

Proyecto y Construcción de un Sistema
de Conducción de Agua Potable, por
Gravedad, en la Comunidad Agüita del
Rosario, Municipio de Ramos Arizpe,
Coahuila.

por

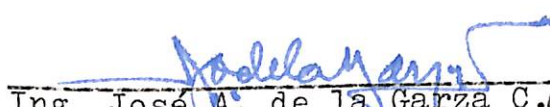
Hernán Cortés Mendoza

Tesis

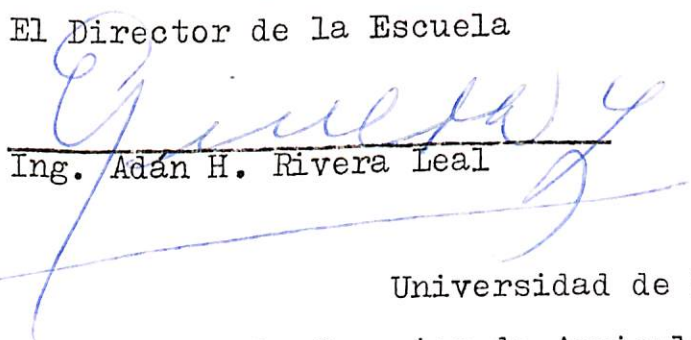
que somete a la consideración del H. Jurado Examinador,
como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo.

Aprobada:

El Presidente del Jurado


Ing. José A. de la Garza C. *ALBERTO*

El Director de la Escuela


Ing. Adán H. Rivera Leal

Universidad de Coahuila

Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro"

00816

UNIVERSIDAD DE COAHUILA



ESC. SUP. DE AGRICULTURA
"ANTONIO NARRO"
DEPTO. DE BELLEROS

Buenavista, Saltillo, Coah. Junio de 1967

BIOGRAFIA

El autor, Hernán Cortés Mendoza, nació el 6 de octubre de 1944 en la ciudad de Galeana, N. L., siendo sus padres el Sr. Julián Cortés R. y la Sra. María de la Luz Mendoza.

En el año de 1950 ingresó a la Escuela Federal "General Mariano Escobedo", en la ciudad mencionada, donde realizó sus estudios de instrucción primaria, los que terminó en el año de 1958.

Continuó sus estudios secundarios en la Escuela Secundaria "Miguel Hidalgo y Costilla", de la misma ciudad. Posteriormente cursó su instrucción preparatoria en la Preparatoria No. 1 "Colegio Civil", de la Universidad de Nuevo León.

En el año de 1962 ingresó a la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", de la Universidad de Coahuila, ubicada en Buenavista, Municipio de Saltillo, Coahuila, con el propósito de realizar la carrera de ingeniero agrónomo, la cual terminó satisfactoriamente en el año de 1967, habiendo recibido en el mes de junio de dicho año su Certificado de Pasante.

AGRADECIMIENTO

Para el Ing. José A. de la Garza Cabello, y el Dr. Lorenzo Martínez Medina, con profundo respeto y estimación, es mi eterno agradecimiento por su incansable dirección técnica y su noble actitud, ante las adversidades que se me presentaron durante toda mi carrera profesional y al efectuar este trabajo.

Para el Dr. Roberto Rodríguez D, por su colaboración para una mejor presentación de esta tesis, mi sincero - agradecimiento.

Para el H. Jurado de mi examen profesional, que fue integrado por el Dr. Lorenzo Martínez Medina, Master of Science of the Iowa State College y Doctor of Philosophy de la Universidad de Minnesota; Ing. José A. de la Garza Cabello, Master of Science de la Universidad del Estado de Michigan; Ing. Gabriel Murillo Peralta, Master of Science de la Universidad de Minnesota; Ing. Civil Raúl Rivera Magallón; Rodolfo Sánchez S., Bachelor of Science de la Universidad de Quebec.

DEDICATORIA

A mi querida madre
y a mi hermana Eloína
que nunca se desanimaron y siguieron
bregando incansablemente para que yo
alcanzara la primera meta de mi reco
rrido en la vida

INDICE

	Pág.
BIOGRAFIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
Líneas de Conducción	4
Capacidad de la Fuente de Agua y de la Línea de Conducción	4
Materiales para Construir Líneas de Conducción	5
Pérdidas en las Tuberías	7
Tubos y Combinaciones de Tubos	8
Consideraciones Generales sobre Tuberías	11
Tubería Plástica	14
PROCEDIMIENTO	
Cálculo de la Tubería	17
Nomograma	19
CONCLUSIONES	26
Anexo 1. Costo del Proyecto de Conducción por Gravedad	27
Anexo 2. Cotas	29
Foto. 1 y Foto. 2	31
Foto. 3 y Foto. 4	32
BIBLIOGRAFIA	33
PLANO DEL PERFIL DEL TRAZO DE LA TUBERIA	

INTRODUCCION

La Forestal, F.C.L. es una federación de sociedades cooperativas de venta en común de productos forestales (fibra de lechuguilla y de palma), registrada en 1940 en la Secretaría de la Economía Nacional. Cuenta aproximadamente con 750 cooperativas y 50,000 socios.

Dichos socios son los ejidatarios y demás campesinos que se dedican a la recolección de fibra de lechuguilla y palma, y en los centros o núcleos de población dedicados a la "talla" - de dichas fibras, se encuentra una cooperativa, que es operada por uno de sus socios, quien se encarga de recolectar la fibra ya tallada y entregarla a los camiones de carga de la Forestal F.C.L. que la llevan a los centros donde ésta opera.

Esta federación de cooperativas trabaja únicamente con capital de sus socios (talladores), ya que no recibe ningún subsidio federal, y cuenta con cinco fábricas, en las que se industrializa la fibra. La Forestal opera en los Estados de Zatecas, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Coahuila en una extensión aproximada de 100,000 kilómetros cuadrados y con alturas desde 200 hasta más de 2,000 metros sobre el nivel del mar.

Una de las metas de trabajo de la Forestal F.C.L. consiste en la construcción de obras para beneficio de sus socios. - En este renglón, se realizan obras tendientes a mejorar la con

dición económica de aquellos y su bienestar social, contándose entre dichas obras las siguientes:

1. Obras para resolver problemas relacionados con la dotación de agua potable y para abrevadero, tales como aljibes, perforaciones, estanques y conducción y almacenamiento de agua de los manantiales.

2. Manejo de agostaderos mediante cercado de terrenos y construcción de aguajes y manejo de ganados.

3. Obras para riego que incluyen presas derivadoras y construcción de sistemas de riego por aniego o por bombeo.

Tales obras se realizan con el trabajo de los socios y la aportación de algunos organismos como Gobiernos Estatales y varias dependencias de las Secretaría de Agricultura y Ganadería y Salubridad y Asistencia.

Una de las obras a que se hace referencia y que atacó la Forestal F.C.L., y que desarrolló el autor de esta tesis, fue el proyecto y construcción de un sistema de conducción de agua por gravedad en la comunidad llamada Agüita del Rosario, en el Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

La mencionada comunidad dispone de un manantial situado en un cerro, a mayor altura que el centro del poblado y a distancia de 1 km de éste, de manera que los habitantes tenían el problema cotidiano del acarreo del agua para los usos domésticos. Por esta razón recurrieron al Gerente de la Forestal FCL en demanda de una obra que les resolviera el citado problema.

Esta es la obra que se describe aquí y se desarrolló hasta el cálculo de los costos del citado proyecto de conducción.

REVISION DE LITERATURA

Líneas de Conducción

Para transportar el agua desde la fuente de abastecimiento hasta los depósitos de regularización del sistema de distribución, se construyen lo que se llama líneas de conducción, en las cuales, desde el punto de vista técnico, se establecen dos tipos: (a) líneas de conducción por gravedad y (b) líneas de conducción por bombeo. De las primeras hay las dos clases siguientes:

1. Líneas de conducción de presión cero, cerradas o abiertas (canales), a las que se acostumbra llamar acueductos, principalmente cuando se construyen de mampostería.

2. Líneas de conducción a presión, constituidas principalmente por un sistema de tuberías, aún cuando pueden incluir túneles y sifones.

Las líneas de conducción por bombeo se construyen generalmente por un sistema de tubería a presión, aunque en algunos casos se establece un sistema combinado de tuberías y canales abiertos o cerrados. Esto depende esencialmente de las condiciones topográficas y geológicas del lugar (Leal Flores, 1965)

Capacidad de la Fuente de Agua y de la Línea de Conducción

La fuente de abastecimiento debe proporcionar toda el agua requerida por la población, siempre que la fuente tenga capacidad para la demanda máxima horaria, pues con frecuencia sucede

que sólo tiene capacidad para un promedio de varias horas del día de máximo consumo, o para la demanda media en el día de consumo máximo. También puede suceder, y esto es muy común, que la fuente solamente tenga capacidad para la demanda media anual.

En los casos de demanda media en el día de máximo consumo y de demanda media anual, la capacidad de la línea de conducción debiera ser por lo menos igual a la demanda media en el día de máximo consumo, requiriéndose en el caso de la demanda media anual un almacenamiento que regule las variaciones de la cantidad de agua disponible en la fuente de abastecimiento.

En los diferentes casos citados puede requerirse un estudio sobre inversión, costos de operación y de mantenimiento del sistema y aspectos peculiares de la localidad. Los factores principales que intervienen en el estudio pueden ser los siguientes:

- a) Calidad del agua
- b) Distancia del manantial al depósito regulador
- c) Características topográficas y geológicas de la zona
- d) Costo del sistema de bombeo
- e) Costo de la línea de conducción y obra de toma
- f) Costos de operación y mantenimiento

Materiales para Construir Líneas de Conducción

En el caso de canales para conducción de agua se pueden construir éstos con varios materiales como tierra, concreto, ladrillo, mampostería, recubrimiento asfáltico, barro, asbesto cemento, fierro, acero, etc., y en el caso de tuberías, teniendo en cuenta las presiones y diámetros pueden ser de lo siguiente:

Material	Límite de presiones de trabajo	Diámetros comunes
	kg/cm ²	cm
Concreto reforzado	3	60 a 150
Asbesto cemento	10 y más	5 a 100
Hierro fundido	10 "	7.5 a 45
Acero	30 "	1 a 500
Madera	1.5	100 a 300
Concreto prefabricado	12	25 a 150
Plástico	10	1 a 10

Pérdidas en las Tuberías

Cuando circula un líquido por un tubo sufre pérdidas en su energía, debiéndose estas pérdidas a las siguientes causas:

Pérdida mayor	Fricción
Pérdidas secundarias	Entrada
	Salida
	Súbito ensanchamiento del tubo
	Súbita contracción del tubo
	Obstrucciones en el tubo (válvulas, etc)
	Cambio de dirección en la circulación

Generalmente la pérdida más importante es la debida a la fricción, aunque en ciertos casos algunos de los otros factores pueden ser de importancia, y en otros incluso pueden no existir (Trueba Coronel, 1947). En cada caso particular los de mayor valor se denominan "pérdidas principales" o mayores; los de valores pequeños (que a veces pueden despreciarse) llámanse "pérdidas secundarias".

Pérdida de carga por fricción. Es una pérdida de carga - continua (h_{f1}) que asumimos ocurre en una proporción uniforme, a lo largo de un tubo derecho de diámetro y rugosidad constante. Cuando la tubería es de gran longitud, esta pérdida es la

principal y llega a ser tan grande que a veces pueden despre--
ciarse los demás factores, por ser comparativamente muy peque--
ños. Dice King (3) que "si la longitud de un tubo en cualquier
problema es de 500 diámetros, el error resultante, sin conside--
rar pérdidas de carga menores, ordinariamente no excederá del 5
por ciento; y si la longitud es de 1,000 diámetros o más, el --
efecto de las pérdidas de carga menores pueden usualmente consi--
derarse nulas".

La pérdida de carga por fricción (Addison, 1) que Trueba --
Coronel (5) llama de frotamiento, se representa por h_f , siendo --
un término homogéneo con los otros términos de la ecuación; es
decir, está valuado en metros o pies, según el sistema de unida--
des que se use. La pérdida de carga por fricción depende de --
los factores siguientes:

- a) El material de que esté construido el tubo (fierro, po--
lyducto HDP, concreto, etc.)
- b) El estado de la tubería. Si es vieja y hay incrusta--
ciones, la fricción es mayor que en los tubos nuevos.
- c) Longitud de la tubería
- d) Diámetro de la tubería
- e) Velocidad de circulación del agua en la tubería

De acuerdo con lo anterior, las leyes que rigen a la pérdi--
da de carga por fricción son: Primera, la pérdida es proporcio--
nal a la longitud (L) de la tubería; segunda, es inversamente --
proporcional al diámetro (D) del tubo; tercera, es directamente
proporcional a la carga de velocidad ($\frac{v^2}{2g}$).

Estas son las conocidas como leyes de Chezy y se engloba--
ron en una fórmula fundamental en el cálculo de tuberías. De --

acuerdo con estas leyes, y considerando además que la pérdida por fricción depende también del material y del estado de la tubería, se usa un coeficiente "f" que depende de estas dos condiciones. La siguiente fórmula es la de Chezy, modificada por Darcy:

$$hf = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

Esta es una fórmula empírica, es decir, el resultado de la experiencia, y por eso no puede demostrarse.

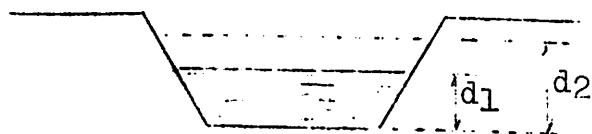
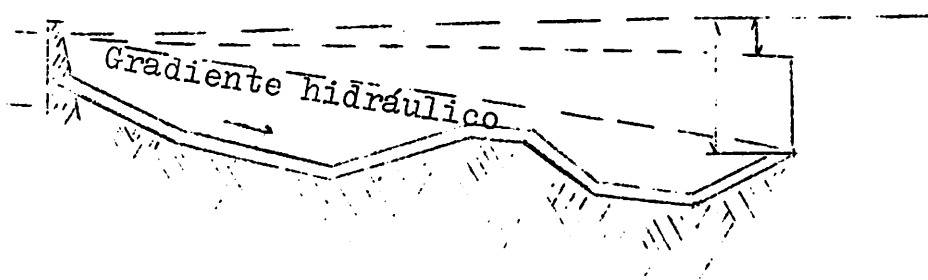
Tubos y Combinaciones de Tubos

Elección entre conducción cerrada y conducción abierta. Al proyectar una instalación que permita llevar el agua de un punto a otro, se comienza por escoger la clase de conducción, es decir, cerrada o abierta. Lo más frecuente es que no haya necesidad de hacer una elección premeditada y laboriosa; el ingeniero no tiene que perder mucho tiempo para decidir entre canal o tubo cuando tiene un criterio bien formado. Pero en casos que requieren una comparación seria de ambos tipos de sistemas de conducción, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

a) Tomando las precauciones necesarias puede llevarse una tubería a través del terreno sin preocuparse demasiado de las pendientes, adaptándola a las sinuosidades naturales del suelo. En cambio, los canales abiertos siempre deben estar en pendiente descendente. El lecho y el nivel del agua deben ser más o menos paralelos en todo su recorrido; cuando el ca-

nal no puede adaptarse a la configuración del suelo en algunos pasos, hay que construir un acueducto elevado para salvar las depresiones, o un túnel o trinchera para atravesar obstáculos o elevaciones.

b) En el caso de ser constante e inalterable la sección transversal de una conducción cerrada en un punto dado, el único modo de variar la velocidad de la corriente consistirá en modificar la pendiente virtual por estrangulación. Al disiparse en la válvula de salida el exceso de energía, se puede reducir la pendiente virtual de H/l a h/l y regular de este modo el gasto a voluntad. En un canal el gasto puede variar modificando el tirante hidráulico; por ejemplo, haciéndola pasar de d_2 a d_1 .



c) Por razones de resistencia y de más fácil construcción los tubos son por lo común de sección circular. En los canales hay que escoger entre gran variedad de formas de sección transversal.

d) La limitación de velocidad en los tubos depende muy escasamente del peligro de erosión de sus paredes interiores, al contrario de lo que sucede en los canales. En cambio, en la tubería a presión siempre existe la amenaza de daños por el golpe de ariete, lo cual no ocurre en los canales.

El golpe de ariete es un factor muy importante para determinar qué clase de tubería se debe usar (1). Al cerrarse una válvula en un tubo por donde fluye el agua a determinada velocidad, al quedar aquélla en reposo en la válvula su velocidad se convierte en presión, la cual comprime al agua y expande las paredes del tubo. Esto es lo que en la práctica se llama golpe de ariete.

Este proceso continúa a lo largo de la línea, hasta llegar a su extremo, produciéndose una onda de presión cuya velocidad es importante para la determinación del valor de la sobrepresión.

La velocidad máxima de esta onda es igual a la velocidad de transmisión del sonido en el líquido que llena el tubo. Conocidas las propiedades elásticas de las paredes del mismo y el grado de compresibilidad del agua, puede establecerse una fórmula para el cálculo de la sobrepresión en diferentes tubos y

redes, como sigue:

$$h = \frac{145 V}{1 + \frac{K.D}{E.e}}$$

en la que:

h = sobrepresión máxima producida por el cierre de la válvula, en metros de columna
 V = velocidad del agua en el tubo, en metros por segundo
 K = módulo de elasticidad del agua (20.67 kg/cm²)
 E = módulo de elasticidad de las paredes del tubo (para el poliducto HDP a 25° C es de 1,335 kg/cm²)
 D = diámetro interior del tubo, en centímetros
 e = espesor de las paredes del tubo, en centímetros

Cuando la elección definitiva está sometida a consideraciones de tipo económico, se sabe que mientras mayor sea el volumen del agua más indicada es la construcción de canales que la de tubería. En acueducto que se extienda en varios kilómetros presenta grandes ventajas un sistema mixto; esto es, tramos de tubería alternados con tramos de canal, según sean las características del terreno de que se trate.

Consideraciones Generales sobre Tuberías

1. Resistencia mecánica. Es la primera cualidad que se exige a un tubo; que no se reviente, ni se rompa, ni se agriete. El espesor de sus paredes ha de ser, por lo tanto, suficiente para poder resistir:

a) Las tensiones perpendiculares a las paredes, que son las que más se tienen en cuenta y con más facilidad se calculan.

b) La tensión perpendicular producida por una presión -

externa excesiva, o cuando se forma una presión negativa dentro del tubo.

c) La tensión longitudinal resultante de la resistencia al rozamiento del líquido con la superficie interna del tubo. Es paradójico que, aún cuando casi todas las fórmulas relativas a las corrientes hidráulicas se fundan en un estudio de esta fuerza longitudinal, esta misma fuerza, en sí, no se calcula nunca directamente al proyectar una instalación de tubería.

d) Empuje estático y empuje dinámico en los codos y curvas de los tubos.

e) Las tensiones, a veces indeterminadas, causadas por: (1) el peso del propio tubo cuando el terreno en que se apoya es demasiado pendiente; (2) dilataciones y contracciones térmicas; (3) poco cuidado en el transporte hasta el terreno y (4) aplastamientos y deformaciones producidas por el tránsito pesado sobre un tubo enterrado bajo el piso de una calle o carretera, o por movimiento de tierra, etc.

2. Resistencia a la corrosión. Si el material de que está constituida la tubería (paredes) se desgasta por efecto de corrosión química o de acciones electrolíticas, o se pica en algunos sitios por cavitación, el resultado será tanto más desastroso cuanto menor sea el espesor del tubo. Para disminuir o eliminar la corrosión exterior se protegen los tubos de fierro o de acero con una capa de asfalto de varias clases cemento o zinc. Si el tubo va colocado sobre terreno salobre,

tal protección es casi tan importante por fuera como por dentro del tubo.

3. Resistencia hidráulica. La resistencia que opone un tubo a la corriente líquida se expresa en función de la pérdida de carga. Con mucha frecuencia se fija de antemano el valor de la pérdida de carga por fricción, como cuando pasa el agua por su propio peso desde un depósito a una torre de distribución, salvando una distancia vertical (H). En todo caso, debe procurarse que la pendiente total de carga sea la menor posible para lo cual hay que proyectar la conducción de modo que la pérdida por fricción, para el gasto calculado, sea exactamente igual a H . Si se tratase de un depósito de nivel muy alto, se podrían producir velocidades muy elevadas en la tubería; en este caso sería necesario anular el exceso de energía estrangulando a la corriente mediante una válvula.

Por otra parte, cuando hay que elevar el agua por medio de bomba a un depósito por un tubo ascendente, la pérdida por fricción es una cuestión de criterio que puede fijarse arbitrariamente, de acuerdo con las exigencias económicas. La carga de fricción h_f , que depende de la longitud de la tubería y de las condiciones generales antes expuestas, puede alcanzar del 2 al 50 por ciento o más de la carga estática. Análogamente, en las instalaciones hidroeléctricas de mucha carga, es necesario establecer una relación razonable entre el costo excesivo de la tubería y la pérdida de energía causada por la fricción en el

interior de los tubos. En tuberías de poca longitud la carga de fricción no excede, a veces, del 1 por ciento de la carga estática, y aún en tuberías de varios kilómetros de longitud, raramente excede del 10 por ciento.

De lo expuesto se deduce que hay que estudiar bastante, de acuerdo con lo que se trate, antes de resolver las cuestiones siguientes: diámetro de los tubos, clase de tubería y espesor de paredes que más convengan para cierto grado o cantidad de líquido, con una pérdida de fricción determinada. Generalmente los fabricantes de las diversas clases de tubería especifican la resistencia de trabajo de sus tuberías. (En nuestro caso esta resistencia es de 10 kg/cm²).

Tubería Plástica

Actualmente está teniendo numerosas aplicaciones la tubería hecha de materiales plásticos, por las muchas ventajas que ofrece en la práctica. En el comercio existen diferentes clases o marcas, siendo una de ellas la llamada "Polyducto HDP" (Asbestos de México, S. A.). Esta clase de tubos se usa para conducción de líquidos, principalmente agua a presión, y sobre todo en líneas subterráneas para redes municipales o industriales, o bien para sistemas de riego.

El "polyducto HDP" es un tubo flexible obtenido por extrusión de polietileno de alta densidad plástico virgen, y presenta las siguientes ventajas, según sus fabricantes y según lo observado en la práctica:

- a) Resistencia a la corrosión
- b) Instalación sencilla y económica
- c) Ligereza de peso y fácil transporte
- d) Alto escurrimiento, 15-40 por ciento superior al acero
- e) Es dieléctrico
- f) Poca conductividad térmica
- g) Inatacable por corrosión electrolítica
- h) Facilidad de corte
- i) Flexibilidad

Los casos en que debe considerarse la conveniencia de utilizar "polyducto HDP" son los siguientes: (1) cuando es un problema la corrosión, ya sea dentro del tubo o por agentes externos; (2) cuando el plástico es menos caro que el material que se esté usando; (3) cuando la facilidad de instalación hace a ésta más simplificada y más barata; (4) cuando es necesario reducir al mínimo las pérdidas por fricción, y (5) cuando es inadmisible la contaminación, por ser exigencia del producto una máxima pureza.

Además, como el "polyducto HDP" se presenta en rollos o en tramos rectos de poco peso, resulta muy cómodo su transporte, aparte de que se puede cortar fácilmente con cualquier sierra para madera o metales, y los tubos de poco diámetro pueden cortarse simplemente con un cuchillo.

Esta fue la clase de tubería que se esogió para el presente trabajo, habiendo tenido muy en cuenta su costo, pues si se hace un análisis económico de la tubería de fierro galvanizado y del "polyducto HDP", se observa que la primera es más cara, como se indica en el cuadro siguiente:

Costo de la tubería por metro lineal,
instalada, probada y puesta en la zanja

Fierro galvanizado	\$ 6.15
Polyducto "HDP"	2.27

Ahorro en la tubería por metro de "poly- ducto HDP"	\$ 3.88

PROCEDIMIENTO

Cálculo de la Tubería

Después de tener conocimiento de que la comunidad denominada Agüita del Rosario, del Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, cuenta con un manantial que puede ser una solución del problema para abastecimiento de agua de los habitantes de dicha comunidad, se tuvieron en cuenta las consideraciones siguientes:

La mencionada comunidad está formada por 12 familias, con un total de 50 personas cuya única fuente de ingresos es la explotación de la fibra de lechuguilla, a la que se dedican 15 personas, y la de pequeñas superficies de tierra con cultivo de maíz de temporal y árboles frutales.

El manantial mencionado, única fuente de agua de la comunidad, se encuentra en la parte alta de un cerro distante un kilómetro del centro del poblado, lo que hacía muy laborioso el acarreo del agua. En vista de esto se le solicitó al Gerente de la Forestal F.C.L. una obra para bajar en forma más práctica el agua, y habiendo sido escuchada esta solicitud se inició el estudio de la obra requerida, en los primeros días del mes de julio de 1966. De acuerdo con dicho estudio se resolvió que la forma más indicada era bajar el agua por gravedad hasta el centro del poblado, y para ello se procedió a lo siguiente:

1. Cálculo de la demanda de agua para la comunidad. El consumo para las zonas rurales, ya sea que el agua se distribuya con bombeo, a mano, o por hidrantes públicos, es de 25 litros

por habitante por día. Este valor puede considerarse adecuado, cuando se proyecta una instalación en una localidad en la cual no existe un sistema de abastecimiento. La cantidad de agua indicada incluye pérdidas por fuga y desperdicios, siempre que estén dentro de límites razonables (4).

La demanda de agua calculada para la comunidad fue de 1250 litros por día para 50 personas.

2. Tomando en cuenta o como base que la demanda actual de agua es de 1,250 litros por día, se procedió a calcular el gasto del manantial para ver si satisfacía esta demanda. El gasto se calculó por el método directo, es decir, por medio de un recipiente graduado. Se hicieron varias lecturas y se sacó el promedio de ellas, con un resultado de .1305 lts/seg. Este gasto cubre sobradamente la demanda de la comunidad.

3. Posibilidad de construir un sistema de conducción por gravedad. Se pensó en la posibilidad de construir un sistema de conducción por gravedad, y para esto se corrió una nivelación para conocer la diferencia de niveles. Dicha nivelación (combinación de francesa y americana), se hizo con nivel fijo y cinta métrica, desde el manantial hasta el centro del poblado, y se llegó a la conclusión de que sí era posible construir dicho sistema por gravedad.

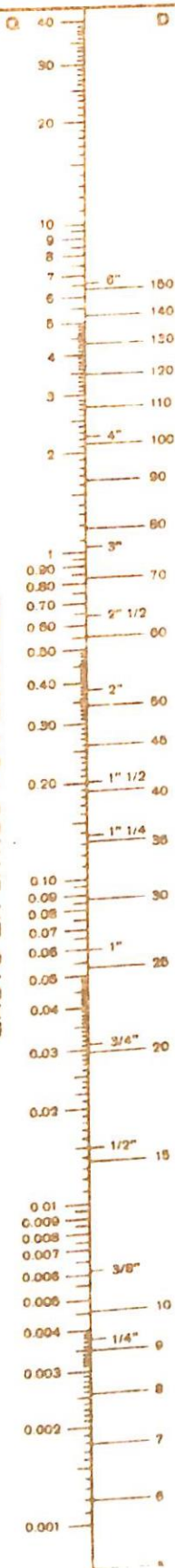
4. Análisis y selección del sistema adecuado (tubería o canal). El siguiente paso fue seleccionar la forma de conducción del agua desde el manantial al poblado. Como el gasto es

muy pequeño se desechó la conducción por canal, por el problema de la evaporación y la infiltración, además de tener la desventaja de su elevado costo. Entonces se consideró que la mejor forma era conducir el agua por tubería.

5. Análisis y selección de la clase de tubería. El paso siguiente fue hacer un análisis para la selección de la clase de tubo que se debería usar, y para ello se tomó en cuenta el tubo de fierro galvanizado y el tubo plástico de polietileno - "polyducto HDP". Primeramente se consideraron los costos, encontrando que el metro lineal de la tubería de fierro galvanizado, instalada, probada y puesta sobre la zanja, cuesta \$ 6.15 y el metro de "polyducto HDP" cuesta \$ 2.27. Así, por razón de su menor costo, se seleccionó la tubería de "polyducto HDP" que presenta además las siguientes ventajas: Es resistente a la corrosión; su instalación es más sencilla y económica; es de más fácil transporte por su ligereza y poco peso; posee un alto escurrimiento entre 15 y 40 por ciento mayor que el del acero; es fácil de cortar, de gran flexibilidad y no se rompe al congelarse el agua en su interior.

6. Cálculo del diámetro apropiado. Después de hacer el referido análisis y decidir hacer la tubería de "polyducto HDP" y partiendo de que conocemos la longitud (L) de la tubería, la carga (H) y el gasto a conducir (Q), se usó un nomograma de la fórmula de Manning para tubería de "polyducto HDP", para determinar el diámetro económico que se necesita usar.

GASTO EN LITROS POR SEGUNDO



DIAMETRO DEL TUBO EN PULGADAS Y MILIMETROS

LINEA DE BASE



EJEMPLO:

Se desea calcular el diámetro necesario para conducir 2 litros/segundo en una línea de 900 metros lineales y se dispone de una carga de 20 metros de columna de agua.

Uniendo "Q" y "L" por medio de una recta, se tiene sobre la línea de base el punto "a", a continuación se traza una recta que partiendo del eje "H" y pasando por "a" corta al eje "D" en 2. Este es el diámetro a emplear.

Similarmen te conociendo D, L y H se encuentra Q ó conocidos Q, L y D se halla H.

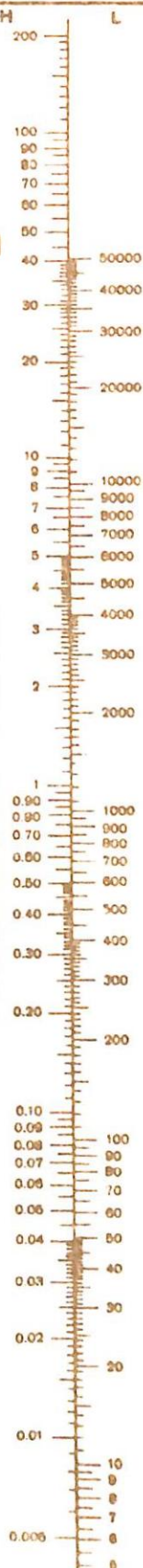
NOMOGRAMA de la fórmula de R. MANNING para tubería de plástico

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{8/3} H^{1/2} L^{1/2} ; n = 0.009$$

CLAVE



PERDIDA DE CARGA EN METROS



LONGITUD EN METROS

Sabiendo que se necesita un gasto diario de 1,250 litros - de agua, o sea un gasto de .0145 lts/seg., con el nomograma se calculó un diámetro menor del que se consigue en el mercado. -- Por tal motivo se escogió un diámetro de 10 mm (que corresponde a un diámetro real de 12 mm). Este es el diámetro más pequeño que fabrica Asbestos de México, S. A., y es de clase 10, lo que quiere decir que su presión de trabajo es de 10 kg/cm², o columna de agua de 100 metros.

Como la comunidad no tiene un núcleo bien definido o punto estratégico a donde puedan ir a tomar agua por medio de un solo hidrante, se pensó poner dos, colocados estratégicamente, de tal manera que no resultase mucho el esfuerzo para el acarreo.

7. Cálculo del gasto por medio de la fórmula de Manning.-

La nomenclatura que aquí se usa es como sigue:

L = longitud de la tubería en metros
 H_f = pérdida de carga por fricción en la longitud L
 D = diámetro inferior de la tubería en metros
 V = velocidad media del agua, en metros por segundo
 A = área de la sección en metros cuadrados
 Q = AV = gasto, en metros cúbicos por segundo
 P_m = perímetro mojado = 3.1416 D, completamente lleno
 R = radio hidráulico = A/P_m = D/4
 n = coeficiente de rugosidad
 H = carga, en metros

Datos para el Hidrante B

L = 693.91 m
 D nominal = 10 mm
 D real = 12 mm
 H = 51.865 m
 n = .009

$$S = \frac{51.865 \text{ m}}{693.91 \text{ m}} = .0747$$

$$A = \frac{(3.1416)(.012 \text{ m})^2}{4} = .000113 \text{ m}^2$$

$$P_m = 3.1416 \times .012 \text{ m} = .0377 \text{ m}$$

$$R = \frac{.00013 \text{ m}^2}{.0377 \text{ m}} = .003 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{.009} \sqrt[3]{(.003)^2} \sqrt{.0747}$$

$$= .633 \text{ m/seg}$$

$$Q = (.633 \text{ m/seg})(.000113 \text{ m}^2)$$

$$= .0715 \text{ lts/seg}$$

Datos para el Hidrante C

$$L = 856.41 \text{ m}$$

$$D_{\text{real}} = .012 \text{ m}$$

$$H = 55.042 \text{ m}$$

$$n = .009$$

$$A = .000113 \text{ m}^2$$

$$P_m = .0377 \text{ m}$$

$$R = .003 \text{ m}$$

$$S = \frac{55.042 \text{ m}}{856.41 \text{ m}} = .0643$$

$$V = \frac{1}{.009} \sqrt[3]{(.003)^2} \sqrt{.0643}$$

$$= .587 \text{ m/seg}$$

$$Q = (.587 \text{ m/seg})(.000113 \text{ m}^2)$$

$$= .0663 \text{ lts/seg.}$$

8. Cálculo del gasto de los hidrantes B y C trabajando si simultáneamente. El referido cálculo se resolvió por el método - de tanteos propuesto por King (3), y haciendo uso del nomograma de Manning para tubería plástica (ver nomograma anexo).

Conociendo las longitudes (L_1 , L_2 y L_3) y el diámetro (D), y asumiendo valores para H_{f1} en el punto (P), se pueden deducir H_{f2} y H_{f3} . Con estos datos se puede calcular el gasto en los - dos hidrantes cuando están trabajando simultáneamente (ver el - Plano del Perfil).

Descripción de la Construcción de la Obra

Como la toma estaba descubierta concurrían los animales a - tomar agua, y además, como la misma se encuentra en la depresión de un cerro, con la lluvia eran acarreados muchos materiales - que ocasionaban la contaminación del agua, procediendo a tapar el manantial y se cercó (foto. 1).

Solamente se dejó la salida de un tubo de fierro de 1 pulgada, y de una longitud de 6.40 metros. El tubo que se usó era de fierro, pues por la naturaleza del terreno (tepetate) no podía enterrarse el tubo de "polyducto HDP".

Como el referido tubo podía obstruirse por materiales acarreados, se previó esto poniendo en la toma una coladera hecha con un trozo de tubo de "polyducto HDP", al cual, con un pica-hielo caliente se le hicieron varias pequeñas perforaciones.- Además, calentando este trozo de tubo en un extremo se presionó de manera que se cerrara completamente, y el otro extremo se -

conectó con el tubo de fierro quedando fuera del muro, con una tuerca de unión para facilitar la desconexión en caso necesario.

En el extremo del tubo de fierro se colocó un registro, con una coladera igual a la descrita, de donde sale el tubo de "polyducto HDP", enterrado en una zanja de 40 cm de profundidad y por 30 cm de ancho, que se tapó con tierra.

A una distancia de 7.60 metros del registro se construyó una pila de mampostería revestida de cemento de 2.8 x 2.80 m, de 1.0 m de profundidad. Por fuera de la pila y en su base hubo necesidad de hacer conexiones de fierro para colocar un vertedor para el exceso de agua cuando los hidrantes se encuentran llenos. Esta agua es derramada en la pila y se utiliza para dar de beber a los animales y para regar pequeños huertos frutales (foto. 2).

En el trayecto del registro al vertedor se colocó una válvula para suspender el flujo y para protección contra cualquier colapso de la tubería.

Se volvió a conectar el "polyducto HDP" y en su trayecto se encontraron dos arroyos por donde tenía que pasar el tubo. Como en estos pasos no se podía enterrar éste, se construyeron en los lugares apropiados de los arroyos dos pilares de mampostería en cada uno de éstos para sostener los tubos, los cuales se usaron de fierro negro que se desechan en la fábrica debido a que están hendidos longitudinalmente. Por estos

tubos se introdujo el "polyducto HDP", para protegerlo de daños físicos (foto. 3).

Tratando siempre de que el costo de la obra fuera el menor posible, se usó esta clase de tubería, que es muy barata, pero se tuvo el problema de que estos tubos no tienen rosca, de manera que, para conectar los trozos se usó un pedazo de tubo de 30 cm de la misma calidad, pero del diámetro inmediato superior para cada conexión. De este modo se conectaron los tubos, simplemente soldando a 15 cm del extremo de un tubo uno de estos coples, e insertando el extremo del otro tubo por conectar. - Además, esta tubería negra se pintó con pintura bituminosa de aluminio, que refleja el 75 por ciento de la energía solar.

Como el golpe de ariete es un factor de mucha importancia en tuberías, se procedió a calcularlo:

Golpe de ariete en el hidrante B.

$$\begin{aligned} V &= .633 \text{ m/seg} \\ D \text{ real} &= 1.2 \text{ cm} \\ K &= 20.67 \text{ kg/cm}^2 \\ E &= 1355 \text{ kg/cm}^2 \\ e &= 1.7 \text{ mm} = .17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$h = \frac{145 \times V}{1 + \frac{K \cdot D}{E \cdot e}}$$

$$h = \frac{145 \times .633}{1 + \frac{20.67 \times 1.2}{1355 \times .17}}$$

$$= 86.91 \text{ m de columna de agua}$$

Como se puede ver, esta sobrepresión máxima es elevada, - pero no lo suficiente para causar daño en la tubería, ya que -

la presión de ruptura del "polyducto HDP" de clase 10, es de - 30 a 40 kg/cm². De todas maneras, para disminuir aún más los riesgos por el golpe de ariete, se colocaron válvulas de flotador en las descargas de los tubos para disminuir lentamente la velocidad.

Los hidrantes poseen dos tomas, con llaves terminales colocadas a 10 cm del piso para evitar el acarreo de sedimentos, y aprovechar las cargas disponibles. En su parte inferior los hidrantes tienen una salida para lavarlos y desalojar los sedimentos que pudieran depositarse en el fondo.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo ilustra la necesidad imperiosa en el medio rural de la región, de contar con la aplicación de -- principios científicos para la solución de los problemas prácticos de importancia vital para los campesinos, como es el del agua para usos domésticos.

2. Este era el problema que tenían los pobladores de la comunidad Agüita del Rosario, del Municipio de Ramos Arizpe, - Coahuila, el cual les fue resuelto mediante la proyección y la construcción de un sistema de conducción de agua potable, cuyo costo no fue mayor de \$ 4,400.00.

3. Esto hace pensar que los propios recursos de las comunidades rurales deben servir de base para financiar las obras_ necesarias para su desarrollo. En el presente caso el trabajo de los campesinos y la cooperación de La Forestal F.C.L. fue-- ron suficientes para resolver totalmente el problema del agua antes mencionado. El método de ataque resultó eficiente, tan_ to desde el punto de vista económico como educativo.

4. Es interesante anotar los buenos resultados de un - producto eficiente y barato, como lo es el poliducto hecho en México, que ahora hace factible la construcción de obras que, si se hubiera usado tubería de fierro, resultarían más costosas.

Anexo 1

Costo del Proyecto de Conducción de Agua por Gravedad en la
Comunidad Agüita del Rosario, Municipio de Ramos Arizpe, Coah.

912 m. "Polyducto HDP" de 10 mm (precio especial)	\$ 1.70	\$ 1,550.40
24 abrazaderas acero inoxidable, 10 mm ..	6.00	144.00
1 reducción campana galv. 25 a 19 mm ...	5.50	5.50
1 reducción campana galv. 19 a 13 mm ...	4.55	4.55
2 válvulas tinacc 13 mm, completas	50.00	100.00
2 válvulas de paso, de 13 mm	19.00	38.00
1 válvula de paso, de 19 mm	23.00	23.00
1 niple negro 38 mm x 3.20 m.	67.20	67.20
1 niple negro 38 mm x 0.80 m.	16.80	16.80
2 niples galv. 13 x 152 mm	1.65	3.30
1 niple galv. 13 mm x 1.30 m.	12.00	12.00
1 niple galv. 13 mm x 1.40 m.	12.60	12.60
1 niple galv. 13 mm x 0.75 m.	8.60	8.60
1 niple galv. 13 mm x 0.50 m.	7.10	7.10
2 niples galv. 13 mm x 0.40 m.	6.45	12.90
2 niples galv. 13 mm x 51 mm	0.55	1.10
2 niples galv. 13 mm x 0.20 m.	1.60	3.20
2 niples galv. 19 mm x 51 mm	0.55	1.10
1 niple galv. 10 mm x 25 mm	0.40	0.40
2 niples galv. 13 mm x 0.73 m.	4.25	8.50
2 niples galv. 13 mm x 101 mm	0.80	1.60
3 tuercas unión galv., 13 mm	8.90	26.70
2 "T" galv. de 13 mm	2.70	5.40
2 llaves de nariz de 13 mm	13.25	26.50
3 coples galv. de 13 mm	1.25	6.25
2 codos galv. 13 mm de 90°	2.75	5.50
2 codos galv. 13 mm de 45°	3.00	6.00
2 tapones machos galv. 13 mm	1.65	3.30
3 coples galv. 38 mm	3.70	11.10
1 reducción galv. 13 a 10 mm	3.80	3.80
1 conexión de campana de 10 mm	3.80	3.80
2 reducciones campana bronce 13 a 5 mm..	2.90	5.80
1 "T" de cobre de 10 mm	12.00	12.00
1 niple de cobre de 10 mm x 63 mm	12.00	12.00
9 niples de cobre de 10 mm x 101 mm ...	3.50	31.50
1 cople de bronce de 10 mm	4.50	4.50
1 metro de tubo de coladera	15.00	15.00
6.4 metros tubo galv. 25 mm	12.15	77.75
1 niple galv. 25 mm x 0.50 m	10.00	10.00
1 niple galv. 25 mm x 0.30 m	6.00	6.00
		\$ 2,294.75

Anterior		\$ 2,294.75
3.28 metros tubo galv. de 13 mm	6.15	20.17
1 cople galv. 25 mm	2.15	2.15
4 codos galv. 25 mm de 90°	3.60	14.40
1 reducción bushing 25 a 13 mm ...	3.15	3.15
1 reducción bushing 13 a 6 mm ...	2.30	2.30
2 niples galv. 25 a 127 mm	2.75	5.50
1 válvula de globo de 25 mm	47.00	47.00
3 manómetros 11 kg/cm2	42.00	126.00
1 "T" galv. de 25 mm	6.80	6.80
1 niple galv. 25 x 127 mm	2.00	2.00
1 tuerca unión de 25 mm	15.55	15.55
1 transición inserción 12-N 25 mm	5.10	5.10
Instalación		850.00
Asistencia técnica		1,000.00
Total ...		\$ 4,394.87
(Cuatro mil trescientos noventa y cuatro pesos 87/100)		

Anexo 2

Cotas

E. P.V	Lectura atrás +	Altura aparato	Lectura intermedia -	Lectura extrema -	Cotas
Toma BN	0.480	100.480			100.00
0+ 14.00			2.324		98.156
Apoyo	0.455	97.595		3.340	97.140
0+ 34.00			2.350		95.245
0+ 54.00	0.710	95.175		3.130	94.465
0+ 74.00			1.640		93.535
0+ 94.00			2.890		92.285
0+114.00	0.380	91.865		3.690	91.485
0+134.00			0.880		90.985
0+154.00			2.020		89.845
0+174.00			2.810		89.055
0+194.00	0.050	87.945		3.970	87.895
0+214.00			1.360		86.585
0+234.00			2.225		85.690
0+254.00	0.850	85.125		3.670	84.275
0+274.00			1.430		83.695
0+294.00			1.960		83.165
0+314.00	0.845	82.760		3.210	81.915
0+334.00			1.727		81.033
0+354.00			2.660		80.100
0+374.00	0.790	79.740		3.810	78.950
Apoyo	1.380	77.190		3.930	75.810
0+394.00			2.490		74.700
Apoyo	0.860	74.100		3.950	73.240
Apoyo	0.445	70.635		3.910	70.190
0+414.00			2.520		68.115
Apoyo	0.745	67.410		3.970	66.665
0+427.00			1.480		65.930 a
0+432.45			1.460		65.950 b
Apoyo	1.200	66.690		1.920	65.490
0+452.45			1.275		65.415
0+472.45			2.110		64.580
0+476.61			2.210		64.480 c
0+480.91			2.380		64.310 d
0+500.91	1.250	64.640		3.300	63.390
0+520.91			2.337		62.303
0+540.91	0.315	61.574		3.381	61.259
0+560.91			1.541		60.033
0+580.91			2.535		59.039
0+600.91			3.300		58.274

E. P.V	Lectura atrás +	Altura aparato	Lectura intermedia -	Lectura extrema -	Cotas
0+616.41	0.514	58.348		3.740	57.834 e
0+636.41			1.241		57.103
0+656.41			1.566		56.782
0+676.41	0.340	55.202		3.485	54.863
0+696.41			1.485		53.718
0+716.41	0.630	52.983		2.850	52.353
0+736.41			1.955		51.028
0+756.41	1.280	50.563		3.700	49.283
0+776.41	0.480	48.697		2.346	48.217
0+796.41			2.274		46.422
0+816.41	1.560	46.883		3.374	45.323
0+836.41			2.573		44.310
0+856.41				1.925	44.958
Suma	15.559			70.601	
Ramal					
0+616.41	0.905	58.739			57.834
Apoyo	0.595	55.594		3.740	54.999
Apoyo	0.500	52.275		3.819	51.775
0+636.41			3.140		49.135
Apoyo	0.918	49.485		3.708	48.567
0+656.41			2.135		47.350
0+676.41			3.146		46.339
0+693.91				1.350	48.135
Suma	2.918			12.617	

a, b, c, d = pilares
e = ramal



Foto. 1. Manantial



Foto. 2. Pila y verte
dor.

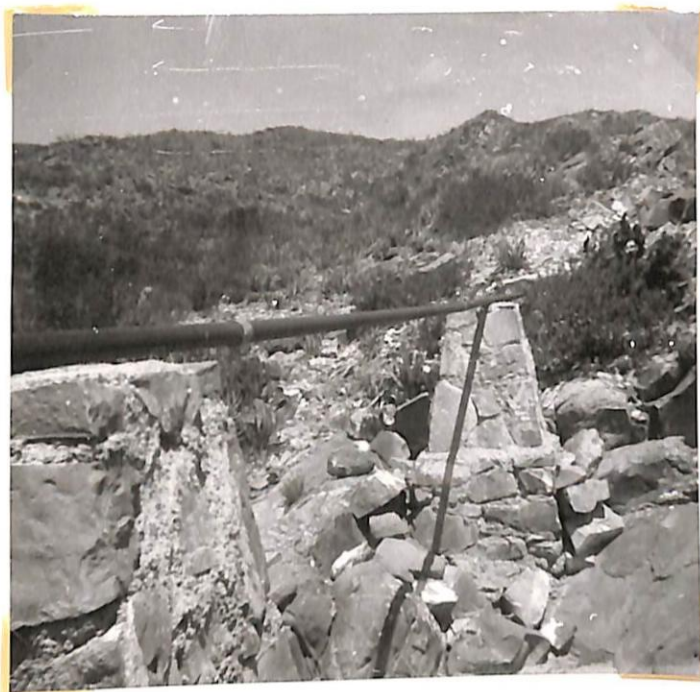


Foto. 3. Pilares
para los pasos.



Foto. 4. Hidrante

BIBLIOGRAFIA

1. Addison, H. 1954. Tratado de Hidráulica Aplicada. Editorial Gustavo Gili, S. A. Barcelona.
2. Asbestos de México, S. A. 1964. Tubería plástica "Polyducto HDP". Catálogo No. 7.
3. King, H. W. 1957. Hydraulics.
4. Leal Flores, H. U. 1965. Líneas de conducción y sistemas de distribución de agua. En "Curso intensivo sobre Abastecimiento y Distribución de Agua. Universidad de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Civil Escuela Post-Graduados, III.
5. Trueba Coronel, S. 1947. Hidráulica. Norgis Editores, S. A., México, D. F.