



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

43
24

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN



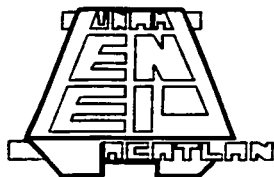
**DISEÑO DE LOS ACCESORIOS Y PIEZAS
ESPECIALES PARA EL PROYECTO DE LA LINEA
DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE PARA EL
POBLADO DE LA CUARTA MANZANA, MUNICIPIO
DE ALMOLOYA DE ALQUICIRAS, EDO. DE MEXICO**

TRABAJO DE INVESTIGACION

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
BAJO LA OPCION DE SEMINARIO TALLER-
EXTRACURRICULAR "CONDUCCIONES A
PRESION II" PRESENTA:**

NORBERTO ALBINO RAMOS OZUNA.

Acatlán, Estado de México, Mayo de 1997



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A DIOS:

**Porque nunca me ha dejado solo
y en todo momento cuento con él.**

A ti Mamá:

**Por que GRACIAS a tu total apoyo
he logrado una de mis más anheladas metas
y siempre estas cerca de mi.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México
asi como a la Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ACATLAN"**

A cada uno de mis hermanos:

Lucio, Lourdes, Rebeca y Raúl.

A mis amigos:

**Abel, Alfonso, Alberto, David, Gisselle, Anibal y en especial a
Carmen.**

GRACIAS

**"EL EXITO ESTA
EN EL ESFUERZO
QUE SE HACE
POR OBTENERLO"**

“DISEÑO DE LOS ACCESORIOS Y PIEZAS ESPECIALES PARA EL PROYECTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL POBLADO DE LA CUARTA MANZANA, MPIO. DE ALMOLOYA DE ALQUISIRAS, EDO. DE MÉXICO”

| ÍNDICE | PAG |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| INTRODUCCIÓN | |
| CAPITULO I.- ANTECEDENTES | 3 |
| 1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN | 5 |
| 1.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA. | 9 |
| CAPITULO II.- ASPECTOS GENERALES DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN | |
| 2.1 DEFINICIÓN | 31 |
| 2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN | 40 |
| 2.3 ELEMENTOS QUE LA CONSTITUYEN | 41 |
| 2.3.1 MATERIALES DE TUBERÍAS | 48 |
| 2.3.2 PIEZAS ESPECIALES | 50 |
| 2.3.3 ESTRUCTURAS ESPECIALES | 50 |
| CAPITULO III.- CALCULO Y DISEÑO DE LOS ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS Y PIEZAS ESPECIALES | |
| 3.1 DEFINICIONES Y ASPECTOS TEÓRICOS | 57 |
| 3.2 VÁLVULAS | 58 |
| 3.3 ATRAQUES | 59 |
| 3.4 SILLETAS | 60 |
| 3.5 PIEZAS ESPECIALES | 61 |
| 3.6 CRITERIOS DE DISEÑO | 62 |
| CAPITULO IV.- FENÓMENOS TRANSITORIOS DENTRO DE LA TUBERÍA | |
| 4.1 CAUSAS DE LOS FENÓMENOS TRANSITORIOS | 88 |
| 4.2 EFECTOS DEL GOLPE DE ARIETE | 93 |
| 4.3 FLUJO TRANSITORIO | 96 |
| CONCLUSIONES | 102 |
| BIBLIOGRAFÍA | 103 |

INTRODUCCIÓN

Este trabajo fue desarrollado en el Seminario Taller Extracurricular, denominado "CONDUCCIONES A PRESIÓN" , que tiene como objetivo obtener el Título de Ingeniero Civil, enfocado a pasantes de la carrera de Ingeniería Civil de la ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLÁN, el cual se impartió en el periodo comprendido del 06 de Junio de 1996 al 13 de Febrero de 1997.

Este Seminario realizado en el área de Ingeniería Civil, consistió en realizar proyectos apegados a condiciones reales, buscando siempre la aplicación de los conceptos teóricos impartidos en la aulas, con el fin de desarrollarlos y unidos a la investigación propiciar condiciones semejantes a las que se enfrenta el ingeniero en su vida profesional.

Para el desarrollo de los trabajos se seleccionaron diferentes comunidades del Estado de México, a fin de generar alternativas de abastecimiento de agua potable, considerando el aprovechamiento de las fuentes existentes en la región. Con estas premisas se generaron cinco diferentes tipos de Proyectos, y a nuestro equipo se le asignó el poblado de La Cuarta Manzana, asentamiento muy cercano a la Cabecera municipal de Almoloya de Alquisiras, para realizar un proyecto de abastecimiento de agua potable por gravedad.

Debido a las limitantes de tiempo y como se comentó anteriormente, fue necesario integrar equipos de alumnos para asignar a cada uno de ellos un diferente Proyecto. Dentro de los equipos dividir los temas para trabajar algunos de ellos en forma particular y otros en forma conjunta, sirviendo de base los temas desarrollados en forma particular para conformar un Proyecto General.

Por lo anterior, este trabajo se enfoca de manera especial a tratar los temas ligados a la definición, elección y diseño de: las Válvulas, Piezas Especiales, Atraques y Cruces (con vialidades y arroyos) , que son necesarios para que la Línea de Conducción trabaje en forma eficiente.

Los otros capítulos que aquí se abordan hacen mención de los temas en una forma muy general, pero reflejan los resultados obtenidos por los dos compañeros de equipo; buscando la solución más favorable, que permita integrar un Proyecto de abastecimiento de Agua Potable por Gravedad, para la población de La Cuarta Manzana.

Es conveniente señalar que debido a los escasos recursos disponibles para la realización del presente estudio, no en todos los casos fue posible generar directamente los datos o en su caso tener acceso a toda la información que manejan las diversas instituciones públicas, por lo que se tuvo que recurrir en ocasiones a extrapolar la información obtenida. No obstante, se cuidó que los datos se acercaran lo más posible a los requerimientos de un proyecto ejecutivo, a fin de que pueda servir como base para posteriores estudios más profundos.

CAPITULO I

I.- ANTECEDENTES

1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN.

Localización Geográfica

El Municipio de Almoloya de Alquisiras se ubica en la parte sur del Estado de México a 77 Kms. de la ciudad de Toluca, y tiene una altitud de 1,800 m. sobre el nivel del mar. Su localización geográfica es la siguiente: longitud 99°46'50" y latitud 18°47'00".

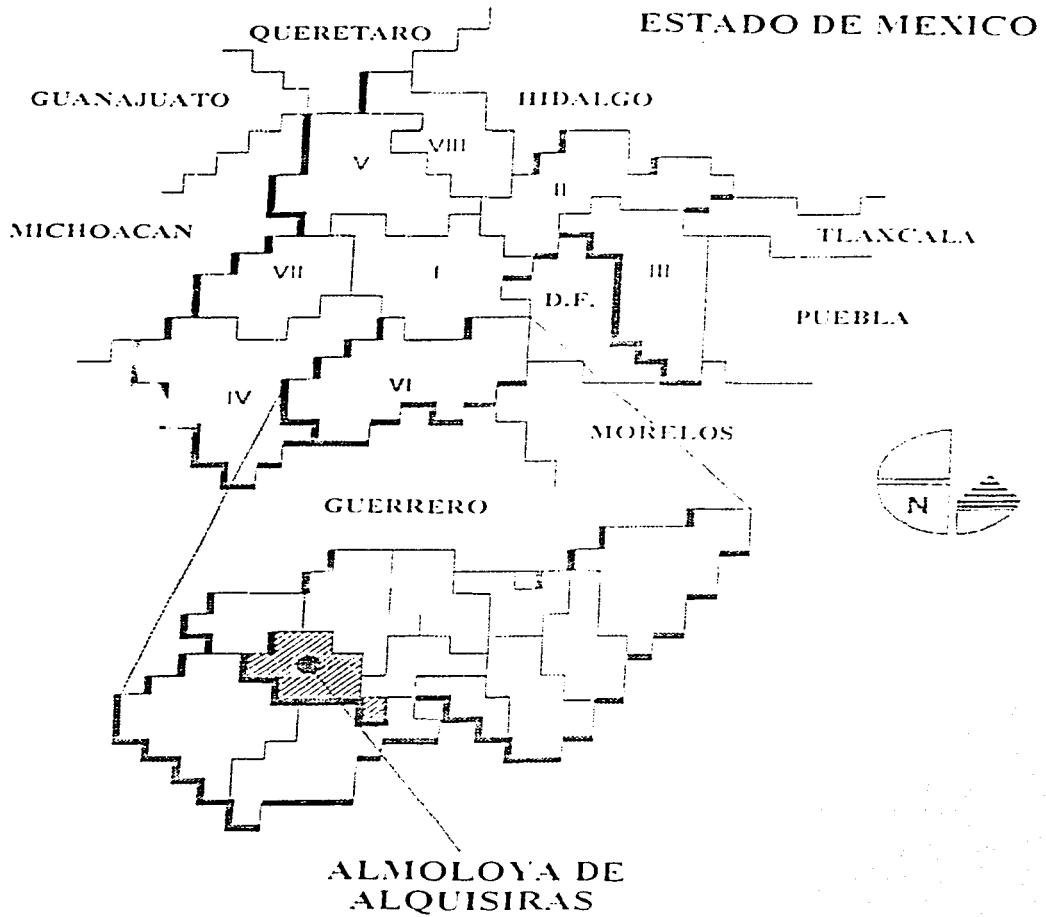
Limita al norte con Texcaltitlán y Coatepec Harinas; al este, con Coatepec Harinas; al sur, con Zacualpan, y al oeste con Sultepec y Texcaltitlán.

Según el sistema Estatal de Información, el Municipio tiene una extensión de 167,3 Kms², y tiene la particularidad de poseer una "isla" en cuyo territorio se encuentran tres comunidades, las que están rodeadas por los municipios de Zacualpan y Sultepec, pertenecientes a la jurisdicción municipal.

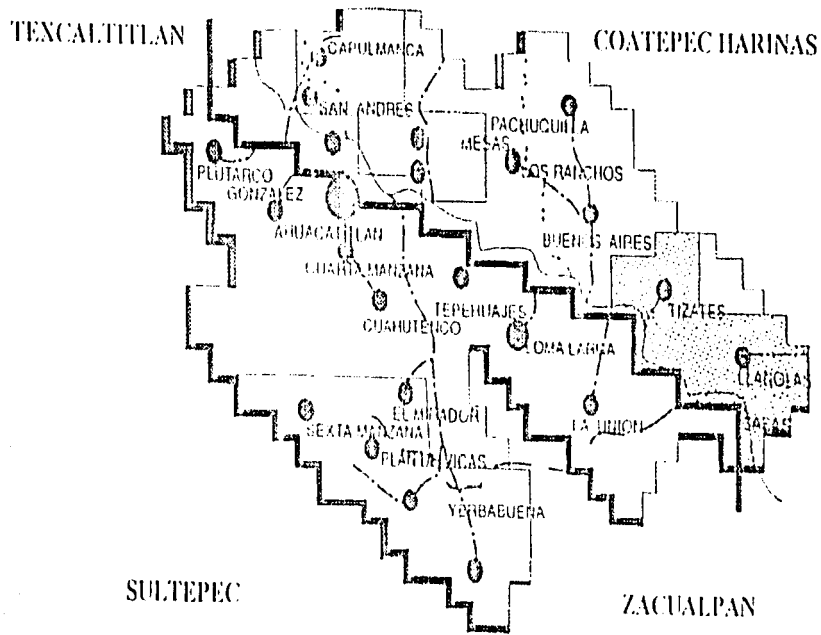
Orografía

La orografía nos dará una mejor idea sobre la tremenda irregularidad del territorio almoloyense; ahora mencionaremos las alturas más importantes; estas oscilan entre los 2,900 metros sobre el nivel del mar, en el cerro de la cuebra o peña de Ahuacatitlán, que en los mapas oficiales esta registrado como el Peñón, hasta los 1,780, en la Unión Rivapalacio, y los cerros de Calpulmanca, 2,600, y la Sexta Manzana, con 2,600; hay también pequeños valles, como los de Pachuquilla, Aquiapan o Almoloya; planicies, como son las tierras fértiles las de San Andrés Tepetitlán, Plutarco González o Tizates, esta última muy similar a una escalera que baja del noroeste al sureste, con la salida de la Cañada de los Arcos, que es un cauce natural del río de Almoloya; este relieve da la impresión de un cono enorme, circular por montañas.

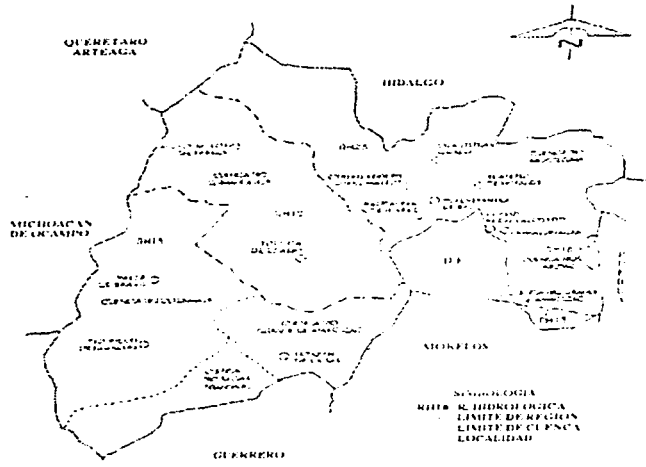
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA



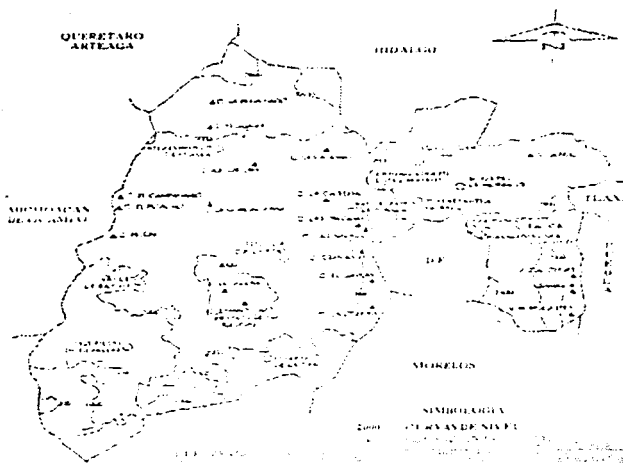
LIMITES MUNICIPALES



MAPA HIDROLÓGICO



OROGRAFIA ESTATAL



Hay pequeños poblados situados en las faldas de enormes cerros, como el Capulmanca, en donde se asientan Plan de Vigas y la Sexta Manzana; esas elevaciones son estribaciones surianas del enorme Volcán Xinantécatl, que si bien está a más de 45 kilómetros, les dio origen como parte de sus consecuencias telúrico-geológicas.

Descripción de la comunidad.

La explicación del crecimiento demográfico se refuerza por el hecho de la muy débil corriente migratoria en el municipio. Para 1990, una cifra equivalente a 2.10% de su población fuera del Estado de México y, respecto de los mayores de 5 años, sólo 1.28% no residían en el estado en 1985.

El avance poblacional del municipio, a pesar de que no ha sido bajo, sigue disminuyendo ya que en 1970 la población era de 8,229; en 1990 fue de 12,000 con una tasa de crecimiento anual de 1.6%, muy inferior a la del estado.

En forma paralela, se observa una caída significativa en la natalidad, tomando los hijos nacidos vivos por segmento de edad de la madre, las mujeres de 50 a 54 años tuvieron 7.2 hijos, mientras que las de 25 a 29 sólo han tenido 2.6.

Las tasas de natalidad y mortalidad registradas en el año de 1990 constituyen elementos adicionales importantes para el análisis de la población.

De acuerdo con la información censal de 1990 sobre la población de 12 años o más, el total ocupado en actividades económicas representa, en el caso del municipio, una porción menos a la del estado, estructura ocupacional que refleja una escasa incorporación más baja de estudiantes, de donde se deduce una menor permanencia de la población joven en el sistema educativo.

Destaca el tipo de trabajo que realiza la población ocupada económicamente así como el sector en el cual presta sus servicios. La información para 1990 y sin incluir los no especificados, es la siguiente:

| | industrial | servicio | agrícola | total |
|--------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Prof. y Técnicos | 1 | 162 | 3 | 166 |
| Func. y Ofic. | 1 | 43 | 5 | 49 |
| Comerciantes | 10 | 181 | 11 | 202 |
| Trab. agrícolas | 2 | 1 | 1189 | 1192 |
| Trab. industriales | 288 | 48 | 9 | 345 |
| Serv. Pub. Person. | 1 | 31 | 3 | 35 |
| otros | 15 | 98 | 33 | 146 |
| TOTAL | 318 | 564 | 1253 | 2135 |

Tabla 1

La distribución de la población ocupada por sectores de actividad económica revela una estructura porcentual diferente a la del promedio estatal. En el municipio, las actividades agropecuarias tienen una mayor importancia en relación con la distribución obtenida para el estado.

Actualmente se cuenta con todos los servicios de agua potable, electricidad, drenaje y teléfono; no obstante, se presentan problemas con la explotación de las fuentes de abastecimiento de agua, en virtud de que se ubican en otras comunidades que reclaman su uso para satisfacer sus crecientes necesidades.

Actividades económicas predominantes

Aspectos Económicos

De acuerdo con la información del censo económico de 1988, se encontraban operando a esa fecha 58 unidades económicas en el municipio; sin embargo, dicha información no incluye los sectores agrícola, de servicios financieros y gubernamentales. La fuerza de trabajo ocupada en las unidades censadas ascendió a 95 personas, distribuidas en 3 sectores de actividad: 12 en manufacturas, 63 en comercio y 20 en servicios.

La distribución del uso del suelo del municipio se presenta en el siguiente cuadro.

| | superficie | agrícola | pecuario | forestal | urbano | otros |
|------------|------------|----------|----------|----------|--------|-------|
| has | 16,739 | 3,791 | 1,812 | 10,543 | 94 | 499 |
| % | 100.00 | 22.65 | 10.82 | 62.99 | 0.56 | 2.98 |

Tabla 2

Las cifras y su distribución porcentual reflejan la importancia del sector forestal en el municipio. La categoría "otros" agrupa uso industrial, cuerpos de agua y suelo erosionado.

Con relación al sector agrícola, en el ciclo primavera-verano 1989 se sembraron 3,140 de las 3,791 hectáreas agrícolas disponibles, destacando como cultivo principal el maíz, con 2,152 hectáreas (69%). Le siguen en importancia los cultivos de durazno y aguacate con 589 y 318 hectáreas respectivamente. De las 10,543 hectáreas forestales, 89% corresponden a bosques y el resto a superficie arbustiva.

Actividad Forestal

La actividad forestal del municipio, ha sido reglamentada y controlada por medio de lineamientos que marca la ley, misma que castiga a la tala clandestina de estos recursos naturales, pero es bien conocido que la necesidad de sobrevivir que tiene el habitante de estas zonas forestales, origina la tala inmoderada para el sustento familiar.

Estos recursos forestales ocupan el 89% de hectáreas en el municipio, y comprenden principalmente las comunidades: El plan de Vigas, Sexta Manzana, El Mirador, Totoltepec, Capulmanca y Jaltepec.

Tales recursos son clasificados por su existencia de la siguiente manera: pino, oyamel, eucalipto, cedro, trueno, fresno, así mismo árboles frutales como guayaba, granado, durazno, chile manzano y papaya.

Principales Centros de Población.

El municipio de Almoloya, no es considerado como urbano ya que se encuentra en un proceso de transición, sin perder sus tradiciones típicas y costumbres culturales, es por esto que es considerado como un municipio rural.

El desarrollo económico urbano-rural, tiene como principal actividad el comercio, clasificándose de la forma siguiente: abarrotes, lonjas mercantiles, farmacias, ferreterías, tlapalerías, materiales de construcción, tintorerías, carnicerías, tiendas de ropa, así como la producción de: ciruela, guayaba, durazno, tomate, jitomate, cebolla, aguacate. Por tanto, son expedidos en la misma cabecera, municipios aledaños, Toluca y el D.F.

1.2.- DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

Censos de Población

Para determinar la población de proyecto necesaria para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, se solicitó información en el municipio de Almoloya de Alquisiras de los censos levantados con anterioridad en la población de La Cuarta Manzana, desafortunadamente el municipio no cuenta con este tipo de información.

A continuación se muestra una tabla de censos de población proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) de dichas comunidades de los años 1980 Y 1990; la población obtenida del año de 1996 fue obtenida en el Municipio de Almoloya de Alquisiras.

CUARTA MANZANA

| AÑO | No. DE HABITANTES |
|------|-------------------|
| 1980 | 291 |
| 1990 | 466 |
| 1996 | 517 |

Tabla 3

SEGUNDA MANZANA

| AÑO | No. DE HABITANTES |
|------|-------------------|
| 1980 | 704 |
| 1990 | 1,126 |
| 1996 | 1,250 |

Tabla 4

CABECERA MUNICIPAL

| AÑO | No. DE HABITANTES |
|------|-------------------|
| 1980 | 961 |
| 1990 | 1,538 |
| 1996 | 1,815 |

Tabla 5

Factores que afectan el crecimiento de la población

Conforme a los datos obtenidos del censo de 1990, la mayor parte de la población de Almoloya de Alquisiras esta conformada por jóvenes menores de 20 años, por lo que se puede prever una tasa de crecimiento de la población acelerada en el corto plazo, no obstante la baja generación de empleo, la distancia de los centros de trabajo y las limitantes en el uso del suelo puede provocar la emigración hacia el área metropolitana de Toluca o bien hacia la ciudad de México.

También se observa que en la zona se ha generado la construcción de casas y cabañas campestres debido principalmente al atractivo de los bosques cercanos.

El posible desarrollo de centros turísticos también puede influir, en la medida que se conviertan en generadores de empleo. Respecto a la industria, podría esperarse, en el mediano plazo, el aprovechamiento de los recursos naturales como son: los bosques, minería y textil básica.

Estimación de la población actual y futura

Para que una obra de abastecimiento de agua potable cumpla con su cometido futuro, se deberá predecir el número de habitantes que se tendrá el último día del periodo de diseño que se fije. Lo anterior se torna un tanto complicado ya que algunos factores intervienen en el crecimiento de la población, tales como: el aumento natural, es decir el exceso de nacimientos sobre las muertes; y la migración neta, que se refiere a la ganancia o pérdida de la población que resulta de los movimientos de las familias hacia dentro y fuera de un área determinada.

Definitivamente la mejor manera de estimar la tendencia de crecimiento de la población es tomando en cuenta su desarrollo histórico, para lo cual se utilizará la información proporcionada por el INEGI concentrada en la tabla 3, 4 y 5.

Los datos de los censos de población se adaptarán a los siguientes modelos matemáticos, mismos que se concentran en la Tabla 6:

Modelo Aritmético

Modelo Geométrico

Ecuación del Interés Compuesto

CUARTA MANZANA

MÉTODO ARITMÉTICO

$$Pf = Pa + IN$$

$$I = \frac{(Pa - Pp)}{n}$$

donde:

Pf = Población Futura

Pp = Población pasada

Pa = Población actual

n = Diferencia de tiempo en años entre Pa y Pp

N = Diferencia de tiempo en años entre Pf y Pp

I = Incremento medio anual

$$I = \frac{(P_{96} - P_{80})}{16} = \frac{(517 - 291)}{16} = 14.125$$

$$Pf = 517 + (14.125 * 15) = 729 \text{ Habitantes}$$

MÉTODO GEOMETRICO

$$P_f = P_a + P_a * I_m a$$

I_m a = Incremento medio anual en porcentaje

| AÑO | POBLACIÓN | INCREMENTO | INCREMENTO EN % |
|------|-----------|------------|-----------------|
| 1980 | 291 | 0.00 | 0.00 |
| 1990 | 466 | 175 | 60.14 |
| 1996 | 517 | 51 | 10.94 |

Tabla 7

$$S = 71.08$$

$$I_m a = 71.08 / 16 = 4.425\% = 0.04425$$

$$P_{0_{2000}} = 517 + 517 * (0.04425 * 4 \text{ años}) = 609$$

$$P_{0_{2010}} = 609 + 609 * (0.04425 * 10 \text{ años}) = 879$$

$$P_{0_{2011}} = 879 + 879 * (0.04425 * 1 \text{ año}) = 918 \text{ Habitantes}$$

POR FÓRMULA DE INTERÉS COMPUESTO

$$Pf = Pa (1 + r)^n \quad (1)$$

Donde:

r = razón de incremento

n = Período de años entre la población futura y la actual.

$$\text{Log Pf} = \text{Log Pa} + n \text{Log} (1 + r)$$

$$\frac{\text{Log} (1 + r)}{n} = \frac{(\text{log Pf} - \text{Log Pa})}{n} \quad (2)$$

| PERÍODO | n | Log Pf | Log Pa | Log Pf - Log Pa | (log Pf - Log Pa) / n |
|-------------|----|--------|--------|-----------------|-----------------------|
| 1980 - 1990 | 10 | 2.6684 | 2.4639 | 0.2045 | 0.02045 |
| 1990 - 1996 | 6 | 2.7135 | 2.6684 | 0.0451 | 0.00725 |

Tabla 8

$$S = 0.02797$$

$$\text{Promedio} = (0.02797) / 2 = 0.013985 = \text{Log} (1 + r)$$

$$\text{aplicando el antilog } 1 + r = \text{antilog} (0.013985) = 1.03273$$

Sustituyendo datos en (1)

$$P_{2000} = 517 (1 + 0.03273)^4 = 588$$

$$P_{2010} = 588 (1 + 0.03273)^{10} = 811$$

$$P_{2011} = 811 (1 + 0.03273)^1 = 838$$

SEGUNDA MANZANA

MÉTODO ARITMÉTICO

$$Pf = Pa + IN$$

$$I = \frac{(Pa - Pp)}{n}$$

donde:

Pf = Población Futura

Pp = Población pasada

Pa = Población actual

n = Diferencia de tiempo en años entre Pa y Pp

N = Diferencia de tiempo en años entre Pf y Pp

I = Incremento medio anual

$$I = \frac{(P_{96} - P_{80})}{16} = \frac{(1,250 - 704)}{16} = 34.125$$

$$Pf = 1,250 + (34.125 * 15) = 1,762 \text{ Habitantes}$$

MÉTODO GEOMETRICO

$$Pf = Pa + Pa * Ima$$

Ima = Incremento medio anual en porcentaje

| AÑO | POBLACIÓN | INCREMENTO | INCREMENTO EN % |
|------|-----------|------------|-----------------|
| 1980 | 704 | 0.00 | 0.00 |
| 1990 | 1,126 | 422 | 59.94 |
| 1996 | 1,250 | 124 | 11.01 |

Tabla 9

S = 70.95

$$Ima = 70.95 / 16 = 4.4344\% = 0.044344$$

$$P_{02000} = 1,250 + 1,250 * (0.044344 * 4 \text{ años}) = 1,472$$

$$P_{02010} = 1,472 + 1,472 * (0.044344 * 10 \text{ años}) = 2,125$$

$$P_{02011} = 2,125 + 2,125 * (0.044344 * 1 \text{ año}) = 2,219 \text{ Habitantes}$$

POR FÓRMULA DE INTERÉS COMPUESTO

$$P_f = P_a (1 + r)^n \quad (1)$$

Donde:

r = razón de incremento

n = Período de años entre la población futura y la actual.

$$\text{Log } P_f = \text{Log } P_a + n \text{ Log } (1 + r)$$

$$\frac{\text{Log } (1 + r)}{n} = \frac{(\text{log } P_f - \text{Log } P_a)}{n} \quad (2)$$

| PERÍODO | n | Log Pf | Log Pa | Log Pf - Log Pa | (log Pf - Log Pa) / n |
|-------------|----|--------|--------|-----------------|-----------------------|
| 1980 - 1990 | 10 | 3.052 | 2.848 | 0.204 | 0.0204 |
| 1990 - 1996 | 6 | 3.097 | 3.052 | 0.045 | 0.0075 |

Tabla 10

$$S = 0.0279$$

$$\text{Promedio} = (0.0279) / 2 = 0.01395 = \text{Log } (1 + r)$$

$$\text{aplicando el antilog } 1 + r = \text{antilog } (0.01395) = 1.03264$$

Suystituyendo datos en (1)

$$P_{2000} = 1,250 (1 + 0.03264)^4 = 1,421$$

$$P_{2010} = 1,421 (1 + 0.03264)^{10} = 1,959$$

$$P_{2011} = 1,959 (1 + 0.03264)^1 = 2,023 \text{ habitantes}$$

CABECERA MUNICIPAL

MÉTODO ARITMÉTICO

$$Pf = Pa + IN$$

$$I = \frac{(Pa - Pp)}{n}$$

donde:

Pf = Población Futura

Pp = Población pasada

Pa = Población actual

n = Diferencia de tiempo en años entre Pa y Pp

N = Diferencia de tiempo en años entre Pf y Pp

I = Incremento medio anual

$$I = \frac{(P_{96} - P_{80})}{16} = \frac{(1,815 - 961)}{16} = 53.375$$

$$Pf = 1,815 + (53.375 * 15) = 2,615 \text{ Habitantes}$$

MÉTODO GEOMETRICO

$$P_f = P_a + P_a * I_m a$$

I_m a = Incremento medio anual en porcentaje

| AÑO | POBLACIÓN | INCREMENTO | INCREMENTO EN % |
|------|-----------|------------|-----------------|
| 1980 | 961 | 0.00 | 0.00 |
| 1990 | 1,538 | 577 | 60.042 |
| 1996 | 1,815 | 271 | 18.010 |

Tabla 11

S = 78.052

$$I_m a = 78.052 / 16 = 4.878\% = 0.04878$$

$$P_{0_{2000}} = 1,815 + 1,815 * (0.04878 * 4 \text{ años}) = 2,169$$

$$P_{0_{2010}} = 2,169 + 2,169 * (0.04878 * 10 \text{ años}) = 3,227$$

$$P_{0_{2011}} = 3,227 + 3,227 * (0.04878 * 1 \text{ año}) = 3,384 \text{ Habitantes}$$

POR FÓRMULA DE INTERÉS COMPUESTO

$$P_f = P_a (1 + r)^n \quad (1)$$

Donde:

r = razón de incremento

n = Período de años entre lña población futura y la actual.

$\text{Log } P_f = \text{Log } P_a + n \text{ Log } (1 + r)$

$$\text{Log } (1 + r) = \frac{(\text{log } P_f - \text{Log } P_a)}{n} \quad (2)$$

| PERÍODO | n | Log Pf | Log Pa | Log Pf - Log Pa | (log Pf - Log Pa) / n |
|-------------|----|--------|--------|-----------------|-----------------------|
| 1980 - 1990 | 10 | 3.186 | 2.983 | 0.203 | 0.0203 |
| 1990 - 1996 | 6 | 3.259 | 3.187 | 0.072 | 0.012 |

Tabla 12

S = 0.0323

$$\text{Promedio} = (0.0323) / 2 = 0.01615 = \text{Log } (1 + r)$$

$$\text{aplicando el antilog } 1 + r = \text{antilog } (0.01615) = 1.03789$$

Suystituyendo datos en (1)

$$P_{2000} = 1,815 (1 + 0.03789)^4 = 2,106$$

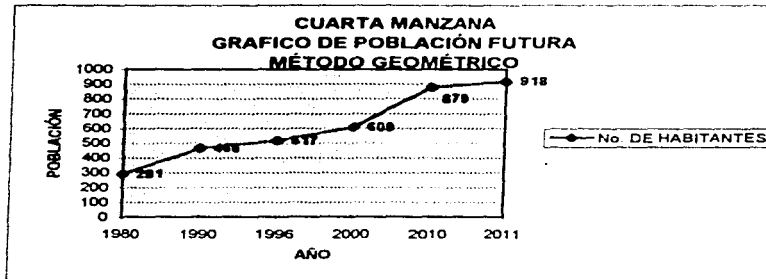
$$P_{2010} = 2,106 (1 + 0.03789)^{10} = 3,055$$

$$P_{2011} = 3,055 (1 + 0.03789)^1 = 3,171 \text{ habitantes}$$

CUARTA MANZANA

| AÑO | No. DE HABITANTES |
|------|-------------------|
| 1980 | 291 |
| 1990 | 466 |
| 1996 | 517 |
| 2000 | 609 |
| 2010 | 879 |
| 2011 | 918 |

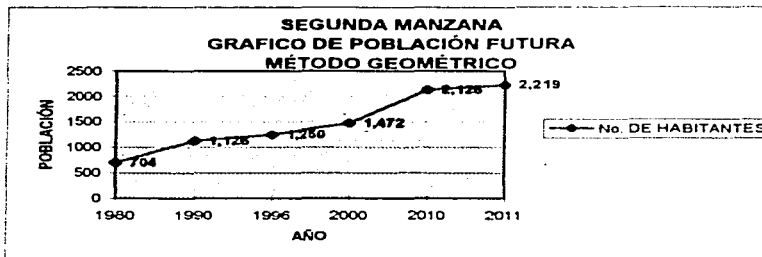
Tabla 13



SEGUNDA MANZANA

| AÑO | No. DE HABITANTES |
|------|-------------------|
| 1980 | 704 |
| 1990 | 1,126 |
| 1996 | 1,250 |
| 2000 | 1,472 |
| 2010 | 2,125 |
| 2011 | 2,219 |

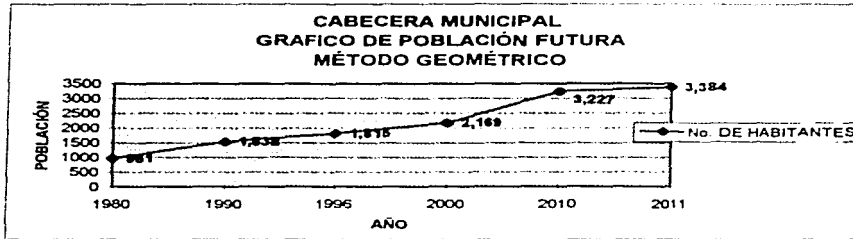
Tabla 14



CABECERA MUNICIPAL

| AÑO | No. DE HABITANTES |
|------|-------------------|
| 1980 | 961 |
| 1990 | 1,538 |
| 1996 | 1,815 |
| 2000 | 2,169 |
| 2010 | 3,227 |
| 2011 | 3,384 |

Tabla 15



Uso del Agua

Generalmente, las aguas se clasifican según su uso: doméstico, comercial, industrial, público y para la agricultura.

Para el caso particular de este proyecto el agua se destinará para uso doméstico, este consumo varía con el nivel de vida, pero es proporcional al número de habitantes de la población. La población de proyecto que se considera es de 721 habitantes, para un periodo de diseño de la obra de conducción de 25 años.

Dotación de Agua para consumo doméstico

La cantidad de agua que se asigna a cada habitante y que comprende todos los consumos de los servicios que se hacen en un día medio anual se le llama dotación. Esta dotación está en función de: el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento, del clima, del número de habitantes y sus costumbres, del costo de agua distribuida y de las medidas de control para evitar fugas, desperdicios y hacer uso racional de ella.

Utilizando las normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbanas de la República Mexicana, una población de diseño de 721 habitantes y considerando un clima templado de la región, se obtuvo una dotación por habitante de 150 lts/hab/día (tabla 8).

Dotación de Agua Potable

| número de habitantes | cálido lts/hab/día | templado lts/hab/día | frio lts/hab/día |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| 2,500 a 15,000 | 150 | 125 | 100 |
| 15,000 a 30,000 | 200 | 150 | 125 |
| 30,000 a 70,000 | 250 | 200 | 175 |
| 70,000 a 150,000 | 300 | 250 | 200 |
| mayor a 150,000 | 350 | 300 | 250 |

Tabla 16

DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO

- Periodo de diseño de la obra de conducción : 15 años (de 1996 al 2011)
- Dotación: 150 lts/hab./día

Para el caso particular del proyecto se tomará la dotación de 150 Lps, debido a que la población futura no es mayor de 15,000 habitantes y el clima se considera cálido.

CUARTA MANZANA

$$\begin{aligned}\text{Gasto medio} &= (150 * 918) / 86,400 \\ &= 1.59 \text{ L/seg}\end{aligned}$$

SEGUNDA MANZANA

$$\begin{aligned}\text{Gasto medio} &= (150 * 2,219) / 86,400 \\ &= 3.85 \text{ L/seg}\end{aligned}$$

CABECERA MUNICIPAL

$$\begin{aligned}\text{Gasto medio} &= (150 * 3,384) / 86,400 \\ &= 5.88 \text{ L/seg}\end{aligned}$$

| LOCALIDAD | GASTO EN (L/SEG) |
|--------------------|------------------|
| CUARTA MANZANA | 1.59 |
| SEGUNDA MANZANA | 3.85 |
| CABECERA MUNICIPAL | 5.88 |

Tabla 17

$$S = 11.32 \text{ L/SEG}$$

$$(11.32 \text{ L/SEG}) = 356'987,520 \text{ L/AÑO} = 356'987.52 \text{ m}^3/\text{AÑO}$$

Cabe mencionar que el gasto de 11.32 L/seg, tan solo es para uso doméstico, a continuación se hará un estimado del gasto que requerirá la población para satisfacer la demanda de uso agrícola.

Área de cultivo por localidad

| LOCALIDAD | Ha (m ²) |
|--------------------|----------------------|
| CUARTA MANZANA | 9.0 |
| SEGUNDA MANZANA | 9.0 |
| CABECERA MUNICIPAL | 32.0 |

Tabla 18

ÁREA DE CULTIVO TOTAL S = 50.00 Ha = 500,000 m²

CÁLCULO DEL GASTO PARA RIEGO PARA LAS TRES LOCALIDADES

$Q = \text{Ha de riego} * \text{Lámina de agua que se requiere en un año.}$

Lámina de agua = 0.60 m / año (esto fué obtenido por la C.N.A. de acuerdo al tipo de cultivo que se realiza en la zona).

Para el caso de la Cabecera Municipal el gasto que requiere para uso agrícola es el siguiente:

$$Q = (32 \text{ Ha}) * (10,000 \text{ m}^3 / \text{Ha}) * (0.60 \text{ m} / \text{año})$$

$$Q = 192,000 \text{ m}^3/\text{año} = 6.08 \text{ l/s}$$

Para el caso de la Cuarta Manzana y Segunda Manzana el gasto que requiere para uso agrícola es el siguiente:

$$(9 \text{ Ha}) * (10,000 \text{ m}^3/\text{Ha}) * (0.60 \text{ m}) = 54,000 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$54,000 \text{ m}^3/\text{año} = 1.72 \text{ lts/seg}$$

El gasto obtenido por las necesidades domésticas y el riego es lo que nos va a requerir la población de las tres comunidades.

Además este gasto medio anual va a ser afectado por un porcentaje (35%) debido a posibles fugas y desperdicios quedando así:

| LOCALIDAD | USO DOMÉSTICO (L/S) | USO AGRÍCOLA (L/S) | DESPERDICIOS (L/S) | TOTAL POR LOCALIDAD (L/S) |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| CABECERA MUNICIPAL | 5.88 | 6.08 | 4.186 | 16.146 |
| CUARTA MANZANA | 1.59 | 1.71 | 1.155 | 4.455 |
| SEGUNDA MANZANA | 3.85 | 1.71 | 1.946 | 7.506 |
| TOTAL | 11.32 | 9.5 | 7.287 | 28.107 |

Tabla 19

$$Q = 28.107 \text{ l/seg} = 886,382.352 \text{ m}^3/\text{año}$$

La suma de gasto en las tres localidades es el que deberá aportar el manantial; por lo menos, para satisfacer las necesidades de demanda que tendrá la población para el año 2011. Más adelante se demostrará como si satisface dicha demanda de agua por medio de aforos que se realizaron en el manantial.

Por datos obtenidos en el sitio, se nos informó que además del agua que se capta por medio natural de las lluvias, existe una aportación más que es el deshielo del Nevado de Toluca ó Xinantécatl; y la aportación real del manantial por medio de aforos que se realizaron al denominado ojo de agua es de 50 lps.

$$Q = 1,576'800,000 \text{ L/año} = 1'576,800 \text{ m}^3/\text{año}$$

El agua que requerirá para el año 2011 la población de las tres localidades es menor al gasto que tiene el ojo de agua, por lo tanto podemos concluir que se puede extraer sin ningún problema; sin temor que el agua en un futuro ya no vaya a satisfacer las necesidades de dichas comunidades.

$$\text{Agua req} = 886,382.352 \text{ m}^3/\text{año} < \text{agua de manatial} = 1'576,800 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Agua req} = 28.107 \text{ l/seg} < \text{agua de manatial} = 50 \text{ l/seg}$$

En algunos meses se observará un promedio diario de consumo más alto que el promedio anual. Especialmente el tiempo caluroso pondrá una semana de máximo consumo y ciertos días superarán a otros en cuanto a su demanda. También se producen puntas de demanda durante el día. Habrá una punta por la mañana al empezar la actividad del día y un mínimo hacia las cuatro de la madrugada.

El gasto máximo diario alcanzará probablemente el 120% del diario medio anual y puede llegar hasta el 150%, es decir:

$$Q_{md} = Q_{ma} * CVD$$

Donde:

Q_{ma} = Gasto medio anual en litros por segundo

Q_{md} = Gasto máximo diario en litros por segundo

CVD = Coeficiente de variación diaria

CVD = 1.2 a 1.5; los valores comúnmente usados para proyecto en la República Mexicana son CVD = 1.2

$$Q_{md} = 4.4555 * 1.2 = 5.346 \text{ L/S}$$

El gasto máximo horario será probablemente de alrededor del 150% del promedio para aquel día y puede llegar hasta el 200%, o sea:

$$Q_{mh} = Q_{md} * CVH$$

Donde:

Q_{mh} = Gasto máximo horario en litros por segundo

CVH = Coeficiente de variación horaria = 1.5 a 2.0; los valores comúnmente usados para proyecto en la República Mexicana son CVH = 1.5

$$Q_{mH} = 5.346 * 1.5 = 8.019 \text{ L/S}$$

CAPITULO 2

II.- ASPECTOS GENERALES DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

2.1.- DEFINICIÓN:

2.1.1.- FUENTE DE CAPTACIÓN Y SU LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

Como fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico, podemos considerar desde el punto de vista teórico a cualquier etapa del ciclo hidrológico, desde la evaporación hasta los depósitos en lagos, lagunas o los grandes océanos, pasando por la precipitación y los escurrimientos subterráneos y superficiales.

Sin embargo la explotación de algunos medios resulta ser muy costosa, debido a la magnitud de la obra que se requiere o por el tratamiento que se debe dar al agua para dejarla en condiciones de consumo. Otros casos no son viables porque la cantidad de agua obtenida es en pequeños volúmenes.

En estos casos se encuentran los siguientes aprovechamientos:

- Captación directa de lluvias
- De las evaporaciones
- De los mares
- De las aguas altamente contaminadas

Es por ello que para fines prácticos y dadas las características de nuestro país, en primer término se contemplan como fuentes de abastecimiento a las aguas continentales superficiales, así como las subterráneas, dejando en segunda instancia y sólo para casos especiales, el uso de otro tipo de captaciones.

AGUAS SUPERFICIALES

Comprenden a todos los escurrimientos, depósitos naturales y almacenamientos artificiales de agua que se encuentran sobre la superficie de la tierra. Se caracterizan por ser aguas blandas, que normalmente presentan alto contenido de oxígeno, así como de índices bajos de sílice, nitratos, amoniaco, y prácticamente ausencia de hierro, manganeso, gas carbónico y sulfuro de hidrógeno.

Estas aguas al estar expuestas a la atmósfera se contaminan fácilmente, sin embargo los materiales con que se contaminan naturalmente, son en su mayoría fácilmente removibles.

ÁREA DE SUBCUENCA = 750,000 m²

PRECIPITACIÓN = 1.113 m en un año (dato del Plan Nacional de Desarrollo)

VOLUMEN = Área * Precipitación

VOLUMEN = 750,000 * 1.113 = 834,750.00

Se considera que el escurrimiento es del 65% del volumen

la **infiltración** es del 15% del volumen

la **evaporaciones** del 10% del volumen

el **agua subsuperficial** es del 10% del volumen

En este caso el agua que va a captar el ojo de agua es el agua subsuperficial que es del 10% del volumen calculado de la subcuenca.

agua subsuperficial = 834,750.00 * 0.10 = 83,475 m³

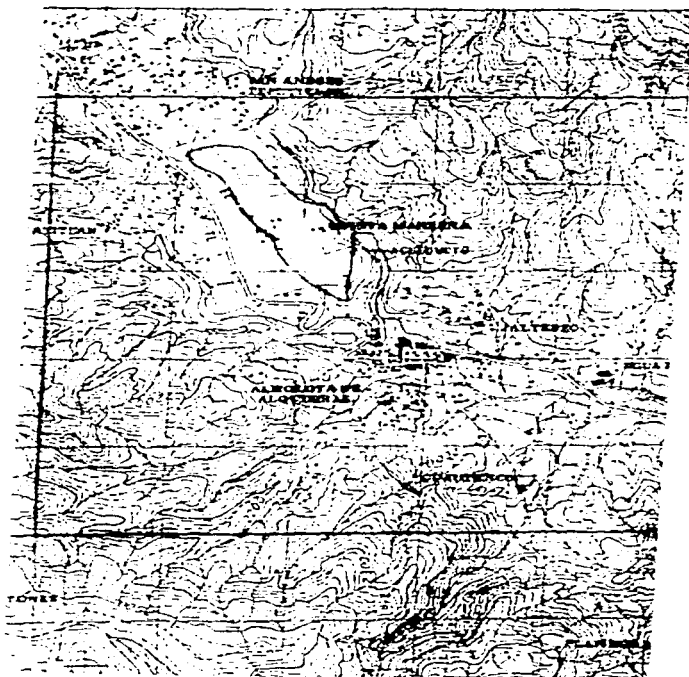
escurrimiento = 834,750.00 * 0.65 = 542,587.50 m³

infiltración = 834,750.00 * 0.15 = 125,212.50 m³

evaporación = 834,750.00 * 0.10 = 83,475 m³

Se puede observar que la mayor parte del agua que cae sobre el área del parte aguas escurre hacia otras partes y sólo una parte muy pequeña se logra dirigir hacia el manantial.

SUBCUENCA DE LA ZONA



Cabe mencionar que este volumen de agua no es el real. Se puede observar en el cálculo de demanda de agua que el gasto que aporta el manantial es mucho mayor, esto es debido al deshielo del Nevado de Toluca y posiblemente otras subcuencas aledañas aportan más agua a la cuenca donde se encuentra el manantial.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Como aguas subterráneas entendemos a todas aquellas que se encuentran bajo la superficie de la tierra, incluyendo a los ríos subterráneos, aguas freáticas, aguas confinadas y manantiales. Por su mayor aislamiento de la atmósfera, muestran una calidad más uniforme y niveles de contaminación menores, particularmente en lo que se refiere a materia orgánica.

Los elementos que más abundan en este tipo de fuentes de abastecimiento son el sulfuro de hidrógeno, sílice, hierro y manganeso, a la vez que presentan bajos niveles de oxígeno y una dureza muy elevada, que en ocasiones requiere de un tratamiento especial.

SELECCIÓN DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Para determinar las posibles fuentes de abastecimiento que cumplieran con los requerimientos del proyecto, se visitó la oficina regional de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, ubicada en el Municipio de Tenancingo en donde a través de los registros y levantamientos topográficos, nos proporcionaron la información requerida de la fuente de abastecimiento y que actualmente está en servicio suministrando de Agua Potable a la Cabecera Municipal de Almoloya de Alquisiras.

La comunidad se encuentra ubicada en una región en donde no se presentan problemas serios de disponibilidad de agua actualmente; ya que los bosques propician la precipitación pluvial y lo accidentado del terreno, permite la acumulación temporal de agua en las hondonadas así como la formación de innumerables arroyos permanentes, permitiéndose así la recarga de los mantos freáticos y la proliferación de pequeños manantiales.

A la fecha al poblado de la Cuarta Manzana, se le está suministrando de agua mediante pipas. Ya que como fuente de abastecimiento existe un pequeño manantial, ubicado a una distancia aproximada de tres kilómetros, de donde a través de una tubería de 4 pulgadas de diámetro, se descarga a un tanque regulador.

Este tanque de almacenamiento y regulación presenta problemas de filtración, que nos hacen prever una corta vida útil, también su baja capacidad se refleja en la insuficiencia para satisfacer la demanda diaria que se registra en estos momentos; además, por su inadecuada localización, obliga a bombear agua a las partes altas de la comunidad.

La selección de la fuente de abastecimiento no fue difícil, debido a que prácticamente el manantial "Ojo de Agua" y el río Almoloya están siendo aprovechados por las diferentes comunidades de la zona, además de existir proyectos de irrigación para promover el desarrollo económico de la región.

Por otra parte, se hizo de nuestro conocimiento que en la actualidad existen serios problemas entre comunidades por la explotación del manantial, limitando en algunos casos el acceso a la misma, sobre todo a nuevos colonos.

Características del Manantial

Se ubica sobre la cañada del Río Almoloya en una de las faldas, aproximadamente a 3 kilómetros aguas arriba en la margen izquierda, de la Cabecera Municipal de Almoloya de Alquisiras, en el Estado de México. Es posible acceder a él fácilmente por un canal que está construido exprefeso para regar de agua a las zonas agrícolas.

La obra de captación está construida a base de muros de mampostería, protegido con una losa, las medidas del tanque son aproximadamente de 6 metros de largo por 6 metros de ancho y 1.50 metros de altura, lo que nos da una capacidad de 54.00 m³.

El aforo del manantial es de 50 l/seg; aún en las épocas de estiaje.

Actualmente, es aprovechado mediante dos líneas de conducción de 4 pulgadas, que suministran el líquido a la Cabecera Municipal, mismas que cuentan con una válvula de cerramiento para el control de la misma línea de agua potable.

2.1.2 DISEÑO DE LA OBRA DE TOMA

DEFINICIÓN:

Para motivos del presente estudio, podemos considerar a la Obra de Toma como el conjunto de estructuras que permite captar o dar salida al agua almacenada en un depósito artificial o directamente de una fuente de abastecimiento natural, así como regular su flujo para satisfacer las necesidades detectadas, conforme a una ley de demanda predeterminada.

Se pretende que la obra de toma que se seleccione para un determinado proyecto responda a tres aspectos básicos:

- Seguridad
- Economía
- Eficiencia hidráulica

TIPOS DE OBRAS DE CAPTACIÓN

Las obras de toma se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios, como son:

- 1) El propósito final para el cual fueron creadas: para riego, agua potable, control de avenidas, generación de energía eléctrica, etc.
- 2) Tipo de abastecimiento que aprovechan: aguas superficiales (presas de almacenamiento, presas derivadoras, ríos, toma directa, etc.); aguas subterráneas (manantiales, pozos profundos, pozos someros y pozos artesianos).
- 3) De acuerdo al funcionamiento hidráulico: de compuertas, de captación directa, galerías filtrantes, con bombeo, de derivación, a base de válvulas, con canal de acceso o de llamada, con salida a canal abierto, con salida a una tubería forzada, etc.

- 4) Magnitud de la obra: pudiendo medirse por la cantidad de agua que va a desplazar, por el costo de la misma, por las dimensiones o por la carga hidráulica que soporta.
- 5) Características de la operación: de uso regular o permanente, con variaciones graduales del gasto, con variaciones bruscas del gasto, de uso estacional y de operación sólo en emergencias.

ELEMENTOS DE LA OBRA DE TOMA Y ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

Como se mencionó en un párrafo anterior, las obras de toma están compuestas por un conjunto de estructuras y partes complementarias, que pretenden establecer condiciones satisfactorias de flujo eficiente y regulado, para hacer extracciones de agua de una determinada fuente de abastecimiento; los elementos que la componen se pueden dividir en:

- Estructura de entrada
- Conductos
- Mecanismos de regulación y emergencia
- Dispositivos para la disipación de la energía
- Obras auxiliares

SELECCIÓN DEL TIPO DE OBRA DE TOMA

En la selección del tipo de captación, se consideró como política básica el aprovechar los recursos disponibles; por esta razón, se analizó la obra de toma que se encuentra actualmente en operación, a fin de determinar la factibilidad de incorporarle una derivación, sin que las modificaciones afectaran su funcionamiento hidráulico y con el fin de que dicha obra siguiera cumpliendo con las necesidades del proyecto inicial.

La obra de toma con que cuenta el manantial es un canal a cielo abierto que proporciona el agua para el riego de la zona agrícola, y dos líneas de conducción de 4 pulgadas que suministra a la cabecera Municipal.

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA OBRA DE TOMA

Antes de proceder a diseñar la obra de toma, fue necesario determinar la capacidad real de operación hidráulica de la infraestructura actual, considerando en los análisis las características de rugosidad y estado general que guardan los materiales de la tubería después de los años de estar en servicio.

Mediante visitas a la obra de toma, en diferentes épocas del año, se pudo constatar que la obra de toma opera normalmente, por lo que se consideró factible su uso para derivar el gasto requerido, sin que ello implique un gran costo.

Con base en lo anterior, se procedió a revisar las pérdidas de carga que se generan en la conducción a consecuencia de la fricción, en los cambios de dirección y por las piezas y válvulas instaladas.

Se revisaron las características hidráulicas de gasto y velocidad de la obra de toma existente, y los resultados obtenidos para los niveles de carga mínimo y máximo con que opera el manantial, fueron respectivamente casi idénticos, arrojándonos 50 lts/seg.

Comparando los resultados anteriores con la demanda máxima, podemos considerar que la obra de toma actual tiene un remanente de gasto, que podría aprovecharse para los fines de este proyecto.

Como resultado final, se propone utilizar la infraestructura existente, para que se pueda aprovechar en forma eficiente la obra de toma, haciendo los siguientes trabajos:

Se recomienda colocar un mecanismo de limpieza en la tubería, con el fin de evitar la acumulación de sólidos en el orificio de entrada, ya que la actual carece de ello.

Para instalar la derivación se optó por la opción más sencilla, que consiste en conectar la tubería al tanque de regulación, para derivar el gasto requerido.

2.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

2.2.1.- DISEÑO HIDRÁULICO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Conceptos básicos

Una vez definida la fuente de abastecimiento que en nuestro caso es el manantial, " OJO DE AGUA ", en el presente capítulo mencionaremos a grandes rasgos los parámetros que se tienen que considerar para el diseño de la "Línea de Conducción" óptima, que suministre agua para consumo doméstico a un tanque de regulación superficial desde el cual se distribuirá hacia el poblado, por medio de su red de distribución.

Definición

Una conducción se entiende como la acción de transportar agua desde una fuente de abastecimiento hasta un sitio o comunidad por medio de conductos abiertos o cerrados, entonces la línea de conducción de agua potable, será aquel sistema que trasladará agua para consumo humano.

Tipos

Cualquier línea de conducción para que cumpla su cometido necesitará forzosamente de una energía para poder operar, esta energía se obtiene por medio de un sistema de bombeo o de la acción de la gravedad terrestre; de lo anterior podemos distinguir tres tipos de formas de conducción, en cuanto a energía de funcionamiento se refiere, y son las siguientes:

- a) Por bombeo
- b) Por gravedad
- c) Combinado

Para este proyecto utilizaremos la conducción por gravedad, debido a que es posible aprovechar la carga de posición que tiene el agua debido a la diferencia de niveles que existe entre la obra de toma y el tanque de regulación, que es de 31.63 m.

2.3.- ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Toda línea de conducción está constituida por una serie de elementos que se pueden dividir en:

- a) Equipos: motores, bombas, transformadores eléctricos, etc.
- b) Tuberías: tubos y aditamentos de unión, etc.
- c) Accesorios: dispositivos de protección y control o válvulas que pueden ser de seccionamiento, de control, de alivio de presión, de admisión y expulsión de aire, de desfogue, etc.
- d) Estructuras complementarias: silletas, atraques, estructuras de apoyo, etc.
- e) Piezas especiales: para cambios de dirección, de diámetro, de tipo de material, accesos a válvulas, etc.
- f) Tanques: de oscilación, reguladores, cajas rompedoras de presión, etc.

TRAZO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Los estudios que deberán realizarse para tomar la decisión de un trazo definitivo de la línea directora, son los siguientes:

a) TOPOGRÁFICOS.

Se deberán obtener perfiles con las características topográficas para evitar que, con respecto a nuestra línea piezométrica, se tengan puntos con cargas muy altas, porque ésto influirá en el tipo y clase de tubería, incrementando el costo de la obra, por lo tanto se tiene que cuidar que la línea trabaje a las menores cargas posibles.

Para efecto de nuestro problema, se obtuvo en el INEGI una carta topográfica de la región (ALMOLOYA DE ALQUISIRAS E-14-A-57) a escala 1:50,000 para auxiliarnos y trazar sobre ella las diferentes alternativas.

Las limitaciones en tiempo y recursos para este trabajo no permitieron hacer estudios con brigadas de topografía, pero el CEAS nos proporcionó las secciones sobre el eje de la línea a cada 20 x 40 m, con secciones especiales cuando así se requieran.

b) TIPO DE TERRENO

Es importante conocer el tipo de suelo con que se cuenta a lo largo de la traza de la línea, para determinar si la tubería puede colocarse enterrada, que es lo más viable para evitar el vandalismo, o si el terreno es rocoso, prever que la tubería se instale en forma superficial, por lo costoso de las excavaciones en este tipo de terreno.

Auxiliándonos de una carta geológica editada por el INEGI, se ubicaron los sitios por donde cruza nuestra línea, e identificamos las características del tipo de subsuelo; también con la ayuda de fotografías aéreas se obtuvo una idea más clara de las particularidades del sitio. La línea atraviesa en una buena parte franjas boscosas, por lo que la superficie del terreno está cubierta con una capa vegetal, que va desde los 0.40 m hasta 1.20 m de profundidad, más abajo se localizan estratos de material tepetate consolidado, existiendo algunas zonas con mantos conglomerados de aluviones, también existen macizos rocosos que se ubican a mayor profundidad, y los que afloran se localizan en las partes más altas de la serranía, por lo que no representan ningún problema para enterrar nuestra tubería.

c) CRUZAMIENTOS Y AFECTACIONES

Una vez definida la ruta que seguirá la línea de conducción, es necesario realizar uno o varios recorridos a pie, para verificar que no se invadan terrenos ejidales

d) COSTOS DE EJECUCIÓN

El Objetivo primordial que tenemos que buscar, después de realizar el análisis preliminar del proyecto, es que el estudio cumpla con un buen funcionamiento hidráulico, y que los costos de ejecución y su posterior mantenimiento sean los más bajos; para ello deberán analizarse todas las posibilidades existentes como son: el tipo y clase de la tubería a utilizar, el diámetro económico, si la línea será superficial o enterrada, si funcionará por gravedad o a base de bombeo, etc.

ESTUDIO GENERAL DE LA TOPOGRAFÍA

La región que nos ocupa es muy irregular, contando con accidentes topográficos de consideración, la existencia de decenas de manantiales crean arroyos perennes que tendrán que ser cruzados, también existen carreteras y caminos de terracería, que se utilizan para extraer el recurso maderero de la zona, todo lo anterior restringe la cantidad de posibles rutas para la línea de conducción.

En total se cruzarán tres arroyos, dos tramos de carretera y aproximadamente dos caminos de terracería.

El estudio topográfico se hizo con base en una carta que contiene curvas de nivel a cada 10 m., por lo que la precisión será del mismo orden. La línea seguirá las curvas de nivel, procurando que la pendiente sea suave.

La diferencia de niveles entre la obra de toma, la llegada al tanque y la carga total con que se cuenta es de 31.63 m.

Se analizaron tres diferentes alternativas de trazo de la línea de conducción.

La primera se desechó debido a que era necesario trabajar un tramo a bombeo, lo que resultó inaceptable por los costos y a la carga de posición con que se cuenta.

Para la segunda opción se buscó una línea que pudiera trabajar en toda su longitud por gravedad, inclusive se tiene la desventaja que en algunas zonas la presión es elevada, por lo que se determinará más adelante, cómo resolver este inconveniente; también la línea resulta con mayor longitud que la anterior, pero comparando los gastos por esa longitud adicional contra un sistema de bombeo y sus gastos por energía eléctrica y mantenimiento, resulta más costeable que la anterior.

En la tercera línea se buscó una disminución en la longitud, pero debido a que la ruta contaba con grandes elevaciones, la única manera de salvarlas implicaba instalar un sistema de bombeo. De igual manera se descartó, debido a los costos en el consumo de energía y mantenimiento.

SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

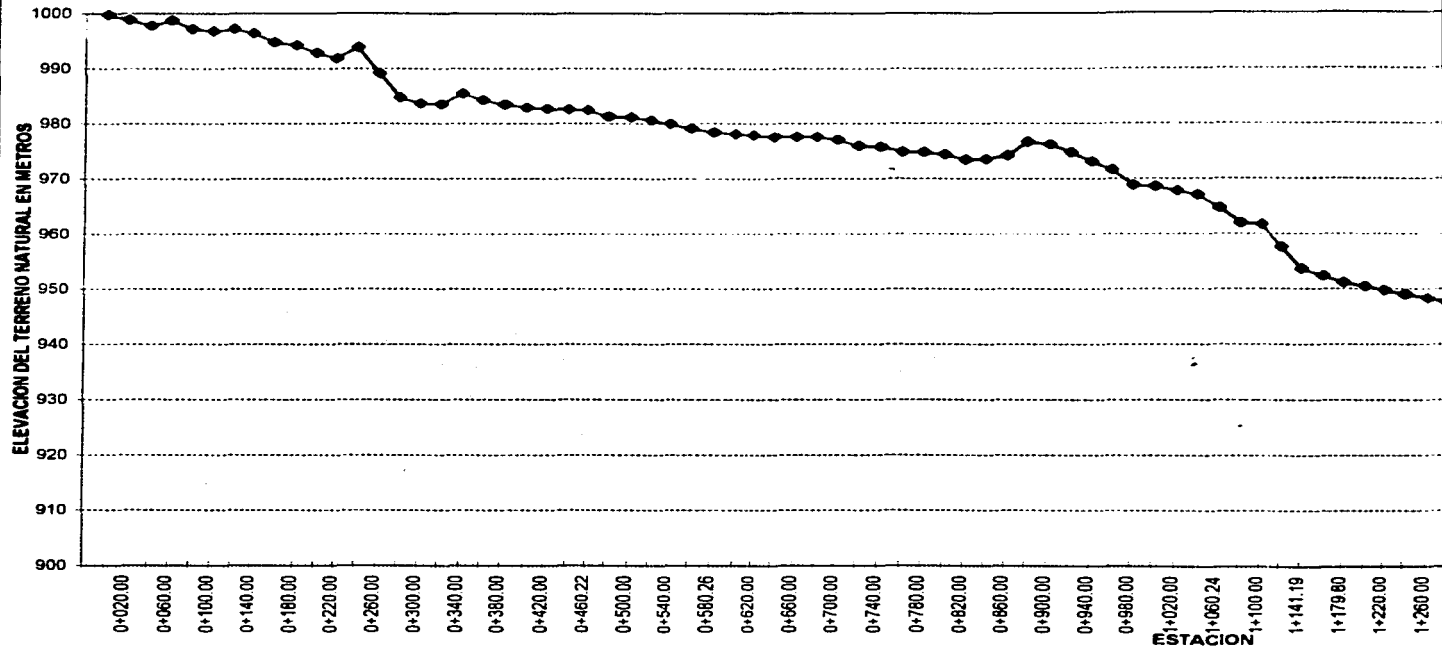
Se escogió la segunda alternativa debido a que es la más económica a corto y largo plazo, y se le hicieron algunas modificaciones en el cruce con cañadas, para ahorrar longitud de tubería.

Las características generales de la línea de conducción son las siguientes:

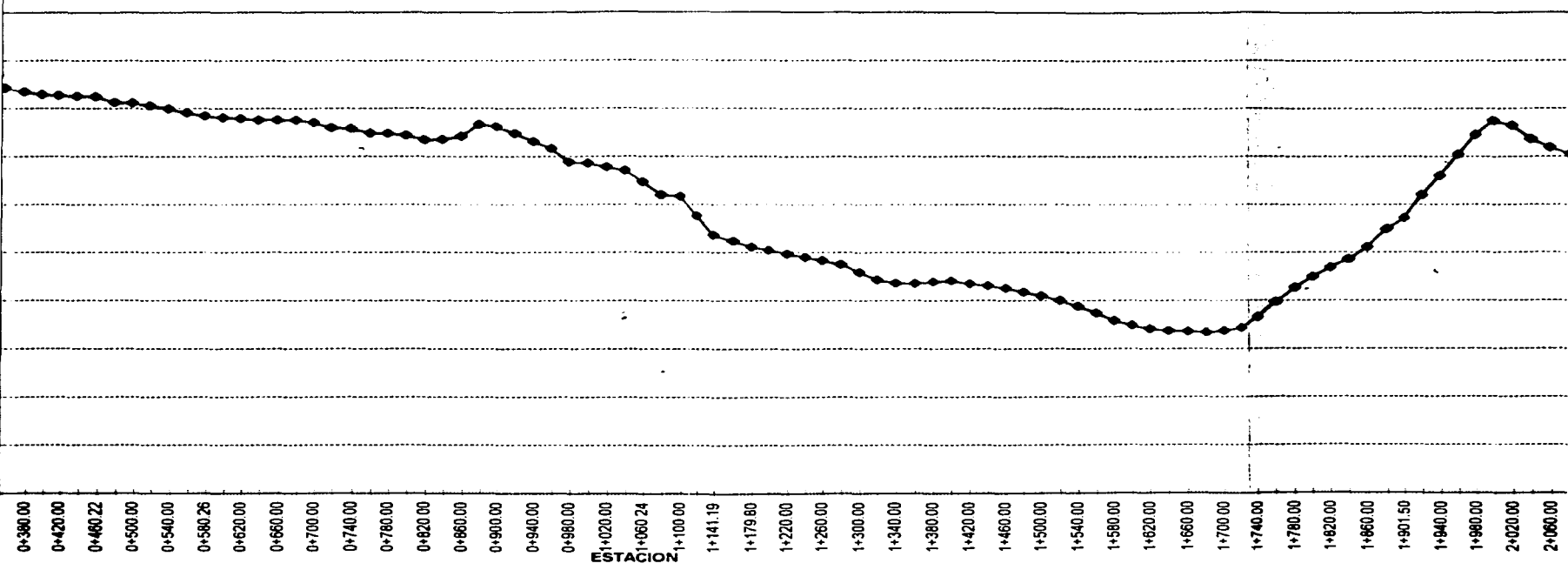
| | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Longitud real de la tubería | 2,118.65 m |
| Longitud horizontal de la tubería | 2,118.49 |
| Fuente de abastecimiento | Manantial "Ojo de Agua" |
| Obra de toma (derivación del tanque de captación) | Cadenamiento 0+000 |
| Elevación de la obra de toma | cota 1,000.401 |
| Tanque regulador (en la falda del cerro al norte del poblado) | Cadenamiento 2+118.65 |
| Elevación a la entrada del tanque regulador | cota 999.791 |

Tabla 20

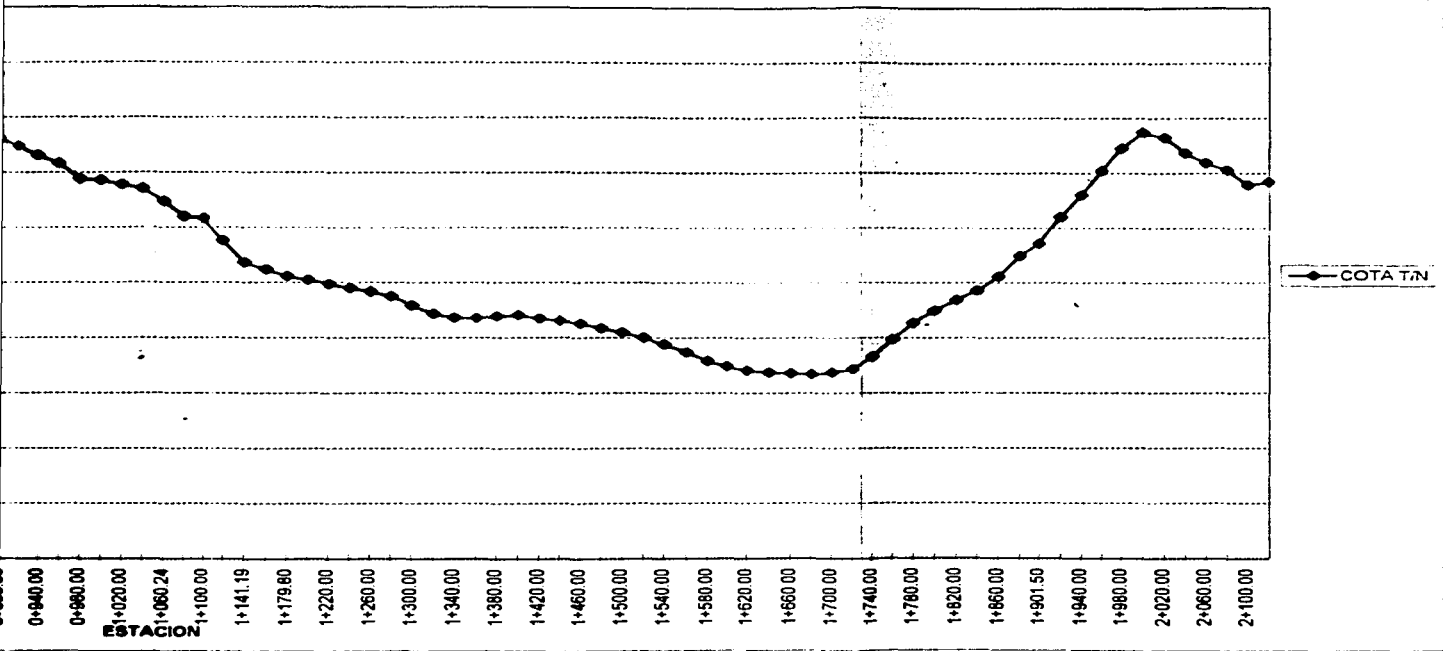
PERFIL TOPOGRAFICO DE LA LINEA DE CONDUCCION

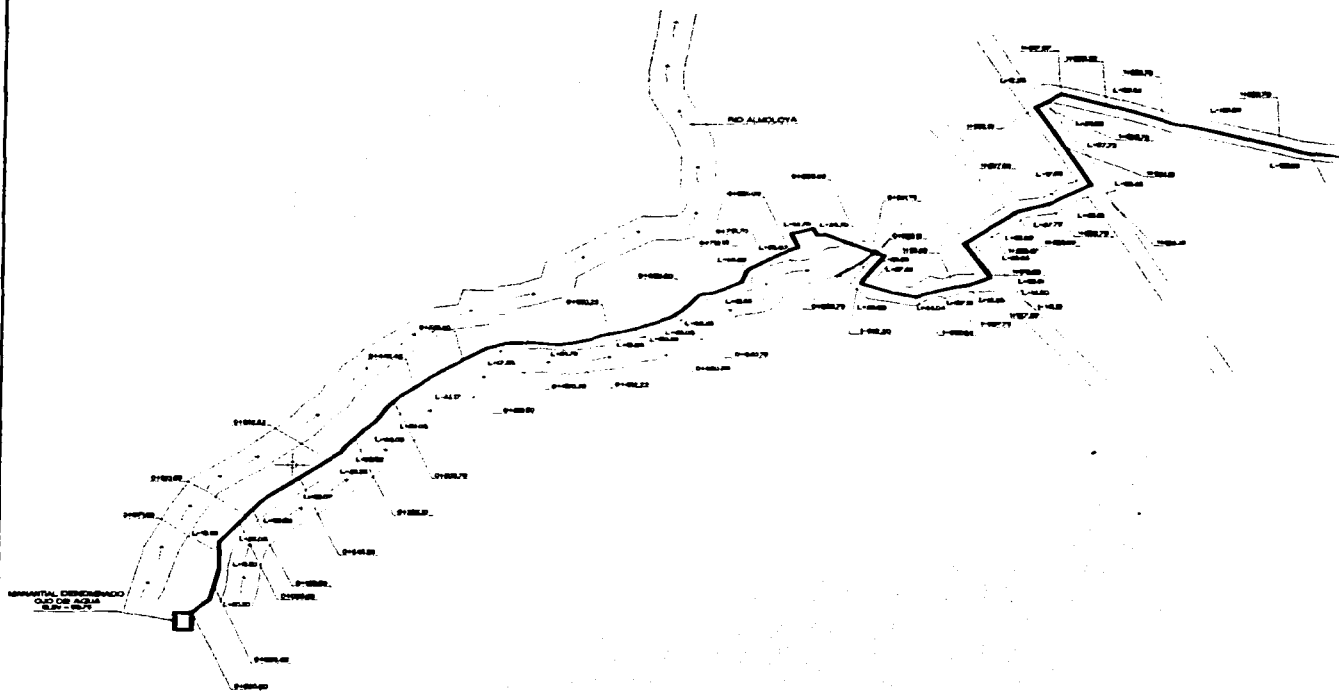


PERFIL TOPOGRAFICO DE LA LINEA DE CONDUCCION DE LA CUARTA MANZANA

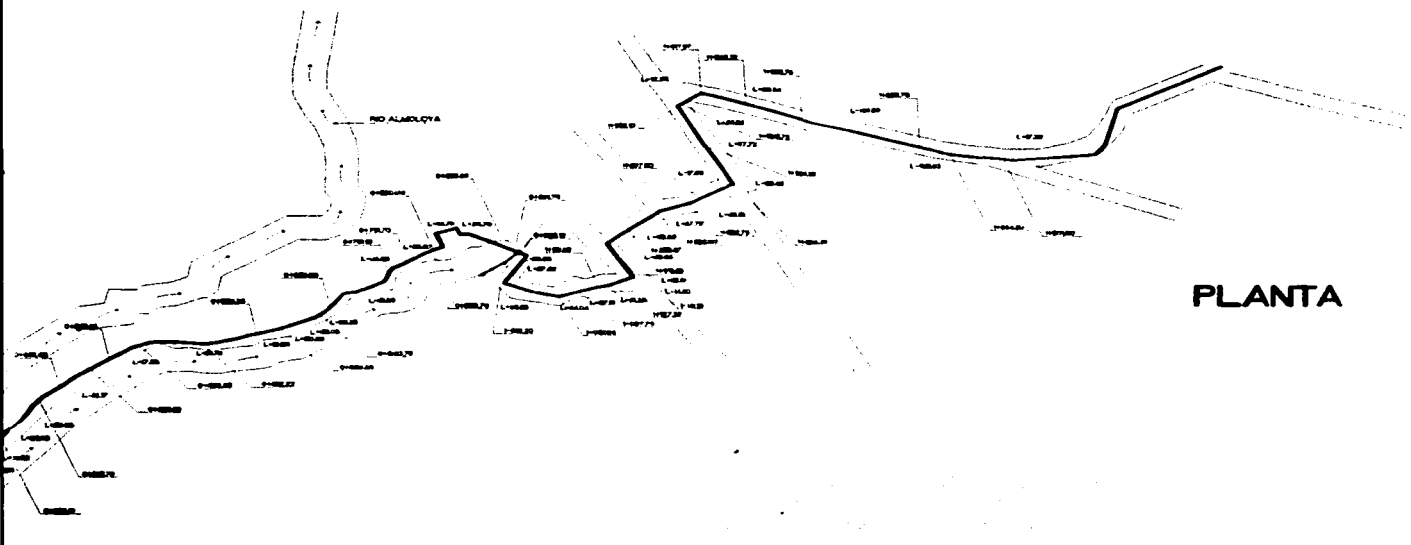


DE LA LINEA DE CONDUCCION DE LA CUARTA MANZANA



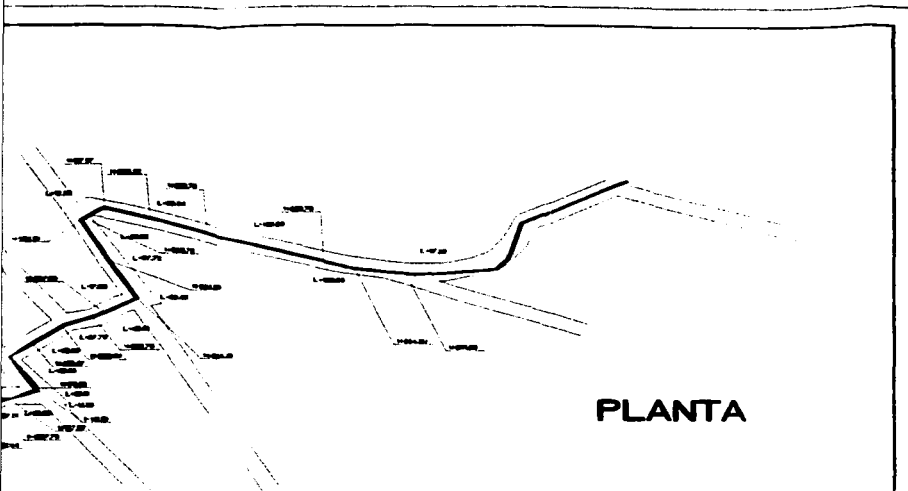


| | |
|------------------------------|----------------|
| UNIVERSIDAD ESCUELA NA | |
| PLANTA LINE POBLADO DE LA | |
| 0.00 | Escala sin esc |
| N.R.O. | |



PLANTA

| | | | |
|--------------------------------------------------------|------------|--------|-----------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO | | | |
| ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES | | | |
| "ACATLAN" | | | |
| PLANTA LINEA DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE | | | |
| POBLADO DE LA CUARTA MANZANA DE ALMOLOYA DE ALQUISIRAS | | | |
| Escala | N.R.O. | Estado | Fecha |
| | sin escala | | Mayo 1997 |



PLANTA

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN" | | | |
| PLANTA LINEA DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE POBLADO DE LA CUARTA MANZANA DE ALMOLOYA DE ALQUISIRAS | | | |
| Diseño | Ejecución | Fecha | |
| N.R.O. | sin escalar | Mayo 1997 | |

DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO, MATERIAL Y CLASE DE TUBERÍA

Con el gasto requerido y los datos que se obtuvieron de los trazos planimétricos y altimétricos (longitud de la línea y carga disponible) se puede determinar el diámetro teórico y comercial de la tubería, el tipo de material y la clase (espesor), que estará en función de la presión de trabajo.

En resumen, los factores principales que deben tomarse en cuenta para la selección de la tubería son:

- a) Calidad y cantidad de agua por conducir.
- b) Características topográficas de la conducción y calidad de terreno por excavar.
- c) Costos de suministro e instalación.

Tomando en cuenta lo anterior se hicieron las siguientes determinaciones:

1) Diámetro de la Tubería.

Si el gasto requerido es: $Q_{md} = 4.4555 \text{ Lps} = 0.0044555 \text{ m}^3/\text{s}$

Para este cálculo tomaremos las pérdidas secundarias (h_s) como un 10% de las pérdidas por fricción (h_f).

$h_t = h_f + h_s$ pero $h_s = 0.10h_f$, por lo tanto $h_t = h_f + 0.10h_f = 1.10h_f$

La carga disponible es de 31.63 m. y la longitud de 2,118.65 m.

$h_t = 31.63 \text{ m.}$ de donde $h_f = 31.63/1.10 = 28.75 \text{ m.}$

De la fórmula de las pérdidas:

$$hf = \frac{10.3 n^2 Q^2 L}{D^{16/3}}$$

Despejaremos el diámetro D :

$$D = \left[\frac{10.3 n^2 Q^2 L}{hf} \right]^{3/16}$$

Tomaremos para este cálculo tubería de Fo. Galvanizado con $n = 0.014$ (coeficiente de rugosidad de Manning)

$$D = \left[\frac{10.3 (0.0014)^2 (0.0044555)^2 \times (2118.65)}{28.75} \right]^{3/16}$$

$D = 0.091872$ m. que es el diámetro teórico, el diámetro comercial inmediato de 0.1016 m. que son 4", entonces las pérdidas por fricción para un diámetro de 4" serán:

$$hf = \frac{10.3 (0.0014)^2 (0.0044555)^2 \times (2118.65)}{(0.1016)^{16/3}} =$$

$$hf = 16.81 \text{ m.} \leq 28.75 \text{ m}$$

Revisando la velocidad tenemos:

$Q = VA$ donde $A = 0.0081073 \text{ M}^2$ para 4" de diámetro, entonces:

$$V = \frac{0.0044555}{0.0081073} = 0.54956644 \text{ m/s.}$$

El resultado anterior es aceptable debido a que se sugiere trabajar velocidades en las conducciones con un mínimo de 0.5 m/s y un máximo de 2.5 m/seg.

Concluyendo, el diámetro que tomaremos como base es el de 4 pulgadas, aunque en algunos tramos será necesario colocar tubería de 6 pulgadas, debido a que en varias secciones necesitaremos reducir las pérdidas de fricción, aumentando el área de la tubería.

2.3.1.- MATERIALES DE LA TUBERÍA.

Tomando en cuenta los factores principales citados anteriormente para la selección de la tubería, y partiendo del diámetro necesario para cubrir las necesidades del proyecto, que en este caso es una tubería de 4 pulgadas, podemos considerar que la tubería de Fo. Galvanizado es la más adecuada, ya que se comparó con otros materiales, y se le encontraron las siguientes ventajas: un menor costo de adquisición, buena resistencia a la corrosión y facilidad de instalación. Aunado a que la tubería no irá enterrada sino a la falda del cerro. Por el tipo de material del terreno.

1) Clase de Tubería.

Ésta dependerá de la presión integral de trabajo (carga piezométrica), pero también deberá considerarse, en una línea que trabaje a gravedad, la carga estática y la sobrepresión causada por el fenómeno conocido como golpe de ariete.

Analizando la clase de tubería necesaria para soportar la carga piezométrica, sería suficiente con colocar una tubería para resistir una presión interna de 10.7 m de columna de agua ó 0.98 kg/cm², pero tomando en cuenta las condiciones más desfavorables, que para nuestro caso serán:

- A) La presión debida a la carga estática, cuando se cierre la válvula de llegada al tanque regulador, puesto que en ese momento la tubería deberá soportar la presión que se origina por la diferencia de niveles entre la salida de la obra de toma y la entrada al depósito mencionado.
- B) También el fenómeno transitorio que se produce al cerrar la válvula de llegada y que se conoce como golpe de ariete, causará una elevación momentánea de la presión en la línea, por lo que

será necesario considerarla al hacer la elección del espesor de pared de nuestra tubería.

Una vez tomadas en cuenta las consideraciones anteriores, se procedió a analizar la presión a la que estará sujeta nuestra línea y se instalará la tubería de Fo. Galvanizado con pared más gruesa que la que se encuentra disponible en el mercado, y que es la 40 (recomendada para soportar una presión máxima de 11.2 kg/cm²).

CAPITULO III

CÁLCULO Y DISEÑO DE LOS ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS Y PIEZAS ESPECIALES

3.1.- Definiciones y aspectos teóricos

3.1.1.- Válvulas, criterios de selección, usos y tipos.

Para fines prácticos de este trabajo los accesorios complementarios se refieren a las válvulas que se utilizarán en la tubería para el abastecimiento de agua potable.

Existen varios tipos de válvulas que son necesarias para el funcionamiento adecuado de una línea de conducción de agua potable.

Para la selección de la válvula, generalmente se toman en cuenta las siguientes características:

- a) Tipo de válvula (función y servicio)
- b) Materiales de construcción (Fo. Galvanizado, bronce, acero inoxidable, PVC)
- c) Capacidad (presión, temperatura)
- d) Material de las juntas.
- e) Costo.
- f) Disponibilidad en el mercado.

Una consideración importante en la selección de las válvulas es verificar que éstas cumplan con las normas y especificaciones que regulan la construcción y el uso de las mismas, ya que el fabricante al apegarse a estos estándares garantiza que su producto ha pasado satisfactoriamente las pruebas a las que debe ser sometido todo accesorio; a continuación mencionamos algunas de las más usuales.

ANSI (American National Standard Institute)

MSS (Manufacturers Standarization Society of the Valve and fitting Industry)

ASTM (American Society Testing of Materials)

API (American Petroleum Institute)

También será necesario contemplar los diversos tipos de material que ofrecen los fabricantes, así como sus costos para tener puntos de comparación.

Posteriormente deberá establecerse el uso o la función que vaya a tener la válvula.

USOS DE LAS VÁLVULAS

a) Control:

1. Seccionamiento o bloqueo.
2. De drenado o vaciado.
3. De control de la cavitación.
4. Bypass

b) Regulación de presión:

1. Alivio de presión

c) De no retorno:

1. Válvula check.

d) De control de aire:

1. Eliminadoras de aire
2. De aire-vacío

a) Válvulas de control

1.-**Seccionamiento:** la función de estas válvulas es bloquear ciertas zonas, controlando los gastos que ingresan en ellas. El aislamiento generalmente se utiliza para realizar trabajos de mantenimiento o reparaciones.

- 2.-**Drenado:** la función de las válvulas en este caso es poder vaciar el agua contenida en las tuberías. Por ello deben ubicarse en puntos topográficamente bajos para que, por gravedad, se produzca esta función.
- 3.-**Control de la cavitación:** este tipo de válvulas controla el flujo o disipa el exceso de energía, limitando con ello el valor de la cavitación a un valor aceptable.
- 4.-**Bypass:** La función de estas válvulas es reciclar el agua en un arranque de bomba, en un llenado de tuberías o bien en una zona donde esté instalada una válvula de difícil operación, actuando sobre la presión y facilitando con ello las maniobras de dicha válvula.

b) Válvulas reguladoras de presión

- 1.-**Aliviadoras de presión:** la función de estas válvulas es proteger a las tuberías de las presiones excesivas, principalmente las sobrepresiones por golpe de ariete.

c) Válvulas de no retorno

- 1.-**Válvula check:** la función de estas válvulas es prevenir y evitar el flujo de agua en sentido inverso al flujo de la operación normal. Su uso es frecuente en las tuberías a bombeo para impedir que el agua regrese hacia la bomba y la haga trabajar en forma contraria a la que fue diseñada.

d) Válvulas de control de aire

- 1.-**Eliminadoras de Aire:** este tipo de válvulas expulsa pequeñas cantidades de aire que se acumula en los puntos altos de una línea de conducción. Este aire generalmente es arrastrado por el agua en su movimiento por la tubería, y difícilmente se puede evitar, por lo que es importante no dejar de colocar este tipo de válvulas en las líneas, sobre todo en aquellas de gran longitud.

2.-**De aire vacío:** Estas válvulas expulsan grandes volúmenes de aire de las líneas de conducción cuando se están llenando, e inyectan aire a la línea de conducción cuando ésta se vacía.

3.2 Tipos de Válvulas

- a) Válvula de Compuerta
- b) Válvula de Mariposa
- c) Válvula de Globo
- d) Válvula de Check
- e) Válvula Aliviadora de Presión
- f) Válvula Eliminadora de Aire
- g) Válvula de Admisión y Expulsión de Aire
- h) Válvula Combinada
- i) Válvula de Desfogue o Drenaje

a) **Válvula de Compuerta:** es una válvula de control que se usa para seccionar o drenar. Como su nombre lo indica consiste en una estructura que permite el deslizamiento de un disco en posición vertical para dar paso o cerrar, en forma hermética a altas presiones; abierta totalmente causa pocas pérdidas. Requiere de una gran fuerza para su operación, si es de un gran tamaño requiere de muchos minutos para ser cerrada. Estas válvulas pueden ser de vástago levantara o no levantara, el tipo normal abre si se gira a la izquierda y tiene por tanto una rosca directa. Cuenta con extremos provistos de bridas. Las válvulas de uso frecuente pueden ser de operación hidráulica o eléctrica, así como de operación manual.

b) **Válvula de Mariposa:** es una válvula de control que se usa para seccionar o drenar. La válvula consiste en un cuerpo tubular en donde va montado un disco denominado mariposa que pivotea sobre un eje central. En el exterior de la válvula se tiene un indicador para saber la posición del disco. Compite con las de compuerta en cuanto a su utilización, pero tiene la ventaja de ser más ligera cuando se requiere para grandes diámetros, ya que son de menor tamaño, tienen mínimo desgaste por fricción, facilidad de operación y son de menor precio que las de compuerta.

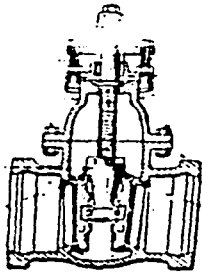
Tiene la desventaja de presentar mayores pérdidas aún estando totalmente abierta y no son adecuadas para líquidos que contengan materias que puedan impedir su cierre.

- c) **Válvula de Globo:** generalmente se usa en pequeños diámetros y son económicas. Constan de un disco horizontal accionado por un vástago para cerrar o abrir un orificio por el que circula el agua, este mecanismo se encuentra alojado dentro de una caja voluminosa con extremos de brida para diámetros grandes y de rosca para las pequeñas. Su utilización en redes no es normal, debido a las grandes pérdida de carga que producen. Su aplicación principal es en sistemas de distribución de edificios en donde su bajo costo compensa sus deficientes características hidráulicas.
- d) **Válvula de Check:** el objeto de esta válvula consiste en dejar pasar el agua en un sólo sentido y automáticamente impedir que lo haga en sentido inverso al normal de trabajo, para ello constan de una placa con charnela a manera de compuerta y casi equilibrada con su peso para ser movida y quedar abierta, con la ayuda del agua que circula en el sentido deseado.
- e) **Válvula Aliviadora de Presión:** se usa para proteger el equipo de bombeo y las tuberías, de las sobrepresiones producidas por los fenómenos transitorios. Esta válvula puede calibrarse y está diseñada para abrir automáticamente y descargar al exterior, cuando la presión en la línea sea mayor que aquella a la que fue calibrada. Según el modelo, consta de un pistón que es accionado por la presión del agua para moverse hacia arriba del cuerpo de la válvula, a este movimiento se opone un resorte con presión controlable, según se desee calibrar la presión del flujo.
- f) **Válvula Eliminadora de Aire:** la instalación de este tipo de válvula permite dar salida al aire que contiene el agua que circula en una tubería de conducción, este aire se va acumulando en los puntos altos y cambios de pendiente y conforme aumenta el volumen reduce el área efectiva de flujo; pudiendo ocasionar inclusive una interrupción de toda la sección, por lo que, con la instalación de estas válvulas, se evitarán estos problemas, ya que se irá eliminando continuamente el aire acumulado. Existen varios modelos de estas válvulas, pero básicamente constan de una

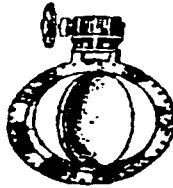
cámara en donde el agua eleva un flotador para cerrar un orificio existente en la parte superior y que baja cuando la cantidad de aire adquiere cierto volumen, permitiendo automáticamente la salida del aire acumulado.

- g) **Válvula de Admisión y Expulsión de Aire:** conocidas también como de Aire-Vacío, estas válvulas expulsan grandes cantidades de aire cuando una tubería se está llenando y por otro lado dejan entrar aire del exterior cuando una tubería se está vaciando, aliviando de esta forma la presión negativa y evitando que la tubería se aplaste por el efecto de la presión atmosférica.
- h) **Válvula Combinada:** la válvula combinada para aire está constituida por dos válvulas, una Eliminadora de Aire, acoplada a otra de Admisión y Expulsión de Aire; la primera permite descargar pequeñas y continuas cantidades de aire, lo que, por su diseño, la segunda no lo permite realizar.
- i) **Válvula de Desfogue o Drenaje:** este tipo de válvula se debe colocar en los puntos más bajos de una línea de conducción, con la finalidad de drenar la tubería para posibles inspecciones o reparaciones.

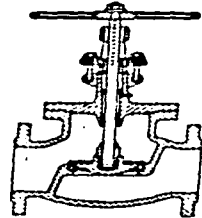
TIPOS DE VÁLVULAS



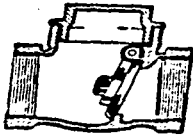
a) Válv. Compuerta



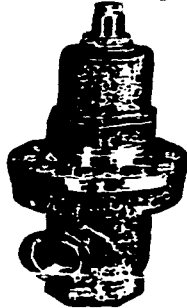
b) Válv. Mariposa



c) Válv. de Globo



d) Válv. check



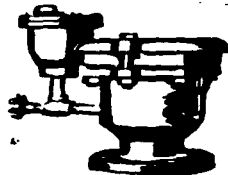
e) Válv. Aliviadora de Presión



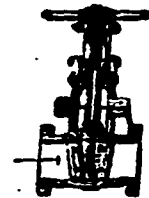
f) Válv. Eliminadora de Aire



g) Válv. Admisión y Expulsión de Aire



h) Válv. Combinada



i) Válv. de Drenaje

3.3 ATRAQUES

Atraques, criterios y usos

Con este nombre se define a ciertos elementos estructurales, generalmente de concreto, que impiden que una tubería en operación se presenten movimientos por efecto de las fuerzas dinámicas, producida por la Presión y por el choque del agua en los puntos de cambio de dirección del flujo.

Tienen por objeto evitar que, por los empujes producidos por la Presión, la línea se mueva y se afecten sus acoplamientos.

Para el diseño de los atraques se consideran fundamentalmente tres fuerzas:

- a) Fuerza de Presión (incluyendo el golpe de ariete)
- b) Peso de la Tubería
- c) Peso del Agua

Las fuerzas anteriores combinadas con los cambios de dirección (ángulo de deflexión) y la resistencia del terreno nos permitirán diseñar el tamaño y tipo de atraque por instalar, siendo necesarios en ciertos puntos a lo largo de toda línea de conducción.

Su uso para constituir un medio de anclaje entre la tubería, los accesorios y la pared de la zanja.

3.4 SILLETAS

Silletas, criterios y usos.

Son elementos que generalmente soportan a las tuberías que se instalan a cielo abierto, evitan que ésta se apoye directamente en el terreno con diversos fines, como por ejemplo impide que el agua de lluvia se embalse en un costado de la tubería; y cuando el terreno es muy irregular el uso de las silletas evita las continuas deflexiones.

El criterio de diseño se basa en considerar que trabajan como apoyos libres. Por ello la tubería se analiza como una viga continua con apoyos libres.

Las silletas se pueden construir de mampostería, de materiales de acero, pero comúnmente se construyen de concreto.

Tipos de Silletas

- a) De mampostería
- b) De acero
- c) De concreto

En el caso que nos ocupa se utilizarán las silletas en una forma general, debido a que la tubería de Fo. Galvanizado estará colocada sobre el terreno y por lo tanto son necesarias; únicamente se construirán silletas de concreto para soportar a las válvulas que se instalarán sobre la línea de conducción.

3.5 PIEZAS ESPECIALES

Piezas especiales y Juntas de Dilatación

Así son denominadas todas las conexiones necesarias en una línea de conducción y que se utilizan para continuar y guiar la tubería en las intersecciones, en los cambios de dirección, variación de diámetro, accesos a válvulas, etc.

Las piezas especiales de fierro fundido son las más empleadas y se fabrican para todos los diámetros de tubería. Estas piezas se conectan a la tubería, entre sí o a las válvulas por medio de bridas y tornillos, con un empaque o sello que puede ser de plomo, hule o plástico.

Dentro de las piezas especiales se pueden encontrar las siguientes:

- a) Codos
- b) Cruces y Tes
- c) Reducciones
- d) Tubos cortos o Carretes

Juntas de Dilatación

La función de las juntas es absorber el alargamiento y contracciones del tubo, como consecuencia de las variaciones de temperatura.

En las tuberías expuestas a la intemperie y sobre todo en las metálicas se requiere instalar juntas de dilatación ya que de no colocarlas la línea de conducción podría fallar.

Para la colocación de las juntas de dilatación se debe calcular una separación máxima "S", que depende de la variación de la temperatura en el lugar y del alargamiento unitario del tipo de tubería por emplear.

Con el fin de definir la variación de temperatura que se presenta con más frecuencia en la zona de estudio, en el Servicio Meteorológico

Nacional se dispone de información para poder determinar los valores mínimo y máximo de temperatura.

Dependiendo del material se debe establecer un alargamiento permitido, y la decisión de la separación de las juntas dependerá de un análisis técnico - económico, para encontrar el que cumpla mejor con las condiciones de nuestro proyecto.

Se conocen dos tipos de juntas:

Tipo acordeón (metálica)

Tipo unión o dresser (con empaque de hule)

3.6 CRITERIOS DE DISEÑO

3.6.1 VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO

a.1.- Criterio de diseño: Se basa en considerar las pérdidas que produce la válvula al sistema, para diferentes condiciones de funcionamiento o grados de apertura.

a.2.- Metodología:

- 1o. Ubicar los sitios en donde se colocarán las válvulas. El sitio generalmente depende de la función que le queramos dar a la válvula.
- 2o. Seleccionamos el tipo de válvula a usar, y se procede a hacer un análisis de funcionamiento como parte integrante del sistema.
- 3o. Para hacer el análisis del comportamiento de la válvula, es necesario obtener de los fabricantes las "curvas de descarga" o de "pérdidas" para diferentes porcentajes de apertura.
- 4o. Se proponen diferentes condiciones de apertura de la válvula en %, con ayuda de la curva de descarga obtendremos el valor del coeficiente Cd. para cada apertura.
- 5o. Para cada uno de los coeficientes Cd se calcula el correspondiente coeficiente de pérdidas Ke, utilizando la siguiente ecuación:

$$Ke = \frac{1.00}{Cd^2 - 1}$$

- 6o. Para cada valor de Ke se calcula la velocidad en la válvula, considerando todas las tuberías del sistema; para ello se utiliza la ecuación de Bernoulli o de Energía.

$$Z1 = Z2 + \left(f \frac{L}{D} + Ke\right) \frac{V^2}{2g}$$

7o. Para cada valor de velocidad calculado en el paso anterior se obtiene el porcentaje que representa el valor de velocidad máxima calculada.

Estos resultados permitirán observar cómo se comporta la válvula para diferentes aperturas.

El criterio de selección consiste en tomar aquella válvula que presenta poca variación de velocidad para una variedad de aperturas.

Para este proyecto el cálculo de la válvula de seccionamiento es el siguiente:

Cálculo para la Válvula de Seccionamiento

Se propone utilizar una válvula de compuerta de 6" de diámetro.

Del fabricante solicitamos la gráfica de curvas de descarga para diferentes porcentajes de apertura, y con la ayuda de esa curva obtenemos el valor del coeficiente C_d , para cada apertura; con este dato se calcula el coeficiente de pérdidas K_e , con la siguiente ecuación:

$$K_e = \frac{1.00}{C_d^2 - 1}$$

y posteriormente para cada valor de K_e obtenido calculamos la velocidad en la válvula, utilizando la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 = Z_2 + \left(f \frac{L}{D} + K_e \right) \frac{V^2}{2g}$$

de la cual despejaremos la velocidad V :

$$\text{quedando: } V = \sqrt{\frac{2g(Z_1 - Z_2)}{f \frac{L}{D} + K_e}}$$

| % APERTURA | Cd | Ke | V (m/seg) | % vel máx. |
|------------|------|--------------|------------------|---------------|
| 100 | 1.00 | 0.00 | 1.160 | 100.0 |
| 90 | 0.84 | 0.41 | 1.156 | 99.6 |
| 80 | 0.59 | 1.87 | 1.153 | 99.4 |
| 70 | 0.38 | 5.92 | 1.145 | 98.7 |
| 60 | 0.25 | 15.00 | 1.127 | 97.1 |
| 50 | 0.16 | 38.06 | 1.080 | 93.4 |
| 40 | 0.10 | 99.00 | 0.990 | 85.4 |
| 30 | 0.06 | 276.00 | 0.810 | 70.2 |
| 20 | 0.04 | 624.00 | 0.630 | 55.0 |
| 10 | 0.02 | 2,499.0 0 | 0.360 | 31.0 |

Tabla 21

Se utilizará la válvula marca Mymaco ya que no presenta gran variación de velocidad para las diferentes aperturas.

b) Válvulas de desfogue

b.1.- Criterio de diseño: estas válvulas se diseñan para vaciar el agua contenida en las tuberías en un tiempo determinado.

El modelo matemático que se utiliza en el análisis de esta válvula es el equivalente a la descarga a través de un orificio del volumen de agua contenida en un depósito.

$$T = \frac{2V_a}{Q_a}$$

donde:

T = Tiempo total de vaciado

V_a = Volumen del líquido contenido en el recipiente

Q_a = Gasto al iniciarse el vaciado bajo la carga H_a

Además: $V_a = A \times L$ (del tubo o tubos)

$$Q_a = C_d A_1 \sqrt{2g H_a}$$

b.2.- Metodología:

1o.- Ubicar el sitio donde se instalará la válvula.

2o.- Se calcula el volumen de agua a desalojar.

$$V = A \times L$$

donde:

V = Volumen del agua desalojar

A = Área interior de la tubería

L = Longitud de la tubería

3o.- Se propone un tiempo de vaciado total "T" de acuerdo a las necesidades de operación que se tengan en el sistema.

4o.- Se calcula el gasto de vaciado total:

$$Q = \frac{2V}{T}$$

5o.- Calculamos el área de la válvula para desalojar el gasto Q anterior mediante la ecuación:

$$A_v = \frac{Q \sqrt{K_v + 1 + f L/d}}{\sqrt{2g \times h}}$$

donde:

A_v = Área de apertura de la válvula

Q = Gasto desalojado

f = Factor de fricción de Darcy para el tubo de descarga

L = Longitud del tubo de descarga

d = Diámetro del tubo de descarga

h = Pérdidas del tubo de descarga

Kv = Coeficiente de pérdida

60.- Se determina el tamaño de la válvula en función del área Av

$$dv = \frac{\sqrt{4 A_v}}{\pi}$$

donde:

dv = Diámetro de apertura de la válvula. Generalmente este valor se estima al 100% de apertura. No necesariamente es el tamaño nominal de la válvula.

Para este proyecto el cálculo de las válvulas de desfogue es el siguiente.

Cálculo para la válvula de Desfogue

Ubicado el sitio donde se instalará este tipo de válvula, se calcula el volumen de agua a desalojar con la ecuación:

$$V = A \times L$$

donde:

V = Volumen de agua a desalojar

A = Área interior de la tubería

L = Longitud de la tubería

Para el cálculo tomaremos la válvula que deberá estar colocada en el punto 12, que corresponde a una longitud acumulada en la tubería de 940.00 m., esta válvula es la que va a desalojar el agua en el tramo mayor longitud que tenemos en la línea de conducción.

Datos:

Diámetro de la tubería = 4" = 0.1016 m
entonces:

$$A = 0.0081 \text{ M}^2$$

$$L = 940.00 \text{ m}$$

Substituyendo:

$$V = 0.0081 \times 940$$

$$V = 7.61 \text{ m}^3$$

Se propone un tiempo de vaciado total T, de acuerdo a las necesidades de operación que se tengan en el sistema. Para nuestro caso proponemos un tiempo T = 2 Hrs. = 7,200 seg.

Se calcula el gasto de vaciado total, que será igual a:

$$Q = \frac{2V}{T} \quad \text{sustituyendo; } Q = \frac{2 \times 7.61 \text{ M}^3}{7,200 \text{ seg.}}$$

resultando; $Q = 0.00211 \text{ m}^3/\text{seg.}$

A continuación calculamos el área de la válvula para desalojar el gasto Q anterior, mediante la fórmula siguiente:

$$A_v = \frac{Q \sqrt{K_v + 1 + f L/d}}{\sqrt{2g \times h}}$$

donde:

⇒ A_v = Área de apertura de la válvula

⇒ Q = Gasto desalojado

⇒ f = Factor de fricción de Darcy para el tubo de descarga, para obtenerlo calculamos el No. de Reynolds que nos da igual a 151,565 ó 1.51×10^5 , y de tablas © obtenemos la rugosidad relativa ϵ/D para el Fo. Galvanizado que es igual 0.00003; con estos dos datos entramos al diagrama de Moody para obtener $f = 0.017$

- ⇒ L = Longitud del tubo de descarga, será igual a 2.0 m.
- ⇒ d = Diámetro del tubo de descarga, será igual a 2" ó 0.0508 m.
- ⇒ h = Pérdidas del tubo de descarga
- ⇒ K_v = Coeficiente de pérdida ☺

$$A_v = \frac{0.00632 \sqrt{0.24 + 1 + 0.017(2)/(0.0508)}}{\sqrt{2(9.81)(1.28)}}$$

$$A_v = 0.0017 \text{ m}^2$$

Finalmente se determina el tamaño de válvula en función del área A_v, con la siguiente fórmula:

$$d_v = \frac{\sqrt{4 A_v}}{\pi}$$

donde:

d_v = Diámetro de apertura de la válvula, generalmente este valor se estima al 100% de apertura, y no necesariamente es el tamaño nominal de la válvula.

sustituyendo:

$$d_v = \frac{\sqrt{4 \times 0.0017}}{\pi}$$

$$d_v = 0.047 \text{ m}$$

Como la dimensión que nos resultó no es una medida comercial, lo ajustaremos hacia arriba resultando una válvula de mariposa, que puede ser de marca Mymaco, Keystone o similar de 2" (0.0508 m.)

© Libro Hidráulica General, de Gilberto Sotelo Ávila, tabla 8.4 de la página 284 y tabla 8.13 de la página 306.

c) Válvulas de Control de Aire

c.1) Válvulas Eliminadoras de Aire

c.1.1) Criterio de Diseño: Considera que el volumen total del agua transportada en una tubería contiene un 2% de aire disuelto.

c.1.2) Metodología:

1o. Se calcula el gasto de aire " Q_a " a desalojar

$$Q_a = 0.02 Q_{\text{liquido}}$$

- 2o. Del plano en el que están dibujados la línea de conducción y el gradiente hidráulico, se puede obtener la Presión " P_L " que produce el gradiente hidráulico en el sitio donde se coloca la válvula.
- 3o. Con los valores Q_a y P_L se determina el diámetro del venteo " \emptyset " de la válvula (diámetro por donde va a escapar el aire en la válvula), usando gráficas que proporciona el fabricante. Se escoge el diámetro " \emptyset " inmediato mayor al punto de intersección (Q_a , P_L).
- 4o. Con el valor " \emptyset " se recurre a los catálogos de los fabricantes para seleccionar el modelo de válvulas que tenga ese tamaño de orificio de salida. Generalmente el diámetro nominal de la válvula no es igual al diámetro " \emptyset " calculado.

A continuación mencionaremos los cálculos de este tipo de válvulas para el proyecto que nos ocupa.

Cálculo para la Válvula Eliminadora de Aire

Previamente se determina el sitio donde se colocará la válvula, para el cálculo se considera que el volumen total del agua transportada en una tubería contiene un 2% de aire disuelto, y lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$Q_a = 0.02 Q_{\text{liquido}}$$

El Q_{liquido} es el gasto que tenemos en nuestra tubería, y que es igual a 4.45 lts/seg. ó 0.0044555 m³/seg

Sustituyendo tenemos que: $Q_a = 0.02 \times 0.0044555$
resultando $Q_a = 0.0000891$ m³/seg ó 0.00535 m³/min
ó también igual a Q_a 0.19 pie³/min

Las unidades se trasladan al sistema inglés debido a que los catálogos de los fabricantes de válvulas, manejan gráficas, tablas y las medidas de sus accesorios en este sistema.

Como paso siguiente necesitaremos el dato de la presión P_L , que produce el gradiente hidráulico en el sitio donde se instalará la válvula. Tomaremos en cuenta la presión máxima que encontramos en nuestra línea de conducción, con el fin de analizar la más desfavorable y cubrir las necesidades en este renglón.

La presión máxima que se presenta es de 85 m de columna de agua, lo cual es equivalente a 8.5 kg/cm², este dato lo trasladaremos al sistema inglés para poder consultar los catálogos, y obtenemos una presión P_L de 121.42lbs/pulg².

Finalmente con el Gasto de aire Q_a y la presión P_L entramos a la tabla del fabricante para determinar el diámetro de venteo "Ø" y nos indica que debemos usar una válvula eliminadora de aire con un orificio de salida de 3/32 de pulgada; que corresponde a una válvula marca Rernal, modelo RE 50 ó alguna similar.

c.2) Válvulas de Admisión Y Expulsión de Aire

c.2.1) Criterio de Diseño: Considera que el gasto de diseño Q_a es igual al gasto líquido $Q_{\text{líquido}}$ transportado.

c.2.2) Metodología:

A) Para expulsar aire

1o.- Se identifica la ubicación de la válvula.

2o.- Se calcula el gasto de aire Q_a por expulsar:

a) Tubería llena (de agua) por Gravedad:

$$Q_a = 0.08666 \sqrt{S \times D^5}$$

donde:

Q_a = en pies cúbicos por segundo (pie^3/seg)

S = pendiente del tubo (pie^3/pie)

D = diámetro del tubo en pulgadas

Nota: las unidades se expresan en el sistema inglés debido a que los catálogos de los fabricantes así lo establecen.

En el caso de S se usará el tramo de tubería que tenga la pendiente más pronunciada.

3o. Se determina el tamaño de la válvula utilizando una gráfica del fabricante de Q_a con ΔP :

$$\Delta P = 0.14 \text{ Kg/cm}^2 = 2 \text{ psi (lbs/pulg}^2\text{)}$$

b) Para admitir aire

1o. Calcular el flujo de aire Q_a considerando que el líquido se drena por gravedad.

Usar la siguiente fórmula: $Q_a = 0.08666 \sqrt{S \times D^5}$

2o. Calcular la presión de Colapso de la tubería (P_c) con:

$$P_c = 16 \cdot 500,000 (e/D)^3$$

Donde:

e = espesor del tubo en pulgadas

D = Diámetro del tubo en pulgadas

P_c = en PSI

3o. Calculamos la presión atmosférica (P_{atm}) del lugar donde se colocará la válvula.

P_{atm} y Liq x H liq

siendo: $H \text{ liq} = 10 - \frac{\text{elevación del lugar en M.S.N.M.}}{900}$

4o. Se calcula la diferencial de presión ΔP

$$\Delta P = P_{atm} - P_c$$

Si $\Delta P > 5 \text{ PSI}$ usar $\Delta P = 5 \text{ PSI}$

$\Delta P < 5 \text{ PSI}$ usar el valor de ΔP que resulte.

5o. Se define el tamaño de la válvula usando las gráficas del fabricante con la intersección de los valores ΔP y Q_a .

Finalmente se selecciona la válvula más grande obtenida de las dos etapas de funcionamiento (expulsar y admitir aire)

A continuación los cálculos para válvulas de Admisión-Expulsión para el proyecto que nos ocupa.

Cálculo para la válvula de Admisión y Expulsión de Aire

Este cálculo considera que el gasto de aire Q_a es igual al gasto líquido $Q_{\text{líquido}}$ transportado.

Se identifica el lugar de ubicación de la válvula, y el gasto Q_a por expulsar, se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Q_a = 0.08666 \sqrt{S \times D^5}$$

donde:

Q_a = en pies cúbicos por segundo (pie³/seg)

S = pendiente del tubo (pie³/pie)

D = diámetro del tubo en pulgadas

a) Para expulsar aire

Se debe determinar el diámetro mínimo permisible de la válvula, capaz de expulsar aire en pies cúbicos por segundo (PCS), y no se debe exceder la presión diferencial ΔP que la válvula soporta, y que es de 0.14 kg/cm² ó su equivalente en el sistema inglés que es de 2 lbs/pulg².

Utilizamos la pendiente más desfavorable para cubrir todos los rangos

Datos:

$D = 6$ pulg

$S = 0.5063$

sustituyendo en la fórmula:

$$Q_a = 0.08666 \sqrt{0.5063 \times 6^5}$$

$Q_a = 5.43$ pies³/seg (PCS)

Se determina el tamaño de válvula utilizando una gráfica del fabricante, entrando con el gasto de aire Q_a y la presión citada; y el dato que obtenemos es el de una válvula con un diámetro de 2 pulg. de entrada y salida, lo que corresponde a una válvula RAV2 marca RENTAL ó similar.

b) Para admitir aire

Para el caso de admitir aire el cálculo debe considerarse que en el diseño de la válvula se toma en cuenta que no debe excederse una cantidad en la diferencial de presión ΔP , la cual es producida por la atmósfera en el momento que se vacía la tubería.

Esta diferencial de presión ΔP a través del orificio de la válvula no deberá ser mayor de 0.35 Kg/cm^2 ó bien 5 lbs/pulg^2 (PSI).

Primero se calcula la presión de colapso de la tubería P_c con la siguiente fórmula:

$$P_c = 16'500,000 (e/D)^3$$

Donde:

e = espesor del tubo, para nuestro caso el tubo de PVC de 4 pulgadas es el de pared más delgada, por eso lo analizaremos.

$$e = 4.7 \text{ mm ó } 0.185 \text{ pulg.}$$

D = Diámetro del tubo, es igual a 4 pulgadas
sustituyendo:

$$P_c = 16'500,000 (0.185/4)^3$$

$$P_c = 1,632.37 \text{ PSI}$$

Calculamos la presión atmosférica P_{atm} del sitio en donde se ubicará la válvula, con la siguiente expresión:

$$P_{atm} \text{ y } LIQ \times H_{LIQ}$$

donde: $H_{L10} = 10 - \frac{\text{elevación del lugar en M.S.N.M.}}{900}$

Calculando:

$$H_{L10} = 10 - \frac{3220}{900}$$

$$H_{L10} = 6.42 \text{ m.}$$

Entonces:

$$P_{atm} = 1,000 \text{ Kg/m}^3 \times 6.42 \text{ m}$$

$$P_{atm} = 6,420 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{ó bien } P_{atm} = 9.17 \text{ PSI}$$

Se calcula la diferencial de presión ΔP con la siguiente fórmula:

$$\Delta P = P_{atm} - P_c$$

$$\Delta P = 9.17 - 1,632.37$$

$$\Delta P = - 1,623.20$$

Entonces $\Delta P < 5 \text{ PSI}$

El valor negativo nos indica aparentemente que no hay necesidad de utilizar válvula para admitir aire, sin embargo con el gasto de aire Q_a calculado, entramos a la gráfica y obtenemos que debe utilizarse una válvula con diámetro de 2 pulgadas de entrada y salida.

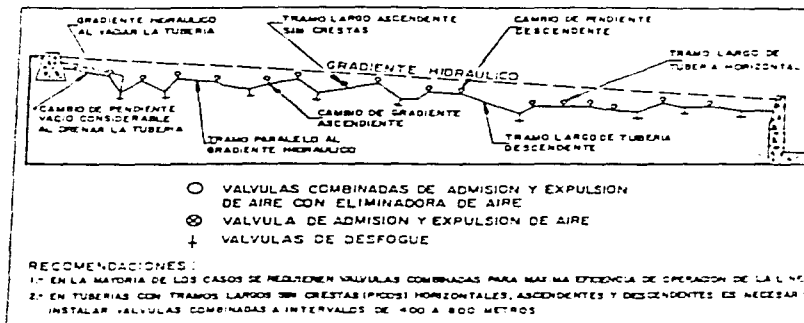
Tomando en cuenta los dos criterios para admitir y expulsar aire en la tubería, podemos concluir que pueden utilizarse para este caso, válvulas tipo RAV2 marca Renval o similar, y para mayor seguridad de nuestra línea de conducción, podemos utilizar válvulas combinadas de admisión y expulsión de aire de 2 pulgadas de entrada y salida, conjuntamente con válvulas eliminadoras de aire de 3/32 de pulgada.

SELECCION DE DIAMETROS: VALVULAS DE ADMISION Y EXPULSION DE

Para seleccionar el diámetro de las válvulas de admisión y expulsión de aire deb tomarse en cuenta el máximo potencial de flujo de aire de una tubería sin exceder presión diferencial tolerable a través de un orificio de salida.

NOTA

Cada punto alto o cambio de pendiente de la tubería es susceptible de fácil acumulación de aire, por lo tanto debe ser examinado independientemente para determinar el diámetro de la válvula.



Determine con las gráficas de flujo correspondientes ilustradas en las páginas 2 y

con las indicaciones siguientes, el diámetro de la válvula adecuada a cada caso.

1. Para determinar el diámetro mínimo permisible de la válvula capaz de expulsar aire en pies cúbicos por segundo (PCS) no debe exceder la presión diferencial de 0.14kg/cm² (2 lbs/pulg²).
2. El diámetro mínimo permisible de la válvula capaz de admitir aire en pies cúbicos por segundo (PCS) se determinará tolerando una presión diferencial máxima de 0.35kg/cm² (5lbs/pulg²) a través del orificio de la válvula.

En tramos de tubería operada por gravedad, donde la pendiente sea más pronunciada, la velocidad del agua aumentará considerablemente. En tal caso el flujo equivalente será mayor y puede calcularse por medio de la fórmula siguiente.

$$\text{Flujo en PCS} = 0.086592 \sqrt{PD^5}$$

NOTA

Considerando que un punto alto de la tubería puede tener dos pendientes diferentes a ambos lados, tome el flujo calculado del lado de mayor pendiente.

DONDE:

PCS: pies cúbicos por segundo

P: pendiente en metros de altura por metros de longitud

D: diámetro de la tubería en pulgada

3. Después de obtener los diámetros de las válvulas de admisión y expulsión de aire calculados por los dos métodos anteriores, instale en ese punto alto de la tubería la válvula RENTAL® de mayor diámetro.

3.6.2 Especificaciones y procedimientos de instalación

Válvula de Seccionamiento y de Desfogue

Se utilizarán válvulas de Mariposa con las siguientes características y tipo de material:

- De palanca con plato modulador.
- Cierre hermético.
- Cuerpo de acero fundido o hierro nodular.
- Disco de hierro nodular con recubrimiento de níquel.
- Vástago de acero fundido.
- Asiento de teflón sobre acero.

Instalación: por medio de bridas atornilladas, con empaque de plomo.

Válvula Eliminadora de Aire

Se utilizarán válvulas con las siguientes características y materiales:

- Cuerpo y tapa de fierro fundido con recubrimientos de pintura epóxica por dentro y por fuera.
- Flotador de acero inoxidable.
- Asiento de bronce o de acrílico-nitrilo (BUNAN).
- Esprea, palancas y mecanismos, de acero inoxidable o bronce.

Instalación: deben ser colocadas en posición vertical, colocándose siempre una válvula de seccionamiento entre la línea y la válvula.

Válvula combinada

Se utilizarán válvulas con las siguientes características y materiales:

- **Cuerpo y tapa de fierro fundido con recubrimientos de pintura epóxica por dentro y por fuera.**
- **Flotador de acero inoxidable.**
- **Asiento de bronce o de acrílico-nitrilo (BUNAN).**
- **Esprea, palancas y mecanismos, de acero inoxidable o bronce.**

Instalación: deben ser colocadas en posición vertical, colocándose siempre una válvula de seccionamiento entre la línea y la válvula.

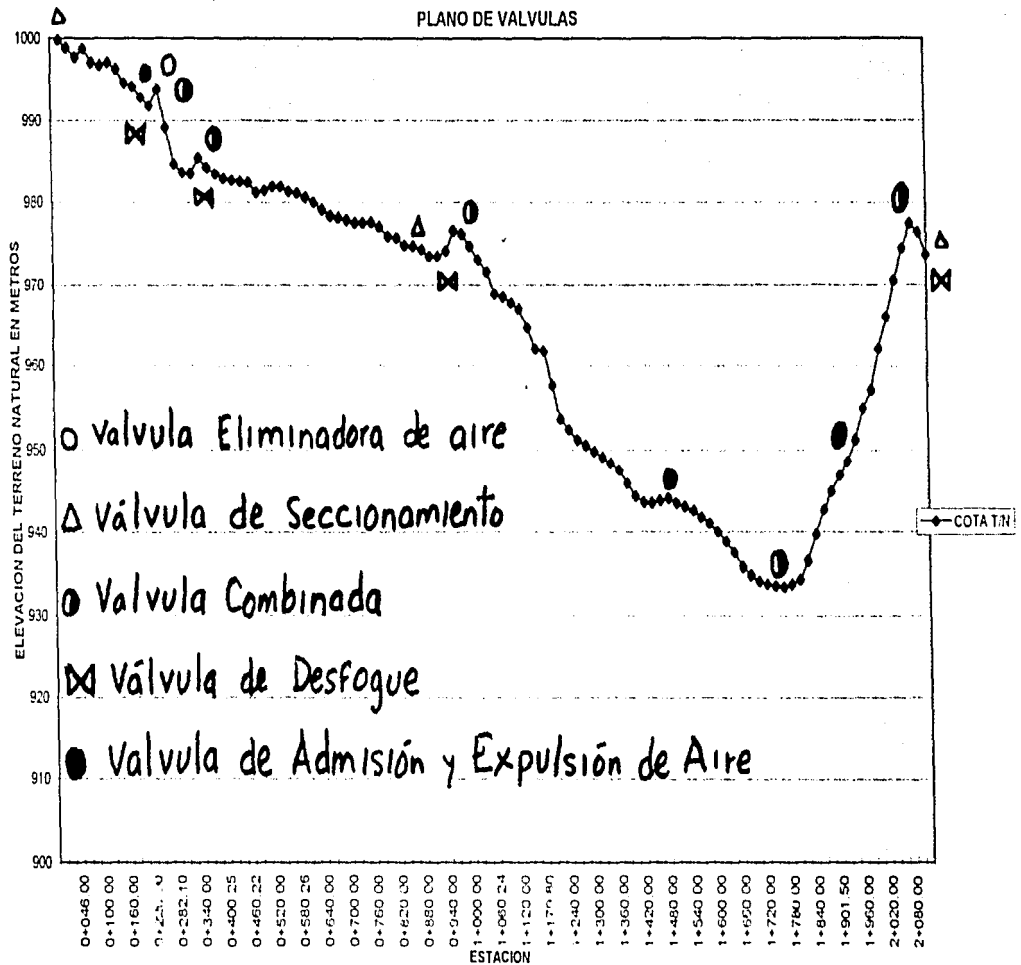
Ubicación de las Válvulas

| Longitud en el plano del perfil (m) | Cadenamiento longitud real | Válvula seccionamiento (pza) | Válvula eliminadora de aire (pza) | Válvula de admisión y exp. (pza) | Válvula combinada. (pza) | Válvula de desfogue (pza) |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | ▽ | ∏ | ∅ | ⊕ | ⊗ |
| 0 | 0+000 | 1 | | | | |
| 210 | 0+210 | | | | 1 | |
| 220 | 0+220 | | | | | 1 |
| 230 | 0+230 | | | 1 | | |
| 240 | 0+240 | | 1 | | | |
| 880 | 0+880 | 1 | | | | |
| 940 | 0+940 | | | | | 1 |
| 960 | 0+960 | | | | 1 | |
| 1380 | 1+380 | | | 1 | | |
| 1710 | 1+710 | | | | | 1 |
| 1720 | 1+720 | | | | 1 | |
| 1880 | 1+880 | | | 1 | | |
| 2080 | 2+080 | | | | 1 | |
| 2090 | 2+090 | | | | | 1 |
| 2100 | 2+100 | 1 | | | | |

Tabla 22

PLANOS DE VALVULAS

PERFIL TOPOGRAFICO DE LA LINEA DE CONDUCCION DE LA CUARTA MANZANA
PLANO DE VALVULAS



3.6.3 ATRAQUES

3.6.3.1 Diseño Estructural

Como lo definimos anteriormente un atraque sirve para evitar los movimientos de una tubería durante su operación por acciones del empuje hidrostático y dinámico, producidos por la presión y los cambios de dirección en el flujo.

Estas estructuras se ubicarán en los puntos de cambio de dirección tanto vertical como horizontal, y para este proyecto se diseñarán de concreto reforzado.

Para el diseño de estos elementos se consideran las siguientes fuerzas:

- Fuerza de presión, incluida la del golpe de ariete.
- Peso del Tubo.
- Peso del Agua.

El criterio utilizado en el diseño de los atraques es el siguiente:

La fuerza dinámica "F" que se produce en un atraque, esta definida por:

$$F = F_h + F_d$$

Donde: $F_h = PA$

y: $F_d = \frac{\gamma QD}{g}$

Donde:

- F_h = Fuerza de presión.
- F_d = Fuerza producida por el choque del agua al cambiar la tubería de dirección.

γ = Peso específico del agua.

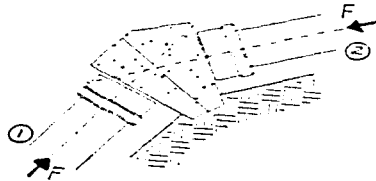
A = Área de la sección transversal del tubo.

Q = Gasto.

V = Velocidad del flujo.

g = Aceleración de la gravedad.

La fuerza o empuje F se produce en los cambios de dirección de la tubería y en forma general se puede ilustrar en la siguiente figura:



Si en la figura anterior consideramos que se tiene la misma sección transversal en los dos puntos, la misma velocidad, y que la pérdida local es cero, tenemos que:

$$A_1 = A_2$$

$$V_1 = V_2$$

$$P_1 = P_2$$

Sabemos que la resultante de un sistema de fuerzas viene dada por:

$$F = F_x^2 + F_y^2 + F_z^2$$

Pero si tomamos en cuenta que F_z = peso de la tubería más el agua en la sección del atraque.

Podemos considerar que esta fuerza es benéfica para el atraque, por lo tanto generalmente se desprecia, y nos queda:

$$F = F_x^2 + F_y^2$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

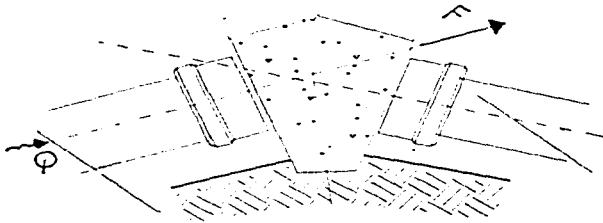
Sustituyendo en F_x y F_y las fuerzas producidas por los empujes dinámico e hidrostático, tenemos de esta manera:

$$F = \left(\frac{\gamma}{g} QV + PA \right)^2 + \left(\frac{\gamma}{g} QV + PA \right)^2$$

$$F = 2 \left(\frac{\gamma}{g} QV + PA \right)$$

En el proyecto se pueden presentar las siguientes condiciones de diseño:

a) Empuje hacia afuera del terreno



Se presenta cuando F_y tiende a levantar el atraque, para impedirlo se debe cumplir que:

$$W \geq F_y$$

Donde:

$$W = W_w + W_T + W_A$$

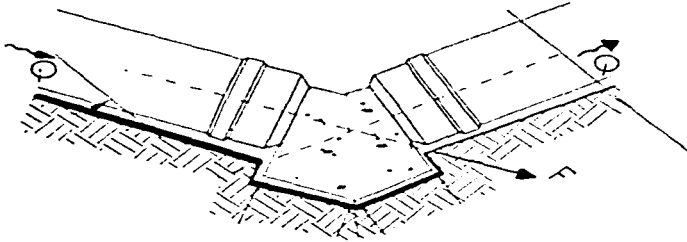
W = Peso Total

W_w = Peso del Agua

W_T = Peso del tubo

W_A = Peso del atraque

b) Empuje hacia dentro del terreno



Se presenta cuando F_Y empuja el atraque hacia adentro del terreno, se debe cumplir que no falle el terreno y se hunda el atraque.

Para evitarlo se debe cumplir que:

$$\frac{W}{A_A} \leq R_T$$

Siendo: $W = W_w + W_T + W_A + F_Y$

Donde:

A_A = Área de la superficie de contacto entre el atraque y el terreno.

R_T = Capacidad de carga del terreno.

Del libro de abastecimiento de Agua potable, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se obtuvo la siguiente fórmula para el cálculo de los atraques.

$$F = 2A \left(P + \frac{\gamma v^2}{g} \right) \text{Sen } \frac{\alpha}{2}$$

donde:

F = fuerza que ejerce el codo sobre el atraque, debido al empuje hidrostático y al dinámico, (Kg).

A = área de la sección transversal del codo, (m²).

P = presión hidrostática en la tubería, incluyendo la sobrepresión por golpe de ariete, (Kg/m²).

γ = peso específico del agua, (1,000 Kg/m³).

α = ángulo del codo

v = velocidad del agua, (m/seg).

g = aceleración de la gravedad, (9.81 m/seg²).

A continuación presentamos el ejemplo de cálculo para el codo horizontal 8h1) de 6" de diámetro.

datos:

$$A = 0.0182 \text{ m}^2$$

$$P = 22,000 \text{ Kg/m}^2$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$v = 0.74 \text{ m/seg}$$

sustituyendo:

$$F = 2 \times (0.0182)(22,000 + \frac{1,000 \times (0.74)^2}{9.81}) \text{ Sen } \frac{45^\circ}{2}$$

$$F = 0.0364 \times (22,000 + 55.82) (0.3461)$$

$$F = 277.87 \text{ Kg}$$

Para los atraques se aplica un factor de seguridad = 1.2 entonces:

$$F = 277.87 \times 1.2$$

$$F = 333.44 \text{ Kg}$$

Para obtener el peso del atraque y que no se deslice, el resultado anterior deberá afectarse por el ángulo de fricción que existe entre el material del atraque y el terreno, para este caso ángulo de fricción $\theta = 30^\circ$

$$F' = \frac{F}{\tan \theta} \quad \text{Sustituyendo: } F' = \frac{333.44}{0.5093}$$

$F' = 654.41$ Kg Peso necesario del atraque

Para calcular el volumen del concreto, sabemos que el $\gamma_c = 2,400$ Kg/m³, entonces:

$$V_c = \frac{F'}{2,400} = \frac{654.41}{2,400}$$

$$V_c = 0.27 \text{ m}^3$$

Con el volumen anterior de concreto se dimensionará el atraque.

Los cálculos para el proyecto se presentan en las siguientes tablas.

Atraques para codos horizontales de 4"

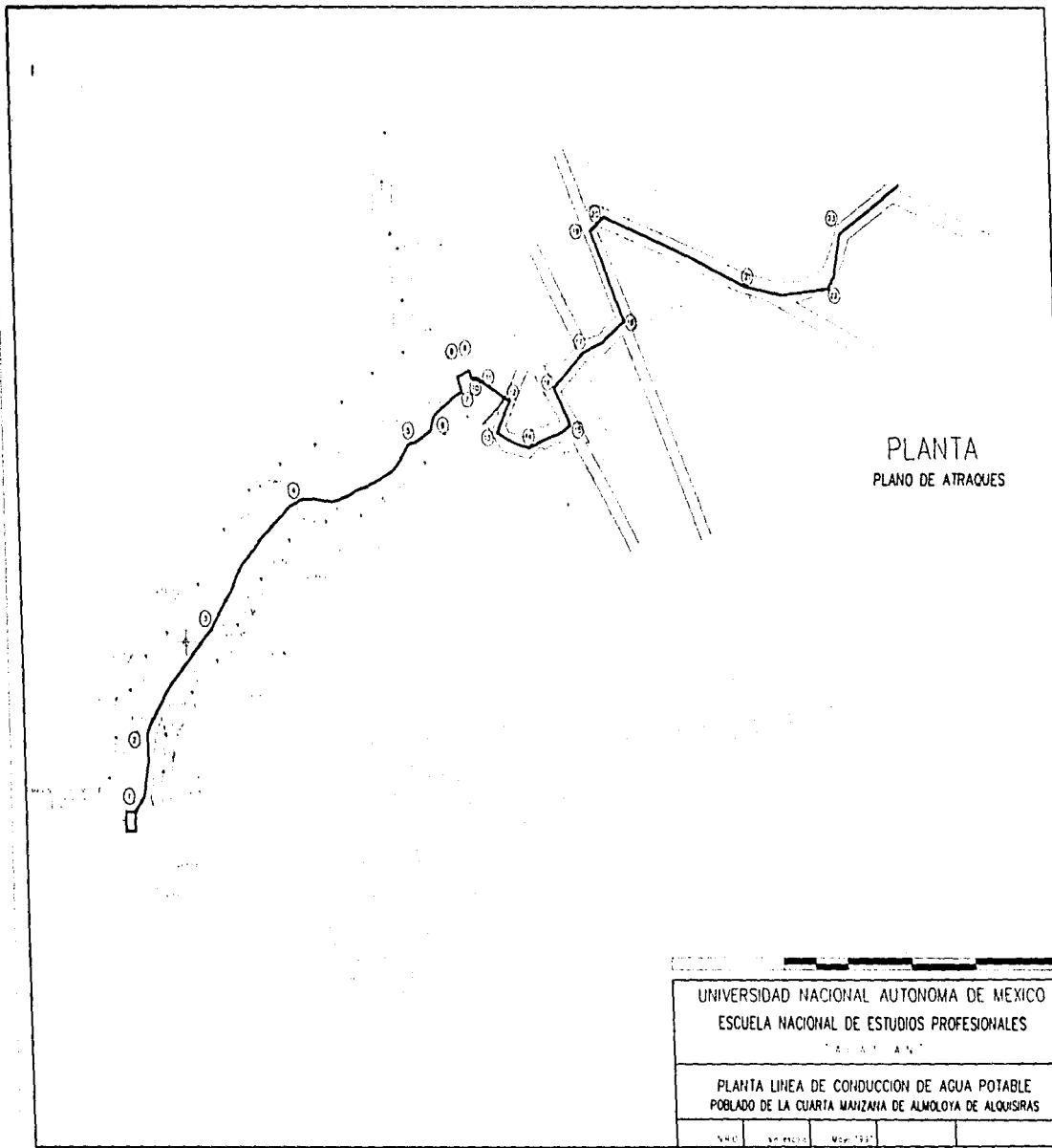
| Codo No. | Presión Kg/m ² | ángulo grados | F Kg | F' Kg | H m | B m | L m | As # 3 Kg | Vc m ³ |
|----------|---------------------------|---------------|---------|---------|------|------|------|-----------|-------------------|
| 1 | 22,000 | 45 | 277.86 | 654.39 | 0.38 | .80 | 0.90 | 9.72 | 0.27 |
| 2 | 30,000 | 45 | 378.64 | 891.75 | 0.52 | 0.80 | 0.90 | 13.32 | 0.37 |
| 3 | 58,000 | 22.5 | 269.10 | 633.76 | 0.36 | 0.80 | 0.90 | 9.36 | 0.26 |
| 4 | 60,000 | 22.5 | 499.46 | 1176.30 | 0.68 | 0.80 | 0.90 | 17.64 | 0.49 |
| 5 | 61,000 | 22.5 | 174.52 | 411.01 | 0.24 | 0.80 | 0.90 | 6.12 | 0.17 |
| 6 | 62,000 | 22.5 | 259.95 | 612.23 | 0.37 | 0.80 | 0.90 | 9.36 | 0.26 |
| 7 | 75,000 | 90 | 1254.14 | 2953.67 | 0.94 | 1.10 | 1.20 | 44.28 | 1.23 |
| 8 | 91,000 | 90 | 792.01 | 1865.29 | 0.59 | 1.10 | 1.20 | 28.08 | 0.78 |
| 9 | 10,000 | 90 | 1055.01 | 2484.70 | 0.78 | 1.10 | 1.20 | 37.08 | 1.03 |
| 10 | 11,200 | 90 | 886.69 | 2088.28 | 0.66 | 1.10 | 1.20 | 31.32 | 0.87 |
| 11 | 10,000 | 45 | 592.81 | 1396.14 | 0.44 | 1.10 | 1.20 | 20.88 | 0.58 |
| 12 | 58,000 | 90 | 1323.49 | 3117.01 | 0.84 | 1.20 | 1.3 | 46.80 | 1.30 |
| 13 | 35,000 | 90 | 366.02 | 862.06 | 0.50 | 0.80 | 0.90 | 12.96 | 0.36 |
| 14 | 90,000 | 22.5 | 319.76 | 753.08 | 0.43 | 0.80 | 0.90 | 11.06 | 0.31 |
| 15 | 91,000 | 90 | 394.07 | 928.09 | 0.55 | 0.80 | 0.90 | 14.04 | 0.39 |
| 16 | 10,000 | 90 | 438.92 | 1033.72 | 0.60 | 0.80 | 0.90 | 15.48 | 0.43 |
| 17 | 10,000 | 22.5 | 29.28 | 68.95 | 0.15 | 0.40 | 0.50 | 1.08 | 0.03 |
| 18 | 65,000 | 90 | 455.74 | 1073.34 | 0.62 | 0.80 | 0.90 | 15.84 | 0.44 |
| 19 | 70,000 | 90 | 192.22 | 452.71 | 0.28 | 0.80 | 0.90 | 6.84 | 0.19 |
| 20 | 78,000 | 45 | 504.62 | 1188.45 | 0.69 | 0.80 | 0.90 | 18.00 | 0.50 |
| 21 | 81,000 | 22.5 | 529.82 | 1247.80 | 0.72 | 0.80 | 0.90 | 18.72 | 0.52 |
| 22 | 84,000 | 45 | 1462.07 | 3443.38 | 0.92 | 1.20 | 1.30 | 51.48 | 1.43 |
| 23 | 34,000 | 45 | 1197.51 | 2820.31 | 0.89 | 1.10 | 1.20 | 42.12 | 1.17 |

Tabla 23

Especificaciones

El concreto deberá tener una resistencia $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$
 Acero de refuerzo $f_y = 4,000 \text{ Kg/cm}^2$
 Agregado máximo $1 \frac{1}{2}''$

PLANO DE ATRAQUES



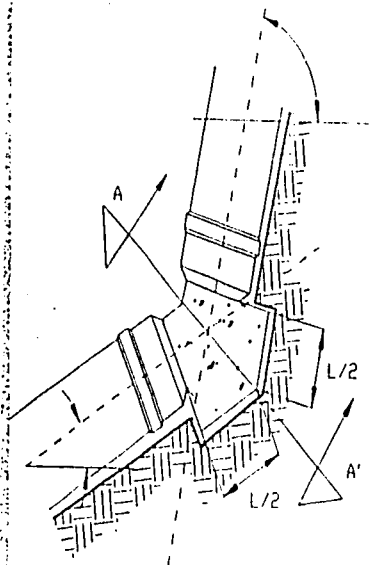
PLANTA
PLANO DE ATRAQUES

| | | | |
|--------------------------------------------------------|----------|-----------|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO | | | |
| ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES | | | |
| T E A T A N | | | |
| PLANTA LINEA DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE | | | |
| POBLADO DE LA CUARTA MANZANA DE ALMOLOYA DE ALQUISIRAS | | | |
| NO. | PROYECTO | NOV. 1952 | |

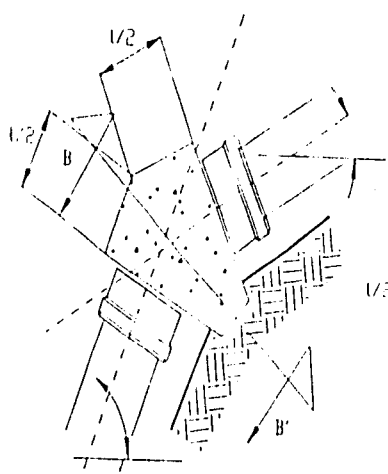
ATRAQUE TIPO I

ATRAQUE TIPO II

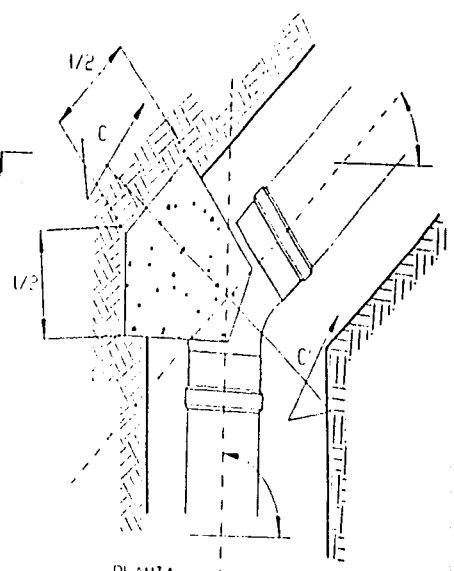
ATRAQUE TIPO III



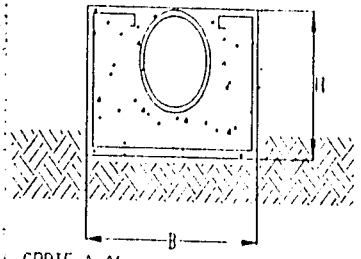
PLANTA



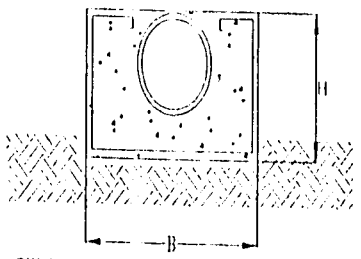
PLANTA



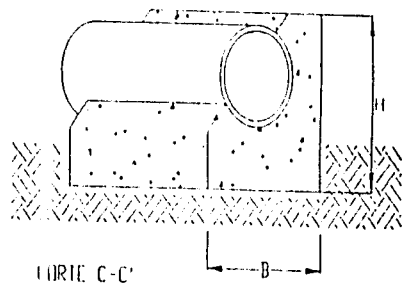
PLANTA



CORTE A-A'



CORTE B-B'



CORTE C-C'

PIEZAS ESPECIALES

Deflexiones horizontales y verticales.

El proyecto de una línea de conducción necesita adaptarse a la topografía del terreno por lo que es necesario el uso de Codos horizontales y verticales en los cambios de dirección.

Para el diseño de estas piezas y debido a que la tubería de Fierro Galvanizado es flexible y puede absorber deflexiones en las juntas, se consideró utilizar únicamente codos de 22.5°, 45° y de 90°.

A continuación encontraremos las tablas que contienen el número de codos a utilizarse y sus grados de deflexión.

**Codos Verticales
Ubicación**

| Angulo de deflexión | Longitud en el plano del perfil (m) | Cadenamiento Longitud Real | Codo de 22.5° (pzas) |
|----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 22.5 | 220 | 220 | 1 |
| 45.0 | 340 | 340 | 1 |
| 22.5 | 960 | 960 | 1 |
| 45.0 | 1720 | 1720 | 1 |
| 45.0 | 2080 | 2080 | 1 |

Tabla 24

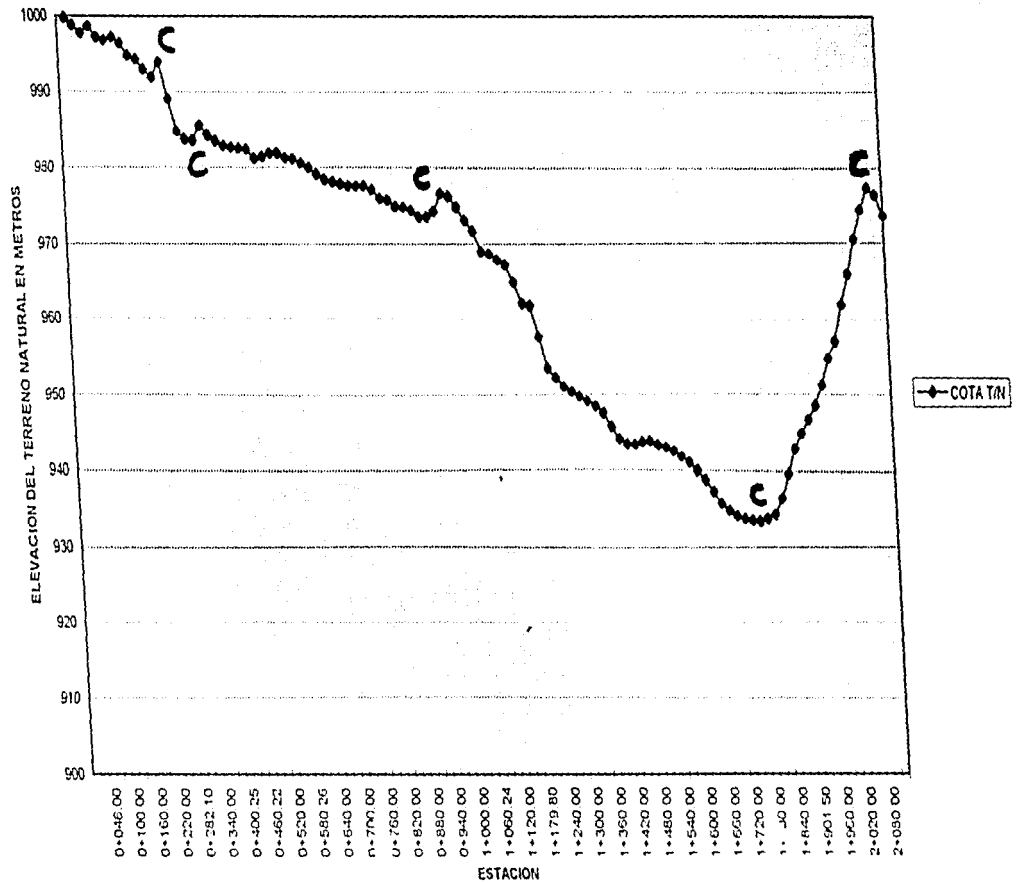
**Codos Horizontales
Ubicación**

| Ángulo de deflexión | Longitud en el plano del perfil (m) | Cadenamiento Longitud Real | Codo de 22.5° (pzas) |
|----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 45 | 30 | 0+030 | 1 |
| 45 | 71 | 0+071 | 1 |
| 22.5 | 342 | 0+342 | 1 |
| 22.5 | 482 | 0+482 | 1 |
| 22.5 | 656 | 0+656 | 1 |
| 22.5 | 710 | 0+710 | 1 |
| 90 | 830 | 0+830 | 1 |
| 90 | 845 | 0+845 | 1 |
| 90 | 860 | 0+860 | 1 |
| 90 | 872 | 0+872 | 1 |
| 45 | 926 | 0+926 | 1 |
| 90 | 998 | 0+998 | 1 |
| 90 | 1016 | 1+016 | 1 |
| 22.5 | 1080 | 1+080 | 1 |
| 90 | 1141 | 1+141 | 1 |
| 90 | 1178 | 1+178 | 1 |
| 22.5 | 1325 | 1+325 | 1 |
| 90 | 1424 | 1+424 | 1 |
| 90 | 1592 | 1+592 | 1 |
| 45 | 1617 | 1+617 | 1 |
| 22.5 | 1854 | 1+854 | 1 |
| 45 | 2060 | 2+060 | 1 |
| 45 | 2098 | 2+098 | 1 |

Tabla 25

PLANO DE CODOS

PERFIL TOPOGRAFICO DE LA LINEA DE CONDUCCION DE LA CUARTA MANZANA
PLANO DE CODOS



8/05/97

PERFIL Y GRAFICO Gráfico 2

JUNTAS DE DILATACIÓN

Diseño y especificaciones.

En el diseño de las juntas de dilatación se debe calcular la separación máxima "S", que depende de la variación histórica de la temperatura en la zona y del alargamiento unitario del tipo de tubería a utilizar.

La decisión de la separación de las juntas dependerá de un análisis técnico - económico, para encontrar la mejor alternativa que se adapte a nuestro proyecto.

Para absorber las contracciones y dilataciones que se pudieran presentar cuenta con un acoplamiento llamado de "espiga - campana" que prevé un espacio dentro de la campana que permite el deslizamiento de la espiga dentro de ella, absorbiendo de esta manera las variaciones de longitud que se presentan en una instalación enterrada o visible, y garantizando la hermeticidad sin deformación de la tubería.

CAPITULO IV

FENÓMENOS TRANSITORIOS DENTRO DE LA TUBERÍA

4.1- CAUSAS DE LOS FENÓMENOS TRANSITORIOS

4.1.1- DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE

El golpe de ariete se puede presentar en una tubería que conduzca un líquido a presión, cuando se tiene un frenado o una aceleración en el flujo; por ejemplo, el cambio en la abertura de una válvula en la línea. Si los cambios son graduales, los cálculos se pueden efectuar considerando "incompresible" al líquido y "rígido" al conducto.

Al cerrarse rápidamente una válvula en la tubería durante el escurrimiento, el flujo a través de la válvula se reduce, lo cual incrementa la carga del lado aguas arriba de la válvula, iniciándose así una onda de alta presión que se propaga en dirección contraria al escurrimiento. Esta onda de presión hace que la velocidad del flujo disminuya. La presión en el lado aguas abajo de la válvula se reduce y la onda de presión disminuida viaja en el sentido del escurrimiento, disminuyendo también la velocidad del flujo. Si el cierre de la válvula es suficientemente rápido y si la presión permanente original es suficientemente baja, se puede formar una bolsa de vapor aguas abajo de la válvula; cuando esto ocurre, la cavidad de vapor puede eventualmente reducirse en forma violenta y producirse una onda de alta presión que se propaga en la dirección aguas abajo.

Causas de fenómenos transitorios (Golpe de Ariete)

El fenómeno transitorio se produce siempre que alteren las condiciones de flujo permanente, como por ejemplo:

- a) Cierre o apertura de válvulas (Como se indico en la descripción típica del fenómeno en el punto anterior).
- b) Arranque o para de bombas.
- c) Cambios en la demanda de potencia de turbinas.

d) Vibración de impulsores de bombas y turbinas.

e) Vibración de impulsores de bombas y turbinas.

Celeridad (Velocidad) de la onda de presión.

La celeridad de las ondas de presión en una tubería dependen de dos cosas:

Características elásticas del fluido y material de la tubería.

y podemos calcularla mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{1}{\sqrt{\left[\frac{1}{E_w} + \frac{K + D}{E_t} \right] \frac{\gamma}{e g}}}$$

Donde:

E_w = Modulo de elasticidad del líquido

E_t = Modulo de elasticidad del material del tubo

D = Diámetro de la tubería

e = Espesor de la pared del tubo

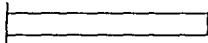
γ = Peso específico del líquido

g = Aceleración de la gravedad

K = Coeficiente que depende del tipo de apoyos.

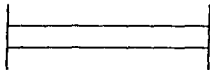
a) Para tubos de pared delgada de acero ($D/e > 25$)

a.1).- Tubo asegurado o fijo en el extremo de aguas arriba



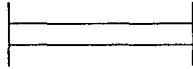
$k = 5/4 - n$ donde n = modulo de Poisson de la tubería

a.2).- Tubería fija a todo lo largo, contra movimiento axial.



$$k = 1 - n^2$$

a.3).- Tuberías fijas en los extremos con juntas de dilatación o expansión a todo lo largo.



b).- Para tubos de pared gruesa de acero ($D/e < 25$)

Considerando los mismos tipos de soportes que en las tuberías de pared delgada, tenemos:

b.1).- $K = 2e / D (1 + n) + D / (D + e) (5/4 - n)$

b.2).- $K = 2e / D (1 + n) + D (1 - n^2) / (D + e)$

b.3).- $K = 2e / D (1 + n) + D / (D + e)$

A continuación haremos una secuencia de eventos que se presentan al cerrarse bruscamente una válvula al final de una tubería proveniente de un vaso de almacenamiento (Fig. 1). En este caso, se despreciará la fricción.

Donde:

L = Longitud de la tubería entre el vaso de almacenamiento y la válvula.

V_o = Velocidad del fluido antes de cerrarse la válvula.

a = Velocidad o celeridad de la onda de presión.

En el instante en que se cierra la válvula ($t=0$), el líquido más cercano a ella se comprime al mismo tiempo que su movimiento se reduce a cero; en estas condiciones, las paredes del conducto sufren una expansión (Fig. 1.a).

Tan pronto como se comprime la primera capa del líquido, el proceso se repite con la siguiente capa. El líquido en las partes más alejadas

aguas arriba de la válvula continúa moviéndose sin que se vea afectada su velocidad hasta que es alcanzado por el efecto de compresión del líquido que continua llegando.

La alta presión que se desarrolla se mueve en dirección aguas arriba como una onda frenando al fluido hasta lograr su reposo, comprimiéndolo y dilatando las paredes de la tubería. Cuando la onda alcanza el extremo aguas arriba de la tubería ($t=L/a$), todo el líquido se encuentra bajo una carga adicional h , toda la cantidad de movimiento se ha perdido y toda la energía cinética se ha convertido en energía elástica.

En estas condiciones y, dado que la presión en el vaso de almacenamiento no ha cambiado, se tiene un desbalance en el extremo aguas arriba de la tubería en el momento en que llega la onda de presión. El flujo contenido en la tubería expandida comienza a escurrir con velocidad en sentido contrario, es decir, de la válvula hacia el vaso, comenzando en el extremo aguas arriba del conducto.

La presión en el fluido vuelve a tener el valor que tenía antes del cierre de la válvula, la pared del tubo recupera sus dimensiones originales y el líquido adquiere una velocidad V_0 en sentido contrario al original, ahora va de la válvula hacia el vaso. Este proceso de conversión viaja hacia el extremo donde se encuentra la válvula a la velocidad del sonido en la tubería. En el instante $2L/a$, la onda ha llegado hasta la válvula y la presión en toda la tubería ha regresado a su valor normal, siendo la velocidad del líquido en todo el conducto igual a V_0 y en dirección hacia el vaso de almacenamiento.

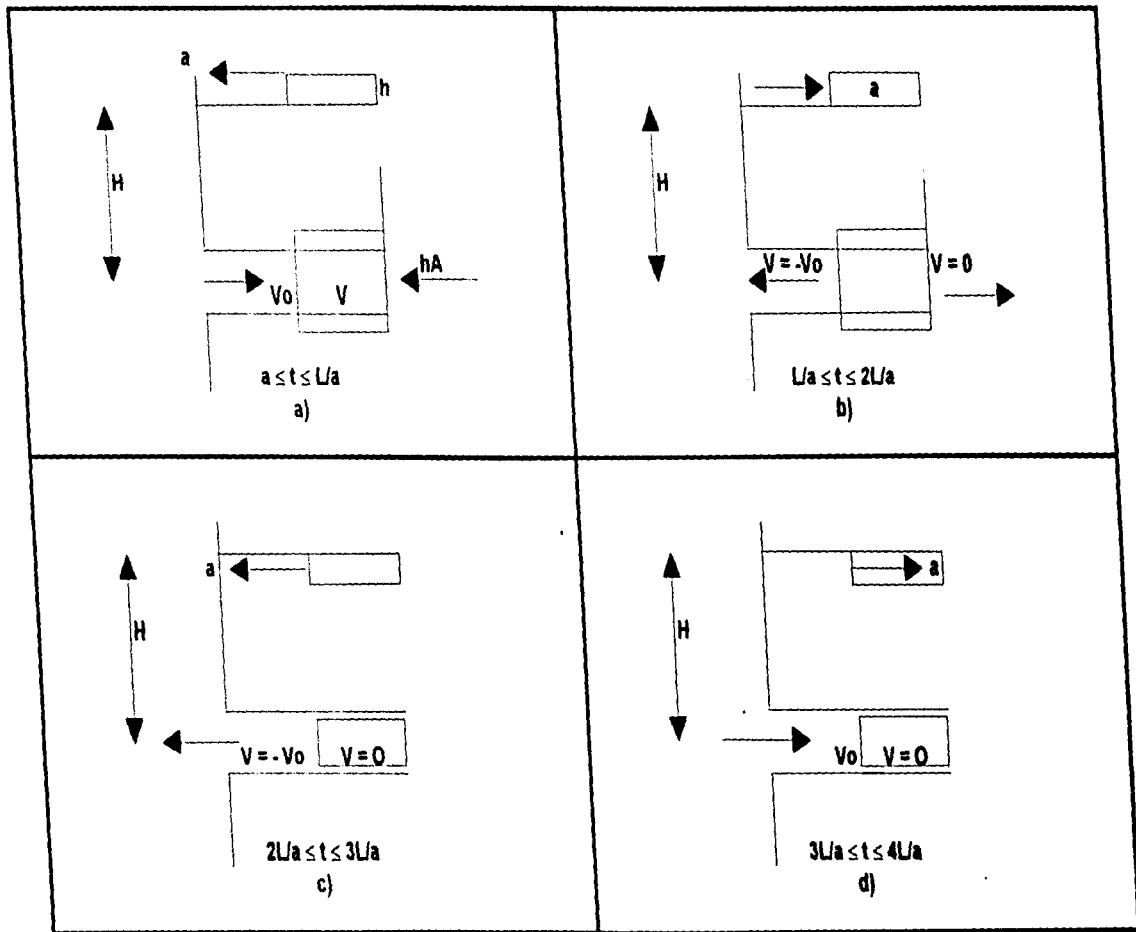
Como la válvula se encuentra cerrada, no se dispone de líquido que mantenga el escurrimiento a través de ella y, por lo tanto, se desarrolla una presión negativa ($-h$) tal que el fluido se frena otra vez hasta alcanzar el reposo. Esta onda de presión baja se propaga en dirección aguas arriba a una velocidad a , haciendo que el fluido sucesivamente se frene y logre un estado de reposo al mismo tiempo que se expande debido a la baja presión, ocasionando que las paredes del fluido se contraigan. (si la presión estática de la tubería no es lo suficientemente alta para compensar la carga $-h$ de tal manera que la presión resultante sea mayor que la de vapor, el líquido se vaporizará parcialmente y continuara moviéndose hacia el vaso durante en período mas largo).

En el instante en que la onda de presión negativa llega al extremo superior de la tubería , es decir, $3L/a$ después del cierre de la válvula, el líquido se encuentra en reposo pero uniformemente a una carga menor, en $-h$, que la que se tenía antes del cierre. En estas condiciones, se tiene una vez mas un desbalance en el vaso de almacenamiento, lo cual ocasiona que el fluido comience a moverse desde el vaso hacia la tubería, adquiriendo una velocidad V_0 en dirección de la válvula y haciendo que tanto la tubería como el líquido retornen progresivamente a las condiciones normales conforme la onda viaja hacia la válvula con velocidad a .

En el momento en que la onda llega a la válvula, las condiciones en todo el sistema son exactamente las mismas que se tenían en el instante del cierre de la válvula, ocurrido $4L/a$ antes.

El proceso descrito anteriormente se repite cada $4L/a$. Los efectos de la fricción del fluido y la elasticidad imperfecta tanto en el fluido como en las paredes de la tubería, despreciadas en la consideración anterior, ocasionan que las oscilaciones se amortigüen y que el fluido alcance finalmente el estado de reposo permanente. Si el cierre de la válvula se lleva a cabo en un tiempo menor que $2L/a$, se llama cierre rápido, mientras que si se efectúa en un tiempo mayor que $2L/a$, se conoce como cierre lento.

FIG. No. 1 SERIE DE EVENTOS EN UNA TUBERIA DESPUES DEL BRUSCO CIERRE DE UNA VALVULA

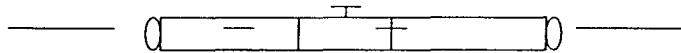


4.2 EFECTOS DEL GOLPE DE ARIETE

A) EN VÁLVULAS

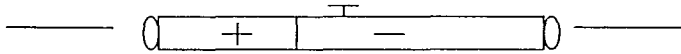
A.1).- CIERRE

Se genera una onda de presión positiva hacia aguas arriba de la válvula y si esta válvula se ubica entre dos líneas se genera, además una onda de presión negativa hacia aguas abajo.



A.2).- APERTURA

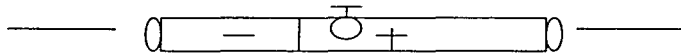
En una maniobra de este tipo se invierte el efecto, es decir se genera una onda de presión negativa hacia aguas arriba y una onda de presión positiva hacia aguas abajo.



B) EN TURBINAS

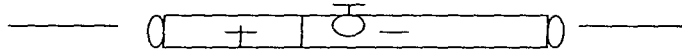
B.1).- RECHAZO

Se produce el mismo efecto que se tiene en el cierre de la válvula.



B.2).- DEMANDA

Se produce el mismo efecto que se tiene en la apertura de una válvula.



C) EN BOMBAS

C.1).- ARRANQUE

El efecto de un arranque de bomba produce ondas de presión positivas hacia aguas abajo y ondas de presión negativa hacia aguas arriba.

C.2).- PARO

El efecto de un paro de bomba produce una onda de presión negativa hacia aguas abajo y una onda de presión positiva hacia aguas arriba.

4.2.3. MÉTODOS DE SOLUCIONES

Los métodos que se mencionan a continuación resuelven las ecuaciones del flujo transitorio, pero bajo diversas consideraciones que también se mencionan:

a) Método de Joukowski

Método aplicable a maniobras rápidas de válvulas, en sistemas de tuberías muy sencillos.

b) Método de Allievi

Método aplicable a maniobras lentas de válvulas, en sistemas sencillos de tuberías.

c) Método de la columna rígida

Se utiliza en sistemas muy sencillos, como un ducto conectado a una válvula en un extremo y a un tanque de carga constante en el otro.

d) Método de gráficas de Chaudry para fallas de bombas.

Son gráficas que proporcionan la variación de la presión generada por el paro de bombas, proporcionan un solo valor de esta variación de presión, generalmente el máximo y el mínimo valor que se tendrán y solamente en el sitio donde esta la bomba y a la mitad de la tubería de descarga.

e) Método Gráfico

Método de solución del golpe de ariete mediante gráficas que el calculista construye a partir de ciertas consideraciones.

f) Método de las características.

Representa en la actualidad el método mas usado, ya que proporciona la variación del gasto (o velocidad) y la carga en cualquier sección del tubo y para todo tiempo. Se recomienda el uso de computadoras por lo que implica hacer muchos cálculos.

A continuación se hace una descripción del método, de las Gráficas de Chaudry.

1) MÉTODO: CARTAS O GRÁFICAS DE CHAUDRY

Son gráficas que proporcionan la variación de la presión generada por el cierre de una válvula, proporcionan un solo valor de esta variación de presión. Generalmente el máximo y mínimo valor que se tendrán y solamente en el sitio donde esta la válvula y a la mitad de la tubería.

Este método es básicamente usado para fines preliminares, el cual se utilizara en este trabajo, donde se observa claramente las altas presiones generados por el transitorio y tener una idea objetiva del problema que representa en los sistemas de tuberías como el que nos ocupa.

Para poder utilizar las gráficas de Chaudry en cada uno de los pasos siguientes, se establecen fórmulas de variables que relacionan las funciones a que van a estar sometidas las tuberías, las cuales representan los ejes de coordenadas donde podremos converger en puntos específicos, obteniendo los valores de las presiones producidas por el transitorio.

A) CIERRE DE UNA VÁLVULA

Para la obtención de la **Carga Máxima**, obteniendo los valores para p, K y h, con las siguientes fórmulas:

$$p = \frac{a V_0}{2gH_0}, \quad K = \frac{T_c}{2L/a}, \quad h = \frac{hf_0}{H_0}$$

Donde:

$H_{max} = H_o + H_d$ (en la válvula)

$H_{max} = H_o + H_m$ (a la mitad del tubo)

siendo

H_{max} = Carga máxima por golpe de ariete.

NOMENCLATURA:

a = velocidad de onda de presión

g = gravedad

H_o = carga estática (elevación del agua en el tanque - elevación de la válvula)

L = longitud de la tubería

V_o = velocidad en el tubo en flujo permanente inicial

T_c = tiempo total de cierre de la válvula

Δh_m = Máxima sobrepresión a la mitad de la tubería

Δh_m = Máxima sobrepresión en la válvula

h_{fo} = Pérdidas en la tubería para V_o en el flujo permanente inicial

Donde podemos obtener lo siguiente:

a) Despreciando la fricción ($h = 0$)

En la posición de la válvula (fig. 8) y a la mitad de la tubería (fig. 9)

b) Considerando la fricción

En la posición de la válvula (fig. 10) y a la mitad de la tubería (fig. 11)

b) APERTURA DE VÁLVULA

La carga de presión mínima, H_{min} . en la válvula causada por la abertura uniforme de la válvula desde una posición completamente cerrada puede determinarse con la siguiente ecuación:

$$H_{min} = H_o \left(-K + \sqrt{K^2 + 1} \right)^2 \text{ solo si: } T_o > \frac{2L}{a}$$

Donde: $K = \frac{L v_f}{g H_o T_o}$

La presión mínima ocurre $2L/a$ segundos después de empezar el movimiento de la válvula.

Para $t \leq \frac{2L}{a}$ $H_{min} = \frac{H_o - a}{g \Delta V}$

Donde:

$\Delta V = V_f - v_o$ $v_o = 0$ m/seg

NOMENCLATURA:

H_o = carga estática

L = longitud de la tubería

V_f = velocidad en el tubo en flujo permanente final

T_o = tiempo total de abertura de la válvula

ΔV = cambio en la velocidad del flujo debido a la apertura de la válvula

a) Despreciando la fricción ($h = 0$)

En la bomba (fig. 14) y a la mitad de la tubería (fig. 15)
carga máxima

b) Considerando la fricción

En la bomba (fig. 17) y a la mitad de la tubería (fig. 16)

CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE

MÉTODO: CARTAS O GRÁFICAS DE CHAUDRY

Datos:

$$L = 2,118.50 \text{ m}$$

$$H_o = \text{Carga Estática} = 32 \text{ m}$$

$$h_f = 16.81 \text{ m}$$

$$\phi_n = 4'' = 0.1050 \text{ m}$$

$$\phi_{int} = 0.1098 \text{ m}$$

$$\phi_{ext} = 0.1000 \text{ m}$$

$$e = 0.0098 \text{ m espesor}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{\left[\frac{1}{E_w} + \frac{K}{E_t} + \frac{D}{e} \right] \frac{\gamma}{g}}}$$

$$E_w = 2.23 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2$$

$$E_t = 1.28 \times 10^{10} \text{ Kg/m}^2$$

$$\mu = 0.25 \text{ (pág. 2.6.1 y 2.6.2)}$$

$$\gamma = 1,000 \text{ Kg/m}^3$$

$$K = 1 - \mu^2$$

$$K = 1 - 0.25^2 = 0.9375$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$a = \frac{1}{\sqrt{\left[\frac{1}{2.23 \times 10^8} + \frac{0.9375}{1.28 \times 10^{10}} + \frac{0.1098}{0.0098} \right] \cdot 9.81}}$$

$$a = 3,368.42 \text{ m/seg}$$

El análisis se hará para el cierre de una válvula

a) Carga Máxima

$$p = \frac{a V_o}{2gH_o}, \quad K = \frac{T_c}{2L/a}$$

Donde:

a = celeridad

g = Aceleración de la Gravedad

H_o = Carga Estática

L = Longitud de la Tubería

V_o = Velocidad inicial del flujo

T_c = Tiempo de Cierre

ΔH_m = Carga máxima a la mitad de la tubería

ΔH_d = Carga máxima en la válvula

V_o = 0.549 m/s

$$p = \frac{3368.42 \times 0.549}{2 (9.81) (32)} = 2.945$$

$$K = \frac{5}{2(2128/3368.42)} = 3.957$$

Se procede a entrar en las gráficas para obtener

$$\frac{\Delta H_d}{H_o} = 0.80$$

$$\Delta H_d = H_o \times 0.80$$

$$\Delta H_d = 32 \times 0.80 = 25.60$$

$$H_{\text{máx}} = H_o + \Delta H_d$$

$$H_{\text{máx}} = 32 + 25.60 = 57.60 \text{ m} = 5.76 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T_o > \frac{2L}{a} = \frac{2(2128)}{3368.42} = 1.26$$

Donde:

$$K = L \frac{V_f}{g} \frac{H_o}{T_o}$$

$$V_f = V_o = 0.549$$

$$K = 2128 \frac{(0.549)}{9.81} \frac{(32)}{5} = 762.17$$

$$H_{\text{min}} = 32 \times (-762.17 + \sqrt{762.17 + 1})^2$$

$$H_{\text{min}} = 1.3 \times 10^{-5} \text{ Kg/cm}^2$$

FIGURA 8

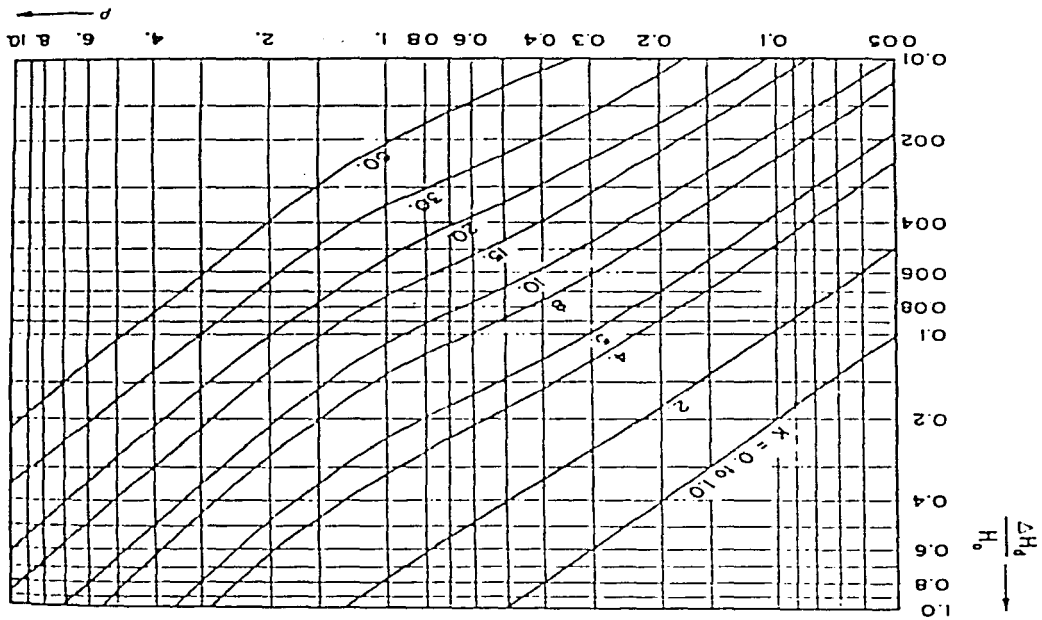
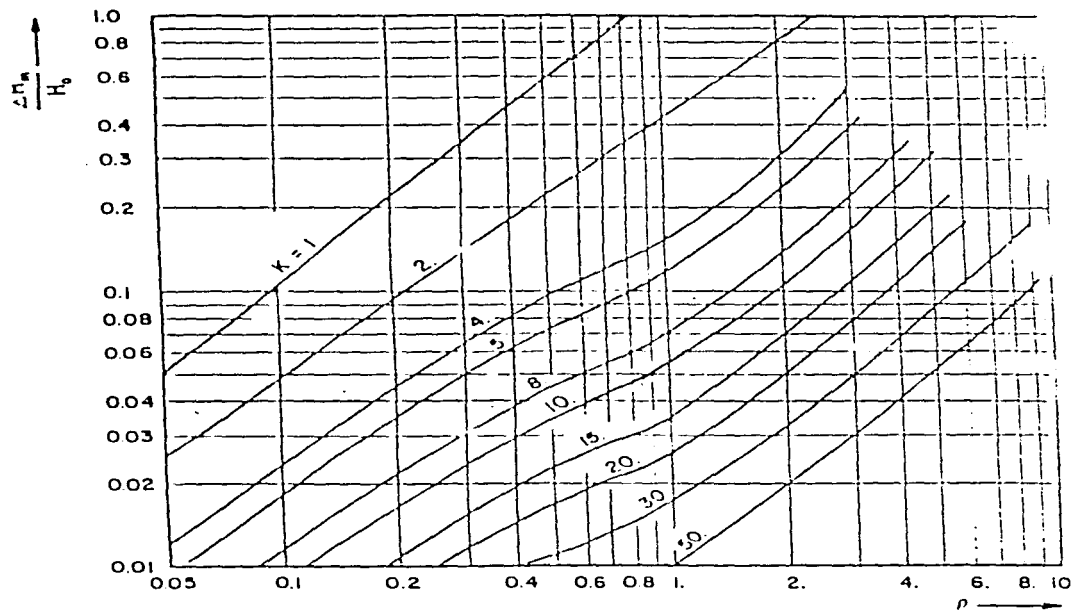
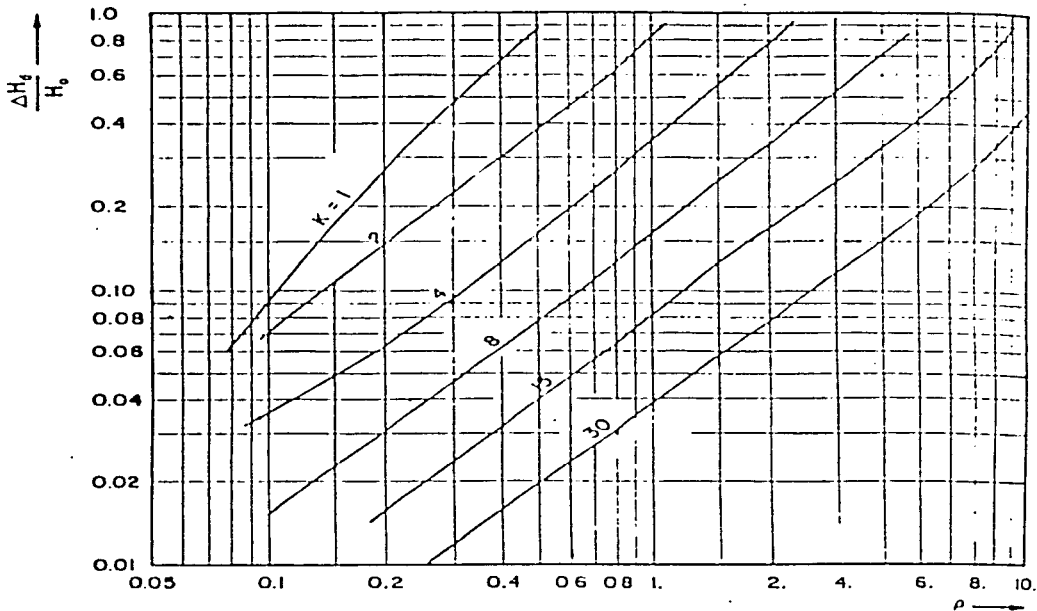


FIGURA 9



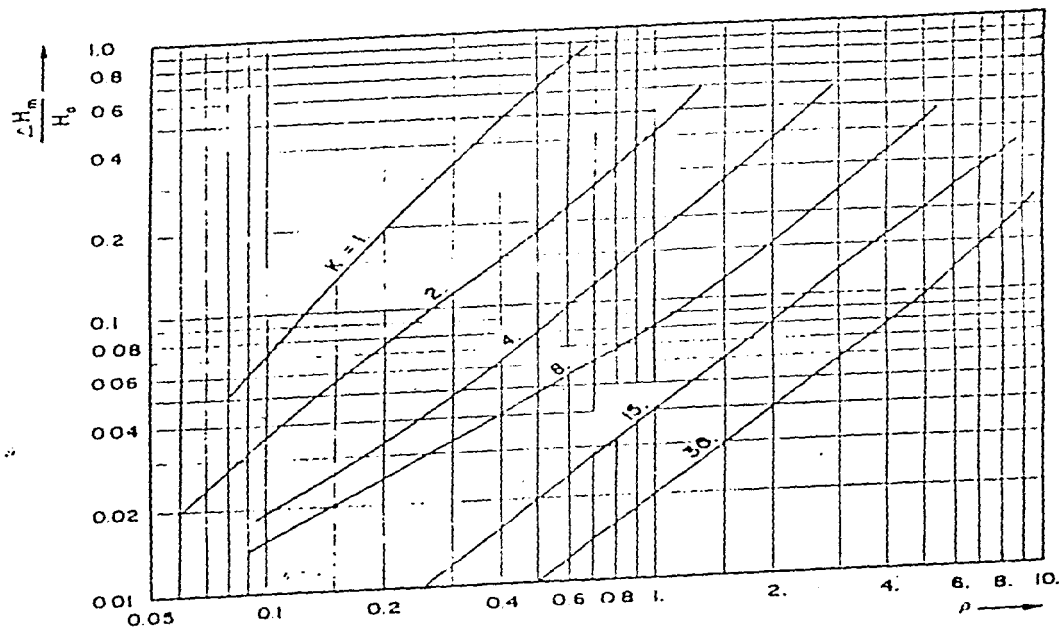
(b) At mid-length

FIGURA 10



(a) At Valve

FIGURA 11



(b) At midlength

FIGURA 12 Y 13

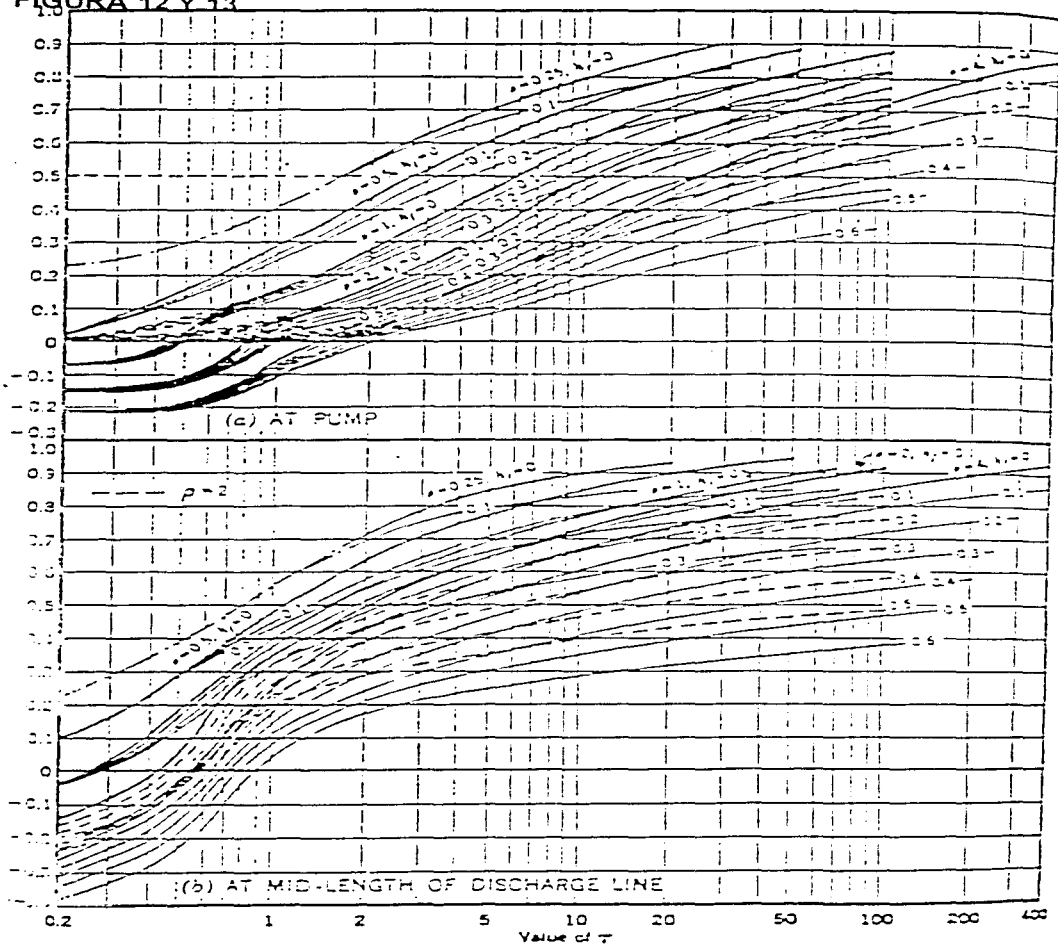


FIGURA 14 Y 15

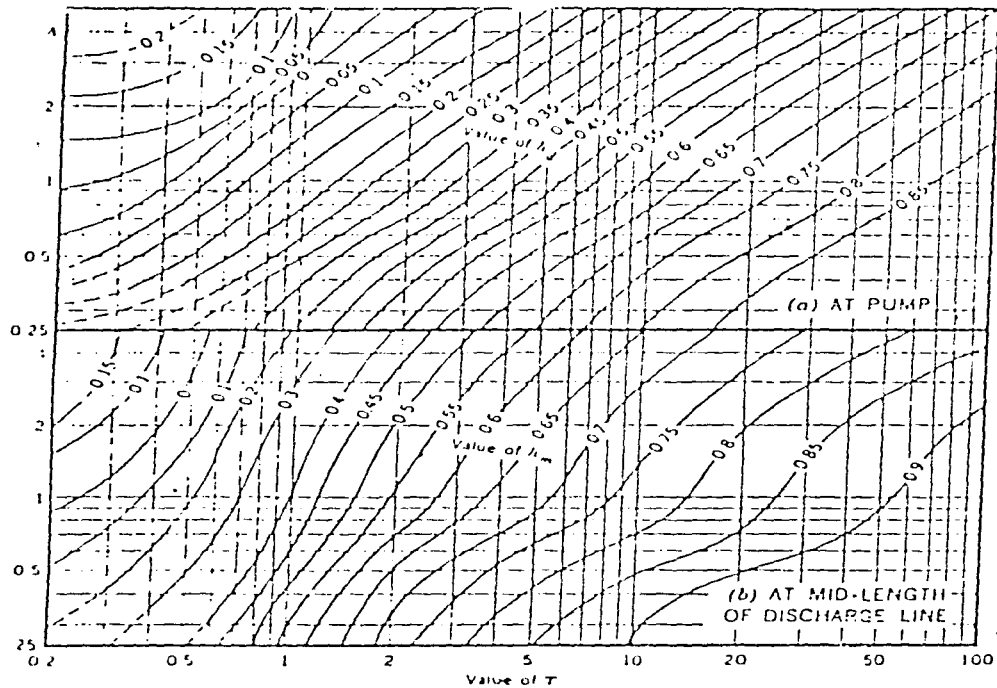
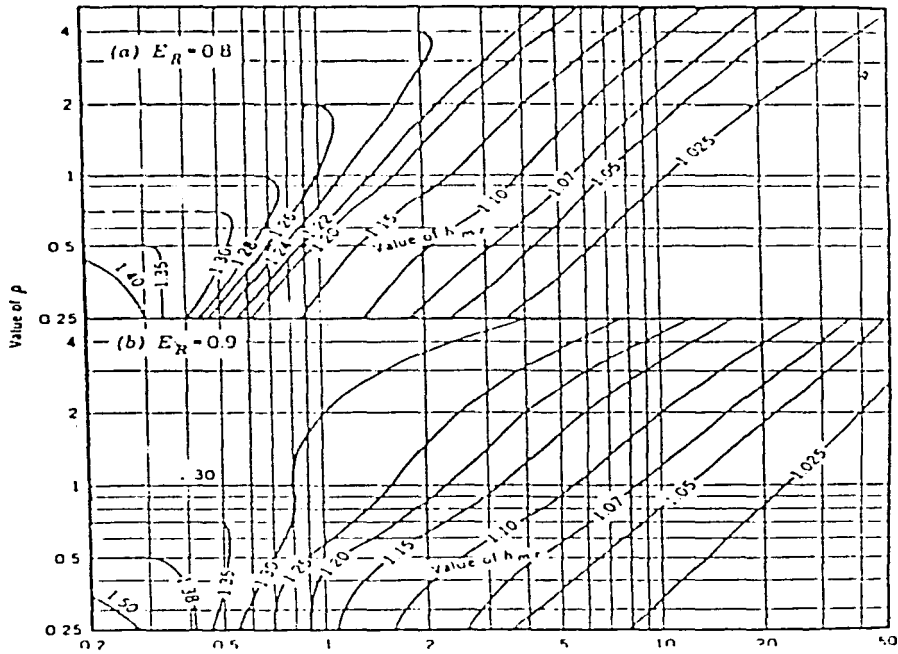
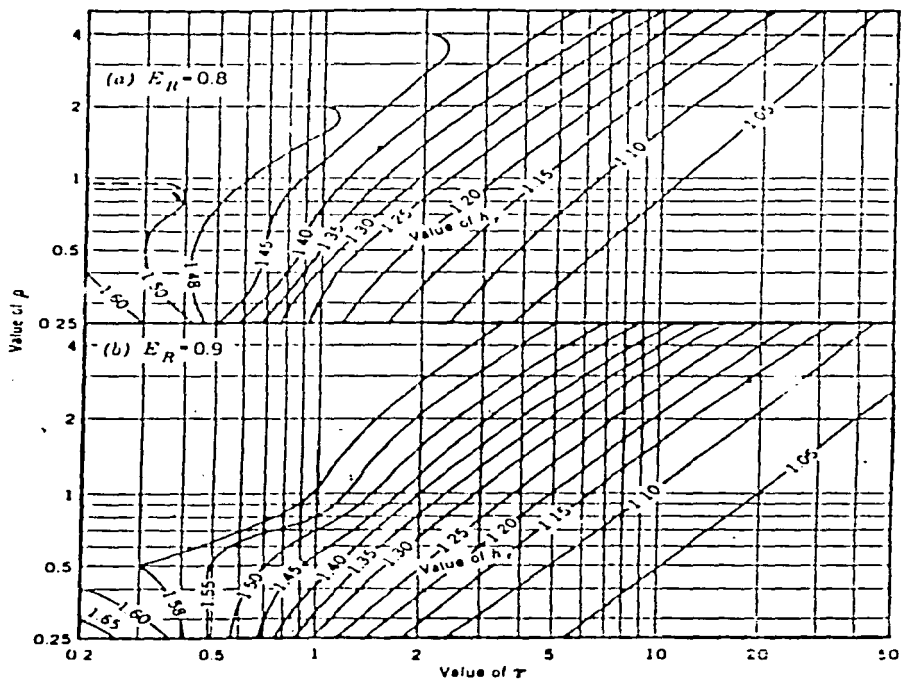


FIGURA 16



5

FIGURA 17



(b) At pump

**TABLA No. 2 MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG Y RELACION DE POISSON
PARA TUBOS DE VARIOS MATERIALES**

| MATERIAL | MODULO DE ELASTICIDAD E, EN KG/M ² | RELACION DE POISSON |
|--------------------|--------------------------------------------------|------------------------|
| MEZCLA DE ALUMINIO | 7.19×10^9 | 0.33 |
| ASBESTO CEMENTO | 2.45×10^9 | |
| BRONCE | 9.59×10^9 | 0.36 |
| FIERRO FUNDIDO | 1.28×10^{10} | 0.25 |
| CONCRETO | 2.24×10^9 | 0.13 |
| COBRE | 1.21×10^{10} | 0.34 |
| VIDRIO | 6.07×10^9 | 0.24 |
| PLOMO | 1.11×10^9 | 0.44 |
| ACERO DULCE O SUA | 2.10×10^9 | 0.27 |
| PLASTICOS | | |
| ABS | 1.73×10^8 | 0.33 |
| NYLON | 2.12×10^8 | |
| PERSPEX | 6.12×10^8 | 0.33 |
| POLIETILENO | 8.16×10^7 | 0.46 |
| POLIESTIRENO | 5.10×10^8 | 0.40 |
| PVC RIGIDO | 2.63×10^8 | |
| ROCAS | | |
| GRANITO | 5.10×10^9 | 0.28 |
| CALIZA | 5.16×10^9 | 0.21 |
| CUARZITA | 3.51×10^9 | |
| ARENISCA | 3.85×10^8 | 0.28 |
| ESQUISTO | 1.28×10^9 | |

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta, que para desarrollar este trabajo recurrimos a utilizar el "Método de las Cartas o Gráficas de Chaudry", el cual se utiliza básicamente para obtener resultados estimados de sobrepresiones provocados por Transitorios y solo en puntos específicos; esto es, en la posición de la Válvula, de tal manera se observó que los resultados obtenidos resultaron importantes de acuerdo a las condiciones que se plantearon, por lo que el diseño de los elementos del sistema no se vieron afectados a las expectativas esperadas.

Las condiciones con las que se plantearon este proyecto se definió que la presión máxima que soporta la tubería es de 11.2 kg/cm^2 , por lo que el resultado de presión máxima calculada es de 5.76 Kg/cm^2 ; podemos concluir que la tubería soportara la presión ejercida en el momento del cierre de la válvula.

BIBLIOGRAFÍA

1.- MECÁNICA DE LOS FLUIDOS

VÍCTOR L. STREETER
E. BENJAMIN WYLIE
EDIT. MCGRAW-HILL 1988
MÉXICO, D.F.

2.- HIDRÁULICA GENERAL

GILBERTO SOTELO A.
VOL. 1 FUNDAMENTOS
EDITORIAL LIMUSA

3.-MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
CONDUCCIONES A PRESIÓN

4.- MECÁNICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRÁULICAS

CLAUDIO MATAIX
EDITORIAL HARLA

5.- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN Y ELIMINACIÓN DE EXCRETAS

PEDRO LÓPEZ ALEGRÍA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

6.- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

ENRIQUE CESAR VALDÉS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
VOLUMEN 1

7.-MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
HIDROTECNIA

8.- INGENIERÍA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS

RAY K. LINSLEY Y JOSEPH B. FRANZINI
EDITORIAL CECSA

9.- PROYECTOS DE PLANTAS DE BOMBEO
SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
MÉXICO, D.F.

10.- VÁLVULAS, SELECCIÓN USO Y MANTENIMIENTO
RICHARD W. GREENE
EDIT. Mc GRAW HILL