



Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica

**PLAN PARA INSTALACION, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE ESTACIONES  
HIDROMETEOROLÓGICAS DE LAS CUENCAS DE LAS  
QUEBRADAS TACAGUA Y LA ZORRA Y EL RÍO MAMO.  
ESTADO VARGAS  
CORPOVARGAS-UE**

AGOSTO, 2005

*Abraham A. Salcedo Castillo*  
Tel: 04168158537/ Ofic. 6053039/6053049  
e-mail: [salcedoa54@gmail.com](mailto:salcedoa54@gmail.com)



<b>PLAN PARA INSTALACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DE LAS CUENCAS DE LAS QUEBRADAS TACAGUA Y LA ZORRA Y EL RÍO MAMO. ESTADO VARGAS</b>	<b>3</b>
<b>CORPOVARGAS-UE</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
<b>2 TIPOS DE ESTACIONES A INSTALAR</b>	<b>3</b>
2.1 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS	4
2.2 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS	4
2.3 ESTACIONES HIDROMÉTRICAS	4
<b>3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS SITIOS PARA LA INSTALACIÓN DE LAS ESTACIONES</b>	<b>5</b>
3.1 CRITERIO DE DENSIDAD	5
3.2 CRITERIO DE ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA:	6
3.3 CRITERIO DE PERÍODO DE REGISTRO	6
3.4 CRITERIO DE GARANTÍA DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN	6
<b>4 SITIOS SELECCIONADOS PARA LA INSTALACIÓN DE LAS ESTACIONES</b>	<b>7</b>
<b>5 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS.</b>	<b>10</b>
5.1 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS	10
5.2 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS	10
5.3 ESTACIONES HIDROMÉTRICAS	10
<b>6 OPERACIÓN EN LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS</b>	<b>10</b>
6.1	15
6.2 RESPONSABILIDADES DEL OPERADOR	16



<b>7</b>	<b><i>MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS</i></b>	<b>17</b>
7.1	<b>VISITAS DE MANTENIMIENTO</b>	17
7.2	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR EN EL MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES</b>	17
7.3	<b>MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS Y CLIMATOLOGICAS</b>	19
7.4	<b>MANTENIMIENTO DE LOS POZOS DEL SENSOR DE PRESIÓN DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS</b>	25
7.5	<b>RESPONSABILIDADES DEL MANTENEDOR</b>	25
7.6	<b>PLANILLAS</b>	26
<b>8</b>	<b><i>RUTAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</i></b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b><i>PLAN DE MEDICIONES EN LOS CAUCES</i></b>	<b>35</b>
9.1	<b>MEDICIONES EN LOS CAUCES</b>	35
9.1.1	<b>MÉTODOS DE AFORO</b>	36
9.2	<b>LOGÍSTICA DE LAS CAMPAÑAS DE AFORO</b>	48
9.3	<b>MATERIALES Y EQUIPOS REQUERIDOS</b>	49
9.4	<b>ANÁLISIS DETALLADO DE LAS RUTAS DE AFORO</b>	51
<b>10</b>	<b><i>FOTOS DE LOS SITIOS DONDE SE INSTALARAN LAS ESTACIONES</i></b>	<b>56</b>
<b>11</b>	<b><i>MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES</i></b>	<b>65</b>
	<b><i>BIBLIOGRAFÍA</i></b>	<b>66</b>

**PLAN PARA INSTALACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE  
ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DE LAS CUENCAS DE LAS  
QUEBRADAS TACAGUA Y LA ZORRA Y EL RÍO MAMO. ESTADO  
VARGAS  
CORPOVARGAS-UE**

## **1 INTRODUCCION**

La instalación, operación y mantenimiento de una estación hidrometeorológica debe tomar en cuenta numerosos aspectos inherentes tanto a las características propias del sitio donde está ubicada, como el objetivo que se persigue con dicha instalación. El análisis de estos aspectos determinará, que su operación y la calidad de los datos obtenidos sean los más adecuados.

Con el desarrollo de la tecnología en el campo de los microprocesadores y la miniaturización de los circuitos electrónicos, la tendencia a escala mundial ha sido la de sustituir los equipos convencionales por unidades electrónicas automáticas, las cuales brindan una serie de ventajas, entre las que destacan su mayor autonomía, calidad del dato, facilidad de procesamiento, información en tiempo real y mayores posibilidades para explotar el recurso informativo que de allí se puede generar. Sin embargo, pese a todas estas ventajas que presentan este tipo de equipo, las tareas de operación y mantenimiento se deben realizar para asegurar que los datos que se obtengan sean de excelente calidad y evitar sobre todo cualquier falla por parte de los equipos.

Con este contenido se pretende que este Plan de Instalación Operación y Mantenimiento sea una guía y constituya una herramienta útil para los profesionales y técnicos que tengan bajo su responsabilidad esta tan importante actividad en las estaciones climatológicas, pluviométricas e hidrométricas automáticas y con transmisión telemétrica

## **2 TIPOS DE ESTACIONES A INSTALAR**

Las estaciones están concebidas para poder efectuar mediciones representativas según el tipo de estación en cuestión y los requerimientos de información que se deseen. La mayoría de los parámetros meteorológicos pueden medirse con equipos automáticos, los cuales pueden efectuar y transmitir las observaciones y son estos los más adecuados para la implantación de un sistema de alerta temprana, ya que la información por ellos generada es

en tiempo real. En las cuencas de las quebradas Tacagua y La Zorra y el Río Mamo se ha considerado instalar los siguientes tipos de estaciones.

## **2.1 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS**

Consisten en una serie de equipos, instalados dentro de un área determinada, con el objeto de medir: temperatura, humedad, viento, precipitación y radiación. El producto final es la obtención de información de los diferentes parámetros climatológicos de manera obtener información en tiempo real y al mismo tiempo conformar el banco de datos con sus respectivas estadísticas.

## **2.2 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS**

Las estaciones pluviométricas consisten en el instrumento, instalado dentro de un área determinada, con el objeto de medir la cantidad de lluvia que cae en un sitio en un momento dado.

Se pueden realizar mediciones periódicas por largos periodos de tiempo para generar bancos de datos y así determinar las condiciones prevalecientes, variaciones, extremos y tendencias.

## **2.3 ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

Se llaman estaciones hidrométricas a los sitios donde se registra en forma continua los niveles de agua de un curso o río, en determinada sección, con el fin de calcular una relación entre nivel y caudal y obtener una medición continua del caudal.

Las estaciones hidrométricas, además del equipo de niveles, están constituidas por un tramo del cauce llamado tramo de aforo, donde se practican todas las operaciones de aforo y en el cual están localizadas las siguientes partes:

**Reglas graduadas o miras**, las cuales están debidamente relacionadas a un punto de referencia altimétrica o BM, que se utilizan para medir el nivel de agua en cualquier momento. También debe ubicarse el medidor de picos, el cual registrará las crecientes.

Una estructura de aforo, que puede ser puentes, pasarelas o canastilla, se utiliza o destina especialmente para hacer la medición de velocidades en distintas verticales de la sección llamada **estructura de aforos**.

### **3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS SITIOS PARA LA INSTALACIÓN DE LAS ESTACIONES**

Una Red Hidrometeorológica es un conjunto de estaciones bien definidas, ubicadas en una región, con la finalidad de obtener un registro histórico de datos y que caracterizan el comportamiento en el espacio y en el tiempo de los diferentes elementos meteorológicos que pueden incidir directamente en el comportamiento hídrico de alguna región en estudio.

Para la instrumentación de la red de estaciones hidrometeorológicas se adoptaron los siguientes criterios:

#### **3.1 CRITERIO DE DENSIDAD**

Cada una de las observaciones que se realicen serán útiles a medida que sean representativas de la zona circundante. Cuanto mayor sea el número de estaciones en una región determinada, más precisas serán las observaciones suministradas por la red. Sin embargo, es imposible definir una densidad uniforme y entre los factores que determinan la densidad idónea, los más importantes son las características fisiográficas e hidrológicas, especialmente la variabilidad local de la precipitación y del régimen hidrológico, y la naturaleza de la hidrografía, además influyen la densidad de la población, actividades económicas.

Tomando en cuenta todas estos factores y luego de los estudios de las características fisiográficas y los análisis de las variables hidrometeorológicas se establecieron los sitios preliminares de ubicación de las estaciones hidrometeorológicas correspondientes a las cuencas de las quebradas Tacagua y La Zorra y el río Mamo.

### **3.2 CRITERIO DE ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA:**

La distribución espacio- temporal de los elementos está directamente relacionada con la situación geográfica y las condiciones fisiográficas del área y muy marcadamente por aquellos controles climáticos a escala regional determinados por los pisos altitudinales, ubicación y disposición de los relieves significativos con relación a la circulación atmosférica.

En consecuencia en una región dada, la estimación de un elemento hidrometeorológico, a partir de medidas puntuales implica un cierto grado de incertidumbre, que dependerá de la densidad y distribución de la red de estaciones; tamaño, naturaleza y topografía del área y del método adoptado para evaluar los datos.

### **3.3 CRITERIO DE PERÍODO DE REGISTRO**

Se ha estudiado con mucho interés la ubicación de las estaciones preexistentes, ya que los periodos de registro de estas estaciones son importantes para los análisis de consistencia de las estadísticas, es decir, determinar la calidad de los datos obtenidos de las nuevas instalaciones. Sin embargo, dentro de las instalaciones previstas se tienen ubicaciones nuevas las cuales según los estudios realizados presentaban vacíos de información, espacial y temporal, lo que permitirá tener mejor cobertura de los análisis de los parámetros meteorológicos.

### **3.4 CRITERIO DE GARANTÍA DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN**

Otro de los criterios estudiados con mucho cuidado y comprobado luego con las visitas de campo es que las nuevas estaciones puedan generar datos de buena calidad y a largo plazo. Una estación ubicada correctamente, evitará problemas futuros durante su operación y mantenimiento. Se seleccionó, en forma preliminar, los sitios más favorables donde podrían ubicarse las estaciones en la cartografía disponible, en campo se verificaron las facilidades de acceso al área elegida, tanto en período de lluvia como de estiaje, y se estudió las rutas de acceso para la futura operación y mantenimiento.

Otro aspecto importante que se tomó en cuenta es el acceso y la seguridad de los equipos, para ello deben tomarse en cuenta las vías de paso que aseguren un relativo fácil acceso a

las instalaciones y de esta manera realizar las labores de mantenimiento sin mayores problemas, además se debe contar con un mínimo de seguridad que garantice la integridad de los equipos que conforman a la estación. Por otra parte el sitio elegido debe contar con seguridad de permanencia en el tiempo, donde no se tengan planificados desarrollos posteriores que impliquen su desmontaje o afecte las condiciones del entorno.

Se debe asegurar la legalidad del uso del área, si son terrenos públicos se debe contar con los permisos apropiados y si es un terreno privado, se debe contar con la autorización expresa del propietario del terreno. En ambos casos, la duración de la autorización debe estar de acuerdo con la duración planificada para la estación; si se trata de una estación permanente, la duración de la autorización debe ser indefinida.

Puesto que la red está diseñada para un sistema de alerta temprana se considera que se debe comenzar por instalar aquellas estaciones que no requieran demasiado tiempo para su establecimiento, de tal manera que pueden entrar en funcionamiento lo más pronto posible y, luego continuar con las que precisen más tiempo para su instalación.

Para cada estación se realizará el acondicionamiento del terreno, colocación de brocal y cercado con malla ciclón con coronamiento de alambre púas. La construcción de las bases para postes dependerá del modelo de equipos a instalar, lo mismo aplica para las torres de las estaciones climatológicas.

Para las estaciones pluviométricas el área para el emplazamiento es de 2x2 m, en tanto que las climatológicas requieren un área de 9x9 m, las estaciones hidrométricas no tienen un área prefijado porque depende de la sección de aforos.

#### **4 SITIOS SELECCIONADOS PARA LA INSTALACIÓN DE LAS ESTACIONES**

Luego de tomar en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente, se proponen instalar quince (15) estaciones pluviométricas, cuatro (4) estaciones climatológicas y seis (6) estaciones hidrométricas, en los sitios que se muestran en la siguiente tabla

### **SITIOS SELECCIONADOS PARA LA INSTALACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS**

*Prof. Abraham A. Salcedo Castillo*

*Tel: 04168158537/ Ofic. 6053039/6053049*

*e-mail: salcedoa54@gmail.com*

<b>Estación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Latitud (° ' ")</b>	<b>Latitud (° ' ")</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Jeremba	P	10° 24' 42.7"	67° 13' 02.5"	2370
Alto Ño León	P	10° 26' 24"	67° 09' 36"	2061
La Bodeguita	P	10° 30' 09.5"	67° 07' 53"	1365
Luis Hurtado	P	10° 29' 01.21"	66° 59' 59.1"	1462
Junquito Bomberos	P	10° 27' 42.5"	67° 04' 44.2"	1922
La Zorra Presa	P	10° 34' 53.1"	67° 02' 04.4"	141
Topo	P	10° 32' 00"	67° 01' 00"	550
La Fundación	P	10° 32' 30"	67° 03' 50"	600
Lomas de Urdaneta	P	10° 30' 44"	66° 57' 05"	1040
Plan de Manzano	P	10° 33' 30"	67° 05' 15"	900
Subida Los Cielos	P	10° 32' 30"	67° 01' 57"	800
Alto Maderita	P	10° 33' 00"	67° 01' 30"	1040
Salto Boquerón	P	10° 33' 40"	67° 00' 20"	450
Castillo	P	10° 37'	66° 57' 02"	1350
Hda. La Parmesana	P	10° 29' 48.8"	67° 01' 35"	1350

**SITIOS SELECCIONADOS PARA LA INSTALACIÓN DE ESTACIONES  
CLIMATOLÓGICAS**

<b>Estación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Latitud (° ' ")</b>	<b>Latitud (° ' ")</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Bajo Seco	C	10° 26' 10.2"	67° 12' 14.8"	1862
Carayaca	C	10° 31' 38.4"	67° 07' 33"	987
Viaducto N° 1 subiendo	C	10° 31' 31.2"	66° 58' 16.6"	1704
El Junko Bomberos	C	10° 29' 13"	67° 03' 38"	1495

**SITIOS SELECCIONADOS PARA LA INSTALACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

<b>Cauce</b>	<b>Sitio</b>	<b>Latitud (° ' ")</b>	<b>Latitud (° ' ")</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Río Mamo	Mamo- Desembocadura	10° 35' 29.3"	67° 03' 20.9"	14
Río Mamo	Mamo-EDC	10° 32' 06"	67° 05' 00"	414
Río Mamo	Petarquire-Dique	10° 28' 08.7"	67° 09' 07.8"	1333
Qda Tacagua	Tacagua- Desembocadura	10° 35' 43.9"	67° 02' 06.6"	40
Qda Tacagua	Salto Boquerón	10° 33' 40"	67° 00' 20"	450
Qda La Zorra	UE Narciso Gonell	10° 35' 43.9"	67° 02' 06.6"	40

## **5 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS.**

### **5.1 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS**

Constan del sensor de precipitación de tipo balancín, de material rígido y resistente a la corrosión. De acuerdo al sitio están ubicadas las estaciones, podrían estar adosados a un poste junto con la caja de protección con la unidad de adquisición de datos y el panel solar y, en un poste aparte el sistema de aterramiento, o por motivos de seguridad, en un tubo de protección de 3 m de altura donde estarían el sensor y la caja de protección con la UAD y adosados al tubo el panel solar y el sistema de aterramiento. En algunos casos donde la velocidad del viento sea alta se colocarán protectores de vientos.

### **5.2 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS**

Este tipo de estaciones tienen mayor número de parámetros a medir, en ellas se encuentran los sensores de: velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa, radiación solar, humedad del suelo y temperatura del suelo, los cuales están adosados a una torre mástil, la caja de protección con la unidad de adquisición de datos y el panel solar. El sensor de precipitación se coloca en un poste, a una distancia que no sea afectado por la torre.

### **5.3 ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

En cada una de las estaciones hidrométricas, se instalará un sensor para la medición de niveles de agua en el río, (de presión, de ultrasonido o de burbujas), además estará instalado un sensor de precipitación ambos conectados a la unidad de adquisición de datos dentro de la caja de protección. Para la medición de caudales se establecerá una sección de aforos con reglas o miras graduadas y medidores de pico.

## **6 OPERACIÓN EN LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS**

Las actividades a efectuarse durante la operación en la estación, realizados de manera metódica, permiten garantizar la calidad del dato e incluso la prevención de accidentes y el buen funcionamiento de la estación.

A medida que se vayan equipando las estaciones se comenzará la operación de las mismas en fase de prueba a fin de chequear el funcionamiento de los equipos así como de los enlaces telemétricos.

Puesto que estas estaciones han sido diseñadas para trabajar como sistema de alerta temprana se probará el funcionamiento en condiciones meteorológicas adversas. Se monitorearán las cuencas las 24 horas del día todos los días del año, para ello se conformarán equipos de trabajo que realizarán guardias rotativas en la sala operacional, tanto en la UCV como la UMC.

Las actividades a realizar en la sala operacional son las siguientes:

- Monitoreo de cada una de las estaciones por telemetría,
- Descarga, revisión e interpretación de las imágenes satelitales,
- Corrida de los modelos hidrológicos y meteorológicos,
- Elaboración y envío de pronósticos diarios y de avisos de alerta temprana,
- Elaboración de boletines hidrometeorológicos,
- Envío de los datos primarios a las dependencias del MARN como rector de los Recursos Naturales,
- Verificación del cumplimiento del plan de operación y mantenimiento,
- Solicitar la reparación y reinstalación o sustitución de instrumentos cuando sea necesario.

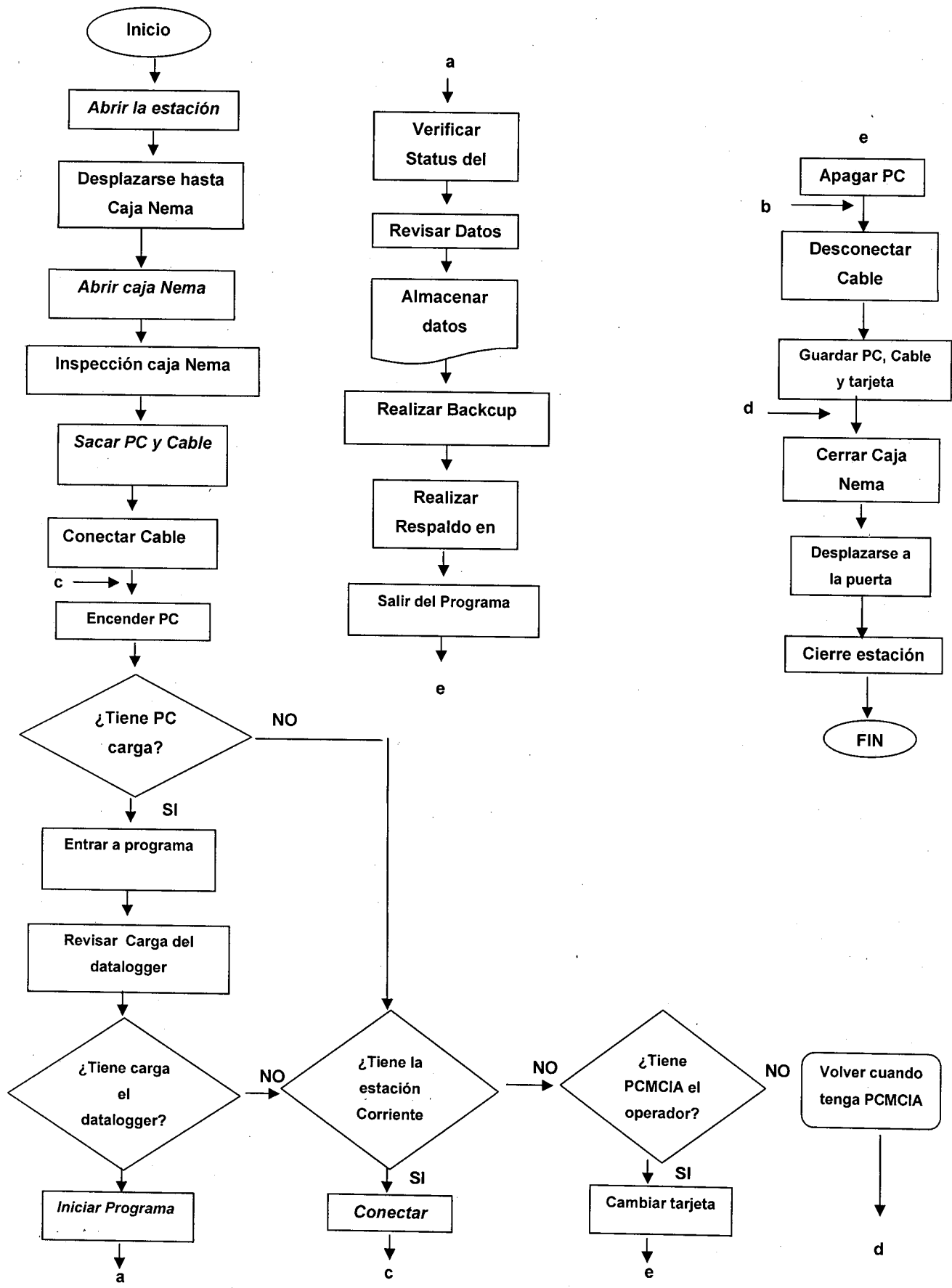
La persona que opere la estación en campo deberá poseer todos los materiales y herramientas especificados en la lista de materiales (ver Planillas. Aparte 7.6), también las llaves del emplazamiento y de la caja NEMA, la tarjeta PCMCIA y si en dado caso no fuere necesario el uso de algunos de los materiales y herramientas, o se requieren de otras, se procederá a notificarlo a su supervisor inmediato. Además deberá revisar la carga del computador portátil antes de partir a realizar sus actividades.

A continuación se presentan los pasos a seguir para la operación de las estaciones en campo:

1. Abrir la puerta del emplazamiento de la estación, es indispensable poseer la llave del candado de acceso a la estación, y de ser necesario, se recomienda mantener lubricado el candado para evitar su oxidación y se dirige a los sensores.
2. Inspeccionar el estado físico de los sensores, observándolos, de manera que si poseen obstáculos que impidan su correcto funcionamiento, sean eliminados.
3. Comprobar que el cono de recepción del pluviómetro y el panel solar, estén libres de ramas, hojas o insectos, se recomienda limpiar con una brocha 1/2".
4. Eliminar, si existiesen, los nidos de insectos ubicados dentro del emplazamiento.
5. Abrir e inspeccionar la Caja Nema, es indispensable poseer la llave del candado de acceso.
6. Verificar el buen estado de la goma protectora de la caja, para garantizar la hermeticidad de la misma, si la goma está defectuosa se debe reportar la falla para su posterior reemplazo o si se posee silicona se puede sellar en el momento.
7. Observar el color de la sal higroscópica, debe ser reemplazada en caso de poseer el color de saturación.
8. Verificar que no exista la presencia de insectos dentro de la caja NEMA, si existe su presencia se debe rociar con insecticida luego retirar los insectos muertos, se recomienda la colocación de naftalina para evitar la presencia de los mismos.
9. Anotar los datos en la hoja de visita de la estación (fecha, hora, nombre del operador, actividades realizadas especificando los cambios hechos).
10. Revisar carga de la unidad de adquisición de datos (UAD), éste procedimiento se debe llevar a cabo con un voltímetro, si no posee carga se asume que la batería está defectuosa y se procede al cambio de la batería y si, además, la UAD posee una batería interna se debe verificar su estado de carga y cambiar la UAD si lo requiere.

11. Conectar cable del PC a la UAD, a través del puerto serial RS- 232.
12. Encender PC portátil.
13. Si se tiene una toma de corriente cerca se puede conectar el PC para su posterior uso, o si posee tarjeta PCMCIA ir a paso N°12.
14. Entrar al programa.
15. Verificar status de operación UAD (Adquisición, inicio de adquisición o disponibilidad del primer dato, período de muestreo, etc.) según su configuración.
16. La operatividad de los sensores se logra observando los datos y comparándolos con las condiciones atmosféricas existentes en el emplazamiento en el momento de la operación, cuando los sensores fallen por desperfectos menores las cuales pueda corregir, realizara tareas de mantenimiento correctivo como lo es: limpiar la basura existente en el cono de recepción del pluviómetro, y reportar la falla (si funciona o no o si fue hecha alguna modificación).
17. Iniciar descarga de datos al PC con el software adecuado. En caso de que la UAD disponga de algún medio físico de almacenamiento que nos permita sustituirlo, como es el caso de la tarjeta PCMCIA no será indispensable que el Operador lleve el computador portátil. De ser necesario sustituir PCMCIA, éste procedimiento se cumple solo sí: la UAD posee la ranura o puerto para la colocación de la tarjeta, o no exista acceso remoto a la estación o si existen fallas en el programa o en la UAD en el momento de obtener los datos.
18. Obtener datos (Download), este procedimiento puede tardar algunos minutos dependiendo de la cantidad de datos existentes en la memoria de la UAD, al solicitar el status
19. Revisar datos, verificar que los datos se encuentren almacenados en el PC.
20. Almacenar datos, deben ser identificados con la fecha, hora y nombre de la estación.

21. Hacer respaldo en disco flexible u otro dispositivo que lo permita.
22. Salir del programa.
23. Apagar PC portátil.
24. Desconectar cable RS-232 de la UAD y del PC.
25. Guardar PC, cable y tarjeta.
26. Cerrar modulo o caja Nema.
27. Desplazarse hasta la puerta.
28. Cerrar la Puerta del Emplazamiento de la Estación.



## 6.1 RESPONSABILIDADES DEL OPERADOR

Para el cumplimiento de las responsabilidades, la persona encargada de operar la estación debe estar debidamente calificada.

1. Llevar a cabo las actividades de operación correspondientes a la Estación Automática.
2. Solicitar, portar y regresar todas y cada una de las herramientas y materiales necesarias a la hora de llevar a cabo las actividades de operación
3. Hacer y/o cotejar registros semanales y/o mensuales de datos climatológicos
4. Codificar y enviar las observaciones
5. Almacenar los datos obtenidos respaldando la información en discos flexibles, a fin de garantizar la presencia de los datos para su posterior uso
6. Proporcionar observaciones suplementarias o de reserva cuando el equipo automático no hace observaciones de todos los elementos, o cuando esté fuera de servicio
7. Llenar todas las planillas y formas, de manera clara y en el momento de realizar la operación de la estación
8. Entregar al personal supervisor las planillas y formas correspondientes para su posterior aprobación por parte del personal respectivo
9. Dirigir y apoyar programas de medición mediante instrumentos con fines de investigación
10. Deberá revisar el procedimiento de operación, en un lapso de 10 días hábiles, a partir del día en que se le otorgue este documento, a fin de emitir comentarios y observaciones, que pudiesen mejorar el mismo.

## **7 MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS**

El emplazamiento y los instrumentos de observación deben recibir un mantenimiento regular para evitar un deterioro significativo de la calidad de las observaciones. Los programas de mantenimiento periódicos comprenden el cuidado regular de los emplazamientos de observación (por ejemplo, corte de la hierba y limpieza de las superficies de los instrumentos expuestos), así como la verificación de los instrumentos automáticos recomendado por los fabricantes. La verificación rutinaria de control de calidad realizada en la estación o en un punto central, debe concebirse de manera que las fallas del equipo se detecten lo antes posible. Según la naturaleza de la avería y de la estación, el equipo deberá sustituirse o repararse con arreglo de prioridades y en el periodo convenido. Es especialmente importante llevar a cabo un registro de las averías de los instrumentos, y tomar medidas correctivas cuando los datos se utilicen con fines climatológicos.

### **7.1 VISITAS DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento preventivo a las estaciones hidrometeorológicas se debe realizar a través de inspecciones periódicas de los equipos instalados en los emplazamientos de las estaciones para detectar condiciones que pudieran causar desperfectos en los mismos y por consiguiente pérdida de información. Dicho mantenimiento permite controlar, eliminar o evitar tales condiciones en sus primeras etapas.

Los intervalos y procedimientos para el mantenimiento periódico a las estaciones se determinan tomando en cuenta las estadísticas de fallas, la autonomía de los equipos, la tecnología de los mismos, las inspecciones anteriores, las condiciones ambientales, la ubicación física, la vida útil de sus componentes y el deterioro de las partes que lo conforman.

### **7.2 ACTIVIDADES A REALIZAR EN EL MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES**

Durante los recorridos de mantenimiento se deberán ejecutar diversas actividades relativas a la operación y funcionamiento de la red de estaciones. Las cuales se describen a continuación:

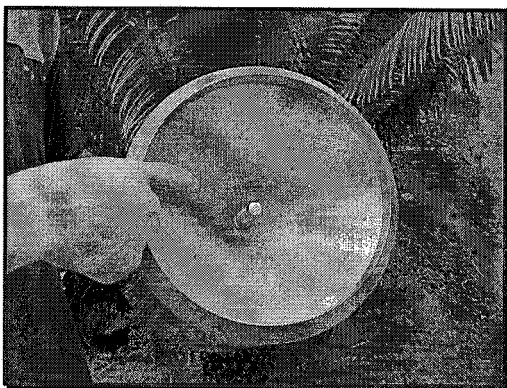
- a. Descarga de la información almacenada en las unidades de adquisición de datos (UAD), utilizando para este fin un computador portátil (Laptop)

- b. Mantenimiento y revisión a los mecanismos y dispositivos de los equipos
  
- c. Verificación de la operatividad y buen funcionamiento de la unidad de adquisición de datos (UAD), el amplificador, los sensores y los dispositivos de alimentación en los equipos electrónicos. La UAD se comprueba utilizando una laptop, el multímetro y un GPS con los cuales se realizan diferentes pruebas operacionales: Hora, fecha, configuración, regleta de conexiones y voltaje de la batería de litio. El PA o sistema de transmisión se comprueba con el Wattímetro para medir la potencia directa y la potencia reflejada, además se verifican las regletas de conexiones, protección interna, la batería de litio, cables RF, protector de descargas atmosféricas y antena. Los sensores se referencian con sus respectivos calibradores: nivel de agua y precipitación. Los dispositivos de alimentación constan de un panel solar, un controlador de carga y una batería 12VDC, los cuales se verifican con el multímetro. En caso de anomalías se procede a reparar o sustituir el elemento dañado
  
- d. Desmalezamiento de los alrededores de la estación en los sitios requeridos los cuales permitan el acceso y las buenas condiciones de las estaciones. En algunos casos se hace necesario la tala de árboles que pudieran afectar el registro de los sensores o el acceso a la estación
  
- e. Inspección de la estructura externa de la estación: pintura, base del sensor de precipitación, tubería de cableado, caja NEMA (contiene la UAD), caja interfaz del sensor de nivel.
  
- f. Dependiendo de las inspecciones anteriores se realiza también la pintura y la limpieza de las superficies de las estructuras externas de las estaciones que están expuestas a la intemperie (cercas, torres, guayas, tensores, soportes, etc.)
  
- g. Sustituciones programadas de sensores, baterías y/o partes por cumplimiento de su vida útil. Estos son verificados en laboratorio antes de su instalación.
  
- h. Calibración programada de los sensores de precipitación. Esto se realiza en forma general cuando los datos obtenidos por algunos sensores exceden el margen de error permitido al compararlo con los datos obtenidos convencionalmente (pluviómetro)

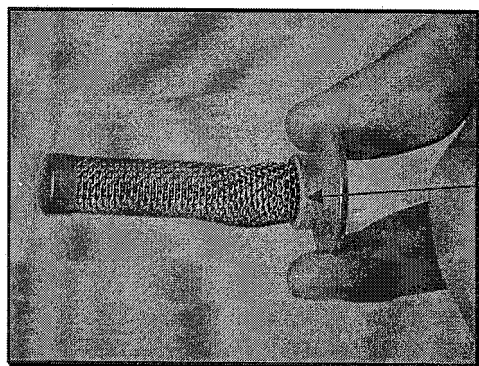
### 7.3 MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS Y CLIMATOLOGICAS

Ésta etapa debe ser cumplida por la persona encargada de realizar el mantenimiento de las estaciones, el cual debe realizar inspecciones periódicas para percatarse de las fallas existentes en la estación meteorológica automática. Cabe destacar que se habla de mantenimiento preventivo y no correctivo. Es importante señalar que por efectos metodológicos se separan la funciones del operador y del mantenedor, sin embargo, desde nuestro punto de vista se sugiere sea la misma persona cuya funciones son operar y mantener las estaciones.

1. Es indispensable poseer la llave del candado de acceso a la estación y de la caja Nema.
2. Se debe poder realizar el mantenimiento sin afectar el registro.
3. Estos son los procedimientos para realizar un efectivo mantenimiento preventivo:
4. Abrir estación, en caso de ser necesario se debe lubricar el candado.
5. Desplazarse hasta el pluviómetro
6. Observar el cono de recepción del pluviómetro
7. Retirar cono de recepción, dependiendo del dispositivo de cierre del pluviómetro se puede utilizar destornillador o llaves Allen (hexagonales), o inclusive se pueden utilizar las manos
8. Si está sucio con polvo o basurilla, se debe limpiar, preferiblemente con un pequeño compresor de aire (perita) o en su defecto con una brocha o trapo. Se coloca la punta de la perita en la rejilla o filtro removible del cono de recepción, luego se procede a presionarla hasta retirar la basurilla, una vez hecho esto se limpia con la brocha (½") la rejilla contenedora de una forma oscilatoria (de un lado a otro) retirando polvo y basurilla adherida.



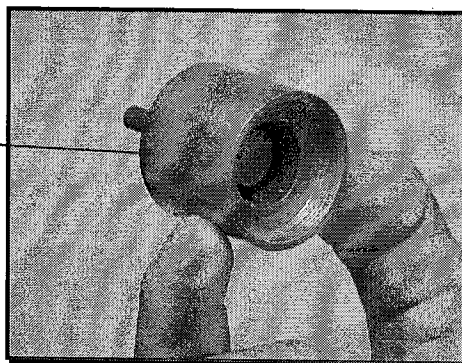
**Cono de  
recepción**



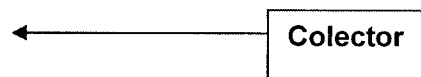
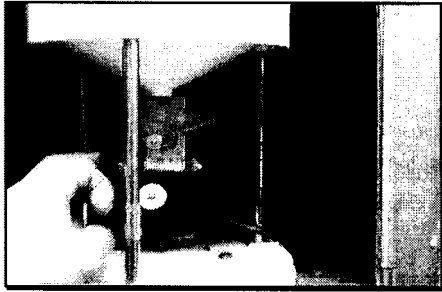
**Filtro del cono de  
recepción del  
pluviómetro**

9. Retirar el dosificador del cono. Limpiar el dosificador del pluviómetro, con la brocha ( $\frac{1}{2}$ "). En este procedimiento se debe ser precavido y no modificar la calibración del dosificador en el momento del mantenimiento ya que generaría un error.

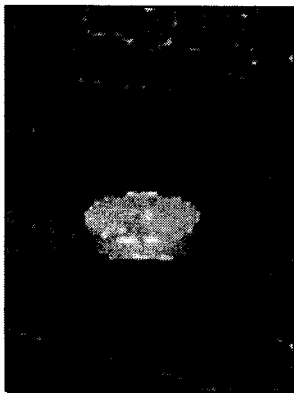
**Dosificador del  
pluviómetro**



10. Limpiar el colector del balancín, con una brocha ( $\frac{1}{2}$ " ), para ello se debe retener con una mano el balancín de una forma moderada de modo de no afectar al mismo y con la otra portar la brocha y aplicar las oscilaciones sin darle movimiento al balancín, los movimientos de la brocha deben ser firmes pero lentos.



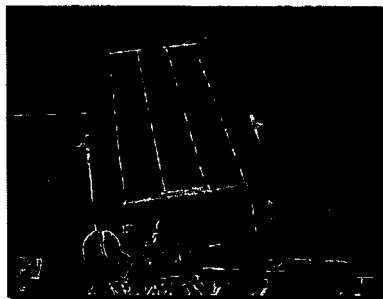
11. Observar que los desagües estén libres de obstrucciones.
12. Limpiar desagües, de ser necesario destaparlo con Pera de inyección, la pera se coloca en la entrada del desagüe y se procede a presionar la misma hasta que sean removidos los escombros de la tubería.
13. Colocar cono de recepción en el pluviómetro.
14. Desplazarse hasta la torre.
15. Abrir caja NEMA
16. Revisar sal higroscópica si posee color de saturación



Sal higroscópica en condiciones normales

17. Si posee el color de saturación debe ser cambiada
18. Si se encuentran insectos, retirarlos o exterminarlos usando insecticida, luego colocar naftalina.

19. Sobre poner puerta de caja Nema, sin cerrar, esto con la finalidad de su posterior uso.
20. Revisar panel solar
21. Verificar que el panel solar no posea objetos o moho que impida la absorción de energía, en cuyo caso se debe rociar el vidrio protector con spray para vidrios (no debe poseer ácidos), luego secar con papel o paño absorbente
22. Chequear la goma aislante no debe estar rota o vencida, en su defecto deberá ser sustituido el panel solar.
23. Retirar objetos como hojas, insectos muertos, etc
24. Se debe observar el estado de las piezas vinculantes (tornillos, tuercas, bases para sujeción, etc) de los sensores a la torre, si están oxidados y se poseen las piezas sustitutas se procede al cambio, si no, se recomienda rociar las piezas con aceite lubricante para disminuir su oxidación o pintar con pintura antioxidante o aislante, hasta el recambio. Se deben utilizar las herramientas apropiadas para desenroscar o ajustar las tuercas o tornillos a fin de evitar rayar las superficies de las mismas y que queden expuestas y a la larga se oxiden.



25. Subir a la torre y, con cuidado no de apoyarse sobre la base del piranómetro, proceder a limpiarlo con un paño suave.
26. Limpiar los demás sensores ubicados en la torre.
27. Llenar la hoja de vida de la estación, tomando en cuenta la hora de inicio y la hora de finalización del mantenimiento, para el descarte de los datos durante la revisión, cabe destacar que esta hoja se encuentra dentro de la caja Nema, dentro de un envoltorio de plástico.
28. Quitarse equipo de seguridad guardar todas y cada una de las herramientas y materiales utilizados en el mantenimiento.
29. Cerrar Caja Nema.
30. Desplazarse hasta la puerta de la estación.

31. Cerrar estación.
32. Debe lubricar el candado cada vez que visite la estación
33. Observar el estado del emplazamiento
34. Debe limpiar la basura existente en el emplazamiento, cortar la maleza y retirar los restos
35. Inspeccionar el estado de las bases y piezas vinculantes de la estación
36. Se debe limpiar las piezas si están oxidadas y luego lubricarlas o pintarlas con pintura anticorrosiva.

Para cumplir con las actividades de operación se han contemplado una serie de materiales y herramientas que a continuación se mencionan:

1. Llaves del candado; tanto de la caja Nema como de la Cerca del Emplazamiento
2. Aceite Lubricante ( si los candados se encuentran oxidados)
3. Juego de Destornilladores plano y estría
4. Juego de Llaves Allen. Algunos componentes requieren uso de las mismas por poseer cabezas hexagonales
5. Juego de Llaves (9/16, 7/16, ½ Plg) y ajustable
6. Machete (En caso de que la Hierba y condiciones del emplazamiento impidan el acceso)
7. Alicata
8. Perita o Compresor
9. Manguera de por lo menos 2 m
10. Manguera de por lo menos 15 m
11. Juego de brochas, 1/4, 2 Plg (para facilitar el mantenimiento)
12. Papel o paño absorbente
13. Limpiador para vidrios en spray que no contengan ácidos
14. Insecticida o en su defecto naftalina
15. Guantes (para subir a la torre)
16. Botas de campaña
17. Sombrero
18. Impermeable
19. Sellador de vidrios o silicona
20. Cepillos de dientes de latón

21. Cepillo normal
22. Cinturón de seguridad con erlingas o Arnés de cadera y drizas con mosquetón (para adherencia a la torre).
23. Chaleco o fornituras con estuches (para portar las herramientas, accesorios, o partes).
24. Casco de protección
25. Guantes de protección
26. Equipo de primeros auxilios
27. Libreta de apuntes
28. PC portátil (se recomienda batería auxiliar, extensión de corriente y adaptador)
29. Bolígrafo y lápiz de grafito
30. Cuchillo o navaja
31. Formularios
32. Ficha de la estación ( si se desconoce la ubicación o es primera visita)
33. Cable para comunicación entre PC y Datalogger (RS-232 A, B o C DB9 compatible)
34. Tarjeta PCMCIA vacía o limpia, u otro dispositivo
35. Batería 12V cargada
36. Viáticos
37. Transporte
38. Cordino de por lo menos 10mts (para el ascenso o descenso de herramientas o piezas)
39. PC, softwares, cables, adaptador AC/DCI, discos flexibles,
40. Sal Higroscópica.
41. Amarracables o Tyrap
42. Terminales para cable tipo horquilla y pin #24
43. Voltímetro
44. Pinzas
45. Kit de comunicaciones
46. Wattímetro
47. Juego de adaptadores para conectores
48. Jumpers
49. Kit de repuestos (según sensor)

#### **7.4 MANTENIMIENTO DE LOS POZOS DEL SENSOR DE PRESIÓN DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

En el mantenimiento de las estaciones hidrométricas debe prestarse especial atención al mantenimiento y limpieza del pozo. Entre el río y pozo debe existir una perfecta comunicación, los niveles de estos se deben igualar, es decir que el sensor que se encuentra en el pozo debe estar indicando el mismo nivel del río. Esta es la razón por la que el pozo debe estar en buen estado y limpio.

La limpieza del pozo debe realizarse periódicamente al menos dos veces al año, antes de hacerla debe practicarse la lectura del nivel del sensor, luego se hará un aforo cuyo principio y fin deba ser anotado; si después de todo esto no se han igualado las alturas de nivel entre el río y el pozo, se efectuará una segunda limpieza al pozo, lo que evitará que el lodo estacionado en el mismo llegue a la boca del pozo.

Los errores de medición en las estaciones hidrométricas suelen presentarse al encontrarse los tubos tapados; de advertir esta anomalía debe practicarse las diligencias del caso a fin de efectuar la limpieza del pozo de manera inmediata,

#### **7.5 RESPONSABILIDADES DEL MANTENEDOR**

1. Para el cumplimiento de las responsabilidades, el mantenedor debe estar debidamente calificado.
2. Mantener los instrumentos y los emplazamientos en correcto estado de operatividad. El emplazamiento y la exposición de los instrumentos deben ser conocidos y aceptables.
3. Llevar a cabo los procedimientos correspondientes al mantenimiento preventivo de las estaciones e instrumentos según las normas estipuladas en este manual
4. Solicitar, portar y regresar todos y cada uno de los materiales e instrumentos requeridos para efectuar el correcto mantenimiento
5. Llenarse todas las planillas y formas, de manera clara y en el momento de realizar la inspección de la estación.

6. Ayudar en la planificación y determinación de costos de las actividades de emplazamiento, suministro de energía y comunicaciones, e instalación y mantenimiento de los principales sistemas de acopio de datos
7. Apoyar a otros mantenedores en la labor de mantenimiento de sistemas de acopio de datos, si fuere necesario
8. Especificar materiales consumibles y necesarios para el mantenimiento
9. Facilitar por escrito las observaciones que considere pertinentes en cuanto a procedimientos de observación, operación, calibración y mantenimiento
10. Mantener registros de mantenimiento y calibración
11. Mantenerse constantemente capacitado y actualizado con respecto a instrumentos y nuevas tecnologías, procedimientos y especificaciones de fabricantes.
12. Deberá revisar el procedimiento, en un lapso de 10 días hábiles, a partir del día en que se le otorgue este documento, a fin de emitir comentarios y observaciones que pudiesen mejorar el mismo.

## 7.6 PLANILLAS

Los formatos que se presentan a continuación, corresponden a las planillas requeridas para la operación, mantenimiento y bitácora de la estación, y anexadas a la ficha de vida de la estación cada vez que se realice la operación y mantenimiento de la estación. Deben ser llenadas según corresponda:

- a. Para la Planilla de Operación; deberá ser llenada por el operador y a lápiz de grafito N°2, y colocar observaciones al respecto según sea el caso para cada uno de los objetivos de la misma
- b. Para la Planilla de Mantenimiento; deberá ser llenada por el mantenedor y a lápiz de grafito N°2, y colocar observaciones al respecto según sea el caso para cada uno de los objetivos de la misma

- c. Para la Bitácora; Esta deberá ser llevada por el operador el Primer día en que se vaya a efectuar una operación, y permanecerá en la caja Nema de la estación en cuestión
- d. Planilla de Materiales y Herramientas; deberá ser usada por el operador y por el mantenedor antes de realizar cualquiera de sus actividades de rutina.

## PLANILLA DE OPERACIÓN

Condiciones del emplazamiento				Observaciones	
Del terreno	Bueno				
	Regular				
	Malo				
De la estructura	Bueno				
	Regular				
	Malo				
Condiciones de la vía				SI	NO
	Bueno		Carretera pavimentada		
	Regular		Carretera de tierra		
	Malo		Vehículo tracción simple		
Condiciones de seguridad			Vehículo tracción doble		
Cercado de protección	Bueno				Observaciones
	Regular				
	Malo				
Sensor de nivel				SI	NO
¿Está conectado?					
¿Está limpia?					
¿La data registrada es errónea?					
¿Fue limpiada?					
¿Fue conectada?					
¿El mecanismo funciona correctamente?					
El tubo de conexión está obstruido?					
Condiciones de la caja Nema				SI	NO
¿Hay insectos?					
¿Fueron exterminados?					
¿Colocó naftalina?					
Estado de la UAD			Operativa		
			Inoperativa		
					Observaciones

Sensor de precipitación		Observaciones
	SI	NO
¿Está limpia?		
¿La data registrada es errónea?		
¿Fue limpiada?		

## PLANILLA DE MANTENIMIENTO

<b>NOMBRE DE LA ESTACION:</b>				
<b>FECHA:</b>				
			Observaciones	
Cerca de protección	Buena			
	Regular			
	Mala			
			Observaciones	
Cerca de protección	Buena			
	Regular			
	Mala			
			Observaciones	
Cerca de protección	Buena			
	Regular			
	Mala			
<b>Sensores</b>				
<b>Pluviómetro (cono)</b>		Si	No	Observaciones
Limpio				
Sucio				
Fue limpiado				
<b>Sensor de nivel</b>		Si	No	Observaciones
Funciona el engranaje				
Funciona la polea				
Requiere cambio				
Fue cambiada				
<b>Tubo de conexión</b>		Si	No	Observaciones
Limpio				
Sucio				
Fue limpiado				
<b>Goma</b>		Si	No	Observaciones
Está vencida				
Fue sellada				
Requiere cambio				
Fue cambiada				
<b>Sal higroscópica</b>		Si	No	Observaciones
Posee color de saturación				
Requiere cambio				
Fue cambiada				
<b>UAD</b>		Si	No	Observaciones
Registra correctamente				
Requiere cambio				
Fue cambiada				
¿Operativa?				

<b>Bateria</b>		<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
Está descargada				
Requiere cambio				
Está conectada al panel solar				
Fue cambiada				
<b>Panel solar</b>		<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
¿Está roto el vidrio?				
¿Requiere cambio?				
¿Está rota la goma?				
¿Se puede sellar?				
¿Requiere cambio?				
¿Fue sellada la goma?				
¿Fue sustituida la goma?				
¿Fue sustituido el vidrio?				
<b>Cables</b>		<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
Todos los cables están conectados				
Explique cual no				
<b>Piezas de sujeción</b>		<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
Bases, tornillos, tuercas	Están oxidadas			
	Requiere cambio			
	Fueron limpiadas y lubricadas			
	Fueron cambiadas			
<b>Caja Nema</b>		<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
¿Hay insectos?				
¿Fueron exterminados?				
¿Colocó Naftalina?				
<b>Nombre del Mantenedor:</b>			<b>Fecha:</b>	
<b>Firma</b>			<b>Hora:</b>	



## PLANILLA DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS

MATERIALES	SI	NO	OBSERVACIONES
Insecticida			
Limpiador de vidrios con atomizador, que no posea un medio ácido			
Naftalina			
Papel o paño absorbente			
Manguera de por lo menos 2 m para usar como sifón			
Manguera de por lo menos 15 m para el llenado de la tina			
Cinturón de seguridad con erlingas Arnés de cadera y drizas con mosquetón (para adherencia a la torre).			
Botas de campaña o media caña para evitar picaduras de culebras o insectos ponzoñosos			
Sombrero para protegerse del sol			
Impermeable para protegerse de la lluvia			
Sellador de vidrios o Silicona			
Formatos			
Limpiador en spray o en su defecto vinagre.			
Guantes (para subir a la torre)			
Chaleco o fornituras con estuches(para portar las herramientas, accesorios, o partes).			
Equipo de primeros auxilios			
Libreta de apuntes			
Bolígrafo y lápiz de grafito.			
Cable para comunicación entre PC y datalogger (RS-232 A,B o C DB9 compatible)			
Tarjeta PCMCIA limpia			
Batería 12V cargada			
Kit de Primeros auxilios			

HERRAMIENTAS	SI	NO	OBSERVACIONES
Aceite Lubricante (3 en 1, si los candados se encuentran oxidados)			
Cuchillo o navaja.			
Ficha de la estación ( si se desconoce la ubicación o es primera visita)			
Juego de brochas ½, 1/4, 2 Plg (para facilitar el mantenimiento),			
Juego de Destornilladores plano y estria.			
Juego de Llaves (9/16, 7/16, ½) y ajustable			
Juego de Llaves Allen. Algunos componentes requieren uso de las mismas por poseer cabezas hexagonales.			
Llaves del candado; tanto de la caja Nema como de la Cerca			
Machete			

## 8 RUTAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se ha diseñado 7 rutas para la operación y el mantenimiento de las estaciones hidrometeorológicas a instalar en las cuencas de las quebradas Tacagua y La Zorra y el río Mamo, sin embargo éstas pueden ser modificadas una vez que en la práctica se consideren cambios más convenientes que hagan más eficaz y eficiente la actividad. Se realizará una ruta semanal de tal manera que cada estación sea visitada al menos cada dos meses. En

caso de que alguna estación presente problemas de operación será atendida otro día que no coincida con las visitas rutinarias. Las rutas son las siguientes:

**Ruta 1**

UCV - Plan de Manzano – Castillo – Lomas de Urdaneta – UCV

**Ruta 2**

UCV – Salto Boquerón - UMC –Viaducto 1 – UCV

**Ruta 3**

UCV - Tacagua Desembocadura – La Zorra Escuela – La Zorra Dique - Mamo Desembocadura - UCV.

**Ruta 4**

UCV – Luis Hurtado – Hda La Parmesana – El Junko Bomberos – El Junquito Bomberos – UCV

**Ruta 5**

UCV – Alto Ño León – Jeremba – Bajo Seco – UCV

**Ruta 6**

UCV -. Petaquire Dique – La Bodeguita – Carayaca – Mamo Electricidad – UCV

**Ruta 7**

UCV -. La Fundación – El Topo – Subida Los Cielos – Alto Maderita – UCV

## 9 PLAN DE MEDICIONES EN LOS CAUCES

### 9.1 MEDICIONES EN LOS CAUCES

El agua que puede aprovecharse, con el mínimo uso de recursos, es aquella encerrada en cuerpos como lagos y aquella que fluye superficialmente por cauces de quebradas y ríos, llamada *escurrimiento*. Esta cantidad de agua conforma sólo una fracción del agua que cae como lluvia. Una gran parte del agua precipitada es absorbida por los suelos, otra es retenida temporalmente por la vegetación y otra se almacena en charcas; y todas esas son propensas a evaporarse. La suma de estas cantidades de agua, al no poder aprovecharse, se conoce como *pérdidas*. Cuando se mide una precipitación y se logra determinar la cantidad de agua que logra escurrir por los cauces, esa cantidad se llama *lámina de lluvia efectiva*, y se expresa en milímetros tal como se hace con la lluvia. Este valor tiene la importancia de ser el agua que efectivamente estará disponible para su aprovechamiento, y a continuación se describen los criterios teóricos en los que se basa su medición.

El escurrimiento se expresa como caudal o *gasto*, que es el volumen de agua desalojado por unidad de tiempo. Las unidades usuales son los *litros por segundo* (lps) y los *metros cúbicos por segundo* ( $m^3/s$ ). Como en el caso de la red de estaciones pluviométricas, se deben realizar mediciones en numerosos cauces de la cuenca y por un prolongado período de tiempo. Al conocer el caudal que corre por los distintos cauces de la cuenca y al asociarlo a los eventos de lluvia que los alimenta, se puede determinar la magnitud de las lluvias que debe esperarse para tener disponibilidad de los caudales que satisfagan la demanda de agua.

El procedimiento de medir el caudal en los cauces se llama *aforo*. Los aforos suelen realizarse en sitios específicos de los cauces, los cuales se eligen por su importancia y representatividad dentro de la red de drenaje de la cuenca y, además, por las condiciones del lugar, que deben prestar estabilidad en el tiempo y la posibilidad de acceso y/o instalación de las estructuras necesarias. En estos sitios de aforo se mide también el *nivel*, o la altura de las aguas con respecto a una referencia fija, conocida como el *cerro de la mira*. Esta referencia no necesariamente coincide con el lecho del río; de hecho, es la costumbre que se encuentre por debajo de éste.

La medición de los cauces consiste, entonces, en la realización simultánea de numerosos aforos y mediciones de nivel en todas las épocas del año, para así tener información dentro de los períodos secos y lluviosos. Debe considerarse, sin embargo, la naturaleza distinta de esas dos mediciones:

Los aforos son actividades puntuales planificadas que se realizan eventualmente, pues requieren el uso de instrumentos y demás equipos costosos y de manejo delicado, además de las destrezas y experiencia para realizar las operaciones con seguridad, pues revisten cierto riesgo, especialmente en momentos de crecientes.

En contraste, las mediciones de nivel se realizan con instrumentos instalados en estructuras fijas, con procedimientos más sencillos e incluso por registros automatizados.

Finalmente, el objetivo de cada aforo es el de determinar el caudal de un río en un momento dado, para asociar ese caudal a una medición de la altura del nivel del agua. De ese modo, luego de numerosos aforos y un estudio estadístico de los valores medidos, se puede utilizar una expresión matemática (*curva de gastos*) para calcular el caudal con sólo observar el nivel del agua en un momento dado. Esa observación de la altura del agua suele efectuarse por medio de la *mira* o *escala*. La curva de gastos debe actualizarse con regularidad con la introducción de nueva información básica, por lo cual no deben dejar de efectuarse campañas de aforos para las temporadas lluviosas de cada año.

Los distintos tipos de aforos se definen de acuerdo a la conveniencia por la magnitud del cauce, sus velocidades, su topografía, material del lecho, y otras características. También son de consideración las magnitudes y naturaleza de los eventos que pueden producir las crecientes. Los métodos específicos aquí planteados se tratan en detalle más adelante.

### **9.1.1 MÉTODOS DE AFORO**

A continuación se presenta un resumen del método recomendado para realizar aforos en el marco de la campaña de monitoreo hidrológico

### 9.1.1.1 MÉTODO DE SECCIÓN Y VELOCIDAD

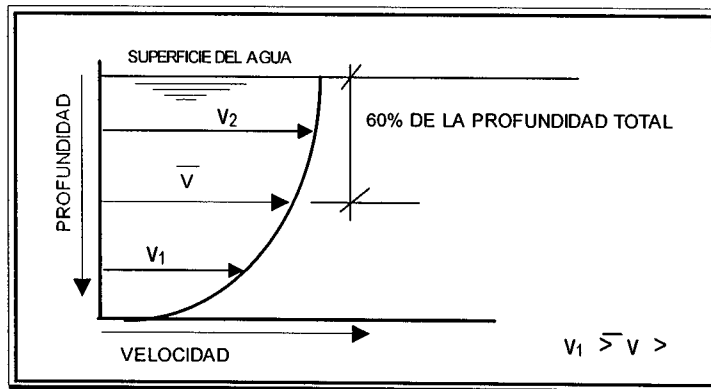
En todo canal se puede determinar el caudal conducido si se determina la velocidad del agua a través de una sección de dimensiones conocidas que sea transversal a la dirección del flujo. Esta definición constituye un aforo por el método de "sección y velocidad". Es una medición indirecta del caudal, en el sentido de que se miden e integran las variables que lo definen, siendo éstas la *velocidad* y el *área de la sección*:  $Q = \iint_A V \cdot dA$  En la expresión

simplificada se multiplica el área de la sección transversal del canal o conducto ( $A$ ) por la velocidad media del flujo ( $\bar{V}$ ) que atraviesa la sección:

$$Q = A \times \bar{V}$$

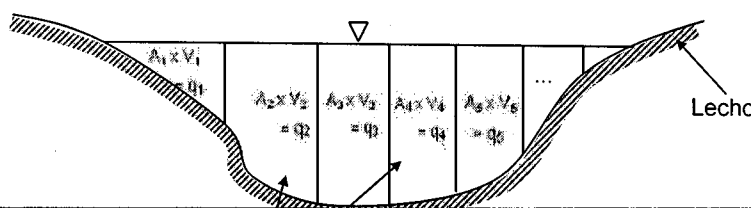
En la aplicación práctica del método se aceptan diversas simplificaciones, entre las cuales destaca la utilización de un valor de velocidad media para cada una de las secciones parciales. Ello no es del todo cierto pues el flujo natural del agua en un canal abierto implica una distribución desigual de velocidades entre el fondo del cauce y la superficie libre del agua, como se muestra esquemáticamente en la figura 4:

**Figura 3: Perfil de velocidades según la profundidad dentro del flujo**



Para efectos operativos, el aforo se completa mediante una integración discreta, sumando los caudales de distintas porciones en las que se divide la sección transversal:

**Figura 4: Esquema de división de sección transversal y cálculo de caudales parciales**



$$Q = \sum q_i = \sum V_i \times A_i$$

Se requiere, pues, la determinación de la geometría de la sección transversal, para lo que se miden longitudes y profundidades a lo ancho del cauce. Cabe notar que esto no siempre puede lograrse a cabalidad; el método no es aplicable en condiciones de crecientes, donde habrá cambios rápidos en la forma de la sección transversal.

Este método es el más ampliamente utilizado, pues tiene numerosas variantes que se adaptan a las magnitudes y características de los cauces:

**Aforo de vado:** para utilizar en corrientes poco profundas y de bajas velocidades, mismas que permitan la medición de la anchura, profundidad y la velocidad a medida que se vadea el cauce.

**Aforo desde un puente:** Se realizan normalmente en ríos de cauce estrecho (menores de 20 m) y consiste en una estructura metálica apoyada en ambas márgenes que permiten el paso y la operación necesarios sobre el río para efectuar los aforos.

### Medición de la profundidad:

Las profundidades pueden ser medidas con barras graduadas (aforo de vado) o carretes de alambre con plomada (aforo desde puente)

Las verticales, sobre las que se miden profundidades, están espaciadas a intervalos que pueden ser regulares, para conveniencia de quien realiza la medición.

Los intervalos quedan determinados en función del ancho del cauce. Con fundamento en la experiencia, se recomienda que el espaciamiento no sea mayor que 1/20 del ancho total (OMM), y que de ser posible se adapte a los siguientes parámetros:

ancho de la sección (m)	espaciamiento (m)
hasta 1,2	0,1
1,2 a 3,0	0,2
3 a 5	0,3
5 a 8	0,4
8 a 12	0,5
12 a 18	0,8
18 a 25	1,0
25 a 35	1,5
35 a 50	2,0
50 a 70	3,0
70 a 100	4,0
más de 100	5,0

Otras recomendaciones indican que debe procurarse que el caudal correspondiente a cada sección no sobrepase el 10 % del caudal total. Las distancias entre verticales podrán variarse de modo de representar adecuadamente las condiciones del flujo, estrechándose donde haya cambios abruptos de profundidad y/o de velocidad.

La exactitud de las mediciones de profundidad puede verse afectada por el arrastre de la corriente sobre el conjunto formado por la pesa, el correntímetro y el alambre. Si el peso en

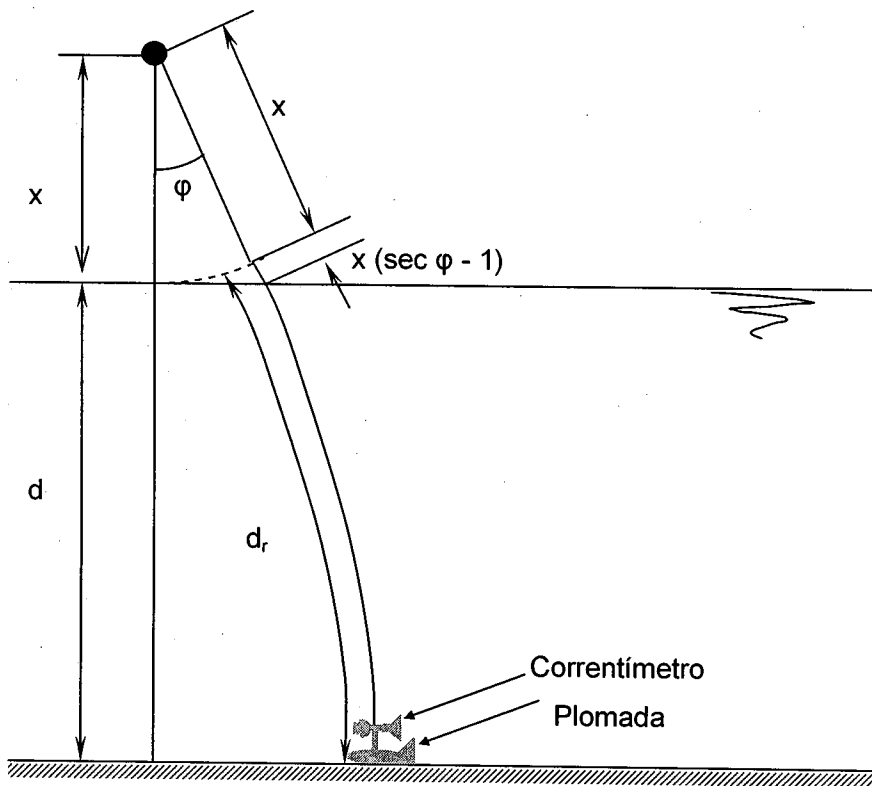
la plomada no es suficiente para mantener la verticalidad del alambre, deben aplicarse ciertos correctivos a la medición, como se describe a continuación:

Siendo  $d$  la profundidad real de la vertical,  $d_r$  la profundidad registrada,  $\varphi$  el ángulo medido y  $x$  la distancia entre la superficie del agua y el punto de suspensión de la línea, se define la profundidad real como:

$$d = [d_r - x \cdot (\sec \varphi - 1)] \cdot (1 - k)$$

Véase el esquema siguiente para la descripción de los parámetros de la ecuación:

**Figura 5: Esquema de la desviación de la guaya del correntímetro con respecto a la vertical**



Suponiendo que cerca del lecho la presión de arrastre sobre la plomada y el alambre es despreciable, los valores de  $k$  en función del ángulo  $\varphi$  se dan a continuación:

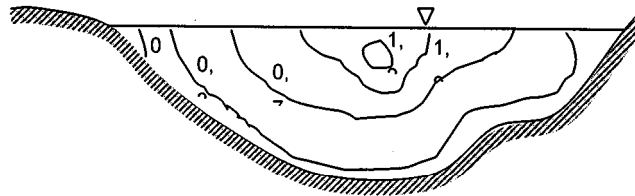
$\varphi$	$k$	$\varphi$	$k$
-----------	-----	-----------	-----

4°	0,0006	18°	0,0164
6°	0,0016	20°	0,0204
8°	0,0032	22°	0,0248
10°	0,0050	24°	0,0296
12°	0,0072	26°	0,0350
14°	0,0098	28°	0,0408
16°	0,0128	30°	0,0472

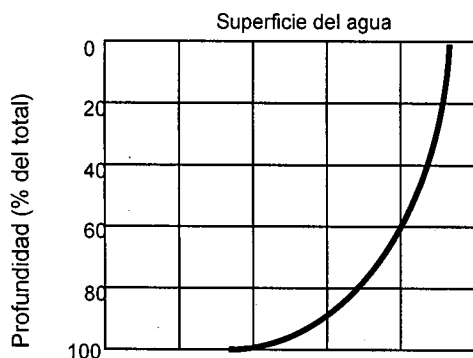
Si el ángulo  $\varphi$  es mayor de 30°, se puede incurrir en errores considerables.

### Distribución de velocidades y medición de la velocidad:

Las mediciones de velocidades en un gran número de puntos de la sección transversal pueden utilizarse para la elaboración de las curvas *isotacas*. Estas líneas muestran la distribución de las velocidades de flujo dentro de la sección. Este procedimiento requiere la medición de la velocidad del flujo en numerosos puntos de la sección, por lo que no suele aplicarse en los aforos cotidianos de sección-velocidad.



Según la distribución de velocidades hallada se pueden elaborar perfiles de velocidad en los cuales representar la velocidad de flujo a distintas profundidades de una sección longitudinal del cauce:



Relación entre la velocidad puntual y la velocidad media

En dichos perfiles se puede observar que la distribución de velocidades es aproximadamente parabólica, estando el mínimo valor en el lecho del cauce y yendo en aumento hacia la superficie.

Para cada vertical se determina una velocidad media de la corriente, lo cual se hace con el promedio de mediciones a distintas profundidades:

Si la profundidad total es menor de 0,5 m se hace una sola medición a un 60 % de la misma.

Si la profundidad total sobrepasa los 0,5 m se hacen dos mediciones a un 20 % y a un 80 % de la misma.

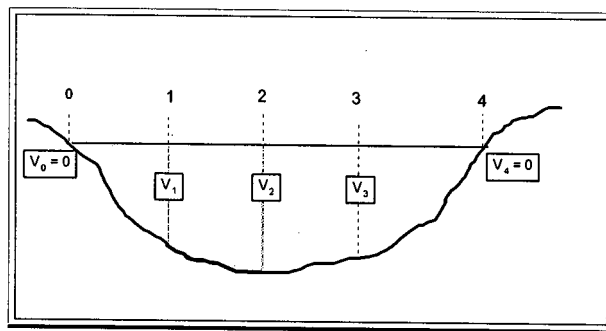
Las mediciones de velocidad se realizan comúnmente con un *correntímetro*, instrumento cuyas variantes más comunes son el de *hélice* y el de *copas*. Ambos se fundamentan en el hecho de que la velocidad de rotación de la hélice (o del sistema de copas) es proporcional a la velocidad del flujo. Ésta se puede calcular contando las revoluciones efectuadas en un intervalo de tiempo, pues se conoce la relación entre el recorrido y el número de revoluciones.

Otros sensores de velocidad se basan en las fluctuaciones en el campo magnético del sensor, las cuales producen variaciones de voltaje que pueden traducirse mediante una relación con la velocidad del flujo.

La exactitud de las mediciones de velocidad mejorará si:

- el lecho es estable y uniforme
- las curvas de distribución de velocidades son regulares, lo que tendrá importantes implicaciones: la velocidad es mayor que cierto límite (aproximadamente 0,15 m/s);
- las velocidades son paralelas en todos los puntos y perpendiculares a la sección transversal.

Se asumirá como velocidad media en cada sección parcial la misma velocidad media de la vertical que define su profundidad.



La exactitud de las mediciones de velocidad puede verse afectada si la sección de medición no es exactamente perpendicular al cauce, es decir, si existe un ángulo diferente de  $90^\circ$  entre el puente y el eje del río. Matemáticamente se puede corregir la diferencia hallada entre la velocidad medida en una sección no perpendicular y la verdadera velocidad. Si la velocidad medida es  $v_m$  y el ángulo entre la perpendicular al puente y el eje del flujo es  $y$ , entonces la velocidad verdadera  $v$  es:

$$v = v_m \cdot \cos y$$

Algunas planillas de aforo incluyen un dibujo mediante el cual se determina el valor correspondiente al ángulo  $y$  (véase el dibujo siguiente).

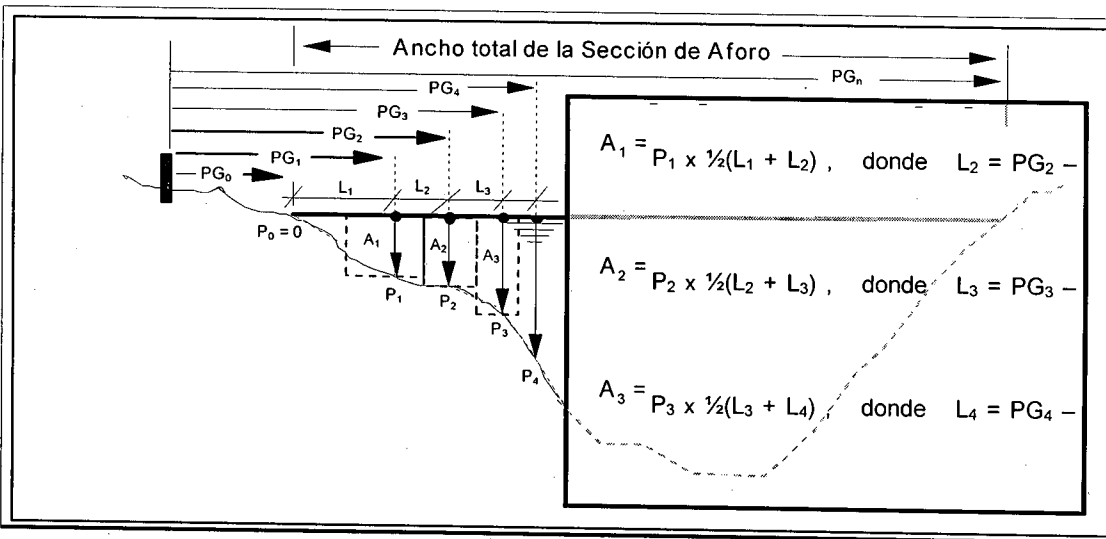


### Cálculo del caudal:

El caudal  $q_i$  que corresponde a cada porción se calcula multiplicando la velocidad media  $v_i$  antes calculada por el área  $a_i$  de la porción:

$$q_i = v_i \cdot a_i = v_i \cdot p_i \cdot b_i = v_i \cdot p_i \cdot \frac{1}{2}(l_i + l_{i+1})$$

donde  $b_i$  es el ancho de la porción y  $p_i$  es la profundidad de cada vertical. Note en la ilustración que sigue que la anchura  $b_i$  es igual a la semi-suma de las distancias entre una vertical y sus verticales vecinas inmediatas. En la práctica, esas distancias  $l_i$  quedan definidas por la diferencia de las progresivas  $PG_i$  de las verticales, que son las distancias horizontales acumuladas desde un punto inicial de referencia.



El caudal total será igual a la sumatoria de los caudales parciales de las porciones de la sección.

### **Consideraciones para el cálculo de la “mira compensada” para el aforo:**

En la práctica, no se utiliza un valor único de lectura de mira para asociarlo al caudal aforado, sino un promedio de varias lecturas efectuadas en el transcurso del aforo. Ese promedio se llama *mira compensada*. Requiere una lectura justo antes de iniciar el aforo, unas tres lecturas durante el aforo y una lectura final, al culminar el aforo. La altura de mira que se anotará para elaborar la curva de gastos se calcula según se indica en la secuencia que sigue:

- En una columna, se anotan las horas a las que se efectuaron las distintas lecturas de la mira.
- En una segunda columna se anotan las verticales que se estaban midiendo en cada una de las horas de las lecturas de mira.
- En la tercera columna se anotan las miras.
- En la cuarta columna se toma nota de los caudales parciales correspondientes a las verticales anotadas.
- En otra columna se anotan los promedios de cada dos lecturas de mira, junto a la última mira leída.
- Luego se calcula una columna con el producto de cada mira promedio por el caudal parcial que le corresponde.
- Dividiendo la suma de esos productos entre la suma de los gastos parciales se obtiene la mira media compensada.

Véase el ejemplo a continuación:

hora	Vertical	mira (m)	mira media parcial (m)	gasto parcial (m <sup>3</sup> /s)	mira media × gasto
12:10	0	1,62			
12:25	8	1,70	1,66	16,103	26,731
12:40	12	1,73	1,715	40,341	69,185
12:50	17	1,79	1,76	38,270	67,335
13:10	21	1,98	1,885	9,600	18,096
			<b>Totales:</b>	<b>104,314</b>	<b>181,367</b>

$$\text{Mira media compensada} = 181,367 \div 104,314 = 1,74 \text{ m}$$

Note la diferencia con el promedio de todas las 5 lecturas de mira (1,76 m) y con el promedio de la lectura inicial y final (1,80 m).

#### Consideraciones para el uso del equipo:

"Para la medición de las velocidades del agua en los cauces de los ríos, se acostumbra a utilizar un aparato denominado *Correntímetro*, estos instrumentos pueden ser de Hélice o de Copas, al introducirlos en la corriente de agua de un canal ellos se orientan automáticamente paralelos a las líneas de flujo y comienza a girar la hélice o las copas según sea el tipo de correntímetro. Al dar un cierto número de vueltas (las copas o hélices) se produce una señal por medio de un sistema eléctrico, por lo que, si se utiliza un cronómetro se podrá determinar el número de revoluciones por segundo que se está produciendo en el sitio en donde se colocó el instrumento, con este valor (rev. / seg.) y mediante una fórmula específica que trae de fábrica cada aparato, se calcula la velocidad del agua en el punto en donde se encuentra ubicado dicho correntímetro."<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Rivero, M.P. "Manual de instrucción en mediciones hidráulicas" U.C.V. 2001

Las pruebas del estado del equipo al inicio y al final del aforo son necesarias para garantizar la calidad del mismo. También es importante la revisión previa al aforo pues el uso del correntímetro con una pieza defectuosa puede afectar otras piezas y dañar el instrumento. Las pequeñas descalibraciones que pueden ocurrir a consecuencia del uso del instrumento traen como consecuencia errores considerables en los aforos. Son especialmente delicadas las piezas internas del molinete, donde se efectúa el contacto eléctrico, y el eje sobre el cual ellas giran, llamado *pivote*. Es por ello que se hace énfasis en el cuidado de aspectos muy específicos, como se menciona en los ejemplos siguientes:

El correcto funcionamiento del pivote suele probarse al hacer girar el molinete fuera del agua, protegido de toda corriente de aire, y tomar el tiempo que tarda en detenerse, el cual debe ser no menor de 90 segundos.

Para que el pivote se mantenga en buen estado debe garantizarse que el juego de todo el eje no sea excesivo, pues la pérdida del centro exacto de rotación le deteriora rápidamente y luego al cojinete. Tampoco puede permitirse que el juego sea demasiado pequeño pues puede generarse roce del eje con la tapa de la cámara de contactos.

Debe comprobarse que los filamentos de contacto estén ajustados adecuadamente, para que no produzcan roce excesivo, por estar demasiado cerca del eje, o un contacto eléctrico defectuoso por estar muy alejados.

Es importante cuidarse de no apretar excesivamente los tornillos del instrumento, no utilizando destornilladores si los tornillos son grafilados. Las aletas direccionales, por ejemplo, se ajustan al cuerpo del correntímetro mediante un solo tornillo que, de aislarse, inutilizaría completamente el instrumento.

## **9.2 LOGÍSTICA DE LAS CAMPAÑAS DE AFORO**

Las campañas de aforos en periodos de sequía se realizarán una (1) vez al mes para obtener el volumen de agua escurrido, entre otras.

Las campañas de aforo en periodos lluviosos se realizarán dos (2) veces al mes o cada vez que ocurra una crecida, y tener un mejor aprovechamiento de la época y un mejor control de la información requerida.

### **9.3 MATERIALES Y EQUIPOS REQUERIDOS**

#### **Para el Aforo**

Materiales de utilidad:

Libreta, Lápices, sacapuntas, etc.

#### **Materiales para muestreo de sedimentos:**

Botellas de plástico para muestras (aprox. 150 ml c/u)

Tobos con asa (2)

#### **Materiales de seguridad y limpieza:**

Carpas

Cavas

Guantes de goma

Guantes de cuero

Botas de goma

Botas de seguridad de cuero

Botas de pescador

Cascos

Impermeables

Salvavidas

Linternas sumergibles

Cintas métricas de 30 m

Cintas métricas de 50 m

Cinturón y arneses de seguridad

Cajas de herramientas

Juego de herramientas menores

Escalera de tres peldaños

Botiquín primeros auxilios

Cuerda (50 m)

Detergente.

Equipo de limpieza.

Bolsas fuertes para basura

Baterías para linterna, cámara, calculadora

**Equipos:**

Correntímetro. o medidores de velocidades tipo Doppler

Pesas

Varillas y Pines

Pluma o grúa de tres ruedas

Rieles de sondeo (canfield)

Muestreador de sedimentos

GPS

Botellas de plástico para muestra de sedimentos

Cámara digital

Radios de comunicación

Calculadora

Computador portátil (opcional)

Caja con las herramientas

Cronometro

**Mano de Obra:**

Personal Profesional y Técnico.

Técnico Hidrometeorologista.

Auxiliar.

**Personal Obrero.**

Chofer

**Transporte**

Vehículo Rústico 4x4

Gasolina

Maletín con las herramientas necesarias para la mecánica básica

Repuestos básicos (fluidos, correas, mangueras)

Gastos extras.

#### 9.4 ANÁLISIS DETALLADO DE LAS RUTAS DE AFORO

<b>RÍO:</b>	Petaquire
<b>ESTACIÓN:</b>	Dique Petaquire
<b>SALIDA:</b>	UCV
<b>HORA:</b>	08:00 a.m.
<b>TIPO:</b>	Estación Hidrométrica
<b>VEHÍCULO:</b>	Rústico 4 X4
<b>TIEMPO:</b>	2 horas
<b>CONDICIÓN DE LA VÍA:</b>	Buena
<b>PERSONAL:</b>	Técnico Hidrometeorologista. Auxiliar.
<b>ACTIVIDADES:</b>	Según Plan de Mediciones
<b>DURACIÓN APROX. DEL AFORO</b>	Una (1) hora
<b>FRECUENCIA DE VISITAS:</b>	Una (1) vez al mes en temporada seca Dos (2) veces al mes en temporada de lluvia En caso de crecientes

**RÍO:** Tacagua  
**ESTACIÓN:** Tacagua Desembocadura  
**SALIDA:** UCV  
**HORA:** 08:00 a.m.  
**TIPO:** Estación Hidrométrica  
**VEHÍCULO:** Rústico 4 X4  
**TIEMPO:** 0.5 horas  
**CONDICIÓN DE LA VÍA:** Buena  
**PERSONAL:** Técnico Hidrometeorólogo.  
Auxiliar.  
**ACTIVIDADES:** Según Plan de Mediciones  
**DURACIÓN APROX. DEL AFORO** Una (1) hora  
**FRECUENCIA DE VISITAS:** Una (1) vez al mes en temporada seca  
Dos (2) veces al mes en temporada de lluvia  
En caso de crecientes

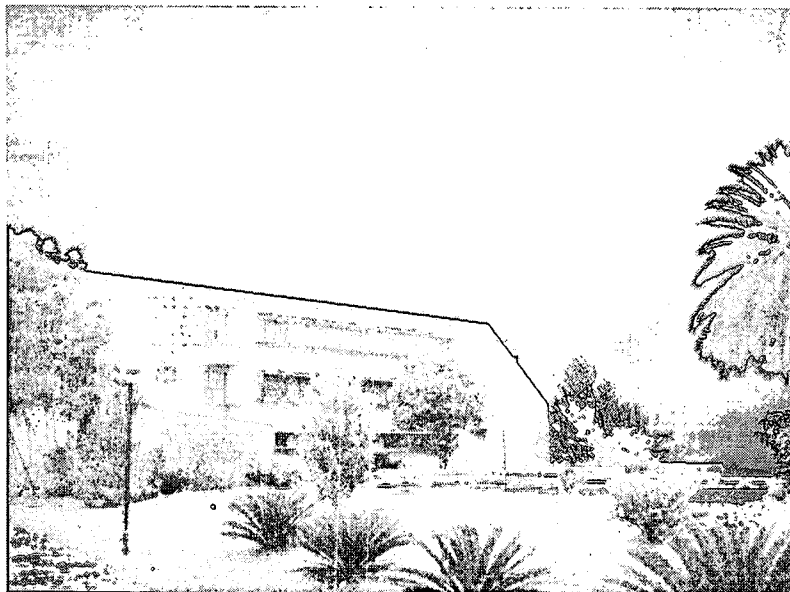
**RÍO:** La Zorra  
**ESTACIÓN:** UE Narciso Gonell  
**SALIDA:** UCV  
**HORA:** 08:00 a.m.  
**TIPO:** Estación Hidrométrica  
**VEHÍCULO:** Rústico 4 X4  
**TIEMPO:** 0.5 horas  
**CONDICIÓN DE LA VÍA:** Buena  
**PERSONAL:** Técnico Hidrometeorologista.  
Auxiliar.  
**ACTIVIDADES:** Según Plan de Mediciones  
**DURACIÓN APROX. DEL AFORO** Una (1) hora  
**FRECUENCIA DE VISITAS:** Una (1) vez al mes en temporada seca  
Dos (2) veces al mes en temporada de lluvia  
En caso de crecientes

**RÍO:** Mamo  
**ESTACIÓN:** Mamo Desembocadura  
**SALIDA:** UCV  
**HORA:** 08:00 a.m.  
**TIPO:** Estación Hidrométrica  
**VEHÍCULO:** Rústico 4 X4  
**TIEMPO:** 40 minutos  
**CONDICIÓN DE LA VÍA:** Buena  
**PERSONAL:** Técnico Hidrometeorologista.  
Auxiliar.  
**ACTIVIDADES:** Según Plan de Mediciones  
**DURACIÓN APROX. DEL AFORO** Una (1) hora  
**FRECUENCIA DE VISITAS:** Una (1) vez al mes en temporada seca  
Dos (2) veces al mes en temporada de lluvia  
En caso de crecientes

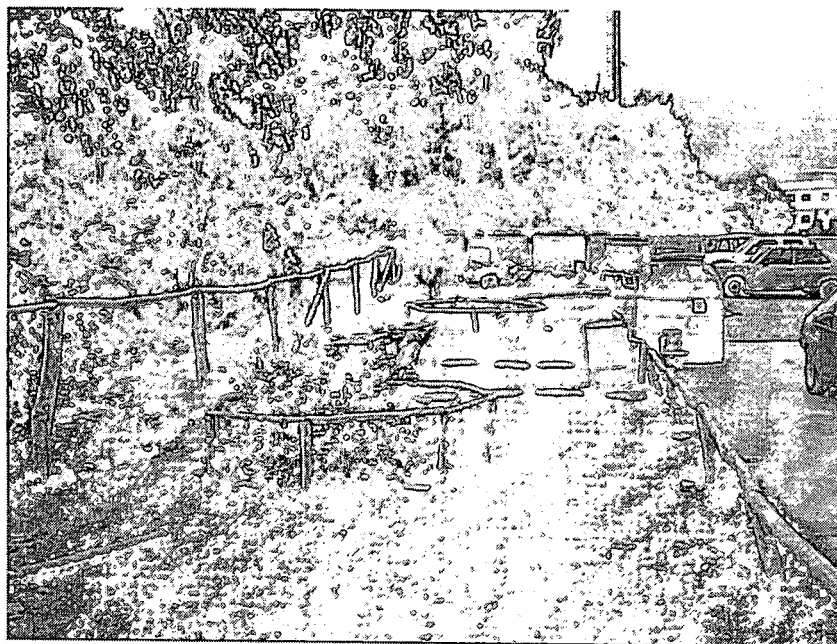
<b>RÍO:</b>	Mamo
<b>ESTACIÓN:</b>	Mamo Electricidad
<b>SALIDA:</b>	UCV
<b>HORA:</b>	08:00 a.m.
<b>TIPO:</b>	Estación Hidrométrica
<b>VEHÍCULO:</b>	Rústico 4 X4
<b>TIEMPO:</b>	2 horas
<b>CONDICIÓN DE LA VÍA:</b>	Buena en sequía y regular en temporada de lluvia
<b>PERSONAL:</b>	Técnico Hidrometeorologista. Auxiliar.
<b>ACTIVIDADES:</b>	Según Plan de Mediciones
<b>DURACIÓN APROX. DEL AFORO</b>	Una (1) hora
<b>FRECUENCIA DE VISITAS:</b>	Una (1) vez al mes en temporada seca Dos (2) veces al mes en temporada de lluvia En caso de crecientes

10 FOTOS DE LOS SITIOS DONDE SE INSTALARAN LAS ESTACIONES

Luis Hurtado



Bomberos El Junquito



Jeremba



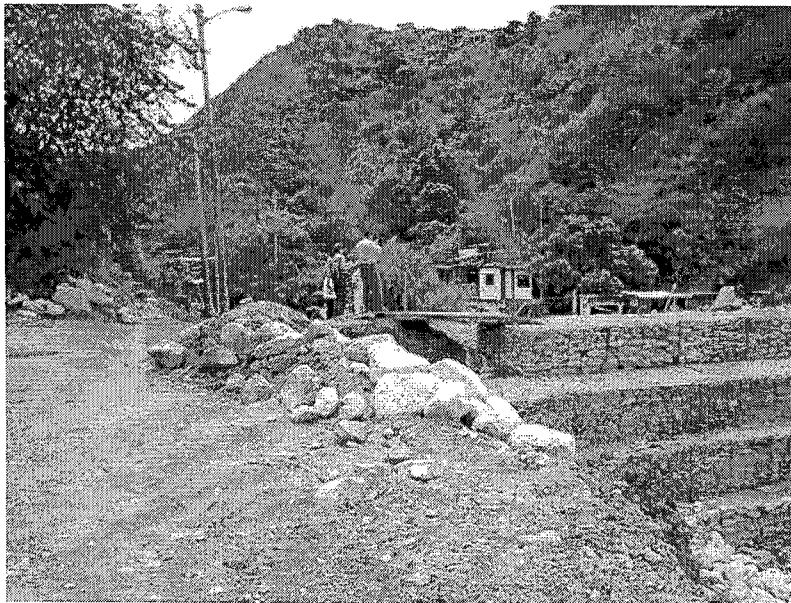
Alto Ño León



Junko Bomberos



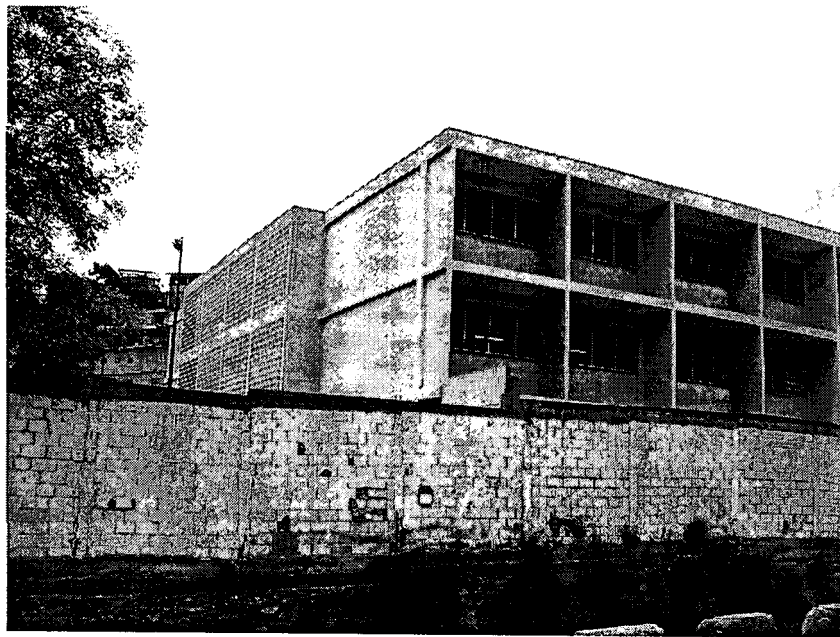
La Zorra Dique



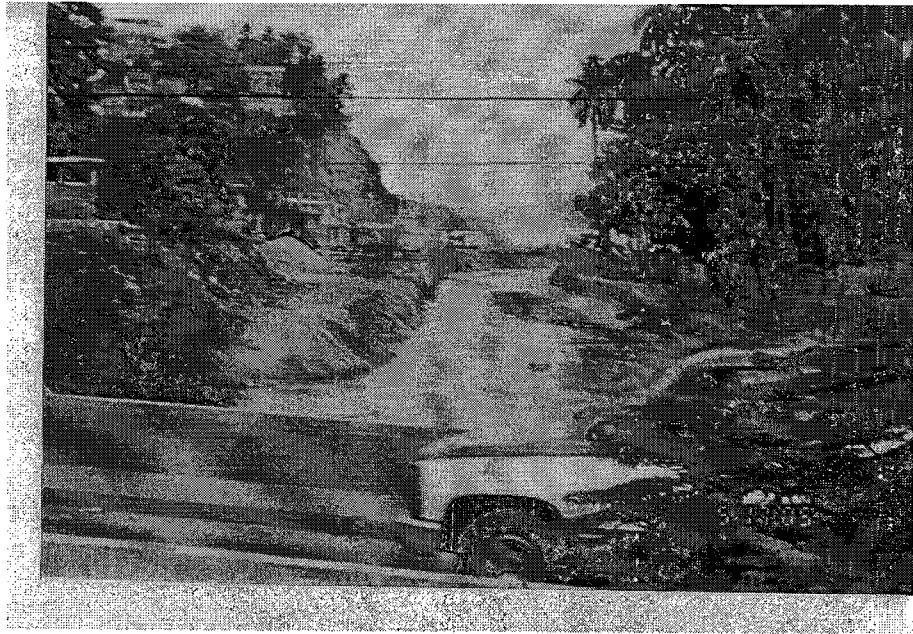
Carayaca



La Zorra Escuela



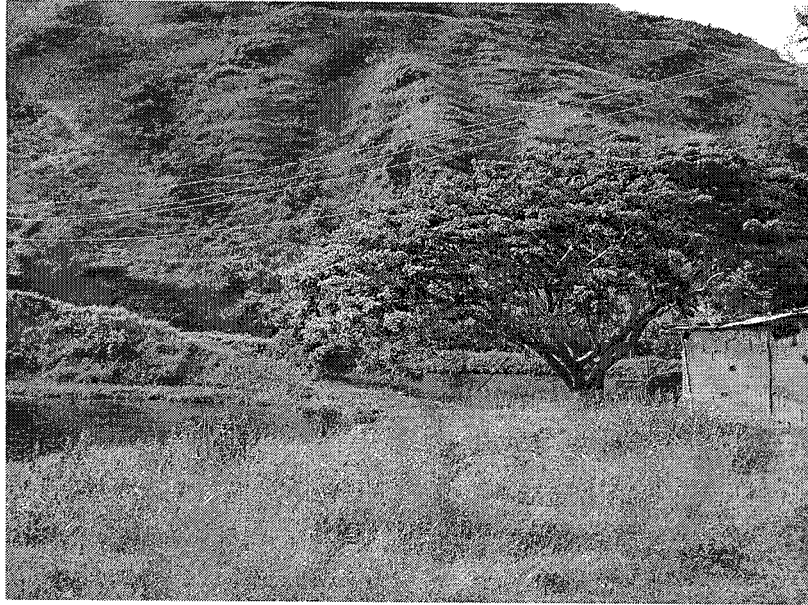
Mamo desembocadura



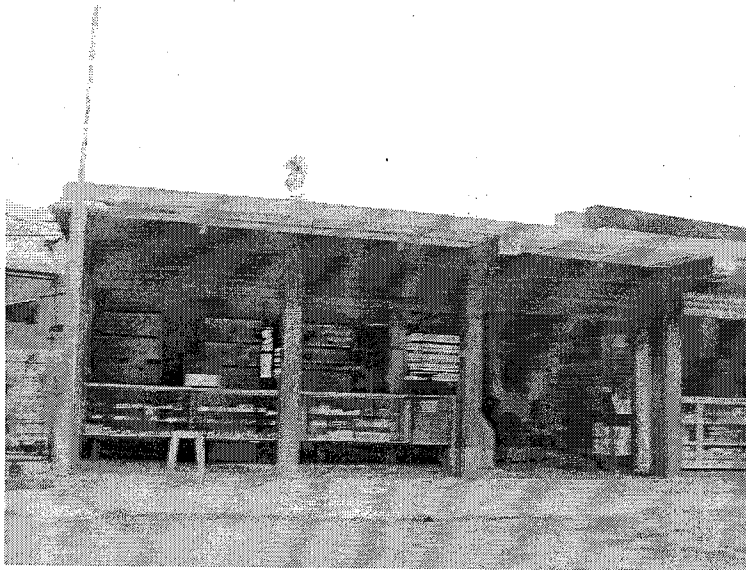
Bajo Seco



Petaquire Dique



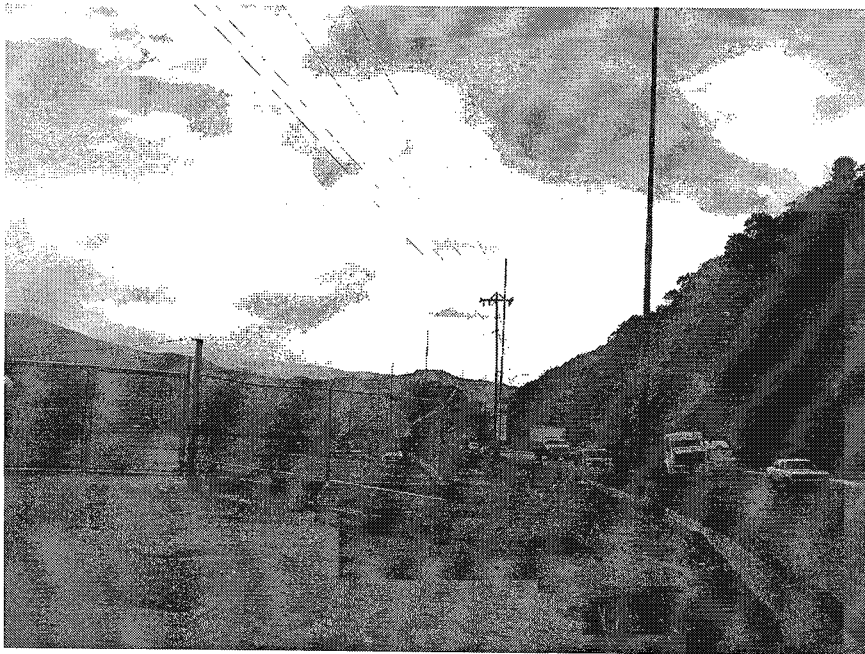
La Bodeguita



Mamo EDC

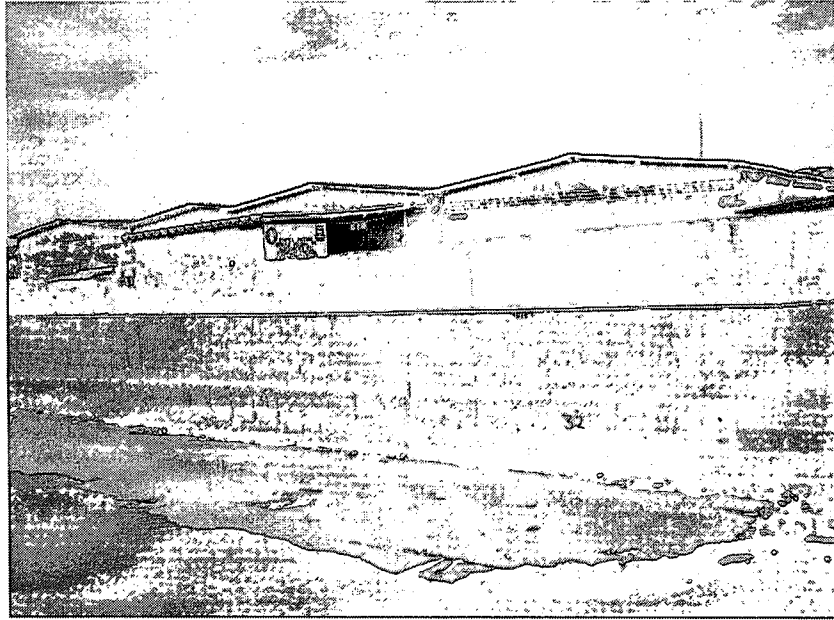


Viaducto 1 subiendo



Tacagua Desembocadura

Prof. Abraham A. Salcedo Castillo  
Tel: 04168158537/ Ofic. 6053039/6053049  
e-mail: salcedoa54@gmail.com







## **BIBLIOGRAFÍA**

**MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS.** MARNR. Dirección General de Información del Ambiente. Dirección de Hidrología. Caracas, Venezuela.

**TÉCNICAS DE MEDICIÓN EN RÍOS GRANDES.** Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Recursos Hidráulicos. Dirección de Información Básica. Caracas, Venezuela.

**INSTRUCCIONES SOBRE FLUVIOGRAMAS.** Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Hidráulicas. División de Hidrología. Caracas, Venezuela.

**AFOROS POR EL MÉTODO DE SECCIÓN Y VELOCIDAD, LA CURVA DE GASTOS Y LOS PROBLEMAS DE SU EXTRAPOLACIÓN.** Instituto Nacional de Obras Sanitarias. Caracas, Venezuela.

**CÁLCULO DE ACARREO.** Cartaya, H. y Ventura, J., Instituto Nacional de Obras Sanitarias. División de Hidrología. Caracas, Venezuela.

**RESULTADO DEL PROCESAMIENTO PRIMARIO DE LAS MEDICIONES EN LAS AGUAS DE 50 RÍOS GRANDES, DURANTE LOS AÑOS 1968,1969 Y 1970.** Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Recursos Hidráulicos. Dirección de Información Básica. División de Hidrología. Caracas, Venezuela.

**INSTRUCTIVO PARA LA OPERACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS.** Secretaría de Recursos Hidráulicos. Irrigación y Control de Ríos. Dirección General de Hidrología. Departamento de Hidrometría. México.

**MANUAL DE PROYECTO HIDROMETEOROLÓGICO CENTROAMERICANO "HIDROMETRÍA".** Tercera Edición NQ 49

**INSTRUCTIVO PARA AFOROS DE CORRIENTES.** Secretaria de Recursos Hidráulicos. México D.F

Publicación OMM N° 168: "Guía de prácticas hidrológicas". OMM.



**NOTA TÉCNICA N° 90.**Publicación OMM 225:

**“MEDICIÓN DE FLUJO LÍQUIDO EN CANALES ABIERTOS”.** Organización Internacional de Normalización, ISO 1070:

**"HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS".** V. T. Chow:

**“INSTRUCTIVO PARA AFORO DE CORRIENTES”.** Comisión Nacional del Agua de la República de México: