



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON**

**PLANEACION Y ANTEPROYECTO DEL SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA ZONA CONURBADA ORIENTE EN
IXTAPA-ZIHUATANEJO ESTADO DE GUERRERO**

T E S I S

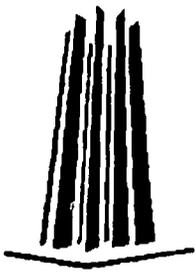
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JOSE ALBERTO RODRIGUEZ GOMEZ

ASESOR: ING. LUIS POMPOSO VIGUERAS MUÑOZ



MEXICO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2002



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.



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN**

DIRECCIÓN

DUPLICADO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

**JOSE ALBERTO RODRÍGUEZ GOMEZ
PRESENTE**

En contestación a su solicitud de fecha 4 de mayo del 2000, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. LUIS POMPOSO VIGUERAS MUÑOZ, pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado "PLANEACIÓN Y ANTEPROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA CONURBADA ORIENTE EN IXTAPA-ZIHUATANEJO ESTADO DE GUERRERO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México 1 de octubre de 2000
LA DIRECTORA



L. M. M.
ARQ. LILIA TURCOTT GONZALEZ

Nota: La aceptación del tema de tesis y asesor de la misma fue registrada en la Secretaría Académica de esta Escuela con fecha 29 de mayo del 2000.

- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.
- C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/cma*

[Firma]

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Por que gracias a su sacrificio, apoyo y consejo he llegado a realizar una de las metas más importantes en mi vida; lo cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

Con toda mi admiración y respeto dedico este logro a mis padres: Alberto y Carmen y a mis hermanos: Aída y Tomás.

Al jurado:

Por su valiosa colaboración para la realización de esta Tesis Profesional.

A mis profesores:

Quienes a lo largo de mis estudios transmitieron sus conocimientos dejando un legado invaluable en mi persona.

A mis compañeros y amigos:

Que me brindaron su apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera.

A mis familiares:

Que han seguido paso a paso mi desarrollo como profesionista apoyándolos en todo momento.

Ing. Rafael Morgan Vázquez

Ing. Maridel Zárate Morales

Ing. Karla Ivonne Gutiérrez Vázquez

Ing. Luis Pomposo Viguera Muñoz

Ing. Ricardo Heras Cruz

Índice

Dedicatorias	i
Agradecimientos	ii
Sinodo	iii
Índice	iv
Introducción	1
CAPÍTULO 1 Antecedentes	4
CAPÍTULO 2 Características generales de la localidad	10
2.1 Descripción del área de estudio.....	11
2.1.1 Delimitación de la zona de estudio.....	11
2.1.2 Fisiografía.....	11
2.1.3 Hidrografía.....	12
2.1.4 Edafología.....	14
2.1.5 Climatología.....	14
2.1.6 Vegetación y uso actual de suelo.....	17
2.1.7 Comunicaciones.....	18
2.1.8 Topografía.....	18
2.2 Aspectos socioeconómicos y demográficos.....	22
CAPÍTULO 3 Datos básicos para la planeación de los sistemas	24
3.1 Población actual y futura.....	25
3.2 Gastos de diseño.....	35
3.2.1 Dotación.....	35
3.2.2 Cálculo de gastos.....	36
CAPÍTULO 4 Recursos hidráulicos existentes	39
4.1 Acuífero Coacoyul - San Miguelito.....	40
4.2 Acuífero Valle Río san Jeronimito.....	44
4.3 Río la Laja.....	47
4.3.1 Descripción de la presa de almacenamiento.....	48
4.3.2 Descripción de la presa derivadora.....	50

CAPÍTULO 5 <i>Planeación del Sistema de Agua Potable</i>	53
5.1 Planteamiento y análisis de alternativas para el abastecimiento de Agua Potable.....	54
5.1.1 Distribución de la población.....	54
5.1.2 Demandas por zona.....	59
5.1.3 Propuesta de alternativas.....	61
5.2 Evaluación técnica y económica de alternativas.....	73
5.2.1 Solución de alternativas.....	73
5.2.2 Obtención de costos para las diferentes alternativas.....	86
5.3 Selección de la mejor alternativa para el abastecimiento de Agua Potable.....	99
CAPÍTULO 6 <i>Anteproyecto para el abastecimiento de agua potable</i>	107
6.1 Análisis Hidráulico.....	108
6.2 Anteproyecto de líneas de conducción.....	138
CAPÍTULO 7 <i>Impacto ambiental en la zona</i>	141
7.1 Introducción.....	142
7.2 Lineamientos generales.....	143
7.3 Informe preventivo de Impacto Ambiental.....	146
CAPÍTULO 8 <i>Conclusiones y recomendaciones</i>	156
<i>Bibliografía</i>	160

PAGINACION DISCONTINUA

Introducción

Esta tesis se elabora por la inquietud que han presentado las autoridades (Comisión Nacional del Agua y el Fondo Nacional de Fomento al Turismo) para desarrollar la planeación y anteproyecto del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para una zona conurbada formada por seis localidades aledañas al complejo turístico de Ixtapa – Zihuatanejo.

En el año de 1972 FONATUR selecciono por sus condiciones náuticas y sus atractivos escénicos a la bahía del Palmar para que fuera el lugar elegido que albergara a la zona hotelera de Ixtapa desde entonces este complejo turístico a crecido notablemente aumentándose como consecuencia las demandas de trabajo y servicios.

Dentro de los puntos más importantes que abarca este trabajo se tiene los siguientes:

Llevar a cabo estudios de carácter técnico, económico y social, relativos al suministro de agua potable en bloque para la zona en estudio a fin de que, mediante juicios valorativos, se definan las necesidades de agua potable, las actividades, estudios y proyectos a desarrollar en un tiempo coherente y los objetivos sociales por alcanzar.

En el segundo capítulo se describirá geográfica y políticamente la ubicación de la zona por estudiar con relación al Estado y se hará mención del clima predominante, precipitación media anual, y sus variaciones máximas y mínimas y los meses en que ocurren; así como la elevación con respecto al nivel medio del mar a la que se encuentra, y finalmente se hará un a breve descripción de las principales actividades económicas de la población enmarcando la importancia de la localidad dentro de contexto del estado.

En el tercer capítulo se hará un análisis del crecimiento de la población que se ha registrado en las últimas tres décadas, analizando los factores internos y externos del crecimiento, tales como flujos migratorios, inversión pública y privada en la realización de infraestructura productiva y de servicios.

Con base a este análisis se proyectará el crecimiento a futuro de la población, esta proyección se relacionará con las demandas futuras de agua potable para fines domésticos, industriales y comerciales, la dotación se definirá considerando el número de habitantes y el clima predominante y para el caso de la demanda industrial se tomara en cuenta el tipo de industria y el valor de la producción y el crecimiento interno bruto del sector industrial de que se trate.

El capítulo cuarto habla de la infraestructura de abastecimiento de agua existente, superficial y subterránea mencionando el tipo y uso, también se identificarán las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales, subterráneas y manantiales susceptibles de ser aprovechadas para el suministro de agua potable a la zona conurbada, se definirá en forma conservadora la disponibilidad potencial del recurso para cada fuente mediante balances, comparando la disponibilidad y los compromisos actuales y futuros de los diferentes usos del agua.

Con base al levantamiento de información de las fuentes de abastecimiento y a las demandas de agua de la población, se identificará claramente el problema y se determinarán los requerimientos de agua para cubrir las deficiencias al año 2020 así como las estrategias para satisfacer estas demandas.

Para determinar la factibilidad técnica y económica se efectuará en el quinto capítulo la proposición de varias alternativas que den solución a las demandas de agua potable así como un análisis minucioso de cada una

de ellas para que después de realizarlo se pueda escoger la alternativa que ofrezca los mejores resultados para la creación del sistema así como el costo más bajo.

Una vez identificada la alternativa más óptima, en el sexto capítulo se procede a realizar el anteproyecto de ella recalculando todo y detallando más las características de la alternativa seleccionada, este replanteamiento se realiza utilizando formulas que arrojan resultados más exactos.

En todo proyecto de ingeniería es muy importante hoy en día evaluar los impactos ambientales que este puede tener sobre el entorno que lo rodea, ya que de esto dependerá si las autoridades correspondientes dan su visto bueno o modifican parte del proyecto con el único fin de evitar impactos negativos a la zona, de esto se habla en el capítulo numero siete.

CAPÍTULO 1

Antecedentes

Antecedentes

El agua es uno de los elementos fundamentales para el desarrollo de la vida y la humanidad, ya que este vital líquido ayudo al hombre a desarrollar diversas actividades que sin duda mejoraron sus condiciones de vida, de entre las cuales destacan la agricultura, ganadería y pesca, actividades que hicieron que el hombre fuera cambiando el nomadismo por el sedentarismo.

El hombre al volverse sedentario se estableció en pequeñas comunidades que se asentaban en lugares influenciados por ríos o lagunas; esos asentamientos gradualmente se fueron convirtiendo en ciudades grandes y complejas en las que día con día crecían las necesidades y donde el hombre se las ingeniaba para dar solución a las necesidades y problemas que enfrentaba.

Desde esos tiempos hasta ahora las necesidades y usos que tiene el agua han crecido, ya que se usa en un sinnúmero de actividades industriales, recreativas y comerciales además de seguir siendo una necesidad primaria en las tareas domésticas, todo esto ha tenido como consecuencia el desarrollo de la Ingeniería Hidráulica.

Por la antes expuesto, hoy compete a la ingeniería planear y crear la infraestructura para poder abastecer de este líquido al elevado número de centros urbanos que crecen y se desarrollan a lo largo y ancho del planeta, aunque para el caso de muchos países y el nuestro la situación económica así como la explosión demográfica que imperan ocasionan un gran déficit en materia de abastecimiento de agua potable y otros servicios.

Para poder abastecer de agua potable a cualquier centro urbano los ingenieros deben de hacer un diagnostico específico en cuanto a las necesidades presentes y futuras, características y a los recursos existentes

de cada lugar con el fin de planear sistemas eficientes que exploten y distribuyan el recurso adecuadamente a todos y cada uno de los diferentes usuarios de la zona.

Por las características especiales que tiene cada proyecto de abastecimiento de Agua Potable debe ser concebido en forma exclusiva, su ejecución requiere de información, procedimientos, tecnología, recursos financieros y decisión pública que solo pueden ser suministrados y organizados completamente dentro de estructuras gubernamentales.

A estas estructuras también compete mejorar cualitativa y cuantitativamente los servicios de agua potable, así como abatir los rezagos existentes y ampliar la cobertura de estos servicios, sin olvidar las contribuciones para mejorar e implementar las acciones que aminoren el impacto ambiental negativo.

Dentro de la planeación de cualquier sistema es importante plantear y realizar un análisis de diversas alternativas que den solución a las necesidades y problemas del lugar para poder comparar resultados y tomar una decisión adecuada que tenga una buena relación beneficio costo que justifique la utilidad y creación del proyecto.

Otro punto importante es el que respecta en cuanto a la calidad y cantidad suficientes de agua, ya que de esto depende en gran parte la salubridad de un lugar y relaciona aquellos factores que conciernen al mejoramiento en las condiciones de vida y al cuidado de la salud de todos, esto se logra con la aplicación de normas sanitarias que regulen la calidad y cantidad del líquido.

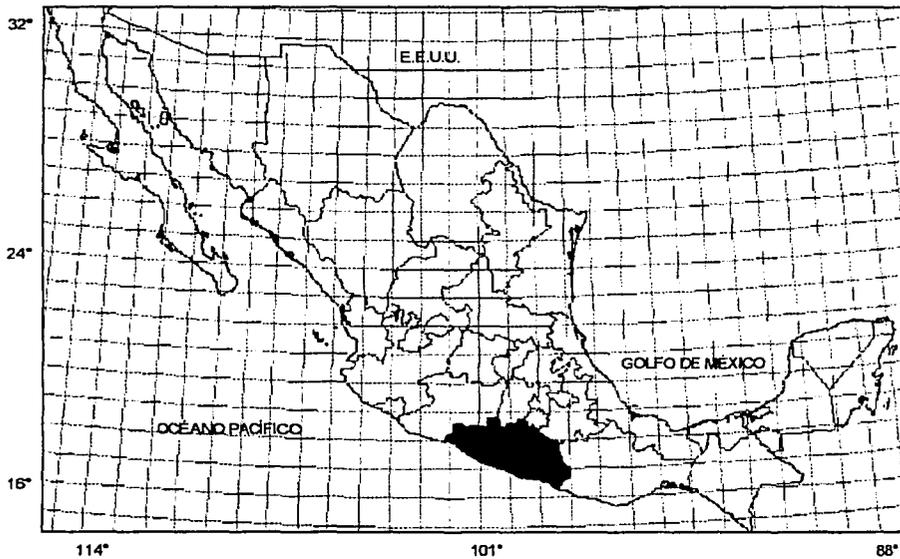
Zihuatanejo es la cabecera del Municipio de José Azueta, perteneciente al estado de Guerrero; dicho Municipio esta conformado por 185 localidades y tiene una extensión de 1921 km² que representa un 3.01 % respecto a la superficie total del Estado.

El Municipio se localiza en la Región de la Costa Grande de Guerrero entre los paralelos 17° 33' y 18° 06' de latitud norte y los meridianos 101° 08' y 101° 38' de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Coahuayutla y Coyuca de Catalán; al este con el municipio de Petatlan; al oeste con La Unión y al sur con el Océano Pacífico. El mapa No. 1 representa gráficamente la ubicación del Municipio de José Azueta respecto al territorio nacional y estatal.

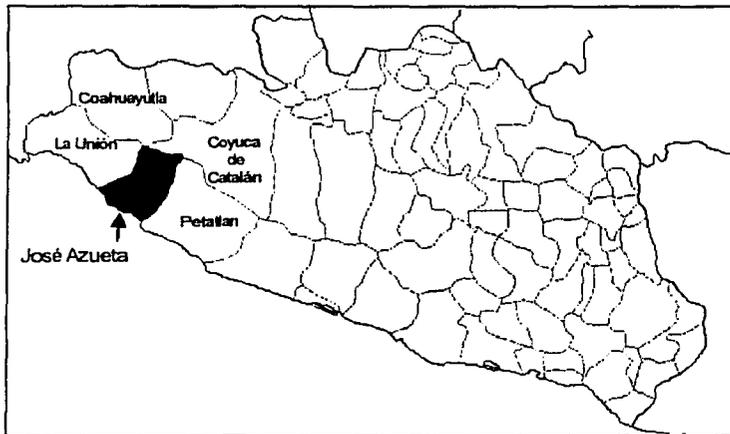
La población de Zihuatanejo se desarrolló muy lentamente hasta principios de la década de los setenta, cuando el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR) decide llevar a cabo el proyecto turístico de Ixtapa en la Bahía del Palmar. A partir de entonces, se ha manifestado en Ixtapa y Zihuatanejo un continuo y acelerado crecimiento poblacional, originando que se incrementen sus necesidades de servicios.

En Zihuatanejo se había considerado hasta 1995 que el límite de crecimiento para construcciones sería la cota 70 metros sobre el nivel del mar; sin embargo dicho límite ha sido rebasado con asentamientos de gente que proviene de zonas rurales del mismo estado y de otras partes de la república que llegan en busca de fuentes de trabajo; así como por urbanizaciones ejecutadas por el Fideicomiso Bahía de Zihuatanejo (FIBAZI). Es por ello que en los planteamientos actuales del Plan Director Urbano de Zihuatanejo se ha delimitado la zona de crecimiento en esta ciudad la cota 100 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar).

MAPA 1.- LOCALIZACIÓN



ESTADO DE GUERRERO



MUNICIPIOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

También el crecimiento de Zihuatanejo se ha dado hacia las fronteras con otras localidades que hasta ahora se habían concebido como rurales, por lo que FONATUR y FIBAZI de acuerdo a sus planes de expansión turística, prevén que en el futuro la mancha urbana de Zihuatanejo absorba a las localidades aledañas, formando así una microregión que estará subdividida en tres sectores: zona centro, zona conurbada poniente y zona conurbada oriente.

Por lo anterior y dadas las necesidades de servicios que se generan por el desarrollo turístico, así como por el crecimiento natural de la zona urbana y el adicional que se tendrá por la oferta de trabajo que se presenta, FONATUR y FIBAZI han manifestado su preocupación por realizar la "PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA CONURBADA ORIENTE PARA UN HORIZONTE AL AÑO 2020", por ser en el futuro la zona conurbada más extensa y que considera el desarrollo de Bahía Potosí.

CAPÍTULO 2

Características generales de la localidad

En este capítulo

- 2.1 Descripción del área de estudio
 - 2.1.1 Delimitación de la zona de estudio
 - 2.1.2 Fisiografía
 - 2.1.3 Hidrografía
 - 2.1.4 Edafología
 - 2.1.5 Climatología
 - 2.1.6 Vegetación y uso actual de suelo
 - 2.1.7 Comunicaciones
 - 2.1.8 Topografía
- 2.2 Aspectos socioeconómicos y demográficos

2.1 Descripción del área de estudio

La microregión se compone de tres zonas: centro, conurbada poniente y conurbada oriente; las cuales se conforman por Ixtapa y Zihuatanejo; así como por 10 localidades que han de incorporarse en los diferentes sectores. La tabla 2.1 muestra la zonificación de la microregión y cada una de las localidades que la componen.

Zona Poniente	Zona Centro	Zona Oriente
Barrio Nuevo	Ixtapa	Aeropuerto
Buenvista	San José Ixtapa	Los Almendros
Pantla	Zihuatanejo	Coacoyul
		Los Reyes
		San Miguelito
		Vista Hermosa

2.1.1 Delimitación de la zona de estudio

La zona conurbada oriente se encuentra entre los paralelos 17° 35' y 17° 39' de latitud norte y los meridianos 101° 25' y 101° 28' de longitud oeste. aproximadamente a 8 km. al este de Zihuatanejo. Esta zona esta prevista para un desarrollo urbano en una extensión aproximada de 1000 hectáreas; incluyendo las superficies donde actualmente se asientan las localidades que se absorberán en ella. La delimitación de la microregión se muestra en el mapa 2.

2.1.2 Fisiografía

El municipio se encuentra dentro de tres regiones geomorfológicas de las cinco en que se divide el Estado. Al norte se localiza la Sierra Madre del Sur, cuyo origen se remonta a la era Mesozoica, ésta tiene una dirección noroeste-sureste y es paralela a la costa del Pacífico.

En el centro se encuentra la región de Lomeríos de la Vertiente Pacífica, está comprendida entre las planicies litorales y la estructura principal de la Sierra Madre del Sur, y se delimita entre los 200 y 1000 metros sobre el nivel del mar. Se considera que las rocas que componen esta región son las más antiguas del Estado.

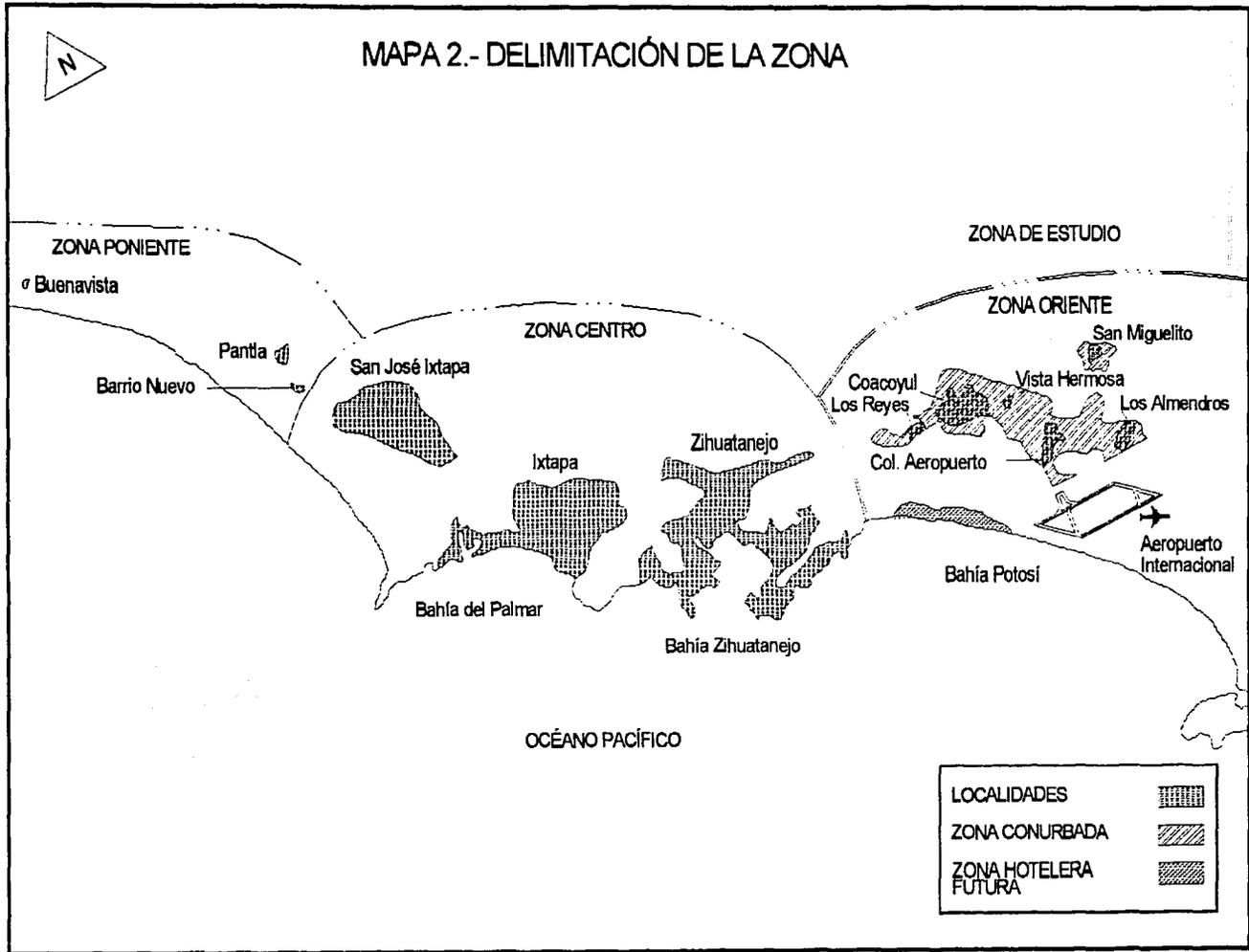
La tercera región fisiográfica la constituyen las placas litorales con una anchura de 10 a 25 km. La Costa Grande, a la que pertenece la zona en estudio de la microregión, se caracteriza por tener una serie de bahías separada por áreas de pendiente fuerte que interrumpen la planicie y forman acantilados. Las rocas que la constituyen son ígneas, metamórficas y sedimentarias. En el mapa No. 3 se presenta la fisiografía del Municipio.

2.1.3 Hidrografía

El municipio pertenece a la región hidrológica No. 19 "Costa Grande", los principales recursos hidrológicos que abastecen al municipio, se basan principalmente en los ríos: Verde y La Laja, (que recorre de noreste a suroeste el Municipio, tiene una cuenca de 260 kilómetros cuadrados y desemboca en el Océano Pacífico, en la barra de Ixtapa) y en los arroyos Real, Pantla, Zapote, San Miguelito y Lagunillas (San Jeronimito).

Además de los recursos antes mencionados tiene arroyos y lagunas intermitentes entre las que destaca la Laguna Blanca; en el mapa No. 4 se presenta la Hidrografía principal del Municipio José Azueta.

MAPA 2.- DELIMITACIÓN DE LA ZONA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.4 Edafología

El tipo de suelo presente en el territorio municipal de José Azueta, en el que se encuentra la zona en estudio es el siguiente, véase Mapa No. 5.

CAMBISOL: Cubre la mayor parte del Municipio, principalmente al norte, centro y sur del mismo. Se caracteriza por presentar una acumulación no excesiva de arcilla, carbonato de calcio, hierro, magnesio, etc. y por su alta susceptibilidad a erosionarse.

REGOSOL: Ocupa el segundo lugar de importancia dentro del Municipio y se distribuye al noroeste y sur de su territorio. se caracteriza por no presentar horizontes, por su color claro y por tener algunas veces afloramiento de roca o tepetate. En este suelo se ubica la zona en estudio.

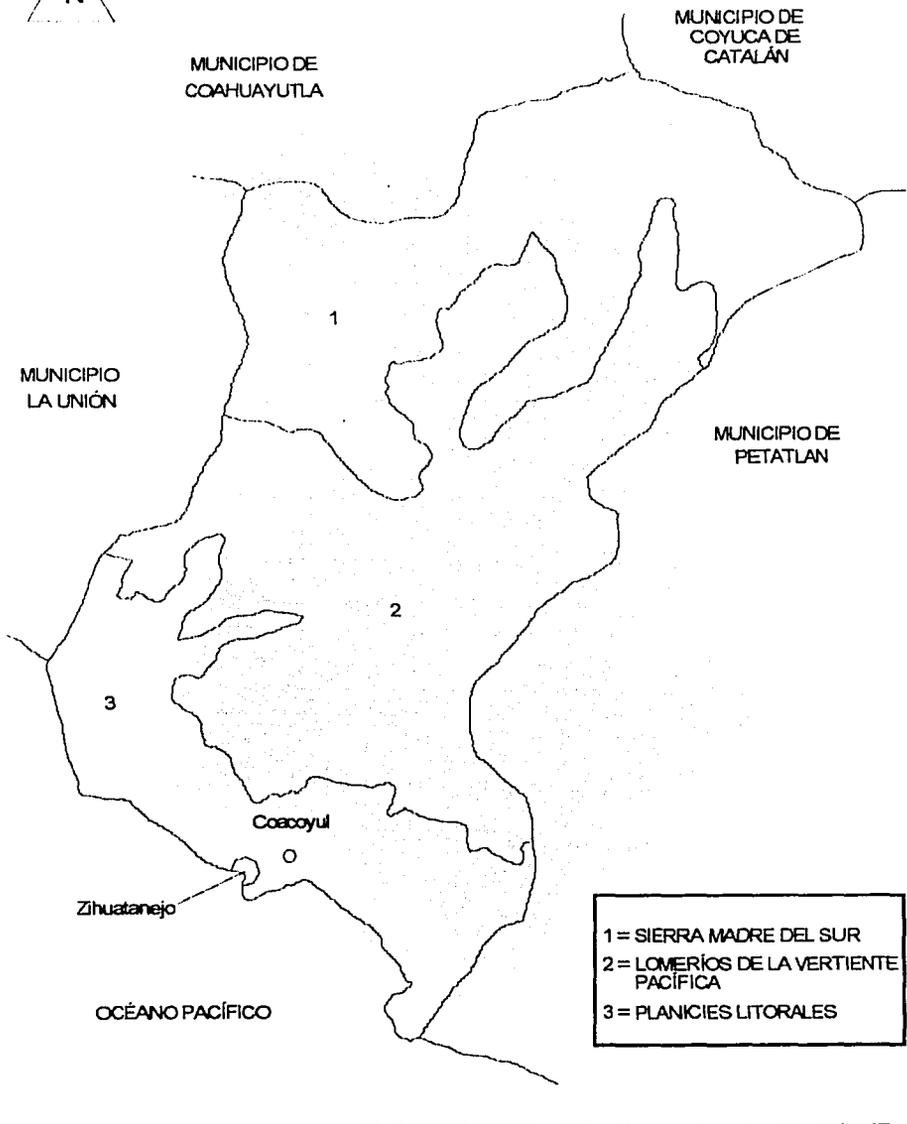
RENDZINA : Se presenta al oeste del Municipio y se caracteriza por poseer una capa superficial abundante en humus muy fértil, y descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal, no es muy profundo y generalmente muy arcilloso.

SOLONCHAK : Cubre una pequeña porción al suroeste del Municipio y se encuentra generalmente en contacto con el mar. Se caracteriza por presentar un alto contenido de sales en algunos horizontes.

2.1.5 Climatología

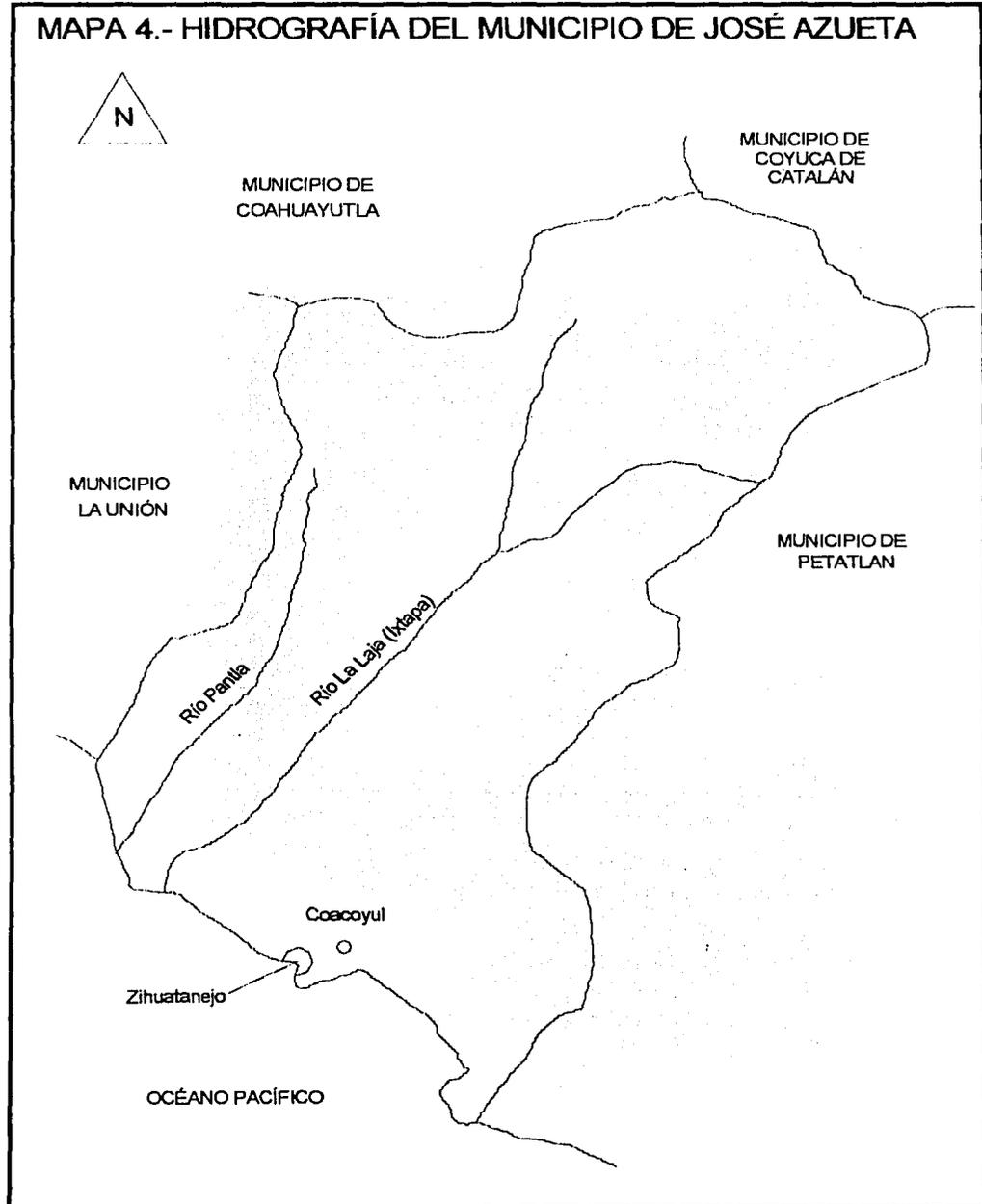
En el municipio predominan tres tipos de clima. El primero, es el cálido subhúmedo con temperatura promedio anual de 26 grados centígrados; el segundo es el semicálido subhúmedo y el tercero es el templado subhúmedo.

MAPA 3.- FISIOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE JOSÉ AZUETA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MAPA 4.- HIDROGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE JOSÉ AZUETA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El régimen de lluvias comprende los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, alcanzando una precipitación pluvial que oscila desde 1100 a 1500 milímetros de la costa a la Sierra Madre. Por su ubicación la microregión pertenece al clima cálido subhúmedo.

En esta zona se tiene un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm; precipitación media anual mayor a 1000 mm y temperatura media anual mayor a 22° C.

2.1.6 Vegetación y uso actual de suelo

La parte norte del municipio, en la Sierra Madre del Sur, está cubierta por bosque mixto de encino-pino que se desarrolla entre los 400 y los 2600 metros sobre el nivel del mar. Mezclado con este tipo de vegetación se presenta el pastizal inducido que se distribuye en pequeñas porciones de la sierra y que se utiliza para el pastoreo extensivo, principalmente de ganado porcino.

La zona sur del municipio, en la planicie costera y en las partes bajas de la sierra, esta cubierta por selva baja caducifolia. Los suelos que existen son estepas o praderas con descalcificación, aptos para la explotación ganadera. Asociadas a esta vegetación natural se extienden las zonas agrícolas, principalmente de temporal, dedicadas al cultivo de maíz, ajonjolí y ajo.

La superficie censada por la Secretaria de la Reforma Agraria es de 192150 hectáreas de las cuales el 72.3 por ciento pertenece al régimen égidal y el 27.7 por ciento a la pequeña propiedad.

La superficie destinada a la agricultura es de 13663 hectáreas que representa el 7.1 por ciento de la extensión territorial municipal, de las cuales el 94.7 por ciento son de temporal, el 2.8 por ciento de riego y el 2.5 por ciento de humedad. Para la actividad ganadera el municipio cuenta con 52095 hectáreas de agostadero con un 14.3 por ciento cultivable. En el Mapa No. 6 se presenta los usos del suelo del Municipio.

2.1.7 Comunicaciones

La zona conurbada oriente está comunicada por tierra en forma directa por medio de la carretera federal número 200 que recorre parte de la Costa del Pacífico, desde Tepic Nayarit hasta Tapachula Chiapas, quedando la zona, comunicada con lugares como: Ixtapa-Zihuatanejo y Acapulco dentro del mismo Estado de Guerrero y otros pertenecientes a Jalisco, Colima, Michoacán y Oaxaca aparte de los ya mencionados. Existen también caminos de terracería y caminos vecinales que comunican a toda el área de estudio.

Al sur de la zona a escasos kilómetros se encuentra el Aeropuerto Internacional de Zihuatanejo con vuelos a distintas partes de la República Mexicana, y de los Estados Unidos de Norteamérica, así como a Lima, París y Madrid. Los poblados de la zona cuentan con oficina de correos, telégrafos y servicio telefónico.

2.1.8 Topografía

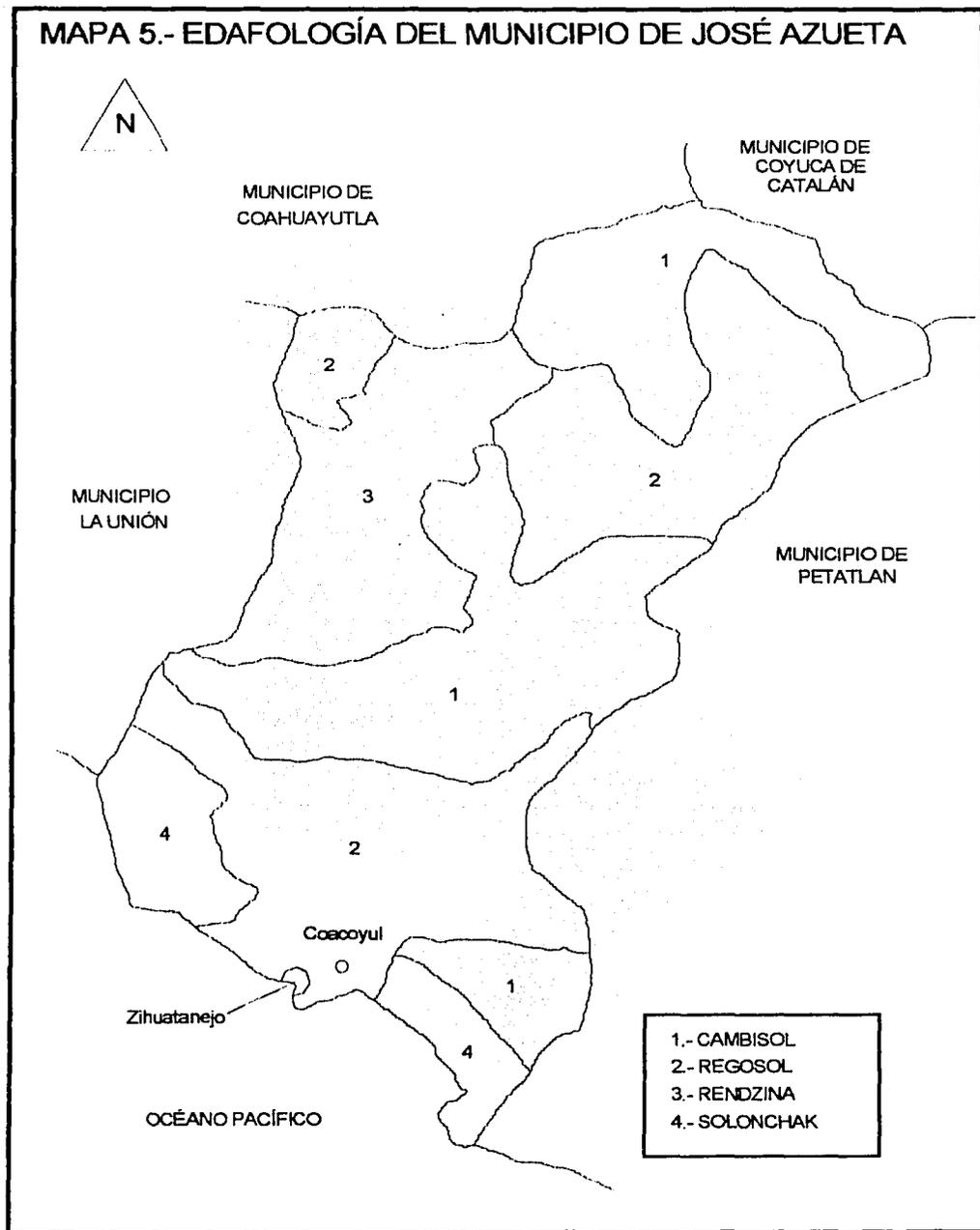
La topografía con que se dispone para realizar la planeación de los sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Tratamiento son:

- Cartas topográficas escala 1:50000, elaboradas por INEGI, hoja E14C22.
- Vuelo aerofotogramétrico escala 1:25000, realizado por la SCT en octubre de 1992.

- **Plano topográfico de la localidad de Coacoyul escala 1:2000 realizado en agosto de 1995.**

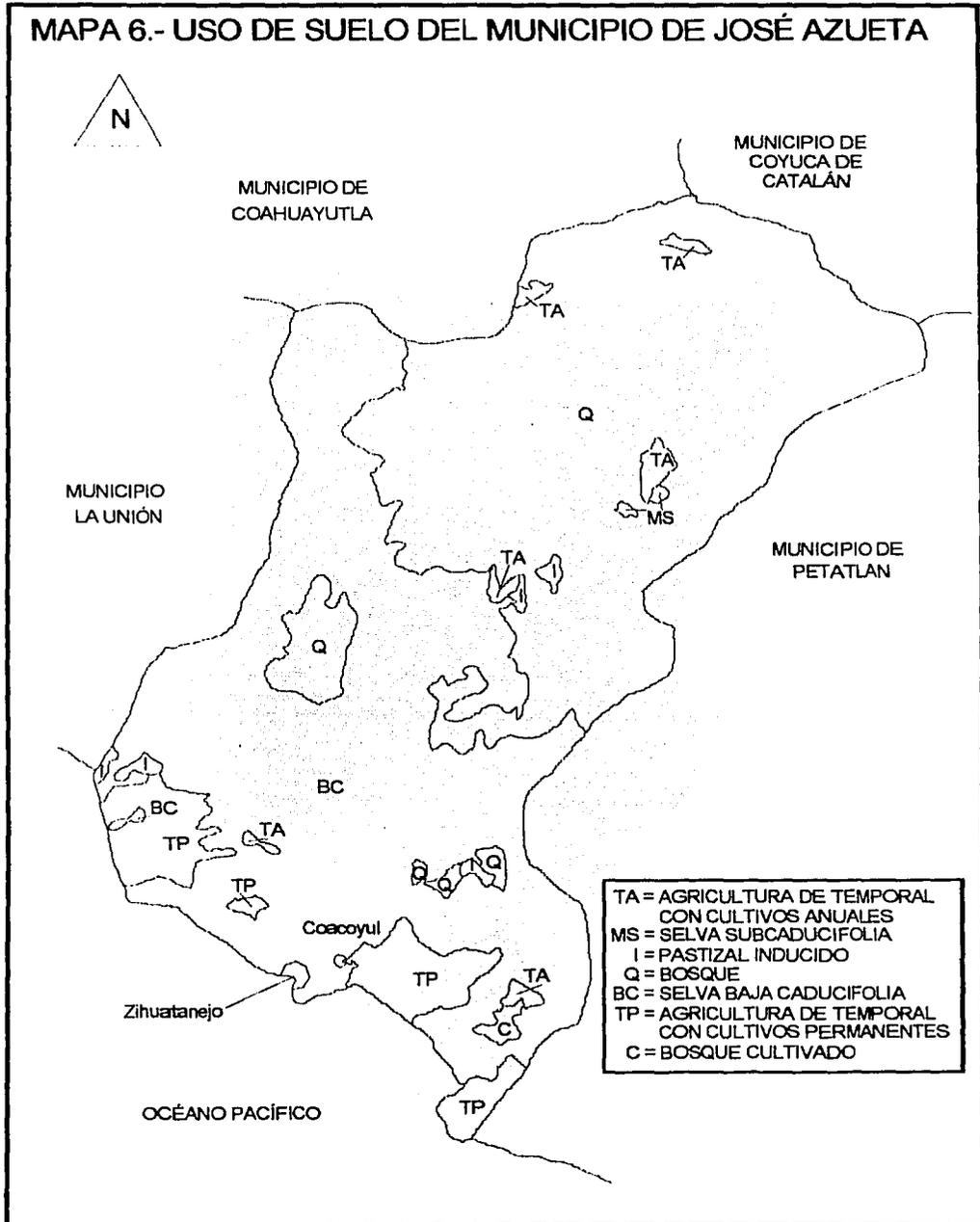
Asimismo, se cuenta con los planos topográficos derivados de los diversos estudios y proyectos que se han realizado en la microregión.

MAPA 5.- EDAFOLOGÍA DEL MUNICIPIO DE JOSÉ AZUETA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MAPA 6.- USO DE SUELO DEL MUNICIPIO DE JOSÉ AZUETA



TA = AGRICULTURA DE TEMPORAL
 CON CULTIVOS ANUALES
 MS = SELVA SUBCADUCIFOLIA
 I = PASTIZAL INDUCIDO
 Q = BOSQUE
 BC = SELVA BAJA CADUCIFOLIA
 TP = AGRICULTURA DE TEMPORAL
 CON CULTIVOS PERMANENTES
 C = BOSQUE CULTIVADO

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

2.2 Aspectos socioeconómicos y demográficos

Las actividades económicas en la región han presentado significativos cambios paralelamente a la urbanización de la zona. A partir de 1975 se inicia un proceso de recomposición de la participación de los distintos sectores en la economía, captándose un fuerte descenso en los porcentajes correspondientes a las actividades del sector primario y un incremento importante en la participación del sector terciario, producto de la actividad turística.

En lo que respecta al sector secundario puede decirse que se ha mantenido, con pequeñas variaciones, tanto su porcentaje de participación en la generación de ingresos, como el nivel de la Población Económicamente Activa (PEA).

El 86 % de la población total del municipio se encuentra asentada en la microregión; de esta población el 35 % es económicamente activa ocupada y ocupa los siguientes porcentajes para cada sector: para el primario 6%, el secundario con 15% y el terciario con 73%, en estos porcentajes se puede observar que el sector que ocupa el más alto porcentaje de la PEA es el terciario mismo que corresponde a las actividades relacionadas con el turismo.

Existen viviendas del tipo urbana, suburbana y rural predominando, este último con viviendas que conservan las características de imagen de los pueblos de la Costa de Guerrero, por esto la zona en estudio se considera como popular, aunque es importante mencionar que a partir del año 2005 se espera una mejora en la calidad de vida de los pobladores, dado la urbanización que se planea en ella, así como los niveles de servicio, por lo que a partir de entonces se considerará como nivel medio.

Aproximadamente el 98% de las viviendas cuentan con energía eléctrica, también las localidades de la zona cuentan con Centros de Salud sencillos, siendo necesario trasladarse a Coacoyul o Zihuatanejo en los casos más complicados que requieran cirugías o servicios médicos especializados.

Todo el municipio tiene una población de 87161 habitantes (XII Censo de Población) que representan un 3% de la población del estado. La zona cuenta con escuelas: preprimaria, primaria y secundaria, el alfabetismo es del orden del 73%.

CAPÍTULO 3

Datos básicos para la planeación de los sistemas

En este capítulo

3.1 Población actual y futura

3.2 Gastos de diseño

3.2.1 Dotación

3.2.2 Cálculo de gastos

3.1 Población actual y futura

Como ya se menciona en el capítulo anterior a partir de la década de los setenta el desarrollo de Ixtapa-Zihuatanejo ha estado ligado fundamentalmente al turismo que llega, y por lo tanto la población está dedicada en forma preponderante a los servicios relacionados con él. A parte de las limitantes físicas para el crecimiento urbano de Zihuatanejo (cota 100 m.s.n.m.), FONATUR tiene planeado ejecutar otra parte del complejo turístico en la Bahía Potosí, del cual se espera el mismo éxito observado en Bahía del Palmar (Ixtapa).

Se pretende que la zona conurbada oriente de cabida tanto a la gente que no pueda establecerse en Zihuatanejo (tratando de evitar con esto los asentamientos irregulares más allá de la cota 100 m.s.n.m.) así como a la población que genere el desarrollo turístico en Bahía Potosí.

De las seis localidades que conforman la zona conurbada, Coacoyul es la más grande en cuanto a población y área, las otras cinco son pequeñas, por lo que se supone que estas localidades tienen entre 10 y 15 años de fundadas, en cuanto a poblaciones los únicos datos disponibles en los censos de INEGI, son los contenidos en la siguiente tabla.

Es importante señalar que en lo sucesivo para proyectar la población se manejará el total de las poblaciones como un solo dato, ya que se considera a la zona conurbada oriente como una sola, el turismo que se presenta aquí y que sin duda repercute enormemente en la población, obliga a realizar un minucioso análisis de su comportamiento en la proyección de la población.

TABLA 3.1 POBLACIONES DE LA ZONA

Localidades	XI Censo de Población 1990	XII Censo de Población 1995
AEROPUERTO	607	925
LOS ALMENDROS	638	950
COACOYUL	4104	5167
LOS REYES	301	629
SAN MIGUELITO	785	908
VISTAHERMOSA	257	574
TOTAL	6692	9153

En la proyección de población de esta zona, dado su actividad turística, es importante distinguir y considerar el tipo de población que generalmente se concentra o asienta en dichas zonas: la población natural, la población inducida y la población flotante.

La población natural es aquella que actualmente se asienta en su localidad y la cual va creciendo según su tendencia histórica y sus características socioeconómicas.

La población inducida es el grupo de población que no son originarios de la zona, pero que sin embargo por la oferta de trabajo que representa el centro turístico, llega a asentarse allí en busca de fuentes de trabajo y mejores condiciones de vida.

La población flotante queda representada por el turismo que visita la zona, no tiene carácter permanente y es meramente estacional.

La única información censal disponible para la zona conurbada es la de los Censos Generales de Población y Vivienda XI (1990) y XII (1995), los datos poblacionales encontrados en estos censos son insuficientes para proyectar la población, ya que al proyectar con esta información el resultado quedaría muy por debajo de la realidad por no tomar en cuenta el comportamiento de la población inducida.

Otra fuente de información disponible fue la encontrada en el Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento para el mejoramiento de los servicios de la Ciudad de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero.

Las proyecciones realizadas en este Plan a partir del año 1992 están calculadas en función del aumento de cuartos nuevos y por ende la generación de empleos en la microregión, y proponen tres alternativas de crecimiento poblacional: la alternativa baja, la alternativa media y la alternativa alta.

Al comparar los resultados de las proyecciones en el año de 1995 con los datos reales del Censo General de Población y Vivienda XII (1995), se puede constatar un incremento importante de la población existente entre las calculadas contra las reales, incluso para la alternativa baja.

Basándose en la información recopilada y a las características socioeconómicas de la zona, se plantearán tres métodos para la proyección de la población, tanto natural como inducida, ya que como se dijo la flotante depende exclusivamente de la actividad turística que se genere en la zona de estudio.

Método 1

En este método se considera el crecimiento natural de la población adicionando la población inducida que se genera por el número de empleos creado en el futuro centro turístico de Bahía Potosí.

La población natural se calcula con la fórmula de interés compuesto, tal cual es:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n$$

donde: P_f es la población futura

P_a es la población actual

r es la razón de incremento anual

n es el número de años

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tomando como razón de incremento anual 3.4 %; cuyo valor es propuesto en el Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento para el Mejoramiento de los Servicios de la Ciudad de Ixtapa-Zihuatanejo; y en el Plan Director Urbano de Zihuatanejo.

Para la población inducida, basándose en las fuentes citadas anteriormente se parte de que la industria hotelera genera 10 empleos por cuarto, lo cual se traduciría en 10 habitantes por cuarto que tendrían que llegar a asentarse en la zona.

Considerando los datos que se tienen así como el número de cuartos esperado para Bahía Potosí se proyecta para periodos de cinco años hasta el horizonte de proyección. La tabla 3.2 muestra el crecimiento natural de la población a razón del 3.4% anual, la población inducida por el número de cuartos que se ofrece (10 hab/cuarto) para cada periodo incluyendo la población inducida por la oferta de trabajo que se generaría en la zona durante la construcción de tal desarrollo y el total de la población esperada para cada periodo de años hasta el año 2020.

Año	Pob. Nat.	Empleos	Cuartos	Población Inducida (Hab.)			Población (Hab.)	
	Hab.	Constr.	Hotel	Constr.	Cuartos	Total	Inducida	Total
1995	9153							9153
2000	10818							10818
2004	12367	100		500		500	500	12867
2005	12787		200		2000	2000	2517	15304
2009	14617	100		500		500	3377	17994
2010	15114		400		2000	2000	5492	20606
2014	17276	50		250		250	6528	23804
2015	17864		500		1000	1000	7750	25614
2019	20420	50		250		250	9109	29529
2020	21114		600		1000	1000	10418	31533

NOTAS: 1) Se consideró que cada empleo de construcción induce 5 habitantes a la zona.
2) Cada cuarto de Hotel induce 10 habitantes en la zona.

Método 2

En este método se supone un comportamiento parecido entre Ixtapa-Zihuatanejo y la zona conurbada, por lo cual se aplican los ajustes lineal, logarítmico, exponencial y potencial para las poblaciones de Ixtapa-Zihuatanejo; de entre los cuales el exponencial presentó el mejor coeficiente de correlación ("r" que entre más próximo este su valor absoluto a la unidad mejores resultados se obtendrán del método). Al obtener las poblaciones ajustadas se obtiene la diferencia de habitantes entre Ixtapa-Zihuatanejo en 1975 y la zona conurbada en 1995, esta diferencia se suma a cada una de las poblaciones ajustadas de Ixtapa-Zihuatanejo obteniendo así las poblaciones de la zona conurbada en periodos de cinco años y hasta el 2020.

Con las poblaciones obtenidas para la zona conurbada se realiza otra regresión exponencial iterando varias veces hasta obtener el valor de 9153 habitantes para el año de 1995. Todo lo anterior se resume en la tabla 3.3.

La ecuación de la regresión de Ixtapa-Zihuatanejo es la siguiente:

$$Y = 1.16147E-82 * e^{0.10003269X}$$

donde: Y es la población deseada
 X es el año de la población deseada
 r = 0.974544 (coef. correlación)

La ecuación de la regresión para las poblaciones de la zona es la siguiente:

$$Y = 9.11902E-77 * e^{0.092320374X}$$

donde: Y es la población deseada
 X es el año de la población deseada
 r = 0.9996406 (coef. correlación)

TABLA 3.3 PROYECCION DE LA POBLACION MÉTODO No. 2

Año	Población ajustada Ixtapa-Zihuatanejo Habitantes	Año	Población Zona conurbada Habitantes
1975	7349	1995	9153
1980	12118	2000	14397
1985	19982	2005	22649
1990	32951	2010	35630
1995	54335	2015	56052
2000	89598	2020	88179

Método 3

Este método se basa en el de comparación o de la curva "s" que consiste como su nombre lo indica en comparar la tendencia del crecimiento histórico de la población de la zona contra otra con mayor número de habitantes que comparta características desde el punto de vista socioeconómico, y adoptar su comportamiento. Para este caso la comparación se realiza con Ixtapa-Zihuatanejo.

En la gráfica de población vs. años de Ixtapa-Zihuatanejo, se grafican los datos poblaciones que se tienen de la zona conurbada oriente, en esta gráfica el eje de las coordenadas (años) toma dos valores para cada punto, es decir el punto donde inicia la gráfica es el año 1970 para Ixtapa-Zihuatanejo y corresponde al año 1990 para la zona conurbada, y así sucesivamente para cada periodo de 5 años hasta llegar al año 2000 para Ixtapa-Zihuatanejo que es el 2020 para la zona conurbada.

Como los datos que se tienen para Ixtapa-Zihuatanejo son hasta el año 1995 se extiende la curva según su trayectoria hasta el año 2000 para con ello poder obtener la población que se tendrá en el 2020 en la zona en estudio.

El método número 3 se representa en la gráfica 3.1, así como los resultados de los tres métodos se muestran en la tabla 3.4.y gráfica 3.2.

Gráfica 3.1 Método No. 3

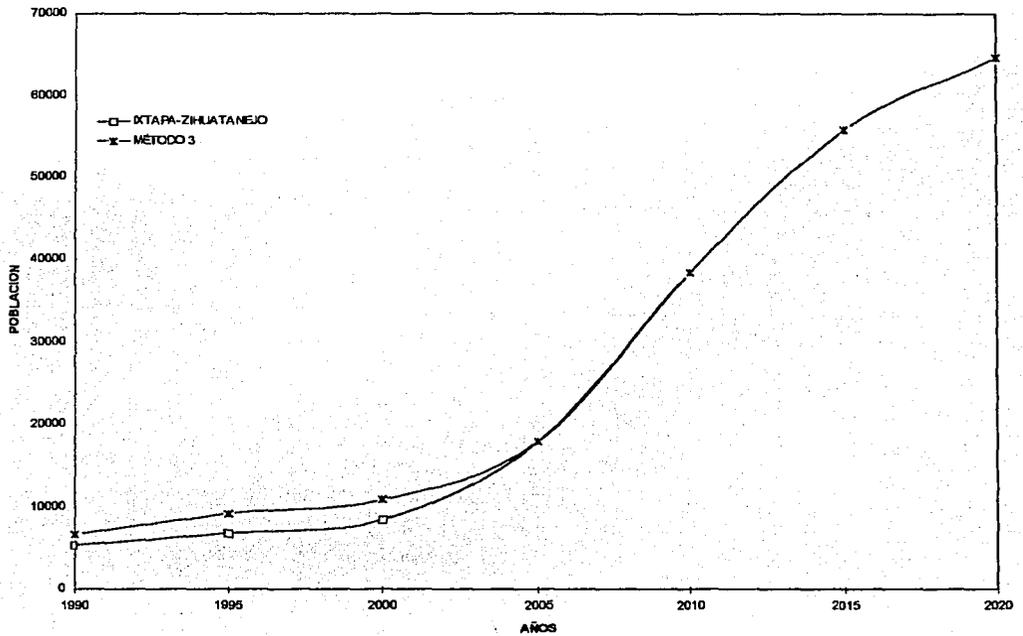
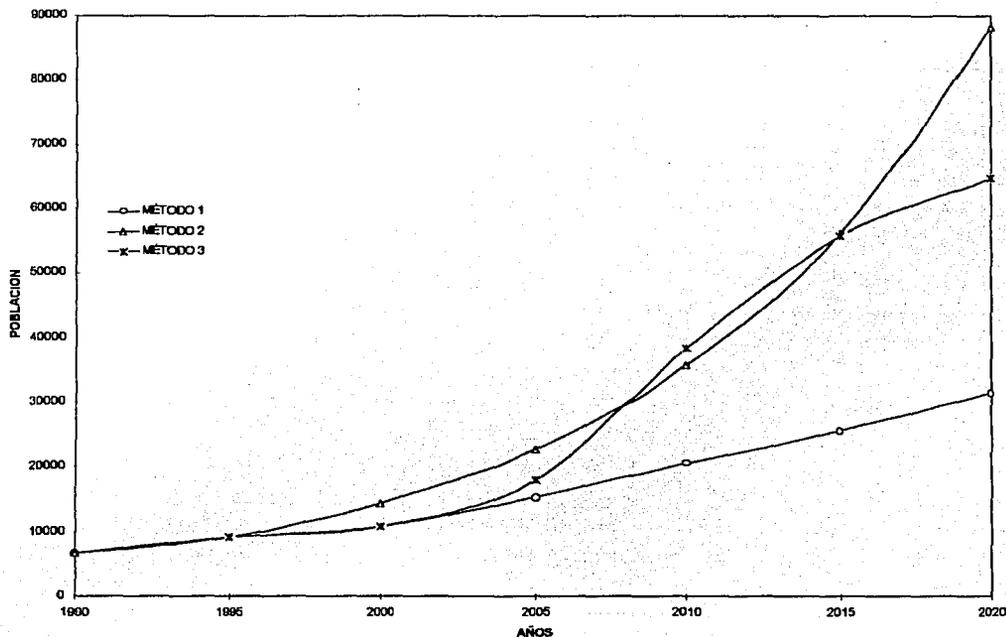


TABLA 3.4 RESULTADOS DE LA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

Año	Poblaciones			Tasas de Crecimiento		
	Método 1	Método 2	Método 3	Método 1	Método 2	Método 3
1995	9153	9153	9153			
2000	10818	14397	10815	3.40	9.49	3.40
2005	15304	22649	17929	7.18	9.49	10.64
2010	20606	35630	38329	6.13	9.49	16.41
2015	25614	56052	55780	4.45	9.49	7.79
2020	31533	88179	64667	4.25	9.49	3.00

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 3.2 Comparación de métodos



Conclusión de los Métodos

Al comparar los datos contenidos en la tabla anterior, obtenidos como resultado de los métodos realizados, se puede concluir que en el método No. 1 los resultados son bajos, aunque las tasas de crecimiento arrojadas para cada periodo al final del método presentan la variación típica de estas zonas donde por lo regular se presentan crecimientos muy acelerados en las primeras etapas con altas tasas de crecimiento, mismas que van decreciendo conforme se van completando las expectativas de los centros turísticos como se puede apreciar en la tabla 3.4.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

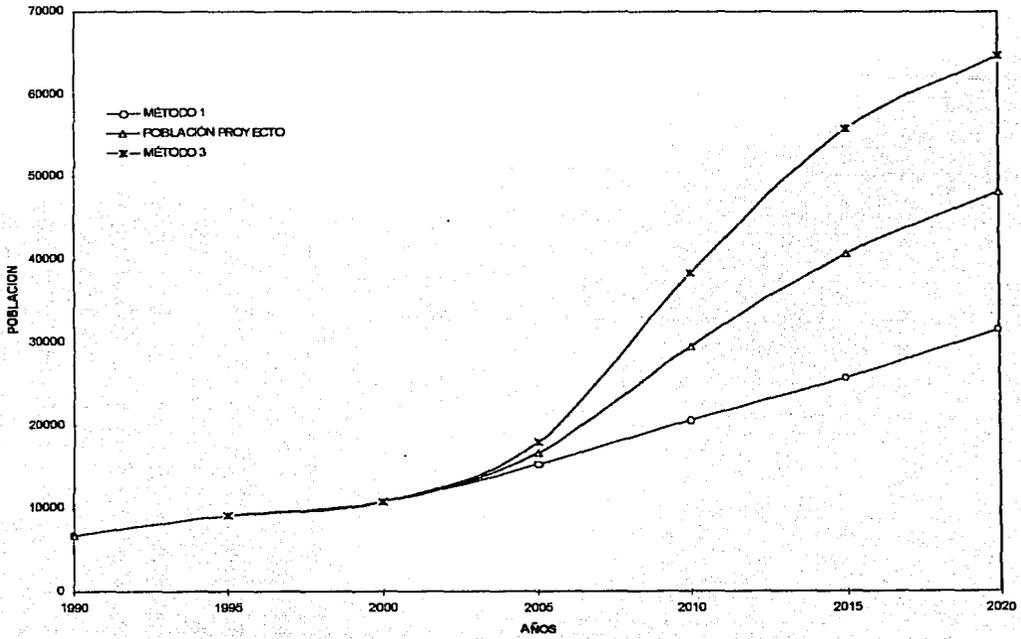
El método No. 2, es resultado de regresiones exponenciales que ajustan los valores que se tienen en una curva que tiene una ecuación y una tendencia determinadas, que para este caso resulta muy pronunciada (véase gráfica 3.2) por ajustar valores que presentan un comportamiento bastante irregular, es por esto que el método da por resultado tasas de crecimiento muy altas y constantes que por ende elevan bastante el valor de las poblaciones proyecto.

En el método No. 3 los valores obtenidos son resultado de un ajuste de poblaciones por medio de comparación de datos reales de una localidad que comparte características tanto geográficas como de actividades socioeconómicas tratando de obtener con esto una proyección más cercana a la realidad, pero los valores obtenidos son altos por suponer un crecimiento igual al presentado en Ixtapa-Zihuatanejo sin considerar que al principio de este, el auge fue mayor tanto en oferta de servicios como en turismo y que la zona en estudio es complemento de el centro y no un nuevo complejo turístico.

Por todo lo antes citado se propone para la proyección de la población, desechar los datos del método No. 2 así como considerar a los métodos No. 1 y No. 3 como alternativas baja y alta respectivamente, por lo que para fines de proyección se utilizara la media entre ambos métodos como se muestra en la tabla 3.5 y gráfica 3.3.

Año	Poblaciones (Habitantes)			T.C.M.A. (%)
	Método 1	Método 3	Pob. Proyecto	
1995	9153	9153	9153	
2000	10818	10815	10816	3.40
2005	15304	17929	16616	8.97
2010	20606	38329	29467	12.14
2015	25614	55780	40697	6.67
2020	31533	64667	48100	3.40

Gráfica 3.3 Proyección de la población



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2 Gastos de diseño

3.2.1 Dotación

La dotación es el volumen de agua que se le asigna a cada habitante, y considera los consumos y las pérdidas físicas del sistema en un día. Para la zona en estudio se tienen principalmente dos tipos de consumo que son el doméstico y el industrial de servicios. El consumo doméstico se refiere al agua usada en las viviendas, este consumo depende principalmente del clima y la clase socioeconómica de los usuarios, tal como se muestra en las tablas 3.5, 3.6 y 3.7.

Clase Socioeconómica	Descripción del Tipo de Vivienda
Residencial	Casa solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín de 50 m ² o más, cisterna, lavadora.
Media	Casas y departamentos, que cuentan con uno o dos baños, jardín de 15 a 35 m ² y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, que cuentan con jardín de 2 a 8 m ² , con un baño o compartiéndolo.

Clima	Residencial	Media	Popular
CALIDO	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.

Temperatura Media Anual	Tipo de Clima
Mayor que 22	CALIDO
De 18 a 22	SEMICALIDO
De 12 a 17.9	TEMPLADO

El consumo industrial de servicios considera los hoteles y el consumo personal de los empleados con consumos que varían de acuerdo a los datos de la siguiente tabla:

TABLA 3.9 CONSUMOS EN HOTELES (l/cuarto/día)		
Clasificación	Zona Turística	Zona Urbana
Gran Turismo	2000	1000
4 y 5 estrellas	1500	750
1 a 3 estrellas	1000	400

Las pérdidas de agua en el sistema se consideran como un valor aproximado al 25% de la dotación por tratarse de un sistema nuevo. Por lo tanto las dotaciones de agua potable que se consideran para este estudio son 247 y 307 l/hab/día para uso doméstico y 2667 l/cuarto/día para uso industrial de servicios, lo anterior basado en las características ya mencionadas que presenta la zona en estudio.

3.2.2 Cálculo de gastos

Gasto Medio.- Es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio.

$$Q_{med} = (Población \cdot Dotación) / 86400$$

Gastos máximo diario y máximo horario, son los requeridos para satisfacer las necesidades de la población en un día máximo de consumo, y a la hora de máximo consumo en un año tipo, respectivamente.

$$Q_{Md} = CV_d \cdot Q_{med}$$

$$Q_{Mh} = CV_h \cdot Q_{Md}$$

Donde CV_d y CV_h son los coeficientes de variación diaria y horaria respectivamente.

Las condiciones climatológicas, los días laborales y otras actividades producen fluctuaciones diarias y horarias en la demanda de agua estas dan origen a dichos coeficientes y sus valores medios son:

$$CV_d = 1.40$$

$$CV_h = 1.55$$

Estos coeficientes se obtuvieron del estudio de "Actualización de dotaciones en el país" llevado a cabo por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; en este se determinó la variación del consumo por hora y por día durante un periodo representativo en cada una de las estaciones del año, calculándose los coeficientes por clase socioeconómica y por clima.

Al analizar la información de este trabajo, se verificó que no existían diferencias significativas entre los tipos de usuario, climas y estaciones del año por lo que se utilizan los valores ya presentados.

La tabla 3.10 que se presenta a continuación contiene un resumen de todos los gastos calculados en este inciso.

TABLAS 3.10 DEMANDAS							
CONCEPTO	UNIDAD	2000	2005	2006	2010	2015	2020
Población	Hab.	10816	16616	18633	29467	40697	48100
T.C.M.A.	%	3.40	8.97	12.14	12.14	6.67	3.40
Dotación de Consumo	l/h/d	185.00	185.00	230.00	230.00	230.00	230.00
Consumo	l/s	23.16	35.58	49.60	78.44	108.34	128.04
Cuartos de Hotel	No.		200.00	200.00	400.00	500.00	600.00
Dotación de Consumo	l/c/d	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00
Consumo	l/s		4.63	4.63	9.26	11.57	13.89
Consumo Total	l/s	23.16	40.21	54.23	87.70	119.91	141.93
Perdidas	%	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Demanda Total	l/s	30.88	53.61	72.31	116.94	159.88	189.24
Dotación Media	l/h/d	248.67	278.76	335.29	342.87	339.43	339.93
Gastos de Agua Potable							
Gasto Medio	l/s	30.88	53.61	72.31	116.94	159.88	189.24
Coef. Variación Diaria	s/u	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Gasto Máximo Diario	l/s	43.23	75.05	101.23	163.71	223.83	264.94
Coef. Variación Horaria	s/u	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
Gasto Máximo Horario	l/s	67.01	116.33	156.91	253.75	346.94	410.66

CAPÍTULO 4

Recursos hidráulicos existentes

En este capítulo

- 4.1 Acuífero Coacoyul - San Miguelito
- 4.2 Acuífero Valle Río san Jeronimito
- 4.3 Río la Laja
 - 4.3.1 Descripción de la presa de almacenamiento
 - 4.3.2 Descripción de la presa derivadora

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Recursos hidráulicos existentes

Los recursos hidráulicos disponibles para el abastecimiento de la zona conurbada oriente son abundantes ya que hacia esta zona drenan importantes cuencas de la vertiente del pacifico todos los ríos de esta zona tienen su origen en el parteaguas de la Sierra Madre del Sur (altitud media de 2400 m.s.n.m.) y en forma más o menos directa se dirigen hacia el Océano Pacífico.

La orografía condiciona las características de las corrientes siendo estas de fuertes pendientes en su origen y muy reducidas en la planicie costera, por lo que las corrientes viajan casi en línea recta hacia el Pacífico con pocos afluentes. La precipitación media en la zona es de 1100 mm y aumenta en forma gradual hacia la parte alta de la sierra hasta alcanzar los 1500 mm al año y se concentra en los meses de junio a septiembre.

Las fuentes de abastecimiento, actuales y potenciales para fines de abastecimiento son de dos tipos: superficiales y subterráneas, la superficial con importancia potencial es el río la Laja (Ixtapa) y las subterráneas son los acuíferos urbanos Coacoyul-San Miguelito y San Jeronimito.

4.1 Acuífero Coacoyul-San miguelito

El acuífero Coacoyul-San Miguelito se ubica en la misma porción de la zona conurbada oriente a 10 Km al este de Zihuatanejo abarcando una superficie aproximada de 450 km², esta área se encuentra drenada por dos arroyos principales, Coacoyul y San Miguelito, estos arroyos son de régimen intermitente, solo ocurren escurrimientos cuando se presentan precipitaciones. No existen estaciones hidrométricas, por lo que se desconoce el volumen de escurrimiento en las cuencas hidrológicas de dichos arroyos.

Este aprovechamiento subterráneo, se utiliza principalmente para el abastecimiento de agua potable de la zona conurbada, razón por la cual se selecciono para realizarle un estudio geohidrológico que permita definir el gasto de explotación para suministrar agua potable a dicha zona.

El acuífero se encuentra formado por gravas, arenas, limos y arcillas de origen aluvial y por granito alterado; el basamento y la frontera impermeable las forma el granito sano. El espesor del acuífero es muy reducido, no mayor de 20m, las rocas que afloran en el área de estudio, son de origen sedimentario e ígneo del tipo intrusivo.

- El Granito To (Gn) se encuentra aflorando en diversas partes del valle y en la sierra que lo limita. En la parte superficial se encuentra fracturado y muy alterado.
- El Aluvión (Qal) agrupa a los sedimentos residuales, aluviales y fluviales, y en general está compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas provenientes principalmente de la erosión del granito.
- Los depósitos de litoral (Qlit) son los sedimentos que forman las playas y están compuestos de arenas de granulometría media.

El comportamiento hidrogeológico de las diferentes unidades geológicas ya mencionadas se comenta a continuación:

- Granito.- esta roca es impermeable y forma el basamento en la zona de estudio; la parte superficial por estar fracturada y alterada si tiene una alta permeabilidad, solamente que su espesor es muy reducido.

- **Aluvión.-** dado que esta unidad esta formada principalmente de gravas y arenas tiene una alta permeabilidad, desafortunadamente también presenta espesores muy reducidos, siendo más profundo en los cauces de los arroyos, debido al acarreo y depósito de este tipo de material en los mismos.
- De acuerdo a lo anterior se puede afirmar que en la zona de estudio el acuífero se encuentra constituido por el aluvión y la zona alterada del granito. En conjunto tienen un espesor que difícilmente sobrepasa los 20m.
- **Depósitos de litoral.-** estos depósitos tienen alta permeabilidad, pero debido a su posición topográfica carecen de importancia hidrogeológica.

En el área de estudio se tienen 44 aprovechamientos, de ellos 7 son pozos con profundidades que oscilan entre los 15 y 20 m, 35 norias con profundidades que van de 6 a 10 m, y dos manantiales de muy poco caudal, la calidad del agua en esta zona es aceptable para consumo humano por cumplir con las normas de potabilidad, no siendo así en la zona del arroyo de Coacoyul.

En la planicie costera el flujo subterráneo es en general de NE a SW, correspondiendo sensiblemente al rumbo del río Coacoyul, que durante la temporada de lluvias satura al acuífero y presenta un gradiente hidráulico suave, durante el estiaje éste esquema de flujo se distorsiona por efectos del bombeo que se lleva a cabo.

La recarga del acuífero se lleva a cabo mediante la infiltración del agua de lluvia precipitada directamente sobre el área de estudio. La descarga se realiza principalmente mediante la extracción por bombeo, y por el drenado natural subterráneo hacia el mar debido al gradiente hidráulico que se presenta.

En cuanto al balance de aguas subterráneas en el acuífero se tiene lo siguiente:

1. El sistema de flujo subterráneo es del tipo libre y se encuentra bajo condiciones estables, es decir existe equilibrio hidrológico entre descarga y recarga.
2. De las captaciones existentes en el lugar se cuantifico un volumen de extracción por bombeo de 1.5 Mm^3 (millones de m^3) anuales.
3. El acuífero recibe una recarga vertical de 10 Mm^3 anual para un área de 22 km^2 .
4. Se estima una descarga subterránea hacia el mar de 3.3 Mm^3 anuales.
5. Se calcula entrada por flujo horizontal de 5.5 Mm^3 anuales.
6. Se ha considerado que existe una perdida por evapotranspiración de 6.6 Mm^3 anuales.
7. Aplicando la ecuación de balance hidrológico sustentada en el principio de conservación de la masa tenemos la siguiente expresión.

$$V = E_h + E_v - B - S_h - E_t$$

Donde: E_h = Entrada por flujo horizontal
 E_v = Entrada por recarga vertical
 B = Extracción por bombeo
 S_h = Salidas subterráneas hacia el mar
 E_t = Perdida por evapotranspiración

$$V = 5.5 + 10 - 1.5 - 3.3 - 6.6$$

$$V = 4.1 \text{ Mm}^3 \text{ anuales} = 130 \text{ lps}$$

No es conveniente explotar en forma intensiva este acuífero ya que se requeriría perforar un gran numero de pozos distribuidos uniformemente en el área, cuestión que resultaría antieconómica y afectaría a los usuarios actuales. Se recomienda la construcción de unos 12 pozos de bombeo

con profundidades del orden de 10 metros y distribuidos uniformemente en el área que aporten un gasto de 10 lps ya que no es recomendable explotar pozos con caudales mayores porque se induciría la intrusión salina.

4.2 Acuífero valle río San Jeronimito

El valle del río San Jeronimito se ubica al suroeste del Estado de Guerrero, y dentro del área delimitada por los paralelos 17° 30' y 17° 45' de latitud norte y los meridianos 101° 03' y 101° 18' longitud oeste. La cuenca del río San Jeronimito esta formada por dos ríos principalmente que son el Petatlan y el San Jeronimito. Las precipitaciones media son de 1107.80 mm.

El acuífero del valle esta constituido por materiales aluviales como son gravas, arenas, limos y arcillas de los cuales los materiales gruesos predominan en las cercanías del Río Armería, mientras que en la parte baja del valle la proporción de arcillas y limos es mayor, a continuación se reportan las unidades litológicas detectadas en el área de estudio:

- El Granito To (Gn) se presenta enmarcando a la zona en estudio, se llega a presentar totalmente alterado hasta estar constituido por grava cuarzosa y feldespática empacada en arena limosa.
- Conglomerado polimictico; depósito continental integrado por fragmentos de roca y grava de formas subangulosas a redondeadas, empacados en una matriz areno-limosa, se detecto sobreyaciendo a la unidad To (Gn).
- Deposito aluvial (Qal) de edad reciente constituido principalmente por arena gruesa a fina, grava chica y arcillas no consolidados, generalmente presentan una capa de suelo vegetal de poco espesor.

- Depósito fluvial (Qf1) de edad reciente, se encuentran en las márgenes del Río San Jeronimito, están constituidas por arenas limosas interdigitadas por lentes de arena con grava empacadas en finos limosos de espesor variable; se encuentran relleno de las planicies de la zona en estudio.
- Depósito litoral (Qlit) de edad reciente, integrado por el predominio de arena fina y en menor grado por fragmentos de conchas.

Las unidades litológicas identificadas como afloramientos de rocas metamórficas e intrusivas, están compuestas por rocas impermeables por lo que funcionan como basamento geohidrológico y/o fronteras laterales del acuífero.

Los sedimentos fluviales descansan sobre las anteriores unidades relleno de parte de la planicie, por sus materiales constituyentes de media a alta permeabilidad, forman el acuífero.

De acuerdo con el censo de pozos este valle cuenta con 30 captaciones de importancia, aunque existe una gran cantidad de aprovechamientos pequeños de uso casero, algunos construidos en el subálveo del Río San Jeronimito y del Río Petatlan.

La calidad del agua subterránea es buena en las norias, cumpliendo las normas de potabilidad, la mayoría del agua subterránea pertenece a la familia bicarbonatada cálcica, en tanto que unas cuantas muestras varían entre bicarbonatadas cálcicas magnésicas y bicarbonatadas magnésica-cálcicas.

El acuífero se alimenta subterráneamente por los flujos provenientes de las partes altas de los ríos San Jeronimito y Petatlan; también por infiltraciones de agua de lluvia y los escurrimientos de los ríos.

La descarga tiene lugar por evapotranspiración y subterráneamente en el Océano Pacífico, además de las extracciones inducidas por bombeo.

En cuanto al balance de aguas subterráneas en el acuífero se tiene lo siguiente:

1. El sistema de flujo subterráneo es del tipo libre y se encuentra bajo condiciones estables, es decir existe equilibrio hidrológico entre descarga y recarga.
2. De las captaciones existentes en el lugar se cuantifico un volumen de extracción por bombeo de 1.5 Mm^3 anuales.
3. El acuífero recibe una recarga vertical de 7.88 Mm^3 anual.
4. Se estima una descarga subterránea hacia el mar de 16.02 Mm^3 anuales, valor que incluye la pérdida por evapotranspiración.
5. Se calcula entrada por flujo horizontal de 16.6 Mm^3 anuales.
6. Aplicando la ecuación de balance hidrológico sustentada en el principio de conservación de la masa tenemos la siguiente expresión.

$$V = E_h + E_v - B - S_h$$

$$V = 16.6 + 7.88 - 1.5 - 16.02$$

$$V = 6.96 \text{ Mm}^3 \text{ anuales} = 220.70 \text{ lps}$$

Se recomienda para evitar el fenómeno de intrusión salina perforar los pozos lo más alejado posible a la línea de costa, el caudal de explotación por pozo no debe ser mayor a 50 lps para evitar conos de abatimiento, la separación entre pozos no debe ser menor de 500 metros a fin de que la extracción se distribuya lo mejor posible y su profundidad debe ser del orden de los 10 m., el volumen de explotación deberá ser máximo de 200 lps (4 pozos) para no romper el equilibrio del acuífero.

La zona recomendada para la ubicación de los pozos es una franja de 2 km por 5 km con orientación preferencial sureste-noreste, partiendo del poblado de la Soledad de Maciel al poblado el Tigre.

4.3 Río la Laja

La cuenca del río la Laja se localiza al noreste de la ciudad de Zihuatanejo Guerrero, geográficamente queda enmarcada aproximadamente entre los meridianos $101^{\circ} 12'$ y $101^{\circ} 37'$ y entre las latitudes $17^{\circ} 40'$ y $18^{\circ} 04'$. El acceso a la cuenca se realiza por la carretera federal No. 200, de Zihuatanejo se recorren aproximadamente 14 Km hasta el entronque con la carretera federal No. 134, que comunica con Cd. Altamirano; ésta última vía atraviesa la cuenca de suroeste a noreste en un recorrido de aproximadamente 62 Km.

En esta cuenca los escurrimientos primarios se generan en las partes altas de la Sierra Madre del Sur, conocidos como arroyo el Zapote y arroyo Río verde, que se unen a la altura de plan de Hemández para dar lugar al río La Laja, este río se desarrolla en la media cuenca y recibe todavía aportaciones de dos tributarios de cierta importancia: el Motor por su margen izquierda, a la altura del poblado de Zumatlan, y el arroyo Caramicuas, también por su margen izquierda, a la altura de las Ollas.

No existen obras hidráulicas en la cuenca con fines de aprovechamiento de las aguas superficiales, y aunque se ha hablado de hacer algún proyecto relacionado con abastecimiento de agua potable para Ixtapa-Zihuatanejo, todavía no se lleva a cabo.

Los escurrimientos del río la Laja se pueden aprovechar mediante la construcción de una presa de almacenamiento, con esta estructura se puede garantizar un caudal de 650 lps que será conducido ya regulado por el propio cauce del río hasta el sitio ubicado 12 km aguas abajo donde se construirá una presa derivadora, de este sitio el caudal aprovechado se

conducirá por medio de tubería hasta el poblado Barrio Viejo donde se ubicaran la planta potabilizadora y la planta de bombeo para enviar el agua a los tanques de entrega.

DATOS DE PROYECTO	
CAPACIDAD DE AZOLVES	9200000.00 m ³
CAPACIDAD ÚTIL	10135000.00 m ³
CAPACIDAD DEL NAMO	19335000.00 m ³
ELEVACIÓN DEL NAMO	230.80 m
ELEVACIÓN DEL NAME	238.15 m
ELEVACIÓN OBRA DE TOMA	223.20 m
BORDO LIBRE	2.50 m
ELEVACIÓN DE LA CORONA	240.65 m
ALTURA MÁXIMA DE LA CORTINA	
SECCIÓN NO VERTEDORA	32.65 m
SECCIÓN VERTEDORA	32.80 m
LONGITUD CRESTA VERTEDORA	130.00 m
GASTO DE DISEÑO DEL VERTEDOR	5560.00 m ³ /s
GASTO DE LA OBRA DE TOMA	650.00 lps

4.3.1 Descripción de la presa de almacenamiento

El acceso al sitio de la Presa Almacenadora, se realiza por la carretera federal No. 134, a la altura del poblado "Las Mesillas" aproximadamente a 20 km del entronque ya mencionado, se continua en desviación izquierda sobre brecha que no es transitable todo el año, ya que en época de lluvias por la fuerte pendiente longitudinal de la brecha, sin revestimiento y sin obras de drenaje, se interrumpe el paso de vehículos; la brecha conduce finalmente sal río La Laja en un recorrido de aproximadamente 2.5 km; a un kilómetro aguas arriba se localiza el sitio de la boquilla.

Cortina.- La sección es del tipo gravedad de concreto común, con el vertedor alojado en el cuerpo de la misma; se desplanta sobre la roca sana (clasificada como metandesita), las profundidades de excavación para llegar a la roca sana resultaron de 2 a 3 m en el fondo del cauce y de 9 10 m en la zona de laderas. La boquilla es topográfica y geológicamente

simétrica, en las laderas la roca se presenta superficialmente meteorizada los primeros 2 m y enmascarada por depósitos de talud y suelo vegetal con espesores promedio del orden de 3 m, presentando un sistema de fracturamiento cerrado y/o sellado por diques básicos o sílice.

Obra de toma.- Esta constituida en la entrada por una estructura de rejillas, compuerta deslizante para operación de emergencia, tubería de acero con diámetro de 20" que atraviesa el cuerpo de la cortina, teniendo al final una válvula de compuerta para operación normal, controlando el gasto en una estructura aforadora terminal.

Obra de excedencias.- La obra de excedencias consiste de un vertedor de cresta recta con perfil tipo Creager integrado al cuerpo de la cortina, la longitud de la cresta es de 130 m para un gasto de diseño de 5560 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de 10000 años. La estructura terminal es una cubeta deflectora.

Obra de desvío.- La obra esta integrada por un ataguía longitudinal en la margen derecha del río integrándose un conducto de 1.5 m de diámetro para realizar el desvío en época de estiaje, con lo que se podrán realizar las excavaciones en la misma margen e iniciar el desplante de la propia cortina; una vez que se realicen los trabajos en la margen derecha se cambiara el ataguía en la margen izquierda para iniciar los trabajos de excavaciones y desplante de la cortina en esta, conforme avance la construcción de la cortina se dejara una escotadura en el centro para el manejo de las avenidas con periodo de retorno de 25 años, en el siguiente periodo de estiaje se cerrara el conducto y la escotadura central.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.3.2 Descripción de la presa derivadora

El acceso al sitio de la presa derivadora se realiza por la carretera federal No. 134, aproximadamente a 5 km del entronque ya mencionado, se continua en desviación izquierda por camino de brecha intransitable en época de lluvia, aproximadamente 1 km hasta la ranchería La Perica, ubicada en las inmediaciones del Río La Laja; el sitio de boquilla se localiza aproximadamente a 500 m aguas arriba de este ultimo punto.

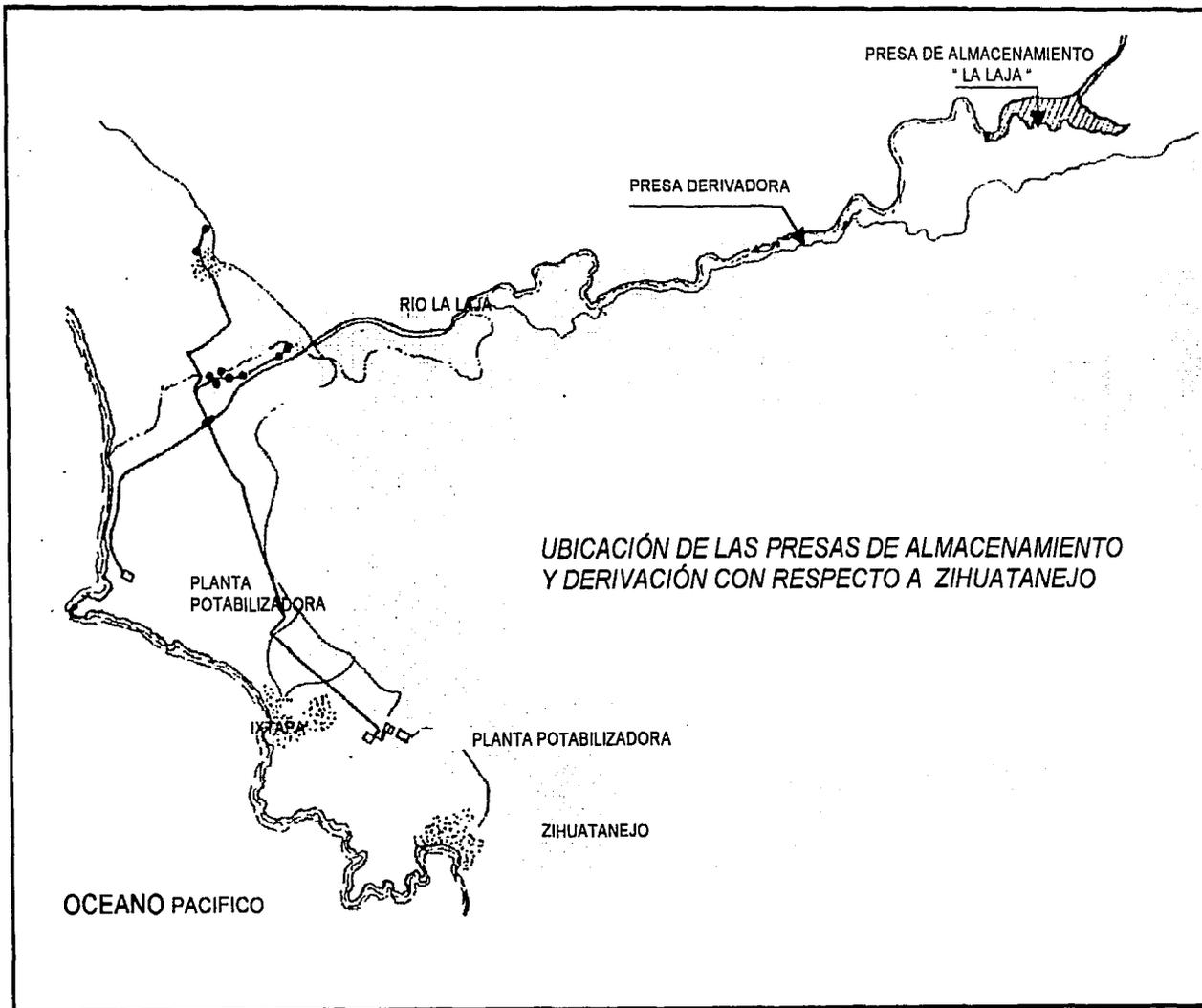
Cortina.- La sección de la cortina es tipo indio, con altura de 10 m, integrada por una sección con un diafragma de concreto de 1 m de espesor, con una zapata de 5 m de ancho, aguas arriba del cual se colocara un núcleo de material permeable desplantado a la elevación 6 m y protegido con una capa de enrocamiento de 2 m de espesor, que se mantendrá a la elev. 46 m en una longitud de 4 m, a partir de los cuales bajara con talud exterior 3:1, en la parte central se alojara una pantalla flexible de lodos bentoníticos. Aguas abajo y dependiendo del nivel de desplante, se construirá un filtro de grava-arena de 1 m de espesor, que hará la transición entre el aluvión y un relleno de material permeable (rezaga) sobre el que se construirá un cuerpo de enrocamiento de 2 m de espesor a partir de la elev. 45 m, con talud exterior 10:1 de 80 m de longitud, que rematara en el terreno natural con un dentellón del mismo enrocamiento a la elev. 37 m. El dentellón tendrá una profundidad de 5 m y taludes 1.5:1.

Obra de toma.- Está integrada por un cubo de concreto en la margen izquierda, a partir del cual se inicia la conducción con tubería de acero de 30" de diámetro, el control de la toma se realiza mediante una compuerta deslizante de 915 * 1220 mm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Desarenador.- la obra esta integrada por una compuerta radial de 4 * 4.6 m instalada al inicio del desarenador, que esta compuesto por un canal formado por dos muros de concreto de 60 m de largo, hasta rematar a la altura del dentellón al final de la cortina.

Obra de desvío.- esta integrada por ataguías aguas abajo y aguas arriba mediante las cuales se encausara el agua hacia el canal del desarenador.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 5

Planeación del Sistema de Agua Potable

En este capítulo

5.1 Planteamiento y análisis de alternativas para el abastecimiento de Agua Potable

5.1.1 Distribución de la población

5.1.2 Demandas por zona

5.1.3 Propuesta de alternativas

5.2 Evaluación técnica y económica de alternativas

5.2.1 Solución de alternativas

5.2.2 Obtención de costos para las diferentes alternativas

5.3 Selección de la mejor alternativa para el abastecimiento de Agua Potable

5.1 Planteamiento y análisis de alternativas para el abastecimiento de agua potable

5.1.1 Distribución de la población

Como se dijo en capítulos anteriores el área total que pretende urbanizar FONATUR para el año 2020 es de 1000 hectáreas, mismas que conforman la zona conurbada oriente y dentro de la cual se asientan seis localidades ya mencionadas cuyos nombres y características principales se presentan en la siguiente tabla:

No.	Localidad	Población 1995 (habitantes)	Área 1995 (hectáreas)	Densidad (hab/has)
1	Coacoyul	5167	119.10	43
2	Almendros	950	28.80	33
3	Aeropuerto	925	27.40	34
4	San Miguelito	908	20.80	44
5	Los Reyes	629	11.60	54
6	Vista Hermosa	574	8.80	65

Por las características que presenta esta zona y el crecimiento que se supone en ella por la creación y desarrollo del complejo turístico de Bahía Potosí, se puede suponer un comportamiento como el observado en Zihuatanejo, y según estudios estadísticos realizados en Zihuatanejo se sabe que el nivel socioeconómico de vida aumento de popular a medio que como consecuencia da una densidad aproximada a 65 habitantes por hectárea.

Este valor es el que se considera para la distribución de la población proyecto en la zona conurbada oriente, dicha distribución se propone por lo ya expuesto, de que para calcular la población proyecto se sumaron los valores poblacionales de las seis localidades que conforman la zona para usarlos como único dato al realizar la proyección.

Para realizar la distribución se dividió la superficie total que abarca el lugar en estudio en cinco zonas, esto debido a que cada localidad en la actualidad es independiente de las demás y que se espera que conformen un todo en los próximos años, la división se hizo en base a la zona de influencia que puede tener cada localidad, así como las distancias, tamaños, etc. de unas respecto a otras al ir creciendo.

No de Zona	Área (has)	Localidades que la constituyen
1	68	Los Reyes
2	310	Coacoyul y Vista Hermosa
3	242	Colonia Aeropuerto y 50% de Los almendros
4	84	50% de los Almendros
5	46	San Miguelito
Libre	250	Para explotación posterior al 2020

Se sabe según el capítulo tres que la población proyecto para el año 2020 es de 48100 habitantes y tomando en cuenta la densidad poblacional propuesta tenemos que: $(48100 \text{ hab}) / (65 \text{ hab/Ha}) = 750 \text{ Has}$; con esto se demuestra según este análisis que no se puede cumplir la urbanización propuesta por FONATUR que pretende ocupar las 1000 hectáreas en el año 2020 quedando así una superficie de aproximadamente 250 Has libres para explotación futura.

Año	Población (habitantes)	T.C.M.A. (%)
1995	9153	3.40
2000	10816	8.97
2005	16616	12.14
2010	29467	6.67
2015	40697	3.40
2020	48100	

Metodología

El horizonte del anteproyecto al año 2020 se dividió en periodos de cinco años a partir del año de 1995 y para obtener la población total de cada periodo y que es la suma de la población natural con la población inducida, se calculo primero la natural según la t.c.m.a. del 3.40% para cada localidad y después la inducida que es la diferencia entre la sumatoria de las poblaciones naturales y la población proyecto para ese año, repartida porcentualmente entre cada una de las localidades.

Cabe mencionar que la inducción de la población se considera a partir del año 2005 y que el criterio antes mencionado se aplica a todas las localidades excepto a San Miguelito por considerar que ahí no existe inducción de población por encontrarse separada del resto de la zona (ver mapa 7), razón por la cual se le propone una t.m.c.a. del 5.26% y sus valores se excluyen de las sumatorias solo se usan para cerrar totales.

Para cada periodo se calculan las densidades poblacionales que va teniendo cada localidad con el fin de verificar cuales rebasan el valor establecido (65 hab/ha) para que con este dato se calcule el déficit de área que va teniendo cada zona y con esto ir repartiendo el área de la zona hasta saturarla en el año 2020.

Año	2000		2005					
	Pob. (habs.)	Densidad (hab/has)	Pob. Natural	%	Pob. Inducida	Pob. Total	Densidad (hab/has)	Área necesaria
Coacoyul	6106	51.27	7217	62.67	2327	9544	80.14	27.74
Almendros	1123	38.98	1327	11.52	428	1755	60.93	-
Aeropuerto	1093	39.89	1292	11.22	417	1709	62.36	-
San Miguelito	1073	51.58	1386			1386	66.63	0.52
Los Reyes	743	64.08	879	7.63	283	1162	100.16	6.28
Vista Hermosa	678	77.08	802	6.96	258	1060	120.49	7.51
TOTAL	10816		12902		3714	16616		

Año	2010					
	Pob. Natural	%	Pob. Inducida	Pob. Total	Densidad (hab/has)	Área necesaria
Coacoyul	11281	62.67	6063	17344	145.63	147.73
Almendros	2074	11.52	1115	3189	110.72	20.26
Aeropuerto	2020	11.22	1085	3105	113.32	20.37
San Miguelito	1791			1791	86.11	6.75
Los Reyes	1373	7.63	738	2111	182.01	20.88
Vista Hermosa	1253	6.96	674	1927	218.95	20.84
TOTAL	19792		9675	29467		

Año	2015					
	Pob. Natural	%	Pob. Inducida	Pob. Total	Densidad (hab/has)	Área necesaria
Coacoyul	20500	62.67	3554	24054	201.96	250.96
Almendros	3769	11.52	654	4423	153.56	39.24
Aeropuerto	3670	11.22	636	4306	157.16	38.85
San Miguelito	2314			2314	111.25	14.80
Los Reyes	2496	7.63	432	2928	252.43	33.45
Vista Hermosa	2277	6.96	395	2672	303.65	32.31
TOTAL	35026		5671	40697		

Tabla 5.4 Poblaciones totales

Año	2020					
	Pob. Natural	%	Pob. Inducida	Pob. Total	Densidad (hab/has)	Área necesaria
Coacoyul	28157	62.67	113	28270	237.36	315.82
Almendros	5177	11.52	21	5198	180.47	51.16
Aeropuerto	5041	11.22	20	5061	184.70	50.46
San Miguelito	2990			2990	143.75	25.20
Los Reyes	3428	7.63	13	3441	296.67	41.34
Vista Hermosa	3128	6.96	12	3140	356.87	39.51
TOTAL	47920		180	48100		

A continuación se presenta una tabla que muestra como se van saturando las áreas de cada zona con el paso del tiempo:

Tabla 5.5 Saturación de zonas por el crecimiento de la población

Zona	Áreas (hectáreas)							
	A crecer	Ocupada	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre
			1995	2000	2005	2010	2015	2020
1	68	11.6	56.4	56.4	50.12	35.52	22.95	15.06
2	310	127.9	182.1	182.1	146.85	13.53	0	0
3	242	41.8	202.21	202.21	202.21	169.7	141.73	124.16
4	84	14.4	70.5	70.5	70.5	59.47	49.98	44.02
5	46	20.8	25.2	25.2	24.68	18.45	10.4	0

- En el año 2015 a la zona 2 le faltan 101.17 has dicho faltante se cubre con:

15.06 has de la zona 1
42.09 has de la zona 3 y
44.02 has de la zona 4

- El faltante del año 2020 se cubre con:

72.06 has de la zona 3

Tabla 5.6 Ocupación de áreas

Zona	Áreas (hectáreas)							
	A crecer	Ocupada	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre
			1995	2000	2005	2010	2015	2020
1	68	11.6	56.4	56.4	50.12	35.52	7.89	-
2	310	127.9	182.1	182.1	146.85	13.53	-	-
3	242	41.8	202.21	202.21	202.21	169.7	99.64	10.01
4	84	14.4	70.5	70.5	70.5	59.47	5.96	-
5	46	20.8	25.2	25.2	24.68	18.45	10.40	-

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Con base en las tablas anteriores se obtenemos los siguientes datos:

Tabla 5.7 Resumen de distribución poblacional						
Año	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Zona	Porcentaje de ocupación (%)					
1	17.06	17.06	26.29	47.76	88.40	100.00
2	41.26	41.26	52.63	95.64	100.00	100.00
3	16.44	17.27	16.44	29.88	58.83	95.86
4	16.07	17.14	16.07	29.20	92.90	100.00
5	45.22	45.22	46.35	59.89	77.39	100.00
Zona	Poblaciones (habitantes)					
1	629	743	1162	2111	3907	4420
2	5741	6785	10605	19271	20150	20150
3	1400	1654	2586	4700	9253	15080
4	475	561	878	1594	5073	5460
5	908	1073	1386	1791	2314	2990
Total	9153	10816	16617	29467	40697	48100
Zona	T.C.M.A. (%)					
1		3.39	9.36	12.68	13.10	2.50
2		3.40	9.34	12.69	0.90	-
3		3.39	9.35	12.69	14.51	10.26
4		3.38	9.36	12.69	26.04	1.48
5		3.40	5.25	5.26	5.26	5.26

5.1.2 Demandas por zona

Con base en los datos obtenidos en la distribución de la población se procede a obtener las demandas de agua potable por zona según su población y para cada uno de los periodos en que se divide la vida útil del anteproyecto, estas demandas se basan en los valores y criterios mencionados en el tercer capítulo.

Tabla 5.8 Demandas zona 1

CONCEPTO	UNIDAD	2000	2005	2006	2010	2015	2020
POBLACION FIJA	HABS.	743	1,162	1,309	2,111	3,907	4,420
T.C.M.A	%	9.36	12.68	12.68	13.10	2.50	3.40
DOTACION DE CONSUMO	l/h/d	185.0	185.00	230.00	230.00	230.00	230.00
CONSUMO TOTAL	l/s	1.59	2.49	3.49	5.62	10.40	11.77
PERDIDAS	%	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
DEMANDA TOTAL	l/s	2.12	3.32	4.65	7.49	13.87	15.69
DOTACION PER CAPITA	l/h/d	246.67	246.67	306.67	306.67	306.67	306.67
GASTO MEDIO	l/s	2.12	3.32	4.65	7.49	13.87	15.69
COEF. VAR. DIARIA	ADIM.	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
GASTO MAX. DIARIO	l/s	2.97	4.64	6.51	10.49	19.41	21.96
CAP. TANQUE	m3	42.47	66.42	93.04	150.00	277.63	314.08

Tabla 5.8 Demandas zona 2

CONCEPTO	UNIDAD	2000	2005	2006	2010	2015	2020
POBLACION FIJA	HABIS.	6785	10,605	11,951	19,271	20,150	20,150
T.C.M.A	%	9.34	12.69	12.69	0.90	-	3.40
DOTACION DE CONSUMO	l/h/d	185.00	185.00	230.00	230.00	230.00	230.00
CONSUMO TOTAL	l/s	14.53	22.71	31.81	51.30	53.64	53.64
PERDIDAS	%	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
DEMANDA TOTAL	l/s	19.37	30.28	42.42	68.40	71.52	71.52
DOTACION PER CAPITA	l/h/d	246.67	246.67	306.67	306.67	306.67	306.67
GASTO MEDIO	l/s	19.37	30.28	42.42	68.40	71.52	71.52
COEF. VAR. DIARIA	ADIM.	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
GASTO MAX. DIARIO	l/s	27.12	42.39	59.38	95.76	100.13	100.13
CAP. TANQUE	m3	387.80	606.14	849.19	1,369.4	1,431.8	1,431.8

Tabla 5.8 Demandas zona 3

CONCEPTO	UNIDAD	2000	2005	2006	2010	2015	2020
POBLACION FIJA	HABS.	1654	2,586	2,914	4,700	9,253	15,080
T.C.M.A	%	9.35	12.69	12.69	14.51	10.26	3.40
DOTACION DE CONSUMO	l/h/d	185.00	185.00	230.00	230.00	230.00	230.00
CONSUMO TOTAL	l/s	3.54	5.54	7.76	12.51	24.63	40.14
PERDIDAS	%	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
DEMANDA TOTAL	l/s	4.72	7.38	10.34	16.68	32.84	53.52
DOTACION PER CAPITA	l/h/d	246.67	246.67	306.67	306.67	306.67	306.67
GASTO MEDIO	l/s	4.72	7.38	10.34	16.68	32.84	53.52
COEF. VAR. DIARIA	ADIM.	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
GASTO MAX. DIARIO	l/s	6.61	10.34	14.48	23.35	45.98	74.93
CAP. TANQUE	m3	94.54	147.81	207.08	333.98	657.51	1,071.6

Tabla 5.8 Demandas zona 4

CONCEPTO	UNIDAD	2000	2005	2006	2010	2015	2020
POBLACION FIJA	HABS	561	878	989	1,594	5,073	5,460
T.C.M.A	%	9.37	12.67	12.67	26.05	1.48	3.40
DOTACION DE CONSUMO	l/h/d	185.00	185.00	230.00	230.00	230.00	230.00
CONSUMO	l/s	1.20	1.88	2.63	4.24	13.50	14.53
CUARTOS DE HOTEL	No.	-	200.00	200.00	400.00	500.00	600.00
DOTACION DE CONSUMO	l/c/d	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0
CONSUMO	l/s	-	4.63	4.63	9.26	11.57	13.89
CONSUMO TOTAL	l/s	1.20	6.51	7.26	13.50	25.08	28.42
PERDIDAS	%	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
DEMANDA TOTAL	l/s	1.60	8.68	9.68	18.00	33.44	37.90
DOTACION PER CAPITA	l/h/d	246.67	246.67	306.67	306.67	306.67	306.67
DOTACION POR CUARTO	l/c/d		2,666.7	2,666.7	2,666.7	2,666.7	2,666.7
DOTACION MEDIA	l/h/d	246.67	854.11	845.81	975.84	569.50	599.71
GASTO MEDIO	l/s	1.60	8.68	9.68	18.00	33.44	37.90
COEF. VAR. DIARIA	ADIM.	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
GASTO MAX. DIARIO	l/s	2.24	12.15	13.56	25.20	46.81	53.06
CAP. TANQUE	m3	32.06	173.76	193.87	360.43	669.43	758.72

Tabla 5.8 Demandas zona 5

CONCEPTO	UNIDAD	2000	2005	2006	2010	2015	2020
POBLACION FIJA	HABS.	1073	1,386	1,459	1,791	2,314	2,990
T.C.M.A	%	5.25	5.26	5.26	5.26	5.26	3.40
DOTACION DE CONSUMO	l/h/d	185.00	185.00	230.00	230.00	230.00	230.00
CONSUMO TOTAL	l/s	2.30	2.97	3.88	4.77	6.16	7.96
PERDIDAS	%	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
DEMANDA TOTAL	l/s	3.06	3.96	5.18	6.36	8.21	10.61
DOTACION PER CAPITA	l/h/d	246.67	246.67	306.67	306.67	306.67	306.67
GASTO MEDIO	l/s	3.06	3.96	5.18	6.36	8.21	10.61
COEF. VAR. DIARIA	ADIM.	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
GASTO MAX. DIARIO	l/s	4.29	5.54	7.25	8.90	11.50	14.86
CAP. TANQUE	m3	61.33	79.22	103.67	127.27	164.43	212.47

5.1.3 Propuesta de alternativas

Para poder satisfacer las necesidades de Agua Potable que presentan las zonas se proponen cuatro alternativas de solución, en las que se involucran y combinan los gastos que ofrecen las tres fuentes de abastecimiento mencionadas en el cuarto capítulo, con el fin de analizar cada una de ellas y con esto seleccionar la que sea más factible tanto técnica como económicamente, en la siguiente tabla se presentan dichas alternativas:

Tabla 5.9 Propuesta de alternativa No. 1

	San Miguelito (lps)	San Jeronimito (lps)	Presa La Laja (lps)	Totales (lps)
Zona 1	10.00	-	11.96	21.96
Zona 2	70.00	-	30.13	100.13
Zona 3	20.00	55.00	-	75.00
Zona 4	15.00	38.00	-	53.00
Zona 5	15.00	-	-	15.00
Totales	130.00	93.00	42.09	265.09

Tabla 5.9 Propuesta de alternativa No. 2

	San Miguelito (lps)	San Jeronimito (lps)	Presa La Laja (lps)	Totales (lps)
Zona 1	10.00	-	11.96	21.96
Zona 2	70.00	-	30.13	100.13
Zona 3	20.00	-	55.00	75.00
Zona 4	15.00	-	38.00	53.00
Zona 5	15.00	-	-	15.00
Totales	130.00	-	135.09	265.09

Tabla 5.9 Propuesta de alternativa No. 3

	San Miguelito (lps)	San Jeronimito (lps)	Presa La Laja (lps)	Totales (lps)
Zona 1	5.00	-	16.96	21.96
Zona 2	30.00	-	70.13	100.13
Zona 3	12.00	-	63.00	75.00
Zona 4	5.00	48.00	-	53.00
Zona 5	15.00	-	-	15.00
Totales	67.00	48.00	150.09	265.09

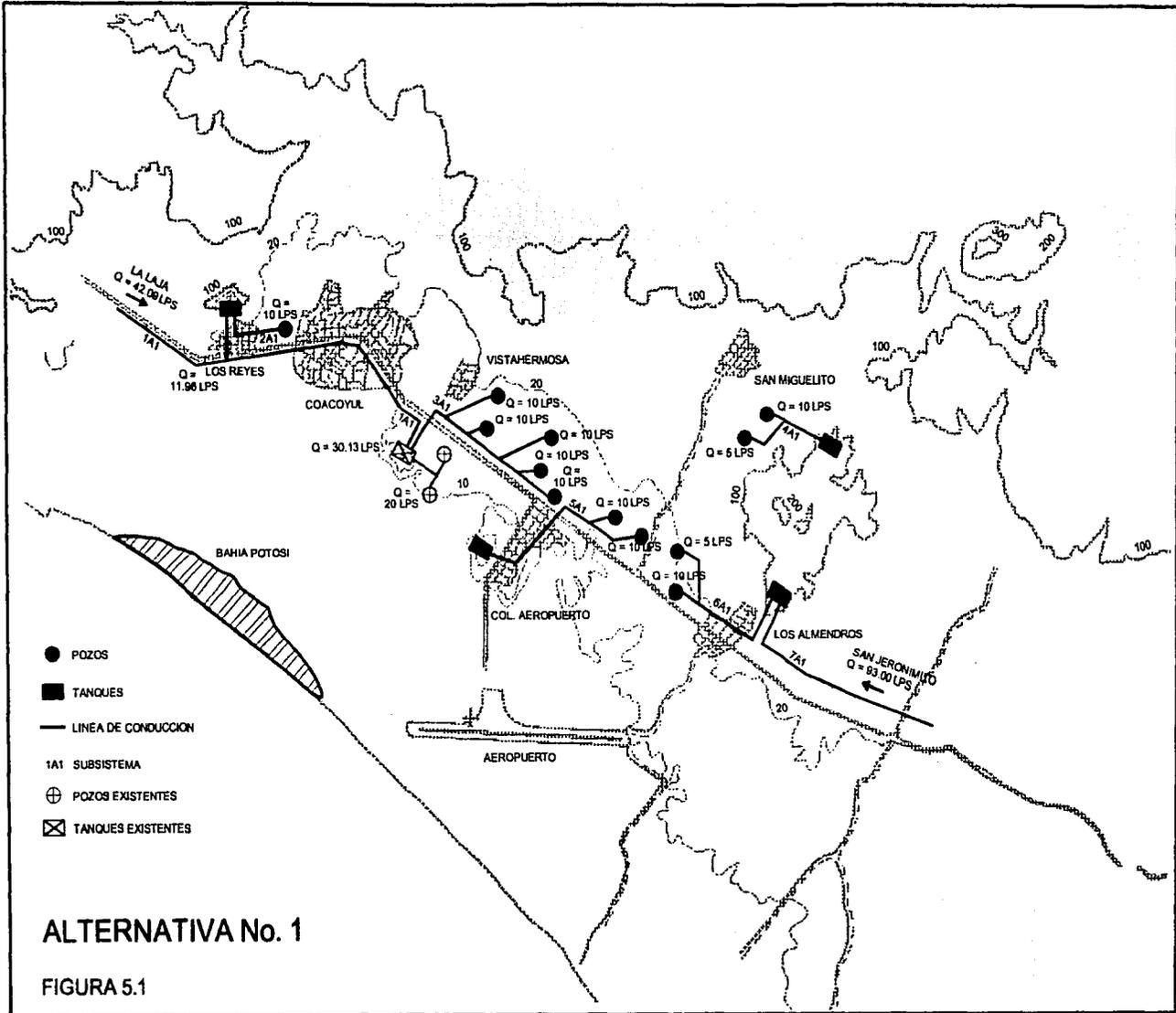
Tabla 5.9 Propuesta de alternativa No. 4				
	San Miguelito (lps)	San Jeronimito (lps)	Presa La Laja (lps)	Totales (lps)
Zona 1	5.00	-	16.96	21.96
Zona 2	30.00	-	70.13	100.13
Zona 3	12.00	-	63.00	75.00
Zona 4	53.00	-	-	53.00
Zona 5	15.00	-	-	15.00
Totales	115.00	-	150.09	265.09

Una vez propuestas las cuatro alternativas y basándose en las demandas totales de cada zona, se propone el número y ubicación de los pozos, mismos que dependen de las recomendaciones que el estudio da para cada acuífero. Los tanques de regularización se ubican en lugares adecuados según el área de influencia que puedan tener y a la altura necesaria para cumplir con las cargas que requiere el sistema.

Las conducciones se proponen lo más cerca posible a los caminos existentes con el fin de minimizar los costos de acceso a obra, limpieza de terrenos, trazos, así como aprovechar el límite federal con que cuentan, para que con esto se evite en lo posible afecciones e indemnizaciones a los locatarios de la zona.

Con el análisis de las demandas anuales se plantea el año en que entraría en construcción y operación cada parte del sistema (pozos, líneas de conducción, tanques, etc.) esto con el fin de elaborar un plan de inversiones y construcción a largo plazo, es decir cada parte del sistema se construirá y pondrá en funcionamiento cuando las demandas de las localidades así lo exijan como consecuencia del incremento en la población.

En las figuras 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4; y tablas 5.10, 5.11, 5.12 y 5.13 que a continuación se presentan, se muestra la configuración de cada alternativa así como su planteamiento de construcción y operación por años, para que con estos datos se pueda dar solución hidráulica a cada una de ellas así como elaborar su plan de inversiones.



ALTERNATIVA No. 1

FIGURA 5.1

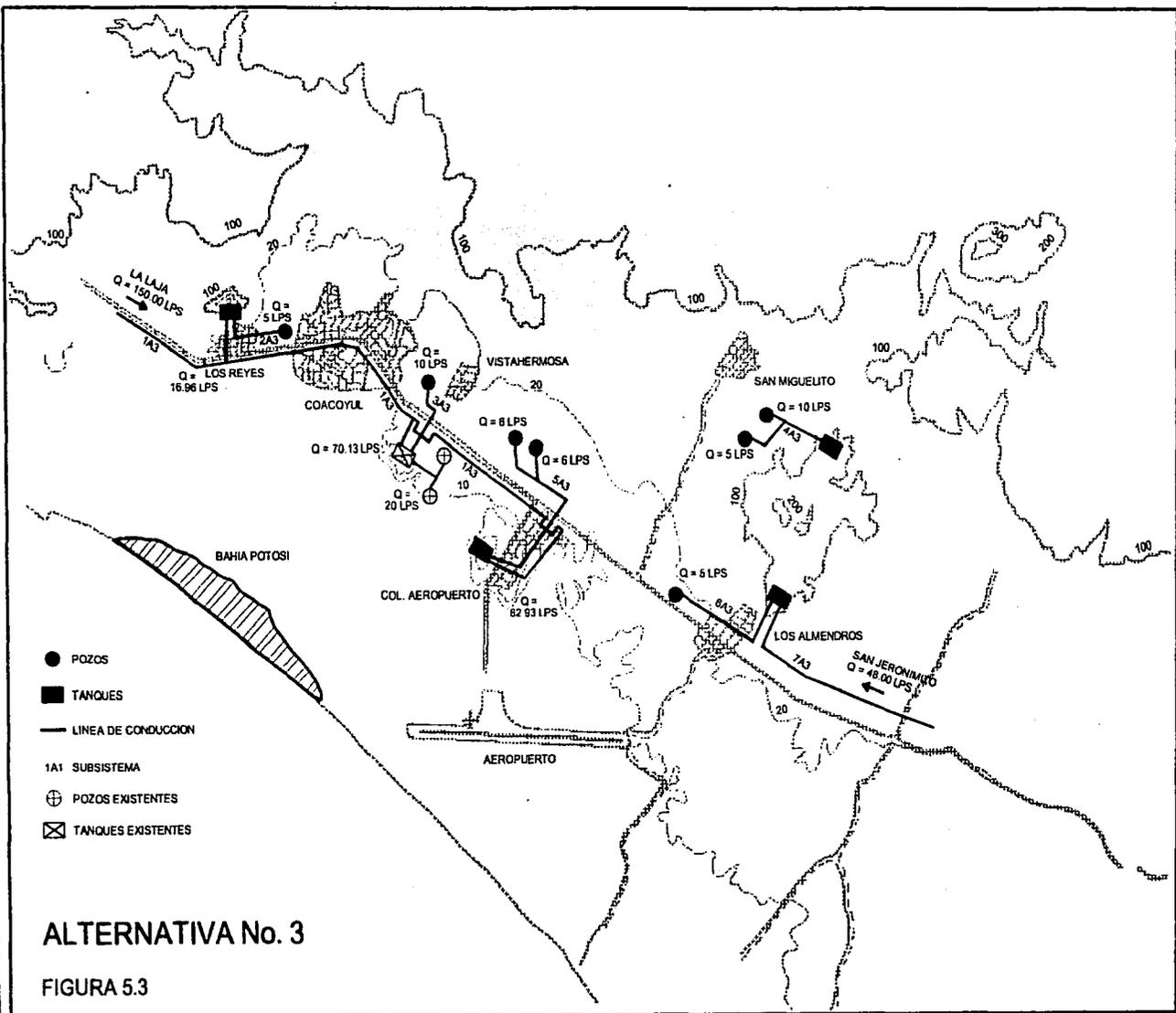
TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

Tabla 5.10 Programa de operación.									
ALTERNATIVA 1									
	2000	2003	2005	2006	2007	2009	2010	2014	
a) Acuífero San Miguelito									
Zona No. 1									
Pozo de 10 lps									
Línea de 10 lps									
Zona No. 2									
2 pozos de 10 lps									
3 pozos de 10 lps									
Línea de 50 lps									
Zona No. 3									
Pozo de 10 lps									
Pozo de 10 lps									
Línea de 20 lps									
Zona No.4									
Pozo de 5 lps									
Pozo de 10 lps									
Línea de 15 lps									
Zona No. 5									
Pozo de 10 lps									
Pozo de 5 lps									
Línea de 15 lps									
b) Acuífero San Jeronimito									
Zona No. 3 y 4 / pero entrega en tanque Zona No. 4									
Pozo de 46 lps									
Pozo de 47 lps									
Línea de 93 lps									
c) Presa La Laia									
Línea zona No.1 con 11.96 lps									
Línea zona No 2 con 30.13 lps									
Tanques									
Zona No. 1									
Tanque 150 m ³									
Tanque 200 m ³									
Zona No. 2 (existen 375 m³)									
Tanque 500 m ³									
Tanque 550 m ³									
Zona No. 3									
Tanque 300 m ³									
Zona No. 4									
Tanque 220 m ³									
Tanque 1350 m ³									
Carcamo de bombeo 350 m ³									
Caja Cambio Régimen 30 m ³									
Tanque Zihuatanejo 15 m ³									
Rebombeo Zihuatanejo 150 m ³									
Línea a gravedad y bombeo									
Zona No. 5									
Tanque 150 m ³									
Tanque 75 m ³									

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 5.11 Programa de operación.								
ALTERNATIVA 2								
a) Acuífero San Miguelito	2000	2003	2005	2006	2007	2009	2010	2011
Zona No. 1								
Pozo de 10 lps								
Línea de 10 lps								
Zona No. 2								
2 pozos de 10 lps								
3 pozos de 10 lps								
Línea de 50 lps								
Zona No. 3								
Pozo de 10 lps								
Pozo de 10 lps								
Línea de 20 lps								
Zona No.4								
Pozo de 5 lps								
Pozo de 10 lps								
Línea de 15 lps								
Zona No. 5								
Pozo de 10 lps								
Pozo de 5 lps								
Línea de 15 lps								
b) Presa La Laia								
Línea zona No.1 con 11.96 lps								
Línea zona No 2 con 30.13 lps								
Línea zona No.3 con 54.93 lps								
Línea zona No 4 con 38.06 lps								
Tanques								
Zona No. 1								
Tanque 150 m ³								
Tanque 200 m ³								
Zona No. 2 (existen 375 m³)								
Tanque 500 m ³								
Tanque 550 m ³								
Zona No. 3								
Tanque 350 m ³								
Tanque 750 m ³								
Zona No. 4								
Tanque 275 m ³								
Tanque 500 m ³								
Zona No. 5								
Tanque 150 m ³								
Tanque 75 m ³								
Tanque Zihuatanejo 15 m ³								
Rebombeo Zihuatanejo 150 m ³								
Línea a gravedad y bombeo								

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



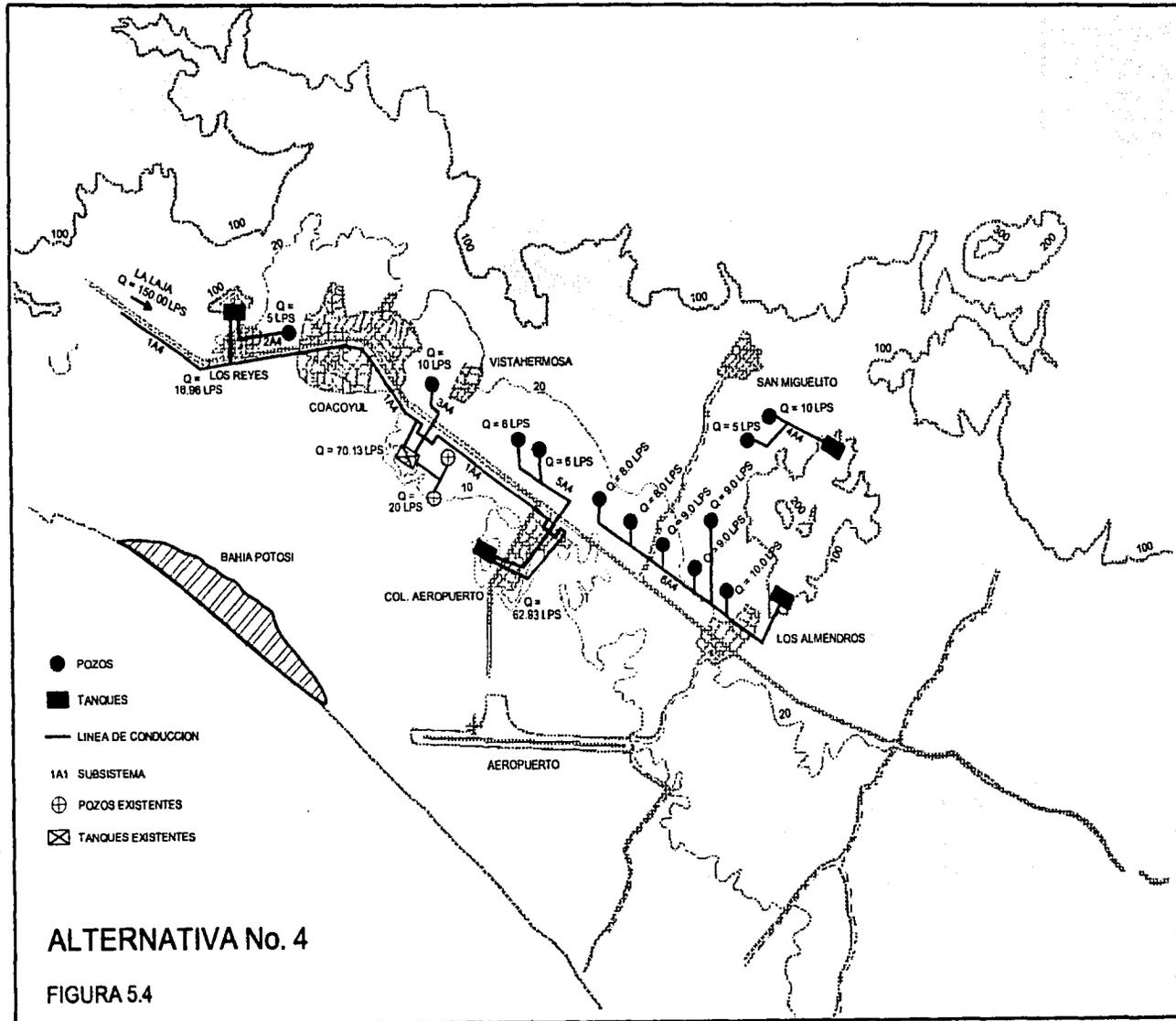
ALTERNATIVA No. 3

FIGURA 5.3

- POZOS
- TANQUES
- LINEA DE CONDUCCION
- 1A1 SUBSISTEMA
- ⊕ POZOS EXISTENTES
- ⊗ TANQUES EXISTENTES

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

Tabla 5.12 Programa de operación.									
ALTERNATIVA 3		2000	2003	2005	2006	2007	2009	2010	2011
a) Acuífero San Miguelito									
Zona No. 1									
	Pozo de 5 lps								
	Línea de 5 lps								
Zona No. 2									
	1 pozos de 10 lps								
	Línea de 10 lps								
Zona No. 3									
	2 pozos de 6 lps								
	Línea de 12 lps								
Zona No.4									
	Pozo de 5 lps								
	Línea de 5 lps								
Zona No. 5									
	Pozo de 10 lps								
	Pozo de 5 lps								
	Línea de 15 lps								
b) Acuífero San Jeronimito									
Zona No.4									
	Pozo de 48.06 lps								
	Línea de 48.06 lps								
c) Presa La Laia									
	Zona No.1 con 16.96 lps								
	Zona No.2 con 70.13 lps								
	Zona No 3 con 62.93 lps								
Tanques									
Zona No. 1									
	Tanque 150 m ³								
	Tanque 200 m ³								
Zona No. 2 (existen 375 m ³)									
	Tanque 500 m ³								
	Tanque 550 m ³								
Zona No. 3									
	Tanque 350 m ³								
	Tanque 750 m ³								
Zona No. 4									
	Tanque 275 m ³								
	Tanque 500 m ³								
Zona No. 5									
	Tanque 150 m ³								
	Tanque 75 m ³								
	Carcamo de bombeo 175 m ³								
	Caja Cambio Régimen 15 m ³								
	Tanque Zihuatanejo 50 m ³								
	Rebombeo Zihuatanejo 550 m ³								
	Línea a gravedad y bombeo								



ALTERNATIVA No. 4

FIGURA 5.4

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 5.13 Programa de operación.

ALTERNATIVA 4		2000	2003	2005	2006	2007	2009	2010	2011	2012
a) Acuífero San Miguelito										
Zona No. 1										
	Pozo de 5 lps									
	Línea de 5 lps									
Zona No. 2										
	1 pozos de 10 lps									
	Línea de 10 lps									
Zona No. 3										
	2 pozos de 6 lps									
	Línea de 12 lps									
Zona No.4										
	Pozo de 10 lps									
	Línea Total									
	2 pozos de 9 lps									
	1 pozo de 9 lps									
	2 pozos de 8 lps									
Zona No. 5										
	Pozo de 10 lps									
	Pozo de 5 lps									
	Línea de 15 lps									
c) Presa La Laia										
	Zona No.1 con 16.96 lps									
	Zona No.2 con 70.13 lps									
	Zona No 3 con 62.93 lps									
Tanques										
Zona No. 1										
	Tanque 150 m ³									
	Tanque 200 m ³									
Zona No. 2 (existen 375 m ³)										
	Tanque 500 m ³									
	Tanque 550 m ³									
Zona No. 3										
	Tanque 350 m ³									
	Tanque 750 m ³									
Zona No. 4										
	Tanque 275 m ³									
	Tanque 500 m ³									
Zona No. 5										
	Tanque 150 m ³									
	Tanque 75 m ³									
	Tanque Zihuatanejo 50 m ³									
	Rebombeo Zihuatanejo 550 m ³									
	Línea a gravedad y bombeo									

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.2 Evaluación técnica y económica de alternativas

5.2.1 Solución de alternativas

Establecidas las alternativas con su plan de construcción y operación se procede a evaluarlas tanto técnica como económicamente, para realizar la evaluación técnica se utilizaran los criterios de diseño hidráulico establecidos por Chezy - Manning en una forma general y que se explican más adelante.

En las siguientes tablas se mencionan las características generales en cuanto a fuentes de abastecimiento y aportación de las fuentes para cada alternativa:

Tabla 5.14 Características generales de Alternativa No. 1				
Fuente de abastecimiento	Numero de pozos	Capacidad (l/s)	Total (l/s)	Observaciones
San Miguelito	10	10	100	Pozos a construir
	2	5	10	Pozos a construir
	2	10	20	Pozos existentes
		Suma =	130	
San Jeronimito	1	47	47	Pozos a construir
	1	46	46	Pozos a construir
		Suma =	93	
En la Laja se considera un incremento de gasto de 42.09 l/s para el rediseño de conducciones, rebombeos y regularización.				

Tabla 5.15 Características generales de Alternativa No. 2				
Fuente de abastecimiento	Numero de pozos	Capacidad (l/s)	Total (l/s)	Observaciones
San Miguelito	10	10	100	Pozos a construir
	2	5	10	Pozos a construir
	2	10	20	Pozos existentes
		Suma =	130	
En la Laja se considera un incremento de gasto de 135.09 l/s para el rediseño de conducciones, rebombeos y regularización.				

Tabla 5.16 Características generales de Alternativa No. 3				
Fuente de abastecimiento	Numero de pozos	Capacidad (l/s)	Total (l/s)	Observaciones
San Miguelito	2	10	20	Pozos a construir
	2	6	12	Pozos a construir
	3	5	15	Pozos a construir
	2	10	20	Pozos existentes
		Suma =	67	
San Jeronimito	1	48	48	Pozo a construir
		Suma =	48	
En la Laja se considera un incremento de gasto de 150.09 l/s para el rediseño de conducciones, rebombes y regularización.				

Tabla 5.17 Características generales de Alternativa No. 4				
Fuente de abastecimiento	Numero de pozos	Capacidad (l/s)	Total (l/s)	Observaciones
San Miguelito	3	10	30	Pozos a construir
	3	9	27	Pozos a construir
	2	8	16	Pozos a construir
	2	6	12	Pozos a construir
	2	5	10	Pozos a construir
	2	10	20	Pozos existentes
		Suma =	115	
En la Laja se considera un incremento de gasto de 150.09 l/s para el rediseño de conducciones, rebombes y regularización.				

La presa la laja esta diseñada originalmente para entregar 500 l/s de los cuales 150 l/s van a Ixtapa y 350 l/s a Zihuatanejo por lo que la inversión, planeación y proyecto conciernen a un sistema de agua potable para esas zonas, los gastos propuestos aportados por "La laja" para las diferentes alternativas que pretenden dar solución al sistema de agua potable para la zona conurbada oriente se consideran únicamente como un excedente del gasto mencionado en la conducción, rebombeo y regularización de este sistema que concluye en el tanque que entrega a Zihuatanejo, a partir de ese punto se propone una línea de conducción a gravedad que entrega a

los tanques de la zona conurbada según cada alternativa y que pertenece al anteproyecto que se está analizando.

El acuífero San Miguelito se encuentra situado bajo la zona conurbada oriente, así que los bombeos y conducciones consisten en baterías de pozos de diferentes gastos ubicadas en lugares adecuados y lo más cerca posible del tanque al que entregan, dichas baterías de pozos son diferentes para cada alternativa.

El acuífero San Jeronimito se encuentra aproximadamente a 12.50 Km. de la zona conurbada y el gasto que de este se extrae se entrega a un mismo tanque en la zona conurbada para las dos alternativas en las que se proponen aportaciones de este acuífero, la conducción de este recurso comienza con un bombeo que llega hasta una caja de cambio de régimen de donde continúa por gravedad hasta un carcamo de rebombeo de donde el líquido es impulsado al último punto que es el tanque al cual entrega en ambos casos.

Las obras de conducción se requieren en todo sistema de agua potable para transportar el agua captada desde la fuente de abastecimiento hasta el lugar donde se almacena o regulariza, las conducciones pueden ser por gravedad o bombeo.

La conducción por gravedad se caracteriza por que el agua escurre a presión atmosférica y la línea piezométrica coincide con la superficie libre del agua, la elección de esta línea depende de la topografía del terreno principalmente, ya que el agua recorre el conducto impulsada únicamente por la fuerza de gravedad. Las tuberías en estas conducciones pueden trabajar como canal o a tubo lleno y se calculan con las siguientes fórmulas.

Diámetro teórico:

$$D = \left(\frac{3.21 Q n}{\sqrt{s}} \right)^{3/8} \dots\dots\dots 1$$

Donde: D = diámetro del tubo en m.
 Q = gasto en m³/seg
 n = coeficiente de rugosidad (adimensional)
 s = pendiente hidráulica

Coeficientes de rugosidad Chezy-Manning	
Material	Valor de "n"
Asbesto-cemento	0.010
Concreto liso	0.012
Acero galvanizado	0.014
Fierro fundido	0.013
Acero soldado s/revestimiento.	0.014
Acero soldado c/revestimiento.	0.011
Plástico P.V.C.	0.009

Pendiente hidráulica:

$$s = \frac{H}{L}$$

Donde: H = desnivel topográfico en m.
 L = longitud de la línea en m.

Si el diámetro teórico da un valor muy cercano a un diámetro comercial se usa ese diámetro comercial para efectuar los cálculos, pero si el valor queda entre dos valores comerciales (caso más frecuente) se utilizan las siguientes formulas para obtener las longitudes de tubería de los diámetros inmediato superior e inferior que agoten todo el desnivel topográfico:

$$L_1 = \frac{H - K_2 L Q^2}{Q^2 (K_1 - K_2)} \dots\dots\dots 2$$

$$L_2 = \frac{H - K_1 L Q^2}{Q^2 (K_2 - K_1)} \dots\dots\dots 3$$

$$K = 10.3 \frac{n^2}{d^{16/3}} \dots\dots\dots 4$$

$$h_f = K L Q^2 \dots\dots\dots 5$$

h_f = pérdida de energía por fricción en m.

Esto quiere decir que para cada diámetro de los dos seleccionados se tendrá una longitud, un valor de K, una pérdida por fricción y una pendiente hidráulica. Los valores de las pérdidas por fricción ayudan a determinar el curso de la línea piezométrica.

$$S = \frac{h_f}{L}$$

La conducción por bombeo se utiliza cuando la fuente que abastece se encuentra a una cota (altura) de terreno menor que el punto de entrega, entonces el agua captada se impulsa para transportarla mediante un equipo de bombeo que le permita vencer el desnivel y las pérdidas de energía por fricción. Para empezar los cálculos de los diámetros se parte de la ecuación de continuidad:

$$Q = VA \dots\dots\dots 1$$

Donde: Q = gasto en m³/seg
 V = velocidad del agua en m/s y que para empezar el calculo se propone de 1.00 m/s
 A = área del conducto en m².

Despejando la ecuación anterior y sustituyendo el valor de A por la formula para obtener el área de un circulo tenemos.

$$D = 1.13 \sqrt{Q} \dots\dots\dots 2$$

Donde : D = diámetro teórico en m. Para fines de calculo tomaremos el valor comercial más cercano al teórico y se obtiene la vel. Con la formula siguiente:

$$V = \left(\frac{4}{\pi} \right) \left(\frac{Q}{D^2} \right) \dots\dots\dots 3$$

Posteriormente se obtienen las perdidas por fricción con las mismas formulas que se utilizan para la conducción por gravedad:

$$K = 10.3 \frac{n^2}{d^{16/3}} \dots\dots\dots 4 \qquad h_f = KLQ^2 \dots\dots\dots 5$$

Con estos valores se obtiene la carga total de bombeo, las perdidas menores se consideran como una cantidad que fluctúa entre el 3 y el 10% de la perdida de energía por fricción según sea el número de deflexiones y condiciones que existan de la salida de la bomba a la llegada del tanque.

$$h_\beta = h_f + 0.05 h_f \dots\dots\dots 6$$

El desnivel que existe entre el nivel dinámico del pozo hasta la superficie libre del agua en el tanque es igual al desnivel topográfico D_t en metros más la profundidad del nivel dinámico N.D. en metros.

$$h = D_t + Pr\ of\ .N.D. \dots\dots\dots 7$$

Y se tiene que la carga total de bombeo en metros es igual a:

$$H = h + h_\beta \dots\dots\dots 8$$

La potencia requerida para el equipo de bombeo será:

$$Pot . = \frac{\gamma QH}{76 \eta} \dots\dots\dots 9$$

Donde: Pot. = Potencia requerida por el motor en H.P.
 $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$
 Q = gasto en m^3/seg
 H = Carga total de bombeo en m
 η = eficiencia bomba-motor (que es del 70% para bombas verticales).

Y como un H.P. = 0.7457 kw-h, el consumo de energía eléctrica en un año queda definido por la sig. ecuación:

$$E = (Pot.)(0.7457)(8760) \dots\dots\dots 10$$

Para calcular la presión que puede actuar en la tubería es necesario considerar la sobrepresión producida por el golpe de ariete:

$$h_{g.a.} = \frac{145 (V)}{\sqrt{1 + \frac{Ea (d)}{Et (e)}}} \dots\dots\dots 11$$

Donde: $h_{g.a.}$ = sobrepresión por golpe de ariete en m.
 $V = Q/A$ = velocidad en m/s
 Ea = módulo de elasticidad del agua = 20670 kg/cm^2
 Et = módulo de elasticidad del tubo de a.c. = 328000 kg/cm
 D = diámetro del tubo en cm.
 e = espesor de la pared del tubo en cm.

De esta sobrepresión un gran porcentajes absorbido por los elementos que desvanecen este efecto como son válvulas aliviadoras de presión, cámaras de aire, chimeneas de equilibrio y otras según las dimensiones de la conducción, de las condiciones de funcionamiento, etc. De acuerdo con lo mencionado la sobrepresión que absorbe la tubería será solo el 20% del resultado obtenido de la expresión 11:

$$h_s = 0.20 (h_{g.a.}) \dots\dots\dots 12$$

La carga total a que esta sometida la tubería en el momento en que se presenta el golpe de ariete se obtiene con la siguiente expresión.

$$D_t + h_f + h_s = \text{Carga Total} \dots\dots\dots 13$$

La regularización tiene por objeto cambiar el régimen de suministro (captación-conducción), que normalmente es constante a un régimen de demandas (de red de distribución), que siempre es variable, el tanque de regularización es la estructura destinada para cumplir esta función.

La capacidad del tanque esta en función del Gasto máximo diario y la ley de demandas de la localidad, calculada ya sea por métodos gráficos o analíticos.

$$\text{Capacidad Tanque} = C.R. * Q_{Md} \dots\dots\dots 14$$

Con base en estudios hechos por el Instituto Mexicano Tecnológico del Agua sobre los horarios de mayores y menores demandas en diferentes poblaciones se obtiene el valor de coeficiente de regularización (C.R.) de 14.30 para 24 horas de bombeo al día, este coeficiente esta en función del tiempo (número de horas por día) de alimentación de las fuentes de abastecimiento al tanque, requiriéndose almacenar el agua en horas de baja demanda, para distribuir las en horas de alta demanda. Para los carcamos de rebombeo y las cajas de cambios de régimen se utilizan los siguiente valores:

$$\text{Cap. Carcamo Rebombeo} = Q * T.R. \dots\dots\dots 15$$

Donde: Q = gasto a la zona en m³/seg.
T.R. = tiempo de retención = 5 minutos.

$$\text{Cap. Cambio de Régimen} = Q * T.R. \dots\dots\dots 16$$

Donde: Q = 'gasto a la zona en m³/seg.
T.R. = tiempo de retención = 60 minutos.

Todas la formulas anteriores se utilizan para realizar un predimensionamiento de las líneas de conducción, equipos de bombeo, subestaciones, tanques, carcamos, cajas de cambios de régimen, etc. los cálculos se hacen en tablas que contiene las fomulas ya mencionadas y basándose en las figuras 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 según cada alternativa.

A continuación se muestran las tablas (5.18, 5.19, 5.20 y 5.21) que contiene los cálculos, datos y resultados utilizados para el predimensionamiento de los sistemas que pretenden abastecer de agua potable a la zona conurbada oriente mismas que se utilizaran para obtener los costos de cada alternativa.

Modificación en diámetros y longitudes de la conducción de la presa "La Laja"											
Gravedad de "La Laja" a la Planta de Bombeo					Bombeo de la Planta al Tanque en Zihuatanejo						
Datos	Unidad	Valores para cada alternativa				Datos	Unidad	Valores para cada alternativa			
		Inicial	A-1	A-2	A-3, A-4			Inicial	A-1	A-2	A-3, A-4
Gasto	m ³ /s	0.500	0.542	0.635	0.650	Gasto	m ³ /s	0.350	0.392	0.485	0.500
Long.	m	9,340	9,340	9,340	9,340	Long.	m	8,841	8,841	8,841	8,841
Desniv.	m	24.79	24.79	24.79	24.79	Coef. R.	s/d	0.011	0.011	0.011	0.011
Coef. R.	s/d	0.011	0.011	0.011	0.011	Dc=	m	0.67	0.71	0.79	0.80
D=	in	26.346	27.156	28.817	29.070	Dc=	in	26.32	27.85	30.98	31.46
D1=	in	24	24	24	24	D=	in	24.00	24.00	30.00	30.00
D2=	in	30	30	30	30	V=	m/s	1.199	1.343	1.064	1.096
K1=		0.0175	0.0175	0.0175	0.0175	K=		0.0175	0.0175	0.0053	0.0053
K2=		0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	hf=	m	18.91	23.72	11.05	11.74
L1=	m	4,079	2,863	977	746	C.Tanque	m	114.00	114.00	114.00	114.00
L2=	m	5,261	6,477	8,363	8,594	C.Bomba	m	8.00	8.00	8.00	8.00
V1=	m/s	1.713	1.857	2.176	2.227	Prof. N. D.	m	2.00	2.00	2.00	2.00
V2=	m/s	1.096	1.189	1.392	1.425	Carga N.T	m	2.00	2.00	2.00	2.00
Hf1=	m	17.8041	14.6840	6.8801	5.5059	H=	m	128.91	133.72	121.05	121.74
Hf2=	m	6.9859	10.1060	17.9099	19.2841	Pot.=	HP	848.09	985.31	1,103.52	1,144.17
S1=	s/d	0.0044	0.0051	0.0070	0.0074	E=	Mw-año	5,540	6,436	7,209	7,474
S2=	s/d	0.0013	0.0016	0.0021	0.0022	S=	s/d	0.0021	0.0027	0.0013	0.0013

Tabla 5.18 Solución de la Alternativa No. 1

Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	Gasto (Us)	Diametro			Area m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Diferencia de carga	Clase de tubería		
				T (in)	P (in)	P (mm)						Piez. 1	Piez. 2				
1A1	T Zona 1 - A	450	0.01	11.96	4.87	8.00	152.4	0.018	0.656	23.456	1.510	0.00336	83.51	82.00		A-14	
	A - T Zihuatanejo (1)	8525	0.01	42.09	9.50	10.00	254.0	0.051	0.831	1.538	23.233	0.00273	114.00	90.77	30.49	A-14	
	A - T Zihuatanejo (2)	800	0.01	42.09	6.10	8.00	203.2	0.032	1.298	5.057	7.167	0.00896	90.77	83.60		A-14	
	Longitudes 1+2 =	9325								hf T 1+2 =	30.401			83.51			
	A - T Zona 2 (1)	1350	0.01	30.13	5.60	8.00	203.2	0.032	0.929	5.057	6.198	0.00459	83.60	77.40	41.60	A-14	
	A - T Zona 2 (2)	1650	0.01	30.13	5.61	8.00	152.4	0.018	1.652	23.456	35.134	0.02129	77.40	42.27		A-14	
Longitudes 1+2 =	3000								hf T 1+2 =	41.332			42.00				
Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	n	Gasto (Us)	Diametro			Area m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Carga (metros)		Clase de tubería
					T (in)	P (in)	P (mm)					Terrano	Piez.	Presión	Bombeo		
2A1	Pozol-T Zona1	975	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	2.287	0.00235	10.00	84.29	74.29	77.29	A-10
													80.00	82.00	2.00		
3A1	Pozo 3 - Union 1	550	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	1.290	0.00235	10.00	48.89	38.89	41.89	A-5
	Pozo 4 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	10.00	46.61	36.61	41.61	A-5
	Union 1 - Union 2	182	0.01	20.00	6.29	8.00	152.4	0.018	1.096	23.456	1.708	0.00938	10.00	47.60	37.60	40.60	A-5
	Pozo 2 - Union 2	660	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	1.548	0.00235	14.00	47.44	33.44	36.44	A-5
	Union 2 - Union 3	318	0.01	30.00	7.71	8.00	203.2	0.032	0.925	5.057	1.447	0.00455	10.00	45.89	35.89	38.89	A-5
	Pozo 5 - Union 3	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	10.00	45.46	35.46	38.46	A-5
	Union 3 - Union 4	182	0.01	40.00	8.90	10.00	254.0	0.051	0.789	1.538	0.448	0.00246	10.00	44.44	34.44	37.44	A-5
	Pozo 1 - Union 4	660	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	1.548	0.00235	14.00	45.54	31.54	34.54	A-5
	Union 4 - T. Zona 2	518	0.01	50.00	9.95	10.00	254.0	0.051	0.987	1.538	1.992	0.00385	10.00	43.99	33.99	36.99	A-5
													40.00	42.00	2.00		
4A1	Pozo 1 - Union 1	550	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	2.804	0.00510	30.00	77.97	47.97	50.97	A-7
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	34.00	76.19	42.19	45.19	A-7
	Union 1 - T. Zona 5	600	0.01	15.00	5.45	6.00	152.4	0.018	0.822	23.456	3.167	0.00528	34.00	75.17	41.17	44.17	A-7
													70.00	72.00	2.00		
5A1	Pozo 1 - Union 1	550	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	1.290	0.00235	30.00	45.77	15.77	18.77	A-5
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	34.00	45.50	11.50	14.50	A-5
	Union 1 - T. Zona 3	1225	0.01	20.00	6.29	8.00	203.2	0.032	0.617	5.057	2.478	0.00202	34.00	44.48	10.48	13.48	A-5
													40.00	42.00	2.00		
6A1	Pozo 1 - Union 1	550	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	2.804	0.00510	30.00	81.14	51.14	54.14	A-7
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	34.00	79.35	45.35	48.35	A-7
	Union 1 - T. Zona 4	1200	0.01	15.00	5.45	6.00	152.4	0.018	0.822	23.456	6.333	0.00528	34.00	78.33	44.33	47.33	A7
													70.00	72.00	2.00		
7A1	Pozo1 - Union 1	500	0.01	47.00	9.64	10.00	254.0	0.051	0.928	1.538	1.699	0.00340	8.50	84.77	76.27	79.27	A-10
	Pozo2 - Union 1	50	0.01	46.00	9.54	8.00	203.2	0.032	1.418	5.057	0.535	0.01070	8.50	63.54	55.04	58.04	A-10
	Union 1 - C.C.R	9075	0.01	93.00	13.57	14.00	355.6	0.099	0.936	0.256	20.069	0.00221	8.50	83.07	74.57	77.57	A-10
														62.00	63.00	1.00	
	Carcamo - T. Zona 4	82	0.01	93.00	13.57	10.00	254.0	0.051	1.835	1.538	1.091	0.01331	54.00	73.09	19.09	21.09	A-5
													70.00	72.00	2.00		
Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	Gasto (Us)	Diametro			Area m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Diferencia de carga	Clase de tubería		
				T (in)	P (in)	P (mm)						Piez. 1	Piez. 2				
7A1	C.C.R - Carcamo	3339	0.01	93.00	13.57	14.00	355.6	0.099	0.936	0.256	7.384	0.00221	62.00	54.62			

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 5.19 Solución de la Alternativa No. 2

Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	Gasto (l/s)	Diametro			Area m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Diferencia de cargas	Clase de tubería		
				T (in)	P (in)	P (mm)						Piez. 1	Piez. 2				
1A2	T. Zihuatanejo - A	9325	0.01	135.00	16.35	16.00	406.4	0.130	1.041	0.125	21.317	0.00229	114.00	92.68		A-14	
	A - B	2500	0.01	123.04	15.61	14.00	355.6	0.099	1.239	0.256	9.677	0.00387	92.68	83.01		A-14	
	B - C	1575	0.01	92.91	13.56	14.00	355.6	0.099	0.936	0.256	3.476	0.00221	83.01	79.53		A-14	
	C - T. Zona 4	3200	0.01	37.98	8.67	10.00	254.0	0.051	0.750	1.538	7.101	0.00222	79.53	72.43		A-14	
	A - T. Zona 1 (1)	100	0.01	11.96	3.14	6.00	152.4	0.018	0.656	23.456	0.336	0.00336	92.68	92.35	10.68	A-14	
	A - T. Zona 1 (2)	350	0.01	11.96	3.97	4.00	101.6	0.008	1.475	203.894	10.208	0.02917	92.35	82.14		A-14	
	Longitudes 1+2 =	450								hf T 1+2=	10.543			82.00			
	A - T. Zona 2 (1)	315	0.01	30.13	4.27	6.00	152.4	0.018	1.652	23.456	6.707	0.02129	83.01	76.30	41.01	A-14	
	A - T. Zona 2 (2)	185	0.01	30.13	3.87	4.00	101.6	0.008	3.716	203.894	34.243	0.18510	76.30	42.05		A-14	
	Longitudes 1+2 =	500								hf T 1+2=	40.951			42.00			
	A - T. Zona 3 (1)	600	0.01	54.93	6.14	8.00	203.2	0.032	1.694	5.057	9.155	0.01526	79.53	70.37	37.53	A-14	
	A - T. Zona 3 (2)	400	0.01	54.93	5.69	6.00	152.4	0.018	3.011	23.456	28.309	0.07077	70.37	42.06		A-14	
Longitudes 1+2 =	1000								hf T 1+2=	37.465			42.00				
Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	n	Gasto (l/s)	Diametro			Area m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Carga (metros)		Clase de tubería
					T (in)	P (in)	P (mm)					Terreno	Piez.	Presión	Bombear		
2A2	Pozo1-T. Zona1	975	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	2.287	0.00235	10.00	84.29	74.29	77.29	A-10
													80.00	82.00	2.00		
3A2	Pozo 3 - Union 1	550	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	1.290	0.00235	10.00	48.89	38.89	41.89	A-5
	Pozo 4 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	10.00	48.61	38.61	41.61	A-5
	Union 1 - Union 2	182	0.01	20.00	6.29	6.00	152.4	0.018	1.096	23.456	1.708	0.00938	10.00	47.60	37.60	40.60	A-5
	Pozo 2 - Union 2	660	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	1.548	0.00235	14.00	47.44	33.44	36.44	A-5
	Union 2 - Union 3	318	0.01	30.00	7.71	8.00	203.2	0.032	0.925	5.057	1.447	0.00455	10.00	45.89	35.89	38.89	A-5
	Pozo 5 - Union 3	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	10.00	45.46	35.46	38.46	A-5
	Union 3 - Union 4	182	0.01	40.00	8.90	10.00	254.0	0.051	0.789	1.538	0.448	0.00246	10.00	44.44	34.44	37.44	A-5
	Pozo 1 - Union 4	660	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	1.548	0.00235	14.00	45.54	31.54	34.54	A-5
	Union 4 - T. Zona 2	518	0.01	50.00	9.95	10.00	254.0	0.051	0.987	1.538	1.992	0.00385	10.00	43.99	33.99	36.99	A-5
													40.00	42.00	2.00		
4A2	Pozo 1 - Union 1	550	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	2.804	0.00510	30.00	77.97	47.97	50.97	A-7
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	34.00	76.19	42.19	45.19	A-7
	Union 1 - T. Zona 5	600	0.01	15.00	5.45	6.00	152.4	0.018	0.822	23.456	3.167	0.00528	34.00	75.17	41.17	44.17	A-7
													70.00	72.00	2.00		
5A2	Pozo 1 - Union 1	550	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	1.290	0.00235	30.00	45.77	15.77	18.77	A-5
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	34.00	45.50	11.50	14.50	A-5
	Union 1 - T. Zona 3	1225	0.01	20.00	6.29	8.00	203.2	0.032	0.617	5.057	2.478	0.00202	34.00	44.48	10.48	13.48	A-5
													40.00	42.00	2.00		
6A2	Pozo 1 - Union 1	550	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	2.804	0.00510	30.00	81.14	51.14	54.14	A-7
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	34.00	79.35	45.35	48.35	A-7
	Union 1 - T. Zona 4	1200	0.01	15.00	5.45	6.00	152.4	0.018	0.822	23.456	6.333	0.00528	34.00	78.33	44.33	47.33	A7
													70.00	72.00	2.00		

Tabla 5.20 Solución de la Alternativa No. 3

Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	n	Gasto (l/s)	Diámetro			Área m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Diferencia de carga	Clase de tubería	
					T (in)	P (in)	P (mm)						Piez. 1	Piez. 2			
1A3	T Zihuatanejo - A	9325	0.01	150.00	17.23	16.00	406.4	0.130	1.156	0.125	26.318	0.00282	114.00	87.68			
	A - B	2500	0.01	133.04	16.23	12.00	304.8	0.073	1.823	0.582	25.743	0.01030	87.68	61.94			
	B - T Zona 3	2275	0.01	62.91	9.34	10.00	254.0	0.051	1.242	1.538	13.851	0.00609	61.94	48.09	19.94		
	B - T Zona 3	300	0.01	62.91	6.39	8.00	203.2	0.032	1.940	5.057	6.004	0.02001	48.09	42.08			
	Longitudes 1+2 = 2575									hf T 1+2=	19.855				42.00		
	A - T Zona 1 (1)	400	0.01	16.96	5.22	6.00	152.4	0.018	0.930	23.456	2.699	0.00675	87.68	84.98	5.68		
	A - T Zona 1 (2)	50	0.01	16.96	3.53	4.00	101.6	0.008	2.092	203.894	2.932	0.05865	84.98	82.05			
	Longitudes 1+2 = 450									hf T 1+2=	5.631				82.00		
	A - T Zona 2 (1)	420	0.01	70.13	7.09	8.00	203.2	0.032	2.163	5.057	10.446	0.02487	61.94	51.49	19.94		
	A - T Zona 2 (2)	80	0.01	70.13	5.19	6.00	152.4	0.018	3.845	23.456	9.229	0.11536	51.49	42.26			
Longitudes 1+2 = 500									hf T 1+2=	19.675				42.00			
Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	n	Gasto (l/s)	T (in)	P (in)	P (mm)	Área m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Carga (metros)		Clase de tubería
													Terrano	Piez.	Presión	Bombao	
2A3	Pazo1-T Zona1	975	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	4.970	0.00510	10.00	86.97	76.97	79.97	A-10
													80.00	82.00	2.00		
3A3	Pazo1-T Zona2	550	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	11.214	0.02039	10.00	53.21	43.21	46.21	A-7
													40.00	42.00	2.00		
4A3	Pazo 1 - Union 1	550	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	2.804	0.00510	30.00	77.97	47.97	50.97	A-7
	Pazo 2 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	34.00	76.19	42.19	45.19	A-7
	Union 1 - T Zona 5	600	0.01	15.00	5.45	6.00	152.4	0.018	0.822	23.456	3.167	0.00528	34.00	75.17	41.17	44.17	A-7
													70.00	72.00	2.00		
5A3	Pazo 1 - Union 1	550	0.01	6.00	3.45	4.00	101.6	0.008	0.740	203.894	4.037	0.00734	30.00	50.17	20.17	23.17	A-5
	Pazo 2 - Union 1	50	0.01	6.00	3.45	4.00	101.6	0.008	0.740	203.894	0.367	0.00734	34.00	46.50	12.50	15.50	A-5
	Union 1 - T Zona 3	1225	0.01	12.00	4.87	6.00	152.4	0.018	0.658	23.456	4.138	0.00338	34.00	46.14	12.14	15.14	A-5
													40.00	42.00	2.00		
6A3	Pazo1-T Zona2	1200	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	6.117	0.00510	10.00	78.12	68.12	71.12	A-10
													70.00	72.00	2.00		
7A3	Pazo1 - C.C.R.	9075	0.01	48.06	9.75	10.00	254.0	0.051	0.948	1.538	32.246	0.00355	8.50	95.25	86.75	89.75	A-10
	Carcamo - T Zona 4	82	0.01	48.06	9.75	8.00	152.4	0.018	2.635	23.456	4.443	0.05418	62.00	63.00	1.00		
													57.00	76.44	19.44	21.44	A-5
													70.00	72.00	2.00		
Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	n	Gasto (l/s)	T (in)	P (in)	P (mm)	Área m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Diferencia de carga	Clase de tubería	
													Piez. 1	Piez. 2			
7A3	C.C.R - Carcamo	3339	0.01	48.06	9.75	12.00	304.8	0.073	0.659	0.582	4.487	0.00134	62.00	57.51			

Tabla 5.21 Solución de la Alternativa No. 4

Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	n	Gasto (l/s)	Diámetro			Área m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Diferencia de carga	Clase de tubería	
					T (in)	P (in)	P (mm)						Piez. 1	Piez. 2			
1A3	T. Zihuatanejo - A	9325	0.01	150.00	17.23	18.00	406.4	0.130	1.156	0.125	26.318	0.00282	114.00	87.68			
	A - B	2500	0.01	133.04	16.23	12.00	304.8	0.073	1.823	0.582	25.743	0.01030	87.68	61.94			
	B - T Zona 3	2275	0.01	62.91	9.34	10.00	254.0	0.051	1.242	1.538	13.851	0.00609	61.94	48.09	19.94		
	B - T Zona 4	300	0.01	62.91	6.39	8.00	203.2	0.032	1.940	5.057	6.004	0.02001	48.09	42.08			
	Longitudes 1+2 = 2575									hf T 1+2 =	19.856			42.00			
	A - T Zona 1 (1)	400	0.01	16.96	5.22	8.00	152.4	0.018	0.930	23.456	2.699	0.00675	87.68	64.98	5.68		
	A - T Zona 1 (2)	50	0.01	16.96	3.53	4.00	101.6	0.008	2.092	203.894	2.932	0.05865	84.98	82.05			
	Longitudes 1+2 = 450									hf T 1+2 =	5.631			82.00			
	A - T Zona 2 (1)	420	0.01	70.13	7.09	8.00	203.2	0.032	2.163	5.057	10.446	0.02467	61.94	51.49	19.94		
	A - T Zona 2 (2)	80	0.01	70.13	5.19	8.00	152.4	0.018	3.845	23.456	9.229	0.11536	51.49	42.26			
Longitudes 1+2 = 500									hf T 1+2 =	19.675			42.00				
Alternativa	Tramo	Longitud (metros)	n	Gasto (l/s)	Diámetro			Área m ²	Velocidad (m/s)	K	hf (metros)	Sh	Cotas (metros)		Carga (metros)		Clase de tubería
					T (in)	P (in)	P (mm)						Terreno	Piez.	Presión	Bombao	
2A3	Pozo1-T Zona1	975	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	4.970	0.00510	10.00	86.97	76.97	79.97	A-10
													80.00	82.00	2.00		
3A3	Pozo1-T Zona2	550	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	11.214	0.02039	10.00	53.21	43.21	46.21	A-7
													40.00	42.00	2.00		
4A3	Pozo 1 - Union 1	550	0.01	5.00	3.15	4.00	101.6	0.008	0.617	203.894	2.804	0.00510	30.00	77.97	47.97	50.97	A-7
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	10.00	4.45	4.00	101.6	0.008	1.233	203.894	1.019	0.02039	34.00	76.19	42.19	45.19	A-7
	Union 1 - T. Zona 5	600	0.01	15.00	5.45	8.00	152.4	0.018	0.822	23.456	3.167	0.00528	34.00	75.17	41.17	44.17	A-7
													70.00	72.00	2.00		
5A3	Pozo 1 - Union 1	550	0.01	6.00	3.45	4.00	101.6	0.008	0.740	203.894	4.037	0.00734	30.00	50.17	20.17	23.17	A-5
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	6.00	3.45	4.00	101.6	0.008	0.740	203.894	0.367	0.00734	34.00	46.50	12.50	15.50	A-5
	Union 1 - T. Zona 3	1225	0.01	12.00	4.87	6.00	152.4	0.018	0.658	23.456	4.138	0.00338	34.00	46.14	12.14	15.14	A-5
													40.00	42.00	2.00		
6A3	Pozo 1-Union 1	550	0.01	8.00	3.98	6.00	152.4	0.018	0.439	23.456	0.826	0.00150	10.00	82.41	72.41	75.41	A-10
	Pozo 2 - Union 1	50	0.01	8.00	3.98	4.00	101.6	0.008	0.987	203.894	0.652	0.01305	10.00	82.24	72.24	75.24	A-10
	Union 1 - Union 2	500	0.01	16.00	5.63	8.00	203.2	0.032	0.493	5.057	0.647	0.00129	10.00	81.59	71.59	74.59	A-10
	Pozo3 - Union 2	50	0.01	9.00	4.22	4.00	101.6	0.008	1.110	203.894	0.826	0.01652	10.00	81.76	71.76	74.76	A-10
	Union 2 - Union 3	500	0.01	25.00	7.03	8.00	203.2	0.032	0.771	5.057	1.580	0.00316	10.00	80.94	70.94	73.94	A-10
	Pozo4 - Union 3	50	0.01	9.00	4.22	4.00	101.6	0.008	1.110	203.894	0.826	0.01652	10.00	80.18	70.18	73.18	A-10
	Union 3 - Union 4	250	0.01	34.00	8.20	8.00	203.2	0.032	1.048	5.057	1.462	0.00585	10.00	79.36	69.36	72.36	A-10
	Pozo 5 - Union 4	750	0.01	9.00	4.22	8.00	152.4	0.018	0.493	23.456	1.425	0.00190	13.00	79.32	66.32	69.32	A-10
	Union 4 - Union 5	250	0.01	43.00	9.23	10.00	254.0	0.051	0.849	1.538	0.711	0.00284	10.00	77.90	67.90	70.90	A-10
	Pozo 6 - Union 5	50	0.01	10.00	4.45	6.00	152.4	0.018	0.548	23.456	0.117	0.00235	10.00	77.30	67.30	70.30	A-10
	Union 5 - T. Zona 4	1200	0.01	53.00	10.24	10.00	254.0	0.051	1.046	1.538	5.185	0.00432	10.00	77.19	67.19	70.19	A-10
														70.00	72.00	2.00	

5.2.2 Obtención de costos para las diferentes alternativas

Con el fin de evaluar las alternativas de solución al sistema de agua potable y tomando en cuenta los valores calculados en las tablas anteriores, se procede a obtener sus costos, para poder analizarlas y saber cual de ellas es la que tiene mayor factibilidad económica.

A continuación se muestra la tabla 5.22 que muestra los valores de profundidad y ancho de zanja mínimos para la colocación de tubería, así como los volúmenes de excavaciones, plantilla de asentamiento de la tubería, rellenos y sobrantes de material producto de la excavación, en dicha excavación se considera un porcentaje de material común y otro de roca:

Tabla 5.22 Volúmenes de excavaciones.

Diámetro Nominal		Ancho	Prof.	Excav.	Excav. en roca	Plantilla	Relleno comp.	Relleno volteo	Sobrante
mm.	Pulg.	m.	m.	m3/m	m3/m	m3/m	m3/m	m3/m	m3/m
101.60	4	0.60	1.00	0.4200	0.1800	0.0361	0.2268	0.3290	0.0081
152.40	6	0.70	1.10	0.5390	0.2310	0.0457	0.2878	0.4183	0.0182
203.20	8	0.75	1.15	0.6038	0.2588	0.0527	0.3297	0.4476	0.0324
254.00	10	0.80	1.20	0.6720	0.2880	0.0603	0.3722	0.4768	0.0507
304.80	12	0.85	1.25	0.7438	0.3188	0.0684	0.4152	0.5059	0.0730
355.60	14	0.90	1.30	0.8190	0.3510	0.0770	0.4587	0.5350	0.0993
406.40	16	1.00	1.40	0.9800	0.4200	0.0906	0.5360	0.6436	0.1297

La tabla 5.23 muestra los precios índice por metro cúbico de los trabajos mencionados en la tabla anterior:

Tabla 5.23 Costos de mano de obra en excavaciones.

Concepto	Unidad	Precio
Excavación a mano zanja en material común, en seco	m3	\$ 34.33
Excavación con equipo para zanjas en material común, en seco	m3	\$ 15.23
Excavación en roca fija para zanjas, en seco, zona B	m3	\$138.33
Plantilla apisonada al 85% Proctor en zanjas con material producto de excavación	m3	\$ 46.27
Relleno a volteo con material producto de excavación	m3	\$ 4.70
Relleno compactado al 90% Proctor con material producto de excavación	m3	\$ 41.84
Extendido y bandeado de material producto de excavación	m3	\$ 4.02

Junta los valores contenidos en las tablas 5.22 y 5.23, obtenemos una tabla en la que se calcula el costo total de los trabajos de excavación por metro lineal y para los diferentes diámetros utilizados en el predimensionamiento de las alternativas.

Tabla 5.24 Costos de excavaciones.

Diámetro Nominal		Excav.	Excav. en roca	Plantilla	Relleno comp.	Relleno volteo	Sobrante	TOTAL
mm.	Pulg.	\$/m	\$/m	\$/m	\$/m	\$/m	\$/m	\$/m
101.60	4	\$ 10.41	\$ 24.90	\$ 1.67	\$ 9.49	\$ 1.55	\$ 0.03	\$ 48.04
152.40	6	\$ 13.36	\$ 31.95	\$ 2.11	\$ 12.04	\$ 1.97	\$ 0.07	\$ 61.50
203.20	8	\$ 14.96	\$ 35.79	\$ 2.44	\$ 13.80	\$ 2.10	\$ 0.13	\$ 69.22
254.00	10	\$ 16.65	\$ 39.84	\$ 2.79	\$ 15.57	\$ 2.24	\$ 0.20	\$ 77.30
304.80	12	\$ 18.43	\$ 44.09	\$ 3.17	\$ 17.37	\$ 2.38	\$ 0.29	\$ 85.73
355.60	14	\$ 20.29	\$ 48.55	\$ 3.56	\$ 19.19	\$ 2.51	\$ 0.40	\$ 94.52
406.40	16	\$ 24.28	\$ 58.10	\$ 4.19	\$ 22.43	\$ 3.02	\$ 0.52	\$ 112.55

Al valor de la excavación se le agregan los costos por colocación y suministro de tubería de asbesto-cemento, así se obtiene el valor total de la conducción por metro lineal:

Tabla 5.25 Costos de excavación, colocación y suministro de tubería.

Diámetro (pulgadas)	Clase	Excavación (\$/m)	Colocación (\$/m)	Suministro (\$/m)	Total (\$/m)
4	A-14	48.04	5.89	98.70	152.63
	A-10	48.04	4.99	84.00	137.03
	A-7	48.04	3.84	72.60	124.48
	A-5	48.04	3.54	68.60	120.18
6	A-14	61.50	9.12	198.20	268.82
	A-10	61.50	6.96	164.60	233.06
	A-7	61.50	6.36	125.60	193.46
	A-5	61.50	5.75	123.30	190.55
8	A-14	69.22	14.38	254.80	338.40
	A-10	69.22	11.39	198.20	278.81
	A-7	69.22	8.32	157.30	234.84
	A-5	69.22	7.59	147.20	224.01
10	A-14	77.30	24.14	412.30	513.74
	A-10	77.30	15.30	310.20	402.80
	A-7	77.30	12.79	229.20	319.29
	A-5	77.30	10.53	197.20	285.03
12	A-14	85.73	29.38	596.00	711.11
	A-10	85.73	22.94	424.90	533.57
	A-7	85.73	14.81	308.90	409.44
	A-5	85.73	13.58	256.90	356.21

Tabla 5.25 Costos de excavación, colocación y suministro de tubería.

Diámetro (pulgadas)	Clase	Excavación (\$/m)	Colocación (\$/m)	Suministro (\$/m)	Total (\$/m)
14	A-14	94.52	37.59	886.80	1,018.91
	A-10	94.52	27.32	648.70	770.54
	A-7	94.52	20.82	470.90	586.24
	A-5	94.52	16.37	405.70	516.59
16	A-14	112.55	41.70	1,028.40	1,182.65
	A-10	112.55	32.78	825.40	970.73
	A-7	112.55	26.04	579.90	718.49
	A-5	112.55	19.15	497.70	629.40

Para el caso del incremento de gasto que se propone en la presa "La Laja" y el aumento de obra en la conducción desde la presa derivadora hasta el tanque que entrega a Zihuatanejo se considera tubería de acero a nivel de terreno, por lo que a esta no se le consideran trabajos de excavación y su costo se resume en la siguiente tabla 5.26.

Tabla 5.26 Costos de tubería de acero.

Características generales						Limpieza		Protección		Instalación (\$/m)	Suministro (\$/m)	Total (\$/m)
Ø Nominal (pulg.)	Ø Ext. (m)	e (mm)	Ø Int. (m)	A Int. (m ²)	A Ext. (m ²)	Int. 59.85 (\$/m)	Ext. 48.22 (\$/m)	Int. 87.78 (\$/m)	Ext. 147.9 (\$/m)			
30	0.76	7.92	0.75	2.34	2.39	140.1	115.2	205.4	353.5	217.13	1500	2531.32
24	0.61	7.14	0.60	1.87	1.91	111.9	92.1	164.1	282.5	160.56	820	1631.22
24	0.61	7.92	0.60	1.87	1.91	111.9	92.1	164.1	282.5	160.56	900	1711.22

Todos los costos se obtienen basándose en precios índice que se utilizan para poder realizar una evaluación económica de cada una de las alternativas, estos precios índice se obtienen de fuentes como el Catalogo de costos de Infraestructura Hidráulica de la D.G.C.O.H. (Dirección General de Construcción de Obras Hidráulicas) Dirección Técnica y Costos Estimados para Proyectos de Infraestructura Hidráulica de la C.N.A. (Comisión Nacional del Agua) Subdirección General de Programación 1999-2000. A continuación se presentan las tablas que contiene la información de costos y precios índice de todos los subsistemas que se utilizan para resolver las cuatro alternativas, y que posteriormente se utilizaran para obtener el costo total de cada una de ellas.

Tabla 5.27 Costos de los subsistemas Alternativa No. 1					
Acuífero San Miguelito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 1					
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	15	\$ 5,500.00	\$	82,500.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	195,000.00
Conducción 1era etapa					
Tubería 6" AC Clase A-10	m	975	\$ 233.06	\$	227,233.50
Total conducción				\$	227,233.50
Zona 2					
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$	55,000.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	167,500.00
Conducción 1era etapa					
Tubería 10" AC clase A-5	m	700	\$ 285.03	\$	199,521.00
Tubería 6" AC clase A-5	m	660	\$ 190.55	\$	125,763.00
Tubería 4" AC clase A-5	m	50	\$ 120.18	\$	6,009.00
Total conducción				\$	331,293.00
Conducción 2da etapa					
Tubería 4" AC clase A-5	m	50	\$ 120.18	\$	6,009.00
Tubería 8" AC clase A-5	m	318	\$ 224.01	\$	71,235.18
Tubería 6" AC clase A-6	m	1392	\$ 190.55	\$	265,245.60
Total conducción				\$	342,489.78
Zona 3					
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	5	\$ 5,500.00	\$	27,500.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	140,000.00
Conducción 1era etapa					
Tubería 8" AC clase A-5	m	1225	\$ 224.01	\$	274,412.25
Tubería 4" AC clase A-5	m	50	\$ 120.18	\$	6,009.00
Total conducción				\$	280,421.25
Conducción 2da etapa					
Tubería 6" AC clase A-5	m	550	\$ 190.55	\$	104,802.50
Total conducción				\$	104,802.50
Zona 4					
Pozo 5 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	5	\$ 5,500.00	\$	27,500.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	140,000.00

Tabla 5.27 Costos de los subsistemas Alternativa No. 1					
Acuífero San Miguelito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 4					
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$	55,000.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	167,500.00
Conducción 1era etapa					
Tubería 6" AC clase A-7	m	1200	\$ 193.46	\$	232,152.00
Tubería 4" AC clase A-7	m	50	\$ 124.48	\$	6,224.00
Total conducción				\$	238,376.00
Conducción 2da etapa					
Tubería 4" AC clase A-7	m	550	\$ 124.48	\$	68,464.00
Total conducción				\$	68,464.00
Zona 5					
Pozo 5 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	5	\$ 5,500.00	\$	27,500.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	140,000.00
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$	55,000.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	167,500.00
Conducción 1era etapa					
Tubería 6" AC clase A-7	m	600	\$ 193.46	\$	116,076.00
Tubería 4" AC clase A-7	m	50	\$ 124.48	\$	6,224.00
Total conducción				\$	122,300.00
Conducción 2da etapa					
Tubería 4" AC clase A-7	m	550	\$ 124.48	\$	68,464.00
Total conducción				\$	68,464.00
Acuífero San Jeronimito					
Zona 3 y 4					
Pozo 1era etapa					
Obra Civil	m	50	\$ 7,000.00	\$	350,000.00
Equipamiento	H.P.	50	\$ 5,500.00	\$	275,000.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Línea tramo E.	km.	4	\$ 13,000.00	\$	52,000.00
Total pozo				\$	722,000.00
Pozo 2da etapa					
Obra Civil	m	50	\$ 7,000.00	\$	350,000.00
Equipamiento	H.P.	75	\$ 5,500.00	\$	412,500.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	807,500.00

Tabla 5.27 Costos de los subsistemas Alternativa No. 1					
Acuífero San Jeronimito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 3 y 4					
Conducción 1era etapa					
Tubo 14" AC Clase A-10	m	9075	\$ 770.54	\$ 6,992,650.50	
Tubo 14" AC Clase A-5	m	3339	\$ 516.59	\$ 1,724,894.01	
Tubo 10" AC Clase A-5	m	82	\$ 285.03	\$ 23,372.46	
Tubo 8" AC Clase A-10	m	50	\$ 278.81	\$ 13,940.50	
Total pozo				\$ 8,754,857.47	
Conducción 1era etapa					
Tubo 10" AC Clase A-10	m	500	\$ 770.54	\$ 385,270.00	
Total pozo				\$ 385,270.00	
Presa "La Laja"					
Zona 1					
Conducción Presa-Carcamo 500 l/s					
Tubo 30" Acero	m	5261	\$ 2,531.32	\$ 13,317,274.52	
Tubo 24" Acero	m	4079	\$ 1,631.22	\$ 6,653,746.38	
Total				\$ 19,971,020.90	
Conducción Carcamo-Tanque Zihuatanejo 350 l/s					
Tubo 24" Acero	m	8841	\$ 1,631.22	\$ 14,421,616.02	
Total				\$ 14,421,616.02	
Conducción Presa-Carcamo 542 l/s					
Tubo 30" Acero	m	6480	\$ 2,531.32	\$ 16,402,953.60	
Tubo 24" Acero	m	2860	\$ 1,631.22	\$ 4,665,289.20	
Total				\$ 21,068,242.80	
Conducción Carcamo-Tanque Zihuatanejo 392 l/s					
Tubo 24" Acero	m	8841	\$ 1,631.22	\$ 14,421,616.02	
Total				\$ 14,421,616.02	
Conducción Tanque Zihuatanejo-Tanque Zona1 42 l/s					
Tubería 10" AC Clase A-14	m	8525	\$ 513.74	\$ 4,379,633.50	
Tubería 8" AC Clase A-14	m	2150	\$ 338.40	\$ 727,560.00	
Tubería 6" AC Clase A-14	m	2100	\$ 268.82	\$ 564,522.00	
Total				\$ 5,671,715.50	

Tabla 5.28 Costos de los subsistemas Alternativa No. 2					
Acuífero San Miguelito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 1					
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	15	\$ 5,500.00	\$ 82,500.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 195,000.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 6" AC Clase A-10	m	975	\$ 233.06	\$ 227,233.50	
Total conducción				\$ 227,233.50	

Tabla 5.28 Costos de los subsistemas Alternativa No. 2					
Acuifero San Miguelito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 2					
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$ 55,000.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 167,500.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 10" AC clase A-5	m	700	\$ 285.03	\$ 199,521.00	
Tubería 6" AC clase A-5	m	660	\$ 190.55	\$ 125,763.00	
Tubería 4" AC clase A-5	m	50	\$ 120.18	\$ 6,009.00	
Total conducción				\$ 331,293.00	
Conducción 2da etapa					
Tubería 4" AC clase A-5	m	50	\$ 120.18	\$ 6,009.00	
Tubería 8" AC clase A-5	m	318	\$ 224.01	\$ 71,235.18	
Tubería 6" AC clase A-6	m	1392	\$ 190.55	\$ 265,245.60	
Total conducción				\$ 342,489.78	
Zona 3					
Pozo 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	5	\$ 5,500.00	\$ 27,500.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 140,000.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 8" AC clase A-5	m	1225	\$ 224.01	\$ 274,412.25	
Tubería 4" AC clase A-5	m	50	\$ 120.18	\$ 6,009.00	
Total conducción				\$ 280,421.25	
Conducción 2da etapa					
Tubería 6" AC clase A-5	m	550	\$ 190.55	\$ 104,802.50	
Total conducción				\$ 104,802.50	
Zona 4					
Pozo 5 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	5	\$ 5,500.00	\$ 27,500.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 140,000.00	
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$ 55,000.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 167,500.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 6" AC clase A-7	m	1200	\$ 193.46	\$ 232,152.00	
Tubería 4" AC clase A-7	m	50	\$ 124.48	\$ 6,224.00	
Total conducción				\$ 238,376.00	

Tabla 5.28 Costos de los subsistemas Alternativa No. 2					
Acuífero San Miguelito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 4					
Conducción 2da etapa					
Tubería 4" AC clase A-7	m	550	\$ 124.48	\$	68,464.00
Total conducción				\$	68,464.00
Zona 5					
Pozo 5 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	5	\$ 5,500.00	\$	27,500.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	140,000.00
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$	67,500.00
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$	55,000.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$	45,000.00
Total pozo				\$	167,500.00
Conducción 1era etapa					
Tubería 6" AC clase A-7	m	600	\$ 193.46	\$	116,076.00
Tubería 4" AC clase A-7	m	50	\$ 124.48	\$	6,224.00
Total conducción				\$	122,300.00
Conducción 2da etapa					
Tubería 4" AC clase A-7	m	550	\$ 124.48	\$	68,464.00
				\$	68,464.00
Presas "La Laja"					
Zona 1					
Conducción Presa-Carcamo 500 l/s					
Tubo 30" Acero	m	5261	\$ 2,531.32	\$	13,317,274.52
Tubo 24" Acero	m	4079	\$ 1,631.22	\$	6,653,746.38
Total				\$	19,971,020.90
Conducción Carcamo-Tanque Zihuatanejo 350 l/s					
Tubo 24" Acero	m	8841	\$ 1,631.22	\$	14,421,616.02
Total				\$	14,421,616.02
Conducción Presa-Carcamo 635 l/s					
Tubo 30" Acero	m	8363	\$ 2,531.32	\$	21,169,429.16
Tubo 24" Acero	m	978	\$ 1,631.22	\$	1,595,333.16
Total				\$	22,764,762.32
Conducción Carcamo-Tanque Zihuatanejo 485 l/s					
Tubo 30" Acero	m	8841	\$ 2,531.32	\$	22,379,400.12
Total				\$	22,379,400.12

Tabla 5.28 Costos de los subsistemas Alternativa No. 2					
Presa "La Laja"					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 1					
Conducción Tanque Zihuatanejo-Tanque Zona1 42 l/s					
Tubería 16" AC Clase A-14	m	9325	\$ 1,182.65	\$ 11,028,211.25	
Tubería 14" AC Clase A-14	m	4075	\$ 1,018.91	\$ 4,152,058.25	
Tubería 10" AC Clase A-14	m	3200	\$ 513.74	\$ 1,643,968.00	
Tubería 8" AC Clase A-14	m	600	\$ 338.40	\$ 203,040.00	
Tubería 6" AC Clase A-14	m	815	\$ 268.82	\$ 219,088.30	
Tubería 4" AC Clase A-14	m	535	\$ 152.63	\$ 81,657.05	
Total				\$ 17,328,022.85	

Tabla 5.29 Costos de los subsistemas Alternativa No. 3					
Acuífero San Miguelito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 1					
Pozo de 5 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	7.5	\$ 5,500.00	\$ 41,250.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 153,750.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 4" AC Clase A-7	m	975	\$ 137.03	\$ 133,604.25	
Total conducción				\$ 133,604.25	
Zona 2					
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$ 55,000.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 167,500.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 4" AC Clase A-7	m	550	\$ 124.48	\$ 68,464.00	
Total conducción				\$ 68,464.00	
Zona 3					
Pozo de 6 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	3	\$ 5,500.00	\$ 16,500.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 129,000.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 4" AC clase A-5	m	600	\$ 120.18	\$ 72,108.00	
Tubería 6" AC clase A-5	m	1225	\$ 190.55	\$ 233,423.75	
Total conducción				\$ 305,531.75	

Tabla 5.29 Costos de los subsistemas Alternativa No. 3					
Acuífero San Miguelito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 4					
Pozo 5 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	7.5	\$ 5,500.00	\$ 41,250.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 153,750.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 4" AC clase A-10	m	1200	\$ 137.03	\$ 164,436.00	
Total conducción				\$ 164,436.00	
Zona 5					
Pozo 5 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	5	\$ 5,500.00	\$ 27,500.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 140,000.00	
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$ 55,000.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 167,500.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 6" AC clase A-7	m	600	\$ 193.46	\$ 116,076.00	
Tubería 4" AC clase A-7	m	50	\$ 124.48	\$ 6,224.00	
Total conducción				\$ 122,300.00	
Conducción 2da etapa					
Tubería 4" AC clase A-7	m	550	\$ 124.48	\$ 68,464.00	
				\$ 68,464.00	
Acuífero San Jeronimito					
Zona 4					
Pozo de 48.06 l/s					
Obra Civil	m	50	\$ 7,000.00	\$ 350,000.00	
Equipamiento	H.P.	80	\$ 5,500.00	\$ 440,000.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Línea tramo E.	Km.	4	\$ 13,000.00	\$ 52,000.00	
Total pozo				\$ 887,000.00	
Conducción 1era etapa					
Tubo 10" AC Clase A-10	m	9075	\$ 402.80	\$ 3,655,410.00	
Tubo 12" AC Clase A-5	m	3339	\$ 356.21	\$ 1,189,385.19	
Tubo 6" AC Clase A-5	m	82	\$ 190.55	\$ 15,625.10	
Total				\$ 4,860,420.29	

Tabla 5.29 Costos de los subsistemas Alternativa No. 3				
Acuífero San Jeronimito				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe
Zona 4				
Obras Complementarias				
Caja de cambio de régimen	m ³	15	\$ 1,500.00	\$ 22,500.00
Carcamo de rebombeo	m ³	175	\$ 1,500.00	\$ 262,500.00
Equipamiento	H.P.	20	\$ 5,500.00	\$ 110,000.00
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00
Total				\$ 440,000.00
Presa "La Laja"				
Zona 1				
Conducción Presa-Carcamo 500 l/s				
Tubo 30" Acero	m	5261	\$ 2,531.32	\$ 13,317,274.52
Tubo 24" Acero	m	4079	\$ 1,631.22	\$ 6,653,746.38
Total				\$ 19,971,020.90
Conducción Carcamo-Tanque Zihuatanejo 350 l/s				
Tubo 24" Acero	m	8841	\$ 1,631.22	\$ 14,421,616.02
Total				\$ 14,421,616.02
Conducción Presa-Carcamo 650 l/s				
Tubo 30" Acero	m	8594	\$ 2,531.32	\$ 21,754,164.08
Tubo 24" Acero	m	746	\$ 1,631.22	\$ 1,216,890.12
Total				\$ 22,971,054.20
Conducción Carcamo-Tanque Zihuatanejo 500 l/s				
Tubo 30" Acero	m	8841	\$ 2,531.32	\$ 22,379,400.12
Total				\$ 22,379,400.12
Conducción Tanque Zihuatanejo-Tanque Zona1 42 l/s 1era Etapa				
Tubería 16" AC Clase A-14	m	9325	\$ 1,182.65	\$ 11,028,211.25
Tubería 12" AC Clase A-14	m	2500	\$ 711.11	\$ 1,777,775.00
Tubería 10" AC Clase A-14	m	2275	\$ 513.74	\$ 1,168,758.50
Tubería 8" AC Clase A-14	m	300	\$ 338.40	\$ 101,520.00
Tubería 6" AC Clase A-14	m	400	\$ 268.82	\$ 107,528.00
Tubería 4" AC Clase A-14	m	50	\$ 152.63	\$ 7,631.50
Total				\$ 14,191,424.25
Conducción Tanque Zihuatanejo-Tanque Zona1 42 l/s 2da Etapa				
Tubería 8" AC Clase A-14	m	420	\$ 338.40	\$ 142,128.00
Tubería 6" AC Clase A-14	m	80	\$ 268.82	\$ 21,505.60
Total				\$ 163,633.60

Tabla 5.30 Costos de los subsistemas Alternativa No.4					
Acuífero San Miguelito					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 1					
Pozo de 5 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	7.5	\$ 5,500.00	\$ 41,250.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 153,750.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 4" AC Clase A-7	m	975	\$ 137.03	\$ 133,604.25	
Total conducción				\$ 133,604.25	
Zona 2					
Pozo de 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	10	\$ 5,500.00	\$ 55,000.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 167,500.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 4" AC Clase A-7	m	550	\$ 124.48	\$ 68,464.00	
Total conducción				\$ 68,464.00	
Zona 3					
Pozo de 6 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	3	\$ 5,500.00	\$ 16,500.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 129,000.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 4" AC clase A-5	m	600	\$ 120.18	\$ 72,108.00	
Tubería 6" AC clase A-5	m	1225	\$ 190.55	\$ 233,423.75	
Total conducción				\$ 305,531.75	
Zona 4					
Pozo 10 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	15	\$ 5,500.00	\$ 82,500.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 195,000.00	
Conducción 1era etapa					
Tubería 10" AC clase A-10	m	1200	\$ 402.80	\$ 483,360.00	
Tubería 6" AC clase A-10	m	50	\$ 233.06	\$ 11,653.00	
Total conducción				\$ 495,013.00	
Pozo 9 l/s					
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00	
Equipamiento	H.P.	12	\$ 5,500.00	\$ 66,000.00	
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	
Total pozo				\$ 178,500.00	

Tabla 5.30 Costos de los subsistemas Alternativa No.4						
Acuífero San Miguelito						
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe		
Zona 4						
Conducción 1era etapa						
Tubería 10" AC clase A-10	m	250	\$ 402.80	\$ 100,700.00		
Tubería 6" AC clase A-10	m	750	\$ 233.06	\$ 174,795.00		
Total conducción				\$ 275,495.00		
Pozo 9 l/s						
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00		
Equipamiento	H.P.	15	\$ 5,500.00	\$ 82,500.00		
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00		
Total pozo				\$ 195,000.00		
Conducción 1era etapa						
Tubería 4" AC clase A-10	m	50	\$ 137.03	\$ 6,851.50		
Tubería 8" AC clase A-10	m	250	\$ 278.81	\$ 69,702.50		
Total conducción				\$ 76,554.00		
Pozo 9 l/s						
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00		
Equipamiento	H.P.	15	\$ 5,500.00	\$ 82,500.00		
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00		
Total pozo				\$ 195,000.00		
Conducción 1era etapa						
Tubería 4" AC clase A-10	m	50	\$ 137.03	\$ 6,851.50		
Tubería 8" AC clase A-10	m	500	\$ 278.81	\$ 139,405.00		
Total conducción				\$ 146,256.50		
Pozo 8 l/s						
Obra Civil	m	15	\$ 4,500.00	\$ 67,500.00		
Equipamiento	H.P.	12	\$ 5,500.00	\$ 66,000.00		
Subestación	Lote	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00		
Total pozo				\$ 178,500.00		
Conducción 1era etapa						
Tubería 4" AC clase A-10	m	50	\$ 137.03	\$ 6,851.50		
Tubería 8" AC clase A-10	m	500	\$ 278.81	\$ 139,405.00		
Total conducción				\$ 146,256.50		
Conducción 2da etapa						
Tubería 6" AC clase A-10	m	550	\$ 233.06	\$ 128,183.00		
Total conducción				\$ 128,183.00		
Presa "La Laja"						
Zona 1						
Conducción Presa-Carcamo 500 l/s						
Tubo 30" Acero	m	5261	\$ 2,531.32	\$ 13,317,274.52		
Tubo 24" Acero	m	4079	\$ 1,631.22	\$ 6,653,746.38		
Total				\$ 19,971,020.90		

Tabla 5.30 Costos de los subsistemas Alternativa No.4					
Presa "La Laja"					
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Zona 1					
Conducción Carcamo-Tanque Zihuatanejo 350 l/s					
Tubo 24" Acero	m	8841	\$ 1,631.22	\$ 14,421,616.02	
Total				\$ 14,421,616.02	
Conducción Presa-Carcamo 650 l/s					
Tubo 30" Acero	m	8594	\$ 2,531.32	\$ 21,754,164.08	
Tubo 24" Acero	m	746	\$ 1,631.22	\$ 1,216,890.12	
Total				\$ 22,971,054.20	
Conducción Carcamo-Tanque Zihuatanejo 500 l/s					
Tubo 30" Acero	m	8841	\$ 2,531.32	\$ 22,379,400.12	
Total				\$ 22,379,400.12	
Conducción Tanque Zihuatanejo-Tanque Zona1 42 l/s 1era Etapa					
Tubería 16" AC Clase A-14	m	9325	\$ 1,182.65	\$ 11,028,211.25	
Tubería 12" AC Clase A-14	m	2500	\$ 711.11	\$ 1,777,775.00	
Tubería 10" AC Clase A-14	m	2275	\$ 513.74	\$ 1,168,758.50	
Tubería 8" AC Clase A-14	m	300	\$ 338.40	\$ 101,520.00	
Tubería 6" AC Clase A-14	m	400	\$ 268.82	\$ 107,528.00	
Tubería 4" AC Clase A-14	m	50	\$ 152.63	\$ 7,631.50	
Total				\$ 14,191,424.25	
Conducción Tanque Zihuatanejo-Tanque Zona1 42 l/s 2da Etapa					
Tubería 8" AC Clase A-14	m	420	\$ 338.40	\$ 142,128.00	
Tubería 6" AC Clase A-14	m	80	\$ 268.82	\$ 21,505.60	
Total				\$ 163,633.60	

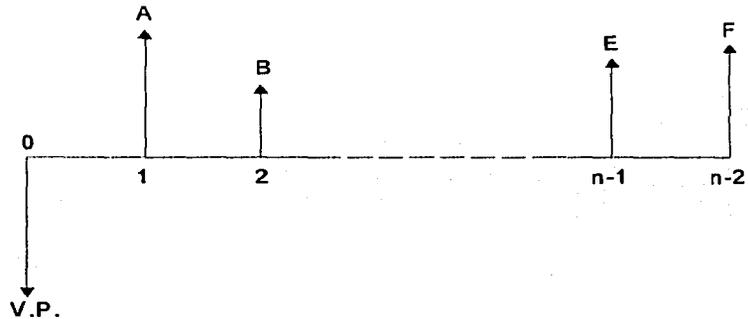
5.3 Selección de la mejor alternativa para el abastecimiento de agua potable.

Valor presente

Quando se debe tomar una decisión lo primero que se debe hacer es determinar los posibles cursos de acción que se puedan seguir. El proceso de una toma de decisiones requiere que se generen todas las alternativas disponibles, esto es muy importante puesto que seria muy frustrante descubrir que existe una mejor forma de hacer las cosas cuando ya se tomo una decisión para hacerlas.

Para este caso se generaron cuatro alternativas las cuales se han evaluado técnicamente, el siguiente paso es utilizar algún procedimiento general que ayude a seleccionar la mejor de ellas.

El procedimiento a utilizar será el de Valor Presente que consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto.



La figura anterior es un diagrama de flujo que relaciona una cantidad en el presente con una serie de flujos de efectivo. Para determinar la equivalencia en el tiempo cero de estos flujos netos al final de cada periodo durante n periodos.

$$V.P. = A \frac{1}{(1+i)} + B \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + E \frac{1}{(1+i)^{n-1}} + F \frac{1}{(1+i)^n}$$

La formula anterior considera el valor del dinero a través del tiempo al seleccionar un valor adecuado de i.

Es importante tomar en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, puesto que el dinero puede ganar un cierto interés, cuando se invierte por cierto periodo, es importante reconocer que un peso que se reciba en el futuro valdrá menos que un peso que se tenga actualmente, es esta relación entre interés y tiempo la que lleva al concepto del valor del dinero

a través del tiempo. Por ejemplo, un peso que se tenga actualmente puede acumular intereses durante un año, mientras que un peso que se reciba dentro de un año, no producirá ningún rendimiento.

Se considera un interés compuesto i , la principal característica de el interés compuesto es que los intereses a su vez generan intereses.

A continuación se muestran tablas que resumen todos los costos de los subsistemas calculados incluyendo los costos de energía eléctrica así como el año en el que entran en operación, los datos en las tablas están ordenados por fuente de abastecimiento y dentro de cada una de estas los totales de inversión en obra (captaciones y conducciones), reequipamiento y energía eléctrica; también se incluyen los volúmenes de agua para cada año.

Las tablas también muestran la inversión en obra de todos los tanques de regularización que cubren las necesidades de cada zona.

Al final de cada tabla se muestran los costos totales de cada alternativa con sus respectivos valores presentes calculados estos de multiplicar la suma de todos los costos en cada año por el factor $1/(1+i)^n$, donde n es el valor del año que se este calculando, por ejemplo el 2000 es el año 0 del anteproyecto, el 2001 es el 1, y así sucesivamente, también se incluye al final el costo del m^3 de agua de cada fuente de abastecimiento así como el ponderado de la alternativa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4.34 Valor presente de Alternativa No. 1

Concepto	Total	Años																				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A.- San Miguelito																						
A.1 Inversión en obra	3,711.3																					
Captaciones	1,927.5						810.0				140.0											
Conducciones	1,783.8	1,199.8					515.8				88.5											
A.2 Reequipamiento	550.0											302.5						247.5				
A.3 Energía eléctrica	7,258.7		215.6	215.6	215.6	215.6	311.6	391.9	391.9	391.9	391.9	401.7	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5
A.4 Vol. De agua/año *	54,842.9		854.3	978.6	1,132.1	1,291.1	1,736.4	2,560.1	2,913.3	3,139.7	3,240.6	3,278.6	3,291.4	3,306.9	3,323.3	3,340.3	3,358.6	3,377.5	3,397.7	3,418.8	3,441.2	3,464.5
B.- San Jeronimito																						
B.1 Inversión en obra	11,649.8																					
Captaciones	1,529.5																807.5					
Conducciones	9,185.1																385.3					
Cercamo B. O. Civil	525.0																					
O. Eléctrica	310.0																155.0					
B.2 Reequipamiento	385.0																					385.0
B.3 Energía eléctrica	5,438.2											274.4	274.4	274.4	274.4	490.5	648.7	648.7	648.7	648.7	648.7	648.7
B.4 Vol. De agua/año *	17,830.1											427.3	599.5	803.9	1,047.6	1,138.1	1,822.5	1,983.3	2,159.3	2,352.3	2,563.9	2,832.5
C.- La Laja																						
C.1 Inversión en obra	7,868.4																					
Modificación de canal	1,884.7				1,884.7																	
Conducción a la zona	5,871.7								5,871.7													
C.2 Reequipamiento	550.0																			550.0		
C.3 Energía eléctrica	7,008.9									539.1	539.1	539.1	539.1	539.1	539.1	539.1	539.1	539.1	539.1	539.1	539.1	539.1
C.4 Vol. De agua/año *	13,289.1									170.8	472.4	827.8	888.2	974.5	1,057.7	1,148.2	1,248.9	1,282.4	1,278.2	1,264.2	1,310.6	1,327.4
D.- Tanques de Reg.																						
D.1 Inversión en obra	8,242.8																					
Zona 1 (186, 290)	525.0	225.0										300.0										
Zona 2 (886, 889)	1,575.0	750.0					825.0															
Zona 3 (390)	450.0	450.0																				
Zona 4 (128, 130)	2,355.0	330.0								2,025.0												
Zona 5 (166, 76)	337.5	225.0										112.5										
E.- Costo total de la A.R.																						
E.1 Inversión en obra	28,869.9	4,157.1			1,884.7		1,325.8	825.0	5,871.7		12,228.9	821.0					1,347.8					
E.2 Reequipamiento	1,485.0												302.5					247.5	550.0			385.0
E.3 Energía eléctrica	19,705.7		215.6	215.6	215.6	215.6	311.6	391.9	391.9	931.1	931.1	1,215.2	1,225.0	1,225.0	1,225.0	1,411.2	1,597.4	1,597.4	1,597.4	1,597.4	1,597.4	1,597.4
F.- Valor presente de I																						
Factor de actualización		1.0000	0.8929	0.7972	0.7118	0.6355	0.5674	0.5066	0.4523	0.4039	0.3608	0.3220	0.2875	0.2567	0.2292	0.2046	0.1827	0.1631	0.1458	0.1300	0.1161	0.1037
V.P. Inversión en obra	14,126.4	4,157.1			1,348.6		752.3	418.0	2,565.6		4,409.1	199.9				275.8						
V.P. Reequipamiento	247.4												87.0				40.4	80.1				39.9
V.P. Energía eléctrica	4,890.4		192.5	171.6	153.4	137.0	176.6	198.6	177.3	376.0	335.6	391.3	352.2	314.4	280.7	288.8	291.8	260.6	232.6	207.7	185.5	165.6
V.P. Total de A.R. No. 1	18,264.2																					
Val. V.P. San Miguelito	18,383.8		782.8	780.1	805.8	820.5	985.3	1,297.0	1,317.6	1,268.1	1,168.6	1,055.0	946.2	848.6	781.6	683.5	613.6	550.9	494.9	444.6	396.5	359.2
Val. V.P. San Jeronimito	2,867.8											137.6	172.3	206.3	240.1	232.9	333.0	323.5	314.5	305.9	297.7	304.0
Val. V.P. La Laja	2,569.43									68.91	170.38	286.54	258.20	250.12	242.40	234.95	227.81	205.92	188.16	168.30	152.17	137.60

- Costo del agua de San Miguelito = 5508.90/16363.80 = 0.34 \$/m³
- Costo del agua de San Jeronimito = 4933.40/2867.80 = 1.72 \$/m³
- Costo del agua de La Laja = 5560.90/2569.43 = 2.16 \$/m³
- Costo del agua Promedio = 19284.20/21800.9 = 0.88 \$/m³

NOTA Cantidades en miles de pesos.
* Volúmenes en miles de m³

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 4.38 Valor presente de Alternativa No. 2

Concepto	Total	Años																				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A.- San Miguelito																						
A.1 Inversión en obra	3,711.3																					
Capilaciones	1,827.5	977.5					810.0					140.0										
Conducciones	1,783.8	1,199.6					515.8					68.5										
A.2 Reequipamiento	550.0												302.5							247.5		
A.3 Energía eléctrica	7,258.7		215.6	215.6	215.6	215.6	311.6	391.9	391.9	391.9	391.9	401.7	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5	411.5
A.4 Vol. De Aguasño *	54,842.9		854.3	978.6	1,132.1	1,291.1	1,738.4	2,560.1	2,913.3	3,139.7	3,240.6	3,278.6	3,291.4	3,306.9	3,323.3	3,340.3	3,358.6	3,377.5	3,397.7	3,418.8	3,441.2	3,464.5
C.- La Laja																						
C.1 Inversión en obra	30,664.8																					
Modificación de carret.	13,228.5				13,228.5																	
Conducción a la zona	17,328.0								17,328.0													
C.2 Reequipamiento	1,650.0														1,850.0							
C.3 Energía eléctrica	14,015.5								1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1	1,001.1
C.4 Vol. De Aguasño *	31,343.0									170.6	516.2	1,255.1	1,497.6	1,778.3	2,105.3	2,488.3	3,069.4	3,245.7	3,437.4	3,646.5	3,874.5	4,259.9
D.- Tenques de Res.																						
D.1 Inversión en obra	8,260.8																					
Zona 1 (186, 200)	525.0	225.0										300.0										
Zona 2 (506, 566)	1,575.0	750.0						825.0														
Zona 3 (306)	1,850.0	525.0											1,125.0									
Zona 4 (220, 136)	1,162.5	412.5												750.0								
Zona 5 (160, 76)	337.5	225.0												112.5								
E.- Costo total de la AL																						
E.1 Inversión en obra	30,816.8	4,314.6			13,228.5		1,325.8	825.0	17,328.0				1,371.0	1,125.0								
E.2 Reequipamiento	2,300.0												302.5			1,850.0			247.5			
E.3 Energía eléctrica	21,274.2		215.6	215.6	215.6	215.6	311.6	391.9	1,393.0	1,393.0	1,393.0	1,402.8	1,412.6	1,412.6	1,412.6	1,412.6	1,412.6	1,412.6	1,412.6	1,412.6	1,412.6	1,412.6
F.- Valor presente de 2																						
Factor de actualización	0.0000	1.0000	0.8929	0.7972	0.7118	0.6355	0.5674	0.5068	0.4523	0.4039	0.3608	0.3220	0.2875	0.2567	0.2292	0.2048	0.1827	0.1631	0.1456	0.1300	0.1161	0.1037
V.P. Inversión en obra	23,502.4	4,314.6			9,414.4		752.3	418.0	7,838.3				441.4	323.4								
V.P. Reequipamiento	465.0												87.0			337.6			40.4			
V.P. Energía eléctrica	5,746.8		192.5	171.6	153.4	137.0	178.6	198.6	830.1	562.6	502.3	451.7	408.1	362.6	323.7	289.1	258.1	230.4	205.7	183.7	164.0	146.4
V.P. Total de AL No. 2	29,714.2																					
Vol. V.P. San Miguelito	18,383.8		782.78	780.10	805.83	820.50	965.26	1,297.02	1,317.83	1,268.08	1,168.61	1,054.96	946.20	848.79	761.61	683.49	613.60	550.95	494.85	444.58	399.55	359.16
Vol. V.P. La Laja	5,483.9								68.91	186.16	404.12	430.54	456.45	482.49	508.75	560.77	529.44	500.64	474.19	449.68	441.61	

Costo del agua de San Miguelito = 5508.00/18383.80 = **0.34 \$/m³**
 Costo del agua de La Laja = 20952.15/483.9 = **3.81 \$/m³**
 Costo del agua Promedio = 28714.2/21857.7 = **1.36 \$/m³**

NOTA Cambdades en miles de pesos.

* Volumenes en miles de m³

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 6.34 Valor presente de Alternativa No. 3

Concepto	Total	Años																				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A.- San Miguelito																						
A.1 Inversión en obra	1,863.3																					
Capitales	1,040.5	900.5																				
Condiciones	862.8	794.4										140.0	88.5									
A.2 Reequipamiento	225.5											225.5										
A.3 Energía eléctrica	3,419.7	180.7	180.7	180.7	180.7	180.7	180.7	180.7	180.7	180.7	180.7	170.5	180.3	180.3	180.3	180.3	180.3	180.3	180.3	180.3	180.3	
A.4 Vol. De agua/año *	25,027.9	854.3	910.8	980.3	1,014.5	1,120.2	1,237.8	1,249.8	1,262.4	1,275.6	1,289.8	1,304.6	1,320.1	1,338.5	1,353.5	1,371.8	1,390.7	1,410.9	1,432.1	1,454.4	1,477.8	
B.- San Jeronimito																						
B.1 Inversión en obra	6,187.4																					
Capitales	887.0					887.0																
Condiciones	4,882.9					4,882.9																
Cercamo B. O. Civil	262.5					262.5																
O. Eléctrica	155.0					155.0																
B.2 Reequipamiento	550.0																		550.0			
B.3 Energía eléctrica	5,879.1							391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	391.9	
B.4 Vol. De agua/año *	13,690.7							225.5	270.0	289.5	311.6	338.5	637.0	702.3	784.3	867.7	1,018.0	1,318.5	1,330.5	1,342.5	1,354.5	
C.- La Laja																						
C.1 Inversión en obra	27,862.9																					
Modificación de carret.	13,507.8				13,507.8																	
Conducción a la zona	14,355.1				14,191.4			183.6														
C.2 Reequipamiento	1,650.0														1,650.0							
C.3 Energía eléctrica	18,801.0			507.1	507.1	507.1	833.7	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	
C.4 Vol. De agua/año *	47,475.9		78.3	171.9	278.8	390.7	1,052.4	1,374.0	1,738.4	2,144.9	2,604.9	2,782.1	2,980.6	3,204.4	3,455.1	3,737.7	3,802.0	4,081.7	4,278.8	4,494.5	4,731.0	
D.- Tanques de Reg.																						
D.1 Inversión en obra	6,268.0																					
Zona 1 (160, 200)	525.0	225.0										300.0										
Zona 2 (600, 600)	1,575.0	750.0						825.0														
Zona 3 (300)	1,650.0	525.0										1,125.0										
Zona 4 (220, 1360)	1,182.5	412.5										750.0										
Zona 6 (160, 76)	337.5	225.0										112.5										
E.- Costo total de la AL																						
E.1 Inversión en obra	46,223.6	3,832.4			27,699.2		6,032.4	183.6				1,371.0	1,125.0									
E.2 Reequipamiento	2,425.5											225.5			1,650.0			550.0				
E.3 Energía eléctrica	27,899.8		180.7	180.7	687.8	687.8	687.8	1,386.4	1,713.1	1,713.1	1,713.1	1,722.9	1,732.7	1,732.7	1,732.7	1,732.7	1,732.7	1,732.7	1,732.7	1,732.7	1,732.7	
F.- Valor presente de 3																						
Factor de actualización		1.0000	0.8929	0.7972	0.7118	0.6355	0.5674	0.5066	0.4523	0.4039	0.3606	0.3220	0.2875	0.2587	0.2292	0.2048	0.1827	0.1631	0.1458	0.1300	0.1181	0.1037
V.P. Inversión en obra	27,818.8	3,832.4			19,715.8		3,423.0	82.9				441.4	323.4									
V.P. Reequipamiento	492.2											64.8			337.6			89.7				
V.P. Energía eléctrica	8,043.9		143.5	128.1	475.3	424.4	378.9	702.4	774.9	691.9	617.8	554.7	498.1	444.7	397.1	354.5	316.6	282.6	252.4	225.3	201.2	178.6
V.P. Total de AL No.3	36,344.9																					
Vol. V.P. San Miguelito	8,518.67	0.0	782.8	726.1	683.5	644.7	635.6	627.1	565.3	509.9	480.0	415.3	375.1	338.8	306.3	277.0	250.6	228.9	205.5	188.2	168.9	153.2
Vol. V.P. San Jeronimito	2,808.3	0.0	0.0	0.0	0.0	127.9	138.8	131.0	125.6	121.3	205.1	201.9	201.3	203.4	208.3	240.9	217.0	195.5	178.1	158.7	157.1	
Vol. V.P. La Laja	10,537.5	0.0	0.0	60.8	122.3	175.8	221.7	533.2	621.5	701.3	773.4	838.7	799.8	785.1	734.4	707.0	682.9	638.5	594.5	558.4	521.8	480.5

Costo del agua de San Miguelito = 3065 90/8518.67 = **0.36 \$/m³**
 Costo del agua de San Jeronimito = 5115 30/2808.30 = **1.82 \$/m³**
 Costo del agua de La Laja = 5290.10/10537.50 = **0.50 \$/m³**
 Costo del agua Promedio = 36354.90/21884.5 = **1.66 \$/m³**

NOTA Caudales en miles de pesos

* Volúmenes en miles de m³

Tabla 6.37 Valor presente de la Alternativa No. 4

Concepto	Total	Años																				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A.- San Miguelito																						
A.1 Inversión en obra	3,873.4																					
Capilaciones	2,007.3		941.8				373.5					140.0		552.0								
Conducciones	1,866.1		1,124.9				252.0					68.5		420.7								
A.2 Reajustes	415.3												286.8							148.5		
A.3 Energía eléctrica	7,147.1		190.1	190.1	190.1	190.1	243.0	295.9	295.9	295.9	295.9	305.7	315.5	403.7	491.9	491.9	491.9	491.9	491.9	491.9	491.9	491.9
A.4 Vel. De agua/año *	38,718.6		854.3	910.8	980.3	1,014.5	1,345.6	1,507.7	1,539.3	1,574.0	1,612.1	1,628.9	2,007.0	2,104.4	2,224.2	2,371.5	2,690.3	2,721.2	2,753.4	2,786.5	2,821.2	2,863.4
C.- La Laja																						
C.1 Inversión en obra	27,962.8																					
Modificación de canal	13,507.8				13,507.8																	
Conducción a la zona	14,355.1				14,191.4			183.8														
C.2 Reajustes	1,650.0														1,650.0							
C.3 Energía eléctrica	18,601.0				507.1	507.1	507.1	833.7	1,180.4	1,190.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4	1,160.4
C.4 Vel. De agua/año *	47,475.9			76.3	171.9	276.6	390.7	1,052.4	1,374.0	1,736.4	2,144.8	2,604.9	2,782.1	2,980.6	3,204.4	3,455.1	3,737.7	3,902.0	4,081.7	4,278.6	4,494.5	4,731.0
D.- Tanques de Reg.																						
D.1 Inversión en obra	5,290.0																					
Zona 1 (160, 200)	525.0	225.0										300.0										
Zona 2 (800, 600)	1,575.0	750.0						825.0														
Zona 3 (300)	1,650.0	525.0											1,125.0									
Zona 4 (220, 1500)	1,162.5	412.5											750.0									
Zona 5 (160, 75)	337.5	225.0											112.5									
E.- Costo total de la AR																						
E.1 Inversión en obra	36,996.2	4,204.2			27,699.2		625.5	988.6				1,371.0	1,125.0	972.7								
E.2 Reajustes	2,065.3												286.8			1,650.0				148.5		
E.3 Energía eléctrica	25,748.1		190.1	190.1	697.2	697.2	750.1	1,129.7	1,456.4	1,456.4	1,456.4	1,466.1	1,475.9	1,584.1	1,652.3	1,652.3	1,652.3	1,652.3	1,652.3	1,652.3	1,652.3	1,652.3
F.- Valor presente de 4																						
Factor de actualización	0.0000	1.0000	0.8929	0.7972	0.7118	0.6355	0.5674	0.5066	0.4523	0.4039	0.3608	0.3220	0.2875	0.2587	0.2292	0.2048	0.1827	0.1631	0.1458	0.1300	0.1161	0.1037
V.P. Inversión en obra	25,790.3	4,204.2			19,715.6		355.0	500.9				441.4	323.4	249.7								
V.P. Reajustes	438.5												76.7			337.6			24.2			
V.P. Energía eléctrica	7,435.3		169.7	151.5	496.2	443.1	425.6	572.3	658.8	588.2	525.2	472.1	424.3	401.5	376.7	338.1	301.9	269.5	240.7	214.9	191.8	171.3
V.P. Total de AR No. 4	33,664.1																					
Vel. V.P. San Miguelito	11,327.0	0.0	762.8	726.1	883.5	644.7	783.6	783.9	696.3	635.7	581.3	620.4	577.0	540.1	509.7	485.3	491.5	443.9	401.0	382.4	327.6	310.3
Vel. V.P. La Laja	10,537.5	0.0	0.0	60.8	122.3	175.6	221.7	533.2	621.5	701.3	773.4	838.7	799.8	765.1	734.4	707.0	682.9	636.5	594.5	556.4	521.8	490.5

Costo del agua de San Miguelito = 4984.52/11326.97 = **0.44 \$/m³**
 Costo del agua de La Laja = 5290.06/10537.51 = **0.50 \$/m³**
 Costo del agua Promedio = 33664.10/21864.5 = **1.54 \$/m³**

NOTA: Cantidades en miles de pesos.

* Volúmenes en miles de m³

Los datos obtenidos en las tablas anteriores dan los resultados en cuanto al costo de las cuatro alternativas que se propusieron para resolver las necesidades de agua potable de la zona en estudio se resumen en la siguiente tabla:

Numero de Alternativa	Valor presente Total (\$)	Costo de agua San Miguelito	Costo de agua San Jeronimito	Costo de agua La Laja	Costo de agua Promedio
1	19,264,200.00	0.34 \$/m ³	1.72 \$/m ³	2.16 \$/m ³	0.88 \$/m ³
2	29,714,200.00	0.34 \$/m ³	-	3.81 \$/m ³	1.36 \$/m ³
3	36,354,900.00	0.36 \$/m ³	1.82 \$/m ³	0.50 \$/m ³	1.66 \$/m ³
4	33,664,100.00	0.44 \$/m ³	-	0.50 \$/m ³	1.54 \$/m ³

En esta tabla se puede observar que la alternativa que ofrece el costo total de construcción y operación así como el costo promedio por m³ de agua más bajo del sistema, es la alternativa número uno.

Es importante mencionar que los precios índice que se utilizan en este capítulo para obtener los costos totales de las alternativas, pertenecen a fuentes vigentes al año 2000, aunque se utilizaron como una constante en los cálculos de las cuatro alternativas con el fin de verificar cual de estas es la que tiene mayor factibilidad económica.

CAPÍTULO 6

Anteproyecto para el abastecimiento de Agua Potable

En este capítulo

6.1 Análisis Hidráulico

6.2 Anteproyecto de líneas de conducción

6.1 Análisis hidráulico

Los datos obtenidos en el capítulo anterior (cinco) se calcularon utilizando los criterios de diseño de Chezy-Manning. Para realizar cálculos más aproximados del anteproyecto se utilizarán los criterios establecidos por Hazen-Williams, mismos que proporcionan mayor confiabilidad en los resultados y están fundamentados con los siguientes criterios.

Formula de perdidas generales:

$$hf = aQ^N$$

Donde: hf = pérdida de carga en metros
 Q = gasto en m³/seg
 a = coeficiente de resistencia
 b = exponente de caudal (1.85 para Hazen-Williams)

El coeficiente "a" para la formula de Hazen-Williams se calcula con la siguiente expresión:

$$a = 10.61C^{-1.85} D^{-4.87} L$$

Donde: C = coeficiente de rugosidad de Hazen - Williams
 D = diámetro de la tubería en metros
 L = longitud de la tubería en m.

$$V = 0.355 CD^{0.63} sf^{0.54}$$

Donde: C = coeficiente de rugosidad de Hazen - Williams
 D = diámetro de la tubería en metros
 sf = pendiente hidráulica que se obtiene de:

$$sf = \frac{hf}{L}$$

Donde: hf = pérdida de carga en metros.
 L = longitud de la tubería en metros.

Los cálculos de este capítulo se realizan con ayuda de un modelo de simulación por ordenador EPANET Versión 1.1e y que es proporcionado por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA Agencia para la Protección del Medio Ambiente de E.E.U.U.). Este modelo permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel de agua en los depósitos y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un periodo de simulación prolongado.

Para las conducciones a bombeo, en los subsistemas del acuífero San Miguelito por sus dimensiones, se resolverán por medio del análisis simplificado cuyos criterios de diseño se mencionan a continuación.

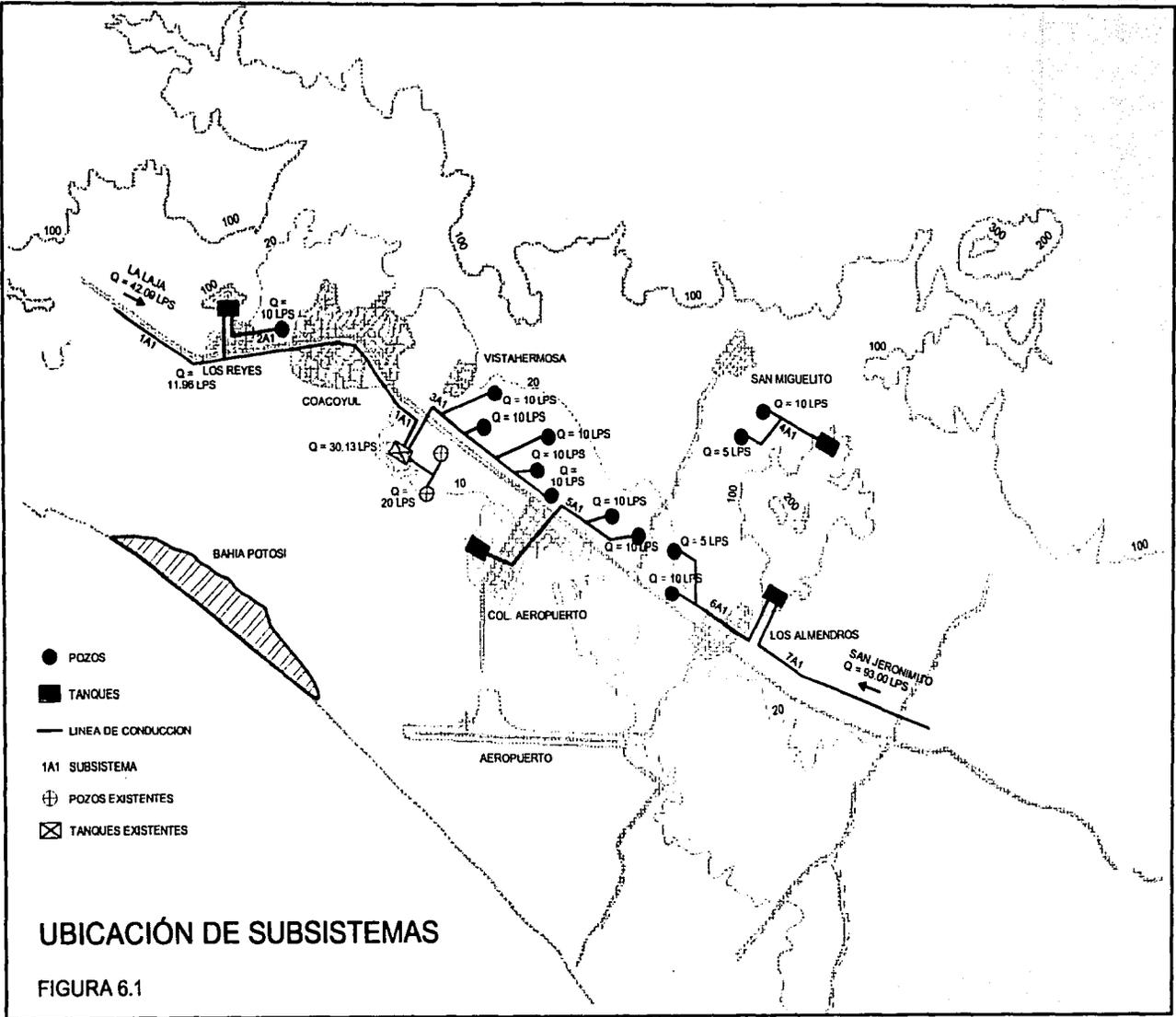
El análisis simplificado deduce que en conducciones con longitudes menores a los 3,000 metros no es necesario determinar con precisión el diámetro más económico, en virtud de que la variación que se tendrá entre diámetros consecutivos no afectara los costos iniciales, se buscara entonces un diámetro con velocidad que oscile entre 1.00 y 1.50 m/s y la pérdida de carga quede entre 2.50 y 4.00 m/Km.

La solución del sistema de abastecimiento que se propone en la alternativa No. 1, se ejecuta, dividiendo este en los subsistemas que con anterioridad se manejaron en otros capítulos para esta alternativa y utilizando los criterios mencionados al principio de este capítulo. Cada subsistema tiene sus fuentes de abastecimiento así como zonas de influencia a las que abastecerá de agua potable según lo dispuesto en la planeación del sistema, los siete subsistemas que conforman el sistema general de la zona se pueden visualizar en la figura 6.1 así como las zonas de influencia que tiene cada uno en la figura 6.2

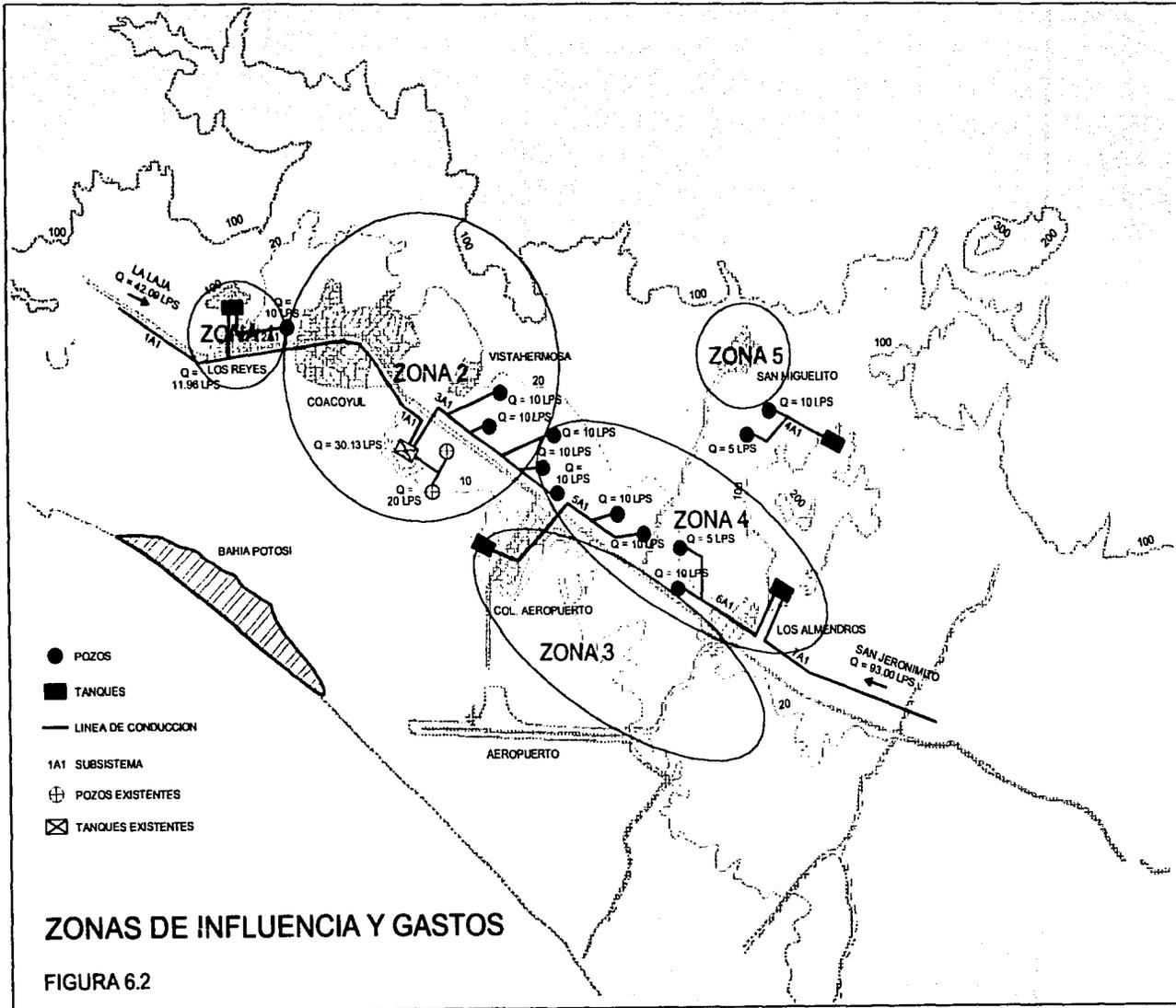
Para analizar cada uno de los subsistemas se alimentara el programa con los datos obtenidos y calculados en capítulos anteriores, que fundamentalmente son: nodos con cotas de terreno, tanques con cotas de terreno y niveles de agua máximos y mínimos, tuberías con longitudes, diámetros y coeficientes de rugosidad propuestos para cada subsistema.

A continuación se mostraran para cada caso los datos de entrada ya mencionados con sus respectivos resultados producto de la simulación ejecutada por el programa y en la cual se fueron ajustando los valores mediante iteraciones, para así, poder obtener las soluciones de cada subsistema propuesto. Anexo a esto se muestra una modelación del subsistema, para visualizar mejor los resultados obtenidos con EPANET.

Después de estos resultados se muestran los perfiles topográficos del terreno de cada subsistema, en dichos perfiles se incluye la línea piezométrica en la cual se mencionan los datos calculados en la modelación y que básicamente son: gasto, diámetro, velocidad y pendiente hidráulica; en una tabla contenida bajo de cada perfil se mencionan datos de: tipo y clase de tubería, cargas disponibles, cotas piezométricas, cotas de terreno y distancias, así como los puntos donde existen tanques o donde se deriva hacia ellos.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Datos de Entrada

[TITLE]

Subsistema 1A1

[JUNCTIONS]

Id	Cota	Demanda (l/s)
2	10.0	0
5	16.2	0
6	10.0	0

[TANKS]

Id	Cota (m)	Nivel Inic.	Nivel Min.	Nivel Max.	Diámetro
1	114				
3	40	2.00	1.90	2.10	
4	80	2.00	1.90	2.10	

[PIPES]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coefic. Rugosidad
1	1	5	7990	254	140
2	5	2	1335	203	140
5	2	4	450	152	140
3	2	6	713	203	140
4	6	3	2287	152	140

[TIMES]

Controles sobre la evolución de la simulación

DURATION 0 HOUR

[OPTIONS]

Propiedades de la red y Opciones de Simulación

UNITS	SI
HEADLOSS	H-W
MAP	1A1.map

[END]

Resultados de las líneas en Régimen Permanente

Línea	Diámetro mm	Caudal L/s	Velocidad m/seg.	Pérdida m/km.
Tubería 1	254.00	42.09	0.83	2.56
Tubería 2	203.00	42.09	1.30	7.62
Tubería 5	152.00	11.96	0.66	3.04
Tubería 3	203.00	30.13	0.93	4.11
Tubería 4	152.00	30.13	1.66	16.81

Resultados de los nudos en Régimen Permanente

Nudo	Demanda L/s	Cota m	Altura m	Presión m
Nudo 2	0.00	10.00	83.37	73.37
Nudo 5	0.00	16.20	93.55	77.35
Nudo 6	0.00	10.00	80.44	70.44
Depósito 1	-42.09	114.00	114.00	0.00
Depósito 3	30.13	40.00	42.00	2.00
Depósito 4	11.96	80.00	82.00	2.00

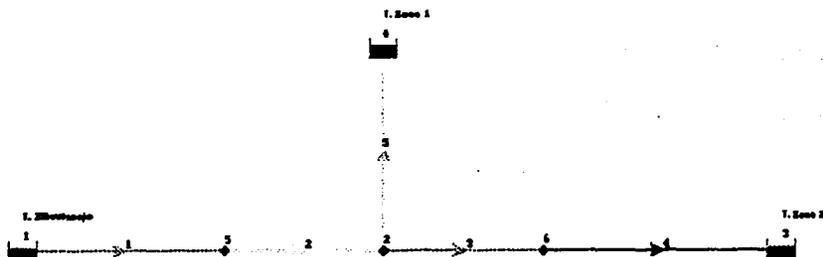


Diagrama 1A1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Datos de Entrada

[TITLE]

SUBSISTEMA 2A1

[JUNCTIONS]

Id	Cota	Demanda (l/s)
2	10	0

[TANKS]

Id	Cota (m)	Nivel Inic.	Nivel Min.	Nivel Max.	Diámetro
3	80	2.00	1.90	2.10	
1	5				

[PIPES]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coeffic. Rugosidad
2	2	3	975	100	140

[PUMPS]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Carga (m)	Gasto (l/s)
1	1	2	93.35	10

[TIMES]

Controles sobre la evolución de la simulación

DURATION 0 HOUR

[OPTIONS]

Propiedades de la red y Opciones de Simulación

UNITS SI
 HEADLOSS H-W
 MAP 2a1.map

[END]

Resultados de las líneas en Régimen Permanente

Línea	Diámetro mm	Caudal L/s	Velocidad m/sec.	Pérdida m/km.
Tubería 2	100.00	10.00	1.27	16.78
Bomba 1	0.00	10.00	0.00	-93.36

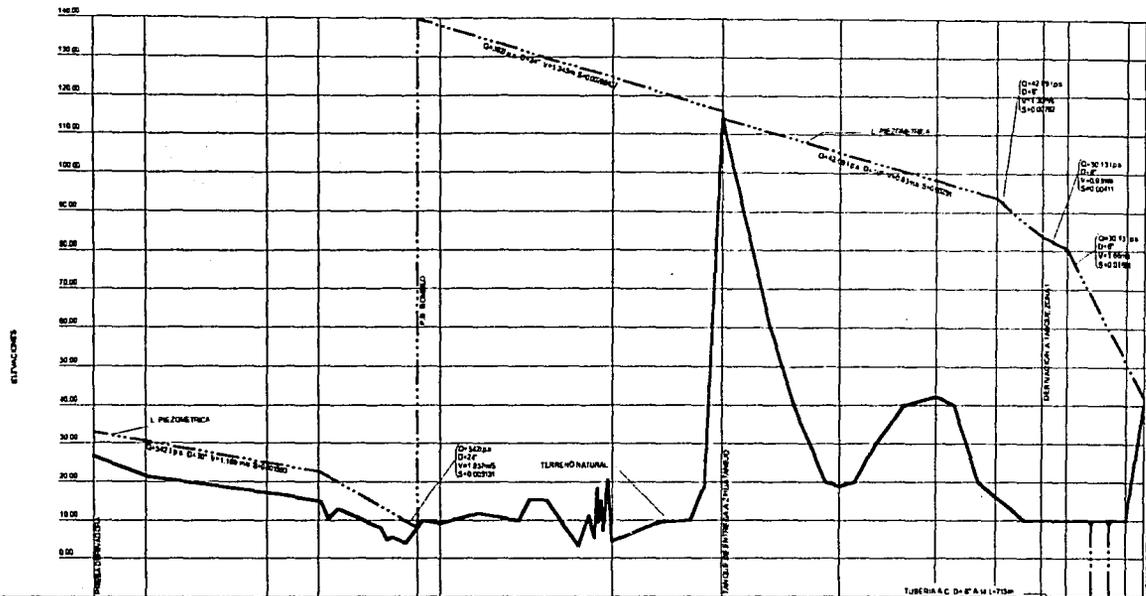
Resultados de los nudos en Régimen Permanente

Nudo	Demanda L/s	Cota m	Altura m	Presión m
Nudo 2	0.00	10.00	98.36	88.36
Depósito 3	10.00	80.00	82.00	2.00
Depósito	-10.00	5.00	5.00	0.00



Diagrama 2A1

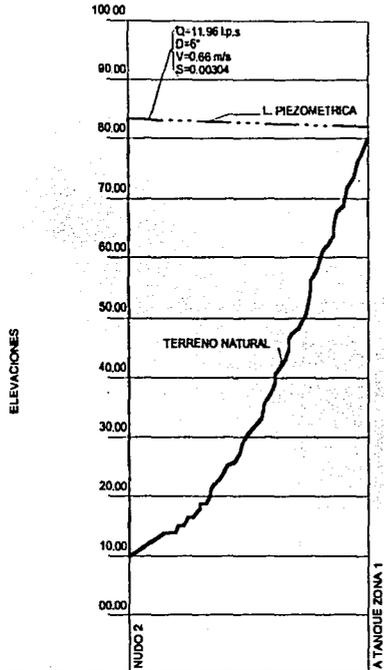
PERFIL SUBSISTEMA 1A1
PRESA "LA LAJA"



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA ACERO D= 24" x 1.25mm				TUBERIA ACERO D= 24" x 0.914mm				TUBERIA AC D= 12" x 1.13mm				TUBERIA AC A D= 12" x 1.25mm			
CARGA DISPONIBLE	8.0	8.0	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	6.2	6.0	5.8	5.6	5.4	5.2
COTA PIEZOMETRICA	31.15	30.95	30.75	30.55	30.35	30.15	29.95	29.75	29.55	29.35	29.15	28.95	28.75	28.55	28.35	28.15
COTA DE TERRENO	30.0	29.8	29.6	29.4	29.2	29.0	28.8	28.6	28.4	28.2	28.0	27.8	27.6	27.4	27.2	27.0
DISTANCIA	0+0	0+1	0+2	0+3	0+4	0+5	0+6	0+7	0+8	0+9	0+10	0+11	0+12	0+13	0+14	0+15

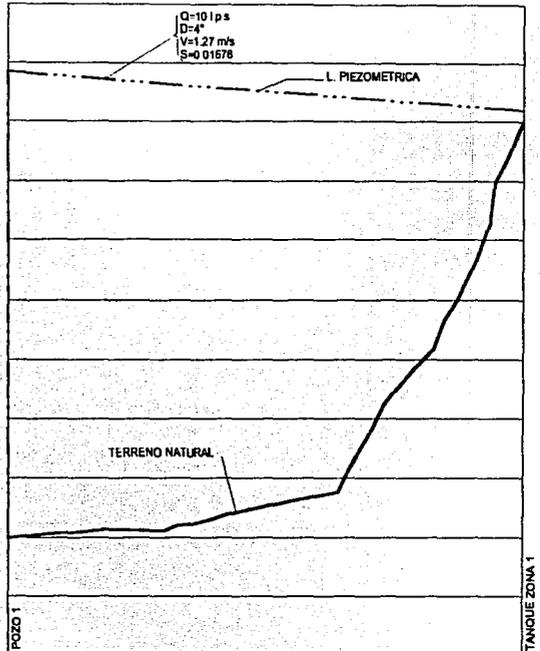
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PERFIL SUBSISTEMA 1A1 (2)
PRESA "LA LAJA"



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D=6" A-14 L=450 m	
CARGA DISPONIBLE	73.37	2.00
COTA PIEZOMETRICA	83.37	82.00
COTA DE TERRENO	10.00	80.00
DISTANCIA	0+000	05+000

SUBSISTEMA 2A1
ACUIFERO "SAN MIGUELITO"



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D=4" A-14 L=975 m	
CARGA DISPONIBLE	88.38	2.00
COTA PIEZOMETRICA	96.38	92.00
COTA DE TERRENO	10.00	80.00
DISTANCIA	0+000	58+000

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

Datos de Entrada

[TITLE]

SUBSISTEMA 3A1

[JUNCTIONS]

Id	Cota	Demanda (l/s)
2	10	0
4	10	0
5	10	0
7	14	0
8	10	0
10	10	0
11	10	0
13	14	0
14	10	0

[TANKS]

Id	Cota (m)	Nivel Inic.	Nivel Min.	Nivel Max.	Diámetro
15	40	2.00	1.90	2.10	
1	5				
3	5				
6	5				
9	5				
12	5				

[PIPES]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Cofic. Rugosidad
2	2	5	550	100	140
4	4	5	50	100	140
5	5	8	182	150	140
7	7	8	660	100	140
8	8	11	318	200	140
10	10	11	50	100	140
11	11	14	182	200	140
13	13	14	660	100	140
14	14	15	518	250	140

[PUMPS]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Carga (m)	Gasto (l/s)
1	1	2	52.50	10
3	3	4	44.10	10
6	6	7	52.80	10
9	9	10	41.16	10
12	12	13	50.05	10

[OPTIONS]

Propiedades de la red y Opciones de Simulación

UNITS SI
 HEADLOSS H-W
 MAP 3A1.map

[END]

Resultados de las líneas en Régimen Permanente

Línea	Diámetro mm	Caudal L/s	Velocidad m/sec.	Pérdida m/km.
Tubería 2	100.00	10.00	1.27	16.80
Tubería 4	100.00	10.00	1.27	16.80
Tubería 5	150.00	20.01	1.13	8.41
Tubería 7	100.00	10.00	1.27	16.79
Tubería 8	200.00	30.01	0.96	4.38
Tubería 10	100.00	10.00	1.27	16.78
Tubería 11	200.00	40.00	1.27	7.46
Tubería 13	100.00	10.00	1.27	16.79
Tubería 14	250.00	50.00	1.02	3.80
Bomba 1	0.00	10.00	0.00	-52.49
Bomba 3	0.00	10.00	0.00	-44.09
Bomba 6	0.00	10.00	0.00	-52.80
Bomba 9	0.00	10.00	0.00	-41.17
Bomba 12	0.00	10.00	0.00	-50.05

Resultados de los nudos en Régimen Permanente

Nudo	Demanda L/s	Cota m	Altura m	Presión m
Nudo 2	0.00	10.00	57.49	47.49
Nudo 4	0.00	10.00	49.09	39.09
Nudo 5	0.00	10.00	48.25	38.25
Nudo 7	0.00	14.00	57.80	43.80
Nudo 8	0.00	10.00	46.72	36.72
Nudo 10	0.00	10.00	46.17	36.17
Nudo 11	0.00	10.00	45.33	35.33
Nudo 13	0.00	14.00	55.05	41.05
Nudo 14	0.00	10.00	43.97	33.97
Depósito 15	50.00	40.00	42.00	2.00
Depósito 1	-10.00	5.00	5.00	0.00
Depósito 3	-10.00	5.00 <td 5.00	0.00	
Depósito 6	-10.00	5.00	5.00	0.00
Depósito 9	-10.00	5.00	5.00	0.00
Depósito 12	-10.00	5.00	5.00	0.00

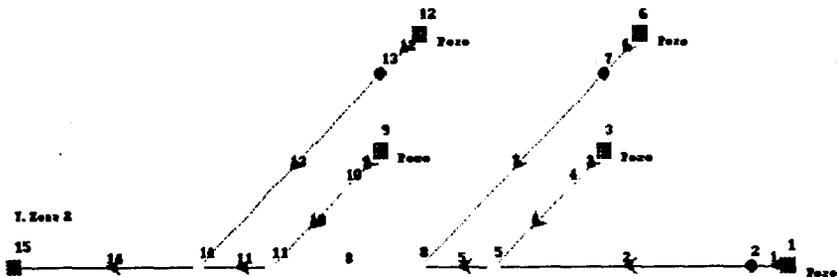
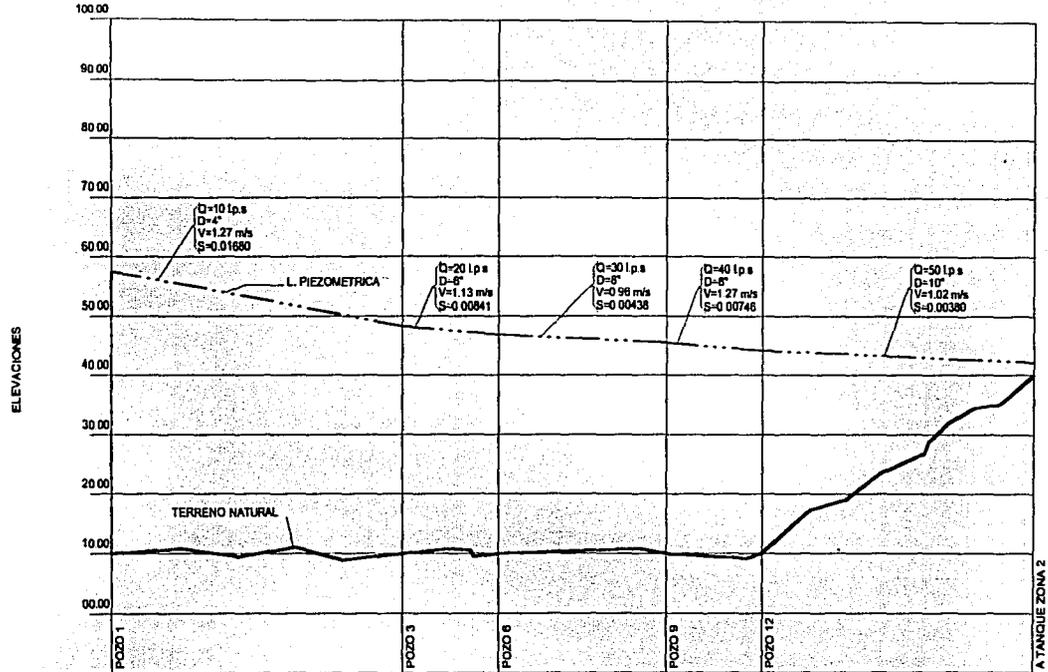


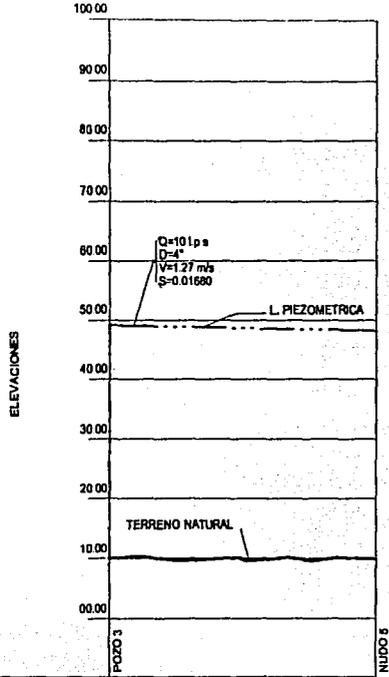
Diagrama 3A1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

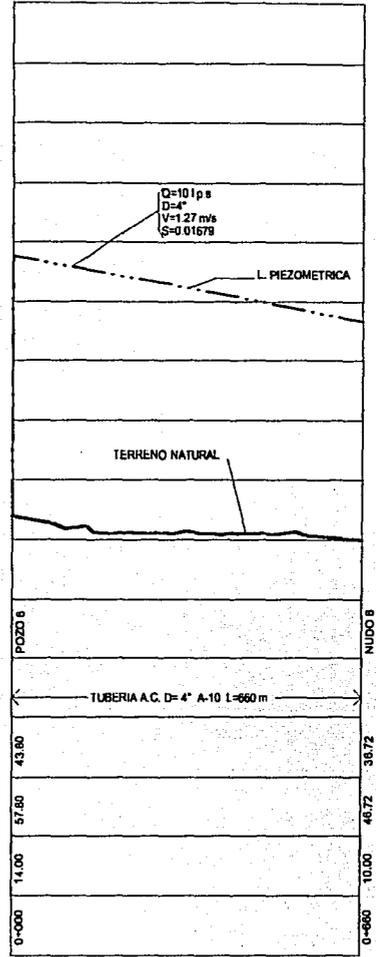


TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 6" A-7 L=182 m		TUBERIA A.C. D= 8" A-7 L=318 m		TUBERIA A.C. D= 8" A-7 L=182 m	
	TUBERIA A.C. D= 4" A-10 L=550 m				TUBERIA A.C. D= 10" A-7 L=518 m	
CARGA DISPONIBLE	47.48	38.25	38.72	35.33	33.97	2.00
COTA PIEZOMETRICA	57.48	43.25	46.72	45.33	43.97	42.00
COTA DE TERRENO	10.00	10.01	10.00	10.00	10.00	10.00
DISTANCIA	0+000	0+550	0+732	090+1	1+222	1+750

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



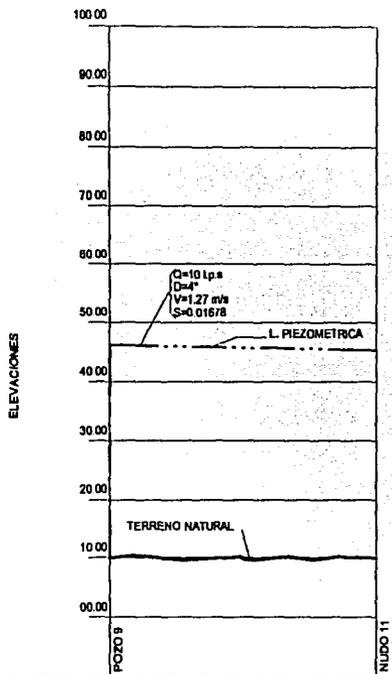
TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4" A-10 L=50 m	
CARGA DISPONIBLE	39.09	58.26
COTA PIEZOMETRICA	49.09	49.26
COTA DE TERRENO	10.00	10.00
DISTANCIA	0+000	0+050



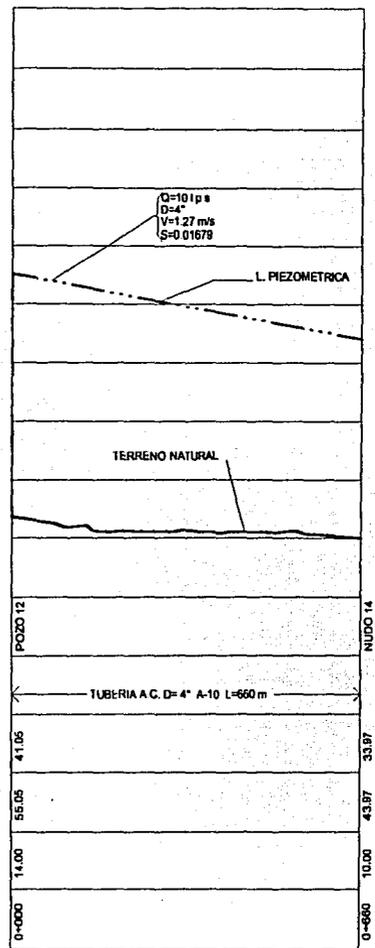
TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4" A-10 L=60 m	
CARGA DISPONIBLE	43.80	73.73
COTA PIEZOMETRICA	57.80	46.72
COTA DE TERRENO	14.00	10.00
DISTANCIA	0+000	0+060

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

SUBSISTEMA 3A(3)
ACUIFERO 'SAN MIGUELITO'



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4" A-7 L=50 m	
CARGA DISPONIBLE	36.17	55.33
COTA PIEZOMETRICA	46.17	45.33
COTA DE TERRENO	10.00	10.00
DISTANCIA	0+000	0+050



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4" A-10 L=600 m	
CARGA DISPONIBLE	41.06	33.97
COTA PIEZOMETRICA	55.06	43.97
COTA DE TERRENO	14.00	10.00
DISTANCIA	0+000	0+600

Datos de Entrada

[TITLE]

SUBSISTEMA 4A1

[JUNCTIONS]

Id	Cota	Demanda (l/s)
2	30	0
4	34	0
5	34	0

[TANKS]

Id	Cota (m)	Nivel Inic.	Nivel Min.	Nivel Max.	Diámetro
6	70	2.00	1.90	2.10	
1	25				
3	25				

[PIPES]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coefic. Rugosidad
2	2	5	550	100	140
4	4	5	50	100	140
5	5	6	600	150	140

[PUMPS]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Carga (m)	Gasto (l/s)
1	1	2	61.28	10
3	3	4	52.88	10

[OPTIONS]

Propiedades de la red y Opciones de Simulación

UNITS SI
 HEADLOSS H-W
 MAP 4a1.map

[END]

Resultados de las líneas en Régimen Permanente

Línea	Diámetro mm	Caudal L/s	Velocidad m/sec.	Pérdida m/km.
Tubería 2	100.00	10.00	1.27	16.79
Tubería 4	100.00	10.00	1.27	16.79
Tubería 5	150.00	20.00	1.13	8.40
Bomba 1	0.00	10.00	0.00	-61.28
Bomba 3	0.00	10.00	0.00	-52.88

Resultados de los nudos en Régimen Permanente

Nudo	Demanda L/s	Cota m	Altura m	Presión m
Nudo 2	0.00	30.00	86.28	56.28
Nudo 4	0.00	34.00	77.88	43.88
Nudo 5	0.00	34.00	77.04	43.04
Depósito 6	20.00	70.00	72.00	2.00
Depósito 1	-10.00	25.00	25.00	0.00
Depósito 3	-10.00	25.00	25.00	0.00

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

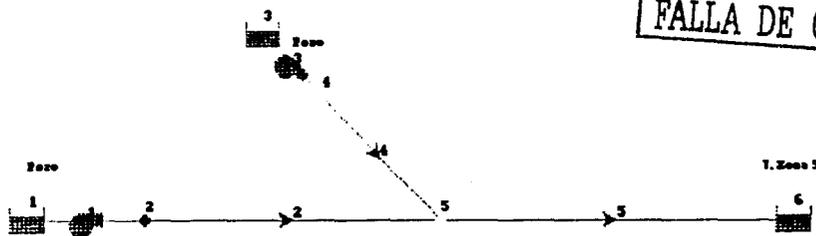
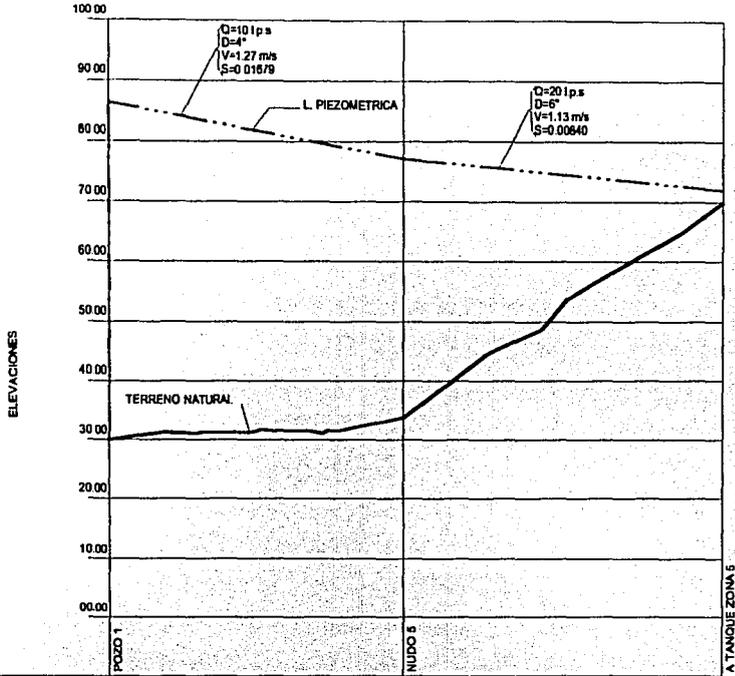
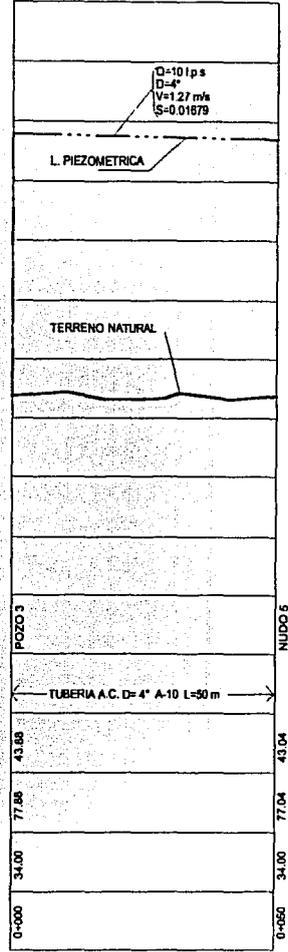


Diagrama 4A1

SUBSISTEMA 4A1
ACUIFERO "SAN MIGUELITO"



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4" A-10 L=550 m		TUBERIA A.C. D= 6" A-10 L=600 m	
CARGA DISPONIBLE	86.28	43.04	72.00	02.00
COTA PIEZOMETRICA	86.28	77.04	72.00	02.00
COTA DE TERRENO	30.00	07.96	02.00	02.00
DISTANCIA	000+0	050+0	02+0	08+1



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4" A-10 L=50 m	
CARGA DISPONIBLE	43.88	03.04
COTA PIEZOMETRICA	77.88	77.04
COTA DE TERRENO	02.96	02.00
DISTANCIA	000+0	050+0

Datos de Entrada

[TITLE]

SUBSISTEMA 5A1

[JUNCTIONS]

Id	Cota	Demanda (l/s)
2	10	0
4	10	0
5	10	0

[TANKS]

Id	Cota (m)	Nivel Inic.	Nivel Min.	Nivel Max.	Diámetro
6	40	2.00	1.90	2.10	
1	5				
3	5				

[PIPES]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coefic. Rugosidad
2	2	5	550	100	140
4	4	5	50	100	140
5	5	6	1225	150	140

[PUMPS]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Carga (m)	Gasto (l/s)
1	1	2	56.50	10
3	3	4	48.13	10

Datos de Entrada

[TITLE]

SUBSISTEMA 6A1

[JUNCTIONS]

Id	Cota	Demanda (l/s)
2	12	0
4	10	0
5	10	0

[TANKS]

Id	Cota (m)	Nivel Inic.	Nivel Min.	Nivel Max.	Diámetro
6	70	2.00	1.90	2.10	
1	5				
3	5				

[PIPES]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coefic. Rugosidad
2	2	5	550	100	140
4	4	5	50	100	140
5	5	6	1200	150	140

[PUMPS]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Carga (m)	Gasto (l/s)
1	1	2	86.34	10
3	3	4	77.94	10

[OPTIONS]

Propiedades de la red y Opciones de Simulación

UNITS SI
 HEADLOSS H-W
 MAP 6a1.map

[END]

Resultados de las líneas en Régimen Permanente

Línea	Diámetro mm	Caudal L/s	Velocidad m/sec.	Pérdida m/km.
Tubería 2	100.00	10.00	1.27	16.80
Tubería 4	100.00	10.00	1.27	16.79
Tubería 5	150.00	20.01	1.13	8.40
Bomba 1	0.00	10.00	0.00	-86.32
Bomba 3	0.00	10.00	0.00	-77.93

Resultados de los nudos en Régimen Permanente

Nudo	Demanda L/s	Cota m	Altura m	Presión m
Nudo 2	0.00	12.00	91.32	79.32
Nudo 4	0.00	10.00	82.93	72.93
Nudo 5	0.00	10.00	82.09	72.09
Depósito 6	20.01	70.00	72.00	2.00
Depósito 1	-10.00	5.00	5.00	0.00
Depósito 3	-10.00	5.00	5.00	0.00

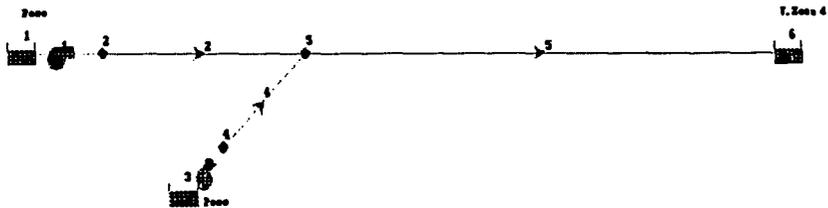
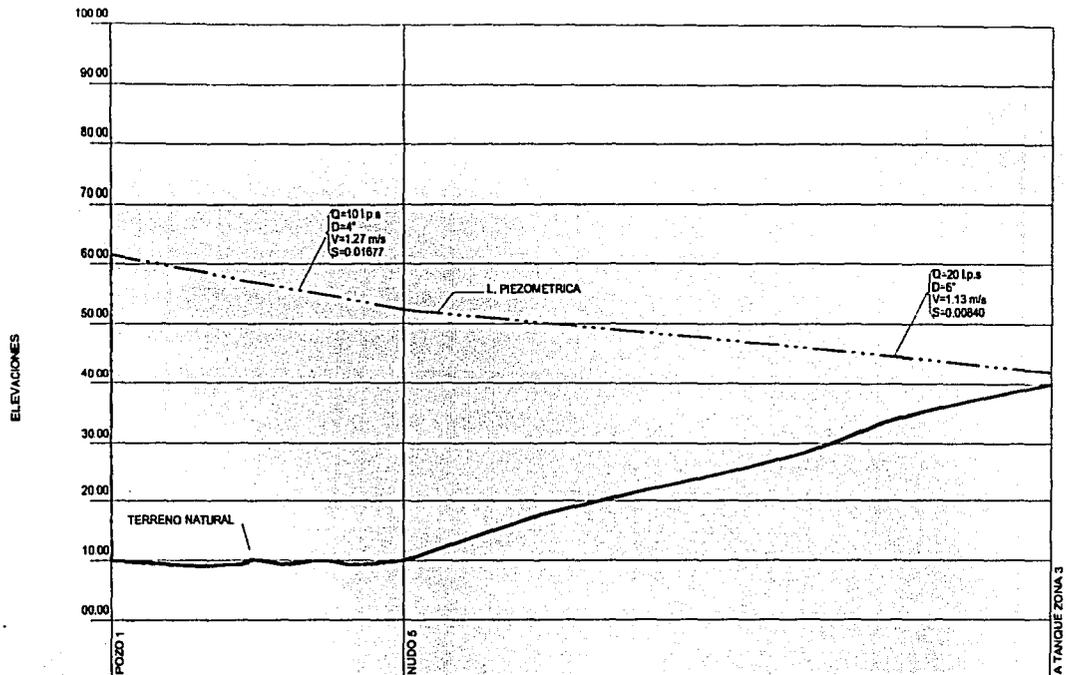


Diagrama 6A1

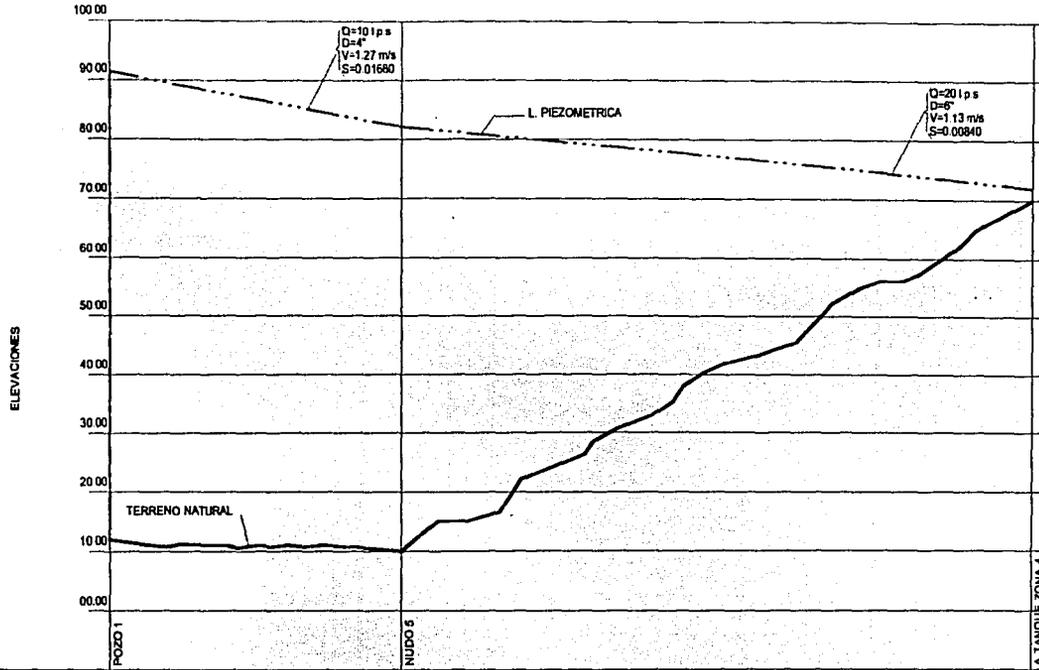
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

SUBSISTEMA 5A1
ACUIFERO "SAN MIGUELITO"



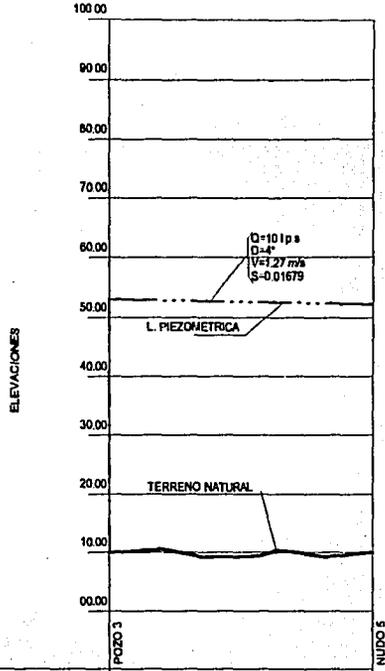
TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4" A-10 L=550 m		TUBERIA A.C. D= 6" A-7 L=1225 m	
CARGA DISPONIBLE	15.19	42.29	42.00	2.00
COTA PIEZOMETRICA	15.19	42.29	42.00	40.00
COTA DE TERRENO	10.00	10.00	40.00	38.00
DISTANCIA	000.0	059.0	147.7	127.3

SUBSISTEMA 6A1
ACUIFERO "SAN MIGUELITO"



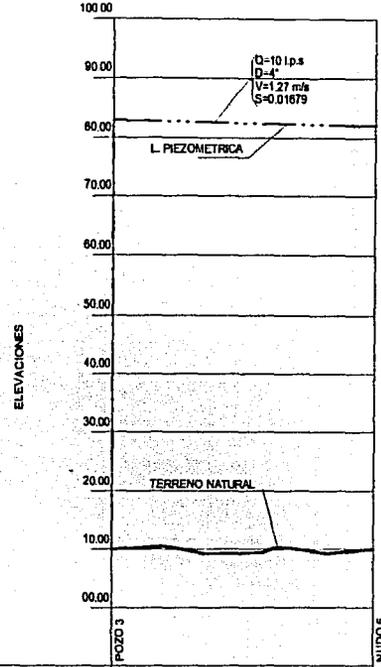
TIPO Y CLASE DE TUBERIA	← TUBERIA A.C. D=4" A-14 L=550 m		TUBERIA A.C. D=6" A-10 L=1200 m →	
CARGA DISPONIBLE	79.32	72.09		2.00
COTA PIEZOMETRICA	1.32	82.82		72.72
COTA DE TERRENO	12.00	10.01		10.01
DISTANCIA	0+000	055+0		057+1

SUBSISTEMA 5A1 (2)
ACUIFERO "SAN MIGUELITO"



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4\" A-10 L=50 m	
CARGA DISPONIBLE	43.13	42.28
COTA PIEZOMETRICA	52.13	52.28
COTA DE TERRENO	10.00	10.00
DISTANCIA	0+000	0+050

SUBSISTEMA 6A1 (2)
ACUIFERO "SAN MIGUELITO"



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D= 4\" A-14 L=50 m	
CARGA DISPONIBLE	72.03	72.09
COTA PIEZOMETRICA	82.03	82.09
COTA DE TERRENO	10.00	10.00
DISTANCIA	0+000	0+050

Datos de Entrada

[TITLE]

SUBSISTEMA 7A1

[JUNCTIONS]

Id	Cota	Demanda (l/s)
2	8.5	0
4	8.5	0
5	8.5	0
7	22.51	
8	22.51	

[TANKS]

Id	Cota (m)	Nivel Inic.	Nivel Min.	Nivel Max.	Diámetro
6	62	1.00	0.95	2.10	
9	70	2.00	1.90	2.10	
1	3.5				
3	3.5				

[PIPES]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Coeffic. Rugosidad
2	2	5	500	250	140
4	4	5	50	200	140
5	5	6	9075	350	140
6	6	7	2939	350	140
8	8	9	482	350	140

[PUMPS]

Id	Nudo Arriba	Nudo Abajo	Carga (m)	Gasto (l/s)
1	1	2	82.330	47
3	3	4	81.120	46
7	7	8	16.965	93

[OPTIONS]

Propiedades de la red y Opciones de Simulación

UNITS SI
 HEADLOSS H-W
 MAP 7a1.map
 [END]

Resultados de las líneas en Régimen Permanente

Línea	Diámetro mm	Caudal L/s	Velocidad m/sec.	Pérdida m/km.
Tubería 2	250.00	47.00	0.96	3.39
Tubería 4	200.00	46.00	1.47	9.66
Tubería 5	350.00	93.01	0.97	2.33
Tubería 6	350.00	93.00	0.97	2.33
Tubería 8	350.00	93.00	0.97	2.33
Bomba 1	0.00	47.00	0.00	-82.33
Bomba 3	0.00	46.00	0.00	-81.11
Bomba 7	0.00	93.00	0.00	-16.97

Resultados de los nudos en Régimen Permanente

Nudo	Demanda L/s	Cota m	Altura m	Presión m
Nudo 2	0.00	8.50	85.83	77.33
Nudo 4	0.00	8.50	84.61	76.11
Nudo 5	0.00	8.50	84.13	75.63
Nudo 7	0.00	22.51	56.16	33.65
Nudo 8	0.00	22.51	73.12	50.61
Depósito 6	0.00	62.00	63.00	1.00
Depósito 9	93.00	70.00	72.00	2.00
Depósito 1	-47.00	3.50	3.50	0.00
Depósito 3	-46.00	3.50	3.50	0.00

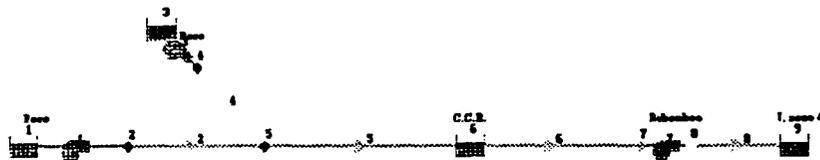
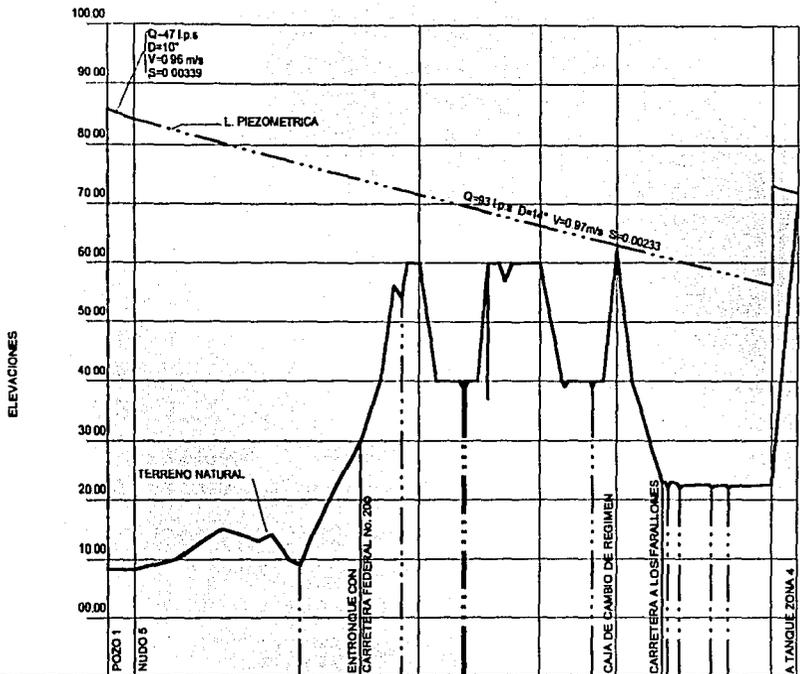
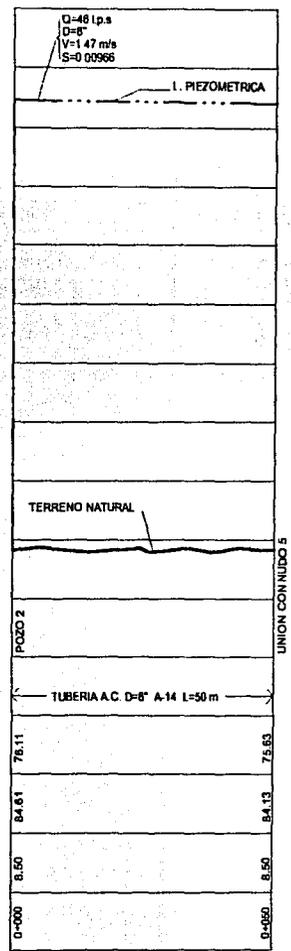


Diagrama 7A1

SUBSISTEMA 7A1
ACUIFERO "SAN JERONIMITO"



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D=10" A-10 L=500 m		TUBERIA A.C. D=14" A-10 L=9075 m		TUBERIA A.C. D=14" A-10 L=482 m	
CARGA DISPONIBLE	77.33	75.83	11.66	5.36	1.00	0.00
COTA PIEZOMETRICA	85.83	84.13	71.66	66.36	63.00	62.00
COTA DE TERRENO	8.50	8.50	60.00	60.00	62.00	62.00
DISTANCIA	0+000	0+500	5+850	8+125	9+575	12+514
						12+996



TIPO Y CLASE DE TUBERIA	TUBERIA A.C. D=8" A-7 L=29.39 m	
CARGA DISPONIBLE	76.11	75.83
COTA PIEZOMETRICA	84.81	84.13
COTA DE TERRENO	8.50	8.50
DISTANCIA	0+000	72.00

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

6.2 Anteproyecto de líneas de conducción

Como se sabe el abastecimiento de agua a una comunidad se hace posible mediante el transporte del agua desde la fuente de abastecimiento hasta el lugar ubicado cerca de la comunidad para su posterior distribución en las mejores condiciones de calidad cantidad y presión. Este transporte se logra gracias a la línea de conducción que es un conjunto integrado por tuberías, válvulas, piezas especiales, dispositivos para el control de transitorios y estaciones de bombeo .

A su vez existen redes de conducciones que son conjuntos de tuberías que están interconectadas debido a la existencia de dos o mas fuentes de abastecimiento o lugares de distribución. Las tuberías son el conjunto de tubos de varios materiales y diámetros que están interconectados para formar una tubería principal.

Las válvulas son aquellos dispositivos que permiten tener control sobre el flujo de las conducciones. Usándose en diversas situaciones como: corte y control de flujo, acumulación de aire por vaciado y llenado de los ductos, sobrepresiones y depresiones ocasionadas por fenómenos transitorios, retroceso de la columna de agua por paros en los equipos de bombeo, entre otros.

Las piezas especiales son aquellos elementos de fundamental importancia en la conducción ya que se usan para realizar intersecciones de tubos, uniones entre diferentes diámetros, cambios de direcciones verticales y horizontales, conexiones con válvulas y equipos de bombeo, principalmente este grupo esta formado por juntas, carretes, extremidades, cruces, tes, y reducciones por mencionar algunos.

Las estructuras utilizadas para controlar las sobrepresiones así como las depresiones, burbujas de aire y cualquier perturbación en la conducción son conocidas como dispositivos para el control de transitorios. En la tabla 6.1 se resumen los datos de sobrepresión por golpe de ariete así como

presión total al momento de presentarse este fenómeno, también se incluyen las deflexiones.

Tabla 6.1 Sobrepresión por golpe de ariete y deflexiones del sistema.

Subsistema	No.	Ø	Long.	V	Tipo	e	h g.a.	hs	Presión N.	Presión c/	Selección	Deflexiones	
	Sub.	cm	m	m/s	Cond.	cm	m	m	trabajo m	g.ariete m	Tubería	Horz.°	Vert.°
1A1	1	25.00	7990	0.83	Gravedad	2.85	96.58	19.32	97.8	117.12	A.C. A-14	149,151,128,1 35,152,153,15 8,160,140,140 ,148,158,148, 139,116,158,9 0	189
	2	20.00	1335	1.3	Gravedad	2.50	153.7	30.74	104	134.74	A.C. A-14		
	3	20.00	713	0.93	Gravedad	2.50	109.95	21.99	104	125.99	A.C. A-14		
	4	15.00	2287	1.66	Gravedad	2.10	199.88	39.98	104	143.98	A.C. A-14		
	5	15.00	450	0.66	Gravedad	2.10	79.471	15.89	104	119.89	A.C. A-14		
2A1	2	10.00	975.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	88.36	119.82	A.C. A-14	90	190
3A1	2	10.00	550.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	47.49	78.95	A.C. A-10	45, 45, 45, 45, 90	-
	4	10.00	50.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	39.09	70.55	A.C. A-10		
	5	15.00	182.00	1.13	Bombeo	2.10	136.06	27.21	38.25	65.46	A.C. A-7		
	7	10.00	660.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	43.8	75.26	A.C. A-10		
	8	20.00	318.00	0.96	Bombeo	2.50	113.5	22.70	36.72	59.42	A.C. A-7		
	10	10.00	50.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	36.17	67.63	A.C. A-7		
	11	20.00	182.00	1.27	Bombeo	2.50	150.15	30.03	35.33	65.36	A.C. A-7		
	13	10.00	660.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	41.05	72.51	A.C. A-10		
4A1	2	10.00	550.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	56.28	87.74	A.C. A-10	45	-
	4	10.00	50.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	43.88	75.34	A.C. A-10		
	5	15.00	600.00	1.13	Bombeo	2.10	136.06	27.21	43.04	70.25	A.C. A-10		
5A1	2	10.00	550.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	51.51	82.97	A.C. A-10	45, 45, 90	-
	4	10.00	50.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	43.13	74.59	A.C. A-10		
	5	15.00	1225.00	1.13	Bombeo	2.10	136.06	27.21	42.29	69.50	A.C. A-7		
6A1	2	10.00	550.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	79.32	110.78	A.C. A-14	45, 90	-
	4	10.00	50.00	1.27	Bombeo	1.70	157.29	31.46	72.93	104.39	A.C. A-14		
	5	15.00	1200.00	1.13	Bombeo	2.10	136.06	27.21	72.09	99.30	A.C. A-10		
7A1	2	25.00	500.00	0.96	Bombeo	2.85	111.71	22.34	77.33	99.67	A.C. A-10	149,139,139,1 39,146,161,10 5,151,162,151 ,162,100	186,186,175,1 90,186
	4	20.00	50.00	1.47	Bombeo	2.50	173.8	34.76	76.11	110.87	A.C. A-14		
	5	35.00	9075.00	0.97	Bombeo	4.00	112.92	22.58	75.63	98.21	A.C. A-10		
	6	35.00	2939.00	0.97	Gravedad	4.00	112.92	22.58	39.50	62.08	A.C. A-7		
	8	35.00	482.00	0.97	Bombeo	4.00	112.92	22.58	50.61	73.19	A.C. A-10		

CAPÍTULO 7

Impacto ambiental en la zona

En este capítulo

Introducción

Lineamientos generales

Informe preventivo de Impacto Ambiental

Introducción

Las obras para distribución de agua potable, drenaje, irrigación, generación de electricidad, etc. tienen como fin, utilizar y manejar el agua para el sostenimiento de las actividades humanas, aunque también generan impactos negativos al medio ambiente como deforestación, cambio en los regímenes de corrientes, disposición inadecuada de desechos, desaparición de ecosistemas y cambios en las estructuras sociales de las entidades, por mencionar algunos.

En México la mayor disponibilidad de agua se encuentra debajo de la cota 500 m.s.n.m., al sur de los paralelos 28° y 24°, y en las franjas costeras del Golfo de México y el Océano Pacífico, mientras que las mayores demandas se generan arriba de esta cota y al norte de los paralelos mencionados.

Haciendo una comparativa de las zonas que tienen disponibilidad del recurso contra las de asentamientos humanos se tiene una situación muy contrastante ya que aproximadamente el 85 % del agua del país se encuentra en zonas bajas (debajo de la cota 500 m.s.n.m.) y más del 70% de la población y 80% de la industria se encuentran en zonas altas (arriba de la cota 500 m.s.n.m.).

En la actualidad y futuro, con el fin de conciliar la demanda y oferta de agua es y será indispensable realizar estudios de impacto ambiental, ya que son una herramienta importante dentro de la planeación de proyectos de desarrollo social, con la que es posible definir la disponibilidad y manejo del recurso.

Así mismo estos estudios se practican como consecuencia de un deterioro acelerado en la calidad de vida de los mexicanos. Después de cinco décadas de explotación acelerada e intensa de los diferentes recursos naturales.

Los planes de desarrollo económico en nuestro país no manejaban la variable ambiental, por lo que se fomentó el crecimiento de actividades productivas con uso de tecnologías y formas de manejo de recursos que generan contaminación y deterioro de los ecosistemas.

Proteger el medio ambiente es una labor que debe ser planeada y realizada en todas las empresas en las que se involucre nuestra sociedad. Es necesario aplicar criterios de conservación de recursos naturales y de mejoramiento de calidad de vida de la población. Por esto se aplican medidas administrativas de carácter preventivo para poder proteger el Medio Ambiente a escala mundial y son conocidas como **Evaluaciones de Impacto Ambiental**.

Lineamientos generales

Un aspecto importante dentro de la política de protección ambiental lo ocupan las acciones encaminadas a prever y controlar los daños que puedan ocasionar en el ambiente y población las actividades públicas o privadas que se llevan a cabo en el proceso de desarrollo económico y social.

En México la Evaluación del Impacto Ambiental, es el procedimiento que tiene por objeto evitar o mitigar la generación de efectos ambientales indeseables que serían la consecuencia de obras o actividades humanas, mediante la estimación previa de las modificaciones del ambiente que traerían consigo tales obras o actividades (Raúl Brañes, Manual de Derecho Ambiental, Fondo de Cultura Económica, México, 1994, pág. 180).

La Evaluación de Impacto Ambiental, es un procedimiento para generar información faltante, información que no generan los proyectos y que tiene la función de favorecer decisiones donde se toman en cuenta costos y beneficios de una forma integral.

Niveles y contenido de las Manifestaciones de Impacto Ambiental.

Para obtener la autorización, el proponente debe seguir el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental indicado en el capítulo II del Reglamento, el cual señala:

"Artículo 6.- Para obtener la autorización a que se refiere el, Reglamento el interesado, en forma previa a la realización de la obra o actividad de que se trate, deberá presentar a la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental.

En el caso de obras o actividades consideradas como altamente riesgosas, a demás de lo dispuesto en el párrafo anterior, debe de presentarse a la Secretaria un Estudio de Riesgo en los términos previstos por los ordenamientos que rijan dichas actividades."

" Artículo 7.- Cuando quien pretenda realizar una obra o actividad de las que requieran autorización previa conforme a lo dispuesto por el Reglamento, considere que el impacto ambiental de dicha obra o actividad no causará desequilibrio ecológico, ni rebasará los límites y condiciones señalados en los reglamentos y normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación para proteger al ambiente, antes de dar inicio a la obra o actividad de que se trate podrán presentar a la Secretaría un informe preventivo para los efectos que se indican en este artículo.

"Una vez analizado el informe preventivo, la Secretaria comunicará al interesado si procede o no la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental, así como la modalidad conforme a la que deba formularse, y le informará de las normas técnicas ecológicas existentes, aplicables para la obra o actividad de que se trate."

"Artículo 8.- El informe Preventivo a que se refiere el artículo anterior se formulará conforme a los instructivos que para ese efecto expida la Secretaría y deberá contener al menos, la siguiente información:

"I. Datos generales de quien pretenda realizar la obra o actividad proyectada, o en su caso, de quien hubiere ejecutado los proyectos o estudios previos correspondientes;

"II. Descripción de la obra o actividad proyectada; y

"III. Descripción de las sustancias o productos que vayan a emplearse en la ejecución de la obra o actividad proyectada y los que en su caso vayan a obtenerse como resultado de dicha obra o actividad, incluyendo emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales y tipo de residuos y procedimientos para su disposición final.

"De resultar insuficiente la información proporcionada, la Secretaría podrá requerir a los interesados la presentación de información complementaria."

Informe preventivo de impacto ambiental

I. DATOS GENERALES

Nombre de la empresa u organismo solicitante

Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Zihuatanejo (CAPAZ).

Nombre y puesto del responsable del Proyecto

Director General Lic. Tomas Sema Solís.

Nacionalidad de la Empresa

Mexicana.

Actividad principal de la Empresa

Prestación de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado.

Domicilio para oír y recibir notificaciones

Heroico Colegio Militar S/No. C.P. 40880 Zihuatanejo Guerrero.

Cámara o Asociación a la que pertenece

Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento.

Responsable de la elaboración del informe preventivo

Alberto Rodríguez Gómez.

II. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA

Nombre del proyecto

Planeación y Anteproyecto del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Zona Conurbada Oriente, en Ixtapa Zihuatanejo, Estado de Guerrero.

Naturaleza del proyecto (descripción general del proyecto, indicando la capacidad proyectada y la inversión requerida)

El proyecto consiste en la construcción y operación de un sistema de abastecimiento de agua potable que consta de una red de líneas de conducción de diferentes diámetros que van desde las 4 hasta las 14 pulgadas con una longitud de 26.7 kilómetros, pozos y tanques. Este sistema se encuentra ubicada en la zona conurbada oriente en el municipio de José Azueta, en el Estado de Guerrero. Beneficiando así a la población de la Zona que se calcula será de 48,100 habitantes para el año 2020.

Vida útil del proyecto

20 años.

Programa de trabajo

La construcción del sistema se realizara en varias etapas, la primera de ellas tendrá inicio en el año 2000, y la última que dará por terminada la construcción del sistema se realizara en el año 2014.

Ubicación física del proyecto.

La zona conurbada oriente se encuentra dentro del Municipio de José Azueta entre los paralelos 17° 35' y 17° 39' de latitud norte y los meridianos 101° 25' y 101° 28' de longitud oeste. aproximadamente a 8 km. al este de Zihuatanejo. Esta zona esta prevista para un desarrollo urbano en una extensión aproximada de 1000 hectáreas.

Situación legal del predio.

La superficie censada por la Secretaría de la Reforma Agraria es de 192,150 hectáreas de las cuales el 72.3 por ciento pertenece al régimen égidal y el 27.7 por ciento a la pequeña propiedad.

Superficie requerida.

La zona Conurbada Oriente tiene como objetivo ocupar 1000 hectáreas, pero las líneas de conducción se colocaran dentro del derecho de vía de los caminos y carreteras existentes para este concepto prácticamente no se requiere ocupar superficie, en cuanto a los tanques de regularización, carcamos y baterías de pozos es mínima la superficie a utilizar.

Colindancia del predio y actividad que se desarrolla.

El Municipio se localiza en la Región de la Costa Grande de Guerrero entre los paralelos 17° 33' y 18° 06' de latitud norte y los meridianos 101° 08' y 101° 38' de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Coahuayutla y Coyuca de Catalán; al este con el municipio de Petatlan; al oeste con La Unión y al sur con el Océano Pacífico.

Las actividades preponderantes en la zona se refieren a la agricultura y todo tipo de actividades relacionadas al turismo.

Para la ejecución de la obra se desarrollaran las actividades siguientes:

- a) Trazo de las líneas de conducción
- b) Limpia y despalme de terrenos
- c) Corte de pavimentos asfálticos
- d) Demolición del pavimento
- e) Excavación de Zanjas
- f) Acarreos de materiales

- g) Colocación de la plantilla
- h) Instalación de la tubería
- i) Construcción de cajas para válvulas
- j) Relleno y compactación de excavaciones de la zanja
- k) Reposición de pavimento asfáltico
- l) Perforación y construcción de pozos
- m) Colocación de equipos de bombeo
- n) Trazo y nivelación de terreno para colocación de tanques
- o) Construcción de tanques

Vías de acceso (marítimas y terrestres).

El acceso a la zona por tierra es directamente la carretera federal número 200 que recorre parte de la Costa de Pacífico, existen también caminos de tercera y caminos vecinales que comunican al área en estudio.

Vinculación con las normas y regulaciones sobre uso del suelo en el área de estudio.

La dotación de agua potable esta enmarcada entre las actividades prioritarias a efectuar dentro del plan nacional de desarrollo. En este documento se consigna como una de las estrategias y líneas de acción, la ampliación de la cobertura y mejoramiento de la calidad de los servicios básicos, así como el uso eficiente de los recursos para el crecimiento económico, contemplando el desarrollo y mejoramiento de la infraestructura.

Por otro lado, el programa de agua potable del programa hidráulico 2001-2006, tiene como objetivos "Alcanzar niveles de cobertura en los servicios de agua potable que contribuyan al cuidado de la salud y la calidad de vida de la población, además de frenar el proceso de deterioro del medio ambiente por contaminación de origen domestico".

Requerimientos de mano de obra.

Para la realización de los sistemas de agua potable se necesitara el personal siguiente:

Ingenieros Residentes de Obra
Ingenieros Topógrafos
Ingenieros Mecánicos Eléctricos
Albañiles
Fontaneros
Electricistas
Soldadores
Operadores de martillo neumático
Operadores de retroexcavadora
Chóferes
Peones

Las cantidades del personal estarán sujetas a las diferentes etapas constructivas que tendrá el proyecto.

Obras de servicios de apoyo a utilizar en las diferentes etapas del proyecto.

Para la ejecución de las obras se requiere la instalación de un campamento que tenga comedor, oficina y sanitarios; también se requerirá de almacén de materiales y equipo.

La infraestructura mencionada se establecerá en campo con casetas prefabricadas (lamina, tablaroca, etc.) y en algunos inmuebles dentro de las diferentes localidades que conforman la zona conurbada oriente, estas deberán contar con servicios de agua potable, alcantarillado o fosas sépticas, energía eléctrica y recolección de basura. En los frentes de trabajo será necesaria la instalación de sanitarios portátiles.

Sitios alternativos para el desarrollo de la obra o actividad.

En virtud de que el proyecto consiste en la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable para cubrir las necesidades de ese lugar, no procede a analizar sitios alternativos.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Materiales y substancias que serán utilizadas en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la obra o actividad proyectada.

Tuberías de asbesto cemento, con sus accesorios

Piezas especiales (válvulas, juntas, etc.)

Arena de plantilla

Relleno para excavaciones

Concreto simple y armado

Ladrillos

Pavimento asfáltico

Bombas

Cables conductores de electricidad

Equipo requerido

Cortadoras de pavimento

Martillo neumático

Camiones de volteo

Retroexcavadoras

Rodillos vibratorios

Carros pipa

Grúas

Maquinas soldadoras

Recursos naturales de área que serán aprovechados en las diferentes etapas de la obra.

El único recurso natural aprovechado en este proyecto será el producto de la excavación, que se utilizará para el relleno de zanjas y para algunas mamposterías.

Fuentes de suministro de energía eléctrica o combustible.

La fuente de energía será a través de la infraestructura de energía eléctrica de la zona, previa autorización de la Compañía de Luz y Fuerza, así como de plantas generadoras de luz que trabajan con diesel. Con respecto a las fuentes de combustibles, estas serán las gasolineras de la zona en mención.

Requerimientos de agua cruda o potable y fuentes de suministro.

Dadas las características de las obras el agua será utilizada principalmente para la compactación de los materiales, y la cantidad estará en función del contenido de humedad de los mismos, así mismo se utilizara para elaboración de concretos y pruebas de tuberías. Los requerimientos de agua se cubrirán por medio de carros pipa.

Residuos que serán generados en las diferentes etapas del proyecto y destino de los mismos.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, los residuos sólidos se generarán principalmente de las actividades de construcción (cascajo, bolsas de papel de cemento, basura de los campamentos, embalajes de los equipos, etc.) y material producto de las excavaciones, en el caso de este ultimo material, un porcentaje se reutilizara para el relleno de zanjas y elaboración de mamposterías, el resto será transportado a un banco de tiro determinado por las dependencias del municipio.

Los residuos líquidos, se generarán por el uso de letrinas portátiles o provisionales que se colocarán en los campamentos cercanos a la zona de proyecto así como los frentes de trabajo. Estos residuos podrán ser arrojados directamente a la infraestructura de alcantarillado del sitio o bien desalojadas por la empresa con quien se contrate e l suministro y mantenimiento de las mismas.

Para la etapa de operación y mantenimiento los residuos sólidos (cascajos y agua potable) serán mínimos, sin embargo el organismo operador deberá considerar actividades de selección, clasificación y disposición de los mismos.

IV.- ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL.

Rasgos físicos.

Climatología

El clima de la zona en estudio corresponde al cálido subhúmedo con temperatura promedio anual de 22° centígrados. El régimen de lluvias comprende los meses de Junio a Septiembre, alcanzando una precipitación pluvial media anual mayor a 1000 milímetros, de la costa a la Sierra madre.

Geomorfología y Geología

El sitio en estudio se encuentra en la denominada zona REGOSOL, que ocupa el segundo lugar de importancia dentro del municipio, se caracteriza por no presentar horizontes, por su color claro y por tener algunas veces afloramiento de roca o tepetate.

Rasgos Biológicos.

Vegetación

En la planicie costera y las partes bajas de la sierra, esta cubierta por selva baja caducifolia. Los suelos que existen son estepas o praderas con

descalcificación, aptos para la explotación ganadera. Asociadas a esta vegetación natural se extienden las zonas agrícolas, principalmente de temporal.

Rasgos socioeconómicos.

La zona de proyecto cuenta con una densidad promedio aproximada de 54 habitantes por hectárea. Existen viviendas del tipo urbana, suburbana y rural, aproximadamente el 98% de las viviendas cuentan con energía eléctrica, también las localidades cuentan con pequeños Centros de Salud y escuelas: preprimaria, primaria y secundaria, el alfabetismo es del orden del 73%.

El 86 % de la población total del municipio se encuentra asentada en la microregión; de esta población el 35 % es económicamente activa ocupada y ocupa los siguientes porcentajes para cada sector: para el primario 6%, el secundario con 15% y el terciario con 73%, en estos porcentajes se puede observar que el sector que ocupa el más alto porcentaje de la PEA es el terciario mismo que corresponde a las actividades relacionadas con el turismo.

V.- MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTIO AMBIENTAL.

Escenario del paisaje antes del proyecto.

La zona del proyecto, antes de realizarlo, tiene un paisaje meramente urbano popular, para el caso de las localidades, con viviendas que conservan las características de imagen de los pueblos de la Costa de Guerrero, en el caso de las líneas de conducción, que se colocarán paralelamente a carreteras y caminos existentes el entorno es de paisajes donde predominan las características de vegetación ya mencionadas.

Las zonas altas donde se alojarán los tanques de regularización tienen las características normales de cualquier cerro cubiertos con vegetación de la zona.

Escenario del paisaje después del proyecto.

Al ubicar las líneas de conducción paralelas a las carreteras y caminos existentes y dentro de los límites de derecho de vía, el escenario del paisaje no se verá afectado, ya que dentro del proyecto se contempla el retiro de todo material (sólido y líquido), así como la reconstrucción de lo que sea demolido para efectos constructivos.

Las baterías de pozos y tanques de regularización se ubicarán en lugares apropiados donde ocasionen el menor efecto nocivo al entorno de la zona.

CAPÍTULO 8

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

La proyección de la población es uno de los pasos más importantes realizados para el cálculo del sistema de abastecimiento de agua potable de este trabajo, ya que con esta información se calculan todos los volúmenes de agua que requiere la zona conurbada para cada año de la vida útil que se pretende dar al sistema. Obtener un dato de la población lo más real posible ayuda a calcular un proyecto que cumpla con sus necesidades y que al paso del tiempo no se vuelva insuficiente o quede muy sobrado.

Para realizar una buena proyección de la población es importante conocer la historia poblacional de la zona y los planes que se tengan a futuro para el sitio, esto con el fin de calcular la tendencia normal de crecimiento en la población, así como estimar incrementos o decrementos en dicha tendencia provocados por los planes que se tienen para la zona y que en este caso es la construcción del nuevo Centro Turístico en Bahía Potosí motivo que acelera el crecimiento poblacional por la oferta de trabajo y servicios turísticos en esta zona.

La recopilación de toda la información posible en materia de población de la zona en estudio así como realizar proyecciones con diferentes métodos permite obtener más datos sobre los comportamientos que puede presentar el crecimiento de la población y compararlos entre sí, mediante gráficas años vs. población; el crecimiento que se dio en Zihuatanejo como consecuencia de la creación de Ixtapa sirve como apoyo directo para predecir el comportamiento que se espera en el crecimiento de la población en la zona conurbada y elegir los métodos que se adaptaron a la tendencia de crecimiento, por considerar que estas dos zonas tienen similitud de características y condiciones.

Otro punto fundamental es conocer las fuentes de abastecimiento que se encuentran en la zona y obtener de estas los estudios que proporcionen la información adecuada en cuanto a gastos extraíbles y las recomendaciones para extraerlos evitando con esto la sobreexplotación y efectos negativos que pudiesen decrementar su vida útil.

De la ubicación y caudales que tienen estas fuentes se observa que su aprovechamiento es factible tanto técnica como económicamente por la cercanía que presentan con la zona y por que los caudales que aportan cubren las necesidades calculadas para el sistema en el año 2020.

Al analizar los resultados obtenidos en los cálculos de las cuatro alternativas se observa que lo que eleva significativamente el costo de las alternativas dos, tres y cuatro es el agua transportada desde la presa "La Laja", ya que la modificación que se tiene que hacer a las características de la línea de conducción que va de la presa Derivadora al tanque que entrega a Zihuatanejo eleva el costo en un 280% el reequipamiento se eleva en un 200% y la energía eléctrica aumenta en un 150%.

Este aumento tan significativo en el costo de las alternativas dos, tres y cuatro con respecto a la alternativa número uno se debe principalmente al aumento de diámetros en las conducciones de acero y los costos que ocasiona el bombeo de agua que se tiene desde el tanque de Rebombeo hasta el tanque que entrega a Zihuatanejo y que tiene que vencer un desnivel topográfico de 106 m más pérdidas con una longitud de 8,841 m, además que los gastos aumentan 93 l/s para la alternativa dos y 108 l/s para las alternativas tres y cuatro.

En lo que respecta al acuífero San Miguelito por encontrarse dentro de la zona en estudio presenta el costo más bajo por metro cúbico de agua, esto como consecuencia de poder proponer conducciones de longitudes pequeñas y con desniveles topográficos no tan pronunciados; en el análisis

de los costos de esta fuente se observa que las variaciones de gastos para cada alternativa son mas o menos proporcionales al cambio que sufre en el costo.

San Jeronimito aunque nada más se propone su uso en dos alternativas tiene un comportamiento parecido a san Miguelito aunque eleva su costo de agua por encontrarse fuera de la zona en estudio y tener una conducción de casi 13,000 metros de longitud dentro de la que existe un bombeo que tiene que vencer un desnivel topográfico de 53 m más perdidas con una longitud de 9575 m.

Recalcular el sistema con los parámetros establecidos por Hazen-Williams permite obtener resultados más confiables y precisos que los calculados con las formulas Chezy-Manning, obteniendo con esto datos de presiones más reales en las conducciones con los cuales se proponen tuberías con resistencias adecuadas para soportar las diferentes presiones a que trabaja el sistema incluyendo las sobrepresiones ocasionadas por golpe de ariete.

Recomendaciones

Es recomendable que en todo trabajo se conozcan las características geográficas de la zona por estudiar, así como su delimitación, ya que estos datos son bastante útiles para comenzar a establecer las bases y criterios que rigen a un proyecto. Al conocer los climas, costumbres y actividades que predominan en la zona se proponen las dotaciones y consumos de agua recomendables; la topografía brinda los datos necesarios sobre las condiciones del terreno para obtener plantas y perfiles con cotas de longitud y alturas, con los que se proponen los accesos, recorridos y ubicaciones de conducciones, tanques y pozos.

Es importante proyectar la población con más de un método, pues los valores que se obtienen con los diferentes métodos utilizados en este trabajo varían demasiado entre uno y otro, por esto se decide utilizar la media entre dos de los métodos utilizados en esta proyección, mismos que se seleccionaron con ayuda de las graficas de crecimiento de la población de Ixtapa-Zihuatanejo, resultado de la información recopilada, con lo que se pretende llegar a un resultado más real.

Se debe de hacer un análisis de todas las fuentes de abastecimiento cercanas al sitio, ya que esta información nos permite saber con que volúmenes de agua se cuenta para satisfacer las necesidades de la población así como las distancias que tendrían que recorrer las líneas de conducción.

Al proponer cuatro alternativas de solución combinando de diferente manera los gastos y las fuentes de abastecimiento, se observa que utilizando los mismos recursos se puede obtener un sistema que tenga mayor factibilidad tanto técnica como económica y que por ende nos brinda un menor costo al construirlo.

Bibliografía

COMISION NACIONAL DEL AGUA: "PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE LA CIUDAD DE IXTAPA-ZIHUATANEJO". México, Diciembre 1993.

COMISION NACIONAL DEL AGUA: "MANUAL DE DISEÑO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO". México.

Pedro López Alegría: "ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN Y ELIMINACIÓN DE EXCRETAS". Instituto Politécnico Nacional, México, 1990.

Ingeniería y Procesamiento Electrónico, S.A. de C.V.: "PROYECTOS EJECUTIVOS DE LA PRESA DE ALMACENAMIENTO Y PRESA DERIVADORA, SOBRE EL RIÓ LA LAJA, PARA SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DE IXTAPA-ZIHUATANEJO, GUERRERO". México, Octubre 1993.

Ingeniería y Procesamiento Electrónico, S.A. de C.V.: "ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL ACUÍFERO SAN JERONIMITO PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A IXTAPA-ZIHUATANEJO GUERRERO". México, Diciembre 1992.

Ingeniería y Procesamiento Electrónico, S.A. de C.V.: "ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL ACUÍFERO COACOYUL-SAN MIGUELITO PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A IXTAPA-ZIHUATANEJO GUERRERO". México, Septiembre 1992.

Fondo Nacional de Fomento al Turismo: "CIUDADES TURÍSTICAS UNA ESTRATEGIA MEXICANA DE DESARROLLO". México, 1988.

Raúl Coss Bu: "ANÁLISIS Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSIÓN". Segunda Edición. Editorial LIMUSA. México D.F. 1998.

Dirección General de Construcción de Obras Hidráulicas. Dirección Técnica: "CATALOGO DE COSTOS DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA". México.

Comisión Nacional del Agua: "COSTOS ESTIMADOS PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA". México, 1999-2000.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática: "ESTADÍSTICAS HISTÓRICAS DE MÉXICO". Tomo I. México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática: "IX CENSO GENERAL DE POBLACIÓN 1970, ESTADO DE GUERRERO". México D.F. 1971.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática: "X CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 1980. RESUMEN GENERAL, VOL. I". México, 1986.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática: "XI CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 1990". México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática: "XII CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 1995". México.

Secretaría de Salubridad y Asistencia: "ESTADÍSTICAS VITALES DE GUERRERO 1963-1965". México.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Dirección de Captaciones y Conducciones de agua, Dirección de Estudios: "GUIA TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN BLOQUE A: CENTROS DE POBLACIÓN, DESARROLLOS TURISITICOS E INDUSTRIALES". México.

Lewis A. Rossman: "MANUAL DEL USUARIO DE EPANET VERSIÓN 1.1e". U.S. Environmental Protection Agency (EPA). E.E.U.U.

Diario Oficial de la Federación "LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE". México 13 de diciembre 1996.