chezy.

A partir del perfil longitudinal se obtiene la pendiente del río (S) en el tramo seleccionado. La elaboración del perfil transversal posibilita conocer las áreas de la sección para cada nivel correspondiente ( $\omega_i$ ). De esta forma puede calcularse el gasto, para cada altura del agua (Figura 4-2), por medio de la ecuación siguiente:

$$Q = V_m \omega$$

donde,

$Q$  - gasto en  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $V_m$  - velocidad en  $\text{m}/\text{s}$ ;  $\omega$  - área de la sección en  $\text{m}^2$



## 9.- Bibliografía

- Alexeev, G. A.; Riazanov, V. S. (1973): Métodos generalizados para el cálculo del escurrimiento máximo basados en el principio de intensidad extrema y recomendaciones sobre su utilización en los ríos de Cuba, Grupo Hidráulico Nacional, La Habana, 114 p.
- American Meteorological Society (1987): Proceedings of the 1th Conference on Hurricane and Tropical Meteorology, April 7-10, Miami, Florida.
- Atropovsky, V.; Batista Silva, J. L. (1979): Estudios de los procesos que ocurren en los cauces fluviales, Revista Voluntad Hidráulica N° 51, La Habana, pp. 7-15.
- Batista Silva, J.L.(1976): Gastos máximos en cuencas pequeñas, Revista Voluntad Hidráulica No 40, La Habana, Cuba, pp. 51-54.
- Batista Silva, J.L: (1991):Cálculo del escurrimiento medio anual sin observaciones hidrométricas, Revista Voluntad Hidráulica N° 85, La Habana, pp. 2-7
- Chow, V. T., D. R. Maidamant y L. W. Mays, (1994): Hidrología Aplicada, Capítulo 12: Análisis de Frecuencia, McGraw-Hill Interamericana, Santa Fe de Bogotá, Colombia, pp. 400-409.
- Ferrer, F. J. (1992): Análisis estadístico de caudales de avenidas. M-26, CEDEX, Madrid.
- Goroshkov, I. F. (1979): Guidrologicheskyieraschoty, Hidrometeoizdat, Leningrad, 429 p.
- Luchsheva, A. A. (1976): Prakticheskaiaguidrologuia, Hidrometeoizdat, Leningrad, 440 p.
- Solomentzev, N. A. (1957): Guidrometria, Hidrometeizdat, Leningrad, 458 p.
- Springall, R. (1969): Drenaje en cuencas pequeñas. Secretaría de Recursos Hidráulicos, UNAM, México, 40 p.
- Vasiliev, A. V.; Smith, S. V. (1970): Vodno-texnicheskyeiziskania, Hidrometeoizdat, Leningrad, 342 p.
- Velikanov, M. A. (1964): GuidrologuiaSuchi, Hidrometeoizdat, Leningrad, 403 p.
- Viessman, W.; Harbaugh, E.; Knapp, J. (1979): Introduction to hydrology, Intext Educational Publishers, N. Y./London, 468 p.