

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA  
OFICINA GENERAL DE OPERACIONES TÉCNICAS



MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACIÓN  
DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

*Por: Ing. GLADYS CHAMORRO DE RODRÍGUEZ*



SERVICIO NACIONAL DE  
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA



ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA  
MUNDIAL

LIMA – PERÚ  
2000

# INDICE

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| INTRODUCCION                              |               |
| CAPITULO 1. MEDICIONES HIDROMÉTRICAS      | 1             |
| 1.1 Generalidades                         | 1             |
| 1.1.1 Objeto de las mediciones del nivel  | 1             |
| 1.1.2 Objeto de las mediciones del caudal | 1             |
| 1.2 Instrumentos de observación           | 1             |
| 1.2.1 Limnómetro o escala                 | 1             |
| 1.2.1.1 Características funcionales       | 2             |
| 1.2.2 Limnógrafo mecánico                 | 3             |
| 1.2.2.1 Limnograma                        | 4             |
| 1.2.2.2 Características funcionales       | 4             |
| 1.2.2.3 Mantenimiento del limnógrafo      | 5             |
| 1.2.3 Instrumento de medición del caudal  | 5             |
| 1.2.3.1 Molinete o correntómetro          | 6             |
| 1.2.3.2 Condiciones de funcionamiento     | 7             |
| 1.2.3.3 Características de construcción   | 8             |
| 1.2.3.4 Mantenimiento                     | 9             |
| CAPITULO 2. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS      | 11            |
| 2.1 Generalidades                         | 11            |
| 2.1.1 Elementos que hay que observar      | 11            |
| 2.2 Tipos de estaciones hidrométricas     | 11            |
| 2.2.1 Estación limnimétrica               | 11            |

Proc.: Ing. Gladys Chamorro - 24a2000

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.2.2 | Estación limnigráfica                      | 12 |
| 2.2.3 | Estación de aforo                          | 12 |
| 2.3   | Identificación de la estación hidrométrica | 13 |

### CAPITULO 3.      INSTALACIONES HIDROMETRICAS      15

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.1     | Generalidades                                      | 15 |
| 3.2     | Objetivo   | 15 |
| 3.3     | Procedimiento                                      | 15 |
| 3.3.1   | Reconocimiento de campo                            | 15 |
| 3.3.1.1 | Sección de aforo                                   | 15 |
| 3.3.1.2 | Sección limnimétrica                               | 17 |
| 3.3.2   | Levantamiento topográfico                          | 17 |
| 3.3.2.1 | Plano en conjunto                                  | 17 |
| 3.3.2.2 | Diseño constructivo de la estación hidrométrica    | 18 |
| 3.3.2.3 | Ejecución de las obras                             | 19 |
| 3.3.2.4 | Instalaciones limnimétricas                        | 19 |
| 3.3.2.5 | Instalaciones limnigráficas                        | 22 |
| 3.3.2.6 | Instalaciones de aforo con molinete por suspensión | 24 |
| 3.3.2.4 | Capacitación de observadores                       | 25 |
| 3.5     | Los observadores de estaciones limnimétricas       | 26 |
| 3.6     | Los observadores de estaciones limnigráficas       | 27 |
| 3.7     | Observadores de estaciones de aforo                | 28 |

#### Referencias Bibliográficas

#### ANEXOS

Anexo 1 : Definiciones de términos

- Anexo 2 : Ejemplo de diseño de la estación hidrométrica "Puente Magdalena"
- Anexo 3 : Ejemplo de diseño de la estación H - "Picota"
- Anexo 4 : Cálculo de cables
- Anexo 5 : Detalles de la estación limnigráfica
- Anexo 6 : Ejemplo de diseño de carro-huaro, para ser adaptado a una estación de aforos.

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA**

**DIRECCIÓN GENERAL DE OPERACIONES TÉCNICAS**

**JEFE DEL SENAMHI**

**Mayor General FAP GERMAN ROJAS BARRANTES**

**DIRECTOR TÉCNICO**

**Coronel FAP CARLOS ORDÓÑEZ VELAZQUEZ**

**DIRECTOR DE LA OFICINA GENERAL DE OPERACIONES TÉCNICAS**

**Comandante FAP HILDEBRANDO CASTILLO GUERRERO**

---

Sede Central :

Oficina General de Operaciones Técnicas Jr Cahuide 785 – Lima 11  
Telef. 4 -715134  
Ogot @ senamhi.gob.pe

## INTRODUCCION

En los dos últimos decenios se ha expresado preocupación por el aumento cada vez mayor de la demanda del limitado recurso hídrico en los sectores agrícola, industrial y doméstico, a ello se suma la contaminación y los posibles impactos del cambio climático (inundaciones, sequías). Ante esta situación es importante gestionar este recurso de manera sostenible para el bienestar económico y social de nuestro país, con tal objeto, se hacen necesarios datos e información fiables sobre la cantidad y calidad del recurso hídrico y su variación en el espacio y en el tiempo.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología- SENAMHI, de conformidad con su Ley Orgánica 24031, tiene por finalidad: planificar, organizar, operar, controlar y mantener la red nacional de estaciones meteorológicas, hidrológicas y conexas, según las necesidades de desarrollo nacional y seguridad nacional. Así también es el ente rector de la hidrología en el Perú y miembro de la Organización Meteorológica Mundial.

En tal sentido, el SENAMHI debe elaborar sus normas técnicas para el óptimo funcionamiento de su red de estaciones a nivel nacional, dichas normas deberán sustentarse en los normativos que establece la Organización Meteorológica Mundial, principalmente.

El **Manual de Instrucciones para la instalación de estaciones hidrométricas**, ha sido elaborado conforme a los normativos que establece el Reglamento Técnico de la OMM, en lo referente a la "hidrología operativa" y para definir su contenido se han tenido en cuenta principalmente la Guía de Prácticas Hidrológicas, textos, separatas de hidrología y las experiencias adquiridas por los especialistas de la Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos y de las Direcciones Regionales del SENAMHI.

Considerando que el diseño de la red hidrológica es un proceso dinámico y que está en función de: la alteración del régimen de escurrimiento natural de la cuenca mediante obras hidráulicas de aprovechamiento, ocurrencia de eventos extremos, del avance tecnológico en materia de equipamiento de redes y de la disponibilidad presupuestal, el SENAMHI espera que la aplicación del presente Manual brinde a los especialistas involucrados en actividades hidrológicas, la información adecuada contribuyendo a ser más operativos y eficientes durante la instalación de estaciones hidrométricas, para el exitoso cumplimiento en su trabajo encomendado.

El presente Manual consta de tres capítulos que se refieren a: medición del nivel y caudal, estaciones hidrométricas, establecimiento de una estación hidrométrica y anexos.

Finalmente, un buen mantenimiento de la estación y la adecuada observación de los datos hidrológicos, permitirá realizar planes de desarrollo nacional, mediante la evaluación de los recursos hídricos.

# CAPÍTULO 1. MEDICIONES HIDROMÉTRICAS

## 1.1 Generalidades

### 1.1.1 Objeto de las mediciones del nivel

El nivel de agua de los ríos, lagos y embalses se usa directamente para la predicción de crecidas, determinar zonas con riesgo de inundación y para proyectar estructuras en cursos o masas de agua o cerca de ellas. Al correlacionarlos con los caudales de las corrientes o con el volumen de almacenamiento en embalses y lagos, los niveles del agua se utilizan como base para computar registros de caudal o cambios en el almacenamiento.

### 1.1.2 Objeto de las mediciones del caudal

Los registros continuos del caudal son necesarios en proyectos de abastecimiento de agua, en el proyecto de estructuras hidráulicas, en la operación de los sistemas de gestión del agua, especialmente en lo que concierne con la predicción de los parámetros hidrológicos y estimación de las cargas de sedimentos.

## 1.2 Instrumentos de medición del nivel

### 1.2.1 limnómetro o escala

El limnómetro es una regla o escala graduada que sirve para la medición de la altura de agua ya sea en un río, canal, lago o embalse.

La plancha del limnómetro puede ser de varios tipos, las más usadas son:

- a) fierro enlozado o esmaltado
- b) aluminio fundido
- c) material acrílico
- d) madera o pilotes pintados

El uso de pilotes de madera o pintados no se recomienda debido a que sus marcas pueden borrarse ya que pueden alterarse con el tiempo.

El uso de los limnómetros esmaltados no se recomienda debido a que sus marcas se van borrando con el tiempo, sobre todo en épocas de avenidas por los sedimentos y/o materiales que arrastra el agua.

Sin embargo por ser mucho más económicos y durables, se recomienda el de aluminio fundido y su reemplazo puede ser periódico. Este tipo de limnómetro es el más utilizado en la red del SENAMHI.

### 1.2.1.2 Características funcionales

La *Publicación N° 49, de la OMM*, indica las características funcionales que debe reunir los limnímetros y tipos de limnímetros.

- a) deben ser precisos y estar claramente graduados;
- b) deben ser duraderos y de fácil mantenimiento;
- c) deben ser fáciles de instalar y utilizar;
- d) las graduaciones deberán ser claras y permanentes. Los números deberán ser claramente legibles y estar situadas de tal manera que no haya ninguna posibilidad de ambigüedad;
- e) para dar conformidad a su construcción, se deberá constatar que las marcaciones de las subdivisiones tendrá una precisión de  $\pm 0,5$  mm y el error acumulado de longitud no será superior al mayor de dos valores siguientes: 0,1 por ciento ó 0,5 mm;
- f) las miras limnimétricas se fabricarán en longitudes adecuadas, en el caso de nuestra red estas se fabrican de 1 m y la cara de la escala tendrá como mínimo 5 cm de ancho.



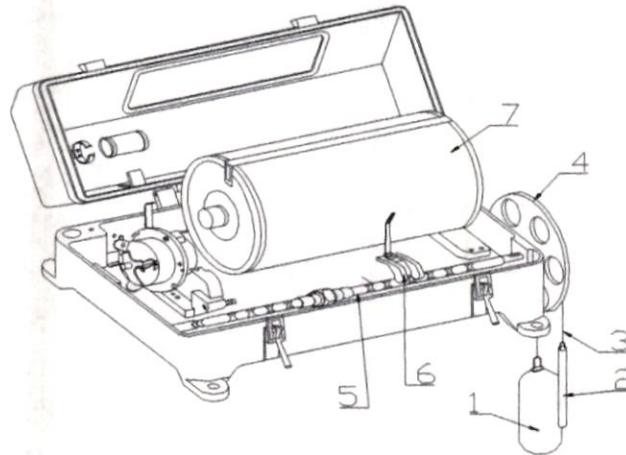
## 1.2.2 Limnógrafo mecánico

Este es el tipo de limnógrafo más usado en nuestra red de estaciones. El limnógrafo es un aparato inscriptor provisto de un mecanismo de relojería y de dispositivos que permiten dejar registradas las alturas limnimétricas en forma continua.

### Descripción del limnógrafo

A. *W.Gol*, describe en forma sencilla al limnógrafo, de la manera siguiente:

- un flotador (1) y contrapeso (2) los cuales con un cable (3) son conectados al
- dispositivo de reducción (4), el cual acciona
- al husillo con ranuras helicoidales (5), sobre el cual juega
- el dispositivo portaplumilla con plumilla (6)
- el tambor (7), que está colocado sea horizontalmente o verticalmente.



Estos limnógrafos produce una inscripción que debe retirarse a plazos fijos, dependiendo del sistema de relojería, puede completar una revolución en 32 días, en 1 semana ó 1 día y según esta disposición deberá efectuarse el cambio de la banda.

Existen asimismo, limnógrafos mecánicos de bobina, que tienen una autonomía de registro de tres meses.

Al colocarse el rollo deberá calibrarse la aguja inscriptora en coincidencia con la lectura de la escala o limnómetro, haciéndose la siguiente anotación.

- Estación .....
- Día.....
- Hora .....
- Lectura del gráfico .....
- Lectura de la escala .....
- Nombre del aforador.....

Igualmente la hora del gráfico debe coincidir con la hora real al colocar la banda.

Cada vez que se inspeccione la estación, debe observarse la banda y si hay diferencia ya sea en el nivel o en la hora, se debe hacer la corrección y finalmente dejar constancia en la banda.

Al retirarse una banda deberá volver a anotarse la indicación completa. En caso de diferencias apreciables, es necesario elaborar un informe al respecto.

### **1.2.2.1 Limnigrama**

El limnigrama es la línea que registra sobre la banda limnigráfica, en cada momento el valor del nivel o altura del río, o sea el gráfico representativo del trabajo útil del limnígrafo.

Este gráfico se da en coordenadas cartesianas siendo normalmente las abscisas los tiempos (en horas) y las ordenadas las alturas leídas o legibles en la escala anexa (normalmente, la mínima división apreciable en un centímetro).

Hay limnigramas para un día, una semana o treinta días, todos esos periodos han de reflejarse en la duración de la cuerda de los relojes.

Las curvas  $h = f(t)$  del limnigrama no tiene significación inmediata respecto a los caudales  $Q$ , del río si no se considera los aforos en la estación para obtener la curva altura – caudal.

### **1.2.2.2 Características funcionales**

Siguiendo las recomendaciones de la *Publicación N° 49 de la OMM*, los limnígrafos mecánicos deben reunir las siguientes características funcionales:

- a) deberá funcionar satisfactoriamente en las condiciones ambientales predominantes de temperatura y humedad relativa, correspondiente a las condiciones locales;
- b) todas las partes del limnígrafo estarán fabricadas a base de material resistente a la corrosión en condiciones de utilización a la interperie;

- c) el limnógrafo estará colocado dentro de una caseta resistente a la humedad, al polvo y a la interperie. La caja tendrá una ventana que permita el control visual del limnógrafo sin necesidad de abrirla;
- d) la tapa tendrá una ventana que permita el control visual del limnógrafo sin necesidad de abrirla;
- e) habrá un sistema de ajuste del movimiento para permitir la regulación con las condiciones de precisión;
- f) el papel utilizado deberá mantenerse estable dentro de unos límites relativamente estrechos en toda la gama de condiciones previstas de temperatura y humedad;
- g) si se utiliza una pluma con tinta ésta deberá producir un trazo fácilmente legible sin corrimiento. Si se utiliza un lápiz tendrá la dureza adecuada para producir un trazo legible;
- h) el reloj del limnógrafo debe ser intercambiable, con un sistema fácil para ser desmontado y transportado;
- i) errores de funcionamiento: generalmente, es causada por una variación de la profundidad de flotación del flotador cuando el nivel cambia con rapidez y con él cambia el peso del cable del flotador; también la falla puede darse por expansión y contracción del papel, y cuando se utiliza cable de flotador que no reúne las características de diseño.

### **1.2.2.3 *Mantenimiento del limnógrafo***

El instructivo para la instalación y el manejo del limnógrafo registrador OTT, recomienda:

- a) limpiar el aparato de vez en cuando, debiendo ponerse un cuidado especial en los filetes del husillo en cruz y las ruedas de transmisión, que se limpiarán con un pincel;
- b) no aceitar ninguna pieza del aparato;
- c) el mecanismo de reloj está lubricado con un aceite especial para funcionamiento a temperaturas hasta de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ello deberá tenerse en cuenta al hacer las revisiones necesarias.

### **1.2.3 *Instrumento de medición del caudal***

En nuestra red de estaciones hidrométricas aún no se está utilizando algún

equipo que mida directamente el caudal, de modo que se efectúan mediciones del caudal por el método área/velocidad.

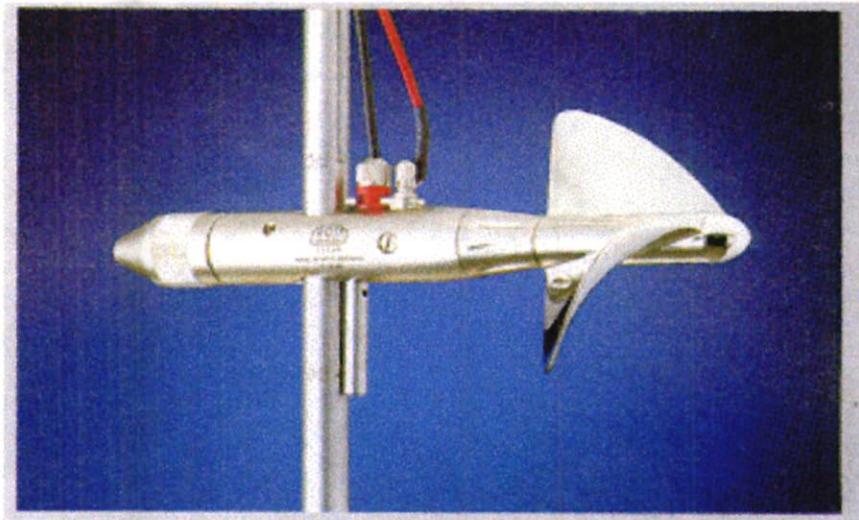
### 1.2.3.1 Molinete o correntómetro

Es un dispositivo que permite medir la velocidad de una corriente fluida a partir de la medición del número de revoluciones de una hélice o rotor, que es proporcional a dicha velocidad, de manera que:

$$V = K.n$$

Para ello es necesario conocer el coeficiente proporcionalidad **K** entre la velocidad **V** de la corriente y el número **n** de revoluciones del rotor, lo que significa que el correntómetro debe ser previamente calibrado. Esta calibración debe efectuarse en un Laboratorio que disponga de un canal de calibración o túnel aerodinámico.

El SENAMHI, en la actualidad, ha adquirido molinetes OTT de hélice con eje horizontal el C-31 y C-20, los cuales se utilizan según los caudales de los ríos. El primero para ríos con caudales altos (superiores a 1 m<sup>3</sup>/s) y el segundo para ríos con caudales bajos (menores que 1 m<sup>3</sup>/s).



**MOLINETE C-31**

#### **Descripción del molinete o correntómetro**

*Carrasco L.*, describe de manera general al correntómetro de hélice, constando de los siguientes elementos:

- rotor,
- soporte o cuerpo,

- percha a cable de sujección,
- aletas estabilizadoras,
- sistema eléctrico de detección de revoluciones,
- contador de revoluciones.

**El rotor** es una hélice estudiada aerodinámicamente y su rotación se realiza con el mínimo de rozamiento.

**El soporte o cuerpo** es el que alberga al sistema de rotación así como a los contactos que hacen posible el conteo de las revoluciones de la hélice.

**La percha o cable de sujección** (en algunos casos es una varilla metálica modular enroscable) permite sujetar el rotor con su soporte y colocarlo en un punto dado de la sección maniobrando desde la superficie. Cuando se desea medir velocidades importantes, la percha o cable de sujección debe permitir el uso de un peso adicional pisciforme de plomo para evitar el balanceo del correntómetro.

**Las aletas estabilizadoras** están ubicadas aguas abajo del rotor y tienen por finalidad evitar la formación de turbulencias y por lo tanto es un dispositivo estabilizador.

**El sistema eléctrico de detección de revoluciones** contiene en primer lugar contactos que se abren o se cierran cada revolución del eje del rotor o cada 5 ó 10 revoluciones. Estos contactos transmiten las señales mediante un circuito eléctrico a pilas o baterías a través de cables que van sujetos en la percha o cable de sujección y que al extremo estos impulsos son convertidos en señales ópticas (luz que se apaga y se enciende en una linterna p.e) o sónicas (ruidos captados en un audífono).

**El contador de revoluciones** es un dispositivo que sustituye al audífono o al fuente de luz. Puede ser del tipo electrónico, existiendo en el mercado diferentes tipos.

### 1.2.3.2 Condiciones de funcionamiento

- a) el equipo debe mediante la barra y la aleta estabilizadora, mantenerse alineado paralelo al flujo de forma que el elemento giratorio reaccione al movimiento de la corriente en forma prevista. Si el molinete está dotado de un sistema de suspensión, éste no deberá impedir el movimiento libre del molinete en el plano vertical para conseguir su alineamiento correcto con la corriente;

- b) el molinete debe ofrecer un mínimo de resistencia a la fuerza de la corriente;
- c) el rotor del molinete debe girar cuando la corriente lo ponga en movimiento, a una velocidad angular relacionada, en una magnitud determinada, con la velocidad de la corriente dentro de la gama de velocidades calibradas establecidas por el fabricante o el laboratorio de calibración, se establece las ecuaciones de calibración del correntometro;
- d) el molinete debe ponerse en movimiento con rapidez y registrar de manera coherente los cambios de velocidad; el fabricante debe establecer los tiempos de repuestos previstos.

### 1.2.3.3 Características de construcción

- a) las hélices deberán estar fabricadas con un material que impida su fácil deformación;
- b) el par resistente de los rodamientos deberá ser lo más pequeño posible y ser estable durante su utilización. La lubricación de los rodamientos deberá efectuarse con arreglo a las prescripciones del fabricante. Habrán de tomarse las medidas necesarias para mantener los rodamientos exentos de limo o agua;
- c) las revoluciones del rotor deben producir, bien sea por contacto mecánico o por dispositivos magnéticos ópticos o de otra clase, una señal clara o positiva para toda la gama de velocidades comprendida en el alcance efectivo del molinete.
- d) es importante seguir con las indicaciones del fabricante sobre conductividad máxima del agua en la que se pueda utilizar el molinete.
- e) para medir velocidades bajas, de deberá elegir la frecuencia de las señales transmitidas por el mecanismo de conteo de forma que queden reducidos al mínimo los errores en las mediciones de duración normal.
- f) para medir velocidades altas, si la frecuencia de las señales es tal que resulta imposible contenerlas o indicarles de manera adecuada, deberá proporcionarse un dispositivo para detectar las señales de entrada a las referidas velocidades.
- g) las piezas de repuestos del molinete deberán ser totalmente intercambiables con el fin de conseguir características uniformes de funcionamiento.

- h) como consecuencia del punto g) sólo se permitirá desviaciones superiores al 2 % respecto a la tabla de valores de calibración
- i) los molinetes deberán estar fabricados, en su totalidad con materiales convenientemente protegidos contra la corrosión causada en aguas naturales. Deberán construirse con la solidez necesaria para conservar.

#### 1.2.3.4 *Mantenimiento*

- a) el molinete deberá revisarse antes y después de proceder a cada una de las mediciones del caudal con el fin de comprobar si los rodamientos están desgastados o dañados, si la alineación del eje es adecuada, si el funcionamiento de los puntos de contacto es correcto y si hay deformación del armazón de la cazoleta, en el caso de molinetes de cazoletas, o de la hélice, en caso de molinete de hélice;
- b) durante la inspección, deberá ser posible montar y desmontar sobre el terreno el molinete, sin necesidad de utilizar instalaciones y servicios especializados de taller ni personal con formación profesional especializada. Las herramientas que se requiere para efectuar esta operación deberá suministrarse junto con los accesorios corrientes;
- c) antes de utilizarlo deberá comprobarse el molinete por medio de la verificación de señal con el fin de averiguar si el funcionamiento es correcto. Para esto bastará girar las cazoletas o hélice lentamente, y comparar el número de rotaciones con el número que indique el contador o señales audibles. Respecto a los molinetes provistos de generador, habrá que comprobar que la salida varía en función de la velocidad del rotor;
- d) el estado del molinete deberá de comprobarse durante una prueba de rotación antes y después de utilizarlo para la medición del caudal. La prueba de rotación se llevará a cabo de la siguiente manera:
  - se coloca el molinete en posición normal de funcionamiento, y se protege el rotor de la corrientes de aire;
  - se hace girar el rotor manualmente cuando se acerca al punto de reposo, se observa minuciosamente el movimiento para determinar si la parada del rotor se produce en forma brusca o gradual.



Si la parada es brusca habrá que indagar la causa y corregir el defecto antes de utilizar el molinete;

- e) se debe considerar las especificaciones del fabricante sobre la duración probable de la rotación correspondiente para los distintos tipos de molinete; por lo que la rotación deberá cronometrarse, consignarse y compararse con la duración mínima que se hubiera especificado;
- f) después de culminar con las mediciones o durante la misma en el caso de mediciones de larga duración, deberá limpiarse y lubricarse completamente todas las superficies de los rodamientos.

El lubricante que se utilice deberá ajustarse a las mismas especificaciones recomendadas por el fabricante;

- g) para el transporte y almacenamiento de las piezas de repuestos y de las herramientas de mantenimiento, estas deberá colocarse en una caja protectora apropiada;
- h) el operador del instrumental tendrá que considerar el manual de funcionamiento y servicio del molinete. El manual contendrá las instrucciones e ilustraciones que sean necesarias;
- i) el aforo debe planificarse a lo largo del intervalo comprendido entre el caudal mínimo de estiaje y el correspondiente a las crecidas máximas. Especialmente debe lograrse la medida de las crecidas poco frecuentes.
- j) los molinetes deberán recalibrarse periódicamente, en promedio, después de haberse utilizado por más de 300 horas continuas, por lo que es importante la planificación de la campaña de aforos.
- k) Para la calibración se debe enviar el correntómetro y accesorio, también es importante que si se intercambia piezas de repuestos se debe tratar de conseguir características similares a las originales a fin de evitar desviaciones superiores al 2 % de error respecto a los valores de calibración.

## **CAPITULO 2. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

### **2.1 Generalidades**

La estación hidrométrica es el lugar de observación en la cual se obtienen datos sobre el agua de ríos, lagos o embalses.

#### **2.1.1 Elementos que hay que observar**

En una estación hidrométrica se deberá observar uno o más de los elementos que se citan a continuación:

- a) nivel de agua de los ríos, lagos y embalses;
- b) caudal o flujo de las corrientes;
- c) transporte o depósito de sedimentos o ambos;
- d) temperatura y otras propiedades físicas del agua de un río, lago y embalses;
- e) características y extensión de la capa de hielo de los ríos, lago o embalse;
- f) propiedades químicas del agua de los ríos, lagos y embalses.

### **2.2 Tipos de estaciones hidrométricas**

En el presente capítulo del Manual describiremos a las estaciones hidrométricas de mediciones del nivel y caudal, que conforman la red hidrológica nacional del SENAMHI y el procedimiento de instalación.

#### **2.2.1 Estación limnimétrica**

La estación limnimétrica es el lugar donde se obtienen datos del nivel de agua durante la ejecución de un programa observacional. El instrumento de medición directa es el limnímetro, regla o escala.

La instalación de esta estación representa un bajo costo, sin embargo los datos no son continuos y precisos. Si se le presentara una crecida durante una hora que no coincida con el programa de observación, éste dato pasará desapercibido. A pesar de su poca eficiencia, es importante la colocación del limnímetro, por ser este elemento el más necesario y fundamental en todos los casos.

En cualquier estación, igualmente en las más completas, si durante una avenida o crecida extraordinaria se destruye, mientras subsista la escala hay posibilidad de salvar la estadística informativa que es, en definitiva, el objeto de su existencia.

Los datos de nivel al ser correlacionados con los datos de caudales obtenidos en las campañas de aforos o con el volumen de almacenamiento en embalses y lagos, los niveles del agua se utilizan como base para computar registros de caudal o cambios en el almacenamiento.

La sección donde deben colocarse los limnímetros debe cumplir con las normas de instalación y operación de instalaciones hidrométricas. Esta sección, por lo tanto, debe tener un curso tranquilo, sin remolino, ni resaltes ni estrechamiento y en sectores rectos del curso de agua.

Cuando en una sección existe únicamente limnómetro se exige como mínimo dos observaciones al día, motivo por el cual en las estaciones limnimétricas de la red del SENAMHI, el horario de observaciones es de 06:00 h; 10:00 h; 14:00 h y 18:00 h.

### ***2.2.2 Estación limnigráfica***

Este tipo de estación tiene como instrumentos de observación el limnógrafo y limnómetro.

El limnógrafo produce una inscripción que debe retirarse a plazos fijos en los limnógrafos de tambor. En el SENAMHI las estaciones limnigráficas están implementadas con limnógrafos marca A-OTT, R. FUESS, SEBA, STEVENS y NAKAASA.

### ***2.2.3 Estación de aforo***

La estación de aforo es el lugar donde se realizan con regularidad mediciones del nivel y caudal.

La medición del volumen de agua que pasa por una sección transversal de un río en la unidad de tiempo, en adelante el caudal, tiene por objeto correlacionar el nivel o altura de agua (h) con el caudal. Los resultados se llevan a una curva llamada curva de descarga o de calibración.

Para las mediciones del caudal se requiere de la instalación del limnómetro y/o limnigráficas y realizar actividades de aforo utilizando los molinetes o correntómetros.

Para efectuar los aforos con molinete se utiliza los siguientes métodos por vadeo, puente y cable con carro-huaro.

El método por cable y carro, requiere de una estructura compuesta de:

- a) cable vía;
- b) torres;
- c) machones de anclaje
- d) estructura para abordar el carro-huaro;
- e) carro-huaro o canastilla;
- f) cable marcador;
- g) cable de retenida

**El cable vía**, debe anclarse en sus extremos, para ello se requiere de la construcción de dos torres una a cada orilla, puede también construirse una sola torre a una orilla y macizo de anclaje en la otra y finalmente el cable se ancla en macizos de anclajes construido en cada orilla.

**Torres**, estas pueden ser de tubo de fierro de 4" de diámetro, de concreto armado o de madera y si la altura es menos de 2,5 m pueden ser rieles.

**Estructura para abordar el carro**, debe ser incorporado en la construcción de las torres.

**El carro huaro** transportará al hidromensor y ayudante para realizar los aforos. El carro-huaro deberá tener un techo, palanca de accionamiento y freno.

**Cable marcador**, para señalar los puntos donde irán las verticales, el cable se marca o pinta metro por metro a partir de un cero en la orilla alejado del nivel máximo del agua que debe permanecer fijo. En los casos en que el cable se flecte mucho, estas mediciones son incorrectas. Para lograr mediciones correctas de la distancia en horizontal se puede recurrir al uso de un cable auxiliar fijo de diámetro 1/8" llamado fichero en el cual se marcan las distancias con nudos o fichas numeradas pintadas de blanco.

**Cable de retenida**, es un cable auxiliar para mediciones de crecidas.

### **2.3 Identificación de la estación hidrométrica**

Las estaciones hidrométricas de observación, deberán identificarse, por lo que es necesario empadronar conteniendo la información siguiente:

- a) nombre de la cuenca;

- b) nombre del río;
- c) nombre de la estación;
- d) coordenadas geográficas;
- e) nivel de referencia o altitud de la estación;
- f) tipo de estación : aforo, limnigráfica, limnimétrica;
- g) elementos que se observa;
- h) instrumentos y/o equipos de observación;
- i) programa de observación;
- j) información sobre el control y regulación aguas arriba;
- k) antecedentes de la estación: fecha de inicio, reubicación, recategorización;
- l) nombre del observador, datos completos;
- m) accesos y croquis de la estación: distancias en kilómetros, medio de transportes y otros datos importantes.

## CAPITULO 3. INSTALACIONES HIDROMÉTRICAS

### 3.1 Generalidades

En este capítulo se facilitan las directrices detalladas sobre el establecimiento o instalación de una estación hidrométrica. Se incluye las disposiciones del Reglamento Técnico de la OMM, de la Guía de Prácticas Hidrológicas, así también se formulan algunas recomendaciones de textos y experiencias de especialistas del área.

### 3.2 Objetivo

El principal objetivo de la instalación de una estación hidrométrica es recopilar datos hidrológicos, para suministrar la información necesaria para evaluar, desarrollar y gestionar los recursos hídricos.

### 3.3 Procedimiento

#### 3.3.1 Reconocimiento de campo

El reconocimiento de campo es una etapa muy importante ya que en esta se elegirá el emplazamiento donde se ubicará la sección de la estación. Se tendrá en cuenta los accesos, características hidráulicas, disponibilidad de material de construcción y de un observador. El especialista al culminar el reconocimiento de campo elaborará un croquis de la zona, que será parte del expediente técnico.

##### 3.3.1.1 Sección de aforo

En estaciones de medición de caudales, para la elección del emplazamiento la *Guía de Prácticas Hidrológicas de la OMM*, especifica las siguientes características del lugar:

- a) curso del río debe ser recto 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo de la sección de aforo;
- b) la corriente total debe estar confinada en un solo cauce para todos los niveles y no deben existir corrientes subterráneas que eludan pasar por la estación de aforo;
- c) el lecho del río no debe estar sujeto a socavaciones o rellenos y estar libre de plantas acuáticas;
- d) las orillas deben estar libres de arbustos y deben ser

permanentes y lo suficientemente altas como para contener las crecidas;

- e) deben constatarse factores naturales inalterables como: afloramiento de roca en el fondo o en un cañón estable para el estiaje y un cauce encajonado para las crecidas o caídas o cascadas insubmersibles para todos los niveles de manera de tener una relación estable entre el nivel y el caudal. Si las condiciones naturales existentes no son satisfactorias para un control de aguas bajas, el sitio puede ser aprovechable para instalar un control artificial;
- f) se debe disponer de un sitio conveniente para alojar, inmediatamente aguas arriba del control, el registrador de niveles donde la posibilidad de daño por los cuerpos extraños (troncos, basura, piedra, etc), llevados por las aguas sean mínimos durante los niveles de crecida; la altura del registrador o limnógrafo debe estar por encima de toda crecida probable que pueda ocurrir durante la vida de la estación;
- g) el sitio elegido para la estación debe estar lo suficientemente aguas arriba de la confluencia con otro río o de los efectos de remanso para evitar toda influencia variable de otro río o del remanso sobre el nivel en el lugar de la estación de aforo;
- h) se debe disponer de una longitud de tramo satisfactorio para medir la descarga a todos los niveles. No es necesario que las medidas para aguas altas y para aguas bajas se efectúen en una misma sección transversal del río;
- i) el lugar deberá ser fácilmente accesible para una adecuada instalación y operación de la estación;
- j) si se requieren operaciones de telemetría, se debe asegurar la posibilidad de realizarlas;
- k) en el caso de la presencia de hielo, deberá ser posible registrar los niveles y medir los caudales;
- l) Una vez elegido el emplazamiento más aparente, se procederá a elaborar un mapa o croquis de la zona cercana a la sección elegida en donde se marcará la ubicación de la estación, vialidad, centros poblados, obstáculos, etc.

Diffícilmente se encontrará un sitio ideal para la estación hidrométrica, en realidad se deberán analizar los distintos sitios posibles, cada uno de los cuales tendrá sus inconvenientes por lo que se termina aceptando el emplazamiento con menos limitaciones, sobre todo caso el factor accesibilidad y disponibilidad de un observador.

### **3.3.1.2 Sección limnimétrica**

Cada sección de aforo debe contar con un limnómetro, el que debe ser observado periódicamente y el aforo debe referirse a las lecturas observadas.

Al respecto deben verificarse las siguientes condiciones:

- a) debe tratar de lograrse que el limnómetro se encuentre en la misma sección de aforo. Se aceptan reducidas distancias de separación siempre que en el trecho intermedio no existan aportes ni pérdidas significativas y siempre que ambas secciones ofrezcan las mismas características de escurrimiento; es importante considerar que los resultados de aforos son muy sensibles a cualquier cambio que ocurra en la sección limnimétrica.
- b) el aforo debe efectuarse en lo posible siempre en la misma sección. Sólo en casos excepcionales, por ejemplo, durante una crecida puede ejecutarse la medición en otro lugar. Es necesario, sin embargo, que entre esta sección y la sección de aforo no haya aportes apreciables de caudal. En caso que sea inevitable la presencia de algún pequeño aporte o salida entre la sección limnimétrica y de aforo, debe indicarse la magnitud de esta corriente;
- c) la sección de aforo debe ser establecida y marcada perpendicularmente respecto a la dirección de la corriente y a la orientación de las orillas. De esta manera podrá ser ubicada en cualquier momento y ocupada en la misma forma. Debe tener un banco de marca o nivel (BN), tanto de referencia vertical como horizontal.

### **3.3.2 Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realizará aguas arriba y aguas abajo de la sección elegida durante el reconocimiento de campo. Se realizará el cuadrillado topográfico cada metro. Este trabajo será referido a una cota de referencia arbitraria o absoluta.

Las poligonales y líneas topográficas que sirven de apoyo al levantamiento deben quedar debidamente señalados sea por medio de hitos o refiriéndolos a puntos inamovibles del terreno, como rocas sobresalientes y construcciones.

#### **3.3.2.1 Plano en conjunto**

Al respecto, *Cabrera y Yerrén*, manifiestan que con los datos e información

obtenida en el campo se iniciará la elaboración de los siguientes planos:

- a) plano topográfico y secciones transversales: el plano topográfico y secciones transversales, contendrá curvas de nivel, de metro en metro como mínimo, que abarquen las posibles secciones de aforo, secciones limnimétricas y secciones limnigráficas. En este plano debe presentarse un esquema panorámico que indique las zonas de accesos, distancias y direcciones a las poblaciones más cercanas, casa del observador, bancos de arena o ripio, troncos de árboles, puentes etc;
- b) plano del perfil longitudinal y las respectivas secciones transversales.

En el perfil longitudinal se indicará el nivel de agua que se encontró en el momento de efectuar el levantamiento, dejando constancia de la fecha en que se determinó dicho nivel, indicando también el sentido de la corriente, se indicará también el nivel del fondo del río.

En las secciones transversales, se indicará los niveles de estiaje y de aguas máximas. De ser posible se hará indicación de la naturaleza del material que constituyere tanto el lecho como las márgenes de cada sección transversal;

- c) Las escalas más recomendables son de 1: 1 000 a 1: 2 000 para la escala horizontal y de 1: 100 a 1: 500 para la escala verticales. Ver Anexo 2.

### **3.3.2.2 *Diseño constructivo de la estación hidrométrica***

Se elaborará el plano de la estación el cual debe contener los datalles para la instalación de la estación hidrométrica Los planos se referirán:

- a) corte transversal : se especificará la cota del nivel mínimo y máximo del río, detalles de la estructura de la losa de fondo y de la cimentación. Anexo 3.
- b) Plano de la estación limnimétrica, limnigráfica y/o de aforo
- c) Memoria descriptiva o Expediente técnico.
  - dimensiones de la caseta limnigráfica;
  - dimensiones del tubo limnigráfico y número de piezas de tubo;

- detalles de abrazadera anclaje;
- detalles del cono de reducción;
- especificar si es de toma directa o indirecta;
- detalle de la estructura de concreto (columna) y especificaciones técnicas;
- detalle de instalación limnimétrica, incluyendo especificaciones técnicas;
- diseño de la estructura para aforos por suspensión, tipo de cable vía, diseño del carro huario, diseño de las torres de anclaje o macizos de anclaje. Ver Anexo 3,4,5 y 6.

### **3.3.2.3 Ejecución de las obras**

Con la Memoria descriptiva o Informe técnico que incluye los planos respectivos se inicia la ejecución de las obras.

Las etapas de la ejecución de la obra serán las siguientes:

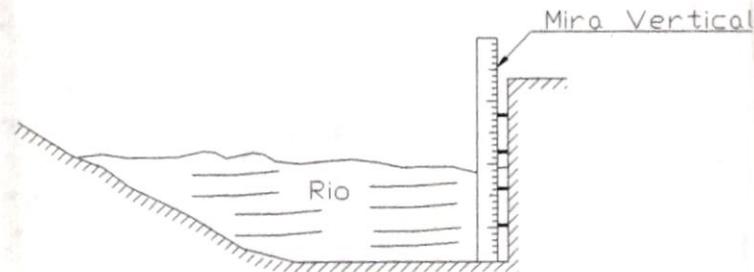
- a) Obras previas a la construcción:
  - transporte de materiales, equipos y herramientas;
  - contratación de personal
- b) ejecución:
  - excavaciones;
  - encofrados de muros y columnas;
  - armaduras de fierro;
  - vaciado de bases, muros, pasarela, etc.
  - acondicionamiento de barandas;
  - desencofrado, acabados y pintado;

### **3.3.2.4 Instalaciones limnimétricas**

- a) el limnímetro (s) debe cubrir la gama de niveles de la sección.

Los tipos de limnómetro instalados en nuestra red nacional son:

- Escala vertical. Este tipo de escala es instaladas en nuestros ríos de costa y sierra.



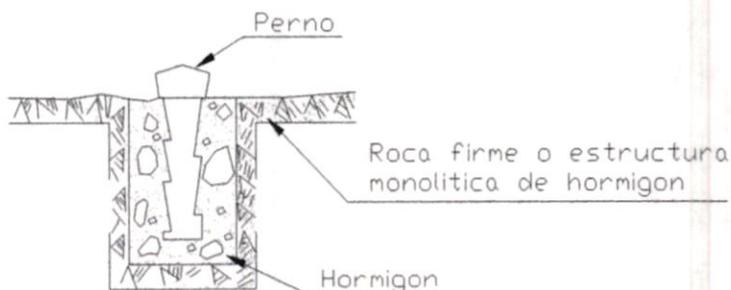
- Escalas por secciones. Son instaladas en nuestros ríos amazónicos, principalmente cuando la gama de niveles de agua rebasa la capacidad de una sola escala vertical.

c) La colocación de los limnómetros debe considerar lo siguiente:

- seguridad de que no se producirán cambios en su nivel. Para ello se recomienda su colocación adosados a rocas, machones de puentes o construir una estructura de concreto. En este último caso se debe tener un soporte de fierro en U y el maderamen, que en su conjunto debe colocarse antes del vaciado del concreto de la columna. Se obtienen grandes economías si se aprovecha la estructura del limnógrafo para adosarle el limnómetro;
- colocación del limnómetro de modo que no altere el flujo hidráulico. La colocación de la plancha debe ser paralela a la corriente. Se pueden aceptar desviaciones hasta  $45^\circ$  orientadas aguas abajo ó  $10^\circ$  orientadas aguas arriba;
- el limnómetro debe leerse con facilidad. Debe proveerse de facilidades de acceso para que la lectura del limnómetro se haga con comodidad y seguridad;
- los limnómetros deben estar relacionados con un punto; un punto de referencia (BM) a fin de verificar su cota periódica. Como punto de referencia puede usarse una roca grande que no pueda ser movida por el agua, en la cual se fije un clavo metálico destinado a asegurar la

constancia de la medición.

- En caso de no disponerse de una roca se debe usar un monolito artificial, localizado arriba de las aguas máximas y a resguardo de alteraciones.



### Colocación del banco de nivel

- la escala limnimétrica se situará preferiblemente cerca de la orilla para permitir la lectura directa del nivel;
- a) con el objeto de garantizar que las lecturas del nivel de agua, no resulten negativas, es necesario situar el cero de la escala de tal modo que quede por debajo de los niveles mínimos alcanzados por el agua.
  - b) Cuando sea posible, la lectura debe corresponder al cauce vacío, o lo que es igual, el cero debe estar localizado al nivel de la parte más profunda de la sección (se recomienda a 1 m debajo del nivel mínimo). En cauces inestables el cero debe quedar a un nivel inferior al de la parte más profunda de la sección, con el fin de que, aunque ocurran socavamientos no llegue a darse el caso de lecturas negativas;
  - c) la escala se colocará con los respectivos pernos al maderamen, debidamente nivelada (después de haber secado y armado la estructura);
  - d) el las escalas o limnímetros se ubicarán cerca de la salida, pero aguas arriba de la zona donde un incremento en la velocidad causaría un descenso del nivel del agua.

Una posición muy favorable para el B.N. la constituyen los macizos de anclaje del cable. Los B.N. deben nivelarse con respecto al nivel del mar .

cuando esto es factible. En caso contrario deben nivelarse mediante el uso de altímetros.

### 3.3.2.5 Instalaciones limnigráficas

En este tipo de estación se cuenta con un limnígrafo y limnómetro. La instalación de la estructura limnigráfica se realizará mediante el siguiente procedimiento:

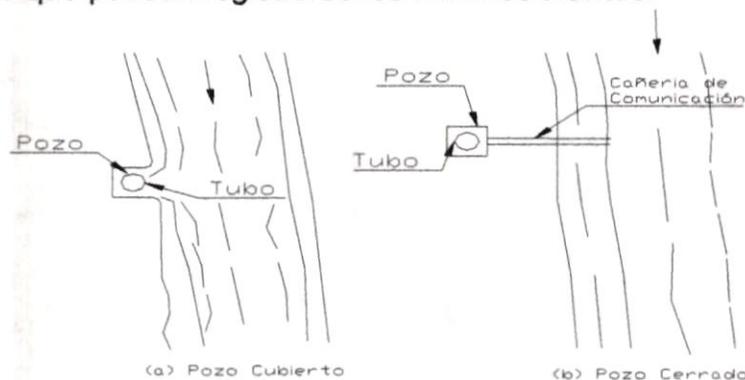
- a) el limnómetro debe ser instalado aprovechando la estructura del limnígrafo;
- b) los tubos y la caseta deberán ser confeccionados en fierro galvanizado para evitar la corrosión. Los pernos de sujeción deberán ser de material anticorrosivo;
- c) la caseta limnigráfica se unirá mediante pernos a una plancha de madera de 1 pulg. de espesor;
- d) se realizarán agujeros a la base de madera en forma coincidente con los agujeros de la brida de la boca superior del tubo limnigráfico, este conjunto caseta-tubo se unirá con pernos;
- e) el tubo limnigráfico standar debe estar conformado por módulos de 1 m ó 2 m cada uno. El tubo inferior va unido a un cono reductor que contiene conexiones para la entrada del agua y un mecanismo de limpieza. Todas las uniones entre tubos deben ser herméticas, para lo cual se utiliza las empaquetaduras necesarias;
- f) El limnígrafo se instala sobre la base de la caseta y se empernan, enseguida se nivela a fin de colocarlo horizontalmente. Es recomendable que la fibra de madera de la base esté transversal al eje longitudinal del limnígrafo;
- g) suspender el flotador en uno de los extremos del cable, sirviéndose de la pinza suministrada, y descenderlo hasta el agua. Cortar el cable del flotador a la longitud que resulte y montar la contrapesa. Longitud del cable del flotado: distancia desde el aparato al nivel inferior de las aguas + 2 m.

Pasar el cable del flotador alrededor de la polea guía y la rueda del flotador (ranuras interiores), dándole dos vueltas. Con aguas crecientes, deberá moverse el dispositivo registrador de izquierda a derecha. Si fuese necesario se girará para ello el dispositivo registrador haciéndole recorrer todo el husillo por el lazo inversor.

- h) se hará agujeros en la base de madera, por los cuales pasarán los cables del flotador y del contrapeso. Asegurar el flotador al cable del mismo y déjese caer hasta que repose en el agua. Colóquese el cable flotador en la garganta de la polea de flotación. Asegúrese en seguida el contrapeso al otro extremo del cable.
- i) al levantar el flotador, la pluma debe moverse hacia la derecha. La dirección del movimiento de la pluma con relación al movimiento del flotador puede invertirse, ya sea colocando el cable del flotador en el lado opuesto de la polea o haciendo girar la polea hasta que la pluma invierta la dirección de su movimiento. Este último procedimiento es el más indicado.
- j) Para fijar los tubos-caseta, se construirá una estructura de concreto si no hubiera un puente donde anclarlo.
- k) el montaje del tubo limnigráfico se efectuará ajustando los módulos mediante las abrazaderas ancladas a la columna. Estos tubos de 1 m ó 2 m (módulos) serán unidos entre sí por las bridas mediante pernos, cuidando que el conjunto quede vertical. Entre brida y brida deberá colocarse una empaquetadura de jebe, para evitar la corrosión y salida de agua.

Existen dos posibilidades básicas para la colocación del conjunto caseta-tubo:

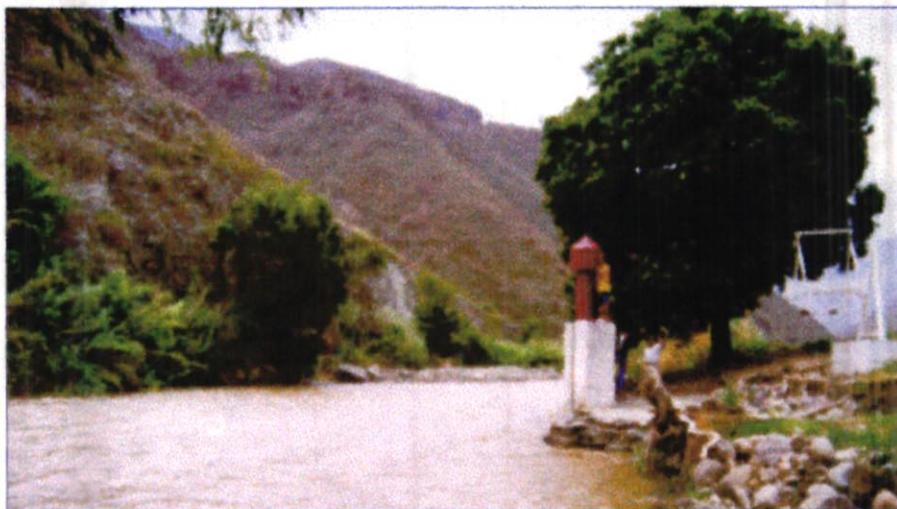
- a) toma directa: cuando el tubo del limnógrafo es colocado en el mismo cauce del río. En ríos que acarrean troncos y otras materias flotantes el tubo debe colocarse en una ensenada protegida (roca, etc.); (figura a);
- b) toma indirecta: en este caso se construirá un pozo de preferencia cuadrado de concreto armado en donde se instalará el tubo, el limnógrafo y accesorios. En el caso de emplearse un solo tubo de comunicación, este debe estar por debajo del nivel correspondiente al caudal mínimo, de tal modo que puedan registrarse los mínimos tirantes.



En el caso de instalarse dos o más tubos, el nivel inferior deberá estar por debajo del tirante del gasto nulo, y los siguientes, de acuerdo a las necesidades de la instalación, distanciados de 0,50 m a 1,0 m uno de otro. La razón del empleo de varios tubos, está en la necesidad de asegurar el flujo de agua entre el pozo y la corriente, ya que principalmente, en época de avenidas el tubo inferior puede obstruirse y no puede ser destapado de inmediato, (fig. b).

### **3.3.2.6 Instalaciones de aforo con molinete por suspensión**

- a) se instalará la estructura limnigráfica y limnimétrica, mediante las especificaciones expuestas anteriormente;
- b) se procederá a instalar el cable vía se debe anclar de una orilla a otra, en donde se encuentra las torres y/o macizos de anclaje. Ver anexo
- c) La operación se inicia fijando el cable con pernos Crosby (opresores), luego se tensa de la otra orilla con un tecele Yale. Una vez obtenida la tensión adecuada se colocan los pernos Crosby en el otro extremo. La tensión adecuada debe fijarse de acuerdo con la experiencia del operador.
- d) Colocar el carro-huaro en el centro, para ello una vez tensado se coloca el carro en el centro con carga completa y se mide la flecha comparando con el cable auxiliar de medida. Si esta es menos de la deseada se procede a aumentar el tensado. Es conveniente instalar un templador en uno de los extremos del cable para corregir la flecha en cualquier momento, dejando un anillo de seguridad para evitar fallas en caso de la rotura del tensor.



**Estación de aforo "Las Paltas" – río Puclush  
(afluente principal del río Jequetepeque)** 24

### 3.4 Capacitación de Observadores

Una vez culminada la ejecución de la obra de instalación de la estación hidrométrica se procederá a la capacitación del observador hidromensor con la finalidad de operar la estación a su cargo.

La *Guía de Prácticas Hidrológicas de la OMM*, recomienda que la capacitación sea verbal y escrita y además se fijará el sistema de transmisión de los datos.

a) Sobre la capacitación, ésta se orientará a los siguientes aspectos:

- breve descripción del instrumental, con gráficos;
- cuidado rutinario y mantenimiento preventivo del equipo y medidas que deben adoptarse en caso de averías importantes o de defectos de funcionamiento;
- modo de hacer las observaciones;
- horario de las observaciones;
- procedimientos para la verificación de tiempos y registros de las observaciones sobre las bandas;
- procedimiento de llenado de las planillas hidrológicas;
- forma de transmitir los datos y apreciaciones de ocurrencia de eventos extraordinarios o en caso de daños que puede suceder a la estación;
- forma de enviar la planilla.

b) Enlaces de transmisión

Se determinará el tipo de enlace de transmisión del observador de la estación con la Dirección Regional. Para ello se tendrán los siguientes factores:

- tipo de suministro de energía;
- existencia de servicio telefónico confiable;
- importancia de la instalación de un radio o un teléfono

Posteriormente se deberá seleccionar el sistema de transmisión, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- rapidez con que se necesitan los datos;
- ventajas de la transmisión por radio comparada con la transmisión mediante líneas terrestres durante las tormentas y crecidas, considerando que estos eventos podrían destruir los medios más convencionales de telecomunicaciones, en el momento mismo en que la información se necesita urgentemente;

Las instrucciones escritas se complementarán con la explicación verbal que realizará el especialista responsable de la instalación de la estación.

En las instrucciones se insistirá sobre la importancia que tiene las observaciones regulares, quizá con una breve descripción de cómo los datos que el observador proporcione se utilizan para la gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos, obras hidráulicas, para los pronósticos o estudios de regulación de crecidas, etc.

Es conveniente reiterarle al observador la necesidad de que no olvide rellenar los espacios correspondientes al nombre de la estación, río, coordenadas geográficas, fecha y firma.

Se insistirá también sobre la necesidad de que se comunique inmediatamente a la Dirección Regional para informar sobre problemas de la estación o eventos extraordinarios.

Es necesario capacitar a los hidromensores en la realización de aforos con flotadores.

### **3.5 *Los Observadores de estaciones limnimétricas (H-LM) deberán:***

- a) Realizar la limpieza del limnómetro y zona circundante previamente a la realización de las observaciones;
- b) realizar las observaciones ordinarias (mediciones del nivel) durante las 6h; 10 h; 14 h y 18 h locales;
- c) efectuar las mediciones de la altura de agua y la hora correspondiente, en forma correcta y veraz, evitando los datos estimados ni supuestos. En general, el nivel debe ser medido con una exactitud de un centímetro;
- d) anotar los datos obtenidos en la Planilla de Lectura de Mira – SENAMHI 12, de la siguiente manera:
  - Código de la estación : dato que será proporcionado por la Dirección Regional de su jurisdicción,

- tipo de estación : si la estación es limnimétrica se colocará las letras H-LM.
  - si la estación además de tener limnómetro tiene una estructura limnigráfica se colocará las letras H-LG. Si en la estación se realizan además aforos para el cálculo de caudales se colocará la palabra : AFOROS;
  - realizar el procesamiento primario de los datos de observación, en forma diaria, se sumará el nivel de las 06:00; 10:00; 14: 00 y 18:00 horas, el total obtenido será dividido entre 4 (cuatro), obteniendo así el nivel promedio diario;
  - el nivel promedio mensual se obtendrá sumando el nivel promedio diario y el total se dividirá entre el número de días del mes de la medición, que puede ser 30 ó 31 días, en el caso de febrero 28 ó 29 días;
- e) en el recuadro de Notas: escribir los problemas que se han producido como por ejemplo: con el limnómetro (números borrados, fractura, si estuviera flotando fuera de su sitio, etc.) o en caso de eventos hidrológicos extraordinarios (inundaciones o sequías),
- f) optar criterios técnicos para casos específicos como épocas de crecidas o inundaciones y estiaje, de acuerdo a la capacitación recibida.

### **3.6 Los Observadores de estaciones limnigráficas (H-LG) deberán:**

- a) Se llenará la Planilla de Lectura de Mira – SENAMHI 15 según lo indicado,
- b) operar con precaución el limnógrafo de registro continuo,
- c) antes de instalar el limnograma, deberá el observador indicar en el eje horizontal los números de días y en el vertical la altura de agua . En el reverso anotará lo siguiente:
- nombre y código de la estación;
  - nombre del río;
  - Dirección Regional;
  - escala del limnógrafo;

- fecha y hora de la colocación del limnigrama;
  - fecha y hora del retiro del limnigrama;
- d) instalar correctamente el limnigrama, evitando los hundimientos del papel;
  - e) la altura del agua que marca el limnímetro debe coincidir con el de la banda del limnígrafo (limnigrama). De no ser, se realizará inmediatamente el ajuste,
  - f) dar cuerda al sistema de relojería suavemente un poco antes del tope,
  - g) verificar periódicamente la banda y el correcto funcionamiento de la plumilla y del sistema de relojería,
  - h) reportar a la Dirección Regional en caso de registrarse el nivel máximo los probables riesgos a que estuviera expuesta la estructura y equipo limnigráfico,
  - i) reportar a la Dirección Regional en caso que el registrador esté fallando, falta bandas, daños en la estación, etc,

### 3.7 *Observadores de estaciones de aforo*

- a) inspeccionar el buen funcionamiento del molinete o correntómetro, debiendo ser posible desmontar y montar sobre el terreno, sin necesidad de utilizar instalaciones y servicios especializados de un taller, así también inspeccionar el buen funcionamiento del contómetro y cronómetro,
- b) realizar el trabajo de campo conjuntamente con el Auxiliar Hidrométrico I, quien es el ayudante del hidromensurador,
- c) se utilizará el formato de Control de Descarga-SENAMHI 15, de la siguiente manera:
  - estación : nombre de la estación a cargo del Observador;
  - río: nombre del río en donde se está realizando las mediciones;
  - cuenca : proveniente del nombre del río;

- Centro Regional : referida a la Dirección Regional de la jurisdicción;
  - hora inicial: indicar el tiempo en que se da inicio al aforo;
  - hora final: indicar el tiempo de culminación del aforo;
  - lectura de escala inicial : nivel que indica el limnómetro al iniciar el aforo; final : nivel que indica el limnómetro al finalizar el aforo; promedio: sumatoria del nivel inicial y final dividido entre 2;
  - correntómetro N° : según indica la fabricación;
  - hélice N° 1: utilizado para velocidades bajas;
  - hélice N° 2: utilizado para altas velocidades;
  - lastre o denominado escandallo: se referirá al contrapeso ej: 25 kg;
  - revolución por señal : especificación dada por el observador;
  - aforador: anotará el nombre del aforador (observador).
- d) el proceso de aforar constará de dos etapas : la primera es la del trabajo de campo y la segunda es la de los cálculos que se hacen en la Oficina o Gabinete,

- Trabajo de campo:

Elegir el método de aforo : vadeo, suspensión utilizando correntómetro o flotadores, en función a la profundidad del agua.

La medición de la velocidad de flujo en un río puede medirse utilizando el molinete o correntómetro. Las operaciones puede realizarse por vadeo, en este caso se puede ingresar al mismo lecho del río, también se puede realizar desde un puente o carro huaro.

No es preciso de que las mediciones se haga en el lugar exacto donde se ha instalado la estación de aforo, ya que el caudal es normalmente el mismo en sus proximidades en el cauce recto.

- Trabajo de oficina

Cálculos y llenado de planilla para determinar las variables hidráulicas área y velocidad, que permitirán computar el caudal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A.W. Gol, 1964. Instrumentos Meteorológicos, 2° Edición. Servicio de Meteorología y Comunicaciones, Ministerio de Venezuela, pp 180-187 OMM 1988. Reglamento Técnico de la OMM, Volumen III, OMM-N° 49, pp An.1, An 5.
2. Rafael Heras, 1972. El Ciclo Hidrológico – N° 2, pp 334-422.
3. Pareja Carlo, 1973. Ubicación y construcción de estaciones hidrométricas.
4. OMM, 1979. Manual de Instrucciones Hidrometría. Proyecto de los Servicios Hidrometeorológicos en el Istmo Centroamericano. San José, Costa Rica.
5. Reyes Carrasco, 1992. Hidrología Básica, pp145-155.
6. SENAMHI, 1993. Instrucciones para Instalación y el Manejo de Limnógrafo Registrador OTT Tipo X (20.100 y 20.150).
7. OMM 1994. Guía de Prácticas Hidrológicas, 5 ° Edición, Volumen I, OMM – N° 168. Quinta Edición.
8. Chavez Rosendo, 1994. Hidrología para ingenieros, pp 7-10, 7-15
9. Yerrén Jorge, 1997. Diseño de la estación de aforos "Puente Magdalena", río Chillón.
10. Cabrera Luis, 1999. Diseño de la estación de aforos "Picota", río Huallaga.

## **ANEXOS**

- A.1 Definiciones de términos
- A.2 Ejemplo de diseño de la estación hidrométrica "Puente Magdalena"
- A.3 Ejemplo de diseño de la estación H – "Picota"
- A.4 Cálculo de calbes
- A.5 Detalles de la estación limnigráfica
- A.6 Ejemplo de diseño de carro-huaro, para ser adaptado a una estación de aforos

## DEFINICIONES DE TERMINOS

Es importante la uniformización de las definiciones de términos hidrológicos entre los especialistas y todos aquellos que estén vinculados al campo de la hidrología y recursos hídricos, por tal motivo las definiciones contenidas en el presente Manual han sido extraídos del Glosario Hidrológico Internacional, editado por la Organización Meteorológica Mundial-OMM y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura-UNESCO.

**Afluente.** Curso de agua que desemboca en un curso mayor o en un lago.

**Aforo.** Conjunto de operaciones para determinar el caudal en un curso de agua para un nivel observado.

**Aguas arriba.** En dirección hacia la cabecera de un río o curso de agua.

**Aguas abajo.** En la dirección de la corriente en un río o curso de agua.

**Aprovechamiento del agua.** Utilización o alteración de la condición natural del agua con la intención de aumentar la producción de bienes y servicios.

**Caudal de agua.** Es el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo.

**Caudal máximo.** Caudal máximo instantáneo para un hidrograma dado.

**Cota de referencia.** Marca permanente, natural o artificial, en una cota conocida respecto de un origen adoptado.

**Cursos de cabecera.** Corrientes de agua que nacen en las fuentes de un río.

**Curva de caudales.** Curva que muestra la relación existente entre el nivel y el caudal de un curso de agua en una estación hidrométrica.

**Datos históricos.** Datos hidrológicos y meteorológicos referentes a ocurrencias en el pasado.

**Embalse.** Emplazamiento, natural o artificial, usado para el almacenamiento, regulación y control de los recursos hídricos.

**Estación básica (estación permanente).** Estación hidrométrica en la que se observan durante un período de varios años uno o varios elementos, teniendo en cuenta la importancia de dichos elementos en el entorno físico. La estación está generalmente equipada con instrumentos de registro.

**Estación climatológica para fines hidrológicos.** Una estación establecida en una cuenca de drenaje especialmente para aumentar la red climatológica existente, con el fin de satisfacer las necesidades hidrológicas.

**Estación de aforo.** Lugar en un curso de agua en el que se hacen con regularidad mediciones

**Estación de observación hidrológica.** Es el lugar donde se efectúa observaciones hidrológicas o climatológicas para fines hidrológicos.

**Estación hidrológica para fines específicos.** Estación hidrológica establecida para la observación de uno o varios elementos específicos, necesarios para la investigación de los fenómenos específicos.

**Estación hidrométrica.** Estación en la cual se obtienen datos del agua, en los ríos, lagos y embalses, de uno o varios de los elementos siguientes: niveles, flujo de las corrientes, transporte y depósito de sedimentos, temperatura del agua y otras propiedades físicas del agua, características de la capa de hielo y propiedades químicas del agua.

**Estación hidrométrica principal.** Estación en la cual se observan, durante numerosos años, uno o un cierto número de elementos, teniendo en cuenta la importancia de los mismos en relación con el medio ambiente físico. Habitualmente este tipo de estación está dotado de instrumental registrador.

**Estación hidrométrica secundaria.** Estación hidrométrica establecida únicamente para que funcione durante un número limitado de años, con el fin de complementar la red básica de estaciones hidrométricas principales.

**Lecho.** Parte inferior de un cauce.

**Hidrograma.** Gráfico que muestra la variación con respecto al tiempo del nivel, del caudal o de la velocidad u otras características de las corrientes de agua.

**Molinete.** Instrumento para medir la velocidad de un punto.

**Nivel de agua.** Altura que alcanza la superficie del agua de una corriente, lago u otra masa de agua con relación a una determinada cota.

**Nivel de referencia.** Distancia vertical del cero de una escala en relación a una cota determinada.

**Variable hidrológica.** Variable relativa al ciclo hidrológico como por ejemplo nivel de aguas (altura), caudal o precipitación.

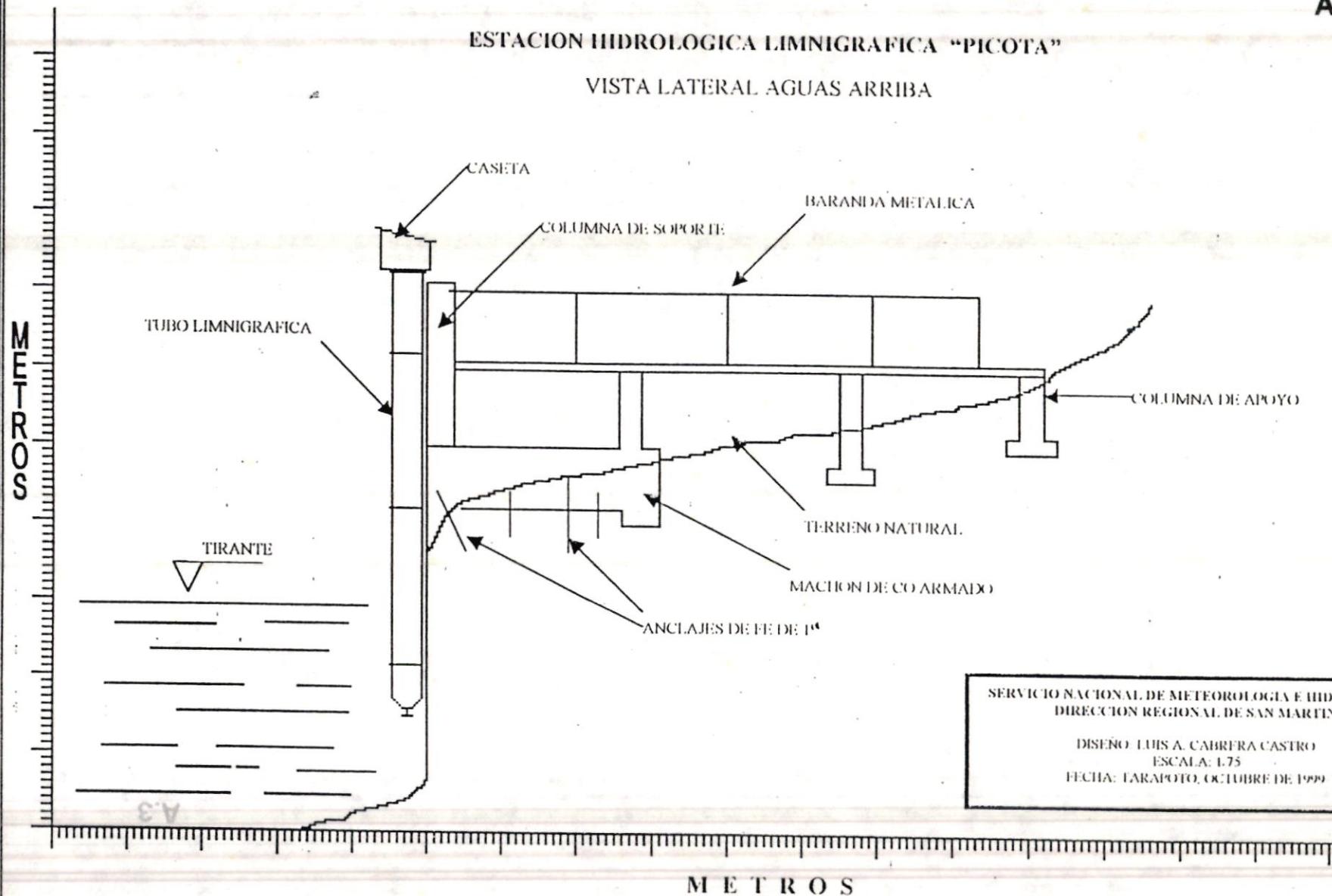
**Tanque de calibración.** Tanque que contiene un líquido tranquilo (agua) a través del cual se desplaza el molinete a velocidades constantes para calibrar el equipo.

**Zona de inundación.** Terreno adyacente y casi al mismo nivel que el cauce del curso de agua, que sólo inunda cuando el caudal excede la capacidad del caudal.

**Zonalidad de los fenómenos hidrológicos.** Modificación de las características hidrológicas principalmente en función de la altitud, latitud y condiciones locales.

ESTACION HIDROLOGICA LIMNIGRAFICA "PICOTA"

VISTA LATERAL AGUAS ARRIBA



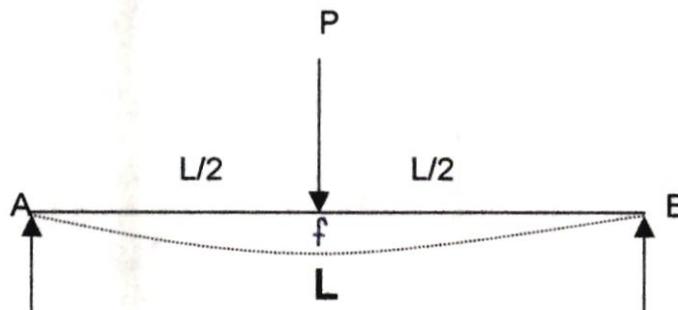
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA  
DIRECCION REGIONAL DE SAN MARTIN  
DISEÑO: LUIS A. CABRERA CASTRO  
ESCALA: 1:75  
FECHA: TARAPOTO, OCTUBRE DE 1999

## CALCULO DE CABLES

### Cálculo teórico

Se supone un cable anclado o apoyado en sus extremos los que los que se encuentran a una misma cota.

- $L$  = Luz apoyo;  
 $f$  = Flecha del cable;  
 $L1$  = Longitud del cable;  
 $q$  = Peso del cable en kg/m  
 $p$  = Carga puntual a la que está sometido el cable;  
 $L_{\text{máx}}$  = Luz máxima para un cable determinado



Posición de la carga

La longitud del cable valdrá:

$$L1 = L ( 1 + 8 / 3 k^2 - 32 / 5 k^4 )$$

Siendo :

$$K = f / L$$

Las características de los cables dependerán de la marca de cables, en caso contrario se puede considerar las características según el Cuadro N° 1.

## CUADRO N° 1

### CARACTERISTICAS DE LOS CABLES

| Diámetro<br>Pulgada | Tipo   | Peso por m<br>kg/m | Carga fractura<br>Qf (kg) | Carga admisible<br>1/3 Qf(kg) |
|---------------------|--------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 5 / 8 "             | 6/7/1  | 0,820              | 14 700                    | 4 900                         |
| 3 / 4               | 6/19/1 | 1 300              | 23 000                    | 7 666                         |
| 7/8                 | 6/19/1 | 1 770              | 32 000                    | 10 833                        |
| 1                   | 6/19/1 | 2 200              | 42 000                    | 14 166                        |
| 1 1/8               | 6/19/1 | 2 620              | 52 500                    | 17 500                        |

Como carga admisible se tomará 1 /3 de la ruptura

Carga puntual . Se considerará la siguiente carga puntual:

|               |           |
|---------------|-----------|
| 2 hombres     | 180 kg    |
| 1 carro-huaro | 60        |
| 1 escandallo  | 60        |
| varios        | <u>25</u> |
| <u>Total</u>  | 325 kg    |

Considerando el factor dinámico, viento, etc., se tomará:

650 kg

La luz máxima para un cable determinado ( $L_{m\acute{a}x}$ ) se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{8 H_{ad} K}{Q} - \frac{1300}{q} \quad (1)$$

La flecha que se dé al cable sólo puede variar entre

$$0,01 < K < 0,05$$

Donde:

- L máx = longitud máxima entre apoyos en metros (m)
- H ad = 1/3 Q rup = carga admisible en kg
- Q rup = carga de ruptura dada por el fabricante, en kg
- K = flecha, en tanto por ciento de la luz
- q = peso del cable por metro lineal kg/m

La ecuación (1) corresponde a la ecuación de una recta del tipo  $y = ax + b$  para tipo de cable.

En el cuadro N° 2 se indican las ecuaciones para cada cable

## Cuadro N° 2

| Cable   | H adm. ton | kg q/m | Ecuación              |
|---------|------------|--------|-----------------------|
| 5 / 8 " | 4,90       | 0,82   | Lmáx = 47805 K - 1585 |
| 3 / 4 " | 7,67       | 1,30   | Lmáx = 47146 K - 1000 |
| 7 / 8 " | 10,83      | 1,77   | Lmáx = 48966 K - 734  |
| 1 "     | 14,17      | 2,20   | Lmáx = 51511 K - 591  |

Cálculo de la flecha del cable para su propio peso de forma que al estar cargado dé la flecha del cálculo.

Suponiendo que el cable no se alarga cuando estando sometido a su peso propio es sometido a una carga central debido al peso del carro de aforo cargado, y suponiendo que el cable, de su forma aproximadamente parabólica pasa a tener forma triangular se llega a la relación:

$$f_p = 0,866 f_T$$

Siendo:

$f_p$  = Flecha del arco parabólico

$f_T$  = flecha del triángulo

o lo que es igual, considerando el porcentaje de la flecha respecto a la luz,

$$K_p = 0,866 K_T$$

Para obtener la flecha del cable sin carga, habiéndose dado la flecha que se desea tener con el carro en el centro, se opera de la siguiente forma:

Supóngase una luz de :

$$L = 155 \text{ m}$$

Se desea una flecha máxima con el carro en el centro de :

$$f_T = 4,5 \text{ m}$$

Luego :

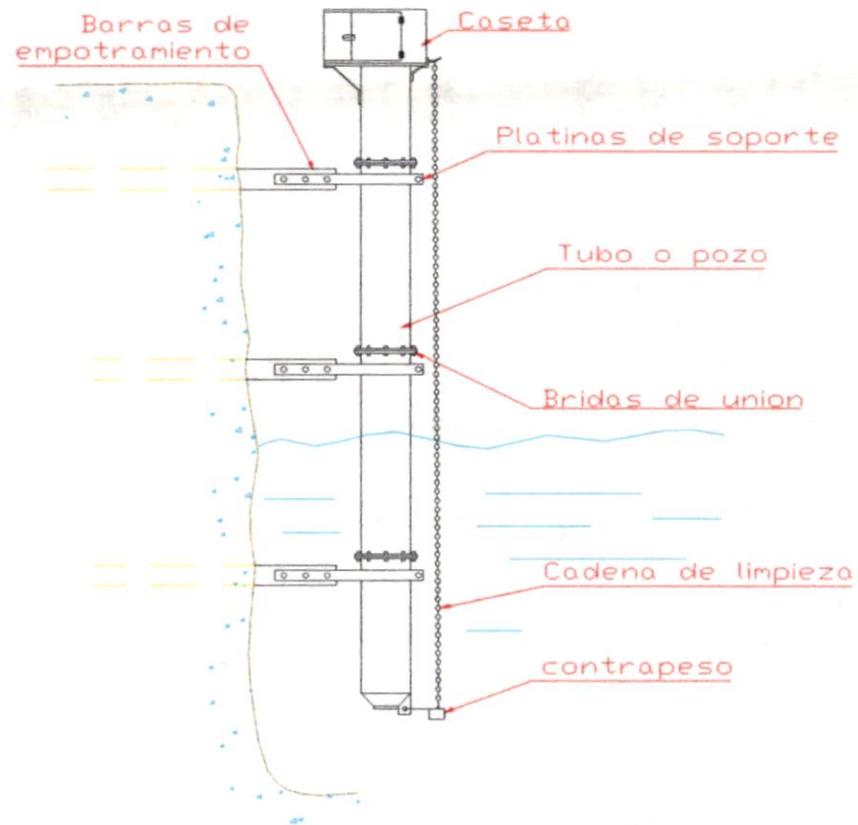
$$K_T = \frac{f_T}{L} \times 100 = 2,9 \%$$

Aplicando la ecuación dada anteriormente tenemos:

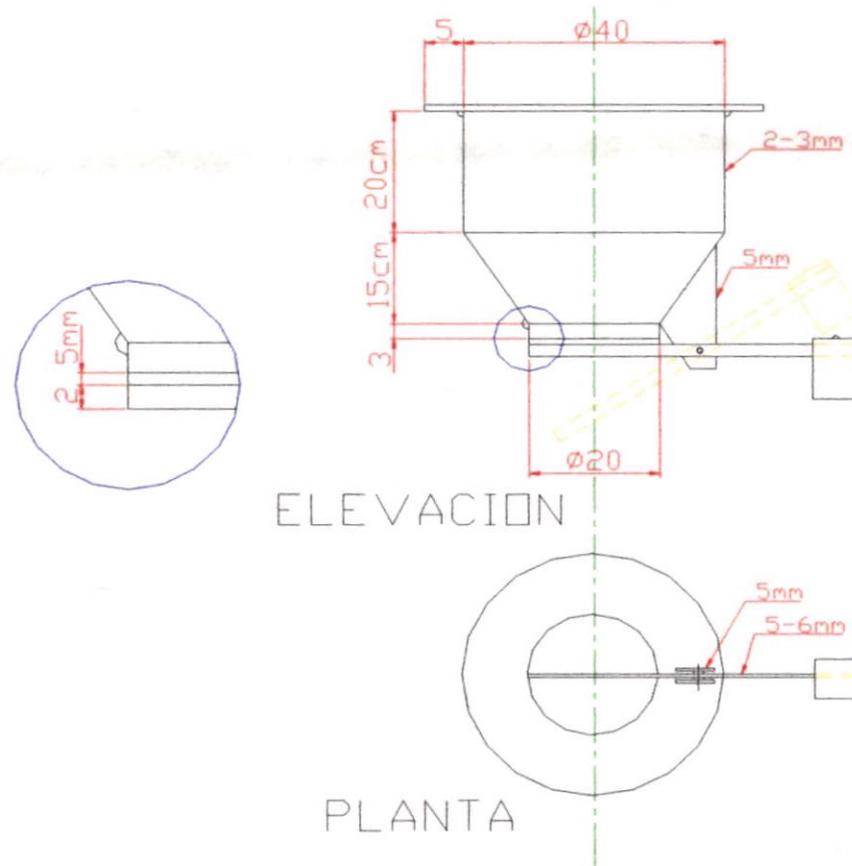
$$F_p = 0,866 f_T = 0,866 \times 4,5 = 3,90 \text{ m}$$

En este caso se necesitará un cable de ¾ "

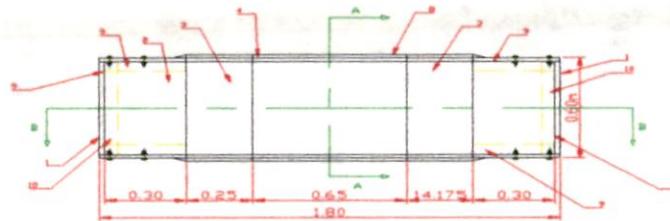
### DESTALLES DE LA ESTACIÓN LIMNIGRÁFICA



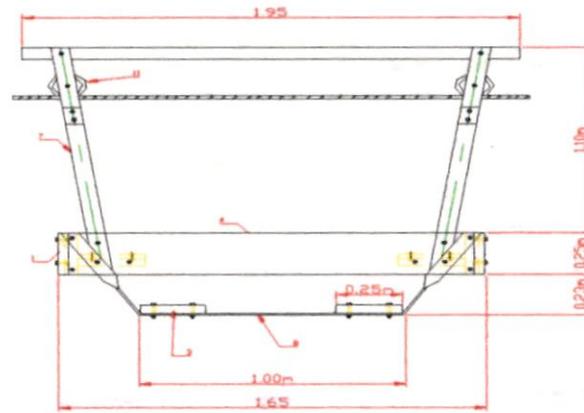
# DETALLE DEL TERMINAL INFERIOR



DISEÑO DEL CARRO - HUARO

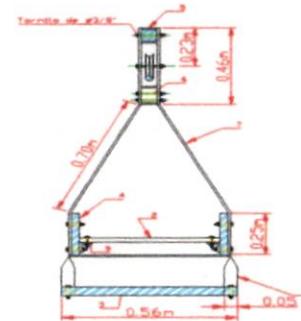


PLANTA  
ESCALA: 1:10



CORTE B-B  
ESCALA: 1:25

CANASTILLA



CORTE A-A  
ESCALA: 1:10

