

Handwritten signature

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

José Leoncio Pérez Machado

MEDICIONES Y REGISTROS A LARGA DISTANCIA DEL NIVEL DE AGUA

ASIGNATURA: Hidrología de Campo I

PROF.: Ángel A. Guerra Yáñez

PREPARADOR: Luis F. Villalba

MEDICIONES Y REGISTROS A LARGA DISTANCIA DEL NIVEL DE AGUA

Introducción.-

La medición del nivel de agua es un paso básico extremadamente importante en la colección de datos hidrológicos de corrientes, reservorios y lagos. Los registros de nivel son necesarios para el cómputo de la descarga de agua y sedimentos de las corrientes; del contenido de reservorio y lago; de los perfiles superficiales de agua de las corrientes; y de muchos otros datos hidrológicos.

Esta obra discute factores que se toman en cuenta en la selección del sitio para instalar el medidor del nivel del agua, equipo para la medición y registro del nivel de agua, factores considerados en la elección del mejor equipo adaptado a un sitio específico, equipo para la transmisión de registros de nivel hasta puntos lejanos del sitio del medidor, y procedimientos para el mantenimiento e inspección rutinaria del equipo.

Este análisis presenta consideraciones administrativas, hidrológicas y económicas involucradas en la selección de los sitios, equipo y técnicas para la medición del nivel de agua. Conceptos importantes son ampliados por ejemplos pertinentes.

SELECCION DEL SITIO DEL MEDIDOR

10.- Consideraciones Generales.

Una decisión para recoger un registro del nivel de agua en una localidad aproximada a un río específico, puede encontrarse después de un análisis de la red por los métodos presentados por Langbein en el folleto Nº 15 de la serie "Control de Crecientes" que trata sobre: Redes Hidrológicas y Métodos Hidrológicos. El Hidrólogo tiene ahora que seleccionar un lugar para el medidor de todos los sitios posibles a lo largo de toda la extensión de la corriente en la localidad aproximada especificada en el análisis de la red. La selección del sitio del medidor debe establecerse de acuerdo con el fin buscado por la colección del registro de nivel de agua, por las características hidrológicas, morfológicas y geológicas de la extensa corriente considerada, y por las consideraciones administrativas, tales como proximidad del sitio a los posibles lectores de la medida y de fácil acceso para el transporte corriente. Estas consideraciones para seleccionar el sitio del medidor serán tratadas ahora con más detalles.

20.- Propósito del registro del nivel de agua:

A veces, el propósito de un registro del nivel del agua es una consideración importantísima en la selección del sitio del medidor. Por ejemplo, cuando un registro continuo de la descarga de la corriente se necesita para la distribución de agua entre distintos canales principales de riego, el medidor tiene que estar inmediatamente aguas arriba de los trabajos que encabezan el riego, especialmente cuando la corriente aguas arriba de los trabajos de cabeceo tienen desviaciones complicadas y se produce un gasto inútil de agua. En tales casos restringidos, el sitio del medidor es especificado sin considerar las características hidrológicas.

Afortunadamente, el Hidrólogo no tiene que estar tan restringido en la selección de un sitio para el medidor como en el caso anterior, ya que el propósito del registro del nivel del agua es solo un factor en la selección del sitio. Frecuentemente, el registro del nivel del agua se usa como información básica para el cómputo de un registro de descarga de agua y sedimento hecho como parte del inventario de los recursos de agua de una nación. En tal caso, la exactitud y continuidad de los registros son consideraciones fundamentales, y el Hidrólogo investigará una longitud de Valle relativamente larga y evaluará cuidadosamente sus características antes de seleccionar un sitio. La selección del sitio final, aunque hecho con el propósito del registro en mente, se basa principalmente en las consideraciones de las características del canal y de acceso relativamente fácil.

A veces los registros de nivel del agua sólomente son recogidos al y por encima del nivel de creciente para obtener información sobre los perfiles de crecientes. Los registros que cumplen este propósito son normalmente coleccionados en sitios espaciados en intervalos aproximadamente iguales, a lo largo de un tramo de la corriente. En tales casos, la facilidad de acceso y disponibilidad de observadores durante las crecientes pueden ser las consideraciones que controlen en todas las localidades, según los intervalos entre los medidores sean aproximadamente los planeados. Cuando uno o más de tales me-

didores son parte de una red de pronósticos de creciente y los reportes del nivel de creciente tienen que ser oportunos y dignos de confianza, la accesibilidad del sitio a niveles de alta creciente, y el acceso para el teléfono o telégrafo se convierten en las consideraciones fundamentales de la elección del sitio.

Así, en raros casos, el propósito de un registro es el único criterio en la selección del sitio. Normalmente, los factores hidrológicos y administrativos tienen que considerarse en la selección del sitio del medidor para un propósito dado.

3º.- Consideraciones hidrológicas:

Las consideraciones hidrológicas, según son usadas aquí, significan factores en los campos de Geología, Morfología, e Hidráulica de los Canales Abiertos que tienen influencia en la selección de un sitio para medir el nivel del agua.

Las consideraciones geológicas son pertinentes en el régimen de flujo bajo de una corriente, en la localización de secciones de control convenientes, en la selección de un sitio donde todo el rendimiento de la hoya pueda ser medido como flujo de corriente superficial, y en la selección de las formaciones con características favorables para soportar las estructuras del medidor. La siguiente descripción demuestra la gran importancia de la Geología en la determinación de la variación del flujo débil de un tramo de la corriente y de aquí su significado en la selección del sitio del medidor.

El río Gasconade de Missouri fluye, en parte de su curso, a través de terrenos calizos. Durante una sequía en 1.953, cuando la descarga de la corriente estaba esencialmente compuesta del agua proveniente de los acuíferos entre los cuales el río está atrincherado, una serie de mediciones del caudal fué hecho para definir las variaciones en el flujo de corriente. Los resultados presentados por Bolon, para un pequeño tramo del canal principal son particularmente interesantes porque muestran como puede estar en dicho terreno el flujo variable. Los gastos significantes fueron:

<u>LUGAR:</u>	DESCARGA (pies ³ /seg.)
Río Gasconade en la desembocadura de Collie Hollow.....	4.32
Creasy Spring en la desembocadura $\frac{1}{2}$ milla debajo de Collie Hollow	20.00 (aprox.)
Falling Spring desembocadura $\frac{1}{2}$ milla debajo de Collie Hollow	1.57
Bartlett Mill desembocadura, 1 milla debajo de Collie Hollow	2.42
Río Gasconade exactamente debajo de Bartlett Mill Spring y a 1 y $\frac{1}{4}$ de milla debajo de Collie Hollow	69.8

Así, a lo largo de un tramo del río Gasconade la Geología determina la cantidad de flujo que aparece en el canal de la corriente. - Un medidor del río localizado en Collie Hollow mostraría consecuentemente menores descargas en período de sequía, que en un medidor situado en Bartlett Mill Spring. Los hidrógrafos notaron que el aumento en el flujo de corriente entre Collie Hollow y Bartlett Mill Spring, venía de fuentes individuales como medida y como influjo a lo largo del cauce. Sobre corrientes similares uno debe seleccionar el sitio mostrando la descarga más grande en el período de sequía - porque ella nos indica la máxima descarga de flujo débil usable de la corriente, y la descarga de flujo débil más grande normalmente - puede medirse con más precisión. Por lo menos, el hecho que ocurran las variaciones de flujo bajo debe advertirse a los usuarios del registro de descarga.

Material impermeable con una resistencia al flujo de agua mayor que la de las formaciones circundantes puede, si está propiamente ali-
neado por la naturaleza, crear buenas secciones de control. En tales secciones, pequeñas cascadas pueden haberse desarrollado. Si no, la corriente fluyendo sobre la estructura natural probablemente muestra una interrupción definida en la pendiente de la superficie del agua.

Tales secciones proporcionan un control casi idealmente permanente sobre la relación del nivel del río y la descarga. El material que forman tales controles pueden ser zanjas (diques) o miembros resistentes, expuestos e inclinados de una formación. Si se dispone de mapas geológicos de gran escala para la localización general del medidor, deben ser examinadas para determinar si las condiciones de tal control natural son probables que se presenten en cualquier lugar a lo largo de la extensión designada para la localización general del medidor. En la ausencia de mapas geológicos, mapas topográficos precisos o fotografías aéreas pueden mostrar buenos controles naturales por inspección de los cruces del contorno o por afloramientos de rocas (rock outcrops). Si no se dispone ni de mapas ni de fotos, la persona encargada de seleccionar el sitio del medidor debe examinar cuidadosamente la localización general de la extensión de la corriente para tales controles naturales favorables.

La Geología a lo largo de la extensión que se examina, también debe considerarse en relación a la estabilidad de las estructuras de la estación del medidor. De vez en cuando las formaciones que componen los bancos y los lados de los Valles están sujetas a movimientos de masa causados por gravedad. Estos movimientos pueden ser lentos o rápidos. El movimiento lento puede ocurrir como un arrastre tan bajo que es imperceptible - sin embargo, en un período de varios años, puede resultar en desplazamientos laterales dañinos. Las estructuras para el medidor se construyen sobre un material tal que con el tiempo puedan dañarse solo fuera de uso o requieran reparaciones expansivas. Los movimientos clasificados como arrastre son especialmente difíciles cuando las correcciones por altura del medidor, basadas en inspecciones anuales del nivel del datum del medidor son aplicadas, por lo que podemos decir si la desviación del datum ocurrió a una rata constante o fué causada por movimientos repentinos en tiempos fortuitos. La fig. Nº 1 muestra la apariencia de una ladera de Valle afectada por arrastre. Tal material debe ser evitado en la selección de un sitio para el medidor.

La Morfología, el estudio de la forma de las tierras, es una - consideración importante en la selección del sitio. En realidad, la mayoría de los medidores son construidos sobre extensiones de corrientes que descansan sobre aluviones, o sea, el material depositado por la corriente. Las secciones tomadas a través de los valles - de corrientes aluvionales pueden mostrar un gran espesor de material que fué depositado por la corriente para formar el piso del valle - y el lecho del canal aguas abajo. Los estudios de los procesos por los cuales una corriente forma una zona de inundación y mantiene un canal aguas abajo en los depósitos de la zona de la zona de inundación, han determinado que estas relaciones son importantes en la selección de un sitio a lo largo de una corriente aluvial:

- a) Una corriente usa su área de inundación alrededor de una vez por año (como promedio).
- b) La alineación del canal aguas abajo puede ser recta, trenza da o en forma de meandros (ver fig. N^o 2).
- c) Excluyendo los cambios violentos climáticos, tectónicos y - hechos por el hombre en la cuenca de drenaje, la zona de - inundación cambiará de elevación solo suavemente a través de un largo período de tiempo.
- d) Los cambios en el canal aguas abajo resulta del hundimiento de la ribera en el lado convexo de las curvas. Los meandros progresan ambos aguas arriba y lateralmente. Las proporciones del movimiento lateral varían de corriente a corriente y de año a año (dependiendo del tamaño de las crecientes du rante el período) en una corriente. La fig. N^o 3 muestra - los movimientos laterales reportados por una corriente pe- queña en Maryland. Durante crecientes extremadamente raras, los movimientos laterales pueden resultar en el alineamiento de una larga extensión del canal. Es importante que un sitio del medidor no debe estar tan aislado como ocurrió en Ogden, Kansas, durante la creciente del río Kansas de julio de 1951 como se muestra en la fig. N^o 4.

Los principios anteriores deben ser usados como guías en la selección de los sitios del medidor sobre canales aluviales (alluvial). Por ejemplo, el hecho de que una zona de inundación (flood plain) exista, demuestra que las crecientes poco frecuentes (una vez cada año, en el promedio) inundarán el canal y que las crecientes raras pueden sumergir a la zona de inundación varios pies por debajo relativamente rápido por el agua en movimiento. Si el medidor se encuentra aproximadamente en el medio de un área de inundación, la consideración tendrá que ser dada para protegerla de los peligros de la creciente y para proveer a los hidrógrafos de medios para llegar a ella durante crecientes extremas. Un lugar para el medidor más conveniente sería a lo largo de un tramo donde el canal se aproxima al borde del área de inundación, como en el punto A en la Fig. Nº 4. Aquí las estructuras del medidor pueden construirse sobre el borde del lecho de la creciente (área o zona de inundación) y así estar a salvo de los daños de las crecientes y también ser accesibles durante crecientes extremas.

El progreso de los meandros en el canal aguas abajo por las cortaduras de las riberas convexas, tienen que considerarse en la selección del sitio del medidor. Por ejemplo, si un pozo medidor y su refugio hubiesen sido instalados como se muestra en las secciones X_1 , X_2 , de la Fig. Nº 3 se hubieran dañado o destruido por la cortadura del banco entre 1.953 y 1.956. Un lugar menos susceptible a estas cortaduras sería el punto A en la Fig. Nº 3, aunque a su debido tiempo sería perturbado por la erosión. Sin embargo, el punto A, estando aproximadamente en la vía de enlace de una curva con la siguiente, probablemente sería menos afectada por la erosión o deposición.

La hidráulica de los canales abiertos sería el único criterio en la selección de los sitios del medidor si los efectos de Geología y Morfología pudieran ser ignorados. La hidráulica del flujo uniforme y continuo en los canales abiertos es ya bien conocida. Sin embargo, las corrientes raras veces se aproximan a las condiciones de flujo uniforme. La no uniformidad es causada por los recodos del canal, cambios en la sección transversal del flujo y cambios en la rugosidad del cauce y riberas. Durante períodos en los cuales el flujo se

ha retirado de las condiciones de creciente, el flujo puede ser aproximadamente continuo sobre grandes extensiones.

Computadores electrónicos ya hacen cálculos de las curvas de gasto teóricas (relación entre el nivel y la descarga) factibles, economizándole a muchos hombres horas de tediosos cálculos requeridos anteriormente para la solución de las ecuaciones de flujo gradualmente variables. Los datos requeridos para la solución de un problema de la curva de gasto teórica son: suficientes secciones transversales medidas para el nivel de máxima creciente a lo largo del tramo del canal seleccionado para el cómputo, pendientes del lecho y de la superficie aguas abajo, reconocimiento o inspección del alineamiento del canal, y coeficientes de rugosidad señalados. El United State Geological Survey ha desarrollado un programa de computación electrónica de dos pasos para una rápida solución de las ecuaciones de flujo gradualmente variables. En primer lugar se computan las propiedades de transmisión-nivel de cada sección; en segundo lugar computa el perfil de la superficie del agua a través de la extensión mediante descargas seleccionadas. Un resultado final de una curva de relación nivel-descarga puede prepararse desde los datos. Con este nuevo programa computador se puede computar una curva de gasto con anticipación para casi todos los sitios, y el sitio con las mejores características en la longitud total disponible de un río puede seleccionarse para un medidor. El nuevo programa también permite el cálculo de un nivel asociado con la máxima creciente probable que pudiera ocurrir en el sitio. Así, una nueva estructura del medidor puede diseñarse para que tenga la fuerza suficiente contra el nivel más alto posible.

La condición hidráulica ideal en un sitio de medidor es una en la cual la relación entre el nivel del agua y la descarga permanece fija, de modo que una vez que la relación haya sido definida por mediciones concurrentes de nivel y descarga, pueda usarse para computar la descarga asociada con cualquier nivel. Condiciones ideales semejantes están asociadas con los controles naturales, tales como el borde de una roca extremadamente estable y las riberas estables

asociadas de dimensiones tal, referente al canal aguas abajo y aguas arriba, que ningún efecto de remanso aguas abajo aparecerá - aguas arriba del control. Un ejemplo de esta condición ideal se encuentra sobre el río Cumberland en Cumberland Falls, Kentucky, donde la curva de gasto individual mostrada en la Fig. Nº 5, ha sido - aplicada al registro de nivel de agua por muchos años.

Los sitios ideales para el medidor, como se representa en la - Fig. Nº 5, son raramente encontrados. Muchos lugares tienen controles permanentes de sección para niveles medios y bajos, pero la relación nivel-descarga varía de una forma irregular (impredicable) - para niveles de creciente. Otros lugares pueden estar afectados por diversos remansos de los tributarios aguas abajo. A veces, puede en contrarse un sitio donde la porción de nivel medio y de creciente - de la relación nivel-descarga sea fija, pero la porción de poco flu jo varía debido a las variaciones en la velocidad de aproximación - a un control de sección. Tales cambios pueden ser causados por la - deposición variable de sedimento entre el medidor y el control.

En canales aluviales, las condiciones hidráulicas son probable que estén lejos de las ideales. En algunos canales sobre arena sin consolidarse, la relación de nivel-descarga puede normalmente definirse sólo aproximadamente. La investigación sobre canales de arena ha mostrado que el mejor sitio para el medidor está localizado en - la cabecera de un tramo largo uniforme con riberas estables. En dicho tramo las dunas de arena prevaecientes en un flujo bajo, se agotarán y se formará un lecho liso por una descarga moderada. Si un control artificial de sección se instala, son posibles relaciones - precisas de nivel-descarga para caudales bajos y medios.

Un medidor debe situarse próximo a un control para minimizar - los efectos de la variable velocidad de aproximación sobre la relación nivel-descarga, pero no tan cerca al control de sección que mi da el nivel sobre curvaturas rápidas de la superficie del agua inme diatamente aguas arriba del control. Los medidores no deben ubicarse apenas aguas arriba o aguas abajo de un puente que forma una obs trucción parcial del canal, porque tal sitio produce rara vez rela-

ciones favorables de nivel-descarga y los niveles normalmente no re presentan elevaciones intactas de la superficie del agua. Debe darse cierta consideración a los lugares del medidor y las secciones - donde se desean hacer las mediciones de descarga. Si la sección de medición del gasto no está en el calibrador, se necesitan correccio nes para los gastos medidos durante períodos de niveles ascendentes o descendentes rápidamente.

El criterio para la selección de los sitios del calibrador para obtener relaciones óptimas de nivel-descarga pueden resumirse - así:

- a). Un tramo recto de canal tal que el flujo pasado por el si tio del medidor, tenga una distribución de velocidad apro ximadamente uniforme en la sección transversal en todos - los niveles.
- b). Ningún remanso desde tributarios o estructuras en cualquier nivel.
- c). El nivel y la descarga controlados por un control perma nente de sección cercano o tramo de canal.
- d). Las mediciones de gasto pueden ser hechas en o cerca del sitio.

42.- Consideraciones Administrativas:

Todas las consideraciones de naturaleza no técnicas involucradas en la selección de un sitio conveniente para el medidor son bre vemente discutidas aquí. Ejemplos son:

- a). Proximidad del sitio al inspector-observador local del me didor.
- b). Facilidad de acceso por carretera
- c). Disponibilidad de potencia eléctrica y líneas de comunica ción.
- d). Costo relativo de instalación y operación en diferentes - sitios.

Inspecciones frecuentes (al menos semanalmente) son convenien tes para la operación de medidores registradores, y se necesitan vi

sitas por lo menos diariamente para medidores no registradores. El inspector u observador debería vivir cerca del sitio del medidor para que sea más eficaz. Otros elementos por igual son recomendables para seleccionar el sitio del medidor lo más próximo al hogar de un inspector-observador potencial.

Los Hidrólogos tienen que visitar el medidor varias veces al año para mantener su funcionamiento y, cuando sea pertinente, hacer mediciones de la descarga de agua y de concentraciones de sedimentos. Si el Hidrógrafo puede llegar al sitio por buenas carreteras, puede hacer mejor su trabajo y en menos tiempo que si tiene que caminar una larga distancia desde la carretera más cercana. Si dos sitios para instalar el calibrador son iguales en características físicas, se debe seleccionar el más cercano a la carretera.

Cuando se necesita una transmisión a larga distancia del nivel del agua, es conveniente tener potencia eléctrica en el sitio. Si se van a usar líneas de teléfonos para transmitir las indicaciones, se debe seleccionar un sitio cercano a una existencia de líneas telefónicas.

Si varios sitios tienen características favorables similares, el sitio debe ser aquel para el cual se puede lograr un menor costo anual para su funcionamiento. Para determinar cual sitio satisface este criterio, se requerirán estimaciones del costo inicial de instalación más el costo anual de operación en los diversos sitios.

EQUIPO USADO EN LA MEDICION DEL NIVEL DE AGUA.

Se han desarrollado diversas clases de equipo para medir el nivel de agua. Estos pueden ser divididos en dos grandes grupos: "Registradores" y "No Registradores".

19.- Medidor No Registrador:

Estos medidores requieren un observador para leer y registrar el nivel a horas seleccionadas. Pueden clasificarse así:

- a). Escalas hidrométricas (limnímetros)
- b). Aforadores de alambre y pesa
- c). Escala de flotadores
- d). Medidores de cinta aislante (electric-tape gauges)
- e). Medidores de nivel máximo

Los limnímetros están formados por la unión de una escala graduada a una estructura fija en o cerca de la corriente, tal como el estribo de un puente o una pieza especialmente construida para el medidor. La escala graduada puede estar en uno o más segmentos, y puede estar vertical o inclinado (ver figura Nº 6 para más detalles). Varios segmentos de limnómetro pueden necesitarse si ocurre un gran alcance del nivel y si el plano de creciente es amplio - puede usarse una escala de poco rango en el canal principal, una escala de rango mediano en el plano de crecientes, y una escala de alto rango cerca del borde extremo del plano de crecientes.

Los aforadores de alambre y pesa son un adelanto sobre los aforadores de cadena (chain gauges) tanto en precisión como en conveniencia. Están contenidos en una pequeña caja de metal montada sobre una estructura de puente, y, en lugar de una larga escala medidora para hacer las lecturas, como en el caso de los aforadores de cadena, se construyen de manera tal que todas las lecturas del medidor se toman por revoluciones y fracciones de revolución del tambor acoplado sobre el cual reposa el alambre, cuando se enrolla hacia adentro o hacia afuera. Como en el aforador de cadena, una pesa de fondo plano en el extremo del alambre trenzado indica la superficie del agua por una pequeña estela. El tambor está ajustado a una circunferencia (aprox. 3.75 pulgs. de diámetro), de manera tal, que un giro desenrolla un pie de alambre y un extremo de ella tiene una escala circular graduada, sobre la cual las lecturas más próximas a 0.01 pie son hechas de frente a un indicador. Los pies y las décimas de pies son leídas en un contador de vueltas engranado al tambor. Una barra de chequeo es incorporada para permitir la fácil comprobación de la lectura del medidor contra una elevación conocida. En uso, la barra de chequeo es movida debajo del fondo de la pesa cuan

do aproximadamente todo el alambre ha sido enrollado en el tambor. Con el fondo de la pesa descansando sobre la barra de chequeo, se toma una lectura del medidor y se compara con la lectura hecha cuando el medidor fué inicialmente instalado.

Debido a que el viento y la corriente del río pueden causar variados movimientos laterales, las escalas de flotadores son normalmente operados en un pozo de calma o amortiguación conectado con la corriente. El pozo proporciona una superficie estática del agua (a la elevación de la superficie del agua en el río), sobre la cual descansa el flotador. Una cinta métrica graduada, una rueda del flotador y un contrapeso completan el equipo necesario (ver fig. N^o6). El movimiento vertical del flotador resulta en el movimiento de la cinta métrica por encima de la rueda del flotador en respuesta del arranque del contrapeso. El nivel es leído sobre la cinta graduada de frente a un indicador ajustado en el soporte de la rueda del flotador.

Los medidores de cinta aislante operan en base a un principio similar al usado en los aforadores de cadena y de alambre y pesa, - con la diferencia de que la detección del contacto con la superficie del agua es indicado sobre un miliamperímetro. Normalmente, se suspende una pesa conductora pequeña en el extremo de una cinta graduada conductora, la cual es desenrollada desde un carrete de cinta. Un miliamperímetro y batería son conectados en un circuito eléctrico como se muestra en la figura N^o 6. Cuando la punta de la pesa pequeña toca la superficie del agua, se cierra el circuito y el contador se desvía de su posición cero. El nivel es leído sobre la cinta graduada por medio de un índice del soporte del carrete de cinta. Como el agua completa el circuito de tierra, ella debe tener suficiente conductividad para permitir el paso de unos pocos miliamperios a bajo voltaje. La mayoría de las aguas naturales tienen una conductividad adecuada.

Existen diversos tipos de equipo disponible para la medición del nivel máximo (el nivel más alto alcanzado por una creciente específica). Un simple pero eficaz dispositivo puede ser hecho montando

una serie de botellas vacías en una posición vertical - el nivel máximo se toma como el nivel de la botella más alta dentro de la cual se encontró agua después de la creciente. EL UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY diseñó el sencillo medidor de nivel máximo mostrado en la figura N^o 6. El corcho en polvo colocado en el fondo del recipiente es obligado a flotar sobre la cresta de la creciente dentro del tubo y se adhiere como una línea positiva, alrededor de la vara de madera (wooden sataff). La lectura de la línea más alta de corcho se toma como el nivel máximo de la creciente. Un medidor de cresta más esmerado, puede ser hecho de una escala de flotador modificada con un seguro y una chicharra montados para permitir que la rueda del flotador gire sólo en la dirección del nivel ascendente. Sin embargo, tal medidor requiere un pozo de calma y así un mayor costo.

2^o. - Medidores Registradores:

Clasificados por el método de detección del nivel, existen dos tipos principales de medidor registrador, a saber, el que funciona por flotador y el que funciona por presión hidrostática. Clasificados por la clase de registro de nivel producido, existen registradores de traza continua y de impresiones intermitentes. Tantas clases de registradores son disponibles comercialmente que solo unos ejemplos son discutidos aquí y mostrados en la figura N^o 7.

Las indicaciones de nivel por el sistema de flotador, los medidores registradores provienen del equipo casi idéntico al medidor de cinta métrica descrito para los medidores no registradores. Normalmente se requieren pozos de calma en este sistema de flotador. En algunas instalaciones el medidor de cinta métrica, se lee manualmente por el observador o hidrólogo, también maneja el registrador continuo de nivel. Otras instalaciones usan una línea de metal trenzada, en lugar de la cinta pero en cada caso la disposición del flotador, rueda y contrapeso es similar al medidor manual de cinta.

Recientemente el SERVICIO GEOLOGICO DE LOS ESTADOS UNIDOS (United States Geological Survey), ha desarrollado dos propósitos especiales de los medidores registradores operados por flotador para ob

tener los registros de nivel en sitios no aforados para (a) crecientes individuales y (b) gráficos de recesión de flujo bajo. El registrador construído para el trabajo de creciente puede instalarse sobre un tubo de tres (3) pulgadas según el pozo de calma y se le ajustará un rango de diez (10) pies para el nivel registrado en una escala de tiempo grandemente ampliada. El registrador de recesión, también construído para operar en un pozo para tubos de tres (3) pulgadas, tendrá cabida para un rango de tres (3) pies para el nivel en una escala de tiempo de 2,4 pulgadas por día. Ambos registradores funcionan con relojes operados por batería. Fotografías del registrador de recesión se muestran en la figura N^o 8.

Un dispositivo llamado "Detector de superficie" que opera con un flotador pero con ciertas modificaciones que permiten usar pozos de calma de pequeño diámetro, ha sido recientemente puesto en el mercado. Si un tubo vertical puede ser usado para el pozo de calma, no es necesario que tenga más de tres (3) pulgadas de diámetro. Los tubos inclinados tienen que ser de seis (6) pulgadas de diámetro. El flotador se mantiene en equilibrio con la superficie del agua. Un incremento en el nivel de agua inclina al flotador para cerrar un circuito eléctrico con un motor operado por batería que impulsa el tambor del cable del flotador y el registrador. Cuando el flotador se eleva hasta la posición de equilibrio el circuito se abre y cesa el impulso. Otro circuito similar impulsa al flotador hacia abajo sobre el nivel que desciende. Apropriados circuitos eléctricos de retardo eliminan la pulsación y suavizan la traza del registrador.

Las indicaciones de nivel por el sistema de presión hidrostática pueden provenir de una especie de vejiga, recipiente flexible montado en un sitio fijo debajo del agua y conectado a un tubo rígido - el cual se dirige por encima del nivel de creciente hasta un indicador de presión del tipo del tubo Bourdon (borden). El recipiente flexible, la tubería y el medidor Bourdon son llenados con un líquido apropiado. Una pluma accionada por el medidor Bourdon (borden) traza el registro de altura del medidor sobre un gráfico accionado por un mecanismo de relojería. Este tipo de equipo es limitado en sensibilidad y de aquí que sea usado sólo donde el nivel no necesite ser medido -

con una exactitud mayor de 0.1 pies. Para una sensibilidad igual a la de los registradores operados por flotador. "El Servicio Geológico de los Estados Unidos" ha producido un "medidor de burbuja".

Una instalación típica de un medidor de burbuja del "Servicio Geológico de los Estados Unidos" se muestra en la Fig. Nº 9.

En funcionamiento, el flujo de gas desde la botella de nitrógeno se controla por un regulador de presión y un aparato de alimentación visible (sightfeed), de modo que un número establecido de burbujas por unidad de tiempo viajen hacia abajo del tubo hasta el orificio fijado por debajo del agua, por donde escapan. Si asciende el nivel del agua, la presión del gas en el registrador se incrementa una cantidad igual al producto del nivel incrementado por el peso del agua. El manómetro de mercurio en ese momento tiene una presión no balanceada aplicada en un brazo del tubo en U. Esto causa un cambio en el nivel de mercurio en la copa flotante. El suiche del flotador percibe el cambio, cierra el circuito entre la batería y el motor, y éste impulsa el brazo movible del tubo en U hacia arriba hasta que se restablezca el equilibrio en dicho tubo. El suiche del flotador entonces vuelve a ponerse en neutro y el motor se detiene. Para prevenir al servo-manómetro de oleajes y ondas pequeñas en la corriente, se coloca un circuito de retardo entre los suiches del flotador y el motor impulsor. Esto economiza potencia de la batería y dá una traza en tiempo promedio sobre el registrador, el cual está engranado al motor impulsor. Dos pilas secas de seis (6) voltios duran un año.

El consumo de gas es tan pequeño que una botella de nitrógeno a alta presión (116 pies cúbicos) hará funcionar al medidor fluvial usual durante un año. El manómetro unitario está construido en dos tamaños standard; uno cubre un rango de nivel de 35 pies (11 m) y el otro 50 pies (15 m). El manómetro está construido en una forma inclinada para permitir los ajustes a ser incorporados para el agua cargada de sedimentos y para la longitud de la tubería de gas. Tanto el tipo de presión cruda como el tipo de medidor de manómetro con engraje impulsado (manómeter follower) operan sin costosos pozos de calma; sin embargo, se necesita una estructura por debajo del agua en -

la corriente para apoyar el sensibilizador de presión o el orificio de la burbuja.

Comercialmente se dispone de muchos tipos de registradores de traza continua. Aquellos en los cuales se enrolla alrededor de un tambor un gráfico hecho sobre un pequeño papel graduado y liso, pueden obtenerse con diferente tiempo de funcionamiento, así el gráfico dará un día, una semana, o un mes de registro antes de que la cambien. El tambor está montado verticalmente en algunos registradores, y horizontalmente en otros. En algunos instrumentos, el tambor gira por el tiempo de acción y en otros por el impulso del nivel de agua.

Aquellos registradores de traza continua que usan una cinta gráfica grande (convenientemente graduada) pueden operar durante un año (con escala normal de tiempo) sobre un rollo de papel. El tiempo siempre se coloca en la escala en la dirección del movimiento del gráfico sobre la cinta gráfica continua del instrumento.

Para registrar grandes alcances en el nivel, se incorporan mecanismos para la inversión en la marcha de la pluma, en muchos de los tipos de tambor de la gráfica y en todos los tipos modernos de cinta gráfica continua. Así una cinta gráfica de 10 pulgadas de ancho usada en un registrador engranado para un funcionamiento 1:12 (1 pie de cambio en el nivel es igual a 1 pulgada de desplazamiento de la pluma sobre el gráfico), podría registrar un cambio de nivel desde cero hasta 45 pies por medio de 4 inversiones.

Comúnmente se usan los relojes accionados por un peso variable para impulsar la escala del tiempo sobre registradores de cinta continua y algunos tipos de tambor. Algunos registradores del tipo de tambor son accionados por relojes que funcionan con resortes. Algunas veces se usan los relojes eléctricos operados por pilas secas.

El registrador que imprime en forma intermitente fué construido en 1.912. Imprimía la altura en cifras cada 15 minutos, sobre una cinta gráfica continua y angosta. Recientemente el Servicio Geológico de los Estados Unidos comenzó la instalación de un equivalente moderno del registrador antiguo. El nuevo instrumento perfora huecos -

en una cinta de papel a intervalos de tiempo seleccionados; los huecos representan un registro digital del nivel. La cinta puede ser abastecida de lectores eléctricos de cinta adecuados para producir un registro gráfico continuo de nivel o una cinta para usarla en un computador electrónico que puede convertir el nivel en un registro impreso de la descarga media diaria.

32.- Selección del equipo para sitios específicos.

Frecuentemente el capital disponible para la instalación de una estación de aforo, limita la selección del medidor a uno de los tipos no registradores. Si se dispone de un observador del medidor, digno de confianza, y el río u otro cuerpo de agua tiene una fluctuación suave de nivel, un medidor no registrador puede ser tan razonable y adecuado como un medidor registrador.

Las ventajas de los medidores no registradores son:

- a) bajo costo de instalación y mantenimiento
- b) simplicidad de operación
- c) las visitas frecuentes de los observadores bien entrenadas aseguran que cualquier condición anormal que suceda en la relación nivel-descarga estará definida en el tiempo de ocurrencia.

Las desventajas de los medidores no registradores que resultaron en el desarrollo de los medidores registradores son:

- a) no siempre se dispone de buenos observadores
- b) si el río puede fluctuar desde un nivel bajo hasta un nivel alto y regresar al nivel bajo en unas pocas horas, el observador puede fallar en obtener cualquier lectura del medidor durante algunos ascensos de creciente.
- c) la regulación de plantas Generadoras aguas arriba y otros controles hechos por el hombre, pueden requerir lecturas del medidor tan frecuentes para lograr la exactitud de registro deseada, que un medidor no registrador es enteramente inadecuado.

- d) las pequeñas fluctuaciones en el nivel, asociadas con algunos cambios en la relación nivel-gasto, no son usualmente detectadas por las lecturas del observador.
- e) en algunas estaciones de aforo, los registros de la pendiente simultánea de la superficie del agua a lo largo de un tramo, son necesitados. Los medidores no registradores son normalmente inadecuados para satisfacer esta necesidad.

Así, existen sitios para los cuales los medidores no registradores pueden ser adecuados y sitios para los cuales los medidores registradores son indispensables. Puede hacerse una inversión prudente del capital disponible. Los medidores no registradores serían usados cuando se disponga de observadores responsables y las características de la corriente sean tales que una o dos lecturas diarias del nivel, sean adecuadas para registros precisos. Los medidores registradores tienen que ser usados para lograr una definición adecuada para registros precisos. Los medidores registradores tienen que ser usados para lograr una definición adecuada de hidrograma sobre corrientes impetuosas, corrientes reguladas, y en áreas inhabitadas.

La selección de una clase particular de medidor no registrador depende de las condiciones locales. Por ejemplo, si un puente de carretera o ferroviario está en un sitio conveniente, se puede instalar sobre él un medidor de cadena o de alambre y pesa. Si tiene que construirse un concreto esmerado o pilares de mampostería en un sitio particular para un limnómetro (escala hidrométrica), entonces debe hacerse un estudio completo del lecho del lugar y del material de la ribera para asegurar la selección de un lugar donde existen menos posibilidades de formación de capas por los bancos socavados y deslizamiento. Un limnómetro inclinado puede ser mejor que uno vertical para algunas condiciones de ribera. En cualquier caso, los limnómetros tienen que colocarse de modo que el observador pueda hacer lecturas precisas y que las lecturas del medidor representen el verdadero nivel del agua.

La selección de un tipo particular de registrador depende de las condiciones locales y de la longitud del registro a ser coleccionado. Grandes pozos de calma de mampostería o concreto, aunque costosos, son necesitados para muchos años de funcionamiento preciso y seguro de los registradores accionados por grandes flotadores. Cuando un medidor va a ser mudado a un nuevo río después de aproximadamente 5 años de funcionamiento en un sitio, probablemente se seleccionaría un registrador operado por el equipo de burbuja o flotador pequeño - (detector de superficie) en un pozo de calma de 3 pulgadas. En corrientes con canal de arena, donde el cauce de las aguas mínimas sufren cambios laterales de muchos pies durante el año, un medidor de burbuja instalado sobre un puente de carretera puede ser fácilmente movido lateralmente para seguir los cambios de canal si se instalan varios orificios de burbujeo en ese sitio.

La selección del registrador del tipo de tambor o cinta continúa depende del grado de expansión de la escala del tiempo necesitado en un sitio. Si el cambio en el nivel ocurre suavemente con el tiempo, un registrador de tambor que funcione por 30 días puede ser adecuado. En algunos sitios, donde se dispone de un hombre responsable del lugar para cambiar las gráficas, un registrador semanal de tambor puede ser adecuado. Un registrador de cinta gráfica continua se requiere en los sitios donde no se dispone de los inspectores locales del registrador y se requiere una mayor precisión en los registros de nivel.

42.- Equipo Auxiliar de los Registradores.

Con los registradores se usan medidores manuales de referencia. El hidrólogo debe hacer lecturas del medidor tanto de adentro como de afuera del pozo de calma, de modo que él pueda colocar la pluma del registrador para corregir el nivel sobre la gráfica en cada visita. La lectura exterior puede tomarse con un limnómetro o un aforador de alambre y pesa. La lectura interior está normalmente basada en un limnómetro interior seguramente instalado sobre la pared del pozo de calma. Para facilidad en el ajuste de la pluma del registrador durante períodos de cambio rápido de nivel, se usa un medidor de

cinta de referencia para leer lo mismo que el limnómetro interior. - Así, el hidrólogo leería el medidor de cinta interior y rápidamente ajustaría la pluma del registrador a la lectura del nivel correcto. Las lecturas exteriores del medidor se necesitan porque:

- a) normalmente se computa una relación nivel-gasto en base a las lecturas exteriores del medidor.
- b) un serio retraso o discrepancia entre las lecturas interna y externa indica una acción defectuosa de toma.

En la figura N^o se muestra una instalación típica del registrador accionado por flotador.

El equipo debajo del terreno y por debajo del agua se muestra - por líneas punteadas. El equipo de limpieza es usado para librar a - los tubos de toma de azolves en cada visita del operador. El dispositivo localizado en el extremo de cada toma de la corriente está diseñado para evitar los efectos de carga de velocidad. Ello permite que el nivel en el pozo de calma sea el mismo que el nivel de agua en la corriente en la sección de toma.

En cada sitio de medición, deben instalarse marcas de referencia convenientes. Estas proporcionan un datum al medidor para los - chequeos periódicos del nivel de aire (spirit-level), que se hagan - entre todos los medidores de cada sitio. Las marcas deben colocarse de manera que se necesite un número mínimo de instrumentos establecidos para hacer un chequeo de todos los medidores. Debido a que las - marcas de referencia son para el "datum" de chequeo del medidor, tienen que seleccionarse o construirse de manera que permanezcan con - una cota fija. En terreno aluvial, una marca de referencia adecuada puede ser costosa. Todos los medidores de una red nacional deben estar relacionados con el "datum" del nivel del mar para hacer más fácil la recuperación de los años del "datum" después de que una estación es eliminada o suspendida.

Para cualquier medidor se necesitan reportes y registros sistemáticos. Para llevar un control de los datos existen las planillas - de informe y los libros de registro. Las planillas de informe semana

les sirven como informes interinos en las observaciones del medidor no registrador o en la operación del medidor registrador. El libro del observador del medidor es el registro permanente de las operaciones del medidor no registrador. Alguna persona de la Oficina Central debe encargarse al instante de la lectura de las planillas recibidas por correo y dar parte al personal, sobre los medidores que requieren inmediata atención.

EQUIPO PARA LA TRANSMISION A LARGA DISTANCIA DE LOS DATOS DE NIVEL DE AGUA.

El equipo para la transmisión y recepción de los reportes del nivel de agua a larga distancia (varias millas o más), puede clasificarse en base al uso de circuitos cerrados o de radio. Los circuitos cerrados pueden subdividirse en aquellos que usan líneas telefónicas comerciales y los que usan un circuito específicamente instalado entre el sitio del medidor y el lugar de registro a distancia.

También puede lograrse un circuito cerrado continuo para la transmisión y recepción de los datos del nivel de agua, usando tres (3) alambres conectados o dos (2) alambres y tierra si se usa el sistema de impulso. En este sistema, un flotador de amortiguación, servomotor, y suiches eléctricos controlan el número de impulsos de nivel que se envían por unidad de tiempo al transmisor final. En un recipiente extremo un par de seloides reciben los impulsos (un selenoide para los impulsos por el ascenso del nivel y otro para los impulsos por el descenso del nivel) y los traducen en movimientos de la pluma del registrador o captan las indicaciones equivalentes al nivel de agua en el transmisor.

Las señales del nivel de agua cuando son solicitadas o a intervalos finitos de tiempo, pueden transmitirse por medio de líneas telefónicas o por radio usando un equipo de Telemark. Una lectura codificada del nivel de agua, se obtiene de tal equipo alambrado a una línea telefónica cuando se marca el número de la estación. El equipo indica las decenas de pies, décimas y centésimas de pies de la lectura del medidor, porque suena un vibrador o chicharra dentro de la boquilla del teléfono. El número de vibraciones son contadas para obtener la lectura del nivel en cada columna dígita. Por ejemplo, las vibraciones recibidas como:

se interpretan como un nivel de agua de 45,21 pies. La transmisión radial por Telemark y la interpretación de los pulsos recibidos son similares. - Para el uso de radio, el transmisor se enciende en tiempos seleccionados. La Oficina Central tiene que mantener un receptor sintonizado para la frecuencia de transmisión.

R E S U M E N

La medición del nivel de agua puede hacerse por la observación de la altura de la superficie del agua sobre un limnómetro vertical o inclinado, de la distancia desde la superficie del agua hasta una escala medidora - usando una cadena, cinta o alambre, o de la presión del agua en un punto fijo del flujo.

La selección de un sitio para instalar un medidor del nivel de agua depende mucho del propósito para el cual se colecciona el registro, de - las condiciones hidrológicas en la localidad general del sitio y de las - consideraciones administrativas.

Muchos tipos de medidores, registradores y no registradores, del nivel de agua han sido desarrollados. Un tipo particular es más conveniente para cada sitio de un medidor. Algunos registradores son más convenientes para instalaciones semiportátiles y otros son diseñados para una operación a largo plazo. Los medidores y marcas de referencia son necesarias para - el mantenimiento del "datum".

La información del nivel de agua puede ser transmitida automáticamente a largas distancias por medio de circuitos cerrados (específicamente instalados entre el sitio del medidor y la localidad remota), de líneas - telefónicas comerciales, o por medios radiales.

BIBLIOGRAFIA.- "Field Methods and Equipment used in Hydrology and Hydrometeorology". Publicación Nº 22 de la ONU correspondiente a la serie "FLOOD CONTROL SERIES".