

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**INTEGRACIÓN DE CRITERIOS PARA DISEÑO DE INSTALACIONES
HIDROSANITARIAS EN SU RELACIÓN CON OTRAS ÁREAS EN
EDIFICIOS DE APARTAMENTOS**

Trabajo de Graduación presentado por

DANIEL JONATAN ARCHILA QUIROA.

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

GUATEMALA

2007

**INTEGRACIÓN DE CRITERIOS PARA DISEÑO DE
INSTALACIONES HIDROSANITARIAS EN SU
RELACIÓN CON OTRAS ÁREAS EN EDIFICIOS DE
APARTAMENTOS**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**INTEGRACIÓN DE CRITERIOS PARA DISEÑO DE INSTALACIONES
HIDROSANITARIAS EN SU RELACIÓN CON OTRAS ÁREAS EN
EDIFICIOS DE APARTAMENTOS**

Trabajo de Graduación presentado por

DANIEL JONATAN ARCHILA QUIROA.

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

GUATEMALA

2007

Vo.Bo. Asesor:

Ing. Rodolfo González Morasso

Tribunal Examinador:

Ing. Rodolfo González Morasso

Ing. Alejandro Maldonado Lutomirsky

Ing. Oscar Aguirre Roldán

Fecha de aprobación: Diciembre 2007

PREFACIO

La experiencia en el diseño y construcción de obras hidráulicas y sanitarias muestra la importancia de lograr unificar criterios de las diferentes especialidades a fin, de que el conjunto de la obra funcione según la planificación general. Es necesario, para alcanzar este objetivo, que exista un líder del grupo de trabajo que vele por la integración necesaria de las planificaciones individuales de cada especialidad. Es común que tal liderazgo no se dé, surgiendo la necesidad de que cada especialista según su experiencia tome su propia iniciativa para que hasta donde sea posible su diseño sea consistente con el resto de especialidades. He aquí en este trabajo un esfuerzo para esbozar los criterios mínimos que en el campo de las instalaciones hidráulicas y sanitarias debieran tomarse en cuenta para tal propósito.

Agradecimientos:

A DIOS:

Por su inmenso amor y misericordia.

A MIS PADRES:

Manuel Archila Paz.

Martha Quiroa de Archila.

A MIS HERMANOS:

Martha Archila Quiroa.

Manuel Archila Quiroa.

A LOS QUE COLABORARON EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO

Ing. Rodolfo González Morasso.

A LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Daniel Archila Quiroa.

CONTENIDO

PREFACIO.....	VI
CONTENIDO.....	VII
LISTADO DE FIGURAS	VIII
LISTADO DE TABLAS..	X
RESUMEN.....	XI
 <i>Capítulos</i>	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CRITERIOS DE TRABAJOS PRELIMINARES.....	2
3. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO ARQUITECTONICO.....	19
4. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO ESTRUCTURAL...	32
5. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO ELÉCTRICO Y MECÁNICO.....	38
6. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO.....	40
7. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO DEL EDIFICIO.....	55
8. CONCLUSIONES.....	70
9. BIBLIOGRAFÍA.....	71

LISTADO DE FIGURAS

- Figura No. 1: Levantamiento topográfico e investigación de servicios existentes.....	3
- Figura No. 2: Posicionamiento de pozo mecánico.....	5
- Figura No. 3: Ubicación de registros de colectores por medio de detectores de minar.....	6
- Figura No. 4: Ubicación de registros de colectores por medio de videocámara.....	7
- Figura No. 5: Recomendación para descarga de drenaje pluvial.....	10
- Figura No. 6: Aumento del caudal pico por aumento de la intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía.....	11
- Figura No. 7: Comparación entre hidrograma que recibe y el que entrega el depósito de almacenamiento.....	13
- Figura No. 8A: Depósito ubicado en sótano más superficial, descarga por gravedad.....	14
- Figura No. 8B: Depósito ubicado en sótano más bajo, descarga a través de bombeo.....	15
- Figura No. 9: Captación y conducción de agua subterránea en muros de sótano.....	18
- Figura No. 10: Sección que posiciona tanque elevado.....	22
- Figura No. 11: Ubicación de colectores de drenaje en sótano 1.....	24
- Figura No. 12: Sección que indica posición ideal de ductos de drenaje.....	26
- Figura No. 13: Planta con posicionamiento de ductos.....	27
- Figura No. 14: Alimentación de agua potable a artefactos desde piso y opción desde techo.....	29
- Figura No. 15: Posicionamiento de cisterna.....	33
- Figura No. 16: Obstáculo de viga al drenaje de inodoro....	35

- Figura No. 17: Obstáculo de viga al drenaje del lavamanos.....	37
- Figura No. 18: Prueba de bombeo a caudal constante.....	41
- Figura No. 19: Prueba de bombeo a caudal variable.....	42
- Figura No. 20: Fijación de ademe de pozo mecánico.....	44
- Figura No. 21: Etapa de construcción favorable para la colocación de tuberías que cruzan losas.....	46
- Figura No. 22: Colgador de tuberías.....	49
- Figura No. 23: Tipos de soportería.....	51
- Figura No. 24: Planta de tratamiento de lodos activados de aireación extendida.....	67

LISTADO DE TABLAS

Tabla No. 1: Equipo Eléctrico Hidráulico y Sanitario en Edificio de Apartamentos.....	38
Tabla No. 2: Espaciamiento de Soportería de Tuberías de Agua Potable.....	50
Tabla No. 3: Características de Tuberías SDR	54
Tabla No. 4: Características de Tuberías Cédula.....	54

RESUMEN

Este trabajo recopila criterios generales para alcanzar un diseño hidrosanitario integrado a las otras especialidades que participan en el concepción y construcción de un edificio. Aunque los criterios desarrollados están enfocados a los edificios de apartamentos, muchos de estos pueden aplicarse a otro tipo de construcciones. Inicialmente, se presentan operaciones preliminares que se deben llevar a cabo antes de ejecutar el diseño y construcción de las instalaciones hidrosanitarias, tales como los levantamientos topográficos, la investigación de servicios existentes, etc. En los capítulos sucesivos se desarrollan criterios clasificados según el área de diseño con el cual se relacionan: ***diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño eléctrico y mecánico***. En cada uno de estos se hace una síntesis de las complicaciones o interferencias que se está tratando de evitar, cuales son las prácticas comunes que se llevan a cabo en nuestro medio, y una descripción de las soluciones, plasmándose éstas en las correspondientes recomendaciones. Las técnicas y materiales utilizados durante la construcción del edificio también pueden afectar de forma significativa el desempeño de las instalaciones hidrosanitarias. Por esta razón en este documento se desarrolla un capítulo destinado a describir cuáles son los procedimientos constructivos recomendados para los distintos elementos que componen las mismas. Finalmente, se desarrolla un capítulo que resume criterios de diseño que afectan directamente la operación de elementos hidráulicos y sanitarios en el funcionamiento del edificio.

1. INTRODUCCIÓN

Un edificio guarda cierta semejanza con un organismo vivo, en tanto que está constituido por diferentes sistemas que en conjunto concurren a la obtención de un objetivo general. En los edificios de apartamentos dicho objetivo es proveer un espacio idóneo para satisfacer todas las necesidades de habitación propias de los seres humanos. Cualquiera persona se sorprende al ver la complejidad inmersa en todas las funciones de un ser vivo, cómo todas ellas se interrelacionan de una manera perfecta tal que una deficiencia mínima en cualquier órgano implica muchas veces el colapso total de todo el organismo. De igual manera, sólo que desde luego a una menor escala y complejidad, un edificio para cumplir con el propósito general mencionado requiere una correcta integración entre los diferentes sistemas que lo componen.

La concepción arquitectónica que le da sentido al funcionamiento del edificio, la estructura que le da resistencia y estabilidad, la energía eléctrica que le imprime dinámica, la conducción de agua fundamental para la vida de las personas, y el drenaje sanitario que evacua los desechos que higienizan los ambientes, deben guardar una lógica relación que permita con eficiencia económica el perfecto funcionamiento que cumpla el objetivo último de habitabilidad humana. El objetivo de este trabajo es desarrollar criterios que ayuden a alcanzar esta integración, desde el punto de vista del diseño hidrosanitario.

Para lograrlo se recurre como fuentes de información a profesionales con basta experiencia en los distintos campos tratados. También se consultan códigos y normas de uso común en nuestro medio, en particular el IPC 2003 (*International Plumbing Code*), así como documentación de empresas que comercian con productos especializados en las instalaciones hidráulicas y sanitarias.

Con propósitos didácticos, se hizo uso de abundantes esquemas y diagramas para explicar con mayor facilidad los criterios desarrollados.

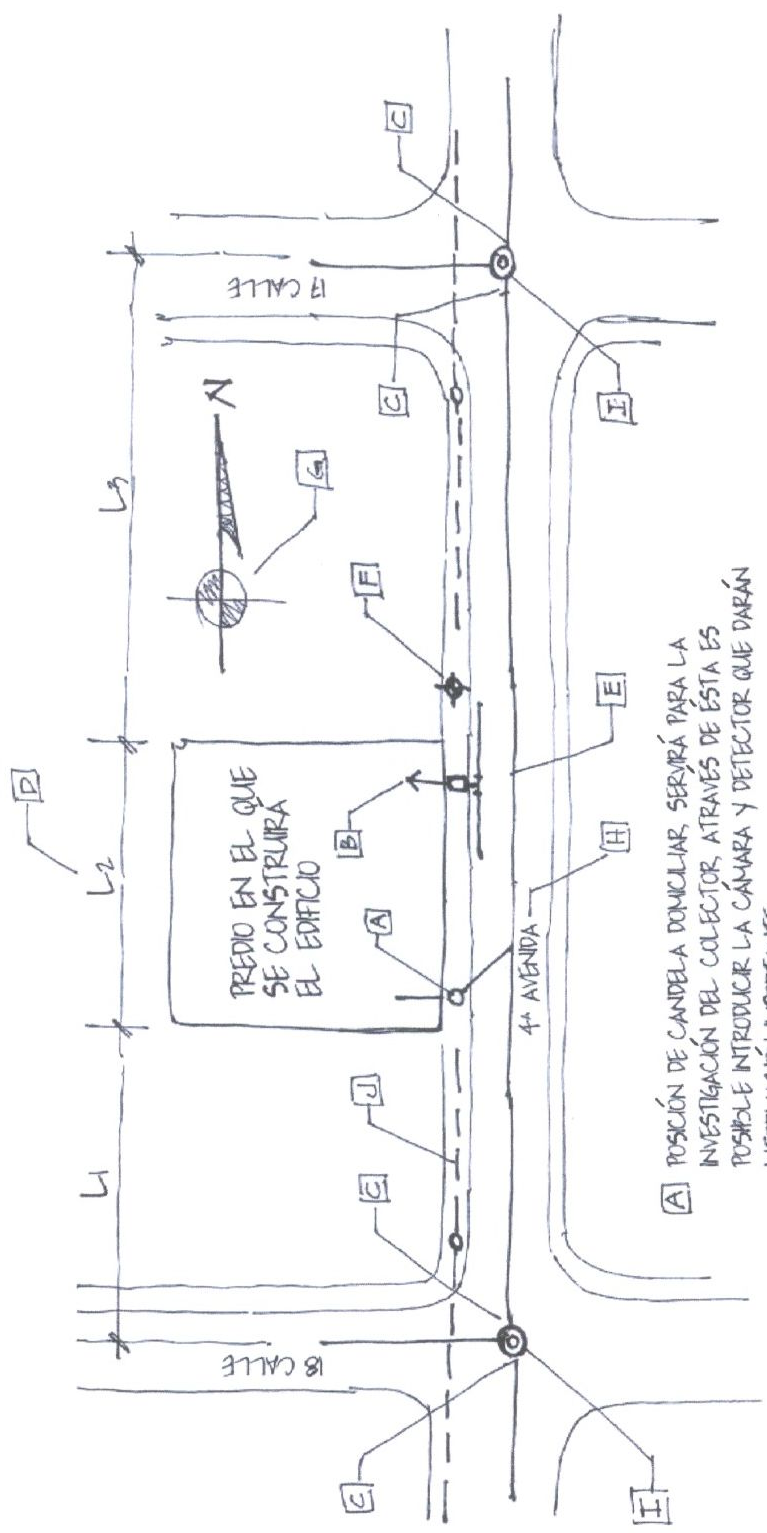
2. CRITERIOS DE TRABAJOS PRELIMINARES

2.1 Levantamiento topográfico

Antes de empezar el diseño de un edificio, es necesario llevar a cabo un levantamiento topográfico que determine las condiciones actuales del terreno, aportando información útil para las diversas especialidades involucradas. En lo que se refiere a las instalaciones hidráulicas y sanitarias, este levantamiento debe proporcionar posición y niveles de servicios municipales existentes, dentro de los que se debe incluir el colector de drenaje municipal, la acometida de agua potable municipal, líneas eléctricas aéreas, pozo de agua, etc. Toda la información debe estar relacionada con el banco de nivel general que servirá para determinar el nivel de piso de la edificación. Si no hay registros de drenaje próximos, pero hay tuberías que pasan en frente de la edificación, a partir de los datos de nivel y posicionamiento de los registros se puede hacer una interpolación lineal, suponiendo que los registros se conectan con tuberías que no tienen cambios de pendiente, obteniéndose de esta forma las cotas Invert deseadas. No basta con obtener información acerca de candelas domiciliarias que se encuentran en la acera de la calle, ya que no conviene que la descarga de aguas negras del edificio nuevo se conecte a estas candelas, debido a que el diámetro de la tubería que deriva de la candela existente estaba planeado para drenar la descarga de una o a lo sumo dos viviendas, mientras que el nuevo edificio incluye seguramente muchas unidades de vivienda. Para el drenaje de agua pluvial pudiera utilizarse la candela existente, ya que el caudal de dicha agua no será mayor, debido a que la misma área tributaria se cubre con el edificio. Sin embargo esto último no es recomendable debido a que no se conoce el estado físico de las tuberías existentes (aunque como se mencionará más adelante, el estado de las tuberías puede determinarse), ni tampoco se sabe si el diámetro fue diseñado correctamente para drenar el agua pluvial de la construcción anterior. En la figura No. 1 se complementa la información anterior, detallándose las características que debe reunir el levantamiento topográfico.

La importancia de contar con información topográfica completa y precisa radica en que generalmente como descarga de los drenajes se debe construir un túnel, y por razones de economía y diseño se debe procurar hacerlo lo más corto posible. La necesidad de hacer un túnel es evitar interferencias indeseables a nivel de calle que puedan provocar conflictos con vecinos los cuales se estarían dando al pretender hacer una instalación superficial cruzando calles y aceras. Por lo tanto, la utilización del túnel es una situación muy deseable.

La ubicación de las líneas eléctricas aéreas tiene importancia en cuanto a evitar interferencias con el pozo mecánico, que para propósitos de mantenimiento requiere tener en su proyección vertical todo el espacio aéreo sin obstáculos, llegándose eventualmente a la



- [A] POSICIÓN DE CANDELA DOMICILIAR SERVIRÁ PARA LA INVESTIGACIÓN DEL COLECTOR A TRAVÉS DE ÉSTA ES POSIBLE INTRODUCIR LA CÁMARA Y DETECTOR QUE DARÁN INFORMACIÓN IMPORTANTE.
- [B] ACOMETIDA DE AGUA POTABLE.
- [C] COTAS INVERT.
- [D] MEDIDAS QUE POSICIONAN EL PREDIO RESPECTO A POZOS DE VISITA, ÉSTO PERMITIRÁ INTERPOLAR LA COTA INVERT EXISTENTE FRENTE AL PREDIO.
- [E] DIÁMETRO DEL COLECTOR
- [F] BANCO DE NIVEL COMÚN CON NIVELES DE ARQUITECTURA.
- [G] NORTE.
- [H] DIRECCIÓN.
- [I] POSICIONAMIENTO DE POZOS DE VISITA.
- [J] CABLES DE CONDUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFÍA E INVESTIGACIÓN DE SERVICIOS EXISTENTES

necesidad de convertir la conducción eléctrica aérea en una conducción subterránea. Esto se puede observar en la figura No. 2.

2.2 Investigación de servicios existentes

Es común en la ciudad de Guatemala, que por recapeos que hace la municipalidad con el fin de mejorar las carpetas de rodadura, cubra las tapaderas de los registros de la red de drenajes, y en ese caso el levantamiento topográfico se torna complicado, más no imposible. Se han empleado procedimientos de ubicación de tapaderas de registros por medio de un "DETECTOR DE MINAS", el cual consiste en un sensor magnético que permite encontrar las tapaderas, detectando su refuerzo metálico si son de concreto, o el metal en sí de las tapaderas cuando son metálicas. Esos detectores tienen alcances en profundidad de hasta unos 30 cm., lo cual es propicio para ubicar cualquier tapadera en cualquier posición relativamente baja respecto a la rasante de calle obtenida después de los mencionados recapeos. Ver figura No. 3.

Otro procedimiento que en nuestro medio se ha desarrollado recientemente es el uso de videocámaras, de una manera similar a los procedimientos de endoscopia médica. Éstas se introducen en las tuberías a través de los registros visibles, que pudieran ser las candelas domiciliarias, las cuales son más fáciles de encontrar ya que se encuentran en las aceras. La videocámara va integrada a un cable que sirve de guía y de conducción de señal y electricidad, manteniéndose conectada con un monitor en el cual se observa todo el entorno del recorrido de la cámara. Cuando ésta encuentra un registro no le es posible continuar porque no alcanza la continuidad necesaria con la tubería del otro lado del registro, cayendo dentro de éste, no pudiendo continuar la investigación hacia delante. En este momento, por medio de un detector en la superficie que recibe una señal emitida por la videocámara, ésta se ubica en planta y en profundidad. Esta información certera permite hacer las demoliciones mínimas necesarias para encontrar los registros y tuberías buscadas. Este mismo sistema permite la inspección de tuberías para detectar obstrucciones del flujo. Muchas conducciones viejas son hechas a base de tubos cortos. Cada segmento de tubería tiene un ensanchamiento en uno de sus extremos en forma de campana, con el fin de recibir el extremo de la tubería subsiguiente. Es común que las raíces de árboles u otras plantas penetren a la conducción a través de estas uniones muchas veces rompiéndola, encontrando adentro la humedad necesaria para su crecimiento, y a través del tiempo, obstruyendo parcial o completamente el flujo. Con el equipo mencionado es posible inspeccionar el interior de las tuberías. Ver figura No. 4.

En relación al agua potable es importante investigar la existencia del servicio municipal, determinar su ubicación, diámetro y presiones prevalecientes. Esto independientemente de que

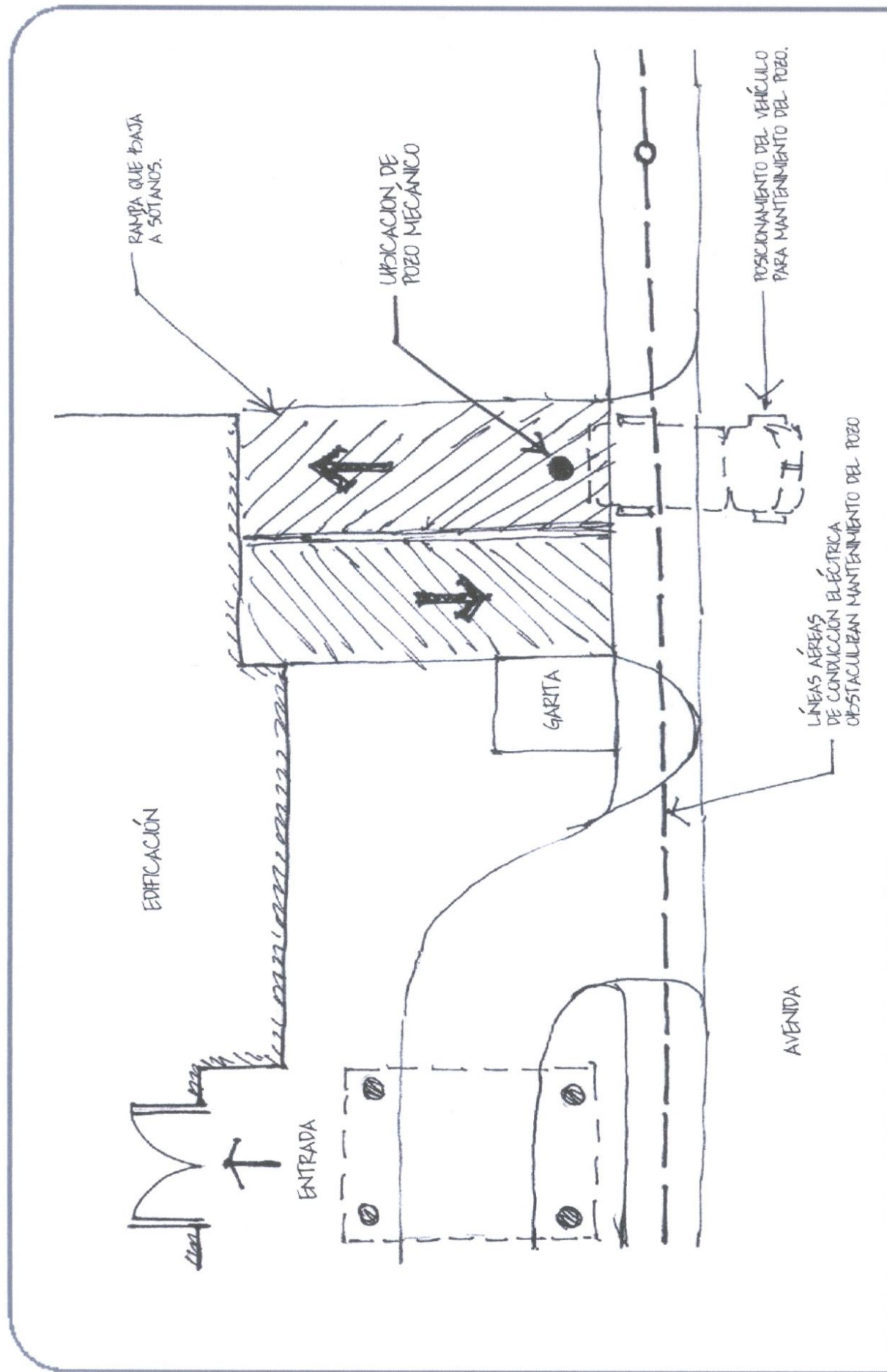
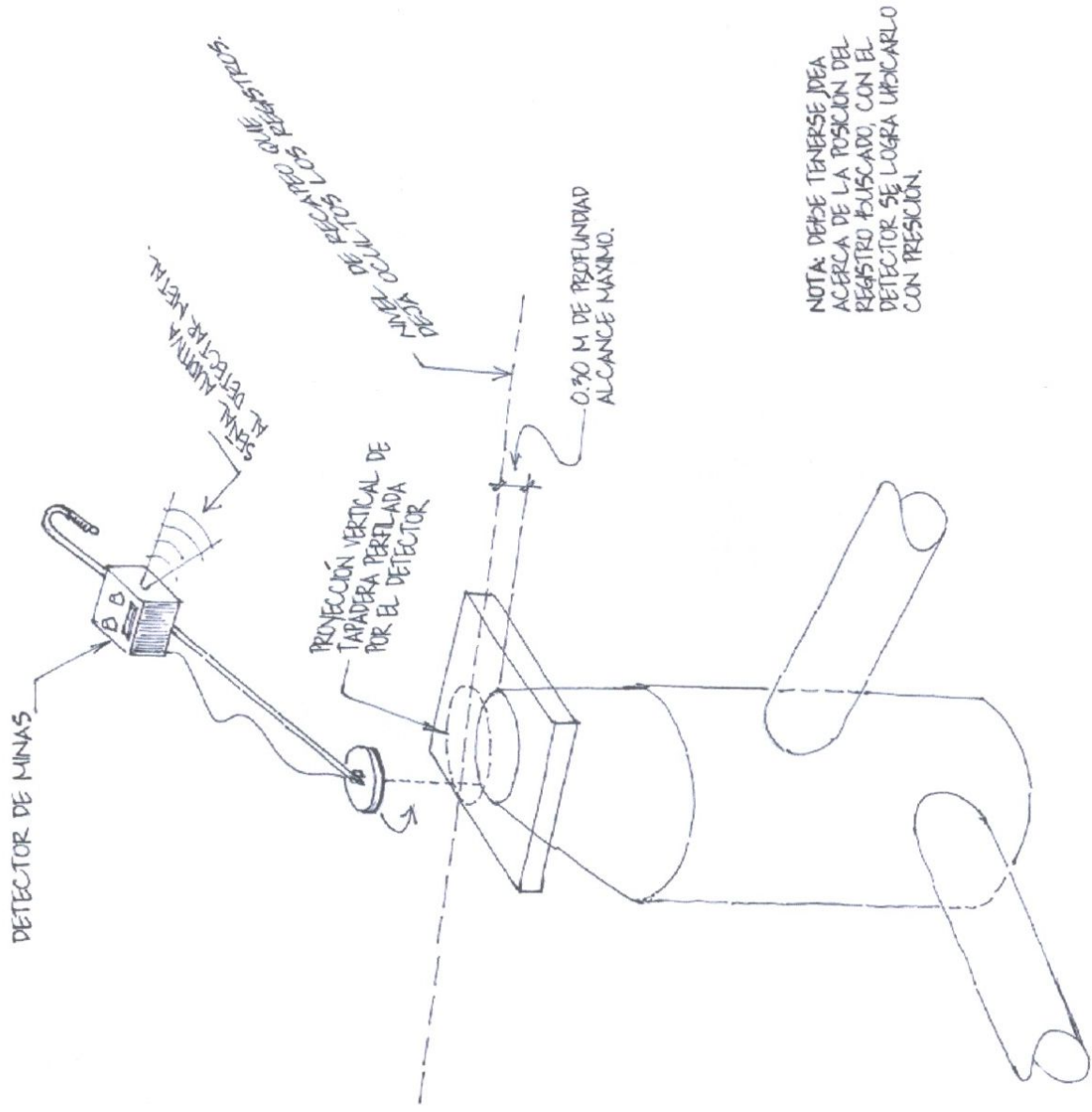
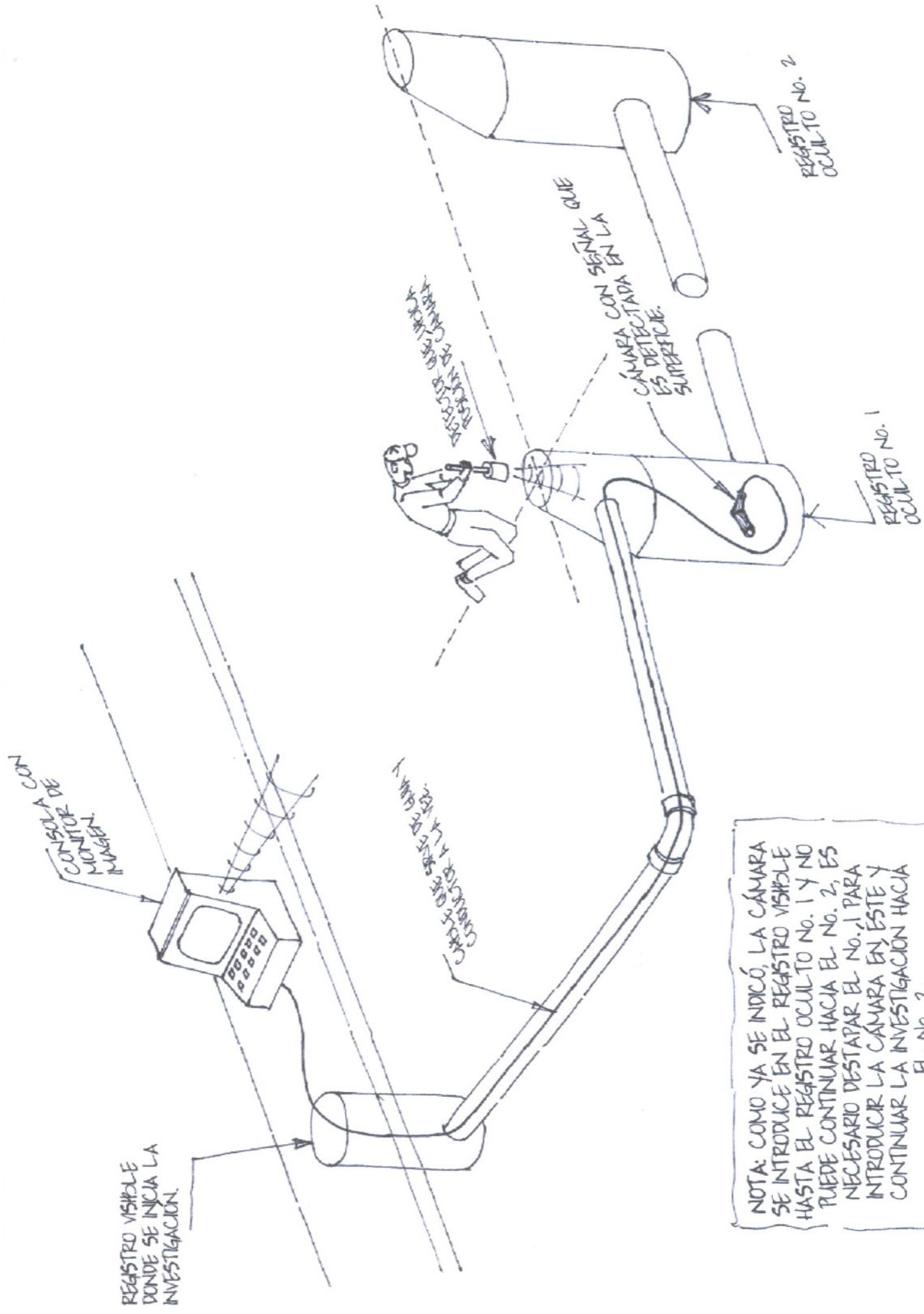


FIGURA No.
2

POSICIONAMIENTO DE POZO MECÁNICO



APLICACIÓN DE REGISTROS DE COLECTORES POR MEDIO DE "DETECTOR DE MINAS"



NOTA: COMO YA SE INDICÓ, LA CÁMARA SE INTRODUCE EN EL REGISTRO VISIBLE HASTA EL REGISTRO OCULTO NO. 1 Y NO PUEDE CONTINUAR HACIA EL NO. 2, ES NECESARIO DESTAPAR EL NO. 1 PARA INTRODUCIR LA CÁMARA EN ÉSTE Y CONTINUAR LA INVESTIGACION HACIA EL NO. 2.

"UBICACIÓN DE REGISTROS DE COLECTORES POR MEDIO DE VIDEOCÁMARA"

el proyecto en estudio considere la implementación de un pozo mecánico, ya que es beneficioso contar con dos fuentes de abastecimiento. Ver figura No. 1.

2.3 Opciones para descarga del drenaje pluvial y sanitario.

Los resultados de la investigación de los servicios existentes ofrecen la información necesaria para establecer la mejor opción de descarga final del drenaje del edificio, teniéndose generalmente las siguientes opciones:

2.3.1 *Descarga profunda.* En un edificio de varios niveles, que generalmente cuenta con sótanos destinados a estacionamientos, es común conducir el drenaje a nivel del sótano más bajo, armando una red horizontal en el piso de este sótano haciéndola converger en un registro interno, a partir del cual inicia la descarga dirigiéndose a través de un túnel hacia un pozo o un colector municipal existente a una profundidad tal, que permita la descarga por gravedad. Esta solución parece adecuada en virtud de que se está llegando a colectores que por el hecho de ser profundos, por lo general son de diámetros grandes que ofrecen alguna confianza en cuanto a su capacidad, pero la experiencia enseña que esta solución deja al proyecto con un alto riesgo de inundación, sea con el agua propia del edificio o aún con la proveniente del exterior, dándose esta situación en el momento que el colector municipal no acepte caudal adicional o más aún cuando esté trabajando a presión.

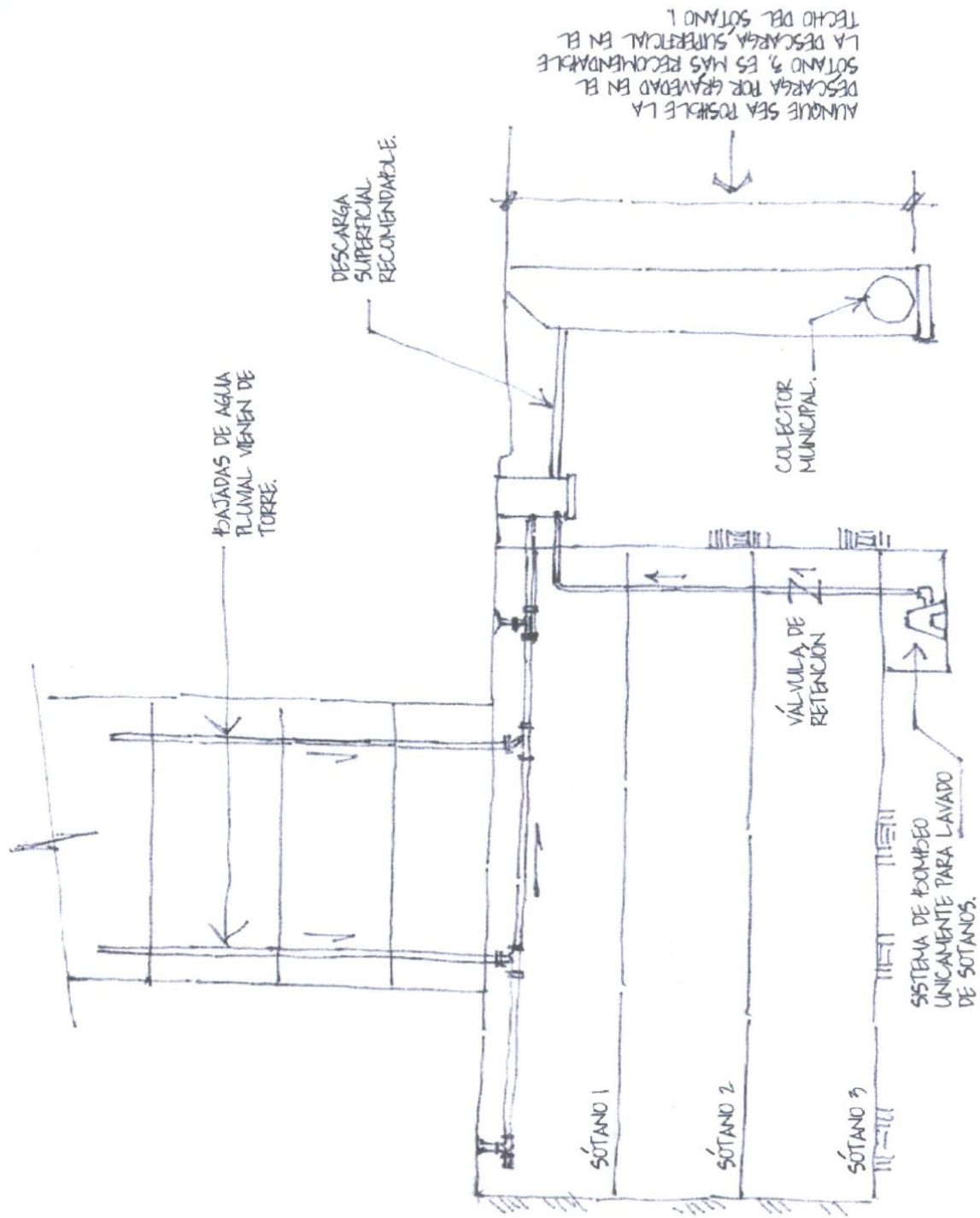
2.3.2 *Descarga superficial.* Esta opción consiste en conducir horizontalmente el drenaje pluvial y sanitario en el techo del sótano más superficial; De tal manera que se pueda hacer converger dicha red colectora horizontal en un pozo a nivel de calle o a nivel de estacionamientos exteriores, desde el cual se hace la conexión al colector municipal a nivel relativamente superficial, siempre con el criterio que se haga a través de un túnel para evitar las molestias a los vecinos ya mencionadas anteriormente. La ventaja que ofrece esta solución es que al momento de darse algún problema en el colector municipal, y que el flujo no se descargue como se esperaba y en su lugar se retrase y pretenda regresar hacia el edificio, no se generará una inundación en el sótano como sucedería con la descarga profunda, sino que esta agua tendría que elevar su nivel hasta la parte superior del pozo que estaría ubicado en la parte exterior del edificio. La tapadera del pozo puede dejarse con agujeros para que en caso de una inundación extrema que llene completamente de agua el pozo, ésta pueda fluir con libertad hacia el exterior del edificio, sin causar mayor complicación dentro del proyecto. Esta solución implica que el agua negra proveniente de baños en los sótanos y el agua utilizada para lavado de carros y sótanos tenga que bombearse hacia la red colectora ubicada en el sótano más superficial. Esto no sería mayor problema en virtud de que el volumen de agua generado por estos usos es relativamente pequeño. Además, recientemente la municipalidad exige la

provisión de una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual por razones estructurales es conveniente localizarla soportada sobre terreno firme, no sobre entresijos del edificio, como se explica en el capítulo 3. Esto implica que es obligado tener un sistema de bombeo del efluente de la planta de tratamiento, que puede ser compartido para evacuar el efluente generado por limpieza de sótanos. La descarga superficial se detalla en la figura no. 5.

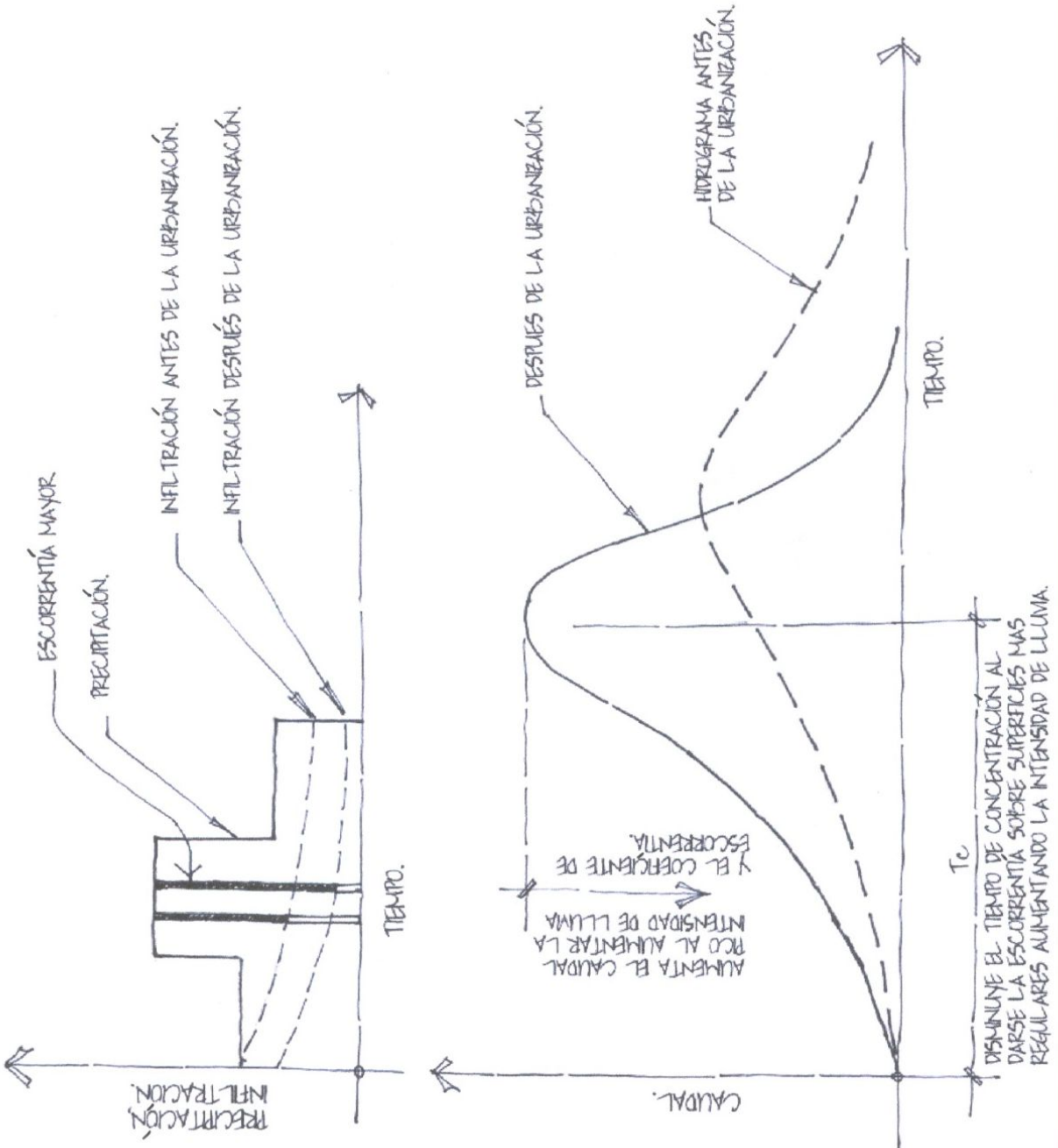
Como complemento a los métodos de investigación de campo mencionados, debe realizarse una investigación de gabinete en las dependencias municipales relacionados con el diseño y mantenimiento de los colectores, quienes seguramente aportarán información adicional útil.

2.4 Depósitos para almacenamiento de agua pluvial

Puede darse el caso que al hacer la investigación de gabinete en las dependencias municipales, se concluya en que no es posible ingerir la descarga de agua pluvial en sus colectores debido a que los mismos están al límite en su capacidad de drenaje. Esto se debe no sólo al hecho evidente que el clima en relación a la precipitación pluvial ha sufrido cambios tales que las lluvias han aumentado en frecuencia e intensidad, sino que además el crecimiento urbanístico ha impermeabilizado áreas de terreno natural, teniendo como consecuencia una escorrentía pluvial superior a las previsiones hechas en el diseño de los colectores. En el hietograma de la parte superior de la figura No. 6, se puede observar cómo la urbanización afecta la escorrentía: la infiltración disminuye debido a que las superficies que inicialmente eran naturales se convierten en áreas impermeables, y en consecuencia la escorrentía aumenta. También en la figura No. 6 se puede observar cómo el hidrograma cambia antes y después de la urbanización, no sólo por un aumento en la escorrentía sino por una mayor intensidad de lluvia debido a cambios climáticos. Esto provoca que muchos colectores diseñados inicialmente como canales, terminan funcionando como conductos a presión, no aceptando la incorporación de nuevos caudales. Es de hacer notar que esta situación no es exclusiva de nuestro país, se tiene conocimiento que aún países desarrollados han tenido que enfrentar una problemática similar, lo que ha estimulado el desarrollo de obras hidráulicas cuya función es mitigar los resultados del problema planteado al principio, entre la que se puede mencionar los depósitos de almacenamiento de agua pluvial.



RECOMENDACIÓN PARA DESCARGA DE DRENAJE PLUMAL.



AUMENTO DEL CAUDAL PICO POR AUMENTO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA Y EL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

FIGURA No. 6

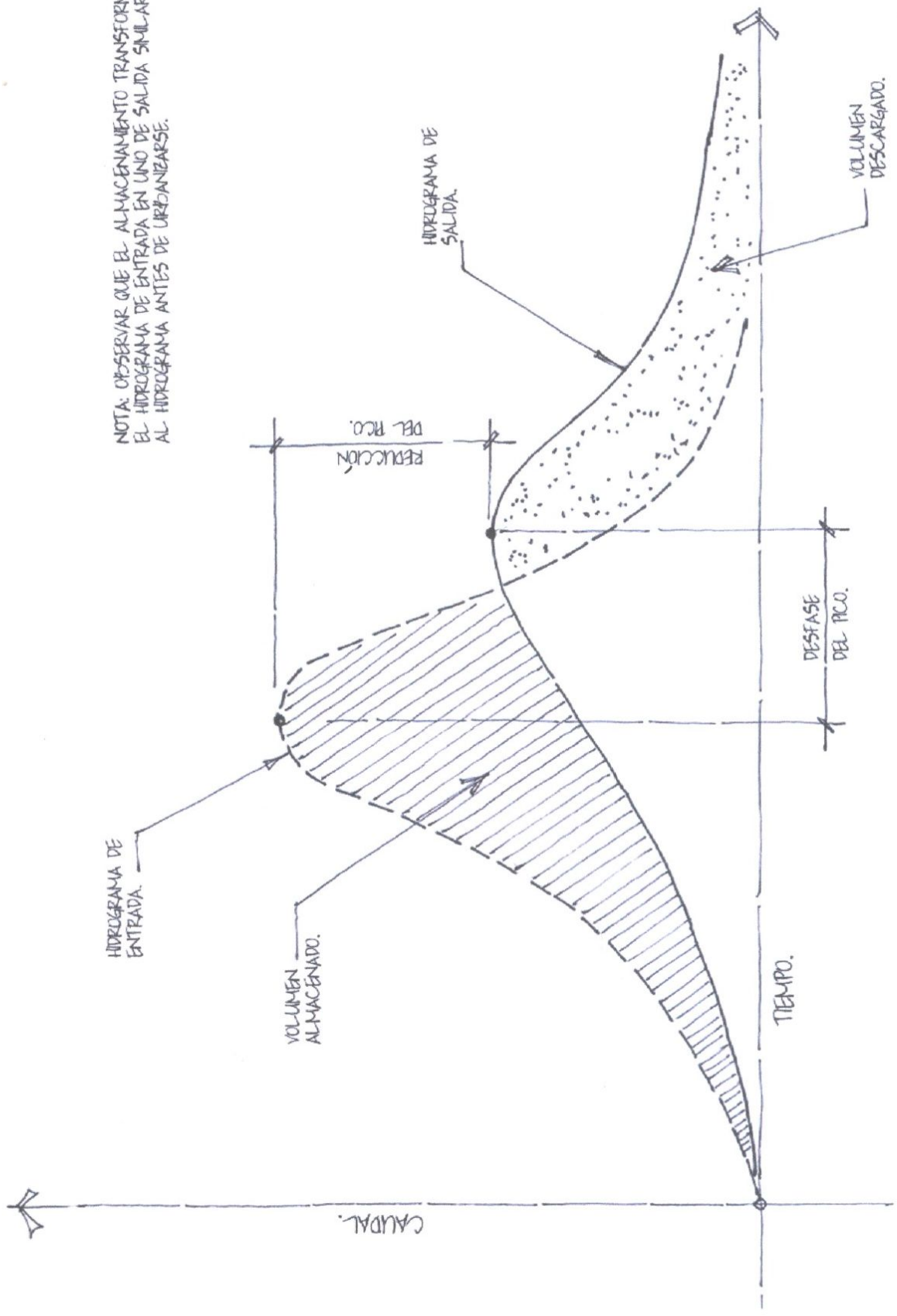
El concepto hidrológico aplicado en el diseño de los depósitos de almacenamiento consiste en transformar el hidrograma de la cuenca almacenando el agua de escorrentía, para obtener dos beneficios.

- Desfasar en el tiempo el pico del hidrograma.
- Aumentar el tiempo de concentración, equivalente a disminuir el caudal pico.

En la figura No. 7 se puede observar como se transforma el hidrograma mediante el uso de los depósitos de almacenamiento, logrando los beneficios ya antes mencionados. Es importante señalar que el hidrograma de salida transformado, es similar al hidrograma antes de la urbanización, el cual se muestra en la figura No. 6.

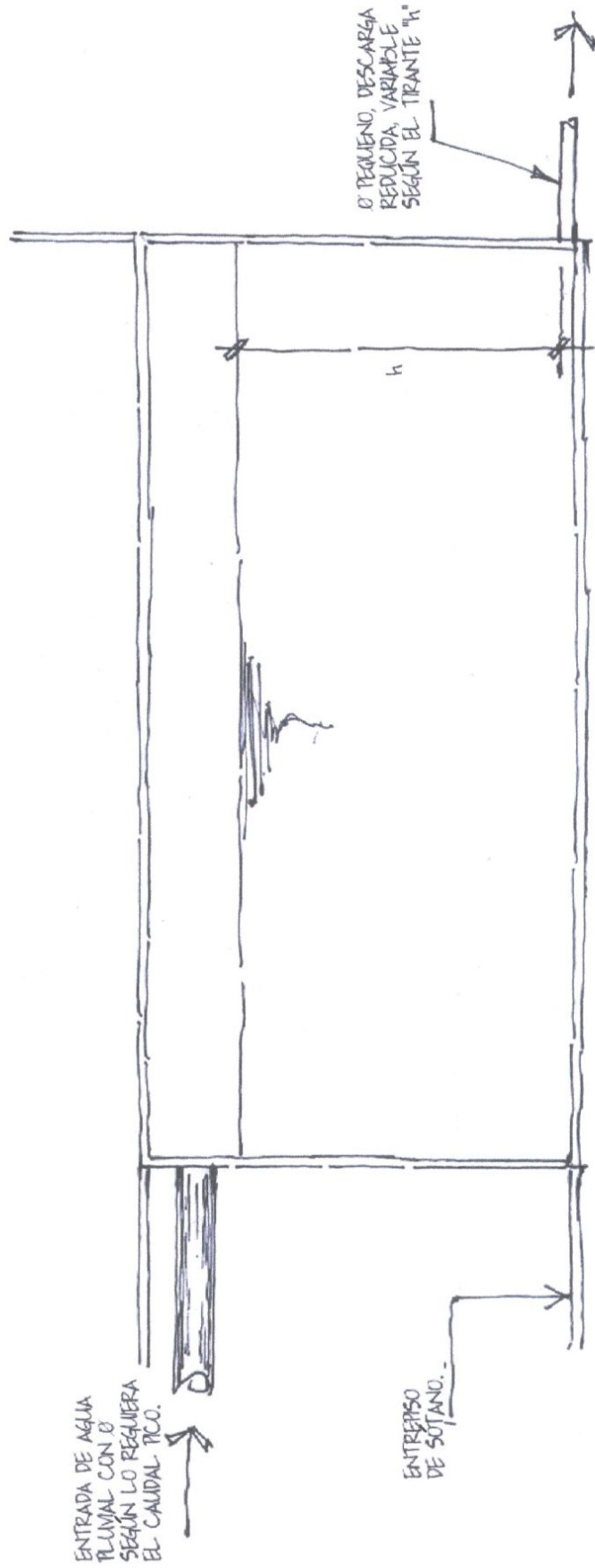
Al depósito de almacenamiento de agua pluvial debe entrar una tubería con un diámetro adecuado al caudal pico. El agua pluvial es retenida dentro del depósito y descargada al colector municipal ya sea por gravedad, con un diámetro pequeño que depende del tirante de agua almacenado, o por medio de bombeo, dependiendo si el depósito se encuentra en un sótano intermedio o en el sótano más bajo. Estas dos descargas se ilustran en las figura No. 8A y 8B. Con lo anterior se logra ingerir en el colector de capacidad limitada, la escorrentía pluvial que en otras condiciones sería imposible hacerlo.

De lo anteriormente expuesto es fácil observar la conveniencia de la utilización de estos depósitos de almacenamiento de agua pluvial, para reducir el impacto del agua pluvial captada en los edificios al ingresar al colector municipal. En la República de El Salvador, las autoridades municipales exigen la implementación de este tipo de obras en todos los proyectos urbanísticos. La aplicación de este tipo de obra en un proyecto de edificios de varios niveles que generalmente se emplazan en terreno de dimensiones reducidas, demanda ingenio y coordinación en el área de diseño estructural para encontrar la ubicación más eficiente en el sentido estructural, hidráulico y constructivo. Si se ubica en el sótano más superficial la descarga desde el tanque de almacenamiento puede hacerse por gravedad pero no es el mejor lugar desde el punto de vista estructural, por el contrario si se ubica en el sótano más bajo, se favorece la estructura pero se perjudica la parte hidráulica ya que la descarga tendría que realizarse a través de un equipo de bombeo, por lo tanto deben evaluarse todas las implicaciones a fin de tomar la mejor decisión.



NOTA: OBSERVAR QUE EL ALMACENAMIENTO TRANSFORMA EL HIDROGRAMA DE ENTRADA EN UNO DE SALIDA SIMILAR AL HIDROGRAMA ANTES DE URBANIZARSE.

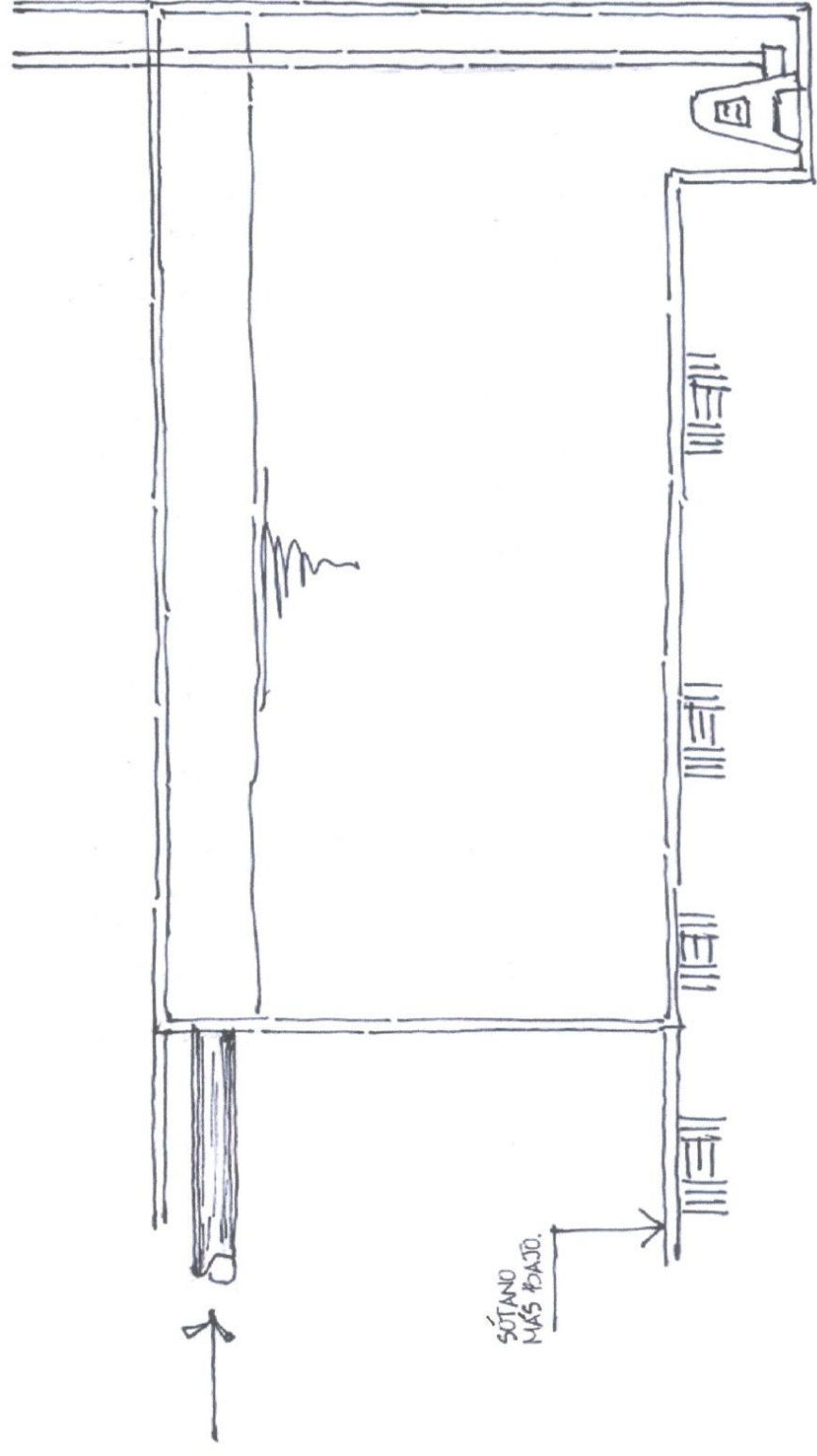
COMPARACIÓN ENTRE HIDROGRAMA QUE RECIBE Y EL QUE ENTREGA EL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO



DEPÓSITO UBICADO EN SÓTANO MÁS SUPERFICIAL
DESCARGA POR GRAVEDAD

FIGURA No.
8A

DESCARGA HACIA EL NIVEL DE CALLE.



BOMBA DESCARGANDO CAUDAL CONSTANTE CON ARRANQUE CUANDO EL AGUA ALCANZA SU NIVEL MÁS ALTO.

SÓTANO MÁS BAJO.

DEPÓSITO UBICADO EN SÓTANO MÁS BAJO
DESCARGA A TRAVÉS DE BOMBEO.

FIGURA No.
815

2.5 Drenaje del agua freática

Una investigación preliminar que se debe llevar a cabo antes de iniciar la construcción del edificio, consiste en determinar la profundidad del nivel freático del suelo. Cuando se tiene que este nivel es muy superficial, es recomendable tener control anticipado a fin de que se hagan las previsiones necesarias planificando y diseñando un sistema de captación superficial en las paredes de la excavación de un sótano. Ignorar esta situación puede impactar negativamente no solamente en el proceso constructivo sino también durante el funcionamiento del edificio. A continuación se describen los problemas causados por no evacuar adecuadamente el agua subterránea:

- La fluencia permanente de agua subterránea complica la excavación y construcción de los sótanos de los edificios.
- El agua subterránea puede ejercer una presión no considerada en el diseño de los sistemas de protección de la excavación, causando problemas estructurales.
- Cuando el edificio ya está en funcionamiento, la humedad generada dentro de los locales por el agua subterránea es incomoda para los usuarios.
- La presencia de hongos y manchas en las paredes de los sótanos provoca una apariencia desagradable.

Por lo tanto es importante que anticipadamente en la etapa de diseño, si se prevén manifestaciones de nivel freático superficial, coordinarse oportunamente con aquellos especialistas que puedan aportar información adecuada al ingeniero de instalaciones hidráulicas y sanitarias a fin de que se diseñe correctamente dicho sistema de captación y evacuación. Específicamente, es necesario que un hidrogeólogo proporcione un valor de caudal por unidad de área, cuyas unidades son generalmente en litros por metro cuadrado por día, lo cual permita estimar la conducción del agua subterránea total hacia un punto de evacuación.

Un sistema de drenaje eficiente y estable es necesario que esté compuesto por un medio filtrante y otro drenante. El geodren es un compuesto que combina dos geosintéticos: geotextiles y geo-red. El geotextil desempeña la función de filtración, la cual consiste en retener el suelo permitiendo el paso del agua. El geo-red es un elemento sintético, encargado de captar y conducir el agua que pasa a través de un filtro. Cuando se le coloca un tubo de drenaje para evacuar los fluidos captados se le denomina geodren con tubo. Para lograr un buen diseño de un sistema de drenaje usando geodren, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

- Establecer el sitio o los sitios más convenientes en donde se requieran captar los fluidos.
- Estimar el caudal crítico para un tramo de diseño, el cual es la sumatoria de los caudales de aporte que provienen del agua subterránea e infiltrada superficialmente.
- Establecer el geotextil a usar en el sistema de filtración. El uso de los geotextiles ha venido desplazando los sistemas tradicionales de filtración, debido principalmente al aumento de la vida útil del sistema de drenaje, facilidad de instalación y reducción de los costos totales de la construcción. Adicionalmente los geotextiles son materiales de alta calidad que se fabrican siguiendo unos procesos normalizados, con el fin de lograr unas resistencias mecánicas y propiedades hidráulicas establecidas según normas internacionales.
- Establecer el número de geo-redes necesarias que sean capaces de conducir el caudal de diseño.
- Establecer el sistema de evacuación de los líquidos que capta el geodren. Es necesario que este sistema sea un tubo especial para drenaje.

Estos geodren pueden combinarse también con tuberías incrustadas dentro de la masa de tierra con un ángulo favorable para que drenen. Estas tuberías deben de estar perforadas para permitir la perforación de agua subterránea y envueltas en un geotextil no tejido, para que no penetren los finos de la tierra. Estos tubos que están incrustados en la tierra perpendicularmente a la cara que se pretende proteger, deben tener un ángulo adecuado para que por gravedad drenen esta agua captada, y los mismos se estarían uniendo cerca de la superficie de la excavación con un tubo común vertical el cual conduciría al igual que el geodren dicha agua captada hacia puntos donde se puede conducir a lugares deseables. Las tuberías de PVC son muy recomendadas para utilizarlas en esta protección, debido a que es muy fácil de perforar, su poco peso, y además es un material inerte a corrosión. En el diagrama de la figura no. 9 se observa el uso del geodren combinado con tuberías perforadas.

Si se determina con base a los estudios hidrogeológicos que la presencia del agua en la excavación responde a un acuífero confinado el cual no posee un aporte permanente de agua de su periferia, o si su aporte es mínimo porque está rodeado de material impermeable, entonces se tiene una condición favorable en virtud de que este acuífero confinado que puede considerarse como una bolsa de almacenamiento de agua, puede ser agotada fácilmente. Esto debiera ser considerado en el diseño solamente si hay certeza en cuanto a que el tipo de acuífero encontrado responde a lo descrito. Si hay dudas al respecto es preferible proceder a hacer un diseño estimando que el flujo de agua subterráneo va a ser permanente.

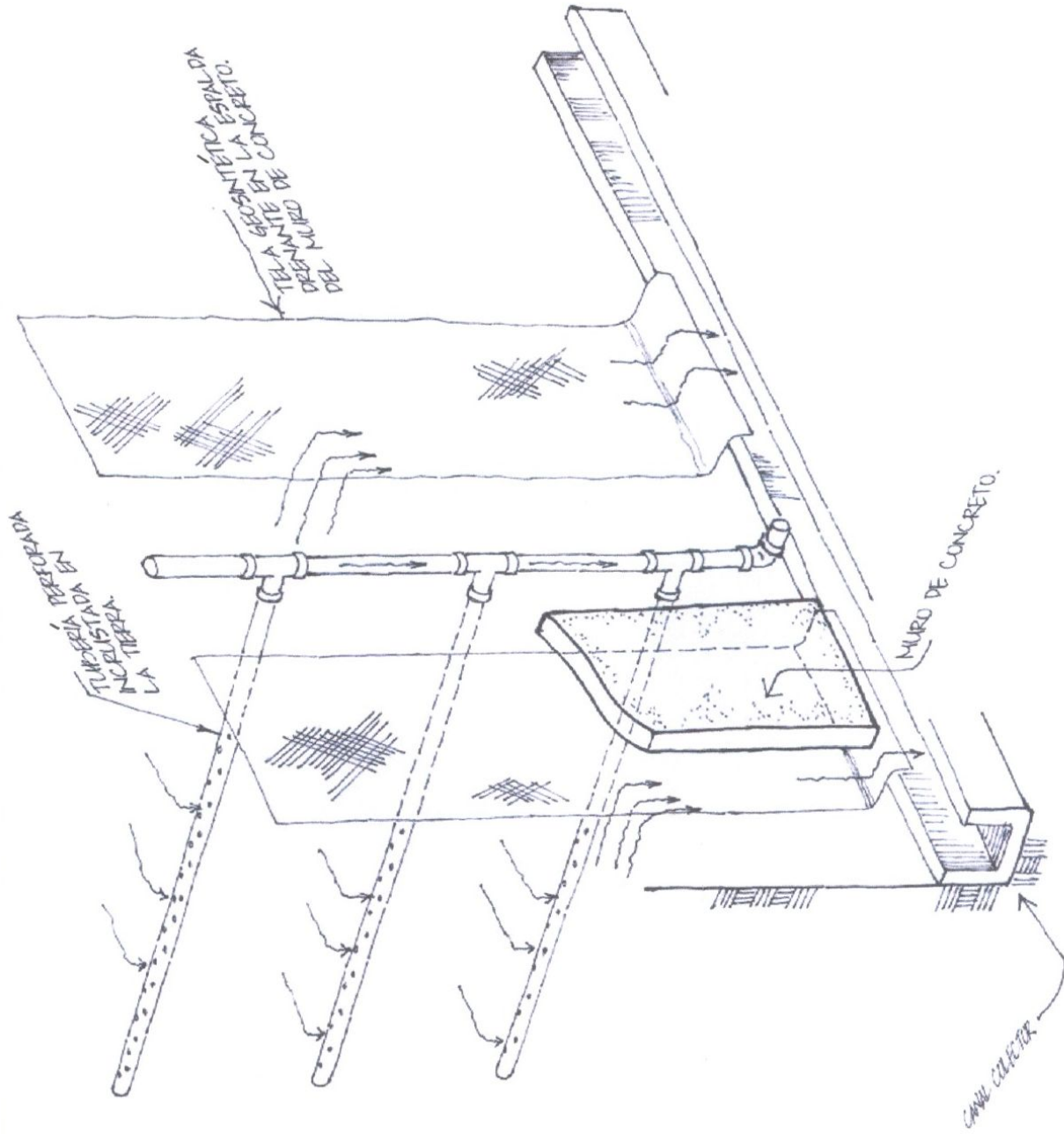


FIGURA No. 9

CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MUROS DE SÓTANO

3. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

3.1 Ubicación del pozo mecánico, tanque cisterna, tanque elevado y planta de tratamiento de agua negra.

Las instalaciones hidráulicas y sanitarias comprenden componentes básicos que deben ser posicionados de acorde a diversos criterios relacionados tanto con la estructura como la arquitectura del edificio. Estos criterios no sólo buscan que las instalaciones trabajen de una forma adecuada, sino que también no afecten de forma significativa el costo, la apariencia, y el funcionamiento en general del edificio. A continuación se presentan algunos de estos criterios relacionados con el pozo mecánico, el tanque cisterna enterrado, el tanque de agua potable elevado y la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.1.1 *Ubicación del pozo mecánico.* Cuando un edificio no tiene acceso a un servicio municipal o éste es insuficiente en cuanto a caudal o presión, se debe contar con una fuente privada que supla tal deficiencia. Esta fuente, en las ciudades son conocidas como "pozos mecánicos", los cuales son perforados con máquina y dotados de una bomba del tipo sumergible. La ejecución de este trabajo es de las primeras actividades en la construcción de cualquier proyecto que lo requiera, antes del diseño hidráulico y antes del movimiento de tierras. Para el posicionamiento de este pozo mecánico dentro del edificio, existen tanto criterios de orden legal como de orden técnico. Los de orden legal estipulan que un pozo no debe estar a menos de 50 metros respecto al límite de la propiedad. En el tipo de proyectos típicos que se promueven en la Ciudad Capital es difícil cumplir con este requerimiento en virtud que los terrenos en los cuales se emplazan las edificaciones son relativamente pequeños, por lo cual en cualquier lugar que se ubique el pozo no cumple con esta prescripción legal. Por lo tanto, en la práctica frecuentemente no se cumple con este requerimiento. Entre los criterios de orden técnico se puede mencionar los siguientes:

- El lugar debe ser accesible para un vehículo medianamente pesado, a fin de poder darle el mantenimiento obligado. Un lugar que cumple con este requerimiento son las rampas de acceso a los sótanos de las edificaciones, procurando posicionar el pozo hacia un lado de la rampa para dejar una vía libre en la parte más cercana a la calle de dicha rampa.

- Debe procurarse ubicar el pozo cercano al tanque cisterna que le corresponde llenar.
- Debe buscarse proximidad a los tableros eléctricos de los cuales recibe alimentación eléctrica.
- El espacio inmediato encima del pozo debe estar totalmente sin obstáculos (losas, vigas, pérgolas, cables de servicio eléctrico y telefónico, etc.) de tal manera que no obstaculice la extracción del equipo de bombeo, el cual requiere por lo menos cerca de 10 metros libres hacia arriba.
- Su posición debe ser tal que no interfiera con plazas de estacionamiento al cruzar verticalmente los sótanos

En el capítulo 6 se describen criterios relacionados con la construcción del pozo mecánico.

3.1.2 *Ubicación del tanque cisterna.* Cuando el edificio cuenta con un pozo mecánico como fuente de abastecimiento, el agua se extrae del subsuelo por medio de una bomba sumergible y se conduce por medio de la tubería hasta un tanque cisterna generalmente ubicado en el sótano más bajo del edificio. El tanque puede estar ya sea enterrado, semienterrado, o totalmente encima del piso del último sótano. Una de las ventajas de enterrar el tanque cisterna es que no roba espacio útil en los sótanos, siendo esta más que una ventaja estructural, un requerimiento arquitectónico.

3.1.3 *Ubicación del tanque elevado.* El diseño hidráulico deseable es utilizar lo menos posible el bombeo para la distribución del servicio del agua potable. Bajo esa perspectiva, tener un tanque elevado es una necesidad indispensable cuando se trata de edificios altos. Con el tanque elevado, es posible alimentar por gravedad aquellos apartamentos que estén por lo menos 14 metros debajo de éste, con una presión mínima deseable de 20 PSI. Los apartamentos más altos se alimentan con un sistema hidroneumático. Por ejemplo, si se tiene un edificio de 20 niveles, teniendo cada nivel una altura de 3.5 m, el tanque elevado podrá alimentar los primeros 15 niveles. Para los últimos cinco niveles la altura no es suficiente para tener una presión adecuada. Desde el punto de vista hidráulico el tanque elevado, tal como su nombre lo sugiere deberá colocarse lo más alto posible, y al mismo tiempo, lo más cercano posible al ducto que conducirá la tubería que lo alimenta y las tuberías que derivan de él para alimentar los diferentes puntos de consumo. Generalmente, un lugar que cumple con las exigencias anteriores es el núcleo de ascensores y escaleras, especialmente cuando se ha

estructurado el edificio de tal forma que este núcleo está rodeado por muros estructurales llamados muros de corte. Esto se ilustra en la figura No. 10.

3.1.4 *Ubicación de la planta de tratamiento.* Para ubicar la planta de tratamientos de aguas residuales debe considerarse que a cada cierto tiempo se requiere evacuar los lodos. Esto es posible hacerlo por medio de bombeo, pero la posición debe considerar la existencia de un ducto vertical a través del cual se conduzca la tubería que se utilizará para dicho bombeo; además debe pensarse que en esta actividad será necesario estacionar a nivel de calle un vehículo que será el receptor de estos lodos. También al ubicar la planta de tratamiento debe pensarse en la necesidad de proveer un ducto vertical que admita y evacue aire desde y hacia el exterior de los sótanos.

Además de los criterios arquitectónicos aquí mencionados, es importante tomar en cuenta criterios estructurales que se desarrollan en el capítulo 4 de este documento.

3.2 Determinación de alturas mínimas para una correcta movilización de tuberías.

Uno de los aspectos más importantes que exigen una coordinación entre el ingeniero hidrosanitario y el arquitecto, es la determinación de las alturas mínimas necesarias para la movilización de tuberías de drenajes, las cuales a diferencia de las tuberías de agua potable que trabajan a presión, requieren de una pendiente mínima para trabajar por gravedad. Esto sumado al hecho de que las tuberías de drenaje requieren de diámetros relativamente grandes. Para evitar los inconvenientes que puedan causar una altura insatisfactoria de piso a techo, se deben tomar ciertos criterios tanto para la red colectora en los sótanos, como para las tuberías de drenaje en niveles superiores, los cuales se mencionan a continuación:

3.2.1 *Altura mínima para movilización de red colectora en sótanos.* Cuando en los sótanos se tienen tramos muy largos de tuberías, estos pueden llegar a interferir con los pasos de los vehículos. Este es un aspecto que muchas veces no se toma con seriedad, hasta que la construcción ha avanzado a tal punto que el problema es evidente. En el mejor de los casos, esto puede corregirse a costa de retrasos y costos adicionales, sin embargo a veces la situación no es posible remediarla dejando el paso restringido a vehículos de poca altura.

De la altura de piso a techo disponible para el paso de los vehículos no se debe tomar en cuenta la altura de las vigas, ya que las tuberías no pueden atravesarlas y deben pasar por debajo de ellas. También se debe descontar el diámetro de las tuberías y el cambio en altura que estas necesitan para trabajar por gravedad, la cual dependerá de la pendiente y su largo total. Se debe tener un especial cuidado en la pendiente mínima de la tubería, ya que se ha

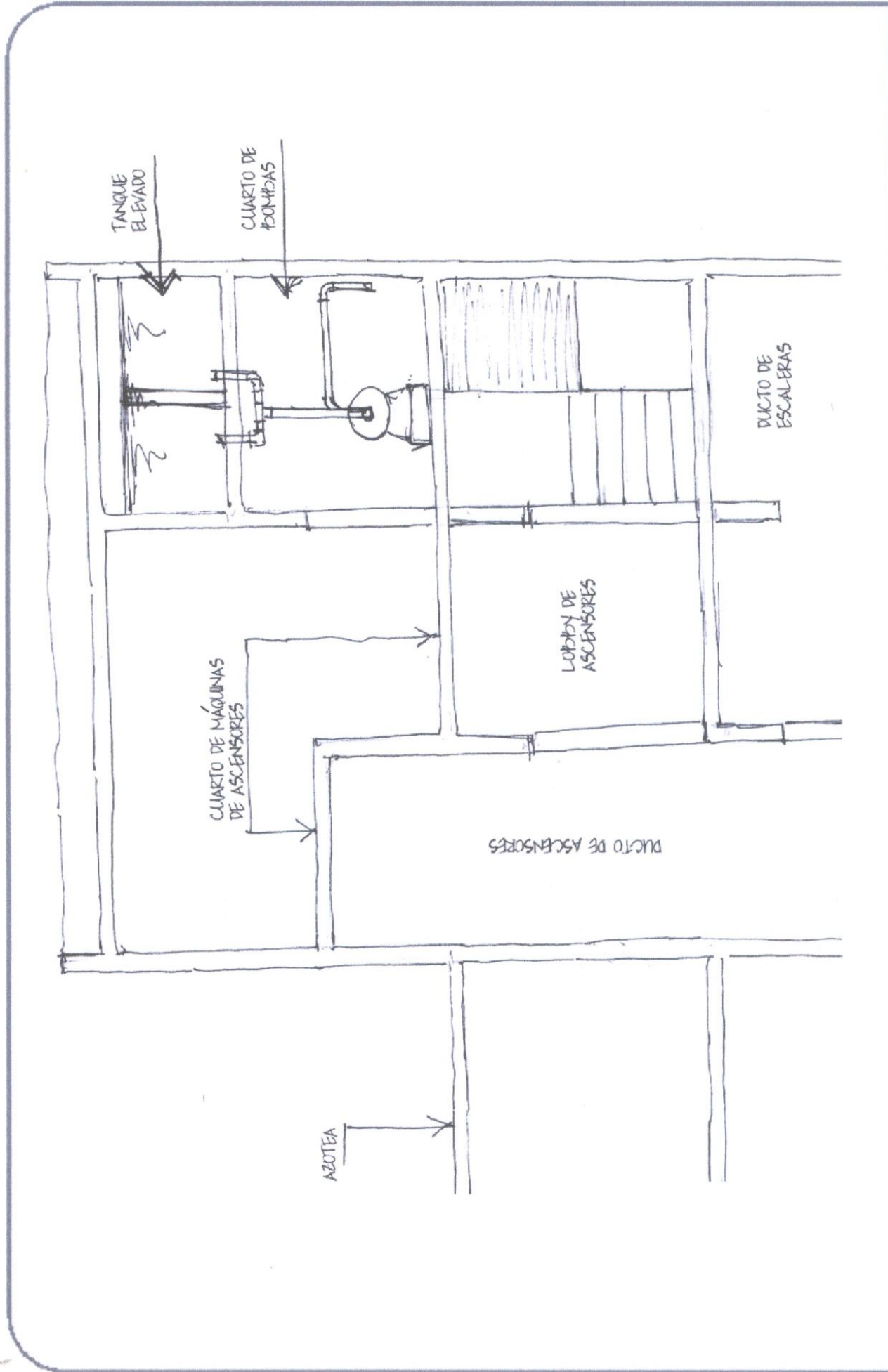


FIGURA No.
10

SECCIÓN QUE POSICIONA TANQUE ELEVADO

detectado que un mal control en las tuberías de drenaje provocan problemas de asolvamientos y taponamientos. Se ha llegado el caso de tuberías que han quedado en contra pendiente. Esto es una situación totalmente indeseable.

Descontando estas alturas, se debe tener al menos 2.40 m para el paso de vehículos en los puntos más críticos. Hay que tener en cuenta que mientras más grandes sean las luces de las vigas, estas tendrán mayor peralte y por lo tanto se necesitará mayor altura de piso a techo.

Existe la posibilidad, que por dejar una altura mínima en algún punto crítico, se deje una altura exagerada en todo el área que encarezca los costos del edificio. Por lo tanto, en la medida de lo posible, se deben evitar que las tuberías pasen por esos puntos críticos. Conviene que los colectores horizontales que reciben todos los drenajes que vienen de los niveles superiores, se desplacen en los laterales del sótano, ya que en estos lugares adosados a los muros, no importa que su altura descienda a niveles próximos al piso ya que ahí no interfieren en ninguna forma con los vehículos. Lo anterior se ilustra en la figura No. 11. Por esta manera es preferible tener ductos en el perímetro del edificio, sin embargo esto no siempre es posible. Lo que se requiere hacer es desplazar las tuberías que doblan horizontalmente en el pie de cada ducto lo más inmediato posible a los laterales de los sótanos a fin de converger con el colector perimetral.

3.2.2 Altura mínima para movilización de tuberías en niveles superiores. Cuando se tienen restricciones de altura en los niveles superiores, se puede disponer de ductos suficientes y próximos a las áreas de instalaciones. Una condición ideal sería que las tuberías de drenaje no necesiten cruzarse fuera de los espacios delimitados por los módulos de vigas, esto lo que permite es disponer no sólo de un espacio existente entre la parte inferior de las vigas y la parte superior del cielo falso, sino que se dispone de todo el espacio existente entre la parte superior del cielo falso y el espacio inferior de la losa, lo cual es considerablemente mayor, tal como se observa en la figura No. 12.

3.3 Posicionamiento de ductos

Como se mencionó en el inciso anterior, es preferible que los ductos para conducciones de drenaje estén cercanos a los sanitarios que sirven, logrando así una menor interferencia con los elementos estructurales. Adicionalmente, es recomendable procurar que dichos ductos se encuentren adosados a elementos estructurales tales como las columnas, en virtud de que si se dejan en cualquier espacio de la edificación, por diversas razones la edificación puede sufrir modificaciones de arquitectura que terminan teniendo conflicto con las posiciones de los ductos

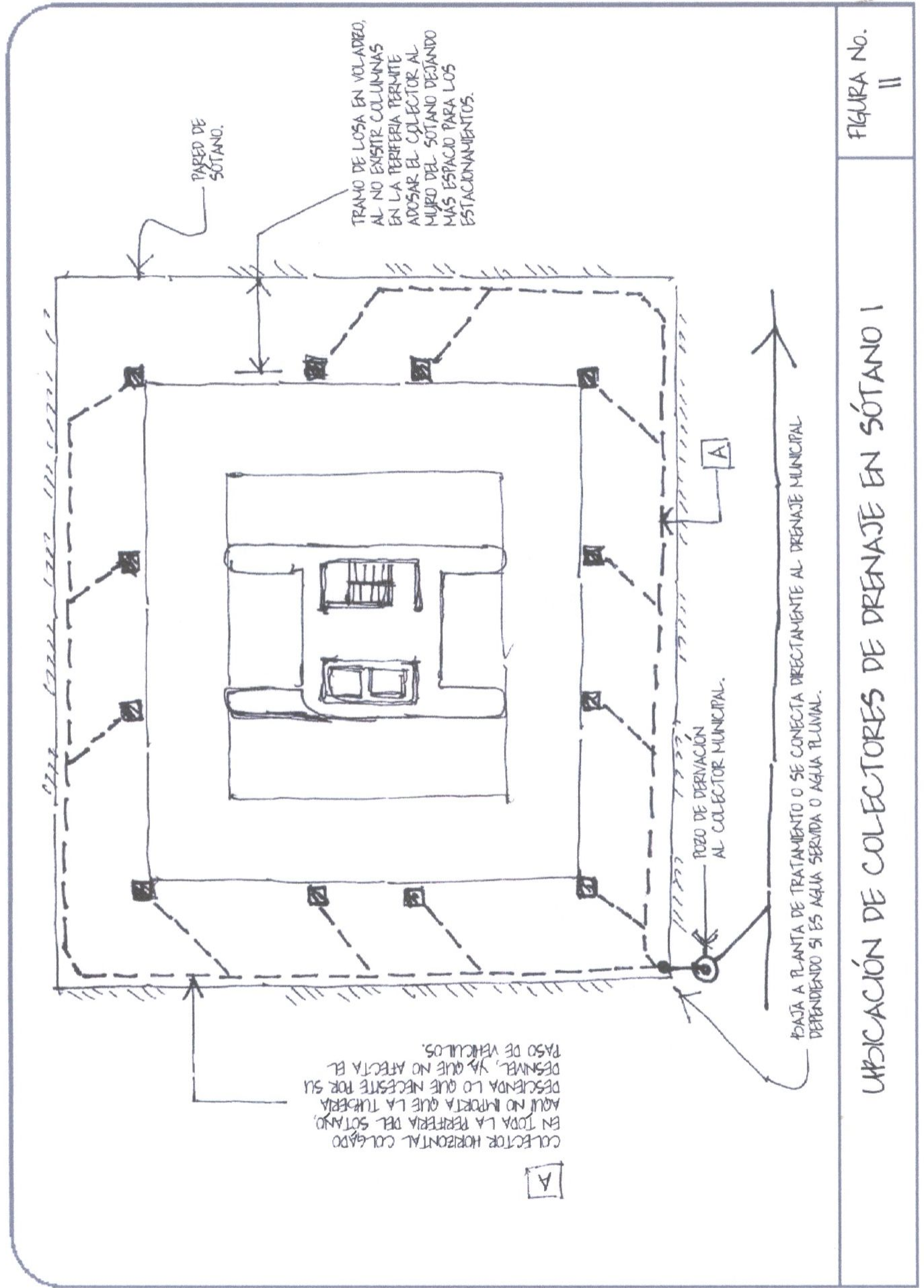


FIGURA No. II

UBICACIÓN DE COLECTORES DE DRENAJE EN SÓTANO I

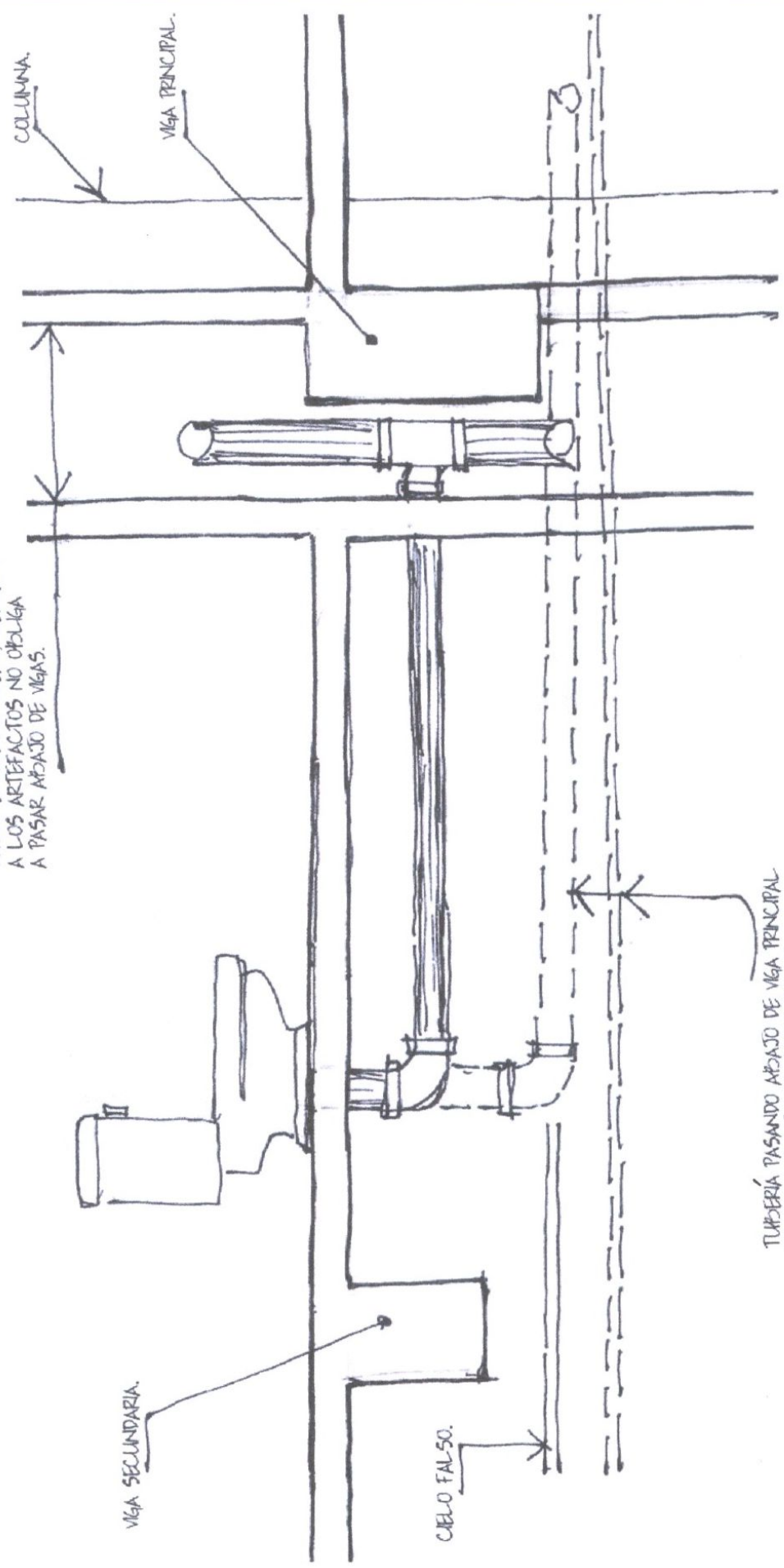
originalmente diseñados, llegando a solicitar por parte del arquitecto, desviar las tuberías a las nuevas posiciones de los ductos a fin de cumplir con el diseño propuesto. Esta situación no se daría si los ductos estuvieran adosados a la columnas, ya que estos son elementos son inamovibles. En el caso de los ductos para tuberías de agua potable, estos deben estar ubicados tal que el personal de mantenimiento tenga acceso desde el área común para accionar las válvulas de cierre ubicados dentro de dicho ducto. Los criterios mencionados se ilustran en la figura No. 13.

3.4 Alimentación de agua potable a artefactos desde piso o desde techo

La alimentación de agua potable a los diferentes artefactos se puede hacer tanto desde el cielo falso, como por debajo de la losa de piso del apartamento servido. La ventaja de alimentar el apartamento desde el cielo falso es que se evita el problema de estar perforando la losa además de las posibles interferencias con vigas que se puedan encontrar. Sin embargo, también presentan numerosas desventajas:

- En primer lugar, es necesario utilizar más tubería para la instalación que cuando se alimenta desde el piso, lo cual implica un mayor gasto en material como en mano de obra.
- En el caso de las mezcladoras de arquetas y duchas, la alimentación se complica ya que es necesario agregar codos debido a que sus entradas generalmente están por debajo o en el mejor de los casos, en los laterales.
- En el caso de muros de mampostería con tuberías bajando del cielo falso, la forma más práctica que se tiene para colocar los tubos es rompiendo posteriormente la pared, con el inconveniente que con esta rotura se cortan soleras intermedias de dichos muros. Adicionalmente pueden surgir problemas de agrietamiento en el resanado. Este inconveniente se elimina al tratarse de paredes tipo tablayeso.
- En el caso de cocina, cuyos lavatrastos están frente a ventanas que cubren todo el ancho del ambiente, no hay forma directa de alimentar el artefacto.
- El inconveniente más importante es la alta probabilidad que el usuario de la vivienda pretendiendo colgar de la pared accesorios decorativos, perfore las tuberías causando una inundación.

DUCTO EN POSICIÓN IDEAL, CERCANO A LOS ARTEFACTOS NO OBLIGA A PASAR ABAJO DE VIGAS.



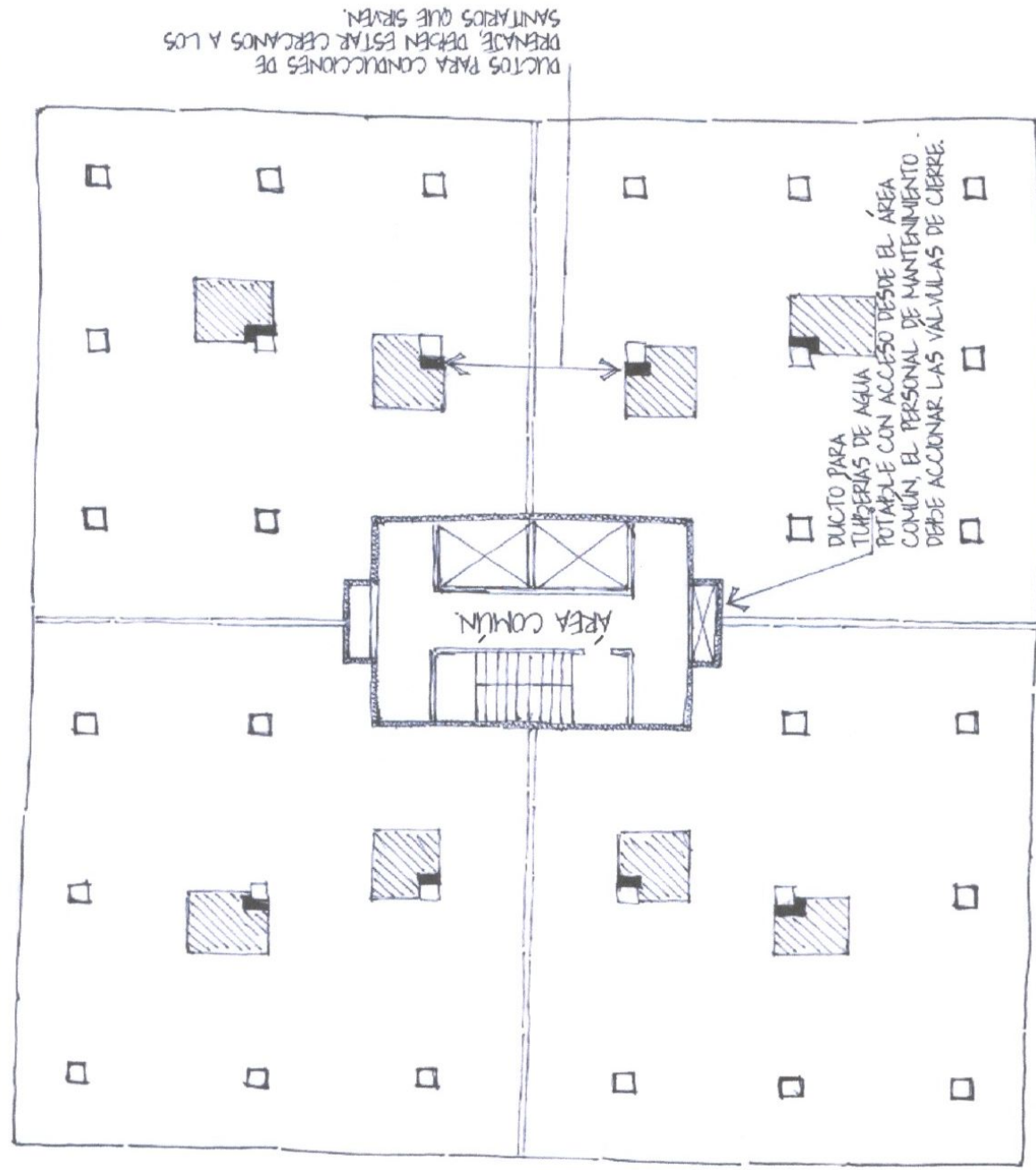
VIGA SECUNDARIA.

CIELO FALSO.

TUBERÍA PASANDO ABAJO DE VIGA PRINCIPAL OBLIGA A PASAR EL CIELO FALSO.

SECCIÓN QUE INDICA POSICIÓN IDEAL DE DUCTOS DE DRENADAJE

FIGURA No. 12



PLANTA CON POSICIONAMIENTO DE DUCTOS.

DUCTOS PARA CONDUCCIONES DE DRENAJE, DEBEN ESTAR CERCANOS A LOS SANITARIOS QUE SIRVEN.

DUCTO PARA TUBERIAS DE AGUA POTABLE CON ACCESO DESDE EL AREA COMUN. EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO DEBE ACCIONAR LAS VALVULAS DE CIERRE.

AREA COMUN

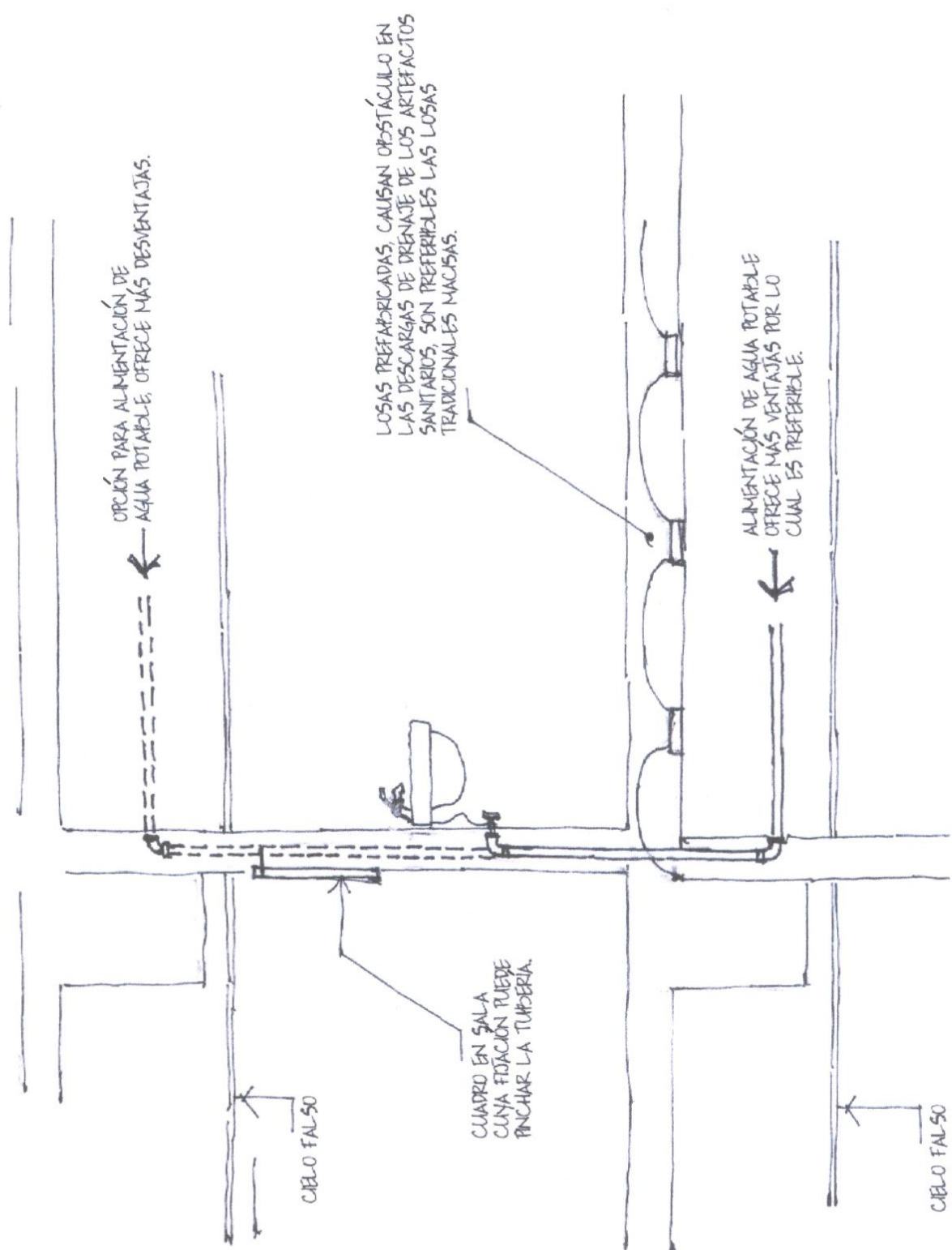
Estas son las razones por las cuales muchos diseñadores prefieren alimentar de agua potable a los apartamentos desde el piso, enfrentándose muchas veces a los obstáculos estructurales que ofrecen elementos como vigas, con tal de evitar los inconvenientes mencionados. Lo anteriormente mencionado se detalla en la figura No. 14.

3.5 Selección y ubicación de calentadores.

Los calentadores de agua son indispensables en toda vivienda, y en lo que son apartamentos en edificios residenciales, se debe buscar la mejor selección y ubicación de éstos para lograr más eficiencia a un costo de inversión y funcionamiento razonable.

3.5.1 *Selección del tipo de calentador.* Dependiendo del tipo de calentador estos ocupan menos o más espacio útil dentro de los apartamentos, por lo cual para efectos de arquitectura son atractivos aquellos calentadores que requieran menos área para su emplazamiento. Esta característica la tienen los calentadores conocidos como instantáneos, en otras palabras son calentadores que no necesitan almacenar agua sino que calientan el agua necesaria en el momento que la misma es demandada por los usuarios. Estos al no requerir de un tanque, su tamaño es más compacto y requieren mucho menos área que el otro tipo de calentadores, que son conocidos como calentadores de almacenamiento, los cuales como su nombre lo indican, tienen un tanque en el cual guardan el agua y la calientan en periodos repetitivos aunque la misma no esté siendo demandada. Ese tanque dependiendo de la capacidad del calentador, ocupa más o menos área dentro de los espacios útiles de los apartamentos. Actualmente hay una tendencia por parte de los arquitectos a utilizar aquel equipo que les robe menos espacio útil dentro de su diseño, por lo que se han popularizado los calentadores instantáneos.

Sin embargo, por experiencia se ha llegado a la conclusión que a pesar de sus ventajas ya mencionadas y la creencia de que por trabajar solamente cuando el agua se requiere utiliza menos energía, tienen el inconveniente que su posibilidad de coincidencia en el uso es mayor que en los calentadores de tipo tanque, lo cual impacta sustancialmente en componentes eléctricos del edificio, como son las acometidas y plantas de emergencia. Además, por las formas de cobro de la Empresa Eléctrica se ha comprobado que los calentadores instantáneos eléctricos terminan siendo más caros de mantener que los calentadores de tanque. Las tarifas actuales por el consumo de energía eléctrica, tienen un cambio a partir de los 11 kw de demanda. La Empresa Eléctrica de Guatemala constantemente monitorea la demanda de consumidores residenciales para determinar quiénes sobrepasan los 11 kw de demanda. Previo aviso para que el usuario tome algún correctivo, EEGSA opera el cambio de tarifa, teniendo como resultado un incremento en la factura que puede ser hasta del 100%. Los



ALIMENTACIÓN DE AGUA POTABLE A ARTEFACTOS DESDE PISO Y OPCIÓN DESDE TECHO.

calentadores instantáneos requieren una potencia promedio de 12 Kw, lo que provoca un aumento considerable en la tarifa eléctrica por las razones ya explicadas.

Este es un aspecto que muchos diseñadores no toman en cuenta, y en muchos casos, por los inconvenientes ya mencionados se han llegado a modificar diseños ya hechos para sustituir calentadores instantáneos por calentadores de tanque. Por lo tanto, esto es importante discutirlo con el diseñador de arquitectura para hacerle ver los puntos de vista mencionados y convencerlos que el uso de calentadores instantáneos ofrecen más desventajas que ventajas, siendo más deseable sacrificar un mayor espacio útil que sumarle al proyecto los inconvenientes mencionados.

3.5.2 Ubicación de los calentadores: A veces resulta más factible utilizar varias unidades de calentadores próximas a las áreas de consumo, que tener una única unidad con derivaciones largas de tuberías para abastecer los distintos puntos de consumo. Si el apartamento es muy grande y se tiene un único calentador, el agua caliente dentro de la tubería disipa su calor al no circular el agua. Esto implica desperdicio de agua cuando el usuario tiene la necesidad de dejar abierta la llave el tiempo y volumen necesario para poder disponer del agua caliente. Por lo cual es más adecuada la utilización de varias unidades pequeñas próximas y destinadas a zonas donde se tenga el consumo de agua caliente.

Cuando se tienen artefactos como jacuzzis o artesas, utilizados para sumergirse dentro del volumen de agua que contienen, requieren una cantidad de agua inmediata relativamente alta, lo que implica o dedicarle un calentador exclusivo, o en muchos casos si el artefacto es muy grande, puede requerir la utilización de dos unidades.

3.6 Drenajes de piso

Muchos diseñadores de arquitectura no están de acuerdo en la utilización de drenajes de piso que tienen la función y el propósito de evacuar en el área correspondiente a los sanitarios una eventual fuga o inundación. Desde el punto de vista hidráulico y sanitario, esto se toma como una prevención saludable y deseable. Se han dado experiencias en las cuales, por carecer de este tipo de previsión, las inundaciones en apartamentos han llegado incluso a alcanzar zonas externas a los apartamentos donde se esta generando la inundación. El agua puede ser tan invasiva que puede llegar a alcanzar ductos de ascensores y escaleras, y a través de ellos escurrir en toda la altura del edificio hasta llegar a inundar los fosos de ascensores. Por lo cual es importante coordinar con el arquitecto los drenajes de piso, debiendo ser la posición del diseñador de instalaciones hidráulicas y sanitarias, una recomendación firme

en cuanto a la utilización de dichos drenajes en cualquier zona donde se este dando la utilización de agua potable, incluyendo los calentadores. Aunque en los calentadores instantáneos la posibilidad de fuga es menor por no tener agua almacenada, sólo por el hecho de tener una acometida de agua potable, la posibilidad de una fuga existe por lo que también es recomendable proveerles de drenajes de piso. Uno de los argumentos comunes para eliminar los drenajes de piso en áreas húmedas es de que el sello de agua en el sifón con el transcurso del tiempo se evapora, lo cual deja expuesto el ambiente a la presencia de olores indeseables. La observación es correcta, sin embargo hay soluciones simples a fin de preservar el criterio de su colocación. Por ejemplo, con cierta periodicidad, manualmente reponer el agua perdida en el sifón. Otra forma es la utilización de sifones con sello profundo; Los sifones comunes regularmente tienen una altura de 5 cm. Los códigos aceptan la utilización de sifones con un sello de hasta 10 cm., lo cual prolongará sustancialmente el tiempo de evaporación.

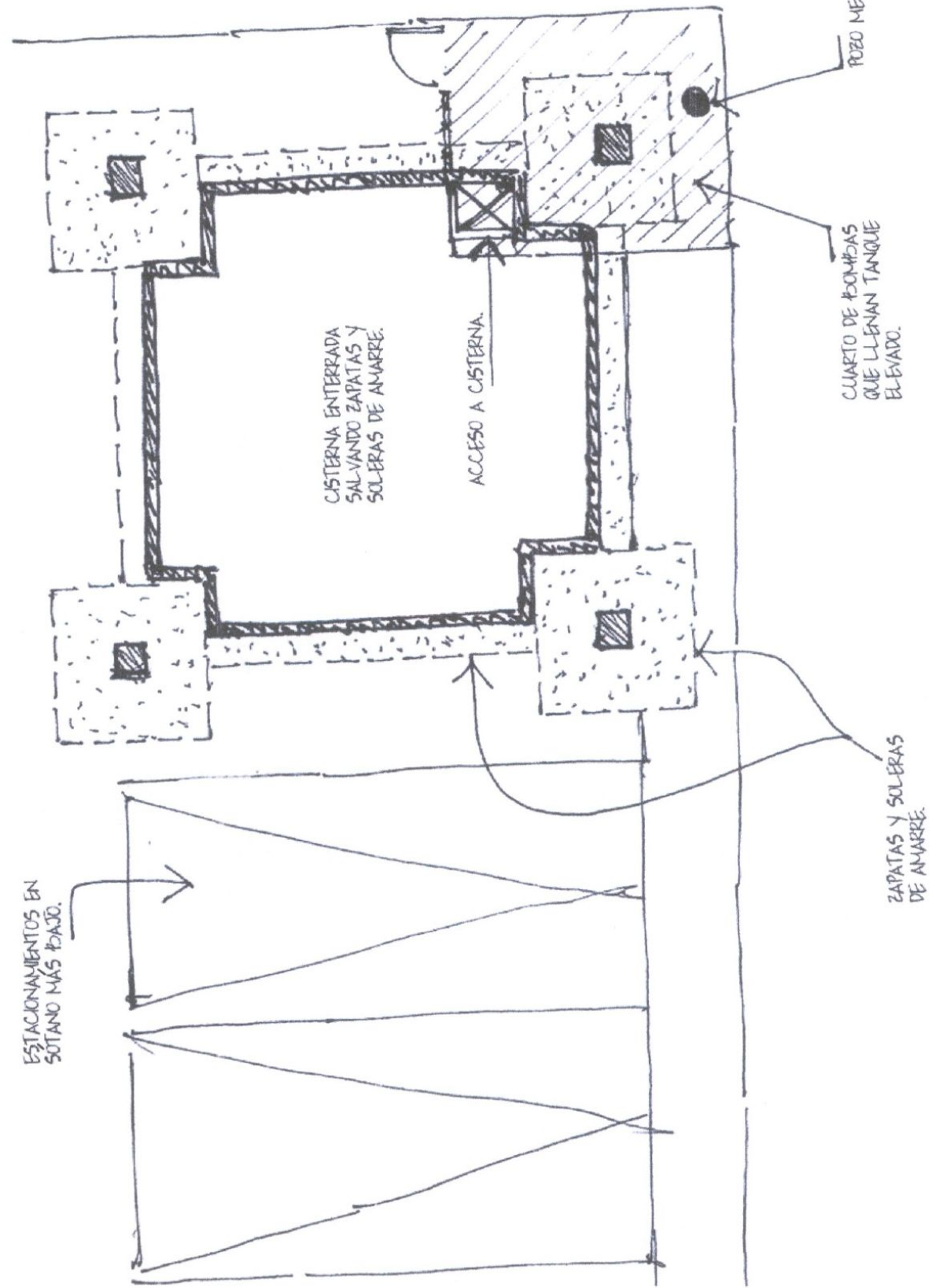
4. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO ESTRUCTURAL

4.1 Implicaciones de la posición del tanque cisterna, tanque elevado y planta de tratamiento en el diseño estructural.

4.1.1 *Implicaciones de la posición del tanque cisterna y la planta de tratamientos.* Los tanques cisterna son generalmente de concreto armado, de forma rectangular o cuadrada, y sus dimensiones varían de acuerdo al volumen de agua a almacenar. Es necesario relacionar el tamaño y la forma del tanque cisterna, con la estructura del edificio, específicamente en lo que se refiere a zapatas y vigas conectoras en la cimentación. Es importante aparte de las razones hidráulicas que sugieran una buena ubicación, considerar espacios tales que al ser enterrado el tanque no entre en conflicto con los elementos ya mencionados, tal como se detalla en la figura No. 15. Una práctica común es dejar el tanque en el perímetro del edificio, fuera de la zona de las zapatas y columnas principales (aquellas que corresponden a la torre). Cuando el tanque se encuentra sobre el nivel de piso, los ingenieros estructurales prefieren dejar de forma independiente la estructura del tanque cisterna de lo que es la estructura principal. Todos estos criterios se aplican de igual manera a las plantas de tratamiento de aguas residuales. Es necesario que el ingeniero estructural apruebe la ubicación del tanque y la planta de tratamiento propuesta por el ingeniero hidráulico.

4.1.2 Implicaciones de la posición del tanque elevado. Aparte de las ventajas hidráulicas que presenta el tanque elevado al darle reposo a las bombas y absorber por sí mismo las demandas pico de agua potable, este conlleva algunas complicaciones del orden estructural. Un metro cúbico de agua pesa una tonelada, lo cual representa un peso considerable situado en el extremo más alto del edificio. Esto incide en la economía del edificio, ya que impacta sobre la estructura (columnas y cimientos). Es importante que haya una buena comunicación entre el ingeniero estructural y el ingeniero hidráulico para posicionar adecuadamente este tanque y estar conscientes de su volumen y el peso que significa.

ESTACIONAMIENTOS EN SOTANO MÁS BAJO.



POSICIONAMIENTO DE CISTERNA

4.2 Interferencia entre tuberías de agua potable y drenajes con elementos estructurales

Uno de los problemas más comunes que se dan en las instalaciones hidráulicas y sanitarias, es la interferencia de las tuberías con los elementos estructurales. Cuando éstas no han sido previstas en el diseño, es común durante el proceso constructivo utilizar técnicas inapropiadas que dañen los elementos estructurales.

Algunas interferencias son inevitables, como la necesidad que existe de perforar las losas para alimentar los artefactos de agua potable y drenar los desechos. Sin embargo, algunas interferencias indeseables se pueden evitar con un criterio adecuado. Ya se había mencionado en el Capítulo 3 que es conveniente que las tuberías de drenaje en los sótanos se desplacen en los laterales del edificio. Sin embargo, esto es posible solamente si la estructura perimetral del sótano está en voladizo, como se observa en la figura No. 11. Esto representa que las columnas más externas estén separadas de la periferia del sótano, lo cual quita un obstáculo para el desplazamiento del colector. Si las columnas están en la colindancia, se constituyen en un bloqueo para el tránsito de dicho colector, ya que lo separa del rostro de la pared y lo aproximan al frente de los vehículos, lo cual no es deseable. Aparte de que desde el punto de vista económico la estructura libre de columnas en los límites de propiedad es mucho más económica en lo que se refiera a cimentación, ya que si no se hace de esta forma, obliga a tener cimientos conectados, lo cual es más costoso. Por esto es preferible tener una estructura en voladizo hacia la periferia del sótano.

En los edificios se utilizan, tanto losas macizas, como losas prefabricadas tipo viguetas. Cuando se utilizan estas últimas, como parte de su estructura, representan obstáculos muy difíciles de resolver para el paso de tuberías de drenaje en sentido vertical. Esto le resta flexibilidad de uso del espacio a los proyectos, ya que cuando por requerimiento de ventas piden reacomodo de la arquitectura moviendo de sus lugares originales los artefactos sanitarios, tiene que cuidarse que en la nueva posición, los artefactos, especialmente los inodoros, no coincidan en su proyección en planta con nervios, ya que esto es imposible de realizar y obliga a forzar la arquitectura en función del obstáculo que representan estas viguetas. En el caso de las losas macizas, cuando un artefacto se encuentra directamente sobre una viga, se pueden buscar varias soluciones. Una de ellas, es dejar un relleno para movilizar los tramos más cortos posibles la tubería encima del elemento estructural que se quiere salvar. Esto deja al baño con una grada indeseable respecto al resto del apartamento, por lo que los arquitectos prefieren hacer un reacomodo en la distribución de artefactos, tal como se ilustra en la figura No. 16. En el caso que el artefacto sobre la viga sea un lavamanos, se puede salvar la

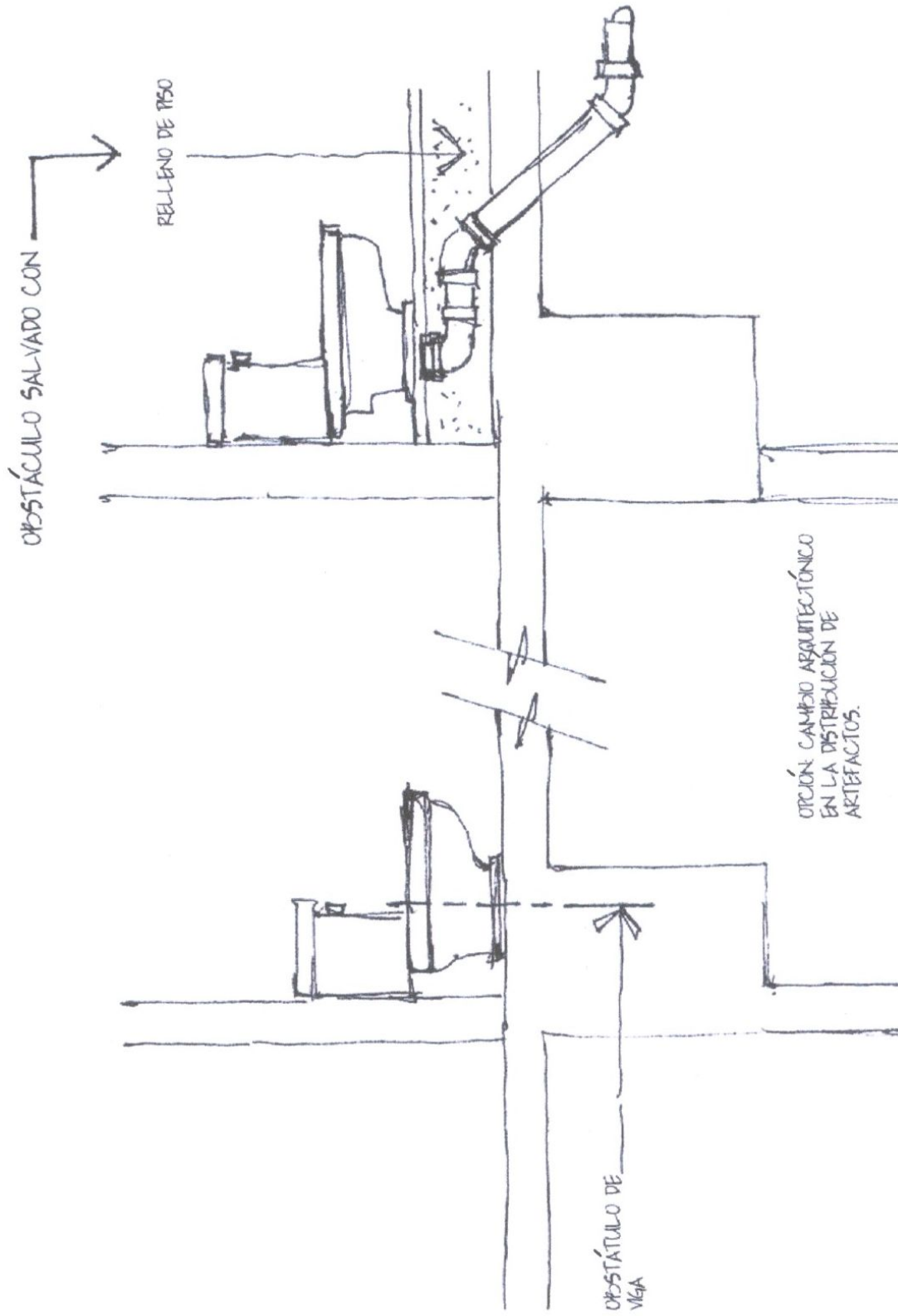


FIGURA NO.
16

OBSTÁCULO DE VIGA AL DRENAJE DE INODORO

viga doblando la tubería horizontalmente sobre la losa, y ocultando este doblez dentro del mueble del lavamanos (Los lavamanos con muebles son más comunes en apartamentos de lujo). Lo anterior se ilustra en la figura No. 17. Este doblez es razonable teniendo en cuenta que en el lavamanos se drenan mucho menos sólidos que un inodoro. Muchas veces, si las condiciones lo permitan, se puede dejar un muro doble para salvar el obstáculo estructural. Esto no solamente se aplica cuando el artefacto se encuentra sobre una losa, sino también cuando los artefactos se encuentran recostados sobre una columna o un muro de corte.

El uso de mangas para atravesar vigas depende del criterio del ingeniero estructural. Algunos son muy conservadores y lo prohíben en lo absoluto. Otros los permiten de una manera controlada y moderada. Lo cierto es que el ingeniero hidráulico en coordinación con el arquitecto deben hacer el mayor esfuerzo para que sus instalaciones no entren en conflicto con los elementos estructurales, esto tiene que ver con manejar alturas o espacios que permitan el libre tránsito de tuberías, especialmente las de drenaje ya que las mismas están obligadas a transitar una pendiente descendente por su trabajo hidráulico por gravedad (en nuestro medio es comúnmente utilizar pendientes del 1%), como ya se mencionó en el capítulo 3. Debe buscarse tener estos espacios sin interferir con los elementos estructurales y sin obligar disminuir la altura libre entre piso y cielo falso, lo cual afecta la parte de funcionalidad del edificio. Un aspecto que se debe tomar en cuenta es que las alturas de piso a entrepiso en los edificios deben reducirse lo más posible, esto por razones obvias de economía, y muchas veces por limitaciones de altura impuestas por restricciones de la navegación aérea. Aeronáutica civil restringe las alturas máximas que pueden alcanzar las edificaciones dependiendo el sector donde el edificio se encuentre.

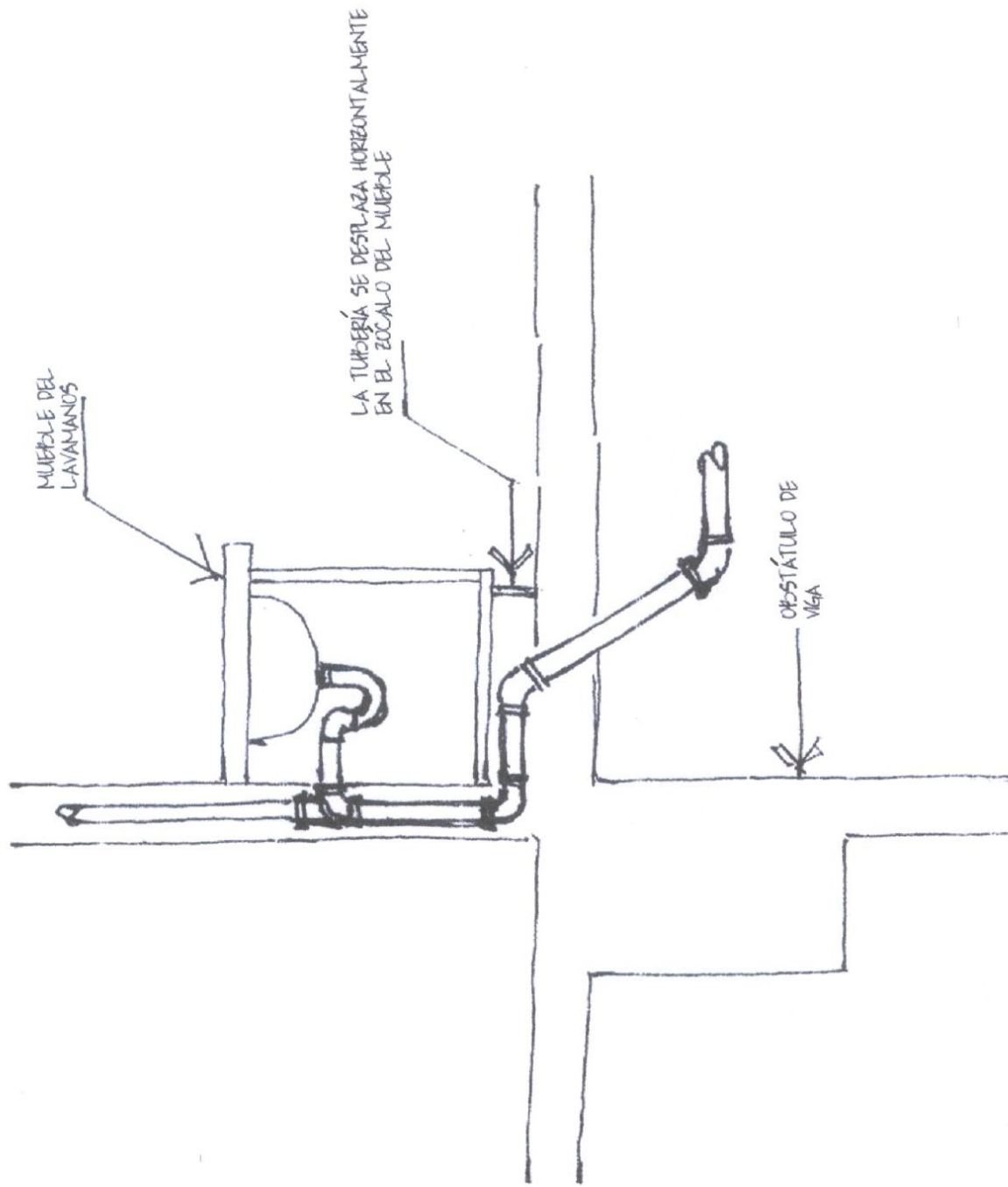


FIGURA No.
17

OBSTÁCULO DE VIGA AL DRENAJE DEL LAVAMANOS

5. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO ELÉCTRICO Y MECÁNICO

5.1 Suministro eléctrico a equipo hidráulico y sanitario

La instalación eléctrica es indispensable para el correcto funcionamiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias. Sin embargo, la falta de coordinación entre el arquitecto y los ingenieros eléctricos y sanitarios puede provocar un subdimensionamiento de las instalaciones eléctricas en los puntos donde es necesario instalar calentadores, equipo hidroneumático o de bombeo. Por lo tanto es necesario establecer la potencia, el voltaje y el tipo de corriente que necesitará este equipo, así como su posicionamiento. El ingeniero hidráulico y sanitario debe llevar a cabo un predimensionamiento con cierto margen de seguridad, para tener datos aproximados que se le puedan proporcionar al diseñador eléctrico lo más temprano que sea posible. A continuación se presenta un resumen del equipo hidráulico y sanitario que ser tomado en cuenta:

Tabla No. 1: Equipo Eléctrico Hidráulico y Sanitario en Edificios de Apartamentos			
Tipo	DESCRIPCIÓN	Ubicación	POTENCIA ESTIMADA
Bomba	Pozo mecánico	Tanque cisterna	7 HP
Clorador	Potabilización de agua proveniente del pozo	Tanque cisterna	½ HP
Bomba	Llenado del tanque elevado	Tanque cisterna	7 HP
Bomba y tanque hidroneumático	Sistema hidroneumático para alimentar niveles superiores	Tanque elevado	3 HP
Bomba	Combate de incendios	Tanque elevado	5 HP
Bomba de achique	Limpieza en sótanos	Último sótano	½ HP
Bomba	Fuentes	-	½ HP
Calentador	Calentador de agua en apartamentos	Niveles de apartamentos	5 KW
Bomba	Recirculación de piscina	Cuarto de máquinas piscina	2 HP
Calentador "Heat Pump"	Climatización de piscina	Cuarto de máquinas piscina	10 HP
Saunas	Saunas de vapor generado con energía eléctrica	-	5 KW
Bomba	Equipo de aireación para planta de tratamiento	Planta de tratamiento	5 HP
Bomba	Trasiego de lodos de sedimentador a digestor de lodos	Planta de tratamiento	1 1/2 HP
Bomba	Evacuación de lodos desde digestor hacia vehículo de transporte	Planta de tratamiento	3 HP

5.2 Posicionamiento de subestación eléctrica y planta de emergencia

Es necesario que el diseñador de ingeniería hidráulica y sanitaria tome en cuenta el posicionamiento de este equipo que generalmente está ubicado en un área del sótano más cercano a nivel de calle, pudiendo existir algún cruce de tuberías de drenaje y agua potable que generalmente se maneja en el techo de dicho sótano.

Igual problema puede darse con la instalación que sirve a los servicios sanitarios del primer nivel, los cuales se encuentran colgados del techo del sótano y eventualmente pueden estar ubicados sobre los elementos mencionados. Esto incluso puede provocar cambios ya sea en el posicionamiento de la mencionadas subestación y planta de emergencia o en la arquitectura del primer nivel a fin de desfasar la posición de dichos elementos y evitar conflicto con las instalaciones hidráulicas y sanitarias.

5.3 Aire acondicionado centralizado

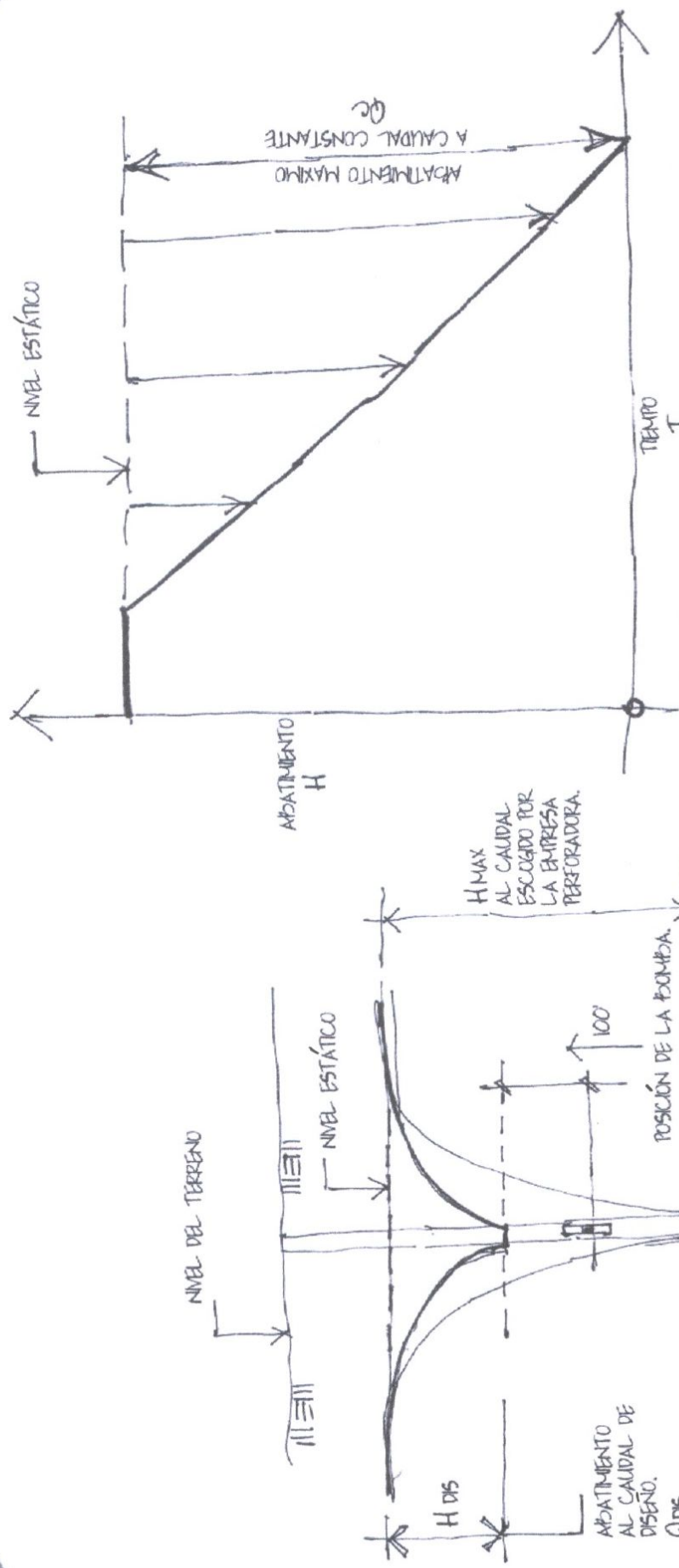
Cuando se cuenta con un sistema de aire acondicionado centralizado, el ingeniero hidráulico y sanitario debe proveer drenaje para evacuar el agua de condensación proveniente de los manejadores que se ubican dentro de las áreas que se quieren acondicionar. Además debe dotársele de una tubería de agua potable que compense las pérdidas dentro del sistema cerrado de aire acondicionado que se generan por el enfriamiento del agua en las torres de enfriamiento. Esto consiste en una pequeña tubería que a tiempos muy distantes va descargando un mínimo de agua en el tanque de compensación del sistema de aire acondicionado, que consiste en un tanque abierto que se conecta a la tubería que forma el circuito de movimiento del agua de enfriamiento del sistema de aire acondicionado, al cual llega una tubería, la misma remata en una válvula de flote la cual está controlándole el flujo del agua según baje dentro del sistema de recirculación, y de esa forma se está reponiendo las pocas pérdidas que se podrán estar generando.

6. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO

6.1 Construcción del pozo mecánico

La ejecución del pozo mecánico es de las primeras actividades en la construcción de cualquier proyecto que lo requiera, antes del diseño hidráulico y antes del movimiento de tierras. Esto muchas veces conduce a algunas complicaciones que vale la pena comentar:

- La ubicación del pozo muchas veces queda en manos de la empresa perforadora, la cual sin mucho conocimiento de la ubicación de las unidades hidráulicas que contendrá el diseño, decide la mencionada ubicación. Lo más indicado es que quien tenga bajo su responsabilidad el diseño hidráulico participe en la elección de la posición del pozo. En el capítulo 3 se mencionan criterios arquitectónicos para una adecuada posición del pozo.
- Otra decisión que se deja en manos de la empresa perforadora es lo concerniente al caudal que se espera extraerle al acuífero a través del pozo, es común que al diseñador se le informe fuera de tiempo acerca de los resultados de la prueba de bombeo en cuanto al caudal dinámico en el que se estabilizó el pozo, lo cual muchas veces no guarda ninguna relación con las necesidades reales del proyecto.
- Lo comentado en el inciso anterior está asociado con la facilidad que busca la empresa perforadora al hacer la "prueba de bombeo", la realizan midiendo a caudal constante el abatimiento que registra el acuífero obteniéndose como datos últimos el caudal fijo y el nivel final en el cual se detiene el abatimiento. Esto se detalla en la figura No. 18. Este tipo de prueba deja al diseñador sin oportunidad de escoger con certeza el nivel dinámico en el cual se obtiene el caudal de diseño, por lo cual es necesario solicitar que la prueba de bombeo se realice sin restringir el caudal registrando el abatimiento del acuífero con su caudal asociado, tal como se indica en la figura No. 19.
- Debido a que el pozo se perfora antes que se haya hecho el movimiento de tierras, cuando se excavan sótanos el ademe del pozo queda en voladizo vertical tan largo como la profundidad de la excavación, sujeto a flexiones diversas que pueden hacer colapsar causando en el mismo un daño material indeseable reparable o un daño personal irreparable, por lo cual es conveniente antes que se inicie la excavación anclar en terreno firme brazos metálicos que sustenten la parte



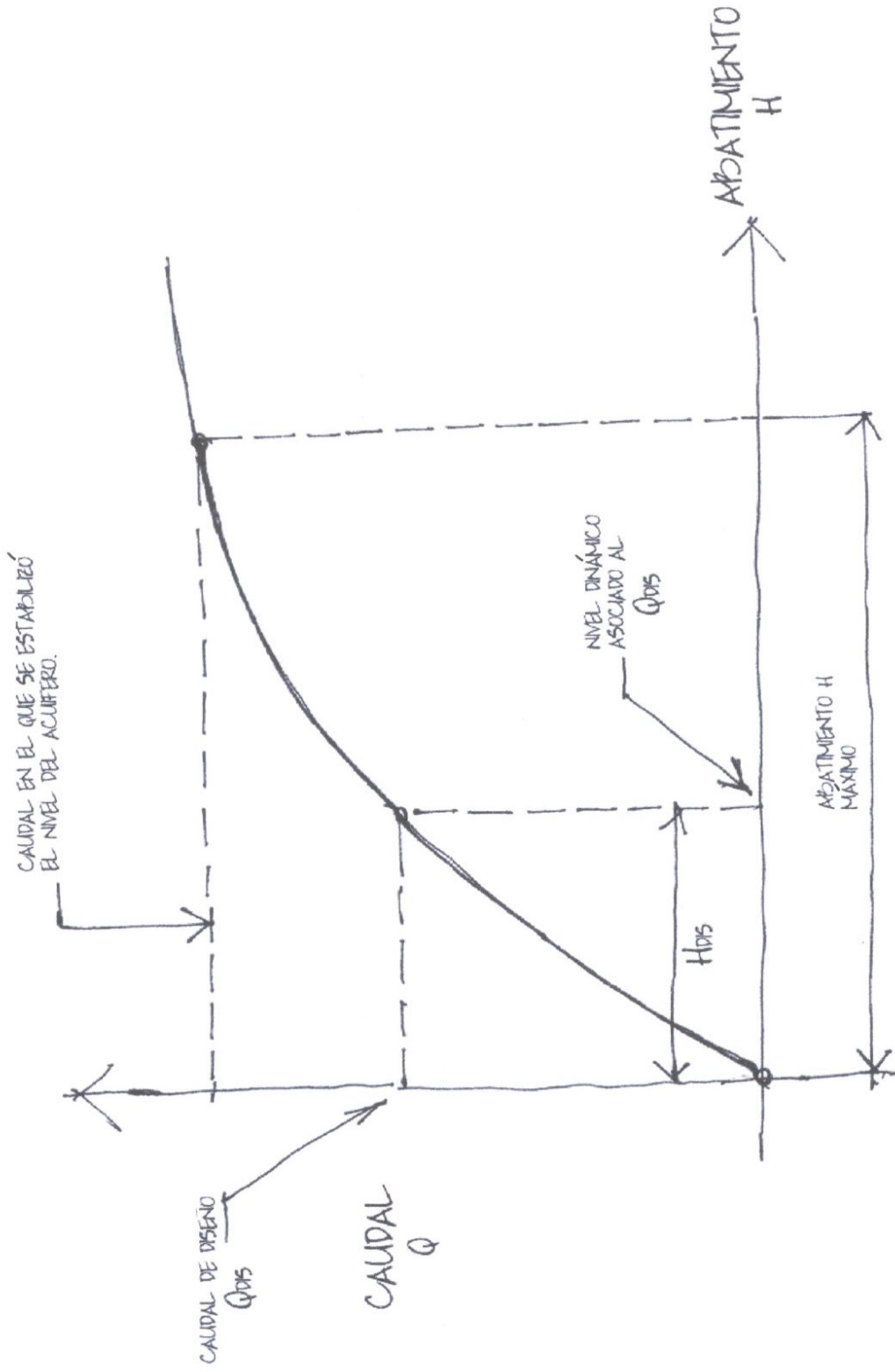
NOTA: SE ELIGE UN CAUDAL, SE MANTIENE CONSTANTE Y SE REGISTRAN LOS ABATIMIENTOS A TRAVÉS DEL TIEMPO HASTA QUE EL NIVEL DEL ACUÍFERO NO SIGUE BAJANDO, EL CAUDAL DE PRUEBA LO ELIGE GENERALMENTE LA EMPRESA PERFORADORA SIN CONSULTAR AL DISEÑADOR DE LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA-SANITARIA EN EL MEJOR DE LOS CASOS, EL CAUDAL ESCOGIDO ES MAYOR QUE EL DE DISEÑO Y EN ESTAS CONDICIONES UTILIZAN UN PROCEDIMIENTO DE REGALA DE TRES PARA ESTIMAR EL NIVEL AL CUAL DEBE COLOCARSE LA BOMBA PARA SATISFACER EL CAUDAL DE DISEÑO.

PROCEDIMIENTO SATISFACTORIO.

$$\frac{H_{D5}}{Q_{D5}} = \frac{H_{MAX}}{Q_C}$$

$$H_{D5} = \frac{H_{MAX} * Q_{D5}}{Q_C}$$

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE Q_C.



NOTA: ESTE TIPO DE PRUEBA CON LA CURVA QUE GENERA COMO PUEDE VERSE PERMITE CON MÁS CERTEZA POSICIONAR LA BOMBA SEGUN EL CAUDAL DE DISEÑO.

PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL VARIABLE.

- superior del ademe quitándole su condición de voladizo, los cuales harán su función hasta que la estructura de los sótanos en sus diferentes niveles haga la sustentación deseada. Esto se puede observar en la figura No. 20.
- Por las necesidades de agua del proceso constructivo, existe la tentación de usar la bomba definitiva del proyecto para esta necesidad temporal, no es recomendable este uso, ya que debido a la naturaleza del proceso constructivo existe desorden en cuanto al uso del equipo, lo cual inducirá un deterioro prematuro, especialmente eléctrico ya que estará sujeto a arranques y paradas irregulares, debe buscarse otras fuentes de abastecimiento de agua temporal o instalar una bomba que no sea la que usará el proyecto finalmente, aceptando el inevitable deterioro.

6.2 Tuberías embebidas en las losas de entrepiso

Las acometidas de agua potable y drenaje de artefactos sanitarios inevitablemente deben atravesar las losas de entrepiso, surge la pregunta si la tubería debe quedar embebida en la losa desde el momento de su fundición. La experiencia de una buena práctica constructiva enseña que es preferible fundir la losa sin preocuparse de las tuberías que la atravesarán y hacer esta operación en una etapa posterior. Las razones son las siguientes:

- Debe contarse con un plano de medidas que posicione con exactitud cada uno de los artefactos, la cual se ejecuta generalmente cuando se ha tomado decisión acerca de los artefactos sanitarios que se colocarán (especialmente en lo que se refiere a inodoros cuya posición del drenaje depende del modelo) y cuando ya están levantados los muros que determinan los sanitarios.
- Si se quiere dejar embebidas las tuberías se debe lograr una buena fijación al armado y a la formaleta de la losa, teniendo que hacerle perforaciones a esta última para que la tubería exceda el rostro inferior de la losa, lo cual se requiere para hacer el acople necesario para continuar la instalación que irá colgada dentro del cielo falso del piso inferior. Ambas cosas complican el proceso constructivo, además que cuando se utiliza formaleta metálica para llevar a cabo la fundición, no es posible hacer estas perforaciones.
- Al dejar las tuberías embebidas complican el trabajo de fundición, especialmente el enrasado (nivelado) superior de la losa así como su acabado final

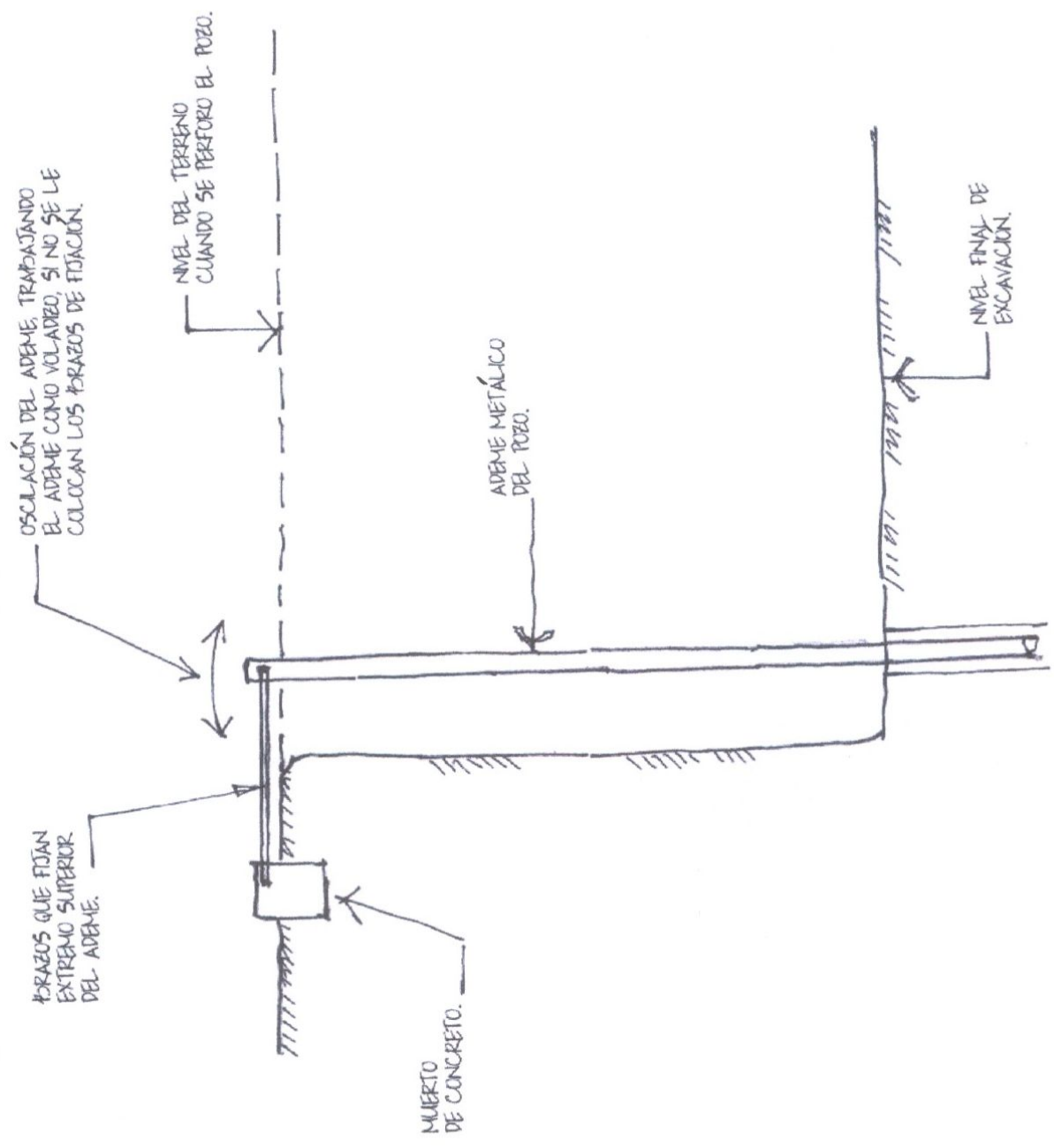


FIGURA No. 20

FIJACIÓN DE ADEME DE POZO MECÁNICO

(planchado) que actualmente se hace con máquinas que requieren una superficie libre de obstáculos para hacer su trabajo.

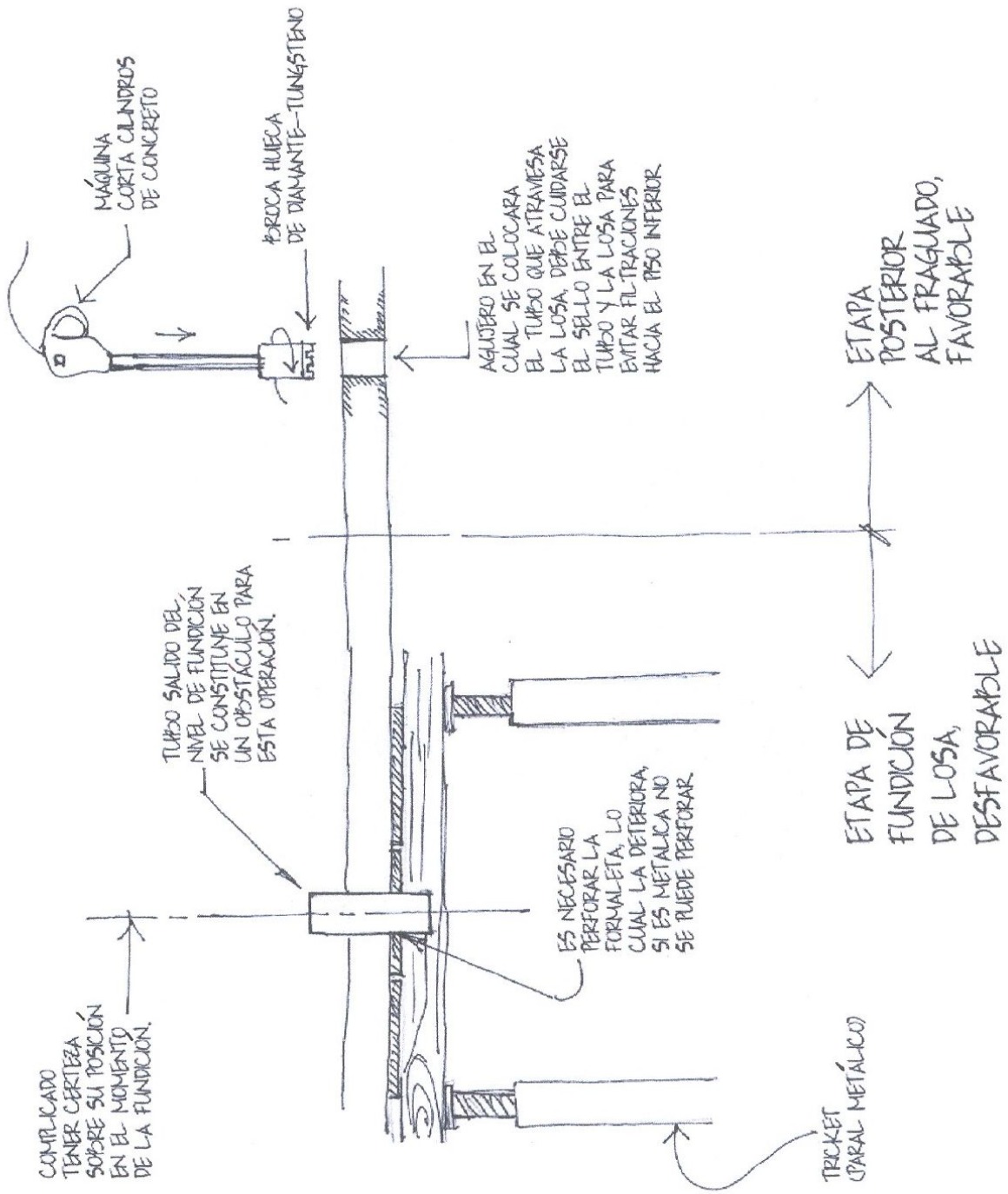
Por las razones anteriores es conveniente dejar la colocación de tubos que cruzan transversalmente la losa para una etapa posterior a la fundición, recurriendo al uso de una máquina eléctrica con una broca hueca que corta y extrae cilindros de concreto fraguado, esta broca tiene un borde de diamante que es capaz de cortar aún el refuerzo que pueda interceptar, obviamente al hacer esta operación del corte ya se debe haber resuelto cualquier interferencia con elementos estructurales importantes, tal como se explica en el capítulo No. 4 de este documento. En la figura No. 21 se detallan los criterios mencionados.

6.3 Soportería de las tuberías

Las tuberías de drenaje y agua potable en edificios generalmente son elementos que se colocan fuera de los componentes estructurales, lo cual obliga tanto en las conducciones horizontales como verticales a la utilización de accesorios que cumplan la función de posicionarlas vertical y horizontalmente. Estos accesorios se conocen como "SOPORTERÍA". Es importante que el planificador establezca con claridad las características que deben reunir la soportería a fin de que la selección final para su ejecución no quede sujeta totalmente al criterio del constructor. A continuación se pretende hacer una síntesis de los aspectos esenciales que deben tomarse en cuenta para su diseño y construcción.

6.3.1 *Soportería de tuberías verticales.* Estos esencialmente consisten en abrazaderas que adosan firmemente las conducciones a la pared del ducto en el cual transitan. Al especificar estas abrazaderas deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Deben ser del diámetro apropiado a la tubería que están fijando, ya que si son de un diámetro mayor no cumplirán su función ya que no apretarán la conducción como se espera, y si es un diámetro menor se corre el riesgo de literalmente aplastar la tubería y someterla a esfuerzos indeseables.
- De preferencia utilizar una banda de hule que absorba los esfuerzos de apriete.
- Para lograr una mejor función de soporte deben procurar, estos deben ubicarse en la parte inmediatamente abajo de los accesorios para que la protuberancia que da el cuerpo del accesorio se monte sobre el soporte.



ETAPA DE CONSTRUCCIÓN, FAVORABLE PARA LA COLOCACIÓN DE TUBERIAS QUE CRUZAN LOSAS.

- Se debe colocar por lo menos un soporte próximo al nivel de cada entrepiso.

6.3.2 *Soportería de tuberías horizontales.* Existen dos tipos, una para resistir cargas verticales, y otra para resistir cargas laterales. A continuación se describen ambos.

6.3.2.1 *Soportería para resistir cargas verticales.* Estos son elementos que trabajan como colgadores transmitiendo las cargas provocadas por las conducciones y su contenido hacia la estructura a través de esfuerzos de tensión. Los componentes de un soporte de este tipo, esencialmente consisten en:

- Cama con forma adecuada que esté en contacto directo con la conducción.
- Varilla con rosca corrida.
- Elemento de anclaje a la estructura.

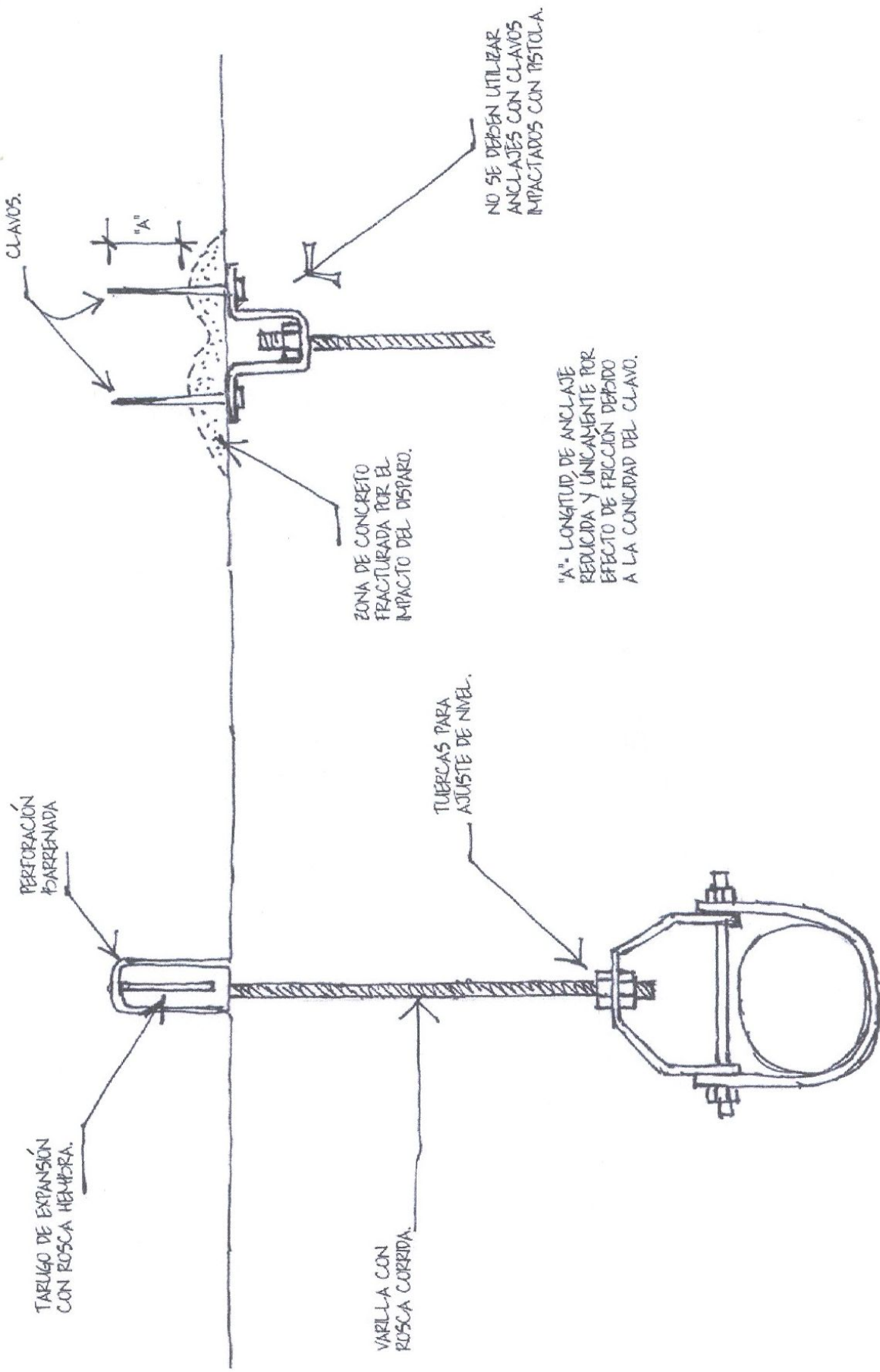
Al especificar la soportería horizontal para cargas verticales debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Deben permitir variar su longitud de una manera práctica con el fin de lograr un nivel variable en la conducción, esto es especialmente útil para la instalación de drenaje. Lo anterior se logra a través de las varillas roscadas y usando tuerca y contratuerca.
- Su anclaje a la estructura debe hacerse con elementos que al recibir el enroscado de la varilla se expandan lateralmente aumentando la fricción y la traba mecánica con el agujero hecho previamente en la estructura. (Tarugos de expansión). En la práctica es muy común que se descuide este aspecto. Se han dado taponamientos accidentales por objetos que se cuelan dentro de las tuberías de drenaje, al punto de llenarse del líquido que conduce aumentando considerablemente el peso y provocando inevitablemente el colapso de todo el sistema soporte-tubería. Una conexión sujeta a este tipo de problemas es la realizada a través de clavos incrustados en estructuras de concreto, por medio de pistolas de impacto. Este tipo de conexiones son adecuadas para fijar tuberías de electricidad, y son frecuentemente utilizadas por su facilidad de ejecución; sin embargo este tipo de fijación no es

recomendable para las instalaciones hidráulicas y sanitarias. A parte que en el impacto agrieta superficialmente el concreto reduciendo de esta manera la longitud de fricción entre el clavo y el concreto, esta fijación confía su resistencia únicamente a la fricción mencionada. A diferencia de las conexiones realizadas con base a tarugos de expansión los cuales por su propia naturaleza, por un lado generan más fricción, y por otro lado ésta se da a todo lo largo del tarugo ya que no existe el problema del agrietamiento por impacto; por lo tanto estas últimas son las recomendadas. En la figura No. 22 se compara entre estos dos tipos de anclajes.

- Los soportes deben quedar en línea con la ruta de la conducción de lo contrario estarían trabajando no bajo esfuerzos directos (axiales) lo cual causa un sobreesfuerzo indeseable sobre la varilla y el anclaje.
- La cama en la cual se apoya directamente la conducción debe ser fácilmente desarmable para facilitar su colocación inicial y una eventual reparación.

6.3.2.2 *Soportería para resistir cargas horizontales.* Estos son elementos diseñados para resistir por compresión, las cargas que reciben, por lo cual deben estar hechos con secciones estructurales rígidas. Los mismos deben aplicarse donde las conducciones sufren cambios de dirección, sean estas sujetas a fuerzas internas estáticas de presión, o fuerzas dinámicas. La justificación de la necesidad de este tipo de soporte puede explicarse físicamente de la siguiente forma: El producto de la masa y velocidad del flujo es una cantidad física conocida como cantidad de movimiento. El cambio de la cantidad de movimiento, da como resultado otra cantidad física conocida como fuerza. Dicho cambio puede darse en cualquiera de los componentes de la cantidad de movimiento: masa o velocidad. Al pie de las bajadas de drenaje y en cualquier cambio horizontal de las tuberías, la masa se mantiene constante; sin embargo hay un cambio de dirección, que al ser la velocidad una cantidad vectorial es lo mismo que un cambio de la velocidad. Esto induce una fuerza, la que puede ser lo considerablemente grande como para causar una falla en la unión del accesorio que esta provocando el cambio en la dirección, especialmente en tuberías mayores a las 4 pulgadas. Por esta razón es necesario utilizar soportes laterales rígidos en cambio de dirección mayores a los 45 grados, en tuberías con un diámetro igual o mayor a las 4 pulgadas. Es de mencionar que los esfuerzos mencionados no son generados únicamente por acciones dinámicas como la mencionada, se generan también en cambios de dirección en conducciones sometidas a presión interna.



COLGADOR DE TUBERÍAS

FIGURA No. 22

Es fácil deducirlo al observar que la presión interna multiplicada por el área sobre la cual se aplica produce una fuerza que en los cambios de dirección de las conducciones se suman vectorialmente para dar una resultante que debe ser equilibrada por un adecuado soporte.

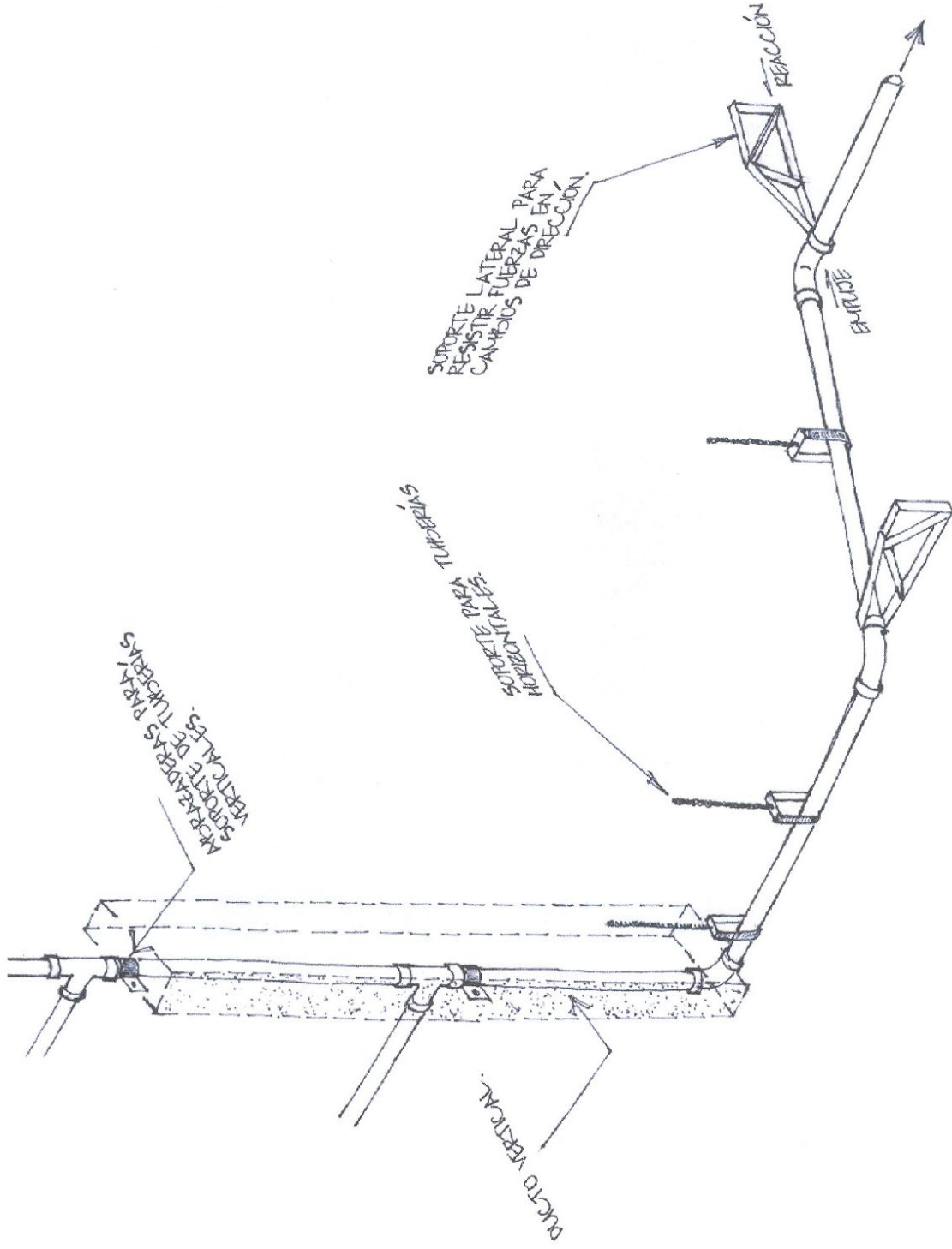
Los diferentes tipos de soportería se ilustran en la figura No. 23. El espaciamiento de la soportería depende de la resistencia y del módulo de elasticidad de los distintos tipos de materiales utilizados para tuberías. Estas requieren que sean soportadas a distancias que no excedan las indicadas en la siguiente tabla:

Tabla No. 2: Espaciamiento de Soportería de Tuberías de Agua Potable						
Diámetro (pulgadas)	Tubería H.G.		Tubería PVC 250 PSI		Tubería PVC 160 PSI	
	Espaciamiento (m)	Carga en soporte (lb)	Espaciamiento (m)	Carga en soporte (lb)	Espaciamiento (m)	Carga en soporte (lb)
1/2	1.20	3.69	1.15	-	1.00	-
3/4	1.20	5.20	1.15	1.18	1.05	-
1	1.80	11.92	1.20	2.08	1.20	1.92
1 1/4	2.30	22.13	1.30	3.56	1.20	2.89
1 1/2	2.30	28.02	1.50	5.71	1.20	4.05
2	3.00	49.61	1.50	9.74	1.20	6.97
2 1/2	3.00	77.00	1.85	18.39	1.50	13.42
3	3.00	126.79	2.00	28.89	1.65	21.43
4	-	225.02	2.10	52.78	1.65	37.46
6	-	-	2.50	139.85	2.40	121.69
8	-	-	3.25	319.01*	2.80	249.94
10	-	-	4.00	612.23*	3.80	529.20*
12	-	-	4.75	1040.40**	4.50	898.30**

* Las cargas marcadas con asterisco demandan varilla roscada de 3/8"

**Las cargas marcadas con doble asterisco demandan varilla roscada de 1/2"

Donde no se indique la varilla roscada será de 1/4".



TIPOS DE SOPORTERIA

El espaciamento de los soportes están basados en la capacidad máxima de la tubería a soportar su propio peso y el peso de la carga de agua que transporta. Cuando el diámetro de la tubería aumenta, ésta tendrá una mayor capacidad de resistencia. El espaciamento en la tabla se calcula para tuberías de diámetro pequeño. Es importante consultar las instrucciones de instalación del fabricante de tuberías para espaciamentos más específicos.

Cuando el colgador no es compatible con el material de la tubería que soporta, puede ocurrir corrosión debido a la acción galvánica. Esto ocurre cuando dos materiales metálicos diferentes están en contacto uno con el otro, y hay suficiente humedad para transportar una corriente eléctrica. Esta corrosión puede deteriorar tanto el colgador como la tubería, hasta llevarlos al punto de falla. Por lo tanto, cuando la tubería instalada es metálica, los colgadores deben ser de un material similar para evitar la corrosión. Por ejemplo, si el sistema de distribución de agua es de cobre, se necesita que los colgadores también sean de cobre o algún otro material (como el plástico) que no reaccione con el cobre. Algunos colgadores cuentan con recubrimientos de plástico o están hechos totalmente de plástico, las cuales también son una alternativa aceptable.

6.4 Materiales de tuberías

Las tuberías utilizadas en la instalación hidráulica y sanitaria son diseñadas de distintos materiales, y estas deben resistir la presión interna, cargas externas, asentamientos diferenciales, y acción corrosiva tanto del suelo, como, potencialmente, del agua que transporta. Entre los factores generales a considerar en la selección de la tubería incluyen los siguientes.

Condiciones de servicio:

- Presión de trabajo.
- Presiones transitorias, como golpe de ariete.
- Cargas del suelo, capacidad portante del suelo, asentamiento potencial.
- Corrosión potencial del suelo.
- Naturaleza corrosiva potencial de algunas aguas.

Disponibilidad

- Disponibilidad local y personal de instalación experimentado.
- Diámetros y espesores (tasas y clase de presión)
- Compatibilidad con accesorios disponibles.

Propiedades de la tubería

- Tensiones (estática y fatiga, especialmente para el golpe de ariete)
- Ductilidad.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la fricción del fluido (más importante en las tuberías de transporte)

Economía

- Costos (costo instalado, incluyendo el flete al lugar de instalación y montaje)
- Vida requerida
- Coste del mantenimiento y reparaciones.

El PVC es la conducción de plástico más usado en las instalaciones hidrosanitarias. El PVC es un polímero extrusionado bajo presión y calor como termoplástico casi inerte cuando se le expone a la mayoría de ácidos, bases, combustibles, y productos corrosivos, pero se ataca con acetonas y otros solventes encontrados a veces en aguas residuales industriales. Generalmente el PVC no debe exponerse a la luz solar directa por largos períodos de tiempo ya que su resistencia al impacto disminuye, por lo que no debería utilizarse en servicio en superficie. La capacidad de presión de un tubo de PVC está relacionada significativamente con su temperatura de trabajo. A medida que la temperatura cae por debajo de 23° C, lo que es normal en servicio bajo tierra, la capacidad de presión del tubo PVC aumenta hasta por encima de su clase. En la práctica este incremento se trata como una adición no contemplada al coeficiente de seguridad, pero no se considera en el proceso de diseño.

Refiriéndonos a las tuberías de PVC para edificios debemos mencionar que se fabrican bajo especificaciones que consideran dos criterios:

- El criterio conocido como SDR, cuyas siglas en inglés son abreviatura de "Standard Dimensional Ratio", siendo esta la relación existente entre el diámetro exterior del tubo y el espesor del mismo. A continuación se listan los diferentes estándares de SDR obtenibles en nuestro medio, y su relación con la presión de trabajo.

Tabla No. 3: Características de Tuberías SDR					
SDR	Tipo	Temp. °C	Presión de trabajo PSI	Aplicación	
				Agua potable	Drenaje
11	CPVC	83	100	Caliente	
13.5	PVC	23	315	Fría	
17	PVC	23	250	Fría	
26	PVC	23	160	Fría*	X
32.5	PVC	23	125		X
41	PVC	23	100		X

* Se utiliza para este propósito, en raras ocasiones cuando no se esperan en la red presiones altas o sobrepresiones provocadas por golpe de ariete.

- El criterio conocido como cédula, en semejanza con estándares aplicados a tubería metálica que utilizan el mismo concepto de cédula guardando como única relación los mismos diámetros en PVC como en tubería metálica. En las tuberías cédula PVC la presión varía con el diámetro. En las tuberías cédula CPVC la presión varía tanto con el diámetro como con la temperatura. Por esta razón, en la tabla siguiente se dan rangos de presión.

Tabla No. 4: Características de Tuberías Cédula			
Cédula	Tipo	Temp. °C	Presión de trabajo PSI
40	PVC	23	600 – 450
40	CPVC	23 - 83	596 – 149
80	CPVC	23 - 83	848 – 212
120			
160			

Las tuberías especificadas bajo el criterio de cédula se aplican generalmente a instalaciones con agua a presión en proyectos industriales, en virtud que tienen mayores presiones de trabajo y son más resistentes a contenidos químicos que pueda acarrear el flujo de agua.

Es de hacer notar el hecho que códigos norteamericanos distinguen las instalaciones de agua potable en internas y externas a la edificación, permitiendo el uso de tuberías PVC únicamente en la instalación externa, no así en la interna; Encontrándosele explicación a esta restricción al hecho que la tubería PVC sujeta a eventuales incendios emite gases tóxicos para el cuerpo humano; en nuestro medio es común el uso de la tubería PVC sin distinguir si su uso es afuera o dentro de la edificación. En otras palabras, siguiendo las recomendaciones de normas norteamericanas toda la tubería interna de las edificaciones debe ser CPVC sin importar si es para agua fría o para agua caliente.

7. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO DEL EDIFICIO

7.1 Limpieza del tanque cisterna

Es recomendable que el tanque cisterna cuente con un drenaje que le permita evacuar totalmente el agua cuando se quiera limpiarlo, sin embargo esto usualmente no se logra por los niveles en los cuales se encuentra posicionado. Por lo tanto la mayor parte de la evacuación del se hace a través del mismo sistema de bombeo que llena el tanque elevado y un resto mínimo de agua puede evacuarse del tanque de una forma manual.

La limpieza del tanque debiera hacerse con regularidad, sin embargo, personas con experiencia en el funcionamiento de edificios afirman que esta limpieza muy pocas veces se hace. La justificación es de que es agua proveniente de pozos, que se espera venga en condiciones de potabilidad muy favorables que no permitan que haya algún tipo de sedimento o la proliferación de microorganismos en el agua.

7.2 Problemas de ruido

El ruido generado por las instalaciones hidráulicas y sanitarias es un problema al cual los diseñadores y constructores de nuestro medio no le prestan mucha atención por tener una tendencia a cuidar únicamente el diseño puramente hidráulico. En otras palabras se aseguran que la instalación cumpla su función básica de abastecer y drenar el líquido vital. Sin embargo, está comprobado en el uso regular de la instalación los usuarios se quejan de la interferencia causada por el flujo de agua en las conducciones, situación que se tiene que enfrentar por parte del personal de mantenimiento careciéndose en ese momento de los elementos necesarios para dar una solución. Vale la pena entender las fuentes de ruido y las posibilidades que el diseñador tiene para reducirlo al máximo. Es de recordar que esta situación se agrava en tanto que el tipo de edificio que se está usando como modelo es del tipo propiedad horizontal en el que las conducciones hidráulicas se encuentran en el cielo falso de los ambientes.

7.2.1 Origen del ruido en las instalaciones hidráulicas y sanitarias. El flujo de líquidos en las tuberías generalmente se clasifica como flujo laminar o flujo turbulento. En el flujo laminar, las partículas individuales del flujo se mueven siguiendo un patrón paralelo en la dirección general del movimiento. En cambio, en el flujo turbulento hay un movimiento caótico de las partículas en direcciones transversas

a la dirección general del movimiento. Los principales factores que determinan si el flujo es laminar o turbulento es el diámetro de la tubería (d), la densidad del flujo (ρ), la viscosidad absoluta (μ), y la velocidad del flujo (v). Estas variables se relacionan en un valor adimensional conocido como el Número de Reynolds, y se define así:

$$R = \frac{d * v * \rho}{\mu},$$

Para un número de Reynolds menor a 2000, el flujo es laminar. Para valores mayores a 4000, el flujo se considera turbulento. Entre estos dos valores hay una región de transición en la cual el flujo puede ser tanto laminar o turbulento.

Generalmente, el ruido generado por el flujo laminar es tan bajo que no es motivo de preocupación aún en las condiciones más críticas de diseño. Sin embargo, en la mayoría de instalaciones de plomería las velocidades son lo suficientemente altas para resultar en un flujo turbulento. Por ejemplo, en tuberías de plomería domésticas, las velocidades típicas son de 2.5 m/s. Para una tubería de cobre estándar con un diámetro interno de 1/2 pulgada, transportando agua a 16 °C, con los valores típicos de densidad y viscosidad absoluta, el flujo tiene un Número de Reynolds de 35,000. Por lo tanto el flujo es turbulento y es un mecanismo típico de generación de ruido en las tuberías y sus accesorios, como resultado de la turbulencia, cavitación, salpicado del agua, flujo del agua residual y el golpe de ariete, fenómenos que a continuación se describen con mayor detalle:

- *Cavitación:* Como ya se mencionó anteriormente, la mayor parte del ruido en las tuberías de plomería son causadas por el flujo turbulento. Pero existen condiciones, especialmente en válvulas cerradas, que dan lugar al fenómeno llamado como cavitación que genera ruidos de alta densidad. La cavitación es la formación y el colapso subsiguiente de burbujas dentro del flujo de agua cuando éste pausa por alguna restricción. Para que esto ocurra, debe existir una restricción local en el flujo de agua que produce altas velocidades y presiones bajas localizadas. A determinada velocidad, la presión es tan baja que se forman burbujas de vapor. Cuando las burbujas pasan la restricción, la velocidad disminuye y la presión aumenta, resultando en el colapso repentino de estas burbujas, provocando tanto vibración como ruido. La cavitación ocurre en discontinuidades.
- *El salpicado del agua:* Ocurre en lavamanos, lavatrastos y en duchas, produciendo un ruido significativo por el impacto del agua con la superficie.

Los parámetros predominantes en la generación del ruido por salpicado del agua incluye:

- Velocidad del agua en la salida del grifo o la ducha.
 - Altura del grifo o la ducha.
 - El tamaño de la gota que impacta la superficie.
 - Las características dinámicas de la superficie donde cae el agua, incluyendo densidad, grosor, tamaño, forma, y propiedades elásticas.
- *Flujo del agua residual:* A pesar de que el nivel del sonido del flujo de agua residual es bastante bajo, puede ser molesto cuando se experimenta en un ambiente silencioso de un área residencial. Por ejemplo, el ruido que se experimenta en un dormitorio cuando el inodoro del vecino del piso superior es accionado, puede llegar a crear un ruido con nivel de sonido de 30 a 35 decibeles. Sin embargo, cuando el ruido de fondo del dormitorio es de solamente 20 decibeles, el ruido del flujo residual puede escucharse claramente y presentar molestias a los residentes.
- *Golpe de ariete:* Un sonido agudo e intenso conocido como golpe de ariete, ocurre cuando un flujo estable en una tubería es repentinamente interrumpido, por ejemplo, al cerrar una válvula de acción rápida. Cuando el flujo está en movimiento a lo largo de la tubería, el momento, aun cuando el flujo lleva una velocidad baja, puede ser grande. La repentina interrupción del flujo resulta en un incremento de presión alto que se propaga como una onda aguas arriba de la válvula. Esta onda puede reflejarse varias veces hasta que finalmente se disipa. El golpe de ariete ocurre en las tuberías especialmente en válvulas eléctricas, neumáticas y solenoides. En estructuras residenciales, es frecuentemente experimentado durante los ciclos de lavado y enjuague de las máquinas lavaplatos y lavadoras.

Existen varios componentes y piezas de los equipos y sistemas de plomería que producen los fenómenos mencionados anteriormente. Identificando estas fuentes de ruido se hace más fácil buscar soluciones durante el diseño que eviten molestias a los usuarios y costosas reparaciones cuando la instalación ya se encuentre terminada. A continuación se describe cada una de estas fuentes:

- *Tuberías:* Cuando se trata de tuberías que se extienden en línea recta, el ruido producido por la circulación del flujo de agua es relativamente insignificante. Sin embargo, cuando hay codos, o Tees, y la velocidad es significativa, el problema del ruido puede ser mayor. La velocidad promedio del flujo de agua es la misma en un segmento recto que en un cruce, para una tubería con la misma sección transversal. Sin embargo, debido a que el flujo tiende a recircular en los cruces, se acelera a una mayor velocidad causando ruido generado por la cavitación en la región de mayor velocidad dentro del cruce.
- *Artefactos:* Los artefactos tales como lavamanos, arтеzas, duchas e inodoros son fuentes predominantes de ruido que pueden causar molestias entre los usuarios del edificio. El mecanismo por el cual los artefactos pueden causar ruido son (1) cavitación en las válvulas y los grifos (2) salpicado del agua y (3) el flujo residual intermitente.
- *Electrodomésticos:* Los electrodomésticos en edificios de apartamentos incluyen máquinas lavaplatos, lavadoras, y triturador de desperdicios. La cavitación es uno de los principales generadores de ruido. También la vibración que producen puede ser molesto para los vecinos cuando se encuentran en contacto con una pared divisoria.
- *Bombas:* La principal fuente del ruido relacionado con las bombas son las pulsaciones hidrodinámicas que son inherentes a todas las bombas. Estas pulsaciones son usualmente asociadas con la velocidad rotacional de las bombas. La frecuencia del ruido de las bombas es igual al producto de la velocidad rotacional (revoluciones por segundo) y el número de hojas de la bomba. La cavitación también es un problema en las bombas. El golpe de ariete también puede ser un problema en las bombas. Cuando el sistema de bombeo para el llenado de tanque elevado recibe la orden de parada por haberse alcanzado el nivel máximo, detiene su funcionamiento de manera instantánea

7.2.2 *Origen del ruido en las tuberías.* Como ya se mencionó con anterioridad, el control de ruidos indeseables en las instalaciones hidráulicas y sanitarias deben ser consideradas como una parte integral del diseño del edificio. Además, las especificaciones de construcción deberán incluir requerimientos mínimos aceptables para el control de ruidos. A

continuación se presenta una lista de criterios que deben ser considerados en las instalaciones hidrosanitarias de edificios de apartamentos:

- *Control del ruido debido al flujo de agua en tuberías:* La presión del agua en las tuberías influye en el ruido generado por el flujo que corre en las tuberías y en las válvulas. De acuerdo a requerimientos típicos de códigos, la presión del agua suministrada debe ser de al menos 15 PSI (100 Kpa) pero no mayor a 75 PSI (500 Kpa). Para minimizar la generación del ruido, el agua suministrada debe tener la menor presión posible. Sin embargo, otros factores influyen significativamente en esta presión. El ruido proveniente de las tuberías puede ser minimizado al reducir el número de transiciones de tuberías (codos, tees, conexiones en Y), y por lo tanto minimizando turbulencia y también la posibilidad de ocurrencia de la cavitación. Tuberías de ½ pulgada de diámetro es la más popular utilizada en residencias de todo tipo. Sin embargo, para minimizar el ruido, se pueden seleccionar tuberías de ¾ pulgadas. La reducción del ruido obtenida por la reducción de la velocidad, puede llegar a ser de hasta 3 ó 5 db.
- *Control del ruido proveniente de tuberías:* El ruido resultado del flujo de agua en tuberías puede ser transmitido de las tuberías a los cuartos del edificio si las tuberías están en contacto directo con grandes superficies. (Paredes y techos). El aislamiento de estas tuberías del resto de la estructura ayuda significativamente a la reducción del ruido. Por ejemplo, puede haber una reducción de 10 a 12 decibeles puede obtenerse si la tubería esta aislada en lugar de estar conectada rígidamente a la estructura del edificio. Es recomendable que todas las tuberías sean aisladas de la estructura del edificio. Material con alta resiliencia, tal como el neopreno o vibra de vidrio de al menos ¼" de espesor, deberá ser colocado en cualquier punto que la tubería pase a través de la estructura o este en contacto con la mampostería. Es importante mencionar que colocar aireadores en los grifos de lavatrastos y lavamanos pueden reducir el ruido hasta 15 decibeles. En el caso de los lavatrastos, es importante verificar que traiga en su exterior adheridas almohadillas de material absorbente de vibraciones y por consiguiente de ruidos.
- *Control del ruido en las bombas.* El control del ruido en las bombas puede ser alcanzado aislando apropiadamente la bomba, su sistema de soporte, y

todas las tuberías asociadas así como el servicio eléctrico. Esto puede ser alcanzado usando algún equipo comercial. Las medidas de control del ruido usualmente incluyen los siguiente:

- Aislantes de vibración para soportar la bomba y el motor, por lo tanto aislándolo de la estructura del edificio
 - Conectores flexibles entre la bomba y el motor.
 - Aislamiento de las tuberías cuando penetran las paredes del edificio.
 - Bloques de inercia.
- Control del golpe de ariete: Las fuerzas destructivas asociadas con el golpe de ariete pueden causar ruptura en las tuberías, fugas, conexiones debilitadas, válvulas dañadas, etc. Las pulsaciones producidas por el golpe de ariete asociado con máquinas lavatrastos y lavadoras pueden ser reducidas conectando dichas máquinas al suministro de agua con mangueras más largas de lo normal. También es recomendable el uso de reductores del golpe de ariete. Hace algún tiempo, era común el uso de una Tee con un niple vertical perpendicular a la tubería, para proveer a la tubería de una cámara de aire que absorbiera las ondas causadas por el golpe de ariete. Sin embargo, se ha comprobado que esto es inefectivo debido a que por estar en contacto directo el aire de la cámara con el agua de la tubería, el aire era absorbido o desplazada en un corto periodo de tiempo. Mecanismos comerciales que básicamente realizan la misma función no están sujetos a esta limitante ya que un diafragma metálico separa el aire del agua.

Basados en los criterios ya mencionadas, se puede hacer un resumen de los aspectos que el diseñador de las instalaciones hidráulicas y sanitarias debe tomar en cuenta al hacer el diseño del edificio:

- La velocidad del agua no deberá exceder los 2 metros por segundo, y el tamaño de la tubería deberá ser ajustada para esta velocidad máxima.
- Tuberías de agua potable y drenajes no deberán estar ubicadas en ambientes donde la privacidad y el silencio son esenciales, como dormitorios, salas y cuartos de estudio. Esto implica hacer una selección adecuada en la ubicación de ductos.
- El flujo en la cabeza de las duchas deberá ser limitado a menos de 3 galones por minuto.
- El número de transiciones de tubería (codos, Tees, Yees) deberá ser minimizado.

- Es recomendable colocar reguladores (manómetros) para poder revisar frecuentemente que la presión no sea mayor a 50 PSI en las tuberías principales.
- Es recomendable colocar reductores de golpe de ariete cerca de válvulas de cerrado. Estas válvulas se colocan en máquinas lavaplatos y lavadoras.
- Uniones flexibles pueden ser utilizadas para unir las bombas con el sistema de tuberías. Las uniones flexibles absorben las vibraciones y no las transmitan a las tuberías, lo cual es importante especialmente cuando la tubería es metálica.

7.3 Monitoreo del nivel freático

Debido a la generalización del uso de las aguas subterráneas para el abastecimiento de agua a los edificios, los niveles freáticos se mantienen en constante descenso en las capas de subsuelo. Este descenso del nivel de agua subterránea es un aspecto que hay que tomar muy en cuenta cuando se emplea este sistema, porque puede ser tal que la bomba sumergible quede sobre el nivel freático, lo que puede ocasionar daños al equipo al trabajar en seco. En algunos casos este descenso es tan severo que da como resultado que los pozos se sequen. Por ello es importante llevar un control que permita conocer los niveles del agua subterránea durante el uso del pozo, y así poder prevenir fallas futuras a la bomba sumergible.

Técnicamente al equipar un pozo, se instala junto a la tubería de extracción de agua una línea de aire o manguera, con un manómetro en el extremo superior afuera del pozo, que por aplicación de aire a presión indica las libras de presión (PSI) de columna de agua sobre la bomba sumergible tanto dinámica como estática. Estas libras de presión se pueden transformar a columna de agua, indicando así la profundidad de los niveles estático y dinámico del pozo.

7.4 Selección y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Este componente se incluye en este capítulo en virtud de que a diferencia de otros, es dinámico en cuanto a su funcionamiento y requiere una atención especial de mantenimiento, por lo que las decisiones que se tomen al momento del diseño entre otras cosas deben orientarse a facilitar la operación del mismo.

Regulaciones municipales exigen que las aguas residuales de cualquier proyecto urbanístico sea tratado de tal manera que la calidad del agua residual evacuada cumpla con estándares mínimos de demanda bioquímica de oxígeno y sólidos, para garantizar que el cuerpo de agua receptor pueda asimilar la descarga sin menoscabo de las condiciones fisicoquímicas necesarias para sostener el equilibrio ecológico natural. Esto sigue siendo válido aunque el cuerpo receptor de las aguas residuales se catalogue como contaminado ya que nunca es tarde

para un intento de rescate. En esencia las plantas de tratamiento de aguas residuales procuran replicar los procesos de auto purificación natural de los cuerpos de agua acelerándolos en el tiempo y confinándolos en cuanto a espacio. A continuación se presenta una serie de criterios para la adecuada selección, diseño, y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

7.4.1 *Selección de planta de tratamiento para edificios.* Existe diversidad de soluciones que persiguen el objetivo de tratar las aguas residuales, pero para el caso de edificios de varios niveles, que generalmente se desarrollan en terrenos con área reducidas donde los únicos espacios disponibles para emplazar las planta de tratamiento son los sótanos, lo cual requiere una estrecha coordinación con las áreas de arquitectura y estructuras, es fácil concluir que por las limitaciones de espacio mencionadas se requiere la utilización de una planta de tratamiento compacta, adecuándose para este propósito las conocidas como *plantas de tratamiento del tipo paquete, aerobia, de lodos activados y aireación extendida*, por ofrecer las siguientes ventajas:

- Ocupan poco espacio
- Por la naturaleza del proceso de digestión aerobia no generan olores indeseables.

Aunque presentan las siguientes desventajas:

- Dependen de un equipo mecánico
- Consumen energía eléctrica
- Contaminan el ambiente con ruido
- Requiere mantenimiento permanente

7.4.2 *Componentes básicos de una planta de tratamiento aerobia.* En aras de ocupar el menor espacio posible, puede llegarse a sacrificar componentes vitales de la planta de tratamiento, dejándola con un grado de eficiencia pobre, por lo cual es necesario mencionar los componentes mínimos con que se debe contar:

- Caja de rejillas
- Derivación en By-Pass
- Equipo aireador y retorno de lodos
- Depósito de aireación
- Tanque clarificador
- Digestor de lodos
- Caja para dosificador de cloro
- Caja para aforo y muestreo.

7.4.3 *Criterios de diseño de una planta de tratamiento.* En síntesis la planta de tratamiento de aguas residuales es un componente ineludible en cualquier obra que incluya la utilización de agua, por lo cual debe ser considerada en toda la planificación, dándole la importancia que merece. En este sentido es importante que el ingeniero hidráulico y sanitario entre en coordinación con la empresa encargada de diseñar y construir la planta de tratamiento, teniendo presente en este proceso de planificación los siguientes aspectos:

- Tipo de proyecto al que servirá la planta (residencial, industrial, etc.)
- Espacio disponible para su emplazamiento.
- Caudales de diseño mínimo, promedio y máximo.
- Calidad prevista del agua servida que ingresará a la planta
 - DBO5 mg/litro
 - SS mg/litro
- Cargas esperadas totales
 - Orgánica #DBO₅/día
 - Hidráulica: GPD
- Operaciones unitarias aplicadas en el funcionamiento de la planta de tratamiento.
 - Tamizado
 - Mezclado
 - Intercambio de fases gaseosa – líquida
 - Oxidación aerobia.
 - Sedimentación
 - Cloración.
- Porcentaje de reducción de contaminantes que se espera obtener (usual 85% mínimo)
- Descripción del equipo mecánico
 - Caudales
 - Cargas de presión
 - Potencia tanto para bombas como para sopladores
- Manejo de lodos
 - Proceso de digestión (estabilización)
 - Evacuación
 - Disposición final
- Diseño de un manual de operación.
- Adiestramiento del operador de la planta de tratamiento

También existen criterios específicos para cada uno de los elementos que contiene la planta de tratamiento, los cuales

- *Tanque de aireación:* Debe evitar la sedimentación y prevenir los corto circuitos del flujo, con capacidad para contener el 100% del flujo promedio en 24 horas o un máximo de 2.5 # de DBO₅ por cada 1000 p³ del volumen del tanque, el que sea mayor.
- *Sopladores:* Debe proveerse un sistema duplex, con silenciadores y válvulas de retención, cada uno debe ser capaz de proveer 2600 FC por cada libra de DBO₅, a una presión de 7 PSI (No incluye el aire para recirculación de lodos, tampoco el de digestión). Existe un tipo de soplador sumergido el cual no requiere la adición de un silenciador.
- *Clarificador:* Debe dimensionarse con capacidad para 4 horas del flujo promedio diario y una carga de superficie que no debe exceder de 200 gals/p².
- *Clorador:* Debe dimensionarse para contener el volumen generado en un mínimo de 15 minutos con un caudal de 2.5 veces el caudal promedio.
- *Recirculación de lodos:* Debe hacerse con un caudal de por lo menos 1.5 veces el caudal promedio de agua residual, y dichos lodos no deben permanecer en el clarificador más de 30 minutos.

7.4.4 *Operación de una planta de tratamiento aerobia.* Frecuentemente la empresa encargada del diseño de la planta de tratamiento no entrega un manual de operación ni tampoco dan adiestramiento a la persona que se encargará de operar la planta. Esto sumado al hecho que las entidades municipales no supervisan el funcionamiento de estas plantas de tratamiento, puede llevar a que esta no este siendo manejada de forma adecuada y en consecuencia que las aguas negras estén siendo descargadas con un tratamiento incompleto. Por esta razón a continuación se presenta un procedimiento de operación estándar para lograr que la planta de tratamiento funcione de forma adecuada.

- Verificar si existe corriente en el sistema, se deben chequear flipones, verificando que todos estén en posición de conducción.
- Comprobar si existe flujo hacia la planta, si no hay flujo o esta sustancialmente reducido, se deberá inspeccionar la caja de rejillas y eliminar cualquier objeto que este causando obstrucción.
- Comprobar si está funcionando el soplador, se debe observar si existe ruido característico de estar funcionando y si existe turbulencia dentro del comportamiento de aireación. Cualquier mal olor indica que no existe aire en el proceso.

- Verificar la existencia de cloro. Se verifica en forma directa el elemento donde se encuentran las pastillas de cloro para comprobar si esta cargado.
- Observar la calidad aparente del agua tratada. Esta deberá ser cristalina, cualquier color diferente puede significar que el proceso no se realiza adecuadamente.
- Retorno de lodos, el sistema cuenta con una válvula de control del retorno de lodos, deberá verificarse si se encuentra funcionando de acuerdo a lo programado.
- Toma de muestras en recipiente adecuados semanalmente en la entrada y salida del sistema, dejándolos sedimentar libremente y observar al día siguiente la cantidad y tipo de lodo sedimentado, así mismo es conveniente anualmente efectuar análisis de laboratorio de la DBO y sólidos.

Es recomendable establecer un programa rutinario de inspección tomando en cuenta los puntos antes mencionados. Es importante llevar datos y registros de incidentes y condiciones operatorias deficientes (una especie de bitácora). Dicho registro debe trasladarlo periódicamente el administrador de la planta al administrador del edificio.

A continuación se describen otros elementos de la planta de tratamiento que también requieren de una inspección continua pero menos frecuente:

- Equipo eléctrico
 - En el tablero de control eléctrico se debe verificar que no exista humedad ni suciedad en la caja de flipones.
 - Se debe verificar que el reloj que acciona eléctricamente los sopladores estén trabajando según el programa establecido (generalmente funcionan doce horas y descansan doce horas).
 - Verificar si los sopladores funcionan sin fricciones ni vibraciones, revisar acoples al tanque y aplicarle mantenimiento de pintura de acuerdo a las inclemencias del ambiente y la lubricación recomendada a este equipo.
- Sistema de distribución de aire
 - Verificar si todos los difusores están funcionando, limpiándolos regularmente.
 - Inspeccionar que no existan fugas de aire en las tuberías del sistema y efectuar las reparaciones que sean necesarias, aplicarles retoques de pintura según su estado.

- Maniobrar las válvulas regularmente para que su sistema interior no se atasque.
- En el sistema de trasiego de lodos se debe revisar válvulas y tuberías, en lo que se refiere a apertura y cierre completo y eventuales fugas

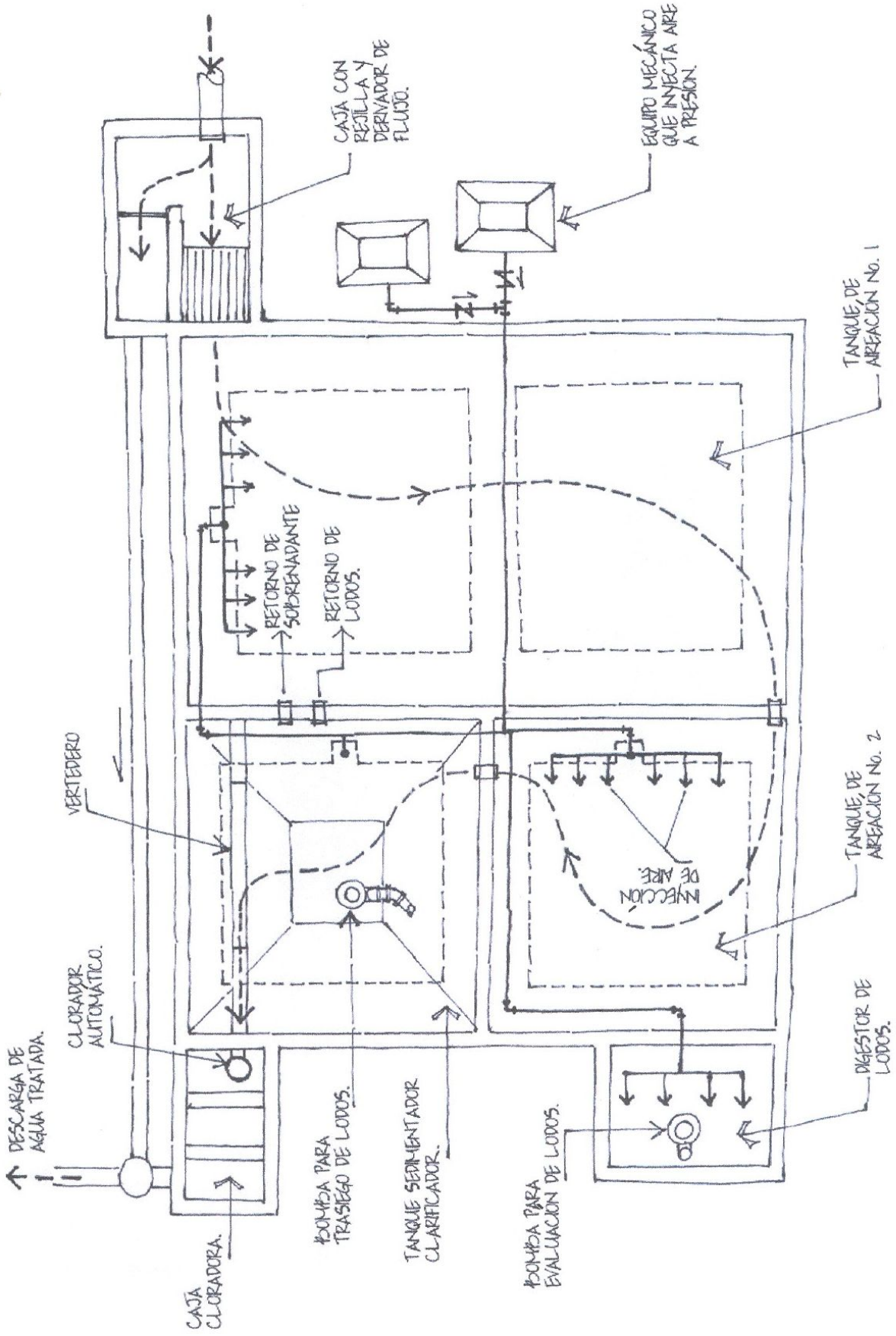


FIGURA No.
24

PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODO ACTUADOS DE AERACION EXTENDIDA

8. CONCLUSIONES

- Es de vital importancia la coordinación entre todos los especialistas participantes en el diseño de cualquier proyecto en el campo de la construcción. Ya que como fuera expuesto, al no hacerlo el ingeniero diseñador de la instalación hidrosanitaria se expone a entregar su planificación con múltiples interferencias con el resto de las áreas que componen el proyecto, conduciendo a una situación de enmiendas fuera de tiempo y por consiguiente costosas, en el proceso de construcción.
- El ingeniero hidrosanitario debe tener en cuenta en su diseño aquellos aspectos que sin ser revelantes en cuanto al funcionamiento hidráulico en sí, pueden causar perturbaciones de otra índole a los inquilinos del edificio, tales como ruido, olores indeseables, tuberías expuestas a daños, etc.
- Muchas veces el diseñador hidrosanitario se enfrenta a situaciones en las que debe permanecer firme en cuanto a preservar sus criterios de diseño, ya que el arquitecto o el constructor, por razones diversas, pueden solicitar modificaciones que de ser aceptadas conduzcan a un funcionamiento deficiente de la instalación diseñada.
- Es deseable que el ingeniero hidráulico y sanitario le de continuidad a su planificación en la etapa de construcción a través de una supervisión continua que garantice la integridad de su diseño en el proceso de ejecución.
- Los planos y especificaciones como parte de la planificación deben ser hechos con el suficiente detalle a fin de dejar el menor número de decisiones de campo, de tal manera que el concepto del diseño original se preserve íntegro. Esto particularmente si el ingeniero hidrosanitario no ejercerá supervisión en el proceso de construcción.

9. BIBLIOGRAFÍA

- 1) *Biblioteca Atrium de las Instalaciones: Agua, Volumen 2*. Editorial Océano. Barcelona 1992.
- 2) Dodge R. *International Plumbing Codes Handbook 2003*. The McGraw Hill. Nueva York 2004.
- 3) Harris C. *Noise Control in Buildings: A Practical Guide for Architects and Engineers*. The McGraw Hill. Nueva York 1994.
- 4) *International Plumbing Code 2003 Commentary*. International Code Council. Estados Unidos de América 2003.
- 5) Lin S. *Water and Wastewater Calculations Manual*. The McGraw Hill. Nueva York 2001.