

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

Incorporación No. 8727-15

a la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

REVISIÓN DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE LA TAMACUA-COLONIA EMILIANO ZAPATA DEL MUNICIPIO DE TARETAN, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Jonathan León Huerta

Asesor: I.C. Anastacio Blanco Simiano

Uruapan, Michoacán, marzo del 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Introducción

Antecedentes	1
Planteamiento del problema	3
Objetivos	5
Pregunta de investigación	7
Justificación	7
Marco de referencia	8

Capítulo 1. Líneas de conducción de agua

1.1. Definición de línea de conducción	9
1.2. Tipos de líneas de conducción	9
1.2.1. Líneas de conducción por gravedad	10
1.2.2. Líneas de conducción por bombeo	10
1.3. Tipos de tubería que existen	11
1.3.1. Tubería de acero	12
1.3.2. Tubería de policloruro de vinilo	19
1.3.3. Tubería de polietileno	22
1.3.4. Tubería de fibrocemento	24
1.4. Piezas especiales	27
1.5. Pérdidas	32
1.5.1. Fricción	33
1.5.2. Cambios de dirección	35
1.6. Velocidad máxima y mínima	37

Capítulo 2. Datos básicos para el diseño de una línea de conducción

2.1. Población de proyecto	39
2.1.1. Métodos de proyección de crecimiento poblacional	40
2.1.1.1. Método de crecimiento por comparación	40
2.1.1.2. Método de crecimiento por mínimos cuadrados	41
2.2. Dotación	46
2.3. Periodo de diseño	47
2.3.1. Vida útil	48
2.4. Coeficientes de variación	49
2.4.1. Coeficiente de variación diaria	50
2.4.2. Coeficiente de variación horaria	51
2.5. Gastos de diseño	51
2.5.1. Gasto medio diario	52
2.5.2. Gasto máximo diario	52
2.5.3. Gasto máximo horario	52
2.6 Consideraciones para la construcción	53

Capítulo 3. Resumen ejecutivo de macro y micro localización

3.1. Generalidades	55
3.2. Resumen ejecutivo	55
3.3. Entorno geográfico	57
3.4. Informe fotográfico	63
3.5. Estudio de la población	67
3.6. Alternativas de solución	68

Capítulo 4. Metodología

4.1. Método empleado	70
4.2. Enfoque de la investigación	71
4.3. Diseño de la investigación	72
4.4. Instrumentos de recopilación de datos	73
4.5. Descripción del procedimiento de la investigación	74

Capítulo 5. Análisis e interpretación de resultados

5.1. Cálculo de la población de proyecto	76
5.2. Cálculo del gasto de diseño y diámetro adecuado	82
5.3. Cálculo de la línea piezométrica	86
5.4. Análisis de resultados	89

Conclusión	92
-------------------	----

Bibliografía	95
---------------------	----

Anexos

Anexo 1 Poligonal de la trayectoria del trazo	97
Anexo 2 Perfil de la trayectoria del trazo i línea piezométrica	98
Anexo 3 Diagrama de Moody	99

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Desde los orígenes de las civilizaciones antiguas la importancia de contar con el vital líquido para consumo humano, ha sido un factor que interviene directamente en el desarrollo de estas, es por eso que el suministro constante de agua para consumo humano es una de las principales preocupaciones de los gobernantes.

Las líneas de conducción de agua potable son aquellos dispositivos por medio de los cuales se abastece del vital líquido a una comunidad, llámese colonia, pueblo o ciudad, dichos dispositivos debe de contar con un buen diseño para cumplir su objetivo y satisfacer todas las necesidades de cada comunidad en particular, aprovechando al máximo el recurso hidráulico.

En la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C. existen dos estudios con temas relativos a la conducción de agua:

El primero es el que presenta Silva Chacón, Roberto, 2007 y se titula "Mantenimiento a canales de conducción para la generación de energía Eléctrica" y trata de el mantenimiento de canales de conducción de agua, con la finalidad de obtener el mejor desempeño de las estructuras, retirando azolve que obstruye la capacidad de conducción, aplicando revestimientos que impidan filtraciones, retirando maleza y basura del perímetro mojado de los canales que reducen la velocidad y por ende el gasto de conducción.

El segundo lo presenta Gómez Poma, Pedro, 1998, titulado “Conducción entubada de distritos de riego” en el cual el objetivo es: La conducción entubada para distritos de riego tiene como objetivo el mejor aprovechamiento del agua evitando perdidaza de esta por infiltración y evaporación, además distribuir el liquido en una forma mas equitativa entre parcelas.

Debido a que ninguna de las dos investigaciones trata la conducción por gravedad de agua potable, entubada desde un manantial hasta el deposito de regulación de una población, el cual es el objeto del presente estudio, con el cual se pretenden aportar datos que sirvan como antecedente a siguientes investigaciones y a poblaciones que no cuenten con este servicio quienes son los principales interesados en tener un proyecto eficiente.

Planteamiento del problema

Desde sus inicios en el año 1988 hasta el 2004, la colonia Emiliano Zapata y asentamientos aledaños, del Municipio de Taretan, Michoacán, contaban con una línea de conducción que suministraba agua potable desde un pozo y que se encuentra a 300 metros, del tanque de regulación, ubicado en la parte mas alta de dicha colonia, la conducción del liquido se realizaba por bombeo, conduciendo un gasto por periodos de tiempo que se fueron incrementando gradualmente, iniciando por periodos de tres horas diarias en el año 1988, y para el año 2000 los lapsos tiempo del bombeo, no fueron menores a catorce horas diariamente. El volumen y gasto suministrado fue suficiente hasta el año 2000, cuando la colonia estaba habitada en un 40%, sin embargo, en los siguientes años el crecimiento demográfico se vio reflejado en el porcentaje de ocupación de esta colonia, alcanzando el 80% de ocupación en el año 2004, motivo por el cual el suministro de agua se convirtió en un problema, debido a que aun con el bombeo de continuo fue necesario dosificar la dotación a los habitantes alternando el suministro diario en dos sectores, mismos en los que se encuentra dividida red general de distribución de la colonia.

Siendo un problema el suministro de agua, que no se puede satisfacer aumentando el tiempo diario de bombeo, debido a que el afluente es un pozo somero que se encuentra sobreexplotado, el impacto económico que esto ocasiona a los habitantes del lugar se convirtió en el problema de fondo, ocasionado por el alto consumo de energía eléctrica de la estación de bombeo,

elevando el costo del servicio y obligando a los colonos a buscar otras alternativas para el suministro del vital líquido.

En virtud de que el problema del suministro de agua iba cada día en aumento e incrementar la potencia de la bomba y el diámetro de la línea de conducción actual así como el incremento del tiempo de bombeo no son una opción debido a que en el punto de extracción no abunda el recurso además de que el agua que ahí se extrae no es apropiada para el consumo humano ya que por ser un pozo poco profundo se extraen aguas artesianas que no satisfacen las normas de salubridad, por lo anterior colonos se dieron la tarea de buscar soluciones que fuesen posibles de alcanzar a corto plazo, además de que el problema actual se solucionara por un plazo largo, que les permita buscar otras alternativas mientras se gestionan nuevos recursos, entre las cuales se plantearon las siguientes:

- La construcción de un tanque adicional
- Incrementar la capacidad del tanque existente
- Traer el agua desde otro punto donde haya en abundancia

Las primeras dos no fueron la mejor opción, en virtud de que no se cuenta con el espacio para aumentar la capacidad del tanque ni la construcción de un tanque nuevo en una ubicación óptima además que suspender la operación del tanque existente para demoler y reconstruir uno nuevo en el mismo sitio, afectaría alrededor de 240 familias por un periodo relativamente largo, afectando su calidad de vida y economía, además se pondría en riesgo su salud debido a que la calidad del agua no es apta para el consumo humano.

Por lo anterior en 2005 se realizó un proyecto para transportar agua potable desde el manantial denominado “La Tamacua”, ubicado a 7, 740 metros del lugar, para el cual se realizaron los estudios previos de cantidad y calidad con los cuales se determinó la aportación del manantial y que la calidad del agua es apropiada para el consumo humano, concluyendo en la construcción de una nueva línea de conducción al final de ese mismo año.

Por lo tanto con esta investigación se busca responder la siguiente pregunta ¿el diseño de la línea de conducción La Tamacua-Colonia Emiliano Zapata, será el más apropiado técnica y económicamente?

Objetivos.

Objetivo general:

Revisar el diseño de la línea de conducción de agua potable de la colonia Emiliano Zapata, realizado en el año 2005 con la finalidad de determinar si el proyecto satisface las necesidades actuales y cubrirá las necesidades de la población durante el periodo de diseño y determinar si cumple con el objetivo de llegar al final del periodo de diseño transportando agua suficiente para la población de proyecto, objetivo para el que fue diseñado, además de determinar si el diseño es el económicamente más conveniente para los habitantes de la localidad y que además cumpla con los parámetros establecidos por los códigos de diseño vigentes, (manual de CNA).

Objetivos particulares:

- 1.- Analizar, calcular y diseñar la línea de conducción de agua potable para llevar el agua desde el manantial La Tamacua hasta la colonia Emiliano Zapata del Municipio de Taretan, Michoacán, y satisfacer las necesidades actuales.
- 2.- Determinar si la opción tomada para el diseño fue la mas apropiada o que el rendimiento del diseño sea el óptimo.
- 3.- Determinar si se obtuvo con la menor inversión.
- 4.- Conocer el aprovechamiento que se da a la aportación que brinda el manantial, si se realiza en forma responsable, para que se siga explotando después del periodo de diseño.
- 5.- Determinar si el periodo de diseño, para el que se hizo el diseño es el adecuado.
- 6.- Conceptualizar lo que es el agua potable y una línea de conducción.
- 8.- Determinar cual material en los que se fabrica tubería para este rubro es el más adecuado para éste proyecto.
- 9.- Establecer las características técnicas y de construcción con las que debe de contar la línea para que ésta sea eficiente.

Pregunta de investigación.

Con la presente Investigación se trata de responder si ¿el diseño de la línea de conducción realizado en 2005, es el más adecuado de acuerdo a las variables del proyecto (aportación del manantial, población actual y de proyecto, dotación de acuerdo a las características de la localidad, desnivel y distancia entre el manantial y el tanque de regulación), cumplirá con los códigos básicos establecidos por la Comisión Nacional del Agua, el material y diámetro utilizados en la tubería serán óptimos o los más apropiados para este proyecto, el proyecto y la inversión que se utilizo para realizar la línea de conducción cubrieron los aspectos técnicos requeridos para dar la mayor vida útil a la obra, en función del gasto demandado y el agua que esta puede trasportar?

Justificación.

Los resultados de la investigación beneficiarán directamente a los colonos de la localidad brindándoles rectificación de que el proyecto es el adecuado en el caso que así resulte, o una propuesta de mejora para que se mejore la infraestructura actual, también se beneficiará el municipio para prever las acciones que será necesario tomar antes de que la infraestructura sea obsoleta, quedando un antecedente para analizar, los aspectos mas importantes en la elaboración de nuevos proyectos para que estos brinden un servicio que de la calidad optimizando los recursos económicos.

En virtud de que el servicio de agua potable en las comunidades es primordial para mejorar las condiciones de vida e higiene reduciendo la posibilidad de procreación y contagio de enfermedades gastrointestinales por falta de higiene personal o en los alimentos, además el estudio será una aportación más al campo de la Ingeniería sirviendo como base para dar solución a problemas similares y será un buen apoyo para los alumnos de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C. para quienes será un texto de apoyo a sus materia relacionadas.

Marco de referencia

Taretan se encuentra ubicado en la parte central del estado de Michoacán, en las laderas del eje neovolcánico transversal, en la zona de transición con valle de Apatzingan, su clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano en el cual predominan temperaturas de 14.4 a 29.6 grados centígrados, su hidrología está constituida por arroyos y manantiales de agua fría que forman parte de la cuenca de los ríos Acámbaro. Paso del Reloj, El Guayabo y Hoyo del Aire.

El ecosistema de Taretan esta formado por especies de Bosque tropical, con un uso de suelo primordialmente forestal, con actividad agrícola y ganadera.

CAPÍTULO 1

LÍNEAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA

En el presente capítulo se conceptualizará una línea de conducción de agua, además de describir sus principales componentes, sus características y las variantes que se pueden presentar en una línea de conducción.

1.1. Definición de línea de conducción.

A las obras destinadas al transporte de agua, entre dos puntos se les conoce como líneas de conducción, que en función del destino y uso final del agua, pueden ser a cielo abierto (canales) o entubada.

1.2. Tipos de líneas de conducción.

En virtud de que el tema relacionado con la conducción de agua es muy extenso, el presente estudio se enfoca en las líneas de conducción de agua potable, en el rubro de transportación entubada a presión, cerrando las variantes del tema a: la conducción por gravedad y la conducción por bombeo.

Es menester agregar que una tubería se define por el conjunto de dos o más tubos y sus dispositivos de unión, de común acuerdo con Valdez, César (1994).

1.2.1. Líneas de conducción por gravedad.

Las líneas de conducción por gravedad son aquellas estructuras en las que se aprovecha el desnivel que existe entre los puntos de origen y destino. El punto de origen invariablemente tendrá que tener una elevación superior a la del punto de destino, haciendo pasar el agua por el interior de una tubería (línea de conducción) por acción de la fuerza gravitacional, sin embargo, no en todos los casos ocurre este fenómeno, ya que existen fuerzas de oposición que hay que vencer, debidas principalmente a la fricción interna que se genera entre la superficie interior de la tubería y el paso de agua, y que tiene relación directa con el material del cual está fabricada la tubería de nuestra línea de conducción, al diámetro y longitud total de la misma, factores que se describe en el numeral 1.5 de este Capítulo, destinado a las pérdidas.

1.2.2. Líneas de conducción por bombeo.

Las líneas de conducción por bombeo se pueden describir como estructuras en las cuales es necesario hacer uso de un dispositivo mecánico, electromecánico o por combustión, para dar impulso suficiente al agua dentro de la tubería, venciendo todas las fuerzas opositoras, las cuales son producto de la fuerza gravitacional y las pérdidas.

En el ámbito de las líneas de conducción por bombeo pueden presentarse distintos escenarios de las fuerzas que es necesario vencer para lograr la conducción, mismos que a continuación se describen:

- a) Donde la diferencia de elevación entre el punto de partida y el de destino en donde se pretende transportar el agua, no tienen la diferencia altimétrica suficiente para que la energía potencial generada por la fuerza gravitacional, supere a las pérdidas.

- b) Donde no exista diferencia de elevación entre ambos puntos.

- c) En los que la elevación del punto de destino sea superior al punto de origen.

Los tres casos estarán sujetos a un buen análisis donde intervengan los factores económicos, sociales y técnicos para definir la mejor solución que va de la mano con la rentabilidad del proyecto o la relación costo beneficio que tendrán para los usuarios, en comparativa con otros métodos de trasportación del agua.

1.3. Tipos de tubería que existen.

En el tema de conducción de agua potable a lo largo de su historia se han utilizado distintos materiales para la fabricación de tubería especializada para este fin, pero en la actualidad por medio de la investigación y con ayuda de la nueva tecnología se han estudiado otra opciones, encontrando nuevos materiales que por su composición química agregan características físicas que mejoran el desempeño del flujo del agua por estos conductos además de mejorar las condiciones de higiene, dichos tubos se seleccionan durante el diseño de una línea de conducción, conforme a las necesidades específicas de cada proyecto, con la finalidad de satisfacer todos los aspectos técnicos y económicos.

En esta investigación se mencionarán características físicas y técnicas que se toman en cuenta antes de seleccionar una tubería de cierto material y se describirá cada una de ellas enfocándonos a las tuberías fabricadas con materiales sintéticos más utilizados en la actualidad y en las tuberías fabricadas con acero y la tubería de fibrocemento, que por haber sido un material económico, durable y de fácil instalación fue en algún momento la más utilizada en las últimas décadas, razón por la cual existen actualmente muchas líneas de conducción que están elaboradas con tubos de este material y que se encuentran en funcionamiento.

1.3.1. Tubería de acero.

El acero es un material compuesto por dos minerales principalmente, hierro y carbono, formando una aleación con características que le permiten tener comportamiento elástico, cualidad ampliamente conveniente y versátil en el campo de la construcción.

Los tubos fabricados con acero se utilizan en proyectos donde predominan presiones de trabajo muy altas, o donde por las condiciones geotécnicas de la zona, la tubería se instala siguiendo la configuración topográfica, quedando totalmente expuesta a los fenómenos meteorológicos y es necesario utilizar tubos fabricados de acero, que garanticen su funcionalidad y durabilidad.

La tubería fabricada con acero tiene ventajas de resistencia, muy superiores en comparación con tubería fabricada con otros materiales, sin

embargo, no es la opción más económica debido al alto costo de fabricación y distribución en el mercado mundial, además el costo de instalación es muy elevado, factor que se debe a los métodos de unión, los cuales se hacen por medio de soldadura a tope o conexiones atornilladas por medio de bridas además para mantenerla en buen estado se requiere la aplicación de tratamientos anticorrosivos y más aun cuando el ambiente es salino o con agentes sulfurosos limitando su uso.

En tubería fabricada con acero la gama de diámetros y cédulas ó espesor de pared es amplia las cuales se presenta a continuación en el Cuadro 1.1, donde además se indica la presión de trabajo que soporta cada diámetro con espesor de pared específico.

Cuadro 1.1. Relación de diámetros y espesores de tubería fabricada en acero indicando carga de trabajo.

DIÁMETRO		ESPESOR		PESO Kg/m	Carga de trabajo en metros columna de agua para $f_y = 2330$ kg/cm ² $f_u = 3333$ kg/cm ² T= 0.6 f_y - 2000 kg/cm ²	
Pulg.	mm	Pulg.	mm			
4	102	14. Ga	1.9	4,911	493	745
		12. Ga	2.7	6,846	665	1059
		10. Ga	3.4	8,631	855	1333
4 1/2	114	14. Ga	1.9	5,806	439	667
		12. Ga	2.7	7,690	591	947
		10. Ga	3.4	9,673	759	1193
		3/16	4.8	12,947	1053	1648
6	152	14. Ga	1.9	7,441	328	500
		12. Ga	2.7	10,268	443	710
		10. Ga	3.4	13,096	570	895
6 5/8	168	14. Ga	1.9	8,188	298	452
		12. Ga	2.7	11,310	402	643
		10. Ga	3.4	14,435	515	809
		3/16	4.8	19,346	717	1143
8	203	14. Ga	1.9	9,971	247	374
		12. Ga	2.7	13,542	333	532
		10. Ga	3.4	17,412	427	670
8 5/8	219	14. Ga	1.9	10,715	228	347
		12. Ga	2.7	14,584	308	493
		10. Ga	3.4	18,603	397	621
		3/16	4.8	25,894	549	877
10	254	12. Ga	2.7	16,965	266	425
		10. Ga	3.4	21,727	342	535
		3/16	4.8	30,210	476	756
10 3/4	273	12. Ga	2.7	18,158	247	396
		10. Ga	3.4	23,364	318	496
		3/16	4.8	32,442	441	703
12	305	12. Ga	2.7	21,281	223	354
		10. Ga	3.4	27,234	287	446
		3/16	4.8	36,907	401	620
12 3/4	273	12. Ga	2.7	22,620	210	333
		10. Ga	3.4	27,829	268	420
		3/16	4.8	38,693	373	593
14	356	10. Ga	3.4	32,740	244	382
		3/16	4.8	44,646	339	539
		1/4	6.3	59,528	453	708
16	406	5/16	7.9	74,409	565	888
		10. Ga	3.4	37,205	213	335
		3/16	4.8	52,087	296	473
		1/4	6.3	69,948	396	621
18	457	5/16	7.9	86,315	494	778
		3/8	9.5	102,695	594	937
		10. Ga	3.4	41,669	190	298
		3/16	4.8	56,039	263	420
18	457	1/4	6.3	77,388	352	551
		5/16	7.9	96,732	439	691
		3/8	9.5	114,501	528	832
20	508	10. Ga	3.4	46,134	171	268
		3/16	4.8	63,192	237	378
		1/4	6.3	84,827	317	496
		5/16	7.9	105,661	395	622
22	559	3/8	9.5	126,496	476	748
		10. Ga	3.4	50,598	154	243
		3/16	4.8	69,946	215	343
22	559	1/4	6.3	93,786	288	451
		5/16	7.9	117,667	359	565
		3/8	9.5	139,890	431	680
		10. Ga	3.4	55,663	142	223
24	610	3/16	4.8	75,898	197	315
		1/4	6.3	101,197	264	413
		5/16	7.9	126,496	330	518
		3/8	9.5	151,795	398	623
24	610	7/16	11.1	175,606	462	728
		1/2	12.70	200,906	528	833
		3/16	4.8	83,339	162	291
		1/4	6.3	111,614	243	382
26	660	5/16	7.9	138,402	305	479
		3/8	9.5	166,677	366	576
		7/16	11.1	194,953	426	673
		1/2	12.70	221,740	487	770
28	711	3/16	4.8	99,291	169	270
		1/4	6.3	119,056	228	354
		5/16	7.9	146,819	283	444
		3/8	9.5	178,583	340	534
28	711	7/16	11.1	208,347	396	624
		1/2	12.70	238,110	453	715
		3/16	4.8	96,732	168	262
		1/4	6.3	129,472	211	331
30	762	5/16	7.9	160,724	264	415
		3/8	9.5	193,465	317	499
		7/16	11.1	226,206	369	583
		1/2	12.70	257,457	422	667
32	813	3/16	4.8	102,665	147	236
		1/4	6.3	136,913	198	310
		5/16	7.9	171,142	248	389
		3/8	9.5	205,370	297	467
32	813	7/16	11.1	239,598	348	546
		1/2	12.70	273,827	396	625
		3/16	4.8	110,126	139	222
		1/4	6.3	145,843	187	292
34	864	5/16	7.9	183,047	233	366
		3/8	9.5	220,262	280	440
		7/16	11.1	255,969	326	514
		1/2	12.70	293,173	373	588

DIÁMETRO		ESPESOR		PESO Kg/m	Carga de trabajo en metros columna de agua para $f_y = 2530$ kg/cm ² $f_u = 3333$ kg/cm ² $T = 0.6 f_u = 2000$ kg/cm ²	
ØMg	mm	ØMg	mm			
36	914	3/16	4,8	116,079	132	210
		¼	6,3	154,772	175	276
		5/16	7,9	193,465	220	346
		3/8	9,5	232,158	264	416
		7/16	11,1	270,851	307	486
		1/2	12,70	309,543	352	556
		9/16	14,3	348,236	396	626
		5/8	15,9	386,929	440	696
38	965	3/16	4,8	122,031	126	199
		¼	6,3	162,213	168	261
		5/16	7,9	203,395	209	327
		3/8	9,5	244,577	250	394
		7/16	11,1	284,759	291	460
		1/2	12,70	325,941	333	526
		9/16	14,3	366,123	375	593
		5/8	15,9	406,305	416	659
40	1016	3/16	4,8	128,472	119	189
		¼	6,3	172,630	158	248
		5/16	7,9	215,787	198	311
		3/8	9,5	258,945	237	371
		7/16	11,1	302,102	277	437
		1/2	12,70	345,260	317	500
		9/16	14,3	388,417	356	563
		5/8	15,9	431,575	396	626
42	1067	3/16	4,8	133,937	113	180
		¼	6,3	178,593	151	236
		5/16	7,9	223,249	188	296
		3/8	9,5	267,905	226	356
		7/16	11,1	312,561	263	416
		1/2	12,70	357,217	302	476
		9/16	14,3	401,873	339	536
		5/8	15,9	446,529	377	596
45	1143	3/16	4,8	141,378	107	168
		¼	6,3	187,512	141	220
		5/16	7,9	233,646	175	276
		3/8	9,5	281,288	211	332
		7/16	11,1	327,402	247	388
		1/2	12,70	375,024	281	444
		9/16	14,3	422,646	317	500
		5/8	15,9	469,268	352	556
48	1219	¼	6,3	199,417	132	207
		5/16	7,9	248,528	164	259
		3/8	9,5	299,126	198	312
		7/16	11,1	348,236	230	364
		1/2	12,70	398,335	261	417
		9/16	14,3	448,433	279	469
		5/8	15,9	498,544	330	522
		11/16	17,5	548,642	345	574
		3/4	19,0	598,740	396	626

DIÁMETRO		ESPESOR		PESO Kg/m	Carga de trabajo en metros columna de agua para $f_y = 2530$ kg/cm ² $f_u = 3333$ kg/cm ² $T = 0.6 f_u = 2000$ kg/cm ²	
ØMg	mm	ØMg	mm			
51	1295	1/4	6,3	215,787	124	195
		5/16	7,9	270,851	155	244
		3/8	9,5	322,937	187	293
		7/16	11,1	378,000	217	343
		1/2	12,70	431,575	248	392
		9/16	14,3	486,638	279	441
		5/8	15,9	540,213	311	491
		11/16	17,5	593,788	342	541
3/4	19,0	647,363	373	597		
54	1372	1/4	6,3	227,693	117	184
		5/16	7,9	284,244	147	230
		3/8	9,5	342,384	175	277
		7/16	11,1	397,347	205	324
		1/2	12,70	455,386	235	370
		9/16	14,3	511,937	264	417
		5/8	15,9	568,488	293	463
		11/16	17,5	625,040	322	510
3/4	19,0	683,079	352	554		
57	1448	1/4	6,3	239,598	111	174
		5/16	7,9	300,614	139	218
		3/8	9,5	358,664	166	262
		7/16	11,1	419,669	194	306
		1/2	12,70	479,197	222	351
		9/16	14,3	538,725	250	395
		5/8	15,9	598,252	278	439
		11/16	17,5	657,780 0	306	483
3/4	19,0	717,307	333	526		
60	1524	1/4	6,3	252,992	106	165
		5/16	7,9	315,496	132	207
		3/8	9,5	379,488	158	249
		7/16	11,1	441,992	185	291
		1/2	12,70	505,985	211	333
		9/16	14,3	569,977	238	375
		5/8	15,9	632,481	263	417
		11/16	17,5	696,473	290	459
3/4	19,0	758,977	317	499		
63	1600	1/4	6,3	264,898	101	155
		5/16	7,9	330,378	126	195
		3/8	9,5	397,347	151	235
		7/16	11,1	464,315	175	275
		1/2	12,70	529,796	201	315
		9/16	14,3	595,276	226	355
		5/8	15,9	662,244	252	395
		11/16	17,5	729,213	277	435
		3/4	19,0	794,693	302	475

DIÁMETRO		ESPESOR		PESO Kg/m	Carga de trabajo en metros columna de agua para $f_y=2530$ $kg/cm^2 f_y=3333$ $kg/cm^2 T=0.6 f_y=2000$ kg/cm^2	
Ruq	mm	Ruq	mm			
36	914	3/16	4,8	116,079	132	210
		1/4	6,3	164,772	176	276
		5/16	7,9	193,465	220	346
		3/8	9,5	232,158	264	416
		7/16	11,1	270,851	307	486
		1/2	12,70	309,543	352	566
		9/16	14,3	348,236	396	626
		5/8	15,9	386,929	440	696
38	965	3/16	4,8	122,031	128	199
		1/4	6,3	162,213	168	261
		5/16	7,9	203,395	208	327
		3/8	9,5	244,578	250	394
		7/16	11,1	284,760	291	460
		1/2	12,70	325,943	333	526
		9/16	14,3	366,125	375	593
		5/8	15,9	406,307	416	659
40	1016	3/16	4,8	128,472	119	189
		1/4	6,3	172,630	158	248
		5/16	7,9	215,787	198	311
		3/8	9,5	258,945	237	371
		7/16	11,1	302,102	277	437
		1/2	12,70	345,260	317	500
		9/16	14,3	388,417	356	563
		5/8	15,9	431,575	396	626
42	1067	3/16	4,8	133,937	113	180
		1/4	6,3	178,593	151	236
		5/16	7,9	223,250	188	296
		3/8	9,5	267,907	226	356
		7/16	11,1	312,563	263	416
		1/2	12,70	357,220	302	476
		9/16	14,3	401,877	339	536
		5/8	15,9	446,533	377	596
45	1143	3/16	4,8	141,378	107	168
		1/4	6,3	187,512	141	220
		5/16	7,9	235,134	175	276
		3/8	9,5	281,268	211	332
		7/16	11,1	327,402	247	388
		1/2	12,70	373,536	281	444
		9/16	14,3	422,670	317	500
		5/8	15,9	468,804	352	556
48	1219	1/4	6,3	159,417	132	207
		5/16	7,9	248,628	164	259
		3/8	9,5	299,126	198	312
		7/16	11,1	348,236	230	364
		1/2	12,70	398,335	261	417
		9/16	14,3	448,433	279	469
		5/8	15,9	498,544	330	522
		11/16	17,5	548,642	345	574
	3/4	19,0	598,752	396	623	

DIÁMETRO		ESPESOR		PESO Kg/m	Carga de trabajo en metros columna de agua para $f_y=2530$ $kg/cm^2 f_y=3333$ $kg/cm^2 T=0.6 f_y=2000$ kg/cm^2	
Ruq	mm	Ruq	mm			
51	1295	1/4	6,3	215,787	124	195
		5/16	7,9	270,850	165	244
		3/8	9,5	322,937	187	293
		7/16	11,1	378,000	217	343
		1/2	12,70	431,575	248	392
		9/16	14,3	486,638	279	411
		5/8	15,9	540,213	311	491
		11/16	17,5	593,788	342	541
	3/4	19,0	647,363	373	587	
54	1372	1/4	6,3	227,693	117	184
		5/16	7,9	284,244	147	230
		3/8	9,5	342,334	175	277
		7/16	11,1	397,347	205	324
		1/2	12,70	456,398	235	370
		9/16	14,3	511,937	264	417
		5/8	15,9	568,498	293	463
		11/16	17,5	625,040	322	510
	3/4	19,0	683,079	352	554	
57	1448	1/4	6,3	239,598	111	174
		5/16	7,9	300,614	139	218
		3/8	9,5	358,654	166	262
		7/16	11,1	419,669	194	306
		1/2	12,70	479,197	222	351
		9/16	14,3	538,725	250	395
		5/8	15,9	598,252	278	439
		11/16	17,5	657,780,000	306	483
	3/4	19,0	717,307	333	525	
60	1524	1/4	6,3	252,992	106	165
		5/16	7,9	315,496	132	207
		3/8	9,5	379,488	158	249
		7/16	11,1	441,992	185	291
		1/2	12,70	505,985	211	333
		9/16	14,3	569,977	238	375
		5/8	15,9	632,481	263	417
		11/16	17,5	696,473	290	459
	3/4	19,0	758,977	317	499	
63	1600	1/4	6,3	264,898	101	155
		5/16	7,9	330,378	126	195
		3/8	9,5	397,347	151	235
		7/16	11,1	464,315	175	275
		1/2	12,70	529,796	201	315
		9/16	14,3	598,276	226	355
		5/8	15,9	662,244	262	395
		11/16	17,5	729,213	277	435
	3/4	19,0	794,693	302	475	

DIÁMETRO		ESPESOR		PESO Kg/m	Carga de trabajo en metros columna de agua para $\gamma_w = 2500 \text{ kg/cm}^3$ $\gamma_s = 3333 \text{ kg/cm}^3$ $T = 0.6 \gamma_w - 2000 \text{ kg/cm}^2$		DIÁMETRO		ESPESOR		PESO Kg/m	Carga de trabajo en metros columna de agua para $\gamma_w = 2500 \text{ kg/cm}^3$ $\gamma_s = 3333 \text{ kg/cm}^3$ $T = 0.6 \gamma_w - 2000 \text{ kg/cm}^2$	
Ruq	mm	Ruq	mm		Ruq	mm	Ruq	mm	Ruq	mm		Ruq	mm
66	1676	1/4	6,3	278,291	96	150	78	1981	5/16	7,9	410,740	101	159
		5/16	7,9	348,236	120	189			3/8	9,5	494,079	121	192
		3/8	9,5	416,693	143	227			7/16	11,1	575,929	142	224
		7/16	11,1	486,638	168	266			1/2	12,70	657,730	162	256
		1/2	12,70	566,583	191	303			9/16	14,3	739,630	182	289
		9/16	14,3	625,040	216	341			5/8	15,9	821,481	202	321
		5/8	15,9	693,496	24	380			11/16	17,5	903,331	223	353
		11/16	17,5	763,441	264	418			3/4	19,0	986,670	243	384
		3/4	19,0	833,386	288	454			13/16	20,6	1068,620	263	416
		13/16	20,6	903,331	312	492			7/8	22,2	1151,890	284	448
		7/8	22,2	973,276	336	530			15/16	23,8	1235,198	304	480
		15/16	23,8	1043,221	360	568			1	25,4	1317,048	324	513
1	25,4	1113,166	384	606	81	2057	5/16	7,9	430,087	98	154		
69	1753	1/4	6,3	290,197			92	144	3/8	9,5	516,402	117	185
		5/16	7,9	363,118			115	180	7/16	11,1	602,717	137	216
		3/8	9,5	434,561			138	217	1/2	12,70	689,032	158	247
		7/16	11,1	507,473			160	253	9/16	14,3	775,347	176	278
		1/2	12,70	580,394			183	290	5/8	15,9	861,662	196	309
		9/16	14,3	653,315			207	326	11/16	17,5	947,977	215	340
		5/8	15,9	726,237			230	363	3/4	19,0	1034,292	234	370
		11/16	17,5	799,158			253	399	13/16	20,6	1120,607	254	400
		3/4	19,0	870,591			275	433	7/8	22,2	1206,922	273	432
		13/16	20,6	943,512			298	470	15/16	23,8	1293,237	293	463
		7/8	22,2	1014,945			321	507	1	25,4	1378,064	312	494
		15/16	23,8	1087,867	344	543	84	2134	5/16	7,9	446,457	94	148
72	1829	1/4	6,3	303,591	88	138			3/8	9,5	535,748	113	178
		5/16	7,9	379,488	110	173			7/16	11,1	625,040	132	208
		3/8	9,5	455,386	132	208			1/2	12,70	714,331	150	238
		7/16	11,1	531,284	153	243			9/16	14,3	803,623	169	268
		1/2	12,70	608,670	175	278			5/8	15,9	892,914	188	298
		9/16	14,3	683,079	197	313			11/16	17,5	982,206	207	328
		5/8	15,9	758,977	220	348			3/4	19,0	1071,497	225	358
		11/16	17,5	834,874	242	383			13/16	20,6	1160,788	244	388
		3/4	19,0	910,772	264	418			7/8	22,2	1250,080	263	416
		13/16	20,6	986,670	286	451			15/16	23,8	1339,371	281	446
		7/8	22,2	1064,065	308	485			1	25,4	1428,662	300	476
		15/16	23,8	1139,963	330	520	87	2210	5/16	7,9	462,827	91	143
75	1905	1/4	6,3	316,985	84	132			3/8	9,5	555,096	109	172
		5/16	7,9	395,882	105	165			7/16	11,1	647,363	127	200
		3/8	9,5	474,733	127	199			1/2	12,70	739,630	145	230
		7/16	11,1	553,607	147	233			9/16	14,3	831,898	163	259
		1/2	12,70	632,481	168	267			5/8	15,9	924,166	181	288
		9/16	14,3	711,355	190	300			11/16	17,5	1016,434	200	317
		5/8	15,9	790,229	211	334			3/4	19,0	1108,701	218	344
		11/16	17,5	869,103	232	368			13/16	20,6	1200,969	235	373
		3/4	19,0	947,977	253	399			7/8	22,2	1293,237	254	402
		13/16	20,6	1026,851	274	433			15/16	23,8	1385,505	272	431
		7/8	22,2	1107,213	295	466			1	25,4	1479,261	290	460
		15/16	23,8	1187,576	317	50							
1	25,4	1266,450	338	533									

DIÁMETRO		ESPESOR		PESO Kg/m	Carga de trabajo en metros columna de agua para $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 3333 \text{ kg/cm}^2$ $T = 0,6 f_y - 2000 \text{ kg/cm}^2$	
Pulg	mm	Pulg	Mm			
90	2286	5/16	7,9	470,268	88	138
		3/8	9,5	564,024	105	166
		7/16	11,1	654,804	123	194
		1/2	12,70	750,048	141	222
		9/16	14,3	843,804	158	150
		5/8	15,9	937,560	176	278
		11/16	17,5	1031,316	194	306
		3/4	19,0	1125,072	211	332
		13/16	20,6	1218,828	229	360
		7/8	22,2	1312,583	247	388
		15/16	23,8	1406,339	264	417
		1	25,4	1500,095	282	445
93	2362	5/16	7,9	483,662	84	134
		3/8	9,5	580,394	102	161
		7/16	11,1	677,126	119	188
		1/2	12,70	773,859	136	215
		9/16	14,3	870,591	153	242
		5/8	15,9	967,323	170	269
		11/16	17,5	1064,056	187	296
		3/4	19,0	1160,788	204	322
		13/16	20,6	1257,520	222	349
		7/8	22,2	1354,253	239	376
		15/16	23,8	1450,985	256	403
		1	25,4	1547,718	273	430
96	2438	5/16	7,9	497,055	81	130
		3/8	9,5	598,252	98	156
		7/16	11,1	696,473	114	182
		1/2	12,70	797,670	131	208
		9/16	14,3	898,867	147	235
		5/8	15,9	997,087	164	261
		11/16	17,5	1098,284	180	287
		3/4	19,0	1196,505	197	312
		13/16	20,6	1296,213	213	338
		7/8	22,2	1395,922	230	364
		15/16	23,8	1495,631	246	391
		1	25,4	1595,340	263	417

1.3.2. Tubería de policloruro de vinilo.

El policloruro de vinilo o cloruro de polivinilo, mejor conocido por sus siglas PVC, es un material compuesto por polímeros derivados del petróleo, compuestos inertes con características de resistencia y durabilidad que sobrepasan los estándares de otros materiales utilizados en el pasado para la conducción de agua para consumo humano, además con costos de producción y distribución inferiores a los de cualquier otro material utilizado para este rubro, razón por la cual la tubería fabricada con PVC, se convirtió en la más usada a finales del siglo pasado y hoy por hoy la más usada en este nuevo siglo.

La tubería fabricada con policloruro de vinilo, ofrece ser la mejor por contar con las mejores características físicas que permiten un mejor desempeño dinámico del fluido, reduciendo las pérdidas, basándose en la baja rugosidad del material que además reducen los riesgos de salud debido a que por su rugosidad nula y por ser un material inerte no alberga bacterias dañinas para el ser humano, sumándose la versatilidad de la instalación por el tipo de unión espiga-campana y los dispositivos de unión (empaques), los bajos costos del producto y de la mano de obra para su instalación, en comparativa con el acero, virtudes que se ven opacadas con la baja resistencia a la compresión, poca resistencia al intemperismo y exposición solar, debido a que los rayos ultravioleta le producen cristalización en corto tiempo, haciendo que esta se vuelva frágil, limitando su selección a sitios donde permanezca protegida, preferentemente bajo tierra.

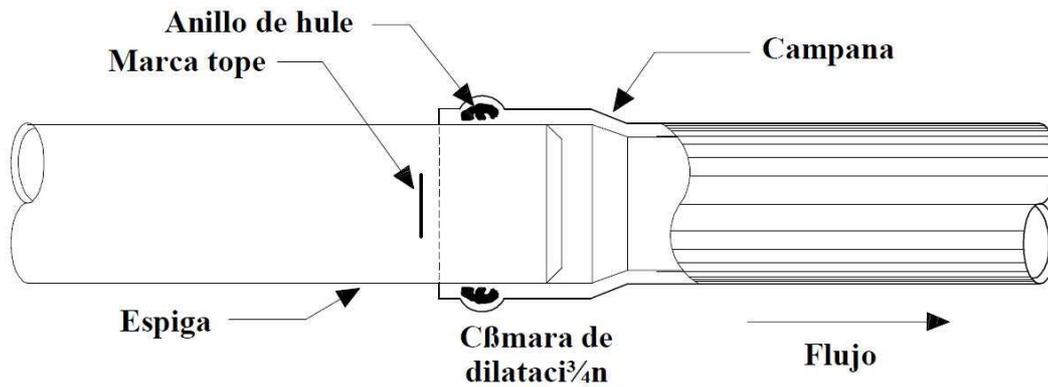


Figura 1.1. Detalle de conexión espiga-campana, para tubos fabricados con PVC

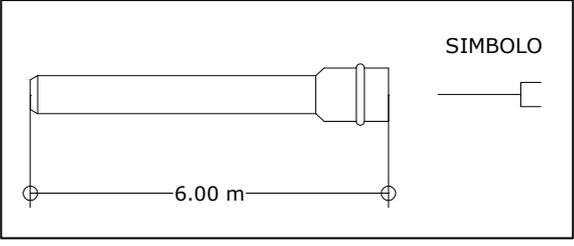
A continuación en los cuadros 1.2 y 1.3 se concentran las clasificaciones de la tubería en la serie métrica e inglesa que actualmente existen, de acuerdo a su diámetro y presión de trabajo, donde además se indican sus características de dimensiones comerciales.

Cuadro 1.2. Tubería de PVC hidráulico serie métrica, indicando diámetros y espesores promedio.

Diámetro Nominal en milímetros	Diámetro Exterior en milímetros	Espesores Promedio (e) y Diámetros interiores promedio (d) en milímetros (mm)									
		Clase 5		Clase 7		Clase 10		Clase 14		Clase 20	
		e	d	e	d	e	d	e	d	e	d
50	50					2,0	46,1	2,0	44,9	3,7	42,7
63	63			1,7	59,7	2,4	58,3	3,3	56,5	4,5	54,1
80	80	1,7	76,8	2,2	75,8	3,1	74,0	4,1	72,0	5,8	68,6
100	100	2,0	96,0	2,7	94,8	3,8	92,6	5,2	89,8	7,2	85,8
160	160	3,1	154,0	4,2	151,8	5,9	148,4	8,1	144,0	11,4	137,4
200	200	3,8	192,6	5,3	189,6	7,4	185,4	10,1	180,0	14,1	172,0
250	250	4,7	240,9	6,5	237,3	9,2	233,9	12,6	225,1	17,7	214,9
315	315	6,0	303,3	8,2	298,9	11,6	292,1	15,9	283,5	22,3	270,7
355	355	6,6	342,4	9,3	337,0	12,9	329,8	17,9	319,8	25,0	305,6
400	400	7,0	385,6	10,4	379,8	14,6	371,4	20,1	360,4	28,1	344,4
450	450	8,4	433,9	11,7	427,3	16,4	417,9	22,6	405,5	31,6	387,5
500	500	9,4	482,0	12,9	475,0	18,2	464,4	25,1	450,6	35,1	430,6
630	630	11,8	607,4	16,3	598,4	2,9	585,2	31,6	567,8	44,1	542,8

Nota: Los tubos se suministran con largo útil de 6 metros; con uno de sus extremos acampanados

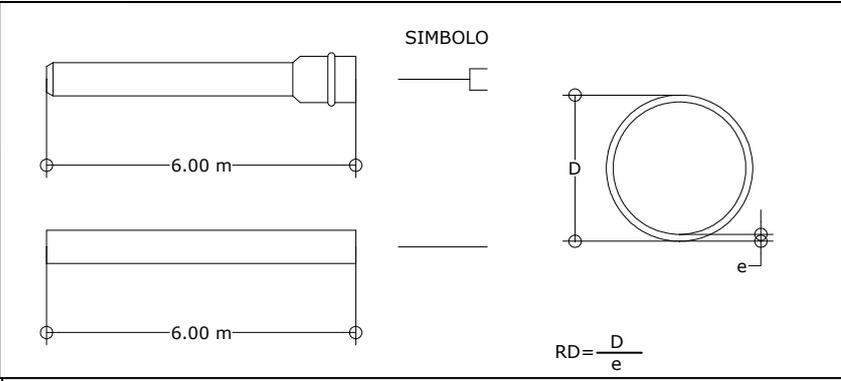
Continuación Cuadro 1.2. Tubería de PVC hidráulico serie métrica, esquema y presión máxima de trabajo para cada clasificación.

	Clase	5	7	10	14	20
	Presión máxima de trabajo (kg/cm ²)	5	7	10	14	20

Cuadro 1.3. Tubo hidráulico de PVC serie inglesa, diámetros y espesores promedio.

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior Promedio (mm)	Espesores promedio (e) y Diámetros Interiores promedio (d) en mm.							
		RD-41		RD-32.5		RD-26		RD-13.5	
		e	d	e	d	e	d	e	d
13	21,30							1,9	17,5
19	26,70							2,3	22,1
25	33,40					1,8	29,8	2,8	27,8
32	42,20					1,9	38,4	3,4	35,4
38	48,30			1,8	44,7	2,2	43,9	3,9	40,5
50	60,30	1,8	56,7	2,2	55,9	2,6	55,1	4,8	50,7
60	73,00	2,1	68,8	2,5	68,0	3,1	66,8		
75	88,90	2,5	83,9	3,0	82,9	3,7	81,5		
100	114,30	3,1	108,1	3,8	106,7	4,7	104,9		
150	168,30	4,4	159,5	5,5	157,3	6,9	154,5		
200	219,10	5,6	207,9	7,1	204,9	8,9	201,3		

Nota: Los tubos se suministran en tramos con largo útil de 6 metros, con extremos lisos si el sistema es cementar y con campana en uno de sus extremos si el sistema de unión es espiga campana.

	RD	Presión máxima de trabajo (kg/cm ²)
	41,0	7,1
	32,5	8,7
	26,0	11,2
	13,5	22,4

Cuadro 1.4. Presión máxima de trabajo en kg/cm ² para tubos de polietileno (S= 44.29 kg/cm ²)*		
RD	Presión máxima	
9,0	F ₄ = 11.1	F ₃ = 14.7
13,5	F ₄ = 7.1	F ₃ = 9.4
17,0	F ₄ = 5.5	F ₃ = 7.3
21,0	F ₄ = 4.4	F ₃ = 5.9

Notas: *S.- esfuerzo de diseño o fuerza por unidad de área en la pared del tubo en corte transversal al eje del mismo.

$$S = \frac{P(d-e)}{2e}$$

d=diámetro exterior (mm); P = presión de trabajo en kg/cm²; e= espesor mínimo de pared (mm).

1.3.3. Tubería de polietileno.

Hablando de tubería de polietileno se puede mencionar que es uno de los materiales que presenta mayor interés en los sistemas de conducción de agua potable, al igual que el PVC, asemeja muchas de sus cualidades y características, exceptuando la poca resistencia a la exposición solar, lo cual le da ventajas adicionales pero lo que limita el uso de esta tubería en el procedimiento de unión, el cual se hace por termofusión, donde en el caso de mantenimiento ó reparaciones se hace práctico y alto el costo, en relación con reparaciones en tuberías de otros materiales, además lo poco compatible con la hibridación con tubos de otros materiales reduciendo su uso a líneas donde de punto a punto, estén hechas por tubos del mismo material.

A continuación en el cuadro 1.5 se concentran las clasificaciones de la tubería en la serie inglesa que actualmente existen, de acuerdo a su diámetro y presión de trabajo, donde además se indican sus características de dimensiones comerciales.



Figura 1.2 Unión por Termofusión en tubería de Polietileno

Cuadro 1.5. Dimensiones de los tubos de polietileno					
Medida Nominal		Diámetro exterior mm	Espesor Pared mm	Largo rollo m	Peso g/ml.
Mm	pulg				
RD-9					
13	1/2	21,3	2,3	50 Y 150	136
19	3/4	26,7	3,0	50 Y 150	223
25	1	33,4	3,7	50 Y 150	345
RD-13.5					
32	1 1/4	42,2	3,1	50 Y 150	326
38	1 1/2	48,3	3,6	50 Y 150	506
50	2	60,3	4,5	50 Y 150	790
75	3	88,9	6,6	10 Y 50	1709
100	3	114,3	8,5	10	2831
150	6	168,3	12,6	10	6175
RD-17					
50	2	60,3	3,5	50 Y 150	626
75	3	88,9	5,2	10 Y 50	1371
100	4	114,3	6,7	10	2271
150	6	160,3	9,9	10	4940
200	8	219,1	12,9	10	8400
RD-21					
75	3	88,9	4,2	10 Y 50	1080
100	4	114,3	5,4	10 Y 50	1765
150	6	160,3	8,0	10	4060
200	8	219,1	10,4	10	6890

1.3.4. Tubería de fibrocemento.

El fibrocemento es una mezcla mecánica de distintos materiales que soporta la combinación de esfuerzos que cada uno de los materiales que lo componen soportan en forma independiente y que por si solos no podrían resistir, estos materiales son una malla de alambre o mejor conocido como metal desplegado, material que le da las facultades de resistir los esfuerzos de tensión interna del material, lo cual le proporciona cierta flexibilidad, y el otro material es el cemento fibroso, o una mezcla de cemento con pequeñas partículas (fibras) que en sus principios fueron de amianto material que hace aproximadamente 35 años dejó de usarse por los problemas de salud que causaba (agente potencialmente cancerígeno) por lo que fue sustituido por fibra de vidrio y posteriormente por fibras sintéticas como el polipropileno en una proporción promedio se requiere de entre 35 y 40% de cemento Portland y yeso, 10% de aditivos minerales y 15% de fibras; la mezcla se completa con agua.

A este material también se le conoce como asbesto cemento o ferrocemento y se dejó de usar hace un par de décadas cuando después de la aparición del PVC y después de que estudios demostraron que en el proceso de fabricación los gases y desechos que se generaban en la fabricación de los tubos y otros productos de fibrocemento, contenían agentes cancerígenos, sin descartar la posibilidad de que las tuberías hechas de este material puedan desprender residuos con estos mismos efectos.

Sin embargo, en muchas localidades del país las primeras líneas de conducción y redes de distribución de agua se construyeron con tubería de fibrocemento, líneas que todavía existen y se encuentran en operación, razón por la cual es importante conocer cómo se comporta este material ya que por la vida útil del material y el tiempo que llevan operando a corto plazo necesitaran mantenimientos mayores, haciéndolas susceptibles de reemplazo.

A continuación en la figura 1.3 se muestra un esquema de un acoplamiento entre dos tubos de fibrocemento y en el cuadro 1.6 se indican las principales características físicas de los tubos, clasificadas por diámetro y carga interna de trabajo la cual esta indicada por una letra seguida de un numero expresada en kg/cm^2 .

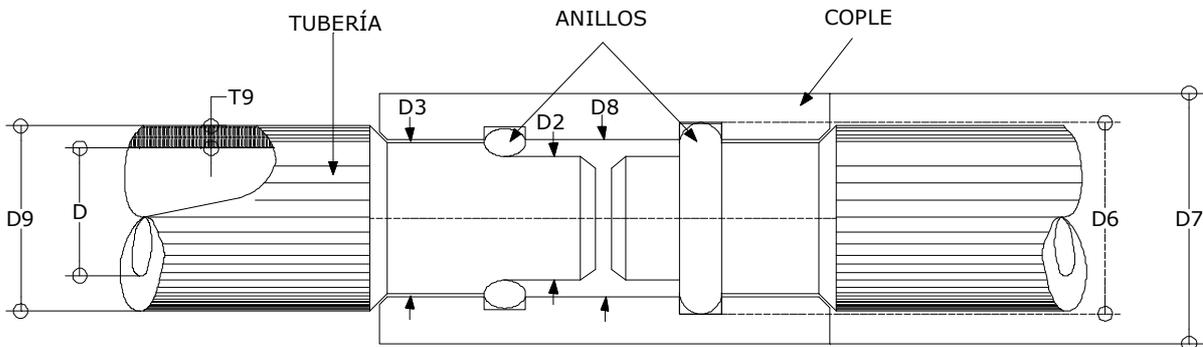


Figura 1.3. Detalle de acoplamiento de tubería fabricada con fibrocemento

Cuadro 1.6. Tubería de fibro-cemento, dimensiones generales y pesos.														
D	Mm	75,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0	400,0	450,0	500,0	600,0	750,0	900,0
	Pulg	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36
A-5	D2	92,0	116,0	167,0	219,0	276,0	326,0	384,0	438,0	493,0	538,0	646,0	809,0	971,0
	D8	96,0	120,0	171,0	223,0	280,0	330,0	388,0	442,0	497,0	542,0	650,0	813,0	975,0
	D6	111,0	135,0	186,0	238,0	295,0	345,0	408,0	462,0	517,0	567,0	670,0	833,0	995,0
	D7	131,0	155,0	206,0	267,0	325,0	375,0	438,0	496,0	555,0	609,0	726,0	903,0	1078,0
	D9	97,0	122,0	173,0	225,0	282,0	332,0	390,0	444,0	499,0	546,0	655,0	818,0	980,0
	T9	11,0	11,0	12,0	13,0	16,0	16,0	17,0	19,0	21,0	23,0	27,5	34,0	40,0
	Peso Kg/m	6,0	7,7	12,1	17,3	24,7	31,8	38,8	50,7	63,1	75,6	108,4	164,5	236,2
	Peso cople	2,2	2,7	3,9	5,3	6,6	10,0	14,9	18,2	24,3	30,8	41,7	66,7	91,3
A-7	D2	95,0	118,0	170,0	224,0	281,0	332,0	395,0	450,0	506,0	549,0	660,0	825,0	991,0
	D8	99,0	122,0	174,0	228,0	285,0	336,0	399,0	454,0	510,0	553,0	664,0	829,0	995,0
	D6	114,0	137,0	189,0	243,0	300,0	351,0	419,0	474,0	530,0	573,0	684,0	849,0	1015,0
	D7	137,0	160,0	214,0	272,0	335,0	387,0	460,0	519,0	580,0	634,0	757,0	938,0	1122,0
	D9	101,0	124,0	176,0	230,0	287,0	338,0	401,0	456,0	512,0	557,0	669,0	834,0	1000,0
	T9	12,5	12,0	13,5	15,5	18,5	19,0	22,5	25,0	27,5	28,5	34,5	42,0	50,0
	Peso Kg/m	7,0	8,4	13,8	20,9	30,2	38,1	53,5	67,7	83,7	94,6	137,5	209,0	298,5
	Peso cople	2,5	3,0	4,3	6,2	9,7	11,6	18,8	22,8	30,9	38,4	52,7	513,3	733,4
A-10	D2	98,0	122,0	176,0	231,0	286,0	344,0	412,0	469,0	527,0	573,0	689,0	862,0	1035,0
	D8	102,0	126,0	180,0	235,0	29,0	348,0	416,0	473,0	531,0	572,0	693,0	866,0	1039,0
	D6	117,0	141,0	195,0	250,0	305,0	363,0	436,0	493,0	551,0	597,0	713,0	886,0	1059,0
	D7	142,0	168,0	226,0	287,0	345,0	411,0	497,0	560,0	624,0	689,0	824,0	1023,0	1223,0
	D9	104,0	128,0	182,0	237,0	292,0	350,0	418,0	475,0	533,0	581,0	698,0	871,0	1044,0
	T9	14,0	14,0	16,5	19,0	21,0	25,0	31,0	34,5	38,0	40,5	49,0	60,5	72,0
	Peso Kg/m	7,9	10,0	17,2	26,0	25,8	51,0	75,4	95,5	118,2	137,5	199,8	308,1	439,7
	Peso cople	2,7	3,5	5,2	7,6	11,0	15,0	26,6	32,3	42,9	56,6	79,3	128,1	179,8
A-14	D2	104,0	128,0	185,0	243,0	301,0	362,0	430,0	490,0	551,0	600,0	730,0	913,0	1096,0
	D8	108,0	132,0	189,0	247,0	305,0	366,0	434,0	494,0	555,0	612,0	734,0	917,0	1100,0
	D6	123,0	147,0	204,0	262,0	320,0	381,0	454,0	514,0	575,0	612,0	754,0	937,0	1120,0
	D7	150,0	176,0	241,0	307,0	375,0	447,0	525,0	595,0	666,0	724,0	922,0	1146,0	1369,0
	D9	110,0	134,0	191,0	249,0	307,0	368,0	436,0	496,0	557,0	606,0	739,0	922,0	1105,0
	Peso Kg/m	17,0	17,0	21,0	25,0	28,5	34,0	40,0	45,0	50,0	58,0	69,5	86,0	102,5
	Peso cople	3,0	3,8	6,3	9,3	15,0	20,7	31,4	39,6	54,1	89,6	124,2	204,1	286,9

D Diámetro interior nominal

D3 Diámetro intermedio

T9 Espesor de pared

D2 Diámetro de la sección de enchufe

D9 Diámetro exterior

D8 Diámetro interior del cople

D6 Diámetro de la ranura del cople

D7 Diámetro exterior del cople

1.4. Piezas especiales.

Después del cálculo de las cargas y fuerzas a las que estará sometida la líneas de conducciones realiza la selección de la tubería adecuada para soportar dichos esfuerzos, así como el conjunto de piezas de unión y dispositivos de seguridad, válvulas y transitorios requeridos para el correcto funcionamiento

Desde un pozo de extracción de agua potable o manantial hasta el tanque de relación se requieren piezas especiales las cuales tienen como único fin mantener en las mejores condiciones de operación una línea de conducción manteniendo un flujo continuo y regular, evitando que se generen esfuerzos dentro de la tubería que no estén considerados en el análisis

A continuación se enlistan y se describirá en forma breve la función de las piezas más utilizadas y que en el cuadro 1.4. se muestra, indicando su simbología.

	Cruz		Válvula reductora de presión
	Te		Válvula de altitud
	Cople T con salida roscada		Válvula aliviadora de presión
	Codo de 90°		Válvula para expulsión de aire
	Codo de 45°		Válvula de flotador
	Codo de 22.5°/30'		Válvula de retención (check) de h.f. cn brida
	Codo de 90° para PVC o FC		Válvula de seccionamiento de h.f. con brida
	Codo de 45° para PVC o FC		Cruz de h.f. con brida
	Codo de 22.5°/30' para PVC o FC		Te de h.f. con brida
	Reducción		Codo de 90° de h.f. con brida
	Niple		Codo de 45° de h.f. con brida
	Extremidad		Codo de 22.5°/30' de h.f. con brida
	Transición entre clases inmediatas		Reducción de h.f. con brida
	Cople de expansión o adaptador para PVC, como galvanizado y h.f.		Carrete de h.f. con brida (corto y largo)
	Adaptador a tubería de plástico		Extremidad de h.f. con brida
	Tapón		Tapa con cuerda
			Tapa ciega de h.f.
			Junta Gibault

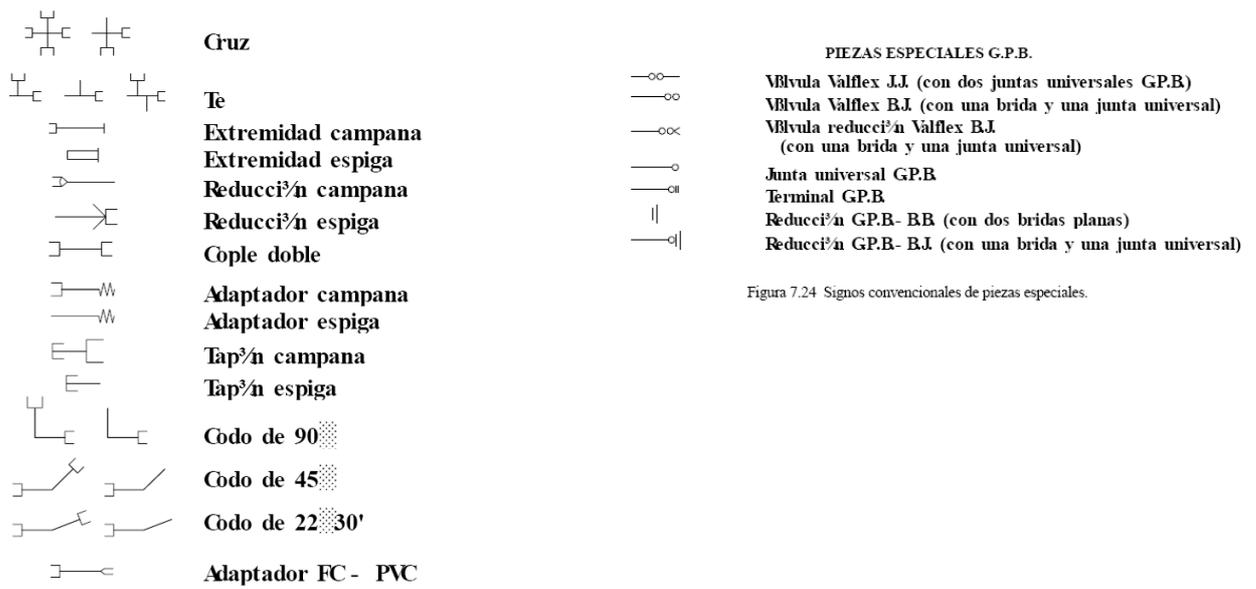


Figura 7.24 Signos convencionales de piezas especiales.

Figura 1.4 Relación de simbología de piezas especiales utilizadas en el análisis de cruceros.

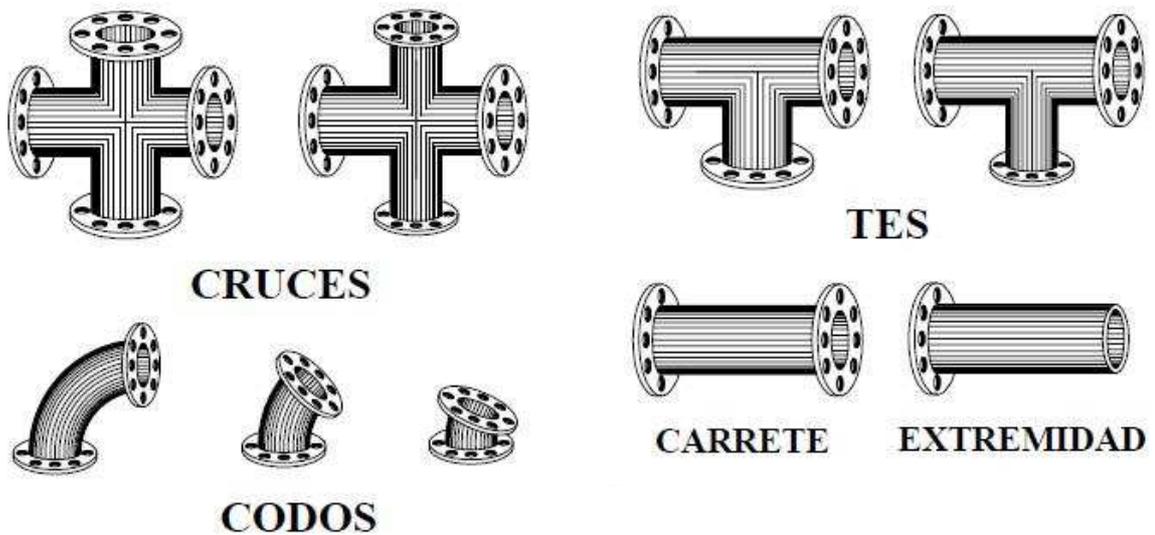


Figura 1.5 Piezas especiales para tubería fabricada en acero

Pichancha; en una línea de conducción por bombeo se coloca esta pieza en la punta del tubo que permanece sumergida, la cual tiene la finalidad de mantener llena la tubería de succión, evitando que la bomba trabaje en vacío al momento del arranque, lo cual puede ocasionarle problemas de cavitación, además al permanecer llena se garantiza una mayor eficiencia del equipo de bombeo y en líneas de conducción por bombeo muy largas, ahorra la energía que se consumiría si el equipo tuviese que llenar toda la longitud de la tubería lo cual se realiza únicamente en la primer vez que se pone en funcionamiento.

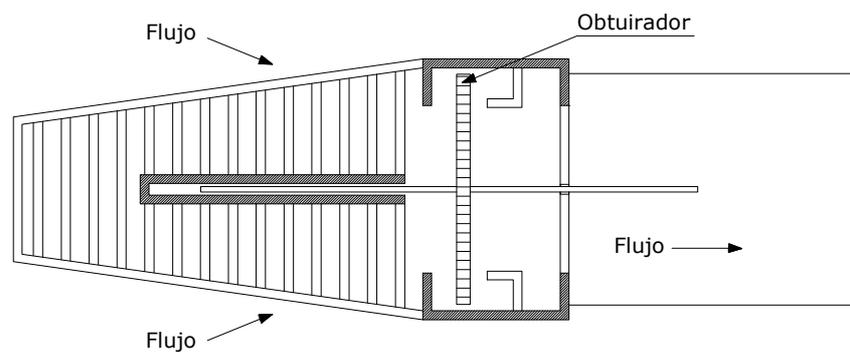


Figura 1.6 Pichancha

Válvula Check; este dispositivo retiene el agua a la salida de la bomba impidiendo que esta se dañe por la presión que ejerce el agua de retorno además de mantener la tubería de salida llena, lo cual eficiente el trabajo de la bomba cada vez que esta se pone en marcha, reduciendo el tiempo muerto que tardaría en llegar el agua desde la bomba hasta la salida de la tubería.

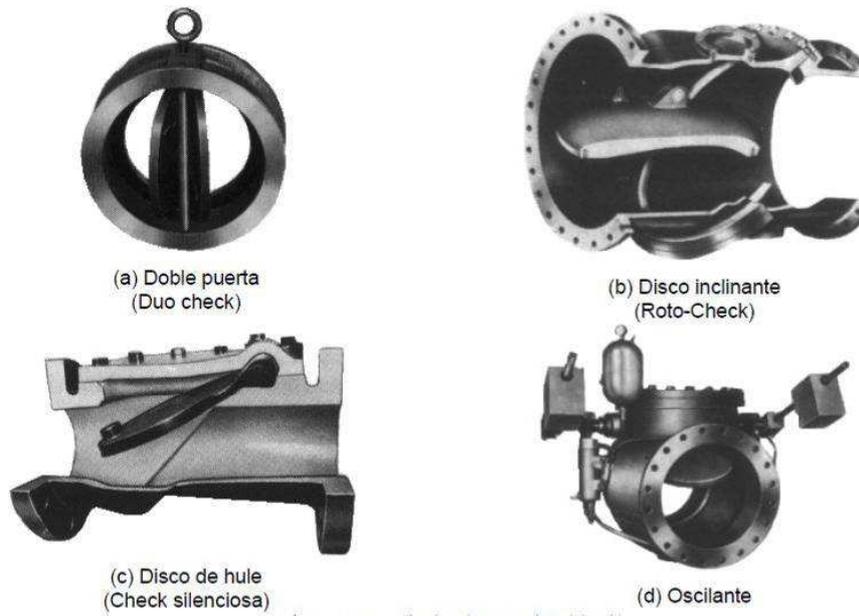


Figura 1.7 Distintos mecanismos de válvula check

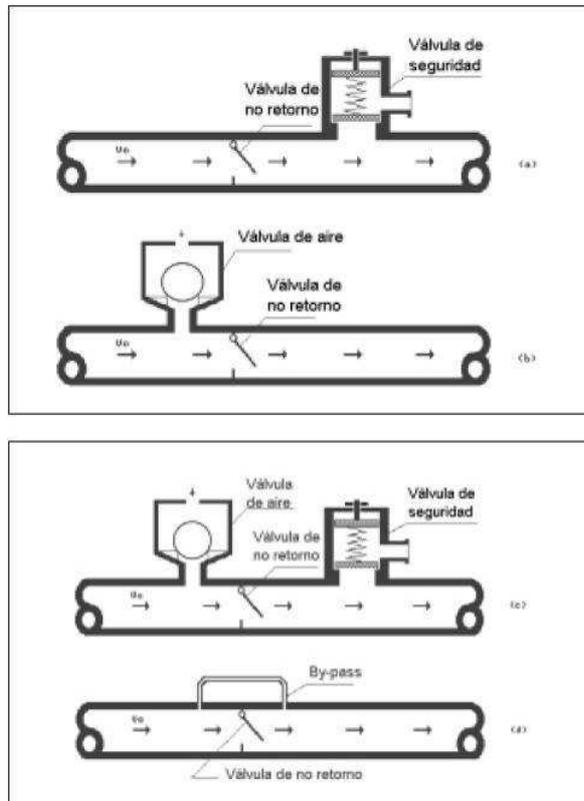


Figura 1.8 Esquema operativo de válvula check con disipador de golpe de Ariete

Válvulas de control; son los dispositivos con los cuales se regula o se obtura el gasto en una línea de conducción, es conveniente instalar una válvula al inicio de la conducción justo a la salida de la captación, a continuación en la figura 1.8 se puede apreciar un corte de una válvula de compuerta.

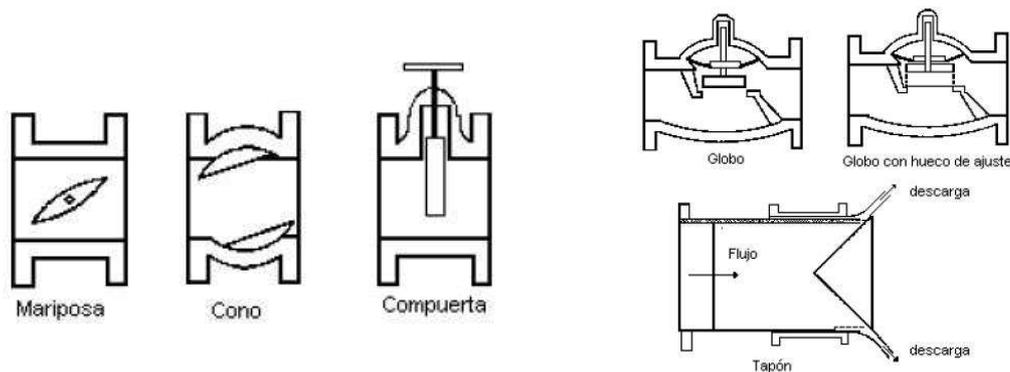


Figura 1.8 Esquema operativo de válvulas de control

Válvula expulsora de aire; son dispositivos por medio de los cuales se asegura la salida de aire y tienen el fin de mantener la tubería totalmente llena evitando que se guarden cantidades de aire importantes y le ocasionen daños a la tubería, principalmente son elementos auxiliares en el llenado, en la figura 1.9 se puede observar el funcionamiento interno y los componentes principales de estos dispositivos, y en el cuadro 1.6 se indican que diámetros son los más recomendables de usar dependiendo únicamente del diámetro de tubería de la línea de conducción.

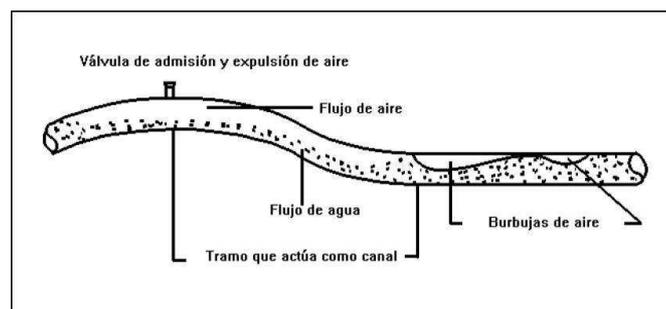


Figura 1.9 Esquema indicativo del sitio de instalación de válvula expulsora de aire

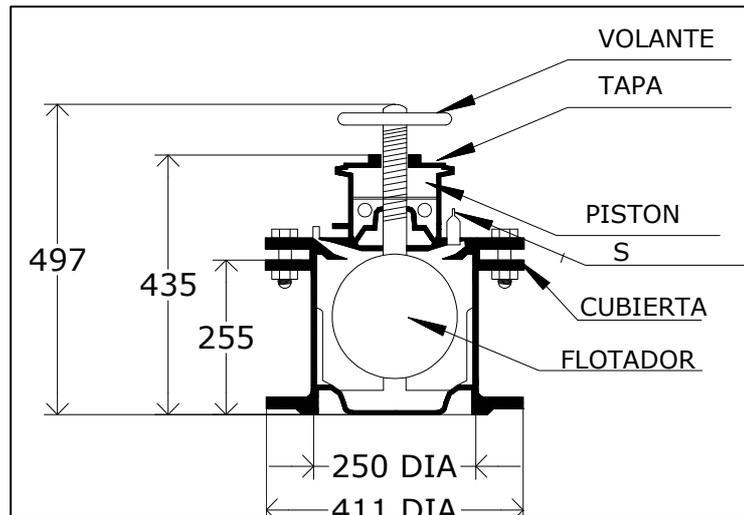


Figura 1.10 corte esquemático de la operación de una válvula de expulsión de aire

Cuadro 1.7. Diámetros de las válvulas de expulsión de aire		
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"
12" a 18"	50.5 a 201.6 l/s	2"
20" a 24"	201.7 a 472.5 l/s	3"
26" a 30"	472.6 a 819 l/s	6" a 8"

1.5. Pérdidas.

En la conducción de fluidos (gases o líquidos) por medio de ductos, a presión, existen fuerzas que se oponen al paso de estos, para este estudio enfocado a la conducción de agua por bombeo o gravedad es de suma importancia conocer y precisar dichas fuerzas opositoras mejor conocidas como pérdidas y que se deben a la fricción que existe entre las paredes internas del ducto y el fluido (agua) principalmente.

1.5.1. Fricción.

La fricción en el interior de una tubería es la principal fuerza que se opone al flujo y su magnitud depende de distintos factores y características físicas, tales como diámetro y longitud de la tubería, rugosidad de las paredes interiores de la tubería mismas que dependen del material del que están fabricados los tubos, de la velocidad del flujo y de la fuerza gravitacional, estas variantes y constantes que determinan el total de la fuerza opositora de fricción y que esta determinada por la ecuación 1.1 de Darcy-Weisbach (CNA, 1994).

$$\text{Ecuación 1.1 } H_f = f * L/D * v^2/2g \quad \text{ecuación 1.5.1}$$

Donde:

f = Coeficiente de fricción, variable que depende del régimen del flujo, que normalmente es turbulento en conductos de sistemas de agua potable y puede tomarse su valor del diagrama de Moody (Anexo 3) o se puede calcular con la ecuación modificada de Colebrook-White que dice:

$$\text{Ecuación 1.2 } f = \frac{0.25}{\left(\log \left(\frac{\epsilon / D}{3.71} + \frac{G}{Re^T} \right) \right)^2}$$

L =longitud en metros

D = Diámetro interior de la tubería en metros

V = Velocidad del flujo en metros/segundo

g = Fuerza de gravedad en metros/segundo cuadrado

Re = Numero de Reynolds $Re = (VD)/\nu$

ν =viscosidad cinemática del fluido (par el agua = $1.145 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{seg}$)

ε = Rugosidad absoluta del interior de la tubería del cuadro 1.8.

Cuadro 1.8. Coeficientes de rugosidad en tuberías

Material	ε en mm
Vidrio	0.0015
Hierro fundido (Fo.Fo.) Nuevo	0.01
Hierro fundido (Fo.Fo.) Semioxidado	0.015
Hierro fundido (Fo.Fo.) Oxidado	0.03
Cemento Liso	0.008
Acero	0.1
Fibrocemento	0.025
Concreto	1.45
Interior base epoxi	0.011
Polietileno de alta densidad	0.009
Policloruro de Vinilo (PVC)	0.009

Para los valores de G y T se tienen los rangos siguientes:

$$G = 4.555 \text{ y } T = 0.8764 \quad \text{para } 4000 \leq Re \leq 10^5$$

$$G = 6.732 \text{ y } T = 0.9104 \quad \text{para } 10^5 \leq Re \leq 3 \times 10^6$$

$$G = 8.982 \text{ y } T = 0.930 \quad \text{para } 3 \times 10^6 \leq Re \leq 10^8$$

Después de realizar las operaciones de la ecuación 1.1, el resultado nos indica las pérdidas que se tienen entre los puntos en estudio, y están expresadas en metros columna de agua (mca), y representa la presión de carga que se pierde

para este punto y para determinar la carga con la que se cuenta se debe de restar a la carga hidráulica que se tiene para este punto, la cual es igual a la diferencia altimétrica entre ambos puntos., al resultado graficado sobre un perfil de la trayectoria de la línea, partiendo desde se le conoce como línea piezométrica.

Seleccionar el diámetro más adecuado para la tubería, es de suma importancia ya que en las pérdidas por fricción son inversamente proporcionales al diámetro y longitud de la tubería pero también es necesario cuidar el aspecto económico al momento de realizar el diseño, ya que el precio aumenta en función del diámetro, por ello de conformidad con Dupuit (Apuntes De Captaciones Y Conducciones) es necesario seleccionar el diámetro de la tubería en función del gasto se va a conducir como lo indica las ecuaciones siguientes y las condicionantes para su uso:

$$\text{Ecuación 1.6} \quad \text{Si } Q > 10 \text{ lps} \quad \varnothing = 1.5 \sqrt{Q}$$

$$\text{Ecuación 1.7} \quad \text{Si } Q \leq 10 \text{ lps} \quad \varnothing = 1.2 \sqrt{Q}$$

1.5.2. Cambios de dirección.

Los cambios de dirección en la conducción de líquidos es un factor determinante para el cálculo de las pérdidas debido a que al cambiar la trayectoria del flujo se generan pérdidas de energía importante, las cuales se manifiesta como fuerza centrífuga la cual produce esfuerzo adicionales a la tubería disipados en deformación o pérdidas de velocidad.

Por la complejidad del estudio dichas pérdidas no se pueden calcular con exactitud pero de acuerdo a estudios experimentales y en base a la retroalimentación que se tiene con cada proyecto estas pueden estimarse como un porcentaje de las pérdidas por fricción el cual es del 5%.

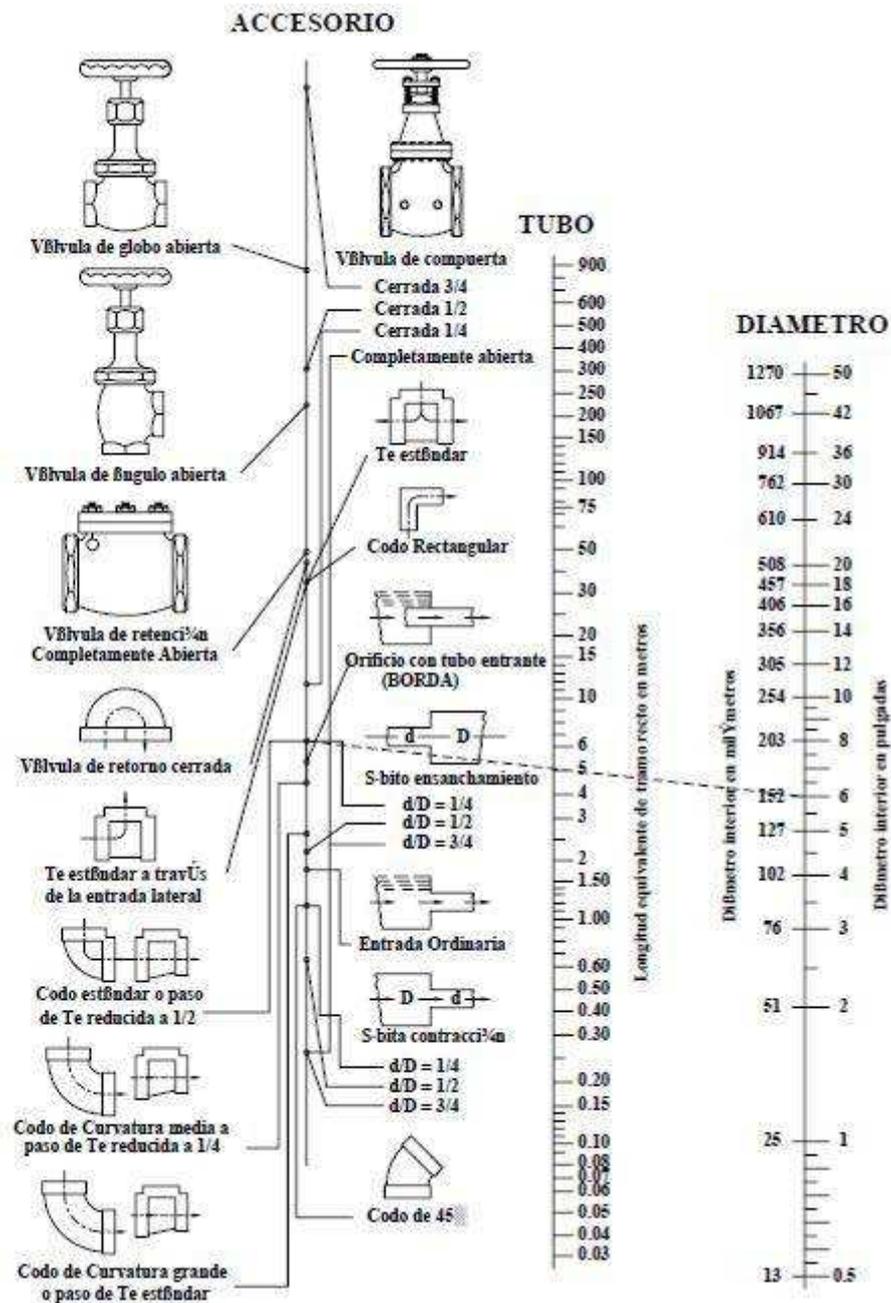


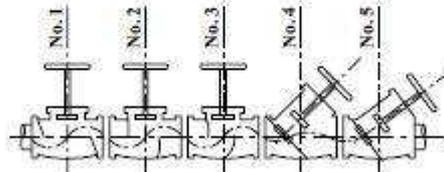
Figura 1.10 Nomograma para determinar las pérdidas por fricción en válvulas y conexiones

Cuadro 1.9. Perdidas de carga en válvulas y conexiones

LONGITUD DE TRAMO RECTO EQUIVALENTE A LA RESISTENCIA AL ESCURRIMIENTO

		Codo estandar	Codo de radio medio	Codo de radio grande	Codo de 45°	Te	Curva de retorno	Válvula de compuerta abierta	Válvula de globo abierta	Válvula de ángulo abierta
13	1"	0.457	0.427	0.335	0.235	1.036	1.158	0.106	4.877	2.560
19	¾"	0.671	0.548	0.427	0.305	1.372	1.524	0.143	6.705	3.658
25	1"	0.823	0.701	0.518	0.396	1.768	1.859	0.183	8.230	4.572
32	1 ¼"	1.128	0.914	0.732	0.488	2.377	2.591	0.244	11.278	5.472
38	1 ½"	1.311	1.097	0.853	0.610	2.743	3.048	0.290	13.411	6.706
51	2"	1.676	1.402	1.067	0.762	3.353	3.962	0.366	17.374	8.534
64	2 ½"	1.981	1.646	1.280	0.914	4.267	4.572	0.427	20.117	10.058
76	3"	2.469	2.073	1.554	1.158	5.182	5.486	0.518	25.908	12.802
89	3 ½"	2.896	2.438	1.829	1.341	5.791	6.401	0.610	30.175	15.240
102	4"	3.353	2.774	2.134	1.524	6.706	7.315	0.701	33.528	17.678
114	4 ½"	3.658	3.048	2.408	1.707	7.315	8.230	0.792	39.624	18.593
127	5"	4.267	3.658	2.713	1.859	8.230	9.449	0.884	42.672	21.336
152	6"	4.877	4.267	3.353	2.347	10.058	11.278	1.067	48.768	25.298
203	8"	6.401	5.486	4.267	3.048	13.106	14.935	1.372	67.056	33.528
254	10"	7.925	6.706	5.182	3.962	17.069	18.593	1.737	88.392	42.672
305	12"	9.754	7.925	6.096	4.572	20.117	22.250	2.042	103.632	51.816
356	14"	10.973	9.449	7.010	5.182	23.165	25.908	2.438	118.872	57.912
406	16"	12.802	10.668	8.230	5.791	26.518	30.480	2.743	131.400	67.056
457	18"	14.021	12.192	9.144	6.401	30.480	33.528	3.109	152.400	76.200
508	20"	15.850	13.106	10.363	7.010	33.528	36.576	3.658	170.688	85.344
559	22"	17.678	15.240	11.278	7.620	39.624	42.672	3.962	185.928	94.488
610	24"	19.202	16.154	12.192	8.534	42.672	45.720	4.267	207.264	103.632
762	30"	24.079	20.726	15.240	10.668	50.292	57.912	5.182	262.128	128.016
914	36"	28.651	24.079	18.288	13.106	60.960	67.056	6.096	304.800	152.400
1067	42"	36.576	28.956	21.946	15.240	73.152	79.248	7.010	365.760	182.880
1219	48"	41.148	33.528	24.994	17.578	83.820	91.440	7.925	426.720	207.264

Además de las válvulas indicadas en la tabla hay muchos otros tipos, algunos de los cuales se muestran a continuación.



Válvula	1	2	3	4	5
f	3.9	3.4	2.7	2.5	0.6

Una fórmula para determinar la pérdida de carga a través de las válvulas es:

$$h = f \frac{v^2}{2g} 174$$

donde h es la pérdida de carga (m), v es la velocidad (m/s) y f es el coeficiente de fricción (adim).

1.6. Velocidad máxima y mínima.

Aunque en la conducción de líquidos que este estudio se presenta, es exclusivo de agua potable, la velocidad del flujo está supeditada por las "características del material del conducto y la magnitud de los fenómenos

transitorios.” (CNA, 1994) además por los fenómenos físicos como sedimentación de partículas y la erosión interna de la tubería es necesario establecer límites mínimo y máximo en la velocidad del flujo, fijando el primero en 0.30 m/s para todas las tuberías considerada como la velocidad mínima para evitar la sedimentación de partículas que vallan en el torrente y la máxima será aquella con la que no se ocasioné erosión al interior la tubería, en la tabla 1.10 se indica los valores de estas velocidades para los diferentes materiales con los que se fabrican tubos.

Tabla 1.10 velocidades Máximas y Mínimas permisibles

TIPO DE TUBERÍA	VELOCIDAD MÁXIMA (m/s)
Concreto simple hasta 45 cm. de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 60 cm. de diámetro o mayores	3.5
Concreto presforzado	3.5
Asbesto cemento	5.0
Acero galvanizado	5.0
Acero sin revestimiento	5.0
Acero con revestimiento	5.0
P.V.C. (policloruro de vinilo)	5.0
Polietileno de alta densidad	5.0

CAPÍTULO 2

DATOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE UNA LINEA DE CONDUCCIÓN

En el presente capítulo se abordarán los temas relacionados con los datos que es preciso conocer para el análisis y diseño de una línea de conducción la importancia que estos tienen y como impactan en la vida útil del proyecto, que económicamente reflejan un alto o bajo índice en una relación costo beneficio.

2.1. Población de proyecto.

El aumento de vías de comunicación entre países y continentes, la globalización y los eventos económicos que han afectado a todo el planeta, son causales del incremento de la actividad de la sociedad como emigración y natalidad, por ello es importante conocer y estudiar los fenómenos sociales que ocurren, y como afectan en el crecimiento de una población, debido a que este ultimo es un factor determinante en la planeación del crecimiento urbano de una localidad o población específica.

Conocer el número de habitantes de una población, donde se pretenda realizar un proyecto de urbanización, y además se cuente con un historial del crecimiento que ha tenido, es importante, pero es aún más importante predecir el numero de habitantes que existirán el la población en un lapso de tiempo determinado hacia el futuro, con la finalidad de que las obras de servicios urbanos (alcantarillado y agua potable) que se construyan, cubran las necesidades que demandará la localidad durante el lapso de tiempo establecido.

2.1.1. Métodos de proyección de crecimiento poblacional.

Para poder predecir el crecimiento de una población, se han establecido distintos métodos de predicción de la población futura, a la cual se le conoce como población de proyecto para efectos de elaboración y diseño de proyectos de urbanización, y de acuerdo con la Comisión Nacional Del Agua (1994) los métodos de predicción recomendados para determinar el número de habitantes de la población en el futuro (población de proyecto), son el método por comparación y el método por mínimos cuadrados.

2.1.1.1. Método de crecimiento por comparación.

Este método se utiliza cuando se carece de datos históricos del crecimiento que ha tenido la población en estudio, y consiste en comparar a esta con otras poblaciones que hayan tenido características socioeconómicas similares en el pasado y se conozca el crecimiento que ha tenido su población, para utilizar la tasa de crecimiento de esta población similar y utilizarlo para predecir el número de habitantes de la población futura, la cual se determina con la Ecuación 2.1.

$$\text{Ecuación 2.1 } P_p = P_i * (1 + \text{índice de crecimiento})^t$$

Donde:

P_p = Población futura o de proyecto

P_i = Población actual o inicial

Índice de crecimiento

t = Periodo de diseño en años

2.1.1.2. Métodos de crecimiento por mínimos cuadrados.

Este método se basa en la comparación de la forma que describe la grafica de los datos del crecimiento de la población con los que se cuenta, ordenandos por año y número de habitantes de la población en estudio, y calculando la tasa de crecimiento entre cada registro para graficar su comportamiento, a esta grafica se le compara con las distintas curvas típicas de funciones algebraicas, para seleccionar las ecuaciones de predicción a utilizar, con las que se calculara la población del año que se desee ajustado a la grafica.

Para determinar la tasa de crecimiento se parte de la Ecuación 2.1 y se despeja la variable “i” con lo cual se obtiene la ecuación 2.1a Ecuación.

$$\text{Ecuación 2.1a} \quad i = \left[(P_{i+1} / P_i)^{1/t} - 1 \right] * 100$$

Donde:

i = tasa de crecimiento entre el periodo $t_{i+1} - t_i$

P_{i+1} = Población del año t_{i+1}

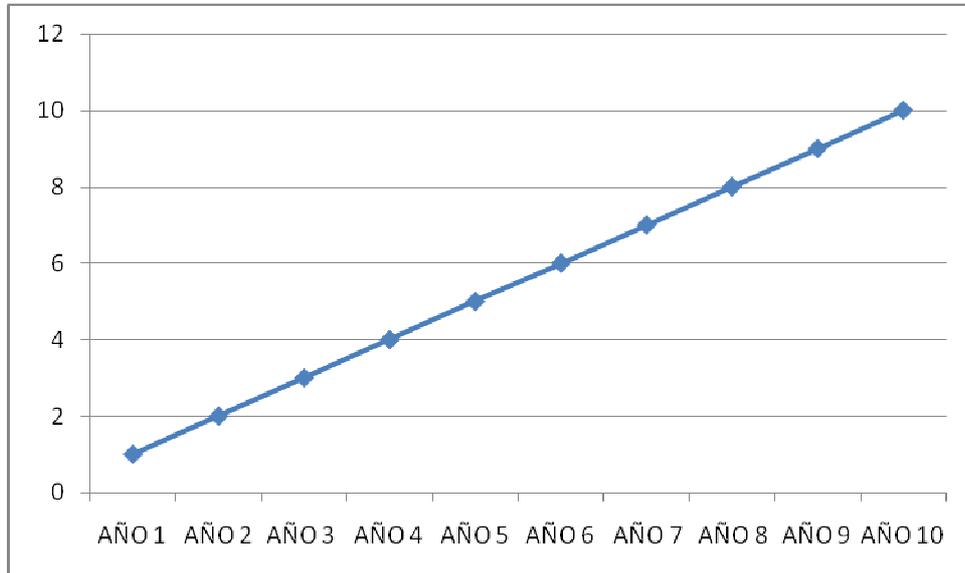
P_i = Población del año t_i

$t = t_{i+1} - t_i$ = Numero de años del periodo

La geometría de las funciones trigonométricas y las ecuaciones de ajuste para encontrar el valor de P_{i+1} para el año t_{i+1} que se requiera, son:

La línea con una pendiente constante m.

Gráfica 2.1 Forma típica de una función lineal



Ecuación 2.2 $P = a + bt$

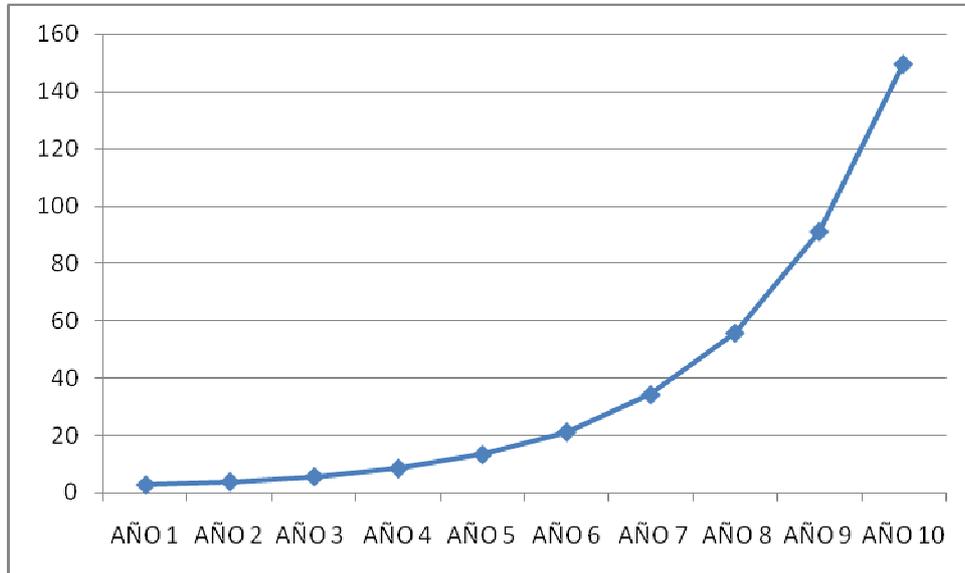
Ecuación 2.3 $a = \frac{\sum P_i - b \sum t_i}{N}$

Ecuación 2.4 $b = \frac{N \sum (t_i * P_i) - [(\sum t_i) * (\sum P_i)]}{N \sum (t_i)^2 - (\sum t_i)^2}$

Ecuación 2.5 $r = \frac{N \sum (t_i * P_i) - [(\sum t_i) * (\sum P_i)]}{\sqrt{[N \sum (t_i)^2 - (\sum t_i)^2][N \sum (P_i)^2 - (\sum P_i)^2]}}$

La curva exponencial

Gráfica 2.2 Forma típica de una función exponencial



Ecuación 2.6 $P = ae^{bt}$

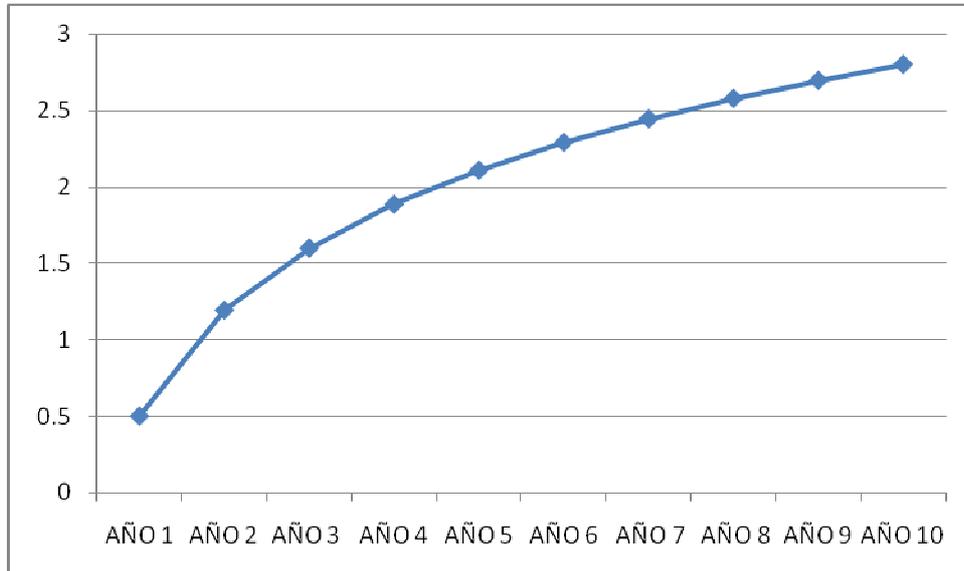
Ecuación 2.7 $a = e^{[(\sum \ln P_i - b \sum t_i)/N]}$

Ecuación 2.8
$$b = \frac{N \sum (t_i) * (\ln P_i) - [(\sum t_i) * (\sum \ln P_i)]}{N \sum (t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2}$$

Ecuación 2.9
$$r = \frac{N \sum (t_i) * (\ln P_i) - [(\sum \ln t_i) * (\sum \ln P_i)]}{\sqrt{[N \sum (t_i)^2 - (\sum t_i)^2][N \sum (\ln P_i)^2 - (\sum \ln P_i)^2]}}$$

La curva logarítmica

Gráfica 2.3 Forma típica de una función logarítmica



Ecuación 2.10 $P = a + b(\ln t)$

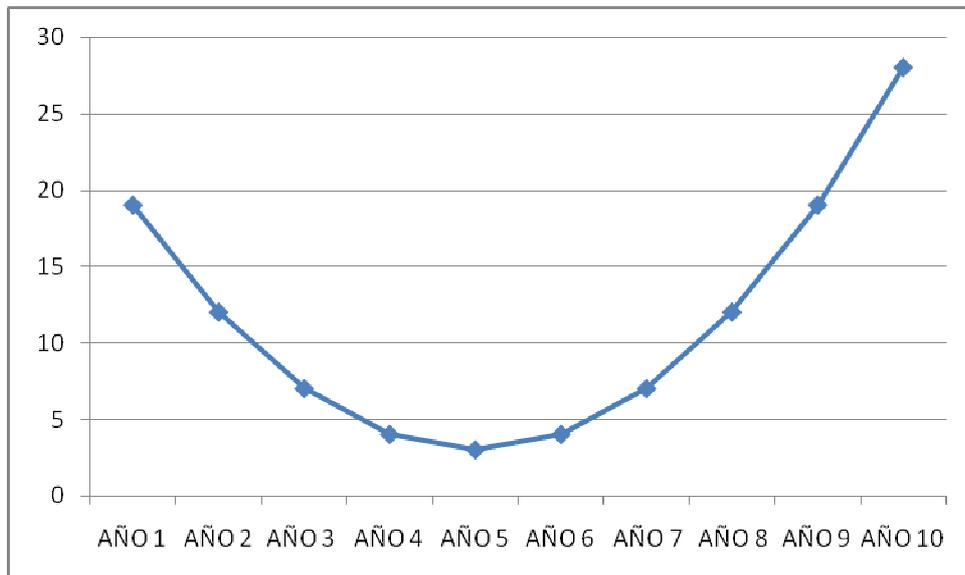
Ecuación 2.11 $a = \frac{\sum P_i - b \sum \ln t_i}{N}$

Ecuación 2.12 $b = \frac{\sum (\ln t_i) * (P_i) - [(\sum \ln t_i) * (\sum P_i)]}{N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2}$

Ecuación 2.13 $r = \frac{\sum (\ln t_i) * (P_i) - [(\sum \ln t_i) * (\sum P_i)]}{\sqrt{[N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2][N \sum (P_i)^2 - (\sum P_i)^2]}}$

La curva potencial

Gráfica 2.4 Forma típica de una función potencial



Ecuación 2.14 $P = at^b$

Ecuación 2.15 $a = e^{[(\sum \ln P_i - b \sum \ln t_i)/N]}$

Ecuación 2.16 $b = \frac{\sum (\ln t_i) * (\ln P_i) - [(\sum \ln t_i) * (\sum \ln P_i)]}{N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2}$

Ecuación 2.17 $r = \frac{\sum (\ln t_i) * (\ln P_i) - [(\sum \ln t_i) * (\sum \ln P_i)]}{\sqrt{[N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2][N \sum (\ln P_i)^2 - (\sum \ln P_i)^2]}}$

Para todos los procedimientos de ajuste anteriores "N" es el número de datos o registros con los que se cuenta y "r" es el factor de correlación cuyo valor se encuentra entre -1 y +1, el valor absoluto del resultado de dicha ecuación entre mas se acerque al 1 indica la confiabilidad del resultado para el calculo de la población, la cual se puede calcular sustituyendo el año en la variable "t" según haya sido el procedimiento de ajuste utilizado.

2.2. Dotación.

Se entiende por dotación a la cantidad de un suministro que se otorga en forma per cápita.

Para el presente estudio la dotación de agua potable esta determinada en base a estadísticas y la observación del consumo de l líquido, que se da en las ciudades y distintas poblaciones que cuentan con el suministro de este recurso a lo largo del tiempo.

Por lo anterior, la dotación es un dato relevante en la elaboración de un proyecto de suministro de agua potable, conocer la cantidad que cada habitante consume es primordial para la elaboración de proyectos que satisfagan dichas necesidades, pero ¿cómo determinarlo?, para esto la CNA realizo estudios, muestreando distintas zonas y tipos de población en el país obteniendo las cantidades del consumo de agua promedio por persona para las distintas poblaciones, agrupando los datos de y determinando que la variación en el consumo estriba en el clima de la localidad y el nivel socioeconómico de esta.

De lo anterior la importancia de conocer los rangos de temperatura que prevalecen en la localidad durante el año, para determinar su clasificación, por ello a continuación se muestra una tabla elaborada por la CNA donde se muestran las clasificaciones del clima en un rango de temperatura que corresponde a la temperatura promedio anual de la localidad.

Cuadro 2.1 Clasificación de Tipos de clima de acuerdo a la temperatura promedio anual de la región.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor que 22	CALIDO
De 18 a 22	SEMICALIDO
De 12 a 17.9	TEMPLADO
De 5 a 11.9	SEMIFRIO
Menor que 5	FRIO

Al igual que la importancia del clima la clasificación socioeconómica juega un lugar importante en la determinación de la Dotación, por esta razón a continuación se muestra la tabla que la CNA recomienda usar para determinar la dotación en función de la temperatura del lugar y el tipo de asentamiento al que pertenece la población a servir.

Cuadro 2.2 Consumo domestico pre cápita

CLIMA	COÑSUMO POR CLASE SOCIOECONOMICA (1/hab/dia)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
Cálido	400	230	185
Semicalido	300	205	130
Templado	250	195	100
NOTAS:			
1)	Para los casos de climas semifrío y frío se consideran los mismos valores que para el clima templado		
2)	El clima se selecciona en función de la temperatura media anual (Tabla 1.5)		

2.3. Periodo de diseño.

Se denomina periodo de diseño al lapso de tiempo en el cual una obra de servicios (agua potable, alcantarillado, saneamiento entre otras) llegue a la saturación, o en el caso específico de una línea de conducción, que trabaje al

gasto máximo de conducción para el que fue diseñado y cubra las necesidades de la población a la que sirve, este periodo también conocido como Periodo Económico, debido a que en este mismo periodo de saturación del servicio la infraestructura haya sido rentable, es decir, que la inversión realizada haya sido recuperada, que visto de otra forma la relación costo beneficio sea lo mas baja posible, es importante mencionar que el periodo de diseño o periodo económico no debe de ser mayor a la vida útil de la infraestructura en estudio

Cuadro 2.3 Periodos de diseño

ELEMENTO	PERÍODO DE DISEÑO (años)
Fuente	
Pozo	5
Embalse (presa)	hasta 50
Línea de conducción	de 5 a 20
Planta potabilizadora	de 5 a 10
Estación de bombeo	de 5 a 10
Tanque	de 5 a 20
Distribución primaria	de 5 a 20
Distribución secundaria	a saturación (*)
Re e atarjeas	a saturación (*)
Colector y Emisor	de 5 a 20
Planta de tratamiento	de 5 a 10

2.3.1. Vida útil.

La vida útil de un proyecto es el periodo de tiempo en que puede permanece una infraestructura en operación sin que exista cierto desgaste o fatiga en los materiales que la componen, sin que los costos de mantenimiento sean elevados, este periodo regularmente es mas prolongado que el periodo de diseño, pero es importante tomar en cuenta otros factores como la seguridad y

confiabilidad que debe brindar cada componente y el conjunto en general, resistencia y degradación de los materiales y elementos que pueden llegar a afectar su resistencia como exposición a eventos climatológicos y ambientales que agravan a los componentes químicos de sus materiales, así la vida útil de una línea de conducción estará limitada por el tiempo de la menor durabilidad de cualquiera de sus elementos.

Cuadro 2.4 Vida útil

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (años)
Pozo	
Civil	de 10 a 30
Electromecánica *	de 2 a 20
Línea de conducción	de 20 a 40
Planta potabilizadora	
civil	40
Electromecánica *	de 5 a 20
Estación de bombeo	
civil	40
Electromecánica *	de 5 a 20
Tanque	
superficial	40
elevado	20
Distribución primaria	de 20 a 40
Distribución secundaria	de 15 a 30
Red de atarjeas	de 15 a 30
Colector y Emisor	de 20 a 40
Planta de tratamiento	
civil	40
electromecánica	de 15 a 20

2.4. Coeficientes de variación.

Las líneas de conducción, como las redes de distribución de agua potable, alcantarillado, redes de suministro de energía eléctrica y cualquier otra infraestructura que este diseñada expreso para realizar el suministro de algún

servicio, están supeditadas a la demanda de los usuarios, lo que les ocasionan variaciones en el flujo del suministro que se trate, en este estudio enfocado al agua potable mencionaremos las variaciones que sufre una línea de conducción, red de distribución o alcantarillado y que son producto de la demanda la cual es distinta para cada hora del día, y se ve reflejada en baja de la presión misma que repercuten en disminución del flujo, con gasto y velocidad baja (escases del fluido), debido al número de tomas o servicios que operan en forma simultánea.

A través del tiempo se ha observado que dichas variaciones son distintas para cada día de la semana y para cada hora del día, lo cual se relaciona a las actividades y costumbres de la población, por ello y con ayuda de las estadísticas se ha determinado que existe un día de mayor consumo y una hora de mayor consumo o día y hora pico, y con esta estadística se han estableciendo valores de variación diaria y horaria.

2.4.1. Coeficiente de variación diaria.

Se le llama variación diaria a la diferencia que se presenta en el gasto total que transitó por la línea de conducción durante el día de mayor demanda con respecto al gasto promedio diario registrado, el cual se debe al aumento en el consumo de una población de acuerdo con las actividades que se realizan en los días de mayor demanda.

2.4.2. Coeficiente de variación horaria.

Se le llama variación horaria a la diferencia que se presenta en el gasto total que transita por la línea de conducción durante la hora de mayor demanda con respecto al gasto promedio horario registrado, el cual se debe a la demanda que se da de acuerdo con las actividades de la población para dichas horas.

2.5. Gastos de diseño.

Se le llama gasto de diseño, a la cantidad de agua calculada para satisfacer las necesidades de una población durante un periodo específico (periodo de diseño o periodo económico) tomando en cuenta el crecimiento esperado de la población para el mismo lapso de tiempo.

El gasto de diseño a considerar es distinto dependiendo de la estructura que se trate, debido a que las variaciones diarias y horarias afectan a las estructuras de manera distinta, por lo anterior la CNA define una tabla donde asocia a cada estructura con el gasto que debe de considerarse para su diseño.

Más adelante se definirá la nomenclatura asignada a los distintos gastos, mismos que están afectados por los *Coeficientes de Variación* diaria u horaria según sea el caso, de conformidad con los estudios realizados por la CONAGUA para este rubro.

Cuadro 2.5 Coeficientes de variación diaria y horaria

CONCEPTO	VALOR
Coeficiente de variación diaria (CVc)	1.40
Coeficiente de variación horaria (CVh)	1.55

2.5.1. Gasto medio diario.

Se le llama gasto medio diario al producto de la multiplicación de la población de proyecto por la dotación correspondiente para la clasificación de la misma población, y que corresponde al consumo esperado para la población de proyecto, el cálculo del gasto medio diario se realiza como se indica en la ecuación 2.18.

$$\text{Ecuación 2.18} \quad Q_{med} = \frac{Pp * Dotacion}{86400}$$

2.5.2. Gasto máximo diario.

Se le llama gasto máximo diario a la afectación que se realiza al gasto medio diario al multiplicarlo por el coeficiente de variación diaria determinado por la CNA y que se estima corresponde al consumo esperado para la población de proyecto.

$$\text{Ecuación 2.19} \quad Q_{\text{máximo diario}} = Q_{\text{medio}} * CV_d$$

2.5.3. Gasto máximo horario.

Se le llama gasto máximo horario a la afectación que se realiza al gasto medio diario al multiplicarlo por el coeficiente de variación diaria determinado por la CNA y que se estima corresponde al consumo esperado para la población de proyecto.

$$\text{Ecuación 2.20} \quad Q_{\text{máximo horario}} = Q_{\text{máximo diario}} * CV_h$$

2.6. Consideraciones para la construcción.

Para que una línea de conducción brinde un buen servicio durante el periodo de diseño es importante conocer los aspectos básicos que se deben cuidar durante la instalación, ya que de ello depende gran parte de la eficiencia al evitar la posibilidad de aparición de fugas en las uniones, que causen pérdidas de líquido y presión en la red haciéndola ineficiente.

Proteger a las líneas de conducción es importante ya que al evitar que estas que den expuestas se evita que se le ocasionen daños por este motivo es importante se instalen bajo tierra preferentemente, en los casos que sea posible, dando una profundidad que proporcione la seguridad que se busca, por ello del manual de CNA se extrajo el Cuadro 2.6 donde se indica la profundidad mínima en zanjas de acuerdo al diámetro de la tubería por instalar, y el cuadro 2.7 se indica el colchón mínimo que se debe tener para evitar que el tránsito de vehículos le adicione esfuerzos adicionales que puedan dañar la tubería..

Cuadro 2.6 Profundidad mínima

DIAMETRO DEL TUBO	PROFUNDIDAD MÍNIMA DE ZANJA
Hasta 5 cm	0.70 m
Mayores de 5 cm y hasta 90 cm	0.90m más el diámetro exterior del tubo
Mayores de 90 cm y hasta 12 cm	m más el diámetro exterior del tubo
Mayores de 122 cm	1.30 m más el diámetro exterior del tubo

Cuadro 2.7 Colchón mínimo

DIÁMETRO DEL TUBO	COLCHÓN MÍNIMO
Hasta 45 cm	0.9 m
Mayores de 45 cm y hasta 122 cm	1.0 m
Mayores de 122 cm y hasta 183 cm	1.3 m
Mayores de 183 cm	1.5 m

Para poder instalar las tuberías dentro de las zanjas es necesario darle a estas el ancho apropiado para poder realizar maniobras, este ancho mínimo se encuentra el Cuadro 2.8, mismo que fue determinado en base a las dimensiones del cuerpo humano.

Cuadro 2.8 ancho de zanjas

DIÁMETRO NOMINAL		ANCHO (cm)
(cm)	(pulgadas)	
2.5	1.0	50
3.8	1.5	55
5.0	2.0	55
6.3	2.5	60
7.5	3.0	60
10.0	4.0	60
15.0	6.0	70
20.0	8.0	75
25.0	10.0	80
30.0	12.0	85
35.0	14.0	90
38.0	15.0	95
40.0	16.0	95
45.0	18.0	90
50.0	20.0	115
61.0	24.0	130
76.0	30.0	150
91.0	36.0	170
107.0	42.0	190
122.0	48.0	210
152.0	60.0	250
183.0	72.0	280
213.0	84.0	320
244.0	96.0	355

Tomar en cuenta estas consideraciones cuando se elabora un proyecto sirve para obtener las cantidades de obra por ejecutar y en base a estas se puede calcular el importe de la obra

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo tratará todo lo relacionado a la topografía, orografía, hidrológica, geología y clima, del sitio en estudio, lugar del asentamiento urbano motivo de la presente investigación, describiendo las características físicas del lugar que prevalecen.

3.1. Generalidades.

La línea de conducción de agua potable en estudio, se encuentra entre los municipios de Ziracuaretiro y Taretan del estado de Michoacán, este sistema que se revisará para determinar si las condiciones del diseño son las adecuadas, satisfacen los criterios del manual de la CNA y a su vez se determinara si las el diseño es el adecuado técnica y económicamente con respecto a la normatividad vigente de la CNA y los resultados que se obtengan en el análisis, además se verificara si el proyecto satisface las necesidades de la población de proyecto.

3.2. Resumen ejecutivo.

Para la revisión del proyecto se cuenta con el levantamiento topográfico en planta de la zona en estudio, y el perfil por donde se encuentra actualmente la línea de conducción, también se cuenta con la información proporcionada por la Oficina de Agua Potable, del H. Ayuntamiento e Taretán, que consiste en los datos utilizados para el diseño y los resultados del análisis y diseño de la línea de conducción y que a continuación se indican:

Longitud total = 7740.00 m

Diámetro de la tubería: 0.075 m (75 mm = 3")

Cedula de la tubería: RD-26 o cédula 30

Aportación del manantial: 5.25 LPS (litros/segundo)

Tipo y capacidad de la captación: Directa semi-regularizada con un tanque local de 12.5 m³ (12 500.00 litros)

Tipo y capacidad el tanque de regulación: Tanque de regularización superficial construido con mampostería y una capacidad de 100 m³ (100 000.00 litros).

Población servida (año 2005): 1607 Colonos y 685 Alumnos de Primaria

Tasa de crecimiento poblacional utilizada: 1.019

Población de Proyecto: 2360 Colonos y 1006 Alumnos Primaria

Dotación: 150 litros/habitante/día para colonos y 50 litros/habitante/día para escolares

Periodo Económico: 20 años

Gasto de diseño: 6.55 litros/ segundo

Mediante visita al sitio se verificó la información y se realizó un levantamiento fotográfico del lugar donde se encuentra ubicado el manantial y la captación, así como el tanque de regularización y el trayecto que recorre la línea de condición, ubicación y estado de las cajas de válvulas admisoras y expulsoras de aire y fotografías representativas del lugar.

Posterior a la recopilación de datos se realizará en forma independiente el cálculo y diseño del alinea de conducción, culminando con una comparativa entre los resultados del proyecto de origen y los resultados que se obtengan en el presente estudio, para llegar a una conclusión.

3.3. Entorno geográfico.

El Estado de Michoacán se localiza en el centro occidente de la República Mexicana, en la costa del Océano Pacífico, entre 17°54'34" y 20°23'37" de la latitud Norte y entre 100°03'23" y 103°44'09" de la longitud Oeste.

El Estado de Michoacán tiene una extensión de 5, 986,400 hectáreas (59,864 km²) que representa aproximadamente el 3% de la superficie total del territorio nacional, con un litoral de 210.5 Km. que se extiende a lo largo del Océano Pacífico. De conformidad con los datos encontrados en la pagina <http://www.michoacan.gob.mx/Ubicacion>



Figura 3.1 Ubicación del estado Michoacán dentro de la República Mexicana.

En Michoacán se encuentran dos climáticas predominantes en grandes regiones: la correspondiente a la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico, en la primera predomina el clima cálido y semicálido subhúmedo, en la segunda el clima semifrío subhúmedos.

En la Zona comprendida entre la Sierra Madre del Sur y las faldas del Eje Neovolcanico, mejor conocida como “La depresión del Balsas y del Tepalcatepec” o “El valle de Apatzingan” se tiene una variedad de climas, entre los cuales se encuentran los secos y semisecos, ambos muy cálidos, y rodeando a éstos, en las laderas de la sierra y costas michoacanas, predomina el clima cálido subhúmedo y en la transición hacia las paredes mas altas de la sierra y el eje neovolcanico, se encuentran algunas áreas con clima semicálido subhúmedo y sólo en las formaciones de mayor altura que superan los 1000 m.s.n.m. se encuentra el clima va de semicálido hasta templado.

En el Eje Neovolcánico encontramos climas que se distribuyen en franjas orientadas de oriente a poniente y se clasifican dentro del grupo de los climas templados y en algunos puntos específicos e las subprovincias de Mil Cumbres y la Meseta Tarasca del Eje Neovolcánico, existen climas semifrio húmedo y frio. De acuerdo con la información de la pagina <http://www.michoacan.gob.mx/Clima>

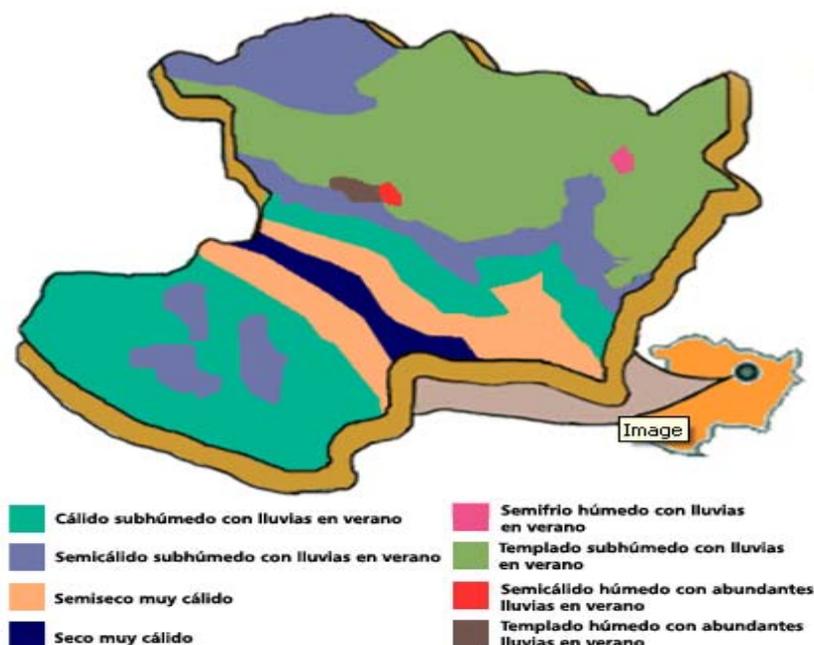


Figura 3.2 Zonificación de climas dentro del estado de Michoacán

El Municipio de Taretan se encuentra localizado en el centro del Estado, a 19°20' latitud norte y 101°55' longitud oeste, a una altura de 1, 130 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Ziracuaretiro, al este con Santa Clara del Cobre y Ario de Rosales, al sur con Nuevo Urecho y Gabriel Zamora, y al este con Uruapan. Su distancia a la capital del Estado es de 90 Km. por la Supercarretera Siglo XXI.



Figura 3.3 Ubicación del municipio de Taretan dentro del estado de Michoacán.

Extensión.

Su superficie es de 185. 23 km² y representa el 0.31 % del total del Estado.

Orografía.

Su relieve está constituido por una fracción del Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra de Santa Clara, donde se encuentran los cerros: De la Cruz, Cobrero, Hornos, Mesa de García, Mesa de la Exhacienda, Palma, San Joaquín, Pelón y Guayabo y la Planicie del Llanito.

Hidrografía.

Su hidrografía está constituida por arroyos y manantiales de agua fría que forman parte de la cuenca de los ríos Acámbaro. Paso del Reloj, El Guayabo y Hoyo del Aire.

Clima.

Su clima es templado con lluvias en verano con temperaturas que oscilan entre 14.4 a 29.6 grados centígrados, y tiene una precipitación pluvial anual de 1,560 milímetros.

Principales ecosistemas.

En el municipio de Taretan, predomina el Bosque Tropical con especies como: Zapote, Tepeguaje, Cirián, Parota, Guaje y Mango. Y con respecto a su fauna, esta conformada por Zorro, Tejón, Coyote, Conejo, Liebre, Golondrina, Güilota, Pato y Aguililla.

Recursos naturales.

Entre los recursos naturales con que cuenta este municipio son las especies maderables que están integradas por pino y encino.

Características y uso del suelo.

El suelo de este Municipio fue formado en los períodos cenozoico, terciario y eoceno. Su uso es primordialmente forestal, la actividad agrícola y ganadera. De acuerdo a con la información de la pagina

http://www.emexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacan/Mpios/16087a.htm

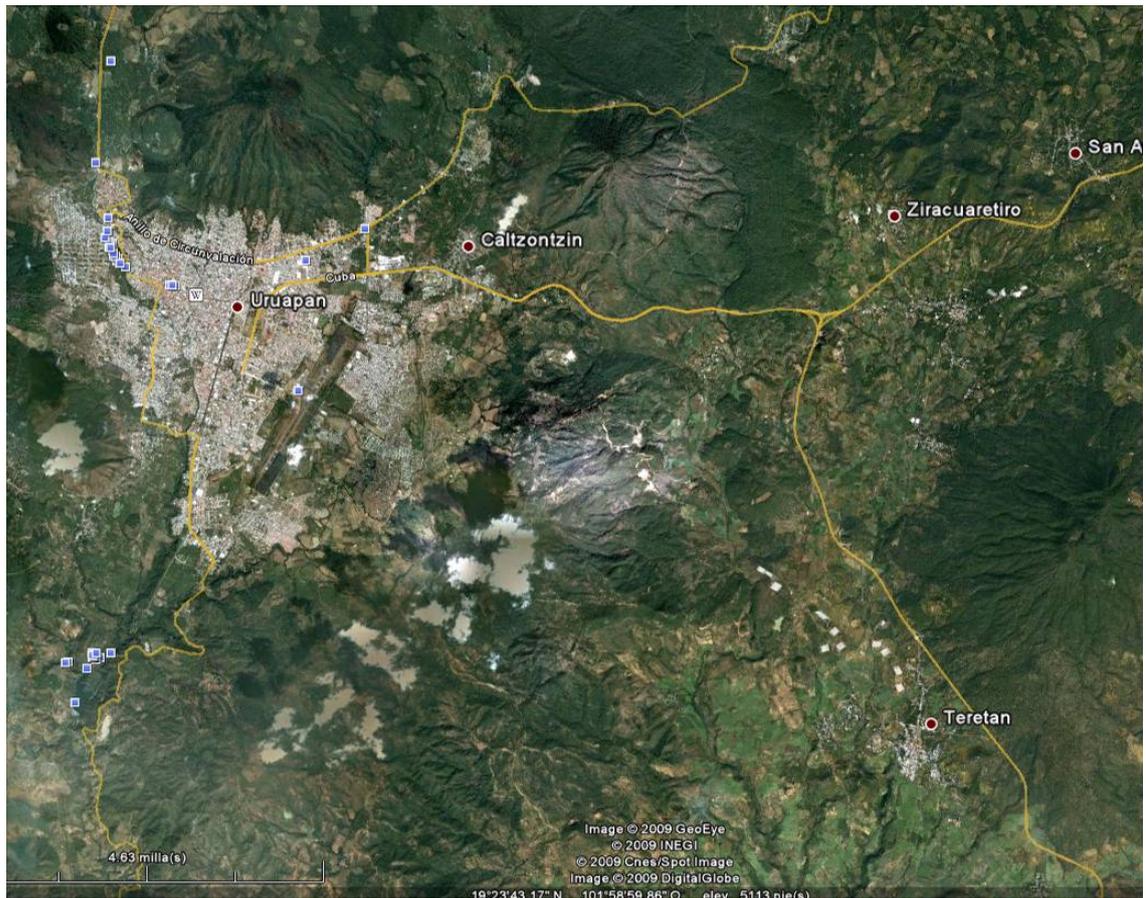


Figura 3.4 Fotografía satelital donde aprecia la población de Taretan, y las vías de comunicación que existen actualmente hacia las poblaciones cercanas, las cuales son la carretera libre Uruapan–Taretan la cual comunica con La ciudad de Uruapan pasando por el municipio de Ziracuaretiro, y La Súper-Carretera Siglo XXI, la cual lo comunica con Uruapan, Morelia y Lázaro Cárdenas.

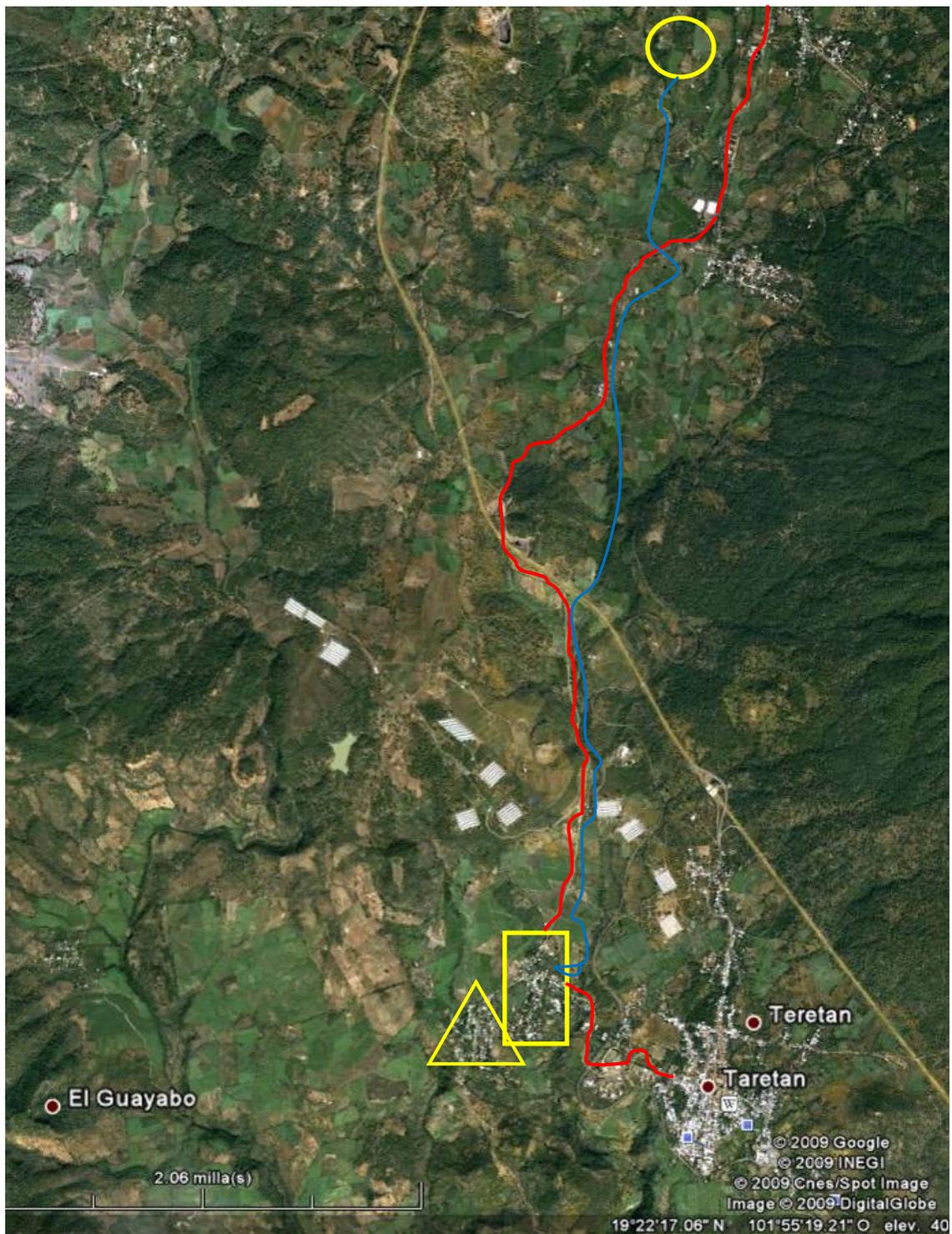


Figura 3.5 Fotografía satelital donde se señala: 1. la Colonia Emiliano Zapata en un rectángulo, 2. los asentamientos suburbanos aledaños en un triángulo, ambos ubicados al Nor-Oeste de Taretan, a 5 (cinco) Kilómetros de la cabecera municipal por la carretera libre Taretan-Uruapan. 3. En la parte superior de la fotografía el sitio donde se localiza el manantial en un círculo.

3.4. Informe fotográfico.

El manantial se encuentra ubicado en un paraje conocido como “La Tamacua” en el municipio de Ziracuaretiro, de ahí la denominación del manantial, este paraje se encuentra al sur del municipio, entre predios dedicados a el cultivo de caña de azúcar y zarzamora, en una zona protegida. Aquí se encuentra la captación del manantial concesionado por la CNA para la Colonia Emiliano Zapata y anexas, en este mismo lugar se encuentra construido un depósito de 8 m³, que regula el gasto de la conducción.



Figura 3.6 Fotografía de “La Tamacua”, paraje en el que se encuentra el Manantial donde se capta el agua que se lleva a la colonia Emiliano Zapata.



Figura 3.7 Fotografía de la captación del manantial la “La Tamacua”



Figura 3.8 Fotografía del tanque que regula el gasto antes de la conducción.



Figura 3.9 Fotografía de la caja de válvulas (de control y expulsión de aire) al inicio de la conducción.



Figura 3.10 Fotografía de la trayectoria de la tubería en su trayectoria, dentro del predio “La Tamacua”.



Figura 3.11 Fotografía de la vista de Norte a Sur de la trayectoria de la Conducción



Figura 3.12 Arriba izquierda paso de la línea conducción por alcantarilla de la Supercarretera Siglo XXI. Y arriba derecha y abajo se muestran las Condiciones actuales en las que se encuentran registros de válvulas de admisión y expulsión de aire.



Figura 3.11 Fotografía del tanque de regulación

3.5. Estudio de la población.

En el presente apartado se abordará el tema relacionado con la población de la localidad que se pretende servir, sus principales actividades, tipo y clasificación, número de habitantes y superficie que ocupa.

Población en estudio: Colonia Emiliano Zapata,

Extensión o superficie que ocupa: 180 000 m² (18 Hectareas)

Tipo de población: Suburbana de clase media baja

Actividades principales: Obreros del ingenio de azúcar, ejidatarios de tierras de cultivo de caña de azúcar, jornaleros y agricultores.

3.6. Alternativas de solución.

En este punto de la investigación el objetivo es plantear las diferentes alternativas que existen para dar solución al problema en estudio, y con ello poder elegir la opción técnica y económicamente más conveniente, en otras palabras que satisfaga las necesidades de la población de proyecto ofreciendo los mejores beneficios de funcionalidad al más bajo costo.

1. Revisar el diseño de la línea de conducción, en apego a los criterios establecidos en el manual de la CNA, utilizando los datos de partida del proyecto original para poder tener resultados equiparables.
2. Realizar un nuevo estudio de la población actual y rediseñar la línea de conducción.
3. Conociendo el problema de fondo (el suministro de agua potable) Realizar proyecto diferente para captación y conducción.

3.6.1 Alternativa a seguir

Como el propósito de este estudio es identificar los errores que se cometen al diseñar líneas de conducción de agua potable, por desconocimiento u omisión del uso de los criterios establecidos en el manual de la CNA y como consecuencia se obtienen proyectos poco eficientes o que encarecen las propuestas sin obtener ningún beneficio adicional, por esto se pretende que el presente estudio sirva de antecedente para que los encargados de revisar los proyectos o supervisar las obras de municipios y localidades marginadas o que no cuentan con un buen antecedente en la elaboración de un proyecto de conducción

de agua potable logrando con ello obtener proyectos eficientes para que los recursos económicos que se inviertan tengan el mejor aprovechamiento.

Por lo anterior la alternativa a seguir será la propuesta como número 1, con la cual se determinara si cumple o no con los criterios establecidos por la CNA, y si la inversión realizada fue hecha con la mejor opción.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se abordará el tema relacionado con la metodología de la investigación, el enfoque, el alcance y los instrumentos de recopilación de datos utilizados en esta tesis.

Se puede definir a la metodología de investigación como el conjunto de técnicas utilizadas para el estudio de un tema específico, dichas técnicas son las herramientas que nos permitirán dar un enfoque objetivo y veraz de la información que se encuentre acerca del mismo tema.

4.1. Método empleado.

El método que se utilizara para la recopilación de datos de esta tesis son tres el método científico, el método matemático y el método analítico.

De conformidad con lo manifestado por Tamayo y Tamayo (2000) quien define al método científico como los “procedimientos para descubrir las condiciones en las que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable de razonamiento riguroso y observación empírica.” Además agrega que “el punto de partida del método científico está en la realidad de su interpretación objetiva, que nos permite formular los problemas de investigación, los cuales no pueden formularse de una manera general, sino que es necesario delimitarlos y especificarlos, a fin de darles un tratamiento adecuado”. (35)

Por otra parte Mendieta (2005, 49) manifiesta que una de las primeras nociones conceptuales de la apreciación humana es la cantidad, que sin darnos cuenta continuamente aplicamos en nuestra vida cotidiana para determinar importancia, valor económico y capacidad entre otros, aplicando el método científico en forma indirecta.

4.2. Enfoque de la investigación.

El enfoque que se le da a una investigación se basa en el tipo de estudio que se pretenda realizar, que de conformidad con Hernández Sampieri (2005), una investigación cuantitativa se relaciona con el estudio de fenómenos, sobre los que podemos tener control, además nos permite determinar numéricamente lo que sucede, mas sin embargo en un estudio cualitativo queda supeditado a su entorno, la interpretación del observador situaciones que tienen como variable al lugar y época del estudio, dejando a este abierto a la posibilidad de tener distintos resultados. Por lo anterior, se concluye que el enfoque de esta tesis será de carácter cuantitativo.

4.2.1 Alcance.

Dentro de este rubro temático se determina que el alcance del presente estudio será descriptivo, por cumplir con expresado por Hernández Sampieri (2005) que a su vez cita a Danke (1989), quienes coinciden con lo que al tenor dice “los estudios descriptivos buscan y especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”, por lo anterior se determina que el

presente estudio describirá una serie de eventos específicos a un fenómeno, la conducción de agua potable.(117)

4.3. Diseño de la investigación.

En el tema de diseño de la investigación es necesario encuadrar qué tipo de investigación se realizará, ya que existen dos tipos, la Investigación Experimental y la No Experimental, encontrando que por tratarse de un estudio orientado a la revisión y análisis de un fenómeno conocido, el diseño de la presente investigación es No Experimental.

Además de las dos variantes que pueden existir dentro de este tipo de investigaciones de acuerdo a con Hernández Sampieri (2005), quien argumenta que las Investigaciones No experimentales pueden clasificarse en transaccionales o trasversales, y longitudinales, siendo la primera característica a la que se apega esta investigación cumplir con:

4.3.1 Investigación Transaccional o Transversal.

“Los diseños de la investigación transaccional ò transversal recolectan datos en un solo momento en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar si incidencia e interrelación en un momento dado.” Ejemplificado por el autor que es “como tomar una fotografía.” (Hernández Sampieri, 2005, 270)

Ya que en el presente estudio, los datos obtenidos reflejan las condiciones actuales de operación, y con los resultados que se obtengan del análisis se podrá comparar si con lo proyectado de origen.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

Para la elaboración de la presente tesis además fue necesario recopilar datos utilizando distintas técnicas y medios, que a continuación serán descritos:

Investigación documental; está basada en la recopilación de datos de documentos y medios impresos, relacionados al tema en estudio, que para esta tesis sirven como fundamento y soporte científico a la recopilación de datos, información de los materiales a utilizar, medición, normatividad vigente, calculo y teorema para el análisis del problema.

Observación cuantitativa; Hernández Sampieri (2005) la define como “el registro sistemático, valido y confiable”, método de medición que puede ser usado en distintas circunstancias, utilizado en este estudio para determinar el tipo de población, que a su vez define la dotación per cápita a considerar para cada tipo de población, de acuerdo al manual de CNA *“LINEAMIENTOS TECNICOS PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO”*.

Otros medios para obtener y recopilar de información, utilizados para esta tesis son herramientas de tipo electrónico o virtual, tales como los Soft Wares o programas de cómputo, que a continuación se describen brevemente:

Excel: Es un Soft Ware o programa que permite recopilar y ordenar datos para un manejo fácil y sencillo, que además permite programar y elaborar cálculos

en forma sistemática, utilizado para los cálculos y selección de tubería por secciones del desarrollo de la línea de conducción en estudio.

Auto Cad: Es un soft ware que permite realizar planos, esquemas y otras actividades relacionadas en forma practica, que a su vez nos permite conocer propiedades de los elementos dibujados como áreas, longitudes de desarrollo o perímetro de figuras en forma grafica y sin necesidad de realizar cálculos extensos.

Civil Cad: Es un soft ware auxiliar con herramientas especializadas para la Ingenieria Civil, herramientas que facilitan plasmar y manipular datos obtenidos de mediciones en campo y de ellos obtener mas datos gráficos en forma resumida y precisa que por medio de cálculos son muy extensos .

Google Earth: Es un soft ware que trabaja a través de la red (Internet) que permite localizar y descargar fotografías satelitales enriquecidas de datos topográficos, orográficos, carreteras, toponimia, nombre de ciudades y localidades entre otros, de cualquier punto sobre la superficie Terrestre.

4.5. Descripción del procedimiento de la investigación.

Para la realización de la presente investigación, se comenzó por obtener y conocer un el proyecto de la línea de conducción de agua potable que conduce agua potable desde el manantial denominado “La Tamacua” ubicado en las inmediaciones de los poblados de Ziracuaretiro y Patuán del municipio de

Ziracuaretiro, Michoacán, recorriendo 9 (nueve) kilómetros hasta llegar al tanque de regulación ubicado y perteneciente a la colonia Emiliano Zapata en municipio de Taretan, Michoacán.

El paso siguiente fue la realización la visita y recorrido para conocer las condiciones actuales y la ubicación física de la trayectoria de la línea de conducción.

Posteriormente se procedió a calcular y diseñar la línea de conducción de agua potable con las datos conocidos del proyecto original, realizando una comparativa con los datos de campo y documentales de la zona en estudio para determinar si las condiciones consideradas de origen tienen diferencias con las que prevalecen en la actualidad, y que son producto de las modificaciones de los códigos usados para los cálculos y estadísticas de la población, obteniendo resultados de las condiciones en que debe de operar la línea y las características que deberá tener ser funcional y económicamente rentable, comparando contra lo existente haciendo propuestas de mejora y en su caso se indican las coincidencias entre ambos diseños.

De lo anterior se pretende elaborar la conclusión determinando si cumple o no cumple con el objetivo principal y las preguntas planteadas al inicio de la presente investigación.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrollará el análisis, cálculo y diseño de la línea de conducción de agua potable, determinando población de proyecto, gasto de diseño, diámetro y tipo de tubos más adecuados, y al final se realizará una comparativa con las condiciones actuales, con lo que se determinarán las diferencias y similitudes entre ambos proyectos, concluyendo cumple o no con los requerimientos técnicos mínimos producto del análisis y con la normatividad vigente y conocer si el proyecto original se elaboro con la opción técnica y económicamente más adecuada.

5.1. Cálculo de la población de proyecto.

Conocer la población para el término del periodo de diseño y la cual se va a servir de la línea de conducción, es un dato determinante para el resultado final del análisis, factor del cual dependerá el gasto requerido y a su vez el diámetro requerido para la tubería, y con ello la economía de la inversión inicial que requerirá el proyecto, sin perder de vista que durante el periodo de diseño cumpla su objetivo servir eficientemente a la población para la cual fue diseñada la línea de conducción.

Para el cálculo de la población de proyecto, se usará en este estudio el método de “Comportamiento de la tasa de crecimiento con el tiempo”, cálculo que

se realizará con los datos proporcionados por el H. Ayuntamiento del Municipio de Taretan, Michoacán, comenzando por establecer la tasa de crecimiento con la ecuación 2.1

$$\text{Ecuación 2.1}_a \quad i = \left[(P_{i+1} / P_i)^{1/t} - 1 \right] * 100$$

Donde:

i = tasa de crecimiento en el periodo comprendido por los años “ t_i ” y “ t_{i+1} ”.

P_{i+1} = población en el año t_{i+1} .

P_i = población en el año t_i .

t = numero de años entre “ t_i ” y “ t_{i+1} ”.

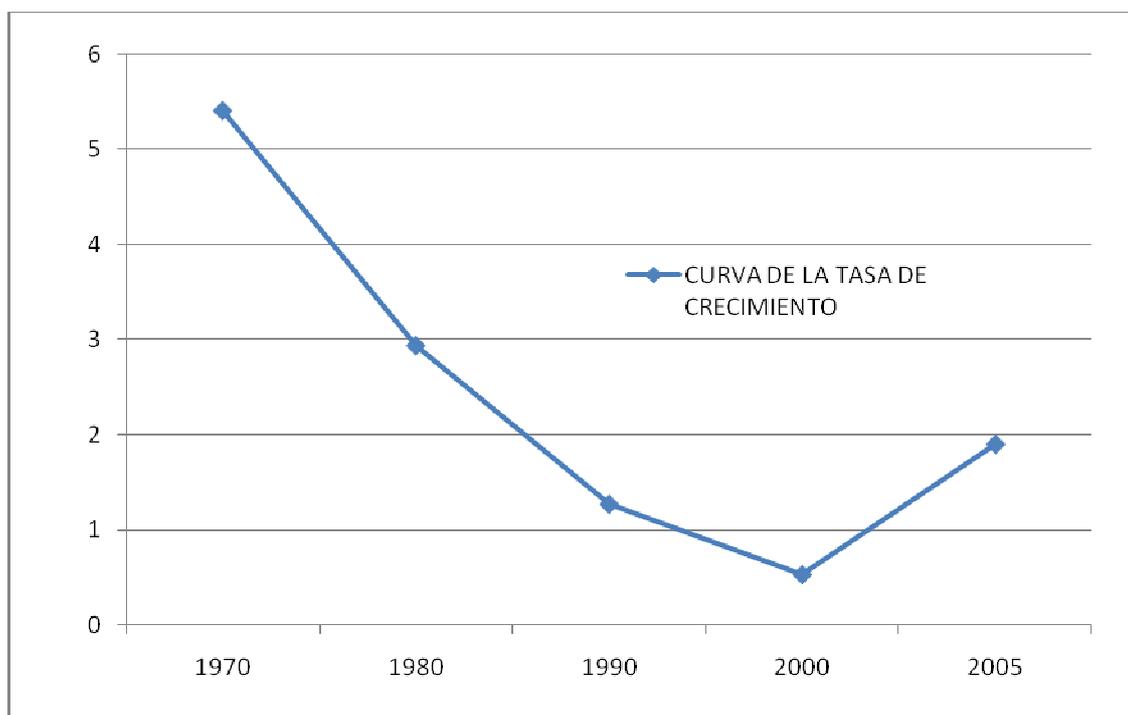
Para lo que se cuenta con datos del cuadro 5.1, que son resultado de los Censos de población para los años indicados.

Cuadro 5.1 Registros de población del municipio de Taretan	
Año	Numero de habitantes
1961	5 178
1970	8 319
1980	11 113
1990	12 606
2000	13 287
2005	14 598

El siguiente paso es determinar la tasa de crecimiento que se ha dado entre cada periodo, y después poder determinar la tasa para el periodo de proyecto.

Cuadro 5.2 Tasas de crecimiento para los distintos periodos		
Año	Número de habitantes	Tasa de crecimiento
1961	5 178	N/D
1970	8 319	5.409
1980	11 113	2.938
1990	12 606	1.269
2000	13 287	0.528
2005	14 598	1.899

Gráfica 5.1 Valores de la tasa de crecimiento para los distintos años



Como se puede observar en el Cuadro y Gráfica 5.1, la tasa de crecimiento tiene un comportamiento variable, la curva de la tasa para los distintos periodos describe el comportamiento de una función potencial la cual del año 1961 al año 2000 tiene una tendencia a la baja y para el siguiente lustro comienza a recuperarse teniendo su mínimo en el año 2000.

En consecuencia de que no se cuenta con una estadística específica del crecimiento que se ha suscitado en la colonia, el procedimiento a seguir, será como a continuación se enumera:

1. Determinar el periodo de diseño más adecuado para este proyecto.
2. Determinar la población futura para el municipio utilizando el método de predicción por mínimos cuadrados con ajuste potencial para el año de término del periodo de diseño.
3. Determinar el índice de crecimiento poblacional para dicho periodo poblacional.
4. Posteriormente con el índice obtenido se procederá a calcular la población de proyecto de la comunidad en estudio.

Siguiendo la secuencia planteada tenemos lo siguiente:

1. Una línea de conducción de agua potable debe ser diseñada para un periodo económico de entre 5 y 20 años, de acuerdo a lo establecido en el Cuadro 2.3, y cabe hacer mención que el proyecto original se diseño para un periodo económico de 20 años, el cual es el periodo máximo indicado en el cuadro

suscrito, el cual se asume que se consideró con la finalidad de obtener la mayor rentabilidad del proyecto, y para que los resultados obtenidos en el presente estudio puedan ser equiparables con los del proyecto original, se tomara el mismo criterio y se tomara como periodo económico 20 años contados a partir del año 2005 obteniendo como año final el año 2025.

2. La Predicción de la población futura se realiza utilizando las ecuaciones siguientes tomando en cuenta que “a” y “b” son variables adimensionales:

Ecuación 2.14 $P = at^b$

Ecuación 2.15 $a = e^{[(\sum \ln P_i - b \sum \ln t_i)/N]}$

Ecuación 2.16 $b = \frac{\sum (\ln t_i) * (\ln P_i) - [(\sum \ln t_i) * (\sum \ln P_i)]}{N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2}$

Ecuación 2.17 $r = \frac{\sum (\ln t_i) * (\ln P_i) - [(\sum \ln t_i) * (\sum \ln P_i)]}{\sqrt{[N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2][N \sum (\ln P_i)^2 - (\sum \ln P_i)^2]}}$

Donde:

Cuadro 5.3 resumen de operaciones aritméticas							
Numero de datos	Año	Numero de habitantes	Operaciones aritméticas				
N	ti	Pi	ln ti	ln Pi	ln ti * ln Pi	(ln ti)2	(ln Pi)2
1	1961	5,178	7.5812	8.5522	64.8358	57.4747	73.1397
2	1970	8,319	7.5858	9.0263	68.4716	57.5442	81.4740
3	1980	11,113	7.5909	9.3159	70.7154	57.6210	86.7855
4	1990	12,606	7.5959	9.4419	71.7198	57.6975	89.1500
5	2000	13,287	7.6009	9.4945	72.1671	57.7737	90.1463
6	2005	14,598	7.6034	9.5886	72.9063	57.8117	91.9420
		Sumatorias	45.5580	55.4195	420.8160	345.9229	512.6375

N = Numero total de datos = 6

$$b = \frac{420.8160 - (45.5580 * 55.4195)}{(6*345.9229) - (45.5580)^2} = 41.9375$$

$$a = e^{[(55.3761 - (40.7334*45.5580)/6]} = 5.226 \text{ E-135}$$

Por lo que la población futura que se estima podría existir en el año 2025 para el municipio de Taretan es:

$$P = 4.8494 \text{ E-131} (2025)^{40.7334} = 24 \text{ 068.46} = 24 \text{ 068 Habitantes}$$

Corroborando la confiabilidad o precisión del ajuste tenemos que:

$$r = \frac{420.8160 - (45.5580 * 55.4195)}{\sqrt{[(6*345.9229) - (45.5580)^2][(6*512.6375)-(55.4195)^2]}} = 0.9362$$

El resultado obtenido para “r” indica que la población calculada tiene un valor muy apegado a la descripción de la curva de las tasas de la grafica 5.1, por lo que el ajuste realizado y el cálculo de la población futura por este, método resultan bastante acertados.

3. A continuación es necesario calcular la tasa de crecimiento que existe entre la diferencia de la población “actual” (año 2005) y la población futura (año 2025). Tal como se indica en la ecuación 2.1a

Ecuación 2.1a
$$i = [(P_{i+1} / P_i)^{1/t} - 1] * 100$$

Donde:

$$T = t_{i+1} - t_i = 2025 - 2005 = 20 \text{ Años} = \text{periodo de diseño}$$

$$i = \left[\left(\frac{24\,068}{14\,598} \right)^{1/20} - 1 \right] * 100 = 2.5315$$

4. A continuación se procede a calcular de la población de proyecto (Pp), de la localidad en estudio se utilizara la Ecuación 2.1 y se utilizara el dato obtenido de la tasa de crecimiento determinada para el periodo de diseño considerado.

$$\text{Ecuación 2.1 } P_p = P^i * (\text{índice de crecimiento})^{\text{numero de años del periodo de diseño}}$$

El índice de crecimiento elevado al número de años del periodo de diseño nos da la tasa de crecimiento, por lo que la ecuación anterior se puede resumir como a continuación se indica.

$$P_p = \text{población actual} * \text{tasa de crecimiento} = 1607 * 2.5315 = 4\,068.12$$

Por lo que la Población de Proyecto para este estudio es = 4068 Habitantes

5.2. Cálculo del gasto de diseño y diámetro adecuado.

Para determinar el gasto de diseño, es necesario determinar la dotación, la cual podemos determinar utilizando la temperatura que predomina en la región, la cual oscila de 14.4 a 29.6, arrojando un promedio de 22°C, y de acuerdo al Cuadro 2.1 de la CONAGUA, la población está clasificada en como población con clima cálido, de la misma manera buscamos el nivel socio económico, de acuerdo a las actividades que se desempeñan los pobladores del lugar (principalmente

obreros o agricultores), se determina que el asentamiento se clasifica en el nivel popular, conociendo ambas clasificaciones y con los criterio del Cuadro 2.2 se obtiene que la dotación a considerar para esta población en particular es de 130 litros por habitante por día.

Conociendo la dotación y la población de proyecto se obtendrá el gasto medio diario el cual esta expresado en litros/segundo y está determinado por la siguiente expresión.

$$\text{Ecuación 2.18} \quad Q_{med} = \frac{Pp * Dotacion}{86400}$$

Sustituyendo los valores se tiene que:

$$Q_{medio} = \frac{4068 * 130}{86400}$$

$$Q_{medio} = 6.1208 \text{ litros / segundo}$$

Para determinar el gasto de diseño debe ser el que garantice el suministro de agua en el día de mayor demanda del día, el cual está dado por el gasto medio multiplicado por el coeficiente de variación diaria, Indicados en el Cuadro 2.5.

$$\text{Ecuación 2.19} \quad Q_{\text{máximo diario}} = Q_{\text{medio}} * C_{vd}$$

Sustituyendo se tiene que:

$$Q_{\text{máximo diario}} = 6.1208 * 1.4 = 8.5691 > 5.25 \text{ litros / segundo}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 5.25 \text{ litros / segundo} = 0.00525 \text{ m}^3 / \text{segundo}$$

El gasto requerido es mayor a la aportación del manantial, por lo que se calculara con la aportación del manantial, aprovechando al 100% dicha aportación convirtiéndose esta en el gasto de diseño.

Con el gasto de diseño en litros y haciendo uso de la ecuación 1.7 de Dupoit para proponer el diámetro mas adecuado para la tubería mas conveniente (con resultado en pulgadas de diámetro) se tiene lo siguiente.

$$\text{Ecuación 1.7 } \quad \varnothing = 1.2 \sqrt{Q} = 1.2\sqrt{5.25} = 2.75 \text{ pulgadas}$$

Para determinar el diámetro de la tubería es necesario determinar cual es el material más apropiado para seleccionar el diámetro que mas se apegue al diámetro calculado, para ello es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

1. En la totalidad de la longitud, la tubería puede enterrarse.

Por lo el material puede estar entre el PVC y el Polietileno de alta densidad, pero considerando la diferencia del precio por metro, de cada uno de los dos materiales resultando mas económico el PVC, se recomienda este ultimo para la construcción de la línea de conducción.

Por lo antes expuesto y con el resultado del cálculo del diámetro más adecuado se obtiene lo siguiente:

El diámetro de 2.75 pulgadas (69.85 mm) no existe en PVC, por lo que es necesario escoger entre un diámetro de 3 pulgadas (76.2 mm) o un diámetro de 4 pulgadas (100 mm). Tomando en consideración que un diámetro mayor reducen

las pérdidas por fricción, y que existe la posibilidad de conducir un gasto mayor (de así requerirse), además de que una tubería de 3 pulgadas (88.9 mm) esta al limite del diámetro mínimo requerido y quedaría limitada al gasto de diseño, por lo cual se concluye que es técnicamente es mas conveniente utilizar una tubería de 4 pulgadas (100 mm). Se realizará el calculo de las pérdidas para ambos diámetros y de acuerdo a los resultados obtenidos se tomará la da decisión entre 3 o 4 pulgadas.

Para fines del cálculo de las pérdidas por fricción, se realizará el análisis con las dimensiones de una tubería para una presión de trabajo intermedia, para los diámetros nominales correspondientes a las tuberías de 75 mm y 100 mm del cuadro 1.3, el cual resulta con RD-32.5 del cual se tomarán sus características físicas, y al final se determinara la mejor opción.

Para el diámetro de 3 pulgadas (75 mm) nominales tenemos

$$\text{Ø} = \text{Diámetro exterior} = 82.9 \text{ mm}$$

$$e = \text{espesor de la pared} = 3 \text{ mm}$$

$$\text{ø} = \text{Diámetro interior} = 76.9 \text{ mm} = 0.0769 \text{ m}$$

$$\text{Área interior} = (\pi \cdot d^2)/4 = 0.0046 \text{ m}^2$$

Para el diámetro de 4 pulgadas (100 mm) nominales tenemos

$$\text{Ø} = \text{Diámetro exterior} = 106.7 \text{ mm}$$

$$e = \text{espesor de la pared} = 3.8 \text{ mm}$$

$$\text{ø} = \text{Diámetro interior} = 99.1 \text{ mm} = 0.0991 \text{ m}$$

$$\text{Área interior} = (\pi \cdot d^2)/4 = 0.0077 \text{ m}^2$$

5.3. Cálculo de la línea piezométrica

La línea piezométrica es el parámetro que definirá si el diámetro y tipo de tubería propuestos son los adecuados, ésta se determina calculando las pérdidas por fricción, superponiendo en el perfil del terreno natural en el punto de destino el nivel de la carga hidráulica y restando a este la pérdidas por fricción tal como se indica en el plano "ANEXO 2", con esto, además de conocer la carga hidráulica en cada punto de la línea, se identifican los puntos donde es necesario colocar válvulas rompedoras de presión, de admisión o expulsión de aire y piezas especiales según sea el caso, también se localizan los puntos donde es necesario efectuar transiciones en los espesores o materiales de la tubería de acuerdo a la carga hidráulica.

Para este estudio el cálculo se realizará con las ecuaciones 1.1 y 1.2.

$$H_f = f * (L/D) * (V^2/2g)$$

Donde:

f = coeficiente de fricción,

$$f = \frac{0.25}{\left(\log \left(\frac{\epsilon / D}{3.71} + \frac{G}{Re^T} \right) \right)^2}$$

$$Q_{\text{máximo diario}} = 5.25 \text{ litros / segundo} = 0.00525 \text{ m}^3 / \text{segundo}$$

$$L = \text{longitud} = 7740 \text{ metros}$$

$$D = \varnothing = \text{diámetro interior}$$

$$V = \text{velocidad del flujo} = Q_{\text{máximo diario}} / \text{Área interior del tubo}$$

$$2g = 2 \times 9.81 = 19.62$$

$$\epsilon = \text{Coeficiente de rugosidad del Cuadro 1.8 del PVC} = 0.009$$

$$Re = (VD)/\nu$$

Sustituyendo los valores para la tubería de 3 pulgadas (75 mm se obtiene:

$$D = \varnothing = \text{diámetro interior} = 76.9 \text{ mm} = 0.0769 \text{ m}$$

$$V = Q_{\text{máximo diario}} / \text{Área interior del tubo} = 0.00525 / 0.0046 = 1.141 \text{ m/seg}$$

$$\nu = \text{viscosidad cinemática del agua} = 1.145 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$$

$$Re = (1.141 * 0.0769) / 0.000001145 = 76\,631.35 \text{ y con } 4000 \leq Re \leq 10^5$$

$$G = 4.555$$

$$T = 0.8764$$

$$f = 0.25 / [\log[(0.009/76.9)/3.71] + (4.555/(76631.35^{0.8764}))^2] = 0.0190$$

Sustituyendo los valores para la tubería de 4 pulgadas (100 mm) se obtiene:

$$D = \varnothing = \text{diámetro interior} = 99.1 \text{ mm} = 0.0991 \text{ m}$$

$$V = Q_{\text{máximo diario}} / \text{Área interior del tubo} = 0.00525 / 0.0077 = 0.682 \text{ m/seg}$$

$$Re = (0.682 * 0.0991) / 0.000001145 = 59\,027.25 \text{ y con } 4000 \leq Re \leq 10^5$$

$$G = 4.555$$

$$T = 0.8764$$

$$f = 0.25 / [\log[(0.009/99.1)/3.71] + (4.555/(59027.25^{0.8764}))^2] = 0.021$$

Conociendo todas las variantes se procede a calcular las pérdidas por fricción H_f

Para la tubería de 3 pulgadas (75 mm) se tiene que:

$$H_f = 0.019 * (7740/0.0769) * (1.141^2/19.62) = 126.89 \text{ metros}$$

Para la tubería de 4 pulgadas (100 mm) tiene que:

$$H_f = 0.021 * (7740/0.0991) * (0.682^2/19.62) = 41.10 \text{ metros}$$

Para estimar las pérdidas totales de la línea de conducción a las que llamaremos H_{ft} , es necesario adicionar las pérdidas que se producen por cambios de dirección en la línea y piezas especiales, o mejor conocidas como pérdidas menores (h_f) las cuales se estiman en un 5% de las pérdidas por fricción H_f , y se calculan como se indica en la siguiente expresión.

$$\text{Pérdidas totales } H_{ft} = H_f + h_f = HF + (5\%HF) = 1.05 * H_f$$

Para la tubería de 3 pulgadas (75 mm) se tiene que:

$$H_{ft} = 1.05 * 126.89 = 133.23 \text{ metros columna de agua}$$

Para la tubería de 4 pulgadas (100 mm) se tiene que:

$$H_{ft} = 1.05 * 41.10 = 43.16 \text{ metros columna de agua}$$

Con los valores que resultaron de los cálculos anteriores, (las pérdidas por fricción) para los diámetros de tubería propuestos, se corrobora que es más conveniente utilizar el diámetro de 4 pulgadas (100 mm), para evitar las pérdidas.

Por lo que se procede a realizar una comparación entre la carga hidrostática o diferencia altimétrica entre ambos puntos (inicio y termino), para determinar la presión al final de la tubería, expresada en metros columna de agua.

$$P = (h_2 - h_1) - H_{ft}$$

Presión al final de la tubería = diferencia altimétrica - pérdidas

Para la tubería de 3 pulgadas (75 mm) se tiene que:

$$P = 154.40 - 133.23 = 21.17 \text{ mca} = 2.12 \text{ kg / cm}^2$$

Para la tubería de 4 pulgadas (100 mm) tenemos.

$$P = 154.40 - 43.16 = 111.24 \text{ mca} = 11.12 \text{ kg / cm}^2.$$

En virtud de que la diferencia Altimétrica entre el punto de partida (Obra de Toma) y El punto de termino (descarga al tanque de regulación) es mayor al resultado de las pérdidas para ambos casos, la diferencia resulta con signo positivo, valor que determina que el agua fluirá por el interior de la tubería. Con los resultados obtenidos se dibuja en el al perfil la línea piezométrica del plano “Anexo 2”, para determinar la Presión que se tendrá en cualquier Punto de la longitud de desarrollo de la línea de conducción, en el interior de la Tubería.

5.4. Análisis de resultados.

Este apartado tiene por objetivo realizar una comparativa de los resultados del proyecto original, contra los obtenidos en este estudio, para describir y valorar las diferencias que existen entre ambos, para lo cual se presentara un cuadro comparativo y posterior se realizará el análisis de las diferencias.

Cuadro 5.4 Comparación entre datos del proyecto original y la presente revisión				
Descripción del concepto del Calculo		Valores del Proyecto original	Resultados Obtenidos en el Presente estudio.	
1. Población de Proyecto		2360 Colonos y 1006 Alumnos	4068 Habitantes	
2. Dotación		150 Litros por Habitante/día para pobladores y 50 Litros por Habitante/día para Escolares	130 Litros por Habitante por día	
3. Periodo de diseño		20 Años	20 Años	
4. Gasto de Diseño		6.55 Litros/segundo	8.57 Litros/segundo	
4.1 aportación del manantial		5.25 Litros/segundo	5.25 Litros/segundo	
4.2 Gasto a conducir		5.25 Litros/segundo	5.25 Litros/segundo	
5. Tubería		Longitud total 7740 metros		
5.1 Tipo de Material		P.V.C. toda su longitud	P.V.C. toda su longitud	
5.2Diametro		3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
5.3 Presión de trabajo	Máxima en la línea "piezométrica"	9.5 kg/cm ²	2.12 kg/cm ²	11.12 kg/cm ²
	Que soporta la tubería	RD-26 = 11.2 kg/cm ²	RD-41 = 7.1 kg/cm ²	RD-26 =11.2 kg/cm ²

Analizando resumen de resultados del cuadro 5.4 se tiene:

En el punto número 1; se observa que las diferencias entre los valores de la población de proyecto se debe al método utilizado para su determinación, en el proyecto original se elaboró la predicción como si el crecimiento se comportara de forma lineal para el cual se utilizó la tasa de crecimiento del último periodo con registros de crecimiento poblacional, el cual corresponde al periodo del año 2000 al año 2005 donde claramente se puede apreciar que es el segundo más bajo del historial que se encuentra en el Cuadro 5.2, en el caso del presente estudio se realizó un ajuste al tipo de curva que describe el mismo historial lo cual arroja un resultado más conservador.

En el punto número 2; en el proyecto de origen, antes de definir la dotación se separa a la población en estudio en dos comunidades distintas, a las que se asignan distintas cantidades en la dotación, sin argumentar de donde se considera la dotación asignada ni el ¿Por qué? se considera una población dividida en dos fracciones, este tipo de consideración, no está contemplada dentro del manual de la CNA de 1994, en virtud de que la comunidad estudiantil forma parte de los habitantes de la población de la colonia, y aún que fuesen de una comunidad diferente, existe el evento en que los habitantes de la comunidad en estudio salen fuera de esta durante el día, como parte de los hábitos diarios como ocurre de otras comunidades cercanas hacia la comunidad que se está estudiando, por esta razón las instituciones no se toman en forma independiente a la población en estudio.

En el punto número 3; el periodo de diseño no presenta diferencias debido a que para poder realizar una comparativa de los resultados finales, fue necesario establecer una igualdad en el periodo de diseño, sin embargo, desde el punto de vista económico el periodo más recomendable para que la inversión realizada haya sido redituable.

En el punto número 4; para la determinación el gasto de diseño (Q máximo diario), las diferencia entre ambos resultados, se debe a la diferencia que existe entre los valores obtenidos para de la población de proyecto, y la consideración realizada en la dotación. Sin embargo para los tres casos el gasto a transportar es la aportación del manantial de 5.25 litros/segundo en virtud de que no hay mas agua disponible,

En el punto número 5; en el presente estudio se realiza un cálculo del cual se derivan dos propuestas para el diámetro adecuado, sin embargo, se coincide en la selección del material de cual debe estar fabricada la tubería que es cloruro de polivinilo. Hablando del diámetro tenemos;

- En la primer propuesta de la revisión, con un diámetro de 3 pulgadas (75 mm) pero no se coincide en la carga de trabajo que debe de soportar la tubería resultando que la tubería debe de ser RD-41, y
- En la segunda propuesta realizada en forma simultánea, el diámetro propuesto es de 4 pulgadas (100 mm) y la carga de trabajo resultante que debe de soportar la tubería, es similar a la del proyecto original por lo que la tubería debe ser RD-26.

CONCLUSIÓN

El presente investigación tuvo como objetivo revisar el diseño de la línea de conducción de agua potable de la colonia Emiliano Zapata, realizado en el año 2005 con la finalidad de determinar si el proyecto satisface las necesidades actuales y cubrirá las necesidades de la población durante el periodo de diseño y determinar si cumple con el objetivo de llegar al final del periodo de diseño transportando agua suficiente para la población de proyecto, objetivo para el que fue diseñado, además de determinar si el diseño es el económicamente más conveniente para los habitantes de la localidad y que además cumpla con los parámetros establecidos por los códigos de diseño vigentes, (manual de CNA), cumpliéndose al revisar todos los aspectos antes descritos.

Es importante mencionar de las preguntas de investigación que motivaron el presente estudio que fueron: ¿El diseño de la línea de conducción realizado en 2005, será el más adecuado de acuerdo a las variables del proyecto (aportación del manantial, población actual y de proyecto, dotación de acuerdo a las características de la localidad, desnivel y distancia entre el manantial y el tanque de regulación)? ¿Cumplirá con los códigos básicos establecidos por la Comisión Nacional del Agua? ¿El material y diámetro utilizados en la tubería serán óptimos o los más apropiados para este proyecto? ¿El proyecto y la inversión que se utilizó para realizar la línea de conducción cubrieron los aspectos técnicos requeridos para dar la mayor vida útil a la obra, en función del gasto demandado y el agua que esta puede trasportar?, se obtuvieron resultados interesantes analizando dos propuestas de diámetro, de los cuales se realiza una reseña a continuación:

Del análisis realizado a los resultados se concluye que de acuerdo al gasto que aporta el manantial, la tubería de 3" (75 mm) es suficiente para conducir el gasto sin problemas, pero las pérdidas que se tienen son muy grandes y reducen la presión en la línea, sin embargo, las pérdidas mantienen reducen la presión en la línea a un rango bajo, esta condición permite que la tubería a utilizar se ajuste a un RD -41 (7.1 kg/cm²), que en comparación con la tubería actual, que es de un RD-26 (RD-26 = 11.2 kg/cm²), se puede afirmar que esta sobrada en la carga de trabajo que esta resiste, cuya diferencia en importes pudo haberse aprovechado en la adquisición de tubería de 4" (100 mm) de diámetro, lo cual indica que el proyecto realizado no fue el económicamente mas conveniente.

Otro punto importante de mencionar es el diámetro de 3" (75 mm) no satisface las necesidades de la población de proyecto, y el periodo de diseño no alcanzara los 20 años como se contemplo de origen. Por lo que el proyecto no cumple con el periodo de diseño considerado y al término anticipado del mismo, la población estará obligada a buscar otra alternativa de solución para el problema del suministro de agua potable.

Con los resultados obtenidos con el cálculo realizado para un diámetro de 4" (100 mm), se reducen considerablemente las pérdidas incrementando la presión en la línea, además de que este diámetro es capas de conducir el gasto requerido para la población de proyecto, con lo que se pudo evitar realizar una nueva inversión especifica para una nueva la línea de conducción antes del plazo establecido y se pudiera utilizar en un proyecto alternativo de explotación del manto acuífero o captando y canalizando otros nacimientos cercanos a la misma

línea de conducción, lo cual indica que el proyecto realizado no fue el económicamente mas conveniente.

Por lo tanto la conclusión final de esta investigación queda en los siguientes puntos:

La línea de conducción proyectada y construida No cumple con los códigos de diseño establecidos por la CNA,

No fue la opción técnicamente más conveniente al utilizar un diámetro de 3" en lugar de uno de 4",

Aunque el material de la tubería utilizado se concluye que es el más apropiado, no es la opción económicamente más conveniente al utilizar una tubería para una carga de trapajo superior a la necesaria lo que se traduce en gasto innecesario.

No es la opción técnica y económicamente más conveniente debido a que se erogó un recurso económico en una tubería con una resistencia no adecuada en lugar de adquirir una tubería de diámetro superior con la visión de que en forma alternativa se le hubiese incrementado únicamente la aportación en lugar de buscar otra alternativa y requerir una nueva inversión para sustituir la tubería que actualmente existe por que no pueda transportar el gasto requerido por la población.

BIBLIOGRAFÍA

Hernandez Sampieri, Roberto y Cols. (2005)

Metodología de la investigación

Editorial. McGraw Hill, México.

Manual de diseño de agua potable alcantarillado y saneamiento

Tomo I. Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario

Comisión Nacional del Agua, México (1994)

Manual de diseño de agua potable alcantarillado y saneamiento

Tomo II. Conducción

Comisión Nacional del Agua, México (2000)

Mendieta, Alatorre. (2005)

Métodos de investigación y manual académico

Editorial. Porrúa, México.

Secretaría de Salubridad y Asistencia (S/F)

Manual de saneamiento

Editorial. Limusa. México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000)

El proceso de la investigación científica

Editorial. LIMUSA, México.

Valdés, Enrique, César. (1994)

Abastecimiento de agua potable vol. 1

Editorial. Facultad de Ingeniería UNAM, México.

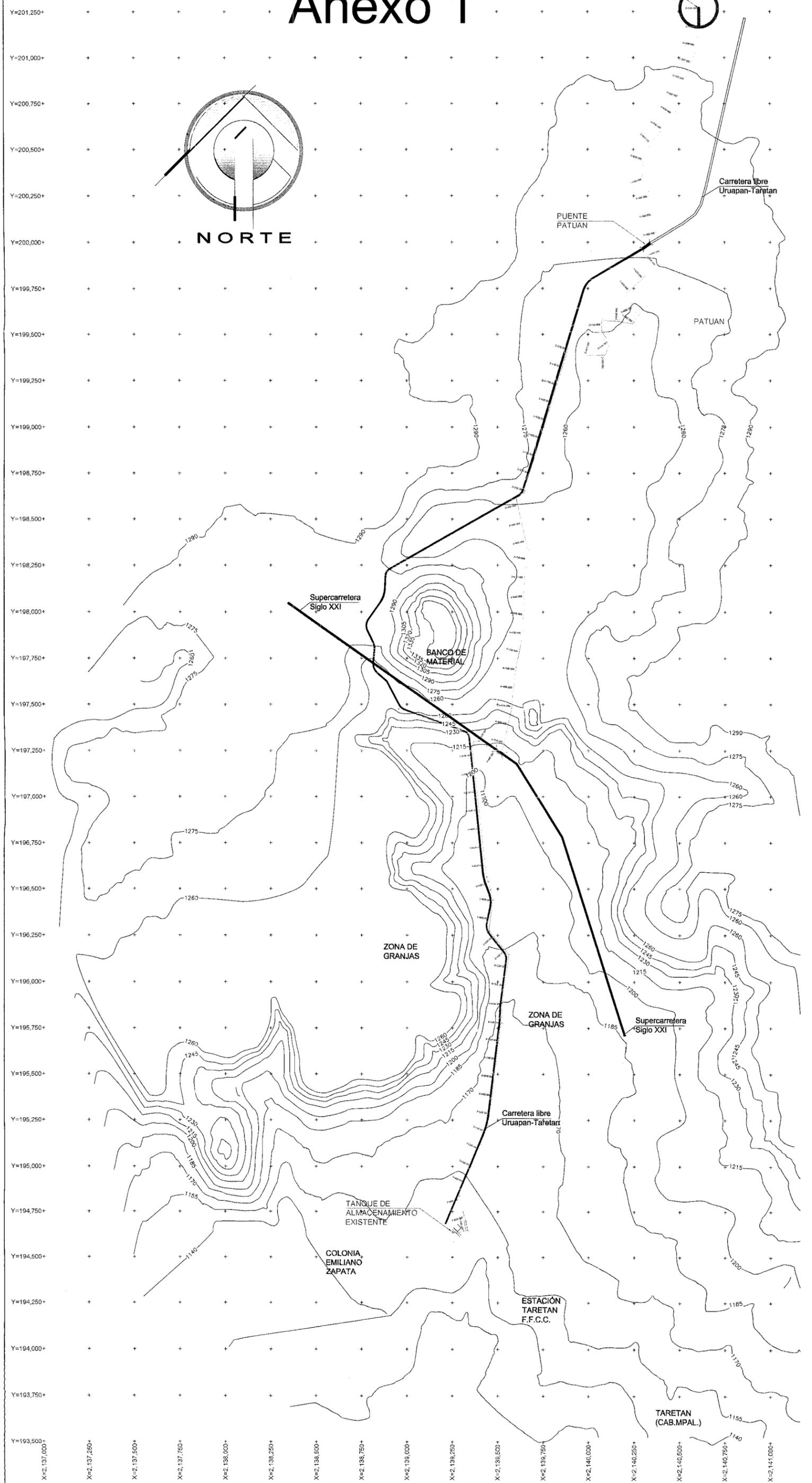
OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

<http://www.michoacan.gob.mx/Ubicacion>

<http://www.michoacan.gob.mx/Clima>

http://www.e-mexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacan/Mpios/16087a.htm

Anexo 1



MANATIAL
"LA TAMACUA"



MUNICIPIO DE TARETAN
2005-2007

PROYECTO

PROYECTO LINEA DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE DEL MANATIAL LA TAMACUA A LA COLONIA EMILIANO ZAPATA DE LA LOCALIDAD DE TARETAN PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE TARETAN DEL ESTADO DE MICHOACAN
LONGITUD = 7,740 METROS

CLAVE:

TOP.01

NO. DE PLANO

1

ESCALA:
1:10 000

CONTENIDO:
POLIGONAL DE LA TRAYECTORIA DEL TRAZO

PLANTA DE CONSTRUCCION

MACRO Y MICRO LOCALIZACION

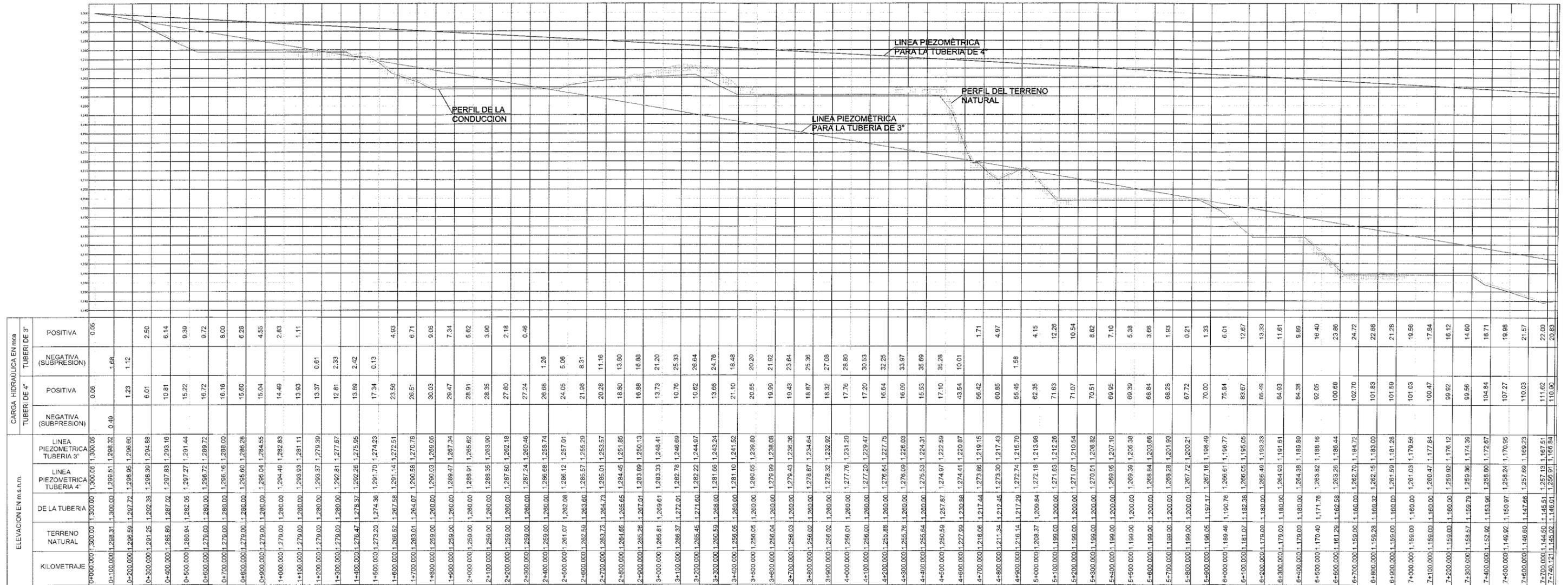


SIMBOLOGIA

CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO	EST.	INCLINACION	DISTANCIA	Y	COORDENADAS UTM	
					X	Y
1	1	S 89° 00' 00" W	100.000	1	201.208.1807	2.140.811.2286
2	2	S 89° 00' 00" W	100.000	2	201.208.1807	2.140.811.2286
3	3	S 89° 00' 00" W	100.000	3	201.208.1807	2.140.811.2286
4	4	S 89° 00' 00" W	100.000	4	201.208.1807	2.140.811.2286
5	5	S 89° 00' 00" W	100.000	5	201.208.1807	2.140.811.2286
6	6	S 89° 00' 00" W	100.000	6	201.208.1807	2.140.811.2286
7	7	S 89° 00' 00" W	100.000	7	201.208.1807	2.140.811.2286
8	8	S 89° 00' 00" W	100.000	8	201.208.1807	2.140.811.2286
9	9	S 89° 00' 00" W	100.000	9	201.208.1807	2.140.811.2286
10	10	S 89° 00' 00" W	100.000	10	201.208.1807	2.140.811.2286
11	11	S 89° 00' 00" W	100.000	11	201.208.1807	2.140.811.2286
12	12	S 89° 00' 00" W	100.000	12	201.208.1807	2.140.811.2286
13	13	S 89° 00' 00" W	100.000	13	201.208.1807	2.140.811.2286
14	14	S 89° 00' 00" W	100.000	14	201.208.1807	2.140.811.2286
15	15	S 89° 00' 00" W	100.000	15	201.208.1807	2.140.811.2286
16	16	S 89° 00' 00" W	100.000	16	201.208.1807	2.140.811.2286
17	17	S 89° 00' 00" W	100.000	17	201.208.1807	2.140.811.2286
18	18	S 89° 00' 00" W	100.000	18	201.208.1807	2.140.811.2286
19	19	S 89° 00' 00" W	100.000	19	201.208.1807	2.140.811.2286
20	20	S 89° 00' 00" W	100.000	20	201.208.1807	2.140.811.2286
21	21	S 89° 00' 00" W	100.000	21	201.208.1807	2.140.811.2286
22	22	S 89° 00' 00" W	100.000	22	201.208.1807	2.140.811.2286
23	23	S 89° 00' 00" W	100.000	23	201.208.1807	2.140.811.2286
24	24	S 89° 00' 00" W	100.000	24	201.208.1807	2.140.811.2286
25	25	S 89° 00' 00" W	100.000	25	201.208.1807	2.140.811.2286
26	26	S 89° 00' 00" W	100.000	26	201.208.1807	2.140.811.2286
27	27	S 89° 00' 00" W	100.000	27	201.208.1807	2.140.811.2286
28	28	S 89° 00' 00" W	100.000	28	201.208.1807	2.140.811.2286
29	29	S 89° 00' 00" W	100.000	29	201.208.1807	2.140.811.2286
30	30	S 89° 00' 00" W	100.000	30	201.208.1807	2.140.811.2286
31	31	S 89° 00' 00" W	100.000	31	201.208.1807	2.140.811.2286
32	32	S 89° 00' 00" W	100.000	32	201.208.1807	2.140.811.2286
33	33	S 89° 00' 00" W	100.000	33	201.208.1807	2.140.811.2286
34	34	S 89° 00' 00" W	100.000	34	201.208.1807	2.140.811.2286
35	35	S 89° 00' 00" W	100.000	35	201.208.1807	2.140.811.2286
36	36	S 89° 00' 00" W	100.000	36	201.208.1807	2.140.811.2286
37	37	S 89° 00' 00" W	100.000	37	201.208.1807	2.140.811.2286
38	38	S 89° 00' 00" W	100.000	38	201.208.1807	2.140.811.2286
39	39	S 89° 00' 00" W	100.000	39	201.208.1807	2.140.811.2286
40	40	S 89° 00' 00" W	100.000	40	201.208.1807	2.140.811.2286
41	41	S 89° 00' 00" W	100.000	41	201.208.1807	2.140.811.2286
42	42	S 89° 00' 00" W	100.000	42	201.208.1807	2.140.811.2286
43	43	S 89° 00' 00" W	100.000	43	201.208.1807	2.140.811.2286
44	44	S 89° 00' 00" W	100.000	44	201.208.1807	2.140.811.2286
45	45	S 89° 00' 00" W	100.000	45	201.208.1807	2.140.811.2286
46	46	S 89° 00' 00" W	100.000	46	201.208.1807	2.140.811.2286
47	47	S 89° 00' 00" W	100.000	47	201.208.1807	2.140.811.2286
48	48	S 89° 00' 00" W	100.000	48	201.208.1807	2.140.811.2286
49	49	S 89° 00' 00" W	100.000	49	201.208.1807	2.140.811.2286
50	50	S 89° 00' 00" W	100.000	50	201.208.1807	2.140.811.2286
51	51	S 89° 00' 00" W	100.000	51	201.208.1807	2.140.811.2286
52	52	S 89° 00' 00" W	100.000	52	201.208.1807	2.140.811.2286
53	53	S 89° 00' 00" W	100.000	53	201.208.1807	2.140.811.2286
54	54	S 89° 00' 00" W	100.000	54	201.208.1807	2.140.811.2286
55	55	S 89° 00' 00" W	100.000	55	201.208.1807	2.140.811.2286
56	56	S 89° 00' 00" W	100.000	56	201.208.1807	2.140.811.2286
57	57	S 89° 00' 00" W	100.000	57	201.208.1807	2.140.811.2286
58	58	S 89° 00' 00" W	100.000	58	201.208.1807	2.140.811.2286
59	59	S 89° 00' 00" W	100.000	59	201.208.1807	2.140.811.2286
60	60	S 89° 00' 00" W	100.000	60	201.208.1807	2.140.811.2286
61	61	S 89° 00' 00" W	100.000	61	201.208.1807	2.140.811.2286
62	62	S 89° 00' 00" W	100.000	62	201.208.1807	2.140.811.2286
63	63	S 89° 00' 00" W	100.000	63	201.208.1807	2.140.811.2286
64	64	S 89° 00' 00" W	100.000	64	201.208.1807	2.140.811.2286
65	65	S 89° 00' 00" W	100.000	65	201.208.1807	2.140.811.2286
66	66	S 89° 00' 00" W	100.000	66	201.208.1807	2.140.811.2286
67	67	S 89° 00' 00" W	100.000	67	201.208.1807	2.140.811.2286
68	68	S 89° 00' 00" W	100.000	68	201.208.1807	2.140.811.2286
69	69	S 89° 00' 00" W	100.000	69	201.208.1807	2.140.811.2286
70	70	S 89° 00' 00" W	100.000	70	201.208.1807	2.140.811.2286
71	71	S 89° 00' 00" W	100.000	71	201.208.1807	2.140.811.2286
72	72	S 89° 00' 00" W	100.000	72	201.208.1807	2.140.811.2286
73	73	S 89° 00' 00" W	100.000	73	201.208.1807	2.140.811.2286
74	74	S 89° 00' 00" W	100.000	74	201.208.1807	2.140.811.2286
75	75	S 89° 00' 00" W	100.000	75	201.208.1807	2.140.811.2286
76	76	S 89° 00' 00" W	100.000	76	201.208.1807	2.140.811.2286
77	77	S 89° 00' 00" W	100.000	77	201.208.1807	2.140.811.2286
78	78	S 89° 00' 00" W	100.000	78	201.208.1807	2.140.811.2286
79	79	S 89° 00' 00" W	100.000	79	201.208.1807	2.140.811.2286
80	80	S 89° 00' 00" W	100.000	80	201.208.1807	2.140.811.2286
81	81	S 89° 00' 00" W	100.000	81	201.208.1807	2.140.811.2286
82	82	S 89° 00' 00" W	100.000	82	201.208.1807	2.140.811.2286
83	83	S 89° 00' 00" W	100.000	83	201.208.1807	2.140.811.2286
84	84	S 89° 00' 00" W	100.000	84	201.208.1807	2.140.811.2286
85	85	S 89° 00' 00" W	100.000	85	201.208.1807	2.140.811.2286
86	86	S 89° 00' 00" W	100.000	86	201.208.1807	2.140.811.2286
87	87	S 89° 00' 00" W	100.000	87	201.208.1807	2.140.811.2286
88	88	S 89° 00' 00" W	100.000	88	201.208.1807	2.140.811.2286
89	89	S 89° 00' 00" W	100.000	89	201.208.1807	2.140.811.2286
90	90	S 89° 00' 00" W	100.000	90	201.208.1807	2.140.811.2286
91	91	S 89° 00' 00" W	100.000	91	201.208.1807	2.140.811.2286
92	92	S 89° 00' 00" W	100.000	92	201.208.1807	2.140.811.2286
93	93	S 89° 00' 00" W	100.000	93	201.208.1807	2.140.811.2286
94	94	S 89° 00' 00" W	100.000	94	201.208.1807	2.140.811.2286
95	95	S 89° 00' 00" W	100.000	95	201.208.1807	2.140.811.2286
96	96	S 89° 00' 00" W	100.000	96	201.208.1807	2.140.811.2286
97	97	S 89° 00' 00" W	100.000	97	201.208.1807	2.140.811.2286
98	98	S 89° 00' 00" W	100.000	98	201.208.1807	2.140.811.2286
99	99	S 89° 00' 00" W	100.000	99	201.208.1807	2.140.811.2286
100	100	S 89° 00' 00" W	100.000	100	201.208.1807	2.140.811.2286

SUPERFICIE = 3,404,981.228 m²

Anexo 2



ESCALA DE PROPORCION HORIZONTAL A VERTICAL 1 : 10

PROYECTO

PROYECTO LINEA DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE DEL MANANTIAL LA TAMACUA A LA COLONIA EMILIANO ZAPATA DE LA LOCALIDAD DE TARETAN PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE TARETAN DEL ESTADO DE MICHOACAN LONGITUD = 7.740 METROS

CLAVE:

TOP.02

NO. DE PLANO

1

ESCALA:

INDICADA

CONTENIDO:

PERFIL DE LA TRAYECTORIA DEL TRAZO Y LINEA PIEZOMETRICA

Anexo 3 Diagrama de Moody

