



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“PROYECTO EJECUTIVO DE LA
ZONA DE RIEGO TAZUMBOS”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

CRESCENCIANO MORENO ALVAREZ

DIRECTOR DE TESIS

ING. ROBERTO GARCÍA ACEVEDO

MORELIA, MICH., MAYO DE 2010

INDICE

1.- CAPITULO. I EL CAMPO.

- 1.1 Antecedentes del campo en México.
- 1.2 Principales productos.
- 1.3 Situación del campo en la Zona de Riego Tazumbos
- 1.4 Métodos de producción
 - 1.4.1 Agricultura de temporal
 - 1.4.2 Agricultura de humedad residual
 - 1.4.3 Agricultura de riego
- 1.5 Uso Consuntivo o Evapotranspiración
 - 1.5.1 Evaporación
 - 1.5.2 Transpiración
 - 1.5.3 Evapotranspiración o uso consuntivo

2.- CAPITULO II. TOPOGRAFIA.

- 2.1 Antecedentes
- 2.2 Definición de Topografía
- 2.3 División de la Topografía
- 2.4 Relación de la Topografía con otras ciencias.
- 2.5 Levantamientos Topográficos
- 2.6 Elaboración de mapas y planos topográficos
- 2.7 Instrumentos de medición

3.- CAPITULO III. TUBERIAS A PRESION

- 3.1 Tipos de tuberías y piezas especiales
- 3.2 Dispositivos de control y protección en la línea de conducción.
- 3.4 Factores a considerar en el proyecto de líneas de conducción
- 3.4 Métodos para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías por fricción
- 3.5 Pérdidas de carga locales
- 3.6 Golpe de ariete

4.- CAPITULO IV. ESTUDIO “ZONA DE RIEGO TAZUMBOS”

- 4.1 Localización y descripción específica del sitio de proyecto
- 4.2 Estudio topográfico.
 - 4.2.2. Planeación general de la zona de riego Los Tazumbos
- 4.3 Estudio Agrológico y agronómico
- 4.4 Calculo hidráulico.
 - 4.4.1 Calculo de los gastos en las tuberías
 - 4.4.2. Calculo de los diámetros de tubería y la carga disponible en el sistema de riego.
 - 4.4.3 Presupuesto, generadores de obra y planos. (ANEXOS)
 - 4.4.4 Descripción y sistema integral para operación de la Zona de Riego Tazumbos
 - 4.4.5 Procedimiento constructivo

5.- CONCLUSIONES Y APORTACIONES

1.- CAPITULO. I EL CAMPO.

1.1 Antecedentes del campo en México.

La agricultura es la actividad humana que más estrecha relación tiene con el medio ambiente y con la sobrevivencia del hombre en el planeta, pues debe atender la demanda de alimentos provocada por la explosión demográfica y la inequidad social. Asimismo, se ha convertido en una causa significativa del deterioro, la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales.

Efectivamente, para nuestro país, de acuerdo con lo expresado recientemente por Gabriel Quadri, "México ocupa uno de los primeros lugares en el mundo en deforestación.

La destrucción de bosques y selvas tiene como causa primordial a las actividades agropecuarias que cada año eliminan entre 400 mil y un millón de hectáreas de ecosistemas forestales. Recordemos que la agricultura consume cerca del 80% del agua disponible en el país, y que desperdicia casi las dos terceras partes".

En México, pese a tener una gran extensión territorial, clima y suelo fértil, hay otros elementos adversos que han producido una drástica modificación en la capacidad productiva. Por un lado se encuentran los factores climáticos, que según los expertos, son el resultado del lento pero visible deterioro del equilibrio ecológico, y que originan que los temporales, antes previsibles, ya no puedan anticiparse con la misma precisión, y que además, pongan en riesgo no sólo las cosechas, sino también los recursos naturales y la vida de la población aledaña a zonas de riesgo.

Además, de los cambios climáticos, en el caso de muchos países dentro de los que se incluye México, el campo sufre impactos derivados de las relaciones económicas, y particularmente de los tratados comerciales. Aunque en este caso, dichos acuerdos benefician a los países al proveerles de mercados mundiales, y fomentar la demanda de productos y servicios, también se producen daños a los pequeños propietarios, ya que se requiere de dar continuidad a la inversión necesaria para semillas, abonos, maquinaria y mano de obra.

Al mismo tiempo, el campesino mexicano se enfrenta a una desigual competencia entre aquellos productores que subsidiados por su gobierno, como el caso de Estados Unidos dentro del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, permite a través de leyes que haya un incentivo para la producción del campo, lo que abarata literalmente los costos de producción, contra los que no pueden competir los productores mexicanos.

Otra influencia a la que el campo mexicano se enfrenta es la de elegir entre aquellos productos que se consumen en el mercado interno, como el arroz, y

aquellos que tienen mayor demanda de exportación, lo que ha impactado en la reducción de extensiones cultivables de este cereal, que es sustituido por cultivos de crecimiento más acelerado y que pueden compartir el terreno con otras especies. De ahí que muchos granos y oleaginosas que se producían por la agricultura nacional, hoy tengan que ser importados de países, tal como el maíz, frijol y trigo.

Aunque el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, coordina programas regionales, estatales y municipales, es imperante la reestructuración del campo mexicano. Vincular a otros actores como centros de investigación, universidades y organismos no gubernamentales, que apoyen el desarrollo de productos mejorados para resistir los embates temporales, y las plagas, lo mismo que mejorar el rendimiento por hectárea, son algunas alternativas para combatir el rezago en este sector.

Al mismo tiempo, se requiere una revisión de los sectores en particular, pues cada uno vive problemáticas diferentes que redundan en el impacto a los costos de producción, complejidad en las cadenas productivas, e ineficacia en la competitividad, tan necesaria en una etapa de libre comercio como la que vive el país.

1.2 Principales productos.

Consumo aparente - cultivos básicos - 1999-2008 – nacional

Periodo	Agrícolas											
	Cultivos básicos							Cultivos perennes				
	Arroz limpio	Frijol	Maíz	Trigo	Ajonjolí	Cártamo	Soya	Aguacate	Limón mexicano	Manzana	Naranja	Plátano
1999	663	1,115	23,187	5,343	23	262	4,199	824	880	586	3,491	1,564
2000	662	944	22,877	5,729	44	91	4,082	818	967	522	3,837	1,782
2001	901	1,193	26,269	6,199	46	110	4,595	869	1,068	664	4,041	1,918
2002	927	1,643	24,630	5,936	22	51	4,469	807	1,190	651	4,013	1,767
2003	1,042	1,481	26,459	5,651	34	194	4,300	781	1,747	676	3,878	2,037
2004	978	1,207	27,197	5,564	47	227	3,670	852	1,869	727	3,978	2,316
2005	1,037	883	25,029	6,338	33	88	3,900	803	2,141	780	4,127	2,191
2006	1,160	1,504	29,319	6,288	32	70	3,847	938	1,794	807	4,143	2,135
2007	1,144	1,066	31,203	6,200	36	140	3,699	845	1,857	725	4,243	1,934
2008 P	1,041	1,193	33,408	5,840	40	128	3,660	874	2,176	701	4,301	2,076

1.3 Situación del campo en la Zona de Riego Tazumbos

El municipio de Jilotlán de los Dolores es uno de los municipios con más alta marginación en el país, debido a que la mayor parte de su territorio está muy accidentado por barrancas y montañas, la única región plana es la de Tazumbos, Rancho Nuevo y La Loma, pero desgraciadamente el problema más grande en esta región es el agua, por este motivo la gente con ganas de salir adelante que habita esta región ha gestionado a través del tiempo, obras hidráulicas que impulsen el desarrollo de esta región cuyas tierras son muy fértiles pero solo pueden ser cultivadas en tiempo de lluvias y llegar a obtener buenas cosechas solo si el temporal es bueno y en caso contrario regularmente pierden lo que invierten en la siembra y atención de los cultivos.

Actualmente se cuenta con pozos profundos de bombeo, los cuales no son suficientes para el abastecimiento de todos los terrenos de cultivo que comprenden el ejido y que están en condiciones de riego; además que los costos de operación son más caros lo que hace que las cosechas sean irredituables debido a que la inversión regularmente es mayor a los ingresos.

En esta región aguas arriba de la zona de riego se encuentra la presa de almacenamiento construida para abastecer a solo a 110 hectáreas la cual se denomina como " Los Tazumbos" la cual es abastecida por las aguas brancas que almacena por los escurrimientos de la cuenca de la barranca " El Coyote y las aguas del canal de La Parota"

Con la construcción de esta presa cambiara en gran medida la situación de los agricultores que se verán beneficiados con estas 10 hectáreas, ya que con la zona de riego podrán tener acceso para poder dar riegos de auxilio a sus terrenos en tiempo de lluvias y a poder sacar cultivos rápidos con el agua almacenada durante las lluvias por dicha presa. Además de que los ganaderos podrán contar con agua para dar de beber a sus vacas en época de secas sin necesidad de tener que acarrearla en pipas hasta el sitio donde tiene pastoreando el ganado.

La situación actual de la región es muy difícil por los pocos recursos e infraestructura hidráulica con la que se cuenta, por ello la mayor parte de la población que depende de la agricultura se encuentra en condiciones de pobreza, creemos que con obras como las que es objeto este proyecto, se podrá mejorar la calidad de vida de estas personas y poco a poco lograr hacer más prosperas estas regiones que gracias al apoyo de la ingeniería y del gobierno con la construcción de infraestructura hidráulica se podrá desarrollar e impulsar mucho más al campo mexicano y sobre todo al que se encuentra en total marginación.

1.4 Métodos de producción.

1.4.1 Agricultura de temporal

La agricultura de temporal es aquella que se realiza con agua de lluvia, es decir, su éxito depende de la precipitación y la capacidad del suelo para retener humedad, otros factores de riesgo para la agricultura bajo temporal son la presencia de heladas y granizo. Estos factores son muy variables a través de las regiones y los años, por lo que el agricultor de temporal, ante la incertidumbre sobre los resultados a obtener, decide invertir lo mínimo indispensable creando condiciones de baja productividad y aumentando los riesgos de pérdida, desperdiciando años con condiciones de buena precipitación y, lo que es más grave, reafirmando la creencia generalizada de que la agricultura de temporal es improductiva.

1.4.2 Agricultura de humedad residual

La Agricultura de humedad residual no es una práctica nueva. El milenario sistema de cultivos desarrollado en las márgenes del río Nilo, es el ejemplo más antiguo de esta actividad agrícola.

Los egipcios sacaron provecho de la humedad residual acumulada en las márgenes durante el período de la creciente del Nilo, para producir cosechas. La agricultura de humedad residual consiste en la utilización de los suelos potencialmente agrícolas de los embalses, ríos y lagos que han sido cubiertos por el agua durante la época lluviosa (Duque, 1973). O sea, después que el período de lluvias ha terminado, los niveles de agua en los embalses, ríos y lagos empiezan a descender, descubriendo suelos mojados con excelente potencial productivo, en los cuales, los agricultores siembran cultivos anuales como el camote (*Ipomoea batata*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y/o maíz (*Zea mays* L.). La práctica de esta actividad en forma tradicional, presenta limitaciones debido al manejo inadecuado del suelo y del agua. El problema radica en que el agricultor siembra las semillas inmediatamente después que el suelo se descubre, en forma desordenada, sin siquiera disponerlas en hileras y sobre todo, cuando el suelo aún se encuentra saturado, lo que influye en la germinación de las semillas. Por otro lado, la velocidad de infiltración de las aguas y el resecamiento de la humedad en el suelo es muy rápida, provocando deficiencia hídrica para las plantas en un corto plazo, después de la siembra. Debido al desorden de siembra, sin hileras, sin curvas de nivel, resulta imposible para el agricultor hacer alguna tentativa de riego suplementario; en otras palabras, no consigue hacer un manejo adecuado del agua.

1.4.3 Agricultura de riego

El riego en la agricultura representa una alternativa para incrementar la producción de alimentos y el rendimiento en cultivos, y éste puede duplicarse en relación con el máximo que se obtiene bajo temporal.

Los sistemas de goteo y subterráneo son los más eficientes, en tanto que los de aspersión y de superficie generan un alto consumo de agua y la salinización de tierras, con su consecuente daño al ambiente.

De los métodos de riego en la agricultura, los más utilizados hasta el momento son el riego por aspersión y el riego de superficie. Este último es uno de los más ineficientes y es empleado, en general, por pequeños agricultores quienes no pueden acceder a equipos hidráulicos complejos, pero que predominará hacia 2030, a pesar de ser un sistema que consume mucha agua y en ocasiones causa problemas de anegamiento y salinización. En segundo término se emplean el riego por goteo y el riego subterráneo, dos tipos de riego localizado, cada vez más populares por su mayor eficacia al aplicar pequeñas cantidades de agua en sitios localizados como las raíces de los cultivos, lo cual permite la reducción en el consumo del vital líquido.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) asegura que los resultados obtenidos en muchos países demuestran que los agricultores que han decidido cambiar su sistema de riego en surcos o de aspersión por uno de riego por goteo, disminuyeron su consumo de agua entre 30 y 60 por ciento.

1.5 Uso Consuntivo o Evapotranspiración

1.5.1 Evaporación

La evaporación es un proceso mucho muy importante en bases continentales, ya que aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del agua que se precipita, regresa a la atmósfera, ya sea por evaporación o evapotranspiración.

Si se considera una superficie plana de agua con una entrada neta de energía calorífica, el cuerpo de agua incrementará la energía liberada de las moléculas de agua hasta el punto en que puedan escapar a través de la interface líquida-vapor. Esto a su vez, produce un decremento en energía cinética del resto de las moléculas, lo cual explica por qué el agua remanente se enfría.

Un ejemplo de lo anterior, es la sensación de estar más confortable en climas secos que en húmedos, ya que al producirse la transpiración, el agua se evapora absorbiendo calor del cuerpo y del aire adyacente, esto produce un descenso en la temperatura del cuerpo. Obsérvese que este fenómeno no puede ocurrir en una zona saturada. El proceso contrario ocurre en climas fríos (donde se congela el agua).

En tanto las moléculas del líquido se escapan, su energía cinética disminuye debido a las fuerzas intermoleculares. Si se tiene un suministro de calor continuo,

la evaporación prosigue formándose una acumulación de moléculas de vapor, lo que provoca un incremento de la presión de vapor de aire exactamente arriba de la superficie líquida, hasta que empieza la condensación.

La evaporación varía por una parte con la luminosidad, con el viento, la humedad relativa y la temperatura, así como también con el grado de humedad presente.

La influencia de los factores atmosféricos o características climáticas propias de la región son importantes, ya que mientras mayor sean las horas-luz, mayor será la evaporación; igualmente se comporta el viento que al ser más intenso y seco, consume mayor cantidad de agua. La evaporación será mayor mientras mayor sea la humedad relativa y menor el número de plantas.

1.5.2 Transpiración

La diferencia en concentraciones entre la savia de las células de las raíces de una planta y el agua del suelo, causan una presión que se denomina "osmótica". Esta presión hace que el agua del suelo se mueva a través de las membranas semipermeables de las raíces, hasta llegar a las células (nutrientes).

Una salinidad alta en el disolvente del agua del suelo y/o una alta tensión debido a la humedad del suelo puede reducir o prevenir la transferencia osmótica.

Al paso recíproco de líquidos de distinta densidad, a través de una membrana semipermeable que los separa se denomina "ósmosis".

Una vez dentro de las raíces, el agua es transferida por toda la planta. En las hojas, el aire entra a su epidermis a través de ciertas aberturas llamadas estomas, los cloroplastos dentro de la hoja usan el bióxido de carbono del aire y una parte del agua disponible para generar los carbohidratos necesarios para el crecimiento de la planta (fotosíntesis). Conforme el aire entra a la hoja, escapa agua a través de las estomas abiertas y a este proceso se le denomina "transpiración".

El volumen de agua transpirado es del orden de 800 veces mayor o igual que el necesario para formar materia vegetal.

La transpiración se ve limitada por la velocidad con que las plantas disponen de la humedad. El agua disponible varía con el tipo de suelo y va desde 0.5 mm/cm de profundidad para arenas, hasta 2 mm/cm para arcillas con materia vegetal. La transpiración por unidad de área depende además, de la cubierta vegetal.

El tipo de planta es un factor importante en el control de la transpiración, principalmente cuando la humedad del suelo se ve limitada. Especies con raíces poco profundas no podrán obtener agua cuando el suelo se seque; de aquí que la vegetación con raíces profundas transpire mayor cantidad de agua en tiempos de sequía que las anteriores.

1.5.3 Evapotranspiración o uso consuntivo

La evapotranspiración es esencialmente igual a la evaporación, excepto que la superficie de la cual se escapan las moléculas de agua no es una superficie de agua, sino hojas de plantas.

La cantidad de vapor de agua que transpira una planta, varía día a día con los factores ambientales que actúan sobre las condiciones fisiológicas del vegetal y

determinan la rapidez con que el vapor del agua se desprende de la planta, siendo los principales:

- Radiación solar
- Humedad relativa
- Temperatura
- Viento

Radiación solar. Este término comprende la luz visible y otras formas de energía radiante (radiaciones infrarrojas y ultravioleta). El principal efecto de las radiaciones solares sobre la evapotranspiración proviene de la influencia de la luz sobre la apertura y cierre de las estomas, ya que en la mayoría de las especies vegetales, las estomas por lo común, permanecen cerrados cuando desaparece la luz.

Humedad relativa. En general si otros factores permanecen constantes, cuando la presión del vapor es mayor, será más lenta la evapotranspiración. Si los estomas están cubiertos, la difusión del vapor de agua de las hojas dependerá de la diferencia entre la presión de vapor de agua en los espacios intercelulares y la presión de vapor de la atmósfera exterior.

Temperatura. Influye en la velocidad en que se difunde el vapor de agua de las hojas a través de las estomas, en general cuanto más alta es la temperatura para un gradiente dado, más alta es la velocidad de difusión.

Viento. El efecto del viento sobre la evapotranspiración dependerá de las condiciones ambientales. Un aumento en la velocidad del viento, dentro de ciertos límites significa una mayor evapotranspiración, sin embargo, puede decirse que la evapotranspiración aumenta relativamente más, por los efectos de una brisa suave (0 a 3 km/hora), que por vientos de gran velocidad. Se ha observado que estos últimos ejercen más bien un efecto retardante sobre la evapotranspiración, probablemente debido al cierre de los estomas en tales condiciones. El efecto del viento puede ser indirecto sobre la evapotranspiración a través de la influencia que ejercen en la temperatura de las hojas.

Métodos para determinar la evapotranspiración

Los métodos pueden clasificarse en métodos directos e indirectos. Los primeros proporcionan directamente el consumo total del agua requerida, utilizando para ello aparatos e instrumentos para su determinación. Los segundos en forma directa y bajo la utilización de fórmulas empíricas, obtienen los consumos de agua a través de todo el ciclo vegetativo de la planta.

Métodos directos

Miden directamente los consumos por evaporación y requieren para su determinación la instalación de aparatos, el cuidado de ellos y seguir la metodología específica en cada paso. Son aplicables para zonas donde se tiene una agricultura establecida, ya que proporcionan valores mucho más apegados a la realidad y sirven a la vez para ajustar los parámetros de los métodos empíricos. Los métodos más utilizados son: el del lisímetro, del evapotranspirómetro de Thornthwaite, los atmómetros y el método gravimétrico.

Método del lisímetro

Determina la evapotranspiración potencial y consiste en un recipiente de lámina galvanizada formado por un tanque cilíndrico de más o menos 6 m de diámetro por 95 cm de alto, en el que se coloca el suelo y el cultivo en estudio. El consumo de agua por evapotranspiración se determina pesando diariamente el conjunto del suelo, plantas, agua y aparato, y por diferencia de pesadas se obtiene la humedad consumida. La reposición de agua se efectúa por medio de tanques de alimentación en forma automática.

Puede mencionarse como ventaja la facilidad de las mediciones y de la aplicación del agua; pero a su vez estos aparatos aunque fáciles de manejar, son más caros. Entre las desventajas se encuentran sus altos costos, que pueden alterar las condiciones normales del suelo afectando la medición, provocan un desarrollo anormal de las raíces que se concentran hacia el tubo de aplicación del agua, por haber más humedad en el fondo o base del recipiente y no se pueden aplicar a plantas que tengan un sistema radicular mayor que las dimensiones del tanque que contiene el suelo.

Evapotranspirómetro de Thornthwaite

Consta de las siguientes partes:

- a) Tanque evapotranspirador de fierro galvanizado, con área rectangular de 4 m² y 90 cm de profundidad. Este tanque va hundido hasta el nivel del suelo. Se llena de tierra y se siembran las plantas. En el fondo tiene un lecho de grava que ayuda a eliminar el exceso de agua.
- b) Tubería subterránea ramificada y perforada para conducir el agua al suelo.
- c) Tanque alimentador en donde se mide y agrega diariamente el agua consumida
- d) Tanque regulador en donde se mide y agrega diariamente el agua consumida.
- e) Tanque de excedentes, que recoge los excesos de agua, generalmente provocados por lluvias.
- f) Junto a los tanques de excedentes y de alimentación se colocan higrómetros que permiten tener las medidas exactas del agua.
- g) Tubería que conecta a todo el sistema.

La cantidad de agua consumida (U_c) será la que se agrega al tanque alimentador (v_a) más la lluvia (v_{ll}), menos la cantidad medida en el tanque de excedentes (v_e).

$$U_c = v_a + v_{ll} - v_e$$

Para el buen funcionamiento del aparato se recomienda que los tanques alimentador, regulador y de excedentes, estén bajo una caseta, para disminuir los efectos de evaporación, además alrededor del tanque evapotranspirador, deberá estar sembrado el cultivo que está en estudio.

Las dificultades que presenta la operación del equipo, el hecho de no poder aplicarse a más de un solo cultivo, hacen que su utilización sea altamente costosa.

Atmómetro de Livingstone

Está formado por una esfera de cerámica porosa, que tiene un vástago barnizado del mismo material que se introduce dentro de un recipiente graduado que contiene agua; la esfera se encuentra pintada de blanco o de negro. Al recibir energía de la atmósfera, se produce una evaporación en la superficie de la esfera que se traduce en una succión en el depósito graduado, el cual mide la cantidad de agua evaporada.

Se ha visto que existe mayor correlación entre la evapotranspiración y las lecturas de los atmómetros si se utilizan dos, uno negro y otro blanco. El valor se obtiene con la diferencia de lecturas.

Método gravimétrico

Se basa en la determinación en los diferentes valores de humedad registrados en una serie de pesadas que se efectúan a través del ciclo vegetativo, en muestras de suelo, obtenidas a una profundidad igual a la que tienen las raíces de las plantas del cultivo considerado.

En función de estas diferencias y de las características del suelo, se obtienen las láminas de agua consumidas por evaporación, en un periodo de tiempo determinado.

La suma total de las láminas consumidas en los intervalos entre riegos, es igual a la "lámina total consumida" o "uso consuntivo" del cultivo estudiado.

Métodos indirectos o empíricos

Los métodos más comunes para estimar la evapotranspiración son:

1. Thornthwaite
2. Turc
3. Blaney y Criddle
4. Racional utilizando la curva de Hansen
5. Grassi y Christensen
6. Tanque evaporímetro tipo A
7. Penman simplificado

La mayor parte de ellos son demasiado teóricos ya que han sido deducidos bajo condiciones definidas entre regiones y su aplicación precisa de una serie de datos que generalmente no se tienen a la disposición. El método de Thornthwaite calcula la evapotranspiración potencial mediante los datos existentes de las temperaturas medias mensuales, el de Turc utiliza la precipitación y temperatura medias de una cuenca, y los de Blaney y Criddle y Grassi y Christensen hacen uso de la radiación solar.

Método de Thornthwaite

La fórmula se basa en la temperatura y en la latitud determinando que esta última constituye un buen índice de la energía en un lugar específico. Sirve para estimar la evapotranspiración potencial y tiene la ventaja de que la fórmula usa datos climatológicos accesibles. Se obtienen buenos resultados en zonas húmedas con vegetación abundante. Su expresión general es:

$$Et = 1.6 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

Donde:

Et = evaporación potencial no ajustada para meses de 30 días de 12 horas luz (mm)

T = temperatura media mensual (°C)

I = suma de (i) para todos los meses del año o semana anual de calor

a = constante que depende del lugar y que es función del índice de eficiencia anual de

temperatura, cuyo valor es:

$$a = 0.000000675 I^3 - 0.0000771 I^2 + 0.017925 I + 0.49239$$

i = eficiencia de la temperatura

I = índice anual de calor (o temperatura). Es la suma de las eficiencias mensuales de

Temperatura.

$$I = \sum_{12}^1 i$$

$$I = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

La evapotranspiración potencial no ajustada se corrige por la duración real del día en horas y los días del mes y se obtiene la evapotranspiración potencial ajustada.

Las críticas que pueden hacerse a este método son:

1. La temperatura no es buena indicadora de la energía disponible para la evapotranspiración.
2. La temperatura del aire respecto a la temperatura de radiación puede ser diferente.
3. La evaporación puede cesar cuando la temperatura promedio desciende de cero grados centígrados, lo cual es falso.
4. El viento puede ser un factor importante en algunas áreas requiriéndose en ocasiones para ello, un factor de corrección.
5. La fórmula no toma en cuenta el efecto de calentamiento o enfriamiento del aire por advección.

Se obtienen resultados aceptables en zonas húmedas con vegetación abundante, pero los errores aumentan en zonas áridas o semiáridas.

Método de Turc

Turc desarrolló la fórmula siguiente la cual se basa en estudios estadísticos de 254 cuencas alrededor del mundo; relaciona evapotranspiración, precipitación y temperatura. También, desarrolló otra fórmula mucho más complicada para periodos más pequeños (10 días); en esta fórmula trata de tomar en cuenta el efecto de la humedad del suelo para diferentes plantas.

$$ET_{real} = \frac{P}{[0.9 + (P / I_T)^2]^{1/2}}$$

Donde:

ET_{real} = evapotranspiración anual (mm)

P = precipitación anual (mm)

I_T = 300 + 25 T + 0.05 T³

T = temperatura media del aire (°C)

Método de Blaney y Criddle

Harry F. Blaney y Wayne D. Criddle lograron perfeccionar su fórmula en el oeste de los Estados Unidos, donde haciendo intervenir la temperatura media mensual y el porcentaje de horas-luz, así como un coeficiente que depende del cultivo se puede estimar el uso consuntivo.

$$U. C. = K F$$

Donde:

U. C. = uso consuntivo o evapotranspiración real (cm)

K = coeficiente de ajuste que depende de varios factores entre ellos, el tipo de cultivo, de la humedad a que está sujeta al suelo

$$F = \sum_1^n f$$

$$f = p \left(\frac{T + 17.8}{21.8} \right)$$

Donde:

n = número de meses que cubre el ciclo vegetativo del cultivo

f = factor climático

T = temperatura media mensual (°C)

p = porcentaje de horas-luz del mes, con respecto al total anual.

La fórmula propuesta relaciona la temperatura media de un lugar con la luminosidad y la evapotranspiración, eliminando la humedad relativa; determinando los coeficientes globales del cultivo.

Coeficiente de corrección "KT"

La fórmula reporta valores en algunos casos no específicos, por haber sido deducida en una región desértica, Penman introdujo una corrección por temperatura “KT”, que se calcula como sigue:

$$KT = 0.031144 T + 0.2396$$

T = temperatura media mensual (°C)

Nota: esta corrección se lleva a efecto solamente en zonas desérticas.

La expresión general de Blaney y Criddle, permite obtener valores del uso consuntivo en periodos no menores de 30 días, en virtud de que “K” es una constante que varía en función del desarrollo que permita obtener valores de U. C. en el periodo que se desee, por lo cual el factor “K” se transforma en “KD”; y por lo tanto la expresión final de la fórmula tal como se usa actualmente es la siguiente:

$$U. C. = KD \times KT \times f$$

Donde:

KD = coeficiente de desarrollo

Para poder aplicar esta fórmula es necesario tener las curvas que proporcionan los valores del coeficiente de desarrollo “KD”, de cada cultivo, las cuales deben obtenerse en cada lugar y para cada cultivo o bien usar las obtenidas en lugares similares.

En la Tabla 1 se presentan una serie de valores de “KG”, coeficientes globales de uso consuntivo, tomados de la tabla publicada en el boletín del Departamento de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América.

Tabla 1. Coeficientes globales usados en la fórmula de Blaney y Criddle

CULTIVO	REGION HUMEDA	REGION ARIDA
Maíz	0.75	0.85
Trigo	0.75	0.75
Algodón	0.60	0.65
Sorgo	0.70	0.70
Cártamo	0.57	0.57
Soya	0.80	0.80
Arroz	1.00	1.20
Ajonjolí	0.70	0.75
Garbanzo	0.60	0.70
Cebada	0.75	0.75
Jitomate (vara)	0.70	0.70
Vid	0.70	0.65

Al aplicarse la fórmula general el valor obtenido corresponde al uso consuntivo de todo el ciclo, sin que con esto se obtengan los diferentes valores parciales útiles para programar las láminas de agua y los intervalos de tiempo entre riegos.

$$E_t = F K$$

Donde:

E_t = evapotranspiración potencial (mm)

F = sumatoria de los valores obtenidos multiplicando el factor $\left(\frac{T+17.8}{21.8}\right)$ de la Tabla 2 por "p", obtenido de la Tabla 3 de latitud y mes del año.

Tabla 2. Valores de la expresión $\left(\frac{T+17.8}{21.8}\right)$ en relación con temperaturas medias (°C)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	1.690	1.695	1.699	1.704	1.708	1.713	1.718	1.722	1.727	1.731
20	1.736	1.741	1.745	1.750	1.754	1.759	1.764	1.768	1.773	1.777
21	1.782	1.787	1.791	1.796	1.800	1.805	1.810	1.814	1.819	1.823
22	1.826	1.833	1.837	1.842	1.846	1.851	1.856	1.860	1.865	1.869
23	1.877	1.879	1.883	1.888	1.892	1.897	1.902	1.906	1.911	1.915
24	1.920	1.925	1.929	1.934	1.938	1.943	1.948	1.952	1.957	1.961
25	1.966	1.971	1.975	1.980	1.984	1.989	1.994	1.998	2.003	2.007
26	2.012	2.017	2.021	2.026	2.030	2.035	2.040	2.044	2.049	2.053
27	2.058	2.063	2.067	2.072	2.076	2.081	2.086	2.090	2.095	2.099
28	2.104	2.109	2.113	2.118	2.122	2.127	2.132	2.136	2.141	2.145
29	2.150	2.155	2.159	2.164	2.168	2.173	2.178	2.182	2.187	2.191
30	2.196	2.201	2.205	2.210	2.214	2.219	2.224	2.228	2.233	2.237
31	2.242	2.247	2.251	2.256	2.260	2.265	2.270	2.274	2.279	2.283
32	2.288	2.293	2.297	2.302	2.306	2.311	2.316	2.320	2.325	2.329
33	2.334	2.339	2.343	2.348	2.352	2.357	2.362	2.366	2.371	2.375
34	2.380	2.385	2.389	2.394	2.398	2.403	2.408	2.412	2.417	2.421
35	2.426	2.431	2.431	2.436	2.440	2.445	2.450	2.424	2.459	2.463

Tabla 3. Valor de "p" según la latitud y el mes

Lat. Norte	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
20°	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21°	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22°	7.66	7.21	8.40	8.56	9.92	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23°	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24°	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25°	7.53	7.13	8.30	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41

26°	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27°	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28°	7.40	7.07	8.30	9.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29°	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31°	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32°	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

Mientras no se cuente con gráficas de la región, el cálculo de los valores parciales se hace con las gráficas elaboradas por el Departamento de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América, en la región del centro de California, que permiten obtener los coeficientes, en función del desarrollo de las plantas, dividiendo en porcentajes el tiempo del ciclo total desde el nacimiento de las mismas, hasta la cosecha.

Se sugiere la siguiente metodología para el cálculo de la evapotranspiración real utilizando los coeficientes de desarrollo, determinados de las gráficas específicas del cultivo considerado:

- 1) Obtener en cada uno de los meses el factor "f" de Blaney y Criddle, que es el producto de los factores "p", por ciento teórico de horas-luz en función de la latitud y el mes, por el valor de la expresión:

$$\left(\frac{T + 17.8}{21.8} \right)$$

- 2) Determinar y calcular los valores de Kc o sea, los coeficientes de la etapa de desarrollo en la gráfica de cultivo, para lo cual es necesario seleccionar el tramo de curva que comprenda al periodo vegetativo y dividirlo entre el número de meses que dura el ciclo del cultivo. Calcular para cada mes una ordenada media de la curva (por medio de 3 o 4 ordenadas del intervalo), la cual representa el valor mensual de Kc.

Coeficiente de ajuste "J"

Aunque el método de Blaney y Criddle y sus coeficientes por cultivo han sido usados en diferentes partes del mundo con relativa aproximación, estos valores deben estar ajustados cada vez que se tengan referencias experimentales confiables.

$$J = K_g / K_c$$

Método racional utilizando la curva de Hansen

Todas las plantas cultivadas presentan etapas de crecimiento, floración y fructificación. Este método se basa en que las exigencias de humedad a través del ciclo vegetativo se conjugan en una sola curva determinada como promedio de todas las demás. Las etapas de crecimiento están relacionadas con las demandas de agua aún más estrechamente, que la edad misma de los cultivos.

Este método tiene las siguientes ventajas:

- a) Reúne en una sola curva la información sobre las exigencias relativas de humedad de un cultivo a través de un ciclo vegetativo, eliminando así la necesidad de usar diferentes curvas para calcular los usos consuntivos.
- b) El factor climático "f" puede ser utilizado ventajosamente por el dato de evaporación de cada distrito afinando dicho coeficiente con los estudios de control gravimétrico de humedad.
- c) El coeficiente de requerimiento de humedad puede ser mejor adaptado a las condiciones de cada distrito afinando dicho coeficiente con los estudios de control gravimétrico de humedad del suelo, que se hayan realizado en las parcelas de prueba para diferentes cultivos y determinando en cada caso, los porcentos de hora- luz de cada distrito o área por regar.

El procedimiento de cálculo exige usar el siguiente camino:

1. Obténgase para cada mes el factor "f" de Blaney y Criddle.
2. Defínase el punto que limita el desarrollo de longitud de la curva según el cultivo propuesto por Hansen.
3. Precise en décimas el tramo de la curva sobre el eje de las abscisas, el cual se divide en el número de meses que forman el ciclo vegetativo.
4. Determínese el coeficiente de la etapa de desarrollo del cultivo (K_c) de la curva única de Hansen.
5. El valor de la coordenada media se obtiene en igual forma que en el método anterior.

Formación de la curva de los consumos acumulados y frecuencias de los riegos
 Obtenidas las láminas que se consumirán mensualmente se procede a la formación de la curva de consumos acumulados y se determinan las frecuencias con que deben aplicarse los diferentes riegos, mediante el siguiente proceso:

1. Trace un sistema de ejes coordenados y coloque en el eje de las ordenadas una escala en centímetros que represente las láminas de agua acumuladas en cm, y en el eje de las abscisas el tiempo en días que dura el ciclo vegetativo del cultivo.
2. Fije en la gráfica los valores de los consumos mensuales en forma acumulativa.
3. Las "láminas de agua de riego" requeridas para reponer la humedad consumida entre riegos, en el espesor del suelo considerado para alojar el sistema radicular, deberá ser del mismo valor.
4. Fije en la curva los valores de las diferentes láminas de agua de consumos acumulados y en cada uno de los puntos donde interseca a la curva, se trazan paralelas al eje de las ordenadas hasta cortar el eje de las abscisas para fijar los diferentes intervalos en que deberán aplicarse los riegos.

Método de Grassi y Christensen

Este método calcula el uso consuntivo de igual forma que lo hacen Blaney y Criddle. Se determinan los factores evaporantes (f), se multiplican por los coeficientes periódicos (km) que se obtienen de una gráfica con los valores propuestos por Grassi y Christensen, de la manera siguiente:

1. Se determina el coeficiente global (Kg) el cual dependerá del cultivo y de las características climáticas del lugar, ya que los valores para zonas húmedas y semi-húmedas son más bajos que para las zonas áridas y semi-áridas, según los valores de coeficientes globales propuestos por Blaney y Criddle (Tabla 1).
- 2.
3. Una vez obtenido este valor, se va a la Tabla 4 con los coeficientes propuestos por Grassi y Christensen, y se toman los valores de los diferentes tantos por ciento del ciclo vegetativo correspondiente para el coeficiente global elegido.
- 4.
5. Se elabora una gráfica tomando como abscisas los valores del porcentaje del ciclo vegetativo y en las ordenadas los valores de los coeficientes periódicos (Km) de la Tabla 4.
- 6.
7. Una vez construida la gráfica, se divide en partes iguales la distancia que comprende todo el ciclo vegetativo, como meses dure el cultivo desde la siembra a la cosecha.
- 8.
9. Se levanta en cada división de la separación de meses en las abscisas, líneas perpendiculares hasta la curva. Las áreas delimitadas en la curva deberán ser igual al número de meses en que se halla dividido el ciclo vegetativo del cultivo.
- 10.
11. Se localizan los centros de gravedad de estas áreas y se trazan por ellos paralelas al eje de las abscisas obteniéndose en el eje de las ordenadas el valor de Km para cada mes.
- 12.
13. Finalmente el valor determinado se multiplica por los valores de los (f) mensuales correspondientes para obtener el valor del uso consuntivo de cada uno de ellos.

Tabla 4. Coeficientes periódicos de uso consuntivo en función del ciclo vegetativo

CICLO VEGETATIVO (%)	Kg = 0.35	Kg = 0.40	Kg = 0.45	Kg = 0.50	Kg = 0.55	Kg = 0.60	Kg = 0.65
	K	K	K	K	K	K	K
10	0.158	0.181	0.204	0.226	0.249	0.272	0.294
20	0.255	0.292	0.328	0.365	0.401	0.438	0.474
30	0.333	0.380	0.428	0.425	0.523	0.571	0.618
40	0.391	0.447	0.503	0.559	0.615	0.671	0.727
50	0.430	0.492	0.553	0.615	0.676	0.738	0.799
60	0.450	0.514	0.578	0.643	0.707	0.771	0.836
70	0.450	0.515	0.579	0.643	0.708	0.772	0.837
80	0.431	0.493	0.555	0.616	0.678	0.740	0.801
90	0.393	0.450	0.406	0.562	0.618	0.674	0.731
100	0.336	0.384	0.432	0.480	0.528	0.576	0.624

CICLO VEGETATIVO (%)	Kg = 0.70	Kg = 0.75	Kg = 0.80	Kg = 0.85	Kg = 0.90	Kg = 0.95
	K	K	K	K	K	K
10	0.317	0.340	0.362	0.385	0.407	0.430
20	0.511	0.547	0.584	0.620	0.657	0.693
30	0.666	0.713	0.761	0.809	0.856	0.904
40	0.783	0.839	0.895	0.951	1.006	1.063
50	0.861	0.922	0.984	1.045	1.107	1.168
60	0.900	0.964	1.028	1.093	1.157	1.221
70	0.901	0.965	1.030	1.094	1.158	1.222
80	0.863	0.925	0.986	1.048	1.109	1.171
90	0.787	0.843	0.899	0.956	1.012	1.068
100	0.672	0.720	0.768	0.816	0.864	0.912

Fuente: De la Peña (1987). "Manual del uso y manejo del agua de riego". 186 p.

Método usando un tanque evaporímetro tipo "A"

Se basa en la consideración propuesta por Grassi en la que estipula que las medidas de evaporación en una superficie de agua en un tanque evaporímetro integran los efectos de los diferentes factores meteorológicos que influyen en la evaporación.

Basado en esto, se puede estimar con cierta precisión la evapotranspiración de un cultivo utilizando la siguiente expresión:

$$EtR = EtP KC$$

si consideramos que $EtP = C Ev$ tenemos:

$$EtR = C EV KC$$

Donde:

EtR = evapotranspiración real

EtP = evapotranspiración potencial

C = coeficiente de ajuste de la evaporación por la posición del tanque, la intensidad del

viento y por el porcentaje de la humedad relativa mensual sobre el tanque

EV = evaporación media en tanque tipo A

KC = coeficiente de ajuste en función del desarrollo vegetativo del cultivo

El tanque tipo "A", es el más utilizado por el Servicio Meteorológico Nacional y estipula que las tinajas tengan un diámetro de 1.22 m por 0.26 m de altura.

Su colocación está condicionada a ciertas normas que cubren la altura sobre el suelo fijándola a 0.50 m sobre la superficie del terreno sobre tabloncitos de 4" x 4" cuyo tanque de aluminio debe ser pintado de color generalmente blanco, recomendándose no utilizar colores oscuros o negros.

Puede estar rodeado de pasto o en tierra seca. El nivel del agua dentro de la tina se debe conservar de 15 a 20 cm y teniendo cuidado de que no se formen en la superficie capas de nata que modifiquen el valor de la evaporación.

Método de Penman simplificado

Con este método puede obtenerse fácilmente la evaporación potencial diaria en mm/día, mediante el uso de un nomograma y tablas formadas en función de la radiación extraterrestre, la temperatura media del aire y el porcentaje de brillo solar. Para este porcentaje se calcula un valor esperado en la zona o se determina por medio de un piro heliógrafo (quemador de papel).

Metodología para obtener la evapotranspiración potencial

1. Se obtiene el valor de la radiación extraterrestre expresada en evaporación equivalente en mm/día de cada mes en atención a la latitud del lugar (Tabla 5).

Tabla 5. Radiación (Latitud Norte)

Mes	20	22	24	26	28	30	32	34
Enero	11.2	10.7	10.2	9.8	9.3	8.8	8.3	7.9
Febrero	12.7	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.2	9.8
Marzo	14.4	14.2	13.9	13.7	13.4	13.1	12.8	12.4
Abril	15.6	15.5	15.4	15.3	15.3	15.2	15.0	14.8
Mayo	16.3	16.3	16.4	16.4	16.5	16.5	16.5	16.5
Junio	16.4	16.4	16.6	16.7	16.8	17.0	17.0	17.1
Julio	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.8	16.8
Agosto	15.9	15.8	15.8	15.7	15.7	15.7	15.6	15.5

Septiembre	14.8	14.6	14.6	14.3	14.1	13.9	13.6	13.4
Octubre	13.3	13.0	12.6	12.3	12.0	11.6	11.2	10.8
Noviembre	11.6	11.1	10.7	10.3	9.9	9.9	9.0	8.5
Diciembre	10.7	10.2	9.7	9.3	8.8	8.3	7.8	7.2

Fuente: "Guidelines for predicting crop water requirements" por J. Doorenbos y W. O. Pruitt Fao Roma, 1975.

2. Se calcula el porcentaje de brillo solar del lugar mediante la relación del vapor del brillo solar, según el reporte medio mensual obtenido en el piroheliógrafo instalado y el valor del brillo solar esperado en cada uno de los meses dados en la Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de brillo solar (Latitud Norte)

Mes	20	25	30	35
Enero	11.0	10.7	10.4	10.1
Febrero	11.5	11.3	11.1	11.0
Marzo	12.0	12.0	12.0	11.9
Abril	12.6	12.7	12.9	13.1
Mayo	13.1	13.3	13.6	14.0
Junio	13.3	13.7	14.0	14.5
Julio	13.2	13.5	13.9	14.3
Agosto	12.8	13.0	13.2	13.5
Septiembre	2.3	12.3	12.4	12.4
Octubre	1.8	11.6	11.5	11.2
Noviembre	1.2	10.9	10.6	10.3
Diciembre	10.9	10.6	10.2	9.8

Fuente: "Guidelines for predicting crop water requirements" por J. Doorenbos y W. O. Pruitt Fao Roma, 1975.

3. Para encontrar el valor de la evapotranspiración potencial en el nomograma, se traza una línea que una el punto que representa al valor de la radiación extraterrestre expresada en evaporación equivalente en mm/día con el punto de la escala donde está el valor del porcentaje de brillo solar, prolongándola hasta la escala pivote, cuyo cruce determinará el siguiente trazo.
4. Del punto base de la escala pivote, se traza una línea que una el valor obtenido en la línea pivote con el valor de la temperatura media mensual expresada en °C, la cual deberá prolongarse hasta encontrar la escala en que están los valores de la evapotranspiración potencial dada en mm/día. El cruce de dicha línea y la escala encontrada, fija el valor de la evaporación potencial diaria en mm/día.

5. El valor de la evapotranspiración potencial en mm/día se multiplica por el número de días que tiene el mes y/o por los días que cubre el cultivo y se tiene el valor de evapotranspiración mensual en mm/día y/o en mm/ciclo.

2.- CAPITULO II. TOPOGRAFIA.

2.1 Antecedentes

Es fácil imaginar que el hombre, desde su inicio ha requerido conocer tanto cualitativamente como cuantitativamente el entorno en que se desarrolla, que por necesidades de carácter vital esta en estrecha interrelación con los elementos que este entorno contiene, puesto que los mismos son cada vez más difíciles de conseguir dado el crecimiento de la población y la consecuente disminución de recursos explotables.

En el medio rural no es menos importante el conocimiento del espacio físico ya que si bien la dotación de servicios puede ser menos compleja, es necesario conocer aproximadamente la distribución y cantidad de territorios aprovechables en función de que es de ellas de donde se obtiene la mayoría de los alimentos y materias primas necesarias para el bienestar humano.

Las instrucciones generales para los estudios, tiene por objeto uniformar los métodos de trabajo y simplificar las operaciones tanto en el campo como en gabinete con el fin de obtener los planos y datos necesarios y suficientes para la elaboración de los proyectos de agua potable y alcantarillado. Aunque se supone el conocimiento previo de las operaciones topográficas necesarias para ejecutar los estudios en el presente, se detallan algunos métodos utilizados como los más convenientes por la seguridad y la rapidez para la ejecución de los estudios topográficos.

De los estudios para la elaboración de los proyectos de agua potable y alcantarillado que se requiere realizar, los topográficos son uno de ellos dependiendo del sistema de que se trate, a continuación se describen los más usuales.

La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física inmóvil circundante. Es plasmar en un plano topográfico la realidad vista en campo, en el ámbito rural o natural, de la superficie terrestre; en el ámbito urbano, es la descripción de los hechos existentes en un lugar determinado: muros, edificios, calles, entre otros.

Se puede dividir el trabajo topográfico como dos actividades congruentes: llevar "el terreno al gabinete" (mediante la medición de puntos o relevamiento, su archivo en el instrumental electrónico y luego su edición en la computadora) y llevar "el gabinete al terreno" (mediante el replanteo por el camino inverso, desde un proyecto en la computadora a la ubicación del mismo mediante puntos sobre el terreno). Los puntos relevados o replanteados tienen un valor tridimensional; es

decir, se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión).

La topografía no solo se limita a realizar los levantamientos de campo en terreno sino que posee componentes de edición y redacción cartográfica para que al confeccionar un plano se puede entender el fonema representado a través del empleo de símbolos convencionales y estándares previamente normados para la representación de los objetos naturales y antrópicos en los mapas o cartas topográficas

La Topografía es una disciplina cuya aplicación está presente en la mayoría de las actividades humanas que requieren tener conocimiento de la superficie del terreno donde tendrá lugar el desenvolvimiento de esta actividad.

En la realización de obras civiles, tales como acueductos, canales, vías de comunicación, embalses etc., en la elaboración de urbanismos, en el catastro, en el campo militar, así como en la arqueología, y en muchos otros campos, la topografía constituye un elemento indispensable.

Podemos suponer que la Topografía tuvo su inicio desde el momento en que la especie humana dejó de ser nómada para convertirse en sedentaria. La necesidad de establecer límites precisos e invariables en el tiempo entre las propiedades seguramente hizo surgir los primeros métodos e instrumentos topográficos elementales. Las primeras referencias por escrito sobre el uso de la topografía se remontan a la época del imperio egipcio, hacia el 1.400 a.C., donde fue utilizada para determinar linderos entre propiedades en los valles fértiles del Nilo. Los instrumentos y métodos que los egipcios utilizaban en la topografía fueron adoptados por los romanos, tras su ocupación de Egipto, y completados con la trigonometría, desarrollada por los griegos. Los romanos usaron en forma extensa esta disciplina en sus obras civiles, tales como acueductos y caminos. Un ingeniero y topógrafo romano, Sextus Julius Frontinus, escribió entre otras obras el primer tratado de topografía, del cual se han conservado algunas copias de sus partes, ya que el original se perdió. La modernización de la topografía se inicia a principios del siglo XVII, con el desarrollo del anteojo astronómico, ideado por el astrónomo alemán Johannes Kepler y con la cadena

desarrollada por el matemático inglés Edmund Gunter, la cual introdujo el primer estándar en la medición de distancias. A partir de este siglo los aportes en métodos topográficos, cálculos numéricos e instrumentos fueron constantes, hasta alcanzar su madurez a principios del siglo XIX. En el siglo XX, la topografía se enriqueció con el aporte de la Fotogrametría, para realizar el levantamiento de zonas extensas, así como con instrumentos tales como el computador, el distanciómetro electrónico y los niveles láser, así como con el Sistema de Posicionamiento Global.

2.2 Definición de Topografía.

Es la ciencia y la técnica de realizar mediciones de ángulos y distancias en extensiones de terreno lo suficientemente reducidas como para poder despreciar

el efecto de la curvatura terrestre, para después procesarlas y obtener así coordenadas de puntos, direcciones, elevaciones, áreas o volúmenes, en forma gráfica y/o numérica, según los requerimientos del trabajo. Dentro de la Topografía se incluye el estudio de los instrumentos usados por ella, sus principios de funcionamiento, sus componentes y su operación. También se estudia teoría de errores, ya que en muchos trabajos topográficos se exigen determinados valores de exactitud en los resultados, valores que a su vez determinarán los métodos y la precisión de los instrumentos a utilizar en el proyecto.

2.3 División de la Topografía.

Los diversos componentes que integran la topografía se agrupan en tres grandes grupos bien diferenciados: Teoría de errores y calculo de compensación: constituye la agrupación de los métodos matemáticos que permiten la minimización de los inevitables errores cometidos en las mediciones, y que permiten también establecer los métodos y los instrumentos idóneos a utilizar en los diversos trabajos topográficos, para obtener la máxima calidad en los mismos. Instrumentación: en esta división se estudian los diferentes tipos de equipos usados en topografía para llevar a cabo las mediciones, angulares o de distancias, para establecer sus principios de funcionamiento, llevar a cabo su mantenimiento y lograr su óptima utilización, Métodos topográficos: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener la proyección horizontal y las cotas de los puntos medidos en el terreno. Generalmente las proyecciones horizontales se calculan en forma independiente de las cotas de los puntos, diferenciándose entonces en dos grandes grupos:

Planimetría y Altimetría

La planimetría, que engloba los métodos planimétricos, sólo toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario que se supone es la superficie media de La Tierra.

La altimetría, que agrupa los métodos altimétricos, tiene en cuenta las diferencias de nivel existentes entre los diferentes puntos del terreno.

Para la elaboración de un plano topográfico, es necesario conocer tanto la planimetría como la altimetría para poder determinar la posición y elevación de cada punto del terreno que será representado.

2.4 Relación de la Topografía con otras ciencias.

Actualmente, la topografía está englobada dentro de la Geodesia, donde se le conoce también con el nombre de geodesia común. Dentro de aquella ciencia general, conformada por diversas disciplinas, la topografía interactúa con las mismas, principalmente con:

- Cartografía: para levantamientos topográficos requeridos en la producción y actualización cartográfica con diferentes fines.

- Fotogrametría: como base para el control de fotografías y modelos aerofotogramétricos.

- Geodesia: para la densificación de redes geodésicas con fines de control en Levantamientos catastrales, localizaciones petroleras etc.

- Astronomía Geodésica.

Es importante destacar que la topografía es un valiosa herramienta desde el punto de vista del Derecho, ya que se utiliza para determinar límites entre propiedades y entre distintas zonas administrativas de la Nación.

Diferencia entre topografía y geodesia.

Es necesario hacer una pequeña aclaración para desligar dos ciencias que tienen más o menos la misma finalidad: medir extensiones de tierra. Estas dos ciencias difieren entre sí en cuanto a las magnitudes consideradas en cada una de ellas y por consiguiente en los métodos empleados.

La topografía opera sobre porciones pequeñas de terreno, no teniendo en cuenta la verdadera forma de La Tierra, sino considerando la superficie terrestre como un plano.

En error cometido con esta hipótesis es despreciable, cuando se trata de extensiones que no sean excesivamente grandes, si se considera un arco en la superficie terrestre de 18 km de longitud es tan sólo 1,5 cm más largo que la cuerda subtendida, y que sólo se comete un error de 1" de exceso esférico en un triángulo que tenga un área de 190 km².

Cuando se trata de medir grandes extensiones de tierra, como por ejemplo, para confeccionar la carta de un país, de un estado o de una ciudad grande, no se puede aceptar la aproximación que da la topografía, teniéndose entonces que considerar la verdadera forma de La Tierra y por consiguiente su superficie ya no se considera un plano sino se toma como parte de la superficie de un elipsoide y tendremos que acudir a la geodesia.

2.5 Levantamientos Topográficos

Son el conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de los puntos y realizar posteriormente su representación sobre un plano de referencia horizontal. Así pues, el procedimiento a seguir en los levantamientos topográficos comprende dos etapas fundamentales:

- El trabajo de campo, que es la recopilación de los datos. Esta recopilación fundamentalmente consiste en medir ángulos horizontales y/o verticales y distancias horizontales o verticales.

- El trabajo de gabinete o de oficina, que consiste en el cálculo de las posiciones de los puntos medidos y el dibujo de los mismos sobre un plano.

La mayor parte de los levantamientos, tienen como objeto el cálculo de superficies y volúmenes, y la representación de las medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos, por lo cual estos trabajos también se consideran dentro de la topografía, donde reciben el nombre de topometría.

Clases de levantamientos

Topográficos (Topografía común). Se realizan en áreas pequeñas, no se considera la curvatura terrestre, lo que genera la representación sobre un plano horizontal, el cual es normal a la dirección de la gravedad y tangente a la superficie en un punto.

Geodésicos (Geodesia). Se realizan en grandes áreas de la superficie terrestre y se toma en cuenta la curvatura terrestre. Además de las características anteriores, se distinguen de los topográficos por la técnica y el uso que se les da. Entre estos tenemos:

- Redes de mediciones de ángulos y distancias, para controlar todo el levantamiento de una gran área (por ejemplo, un país completo).
- Técnicas de medición de alta precisión.
- Modelos matemáticos que consideran la curvatura terrestre.

-Dentro de los levantamientos topográficos se encuentran:

Levantamiento de terrenos en general. Tienen por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones.

Topografía de vías de comunicación. Es la que sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, acueductos, etc.

Topografía para localización de canales, líneas de agua potable y riego.

Topografía de minas. Tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

Levantamientos catastrales. Son los que se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.

Levantamientos aéreos. Son los que se hacen por medio de la fotografía, generalmente desde aviones, y se usan como auxiliares muy valiosos de todas las otras clases de levantamientos. La fotogrametría se dedica especialmente al estudio de estos trabajos

Los productos finales de la topografía son, en su gran mayoría, de carácter gráfico, es decir, dibujos a escala de los detalles resaltantes del levantamiento, sobre un determinado tipo de papel, o bien dibujos realizados mediante un programa adecuado, generalmente un CADD (de las siglas en inglés Computer-Aided Design and Drafting). A continuación se definen tres de los productos gráficos más importantes.

2.6 Elaboración de mapas y planos topográficos

El mapa es una representación convencional, generalmente plana, de fenómenos concretos o abstractos localizables en el espacio, que se efectúa mediante diversos sistemas de proyección, los cuales son sistemas convencionales para realizar la transposición sobre una superficie plana de una parte del globo terrestre (elipsoide) y de su topografía (relieve), y según diferentes escalas, las cuales son la relación de reducción del elipsoide sobre la superficie plana. Por su naturaleza, son producto de levantamientos geodésicos.

Mapas base o mapas topográficos:

Tienen la finalidad de representar los elementos del terreno necesarios para la referenciación (X, Y, Z). Estos son documentos cartográficos de base, donde se representan, según normas y convenciones: las vías de comunicación y sus respectivas variaciones e importancia, las construcciones, la red hidrográfica, la naturaleza del relieve (curvas de nivel), los nombres de los lugares, ríos y centros poblados (toponimia), así como todos los elementos del terreno que tengan interés en ser representados. En ellos también se realiza la reducción del elipsoide sobre una superficie plana. Generalmente son realizados mediante fotogrametría aérea.

Planos topográficos:

Se da el nombre de plano a la representación gráfica que por la escasa extensión de superficie a que se refiere no exige hacer uso de los sistemas cartográficos, se apoyen o no los trabajos en la geodesia.

La forma de la Tierra: la Tierra y superficies de referencia.

La superficie de la Tierra es irregular, por lo que no es posible tomarla como una superficie de referencia. Por ello se adoptan las siguientes figuras aproximadas a la superficie.

- 1.- Esfera: primera aproximación matemática a la forma de la esfera. $R = 6370$ km.
- 2.- Esferoide: superficie de referencia imaginaria, conveniente para proyectar detalles de la superficie terrestre. Tiene una ecuación bien definida, basada en su definición geométrica.
- 3.- Geoide: definido por vez primera en 1828 por Carl Gauss, es la superficie equipotencial de los océanos en estado de reposo, prolongada en forma continua por debajo de los continentes, por lo cual define el datum vertical. El geoide constituye la verdadera forma de la Tierra, donde en cada uno de sus puntos, el vector gravedad es perpendicular a su superficie. Como la dirección de la gravedad no tiene una distribución uniforme.

Elaboración de planos Topográficos

Con la información obtenida en campo producto del levantamiento topográfico se procede a calcular las poligonales, así como los niveles obtenidos, para elaborar el plano topográfico en planta con su respectivo sistema de coordenadas X, Y, Z y cuadro de construcción de la poligonal incluyendo vértices, ángulos, distancias y rumbos, adicionalmente se debe indicar el norte astronómico, declinación magnética y norte magnético.

En el caso de líneas de conducción, el perfil de la poligonal se dibuja con base en el trazo y la nivelación haciendo origen en la fuente de abastecimiento, captación o planta de bombeo, en la parte inferior del plano se debe indicar kilometraje y elevaciones a cada 20 m.

En el dibujo de los planos se procurará que tanto en planta como en perfil, el sentido de escurrimiento del agua sea de izquierda a derecha.

En el caso de emisores y colectores de alcantarillado, el origen del cadenamamiento (k 0+000) debe ser la descarga o disposición final (planta de tratamiento).

Para redes de agua potable se consignan cotas al milímetro de cruceros y cambios de pendiente; nombres de calles y cruces importantes con caminos, vías de comunicación, etc.

La configuración de la planta se presenta a escala 1:2000, en tanto para el perfil la escala horizontal es de 1:2000 y la escala vertical debe ser la más conveniente para el proyecto, de tal forma que se aprecien todos los accidentes topográficos.

En los planos se debe tener un croquis de localización general en el extremo superior derecho y notas aclaratorias que indiquen los sitios donde se hayan establecido los bancos de nivel y las estaciones de observación astronómica para determinación del azimut, con sus datos respectivos (x,y,z), así como la fuente (CNA, CFE, INEGI, SARH, ETC.).

En la parte inferior derecha irá el cuadro de referencia, con el nombre de la dependencia, lugar, Municipio y Estado del sitio levantado, plano de que se trate (planta, perfil, secciones transversales, etc.), el cadenamamiento, escala, fecha de levantamiento (mes, año), nombre del topógrafo y nombre del dibujante.

2.7 Instrumentos de medición

Tránsito

El "tránsito", es el aparato universal para la Topografía, debido a la gran variedad de usos que se le dan. Puede usarse para medir y trazar ángulos horizontales y direcciones, ángulos verticales, y diferencias en elevación; para la prolongación de líneas; y para determinación de distancias. Aunque debido a la variedad de fabricantes de tránsitos éstos difieren algo en cuanto a sus detalles de construcción, en lo que respecta a sus características esenciales son sumamente parecidos.

Un tránsito para ingenieros, completo, que es el tipo más común, consiste de un disco superior o disco del vernier, al cual está unido un armazón con dos patas en

forma de "A" que soportan el anteojo; y de un disco inferior al cual está fijo un círculo graduado o limbo horizontal. Los discos superior e inferior están sujetos a ejes interior y exterior, respectivamente, concéntricos, y los dos coincidiendo con el centro geométrico del círculo graduado. El carrete o eje exterior se encuentra asentado en un hueco cónico de la cabeza de nivelación. La cabeza de nivelación tiene abajo una articulación de rodilla que fija el aparato al plato de base, pero permitiendo la rotación, quedando la misma articulación como centro.

Cuando se gira el disco inferior, su carrete, exterior, gira dentro de su propio soporte en la cabeza de nivelación, y a éste movimiento se le llama MOVIMIENTO GENERAL. Este carrete exterior del disco inferior puede fijarse en cualquier posición apretando el tornillo de sujeción inferior o tornillo del movimiento general. De un modo similar, el eje inferior que queda dentro del carrete exterior, puede fijarse a éste por medio del tornillo sujetador superior. El movimiento de un disco con respecto al otro (disco del vernier y disco olimbo de la graduación) es lo que se llama MOVIMIENTO PARTICULAR, y el tornillo superior mencionado es el tornillo del movimiento particular. A cada disco pueden dársele movimientos pequeños y lentos, accionando los tornillos del movimiento tangencial o de aproximación, pero éstos tornillos solo trabajan cuando está apretado el tornillo que fija el movimiento. El eje geométrico alrededor del cual giran ambos ejes se denomina eje vertical del aparato o eje azimutal.

Los niveles del limbo horizontal se encuentran montados formando ángulos rectos entre ellos, quedando a veces uno sobre el disco y otro en uno de los soportes del telescopio. Tienen por objeto nivelar el aparato, de tal modo que en el plano en el que se encuentra el círculo horizontal queda realmente horizontal cuando se hagan lecturas.

Los tornillos niveladores presionan la cabeza de nivelación contra el plato de base. cuando se giran estos tornillos el aparato se mueve sobre la articulación de rodilla, cuando todos los tornillos de nivelación se encuentran flojos no habrá presión contra el plato de base y el tránsito puede moverse lateralmente con respecto al plato.

Del extremo del eje, y justamente en el centro de curvatura de la articulación, se encuentra suspendida una cadena con una gancho para colgar la plomada.

El aparato se monta en un tripié atornillado el plato de base al cabezal del tripié.

El anteojo se encuentra en un eje horizontal transversal que descansa sobre los soportes mencionados antes, en forma de "A". Puede girarse alrededor de este eje horizontal, y podrá fijarse en cualquier posición en un plano vertical apretando el tornillo sujetador. Pueden hacerse pequeños movimientos del anteojo alrededor del eje horizontal accionado su tornillo tangencial. Unido al eje horizontal se encuentra el círculo vertical. El anteojo tiene generalmente un nivel en su parte inferior.

La mayoría de los aparatos vienen dotados de una brújula sobre el disco superior. Si el círculo de la brújula es fijo, sus puntos Norte y Sur se encontrarán en el mismo plano vertical de la visual del anteojo. En muchos casos el círculo de la brújula puede girarse con respecto al disco superior, para marcar la declinación magnética, y leer directamente orientaciones verdaderas. A un lado de la brújula se encuentra un tornillo, ó seguro de la aguja, para apretarla cuando no está en uso, evitando así que se pueda doblar su pivote de apoyo con los movimientos que sufre el aparato al transportarlo.

Es común que se piense que un topógrafo resuelve sus necesidades con triángulos, ya que puede dividir cualquier polígono en triángulos y a partir de ahí obtener por ejemplo el área, esto con la ayuda de senos, cosenos y el teorema de Pitágoras, para definir estos triángulos utiliza el teodolito, y es sabido que conociendo 3 datos de un triángulo sabemos todo de él (por ejemplo 2 ángulos y una distancia, 3 distancias, etc. etc.), esta información es posteriormente procesada para obtener coordenadas y poder dibujar por ejemplo en autocad.

Actualmente existe otro grupo de instrumentos que permiten obtener coordenadas geográficas, estos son los GPS.

TRANSITO:

Instrumento topográfico para medir ángulos verticales y horizontales, con una precisión de 1 minuto ($1'$) o 20 segundos ($20''$), los círculos de metal se leen con lupa, los modelos viejos tienen cuatro tornillos para nivelación, actualmente se siguen fabricando pero con solo tres tornillos nivelantes.

Para diferenciar un tránsito de un minuto y uno de 20 segundos, en los nonios los de 1 minuto tienen en el extremo el número 30 y los de 20 segundos traen el número 20.

TEODOLITO ÓPTICO:

es la evolución del tránsito mecánico, en este caso, los círculos son de vidrio, y traen una serie de prismas para observar en un ocular adicional. La lectura del ángulo vertical y horizontal la precisión va desde 1 minuto hasta una décima de segundo.

TEODOLITO ELECTRÓNICO:

es la versión del teodolito óptico, con la incorporación de electrónica para hacer las lecturas del círculo vertical y horizontal, desplegando los ángulos en una pantalla eliminando errores de apreciación, es más simple en su uso, y por requerir menos piezas es más simple su fabricación y en algunos casos su calibración.

Las principales características que se deben observar para comparar estos equipos hay que tener en cuenta: la precisión, el número de aumentos en la lente del objetivo y si tiene o no compensador electrónico.

DISTANCIOMETRO:

Dispositivo electrónico para medición de distancias, funciona emitiendo un haz luminoso ya sea infrarrojo o láser, este rebota en un prisma o directamente sobre la superficie, y dependiendo del tiempo que tarda el haz en recorrer la distancia es como determina esta.

En esencia un distanciometro solo puede medir la distancia inclinada, para medir la distancia horizontal y desnivel, algunos tienen un teclado para introducir el ángulo vertical y por senos y cosenos calcular las otras distancias, esto se puede realizar con una simple calculadora científica de igual manera, algunos distanciometros, poseen un puerto para recibir la información directamente de un teodolito electrónico para obtener el ángulo vertical.

Hay varios tipos

Montura en horquilla.- Estos se montan sobre la horquilla del tránsito o teodolito, el problema de estos es que es más tardado trabajar, ya que se apunta primero el telescopio, y después el distanciometro

Montura en el telescopio.- Es más fácil trabajar con estos, ya que solo es necesario apuntar el telescopio ligeramente debajo del prisma para hacer la medición, este tipo de montura es más especializado, y no todos los distanciometros quedan en todos los teodolitos.

En general ajuste de la puntería, puede resultar un poco engorroso con estos equipos, ya que es muy fácil que se desajuste.

El alcance de estos equipos puede ser de hasta 5,000 metros

También existen distanciometros manuales, estos tienen un alcance de hasta 200 metros, son muy útiles para medir recintos y distancias cortas en general.

Por su funcionamiento existen de dos tipos:

por ultrasonido: son los más económicos y su alcance no llega a los 50 metros, se debe tener cuidado con estos, ya que si la superficie no está perpendicular al equipo, o es irregular, puede arrojar resultados incorrectos o no medir en absoluto, hay modelos más sofisticados que tienen una mira láser, por lo que será importante no confundirlos con los siguientes.

Por láser: son muy precisos y confiables, su alcance máximo es de 200 metros, aun cuando en exteriores y distancias de más de 50 metros se recomienda contar

con mira, ya que a esas distancias o con la luz del día, resulta difícil saber donde está apuntando el láser

ESTACIÓN SEMITOTAL:

En este aparato se integra el teodolito óptico y el distanciometro, ofreciendo la misma línea de vista para el teodolito y el distanciometro, se trabaja más rápido con este equipo, ya que se apunta al centro del prisma, a diferencia de un teodolito con distanciometro, en donde en algunos casos se apunta primero el teodolito y luego el distanciometro, o se apunta debajo del prisma, actualmente resulta más caro comprar el teodolito y el distanciometro por separado.

En la estación semitotal, como en el teodolito ÓPTICO, las lecturas son analógicas, por lo que el uso de la libreta electrónica, no representa gran ventaja, se recomienda mejor una estación total.

Estos equipos siguen siendo muy útiles en control de obra, replanteo y aplicaciones que no requieren uso de cálculo de coordenadas, solo ángulos y distancias.

ESTACIÓN TOTAL:

es la integración del teodolito electrónico con un distanciometro.

Las hay con calculo de coordenadas.- Al contar con la lectura de ángulos y distancias, al integrar algunos circuitos mas, la estación puede calcular coordenadas.

Las hay con memoria.- con algunos circuitos mas, podemos almacenar la información de las coordenadas en la memoria del aparato, sin necesidad de apuntarlas en una libreta con lápiz y papel, esto elimina errores de lápiz y agiliza el trabajo, la memoria puede estar integrada a la estación total o existe un accesorio llamado libreta electrónica, que permite integrarle estas funciones a equipos que convencionalmente no tienen memoria o calculo de coordenadas.

Las hay motorizadas.- Agregando dos servomotores, podemos hacer que la estación apunte directamente al prisma, sin ningún operador, esto en teoría representa la ventaja que un levantamiento lo puede hacer una sola persona.

Las hay sin prisma.- Integran tecnología de medición láser, que permite hacer mediciones sin necesidad de un prisma, es decir pueden medir directamente sobre casi cualquier superficie, su alcance está limitado hasta 300 metros, pero su alcance con prisma puede llegar a los 5,000 metros, es muy útil para lugares de difícil acceso o para mediciones precisas como alineación de maquinas o control de deformaciones etc.

Las principales características que se deben observar para comparar estos equipos hay que tener en cuenta: la precisión, el numero de aumentos en la lente del objetivo, si tiene o no compensador electrónico, alcance de medición de distancia con un prisma y si tiene memoria o no.

Precisión:

Es importante a la hora de comparar diferentes equipos, diferenciar entre resolución en pantalla y precisión, pues resulta que la mayoría de las estaciones, despliegan un segundo de resolución en pantalla, pero la precisión certificada puede ser de 3 a 9 segundos, es lo que hace la diferencia entre un modelo y otro de la misma serie, por ejemplo la Set 510 es de 5 segundos y la Set310 es de 3 segundos.

GPS:

Sistema de posicionamiento global (Global Positioning System), hay dos tipos:

NAVEGADORES GPS.

Estos son mas para fines recreativos y aplicaciones que no requieren gran precisión, consta de un dispositivo que cabe en la palma de la mano, tienen la antena integrada, su precisión puede ser de menor a 15 metros, pero si incorpora el sistema WAAS puede ser de menor a 3 metros.

Además de proporcionar nuestra posición en el plano horizontal pueden indicar la elevación por medio de la misma señal de los satélites, algunos modelos tienen también barómetro para determinar la altura con la presión atmosférica.

Los modelos que no poseen brújula electrónica, pueden determinar la "dirección de movimiento" (rumbo), es decir es necesario estar en movimiento para que indique correctamente para donde está el norte.

La señal de los satélites GPS no requiere de ningún pago o renta.

GPS TOPOGRÁFICOS

Estos equipos tienen precisiones desde varios milímetros hasta menos de medio metro.

Existen GPS de una banda (L1) y de dos bandas (L1, L2), la diferencia es que para los GPS de una banda se garantiza la precisión milimétrica para distancias menores a 40km entre antenas, en los GPS de dos bandas es de hasta 300km, si bien se pueden realizar mediciones a distancias mayores, ya no se garantiza la precisión de las lecturas.

Los GPS topográficos requieren dos antenas, ya sea que el usuario tenga las dos, o que solo tenga una y compre los datos a una institución como el INEGI u Omnistar (DGPS). Se dice entonces que se está trabajando en modo diferencial.

La diferencia en precio de un GPS de una banda contra uno de Dos bandas puede ser muy grande, y lo es más cuando los GPS de dos bandas incorporan la función RTK (Real Time Kinematic). La forma de trabajar con equipos que no incorporan la función RTK es: trasladar los equipos a campo, se hacen las lecturas, pero es solo hasta que se regresa a gabinete que se obtienen las mediciones, con un sistema

RTK, los datos se obtienen directamente en campo y el alto precio de estos equipos es por que incorporan una computadora, y un sistema de radio comunicación entre las dos antenas.

El GPS no reemplaza a la estación total, en la mayoría de los casos se complementan. Es en levantamientos de gran extensión donde el GPS resulta particularmente practico, ya que no requiere una línea de vista entre una antena y otra, además de tener el GPS la gran limitante de trabajar solo en espacios con vista al cielo, siendo un poco problemático incluso cuando la vegetación es alta y densa, pero por ejemplo una selva o bosque se abre un claro de unos 5 metros y se hace la medición con la antena, en lugar de abrir una brecha para tener visual entre la estación total y el prisma. Así mismo es común hacer el levantamiento de dos puntos con GPS (línea de control) y posteriormente usar la estación y en lugar de introducir coordenadas arbitrarias introducimos coordenadas geográficas, y todo lo que se levante con la estación estará georeferenciado.

Otro aspecto importante es hacer la diferenciación de un sistema de navegación y un sistema de localización o rastreo, el primero permite que la persona que tiene el dispositivo GPS sepa donde está y para donde ir, para que una tercera persona lo sepa es otra historia eso ya es un sistema de localización, estos sistemas si requieren una renta o cuota mensual, ya que aun cuando usan un GPS, este solo recibe la señal de los satélites, se necesita otro dispositivo tipo celular para transmitir la posición a un sistema conectado a Internet para que alguien pueda acceder una página y saber donde está el dispositivo.

GPS(navstar).- desarrollado por la fuerza aérea norte americana con fines militares, pero liberada para uso publico

WAAS.- Wide Area Augmentation System.- sistema para mejorar la precisión del sistema GPS, funciona solo para Estados Unidos, Alaska, Canadá y ahora también en México.

EGNOS.- El equivalente del sistema waas, pero solo para Europa.

SBAS.- A los sistemas como WAAS y Egnos se conocen como sistemas SBAS

GLONASS.- Sistema militar de satélites Ruso.

GALILEO.- Sistema de satélites de la comunidad Europea para intereses no militares o de iniciativa privada (entra en operación hasta 2010)

OCULAR ACODADO:

Este es un accesorio para teodolitos y estaciones.

Cuando uno está muy cerca de una estructura muy alta, requerimos apuntar el telescopio hacia arriba para poder ver la parte más alta de la estructura, es común

que ya no sea tan fácil poner el ojo en el ocular por como es el equipo, existe un accesorio que nos permite ver incluso al zenit, este es el ocular acodado, los hay muy sencillos, que puede ser simplemente un pequeño prisma, también hay otros que requieren que se retire el ocular y posteriormente poner esta extensión que junto con el prisma nos permite tener una excelente visual.

El los teodolitos ópticos (vs electrónicos) se requieren dos oculares, uno para ver el objeto y otro para hacer las lecturas del ángulo, en las estaciones totales y teodolitos electrónicos, solo se requiere uno.

NIVELES:

Un nivel es un instrumento que nos representa una referencia con respecto a un plano horizontal.

Este aparato ayuda a determinar la diferencia de elevación entre dos puntos con la ayuda de un estadal.

El nivel más sencillo es el nivel de manguera, es una manguera transparente, se le introduce agua y se levantan ambos extremos, por simple equilibrio, el agua estará al mismo nivel en ambos extremos.

El nivel de mano es un instrumento también sencillo, la referencia de horizontalidad es una burbuja de vidrio o gota, el clisímetro es una versión mejorada del nivel de mano incorporando un transportador metálico permitiendo hacer mediciones de inclinación y no solo desnivel.

El nivel fijo es la versión sofisticada del nivel de mano, este en lugar de sostenerse con la mano se coloca sobre un tripie, la óptica tiene más aumentos y la gota es mucho más sensible.

Este nivel presenta una problemática, y es que conforme se opera el aparato hay que estar verificando continuamente y sobre todo cuando se gira, que la gota siga centrada, esto se hace con los 4 tornillos niveladores los cuales se mueven en pares, y siempre manteniendo tensión para que el aparato no se mueva..

Este problema se resolvió con el nivel basculante, que sigue siendo un nivel fijo, pero que tiene un tornillo para ajustar la gota cada que se hace una medición, simplificando mucho el uso de 4 tornillos nivelantes, uno de los niveles más precisos es un nivel basculante, pero debe mayormente su precisión justamente a su gota y a una placa plano paralela.

Un gran adelanto se logró cuando se introdujo el compensador automático, dando lugar al nivel automático, su funcionamiento está basado en un péndulo que por gravedad, en estado estable este siempre estará en forma vertical, y con la ayuda de un prisma, este nos dará la referencia horizontal que estamos buscando. Este nivel tiene una burbuja circular (ojo de buey) que puede no estar completamente

centrada, pero el compensador automático hace justamente eso, compensar, este adelanto resultó tan provechoso, que se incorporó en los teodolitos más precisos y en las estaciones totales, aun cuando su funcionamiento puede variar, el principio sigue siendo el mismo.

Por sus ventajas los niveles automáticos son los que más fácilmente se encuentran en el mercado, dentro de las características que hay que observar al comparar instrumentos es el número de aumentos de la lente que puede ser de 20x hasta 32x, esto representa que tanto aumenta la imagen al ver a través del nivel, si las distancias son cortas (menores a 10 metros) tal vez no resulte algo trascendente, pero al tratar de ver un estadal graduado al milímetro a 100 metros si es importante contar con el nivel con mas aumentos, o si se requiere gran precisión incluso en distancias cortas se recomendaría el de 32 aumentos. Se ve de las especificaciones que el número de aumentos está ligado con la precisión del equipo, que se expresa en milímetros por kilometro nivelado ida y vuelta, así si por ejemplo un nivel tiene una precisión de ± 1.5 mm/km, significa que en una nivelación de un kilometro ida y vuelta se tiene un error de más menos un milímetro y medio.

En términos generales se podría decir que el rango de un nivel de 20 aumentos es de 50 mts, 22x.-65mts, 24x.-79mts, 26x.-92mts, 28x.-104mts, 30x.-115mts, 32x.-125mts, pero si usamos un nivel de muchos aumentos a distancias cortas tendremos mayor facilidad para tomar las lecturas en el estadal y eventualmente más precisión, así si por ejemplo se quiere nivelar una maquinaria, en donde las distancias pueden no superar los 10 mts, se recomendaría usar el nivel de 32 aumentos, para tener la máxima precisión posible.

Si bien el nivel solo sirve para medir desnivel, últimamente se les ha incorporado una graduación en el giro horizontal, permitiendo hacer mediciones de ángulos con una precisión de medio grado, siendo practico en obra para medir o trazar ángulos horizontales que no requieren gran precisión.

Existe un accesorio llamado placa plano paralela o micrómetro este accesorio permite realizar mediciones a la décima de milímetro, si bien se puede colocar en cualquier nivel, se recomienda solo para niveles con 32 aumentos, este accesorio es de gran ayuda para trabajos que requieren mucha precisión., En algunos casos es incluso aconsejable usar estadal inbar para eliminar error por variación en la temperatura y dilatación de los estadales de aluminio.

Los niveles láser fueron y continúan siendo una novedad creyendo alguna personas que son más precisos, pero la realidad es otra, existen los que solo proyectan una línea en una pared, su nombre correcto es crossliner se usan principalmente en interiores, ya que en exteriores con la luz del sol resulta difícil ver la línea que proyecta en una pared por ejemplo, línea que por cierto tiene entre 1 y 2 milímetros de ancho, así que si precisión. En un kilometro será de 1 centímetro comparando con un nivel óptico, hay también niveles láser que poseen un sensor, este se puede usar en exteriores y a mayores distancias, ya que no

depende del ojo humano, si no de un sensor especializado en ver la luz láser, hay equipos de diferentes precios y precisiones, si adquiere un nivel asegúrese que este sea de calidad y que este correctamente calibrado, de lo contrario le recomiendo mejor un nivel de manguera.

No todo es malo en los niveles láser, una de sus ventajas es que lo puede usar una sola persona: pone el nivel en un punto céntrico y va a medir directamente en los puntos que requiere, también si tiene varios instaladores (de marcos por ejemplo) trabajando al mismo tiempo, cada uno puede tener un sensor y estar usando la misma referencia al mismo tiempo. También son muy prácticos montados en maquinaria de excavación o aplanado, eliminando la necesidad de detener la maquinaria para poner un estadal y hacer la medición, con un nivel láser el operador de la maquina puede saber instantáneamente si esta por arriba o por abajo del nivel deseado.

Por último están los niveles electrónicos, estos funcionan como los niveles ópticos, y adicionalmente pueden hacer lecturas electrónicamente con estadales con código de barras, esto resulta muy práctico, ya que la medición es muy rápida, y se eliminan errores de apreciación o lectura, incluso de dedo, ya que estos tienen memoria para almacenar y procesar los datos, pueden desplegar en pantalla una resolución de décima de milímetro, y medir distancias con una resolución de un centímetro.

Si bien un teodolito o una estación total se puede usar como nivel, las mediciones no serán tan precisas, siendo que el nivel es un instrumento especializado, pero si no requiere gran precisión. Se puede utilizar una estación o un teodolito ajustando el ángulo vertical a 90 grados.

3.- CAPITULO III. TUBERIAS A PRESION

3.1 Tipos de tuberías y piezas especiales

En las Líneas de Conducción el agua se transporta en conductos abiertos con peligro de contaminar el agua o cerrados desde la fuente de abastecimiento a la comunidad, tanque de almacenamiento, planta potabilizadora o zona de riego

La conducción puede realizarse si las condiciones topográficas son favorables para la transportación por gravedad, si no se basara a presión suministrando la energía necesaria con bombeo.

Tuberías de plástico: polietileno de alta densidad (PEAD) y cloruro de polivinilo (PVC)

Actualmente la aplicación de nuevos materiales para las líneas de conducción existen dos con la mayor aplicación que son: el polietileno de alta densidad (PEAD) y el policloruro de vinilo (PVC).

La Secretaría de Recursos Hidráulicos utilizó con regularidad tuberías de polietileno de alta densidad o de alto peso molecular, en obras como tomas domiciliarias. Las ventajas de esas tuberías son: su gran flexibilidad, que permite su presentación en rollos; su ligereza, ya que pesa ocho veces menos que el acero y tres veces menos que el fibrocemento; y la ausencia de corrosión.

El PVC es un material termoplástico compuesto de polímeros de cloruro de vinilo con las características de la siguiente tabla. La industria de tuberías plásticas fabrica dos líneas de tubos hidráulicos de PVC para el abastecimiento de agua potable y líneas de irrigación: la línea métrica y la línea inglesa.

Ventajas y desventajas de las tuberías de PVC

VENTAJAS	DESVENTAJAS
☺ Resistencia a la corrosión y al ataque químico de ácidos, álcalis y soluciones salinas.	☹ Alto costo, pero en diámetros de 200 mm y mayores.
☺ Instalación, rápida, fácil y económica.	☹ Las propiedades mecánicas de las tuberías de PVC se afectan si quedan expuestas a los rayos solares por un período prolongado.
☺ Resistencia mecánica alta.	☹ Los tubos de extremos lisos requieren mano de obra altamente especializada para su unión. Por ello se recomienda el uso de tuberías con campana y anillo de hule.
☺ Por su ligereza , el almacenamiento y transporte de la tubería se facilita notablemente.	
☺ Bajo costo.	

Las tuberías de polietileno se fabrican en cuatro diferentes relaciones de dimensión y son aptas para trabajar a las presiones especificadas según las condiciones de operación se aplica un factor de seguridad igual a 3 ó 4 veces la presión de trabajo para llegar a la presión de ruptura.

El factor de 3 (F3) se aplica en líneas subterráneas en terreno estable, mientras que el factor de 4 (F4) se aplica en líneas expuestas a movimientos de terreno o tráfico pesado y líneas a la intemperie.

Presión máxima de trabajo para tubos de polietileno ($S = 44.29 \text{ kg/cm}^2$)*

RELACIÓN DE DIMENSIÓN (RD)	Presión máxima de trabajo, kg/cm^2	
	F ₃	F ₄
9	14.7	11.1
13.5	9.4	7.1
17	7.3	5.5
21	5.9	4.4

* S corresponde al esfuerzo de diseño o fuerza por unidad de área en la pared del tubo en corte transversal al eje del mismo y es igual $S = P(d - e) / 2e$

Donde:

d: diámetro exterior, mm

P : presión de trabajo, kg/cm^2

e : espesor mínimo de pared, mm

Tuberías de acero

La tubería de acero se fabrican con diámetros desde 4.5" (114.3 mm) hasta 48" (1219 mm) y son recomendables para líneas de conducción con altas presiones de trabajo. Su utilización obliga a revestirlos contra la corrosión interior y exterior.

Son muy durables, resistentes, flexibles y adaptables a las distintas condiciones de instalación que se tengan, en conducciones y redes de distribución de pequeñas localidades rurales, se han utilizado en algunos casos tuberías de acero galvanizado. Estos conductos se fabrican en diámetros de 13, 19, 25, 32 mm con longitud del tubo de 6.40 m, que se unen mediante el proceso de roscas fabricadas en el extremo del tubo con tarraja.

Piezas especiales, dispositivos de control y protección de bombas y tuberías.

Las tuberías de conducción están compuestas: por tramos rectos y curvos para ajustarse a los accidentes topográficos; se presentan en la geometría de la sección; y distintos dispositivos para el control del flujo en la tubería y asegurar que el funcionamiento de la línea de conducción sea eficiente.

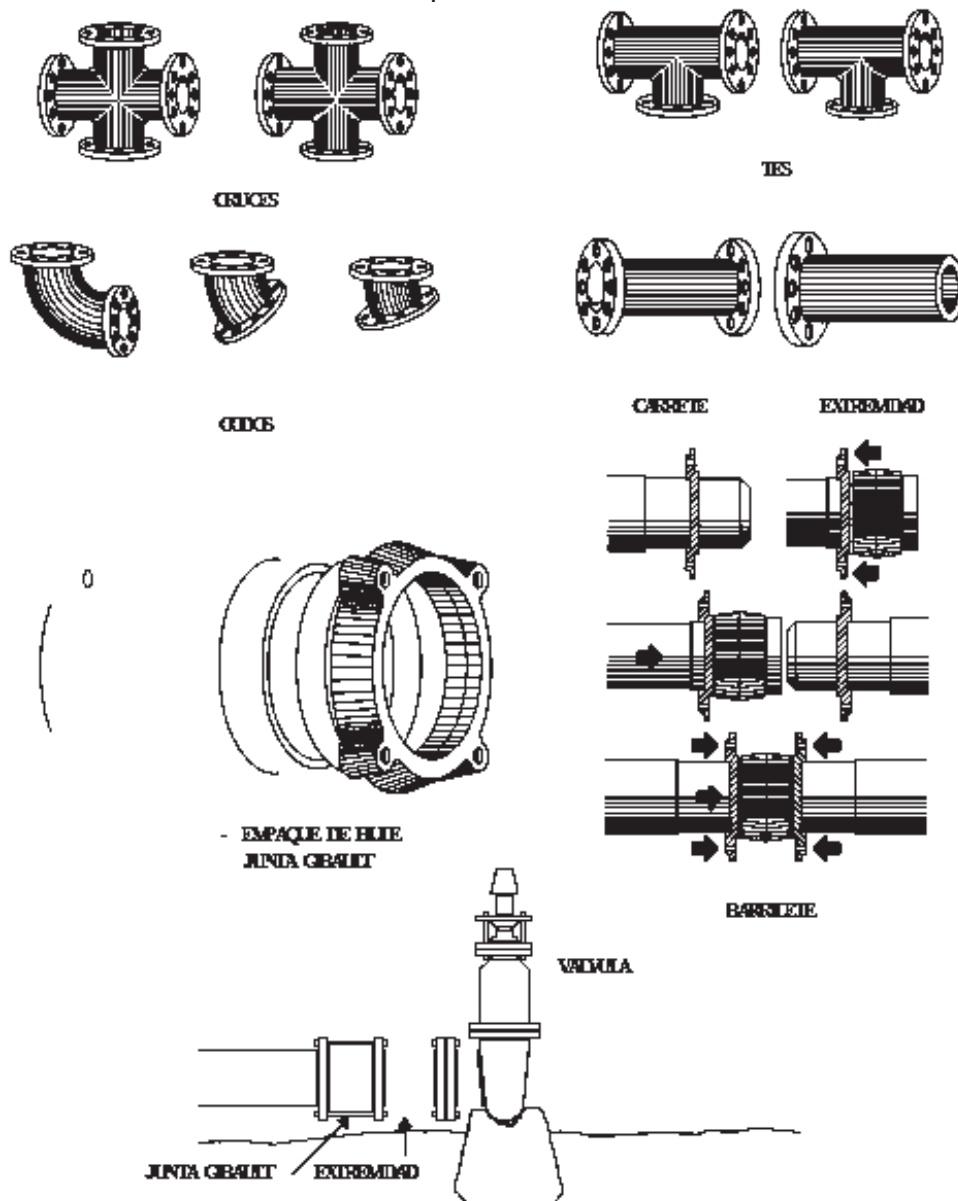
Piezas especiales

Las conexiones de la tubería en las intersecciones, cambios de dirección, cambios de diámetros, válvulas, etc., se denominan comúnmente como "piezas especiales"

y generalmente son de hierro fundido, acero, fibrocemento o materiales plásticos (PVC y PEAD), dependiendo de qué material sean los tubos.

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

La unión de estas piezas con las tuberías se efectúa utilizando la “junta gibault”, que permite conectar por una de sus bocas una extremidad de hierro fundido y, por la otra, una punta de tubería de fibrocemento. El sellamiento se logra mediante la presión ejercida con las bridas y tornillos sobre el barrilete y empaques de hule. La forma cóncava del barrilete permite efectuar deflexiones.



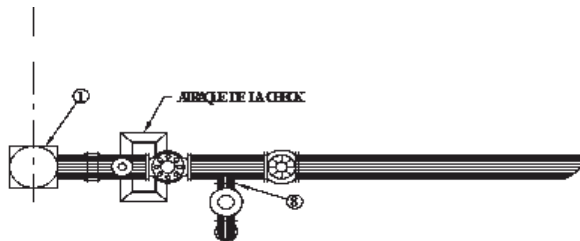
El interconectar la tubería hidráulica de PVC y formar líneas de conducción y circuitos existen todas las conexiones necesarias: ya sea para cambiar la dirección del flujo del agua, derivar o unir sistemas de igual o diferente diámetro, cerrar los extremos de una línea, unir tubería de PVC a válvulas, piezas metálicas bridadas o con rosca, y componer fallas en una línea ya tendida. También, es posible unir la tubería hidráulica de PVC serie métrica con la de serie inglesa. En el caso de la serie métrica todas las conexiones de 50 a 315 mm son de PVC.

3.2 Dispositivos de control y protección en la línea de conducción.

En las líneas de conducción siempre se emplea de ciertos elementos cuyo objeto es proteger a las tuberías y al equipo de bombeo, principalmente del fenómeno llamado golpe de ariete.

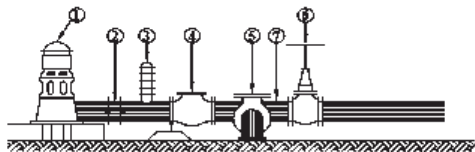
Junta flexible

Se utiliza para absorber algunos movimientos ocasionados por el trabajo de la bomba, pequeños desalineamientos producidos durante el montaje del conjunto y para desconectar con facilidad la unidad de bombeo cuando se requiera. Generalmente, se emplean las juntas Dresser y Gibault o algún otro elemento similar.



- 1- BOMBA Y MOTOR VERTICAL
- 2- JUNTA FLEXIBLE
- 3- VÁLVULA DE AIRE
- 4- VÁLVULA DE RETENCIÓN (CHECK)
- 5- VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
- 6- VÁLVULA COMPUERTA
- 7- CIRCO ACCESORIO
- 8- SILLO VÁLVULA COMPUERTA (PESITA)

PLANTA



CORTE

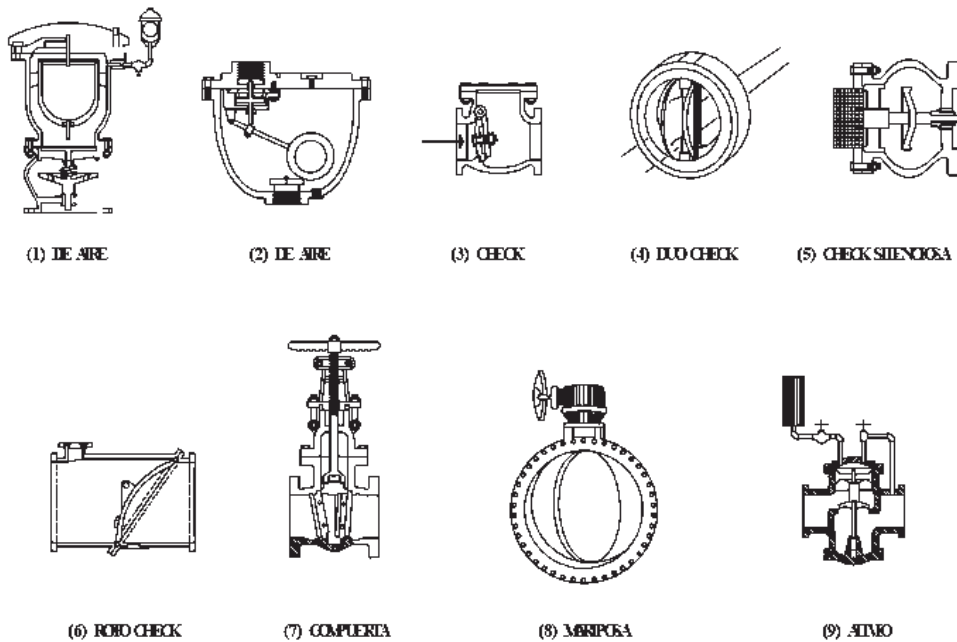
Válvulas eliminadoras de aire

La función es de expulsar el aire retenido en la succión cuando la bomba no trabaja y se ubican generalmente de la junta flexible. Al acumularse el aire en el interior de una conducción tiende a ocupar los puntos altos del perfil de la línea y si no es extraído, produce una estrangulación de la sección de paso del agua que puede llegar a interrumpir el flujo.

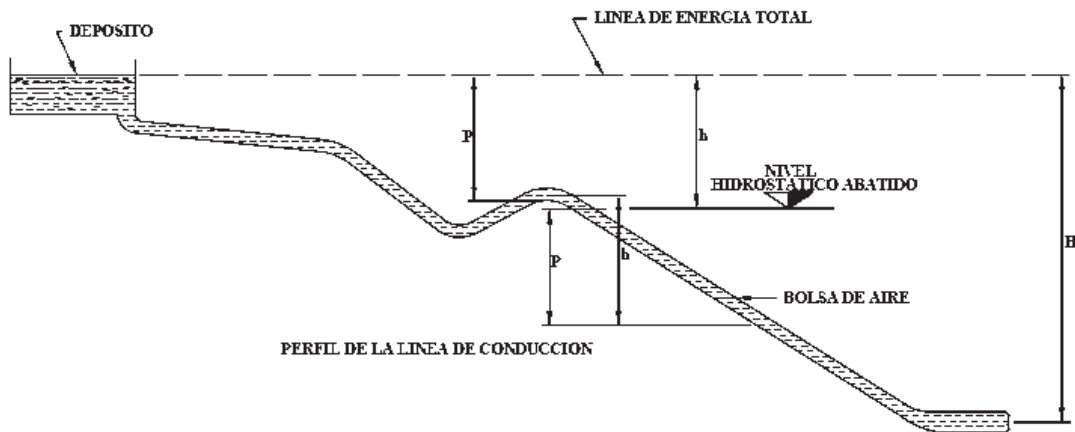
Pero el mayor peligro, es la posible compresión de este aire y su expulsión súbita combinada con una interrupción repentina del flujo puede multiplicar la presión y traducirse en una verdadera explosión con proyección de fragmentos.

1.- Línea de conducción por gravedad en la cual la presión utilizable H se reduce en una cantidad h correspondiente a la diferencia de nivel entre los extremos de la bolsa de aire, se reduce el gasto útil de la conducción.

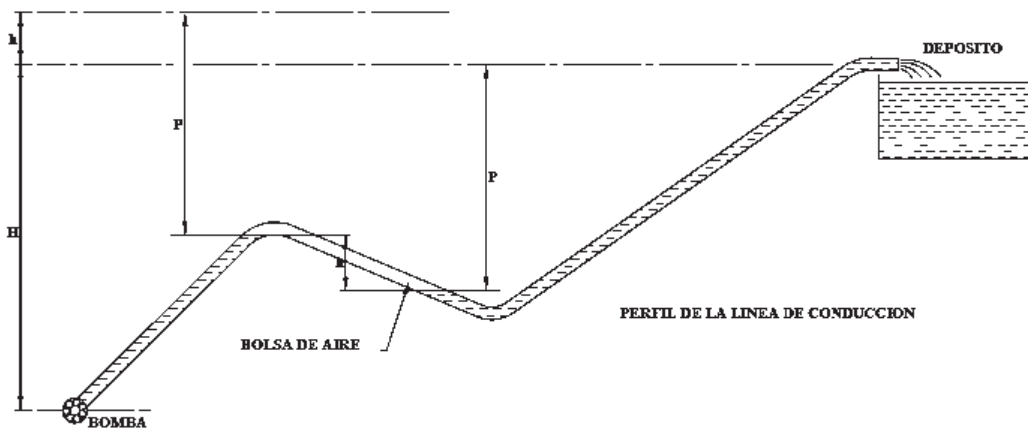
2.- Línea de conducción es por bombeo. La bolsa de aire provoca un aumento de presión en las bombas, por lo que para conducir el mismo gasto el consumo de energía se incrementa en la misma proporción del aumento de presión en la bomba.



Tipos de válvulas.



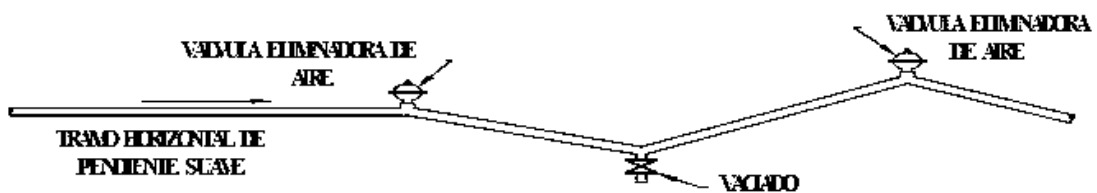
Efectos del aire dentro de una línea de conducción.



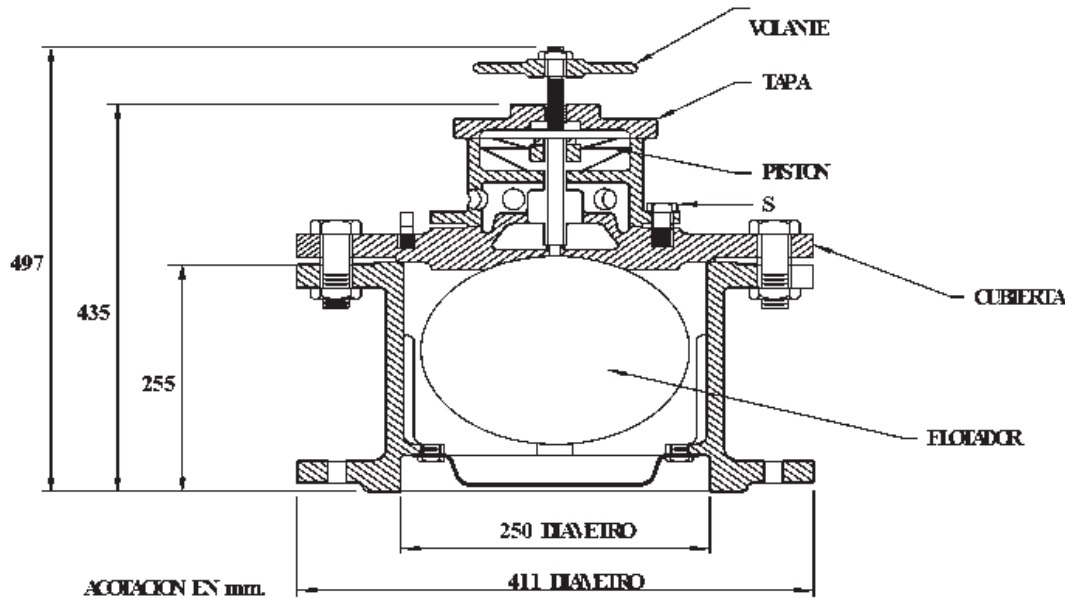
Efectos del aire dentro de una línea de conducción por bombeo.

Cuando una línea de conducción no está llena de agua, es decir "purgada", los inconvenientes descritos se repiten en cada punto alto del perfil de la línea; sus efectos se suman y el rendimiento de la conducción disminuye en forma progresiva. Mayor detalle sobre el análisis del atascamiento con aire.

Todos los puntos altos deben tener de válvulas que permitan evacuar el aire automáticamente a medida que se acumula; estas válvulas eliminadoras de aire se instalarán en pendientes ascendentes fuertes, en el punto más alto y antes de las bajadas bruscas figuras.



Ubicación de válvulas eliminadoras de aire en una línea de conducción



Válvula eliminadora de aire

Cuando la topografía es más bien plana las válvulas eliminadoras de aire se ubican en puntos situados a cada 1.5 km como máximo y en los puntos más altos del perfil de la línea

Se observa que en los puntos bajos se coloca una pieza especial que permite el vaciado de la tubería, eliminando los sedimentos que se acumulan para evitar que pueden llegar a obstruir el flujo.

Diámetros de las válvulas de expulsión de aire, para líneas de conducción de sistemas rurales.

Diámetro de la tubería	Gasto en litros por segundo	Diámetro de la válvula
1/2" a 4"	0 a 12.6 L/s	1/2"
6" a 10"	12.7 a 50.4 L/s	1"

Válvula de retención o válvula check

Se usan con el objeto de retener la masa de agua que se encuentra en la tubería, cuando la bomba suspende su operación y con el fin de evitar esfuerzos excesivos en las bombas debido al fenómeno del golpe de ariete.

Esto NO quiere decir que las válvulas eliminan el efecto de ese fenómeno, sino que únicamente lo atenúan.

En el cuerpo de la válvula se encuentra el elemento actuador, constituido por un pistón cuya posición regula el funcionamiento de la válvula. El control de este pistón se efectúa por medio de una válvula piloto calibrada que actúa con una

presión determinada y no es más que una válvula de aguja de precisión para pequeños flujos. El piloto de control de esta válvula puede ser hidráulico, eléctrico o de ambos tipos.

-Las válvulas que se usan con más frecuencia son las llamadas de pistón y las de diafragma, preferentemente con ambas clases de control. Las dos funcionan satisfactoriamente, pero se prefiere la válvula con pistón porque el material de que está hecho el diafragma (hule, neopreno, etc.) se deteriora dependiendo del tipo de agua que se maneje.

El diámetro se determina en función del gasto de escurrimiento en la tubería a la que se conectará, de las presiones originadas por el golpe de ariete y de las pérdidas de carga, normalmente tolerables, ocasionadas por esta válvula.

Válvula Check o de retención (tradicional)

Válvula Duo-Check

-Válvula Duo-Check: son dos medias lunas conectadas a un eje vertical que se abren o cierran según el sentido del escurrimiento. Esta válvula en comparación con la tradicional es más liviana, de menor tamaño, sin embargo, las pérdidas de carga son mayores que en la tradicional.

Válvula Check.

-Válvula Check Silenciosa tiene la característica de efectuar un cierre más o menos lento, con lo cual se consigue prolongar la vida de la válvula y casi eliminar el ruido que producen los otros tipos.

la válvula Roto-Check,

la válvula llamada Roto-Check, cuya operación es semejante a la de columpio. Por su diseño y procedimiento de construcción.

Válvulas de Compuerta.

Se emplea con el objeto de aislar o bloquear en un momento dado algún elemento o sección del sistema para poder efectuar una reparación, inspección o dar mantenimiento, sin que se interrumpa totalmente el servicio. esta válvula se instala en descargas de la bomba, después de la válvula de alivio.

Este tipo de válvula es más empleado por que se caracteriza por ser bridada y con vástago saliente, es decir se desplaza según su eje vertical. Es muy importante señalar que la válvula de compuerta está diseñada propiamente para ser operada cuando se requiera un cierre o abertura total, y NO se recomienda usarse como reguladora de gasto.

Válvulas de mariposa.

Las válvulas de mariposa,) puede sustituir a la de compuerta cuando se requieren diámetros grandes y presiones bajas en la línea. Tienen la ventaja de ser más ligeras, de menor tamaño y más baratas. Estas válvulas operan por medio de una flecha que acciona un disco haciéndolo girar centrado en el cuerpo; la operación puede ser manual, semiautomática o automática, mediante dispositivos neumáticos, hidráulicos o eléctricos.

Válvulas de Globo

Son voluminosas y presentan una alta resistencia al paso del agua por lo que se emplean, generalmente, sólo en tuberías de pequeños diámetros como los que se tienen en los sistemas rurales. Constan de un disco horizontal accionado por un vástago para cerrar o abrir un orificio por el que pasa el agua.

Válvulas de alivio contra golpe de ariete

Las válvulas aliviadoras de presión son empleadas para proteger al equipo de bombeo, tuberías y demás elementos en la conexión, contra los cambios bruscos de presión que se producen por el arranque o paro del equipo de bombeo. La válvula está diseñada de tal manera que puede abrirse automáticamente y descargar al exterior cuando la presión en el sistema es mayor que aquella con la que fue calibrada lográndose con ello el abatimiento de la línea piezométrica.

El cierre de esta válvula también es automático y se logra cuando la presión en la línea llega a ser menor que la de su ajuste o calibración.

Desfogue

Se utilizan generalmente en los puntos más bajos del perfil con el fin de desaguar la línea en caso de roturas durante su operación; también se pueden usar para el lavado de la línea durante la construcción. El crucero se forma con una Te con brida, tapa ciega y dos juntas universales, todas ellas de fierro fundido.

3.3 Factores a considerar en el proyecto de líneas de conducción

Topografía.- El tipo y clase de tubería por usar en una conducción depende de las características topográficas de la línea. Es conveniente obtener perfiles que permitan tener presiones de operación bajas, evitando también tener puntos notablemente altos.

Afectaciones.- Para el trazo de la línea se deben tomar en cuenta los problemas resultantes por la afectación de terrenos ejidales y particulares. De ser posible, se utilizarán los derechos de vía de cauces de agua, caminos, ferrocarriles, líneas de transmisión de energía eléctrica y linderos.

Geotecnia.- En general, las tuberías de conducción deben quedar enterradas, principalmente las de fibrocemento y de PVC. El trazo más adecuado puede ser el que permita disminuir al máximo posibles excavaciones en roca. Se investigará también la profundidad del nivel freático.

Cruzamientos.- Durante el trazo topográfico se deben localizar los sitios más adecuados para el cruce de caminos, vías férreas, ríos, etc.

Calidad del agua por conducir.- Es indispensable saber si el agua es turbia, incrustante, corrosiva o si tiene hierro y manganeso, dado que se puede afectar notablemente la capacidad de los conductos.

Suministro e instalación de tuberías.- Se debe tomar en cuenta tanto los costos de suministro, la calidad de los materiales como la disponibilidad oportuna de las tuberías y las facilidades financieras que otorguen los fabricantes.

Aspectos socioeconómicos.- El uso de ciertas fuentes de abastecimiento (concesionada o no) y el no tomar en cuenta lo indicado en el punto de afectaciones, origina en ocasiones problemas con los habitantes de la región, propiciando cambios de fuente, modificaciones del trazo de la conducción, indemnizaciones.

Metodología de diseño

Generalmente los pasos a seguir para el diseño de una línea de conducción, son los siguientes:

- a) Trazo planimétrico
- b) Trazo altimétrico
- c) Cálculo hidráulico
- d) Localización de piezas especiales y dispositivos

Trazo planimétrico

A partir del plano topográfico se tiene el trazado que implique la línea de conducción más económica, o sea, la más corta y de menor diámetro.

La conducción sigue los accidentes del terreno y, si se usan tubos de fibrocemento o de PVC, va enterrada en una zanja, como medida de protección contra los agentes exteriores. Los cambios de dirección, tanto en el plano horizontal como en el vertical, deben efectuarse por medio de curvas suaves utilizando la deflexión que permitan las uniones de los distintos tipos de tubos.

Trazo altimétrico

En un plano vertical, se construye un perfil del trazado y se establece la posición relativa de la tubería, el terreno y la línea piezométrica. Debe tenerse especial cuidado de que la línea de conducción se encuentre siempre debajo de la línea piezométrica. Las tuberías que pasan sobre la línea piezométrica reciben el nombre de sifones.

Cálculo hidráulico

Una vez estudiado el trazo planimétrico y altimétrico de la conducción, se procede a calcular su diámetro. Cuando la conducción está alimentada por bomba, el problema tiene múltiples soluciones y se decide con criterios económicos.

En efecto, si el diámetro es pequeño, la pérdida de carga es grande y entonces habrá que usar una bomba de carga elevada que logre vencer las pérdidas, siendo por esta razón muy elevado el costo de la impulsión.

1.- si el diámetro de la tubería es grande, la pérdida de carga es pequeña y la altura a elevar el agua será menor, y se traducirá en menor costo de bombeo, la tubería es “barata”

2.- la tubería es costosa y el gasto de bombeo es reducido. Lo que se debe procurar es que la suma de ambos costos den un costo anual mínimo. El diámetro de la tubería correspondiente a este caso se llama diámetro económico de la línea de conducción.

El costo anual total estará representado por el interés del costo del conducto, más la depreciación del mismo, más el costo anual del bombeo. El diámetro económico de la línea de conducción. También son :

-Costo de la tubería, que varía con la clase y material del que está fabricada

-Costo de uniones (juntas) y su realización (material y jornales)

-Colocación de la tubería, que a su vez incluye la apertura de una zanja, colocación de la tubería en la misma, relleno de la zanja y compactación del relleno (jornales y equipos)

Existe una gran variedad de fórmulas para calcular la resistencia al flujo en las tuberías, destacándose entre ellas las de Darcy-Weisbach, Hazen Williams y Manning.

3.4 Métodos para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías por fricción

La pérdida de carga que tiene lugar en una conducción representa la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma por efecto del rozamiento.

A continuación se resumen las principales fórmulas empíricas empleadas en el cálculo de la pérdida de carga que tiene lugar en tuberías:

Darcy-Weisbach (1875)

Una de las fórmulas más exactas para cálculos hidráulicos es la de Darcy-Weisbach. Sin embargo por su complejidad en el cálculo del coeficiente "f" de fricción ha caído en desuso. Aún así, se puede utilizar para el cálculo de la pérdida de carga en tuberías de fundición. La fórmula original es:

$$h = f \cdot (L / D) \cdot (v^2 / 2g)$$

En función del caudal la expresión queda de la siguiente forma:

$$h = 0,0826 \cdot f \cdot (Q^2/D^5) \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- f: coeficiente de fricción (adimensional)
- L: longitud de la tubería (m)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- v: velocidad media (m/s)
- g: aceleración de la gravedad (m/s²)
- Q: caudal (m³/s)

El coeficiente de fricción f es función del número de Reynolds (Re) y del coeficiente de rugosidad o rugosidad relativa de las paredes de la tubería (ϵ_r):

$$f = f(Re, \epsilon_r); \quad Re = D \cdot v \cdot \rho / \mu; \quad \epsilon_r = \epsilon / D$$

- ρ : densidad del agua (kg/m³).
- μ : viscosidad del agua (N·s/m²).
- ϵ : rugosidad absoluta de la tubería (m)

En la siguiente tabla se muestran algunos valores de rugosidad absoluta para distintos materiales:

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Concreto	0,3-3,0

Para el cálculo de "f" existen múltiples ecuaciones, a continuación se exponen las más importantes para el cálculo de tuberías:

- a. Blasius (1911). Propone una expresión en la que "f" viene dado en función del Reynolds, válida para tubos lisos, en los que ϵ no afecta al flujo al tapar la subcapa laminar las irregularidades. Válida hasta $Re < 100000$:

$$f = 0,3164 \cdot Re^{-0,25}$$

- b. Prandtl y Von-Karman (1930). Amplían el rango de validez de la fórmula de Blasius para tubos lisos:

$$1 / \sqrt{f} = -2 \log (2,51 / Re \sqrt{f})$$

- c. Nikuradse (1933) propone una ecuación válida para tuberías rugosas:

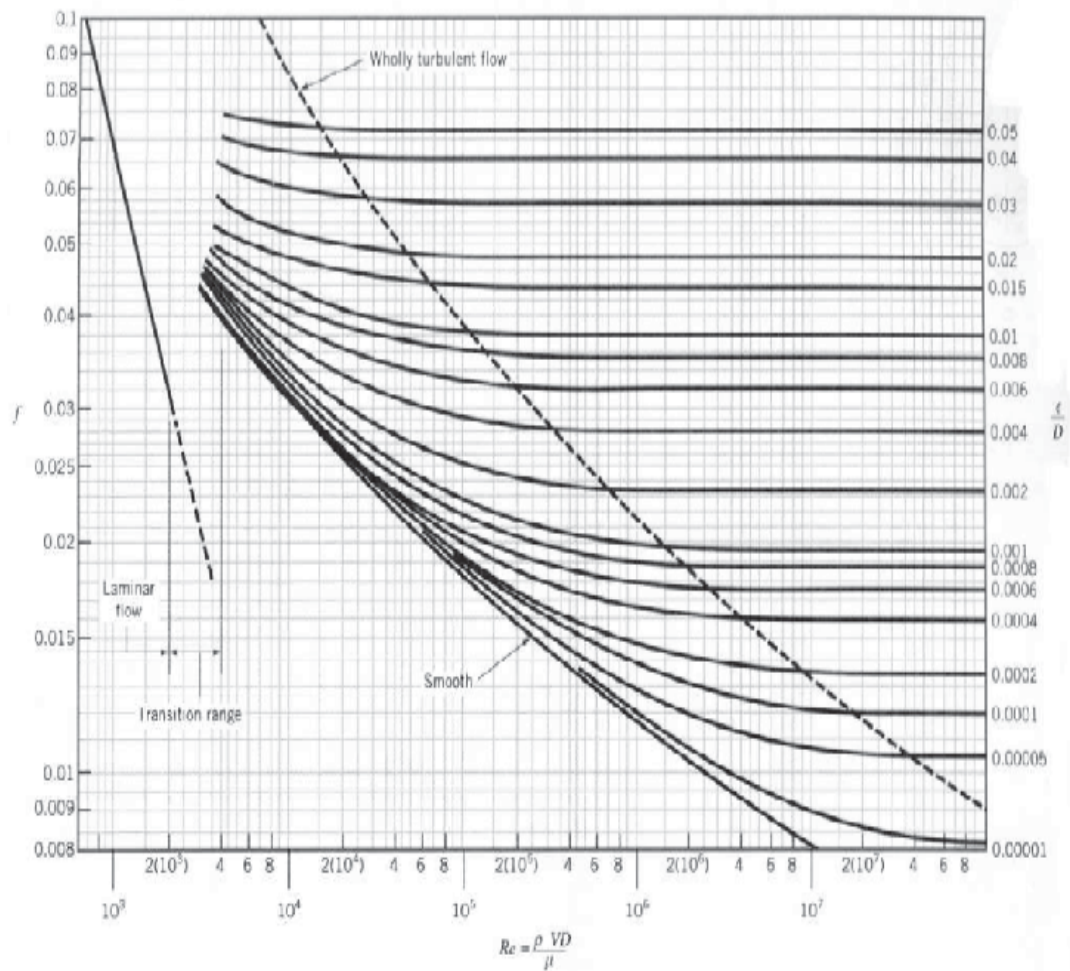
$$1 / \sqrt{f} = -2 \log (\epsilon / 3,71 D)$$

- d. Colebrook-White (1939) agrupan las dos expresiones anteriores en una sola, que es además válida para todo tipo de flujos y rugosidades. Es la más exacta y universal, pero el problema radica en su complejidad y en que

requiere de iteraciones:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\left(\frac{\epsilon}{3,71 D} \right) + \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \right]$$

- e. Moody (1944) consiguió representar la expresión de Colebrook-White en un ábaco de fácil manejo para calcular "f" en función del número de Reynolds (Re) y actuando la rugosidad relativa (ϵr) como parámetro diferenciador de las curvas:



Material de la tubería	V, m/s
Fibrocemento	5.0
Acero Galvanizado	5.0
Acero sin revestimiento	5.0
Acero con revestimiento	5.0
PEAD (Polietileno de alta densidad)	5.0
PVC (poli (cloruro de vinilo))	5.0
Concreto simple hasta 0.45 m de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 0.60 m de diámetro o mayor	3.5

V = Velocidad máxima permisible

Manning (1890)

Las ecuaciones de Manning se suelen utilizar en canales. Para el caso de las tuberías son válidas cuando el canal es circular y está parcial o totalmente lleno, o cuando el diámetro de la tubería es muy grande. Uno de los inconvenientes de la fórmula es que sólo tiene en cuenta un coeficiente de rugosidad (n) obtenido empíricamente, y no las variaciones de viscosidad con la temperatura. La expresión es la siguiente:

$$h = 10,3 \cdot n^2 \cdot \frac{Q^2}{D^{5,33}} \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- n: coeficiente de rugosidad (adimensional)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- Q: caudal (m³/s)
- L: longitud de la tubería (m)

El cálculo del coeficiente de rugosidad "n" es complejo, ya que no existe un método exacto. Para el caso de tuberías se pueden consultar los valores de "n" en tablas publicadas. Algunos de esos valores se resumen en la siguiente tabla:

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING DE MATERIALES			
Material	n	Material	n
Plástico (PE, PVC)	0,006-0,010	Fundición	0,012-0,015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,009	Concreto	0,012-0,017
Acero	0,010-0,011	Concreto revestido con gunita	0,016-0,022
Hierro galvanizado	0,015-0,017	Revestimiento bituminoso	0,013-0,016

Hazen-Williams (1905)

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

$$h = 10,674 \cdot [Q^{1,852} / (C^{1,852} \cdot D^{4,871})] \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- Q: caudal (m³/s)
- C: coeficiente de rugosidad (adimensional)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- L: longitud de la tubería (m)

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales:

COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES			
Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Scimemi (1925)

Se emplea para tuberías de fibrocemento. La fórmula es la siguiente:

$$h = 9,84 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{L}{(Q^{1,786}/D^{4,786})}$$

En donde:

- h: pérdida de carga o energía (m)
- Q: caudal (m³/s)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- L: longitud de la tubería (m)

Scobey (1931)

Se emplea fundamentalmente en tuberías de aluminio en flujos en la zona de transición a régimen turbulento. En el cálculo de tuberías en riegos por aspersión hay que tener en cuenta que la fórmula incluye también las pérdidas accidentales o singulares que se producen por acoples y derivaciones propias de los ramales, es decir, proporciona las pérdidas de carga totales. La ecuación es la siguiente:

$$h = 4,098 \cdot 10^{-3} \cdot K \cdot (Q^{1,9}/D^{1,1}) \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- K: coeficiente de rugosidad de Scobey (adimensional)
- Q: caudal (m³/s)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- L: longitud de la tubería (m)

Se indican a continuación los valores que toma el coeficiente de rugosidad "K" para distintos materiales:

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE SCOBEY PARA ALGUNOS MATERIALES			
Material	K	Material	K
Acero galvanizado con acoples	0,42	Acero nuevo	0,36
Aluminio	0,40	Fibro cemento plásticos y	0,32

Veronesse-Datei

Se emplea para tuberías de PVC y para $4 \cdot 10^4 < Re < 10^6$:

$$h = 9,2 \cdot 10^{-4} \cdot$$

$$(Q^{1,8}/D^{4,8}) \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o energía (m)
- Q: caudal (m³/s)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- L: longitud de la tubería (m)

3.5 Pérdidas de carga locales

Además de las pérdidas de energía por fricción, hay otras pérdidas "menores" asociadas con los problemas en tuberías. Se considera que tales pérdidas ocurren localmente en el disturbio del flujo. Estas ocurren debido a cualquier disturbio del flujo provocado por curvaturas o cambios en la sección. Son llamadas pérdidas menores porque pueden despreciarse con frecuencia, particularmente en tuberías largas donde las pérdidas debidas a la fricción son altas en comparación con las pérdidas locales. Sin embargo en tuberías cortas y con un considerable número de accesorios, el efecto de las pérdidas locales será grande y deberán tenerse en cuenta.

Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental, y puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico (K):

$$h = K \cdot (v^2 / 2g)$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- K: coeficiente empírico (adimensional)
- v: velocidad media del flujo (m/s)
- g: aceleración de la gravedad (m/s²)

El coeficiente "K" depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería. En la siguiente tabla se resumen los valores aproximados de "K" para cálculos rápidos:

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS		
Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Las pérdidas menores son provocadas generalmente por cambios en la velocidad, sea magnitud o dirección. Experimentalmente se ha demostrado que la magnitud de las pérdidas es aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad. Es común expresar las pérdidas menores como función de la cabeza de velocidad en el tubo, $V^2/2g$:

$$h_L = K \frac{V^2}{2g}$$

Con h_L la pérdida menor y K el coeficiente de pérdida. Valores de K para todo tipo de accesorio, son encontrados en los textos de fluidos e hidráulica.

Pérdida en una expansión súbita

Un ensanchamiento súbito en la tubería provoca un incremento en la presión de P_1 a P_2 y un decrecimiento en la velocidad de V_1 a V_2 (figura 1).

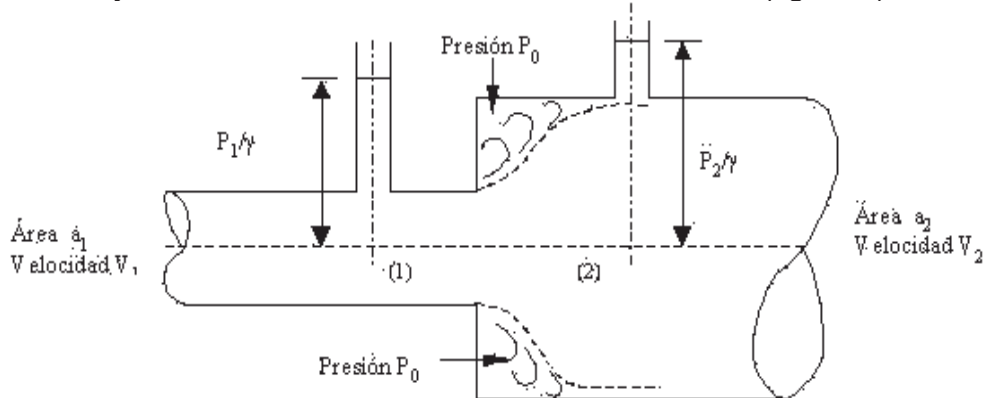


Figura 1. Pérdida en una expansión súbita.

Separación y turbulencia ocurre cuando el flujo sale del tubo más pequeño y las condiciones normales del flujo no se restablecen hasta una cierta distancia aguas abajo. Una presión P_0 actúa en la zona de remolinos y el trabajo experimental ha demostrado que $P_0 = P_1$. Aislando el cuerpo del fluido entre las secciones (1) y (2), las fuerzas que actúan sobre el fluido son las que se muestran en la figura 2.

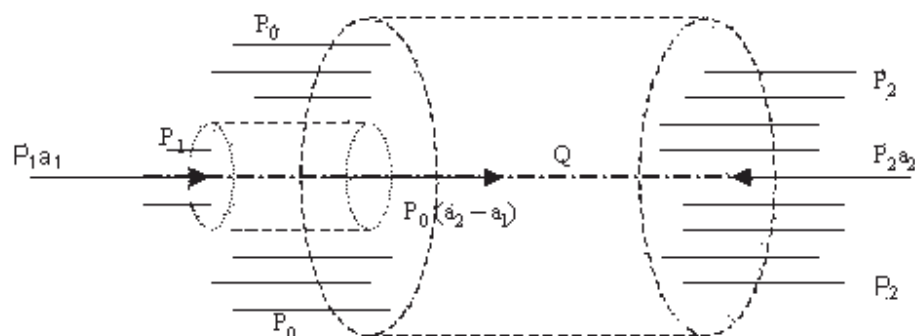


Figura 2. Volumen de control para una expansión súbita.

Aplicando la ecuación de conservación de momentum según la cual "la fuerza que actúa sobre el fluido en la dirección del flujo es igual al cambio de momentum",

$$P_1 a_1 + P_0 (a_2 - a_1) - P_2 a_2 = \rho Q (V_2 - V_1)$$

Como $P_0 = P_1$ y $Q = a_1 V_1 = a_2 V_2$ entonces,

$$(P_1 - P_2) a_2 = \rho a_2 V_2 (V_2 - V_1)$$

$$(P_1 - P_2) = \rho V_2 (V_2 - V_1) \quad (1)$$

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre las secciones (1) y (2),

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \text{pérdidas}$$

Si el tubo está dispuesto horizontalmente $z_1 = z_2$, entonces:

$$\text{pérdidas} = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g}$$

Sustituyendo $P_1 - P_2$ de la ecuación (1),

$$\text{pérdidas} = \frac{V_2^2}{g} - \frac{V_2 V_1}{g} + \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\text{pérdidas} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad (2)$$

Utilizando la ecuación de continuidad se tiene que $a_1 V_1 = a_2 V_2$, o sea, $V_2 = a_1 V_1 / a_2$. Sustituyendo V_2 en la ecuación (2), se expresan las pérdidas menores (h_L) en términos de V_1 ,

$$h_L = \left(V_1 - \frac{a_1 V_1}{a_2} \right)^2 \frac{1}{2g}$$

$$h_L = \left(1 - \frac{a_1}{a_2} \right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$$

Y dado que $h_L = K \frac{V_1^2}{2g}$ resulta

$$K = \left(1 - \frac{a_1}{a_2} \right)^2$$

K (coeficiente de pérdida)

Un caso especial ocurre cuando un tubo descarga en un tanque (figura 3). El área a_1 del tubo es muy pequeña comparada con el área a_2 del tanque; entonces,

$$K = \left(1 - \frac{a_1}{a_2} \right)^2 = 1 \text{ y } h_L = K \frac{V_1^2}{2g}$$

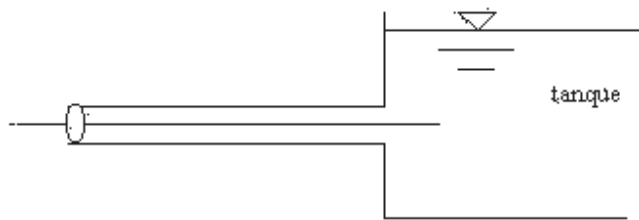


Figura 3. Descarga de una tubería en un tanque.

Pérdida en una contracción súbita

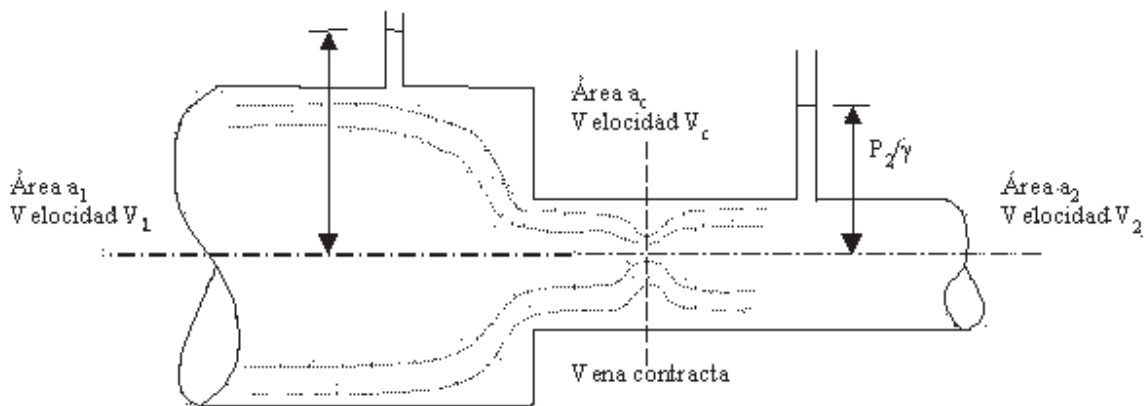


Figura 4. Pérdida en una contracción súbita.

El flujo a través de una contracción súbita usualmente involucra la formación de una vena contracta en el tubo pequeño, aguas abajo del cambio de sección. La pérdida total de energía en una contracción súbita se debe a dos pérdidas menores separadamente. Éstas son causadas por:

La convergencia de las líneas de corriente del tubo aguas arriba a la sección de la vena contracta.

La divergencia de las líneas de corriente de la sección de la vena contracta al tubo aguas abajo.

El proceso de convertir carga de presión en carga de velocidad es bastante eficaz, de ahí que la pérdida de carga de la sección (1) hasta la vena contracta (sección de mayor contracción en el chorro) sea pequeña comparada con la pérdida de la sección de la vena contracta hasta la sección (2), donde una carga de velocidad se vuelve a convertir en carga de presión. Por esto una estimación satisfactoria de la pérdida total h_L , puede establecerse considerando únicamente la pérdida debida a la expansión de las líneas de corriente. De la ecuación (2),

$$h_L = \frac{(V_c - V_2)^2}{2g}$$

Para la vena contracta, $a_c = C_c a_2$ donde C_c es el coeficiente de contracción. Por continuidad,

$a_c V_c = a_2 V_2 \Rightarrow V_c = (a_2 V_2) / a_c$
 Sustituyendo a_c en la ecuación anterior
 $V_c = (a_2 V_2) / (C_c a_2) \Rightarrow V_c = V_2 / C_c$
 Entonces,

$$h_L = \left(\frac{V_2}{C_c} - V_2 \right)^2 \frac{1}{2g}$$

$$h_L = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$$

Y dado que $h_L = K \frac{V_2^2}{2g}$ resulta:

$$K = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2$$

Un caso especial ocurre en el flujo que entra a una tubería proveniente de un tanque. Como la pérdida de energía depende del valor del coeficiente de contracción C_c , pueden hacerse varias modificaciones en la forma de la entrada al tubo para reducir las pérdidas. Por ejemplo una entrada de boca campana reduce considerablemente el coeficiente de pérdidas K . (figura 5)

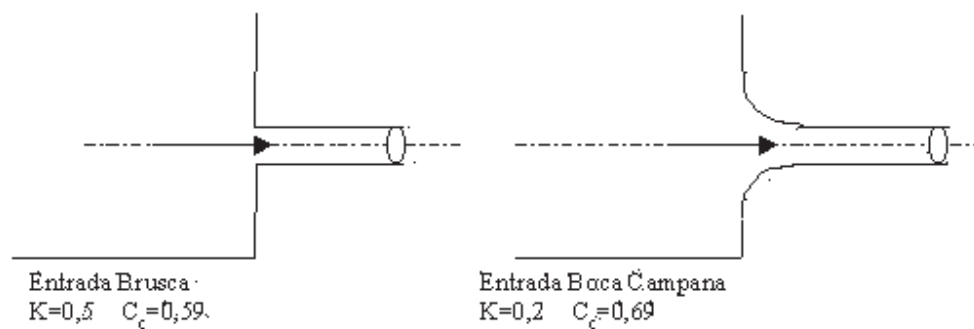


Figura 5. Salida de una tubería de un tanque.

Curvaturas, válvulas, secciones asimétricas, etc.

Es difícil desarrollar expresiones analíticas exactas para determinar la pérdida de energía en codos, válvulas, etc. Por lo tanto la pérdida de energía se expresa simplemente de la forma

$$h_L = K \frac{V^2}{2g}$$

donde:

K = coeficiente de pérdida

V = velocidad del flujo en el tubo aguas abajo del disturbio

Para cada accesorio se puede recurrir a la experimentación para determinar el valor de K .

Aplicación de las pérdidas menores en la práctica

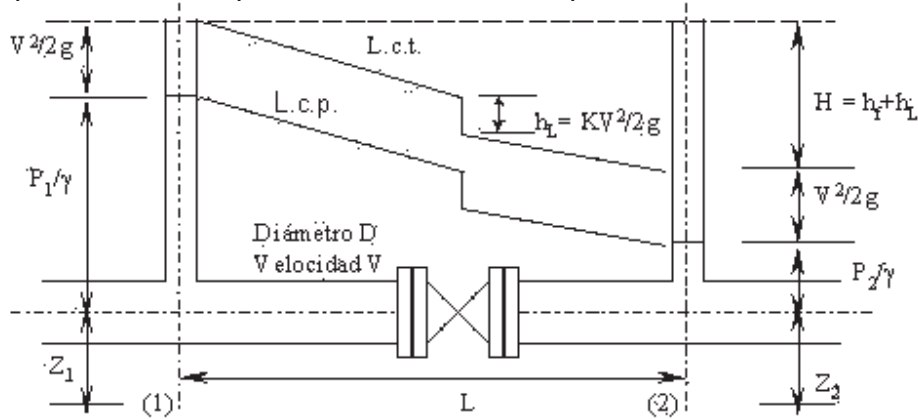


Figura 6. Sistema de tubería con pérdidas por fricción y locales.

Considerando una tubería horizontal uniforme en la cual se encuentra una válvula de compuerta, aplicando la ecuación de Bernoulli entre las secciones (1) y (2) de la figura 6, se tiene:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \text{pérdidas}$$

Pero $V_1 = V_2$, $z_1 = z_2$ y $H = \text{pérdidas}$, entonces

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = H$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = h_f + h_L$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = h_f + K \frac{V^2}{2g}$$

Para flujo turbulento:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

entonces,

$$H = f \left| \frac{L}{D} \right| \frac{V^2}{2g} + K \frac{V^2}{2g}$$

$$H = \left(f \frac{L}{D} + K \right) \frac{V^2}{2g}$$

Conducción por gravedad

El escurrimiento del agua por gravedad en una tubería, considerando el caso común en que la descarga es libre, se rige por la expresión:

$$H = h_v + h_f + \sum h_s \quad (6.4)$$

donde

H : carga hidráulica disponible, m

$h_v \cdot \frac{V^2}{2g}$: carga hidráulica disponible, m

h_f : pérdida de carga por fricción en la tubería, m

$\sum h_s$: suma de pérdidas locales de carga, m

En el cálculo hidráulico de una conducción, conocidas la carga disponible H y la longitud de la línea L , a partir de los trazos altimétricos y planimétricos, se determina:

- El tipo de tubería (fibrocemento, PVC, etc.);
- El diámetro comercial; y
- La clase de tubería por usar, de acuerdo con las presiones de operación.

Conducción por bombeo

Una bomba produce siempre un salto brusco en el gradiente hidráulico que corresponde a la energía H_m comunicada al agua por la bomba. H_m es siempre mayor que la carga total de elevación contra la cual trabaja la bomba para poder vencer todas las pérdidas de energía en la tubería.

La carga de presión H_m generada por la bomba es llamada generalmente carga manométrica o carga dinámica total.

$$H_m = h_f + h_s + h_i + h_a \quad (6.5)$$

Cuando la descarga es libre, habrá que aumentar a la expresión 6.4 la carga de velocidad

$$H_m = h_v + h_f + h_s + h_i + h_a \quad (6.6)$$

Donde:

H_m : carga dinámica total, m

$h_v \cdot \frac{V^2}{2g}$: carga de velocidad, m

V : velocidad media del agua, m/s

h_f : pérdidas por fricción en la tubería, m

h_s : pérdidas secundarias, m

h_i : altura de impulsión, m

h_a : altura de succión, m

3.6 Golpe de ariete

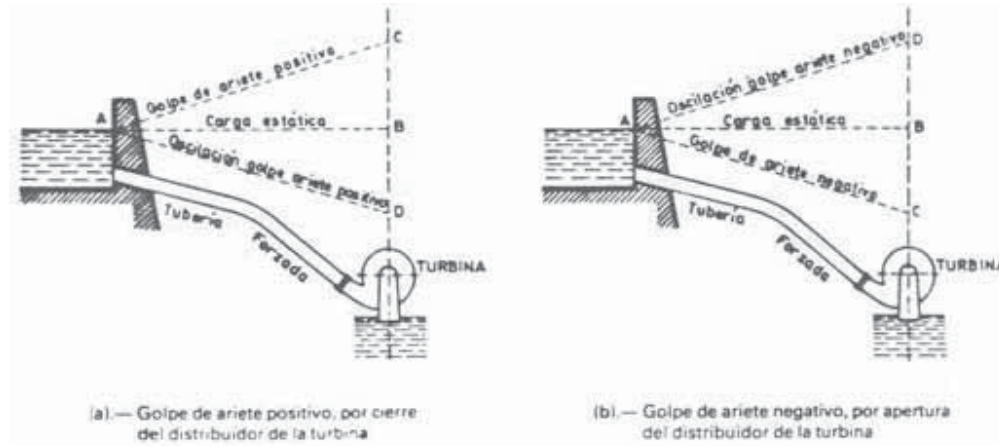
Para proteger al equipo de bombeo y a la tubería de conducción se debe considerar el efecto producido por el fenómeno denominado “golpe de ariete”. El golpe de ariete es un fenómeno transitorio hidráulico que se presenta en tuberías que conducen fluidos a presión. Consiste en variaciones oscilatorias de presión a lo largo de la tubería las cuales se inician al accionar ciertos dispositivos de control o de bombeo presentes en la instalación de tuberías tales como bombas (paro o arranque) y válvulas.

Se puede considerar al golpe de ariete como positivo cuando la primera variación de presión es mayor a la existente en la línea o negativo en caso de que la variación de presión sea menor.

El golpe de ariete positivo se presenta en una instalación, cuando al cerrar la admisión de agua al tanque mediante la válvula, se genera una variación positiva de presión. La oscilación continúa disminuyendo gradualmente hasta estabilizarse en la línea piezométrica correspondiente a la carga estática.

Para ejemplificar el golpe de ariete negativo sucede cuando al abrir la válvula se ocasiona una variación negativa de presión, representada por el cambio de la línea piezométrica. La línea piezométrica continúa oscilando disminuyendo

gradualmente su oscilación hasta establecerse en la línea piezométrica correspondiente al flujo continuo usual en la tubería.



La línea de conducción debe proyectarse para resistir en cada punto una presión interna correspondiente a la máxima que produce el golpe de ariete positivo. Además la presión negativa no debe quedar nunca por debajo, en ningún punto, de la arista superior del tubo; pues si se produjese en el punto K, que está más expuesto, un vacío parcial, habría peligro de aplastamiento si la tubería no tiene resistencia para soportar la presión exterior atmosférica.

Existen métodos analíticos y gráficos para el cálculo de la sobrepresión por golpe de ariete pero un análisis minucioso de este fenómeno, generalmente complejo y laborioso, escapa a los alcances de este manual. Las condiciones más críticas se calculan con la expresión siguiente

$$h_i = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{E_a D}{E_t e}}} \quad (6.7)$$

Donde;

- hi : sobrepresión de inercia por golpe de ariete, m
- V : velocidad del agua en la tubería, m/s
- Ea : módulo de elasticidad del agua, 20 670 kg/cm²
- D : diámetro interior de la tubería, cm
- e : espesor de la tubería, cm
- Et : módulo de elasticidad del material de la tubería, kg/cm²

Calculada para un tiempo de cierre según la siguiente ecuación

$$T = \frac{2L}{a} \quad (6.8)$$

Donde;

T: tiempo de cierre, s

L : longitud de la tubería, m

a : celeridad de la onda de presión, m/s

Módulos de elasticidad para algunos materiales.

Material	E, Kg/cm ²
Acero	2'100,000
Hierro fundido	930,000
fibracemento	328,000
PVC	28,100
Polietileno	Puede adoptarse 5,200

*El módulo de elasticidad del polietileno está relacionado con el tiempo de uso (edad).

4.- CAPITULO IV. ESTUDIO “ZONA DE RIEGO TAZUMBOS”

4.2 Localización y descripción específica del sitio de proyecto

La zona de estudio se localiza dentro de los límites del Municipio de Jilotlan De Los Dolores, Jal., en el Ejido de Los Tazumbos la cual comprende una superficie de 110-00-00 ha a beneficio de 48 productores. Este municipio se encuentra situado en el sureste del estado, sus coordenadas extremas son del 19° 10' 30" al 19° 30' 50" de latitud norte y del 102° 31' 50" al 103° 13' 30" de longitud oeste, y a una altura de 717 metros sobre el nivel del mar.

Delimitación

Limita al norte con Santa María del Oro y una parte de Michoacán, al sur y al oriente con el estado de Michoacán y al poniente con Tamazula y Tecalitlán. Su distancia a la capital del Estado es de 233 Km.

Datos Físicos

Relieve

Geología.- Los terrenos del municipio pertenecen tanto al período Terciario como al Cuaternario , y están compuestos por rocas sedimentarias, conglomerado arenisca, rocas ígneas extrusivas, riolita, basalto, andesita, toba, brecha volcánica, rocas ígneas intrusivas, granito, diorita y granodiorita.

Topografía.- La orografía presenta una mínima parte de zonas accidentadas y de zonas semiplanas. La mayoría son zonas planas de pastizales y en menor proporción tierras de labor.

Clima

El clima del municipio es semiseco con invierno y primavera secos y semicálidos sin estación invernal definida. La temperatura media anual es de 27° C., y tiene una precipitación media anual de 790 milímetros con régimen de lluvias en los meses de junio a octubre.

Los vientos dominantes son en dirección oeste. Generalmente no se presentan heladas.

Hidrografía

Sus recursos hidrológicos forman parte de las subcuencas hidrológicas río Ahuijullo y río Tepalcatepec. Sus ríos son Jilotlán o Corongoro, San Juan Itzicuario y Tepalcatepec. Existen los arroyos permanentes El Oso y San Juan; los arroyos

con caudal en época de lluvias, Itzicaro y Ánimas. También cuenta con manantiales de agua fría y termal.

Suelos

Los suelos dominantes pertenecen al tipo regosol crómico y cambisol eútrico; y como suelo asociado se encuentra el tipo luvisol crómico.

Vegetación

La flora se integra por zonas boscosas con especies de pino y encino predominantemente.

Fauna

En la fauna se encuentran especies como el conejo, ardilla, venado y una gran variedad de aves.

Recursos Naturales

La riqueza natural con que cuenta el municipio está representada por 70,000 hectáreas de bosque donde predominan especies de encino y pino, principalmente.

Sus recursos minerales son yacimientos de barita y talco.

Uso del Suelo

El uso que se le da al suelo es el agrícola, y la tenencia de la tierra en su mayoría corresponde a la propiedad ejidal.

La atención a la salud es prestada en el municipio por la Secretaría de Salud del gobierno del estado y el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

El rubro de bienestar social es atendido por el Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), a través del Comité Municipal.

Abasto

El abasto es cubierto básicamente por tiendas de abarrotes que se distribuyen en el territorio municipal.

En la cabecera municipal existe 1 rastro, lo que convierte a esta población en abastecedora de localidades más pequeñas.

Deporte

El municipio cuenta con centros deportivos que tienen en conjunto canchas de fútbol, basquetbol, voleibol, atletismo y juegos infantiles.

Respecta a cultura y recreación, cuenta con una infraestructura dotada de plaza cívica, parques, jardines, cine, centro social y cultural, biblioteca,

Vivienda

La tenencia de la vivienda es fundamentalmente privada. Cuenta en la cabecera municipal y en las demás localidades con los servicios de agua entubada y energía eléctrica y en menor proporción con drenaje. El tipo de construcción es en base a teja, lámina de cartón, lámina de asbesto o metálica en los techos, y adobe o madera en los muros.

Viviendas	Número de viviendas		Porcentaje en total de viviendas	
	1990	1995	1990	1995
Viviendas totales	1,565	2,149		
Con agua entubada	939	1,674	60.00	77.8
Con agua entubada y drenaje	384	726	24.53	33.7
Con energía eléctrica	838	1,456	53.54	67.7

De acuerdo a los resultados que presenta el II Censo de Población y Vivienda del 2005, en el municipio cuentan con un total de 2,021 viviendas de las cuales 2,005 son particulares.

Servicios Públicos

El municipio ofrece a sus habitantes los servicios de agua potable, alcantarillado, alumbrado público, mercados, rastros, cementerios, vialidad, aseo público, seguridad pública, parques, jardines y centros deportivos.

En lo que concierne a servicios básicos el 77.8% de los habitantes disponen de agua potable; en alcantarillado la cobertura es del 33.7% y en el servicio de energía eléctrica el 67.7%.

Medios de Comunicación

Cuenta con correo, telégrafo, teléfono, fax y radiotelefonía.

Vías de Comunicación

La transportación terrestre puede efectuarse a través de la carretera Jiquilpan-Manzanillo entronque camino a Jilotlán de los Dolores. Cuenta con una red de caminos revestidos, de terracería y rurales que comunican las localidades.

El municipio cuenta con una pista de aterrizaje con capacidad para recibir avionetas. La transportación foránea se lleva a cabo en autobuses de paso. La transportación interna se efectúa en vehículos de alquiler y particulares.

ACTIVIDAD ECONÓMICA

Principales Sectores, Productos y Servicios

Agricultura

De los cultivos locales destaca el maíz, sorgo y sandía.

Ganadería

Los principales recursos ganaderos se representan en ganado bovino de carne y leche, porcino, caprino, equino, colmenas y una diversidad de aves.

Industria

Fabricación de cajas y empaques de madera, fabricación de huaraches y descremadora de leche.

Explotación Forestal

Se explotan principalmente los bosques de pino, encino y aguamiel.

Turismo

Se pueden admirar edificaciones de tipo civil y religioso como la parroquia y portales, así como el templo en el Pueblo Viejo. En cuanto a sus atractivos naturales están formados por bosques naturales en la zona de Huanala de Colorados, Soyatal y el Javato.

Comercio

Predominan los giros dedicados a la venta de productos de primera necesidad y los comercios mixtos que venden artículos diversos.

Principales actividades económicas del municipio de acuerdo a la población ocupada.

Sector primario	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	(1)
Sector secundario (Industria)	Extractiva	(9)
	Manufacturera	(5)
	Construcción	(4)
	Electricidad y agua	(9)
Sector terciario (Servicio)	Comercio y comunicaciones	(3)
	Transporte y comunicaciones	(8)
	Turismo	(6)
	Administración pública	(7)
	Otros	(2)

La región no cuenta con centros de investigación agropecuaria, pero en la presidencia municipal se cuenta con un departamento encargado de prestar el servicio de extensión agropecuaria, asimismo, se cuenta con centros especializados en dar asistencia técnica a productores. En el caso de los productores de la zona de estudio no han solicitado ningún tipo de apoyo como lo es financiamiento, crédito y seguro ante las instituciones correspondientes.

Infraestructura y equipo

Actualmente el riego Agrícola se realiza mediante la extracción de agua del subsuelo de ocho pozos profundos, los cuales descargan a regaderas de tierra que conducen el agua hasta las parcelas. Además de los pozos existe un canal de riego a base de tierra el cual conduce las aguas broncas de una barranca proveniente de las partes altas de la sierra del municipio vecino de Tancitaro la cual tiene flujo sobre todo en la época de lluvias y que sirve de auxilio para poder regar cuando las lluvias son escasas, cabe mencionar que actualmente este canal fue encausado hacia el vaso de la presa TAZUMBOS cuya zona de riego es el objeto de este proyecto.

La presa TAZUMBOS es alimentada por la corriente del arroyo de la Cerca China, dicha presa está construida a base de materiales graduados, con una longitud de cortina de 230 metros y una altura de 18 metros, cuenta con un vertedor lateral de 20 metros de largo para el desfogue de la excedencias en tiempo de lluvias. La presa tiene una capacidad útil de 504, 165 m³ con lo cual se beneficiaran 110 hectáreas que serán regadas a partir de una obra de toma la cual tiene una salida de 12" que serán conducidas hasta la zona de parcelas.

4.2 Estudio topográfico.

El trabajo topográfico fue muy importante para la elaboración de este proyecto, tanto en la zona de conducción de la obra de toma a la zona de riego, así como en el área a regar de los terrenos de cultivo beneficiados; dichos trabajos consistieron en lo siguiente:

4.2.1.- Trazo, localización y nivelación de la línea de conducción y la línea de distribución de riego

Mediante el apoyo de la brigada de topografía y partiendo del nivel de salida de la obra de toma de la presa denominada Los Tazumbos, se fue localizando el trazo preliminar de la línea de conducción; debido a que los primeros 800 metros de dicha línea se encontraban en una zona de lomeríos y barrancas se fue trazando cuidadosamente nuestra línea preliminar de conducción, calculado en campo la pendiente mínima para poder llevar nuestro trazo sobre terreno donde se conservara el desnivel necesario para que el sentido del flujo del agua pudiese circular con seguridad, sin correr el riesgo de que nuestra línea piezométrica se pueda enterrar en nuestro terreno natural debido a la poca carga disponible a la salida de la obra de toma, lo que nos ocasionaría efectuar más excavación para poder bajar la rasante hidráulica de nuestra tubería y la vez ocasionar que la obra se encarezca más.

Se trazo la línea de conducción con estaciones a cada 20 metros y en algunos casos a menor distancia en donde se localizaban partes altas (crestas) o partes muy bajas (columpios), para poder tomar en cuenta las elevaciones de esos puntos al momento de realizar la nivelación. Una vez que el trazo llegó a la zona de parcelas se procedió a la nivelación y seccionamiento de la línea de conducción para poder determinar el perfil del terreno natural y las curvas de nivel del terreno por donde se trazo la línea de conducción.

Una vez concluidos los trabajos anteriores se procedió a realizar el levantamiento del área total de la zona de riego a beneficiar con la ayuda de la estación total se determinaron los linderos de la zona de riego en cuestión así como los límites entre parcela y parcela, a la vez se realizó el seccionamiento de la totalidad de los terrenos en cuestión con el apoyo de líneas auxiliares trazadas estratégicamente, para poder cubrir la totalidad del terreno y así poder realizar el seccionamiento con el apoyo de la estación total y el nivel montado, se realizaron nivelaciones de cada uno de los ejes y se tomaron elevaciones a la derecha y a la izquierda de los ejes esto con la finalidad de determinar en gabinete las curvas de nivel del total del terreno donde se proyectara nuestra zona de riego.

4.2.2. Planeación general de la zona de riego Los Tazumbos

La información obtenida en campo sirvió para elaborar un plano general con curvas de nivel de la zona de riego a beneficiar con el proyecto, en donde se plasmó el área total de la zona de riego y cada una de las parcelas además de la altimetría en donde gracias a las curvas de nivel determinaremos una mejor planeación de nuestro proyecto.

Ya con el plano general completo y con el apoyo del trazo y nivelación preliminar realizado en campo, estamos en condiciones de saber a partir de que parcela podrá empezar a regar nuestra línea de conducción, a lo que a partir de ahí definiríamos como zona de riego.

Tomando en cuenta las condiciones topográficas de la zona de riego, se comienza con la proyección de las posibles líneas de tubería que tendrían que construirse para poder suministrar el agua a la zona de riego, estas líneas se trazan en el plano teniendo especial cuidado que la tubería vaya por el parteaguas de los terrenos ya que como el riego va a realizarse mediante el apoyo de hidrantes, las descargas de estos tiene que localizarse en las partes altas y libres de depresiones ya que a partir de ahí el agua será conducida por regaderas a cielo abierto.

Una vez que se realizaron todos los trazos de la línea principal, de los laterales y de los ramales que abastecerán de agua a la zona de riego, se procede a la ubicación topográfica de los hidrantes teniendo especial cuidado en determinar cuál será el área que se podrá regar con cada uno de los hidrantes y la ubicación estratégica de cada uno de ellos. Ya que se realizaron todos estos trabajos en gabinete el plano producto de los mismos será nuestra planeación general, con la tendremos una perspectiva de cómo operara nuestra zona de riego.

Con la información obtenida en gabinete se regresa al campo a plasmar físicamente cada una de las líneas que fueron proyectadas en la planeación; para lo cual se procede de la siguiente manera:

a.- Se traza y se nivela nuevamente la línea de conducción para obtener el perfil del terreno y los cambios de dirección verticales y horizontales de la tubería, Colocando trompos y estacas testigo a cada 20 metros indicando su kilometraje en cada una de ellas, bancos de nivel a cada 200 metros y referencias horizontales en los cambios de dirección de la línea.

b.- Se traza la línea principal en la zona de riego de acuerdo a como fue proyectada en la planeación, posteriormente cada uno de los laterales y ramales que fue necesario proyectar y finalmente se ubican de manera exacta las tomas de agua de donde se regaran cada una de las parcelas en estos casos al igual que en el trazo de la línea de conducción se colocaran trompos y estacas testigo a cada 20 metros indicando su kilometraje en cada una de ellas, bancos de nivel a

cada 200 metros y referencias horizontales en los cambios de dirección de la línea.

Con la información obtenida en campo se regresara a gabinete y se dibujaran los perfiles de terreno de las líneas de conducción, línea principal, laterales y ramales, los cuales serán necesarios para poder realizar el cálculo hidráulico de las tuberías.

Trabajos Topográficos (nivelación y secciones)



4.3 Estudio Agrológico y agronómico

A continuación se mencionan los datos técnicos de la presa TAZUMBOS por la dependencia a cargo del proyecto:

RESUMEN DE ESTUDIO HIDROLOGICO DE PRESA TAZUMBOS

Corriente por aprovechar	Arroyo "Cerca china"
	11.32
Area de la cuenca	km ²
Región hidrológica	No. 18-Balsas
Precipitación media anual en la cuenca	818.2 mm.
Precipitación media anual en la estación base	1022.8 mm.
Periodo de estudio	1958-1984
Escurrecimiento medio anual	959,742.0 m ³
Capacidad de conservación	575,640.0 m ³
Capacidad útil	504,165.0 m ³
Capacidad de azolves	71,475.0 m ³
Demanda anual	550,000.0 m ³
Superficie bruta de riego	110.0 has
Tipo de cortina	Graduados
Elevación de la corona	618.91 m.s.n.m
Elevación del N.A.M.E.	617.71 m.s.n.m.
Elevación del N.A.N.	617.06 m.s.n.m.
Elevación de la obra de toma	609.00 m.s.n.m.
Elevación de azolves (50 años)	608.41 m.s.n.m.
Altura máxima de la cortina desde el cauce	17.91 m
Ancho de la corona	6.00 m
Altura del bordo libre	1.20 m
Superficie correspondiente al N.A.M.E	13.11 has
Tipo de vertedor	Cimacio
Avenida máxima probable (Tr 10,000 años)	47.76 m ³ /s
Gasto regularizado (Tr 10,000 años)	20.94 m ³ /s
Carga sobre el vertedor (Tr 10,000 años)	0.65 m
Longitud sobre la cresta vertedora	20.00 m
Longitud de la cortina	230.00 m

a. Descripción técnica del proyecto

I. Componentes del proyecto (infraestructura, equipos y otros)

En la formulación del presente proyecto de riego, se tomó principalmente en cuenta, además de las características del entorno físico, la decisión de los productores en el sentido de implementar la instalación de un sistema de riego que eficiente el agua disponible, se adapte a las condiciones de topografía, sea capaz de aportar con suficiencia las demandas hídricas del cultivo y que permita el uso de tecnologías avanzadas de producción. Tomando en cuenta lo anterior, así como los tipos de cultivo, se optó por un Sistema de riego por hidrantes para regar las 110 has de cultivos tales como el limón, el maíz, el sorgo, etc., quedando en la mayoría de las tomas la carga disponible para que se puedan implementar sistemas presurizados tales como aspersión, micro aspersión o goteo.

Las partes principales que integran el sistema de riego son:

- Tubería principal de conducción: Esta tubería conduce el gasto total que habrá de extraerse de la fuente de alimentación al área de parcelas, la tubería que se utilizara será de PVC.
- Ramales de distribución: Los ramales de distribución reciben el agua de la tubería principal y la entregan dentro de las parcelas beneficiadas. Esta tubería delimita el tamaño de sección y solo existe una por cada parcela de riego, el material de la tubería que se utilizara será de PVC.
- Unidades de riego parcelario: las unidades de riego parcelario son aquellas con las que se riega o se cierra el abastecimiento para cada parcela beneficiada, están integradas básicamente por una válvula hidrante y accesorios de control, protección y conexiones. Se localizan al término del ramal de distribución.

II. Procesos y tecnologías a emplear

- Construcción del sistema de riego. Para la realización de esta etapa de la obra primeramente se procederá a ubicar el trazo de las líneas de tubería para la conducción y distribución del agua para riego, posteriormente una vez que se tengan los materiales tales como tubería de pvc, piezas especiales y válvulas, se iniciara con la excavación de las zanjas a cielo abierto las cuales se tendrá que tener especial cuidado ya que el estrato cultivable o arcilloso varía entre los 30 y 90 cms por lo que posterior a estas profundidades se encontraran tobas volcánicas formadas por areniscas bien cementadas cuya dureza es similar a una roca sana. Una vez realizadas las excavaciones se procederá a la instalación de las tuberías ,

piezas especiales y válvulas, colocando atraques en los cambios de dirección que así lo requieran

- Producción en tiempo y forma. Esta etapa dependerá exclusivamente de los productores beneficiados, con las recomendaciones y adiestramiento que la empresa haya impartido para el adecuado uso, manejo y mantenimiento del sistema de riego.
- Cosecha y post-cosecha. El proceso de cosecha, embalaje, y transporte del producto se llevarán a cabo de acuerdo a las normas fitosanitarias vigentes para los cultivos de acuerdo al mercado al que vaya dirigido (local, nacional o internacional).

lii. Capacidad de procesos y programas de producción

La capacidad básica para desarrollar el proceso de producción del cultivo consiste en las aplicaciones teóricas y técnicas que se han adquirido durante el tiempo en que se ha experimentado con este cultivo; tal capacidad puede verse incrementada con la implementación de un programa de fertirrigación que redunde en mejoras fisiológicas del cultivo, de manera que puedan obtenerse mejoras en cantidad y calidad.

b. Cumplimiento de Normas Sanitarias, Ambientales y otras

Según consta en el resumen del estudio Hidrológico de la Presa TAZUMBOS, se dispone de un volumen de 504,165.00 m³ anuales y, de acuerdo con los cálculos realizados, para el presente proyecto se requiere el uso de 663, 375.53 m³ anuales; pero cabe hacer la aclaración de que el vaso de la presa tiene una aportación adicional a su cuenca mediante la alimentación con un canal el cual aporta un gasto similar al que tenemos como disponible.

MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO AGRONÓMICO

A) Fisiografía

La actividad volcánica ha dado lugar a un gran número de cuencas endorreicas con el consecuente desarrollo de lagos, los que da al paisaje geomorfológico una apariencia muy característica. Geológicamente la zona está constituida por derrames lávicos y materiales piro clásticos de composición basáltica y andesítica de manera predominante, la región se caracteriza por tener un orientación aproximada de NE-SW y se caracteriza por tener diferencias de relieve de escasos metros, variando de plano a ondulado.

La composición geológica de la región es compleja, existen rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, en ese orden de importancia. Dentro de las ígneas extrusivas resaltan las andesitas, tobas y brechas volcánicas ácidas e intermedias. La asociación de granitos y granodioritas como rocas ígneas intrusivas se encuentran en pequeñas áreas y además dispersas. De las sedimentarias, la asociación de areniscas y conglomerados tienen mayor importancia, seguidas de las lutitas y las calizas. De las metamórficas se encuentran las rocas meta sedimentarias y las meta volcánicas intermedias

B) Clima

Su clima es tropical con lluvias en verano y en algunas partes seco estepario. Tiene una precipitación pluvial anual de 818.2 milímetros y temperaturas que oscilan de 10.0 a 54° centígrados.

Para la realización de este proyecto se tomaron datos de la estación de la Región No 18. Balsas se

i. Precipitación.

Tiene una precipitación pluvial anual en la cuenca de 818.2.0 milímetros y 1022.8 mm en la estación base.

Aparentemente la precipitación total anual parecería ser suficiente para el requerimiento de algunos cultivos en ese ciclo, sin embargo la influencia de otros factores, como son la errática distribución y las altas temperaturas que provocan excesiva evaporación, disminuyen la humedad disponible limitando el buen desarrollo de los cultivos, por esta razón es importante contar con fuentes de abastecimiento de agua que permitan cubrir los requerimientos de los mismos.

ii. Temperatura.

Las temperaturas oscilan de 22.9 a 36.1 grados centígrados. La temperatura media anual alcanza un valor promedio de 27.6°C, y los meses de Abril (29.4°C) y Junio (30.1°C) son los que reportan mayor temperatura, siendo junio el mes más calurosos donde se han presentado temperaturas máximas extremas hasta de 44°C siendo esta una de las más altas que se han reportado en la República Mexicana para este mes.

El mes de enero es el que reporta menor temperatura media con 24.9°C y es donde se presenta la temperatura mínima extrema de 10.0°C, existiendo una oscilación de 5.2°C entre el mes de mayor temperatura y el mes de menor temperatura media mensual. Es importante hacer notar la influencia que tienen las altas temperaturas sobre la excesiva evaporación que se presenta.

iii. Meteoros.

Las heladas no se presentan en la zona, ya que la temperatura mínima extrema es de 11.6°C para el mes de enero y no favorece la presencia de este fenómeno. Las granizadas se presentan muy ocasionalmente en el área de estudio, con una frecuencia de 0.14 días por año, durante los meses de julio, agosto y septiembre principalmente. Las descargas eléctricas ocurren en los meses de junio, julio y agosto con una frecuencia de 11.05 días anuales.

C) Suelo

I. Clasificación del suelo de acuerdo a sus características físicas y químicas.

De acuerdo con los análisis del suelo se puede hacer la siguiente interpretación del suelo: Es un suelo de textura arcillosa, con una conductividad eléctrica de 0.5 ds/m lo que nos indica que no presenta problemas de salinidad. Una capacidad de intercambio catiónico de 58 meq/100g la cual es muy alta, por lo que el suelo tiene capacidad de retención de nutrientes.

El ph es alcalino de 7.8 el contenido de Nitrógeno es de 21.6 mg/Kg, de Fósforo es de 3.99 mg/Kg y Potasio de 600.6 mg/Kg, que es muy alto, El porcentaje de materia orgánica es bajo con 1.34 %. Las características físico-químicas del suelo lo clasifican como de primera calidad con respecto a la salinidad, es decir, el suelo no tiene problemas de sales y no existe la posibilidad de que se salinice manteniendo prácticas agrícolas adecuadas.

De acuerdo al análisis físico químico las características del suelo son las siguientes:

CARACTERISTICAS	
Textura	ARCILLA
Espesor del suelo	60 cm
Densidad aparente	1.18 kg/cm ³
Porcentaje de humedad a Capacidad de campo	60.86 %
Porcentaje de humedad a PMP	32.88 %
Humedad aprovechable	27.98 %

ii. Clasificación del suelo de acuerdo a su capacidad de uso.

El suelo del presente proyecto se clasifica como clase 1 con fines de riego, es decir, con ninguna limitante para la irrigación, son productivos y con un mínimo

manejo, se pueden obtener cosechas de altos rendimientos en los cultivos adaptados climáticamente.

iii. Clasificación del suelo de acuerdo a su uso actual.

El uso del suelo guarda relación con el relieve. En las llanuras, valles mesetas y lomeríos, se practican las siembras de maíz, sorgo y poco ajonjolí de temporal con tracción mixta o animal, y el pastoreo de bovino ligado a la utilización de esquilmos.

Las sierras, siendo la condición ambiental más restrictiva, basan su uso en el pastoreo extensivo de ganado bovino y caprino, y en el cultivo del maíz bajo el sistema de "roza" o de "espeque" (roza-tumba-quema). Como una forma de obtener grano para el autoconsumo y de inducir pastos para la ganadería.

D) Agua

i. Fuentes y Localización.

Su hidrografía la conforman el río Tepalcatepec, arroyos y manantiales.

Para el proyecto se cuenta con un volumen de agua que abastece las necesidades del mismo el cual se presenta en el cuadro siguiente :

Disponibilidad de abastecimiento:

FUENTE DE ABASTECIMIENTO	PRESA
Volumen disponible	504, 165.00 m ³
Disponibilidad	24 hr/día en los periodos de Noviembre a Mayo

ii. Calidad.

La clasificación del agua se realizó en base a los siguientes factores principales:

- *Conductividad eléctrica:* 0.68 ds/m. Por lo que no tiene problemas de salinidad, el agua es C2
- *Relación de adsorción de sodio:* 1.35 con riesgo de sodificación, clasificada como S1.
- *Carbonatos:* 0 me/L, se considera que el agua es buena para riego.
- *Sodio:* 1.89 me/L, lo que indica que el agua es buena para riego.
- *Contenido de cloruros:* 0.65 me/L, el agua es buena para riego

Se anexa el reporte de laboratorio de un análisis de agua realizados para indicar los grados de limitación del uso de este recurso de acuerdo a los diferentes elementos enlistados anteriormente.

iii. Limitantes para el uso del agua.

En general, se considera agua de buena calidad, no salina recomendable para riego.

E) Datos del cultivo.

- Cultivo Limon
- Ciclo vegetativo Todo el año
- Separación entre hileras 8 m
- Separación entre árboles 8 m
- Profundidad de raíz 1.5 m
- Estado de la huerta Nueva
- Número total de árboles 17,187

F) Datos meteorológicos.

Para la realización de este proyecto se tomaron datos de la estación de la Región No 18. Balsas

MES	TEMPERATURA (°c)	PRECIPITACION (mm).
Enero	24.04	27.83
Febrero	25.31	1.94
Marzo	27.23	1.27
Abril	29.09	0.73
Mayo	29.85	14.28
Junio	29.42	112.49
Julio	27.49	166.16
Agosto	27.15	179.23
Septiembre	26.89	166.52
Octubre	27.02	67.18
Noviembre	25.72	13.29
Diciembre	24.84	6.50

G) Superficie del terreno a regar.

Superficie del terreno 110-00-00 ha.

H) Uso consuntivo.

LOS COEFICIENTES QUE SE ESTAN UTILIZANDO SON DE UN CULTIVO DE COBERTURA TOTAL DE ALTA DEMANDA HIDRICA Y DE UNA PROFUNDIDAD RADICULAR DE 90 CM

Para el cálculo del uso consuntivo se utilizará el método de Blaney y Criddle, modificado por el U.S.D.A. este método utiliza la precipitación y temperatura media para cada mes y el porcentaje promedio de horas luz del día para cada mes del hemisferio norte, para la latitud norte del lugar de estudio. Para el proyecto se utilizan los datos de 19° latitud norte. Para el cálculo de la precipitación efectiva se utilizará el Método de Ogrosky y Mockus.

Cultivo: Limon

Ciclo vegetativo: Todo el año.

En el cuadro donde se calcula el requerimiento de riego se utiliza la siguiente nomenclatura:

T = temperatura, °c.

P = porcentaje de horas luz en el día, para la latitud de 19°06' norte, para cada mes, %.

$F = (T+17.8/21.8) \times P$, cm.

Kt = coeficiente de corrección por temperatura = $0.031114 \times T + 0.2396$.

Kc = coeficiente de desarrollo del cultivo.

Et = evapotranspiración real total, cm.

Et' = evapotranspiración corregida, cm.

P.O. = precipitación observada, cm.

P.E. = precipitación efectiva, cm.

R.R. = requerimiento de riego mensual, mm.

R.R.D. = requerimiento de riego diario, mm.

KG = coeficiente de desarrollo global del cultivo = 0.50

K' = coeficiente de ajuste del KG, $K' = \text{suma ET} / \text{suma f} = 154.80 / 205.98 = 0.751$

J = coeficiente de ajuste de KG, $J = KG / K' = 0.50 / 0.751 = 0.665$

Et' = J x Et.

El uso consuntivo resulto ser máximo para el mes de Abril con un valor de 3.22 mm/día

MES	PO (mm)	PO (cm)	Et (cm)	Et/PO (adim)	$1.53+(0.8*(Et/PO))$	CP	PE (cm)
ENE	27.83	2.78	9.60	3.45	4.29	0.80	2.24
FEB	1.94	0.19	9.91	51.07	42.38	1.20	0.23
MAR	1.27	0.13	13.03	102.58	83.59	1.23	0.16
ABR	0.73	0.07	14.67	200.92	162.27	1.24	0.09
MAY	14.28	1.43	16.52	11.57	10.78	1.07	1.53
JUN	112.49	11.25	16.16	1.44	2.68	0.54	6.03
JUL	166.16	16.62	15.07	0.91	2.26	0.40	6.68
AGO	179.23	17.92	14.16	0.79	2.16	0.37	6.55
SEP	166.52	16.65	12.79	0.77	2.14	0.36	5.96
OCT	67.18	6.72	12.37	1.84	3.00	0.61	4.12
NOV	13.29	1.33	10.61	7.99	7.92	1.01	1.34
DIC	6.50	0.65	9.92	15.27	13.74	1.11	0.72
TOTAL	757.42	75.74	154.80				35.66

MES	TEMP (°C)	T + 17,8/21,8	P (%)	F (cm)	Kt	F x Kt (cm)	Kc	Et (cm)	Et' (cm)	PE (cm)	Rrm (mm)	Rrd (mm)
ENE	24.04	1.92	7.79	14.95	0.988	14.765	0.65	9.60	6.39	2.24	41.48	1.34
FEB	25.31	1.98	7.28	14.40	1.027	14.786	0.67	9.91	6.59	0.23	63.58	2.27
MAR	27.23	2.07	8.41	17.37	1.087	18.880	0.69	13.03	8.67	0.16	85.12	2.75
ABR	29.09	2.15	8.51	18.30	1.145	20.953	0.70	14.67	9.76	0.09	96.69	3.22
MAY	29.85	2.19	9.11	19.91	1.168	23.265	0.71	16.52	10.99	1.53	94.59	3.05
JUN	29.42	2.17	8.97	19.43	1.155	22.441	0.72	16.16	10.75	6.03	47.20	1.57
JUL	27.49	2.08	9.2	19.11	1.095	20.928	0.72	15.07	10.03	6.68	33.45	1.08
AGO	27.15	2.06	8.92	18.39	1.084	19.944	0.71	14.16	9.42	6.55	28.72	0.93
SEP	26.89	2.05	8.28	16.97	1.076	18.268	0.70	12.79	8.51	5.96	25.45	0.85
OCT	27.02	2.06	8.19	16.84	1.080	18.190	0.68	12.37	8.23	4.12	41.11	1.33
NOV	25.72	2.00	7.63	15.23	1.040	15.839	0.67	10.61	7.06	1.34	57.21	1.91
DIC	24.84	1.96	7.71	15.08	1.012	15.269	0.65	9.92	6.60	0.72	58.82	1.90
TOTAL				206.00				154.80	103.00	35.66	673.43	

i) **Parámetros de diseño**

Lámina de riego

Se cree que las plantas crecen más rápidamente para un contenido de humedad intermedio de la humedad aprovechable, la cual se puede definir como la diferencia entre el porcentaje de marchitez permanente y la capacidad de campo, por lo que se debe buscar una lámina de riego de reposición para cuando se haya consumido un 50% de la humedad aprovechable.

La lámina de riego se calculará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Lr = Ha \times Da \times Pr$$

Donde:

Lr = Lámina de riego para un espesor de suelo o para una profundidad de raíz, cm.

H.a = humedad aprovechable, %

Da = densidad aparente, gr/cm³

Pr = profundidad de raíz o espesor de suelo, m

De acuerdo a los datos de laboratorio obtenidos el resultado es:

H.A. (%)	Da (gr/cm ²)	Pr (m)	Lr (cm)
27.98	1.18	0.60	19.81

- La lámina de reposición se determinará de acuerdo a la siguiente expresión (al consumirse el 50% de la humedad aprovechable):

$$Lrr = f \times Lr$$

F (decimal)	Lrr (cm)
0.5	9.90

- La lámina de riego neta, es la sumatoria de las láminas de riego de cada estrato de suelo analizado en laboratorio, en este caso, se analizaron 3 muestras de equitativa profundidad (0-30 cm, 30-60 cm)

$$L.R.N. = \sum Lrr$$

Por lo tanto, LRN = 29.71 cm

Intervalo de riego en la época de máxima demanda (I.R.M)

El intervalo de riego en la época de máxima demanda se determina con la siguiente expresión:

$$I.R.M. = L.R.N./rrd$$

L.R.N. (mm)	Rrd (mm/día)	I.R.M. (días)
19.81	3.22	6.15⇒7

Lámina de riego de reposición neta real (L.R.N.R.) y lámina de riego de reposición bruta (L.R.B.)

$$L.R.N.R. = rrd \times I.R.M.$$

Donde:

LRNR = Lámina de riego de reposición neta real, mm

Rrd = Requerimiento de riego diario, mm.

I R M = Intervalo de riego en la época de máxima demanda, días

$$L.R.B. = L.R.N.R / Ef.$$

Donde:

LRB = Lámina de riego bruta, cm

LRNR = Lámina de riego de reposición neta real, cm

Rrd = Requerimiento de riego diario, mm.

I R M = Intervalo de riego en la época de máxima demanda, días

Ef = Eficiencia de aplicación, %.

- La eficiencia de aplicación se calcula como sigue

$$Ef = Ec \times Ea$$

Donde:

Ef = eficiencia de riego, decimal

Ec = eficiencia de conducción, 99%

Ea = eficiencia de aplicación, 68%

$$Ef = 0.99 \times 0.68 = 0.67$$

I.R.M. (días)	Rrd (mm/día)	L.R.N.R. (mm)	Ef (decimal)	L.R.B. (mm)
7	3.22	22.54	0.67	33.64

Gasto máximo no erosivo (G_u)

De acuerdo a la fórmula teórica dada por el departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América, se tiene:

$$G_u = \frac{0.6309}{S}$$

Donde:

G_u = gasto no erosivo por surco por metro de ancho, lps.

S = pendiente del terreno predominante, %

La pendiente del terreno es de 1.9 %, por lo que el gasto no erosivo es de:

$$G_u = \frac{0.6309}{0.19} = 3.32 \text{ lps/metro de ancho}$$

Tiempo de riego por tendido de riego (T.R.)

$$T.R. = \frac{L.R.B. \times L \times Ss}{3600 \times Gu}$$

Donde:

T.R.= tiempo de riego por tendido de riego, horas.

L.R.B. = lámina de riego de reposición bruta, mm

Gu = gasto por surco, lps

L = longitud del surco, m

Ss = espaciamiento entre surcos, m

Cultivo	L.R.B. (mm)	Separación entre surcos (m)	Long. Surco (m)	Gu (lps)	T.R. redondeado
Limón	33.64	8	400	3.32	9⇒9

Gasto del sistema de riego requerido (Q)

Para calcular el gasto del sistema requerido, para satisfacer las condiciones de máxima demanda, se tomara en tiempo de riego de 10 horas.

$$Q = \frac{27.778 \times A \times LRB}{I.R.M. \times T.R.D}$$

Donde:

Q = gasto de sistema de riego, lps

A = área de riego, ha

I.R.M. = Intervalo de riego en la época de máxima demanda, días

L.R.B. = lámina de riego de reposición bruta, cm

T.R.D. = tiempo de riego por día, horas.

Cultivo	Area (ha)	L.R.B. (cm)	T.R.D. (hr)	I.R.M.	Q (lps)
Limón	110	3.36	10	10	102.66

Número de surcos regándose simultáneamente (Ns)

$$Ns = \frac{\text{gasto total}}{\text{gasto por surco}} = 102.66/3.32 = 30.92 \Rightarrow 31$$

Área regada simultáneamente (Ar)

$$Ar = \frac{Ns \times Ss \times L}{10,000}$$

Donde:

Ar = área regada simultáneamente, ha

Ns = número de surcos, Ns

Ss = separación entre surcos, Ss

L = longitud de surcos, m

Ns	Ss (m)	L (m)	Ar (ha)
31	8	400	9.92

Número de tendidos regadas por día (Nprd)

$$Nprd = \frac{TRdía}{T.R.tendido}$$

Trdía	Trtendido	Nprd
10	9	1.11

Área regada por día (Ad)

$$Ad = Ar \times Nprd$$

Ar	Nprd	Ad
9.92	1.11	11.01

Área regada total (At)

$$At = Ad \times I.R.M.$$

Ad	I.R.M.	At
11.01	10	110.112

La superficie es de 110-11-20 ha, mayor a 110-00-00 ha, por lo que sí es posible regar la superficie total con el gasto disponible.

Volumen total utilizado para riego por año.

Por área.

$$Vol = \frac{10 \times A \times RRa}{Ef} \text{ k}$$

Donde:

Vol = volumen de agua utilizada para riego, m³

A = Superficie del terreno laborable, ha

Rra = lámina de riego anual, mm

Ef = eficiencia de riego, decimal

SUPERFICIE (ha)	K (COBERTURA) (decimal)	EFICIENCIA (decimal)	Rranual (mm)	VTA (m ³)
110	0.6	0.67	673.43	663,375.53

El volumen disponible de la presa es de 504,165 m³ menor que el volumen necesario en el año, pero hay que tomar en cuenta que la presa tiene otro afluente adicional para el que fue diseñado, que aporta otro tanto del volumen disponible, porque será necesario el poder considerar ese gasto para que se puedan cubrir las 110 has.

El presente proyecto, en la parte agronómica, se desarrolló en base a los promedios de datos meteorológicos, considerando una distribución normal de los fenómenos naturales, sin embargo, no siempre los elementos del clima se comportan de la misma manera, por lo que, los intervalos entre riegos se deberán ajustar a las condiciones imperantes en el momento.

Resumen de operación del sistema de riego

Cultivo.....	Limon
Area irrigada (ha).....	110 ha.
Mes de máxima demanda.....	Abril
Uso consuntivo (mm/día).....	3.22
Volumen requerido por árbol por día (lps).....	254.65
Eficiencia de riego (%).	0.67
Intervalo entre riego (días).....	10 días
Tiempo de riego por sección (horas).....	9
Tiempo de riego por día (horas).....	10
Numero de secciones operando simultáneamente.	1
Numero de secciones regadas por día.	2
Gasto del sistema de riego (lps.).....	110
Separación entre arboles (m).....	8 m
Separación entre hileras de arboles (m).	8m
Número total de arboles.....	17,187

Las condiciones descritas en el cuadro anterior, corresponden a las condiciones críticas del cultivo, es decir, cuando la planta requiere la mayor cantidad de agua (etapa de máximo consumo en su ciclo vegetativo), la temperatura es la más elevada y la precipitación pluvial es escasa. Sin embargo, no en todo el ciclo vegetativo se comportan las plantas en situación crítica; al iniciar la floración, las plantas requieren de menor cantidad de agua, que cuando están en el llenado de fruto o cuando están en plena maduración. Lo anterior se refleja en el cálculo del requerimiento de riego, donde se ve claramente que por mes existen diferentes necesidades de riego.

Extracción de muestras para análisis de suelos



4.4 Calculo hidráulico.

Para poder determinar las dimensiones, diámetros y calidades de las tuberías primeramente se procedió de la siguiente manera:

4.4.1 Calculo de los gastos en las tuberías

Con la ayuda de la planeación general de la zona de riego Los Tazumbos en donde nos indica las líneas de conducción, línea principal, línea lateral y ramales, cada una de estas tendrá en sus trayectos válvulas hidrantes los cuales serán las tomas que regaran un área estratégica a continuación en las siguientes tablas se muestra como se calculan los gastos requeridos en cada uno de las líneas de tubería:

Calculo de los gastos en el lateral 3+623.357

NUMERO DE HIDRANTE	KM	SUPERFICIE		TUBERIA		DIAMETRO
		NETA	ACUMULADA	GASTO LTS/S REQUERIDO		
1	0+588.762	6.9	46	42.918		HIDRANTE DE 6"
2	0+628.762	4.6	39.1	36.4803		HIDRANTE DE 6"
3	0+889.229	6.9	34.5	32.1885		HIDRANTE DE 6"
4	0+894.689	4.6	27.6	25.7508		HIDRANTE DE 6"
5	RAMAL 1+352.26	9.2	23	21.459		HIDRANTE DE 6"
6	1+353.77	4.6	13.8	12.8754		HIDRANTE DE 6"
7	1+932.259	4.6	9.2	8.5836		HIDRANTE DE 6"
8	1+940.00	4.6	4.6	4.2918		HIDRANTE DE 6"
a	b	c	d	e	f	g

Tabla 4.1

De acuerdo con los datos técnicos de la presa se indica que la capacidad de almacenamiento solo alcanza para regar un área bruta de 110 hectáreas, por lo que debido a la existencia de 48 beneficiarios de la obra, cada uno tendrá derecho al riego de 2.30 hectáreas, por ejemplo en la tabla 4.1 en el hidrante número ocho ubicado en el km. 1+940 la superficie neta es de 4.6 hectáreas lo que indica que este hidrante regara dos parcelas.

El cálculo de los gastos en las tuberías se realiza desde el último ramal hasta el inicio de la línea principal de riego; es decir desde el último hidrante hasta el primero. En el caso de la tabla 4.1 que corresponde al lateral 3+623.357 se van acumulando las áreas a regar entre una toma y otra hasta llegar a un acumulado

total en el inicio de dicha línea lateral, está a su vez se acumulara a la línea principal en su totalidad en el punto donde entronca junto las tomas y otros laterales que se vallan acumulando en el trayecto de la línea principal.

Una vez que se tienen las áreas acumuladas en cada uno de los tramos, se multiplican por el gasto requerido por hectárea determinado por medio del uso consuntivo en el cálculo agronómico, para así obtener los gastos en cada uno de los tramos y las demandas re agua requeridas en cada uno de los puntos donde se ubica una toma o hidrante.

Por cuestiones de operatividad y de los requerimientos de agua de los terrenos, además de la idea de uniformizar nuestras descargas y evitar largas conducciones en las regaderas a cielo abierto, al proponer diámetros de hidrantes mayores, las tomas de agua estarán hechas solo con hidrantes de 6".

Finalmente los valores que se plasman en las tablas de gastos se describen de la siguiente manera:

Columna a.- Corresponde al número de hidrantes o tomas en dicha línea en particular.

Columna b.- Indica el kilometraje a partir del inicio del trazo en donde se ubican las tomas o hidrantes.

Columna c.- Indica el área neta que regara cada una de las tomas en un kilometraje en particular.

Columna d.- Es el área neta acumulada entre toma y toma partiendo desde el ultimo hidrante hasta el primero.

Columna e.- Es el gasto en litros por segundo que resulta de multiplicar el área acumulada por el gasto requerido por hectárea determinado mediante el calculo agronómico.

Es decir:

Gasto requerido acumulado= Área acumulada x gasto requerido por hectárea

Donde:

El gasto requerido por hectárea = (gasto del sistema requerido) / (área total)

O sea 102.66 lps / 110 ha = 0.993 lps

Calculo de los gastos en el lateral 1+635.724

NUMERO DE HIDRANTE	KM	SUPERFICIE		TUBERIA	DIAMETRO
		NETA	ACUMULADA	GASTO LTS/S	
				REQUERIDO	
1	0+324.276	6.9	23	21.459	HIDRANTE DE 6"
2	0+368.039	4.6	16.1	15.0213	HIDRANTE DE 6"
3	0+944.276	4.6	11.5	10.7295	HIDRANTE DE 6"
4	1+590.266	6.9	6.9	6.4377	HIDRANTE DE 6"

Calculo de los gastos en el Línea principal

NUMERO DE HIDRANTE	KM	SUPERFICIE		TUBERIA	DIAMETRO
		NETA	ACUMULADA	GASTO LTS/S	
				REQUERIDO	
1	1+400	4.6	110.4	103.0032	HIDRANTE DE 6"
2	1+400	6.9	105.8	98.7114	HIDRANTE DE 6"
	LATERAL 1+635.724	23	98.9	92.2737	HIDRANTE DE 6"
3	2+108.532	4.6	75.9	70.8147	HIDRANTE DE 6"
4	2+922.060	4.6	71.3	66.5229	HIDRANTE DE 6"
	LATERAL 3+623.357	46	66.7	62.2311	HIDRANTE DE 6"
5	3+774.324	4.6	20.7	19.3131	HIDRANTE DE 6"
6	4+613.091	4.6	16.1	15.0213	HIDRANTE DE 6"
7	5+312.372	11.5	11.5	10.7295	HIDRANTE DE 6"

4.4.2. Calculo de los diámetros de tubería y la carga disponible en el sistema de riego.

Para poder determinar los diámetros de las tuberías y la carga disponible en los hidrantes o tomas para riego, se utilizo la siguiente tabla la cual está programada

en una hoja de cálculo de Excel, dicha tabla está programada para calcular las pérdidas por fricción por el método de Manning

$$h = 10,3 \cdot n^2 \cdot \frac{Q^2}{D^{5,33}} \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- n: coeficiente de rugosidad (adimensional) en este caso su valor se saca de la tabla de coeficientes de rugosidad de Manning, cuyo valor para PVC es de 0.009
- D: diámetro interno de la tubería (m) ; este valor se propone de manera que no nos genere una velocidad mayor a 2.00 m/s y una menor a 0.45 m/s .
- Q: caudal (m³/s) ; es el gasto en cada uno de los tramos obtenido de las tablas de cálculo de gastos en las tuberías anteriormente mencionadas.
- L: longitud de la tubería (m) ; es la longitud de tramo a través del cual será conducido el gasto antes mencionado.

Para el cálculo de las pérdidas menores consideramos un 5% de las pérdidas por fricción lo que nos garantiza que tendremos un factor de seguridad considerable respecto a las pérdidas locales.

La suma de pérdidas será igual a la suma de las pérdidas por fricción más las pérdidas menores.

La línea piezométrica será igual a cota de la rasante hidráulica más la carga disponible en el punto donde inicia el flujo del agua menos la suma de pérdidas en la distancia de recorrido al siguiente punto.

La cota del terreno es igual a la elevación de la rasante hidráulica de la tubería en el punto donde se pretende calcular la carga disponible.

La carga disponible en un punto es igual a la línea piezométrica menos la cota de terreno referido al punto en cuestión.

El diámetro propuesto debe ser tal que en los casos donde tenemos demasiada presión o carga piezométrica nos ayude a reducir dicha carga en el siguiente punto sobre todo cuando nuestra tubería esta en los límites de resistencia y en caso contrario cuando lo que requerimos es tener carga disponible proponer un diámetro cuyas pérdidas que genere no sean muy grandes para poder conservar la carga disponible de acuerdo a las necesidades de la obra.

En ambos casos la velocidad en las tuberías no debe de estar ni por debajo del mínimo permisible ni por arriba del máximo permisible, ya que esto ocasionara que tengamos problemas posteriores en la operación de la misma.

La clase es la calidad de la tubería de PVC en cuanto a la resistencia a la presión hidrostática, la cual será determinada por la carga disponible que se tenga en los diferentes puntos de las líneas de tubería de la zona de riego, lo cual para nuestro caso en común la tubería clase 5 fue la única puesto que ninguna de las presiones supero su resistencia a la presión de trabajo.

CALCULO HIDRAULICO DE RAMAL 1+352.26																	
LOCALIDAD: TAZUMBOS																	
MUNICIPIO: JILOTLAN, JALISCO																	
TUBERIA TRAMO	ADELANTAMIENTO	LONGITUD m.	DIAMETRO			AREA m2	GASTO L.P.S.	VELOCIDAD M/SEG	PERDIDAS FRICCION m	PERDIDAS MENORES m	SUMA DE PERDIDAS m.	LINEA PIEZOMETRICA	COTA DE TERRENO	CARGA (H) en m.	DIAMETRO PROP. (PULGS).	CLASE	PRESION DE TRAB. Kg/cm2
			EXTERIOR mm.	INTERIOR mm	ESPESOR mm.												
INICIO-TOMA 0+320	0+000.00																
INICIO-TOMA 0+363	0+320.00	320	160.00	154.40	2.80	0.0187	8.58	0.46	0.418	0.021	0.438	579.11	546.16 543.50	33.39 35.61	6" PVC	C-5	5.00
		320.00									0.438						

CALCULO HIDRAULICO DE LATERAL 3 + 623.357																			
LOCALIDAD: TAZUMBOS																			
MUNICIPIO: JILOTLAN, JALISCO																			
TUBERIA TRAMO	ADELANTAMIENTO	LONGITUD m.	DIAMETRO			AREA m2	GASTO L.P.S.	VELOCIDAD M/SEG	PERDIDAS FRICCION m	PERDIDAS MENORES m	SUMA DE PERDIDAS m.	LINEA PIEZOMETRICA	COTA DE TERRENO	CARGA (H) en m.	CLAVE	DIAMETRO PROP. (PULGS).	CLASE	PRESION DE TRAB. Kg/cm2	
			EXTERIOR mm.	INTERIOR mm	ESPESOR mm.														
0+000	0+000.00																		
0+000 - TD 0+588.762	0+588.76		588.762	250.00	241.20	4.40	0.0457	42.92	0.94	1.780	0.089	1.869	585.11	559.83	25.28	EXISTENTE	10" PVC	C-5	5.00
0+588.762 - TI 0+628.761	0+628.76		39.999	250.00	241.20	4.40	0.0457	42.92	0.94	1.121	0.006	0.127	586.85	559.86	26.99	EXISTENTE	10" PVC	C-5	5.00
TD 0+628.761 - TD 0 + 889.23	0+889.23		260.469	250.00	241.20	4.40	0.0457	36.48	0.80	0.559	0.028	0.557	586.25	559.54	26.71	EXISTENTE	10" PVC	C-5	5.00
TD 0 + 889.23 - TI 0+894.69	0+894.69		5.46	250.00	193.00	3.50	0.0293	25.75	0.88	0.020	0.001	0.020	586.23	561.54	25.69	EXISTENTE	8" PVC	C-5	5.00
TI 0+894.69 - RAMAL 1+352.26	1+352.26		457.57	160.00	154.40	2.80	0.0187	21.46	1.15	3.732	0.187	3.919	582.31	561.54	20.77	EXISTENTE	6" PVC	C-5	5.00
RAMAL 1+352.26 - TI 1+354.27	1+354.27		2.01	160.00	154.40	2.80	0.0187	12.88	0.69	0.006	0.000	0.006	582.31	562.54	19.77	EXISTENTE	6" PVC	C-5	5.00
TI 1+354.27 - TI 1+910	1+910.00		667.74	160.00	154.40	2.80	0.0187	8.58	0.46	0.766	0.038	0.805	581.50	563.51	17.96	EXISTENTE	6" PVC	C-5	5.00
			1,353.25								4.670								

CALCULO HIDRAULICO DE LATERAL 1+635.724																		
LOCALIDAD: TAZUMBOS																		
MUNICIPIO: JILOTLAN, JALISCO																		
TUBERIA TRAMO	CADENAMIENTO	LONGITUD m.	DIAMETRO			AREA m ²	GASTO L.P.S.	VELOCIDAD M/SEG	PERDIDAS FRICCION. m	PERDIDAS MENORES m	SUMA DE PERDIDAS m	LINEA PIEZOMETRICA	COTA DE TERRENO (H) en m.	CARGA (H) en m.	CLAVE	DIAMETRO PROP. (PULGS.)	CLASE	PRESION DE TRAB. Kg/cm ²
			EXTERIOR mm.	INTERIOR mm.	ESPESOR mm.													
INICIO	0+000.00											597.13	1.35					
INICIO-TOMA 0-320	0+320.00	320	200.00	193.00	3.50	0.0293	21.46	0.73	0.794	0.040	0.834	597.65	595.60	2.05	EXISTENTE	10" PVC	C-5	5.00
TOMA 0-320 - TOMA 0+368.04	0+368.04	43.039	160.00	154.40	2.80	0.0167	15.02	0.80	0.192	0.010	0.202	597.44	596.28	1.16	EXISTENTE	10" PVC	C-5	5.00
TOMA 0-368.04 - TOMA 0+044.28	0+044.28	578.241	160.00	154.40	2.80	0.0167	10.73	0.57	1.175	0.059	1.234	596.21	586.00	10.22	EXISTENTE	6" PVC	C-5	5.00
TOMA 0+444.28 - TOMA 1+590.27	1+590.27	645.99	160.00	154.40	2.80	0.0167	6.44	0.34	0.474	0.024	0.498	595.71	573.61	22.10	EXISTENTE	6" PVC	C-5	5.00
		1,590.27																
												2,767						

CALCULO HIDRAULICO DE LINEA PRINCIPAL DE TUBERIA																		
LOCALIDAD: TAZUMBOS																		
MUNICIPIO: JILOTLAN, JALISCO																		
TUBERIA TRAMO	CADENAMIENTO	LONGITUD m.	DIAMETRO			AREA m ²	GASTO L.P.S.	VELOCIDAD M/SEG	PERDIDAS FRICCION. m	PERDIDAS MENORES m	SUMA DE PERDIDAS m	LINEA PIEZOMETRICA	COTA DE TERRENO (H) en m.	CARGA (H) en m.	CLAVE	DIAMETRO PROP. (PULGS.)	CLASE	PRESION DE TRAB. Kg/cm ²
			EXTERIOR mm.	INTERIOR mm.	ESPESOR mm.													
INICIO	0+000.00											600.04	0.20					
INICIO-0+112.21	0+112.21	112.21	315.00	303.80	5.60	0.0725	103.00	1.42	0.571	0.026	0.596	606.54	608.25	0.29	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
0+112.21-0+368.64	0+368.64	166.43	315.00	303.80	5.60	0.0725	103.00	1.42	0.999	0.050	1.049	607.49	599.29	8.20	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
0+368.64-0+380	0+380	71.36	315.00	303.80	5.60	0.0725	103.00	1.42	0.363	0.016	0.381	607.11	607.75	0.64	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
0+380-0+009	0+009	209	315.00	303.80	5.60	0.0725	103.00	1.42	1.479	0.071	1.543	600.57	582.13	18.44	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
0+669-0+800	0+800	131	315.00	303.80	5.60	0.0725	103.00	1.42	0.666	0.033	0.700	604.87	603.25	1.62	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
0+800-1+073.83	1+073.83	273.83	315.00	303.80	5.60	0.0725	103.00	1.42	1.393	0.070	1.462	603.41	593.31	10.10	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
1+073.83-TD1+440	1+440	366.17	315.00	303.80	5.60	0.0725	103.00	1.42	1.663	0.093	1.755	601.45	600.10	1.35	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
1+073.83-TI1+440	1+440	0	315.00	303.80	5.60	0.0725	103.00	1.42	0.000	0.000	0.000	601.45	600.10	1.35	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
T 1+440-LAT. 1+635.724	1+635.724	166.72	315.00	303.80	5.60	0.0725	92.27	1.27	0.799	0.040	0.839	600.61	597.13	3.48	EXISTENTE	12" PVC	C-5	5.00
LAT. 1+635.724-TD 2+108.43	2+108.43	472.71	250.00	241.20	4.40	0.0457	70.81	1.55	3.889	0.194	4.084	596.53	590.38	6.15	EXISTENTE	13" PVC	C-5	5.00
TD 2+108.43-TD 2+922.06	2+922.06	813.63	250.00	241.20	4.40	0.0457	66.52	1.46	5.908	0.295	6.203	590.32	573.52	16.80	EXISTENTE	13" PVC	C-5	5.00
TD 2+922.06-LAT. 3+623.357	3+623.357	701.297	250.00	241.20	4.40	0.0457	62.23	1.36	4.457	0.223	4.679	586.64	560.03	26.62	EXISTENTE	13" PVC	C-5	5.00
LAT. 3+623.357-TD 3+774.32	3+774.32	150.963	160.00	154.40	2.80	0.0167	19.31	1.03	0.997	0.050	1.047	584.60	566.65	27.95	EXISTENTE	6" PVC	C-5	5.00
TD 3+774.32-TD 4+613.09	4+613.09	838.77	160.00	154.40	2.80	0.0167	15.02	0.60	3.352	0.166	3.518	581.08	543.28	37.80	EXISTENTE	6" PVC	C-5	5.00
TD 4+613.09-TF 3+3+2.372	5+312.37	696.282	160.00	154.40	2.80	0.0167	10.73	0.57	1.426	0.071	1.497	579.58	531.53	48.05	EXISTENTE	6" PVC	C-5	5.00
		1,635.72										6,734						

NOTA IMPORTANTE: EN LA ESTACION 9+380 TENEMOS CARGA DISPONIBLE NEGATIVA POR LO QUE SERA NECESARIO QUE LA EXCAVACION SE REALICE COMO MINIMO A 2 METROS DE LONGITUD PARA QUE LA PIEZOMETRICA NO QUEDA ENTERRADA

Una vez determinados los diámetros y las cargas disponibles concluimos que con este diseño hidráulico, no tendremos problemas de carga disponible ni de velocidades fuera de lo óptimo, además de que por las condiciones de carga no tendremos la necesidad de utilizar una tubería de mayor resistencia lo que repercutiría en mayor costo. La única observación que hace es que en el km 0 + 380 se entierra la línea piezométrica por lo que será necesario en ese trayecto bajar 60 centímetros más la excavación para librar este problema.

4.4.3 Presupuesto y planos. (ANEXOS)

**PRESIDENCIA MUNICIPAL DE JILOTLAN DE LOS DOLORES , JAL.
PRESUPUESTO DE RIEGO POR HIDRANTES DE LA ZONA DE RIEGO TAZUMBOS**

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
1	ZONA DE RIEGO (TUBERIAS)				3, 987,657.17
1.1	PREPARACION DE TERRENOS.				1'733,894.04
1.1.1	DESMONTE CON FINES DE CONSTRUCCIÓN				35,143.92
1.1.1.1	DESMONTE, DESENRAÍCE, DESHIERBE Y LIMPIA DE TERRENO PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN	Ha	8	4,392.99	35,143.92
1.1.2	EXCAVACIONES EN ZANJAS.				1'141,983.25
1.1.2.1	EN MATERIAL COMÚN PARA ALOJAR TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES ENCANALES ENTUBADOS	M3	2,869.33	55.33	158,760.03
1.1.2.2	EN MATERIAL III (ROCA) PARA ALOJAR TUBERIAS EN CANALES ENTUBADOS	M3	5,222.01	179.69	938,342.98
1.1.3	PLANTILLA				44,880.24
1.1.3.1	APISONADA AL 85% PROCTOR EN ZANJAS CON MATERIAL PRODUCTO DE BANCO EN CANALES ENTUBADOS	M3	696.79	64.41	44,880.24
1.1.4	RELLENOS				267,117.15
1.1.4.1	COMPACTADO DE ZANJAS CON MATERIAL PRODUCTO DE BANCO EN CANALES ENTUBADOS	M3	3,260.64	59.46	193,877.65
1.1.4.2	VOLTEO DE ZANJAS CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIONES PREVIAS EN CANALES ENTUBADOS	M3	3,409.66	21.48	73,239.50
1.1.5	ACARREOS				289,649.72
1.1.5.1	ACARREO EN EL PRIMER KILOMETRO DE MATERIAL DE BANCO PARA LA FORMACIÓN DE RELLENOS Y PLANTILLA EN CANALES ENTUBADOS Y MATERIAL SOBRENTE PRODUCTO DE EXCAVACION.	M3	7,790.84	14.77	115,070.71

1.1.5.2	SOBREACARREO EN LOS KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO DEL MATERIAL DE BANCO PARA LA FORMACIÓN DE RELLENOS Y PLANTILLA EN CANALES ENTUBADOS	M3/KM	25,787.15	6.77	174,579.01
1.2	TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES Y ACCESORIOS.				2'138,161.28
1.2.1	SUMINISTRO, E INTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERIA DE PVC SERIE METRICA CLASE-5 PARA UNA CARGA HIDROSTATICA MAXIMA DE 50 MTS Y UN COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE 0.009 DE:				1'967,285.24
1.2.1.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍA DE 315 MM. (12") DE DIÁMETRO	ML	1,635.72	392.27	641,643.88
1.2.1.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍA DE 250 MM. (10") DE DIÁMETRO	ML	2,993.19	262.34	785,233.46
1.2.1.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍA DE 200 MM. (8") DE DIÁMETRO	ML	257.18	153.65	39,515.71
1.2.1.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍA DE 160 MM. (6") DE DIÁMETRO	M. L.	4,278.57	117.07	500,892.19
1.2.2	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE VALVULA DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE (VAYEA), DE ALUMINIO DE:				16,361.93
1.2.2.1	315 mm (12") DE DIAMETRO DE 2"	PZA	43	380.51	16,361.93
1.2.3	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE VALVULA HIDRANTE DE ALUMINIO CON ROSCA INTERIOR DE:				19,285.57
1.2.3.1	160 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	19	1,015.03	19,285.57
1.2.4	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE VALVULA DE MARIPOSA DE VOLANTE DE fo.fo SERIE METRICA DE:				27,750.55
1.2.4.1	250 mm (10") DE DIAMETRO	PZA	2	4,727.79	9,455.58
1.2.4.2	200 mm (8") DE DIAMETRO	PZA	1	3,591.07	3,591.07
1.2.4.3	160 mm (6") DE DIAMETRO	PZA	6	2,450.65	14,703.90

1.2.5	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CODO DE ARRANQUE CON, SERIE METRICA PRESION DE TRABAJO DE 5 Kg/cm2 DE:				20,562.30
1.2.5.1	160 mm (6") DE DIAMETRO	PZA	10	2,056.23	20,562.30
1.2.6	SUMINISTRO, E INSTALACION DE COPLE DE REPARACION DE PVC HIDRAULICO SERIE METRICA DE:				1,485.76
1.2.6.1	315 mm (12") DE DIAMETRO	PZA	1	729.62	729.62
1.2.6.2	250 mm (10") DE DIAMETRO	PZA	1	466.27	466.27
1.2.6.3	200 mm (8") DE DIAMETRO	PZA	1	289.87	289.87
1.2.7	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ADAPTADOR MACHO P/CEMENTAR DE PVC DE:.				7,574.42
1.2.7.1	160 mm (6") DE DIAMETRO	PZA	19	277.62	5,274.78
1.2.7.2	50 mm (2") DE DIAMETRO	PZA	43	53.48	2,299.64
1.2.8	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN EXTREMIDAD ESPIGA DE PVC (CLORURO DE POLIVINILO) DE:				9,502.37
1.2.8.1	315 MM (12") DE DIÁMETRO	PZA	1	2,050.11	2,050.11
1.2.8.2	250 MM (10") DE DIÁMETRO	PZA	2	1,830.84	3,661.68
1.2.8.3	200 MM (8") DE DIÁMETRO	PZA	1	809.24	809.24
1.2.8.4	160 MM (6") DE DIÁMETRO	PZA	6	496.89	2,981.34
1.2.9	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN EXTREMIDAD CAMPANA DE PVC (CLORURO DE POLIVINILO) DE:				7,452.26
1.2.9.1	250 MM (10") DE DIÁMETRO	PZA	2	1,830.84	3,661.68
1.2.9.2	200 MM (8") DE DIÁMETRO	PZA	1	809.24	809.24
1.2.9.3	160 MM (6") DE DIÁMETRO	PZA	6	496.89	2,981.34
1.2.10	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE CODO DE PVC DE 90° (CLORURO DE POLIVINILO) DE:				3,157.82
1.2.10.1	315 MM. (12") DE DIÁMETRO	PZA	2	1,212.26	2,424.52

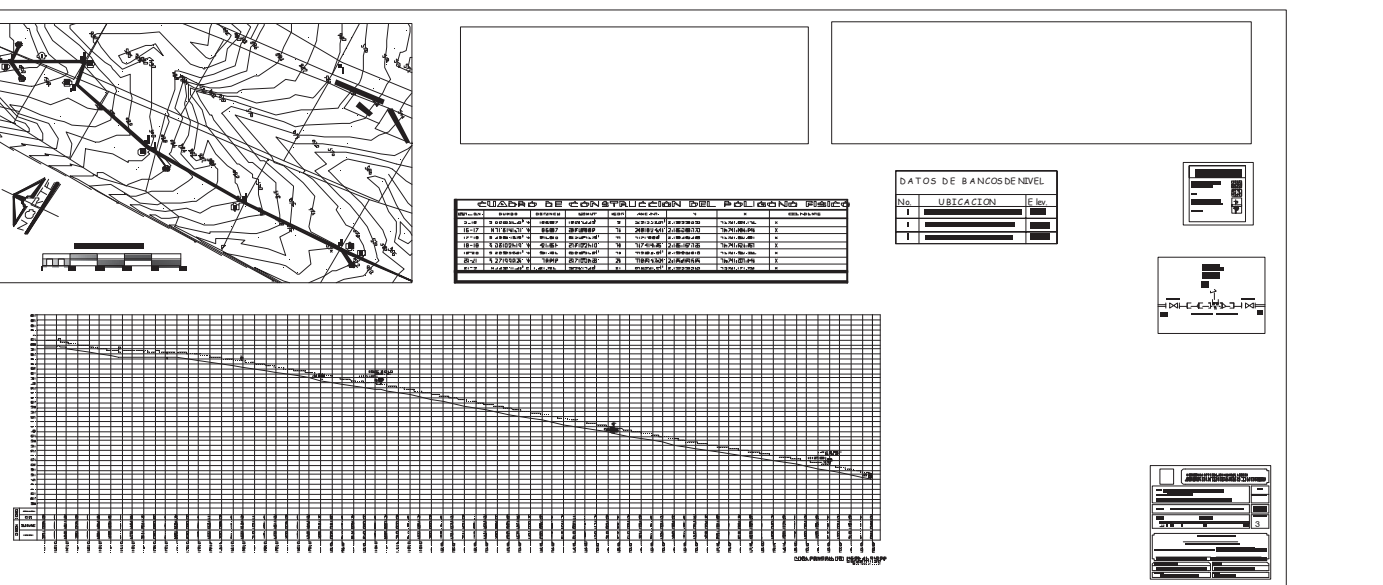
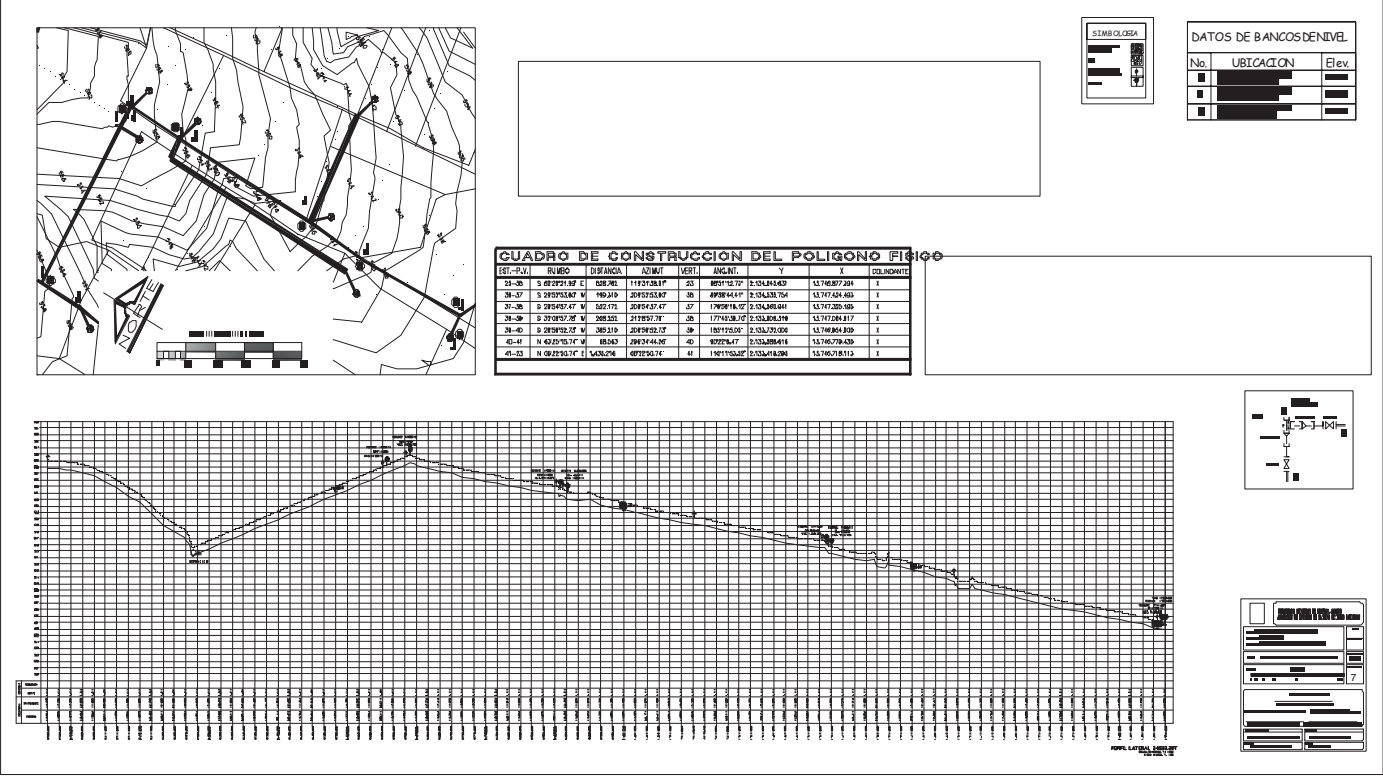
1.2.10. 2	250 MM. (10") DE DIÁMETRO	PZA	1	733.3	733.3
1.2.11	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE CODO DE PVC DE 45° (CLORURO DE POLIVINILO) DE:				3,137.31
1.2.11. 1	250 MM. (10") DE DIÁMETRO	PZA	2	549.55	1,099.10
1.2.11. 2	315 MM. (12") DE DIÁMETRO	PZA	2	888.86	1,777.72
1.2.11. 3	160 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	1	260.49	260.49
1.2.12	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE CODO DE PVC DE 22° (CLORURO DE POLIVINILO) DE:				3,996.77
1.2.12. 1	315 MM. (12") DE DIÁMETRO	PZA.	3	888.86	2,666.58
1.2.12. 2	160 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	1	378.07	378.07
1.2.12. 3	200 MM. (8") DE DIÁMETRO	PZA	2	476.06	952.12
1.2.13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE HIDRANTE CON E LEVADOR DE 1 m. Y ADAPTADOR EN ARBOL PARA V.A.E. DE 2"				15,629.20
1.2.13. 1	315 mm. (12") x 160MM. (6") DE DIAMETRO	PZA	2	1,260.03	2,520.06
1.2.13. 2	250 MM. (10") X 200 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	5	917.03	4,585.15
1.2.13. 3	200 MM. (8") X 160 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	3	843.54	2,530.62
1.2.13. 4	160 MM. (6") X 160 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	9	665.93	5,993.37
1.2.14	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TEE CRUCERO, EN SERIE METRICA PARA UNA PRECION DE TRABAJO DE 5 Kg/cm2 CLASE 5 DE:				5,575.72
1.2.14. 1	315 mm (12") X 315 mm (12") DE DIAMETRO	PZA	1	1,590.76	1,590.76
1.2.14. 2	250 mm (10") X 250 mm (10") DE DIAMETRO	PZA	1	1,039.52	1,039.52
1.2.14. 3	315 mm (12") X 160 mm (6") DE DIAMETRO	PZA	1	1,382.52	1,382.52
1.2.14. 5	160 MM. (6") X 160 MM. (6") DE DIAMETRO	PZA	1	482.19	482.19
1.2.14. 4	200 MM. (8") X 200 MM. (8") DE DIAMETRO	PZA	1	555.68	555.68
1.2.14. 6	200 MM. (8") X 160 MM. (6") DE DIAMETRO	PZA	1	525.05	525.05
1.2.15	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE				3,131.66

	REDUCCION DE PVC (CLORURO DE POLIVINILO) DE:				
1.2.15. 1	315 MM. (12") X 250 MM. (10") DE DIÁMETRO	PZA	1	1,212.26	1,212.26
1.2.15. 2	315 MM. (12") X 200 MM. (8") DE DIÁMETRO	PZA	1	869.27	869.27
1.2.15. 3	250 MM. (10") X 160 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	1	708.81	708.81
1.2.15. 4	200 MM. (8") X 160 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	1	341.32	341.32
1.2.16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPÓN CAMPANA DE PVC CLORURO DE POLIVINILO DE:				3,802.64
1.2.16. 1	160 MM. (6") DE DIÁMETRO	PZA	3	240.88	722.64
1.2.17	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE TORNILLOS Y TUERCAS CON CABEZA HEXAGONAL				3,080.00
1.2.17. 1	TORNILLOS Y TUERCAS CON CABEZA HEZAGONAL 19 MM. (3/4") X 88 MM. (3.5")	PZA	80	38.5	3,080.00
1.2.18	SUMINISTRO, E INSTALACIÓN DE MEDIDOR DE FLUJO				22,469.76
1.2.18. 1	315 mm (12") DE DIAMETRO	PZA	1	22,469.76	22,469.76
1.3	DESMANTELAMIENTO, DEMOLICIONES Y ATRAQUES				48,634.93
1.3.1	DEMOLICIONES				18,773.72
1.3.1.1	DEMOLICIONES DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y/O MAMPOSTERIA	M3	6.5	161.11	1,047.22
1.3.1.2	REMOCION Y COLOCACION DE CERCAS DE ALAMBRE DE PUAS.	ML	550	32.23	17,726.50
1.3.2	ATRAQUES DE CONCRETO				29,861.21
1.3.2.1	CONSTRUCCIÓN DE ATRAQUE DE CONCRETO DE 0.48 M3 Y F´C= 100 KG/CM2, INCLUYE MATERIAL Y MANO DE OBRA.	PZA.	13	1,234.45	16,047.85
1.3.2.2	ENCOFRADO DE TUBERIAS EN CRUCE DE BARRANCAS	M3	8	1,726.67	13,813.36
1.4	CONSTRUCCION DE REGISTROS PARA CRUCERO DE VALVULAS Y				66,966.92

	DESFOGUES				
1.4.1	EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO				7,306.14
1.4.1.1	EN MATERIAL COMÚN PARA ALOJAR TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES ENCANALES ENTUBADOS	M3	12.26	55.33	678.35
1.4.1.2	EN MATERIAL III (ROCA) PARA ALOJAR ESTRUCTURAS EN CANALES ENTUBADOS	M3	28.61	231.66	6,627.79
1.4.2	TRABAJOS DE ALBAÑILERIA				59,660.78
1.4.2.1	CASTILLO Y DALAS DE 15 X 20 CM ARMADOS CON CUATRO VARILLAS DE 3/8" Y ESTRIBOS DE ALAMBRON A CADA 15 CM, HECHO CON CONCRETO F'C= 250 KG/CM2	ML	54.9	210.04	11,531.20
1.4.2.2	MURO DE TABIQUE DE BARRO ROJO RECOCIDO, JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5 DE 15 CENTIMETROS DE ESPESOR	M2	43.26	261.25	11,301.67
1.4.2.3	APLANADO EN MUROS ACABADO FINO CON MORTERO -CEM-ARENA 1:3 DE 2.5 CMS DE ESPSOR, INCLUYEREPELLADO, ACABADO FINO, BOQUILLAS AN-DAMIOS, MATERIAALES, DESPERDICIOS MA -NO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M2	49.95	167.86	8,384.61
1.4.3.4	FIRME DE CONCRETO f'c=200kg/cm2 DE 15 cm DE ESPESOR INCLUYE NIVELACION Y COMPACTACION.	M2	15	276.5	4,147.50
1.4.3.5	LOSA DE CONCRETO REFORZADO f c = 250 kg/cm2 ARMADA CON VARILLAS DEL # 3 @ 15 cm EN AMBAS DIRECCIONES	m2	15	542.26	8,133.90
1.4.3.6	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TAPAS DE REGISTRO EN CAJAS DE PROTECCION PARA VALVULAS DE MARIPOSA DE 90 cm x 90 cm.	PZA	6	2,693.65	16,161.90

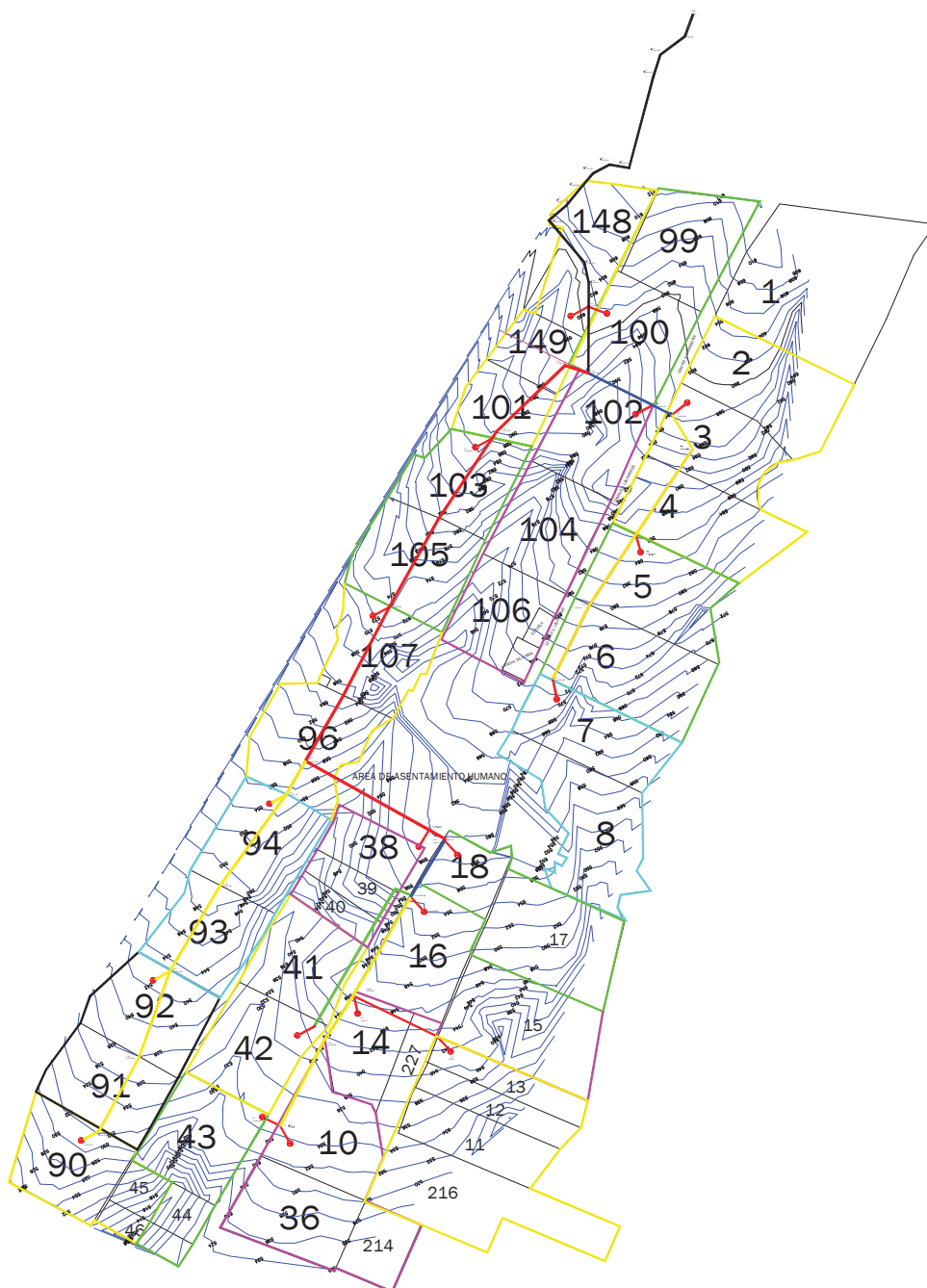
SUBTOTAL 3,987,657.17
I.V.A. 0% -
TOTAL 3,987,657.17

PERFILES LONGITUDINALES



El proyecto de la zona de riego "Tazumbos" arranca desde la obra de fuente de abastecimiento ya previamente construida antes del proyecto de la zona de riego, la cual consiste en una presa hecha a base de materiales graduados la cual tiene una capacidad útil de 504, 165.0 m³ , calculada con la cuenca para la cual se diseño, cabe mencionar que además de este afluente actualmente le llegan aguas de otra cuenca las cuales se conducen por un canal que fue construido por los beneficiarios de la obra. esta corriente de agua que le llega adicional a la presa, hace que aumente el volumen disponible a aproximadamente el doble de lo calculado.

PLANEACION GENERAL DE LA ZONA DE RIGO "LOS TAZUMBOS"



El cálculo de la demanda anual se calculo en este proyecto es de 663, 375.53 m³ para regar un total de 110 hectáreas, las cuales se distribuyeron entre 48 ejidatarios con derechos de riego de 2.30 has.

El estudio agronómico arrojó un gasto de 0.933 litros por segundo por hectárea, por lo que las 110 hectáreas requerirán un gasto disponible de 102.63 litros por segundo los cuales se conducirán y se distribuirán de la siguiente manera:

4.4.4 Descripción y sistema integral para operación de la Zona de Riego Tazumbos

Línea principal.

Inicia en el km. 0+000 y termina en el km.5+213.37. y será construida a base de tubería de pvc clase 5 de 12" del inicio al km. 1+635.724; en el km 0+669.00 se construirá un desfogue para poder dar mantenimiento a la línea de conducción cuando sea necesario, posteriormente en el km. 1+440 se ubicaron dos hidrante de 6" las cuales regaran las parcelas 101, 149,148, 100 y 99 esta ultima probablemente no alcanzara a regar la superficie contemplada debido a que la carga disponible en esa toma no alcanza.

En el del km. 1+635.724 de la línea principal se ubica una caja de válvulas para seccionar el lateral 1+635.724 con la línea principal el cual regara un total de 23 hectáreas hacia la izquierda en el sentido del flujo, la línea principal sigue hacia la derecha en donde en los km 2+108.43 y 2+922.06 se ubican un hidrante de 6" respectivamente con los cuales se riegan las parcelas 103, 105, 107 y 96.

en el km. 3+623.357 la línea principal se vuelve a seccionar hacia la izquierda; en este punto nace el lateral 3+623.357 el cual regara un total de 46 hectáreas. en este punto se ubica otra caja de válvulas para seccionar el lateral con el principal el cual continua en el sentido del flujo con un diámetro de 6" hasta donde se ubican los hidrantes de 6" en los km. 3+774.32, 4+613.09 y 5+312.37 en el punto final para regar las parcelas 94, 93, 91, 90,45 y 46.

Lateral 1+635.724

Inicia en la caja de válvulas ubicada en el km. 1+635.724, con un diámetro de 8" hasta el km. 0 + 320 en donde se ubica el primer hidrante de 6" el cual riega las parcelas 102, 104 y 106, a partir de aquí cambia de diámetro a 6" hasta llegar al

punto final el km. 1+590.27; en este trayecto se ubican tres hidrantes más de 6" con los cuales se riegan las parcelas 2,3,4,5,6,7,8 y 9 sucesivamente.

Lateral 3 +623.357

Inicia en la caja de válvulas ubicada en el kilometraje del mismo nombre con un diámetro de 10" hasta el km 0+889.23 en donde se ubica una salida de 62 que se entroncara a una línea de riego ya existente para regar las parcelas 42 y 41, antes de este punto se ubican dos hidrantes de 6", uno en el km. 0+628.761 y otro en el km. 0+588.762 con los cuales se regaran las parcelas 17, 18, 38, 39 y 40.

a partir del km. 0 + 889.23 el diámetro del lateral se reduce a 8" hasta el hidrante 0 + 894.69 el cual riega las parcelas 15 y 16. a partir de este punto se vuelve a reducir la tubería ahora a 6", en el km. 1+352.26 se ubica un ramal que regara a 320 metros hacia las izquierda con tubería de 6" las parcelas 11, 12, 13 y 216; posteriormente en el sentido del flujo se ubican los hidrantes 1+353.77 que regara las parcelas 14 y 27, 1+932.259 que cruzara la carretera por una alcantarilla para

regar las parcelas 43 y 44 y al final un hidrante de 6" en el km. 1+940 para regar las parcelas 10, 36 y 214.

Debido a que las presiones de trabajo no rebasan los 50 m.c.a. en todos los caso la tubería será clase 5.

Válvulas de admisión y expulsión de aire

Se ubicaron válvulas de admisión y expulsión de aire en puntos de mayor elevación sobre todo en las crestas en la línea de conducción, además de ubicarse a distancias estratégicas en la zona de la red distribución y en cada uno de los hidrantes.

Hidrantes de 6"

Se colocaron 19 hidrantes de 6" en toda la zona de riego, cada hidrante riega bloques de terreno desde 4.6 hectáreas hasta 11.5 según haya sido la distribución, cabe mencionar que solo se consideraron 10 codos de arranque los cuales tendrán que ser turnados por los beneficiarios para ser utilizados dependiendo del sector que se esté regando.

Medidor de flujo

Se ubico un medidor de flujo en el arranque de la zona de riego para poder tener un mejor control del flujo que llega a la red de irrigación y poder tener un mejor control de los gastos que se tendrán en la tubería.

Válvulas de seccionamiento

Crucero 1

Se colocaron dos válvulas de seccionamiento en el crucero numero uno una de 8" para el lateral 1+635.724 y otra de 10" para la línea principal.

Crucero 2

Se colocaron dos válvulas de seccionamiento en el crucero número dos una de 10" para el lateral 3 +623.357 y otra de 6" para la línea restante.

Crucero 3

Se colocaron dos válvulas de seccionamiento en el crucero numero tres una de 6" para el ramal 1+352.26 ubicado en el lateral 3 +623.357 y otra de 6" para la línea restante de este mismo lateral.

La red de irrigación quedo diseñada para regar los derechos de 2.3 hectáreas que le tocara a cada beneficiario de las 110 hectáreas contempladas en el proyecto, la única inconveniencia es que en la mayoría de los casos se tendrán largos tramos de conducción por tierra hasta llegar al lugar de beneficio, esto hasta que se pueda realizar una nueva etapa de este proyecto donde se puedan instalar sistemas tecnificados de irrigación tales como micro aspersión, aspersión o goteo, en los terrenos donde la carga disponible así lo permita.

Otra opción que tienen los beneficiarios para regar es concentrar las diez hectáreas en zonas estratégicas e irlas turnando temporada tras temporada, técnicamente es posible debido a que la red esta seccionada y las velocidades con las que se diseño están en los rangos mínimos, solo dependería de la organización de los usuarios para poder trabajar en colaboración y coordinación para poder aprovechar al máximo el beneficio de esta obra.

4.4.5 Procedimiento constructivo

Se iniciara la obra con los trabajos de reconocimiento del trazo y nivelación de las líneas de tubería según los planos de proyecto, posteriormente una vez trazadas y niveladas las líneas de proyecto, se continuara con la remoción de cercas que vayan a estorbar para la construcción de la obra, dejando libre sobre la línea de trazo un ancho de 10 metros para poder realizar los trabajos con comodidad.

Posteriormente se iniciara con los trabajos de desmonte en la zona de la línea de conducción, para después iniciar con los trabajos de excavación de las zanjas.

Debido a que el terreno en un 70% es de gran dureza se recomienda utilizar dos maquinas excavadoras de buena capacidad y en buenas condiciones, una maquina adelante excavando el material fácil de remover y otra atrás con un martillo hidráulico rompiendo las partes duras que hayan quedado, se recomendaría una tercera maquina rezagando la roca ya triturada y así tener un mejor avance.

Una vez que la excavación llevo a los niveles de proyecto se procederá nivelar las zanjas topográficamente, para posteriormente compensar con la plantilla las partes de la excavación que hayan quedado sobre excavadas. después se iniciará la colocación de la tubería de pvc con sus respectivos codos, tees , piezas especiales y válvulas según indiquen los planos de proyecto , teniendo especial cuidado en que las ligas de las campanas queden bien ensambladas y no hayan quedado mordidas ya que eso podría ocasionar fugas posteriores.

Una vez que se haya instalado la tubería se procederá al acostillado de la tubería y el compactado al 85% de la prueba proctor con material producto de banco de préstamo, 20 cm arriba del lomo del tubo con el vibro apisonador (bailarina). ya que se realizo el relleno compactado se procederá con el relleno a volteo de las zanjas considerando que el material sobrante en el caso que sea roca tendrá que ser removido y acarreado al sitio de tiro propuesto por la dependencia ejecutora.

Va que se concluyo con los trabajos se excavación y rellenos de las zanjas, se iniciara la colocación de las piezas especiales, válvulas de mariposa, de admisión y expulsión de aire, hidrantes, medidor de flujo y todo lo necesario para el buen funcionamiento de las líneas hidráulicas.

Una vez que se instalo todo el sistema hidráulico se construirán los atraques necesarios en los codos y tees, además de las cajas de registro en cada uno de los cruceros y desfogues, así como el encofrado de las líneas de tubería por

donde pasen arroyos o barrancas que puedan dañar la tubería en alguna avenida de aguas.

Finalmente se conectara a la obra de toma la tubería y el sistema y se probara para checar que tenga un buen funcionamiento, en el caso de tener fallas o fugas se tendrán que corregir hasta que el sistema funcione perfectamente.

5.- Conclusiones y aportaciones

5.1 Conclusiones

El presente proyecto se realizo con todas las ayudas de la Topografía aplicando los conocimientos adquiridos en la Facultad y fortalecidos en el campo, ya que se tuvieron que llevar a cabo levantamientos planimetricos para definir el trazo de las líneas de riego y levantamientos altimétricos para determinar las elevaciones y curvas de nivel de la zona de riego.

En lo que respecta a lo agronómico aunque es una rama que a lo mejor no nos corresponde pero que definitivamente es necesario el poder manejar este tipo de cálculos e información para poder llegar a nuestro fin que fue el diseño de La Zona de Riego Los Tazumbos.

Respecto a los cálculos hidráulicos yo en lo personal e utilizado la formula de Manning para determinar las perdidas por fricción, existen las de Darcy, las de Hazzen Williams; la de Chezy, etc. Y aunque Chezy es una derivación de Darcy y Manning es una derivación de Chezy, creo que a mi manera de ver Manning es la más adecuada , porque en cierta manera simplifica los métodos para el cálculo de perdidas por fricción, gracias a la determinación de los coeficientes de rugosidad que en su formula son una constante que la puedes encontrar en una tabla también determinada por el mismo. Además de que su método te permite programar fácilmente en una hoja de cálculo y calcular las pérdidas de toda una línea o una red por grande que sea con tan solo variar los diámetros.

Otra de las razones por la que concluyo que Manning es la mejor opción es porque esto que en teoría se proyecto en este momento ya está en operación y funciona perfectamente.

En resumen para mí fue de gran importancia el hecho de haber podido combinar los conocimientos teóricos y prácticos, los cuales fui adquiriendo; los primeros gracias a mis maestros cuando estuve en la Universidad y los segundos durante estos años que han pasado desde que egrese de la Escuela de Ingeniería Civil y que he asimilado con el paso del tiempo; todo lo anterior herramientas que me ayudaron a la elaboración del presente proyecto que culmino por un lado en mi tesis, mi trabajo para poder realizar mi examen recepcional y por el otro un proyecto de gran importancia para los habitantes y productores de la región donde

se llevara a cabo el presente proyecto, ya que gracias a la elaboración de este, ellos lograron el poder gestionar una obra que al final de cuentas se les aprobó y que en la actualidad ya es una realidad y el agua se está distribuyendo a cada uno de los terrenos que debían ser beneficiados, lo que propicia que donde antes era un área semidesértica ahora los campos produzcan productos tales como el melón, limón, maíz, sorgo, papaya, ajonjolí y muchos más productos que se dan en estas tierras tan fértiles que solo lo que ocupaban para producir era el agua.

La realización del presente trabajo deja como conclusiones que gracias a la elaboración de proyectos hidráulicos, en donde se aplica las técnicas más avanzadas para la optimización y el adecuado uso del agua, se logra el aprovechamiento del recurso vital y necesario para la reproducción de cultivos en zonas en donde anteriormente parecía inalcanzable con los métodos tradicionales de riego, los cuales se llevaban a cabo mediante la construcción de canales abiertos, ya sea que fueran de tierra o revestidos con concreto o hechos de mampostería, lo cual para este caso en específico, sería no muy costeable por la poca cantidad de agua a conducir y la gran cantidad de obra necesaria respecto a los cortes y terraplenes para poder conservar el nivel y la pendiente necesaria para hacer llegar el agua a las partes que deseamos regar.

5.2 Aportaciones

Para mí en lo personal este trabajo de tesis aporta bastante porque gracias a él pude fortalecer mis conocimientos adquiridos en la Facultad y ponerlos en práctica, pude demostrar que cuando te propones a realizar algo lo realizas, que la teoría y la práctica deben ir de la mano, que cada día que pasa experimento uno como profesional cosas nuevas, que cuando piensas que ya lo sabías todo, aun no sabes nada y lo más valioso de todo que gracias a que pude llevar a cabo este trabajo, pude ayudar a otras personas a mejorar su nivel de vida, porque seguramente con la construcción de este proyecto las personas que antes no producían en sus parcelas ya lo podrán hacer, los que tenían que trasladarse lejos para poder conseguir agua ahora ya no lo tendrán que hacer.

Esta obra aporta mucho a la comunidad de Tazumbos porque aunque la Agricultura no es un negocio muy redituable para los que quieren enriquecerse con ella, hay muchas personas que la practican solo para sobrevivir, para poder dar de comer a sus familias. Porque las tierras con agua las personas que siembren podrán generar empleos para mucha gente que no tiene trabajo y que tiene que laborar en cosas ilícitas para buscar un sustento. Esto se terminara en el momento que las regiones agrícolas tengan mejor infraestructura para poder producir y competir con productos básicos de calidad.

BIBLIOGRAFIA

HIDRAULICA GENERAL VOL. 1 FUNDAMENTOS
AUTOR GILBERTO SOTELO AVILA

FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA DE SUPERFICIE
AUTOR FRANCISCO JAVIER APARICIO MIJAREZ

MANUAL DE DISEÑO
MODERNIZACION DE SISTEMAS DE RIEGO
AUTOR SOGREAH ELABORADO POR LA CNA

CRITERIOS DE DISEÑO, CALCULO Y SELECCIÓN DE TUBERIAS EN BASE AL
CRITERIO DE LAS PRESTACIONES EQUIVALENTES
AUTOR ING. LUIS E. PEREZ FARRAS

INTRODUCCION A LA TOPOGRAFIA
AUTOR LUIS JAUREGUI

LEY DE AGUAS NACIONALES