

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DIRECCION GENERAL SECTORIAL DE INVESTIGACION
DE AGUA, SUELO Y VEGETACION
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA
DIVISION DE REDES HIDROLOGICAS Y METEOROLOGICAS

**MANUAL PARA PROYECTAR
CONSTRUIR E INSPECCIONAR
ESTACIONES HIDROMETRICAS**

Preparado por:

Ing. Norberto Bausson
Ing. Coromoto Mejias
Ing. Olga Umpierrez
Tec. Cesar Martinez

Revisión final:

Ing. Fernando Froment

Caracas, Noviembre de 1.992

MANUAL PARA PROYECTAR, CONSTRUIR E INSPECCIONAR
ESTACIONES HIDROMETRICAS

I N D I C E

- 1.- Introducción
- 2.- Estaciones hidrométricas
 - 2.1. Componentes de una estación hidrométrica
 - 2.2. Tipos de estaciones hidrométricas
 - 2.2.1 Limnimétricas
 - 2.2.2 Limnigráficas
- 3.- Selección del sitio adecuado para la medición hidrométrica
 - 3.1. Reconocimiento de la cuenca y sitios probables de medición
 - 3.2. Características generales del sitio
 - 3.3. Características hidráulicas requeridas
- 4.- Proyecto de la estación hidrométrica
 - 4.1. Levantamiento topográfico
 - 4.2. Selección del tipo de estación
 - 4.3. Diseño de los elementos que conforman la estación
 - 4.3.1. Miras o escalas
 - 4.3.2. Medidores de pico
 - 4.3.3. Pozo limnógrafo
 - 4.3.3.1 Pozo directo
 - 4.3.3.2 Pozo con tubos comunicantes
 - 4.3.4. Caseta limnográfica
 - 4.3.4.1 Caseta sobre pozo con tubos comunicantes
 - 4.3.4.2 Caseta sobre pozos directos
 - 4.3.5. Estructura de aforo

- 4.3.5.1 Pasarelas
- 4.3.5.2 Puentes
- 4.3.5.3 Sistema de cables y canastillas

- a. Cable
- b. Anclajes o muertos
- c. Tensores y mordazas
- d. Torres
- e. Canastilla

4.3.6. Elementos complementarios

5.- Métodos constructivos

5.1. Miras o escalas

5.2. Medidores de pico

5.3. Pozo limnígrafo

5.3.1. Pozos directos

5.3.2. Pozos con tubos comunicantes

5.4. Caseta limnígrafa

5.4.1. Pozos directos

5.4.2. Pozos con tubos comunicantes

5.5. Estructuras de aforo

6.- Inspección y recepción de la obra

6.1. Sección de Miras

6.2. Sección Limnigráfica

6.3. Sección de Aforos

6.4. Sección de Control

Bibliografía

ANEXOS

- I. Planos
- II. Tablas
- III. Figuras

1. INTRODUCCION.

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

Los diferentes tipos de estaciones hidrométricas difieren según el método empleado para aforar corrientes, sin embargo uno de los métodos más comunes es aquel en el cual se utiliza el molinete hidráulico, por lo que en este manual nos referiremos únicamente al diseño de estaciones donde éste sea el método utilizado.

Es importante señalar que existen numerosas publicaciones sobre la elaboración de proyectos para la construcción de estaciones hidrométricas, sin embargo, en este documento se tomó como base el "Instructivo para Aforos de Corrientes" de la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México, así como una serie de normas y planos existentes en la Dirección de Hidrología y Meteorología del M.A.R.N.R., los cuales a su vez son producto de la experiencia de los técnicos de esta institución en esa materia.

El manual está estructurado en cinco (5) capítulos a saber:

- Estaciones Hidrométricas, tipos y componentes.
- Selección del sitio adecuado.
- Contenido del Proyecto.
- Métodos Constructivos.
- Inspección y Recepción de la Obra.

Con este contenido se pretende que este manual constituya una herramienta útil para los profesionales y técnicos, que tienen bajo su responsabilidad la inspección de la construcción y mantenimiento de las estaciones hidrométricas.

2. ESTACIONES HIDROMETRICAS.

Se llaman estaciones hidrométricas a los lugares donde se registra en forma continua los niveles de un curso de agua en determinada sección, en la cual puede calcularse una relación entre nivel y caudal y así poder obtener una medición continua del caudal. (Ver figura # 1).

2.1. COMPONENTES DE UNA ESTACION HIDROMETRICA.

Las estaciones de aforo donde se emplea el molinete hidráulico, 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:

- a) Una estructura que se aprovecha o destina especialmente para hacer la medición de velocidades en distintas verticales de la sección llamada estructura de aforos.
- b) Reglas graduadas o miras, las cuales están debidamente referidas a un punto de referencia altimétrica o BM, que se utilizan para medir el nivel de agua en cualquier momento.
- c) Un reborde natural o artificial ubicado aguas abajo de la sección de aforo y orientado en forma transversal al cauce, el cual se denomina control de la estación, cuyo objetivo es regular la relación altura-gasto de la lámina de agua.
- d) Un pozo para limnógrafo registrador de las alturas de agua, cuando se trata de corrientes con fluctuaciones de nivel considerables.

2.2. TIPOS DE ESTACIONES HIDROMETRICAS.

2.2.1. Limnimétricas.

Son estaciones que constan solamente de una batería de miras. Se establecen en corrientes cuyas variaciones de nivel son lentas y donde existen facilidades para leerlas diariamente.

2.2.2. Limnigráficas.

Son estaciones que constan de estructura de aforo, batería de miras, estructura de control y pozo para alojar limnógrafo registrador.

Son establecidas en corrientes con variaciones rápidas de nivel o en sitios alejados de las oficinas de operación donde no existan facilidades para leerlas diariamente. Los pozos para alojar el limnógrafo pueden ser de dos tipos: directos y con tubos comunicantes.

- a) Pozos directos: se usan cuando existen infraestructuras que están dentro o en la orilla del río, que permite colocar la estructura del pozo en contacto permanente con las aguas del cauce. Normalmente consiste en un tubo fijado, en posición vertical, a la pila de un puente o a una ladera de roca. En los casos donde no sea posible medir todos los niveles, con este sistema, se puede completar con tubos comunicantes en la parte inferior del pozo y así medir los niveles de estiaje.
- b) Pozos con tubos comunicantes: en este tipo de estructura, de acuerdo al principio de vasos comunicantes, todas las fluctuaciones del nivel de la corriente, se transmiten al nivel del agua en el interior del pozo, mediante tubos orientados transversalmente a la corriente.

Estos tipos de pozos pueden ser de concreto o de tubería corrugada.

3. DEFINICION DEL SITIO ADECUADO PARA LA MEDICION HIDROMETRICA.

3.1. RECONOCIMIENTO DE LA CUENCA Y SITIOS PROBABLES DE MEDICION.

El objeto del reconocimiento de la cuenca es identificar los sitios que permitan la construcción de una estación hidrométrica que pueda generar información de calidad, con los menores costos de mantenimiento y con el menor costo constructivo posible. Una estación ubicada correctamente, evitará problemas futuros durante su operación y mantenimiento. Para ello deberán tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

En la oficina:

- a) Consultar fotografías aéreas y la cartografía disponible del sector a reconocer, de preferencia a escalas 100.000 y 25.000, para seleccionar en forma preliminar los sitios más favorables donde podría ubicarse la estación hidrométrica.

- b) Consultar planos topográficos de la región para verificar las facilidades de acceso al área elegida.
- c) Comparar económicamente las rutas de acceso para la futura operación y mantenimiento si existieran varios sitios preelegidos.

En el campo:

- a) Solicitar opinión respecto a las dificultades que presentan en tiempo de lluvia la vía de acceso a la estación, consultando con el hidrometeorologista y los pobladores de la zona.
- b) Efectuar en lo posible dos reconocimientos, uno en el estiaje y otro en el período de lluvia para constatar el comportamiento del río en las dos condiciones extremas del escurrimiento. En cualquier caso se tratará de estimar esta información a partir de las marcas dejadas por el río y por la información de los pobladores de la zona.
- c) Tomar los datos necesarios en el terreno para elaborar un croquis, donde se señale el tipo de materiales que conforman el lecho y las márgenes, y la ubicación probable de las secciones de aforo, las miras, el control y el pozo limnógrafo; incluyendo las distancias aproximadas, determinadas a través del uso de un nivel de mano y una cinta graduada u otro método similar.

3.2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL SITIO.

- a) La sección en lo posible, debe ser fácilmente accesible.
- b) El lecho del río no debe ser proclive a socavación o sedimentación.
- c) Las secciones ubicadas aguas abajo de sitios de saque de arena o grava deben evitarse.
- d) Los taludes deben ser permanentes, lo suficientemente altos como para contener las crecidas.
- e) Los posibles problemas de socavación o drenajes superficiales que escurren al sitio

donde se ubican las bases de las estructuras deben revisarse y evitarse.

3.3. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS REQUERIDAS.

- a) El tramo de río debe contar con una sección uniforme, recta y una pendiente constante a lo largo del mismo. Se recomienda que ese tramo tenga un largo de por lo menos tres veces el ancho de la sección hacia aguas arriba y aguas abajo del sitio escogido.
- b) La dirección de la corriente debe ser uniforme y perpendicular a la sección de aforo.
- c) La sección debe tener una distribución uniforme de velocidades, evitándose aquella en la cual existan sectores de altas velocidades, aguas muertas, contracorrientes o remolinos.
- d) Los puentes que ocasionen alteraciones de importancia en las condiciones del flujo debido a sus pilas o estribos deben evitarse. Sólo pueden usarse los puentes en donde los estribos no produzcan una alteración sensible del escurrimiento, con la ventaja de que proporcionan una adecuada estructura de anclaje al tubo del limnógrafo, además de poder realizar los aforos desde el puente. En estos casos el pozo se instalará protegido contra cuerpos flotantes. Además debe evitarse convertir la estructura hidrométrica, en un retenedor de palos, caramas o bejuco, lo que podría generar problemas al puente o pasarela usado como apoyo.
- e) Secciones con márgenes suficientemente altas que eviten el desborde.
- f) Las secciones en las que pueden ocurrir condiciones de remanso por efecto de otro río, lago o mar deben evitarse.
- g) Las secciones en ríos afluentes de uno mayor, deben situarse a suficiente distancia aguas arriba de su desembocadura, de tal forma que el remanso producido por las crecidas del río, mayor o receptor no afecte los registros de niveles y ocasionalmente puedan ocurrir velocidades negativas, afectando la relación altura-gasto. Igualmente en las estaciones ubicadas en la cola de embalses, deben

- verificarse los remansos para niveles máximos.
- h) Los sitios donde las velocidades del flujo excedan las recomendadas para efectuar aforos (sobre los 3 m/s) deben evitarse.
 - i) Los sitios o secciones escogidas deben tener un ancho acorde con el flujo, ya que en cauces demasiado anchos, en estiaje, se presentan problemas de poco nivel, desvío del flujo o burla de la mira y tubo de nivel mínimo.
 - j) Los cursos de agua que presenten gran cantidad de arrastre de rocas y sedimentos, variando constantemente la sección de aforos, deben ser controlados con cimacios o diques de control. Si no se justifica económicamente la ejecución de éstos, no se debe colocar la estación.

4. PROYECTO DE LA ESTACION HIDROMETRICA.

Luego de haber seleccionado el sitio adecuado para la instalación de una estación hidrométrica, su proyecto y diseño consiste básicamente en realizar un levantamiento topográfico del tramo en estudio, analizando dicha información para escoger el tipo de estación hidrométrica a instalar y finalmente diseñar los elementos que la conforman. Cada uno de estos puntos serán descritos a continuación:

4.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

El levantamiento topográfico tiene por objeto producir un plano a escala, del tramo del río seleccionado, el cual se utilizará para proyectar los diferentes elementos de la estación a construir y para asentar los datos en la ficha de la estación e incluir los siguientes aspectos:

- a) Levantamiento del área que cubra el tramo del río en un largo aproximado de seis veces el ancho (tres aguas arriba y tres aguas abajo) de la sección escogida y de un ancho que incluya aproximadamente 20 metros de cada orilla contados desde el punto de intersección entre el talud de la margen del río y el nivel de aguas máximas.
- b) Descripción del eje del cauce, de la dirección del flujo, de los niveles de estiaje y de aguas máximas, de las probables secciones de aforo, control, miras y de la localización más conveniente para la instalación del pozo o tubo limnígrafo.

- c) Especificación de la clase de material granulométrico que constituyen el lecho y las márgenes de cada sección.
- d) Alturas referidas a un banco de cota fija (BM), que deberá establecerse en cada estación anotando su descripción y referencias en el plano de planta y de perfiles. Siempre que sea posible, este BM estará acotado con relación al nivel del mar, para lo cual se correrán previamente las nivelaciones necesarias desde el punto más cercano de cota conocida. Este banco de cota fija servirá para comprobar con cierta frecuencia la posición original que se da a las miras, así como las elevaciones de otras partes importantes de la estación. El BM se ubicará en partes invariables del terreno, como la punta de una roca, un muro, el estribo de un puente, una alcantarilla, una presa, etc. En su defecto se fundará un pequeño monumento de concreto provisto de una placa que indique con exactitud su cota. La localización de estos monumentos se hará en lugares que estén a salvo, no solo de ser cubiertas por la corriente, sino también libres de la humedad y de efectos de la erosión.

El plano formado con las especificaciones anteriores debe ser realizado a escala 1:200 a 1:100 de manera similar al plano N° 1 en el anexo.

4.2. SELECCION DEL TIPO DE ESTACION.

A partir de los planos elaborados con los datos del levantamiento, los análisis de costos y las características del río en el sitio, se procede a planificar la obra, que en general puede contener los siguientes elementos independientes:

- a) Sistema de miras.
- b) Pozo limnógrafo.
- c) Estructura de aforos.
- d) Control hidráulico.
- e) Medidores de pico.

La decisión de diseñar una estación con todos o solamente algunos de los elementos antes mencionados, dependerá del objetivo de la estación, de la logística para la recopilación de los datos y de las características hidráulicas del curso de agua. Estos aspectos son fundamentales para definir con claridad las partes indispensables de la obra.

Los objetivos más comunes son los siguientes:

Navegación: Para este objetivo son muy importantes los datos de niveles mínimos. Normalmente en grandes ríos donde las variaciones de nivel ocurren lentamente, es recomendable la construcción de miras graduadas o limnímetros y en algunos casos, donde se justifique, la construcción de un pozo limnógrafo.

En ríos de cauce muy ancho no es necesario construir estructuras de aforo, debido a que los aforos se efectúan utilizando una lancha.

Control de inundaciones: Siendo las inundaciones un problema que sucede con mayor frecuencia en las zonas donde los ríos cambian o suavizan sus pendientes (pie de monte), las fluctuaciones de nivel pueden ocurrir rápidamente, ameritando la construcción de miras graduadas, pozo limnógrafo, medidores de pico y en algunos casos de estructuras de aforo.

Operación de embalses: Las estaciones construidas aguas abajo de los embalses tienen como finalidad conocer la cantidad de flujo que se extrae del reservorio. Normalmente estas secciones son estables y al conocer la relación altura-caudal para todos los niveles, queda apropiadamente definida la curva altura-caudal. En éstas secciones es conveniente colocar las miras, el pozo limnógrafo y la estructura de aforo, la cual en algunos casos, no es permanente debido a la posibilidad de correlacionar los niveles en el aliviadero y en la torre-toma con los datos de aforo.

Aprovechamiento hidroeléctrico: Los cursos de agua que reciben las aguas provenientes de los turbinados de alguna obra hidroeléctrica, cambian en forma brusca de niveles y caudales, debiendo utilizarse la banda registradora del limnógrafo para obtener un registro histórico de dicho fenómeno, e implica la utilización de miras, pozo limnógrafo y estructura de aforos.

Abastecimiento: En el abastecimiento a diferentes ciudades y centros poblados o aprovechamiento con fines agropecuarios se requieren registros de largos períodos (aproximadamente 30 años), con el fin de hacer posible un buen diseño de las grandes obras hidráulicas, las cuales son necesarias para el desarrollo de un país. Para la obtención de esta información se requiere de miras, pozo limnógrafo, estructura de aforos, medidores de pico y en algunos casos de estructuras de control como cimacios o vertederos (en este caso no se requiere la estructura de aforo), que permitan obtener datos en ríos de poco caudal

o con cauces cambiantes que impiden una medición confiable.

Cualquiera sea el objetivo, la logística para la recolección del dato define el número de visitas posibles en un período prefijado, la necesidad de un observador, la forma de efectuar los aforos y el tipo de transporte al sitio.

Las características hidráulicas del curso de agua determinan las soluciones para cada río en particular. En algunos ríos, su velocidad, lecho rocoso, lecho cambiante o discontinuidad del flujo hacen necesaria la construcción de un cimacio de control o estructuras especiales para efectuar aforos como complemento de las obras comunes de una estación.

4.3. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA ESTACION.

Una estación hidrométrica está formada por los siguientes elementos:

- Miras o Escalas
- Medidores de Pico
- Pozo Limnígrafo
- Caseta Limnígrafa
- Estructura de Aforos
- Elementos Complementarios

Cada uno de estos elementos, así como su diseño, serán descritos en las secciones que se presentan a continuación:

4.3.1. Miras o Escalas.

Las miras son reglas graduadas, cuyo objetivo es medir las variaciones de nivel de la superficie del agua en una corriente.

En el caso de las estaciones limnigráficas las miras permiten comparar la lectura con el registro del limnígrafo, identificando posibles diferencias motivadas por problemas de comunicación entre el pozo y el río.

Estas miras se instalan en una parte accesible y profunda del cauce o adosadas a un pozo directo con una sola regla graduada continua, convenientemente fundadas o ancladas según sea el caso, para reducir la sustitución de miras arrancadas o movidas por la corriente. (Ver plano N° 2 y detalle en el plano N° 4).

Cualquiera que sea el sistema empleado, las miras deberán estar referidas a un BM establecido. El objeto es poder rectificar cualquier cambio que ocurra en su posición, quedando las graduaciones referidas a un plano invariable

de comparación. Esta condición es sumamente importante, ya que de ella dependerá fundamentalmente la interpretación que se haga de los datos obtenidos. Deben hacerse las anotaciones respectivas, hasta donde sea posible en toda la documentación de la estación.

~~Se tendrá especial cuidado que las miras no queden instaladas en lugares de la corriente donde se produzcan remolinos u otras alteraciones en el escurrimiento.~~

Es muy importante que las miras abarquen desde el nivel correspondiente al gasto nulo y por lo tanto, el lugar donde se instale la primera debe ser la parte más profunda del cauce o bien, deberá hacerse un corte en el lecho y márgenes, con el nivel más bajo del río hasta el sitio donde se instalen las miras, excepto en aquellos ríos donde el acarreo de sedimentos sea considerable.

Cada regla graduada o mira tendrá normalmente un metro de longitud y se enumeran de menor a mayor nivel, siendo la N° 1 la de estiaje o inferior, luego el cero de la N° 2 coincide con el tope (1 metro) de la N° 1 y así sucesivamente hasta la última mira, la cual deberá colocarse a una cota tal que registre cualquier creciente.

El sistema de miras deberá coincidir transversalmente en la misma sección, es decir todas en la misma progresiva y normalmente aguas arriba (máximo hasta 10 metros) de la sección de aforo. (Ver figura N° 2).

4.3.2. Medidores de pico.

Se utilizan para registrar crecientes, su ubicación debe estar en la misma sección del sistema de miras y donde se presuma que podrían llegar las aguas máximas.

Consiste en unos tubos de 2" de diámetro, de hierro galvanizado de 1,5 m. aproximadamente, al cual se le efectúan perforaciones de 1/4" de diámetro cada 20 cm. a todo lo largo. Se tapa en el tope de manera que no reciba en su interior aguas de lluvia, y se le coloca adentro algún material (aserrín, corcho) que pueda flotar cuando se llene el tubo con el agua que penetre por los orificios, y luego al vaciarse deje la marca del nivel que alcanzó el río durante la creciente. Esto permite mediante una inspección obtener el dato de nivel máximo de aguas en la creciente, el cual se medirá con una varilla metálica graduada, que se colocará en el interior del tubo. (Ver plano N° 3).

4.3.3. Pozo Limnígrafo.

Un pozo para limnógrafo es esencialmente, un tanque de reposo, debidamente comunicado con el curso de agua, conservando el mismo nivel de éste, libre de los movimientos superficiales del oleaje. La altura del pozo será hasta un nivel mayor que el de aguas máximas, cuidando de dejar un margen de seguridad razonable, a fin de asegurar la conservación de la estructura y la seguridad del limnógrafo.

Principalmente se utilizan dos tipos de pozos limnógrafos: directo y con tubos comunicantes.

4.3.3.1. Pozo directo.

Normalmente consiste de un tubo colocado verticalmente, el cual debe tener una sección suficientemente amplia para permitir los movimientos del flotador y el contrapeso del limnógrafo, siendo los diámetros entre 20" y 24" los más usados.

El fondo del tubo puede consistir en un cono truncado en su parte baja, para formar una entrada de unos diez cm de diámetro, a través de la cual el agua entrará y saldrá del pozo, además de pequeñas ventanas o agujeros de 1" de diámetro cada 50 cm a lo largo del tubo, lo que posibilita el registro en caso de obstruirse la entrada principal. Se deben colocar los agujeros no demasiado grandes y que no queden orientados en dirección del viento, pues cuando éste es fuerte llega a producir vibraciones en el cable del flotador del limnógrafo que se traducen en zig-zag en la gráfica. Con esto, se consigue eliminar la acción del oleaje y del viento.

En la parte superior de la estructura del pozo y debajo del piso de la caseta, se harán unas ventanillas para facilitar la circulación del aire del pozo y evitar que cuando esté muy húmedo, debido a la evaporación interior, ésta humedad pase del pozo a la caseta, lo cual resultaría perjudicial tanto al aparato registrador como a la banda de papel, pues ésta puede sufrir deformaciones.

Este tipo de infraestructura se debe colocar adosada a una pila de puente, pasarela, muro u otra estructura suficientemente sólida. (Ver planos N° 4 y N° 5).

4.3.3.2. Pozos con tubos comunicantes.

Debe construirse con una sección suficientemente amplia para contener el flotador y el contrapeso, además de permitir el acceso para inspeccionarlo o remover los sedimentos, pudiendo ser de forma cilíndrica o cuadrada,

de acuerdo al análisis de costos se debe escoger entre la utilización de tubo corrugado con 48" de diámetro (Ver plano N° 6), o de concreto armado con 1,5 x 1,5 m de sección (Ver planos N° 7 y N° 8).

La profundidad del pozo debe ser tal que se prolongue no menos de 0,7 mts. debajo del punto más profundo de la sección, dejándose este margen para que se depositen transitoriamente los sedimentos. Siempre que sea posible, la excavación para el pozo deberá profundizarse hasta encontrar terreno firme que garantice una adecuada fundación de la estructura.

Este tipo de pozo no debe construirse en grandes ríos. Normalmente se construye en ríos que tengan taludes con pendientes pronunciadas que permitan, mediante cortas longitudes de tubos, conectar el pozo al río. Se recomienda colocar varios tubos de conexión en la misma vertical para asegurar la carga y descarga instantánea del pozo al variar rápidamente los niveles del río durante las crecientes, en el caso que el tubo inferior llegue a obstruirse y que no sea posible destaparlo inmediatamente.

Es indispensable colocar el primer tubo a un nivel inferior al correspondiente al gasto nulo y los siguientes de acuerdo con las necesidades de la instalación, siendo usual separaciones de 1m en los niveles superiores y aproximadamente 40 cms en los inferiores.

El diámetro de los tubos dependerá del diámetro del pozo y de la velocidad de ascenso y descenso del pozo, se recomienda un diámetro mínimo de 2" y un diámetro máximo de 4". La excavación que se haga para colocar los tubos, debe rellenarse nuevamente colocando piedras alrededor de ellos en forma de zampeado, con el mismo material removido al hacer la excavación. Además los tubos deben estar perfectamente anclados para evitar que puedan ser aflojados por golpes de los cuerpos que acarrea el agua.

Esta parte de la estructura deberá ser inspeccionada con mucha frecuencia, a fin de asegurarse que no exista obstrucción alguna. Para evitar que esto suceda, debe instalarse un sistema de limpieza del pozo (ver plano N° 6), que permita la remoción de los sedimentos acumulados en el fondo del pozo y en el tubo inferior.

4.3.4. Caseta limnográfica.

Está conformada por un recinto instalado sobre el pozo

del limnógrafo, cuya función principal es albergar el aparato registrador, limnógrafo. Constará de puertas y ventanas o entradas de luz que permitan la visita y cambio de gráficas. Existen dos tipos de casetas: caseta sobre pozos directos y caseta sobre pozos con tubos comunicantes.

4.3.4.1. Caseta sobre pozos directos.

Debe tener dimensiones de 1,00 x 0,60 m de sección y 0,70 m de altura. Será construida en lámina metálica según el gráfico mostrado en el plano N° 5. La puerta de la caseta llevará una cerradura con llave.

4.3.4.1. Caseta sobre pozos con tubos comunicantes.

Estas casetas pueden ser de tubería corrugada (ver plano N° 6), o de concreto armado (ver planos N° 7 y N° 9).

Deben tener dimensiones de 1,20 x 1,20 m para la caseta de concreto, o de 48" de diámetro para la de tubería corrugada y 2,00 m de altura. Se requiere de éstas dimensiones para posibilitar la entrada y salida del personal al pozo, a fin de efectuar las tareas de mantenimiento, además de facilitar las maniobras de cambio de hojas y calibración del aparato.

Este tipo de caseta conviene dotarlas de una ventana y tela de alambre, a fin de tener luz al hacer las observaciones con la puerta cerrada evitando que penetren el viento, la lluvia y los insectos.

En los dos tipos de caseta, el piso se hará de lámina estriada unido a la corona del pozo.

La altura de la mesa de soporte del aparato sobre el piso, será de 0,70 a 0,90 m, a fin de que la observación se haga sin dificultad. (Ver plano N° 7 para la caseta de concreto y plano N° 10 para la caseta de tubería corrugada).

El piso de la caseta deberá estar provisto de una boca de visita de 0,60 x 0,60 mts. cerrada mediante una tapa provista de bisagra y de una agarradera para levantarla, correspondiendo con el sitio en que esté ubicada la escalera inferior para el acceso al pozo. La puerta de la caseta llevará una cerradura con llave.

4.3.5. Estructura de aforo.

Este elemento de las estaciones hidrométricas es el de mayor complejidad de diseño. Su objetivo es facilitar la ejecución de los aforos en secciones profundas de un río, en los cuales no puedan ejecutarse vadeando o caminando por la sección. Pueden ser de diferentes características, describiendo a continuación las más usadas: pasarela, puentes, sistema de cable y canastilla.

4.3.5.1. Pasarela.

Se pueden utilizar normalmente en ríos de cauce estrecho (menores de 20 m). Consiste en una estructura metálica apoyada en ambos márgenes que permiten el paso y la operación necesarios sobre el río para efectuar aforos.

Normalmente la cota del piso debe tener dos o más metros sobre el nivel de aguas máximas conocido. Debe ser construido transversalmente al río en el sitio preestablecido y con lámina de piso a nivel de toda su longitud.

Se el debe agregar una baranda metálica capaz de soportar el peso de una pequeña grúa de aforo, además de garantizar la seguridad del operador.

De lo anterior podemos concluir que en ríos estrechos con posibilidad de ubicar columnas de soporte en ambos extremos, se puede utilizar la pasarela, la cual debe ser estructuralmente rígida y nivelada para facilitar los aforos.

Los cálculos estructurales deben ser definidos en función del sitio y tendrán que ser calculados con los datos topográficos de la sección.

4.3.5.2. Puentes.

Algunos puentes existentes permiten mediante ciertos arreglos, la ejecución de aforos. Estos arreglos pueden ser: Construcción de barandas, pasarela peatonal, o colocación de cables y canastillas usando las estructuras existentes. Se deben analizar los costos y buen funcionamiento de estas soluciones y compararlas con otras posibles.

4.3.5.3. Sistema de cables y canastillas.

El dispositivo que por su sencillez ofrece mayores ventajas para practicar los aforos directos con molinete en cauces anchos (de veinte metros en adelante), consiste de un cable de acero tendido a una altura conveniente, en posición perpendicular a la dirección de la corriente,

por el cual se desliza un carrito llamado canastilla, desde el cual los aforadores practican los aforos.

Una de las maneras de colocar el cable es apoyándolo en torres construidas especialmente y sujetando sus cabos a anclajes fijos en el terreno. Este sistema es el más utilizado y su instalación se describirá a continuación:

- a.- Cable: Una vez conocido el ancho del río y elegido el cable que vaya a emplearse, el cual generalmente tendrá entre 5/8" y 1" de diámetro dependiendo del ancho del río (ver tabla Nº 1), las condiciones de trabajo se definirán principalmente por la flecha que se le calcule a dicho cable, con o sin carga.

El tensado del cable debe realizarse teniendo como objetivo lograr una configuración del mismo que permita:

Una operación manual de la canastilla sin gran esfuerzo físico, a menor flecha más liviana será la operación de la canastilla.

Una luz adecuada entre la canastilla cargada y el máximo nivel de aguas esperado, permitiendo así una operación segura de la misma, aún en los casos de crecientes mayores.

No exceder la tensión del cable, ya que ésta reduce el esfuerzo disponible seguro para soportar la canastilla cargada.

A continuación se presenta la fórmula que define la flecha:

$$f = \frac{(2P + Wl)}{8 \sqrt{\frac{T^2 - (P + Wl)^2}{2}}}$$

en la cual:

f = flecha que es necesario dar al cable (m).

l = distancia entre ambos apoyos (en metros).

P = peso de la canastilla con carga viva en kg.

(generalmente P=250 kg).

T = tensión máxima admisible para el cable empleado.

(kg./cm³).

W = peso por metro de cable (kg).

Para una estimación rápida puede usarse la tabla N° 1, la cual sólo requiere del ancho entre apoyos para proporcionar todos los datos necesarios del cable. La flecha que debe darse al cable sin carga al instalarlo, para que al colocar la canastilla al centro de la sección se obtenga la flecha deseada, puede obtenerse de la última columna del anexo mencionado. Una vez instalado el cable, debe comprobarse la flecha con la carga viva al centro y rectificarla después de algunos días de operación, pues todos los cables se estiran al comenzar a trabajar, resultando un aumento en la flecha que, aunque coloca la instalación en condiciones más favorables de resistencia, dificulta el manejo de la canastilla, principalmente hacia los extremos, ya que al aumentar la flecha el cable queda con mayor pendiente.

Debe comprobarse que dicha flecha al instalar el cable, sea la que se consideró en los cálculos. La flecha, así como la altura de los apoyos (que siempre deberán estar a nivel), se medirán con un nivel fijo.

Cuando no se disponga de nivel fijo ni de estatal, se puede medir la flecha visando simultáneamente los dos apoyos puestos sensiblemente a nivel y el extremo de una regla que un ayudante colocará verticalmente desde la canastilla (previamente puesta al centro de la sección y debidamente cargada), subiendo o bajando dicha regla de acuerdo con las señales del instalador, hasta lograr poner su extremo en línea con los apoyos. Una vez puesta la regla en posición correcta, se marcará en ella el punto que quede coincidiendo con el cable, y la distancia a su extremo será la medida obtenida mediante el cálculo, para corregirla, en caso necesario, por medio del tensor interpuesto entre el cable y uno de los anclajes.

Al doblar el cable en los puntos de amarre, se deberá evitar la fatiga del metal en los puntos de doblado, para lo cual se tendrá cuidado de no doblar el cable con un radio menor de tres veces su diámetro y deberá emplearse un guardacabos de hierro galvanizado para proteger el cable contra el rozamiento con el tensor.

- b.- Anclajes o Muertos: Son elementos de concreto ubicados a ambas márgenes del río que tienen por función soportar las acciones sobre los cables sujetos por ellos.

Las dimensiones dependerán del tipo de suelo y de los esfuerzos a que serán sometidos, dependiendo de las características de la sección. (Ver tabla N° 2)

Serán de concreto armado, donde el acero deberá colocarse en disposición similar a la presentada en la figura N° 3 y sólo tendrá funciones de repartición.

Estas piezas o elementos de concreto no deben hacerse trabajar antes de una semana como mínimo, hasta que el concreto adquiera la resistencia deseada.

- c.- **Tensores y Mordazas:** Los tensores son dispositivos que permiten ajustar la tensión del cable conforme los requerimientos de la flecha. Considerando que el tensor soportará todo el esfuerzo que desarrolla el cable, se debe tener especial cuidado que no sea el elemento débil de la instalación, siendo sus dimensiones las requeridas por las especificaciones del cable. (Ver tabla N° 1)

El tensor debe tener suficiente longitud para recoger el cable 50 cm, a fin de que en pocas operaciones pueda dársele la tensión necesaria y bastará con colocar solo uno en el extremo del cable más conveniente o de la margen más accesible.

La conexión del cable con el gancho que sale del anclaje o muerto se hará directa, en uno de los extremos del cable, utilizando para apoyar a dicho cable, un guardacabo de hierro galvanizado y cuidando de asegurar fuertemente su extremo contra la rama en tensión, por medio de mordazas o perros en forma de "U". En el otro extremo del cable, que deberá corresponder a la margen de acceso de la estructura, se pondrá el tensor entre el cable y el gancho que sale del anclaje, para poder dar al cable la flecha requerida. (ver detalle de plano N° 11).

- d.- **Torres:** Las torres son estructuras metálicas o de concreto, siendo las primeras las más utilizadas y por ello son descritas en detalle en este manual. Las torres se ubican en una o ambas márgenes y en su parte superior soportan el cable a la altura requerida sobre el curso de agua. La altura de las torres variará de acuerdo con la forma y altura de las márgenes. Además, dependerá del nivel máximo alcanzado por el agua en crecientes extraordinarias.

De acuerdo con las dimensiones de la torre, se proporcionarán las piezas y se agregará el número de travesaños y diagonales. Además, se adaptará a la torre ubicada en la margen de acceso a la estación, una plataforma de embarque a la canastilla. Estas torres

deben protegerse periódicamente con pintura anticorrosiva y un engrasado en las partes de metal con rozamiento, sobre todo en climas marítimos. (Ver plano N° 11).

En este manual se diseñan dos tipos de torres: para alturas mayores y menores de 6 m, indicando en el plano N° 11 todos los detalles.

- e.- Canastilla: El carro o canastilla en que deben colocarse los aforadores, con los útiles de trabajo necesarios para aforar, debe ser ligero, de construcción sólida, y capacidad suficiente para que ambos operadores puedan sentarse con comodidad y en condiciones de efectuar adecuadamente las maniobras. (Ver plano N° 12).

4.3.6. Elementos Complementarios.

En algunos cursos de agua no son suficientes, para efectuar aforos, los elementos descritos anteriormente. Ciertos ríos requieren de elementos complementarios que permitan medir caudales y niveles en forma eficiente, aunque no se cuente con una sección adecuada.

Estos elementos son en la mayoría de los casos: cimacio de control, diques con vertederos o medidores tipo Parshall.

La complejidad de este tema nos obliga a excluirlo como parte elemental del trabajo.

5. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

5.1. MIRAS O ESCALAS

Estas sencillas infraestructuras normalmente tienen una vida útil corta, sobre todo las colocadas en los niveles inferiores. Normalmente las reglas graduadas se colocan adosadas a una viga doble T (IPN 8) la cual en la parte inferior usualmente es fundada en concreto. Es decir, las miras colocadas en los lechos se deben fijar efectuando una excavación de 0,40 x 0,40 m, lo suficientemente profunda hasta encontrar terreno firme. Luego se coloca la viga IPN 8, con una de sus puntas dentro del hoyo excavado; se chequea la verticalidad en ambos sentidos y se procede a vaciar el concreto, el cual tendrá resistencia de 180 kg/cm³, con asentamiento de 3" aproximadamente. A continuación se procede a revisar nuevamente la verticalidad antes que fragüe el concreto. Esto se debe hacer con todas las miras, para luego al día

siguiente colocar las reglas graduadas, las cuales se deben sujetar con tres tornillos 1/4" de diámetro colocados equidistantemente. La colocación de las reglas graduadas debe ser chequeada con nivel y cada una debe continuar a las anteriores como si fuera una sola.

En determinados ríos, las miras de estiaje constantemente se pierden, debido a la mala calidad del suelo. En estos cursos de agua se pueden colocar las miras adosadas a grandes rocas y en el caso de existir tubos comunicantes, soldar a éstos las miras como se muestra en la figura N° 4.

En pozos directos se pueden colocar las miras, sujetando al pozo una lámina de 2" de ancho y 1/4" de espesor que luego, mediante tornillos de 1/4" de diámetro, mantengan las reglas graduadas.

La colocación de baterías de miras en canales de concreto o en escaleras, trae problemas de socavación que perjudican la estructura. Solo se deben construir escaleras donde sea indispensable para descender y poder tomar las lecturas.

5.2. MEDIDORES DE PICO

Se pueden construir con tubos de 2" de diámetro con rosca en ambos extremos para colocar los tapones que sellarán el tubo, luego del llenado con el material flotante. Dichos tubos están adosados a vigas IPN 10. Su fundación será parecida a la de las miras, pero normalmente es menos problemática, se debe hacer mediante excavación de 0,4 x 0,4 m de sección y 0,50 m de profundidad, donde se colocará la viga IPN 10 y se llenará con concreto de 180 kg/cm³. Debe chequearse la verticalidad de la viga. Al día siguiente se debe colocar el tubo adosado a la viga con abrazaderas soldadas a la misma y luego colocar la sustancia escogida y el tapón en la parte superior, de manera que solo sea posible la entrada de agua por las perforaciones del tubo.

5.3. POZO LIMNIGRAFO

5.3.1. Pozos Directos.

Se pueden utilizar tubos de acero liso, corrugado (tipo ARMCO), o de fibra de vidrio. Las estructuras de sujeción dependerán del tipo de base utilizada: puentes, pasarela, pila o muro. Cuando existan en el sitio estructuras de

concreto (puente, pila o muro, etc.) se fijará el pozo a la armadura de concreto existente mediante soldaduras, siempre tratando de colocar el pozo en sitio protegido. En este manual recomendamos la estructura mostrada en el plano N° 5 como soporte de pozos directos.

5.3.2. Pozos con tubos comunicantes.

Podrán ser de tubería corrugada o de concreto, recomendándose el primero para profundidades menores de 6 m. La colocación del pozo implica excavar hasta la profundidad deseada (1 m por debajo del nivel mínimo). En la base se colocará la fundación de concreto necesaria y luego se apoyará el pozo, quedando 0,70 m como depósito de sedimentos por debajo del tubo de estiaje. Se debe chequear la verticalidad del pozo y la nivelación de las tuberías de conexión, debiendo ejecutarse el relleno con herramienta de percusión (bailarina), que impida el hundimiento en el futuro. Las tuberías de conexión deben ser alineadas para evitar puntos bajos que se sedimenten. El pozo tendrá una escalera interna de acceso.

En la construcción del pozo normalmente se necesita abatir el nivel de las aguas, para lo que debe usarse un pozo vecino en donde se ubique una bomba de achique.

Si esto no da resultado se debe usar el concreto en bolsas (bolsacres), que permitirá fundar con agua, aunque luego se debe tener sumo cuidado con la unión o zona de contacto con el pozo, la cual debe ser impermeable, ya que solo debe permitir la entrada de agua al pozo por los tubos.

5.4. CASETA LIMNIGRAFA

5.4.1. Pozos directos.

Se debe chequear que las soldaduras y la lámina sean de buena calidad y que permitan cierta seguridad al limnógrafo. Las bisagras y cerraduras deben presentar buenas características para la protección del aparato.

5.4.2. Pozo con tubos comunicantes.

Pueden ser de concreto o de tubería corrugada. Las características se presentan en los planos N° 6, 7 y 8. Su techo no permitirá que se moje el equipo y las ventanas tendrán protección contra la entrada de insectos. Su buena ejecución representará mejores condiciones de

trabajo para el aparato. Las aguas de lluvia que recoge el techo deben ser conducidas al sitio donde generen menos problemas de socavación y se tendrá que construir una acera alrededor de la caseta para evitar que el agua se filtre al pozo y debilite la estructura.

5.5. ESTRUCTURA DE AFORO

El sistema de cables y canastilla representa el método más común y con más detalles constructivos, por lo cual, en este punto sólo nos referiremos a este sistema.

La segura instalación del cable es la garantía de la vida de los técnicos que deben usarla. Una vez levantadas las torres e instalados los anclajes, se procederá a tender el cable, operación que dependerá en gran parte del ancho del río y del consiguiente peso del cable.

Para anchos de ríos pequeños, el cable puede ser tendido a través de la corriente por medio de una lancha o con la ayuda de un cable ligero.

Para anchos de ríos mayores y cables más pesados, es necesario utilizar un cable ligero con alma de cáñamo, que se tenderá a través del cauce, por medio de una lancha o vadeando (según el caudal que tenga la corriente), para ayudar a tender el cable principal. En el extremo de ese cable ligero se sujeta por medio de opresores, el cable que se va a instalar definitivamente, el cual será tendido a través del cauce con la ayuda del cable ligero y un aparejo o señorita tipo polipasto. Después de tendido el cable, ya sujeto en un extremo y suspendido en su lugar, se procederá a darle aproximadamente, la tensión requerida por medio de un aparejo diferencial de cadenas, antes de sujetarlo en su otro extremo al ojo del tensor, previamente extendido a toda su capacidad y conectado al anclaje.

Una vez que se ha hecho pasar el extremo del cable a través del ojo del tensor y que ha quedado asegurado por medio de opresores, es posible remover el aparejo diferencial a fin de dar al cable, por medio del tensor, la flecha adecuada. Durante el proceso de instalación, el cable debe ser manejado cuidadosamente a fin de evitar la formación de dobleces y asas, sobre todo al desenrollarlo. Así mismo, se debe tener precaución previa durante el cortado del cable. Esta tarea se efectuará con una cizalla adecuada al calibre del cable y los extremos del punto de corte se amarrarán adecuadamente con alambre para evitar la separación de

los hilos del cable.

Los puntos de la sección de aforos, donde se practiquen las observaciones, deberán estar siempre sobre las líneas verticales fijas de antemano por sus distancias a un punto establecido para tal fin, en alguna de las márgenes. Este punto llamado origen de las distancias, se marcará en la estructura que se aproveche para hacer los aforos por medio de una anotación especial, invariable y duradera, fácilmente reconocible, referida a otros puntos a fin de reponerla, si es necesario y a partir de ella se irán señalando, en la propia estructura, las distancias que determinen los puntos en cuya vertical deben practicarse las observaciones. El intervalo a que deben colocarse las señales dependerá del ancho del cauce y otros factores como son: la irregularidad del fondo, las variaciones del tirante de agua, etc. En corrientes de gran anchura o donde la profundidad sea uniforme, las señales se colocarán más espaciadas que en corrientes pequeñas o en aquellas donde la profundidad sea muy variable.

Se sugiere como indicativos los siguientes valores de espaciamiento, de acuerdo al ancho del cauce:

ANCHO	ESPACIAMIENTO
Hasta 1,20 m	0,10 m
de 1,20 a 3,00 m	0,20 m
de 3,00 a 5,00 m	0,30 m
de 5,00 a 8,00 m	0,40 m
de 8,00 a 12,00 m	0,50 m
de 12,00 a 18,00 m	0,80 m
de 18,00 a 25,00 m	1,00 m
de 25,00 a 35,00 m	1,50 m
de 35,00 a 50,00 m	2,00 m
de 50,00 a 70,00 m	3,00 m
de 70,00 a 100,00 m	4,00 m
de 100,00 en adelante	5,00 m

La colocación de las mordazas o perros se hará siguiendo una separación entre cada una de 8 cm, siendo cuatro el número mínimo de mordazas por punto. La parte opresora de la mordaza debe quedar en el extremo del cable ubicado entre el tensor o gancho y la punta del cable, debiendo soportar el primero (más cerca del gancho), gran presión.

Para revisar periódicamente la flecha en forma rápida y sencilla se recomienda el siguiente procedimiento: el valor de la flecha sin carga, obtenido de conformidad a

lo establecido en la sección 4.3.5, se marcará desde los topes o cabezotes de ambas torres hacia abajo. Luego se tensará un nylon entre ambos puntos de las torres, el cual deberá llevar en el centro una marca o señal fácilmente visible. Se comienza a templar el cable principal y cuando en el centro del claro, éste se nivele con el nylon (coincidiendo con la señal colocada en el nylon), quiere decir que logramos la flecha deseada. En cuanto al tensor, éste debe quedar con posibilidad para recoger o alargar el cable.

Se debe verificar luego la flecha con carga utilizando para ello el procedimiento recomendado en la sección 4.3.5.

El cabezote (tope de la torre) de apoyo del cable principal será construido en aluminio según las especificaciones y su canal central deberá permitir el libre movimiento del cable.

En cuanto a los ganchos para el cable principal de viento y los anclajes o muertos, deben seguir las especificaciones del plano N° 11 y de la figura N° 3. De igual forma, las estructuras para las torres han sido desglosadas en el plano N° 11.

6. INSPECCION Y RECEPCION DE LA OBRA.

Es función del ingeniero inspector, llevarle seguimiento a la ejecución de la obra desde su inicio hasta su culminación, haciendo cumplir en todo momento las especificaciones aquí señaladas.

6.1. SECCION DE MIRAS

- Escala dividida en tramos o continua, instalada en forma segura e inamovible.
- Instalación en un lugar fácilmente accesible.
- Longitud suficiente para registrar todas las fluctuaciones del nivel del agua.
- Graduaciones claras.

6.2. SECCION LIMNIGRAFICA

- Buen acceso a la caseta.
- Estructura del pozo firme y segura.

- Caseta con su candado.

6.3. SECCION DE AFOROS

- Hilo de distancias marcado en la estructura de aforos.
- Cable con protección de fábrica y con grasa adecuada.
- Los tensores con capacidad de recoger o alargar el cable.
- Carro de aforo con su candado para evitar que personas extrañas lo usen.

6.4. SECCION DE CONTROL

- Todo el escurrimiento deberá pasar sobre esta sección sin que haya aberturas en su estructura, ni brazos de corrientes que deriven por otro lado, ni filtraciones que escapen por el subsuelo.

BIBLIOGRAFIA

INSTRUCTIVO PARA AFOROS DE CORRIENTES. Secretaría de recursos
Hidráulicos. México D.F. 9957

MANUAL DE PROYECTO HIDROMETEOROLOGICO CENTROAMERICANO
"HIDROMETRIA". Tercera Edición N° 49

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1** Estación Hidrométrica.
- FIGURA 2** Vista general del pozo, sección de aforo y miras.
- FIGURA 3** Estructura del muerto de concreto.
- FIGURA 4** Miras soldadas y tubos comunicantes.

INDICE DE PLANOS

- PLANO 1 MODELO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE UNA ESTACION HIDROMETRICA.
- PLANO 2 LIMNIMETROS (MIRAS). Plano de Construcción e Instalación.
- PLANO 3 MEDIDORES DE PICO.
- PLANO 4 DETALLES DE ESTACION LIMNIGRAFICA CON POZO DIRECTO.
- PLANO 5 ESTACION LIMNIGRAFICA CON POZO DIRECTO ADOSADO A ESTRUCTURA EXISTENTE EN SITIO.
- PLANO 6 CASETA Y POZO DE LIMNIGRAFO DE TUBOS COMUNICANTES CON TUBERIA CORRUGADA.
- PLANO 7 CASETA Y POZO DE CONCRETO PARA LIMNIGRAFO. Plano de construcción.
- PLANO 8 CASETA Y POZO LIMNIGRAFO. Plano de estructura.
- PLANO 9 CASETA Y POZO DE CONCRETO PARA LIMNIGRAFO. Plano de construcción.
- PLANO 10 PISO Y MESA DE MADERA. CASETA CORRUGADA.
- PLANO 11 TORRE PARA ESTACION DE AFORO.
- PLANO 12 CANASTILLA PARA ESTACION DE AFORO.

ESTACIONES HIDROMETRICAS DE CABLE Y CANASTILLA

CABLE VIA

DATOS DE CABLE CON ALMA DE CANAMO PARA DIFERENTES ANCHOS

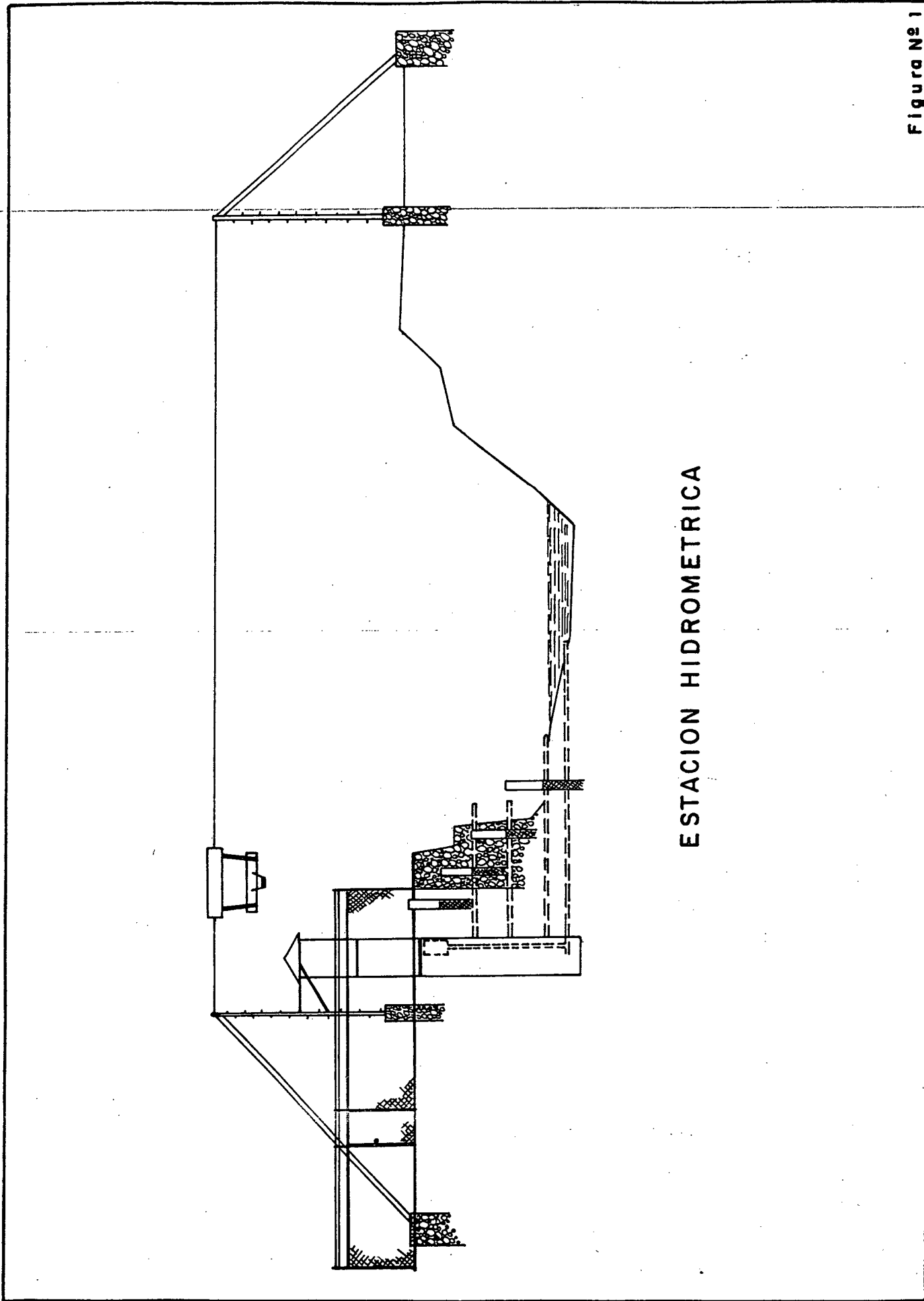
ANCHO M.	Flecha con Carga M.	Ø Cable Pulg.	Coeficiente de Seguridad	Carga de Ruptura del cable en toneladas	Peso del Cable Kg/m	T E N S O R		Flecha s/ Carga M.
						DIAM. torn.	CAP. en Pulg.	
25	0.63	5/8"	5.7	15.0	0.939	1"	1 2"	0.06
30	0.75	5/8"	5.6	15.0	0.939	1"	1 2"	0.07
35	0.88	5/8"	5.6	15.0	0.939	1"	1 2"	0.08
40	1.00	5/8"	5.5	15.0	0.939	1"	1 2"	0.10
45	1.12	5/8"	5.5	15.0	0.939	1"	1 2"	0.13
50	1.25	5/8"	5.5	15.0	0.939	1"	1 2"	0.16
60	1.50	5/8"	5.4	15.0	0.939	1"	1 2"	0.22
70	1.75	5/8"	5.3	15.0	0.939	1"	1 2"	0.30
80	2.00	3/4"	6.3	21.5	1.340	1"	1 2"	0.55
90	2.25	3/4"	6.2	21.5	1.340	1 1/8"	1 2"	0.67
100	2.50	3/4"	6.1	21.5	1.340	1 1/8"	1 2"	0.80
110	2.80	3/4"	6.1	21.5	1.340	1 1/8"	1 2"	0.96
120	3.05	3/4"	5.9	21.5	1.340	1 1/8"	1 2"	1.10
130	3.25	3/4"	5.7	29.0	1.830	1 1/4"	1 2"	1.21
140	3.55	7/8"	7.2	29.0	1.830	1 1/8"	1 2"	1.70
150	3.80	7/8"	7.1	29.0	1.830	1 1/4"	1 2"	1.87
160	4.05	7/8"	6.9	29.0	1.830	1 1/4"	1 2"	2.84
170	4.35	7/8"	6.8	29.0	1.830	1 1/4"	1 2"	2.26
180	4.60	7/8"	6.6	29.0	1.830	1 1/4"	1 2"	2.43
190	4.90	7/8"	6.5	29.0	1.830	1 1/4"	1 2"	2.70
200	5.15	7/8"	6.4	37.8	1.830	1 1/4"	1 2"	2.85
210	5.45	1"	7.0	37.8	2.380	1 1/4"	1 2"	3.38
220	5.70	1"	6.8	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	3.60
230	6.00	1"	6.7	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	3.85
240	6.30	1"	6.6	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	4.09
250	6.50	1"	6.4	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	4.25
260	6.75	1"	6.3	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	4.45
270	7.00	1"	6.1	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	4.65
280	7.20	1"	5.9	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	4.80
290	7.40	1"	5.8	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	4.96
300	7.65	1"	5.7	37.8	2.380	1 1/2"	1 8"	5.17

TABLA # 2

DIMENSIONES DEL MUERTO DE ANCLAJE							
Ø CABLE	ANCHO	ALTO	LARGO	L. GANCHO PRINCIPAL	L. GANCHO VIENTO	Ø GANCHO PRINCIPAL	Ø GANCHO VIENTO
3/4"	1,5	1,6	1,8	2 mts.	1 m.	1 1/8"	3/4"
7/8"	1,8	1,8	2,1	2 mts.	1 m.	1 1/4"	3/4"
1"	1,95	2,10	2,40	1 m.	1 m.	1 3/8"	3/4"

CONCRETO R_{cc} = 210 K_S/C_M

ACERO R_t = 1400 K_S/C_M



ESTACION HIDROMETRICA

VISTA GENERAL DEL POZO, SECCION DE AFORO Y MIRAS

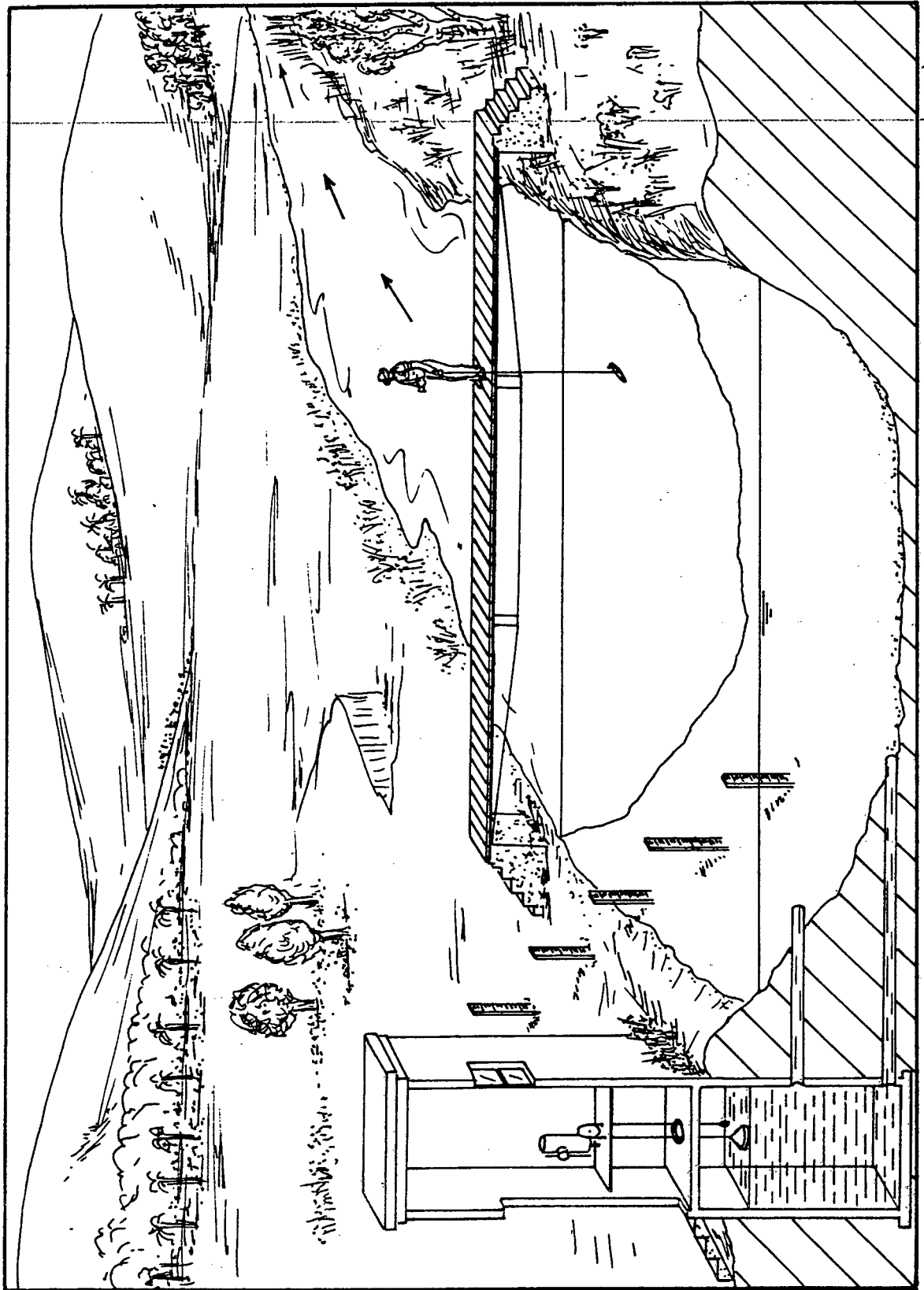


Figura Nº 2

ESTRUCTURA DEL MUERTO DE CONCRETO

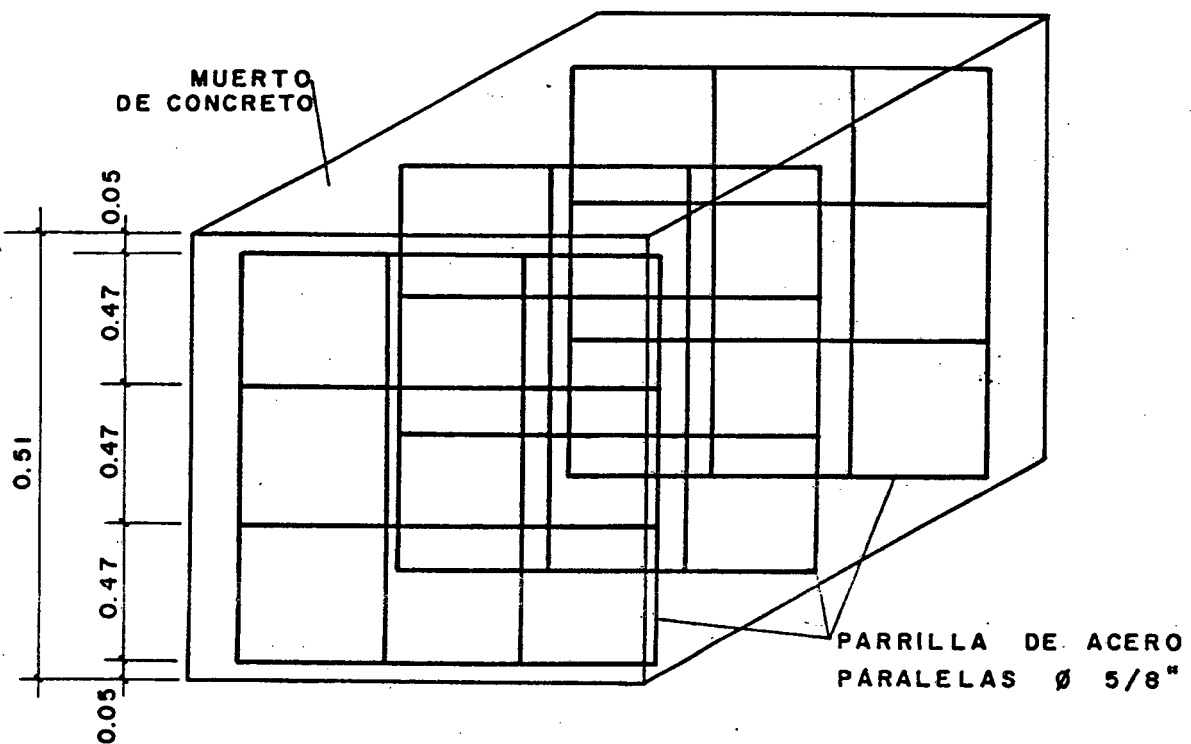
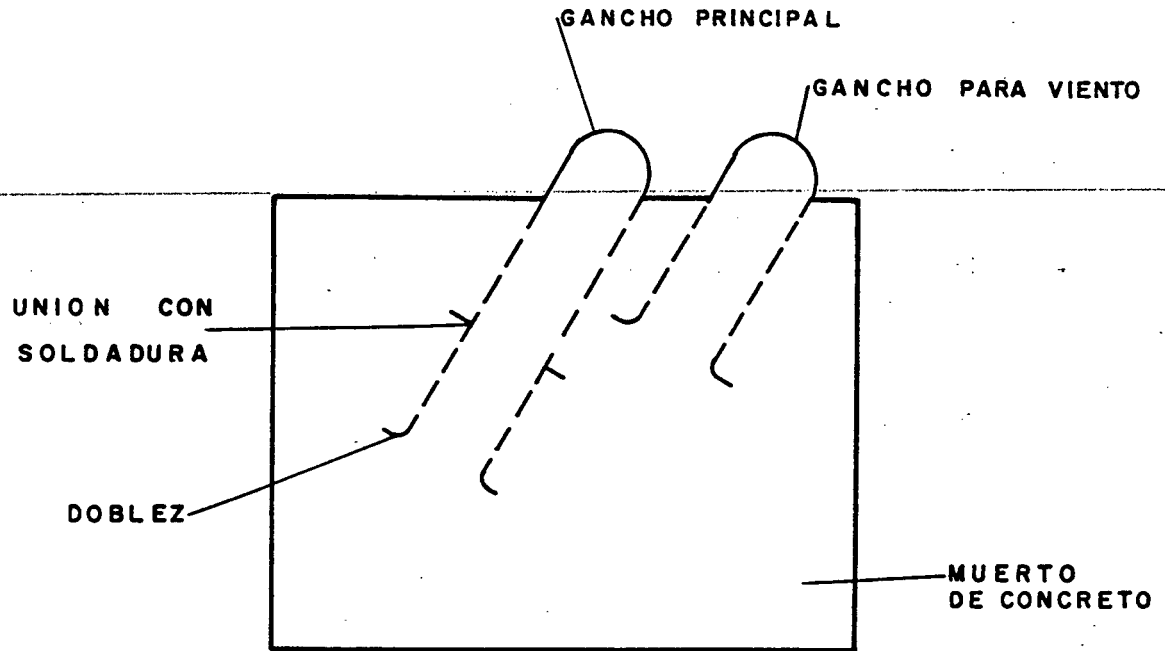
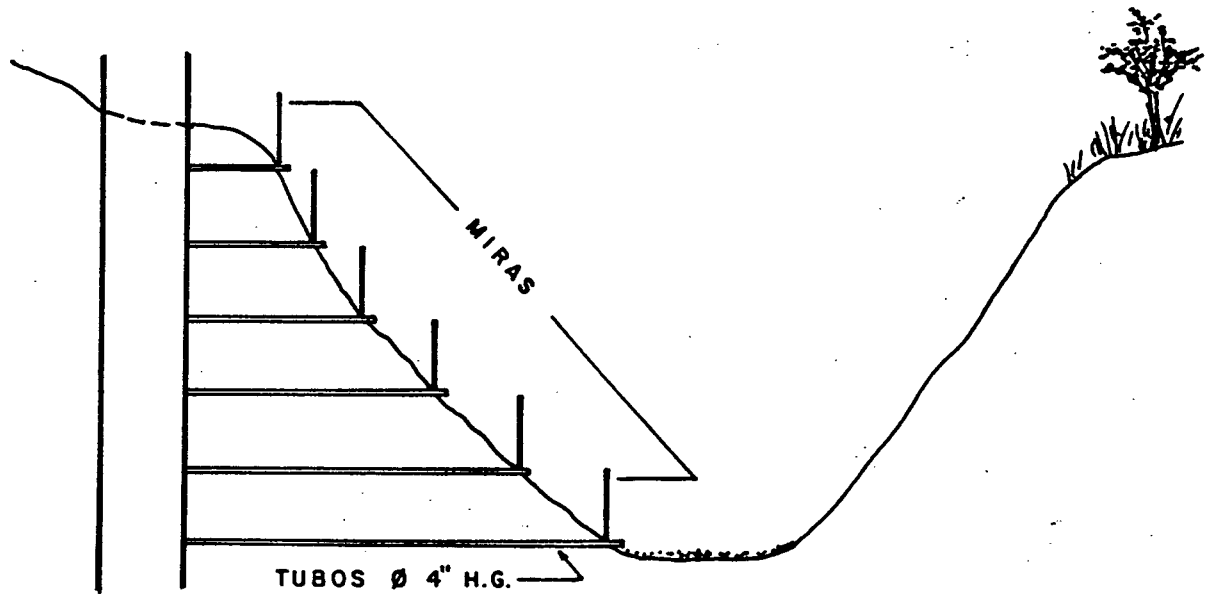


Figura N° 3

MIRAS SOLDADAS A TUBOS COMUNICANTES



PERFIL

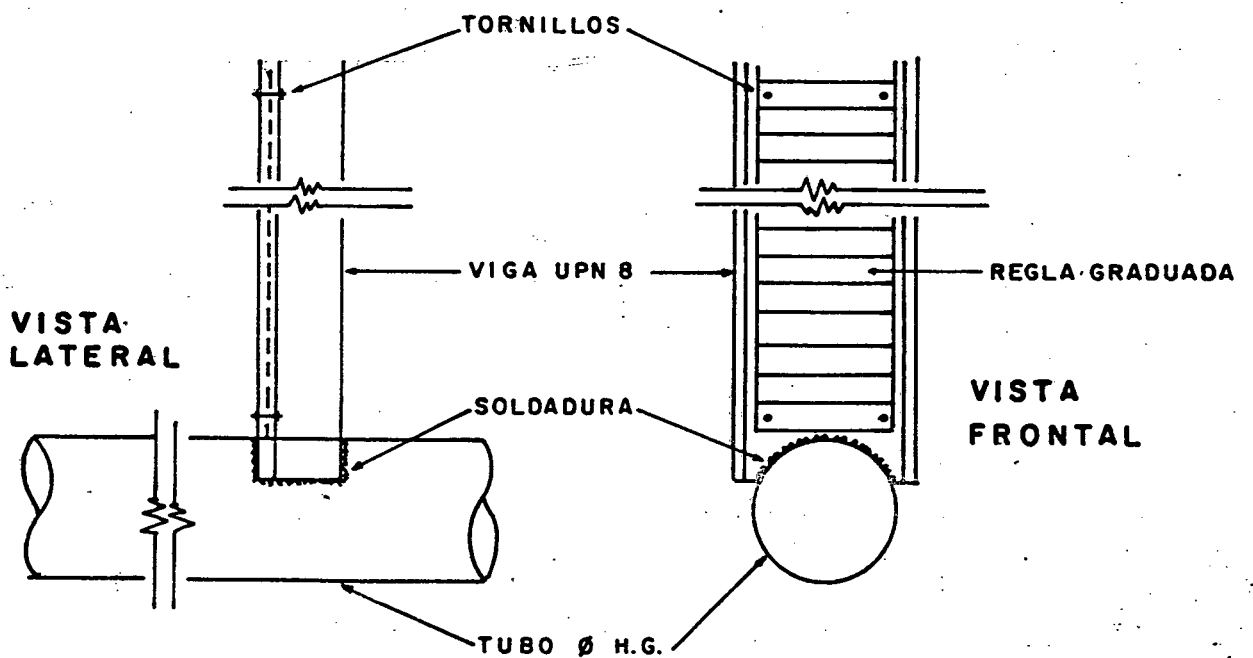
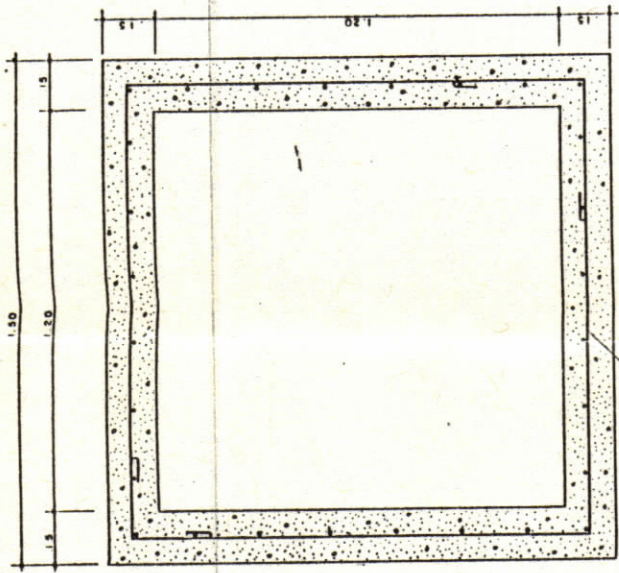
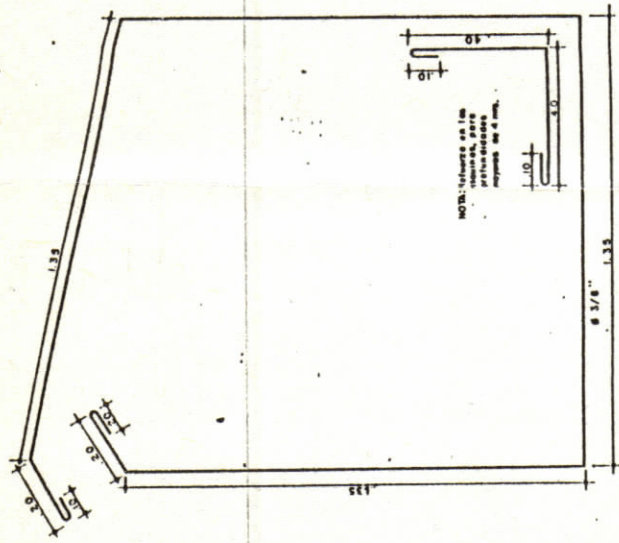
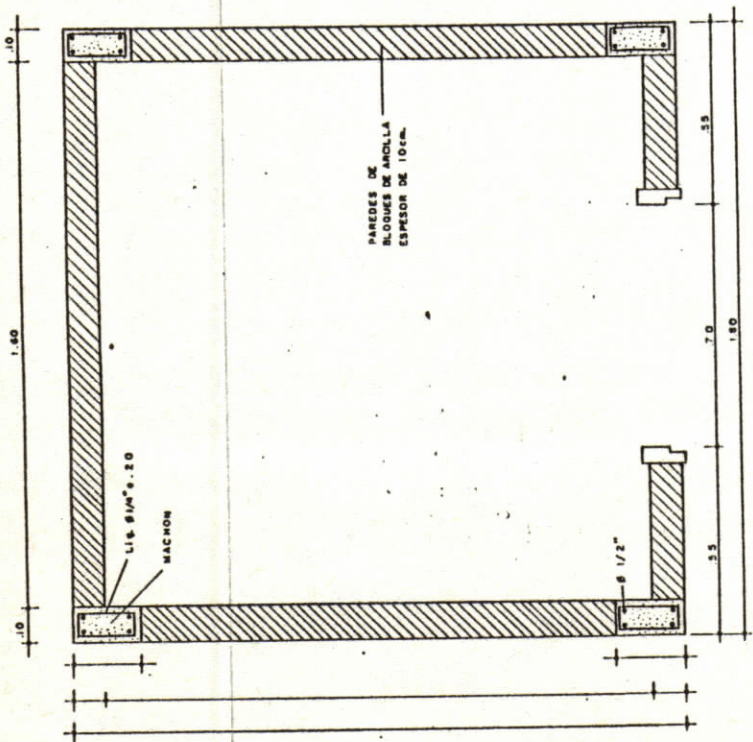


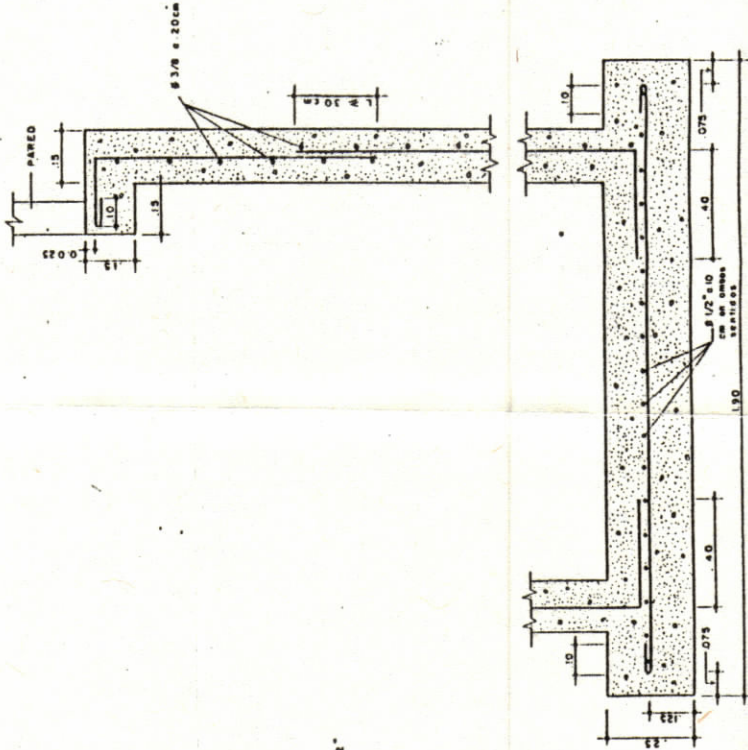
Figura Nº 4



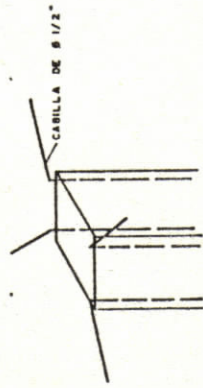
POZO DE LIMNIGRAFO
PLANTA
ESCALA 1:10



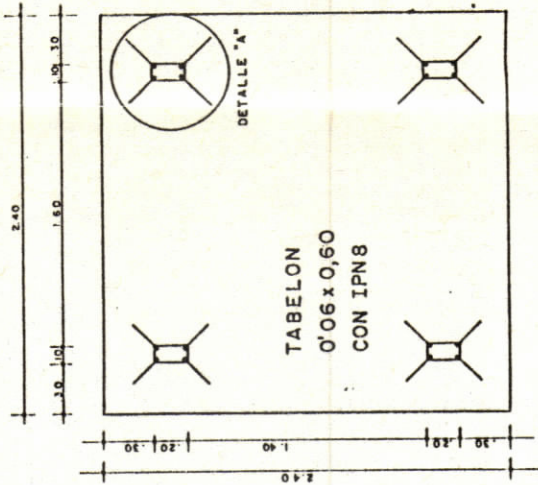
CASETA DE LIMNIGRAFO
PLANTA
ESCALA 1:10



FUNDACION POZO DE LIMNIGRAFO
ESCALA 1:10

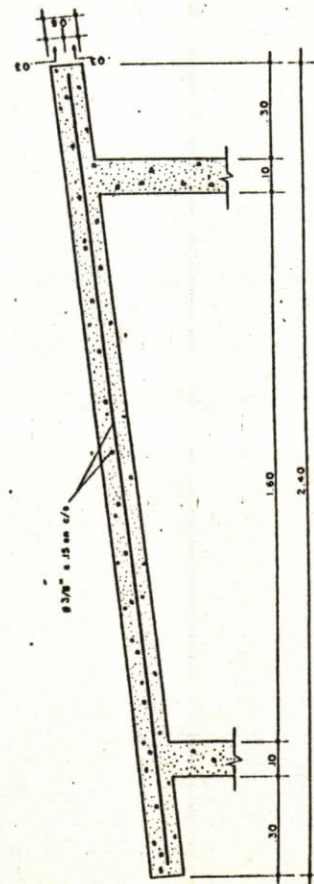


DETALLE A



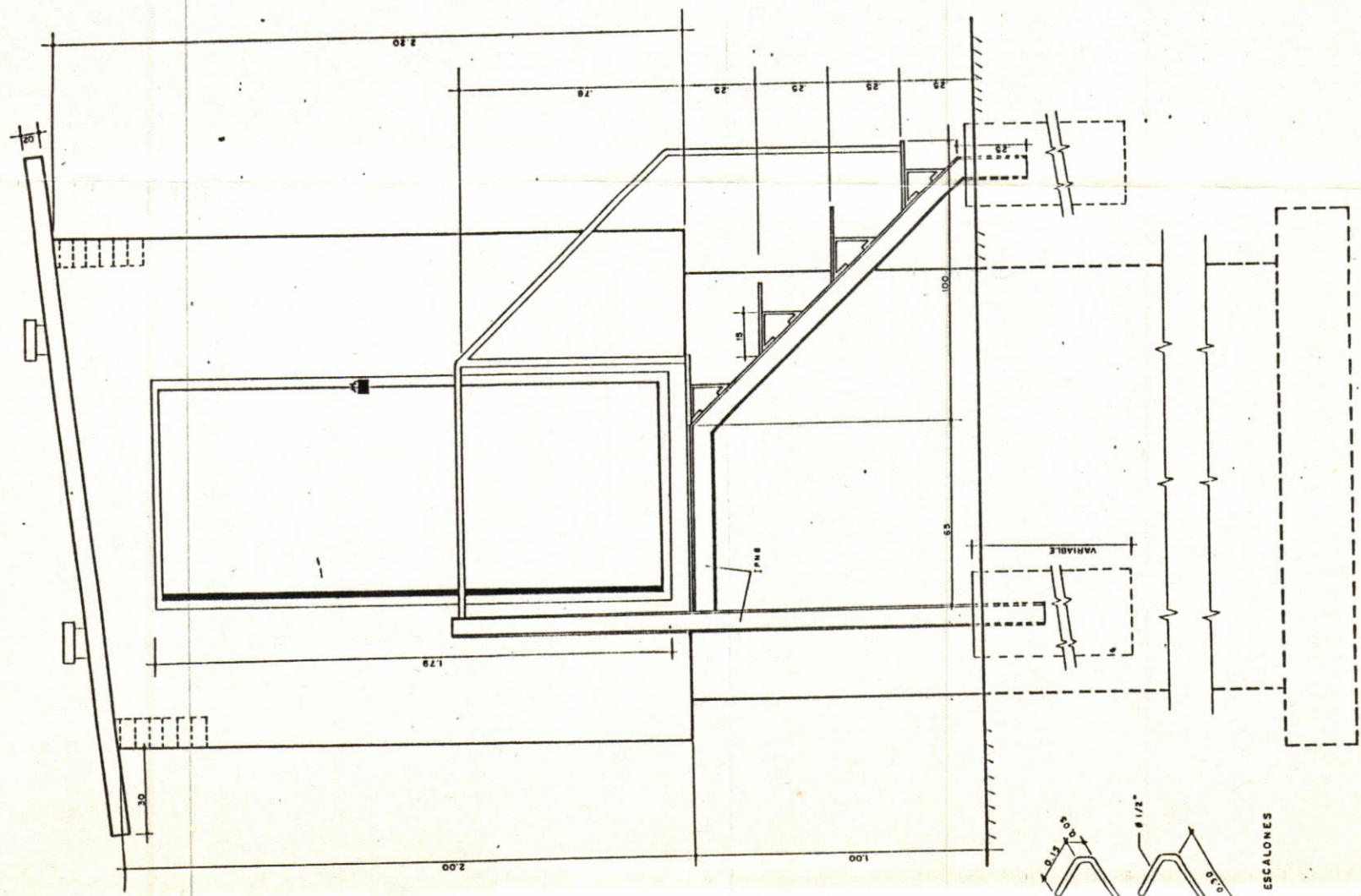
LOSA DE TECHO
PLANTA
ESCALA 1:20

ESPECIFICACIONES
Rer 28 = 180 Kg/cm²
Rer = 1400 Kg/cm²

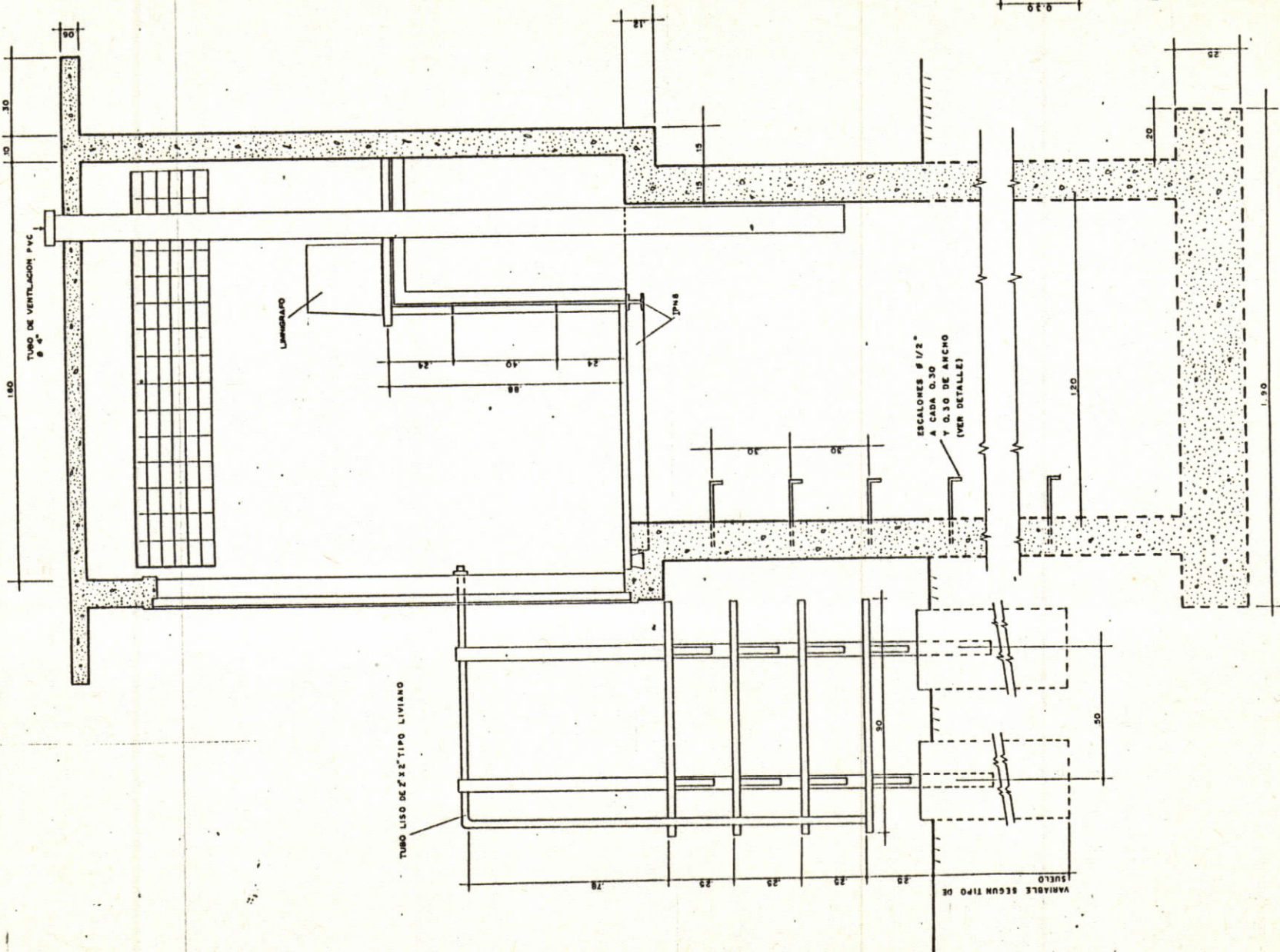


LOSA DE TECHO
PERFIL LONGITUDINAL

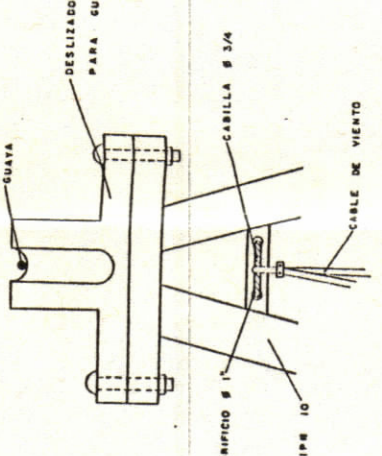
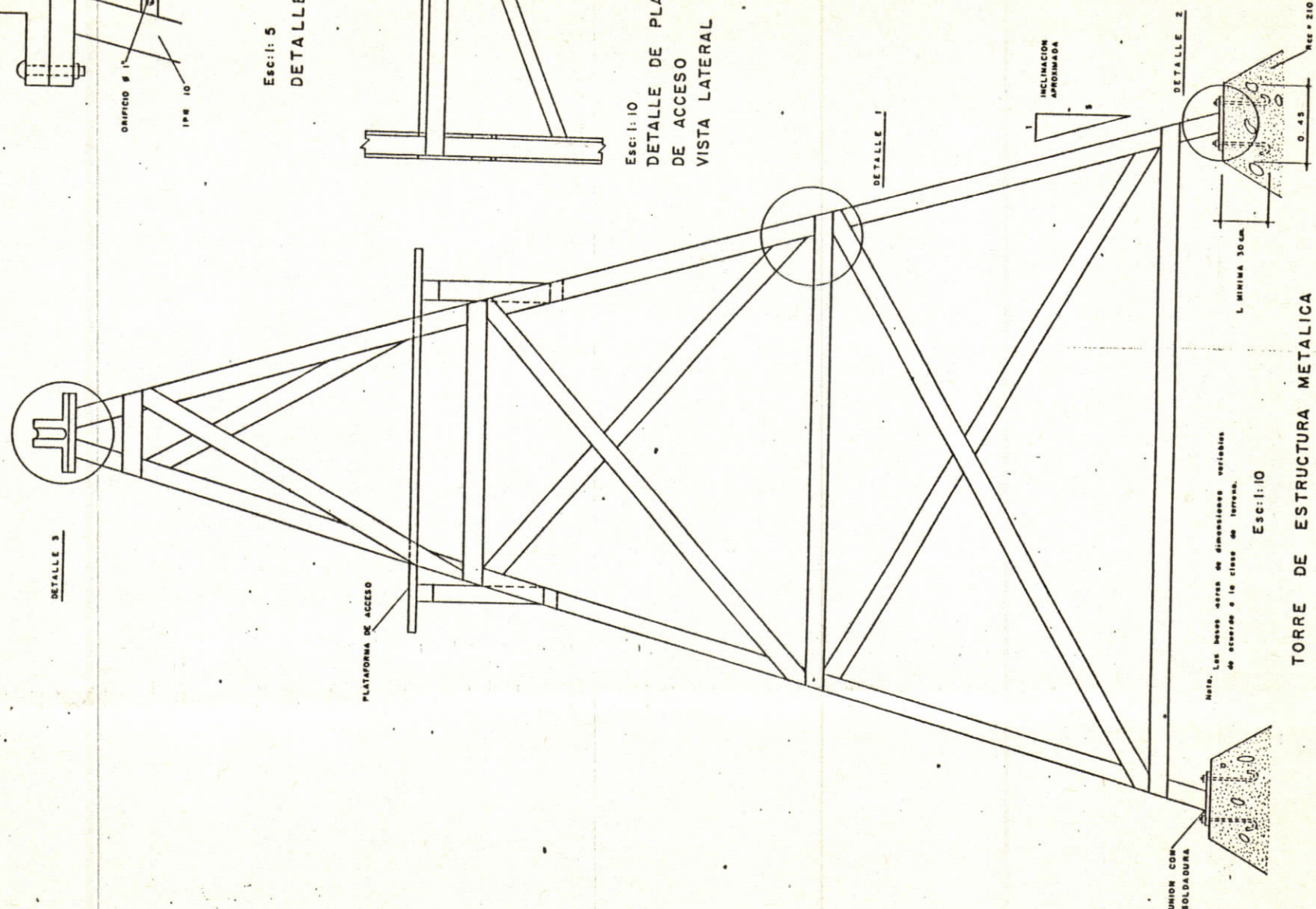
	REPUBLICA DE VENEZUELA MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA	CASETA Y POZO LIMNIGRAFO PLANO DE ESTRUCTURA	12	8
	DISEÑADO: MILCES LIMARES	APROBADO: ING. ROBERTO BAUSON ING. CLAUDIO CAROPIE	FECHA: 1992	ESCALA: 1:20



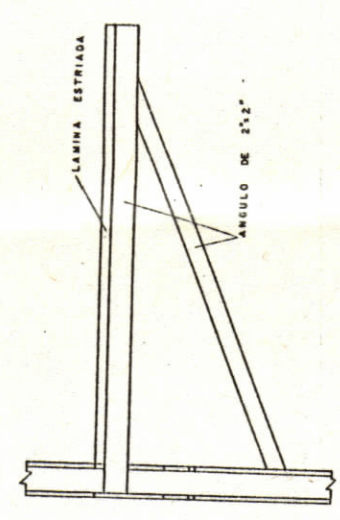
VISTA DE FRENTE



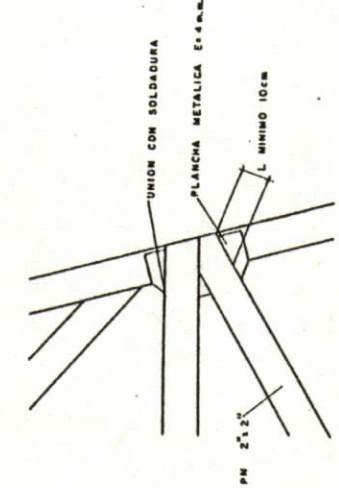
VISTA LATERAL



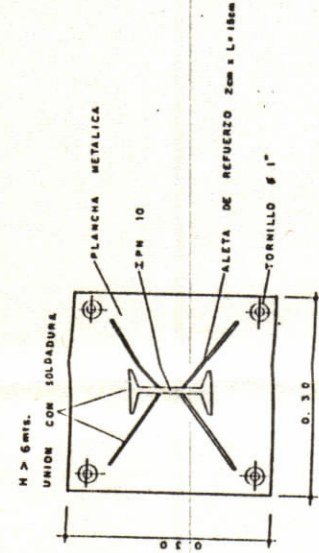
Esc: 1:5
DETALLE 3



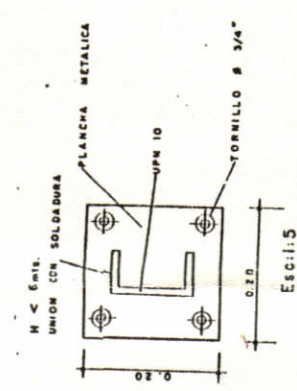
Esc: 1:10
DETALLE DE PLATAFORMA DE ACCESO VISTA LATERAL



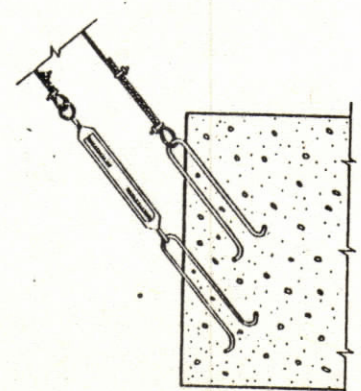
Esc: 1:5
DETALLE 1



Esc: 1:5
DETALLE 2



Esc: 1:5
DETALLE 2



MATERIALES		CANTIDAD
H = ALTURA DE LA TORRE	SECCION H	
VIGAS IPM 10	SECCION H	2
VIGAS UPM 8	SECCION H	8
PLANCHA METALICA DE 0.30 x 0.30 x 0.025		2
TORNILLOS DE 1"		6
DESPLAZADOR DE HIERRO FUNDIDO PARA GUAYA		2
CABLE CON ALMA DE CAÑAMO (8 y longitud según cálculo)		2
CABLE 3/8" PARA VIENTO EN TORRES		2
OPRESORES O PERROS PARA CABLE DE VIENTO (será fijar en torre)		6
GUARDACABOS PARA CABLE DE VIENTO		2
ARGOLLAS PARA GUARDACABOS DE CABLE DE VIENTO		2
TENSOR PARA CABLE DE VIENTO (de gancho y argolla)		2
TENSOR PARA CABLE VIA (de gancho y argolla)		1
GUARDACABOS PARA CABLE VIA		2
ARGOLLAS PARA GUARDACABOS DE CABLE VIA		2
OPRESORES O PERROS PARA CABLE VIA		10

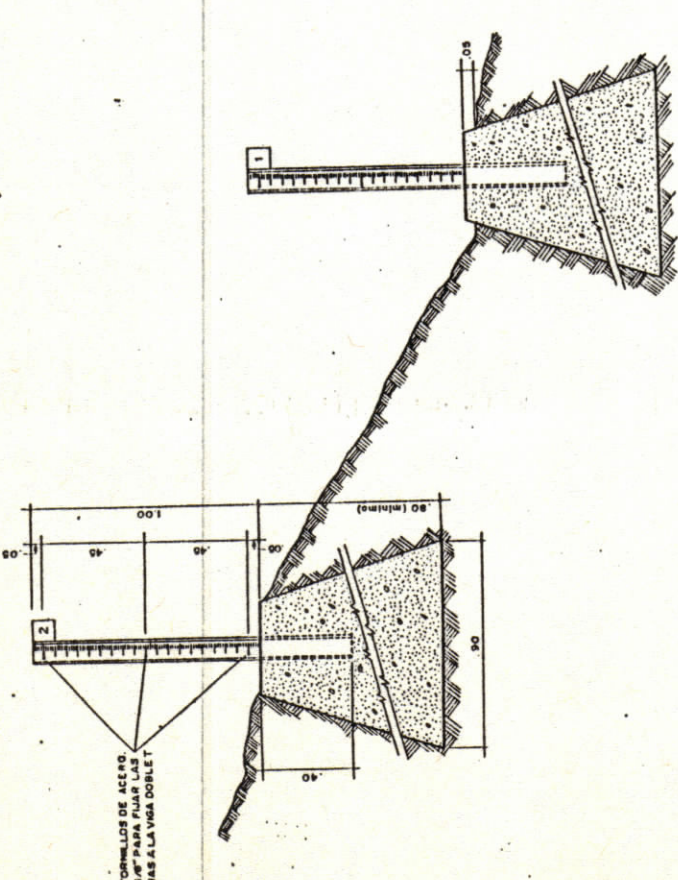
NOTA: LA ALTURA DE CADA TRAMO DE LA TORRE NO DEBE SER SUPERIOR A 1.5 MIL. PARA ALTURAS DE TORRE > 6 USAR COLUMNAS CON VIGA IPM 10. PARA ALTURAS DE TORRE < 6 USAR COLUMNAS CON VIGA UPM 8.

REPUBLICA DE VENEZUELA
 MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA

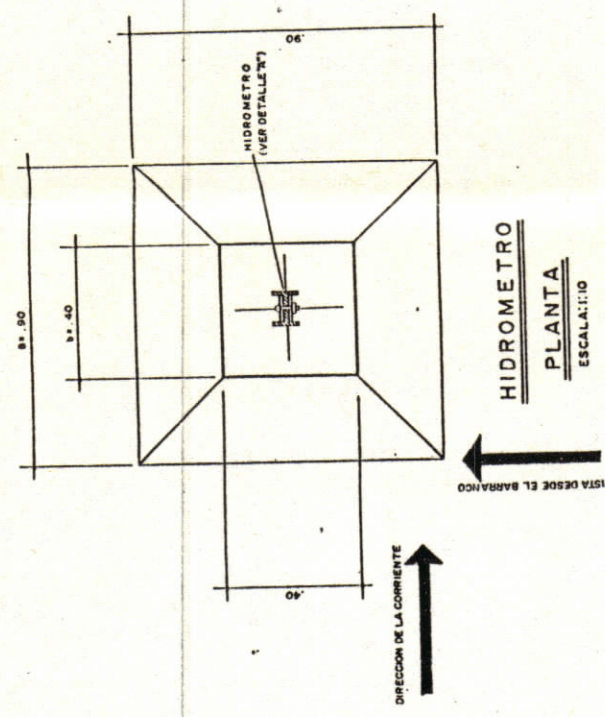
PROYECTO: MILCES L.
 TORRE PARA ESTACION DE AFORO

FECHA: 1992
 DISEÑADO: ROBERTO BAUSON
 VERIFICADO: CLAUDIO CAPONI T.

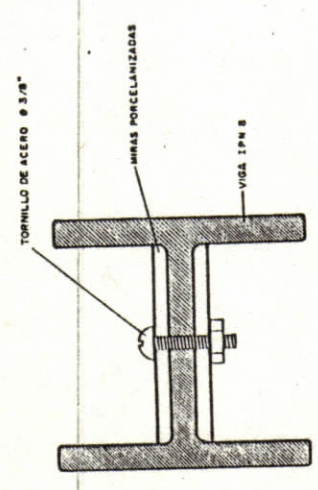
TOTAL HOJAS: 12
 HOJA NO: 11



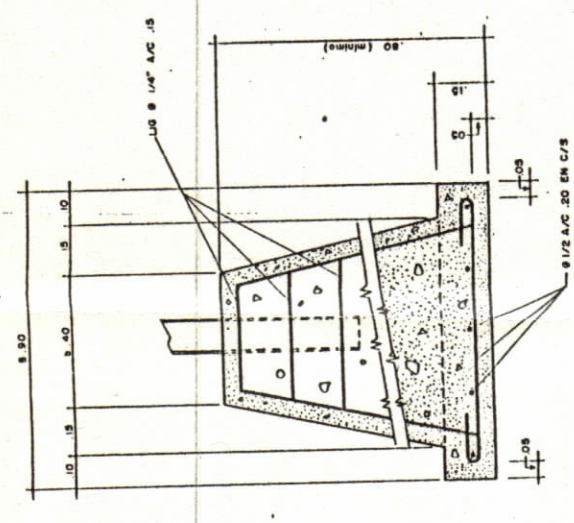
VISTA FRONTAL
ESCALA: 1:13



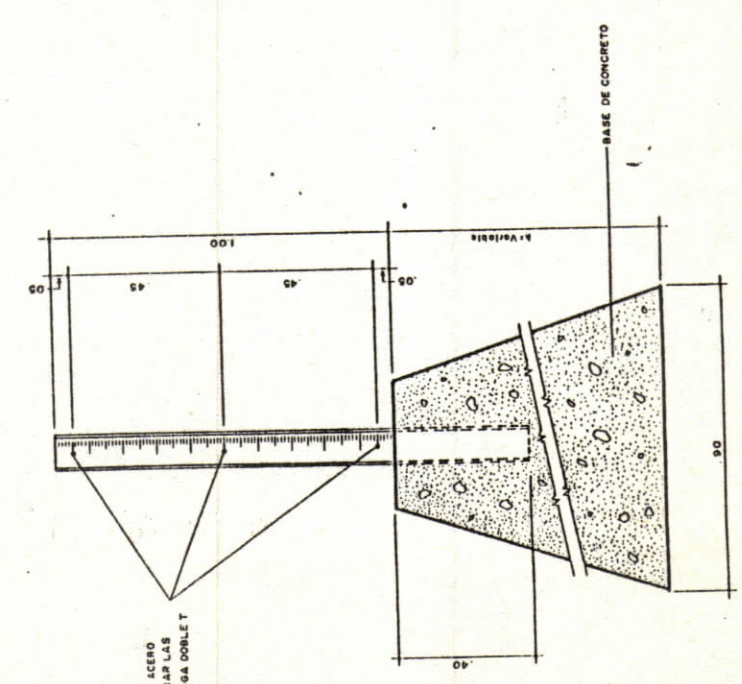
HIDROMETRO
PLANTA
ESCALA: 1:10



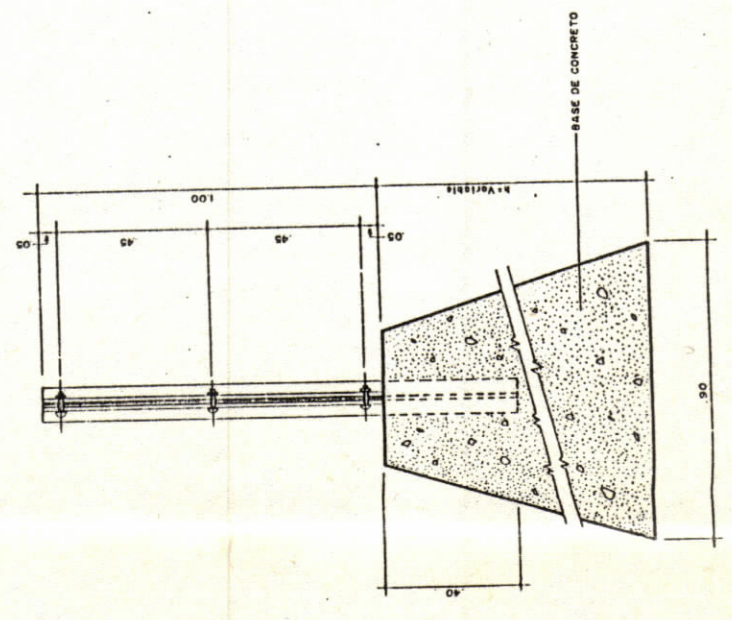
DETALLE "A"
ESCALA: 1:1



FUNDACION
ESCALA: 1:10



VISTA DE FRENTE
ESCALA: 1:10



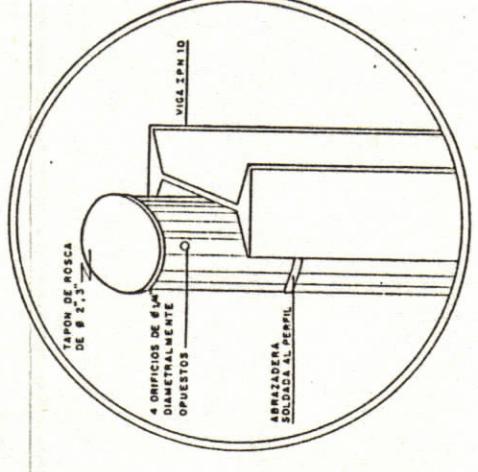
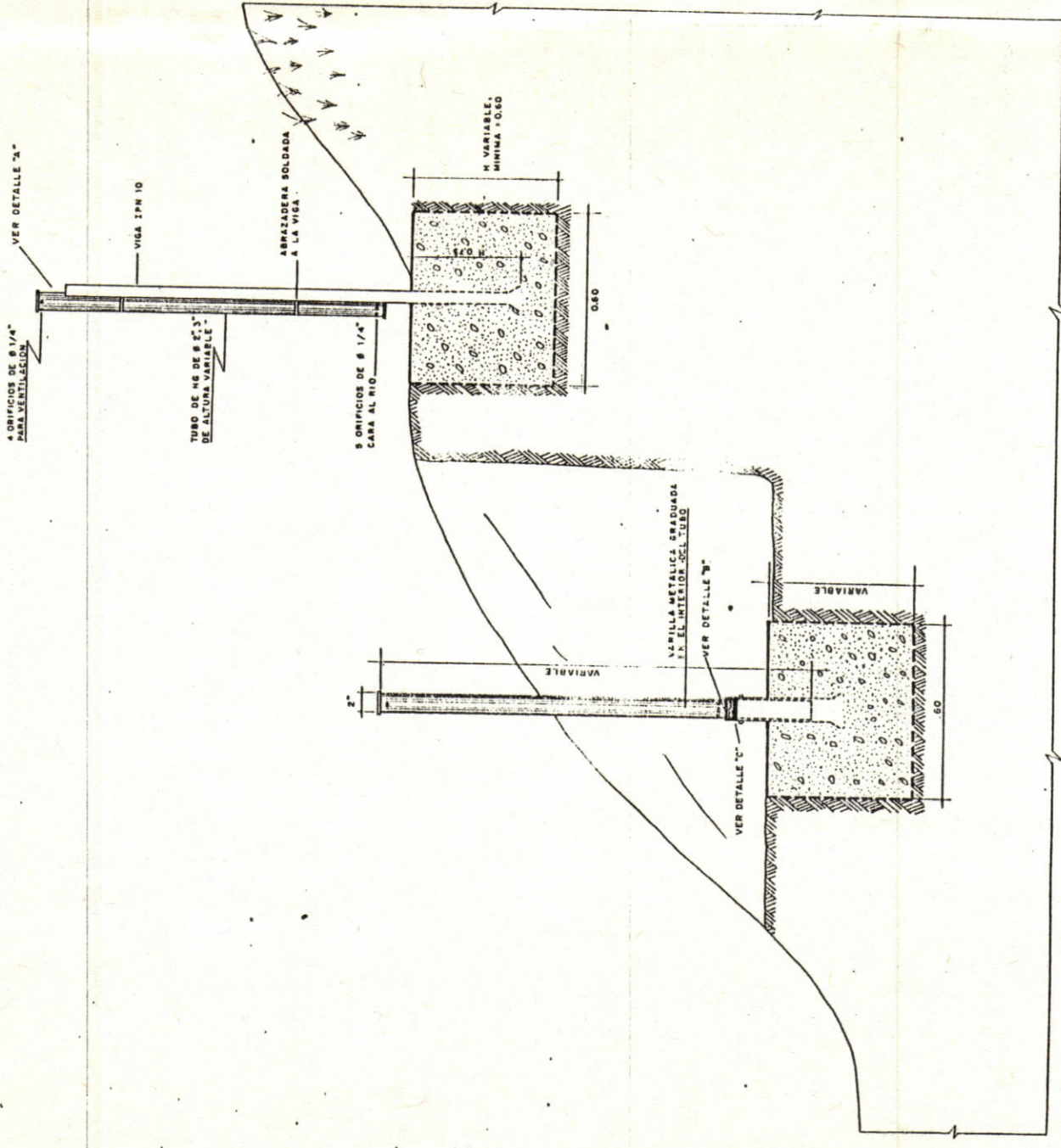
VISTA LATERAL
ESCALA: 1:10

LISTA DE MATERIALES

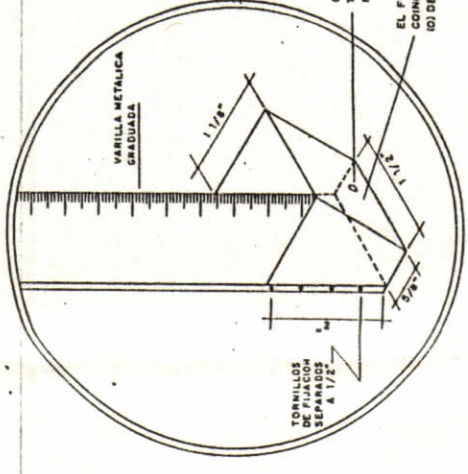
MATERIALES	CANTIDAD
VIGAS IPN 8 L x S L x T 20	
MIRA PORCELANIZADA DE 1m	
TORNILLOS DE ACERO CON SU TUERCA # 3/8"	
CONCRETO EN BASE. 8" x 80 cm., 2" x 0.40 m., 2" variable segun condiciones del terreno	
CABILLOS # 1/2" y 1/4" en cortinas 2/1 m.	2

Rs. 28 des. 210 kg./cm²
Rs. 1.800 kg./cm²

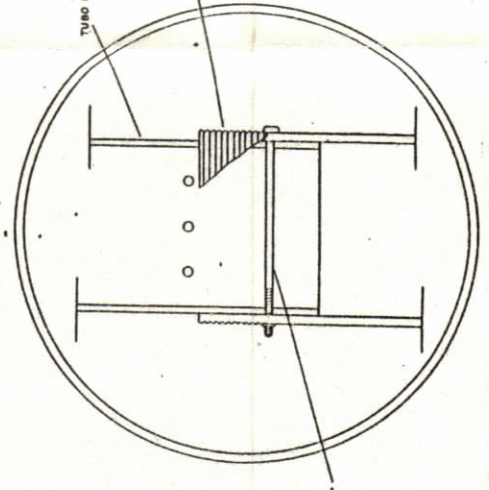
	REPUBLICA DE VENEZUELA MINISTERIO DEL PETROLEO Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA		LIMNIMETROS (MIRAS) Plano de Construcción e Instalación	FECHA: 1992	TOTAL HOJAS: 12	HOJA N°: 2
	DISEÑADO: Escobedo Brito			EJECUTIVO: Ing. Humberto Berrero	APROBADO: Ing. Cirilo Casani T.	DIRECTOR GENERAL: Ing. Oscar Matos



DETALLE "A"



DETALLE "B"
VARILLA METALICA GRADUADA EN EL INTERIOR DEL TURO



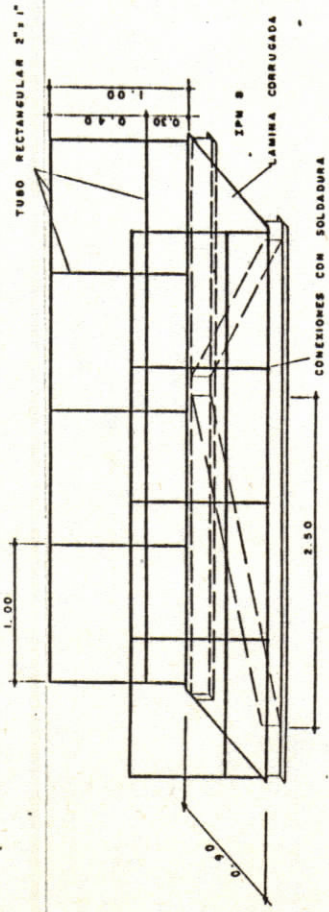
DETALLE "C"

MEDIDORES DE PICO
ESCALA 1:10

LISTA DE MATERIALES

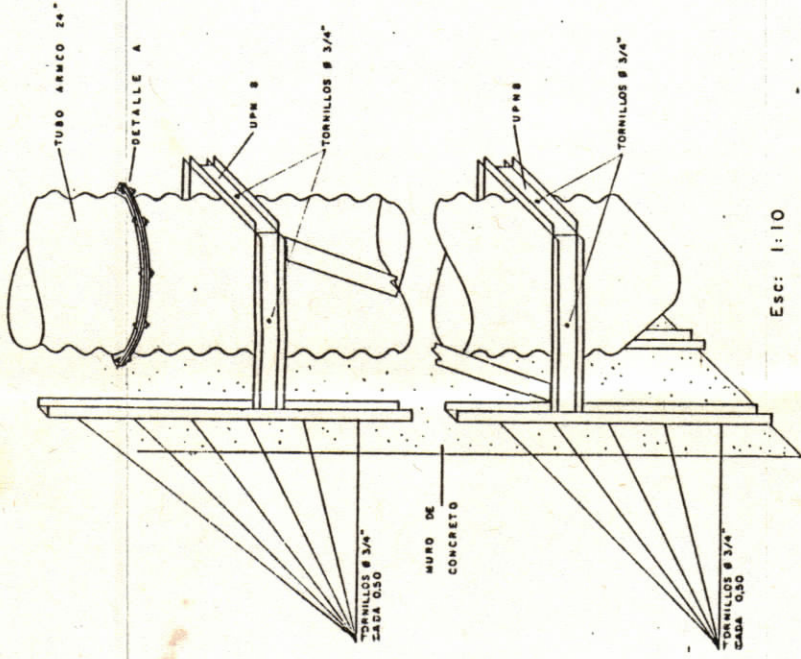
MATERIALES	CANTIDAD
TUROS HIERRO GALVANIZADOS 8" 1/4, H= 1,10M. CON ROSCA EN AMBOS EXTREMOS 8" 1/4, H= 1,2 m	1
ROSCA O UNION DE TURO 8" 1/4 Y 8" 1/4, H= 1,0M.	1
LISTON TRIANGULAR, 8" 1/4, L= 1,10 - 1,20M.	1-2
TAPON DE ROSCA 8" 1/4	1
VARILLA METALICA GRADUADA	1
MIRA PORCELANIZADA	1
CONCRETO EN BASE, 8" 1/4, 0,60M. Y 8" 1/4, 0,60M.	1
VIGA IPN 10	1

NOTA: LAS MEDIDAS DE LOS MATERIALES SE ENTIENDEN EN MILIMETROS



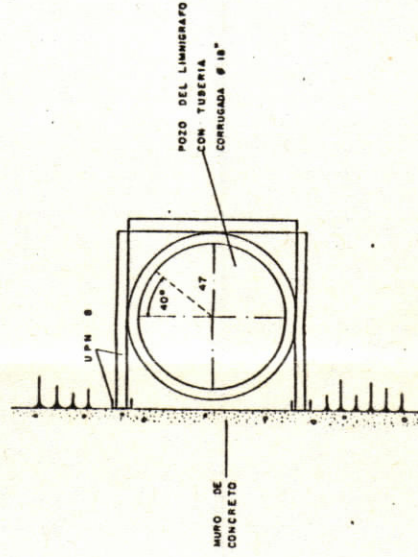
NOTA: LOS APOYOS SERAN SEGUN EL CASO

Esc: 1:25
PASARELA TIPO



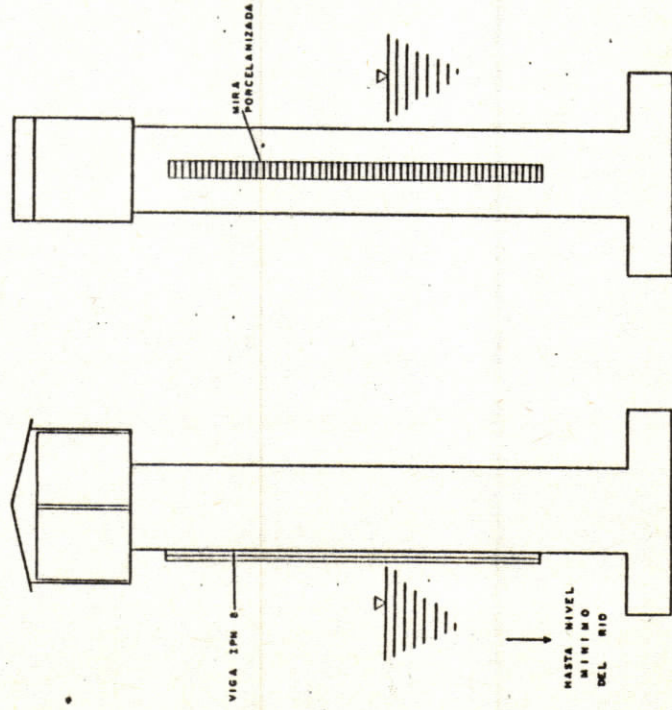
Esc: 1:10

POZO ADOSADO A ESTRUCTURA DE CONCRETO



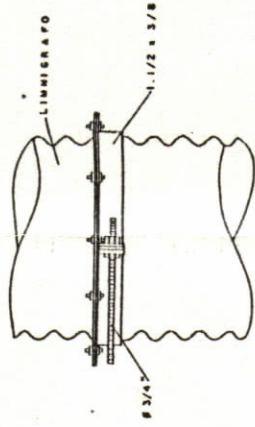
Esc: 1:10

PLANTA



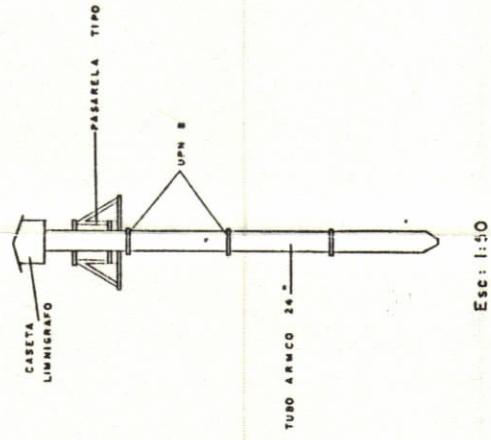
MIRA CONTINUA FIJA EN ALCANTARILLA DIRECTA

Esc: 1:25

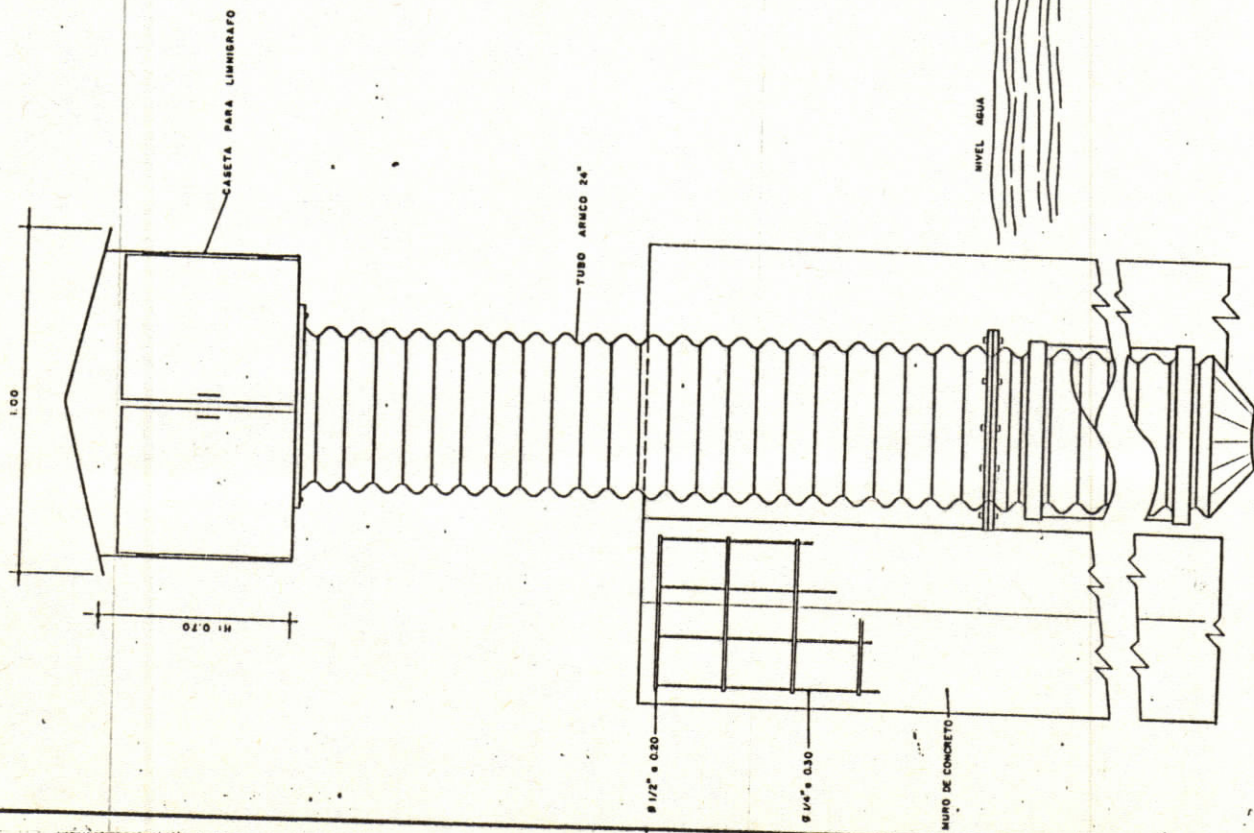


Esc: 1:5

DETALLE A

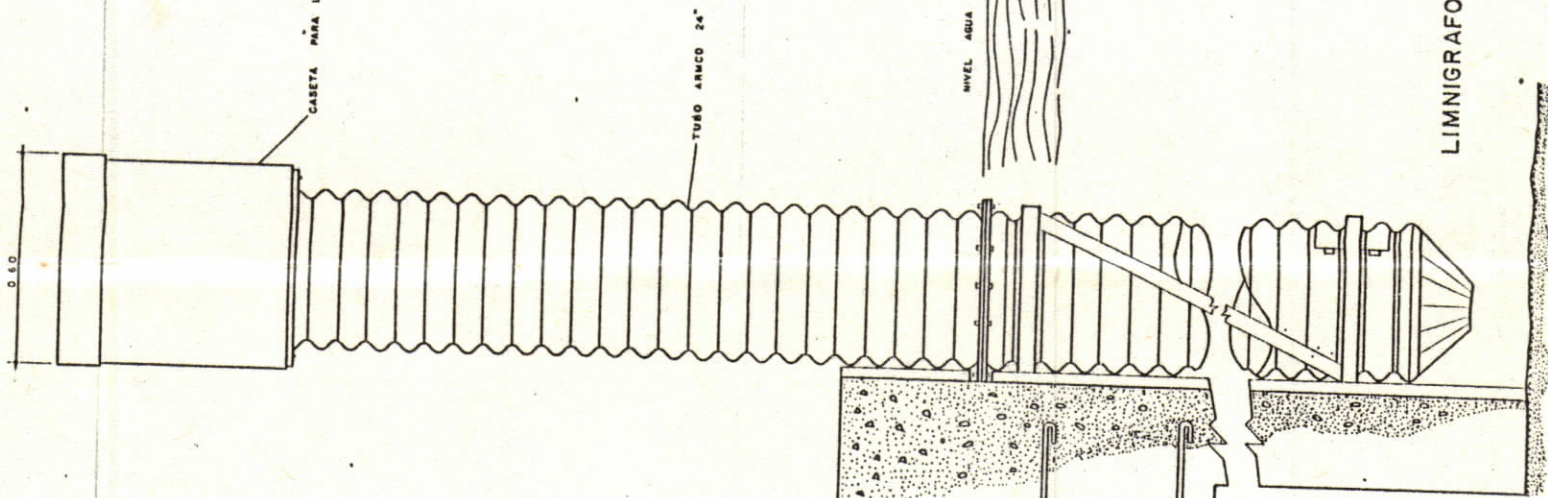


Esc: 1:50



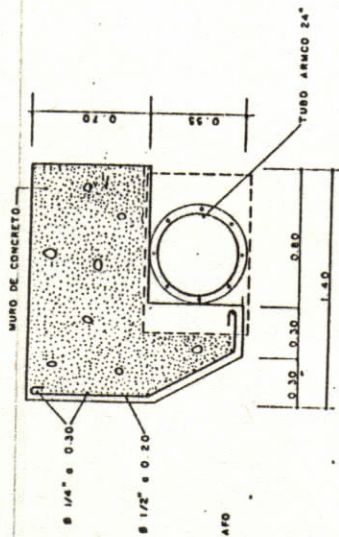
Esc: 1:10

LIMNIGRAFO VISTA DE FRENTE



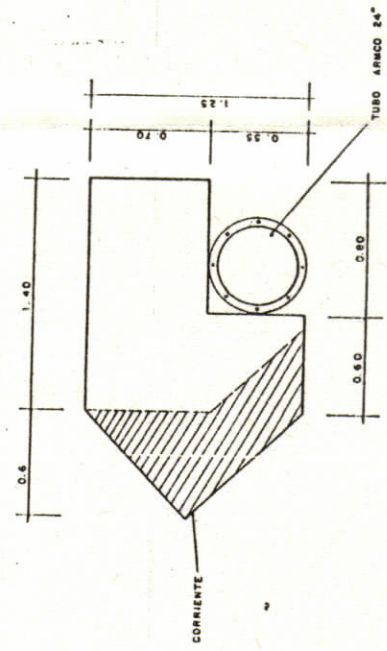
Esc: 1:10

LIMNIGRAFO VISTA LATERAL



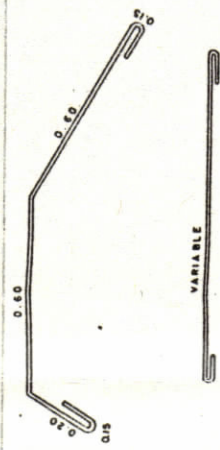
Esc: 1:20

PLANTA



Esc: 1:20

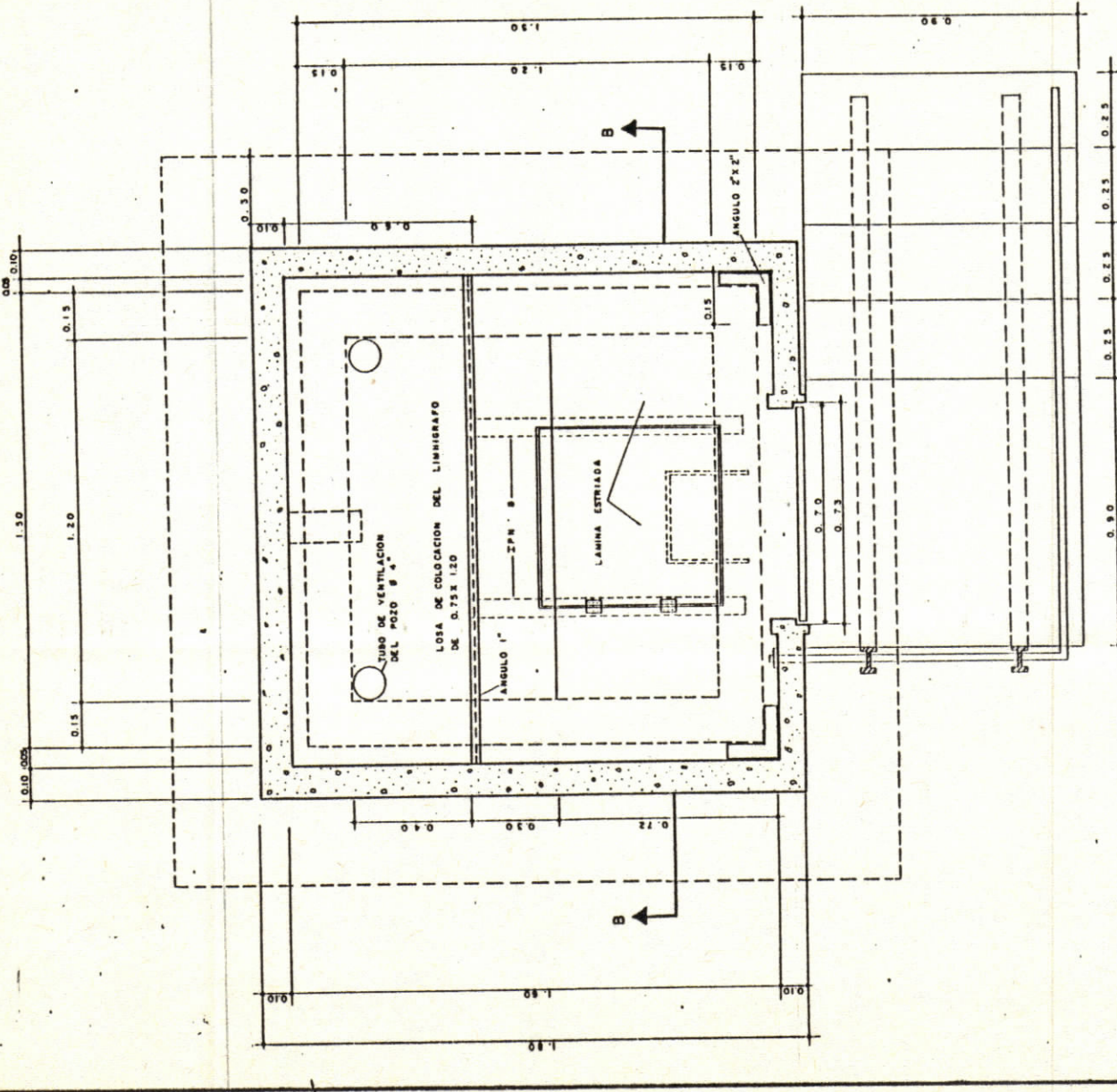
PLANTA MURO DE SOPORTE



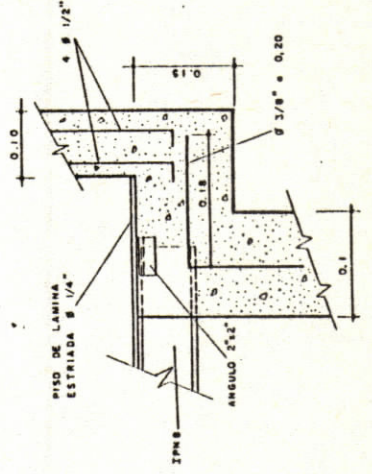
Esc: 1:10

DESPIECE DE MATERIAL

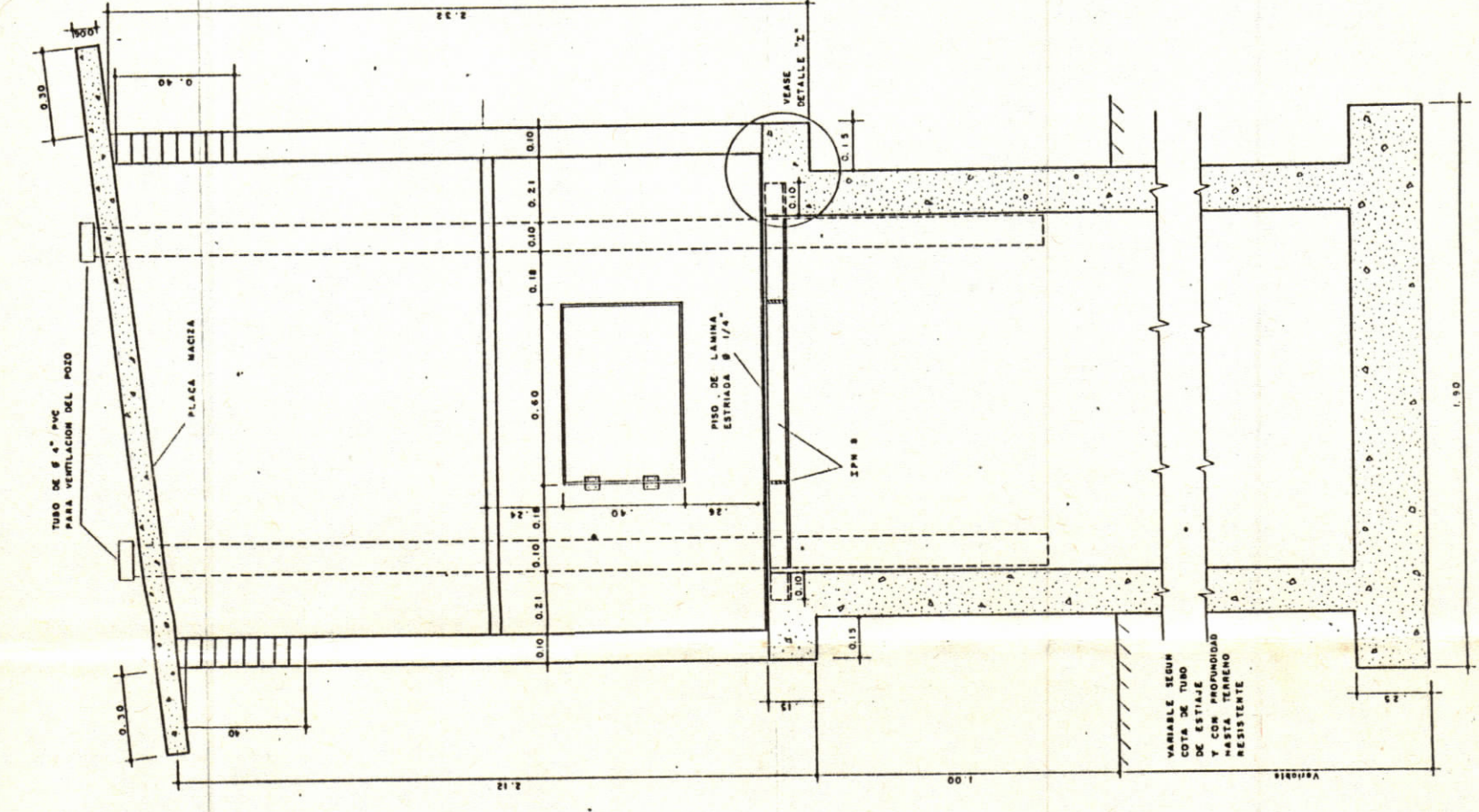
		REPUBLICA DE VENEZUELA MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES INSTITUTO VENEZOLANO DE GEOLOGIA Y METEOROLOGIA DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA
INGENIERO: CLAUDIO CAPONI T. INGENIERO AUXILIAR: ROBERTO BAUSON	INGENIERO: CLAUDIO CAPONI T. INGENIERO AUXILIAR: ROBERTO BAUSON	ESTACION LIMNIGRAFICA CON POZO DIRECTO ADOSADO A ESTRUCTURA EXISTENTE EN SITIO FECHA: EN 1982 TOTAL HOJAS: 12 HOJA NO.: 5 UNIDADES: METROS



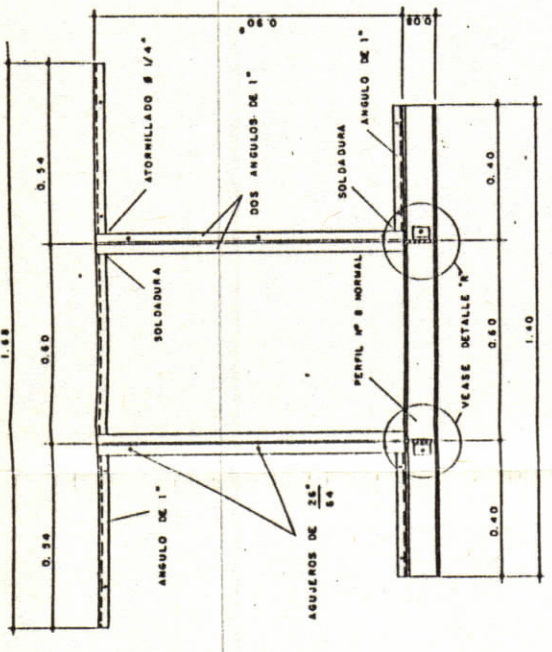
CASETA Y POZO DE LIMNIGRAFO
PLANTA



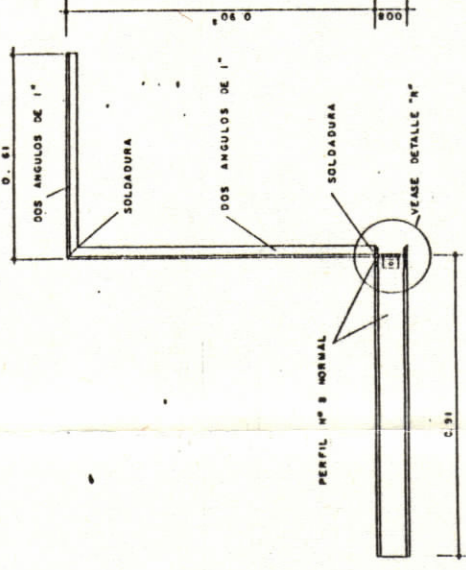
DETALLE "I"



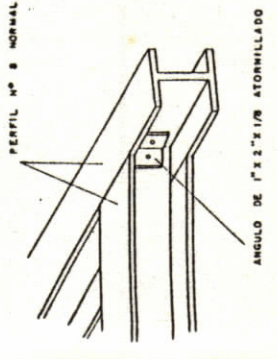
CORTE "B - B"




APOYO PARA MESA DE LIMNIGRAFO
VISTA DE FRENTE
Esc: 1:10



APOYO PARA MESA DE LIMNIGRAFO
VISTA LATERAL
Esc: 1:10



DETALLE "R"

		REPUBLICA DE VENEZUELA MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA	
EMPRESA SILCES LINARES		CASETA Y POZO DE CONCRETO PARA LIMNIGRAFO Plano de Construcción	
INGENIERO NORBERTO SAUSSON		FECHA: 1982 ESCALA: 1:10 - 1:30	
PROYECTO ING. CLAUDIO CASPARI		TOTAL HOJAS: 12 HOJA N°: 7	

