



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Para obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico



“Anteproyecto e Ingeniería Básica de Acueducto y Bateria de Pozos”

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

“EXPERIENCIA PROFESIONAL”

NOMBRE DEL ALUMNO: Jorge Alberto Torres Espinosa.

NÚMERO DE CUENTA: 303321239.

CARRERA: Ingeniería Mecánica.

ASESOR: Mariano García del Gallego.

AÑO: 2015.

INTRODUCCIÓN.....	4
Capítulo 1: Descripción de la empresa y puesto de trabajo.....	5
1. Historia y descripción de la empresa	5
Servicios que presta	5
Organización de la empresa	7
Descripción del puesto de trabajo.	8
Capítulo 2: Recopilación y análisis de la información.....	9
Antecedentes.....	9
Objetivos del anteproyecto.....	10
Alcances del anteproyecto.	10
2.1. Marco físico, localidades a beneficiar.	10
2.1.1. Área de influencia del proyecto.	10
2.1.1.1. Delimitación por municipios.	10
2.1.1.2. Cuencas y subcuencas relacionadas con el área de influencia.	10
a) Zona destinada para pozos.....	12
b) Zona destinada para acueductos.....	13
2.1.1.3. Localización geográfica.	17
2.1.1.4. Características físicas.	17
2.1.1.5. Tipos de suelo.....	26
2.1.1.6. Principales cauces superficiales.	26
2.1.1.7. Acuíferos.	26
2.1.1.8. Uso de suelo.	29
2.1.2. Infraestructura hidráulica existente de agua potable.....	31
2.1.2.1. Cobertura del servicio.....	31
2.1.2.2. Dotaciones, residuos y usos de agua.....	34
2.1.2.9. Sistemas de potabilización y plantas de tratamiento de aguas residuales.	35
2.1.2.10. Infraestructuras hidráulicas de abastecimiento y control de la región.....	38
Capítulo 3: Análisis de la demanda de agua y derivaciones en ruta.....	39
3.1 Análisis de la demanda de agua y derivaciones en ruta.....	39
3.1.1. Censo y proyección poblacional.....	39
a) Zona destinada para pozos.....	39
b) Zonas destinadas para acueductos.....	39

3.2.1. Habitantes con y sin agua entubada por localidad en 2010 en zonas destinadas para acueductos y pozos.	68
a) Zona de pozos	68
b) Acueductos	69
Capítulo 4: Datos del proyecto de localidades a abastecer en ruta.	73
4.1. Datos del proyecto de localidades a abastecer en ruta.	73
a) Zona destinada para pozos.....	73
b) Zonas destinadas para acueductos.....	76
Alternativa 1.1 Cerros.-	76
Alternativa 2.1 Arco Norte.-	79
Alternativa 3.1 Ojo de Agua.-	82
Alternativa 3.2. Mexiquense.-	85
Capítulo 5: Análisis, procesamiento de la información y bases de diseño.	88
5.1. Análisis y procesamiento de la información.	88
5.2. Bases de diseño.	89
Perfil de elevación de cada alternativa de trazo del acueducto.....	91
Capítulo 6: Conclusiones.	96
Bibliografía	97
Anexos	98

INTRODUCCIÓN

El presente reporte, recopila el trabajo desempeñado hasta el momento para el Anteproyecto e Ingeniería Básica de Acueducto y Batería de Pozos del *Sistema Mezquital para el Abastecimiento de Agua en bloque al Valle de México e Hidalgo*, el cual, consiste en la evaluación de diferentes alternativas para la explotación de los acuíferos del Mezquital y Actopan, de modo que la extracción y conducción del recurso a la Zona Metropolitana del Valle de México se lleve a cabo de una manera funcional y eficiente. La importancia de este proyecto radica en un concepto fundamental llamado "reúso de agua".

Como premisa, el antecedente inmediato de este proyecto son los estudios geohidrológicos, de calidad del agua y tenencia de la tierra, lo anterior, permitió tener una base sólida respecto de la cantidad y calidad del recurso a explotar, sin el cual no tendría sentido la continuación de los trabajos.

El objetivo de este trabajo es establecer los parámetros y la información indispensable para el desarrollo del anteproyecto, así mismo otorgar la primera concepción de los posibles trazos que seguirán los pozos y el acueducto.

Para alcanzar este objetivo se abordaron los siguientes temas:

Recopilación de la información existente, que será de utilidad para el desarrollo del proyecto, donde se toman en cuenta antecedentes, objetivos, delimitación de área de influencia, clima, precipitación, principales cauces superficiales, uso de suelo, infraestructura hidráulica existente, dotaciones, residuos, usos de agua, sistemas de potabilización, infraestructura de abastecimiento y control de la región.

Análisis de la demanda de agua y derivaciones en ruta, que refiere el estudio de las poblaciones en la zona de captación y cercanas al trazo del acueducto, es decir, conocer su crecimiento y los factores migratorios.

Datos del proyecto de localidades a abastecer en ruta, se toma en cuenta la población que no tiene acceso a agua entubada (CENSO 2010). Este dato se tomó como indicador de la población a abastecer, dicho análisis se llevó a cabo para tres periodos distintos (2010,2014 y 2044).

Análisis, procesamiento de la Información y Bases de Diseño, este apartado nos habla del ciclo que tomará el recurso hídrico en este proyecto, la importancia de su existencia, la proyección a futuro y los criterios necesarios para diseñar el sistema de abastecimiento planteado.

Capítulo 1: Descripción de la empresa y puesto de trabajo

1. Historia y descripción de la empresa

IPESA, (Ingeniería y Procesamiento Electrónico, S.A. de C.V.), es una Empresa completamente mexicana, fundada en 1965, que tiene por objeto la elaboración de estudios y proyectos de carácter interdisciplinario, así como también en forma importante gerencia, supervisión y verificación de obra.

A lo largo de sus más de 40 años de existencia ha acumulado una valiosa experiencia, fundamentalmente en los campos de: Gerencia, Supervisión y Verificación de Obra; Proyectos de Agua Potable, Presas, Zonas de Riego, Plantas Potabilizadoras y de Tratamiento, Plantas de Bombeo, y Alumbrado, Auditoría Técnica a Obras Públicas y Dictámenes; Estudios de Geotecnia; sin embargo, los servicios que presta son muy amplios, como se lo permiten sus profesionales, así como el grupo de especialistas externos que brindan asesoría de conformidad con cada área específica, entre los cuales se cuentan: profesionales y posgraduados en especialidades como: ingeniería civil, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, arquitectura, contaduría, economía y análisis de sistemas, entre otros.

La capacitación y desarrollo profesional del personal está a cargo de los directores técnicos, quienes están al tanto del estado de arte que guardan las disciplinas en las que están involucradas.

La experiencia de Ingeniería y Procesamiento Electrónico, S.A. de C.V., se ha adquirido en la República Mexicana, Ecuador, Estados Unidos de Norte América y Honduras, en la realización de más de 3,000 trabajos, tanto para el sector público como el privado durante 44 años de actividad continua, atendiendo a más de 500 clientes.

“ES LA CONVICCIÓN ABSOLUTA DE IPESA Y DE TODOS Y CADA UNO DE LOS PROFESIONALES QUE LA INTEGRAN QUE, SOLO EL SERVICIO EFICAZ Y OPORTUNO AL CLIENTE, PERMITEN Y JUSTIFICAN NUESTRA EXISTENCIA”.

Servicios que presta

HIDRÁULICA

Estudios hidrológicos.

Estudios para control de ríos.

Estudios para abastecimiento de agua potable.

Proyectos de obra de toma.

Proyectos de conducciones.

Proyectos de redes de agua potable.

Proyectos de plantas potabilizadoras.

Proyectos de zonas de riego.

Proyectos de sifones.

Proyectos de diques.

Proyectos de obras de contención (presas).

Proyectos de ataguías.

Proyectos de obra de excedencia.

Proyectos de obra de desvío.

SANITARIA

Proyecto de redes de alcantarillado.

Proyecto de colectores.

Proyecto de emisores.

Proyecto de plantas de tratamiento de aguas negras.

Proyecto de drenajes de aeropuertos.

GERENCIA, SUPERVISIÓN Y VERIFICACIÓN DE OBRA

Gerencia de obras de proyectos.

Supervisión de construcción de carreteras.

Supervisión de obras hidráulicas.

Supervisión de edificaciones.

Verificación de obra habitacional.

Supervisión de nivelación y recimentación de edificios.

Peritajes.

ELECTROMECAÁNICA

Anteproyecto de plantas de bombeo de agua potable, aguas negras y pluviales.

Proyecto del sistema de control.

Proyecto de instalaciones electromecánicas industriales.

Proyectos de aire acondicionado.

Proyecto de redes de alta y baja tensión.

Proyectos de subestaciones.

Proyecto de iluminación.

Proyecto de redes telefónicas.

AUDITORÍA DE OBRA PÚBLICA

Auditoría de obras en proceso.

Auditoría de obras terminadas.

Asesoría en normatividad de obra pública.

Tercerías en materia de obra pública.

Dictámenes.

GEOTECNIA

Explotación en suelos y roca.

Laboratorio de suelos.

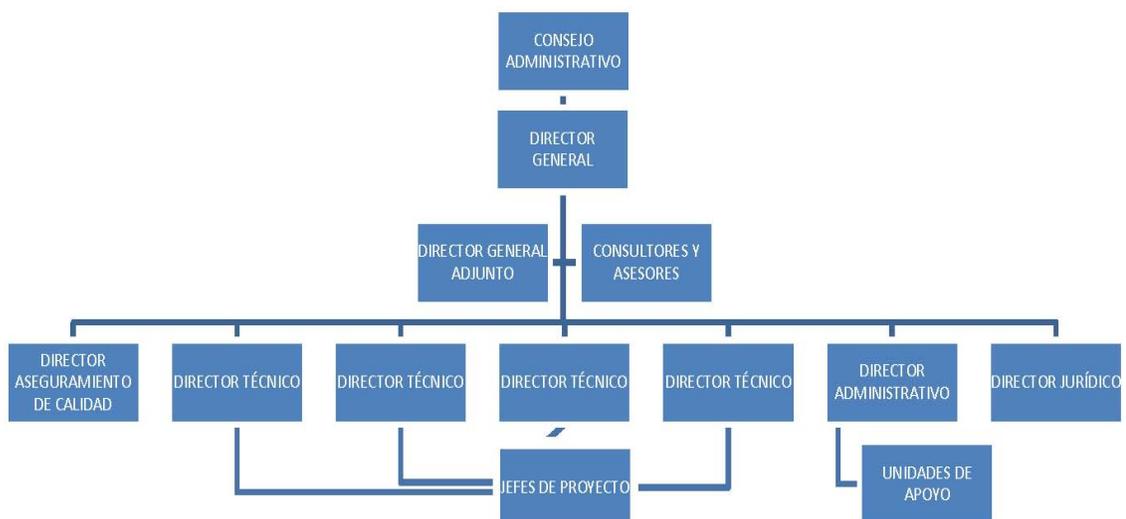
Localización y estudio de bancos de préstamo para materiales de construcción.

IMPACTO AMBIENTAL

Preparación de manifestaciones de Impacto Ambiental.

Seguimiento a medidas de mitigación.

Organización de la empresa



Descripción del puesto de trabajo.

Auxiliar de Ingeniero.

Realizar memorias descriptivas, de cálculo, contacto con proveedores, recopilación de información, análisis de información, elaboración de oficios, dar seguimiento a los trabajos realizados por otros departamentos, elaboración de reportes de visitas y apoyo en todos los cálculos necesarios para la realización del proyecto.

Capítulo 2: Recopilación y análisis de la información.

Antecedentes.

Históricamente la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) registra problemas en cuanto a la cantidad y calidad del suministro de agua. La situación se ha sobrellevado con el aprovechamiento del agua subterránea tomada del acuífero de la Cuenca de México y complementada con la importación de agua de otras cuencas, como los Sistemas Cutzamala y Lerma.

La ZMVM comprende las 16 Delegaciones Políticas del Distrito Federal, 59 municipios del Estado de México y un municipio del Estado de Hidalgo (COESPO 2009; SEDESOL, CONAPO, INEGI 2012), considerando diversos elementos socioeconómicos, independientes de los aspectos ambientales relacionados con la infraestructura hidráulica de abastecimiento de agua potable y la sobreexplotación de los acuíferos.

En un horizonte de 30 años, se plantea el incremento de la población en la ZMVM, a esto se suma la progresiva explotación del acuífero subterráneo y los asentamientos producto de la extracción de agua en el subsuelo. Por lo que resulta imperativo realizar las acciones necesarias para cubrir las necesidades actuales y preparar el camino para dotar de servicios a los futuros habitantes de esta zona.

Hasta el momento, los sistemas Lerma y Cutzamala han transferido agua de cuencas vecinas al Valle de México; de esta manera se frenó la sobreexplotación de la Cuenca de México y se ha abastecido la demanda del recurso en la ZMVM. Sin embargo, debido a la sobrepoblación, en los últimos 30 años ha aumentado la extracción de aguas subterráneas y sus ya evidentes impactos continúan agudizándose. Se estima actualmente que el volumen renovable almacenado en las aguas subterráneas del Valle de México presenta una merma de 25 mil millones de m^3 , asociados a una sobreexplotación actual de $18.73 m^3/s$ de acorde al Diario oficial de la Federación (20 de diciembre de 2013).

La ZMVM enfrenta, entre otros retos, satisfacer la demanda de agua y saneamiento de la población, reducir la sobreexplotación del acuífero, controlar los hundimientos del suelo urbano, reducir los riesgos y daños de las inundaciones. En ese sentido se calcula que el déficit en la ZMVM es de hasta $6 m^3/s$; y se estima que de no tomar acciones correctivas se duplicará en los próximos 40 años.

Estudios previos sostienen que para alcanzar la sustentabilidad hídrica del Valle de México, es necesario llevar a cabo las siguientes acciones de manera combinada:

1. Aumentar las fuentes de abastecimiento.
2. Reducir la demanda neta a través de la disminución del consumo e incremento de la eficiencia física.
3. Restringir la utilización del agua de primer uso para fines de riego agrícola y consumos no potables dentro del Valle de México.

En su primera etapa, el Anteproyecto del Sistema Mezquital, concluyó que el Valle se encuentra en condiciones para que los acuíferos existentes aporten en conjunto aproximadamente $4.80 m^3/s$ de un total de $10 m^3/s$ aprovechables. La explotación de este recurso, considera la interacción existente entre los acuíferos vecinos como: Chapantongo-Alfajayucan, Ixmiquilpan, Actopan, Ajacuba y Tepeji.

Después de analizar las posibles fuentes de abastecimiento en la ZMVM (Temascaltepec, Tecolutla-Necaxa, Valle del Mezquital), CONAGUA ha decidido llevar a cabo los trabajos necesarios para elaborar la segunda etapa del proyecto de Mezquital correspondiente al "Anteproyecto e Ingeniería Básica de acueducto y batería de pozos", así como la documentación complementaria que permita licitar el proyecto, y la construcción del sistema Mezquital.

Objetivos del anteproyecto.

- a) Contribuir al requerimiento de abasto de agua para cubrir el horizonte de planeación de 30 años y disminuir la sobreexplotación del acuífero del Valle de México, permitiendo su relajación para dar oportunidad a la recuperación, con la finalidad de satisfacer de manera sustentable el abasto de agua potable a la población.
- b) Fortalecer el compromiso de la Federación a través de la CONAGUA en materia de abastecimiento de agua potable.
- c) Mejorar las condiciones de la población en las localidades por donde pasa el trazo del acueducto, tomando en cuenta las entregas en ruta.
- d) Identificar las posibles problemáticas sociales que pudieran afectar la puesta en marcha del proyecto; las necesidades para cubrir dichos inconvenientes, en resumen la mitigación de riesgos sociales y técnicos.

Alcances del anteproyecto.

Dejar asentadas las bases para la etapa del proyecto de Acueducto y Batería de Pozos para el Sistema Mezquital para el Abastecimiento de Agua en Bloque al Valle de México e Hidalgo, en donde se contemplarán los aspectos de ingeniería básica, conceptos para la construcción, operación y mantenimiento.

2.1. Marco físico, localidades a beneficiar.

2.1.1. Área de influencia del proyecto.

2.1.1.1. Delimitación por municipios.

De acuerdo con el Censo de población 2010, la ZMVM comprende 59 municipios del Estado de México, 16 Delegaciones del Distrito Federal y un municipio del Estado de Hidalgo (Tizayuca) (Fig.2.1.1.1.a y Fig. 2.1.1.1.b), cabe mencionar que algunos municipios del Estado de Hidalgo podrían incorporarse a futuro. La Zona suma un total de 20.14 millones de habitantes, de los cuales la población beneficiada asciende a 3.7 millones, posiblemente se sumarán para disponer de estos beneficios aproximadamente 0.60 millones de personas más del estado de Hidalgo.

2.1.1.2. Cuencas y subcuencas relacionadas con el área de influencia.

La zona de pozos planteada se encuentra inmersa en el Valle del Mezquital, localizado en el estado de Hidalgo, se compone de 7 subcuencas, todas pertenecen a la Región Hidrológica número 26, es decir, la región hidrológica de la cuenca del Panuco (Tabla 1).

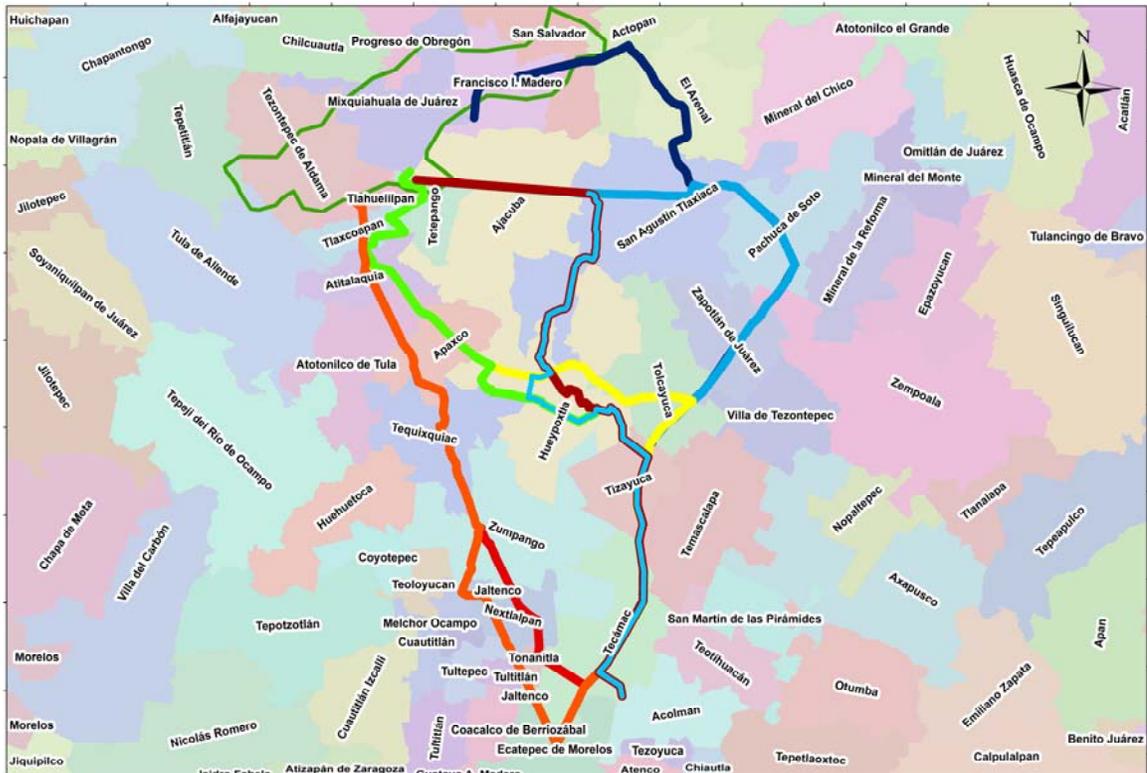


Figura 2.1.1.1.a Trazos de Acueductos y municipios a afectar.

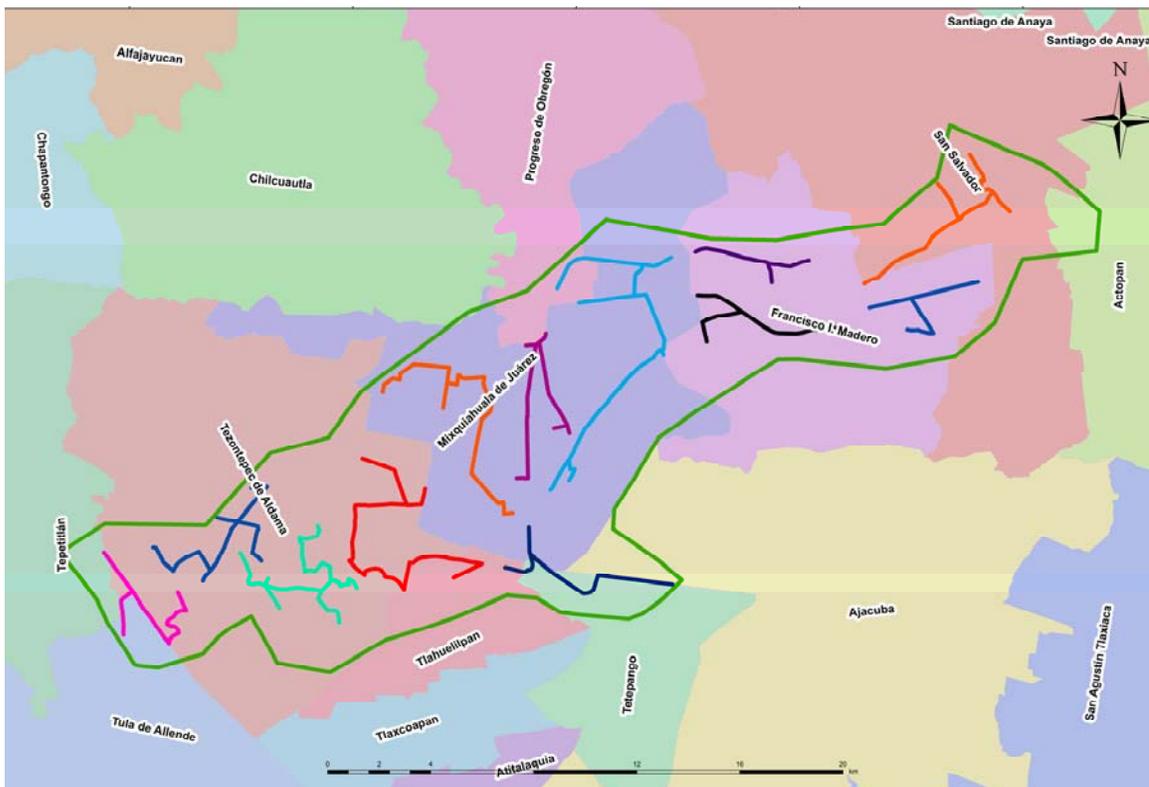


Figura 2.1.1.1.b Trazos Zona de Pozos y municipios a afectar

Tabla 1. Resumen de las Subcuencas en la zona.

Región Hidrológica	Región	Cuenca	Subcuenca	Clave	Longitud N	Latitud W	Área Total(km ²)
R.H 26	Pánuco	Río Moctezuma	R. Salado	RH.26dq	99° 15'33"	20°12'12"	661.73
R.H 26	Pánuco	Río Moctezuma	R. Tula	RH.26dj	99°30'08"	20°39'32"	2069.73
R.H 26	Pánuco	Río Moctezuma	R. Actopan	RH.26dr	99°14'02"	20°30'24"	1319.24
R.H 26	Pánuco	Río Moctezuma	R. El Salto	RH.26dm	99°19'39"	19°59'33"	856.98
R.H 26	Pánuco	Río Moctezuma	R. Tepetzotlán	RH.26do	99°13'30"	19°52'12"	420.35
R.H 26	Pánuco	Río Moctezuma	L. Texcoco y Zumpango	RH.26dp	99°07'12"	19°52'25"	4865.49
R.H 26	Pánuco	Río Moctezuma	R. Tezontepec	RH.26dt	99°06'54'	19°47'35"	2067.25

Los principales ríos y cuerpos de agua que se encontraron la zona son los siguientes:

- Río Salado.
- Río Tula.
- Río Actopan.
- Río El Salto.
- Río Tepetzotlán.
- Lago de Texcoco y Zumpango.
- Río Tezontepec.

a) Zona destinada para pozos.

Subcuenca RH26dq

Río Salado, área de influencia 661.73 km², corriente principal Río Salado, punto de drenaje Río Tula. Coordenadas N 99°15'33"y W 20°12'12" (Fig. 2.1.1.2.a.1).

Subcuenca RH26dj

Río Tula, área de influencia 2069.73 km², corriente principal Río Tula, punto de drenaje Río San Juan. Coordenadas N 99°30'08", W 20°39'32" (Fig. 2.1.1.2.a.2).

Subcuenca RH26dr

Río Actopan, área de influencia 1319.24 km², corriente principal Río Actopan, punto de drenaje Río Tula. Coordenadas N 99°14'02", W 20°30'24" (Fig. 2.1.1.2.a.3).

b) Zona destinada para acueductos.

Subcuenca RH26dm

Río El Salto, área de influencia 856.98 km², corriente principal Río El Salto, punto de drenaje Río Tula. Coordenadas N 99°19'39", W 19°59'33" (Fig. 2.1.1.2.b.1).

Subcuenca RH26do

Río Tepotzotlán, área de influencia 420.35 km², corriente principal Río Tepotzotlán, punto de drenaje Río Tula. Coordenadas N 99°13'30", W 19°52'12" (Fig. 2.1.1.2.b.2).

Subcuenca RH26dp

Lago de Texcoco y Zumpango, área de influencia 4865.49 km², corriente principal Gran Canal de Desagüe, punto de drenaje Río Salado. Coordenadas N 99°07'12", W 19°52'25" (Fig. 2.1.4.1.b.3).

Subcuenca RH26dt

Río Tezontepec, área de influencia 4865.49 km², corriente principal Río Tezontepec, punto de drenaje Lago de Zumpango. Coordenadas N 99°06'54", W 19°47'35" (Fig. 2.1.1.2.b.4).

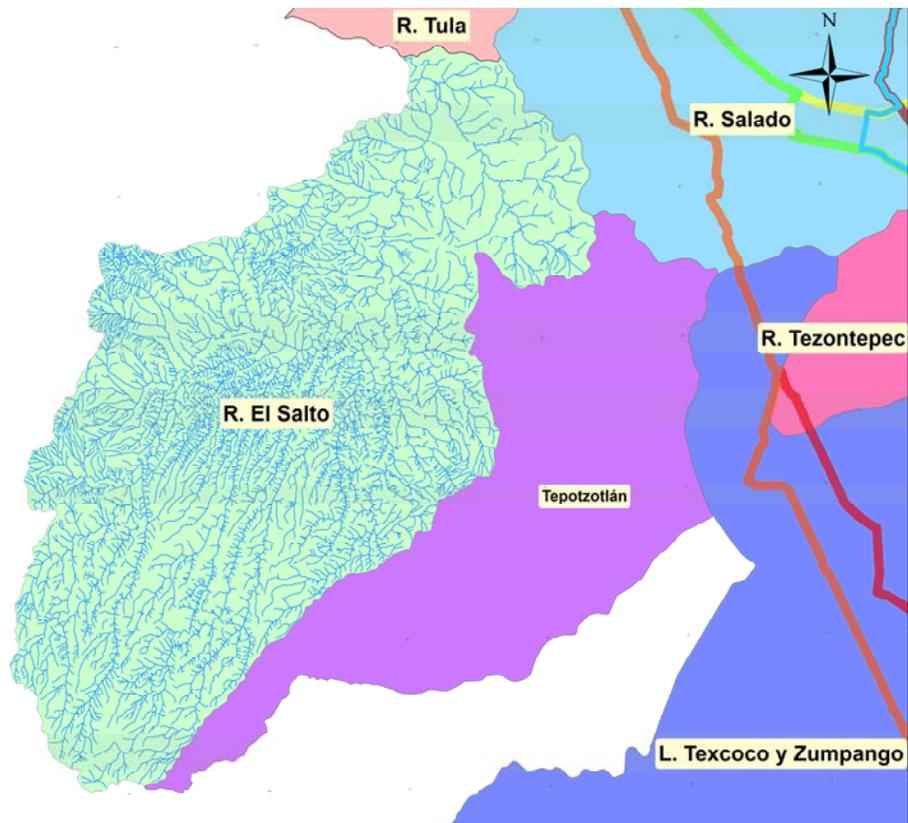


Fig. 2.1.1.2.a.1 Subcuenca R. Salado.

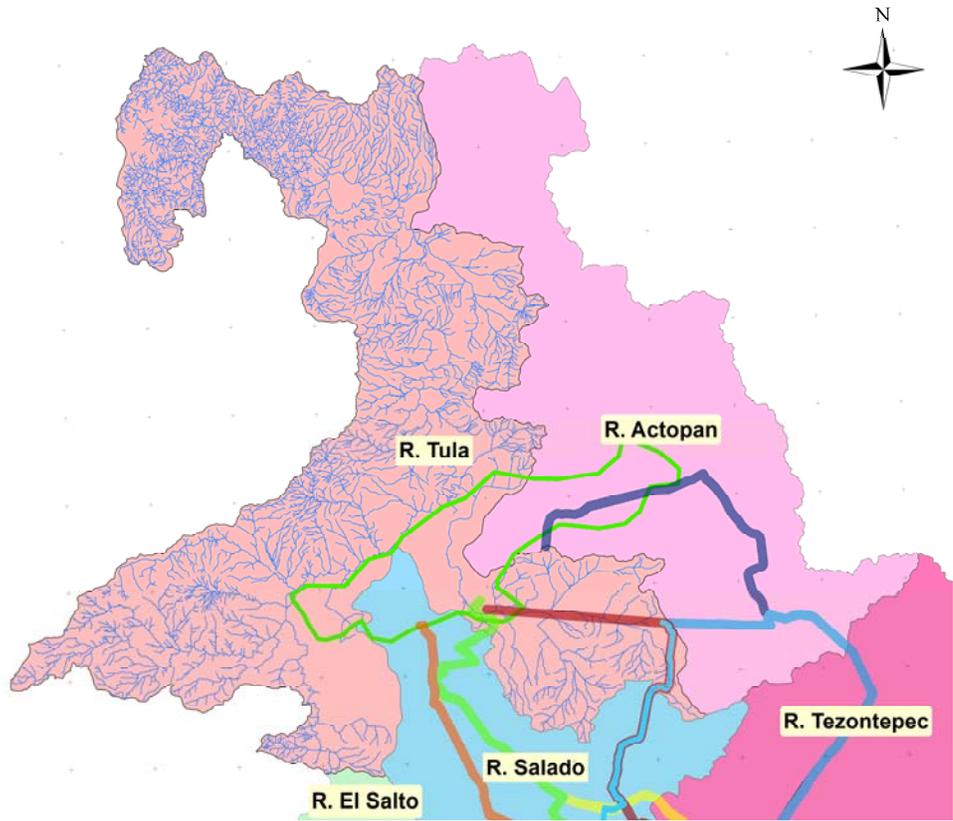


Fig. 2.1.1.2.a.2 Subcuenca R. Tula.

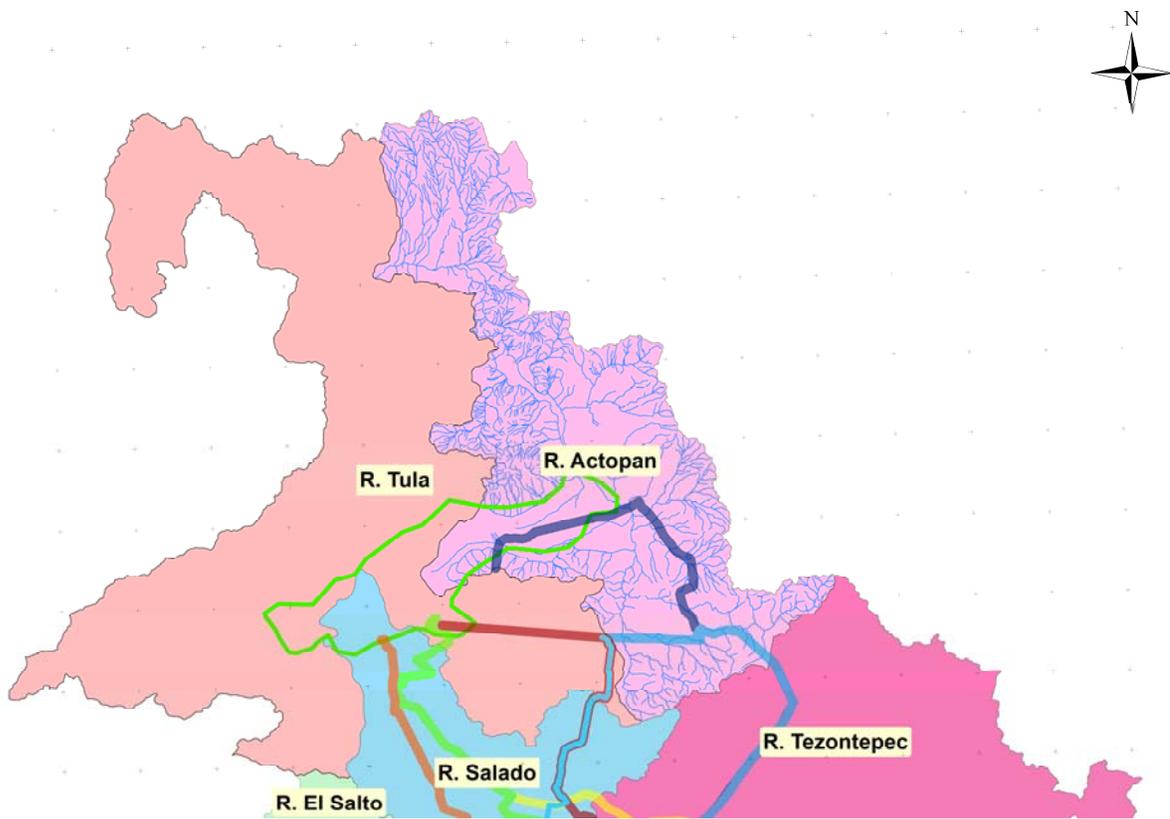


Fig. 2.1.1.2.a.3 Subcuenca R. Actopan.

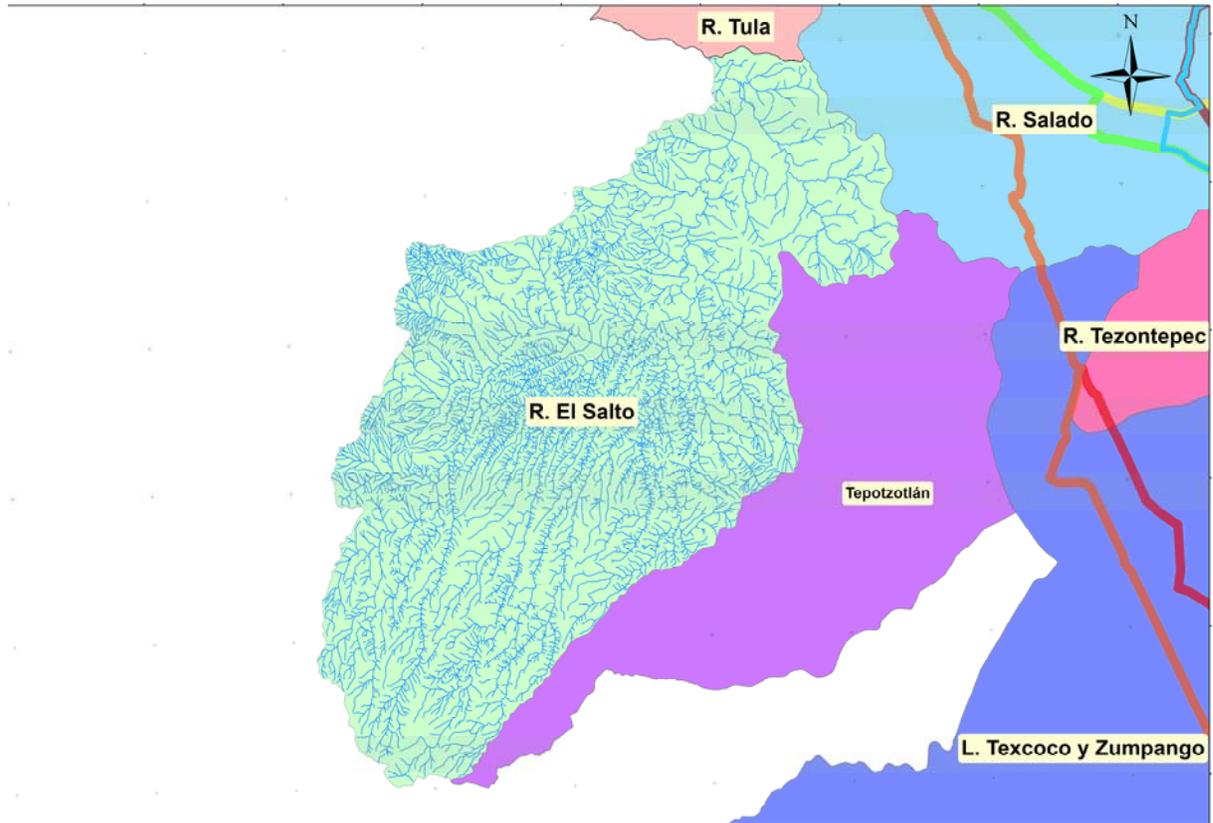


Fig. 2.1.1.2.b.1 Subcuenca El Salto.



Fig. 2.1.1.2.b.2 Subcuenca Tepotzotlán.

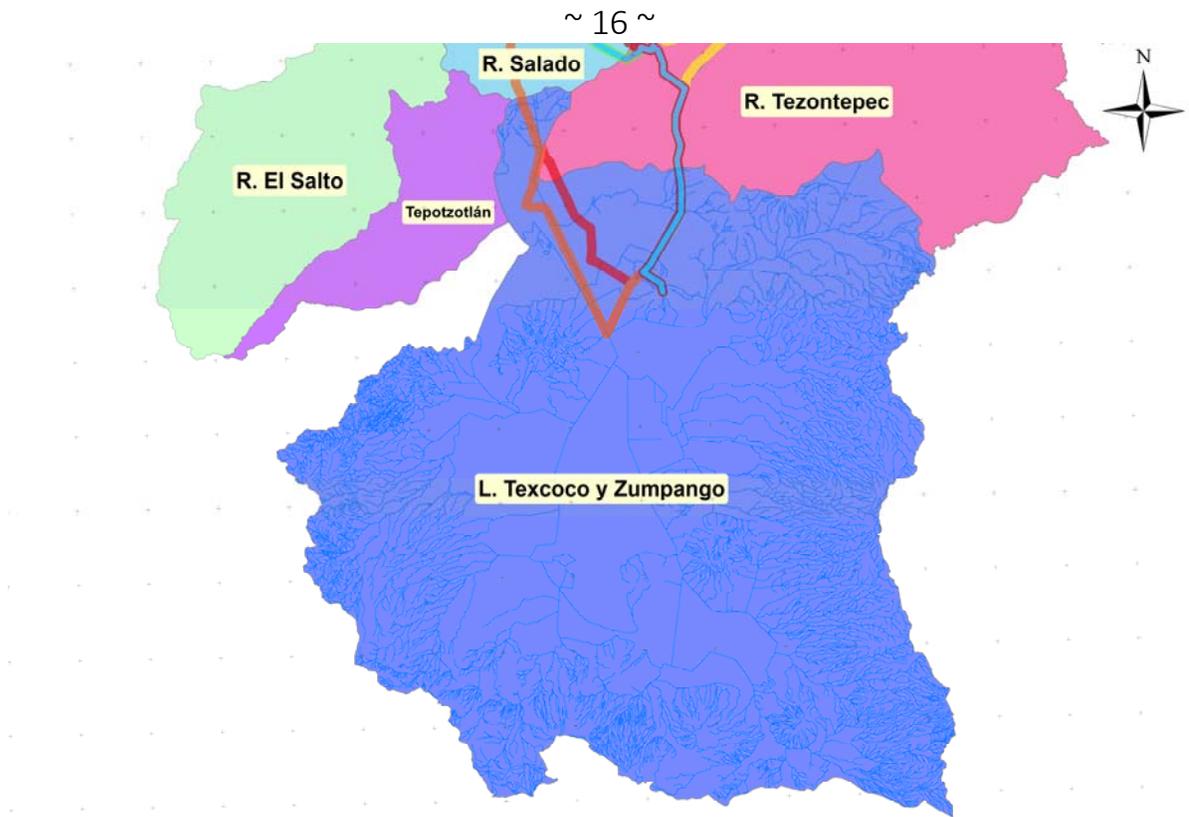


Fig. 2.1.4.1.b.3 Subcuenca Lago de Texcoco y Zumpango.

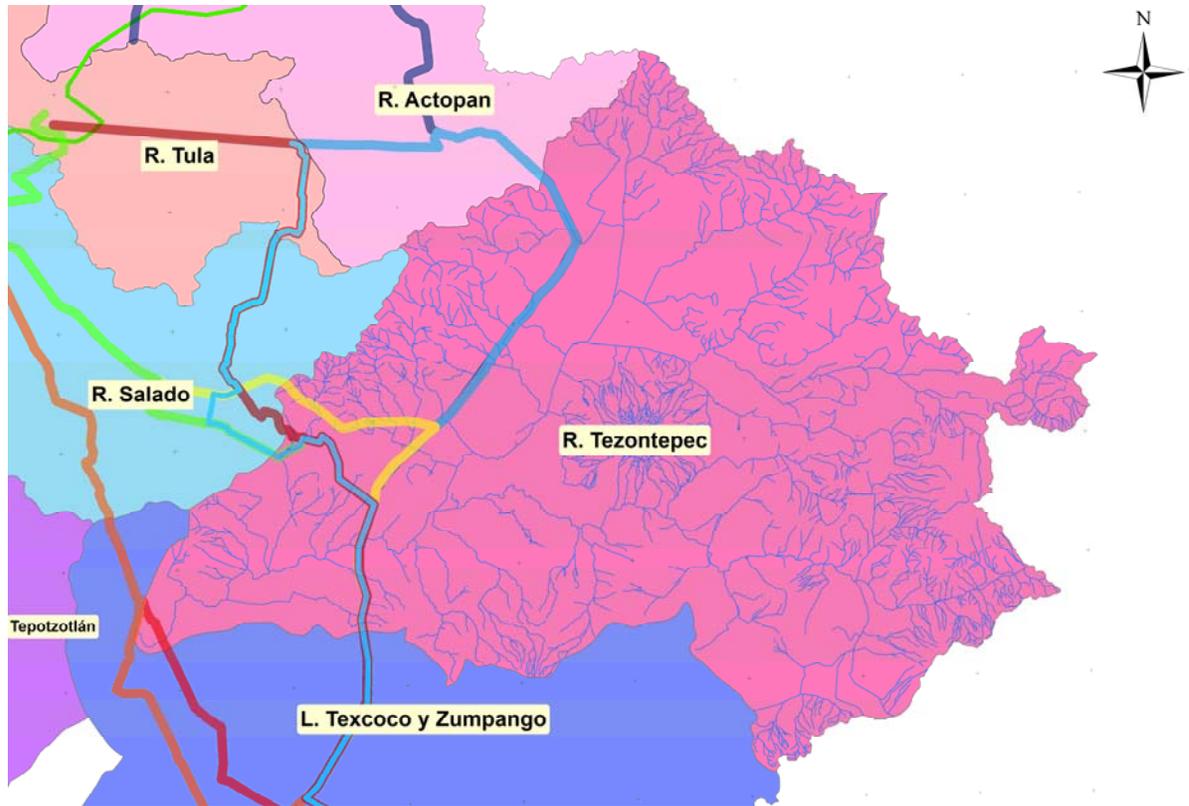


Fig. 2.1.1.2.b.4 Subcuenca R. Tezontepec

2.1.1.3. Localización geográfica.

El Valle del Mezquital se encuentra situado en el corazón del Estado de Hidalgo, entre las coordenadas geográficas:

Norte:

Latitud 20°16'25.11"N

Longitud 99° 9'25.16"O

Sur:

Latitud 20° 8'7.28"N

Longitud 99° 9'36.27"O

Este:

Latitud 20°15'26.45"N

Longitud 98°57'27.75"O

Oeste:

Latitud 20° 9'42.53"N

Longitud 99°21'47.90"O

2.1.1.4. Características físicas.

El Valle del Mezquital, se erige por encima del eje volcánico transversal, con una altura que oscila entre los 1'900 y 2'100 msnm, forma parte de la altiplanicie mexicana central. Su clima es 60% seco-semiseco, y 40 % templado-subhúmedo, las temperaturas oscilan entre los 7°C hasta los 24 °C en las zonas conurbadas, y desde los -9°C hasta los 39 °C en las zonas sin población.

Las siguientes tablas muestran el resumen de los registros de temperaturas y precipitación de los últimos treinta años en las estaciones Meteorológicas de Tlahuelilpan, Tezontepec, Mixquiahuala y Progreso. Para tener mayor información respecto a las condiciones meteorológicas de la zona de captación, se tomaron los registros de cuatro estaciones: Tlahuelilpan, Tezontepec, Mixquiahuala y Progreso.

Se recopilaron registros de precipitación (Fig. 2.1.1.4.2.) y temperatura (Fig.2.1.1.4.1.), de las cuatro estaciones meteorológicas a lo largo de 30 años¹, de ellas se tomaron los valores máximos y mínimos.

Con esta información (Fig. 2.1.1.4.3; Fig. 2.1.1.4.4.) se calculó el promedio de temperatura de todos los años, utilizando ese dato mes con mes, esto permite tener mayor certidumbre de los datos esperados en el futuro mensual.

¹ CONAGUA, 2015. En:

http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42:normales-climatologicas-por-estacion&catid=16:general&Itemid=75. Fecha de Consulta Junio, Julio y Agosto, 2014.

Tabla 2. Temperaturas Máximas y Mínimas del Valle del Mezquital (°C).

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tlahuelilpan	Mín.	13.782	14.321	15.564*	16.133	16.79	14.583	14.241	14.566	13.766	14.435	13.766	12.935
	Máx.	14.871	15.069	15.564*	16.766	19.29	18.966	19.177	18.233	18	15.574	14.266	14.5
Tezontepec	Mín.	7.9596	9.9107	12.459	14.241	15.177	15.141	14.895	13.975	13.741	10.927	7.6416	9.4274
	Máx.	17.564	18.375	19.306	21.55	20.693	22.1	21.225	21.233	21.441	19.83	20.841	16.314
Mixquiahuala	Mín.	9.7258	12.956	14.121	16.641	16.572	17.133	15.701	16.467	15.5	13.364	12.508	10.927
	Máx.	16.137	17.488	20.137	21.838	22.08	21.316	23.379	20.153	20.125	19.072	17.483	16.693
Progreso	Mín.	10.572	12.552	13.483	13.85	14.467	14	14.112	13.725	13.15	9.5161	12.866	12.548
	Máx.	17.661	18.16	21.314	22.166	22.758	21.566	20.419	21.064	21.666	20.548	19.216	16.096

*Dato único recopilado por la estación en el mes.

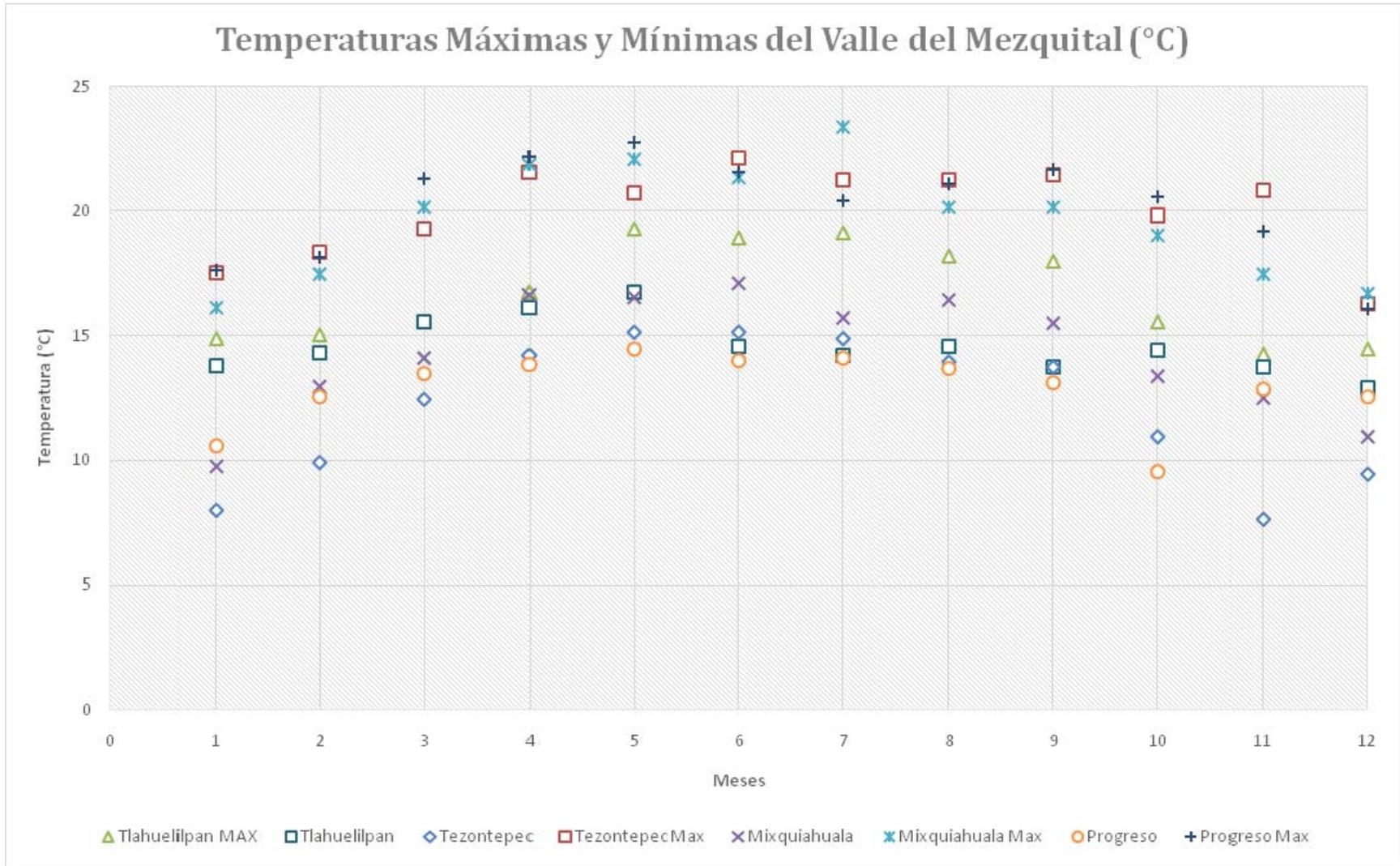


Figura 2.1.1.4.1. Temperaturas máximas y mínimas de los últimos 30 años del valle de Mezquital.

Tabla 3. Precipitaciones Máximas y Mínimas del Valle del Mezquital (mm).

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tlahuelilpan	Mín.	0	5	0	0	6.5	18	7.5	11.5	17	4	0	0
	Máx.	7.5	18	0	18	14.5	27	29.5	62	25.5	18	15	8.5
Tezontepec	Mín.	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
	Máx.	83.5	55.7	64.3	91.5	118	172.7	148.5	171.5	199.8	112	66	28
Mixquiahuala	Mín.	0	0	0	0	0	5	8.5	18.4	5	0	0	0
	Máx.	86.9	89.9	56.2	129.7	159.2	210.9	172.6	172.1	192.8	124.7	78	30.1
Progreso	Mín.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Máx.	70	34	44.9	131	174.8	200	161.5	104.1	215.5	144	87	29

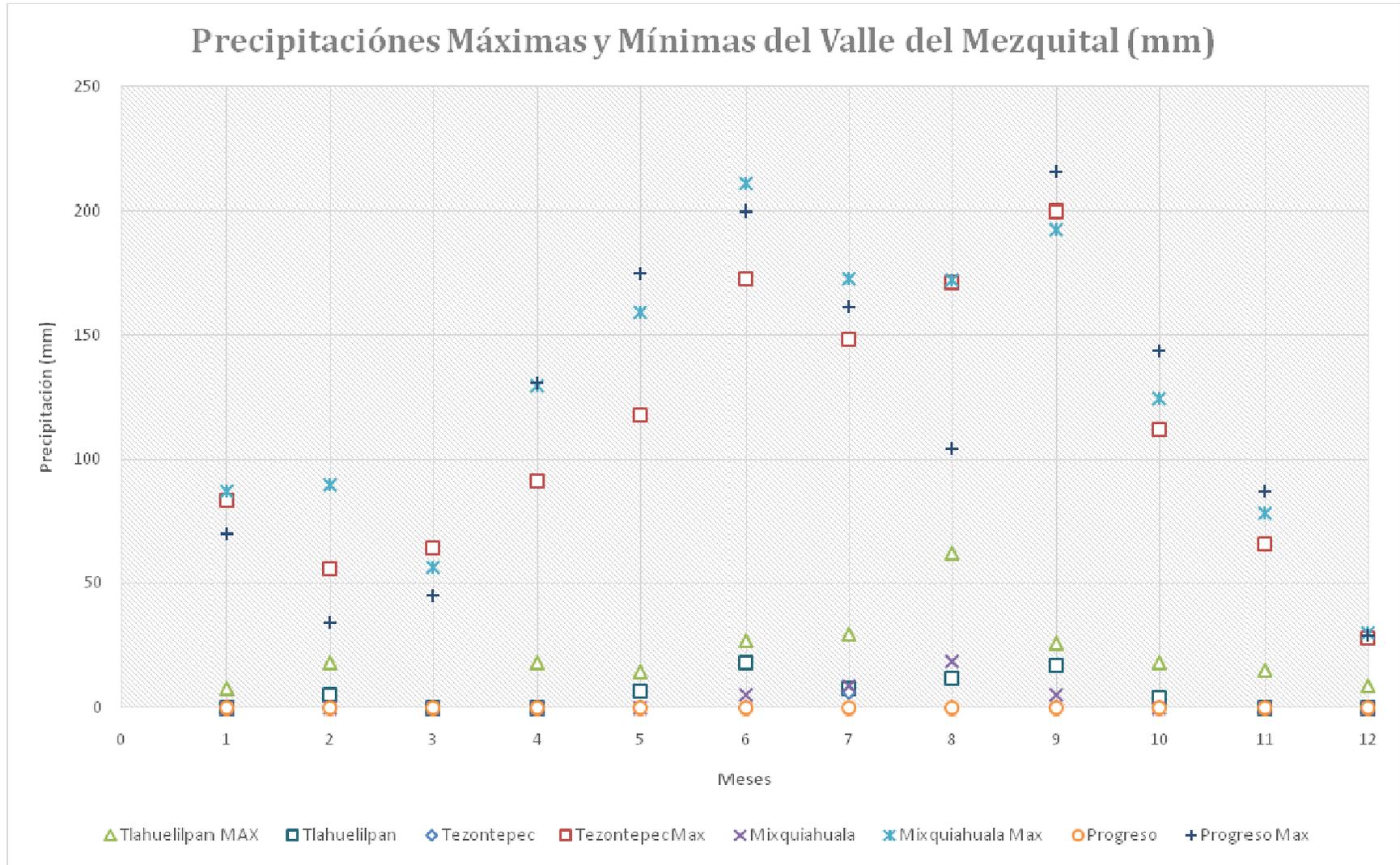


Figura 2.1.1.4.2. Precipitación máxima y mínima de los últimos 30 años del valle de Mezquital.

Tabla 4. Temperatura Promedio (°C).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tlahuelilpan	14.16	14.70	15.56	16.45	17.77	16.56	16.27	16.29	15.68	15.16	14.03	13.85
Tezontepec	12.22	13.50	15.48	16.99	17.94	17.75	17.12	16.85	16.54	14.87	13.63	12.43
Mixquiahuala	13.76	15.07	17.44	19.27	19.91	19.76	18.79	18.84	18.17	16.60	15.28	14.06
Progreso	13.84	15.00	17.10	18.54	19.12	18.59	17.84	17.86	17.40	16.16	15.11	14.10
Temperatura Promedio del Valle	13.49	14.57	16.39	17.81	18.68	18.17	17.50	17.46	16.95	15.70	14.52	13.61

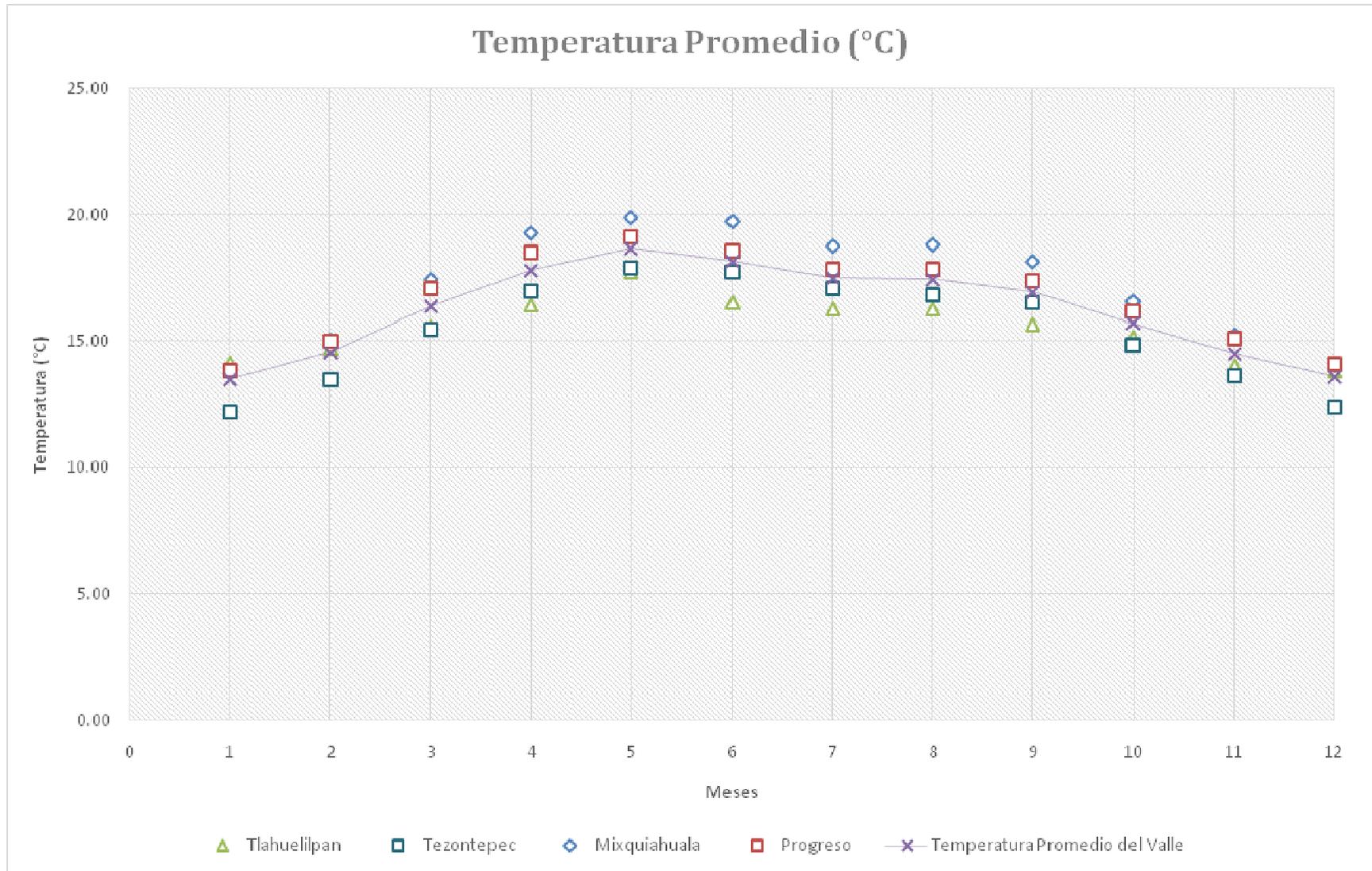


Figura 2.1.1.4.3. Temperatura promedio anual de los últimos 30 años del valle de Mezquital.

Tabla 5. Precipitación Promedio (mm).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tlahuelilpan	4.50	11.50	0.00	9.00	9.00	22.67	16.50	30.50	20.50	10.83	5.00	4.17
Tezontepec	10.38	7.82	11.66	29.17	53.35	78.23	87.27	77.86	79.06	41.14	14.67	5.85
Mixquiahuala	11.82	9.03	10.35	29.20	53.20	74.92	71.76	70.22	72.84	37.25	13.57	5.73
Progreso	9.38	4.78	9.91	26.81	46.22	62.09	62.57	46.53	57.27	32.74	10.00	6.86
Precipitación Promedio del Valle	9.02	8.28	7.98	23.55	40.44	59.48	59.52	56.28	57.42	30.49	10.81	5.65

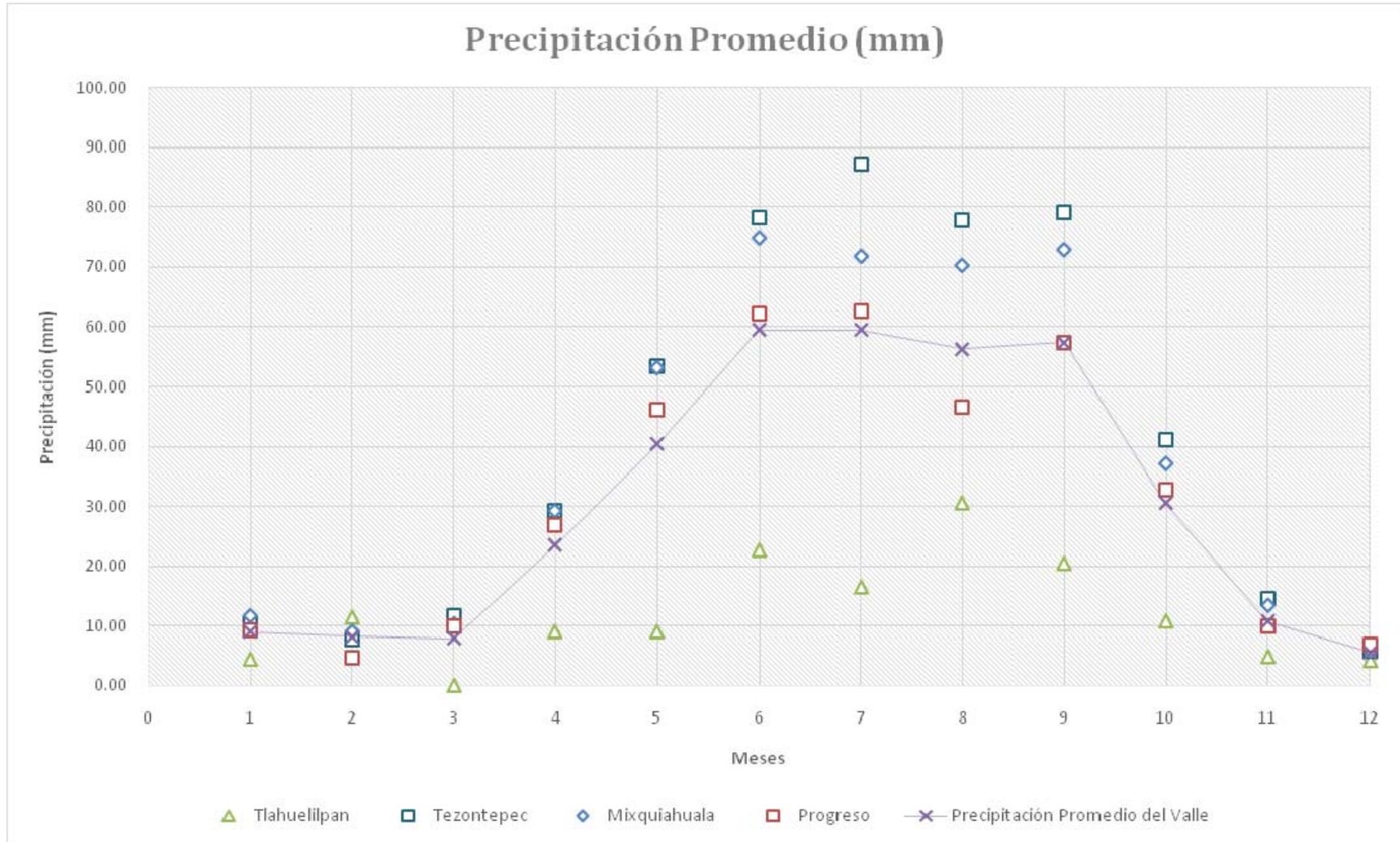


Figura 2.1.1.4.4. Precipitación promedio anual de los últimos 30 años del valle de Mezquital.

2.1.1.5. Tipos de suelo.

La geología del Valle del Mezquital es variada y abastecida por gran cantidad de rocas Ígneas extrusivas de tipo Basalto-Brecha Volcánica básica y Volcano-clásico como se muestra en la Fig. 2.1.1.5.1., su estratificación puede apreciarse en la Fig. 2.1.1.5.2.

2.1.1.6. Principales cauces superficiales.

La región del Valle del Mezquital se caracteriza por ser rica en manantiales templados y termales, con temperaturas que llegan hasta los 92°C y otros considerados medicinales con temperaturas que oscilan entre los 30°C y 60°C.

El Río Tula es el principal cauce que cruza la parte norte del valle; el nombre se le otorga porque la ciudad Tula de Allende es la localidad más importante que atraviesa su vertiente. Este río recibe aportaciones de cuatro fuentes: Río Rosas, Guadalupe, Cuautitlán y el Salado; es el único que atraviesa el valle (Fig. 2.1.1.6.1).

En conjunto estos ríos se convierten más al norte en el Río Moctezuma, resultado de la unión con el Río San Juan; el cual posteriormente se torna en uno de los más importantes de México llamado Río Panuco.

El Río Tula se caracteriza por ser uno de los torrentes más contaminados del país, carga en sus aguas los residuos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y las zonas industriales de la ciudad de Tula de Allende, por lo ya mencionado tiene un papel importante en el desarrollo de todas las actividades de las zonas conurbadas; a partir de este proyecto se colocará un escalón por encima de los principales afluentes del país.

El embalse más importante de este valle es la Presa Endhó, localizada al Sur Poniente del valle. Construida entre los años 1947-1952, inicialmente concentraba el agua dulce proveniente del Río Tula y en 1975 se convirtió en el depósito de aguas residuales del Valle de México, recibe diariamente cerca de 3.5 millones de litros de aguas negras.

2.1.1.7. Acuíferos.

La zona destinada a pozos se encuentra dividida por dos grandes acuíferos Actopan y Mezquital, sus cauces abastecerán de toda el agua al acueducto, tal como se observa en la Fig. 2.1.1.7.1.

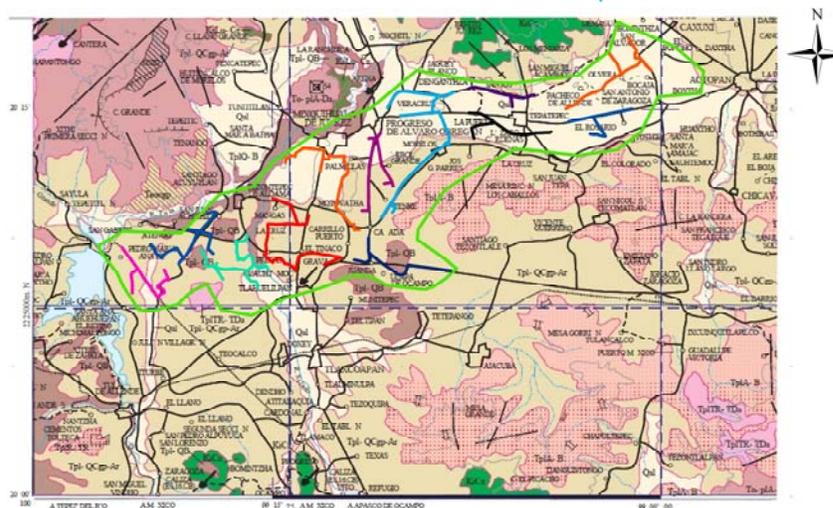


Figura 2.1.1.5.1 Geología Superficial del Valle del Mezquital

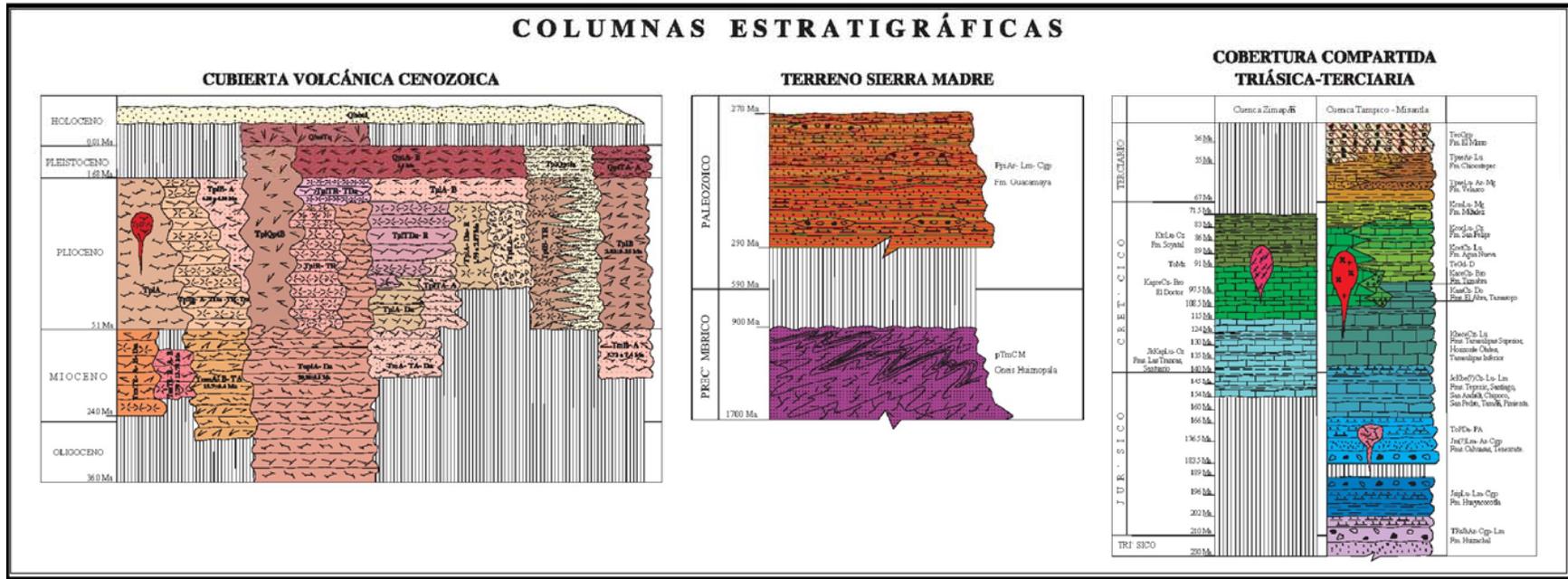


Figura 2.1.1.5.2 Estratificación del suelo en el Valle del Mezquital

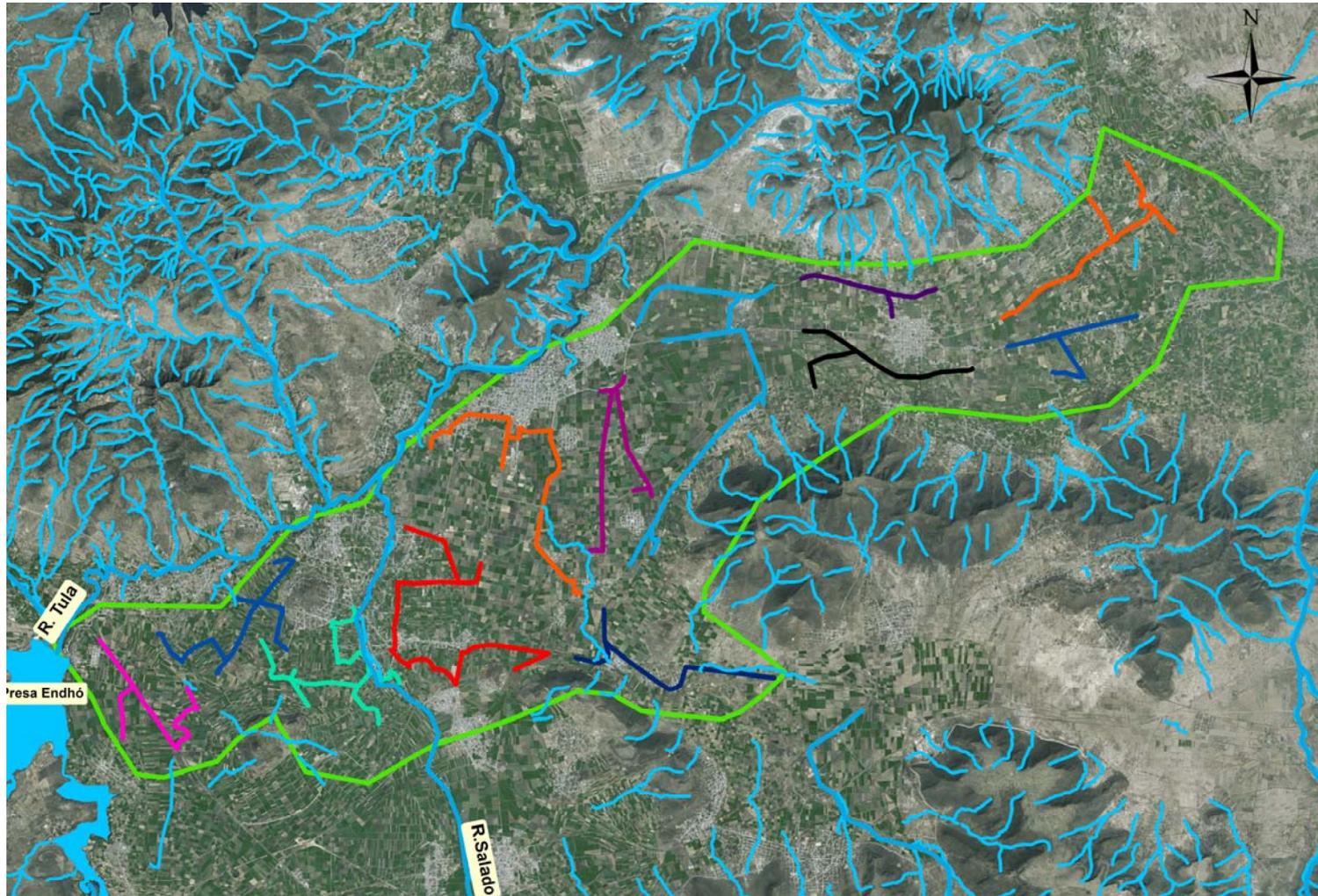


Figura 2.1.1.6.1 Principales cauces superficiales del Valle de Mezquital

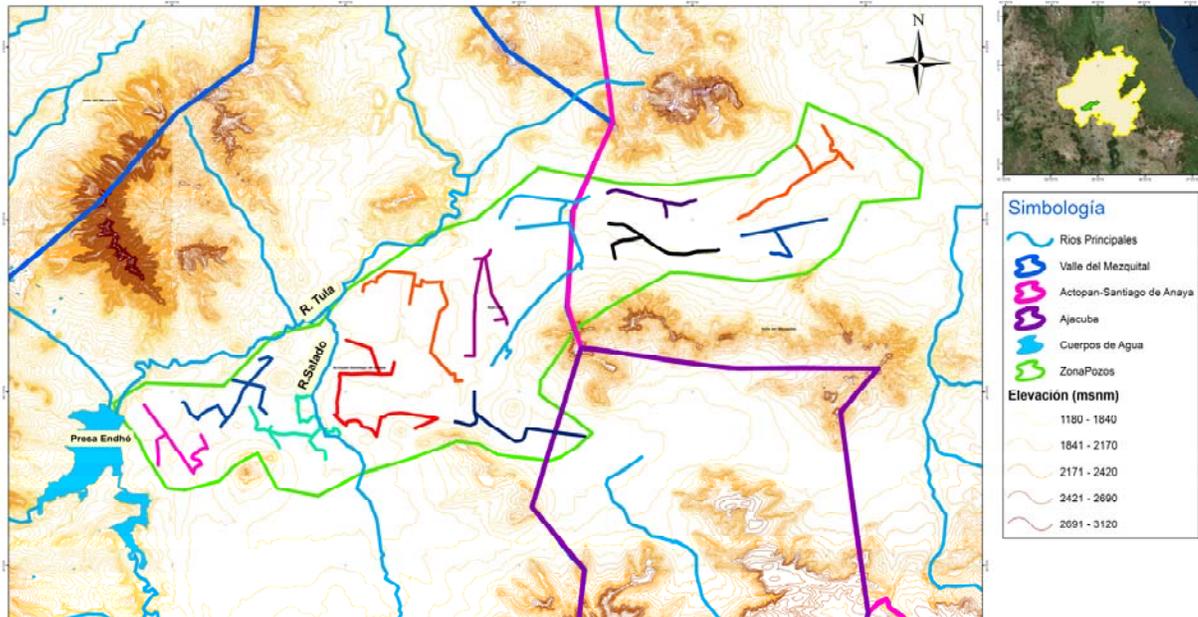


Figura 2.1.1.7.1. Acuíferos

2.1.1.8. Uso de suelo.

Los cambios en la cobertura y uso del suelo denotan afectaciones en los ecosistemas naturales a nivel global, dichos cambios ocurren de forma puntual y en conjunto llegan a sumar un total significativo. Se ve reflejado sobre la cobertura vegetal, razón por la cual se toman como referencia para algunas aplicaciones como: el monitoreo ambiental, producción estadística para apoyo a la planeación, evaluación del cambio climático, evaluación de los procesos de desertificación, entre otros.

El conocimiento del estado que guarda la cobertura vegetal de la tierra ha cobrado importancia en los últimos años. La presente carta (Fig. 2.1.1.8.1.) muestra la distribución de estos territorios:

BQ= Bosque de Encino.

MC=Matorral Crasicaule.

PI= Pastizal Inducido.

VS= Sabana.

MDR= Matorral Desértico Rosetófilo.

BC= Bosque Cultivado.

MK=Mezquital.

ZU= Zona Urbana.

IAPF= Agrícola Pecuaria y Forestal.

BP= Bosque de Pino.

MRE= Matorral Rosetófilo espinoso.

PH= Pastizal Halófilo.

BJ= Bosque de Tásate.

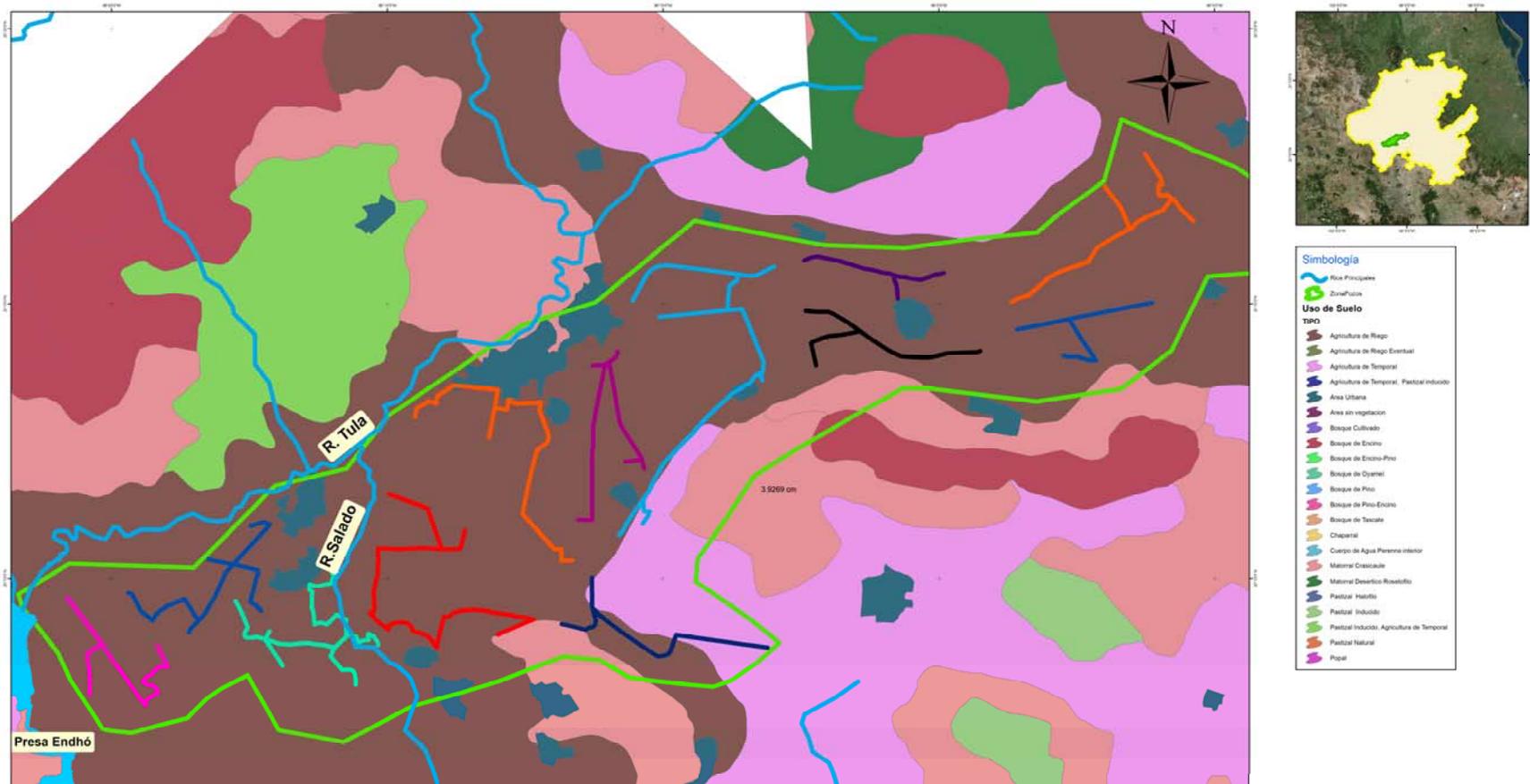


Figura 2.1.1.8.1 Principales usos de suelo en el Valle de Mezquital

2.1.2. Infraestructura hidráulica existente de agua potable.

En este apartado se recopila información básica relacionada con el servicio de agua potable dentro del área de influencia del proyecto, ya sea por entidad federativa y/o región hidrológica administrativa XIII *Aguas del Valle de México*, como posibles sitios a beneficiar directa o indirectamente con el acueducto, retomando datos generales y particulares.

De forma general el estado de la Región Hidrológica Administrativa XIII *Aguas del Valle de México* de acuerdo al Diario Oficial de la Federación (2012), actualmente mantiene sus afluentes subterráneos y superficiales vedados; sus acuíferos hacia el norte presentan disponibilidad y los situados en el sur se encuentran sobreexplotados, por esta razón la cuenca en general se encuentra en óptimas condiciones, principalmente en el Valle del Mezquital.

2.1.2.1. Cobertura del servicio.

La cobertura del sector hidráulico en México brinda servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. La población potencialmente beneficiada de acuerdo a datos extraídos de CONAGUA (2013) es de 24'834'516 habitantes y su distribución por entidad federativa es mostrada en la Tabla 6.

Cabe resaltar que sólo el 5% de la población de las entidades federativas se encuentran carentes de estos servicios. El total de agua renovable considerada para el periodo 2011-2018 es de 3'468 hm³/año, 1'112 hm³/año de escurrimiento natural medio y se estima una recarga media total en los acuíferos de 2'357 hm³/año. Para el 2012 con una población de 2'262 millones de habitantes, la disponibilidad de agua per cápita se calculó en 153 m³/hab/año.

En el año 2010 para el Distrito Federal se cubrió el 98.3% del caudal suministrado (32'088 l/s) y desinfectado para consumo humano, para el estado de Hidalgo 95.7% de 4'279.3 l/s y para México el 100% (35'476.3 l/s).

Los recursos económicos destinados a estos servicios proceden de comisiones estatales, federales, desarrollos de vivienda, créditos, aportaciones de la EPA (Agencia de Protección Ambiental) e iniciativa privada; las inversiones realizadas al 2010 reportadas en CONAGUA (2013), fueron destinadas a los servicios, tal y como se expone en la Tabla 7.

Tabla 6. Cobertura de Servicio Hidráulico (CONAGUA, 2011).

Entidades Federativas	Población Total 2010. (hab)	Población 2010 en vivienda particular (hab)	Población con servicio				Población sin servicio			
			Agua Potable (hab)	%	Alcantarillado (hab)	%	Agua Potable (hab)	%	Alcantarillado (hab)	%
Distrito Federal	8,851,080	8,588,972	8,389,266	97.7	8,508,774	99.1	199,706	2.3	80,198	0.9
Hidalgo	2,665,018	2,639,465	2,392,858	90.7	2,243,873	85.0	246,607	9.3	395,592	15.0
México	15,175,862	14,953,514	14,052,392	94.0	13,997,994	93.6	901,122	6.0	955,520	6.4
Total	<u>26,691,960</u>	<u>26,181,951</u>	<u>24,834,516</u>	<u>95</u>	<u>24,750,641</u>	<u>95</u>	<u>1,347,435</u>	<u>5</u>	<u>1,431,310</u>	<u>5</u>

- De acuerdo al censo de población y vivienda, 2010.

Tabla 7. Inversiones destinadas a servicios de agua (CONAGUA, 2013).

Entidades Federativas	Agua Potable	Alcantarillado	Saneamiento	Mejoramiento de eficiencia	Otros	Total de percepciones
(millones de pesos)						
Distrito Federal	536.1	492.1	128.4	1734	506	3396.6
Hidalgo	202.6	182.1	103.96	50.2	37	575.86
México	483.3	783.8	134.5	257	279.4	1938
Total	1222	1458	366.86	2041.2	822.4	5910.46

2.1.2.2. Dotaciones, residuos y usos de agua.

La extracción de agua en las subregiones involucradas se calcula de la siguiente manera:

- Valle de México: 2'582.80 hm³/año, de las cuales 1'876.39 hm³/año proceden de agua subterránea, 91.45 hm³/año son de agua superficial y 614.95 hm³/año provenientes de otras cuencas;
- Tula: extrae un total de 1933.16 hm³/año, explotando 167.14 hm³/año de agua subterránea, 220.75 hm³/año de agua superficial y 1'545.26 hm³/año aprovechadas de agua residual.

La dotación calculada de agua potable en el Distrito Federal es de 322 l/hab.-día, para el estado de Hidalgo 139 l/hab.-día., y para México 203l/hab.-día., generando un total de 22'462 l/s de agua residual en el Distrito Federal, 3'061 l/s en el estado de Hidalgo y 25'379 l/s en México.

El uso de agua en estas entidades es principalmente para: la agricultura, uso doméstico (uso personal, hogar, riego de jardines, árboles de ornato, abrevaderos de animales domésticos y cualquier otro que no constituya alguna actividad lucrativa), acuacultura, servicios, industria, uso pecuario, público urbano (centros de población y asentamientos humanos por redes de municipio), usos múltiples (principalmente en aprovechamientos, más de uno ya definido, salvo la conservación ecológica) y energía eléctrica. Su distribución se expresa en la Tabla 8.

El reúso de agua se registra principalmente en los sistemas agropecuarios (100.92 hm³/año en la subregión Valle de México y 1573.65 hm³/año en la subregión Tula), en el abastecimiento público (66.23 hm³/año en la subregión Valle de México) y para la industria (15.77 hm³/año en la subregión Valle de México y 28.38 hm³/año en la subregión Tula).

Los distritos de riego que pertenecen a la región son: Tula (003) con 51'761.61 ha de superficie dominada, 49'772 ha irrigadas; se benefician 33'147 usuarios. Ajacuba (112) con 3'971.58 ha de superficie dominada, 4'511.30 ha de superficie regada; de la cual se benefician 1'845 usuarios. Del total de superficie irrigada en región Tula 25'740.70 ha son de propiedad ejidal y 24'031.30 ha son pequeñas propiedades. Ajacuba tiene 3'834.60 ha de propiedad ejidal y 676.7 ha con pequeñas propiedades. El distrito de riego Tula cuenta con 158.52 canales revestidos, 2989.85 sin revestir y 214.66 drenes; mientras que el distrito de Ajacuba sólo cuenta con 50.64 canales revestidos.

Tabla 8. Usos de agua (CONAGUA, 2009).

Usos del Agua	Distrito Federal (m ³ /año)		México (m ³ /año)		Hidalgo (m ³ /año)	
	superficial	subterránea	superficial	subterránea	superficial	subterránea
Agrícola	365,040	75	2,383,214,543	167,840,628	913,654,689	33,524,606
Agroindustria	0	0	0	0	0	0
Doméstico	0	16,390	51,873	1,867,791	15,517	161,663
Acuacultura	189,210	0	7,378,931	0	14,282,468	0
Servicios	224,640	3,964,864	1,737,200	2,434,129	6,030,938	503,430
Industrial	0	28,265,872	21,545,216	80,570,438	24,321,626	111,364,306
Pecuario	0	0	659,263	2,614,575	443,175	498,918
Público urbano	309,052,800	780,516,000	217,027,962	819,105,141	13,690,764	105,898,004
Múltiple	0	291,000	2,849,232	94,962,504	5,683,860	16,102,114
Energía eléctrica	0	0	0	0	220,752,000	0

En el distrito de riego Tula distribuye un volumen de agua total a 909´777.6 miles de m³ y se perfilan 182.80 cm de lámina bruta húmeda; para Ajacuba se suministran 51´447.7 miles de m³ de agua y registra 114 cm de lámina bruta regada.

2.1.2.9. Sistemas de potabilización y plantas de tratamiento de aguas residuales.

En el 2011 el Distrito Federal reportó 41 plantas potabilizadoras con una capacidad total de 3´958.5 l/s y un caudal total potabilizado de 3´090 l/s. En Hidalgo se encuentran 2 plantas potabilizadoras con capacidad de 130 l/s y caudal potabilizado de 130 l/s; para México se tienen 11 plantas potabilizadoras con capacidad de 22´164 l/s y un caudal potabilizado de 16´739 l/s.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales por entidad federativa según CONAGUA, (2011), se encuentran en la Tabla 9. Las presas existentes dentro de la Región Hidrológica Administrativa XIII *Aguas del Valle de México* son descritas en la Tabla 10.

Tabla 9. Plantas de tratamiento de aguas residuales por entidad federativa y por proceso (CONAGUA, 2011).

Entidades Federativas	No. de Plantas			Capacidad		Tipo de tratamiento y caudal tratado							
						Primario		Secundario		Terciario		No especificado	
	Total	sin operar	en operación	instalada	en operación	#	caudal l/s	#	caudal l/s	#	caudal l/s	#	caudal l/s
Distrito Federal	152	0	152	546.2	131.8	54	15.4	38	54.4	29	11.2	31	50.85
Hidalgo	50	5	45	1830.1	1307.2	6	9.9	33	981.3	6	316	0	0
México	317	4	313	4154.2	2859.9	12	93.9	176	2642.4	14	116.85	3	6.8
Total	519	9	510	6530.5	4298.9	72	119.2	247	3678.1	49	444.05	34	57.65

Tabla 10. Presas y su capacidad de almacenamiento (CONAGUA, 2013).

Clave	Nombre oficial	Nombre común	Capacidad NAMO (hm3)	RHA	Uso
1583	Endhó	Endhó	182	Aguas del Valle de México	I,C
2005	Guadalupe	Guadalupe	56.7	Aguas del Valle de México	I
1639	Requena	Requena	52.5	Aguas del Valle de México	I
1602	Javier Rojo Gómez	La Peña	50	Aguas del Valle de México	I
1644	Taxhimay	Taxhimay	42.8	Aguas del Valle de México	I
2037	Madín	Madín	12.95	Aguas del Valle de México	A
1989	La Concepción	La Concepción	12.11	Aguas del Valle de México	I

NAMO= nivel de agua máximo ordinario; **RHA**= Región Hidrológica Administrativa; **I**= Irrigación; **C**= Control de avenidas; **A**= uso abastecimiento público.

2.1.2.10. Infraestructuras hidráulicas de abastecimiento y control de la región.

A continuación se presentan las infraestructuras más importantes de la región:

Túnel Emisor Oriente, Estado de México: Su objetivo es reforzar el sistema principal de drenaje actual y disminuir el riesgo de falla en la Zona Metropolitana del Valle de México. Su trayectoria inicia al límite del Distrito Federal y el Estado de México, tiene 30 m de profundidad; alcanza más de 150 m en el cruce con la Sierra de Guadalupe, finaliza su recorrido en el municipio de Atotonilco de Tula (estado de Hidalgo), con cercanía a la salida del Túnel Emisor Central, longitud aproximada de 62 km con 7 m de diámetro, 24 lumbreras y capacidad de desalojo de 150m³/s.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco, (PTAR): Este programa quiere beneficiar a 700 mil habitantes del Valle del Mezquital (300 mil en las zonas de riego), el objetivo es solucionar íntegramente el manejo del agua en la zona más poblada del país ya que tratará el 60% de agua residual proveniente del Valle de México, de forma que se eliminarán grasas, aceites, patógenos; conservará parte de los nutrientes P y N. Con ello se espera minimizar riesgos sanitarios y mejorar la calidad del agua tratada para riego agrícola, actualmente se benefician más de 80 mil h de cultivo.

Esta planta es considerada la más grande de América Latina, se encuentra diseñada para tratar 35 mil l/s (23 m³/s y 12 m³/s adicionales en temporada de lluvias). El proceso de tratamiento se llevará a cabo de acuerdo a la cantidad y características del agua, por medio de procesos biológicos y fisicoquímicos, de esta forma se accederá a la opción de generar energía eléctrica para el aprovechamiento de gas metano; esto permitirá disminuir la dependencia de fuentes externas de energía eléctrica y al mismo tiempo abrir la posibilidad para colocar bonos de carbono, con la finalidad de dejar de emitir a la atmósfera el equivalente a 145 mil ton de dióxido de carbono al año.

Sistema Cutzamala, Estado de México: Su función es aportar seguridad al suministro de agua potable en bloque a la Zona Metropolitana del Valle de México y Toluca, beneficia a casi 5 millones de habitantes a través de las acciones de operación, rehabilitación, mantenimiento, modernización y complementación de infraestructura del sistema. Actualmente entrega un caudal en promedio total de 14.5 m³/s. Se encuentra constituido básicamente por las presas: Villa Victoria, Valle de Bravo, Chilesdo, Colorines, el Bosque, Tuxpan e Ixtapan del Oro, lo componen 6 plantas de bombeo, 212 km de conducciones, 2 tanques de regulación y 1 planta potabilizadora.

Capítulo 3: Análisis de la demanda de agua y derivaciones en ruta.

3.1 Análisis de la demanda de agua y derivaciones en ruta.

En este apartado se revisará el comportamiento histórico de la población para cada una de las alternativas y baterías de pozos propuestas, con la finalidad de obtener los datos para la población actual a beneficiar y proyecciones a futuro.

Es importante conocer a la población que existe dentro del sistema y a las que ya cuentan con un servicio de agua de calidad. No tiene sentido hablar de la población a beneficiar sin antes dilucidar la magnitud o porcentaje de impacto poblacional que tendrá el presente proyecto.

3.1.1. Censo y proyección poblacional.

La información planteada se ha tomado del Censo de población realizado en 2010 citada y analizada para fines de este trabajo; posteriormente complementada y comparada con los datos que arroja la CONAPO para tener valores de certidumbre hasta el 2044.

Todo para un mejor aprovechamiento y entendimiento de las poblaciones, tanto en la zona de pozos como en los trazos posibles del acueducto delimitados por los siguientes criterios:

a) Zona destinada para pozos.

- Todas y cada una de las localidades con más de 2'500 habitantes registrados en el censo del 2010.

b) Zonas destinadas para acueductos.

- Todas y cada una de las localidades con más de 2'500 habitantes registrados en el censo del 2010.
- Deben de encontrarse a menos de 3 km de cada lado del trazo.

La población total por alternativa y zona de pozos, así como su proyección al 2044 se puede apreciar en la Tabla 6, (Fig.3.1.1).

Tabla 1. Resumen del total de la población a beneficiar en Batería de Pozos y Acueducto: prospección al año 2044.

No.	Alternativa	Población total					Ocupantes en viviendas particulares sin acceso a agua entubada
		2010	2014	2018	2030	2044	2010
1	Zona de Pozos	91,526	97,200	102,437	115,886	136,601	2,407
1.1	Cerros	203,615	216,239	227,888	257,808	303,893	9,571
2.1	Arco Norte	235,870	250,494	263,988	298,648	352,033	10,926
3.1	Ojo de Agua	519,100	551,284	580,983	657,261	774,750	20,259
3.2	Mexiquense	747,003	793,316	836,054	945,822	1,114,893	25,688

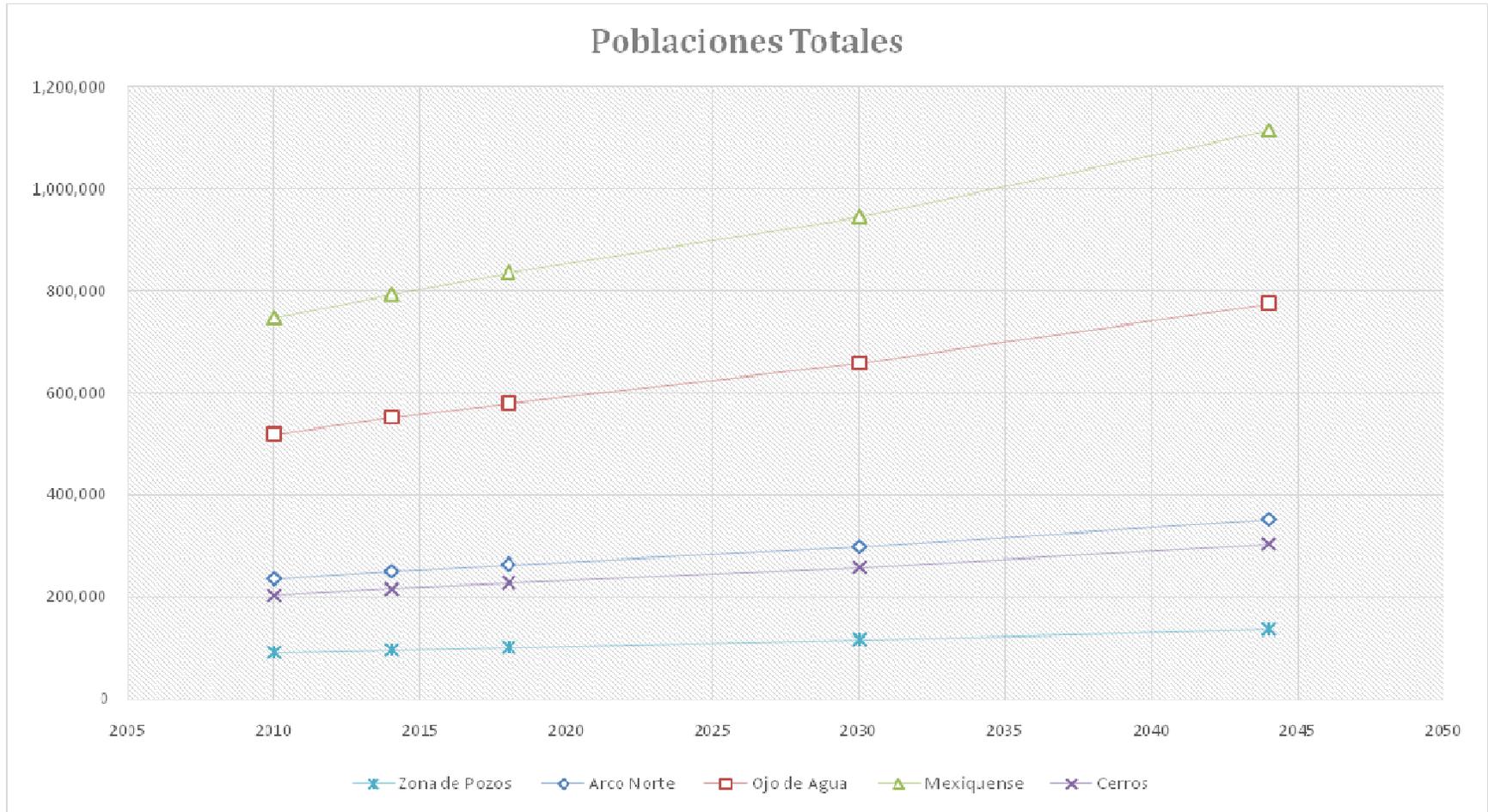


Figura 3.1.1. Población total y proyección poblacional de acuerdo a las alternativas planteadas y a la zona de pozos del año 2010 al 2044.

Se generó la proyección poblacional de las localidades referentes a la zona de pozos y de cada una de las alternativas presentadas del acueducto hasta el año 2044. Presentamos los siguientes resultados con la salvedad que en 2044 la población no podrá ser inferior a la del 2010.

- ✓ **Zona destinada para Pozos.-** (Tab.2), (Fig.3.1.2.; Fig.3.1.3.; Fig.1.2.1.4.; Fig.3.1.5.; Fig.3.1.6.; Fig.3.1.7.; Fig.3.1.8.; Fig.3.1.9.; Fig.3.1.10.; Fig.3.1.11.; Fig.3.1.12.).
- ✓ **Alternativa 1.1 Cerros.-**(Tab.3), (Fig.3.1.13.; Fig.3.1.14; Fig.3.1.15; Fig.3.1.16; Fig.3.1.17; Fig.3.1.18; Fig.3.1.19; Fig.3.1.20; Fig.3.1.21; Fig.3.1.22).
- ✓ **Alternativa 2.1 Arco Norte.-**(Tab.4), (Fig.3.1.23.; Fig.3.1.24.; Fig.3.1.25.).
- ✓ **Alternativa 3.1 Ojo de Agua.-**(Tab.5), (Fig.3.1.26.; Fig.3.1.27.; Fig.3.1.28.; Fig.3.1.29.; Fig.3.1.30.; Fig.3.1.31.; Fig.3.1.32.; Fig.3.1.33.; Fig.3.1.34.; Fig.3.1.35.; Fig.3.1.36.; Fig.3.1.37.).
- ✓ **Alternativa Mexiquense.-**(Tab.6), (Fig.3.1.38; Fig.3.1.39; Fig.3.1.40.).

Zona destinada para pozos.

Tabla 2. Población de la zona destinada para la zona de pozos por localidades.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población 2010	Población 2044	Incremento Poblacional
1	Hidalgo	Tlahuelilpan	Tlahuelilpan	8,498	8,579	1%
2	Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Presas	6,942	7,024	1%
3	Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Huitel	5,390	6,075	11%
4	Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Tezontepec de Aldama	4,731	5,736	18%
5	Hidalgo	Mixquiahuala de Juárez	Mixquiahuala	25,510	29,549	14%
6	Hidalgo	Progreso de Obregón	Progreso	17,486	18,529	6%
7	Hidalgo	San Salvador	San Salvador	1,070	3,526	70%
8	Hidalgo	Mixquiahuala de Juárez	Colonia Teñhe	2,768	3,607	23%
9	Hidalgo	Francisco I. Madero	Tepatepec	11,084	14,429	23%
10	Hidalgo	Francisco I. Madero	El Rosario	4,370	9,293	53%
11	Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Atengo	3,677	3,720	1%
Población Total				91,526	110,067	17%

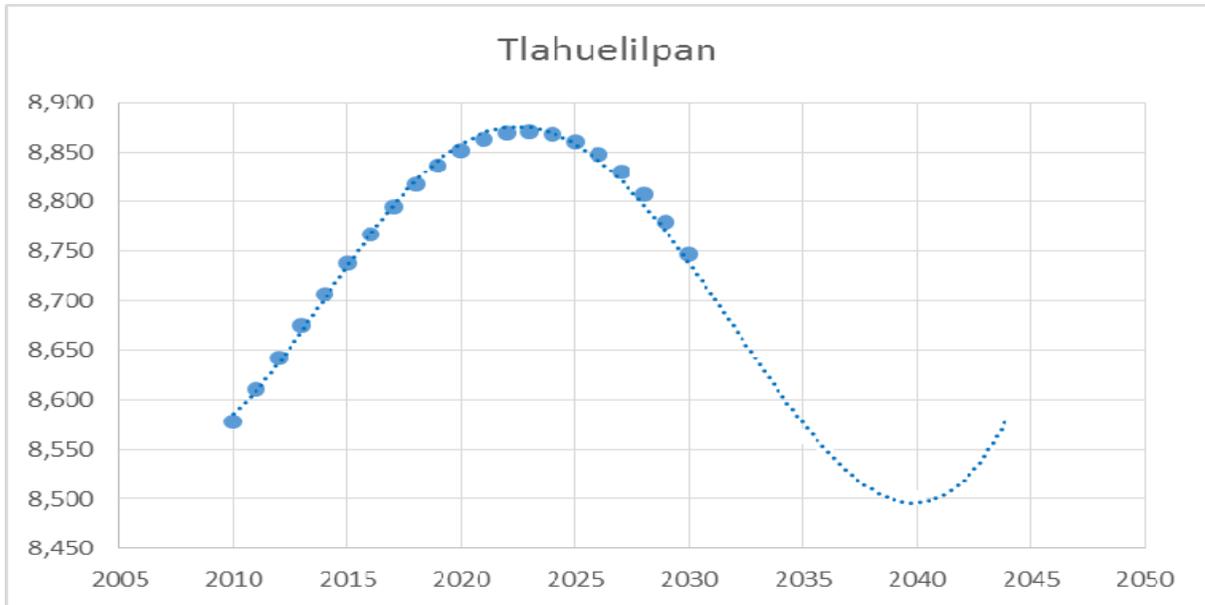


Figura 3.1.2. Proyección poblacional de la localidad Tlahuelilpan 2010-2044.

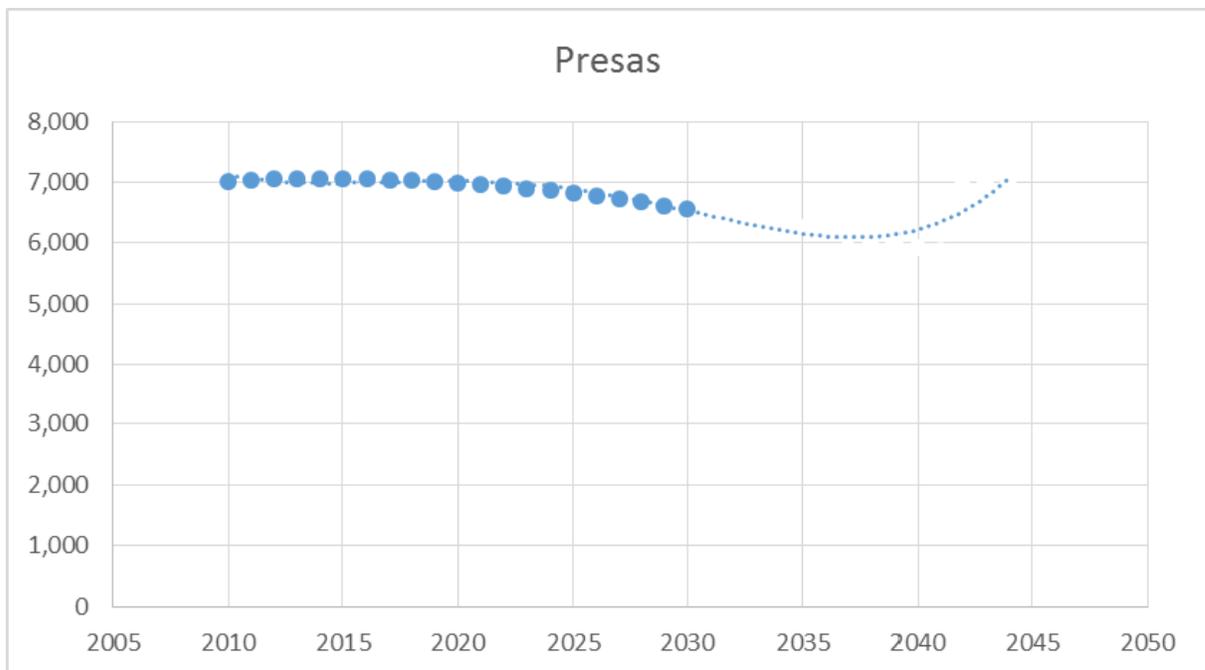


Figura 3.1.3. Proyección poblacional de la localidad de Presas 2010-2044.

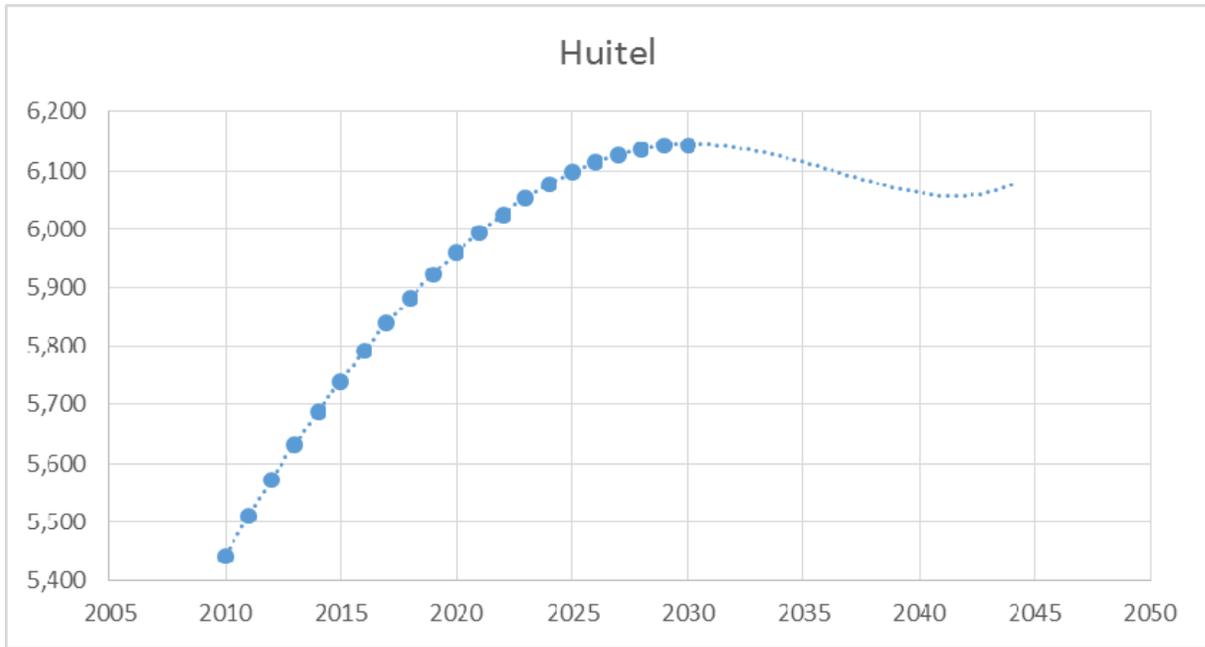


Figura 3.1.4. Proyección poblacional de la localidad de Huitel 2010-2044

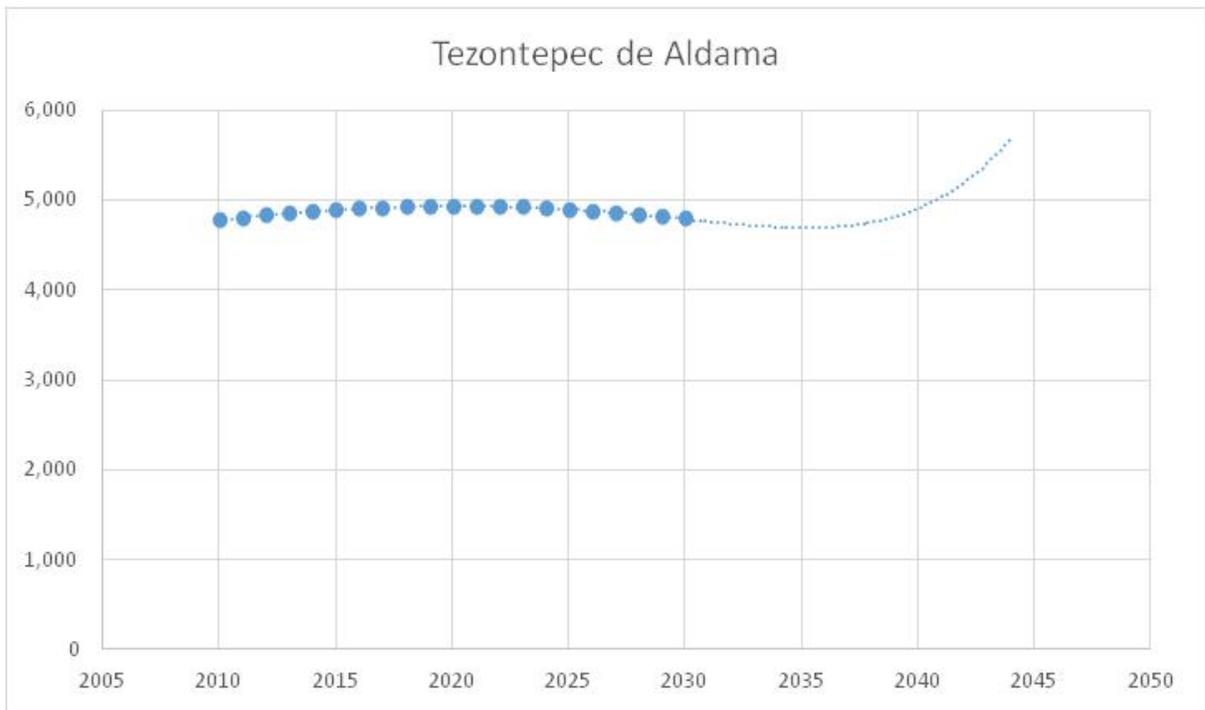


Figura 3.1.5. Proyección poblacional de la localidad de Tezontepec de Aldama 2010-2044.

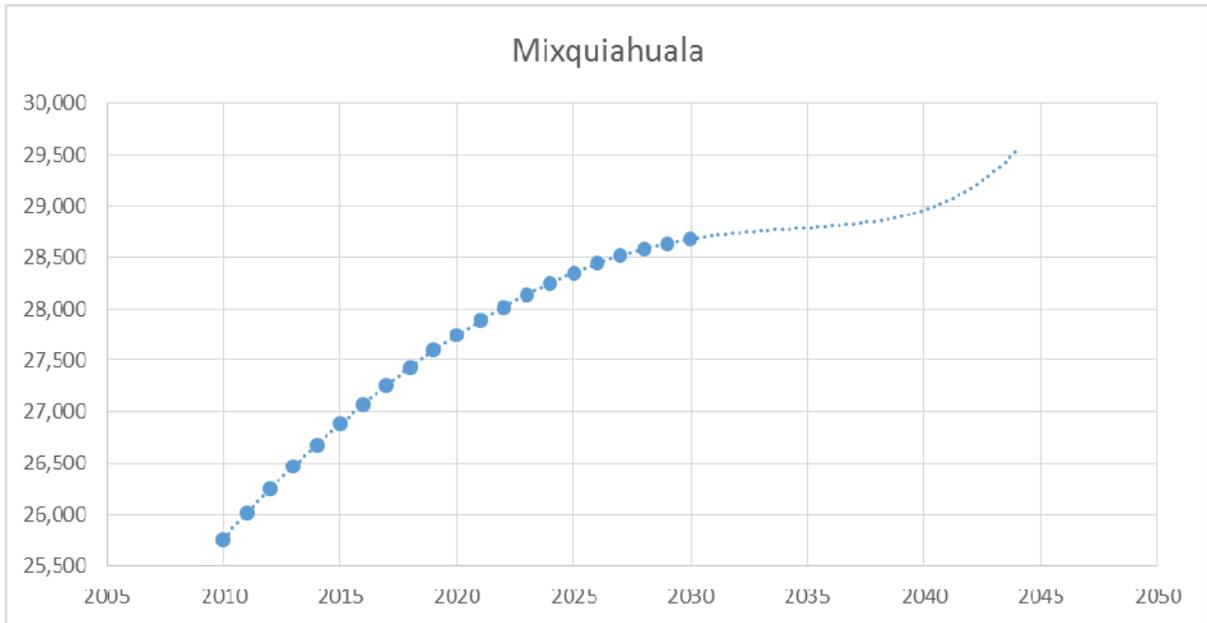


Figura 3.1.6. Proyección poblacional de la localidad de Mixquiahuala 2010-2044.

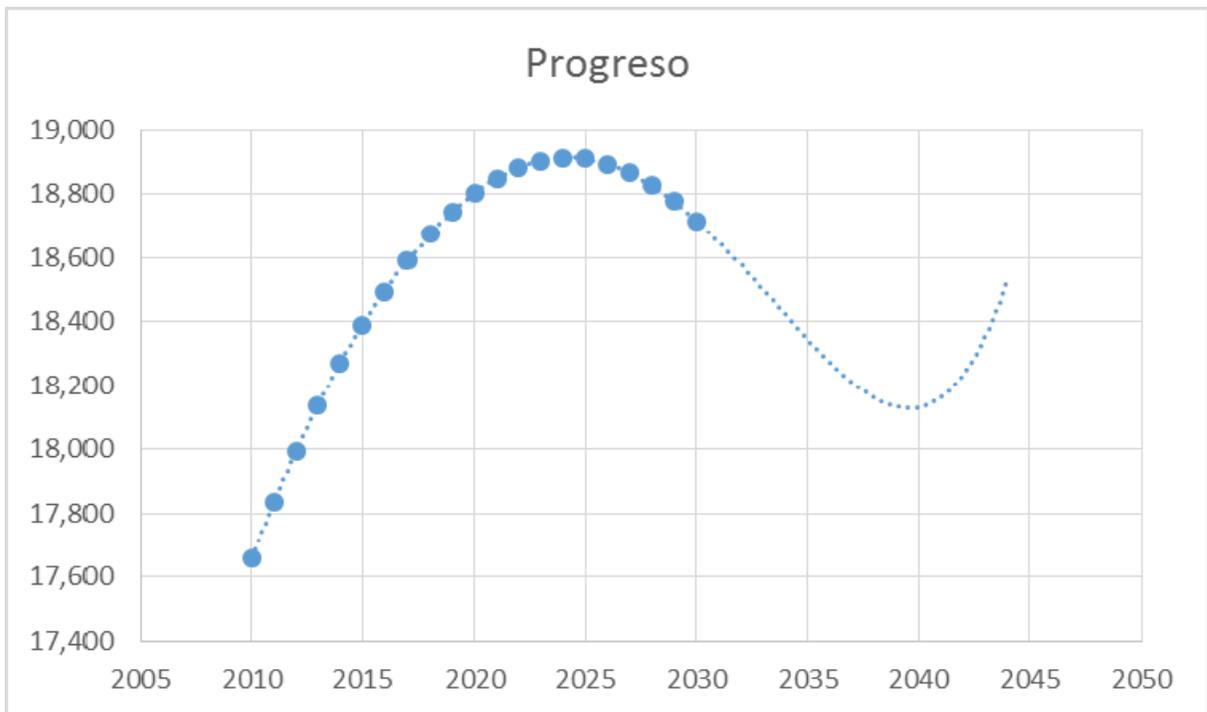


Figura 3.1.7. Proyección poblacional de la localidad de Progreso 2010-2044.

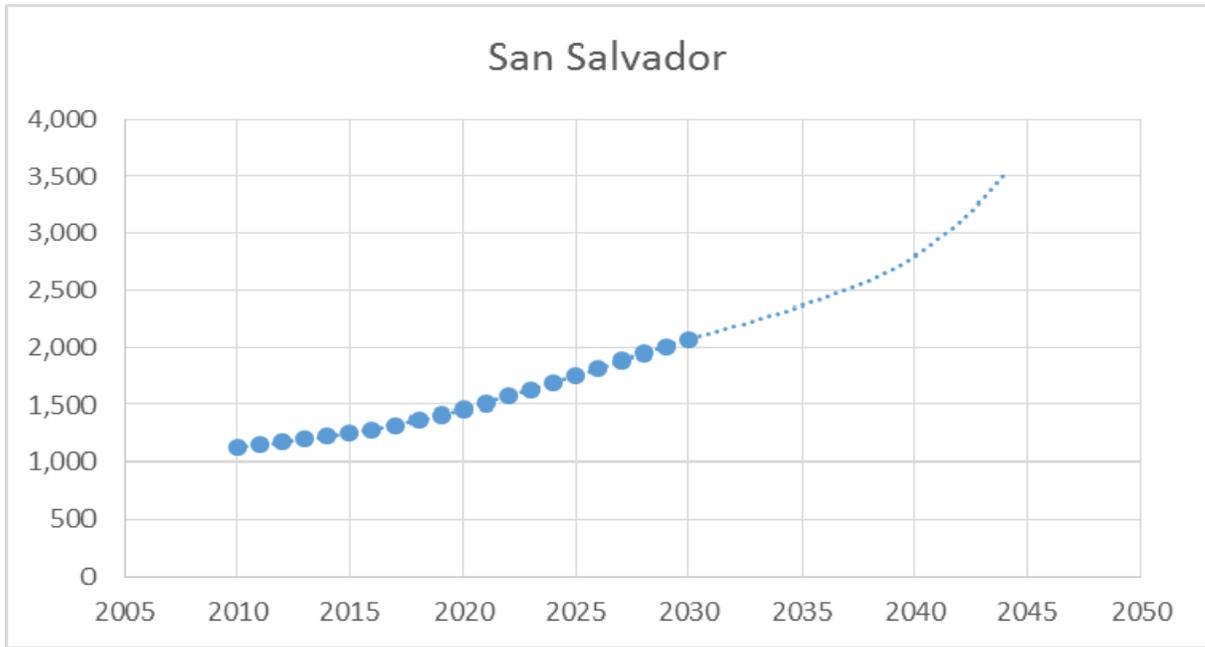


Figura 3.1.8. Proyección poblacional de la localidad de San Salvador 2010-2044.

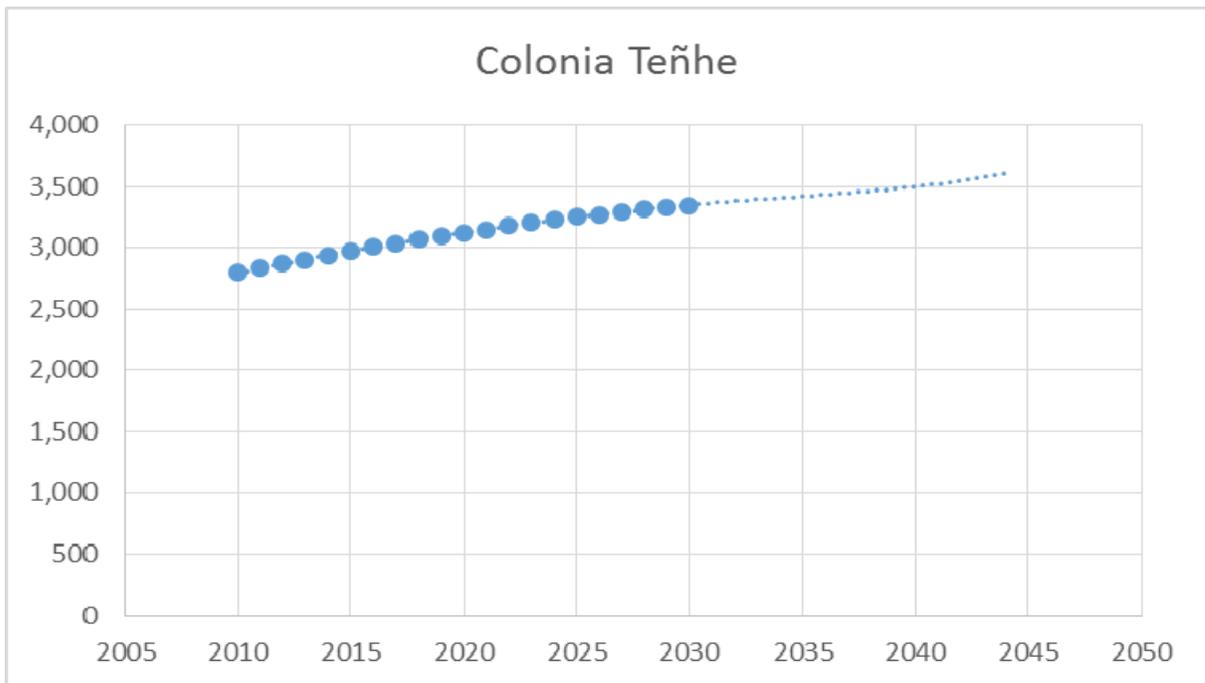


Figura 3.1.9. Proyección poblacional de la localidad de Colonia Teñhe 2010-2044.

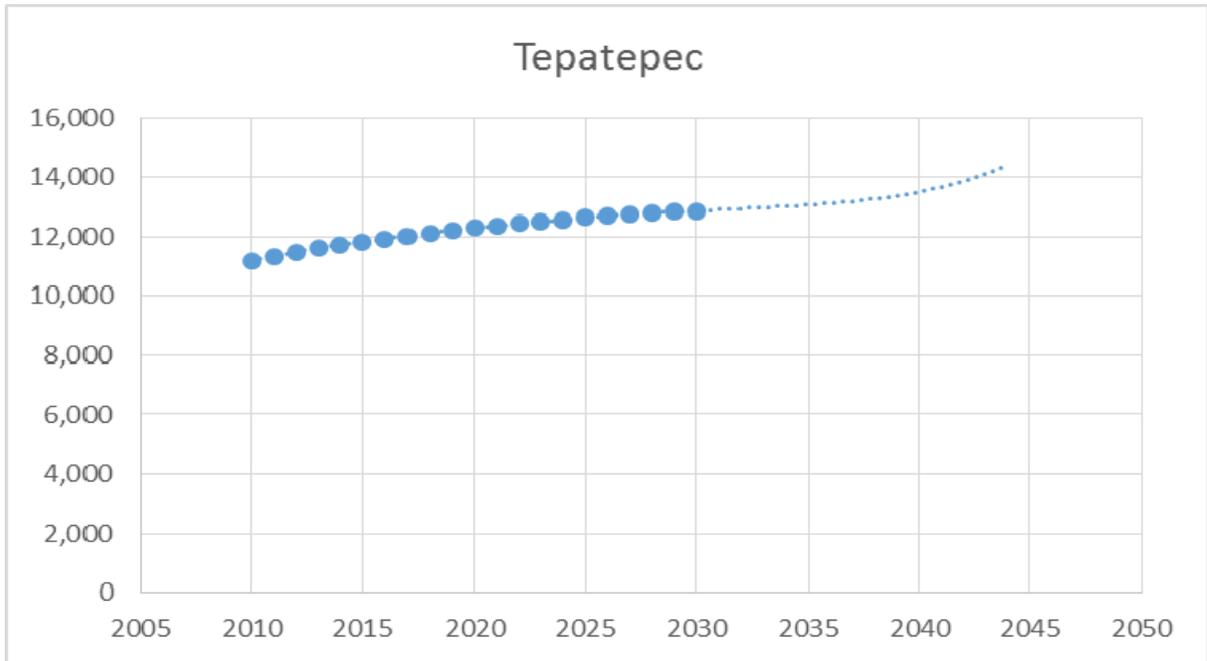


Figura 3.1.10. Proyección poblacional de la localidad de Tepatepec 2010-2044.

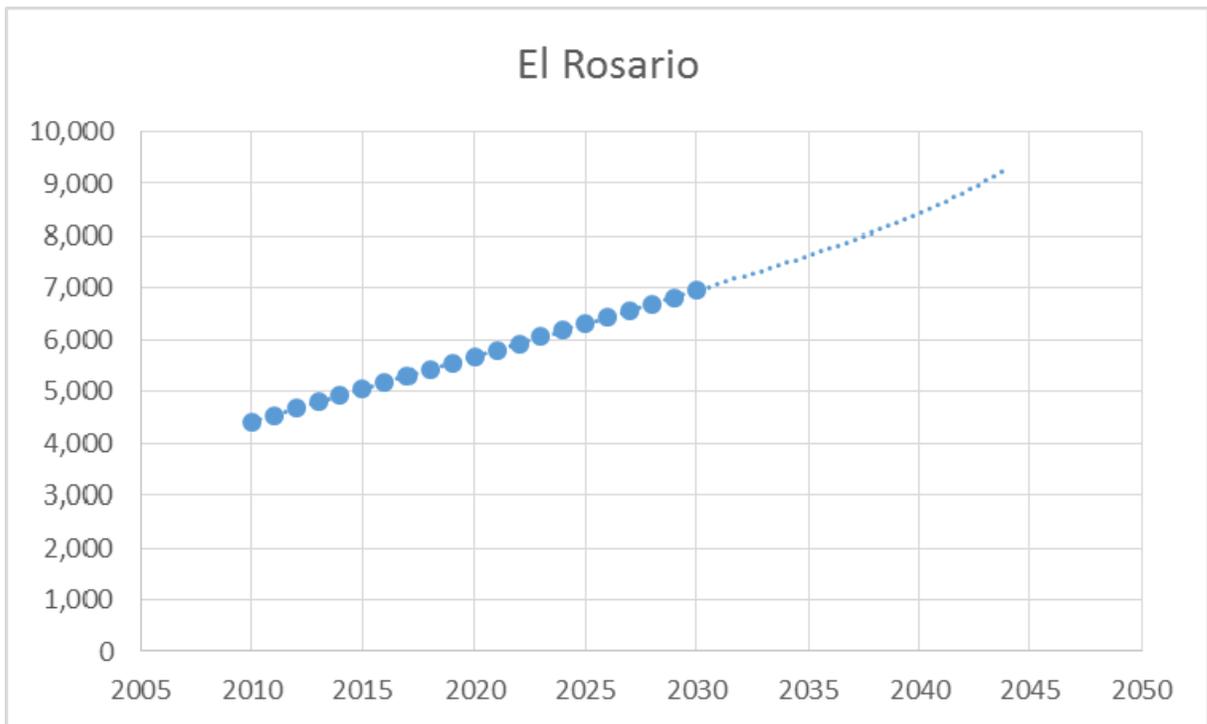


Figura 3.1.11. Proyección poblacional de la localidad del Rosario 2010-2044.

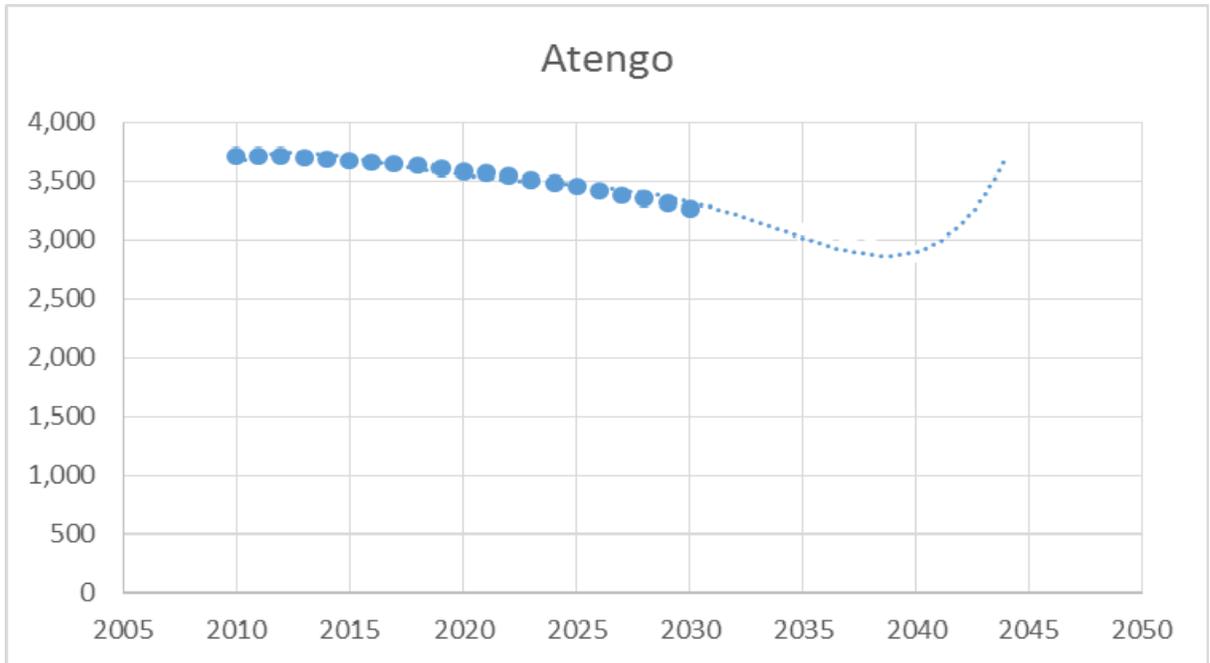


Figura 3.1.12. Proyección poblacional de la localidad de Atengo 2010-2044.

Zona destinada para acueductos.

Tabla 3. Población de la zona destinada para alternativa 1.1 Cerros, por localidades.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población 2010	Población 2044	Incremento Poblacional	
1	México	Tecámac	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	15,061	20,207	25%	
2	México	Tecámac	San Martín Azcatepec	35,390	35,284	0%	
3	México	Tecámac	Tecámac de Felipe Villanueva	15,911	19,902	20%	
4	México	Hueyoxtla	Santa María Ajoloapan	9,185	21,798	58%	
5	Hidalgo	Tizayuca	Huitzila	5,151	8,987	43%	
6	México	Tecámac	Los Reyes Acozac	21,910	24,732	11%	
7	Hidalgo	Tizayuca	Tepojaco	4,119	5,970	31%	
8	Hidalgo	Tizayuca	Tizayuca	90,123	210,147	57%	
9	México	Hueyoxtla	Nopala (Guadalupe Nopala)	2,539	4,514	44%	
10	Hidalgo	Ajacuba	Santiago Tezontlale	4,226	6,382	34%	
Población Total				203,615	357,923	43%	

Distancia al Trazo	
	< 500m del trazo
	500 < X < 3000 m del trazo

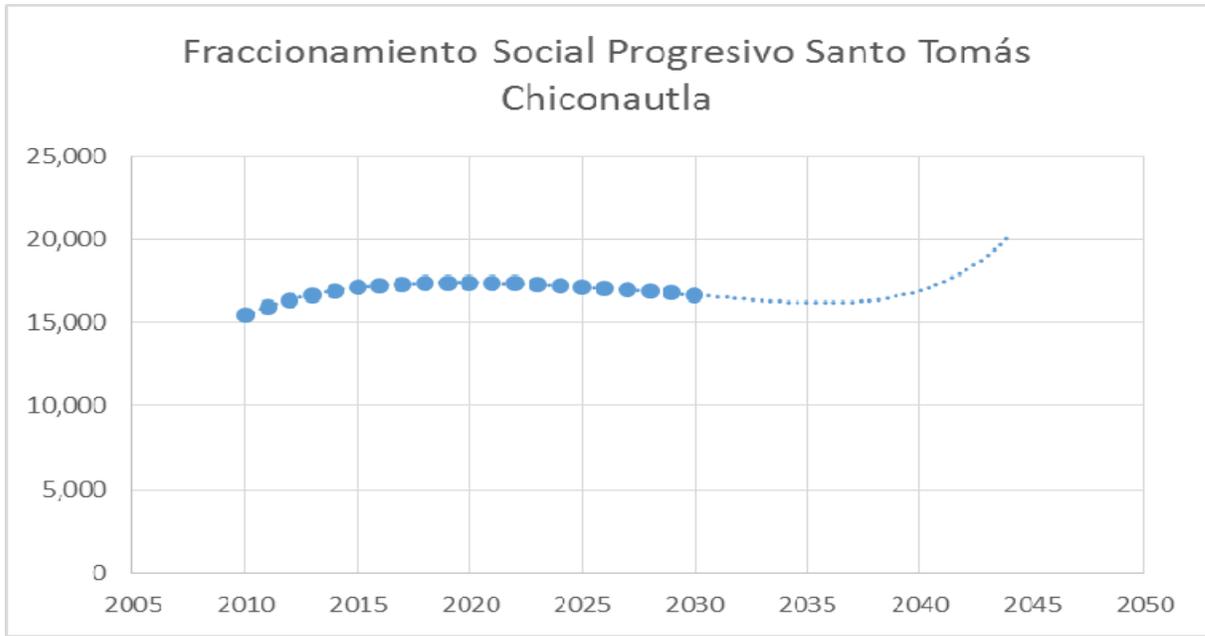


Figura 3.1.13. Proyección poblacional de la localidad Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla 2010-2044.

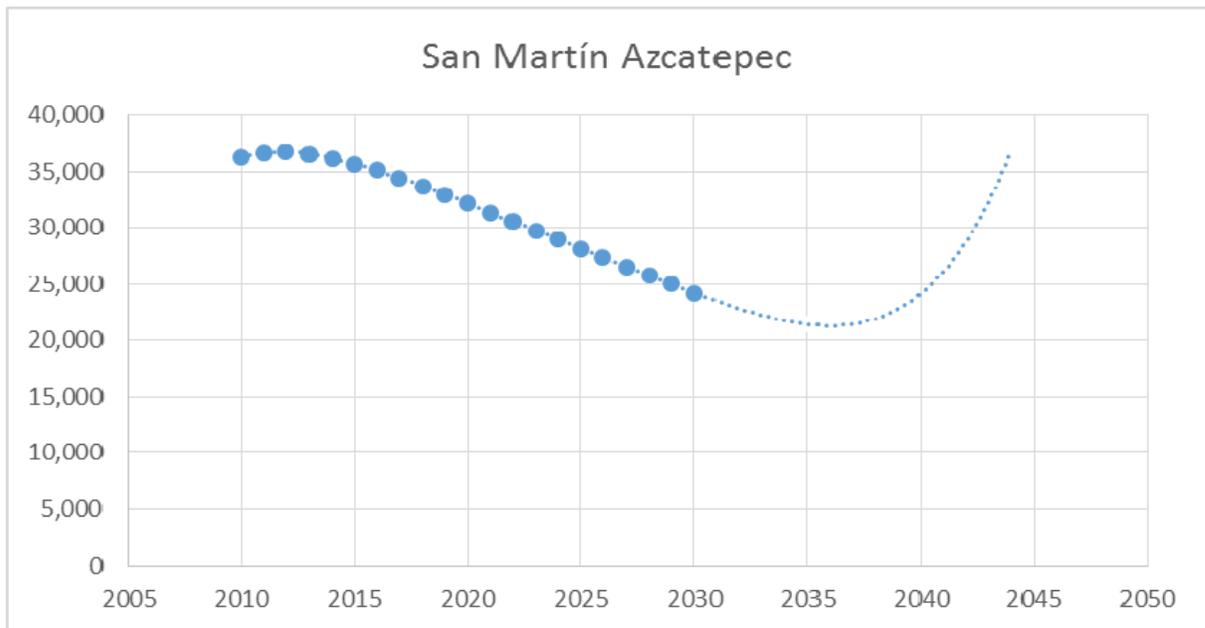


Figura 3.1.14. Proyección poblacional de la localidad de San Martín Azcatepec 2010-2044.

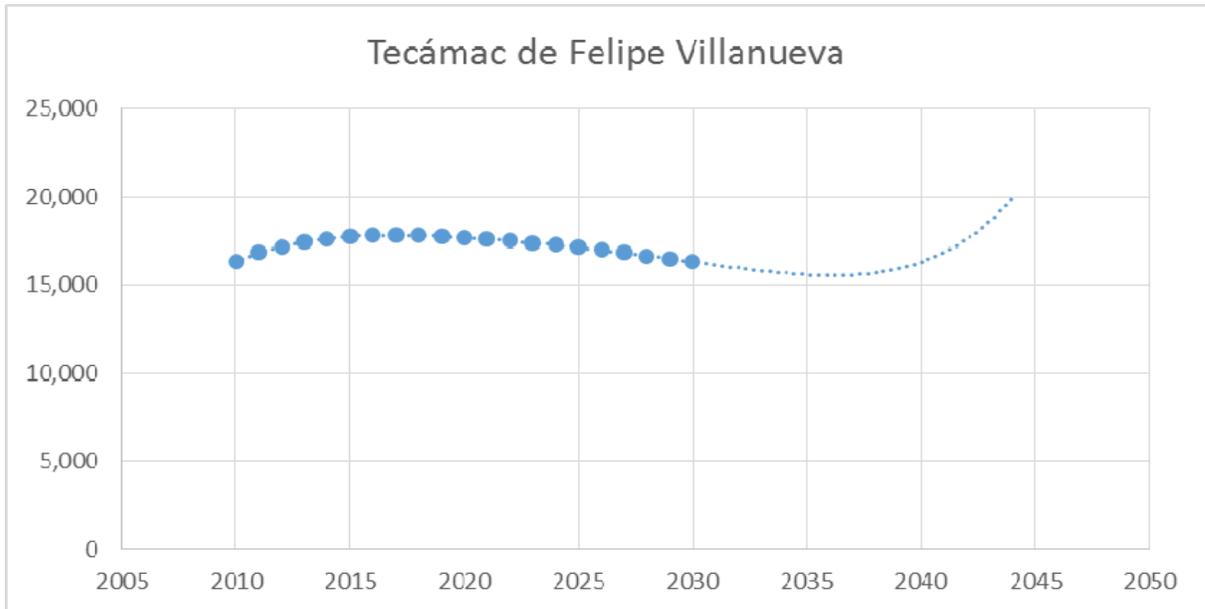


Figura 3.1.15. Proyección poblacional de la localidad de Tecámac Felipe Villanueva 2010-2044.

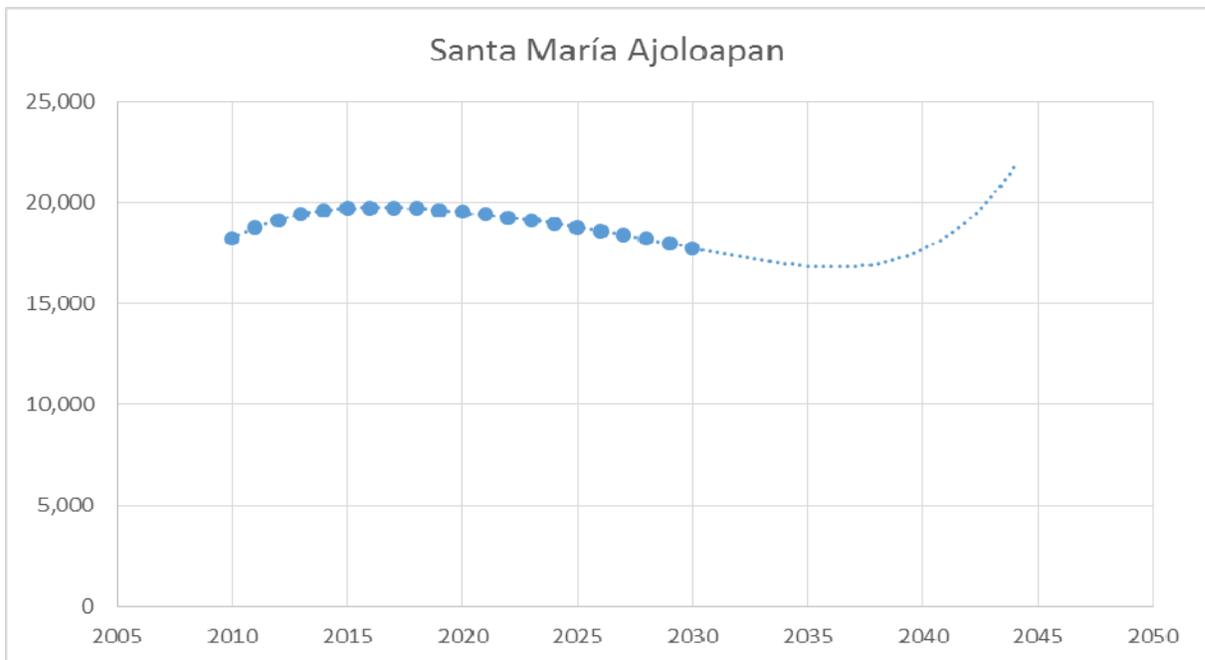


Figura 3.1.16. Proyección poblacional de la localidad de Santa María Ajoloapan 2010-2044.

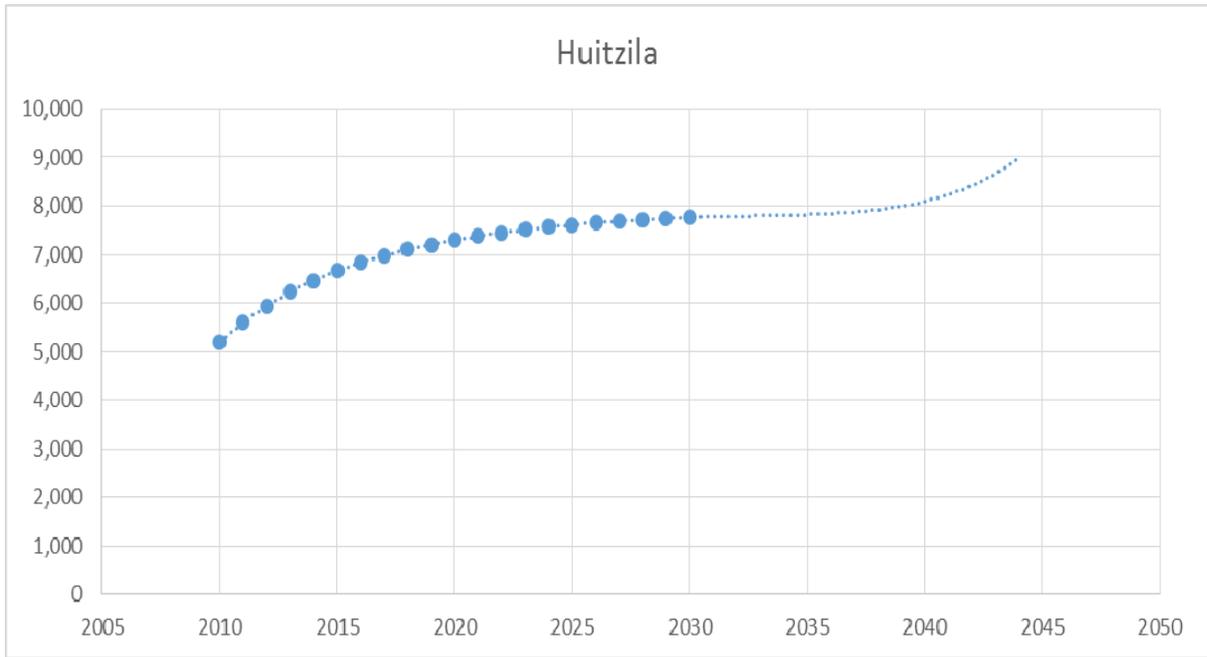


Figura 3.1.17. Proyección poblacional de la localidad de Huitzila 2010-2044.

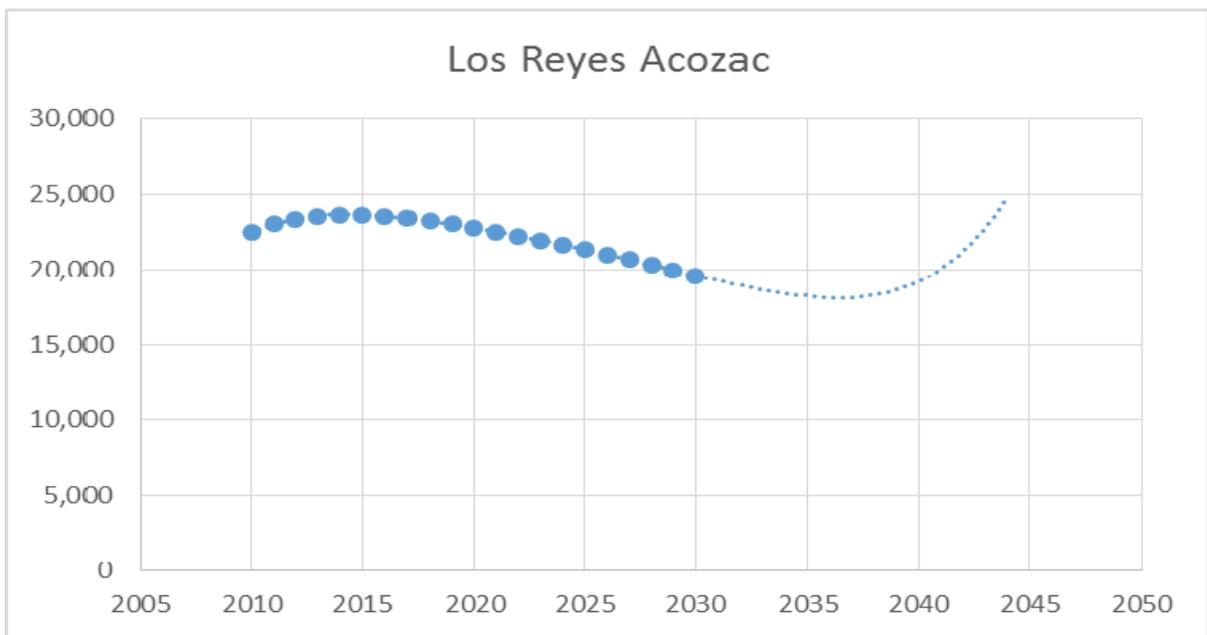


Figura 3.1.18. Proyección poblacional de la localidad de Los Reyes Acozac 2010-2044.

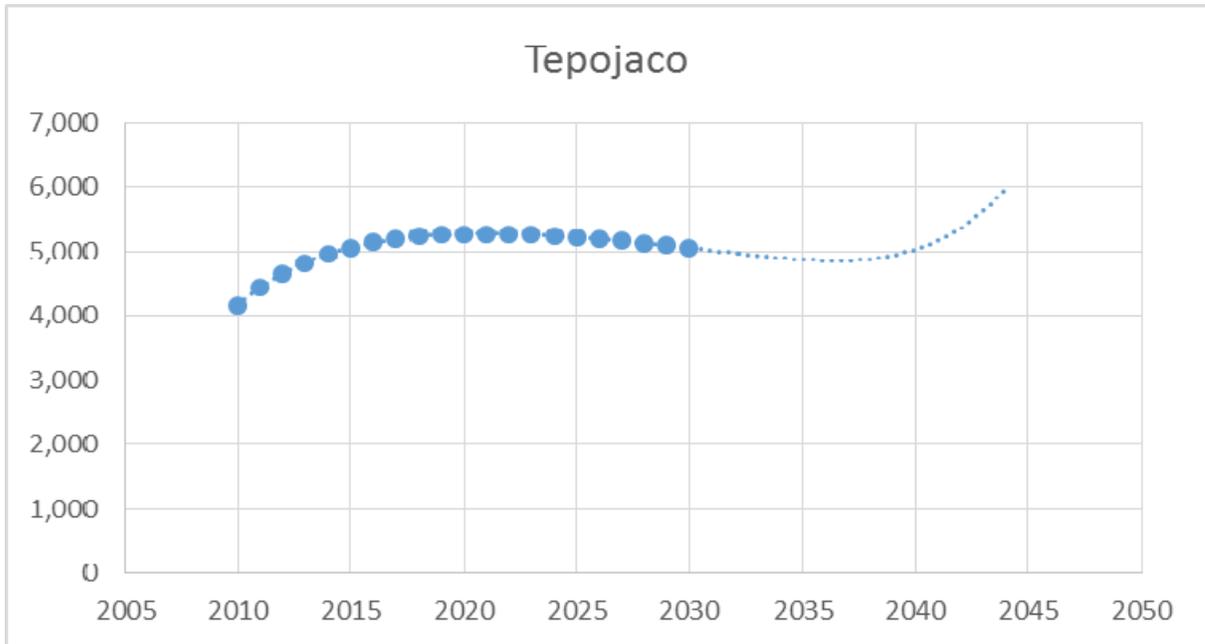


Figura 3.1.19. Proyección poblacional de la localidad de Tepojaco 2010-2044.

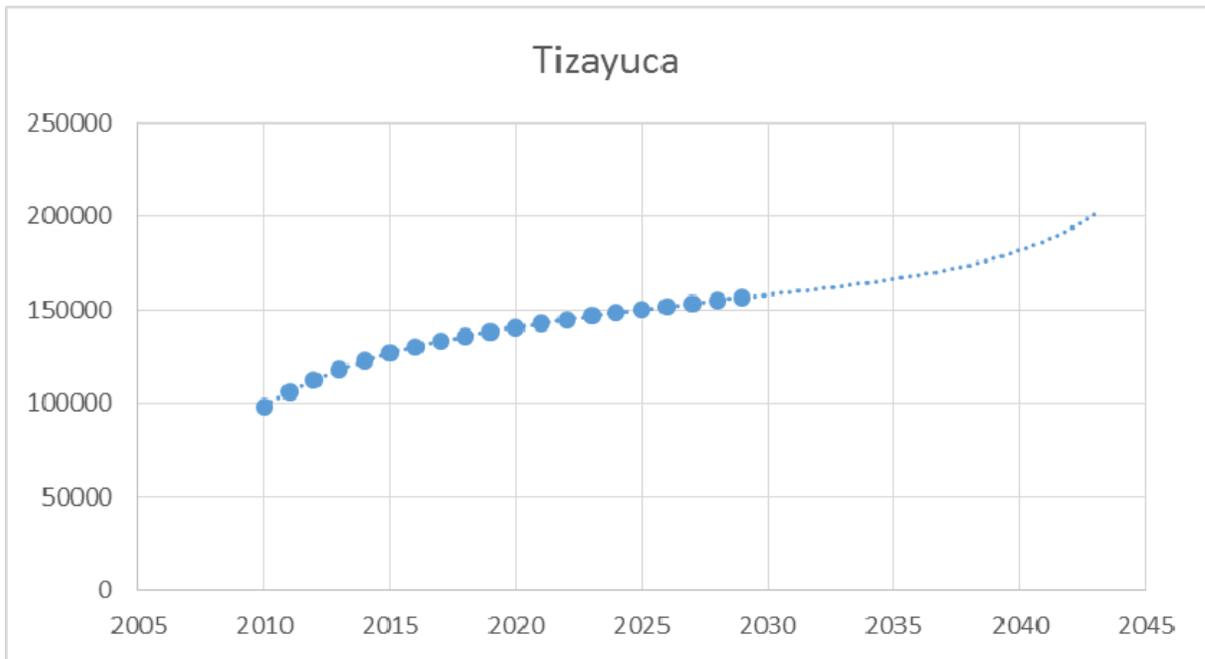


Figura 3.1.20. Proyección poblacional de la localidad de Tizayuca 2010-2044.

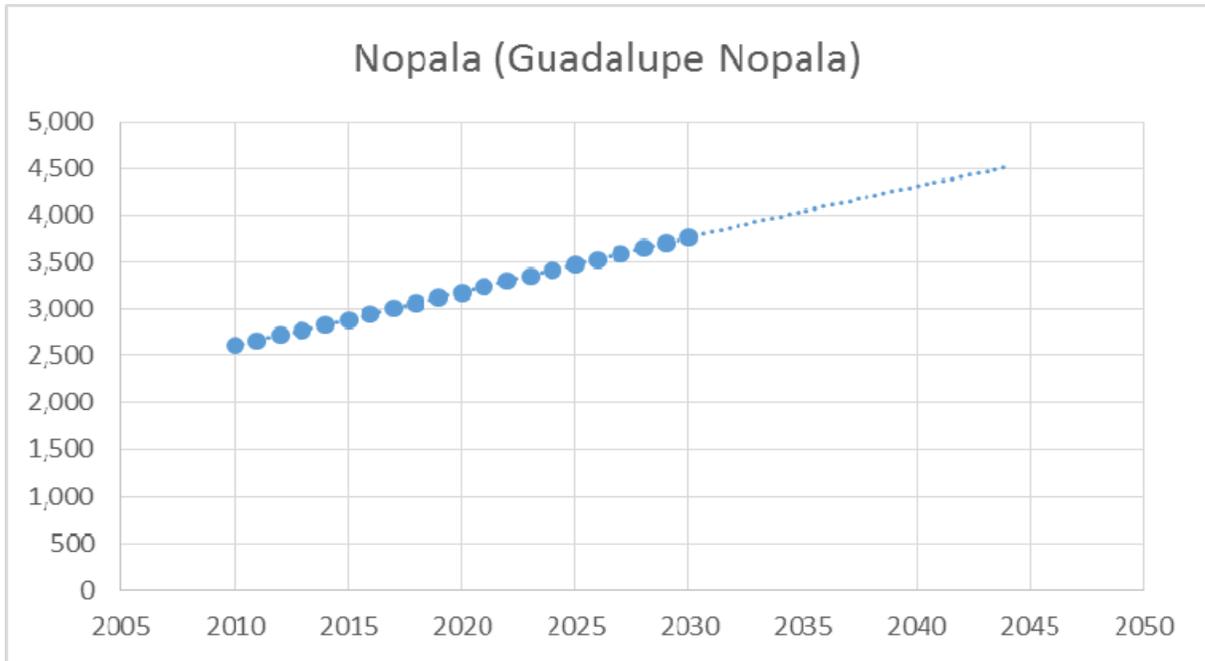


Figura 3.1.21. Proyección poblacional de la localidad de Guadalupe de Nopala 2010-2044.

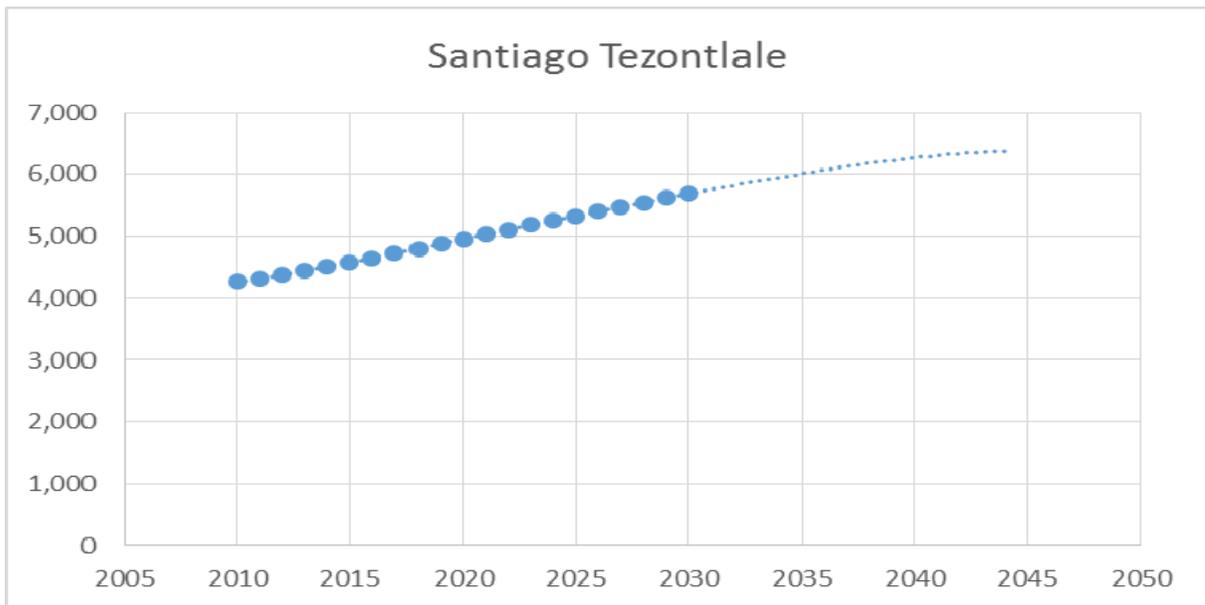


Figura 3.1.22. Proyección poblacional de la localidad de Santiago Tezontlale 2010-2044.

Tabla 4. Población de la zona destinada para alternativa 2.1 (Arco Norte), por localidades.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población 2010	Población 2044	Incremento Poblacional	
1	México	Tecámac	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla**	15,061	20,207	25%	
2	México	Tecámac	San Martín Azcatepec**	35,390	35,284	0%	
3	México	Tecámac	Tecámac de Felipe Villanueva**	15,911	19,902	20%	
4	México	Hueyoxtla	Santa María Ajoloapan**	9,185	21,798	58%	
5	Hidalgo	Tizayuca	Huitzila**	5,151	8,987	43%	
6	México	Tecámac	Los Reyes Acozac**	21,910	24,732	11%	
7	Hidalgo	Tizayuca	Tepojaco**	4,119	5,970	31%	
8	Hidalgo	Tizayuca	Tizayuca**	90,123	210,147	57%	
9	México	Hueyoxtla	Nopala (Guadalupe Nopala)**	2,539	4,514	44%	
10	México	Hueyoxtla	San Francisco Zacacalco	7,420	10,911	32%	
11	Hidalgo	Atitalaquia	Atitalaquia	6,322	6,828	7%	
12	Hidalgo	Tlaxcoapan	Tlaxcoapan	14,241	15,303	7%	
13	Hidalgo	Tlahuelilpan	Tlahuelilpan*	8,498	8,579	1%	
Población Total				235,870	393,162	40%	

* La grafica de esta población se encuentra en la información de la Zona de Pozos

** La grafica de esta población se encuentra en la información de la Alternativa de Cerros

Distancia al Trazo	
	< 500m del trazo
	500 < X < 3000 m del trazo

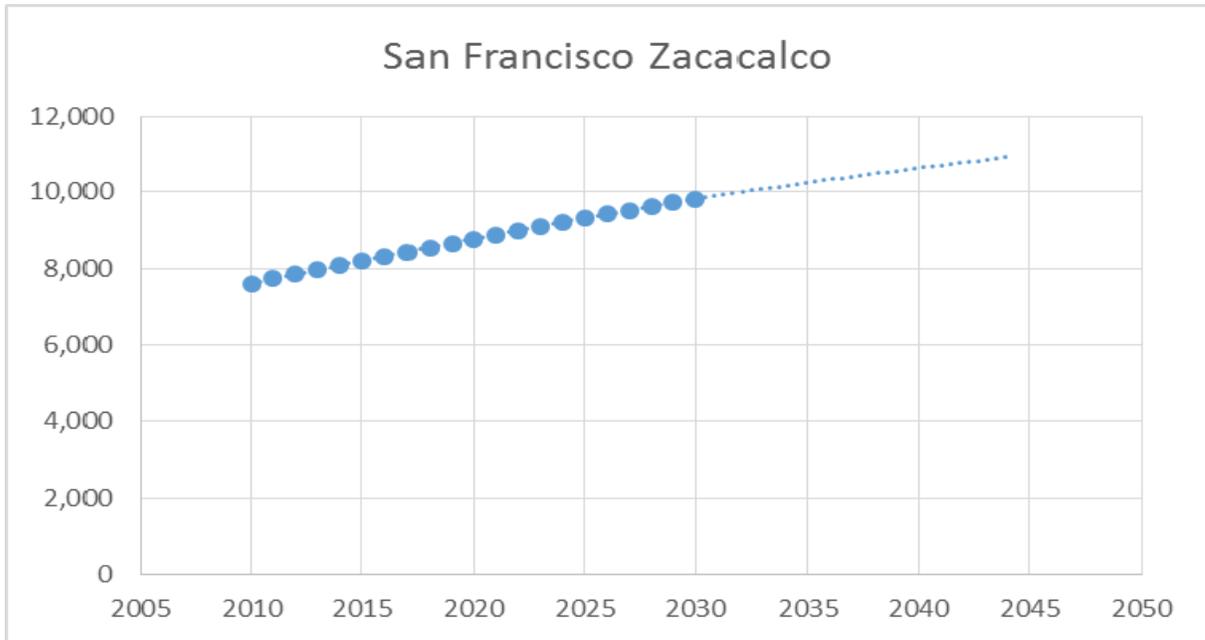


Figura 3.1.23. Proyección poblacional de la localidad de San Francisco Zacacalco 2010-2044.

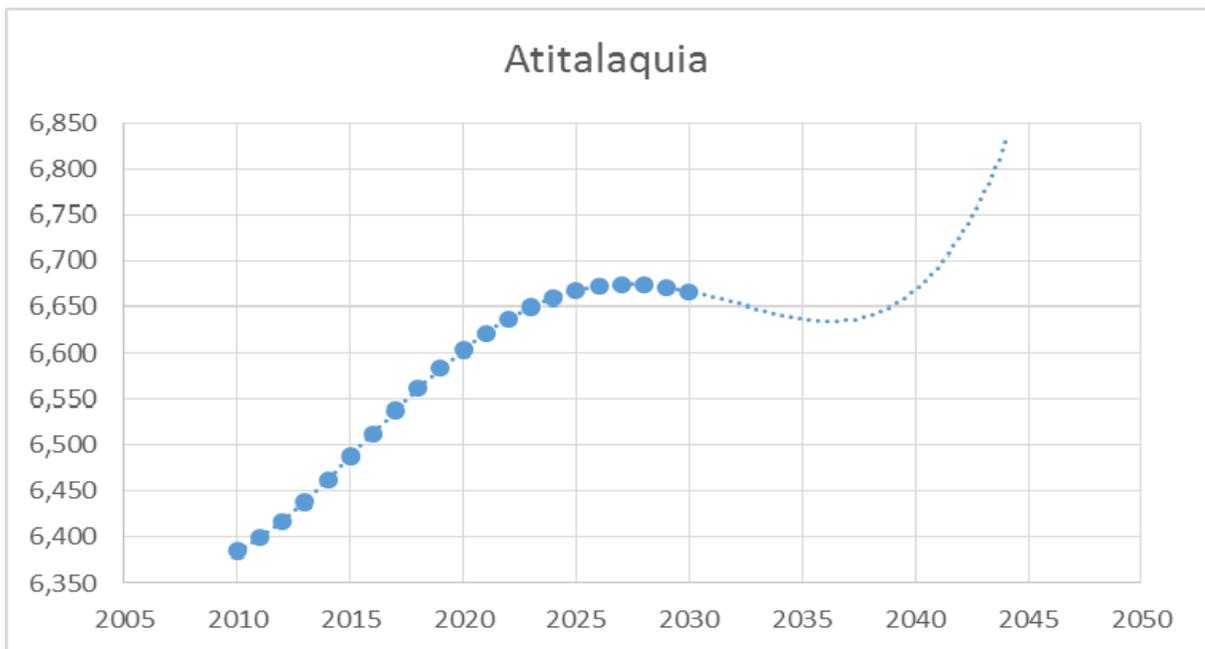


Figura 3.1.24. Proyección poblacional de la localidad de Atitalaquia 2010-2044.

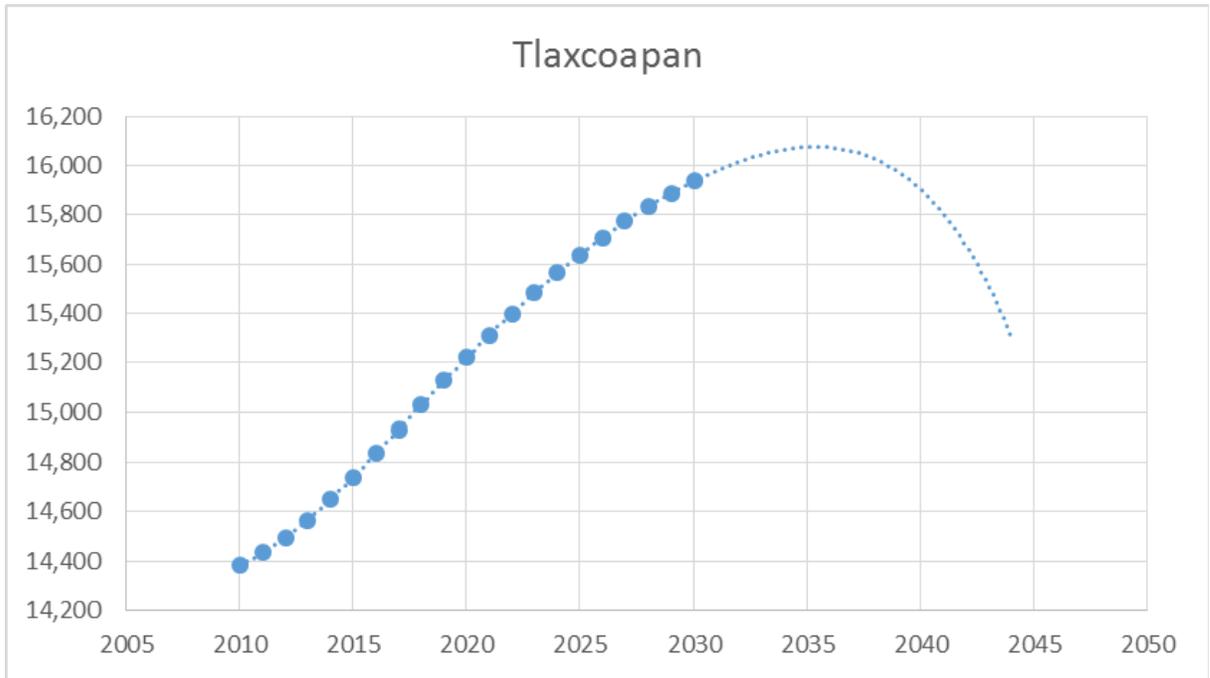


Figura 3.1.25. Proyección poblacional de la localidad de Tlaxcoapan 2010-2044.

Tabla 5. Población de la zona destinada para alternativa 3.1 Ojo de Agua, por localidades.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población 2010	Población 2044	Incremento Poblacional	
1	México	Tecámac	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla**	15,061	20,207	25%	
2	México	Tecámac	Ojo de Agua	242,272	580,107	58%	
3	México	Tonanitla	Santa María Tonanitla	6,774	11,698	42%	
4	México	Nextlalpan	San Miguel Jaltocan	3,681	8,230	55%	
5	México	Nextlalpan	Santa Ana Nextlalpan	14,871	27,567	46%	
6	México	Metepec	San Sebastián	2,017	24,083	92%	
7	México	Jaltenco	Jaltenco	11,093	27,940	60%	
8	México	Zumpango	Zumpango de Ocampo	50,742	54,015	6%	
9	México	Tequixquiac	Tequixquiac	22,676	35,734	37%	
10	México	Apaxco	Santa María Apaxco	3,747	4,930	24%	
11	México	Apaxco	Apaxco de ocampo	13,836	14,811	7%	
12	Hidalgo	Atotonilco de Tula	Vito	4,056	4,106	1%	
13	Hidalgo	Atitalaquia	Atitalaquia***	6,322	6,828	7%	
14	Hidalgo	Atitalaquia	Cardonal	9,090	14,059	35%	
15	Hidalgo	Tlaxcoapan	Tlaxcoapan***	14,241	15,303	7%	
16	Hidalgo	Tlahuelilpan	Tlahuelilpan*	8,498	8,579	1%	
17	Hidalgo	Tizayuca	Tizayuca**	90,123	210,147	57%	
Población Total				519,100	1,068,344	51%	

* La grafica de esta población se encuentra en la información de la Zona de Pozos

** La grafica de esta población se encuentra en la información de la Alternativa de Cerros

*** La grafica de esta población se encuentra en la información de la Alternativa de Arco Norte

Distancia al Trazo	
	< 500m del trazo
	500 < X < 3000 m del trazo

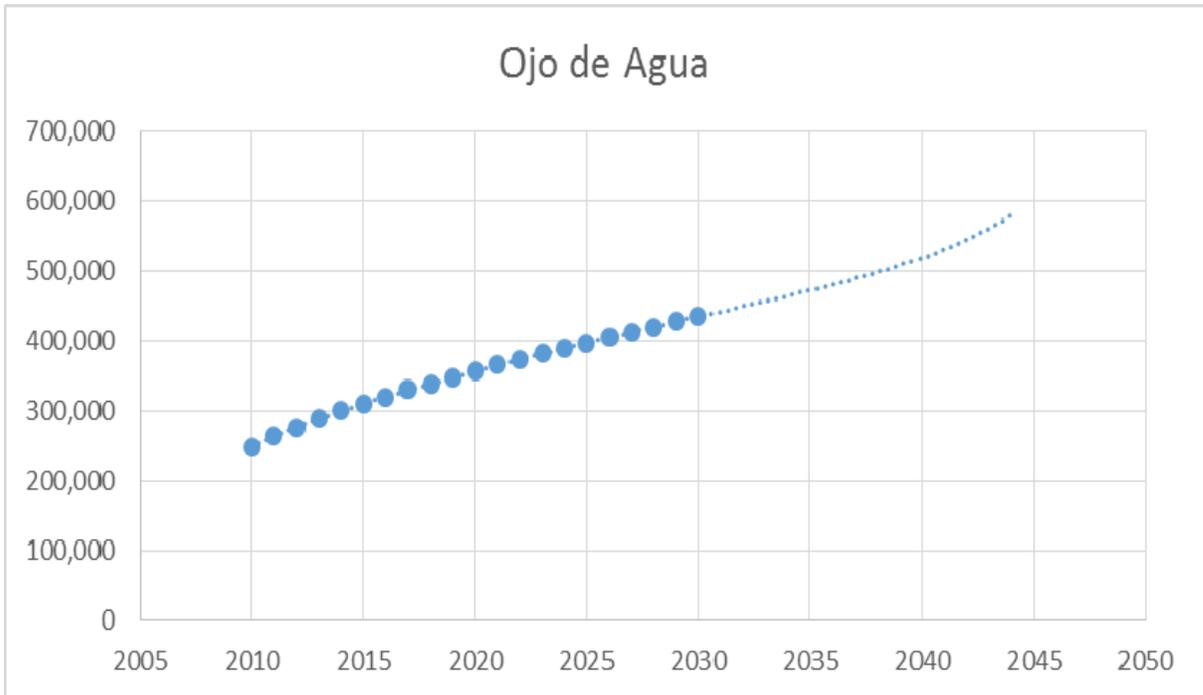


Figura 3.1.26. Proyección poblacional de la localidad de Ojo de Agua 2010-2044.

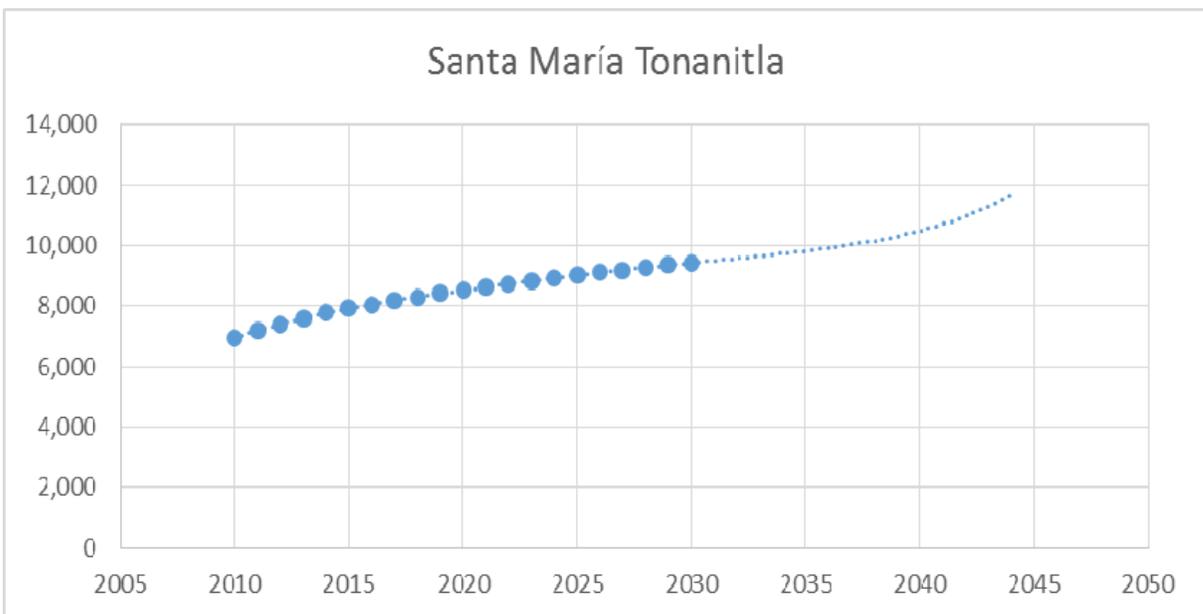


Figura 3.1.27. Proyección poblacional de la localidad de Santa María Tonanitla 2010-2044.

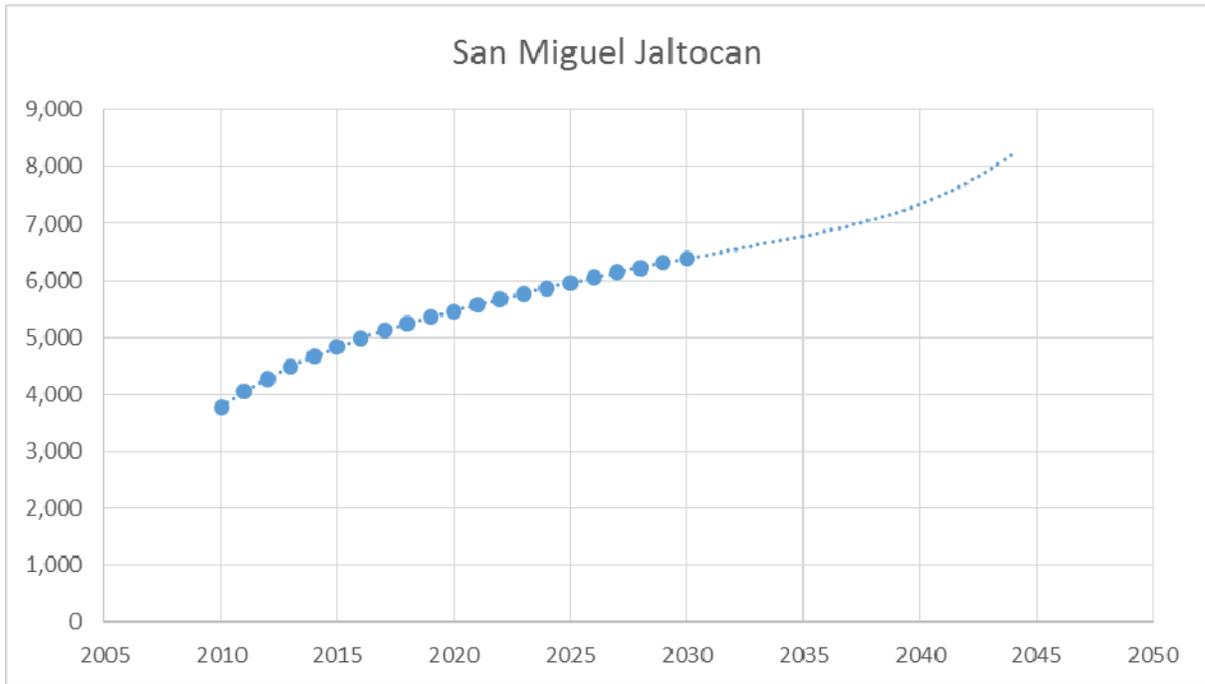


Figura 3.1.28. Proyección poblacional de la localidad de San Miguel Jaltocan 2010-2044.

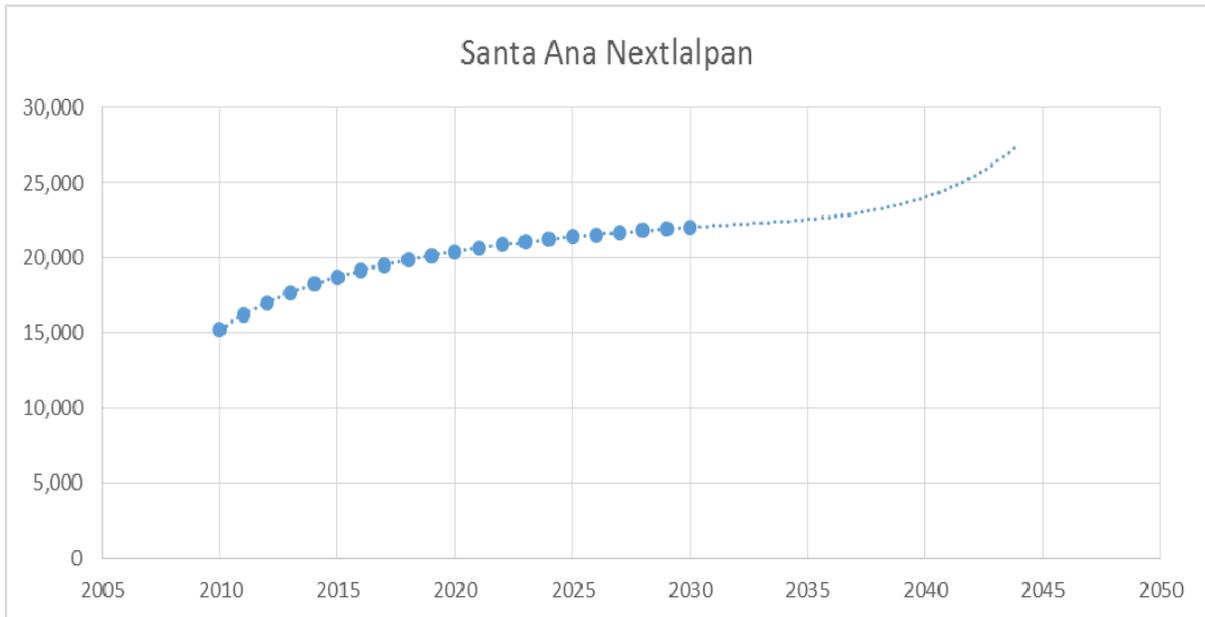


Figura 3.1.29. Proyección poblacional de la localidad de Santa Ana Nextlalpan 2010-2044.

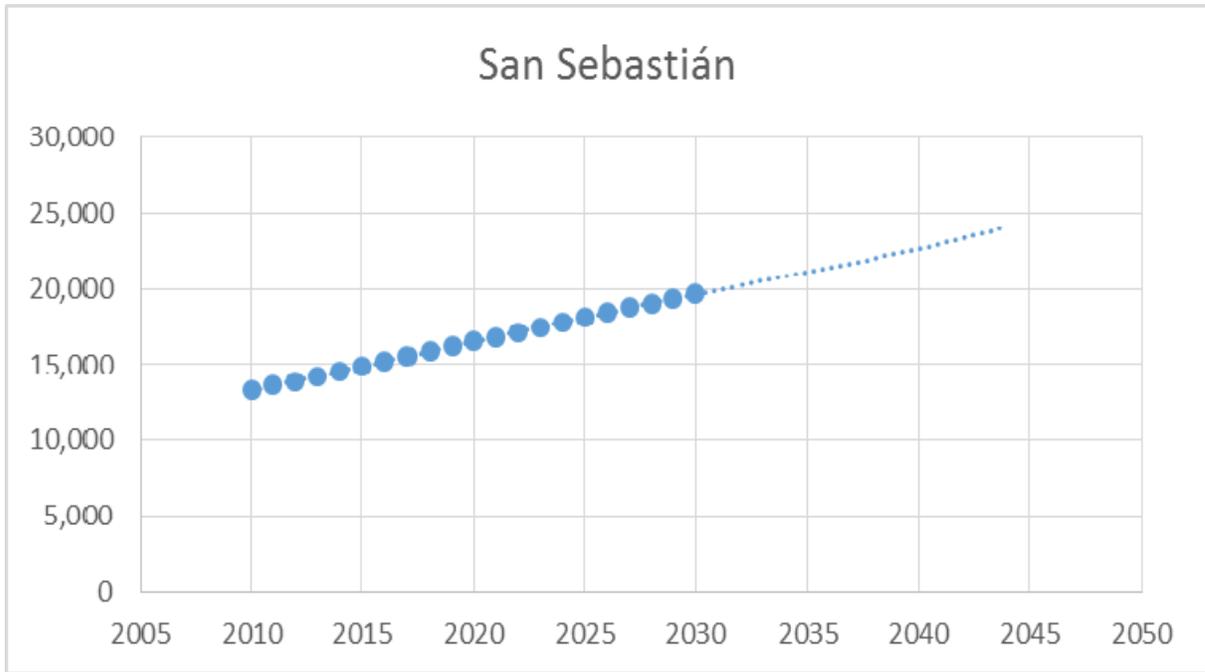


Figura 3.1.30. Proyección poblacional de la localidad de San Sebastián 2010-2044.

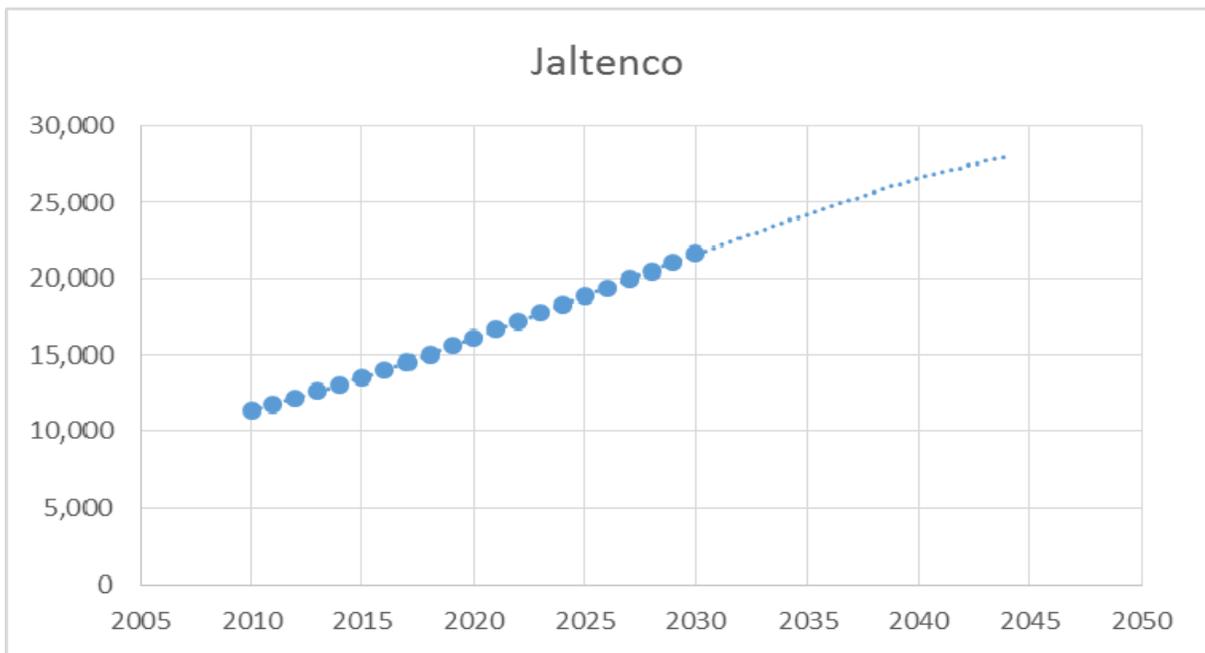


Figura 3.1.31. Proyección poblacional de la localidad de Jaltenco 2010-2044.

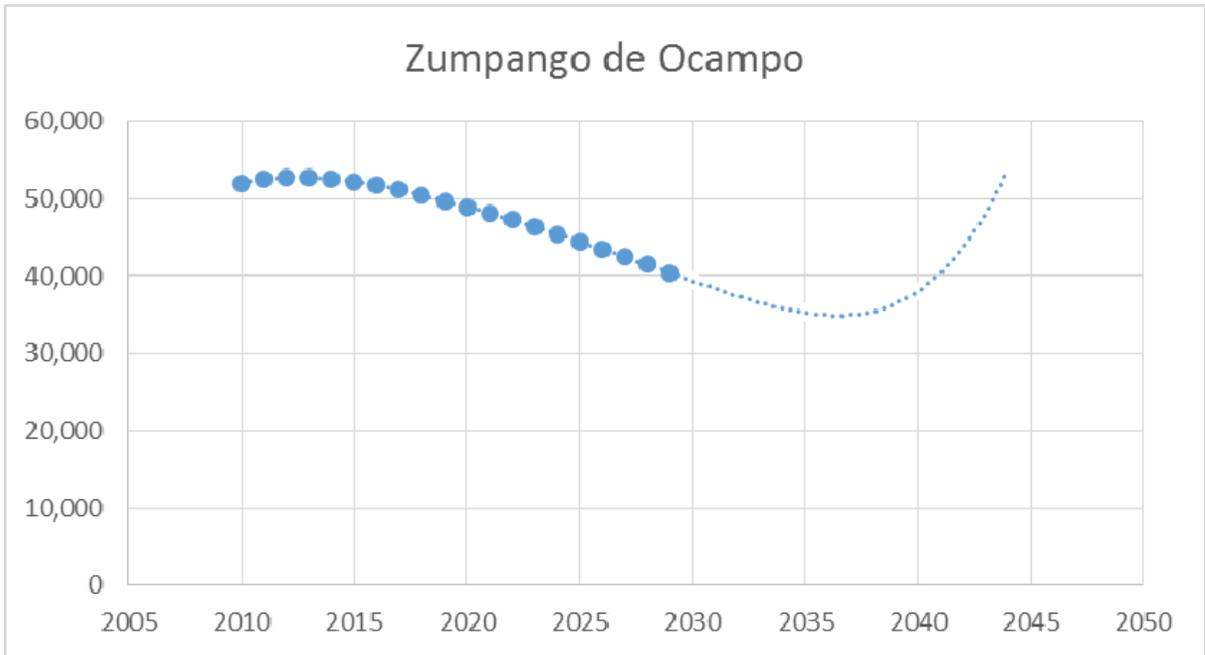


Figura 3.1.32. Proyección poblacional de la localidad de Zumpango de Ocampo 2010-2044.

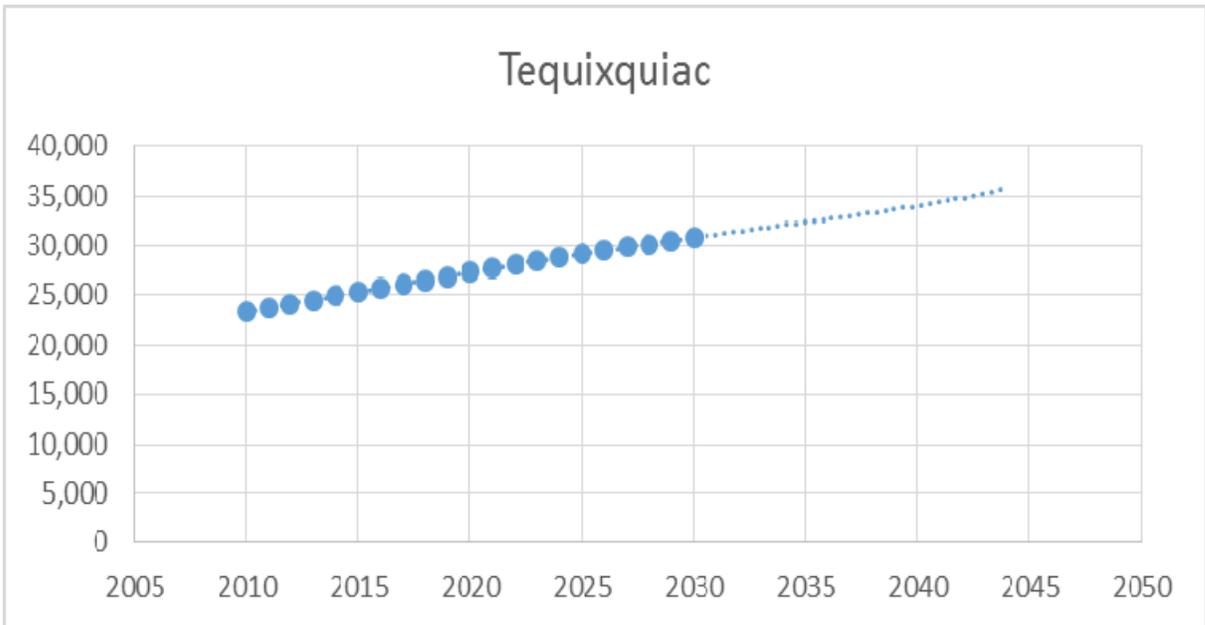


Figura 3.1.33. Proyección poblacional de la localidad de Zumpango de Ocampo 2010-2044.

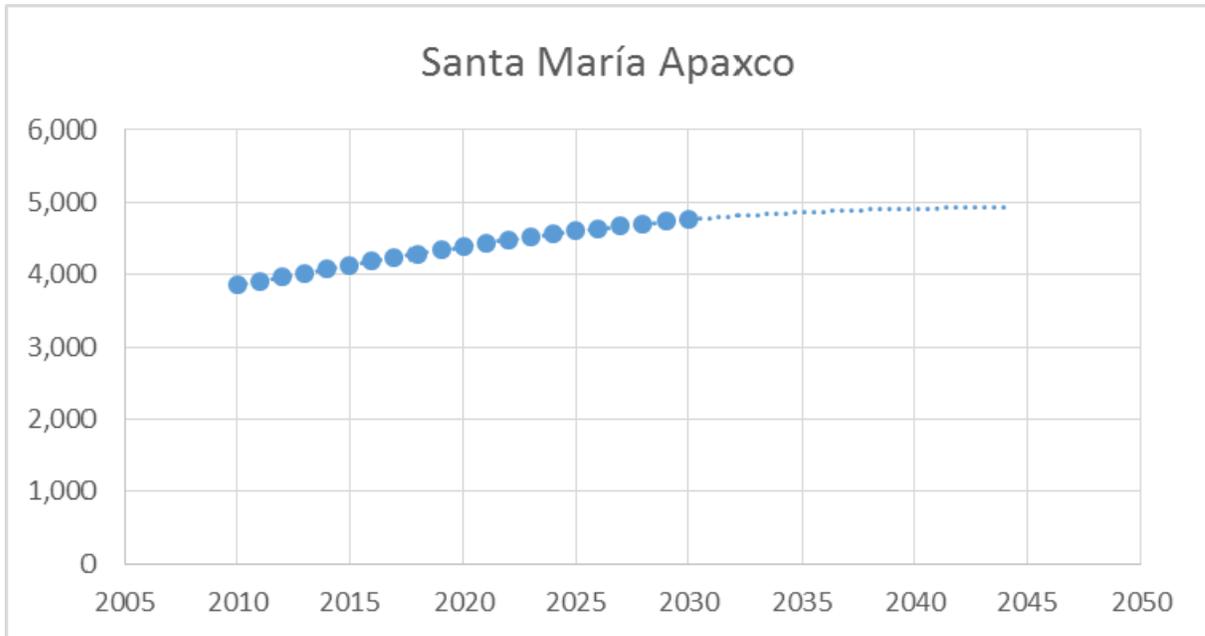


Figura 3.1.34. Proyección poblacional de la localidad de Santa María Apaxco 2010-2044.

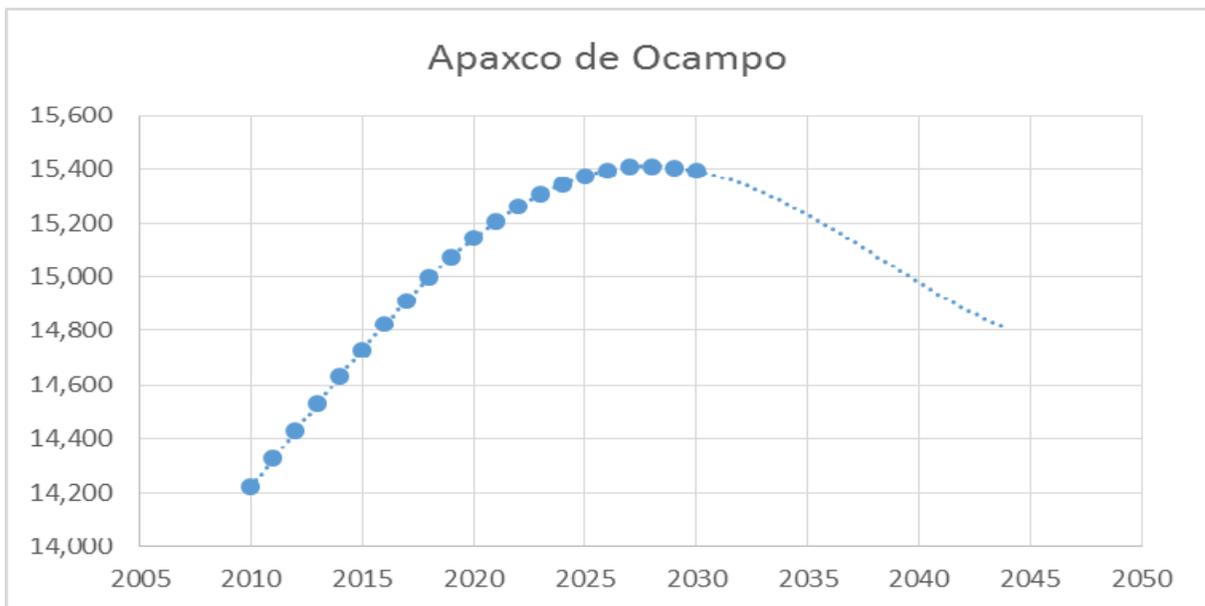


Figura 3.1.35. Proyección poblacional de la localidad de Apaxco de Ocampo 2010-2044.

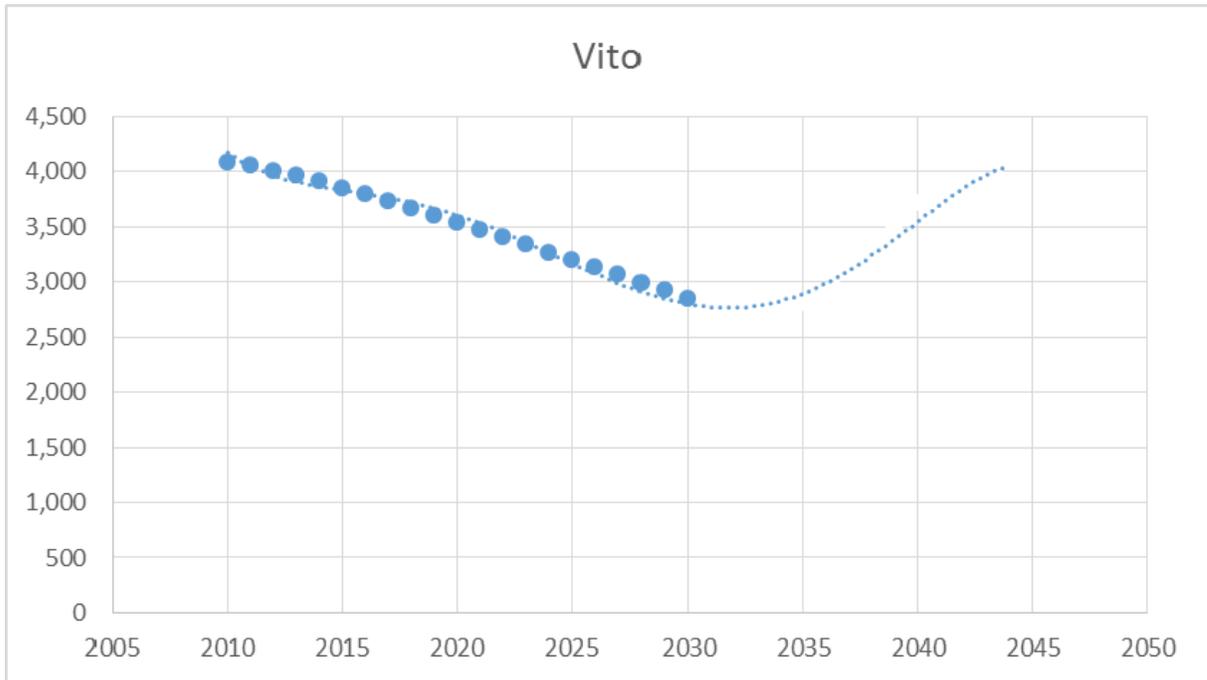


Figura 3.1.36. Proyección poblacional de la localidad de Vito 2010-2044.

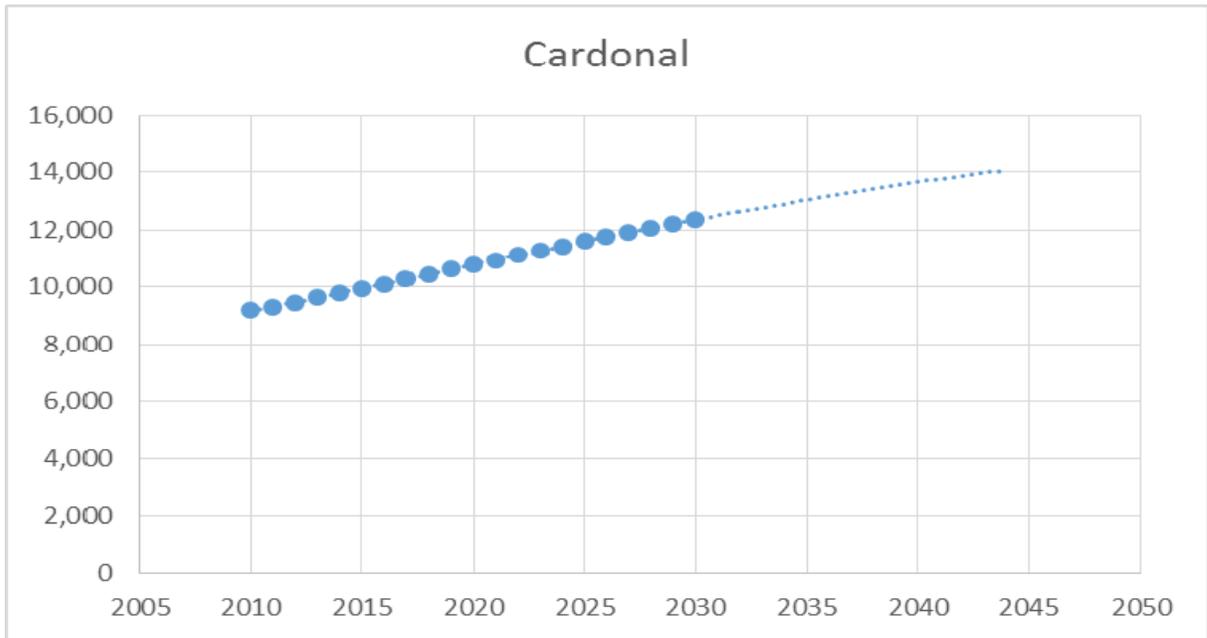


Figura 3.1.37. Proyección poblacional de la localidad de Cardonal 2010-2044.

Tabla 6. Población de la zona destinada para alternativa 3.2 Mexiquense, por localidades.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población 2010	Población 2044	Incremento Poblacional	
1	México	Tecámac	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla**	15,061	20,207	25%	
2	México	Coacalco de Berriozábal	San Francisco Coacalco	277,959	344,467	19%	
3	México	Tultitlán	San Pablo de las Salinas	189,453	415,050	54%	
4	México	Jaltenco	Alborada Jaltenco	15,235	17,319	12%	
5	México	Nextlalpan	Santa Ana Nextlalpan****	14,871	27,567	46%	
6	México	Jaltenco	Jaltenco****	11,093	27,940	60%	
7	México	Zumpango	Zumpango de Ocampo****	50,742	54,015	6%	
8	México	Tequixquiac	Tequixquiac****	22,676	35,734	37%	
9	México	Apaxco	Santa María Apaxco****	3,747	4,930	24%	
10	México	Apaxco	Apaxco de ocampo****	13,836	14,811	7%	
11	Hidalgo	Atotonilco de Tula	Vito****	4,056	4,106	1%	
12	Hidalgo	Atitalaquia	Atitalaquia***	6,322	6,828	7%	
13	Hidalgo	Atitalaquia	Cardonal****	9,090	14,059	35%	
14	Hidalgo	Tlaxcoapan	Tlaxcoapan***	14,241	15,303	7%	
15	Hidalgo	Tlahuelilpan	Tlahuelilpan*	8,498	8,579	1%	
16	Hidalgo	Tizayuca	Tizayuca**	90,123	210,147	57%	
				Población Total 2010	747,003	1,221,062	39%

* La grafica de esta población se encuentra en la información de la Zona de Pozos

** La grafica de esta población se encuentra en la información de la Alternativa de Cerros

*** La grafica de esta población se encuentra en la información de la Alternativa de Arco Norte

**** La grafica de esta población se encuentra en la información de la Alternativa de Ojo de Agua

Distancia al Trazo	
	< 500m del trazo
	500 < X < 3000 m del trazo

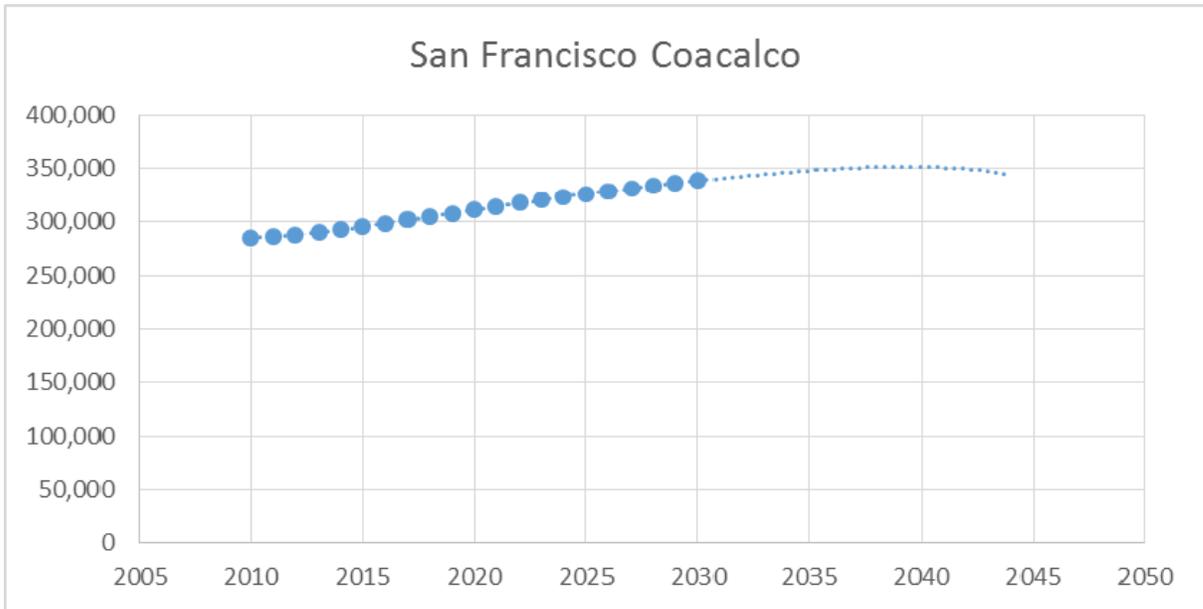


Figura 3.1.38. Proyección poblacional de la localidad de San Francisco Coacalco 2010-2044.

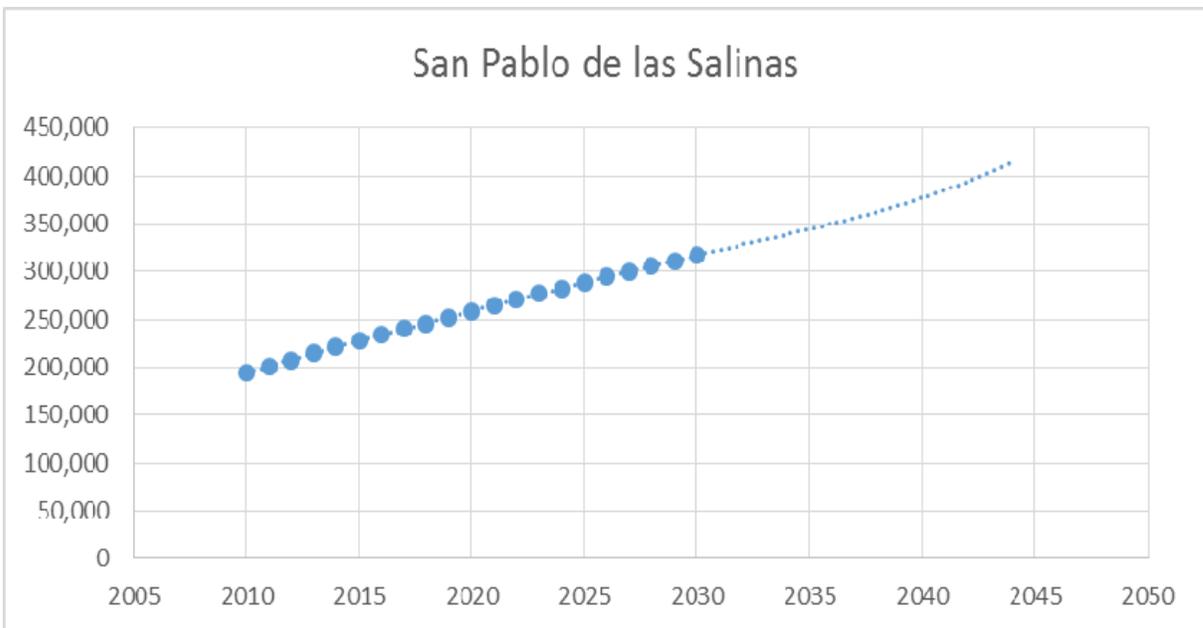


Figura 3.1.39. Proyección poblacional de la localidad de San Pablo de las Salinas 2010-2044.

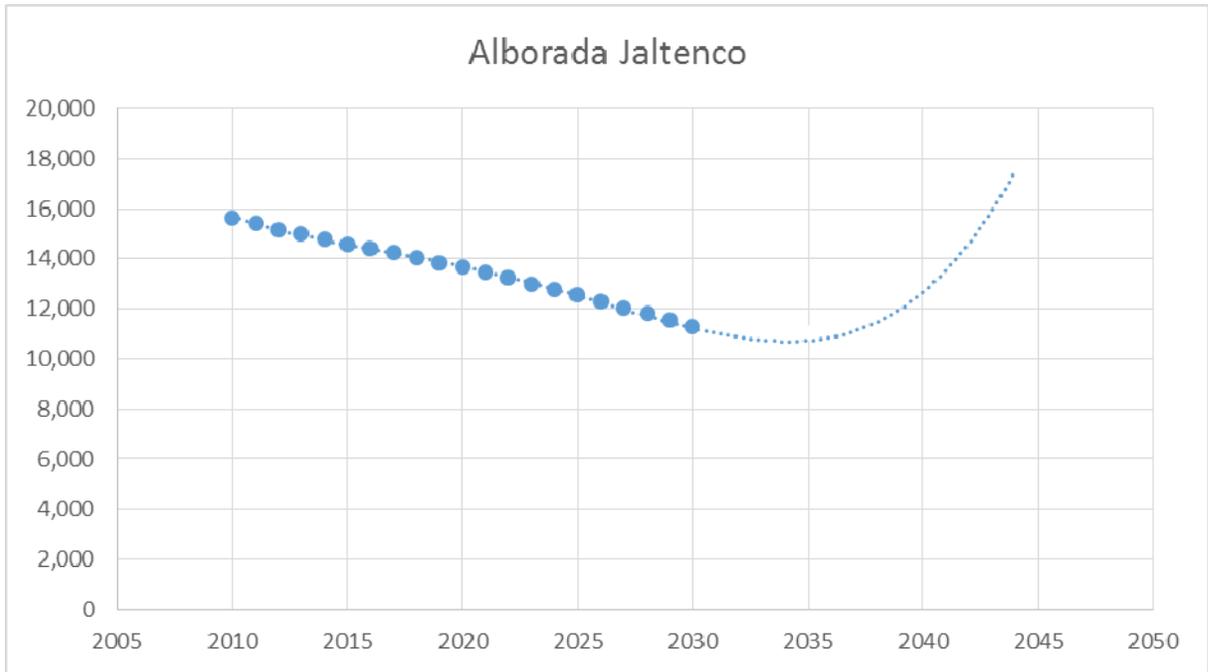


Figura 3.1.40. Proyección poblacional de la localidad de Alborada Jaltenco 2010-2044.

3.2.1. Habitantes con y sin agua entubada por localidad en 2010 en zonas destinadas para acueductos y pozos.

Se realizó un análisis con los datos expuestos en el Censo de Población del año 2010, en él se expresa información referente a la infraestructura hidráulica. Se puede inferir un referente de población sin acceso a agua entubada de la siguiente manera:

a) Zona de pozos

Tabla 7. Población con acceso a agua entubada en Zona destinada de Pozos.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población	Total de Viviendas	Viviendas Particulares habitadas	Ocupantes en Viviendas Particulares con acceso a agua entubada	Promedio de Personas por Vivienda	Ocupantes en Viviendas Particulares sin acceso a agua entubada	
1	Hidalgo	Tlahuelilpan	Tlahuelilpan	8498	2394	2040	8249	4	249	
2	Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Presas	6942	1958	1705	6792	4	150	
3	Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Huitel	5390	1562	1319	5109	3	281	
4	Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Tezontepec de Aldama	4731	1472	1185	4647	3	84	
5	Hidalgo	Mixquiahuala de Juárez	Mixquiahuala	25510	7657	6327	24779	3	731	
6	Hidalgo	Progreso de Obregón	Progreso	17486	4829	4191	17116	4	370	
7	Hidalgo	San Salvador	San Salvador	1070	364	271	1036	3	34	
8	Hidalgo	Mixquiahuala de Juárez	Colonia Teñhe	2768	774	676	2743	4	25	
9	Hidalgo	Francisco I. Madero	Tepatepec	11084	3190	2661	10794	3	290	
10	Hidalgo	Francisco I. Madero	El Rosario	4370	1328	1071	4305	3	65	
11	Hidalgo	Tezontepec de Aldama	Atengo	3677	1151	944	3549	3	128	
Población Total 2010				91,526					Población Total	2,407

b) Acueductos

Tabla 8. Población con acceso a agua entubada en zona destinada a Alternativa 1.1 Cerros.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población	Total de Viviendas	Viviendas Particulares habitadas	Ocupantes en Viviendas Particulares con acceso a agua entubada	Promedio de Personas por Vivienda	Ocupantes en Viviendas Particulares sin acceso a agua entubada
1	México	Tecámac	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	15,061	4272	3435	14848	4	213
2	México	Tecámac	San Martín Azcatepec	35,390	9919	8395	34454	4	936
3	México	Tecámac	Tecámac de Felipe Villanueva	15,911	4639	3953	15474	3	437
4	México	Hueyoptla	Santa María Ajoloapan	9,185	2390	2020	8942	4	243
5	Hidalgo	Tizayuca	Huitzila	5,151	1593	1328	5042	3	109
6	México	Tecámac	Los Reyes Acozac	21,910	6420	4975	19223	3	2,687
7	Hidalgo	Tizayuca	Tepojaco	4,119	1561	1057	4062	3	57
8	Hidalgo	Tizayuca	Tizayuca	90,123	43342	22424	85567	2	4,556
9	México	Hueyoptla	Nopala (Guadalupe Nopala)	2,539	614	564	2376	4	163
10	Hidalgo	Ajacuba	Santiago Tezontlale	4,226	1415	1024	4056	3	170
Población Total 2010				203,615				Total	9,571

Tabla 9. Población con acceso a agua entubada en zona destinada a Alternativa 2.1 Arco Norte.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población	Total de Viviendas	Total de Viviendas habitadas	Ocupantes en Viviendas Particulares con acceso a agua entubada	Promedio de Personas por Vivienda	Ocupantes en Viviendas Particulares sin acceso a agua entubada
1	México	Tecámac	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	15,061	4272	3443	14848	4	213
2	México	Tecámac	San Martín Azcatepec	35,390	9919	8564	34454	4	936
3	México	Tecámac	Tecámac de Felipe Villanueva	15,911	4639	4020	15474	3	437
4	México	Hueyoxtla	Santa María Ajoloapan	9,185	2390	2021	8942	4	243
5	Hidalgo	Tizayuca	Huitzila	5,151	1593	1329	5042	3	109
6	México	Tecámac	Los Reyes Acozac	21,910	6420	5547	19223	3	2,687
7	Hidalgo	Tizayuca	Tepojaco	4,119	1561	1057	4062	3	57
8	Hidalgo	Tizayuca	Tizayuca	90,123	43342	23428	85567	2	4,556
9	México	Hueyoxtla	Nopala (Guadalupe Nopala)	2,539	614	564	2376	4	163
10	México	Hueyoxtla	San Francisco Zacacalco	7,420	1998	1747	6874	4	546
11	Hidalgo	Atitalaquia	Atitalaquia	6,322	2022	1595	6207	3	115
12	Hidalgo	Tlaxcoapan	Tlaxcoapan	14,241	3716	3278	13626	4	615
13	Hidalgo	Tlahuelilpan	Tlahuelilpan	8,498	2394	2069	8249	4	249
Población Total				235,870				Total	10,926

Tabla 10. Población con acceso a agua entubada en zona destinada a Alternativa 3.1 Ojo de Agua.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población	Total de Viviendas	Total de Viviendas habitadas	Ocupantes en Viviendas particulares	Ocupantes en Viviendas Particulares con acceso a agua entubada	Promedio de Personas por Vivienda	Ocupantes en Viviendas Particulares sin acceso a agua entubada
1	México	Tecámac	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	15,061	4272	3443	15037	14848	4	213
2	México	Tecámac	Ojo de Agua	242,272	112607	67072	240681	238318	2	3,954
3	México	Tonanitla	Santa María Tonanitla	6,774	1657	1547	6732	6329	4	445
4	México	Nextlalpan	San Miguel Jaltocan	3,681	932	828	3663	2896	4	785
5	México	Nextlalpan	Santa Ana Nextlalpan	14,871	4044	3591	14790	14367	4	504
6	México	Metepec	San Sebastián	2,017	520	462	2002	1895	4	122
7	México	Jaltenco	Jaltenco	11,093	2877	2532	11063	9771	4	1,322
8	México	Zumpango	Zumpango de Ocampo	50,742	14081	11819	49634	48560	4	2,182
9	México	Tequixquiac	Tequixquiac	22,676	6180	5550	22562	20400	4	2,276
10	México	Apaxco	Santa María Apaxco	3,747	950	864	3747	3030	4	717
11	México	Apaxco	Apaxco de ocampo	13,836	3786	3338	13818	12077	4	1,759
12	Hidalgo	Atotonilco de Tula	Vito	4,056	1169	1015	4050	3926	3	130
13	Hidalgo	Atitalaquia	Atitalaquia	6,322	2022	1595	6296	6207	3	115
14	Hidalgo	Atitalaquia	Cardonal	9,090	2852	2244	9063	8775	3	315
15	Hidalgo	Tlaxcoapan	Tlaxcoapan	14,241	3716	3278	14224	13626	4	615
16	Hidalgo	Tlahuelilpan	Tlahuelilpan	8,498	2394	2069	8411	8249	4	249
17	Hidalgo	Tizayuca	Tizayuca	90,123	43342	23428	87016	85567	2	4,556
Población Total 2010				519,100					Poblacion Total	20,259

Tabla 11. Población con acceso a agua entubada en zona destinada a Alternativa 3.2 Mexiquense.

NoP	Estado	Municipio	Localidad	Población	Total de Viviendas	Viviendas Particulares habitadas	Ocupantes en Viviendas particulares	Ocupantes en Viviendas Particulares con acceso a agua entubada	Promedio de Personas por Vivienda	Ocupantes en Viviendas Particulares sin acceso a agua entubada
1	México	Tecámac	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	15,061	4272	3435	15037	14848	4	213
2	México	Coacalco de Berriozábal	San Francisco Coacalco	277,959	94809	74063	274951	272225	3	5,734
3	México	Tultitlán	San Pablo de las Salinas	189,453	64808	48716	186604	184936	3	4,517
4	México	Jaltenco	Alborada Jaltenco	15,235	4934	3823	14956	14751	3	484
5	México	Nextlalpan	Santa Ana Nextlalpan	14,871	4044	3564	14790	14367	4	504
6	México	Jaltenco	Jaltenco	11,093	2877	2522	11063	9771	4	1,322
7	México	Zumpango	Zumpango de Ocampo	50,742	14081	11574	49634	48560	4	2,182
8	México	Tequixquiac	Tequixquiac	22,676	6180	5512	22562	20400	4	2,276
9	México	Apaxco	Santa María Apaxco	3,747	950	864	3747	3030	4	717
10	México	Apaxco	Apaxco de ocampo	13,836	3786	3332	13818	12077	4	1,759
11	Hidalgo	Atotonilco de Tula	Vito	4,056	1169	1013	4050	3926	3	130
12	Hidalgo	Atitalaquia	Atitalaquia	6,322	2022	1587	6296	6207	3	115
13	Hidalgo	Atitalaquia	Cardonal	9,090	2852	2235	9063	8775	3	315
14	Hidalgo	Tlaxcoapan	Tlaxcoapan	14,241	3716	3275	14224	13626	4	615
15	Hidalgo	Tlahuelilpan	Tlahuelilpan	8,498	2394	2040	8411	8249	4	249
16	Hidalgo	Tizayuca	Tizayuca	90,123	43342	22424	87016	85567	2	4,556
Población Total 2010				747,003					Poblacion Total	25,688

Capítulo 4: Datos del proyecto de localidades a abastecer en ruta.

4.1. Datos del proyecto de localidades a abastecer en ruta.

A continuación se presentan datos recopilados para los cálculos de los parámetros de diseño del estudio del sistema de agua potable de las localidades a beneficiar con el servicio en ruta con proyecciones hasta 2044.

a) Zona destinada para pozos.

Tabla 1. Dotación para la zona destinada de pozos por localidades, 2010.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Tlahuelilpan	249	0.29	0.40	0.63	
2	Presas	150	0.17	0.24	0.38	
3	Huitel	281	0.33	0.46	0.71	
4	Tezontepec de Aldama	84	0.10	0.14	0.21	
5	Mixquiahuala	731	0.85	1.18	1.84	
6	Progreso	370	0.43	0.60	0.93	
7	San Salvador	34	0.04	0.06	0.09	
8	Colonia Teñhe	25	0.03	0.04	0.06	
9	Tepatepec	290	0.34	0.47	0.73	
10	El Rosario	65	0.08	0.11	0.16	
11	Atengo	128	0.15	0.21	0.32	
		2,407	2.64	3.69	5.72	Gasto[l/s]

Tabla 2. Dotación para la zona destinada de pozos por localidades, 2014.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Tlahuelilpan	279	0.32	0.45	0.70	
2	Presas	168	0.19	0.27	0.42	
3	Huitel	315	0.36	0.51	0.79	
4	Tezontepec de Aldama	94	0.11	0.15	0.24	
5	Mixquiahuala	820	0.95	1.33	2.06	
6	Progreso	415	0.48	0.67	1.04	
7	San Salvador	38	0.04	0.06	0.10	
8	Colonia Teñhe	28	0.03	0.05	0.07	
9	Tepatepec	325	0.38	0.53	0.82	
10	El Rosario	73	0.08	0.12	0.18	
11	Atengo	144	0.17	0.23	0.36	
		2,700	2.96	4.14	6.42	Gasto[l/s]

Tabla 3. Dotación para la zona destinada de pozos por localidades, 2044.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máx. Diario	Máx. Horario	
1	Tlahuelilpan	393	0.45	0.64	0.99	
2	Presas	236	0.27	0.38	0.59	
3	Huitel	443	0.51	0.72	1.11	
4	Tezontepec de Aldama	132	0.15	0.21	0.33	
5	Mixquiahuala	1,152	1.33	1.87	2.89	
6	Progreso	583	0.68	0.95	1.46	
7	San Salvador	54	0.06	0.09	0.13	
8	Colonia Teñhe	39	0.05	0.06	0.10	
9	Tepatepec	457	0.53	0.74	1.15	
10	El Rosario	102	0.12	0.17	0.26	
11	Atengo	202	0.23	0.33	0.51	
		3,794	4.16	5.82	9.02	Gasto[l/s]

b) Zonas destinadas para acueductos.

Alternativa 1.1 Cerros.-

Tabla 4. Dotación para la zona destinada a alternativa 1.1 Cerros de pozos por localidades, 2010.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	213	0.4807	0.6730	1.0432	
2	San Martín Azcatepec	936	2.1125	2.9575	4.5841	
3	Tecámac de Felipe Villanueva	437	0.9863	1.3808	2.1402	
4	Santa María Ajoloapan	243	0.2813	0.3938	0.6103	
5	Huitzila	109	0.1262	0.1766	0.2738	
6	Los Reyes Acozac	2,687	6.0644	8.4902	13.1598	
7	Tepojaco	57	0.0660	0.0924	0.1432	
8	Tizayuca	4,556	13.1829	18.4560	28.6068	
9	Nopala (Guadalupe Nopala)	163	0.1887	0.2641	0.4094	
10	Santiago Tezontlale	170	0.1968	0.2755	0.4270	
		9,571	23.6856	33.1598	51.3977	Gasto[l/s]

Tabla 5. Dotación para la zona destinada a alternativa 1.1 Cerros de pozos por localidades, 2014.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	226	0.5105	0.7147	1.1079	
2	San Martín Azcatepec	994	2.2435	3.1409	4.8683	
3	Tecámac de Felipe Villanueva	464	1.0474	1.4664	2.2729	
4	Santa María Ajoloapan	258	0.2987	0.4182	0.6482	
5	Huitzila	116	0.1340	0.1876	0.2907	
6	Los Reyes Acozac	2,854	6.4404	9.0166	13.9757	
7	Tepojaco	61	0.0701	0.0981	0.1520	
8	Tizayuca	4,838	14.0002	19.6003	30.3804	
9	Nopala (Guadalupe Nopala)	173	0.2004	0.2805	0.4348	
10	Santiago Tezontlale	181	0.2090	0.2925	0.4534	
		10,164	25.1541	35.2157	54.5843	Gasto[l/s]

Tabla 6. Dotación para la zona destinada a alternativa 1.1 Cerros de pozos por localidades, 2044.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máx. Diario	Máx. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	318	0.7175	1.0045	1.5569	
2	San Martín Azcatepec	1,397	3.1529	4.4140	6.8418	
3	Tecámac de Felipe Villanueva	652	1.4720	2.0608	3.1943	
4	Santa María Ajoloapan	363	0.4198	0.5877	0.9109	
5	Huitzila	163	0.1883	0.2636	0.4086	
6	Los Reyes Acozac	4,010	9.0511	12.6715	19.6408	
7	Tepojaco	85	0.0985	0.1378	0.2137	
8	Tizayuca	6,800	19.6753	27.5454	42.6953	
9	Nopala (Guadalupe Nopala)	243	0.2816	0.3942	0.6110	
10	Santiago Tezontlale	254	0.2937	0.4111	0.6372	
		14,285	35.3505	49.4906	76.7105	Gasto[l/s]

Alternativa 2.1 Arco Norte.-

Tabla 7. Dotación para la zona destinada a alternativa 2.1 Arco Norte de pozos por localidades, 2010.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]			
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	213	0.4807	0.6730	1.0432	
2	San Martín Azcatepec	936	2.1125	2.9575	4.5841	
3	Tecámac de Felipe Villanueva	437	0.9863	1.3808	2.1402	
4	Santa María Ajoloapan	243	0.2813	0.3938	0.6103	
5	Huitzila	109	0.1262	0.1766	0.2738	
6	Los Reyes Acozac	2,687	6.0644	8.4902	13.1598	
7	Tepojaco	57	0.0660	0.0924	0.1432	
8	Tizayuca	4,556	13.1829	18.4560	28.6068	
9	Nopala (Guadalupe Nopala)	163	0.1887	0.2641	0.4094	
10	San Francisco Zacacalco	546	0.6319	0.8847	1.3713	
11	Atitalaquia	115	0.1331	0.1863	0.2888	
12	Tlaxcoapan	615	0.7118	0.9965	1.5446	
13	Tlahuelilpan	249	0.2882	0.4035	0.6254	
		10,926	25.2539	35.3554	54.8009	Gasto[l/s]

Tabla 8. Dotación para la zona destinada a alternativa 2.1 Arco Norte de pozos por localidades, 2014.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máx. Diario	Máx. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	226	0.5105	0.7147	1.1079	
2	San Martín Azcatepec	994	2.2435	3.1409	4.8683	
3	Tecámac de Felipe Villanueva	464	1.0474	1.4664	2.2729	
4	Santa María Ajoloapan	258	0.2987	0.4182	0.6482	
5	Huitzila	116	0.1340	0.1876	0.2907	
6	Los Reyes Acozac	2,854	6.4404	9.0166	13.9757	
7	Tepojaco	61	0.0701	0.0981	0.1520	
8	Tizayuca	4,838	14.0002	19.6003	30.3804	
9	Nopala (Guadalupe Nopala)	173	0.2004	0.2805	0.4348	
10	San Francisco Zacacalco	580	0.6711	0.9396	1.4563	
11	Atitalaquia	122	0.1414	0.1979	0.3067	
12	Tlaxcoapan	653	1.4741	2.0637	3.1987	
13	Tlahuelilpan	264	0.3061	0.4285	0.6642	
		11,603	27.5377	38.5528	59.7569	Gasto[l/s]

Tabla 9. Dotación para la zona destinada a alternativa 2.1 Arco Norte de pozos por localidades, 2044.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máx. Diario	Máx. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	318	0.7175	1.0045	1.5569	
2	San Martín Azcatepec	1,397	3.1529	4.4140	6.8418	
3	Tecámac de Felipe Villanueva	652	1.4720	2.0608	3.1943	
4	Santa María Ajoloapan	363	0.4198	0.5877	0.9109	
5	Huitzila	163	0.1883	0.2636	0.4086	
6	Los Reyes Acozac	4,010	9.0511	12.6715	19.6408	
7	Tepojaco	85	0.0985	0.1378	0.2137	
8	Tizayuca	6,800	19.6753	27.5454	42.6953	
9	Nopala (Guadalupe Nopala)	243	0.2816	0.3942	0.6110	
10	San Francisco Zacacalco	815	0.9432	1.3204	2.0467	
11	Atitalaquia	172	0.1987	0.2781	0.4311	
12	Tlaxcoapan	918	2.0716	2.9002	4.4954	
13	Tlahuelilpan	372	0.4301	0.6022	0.9334	
		16,307	38.7004	54.1805	83.9798	Gasto[l/s]

Alternativa 3.1 Ojo de Agua.-

Tabla 10. Dotación para la zona destinada a alternativa 3.1 Ojo de Agua de pozos por localidades, 2010.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máx. Diario	Máx. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	213	0.4807	0.6730	1.0432	
2	Ojo de Agua	3,954	11.4410	16.0174	24.8269	
3	Santa María Tonanitla	445	0.5150	0.7211	1.1177	
4	San Miguel Jaltocan	785	0.9086	1.2720	1.9716	
5	Santa Ana Nextlalpan	504	0.5833	0.8167	1.2658	
6	San Sebastián	122	0.1412	0.1977	0.3064	
7	Jaltenco	1,322	1.5301	2.1421	3.3203	
8	Zumpango de Ocampo	2,182	4.9247	6.8945	10.6865	
9	Tequixquiac	2,276	5.1368	7.1915	11.1469	
10	Santa María Apaxco	717	0.8299	1.1618	1.8008	
11	Apaxco de Ocampo	1,759	2.0359	2.8502	4.4179	
12	Vito	130	0.1505	0.2106	0.3265	
13	Atitalaquia	115	0.1331	0.1863	0.2888	
14	Cardonal	315	0.3646	0.5104	0.7911	
15	Tlaxcoapan	615	0.7118	0.9965	1.5446	
16	Tlahuelilpan	249	0.2882	0.4035	0.6254	
17	Tizayuca	4,556	13.1829	18.4560	28.6068	
		20,259	43.3582	60.7014	94.0872	Gasto[l/s]

Tabla 11. Dotación para la zona destinada a alternativa 3.1 Ojo de Agua de pozos por localidades, 2014.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	226	0.5105	0.7147	1.1079	
2	Ojo de Agua	4,199	12.1503	17.0104	26.3661	
3	Santa María Tonanitla	473	0.5470	0.7658	1.1869	
4	San Miguel Jaltocan	834	0.9649	1.3509	2.0938	
5	Santa Ana Nextlalpan	535	1.2080	1.6912	2.6214	
6	San Sebastián	130	0.1500	0.2099	0.3254	
7	Jaltenco	1,404	1.6250	2.2749	3.5262	
8	Zumpango de Ocampo	2,317	5.2300	7.3220	11.3490	
9	Tequixquiac	2,417	5.4553	7.6374	11.8380	
10	Santa María Apaxco	761	0.8813	1.2338	1.9124	
11	Apaxco de Ocampo	1,868	2.1621	3.0269	4.6918	
12	Vito	138	0.1598	0.2237	0.3467	
13	Atitalaquia	122	0.1414	0.1979	0.3067	
14	Cardonal	335	0.3872	0.5421	0.8402	
15	Tlaxcoapan	653	1.4741	2.0637	3.1987	
16	Tlahuelilpan	264	0.3061	0.4285	0.6642	
17	Tizayuca	4,838	14.0002	19.6003	30.3804	
		21,515	47.3530	66.2942	102.7560	Gasto[l/s]

Tabla 12. Dotación para la zona destinada a alternativa 3.1 Ojo de Agua de pozos por localidades, 2044.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]			
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	318	0.7175	1.0045	1.5569	
2	Ojo de Agua	5,901	17.0755	23.9057	37.0539	
3	Santa María Tonanitla	664	0.7687	1.0762	1.6681	
4	San Miguel Jaltocan	1,172	1.3560	1.8984	2.9426	
5	Santa Ana Nextlalpan	752	1.6977	2.3768	3.6840	
6	San Sebastián	182	0.2107	0.2950	0.4573	
7	Jaltenco	1,973	4.4531	6.2344	9.6632	
8	Zumpango de Ocampo	3,257	7.3500	10.2900	15.9495	
9	Tequixquiac	3,397	7.6666	10.7333	16.6366	
10	Santa María Apaxco	1,070	1.2386	1.7340	2.6877	
11	Apaxco de Ocampo	2,625	5.9251	8.2952	12.8575	
12	Vito	194	0.2246	0.3144	0.4873	
13	Atitalaquia	172	0.1987	0.2781	0.4311	
14	Cardonal	470	0.5441	0.7618	1.1808	
15	Tlaxcoapan	918	2.0716	2.9002	4.4954	
16	Tlahuelilpan	372	0.4301	0.6022	0.9334	
17	Tizayuca	6,800	19.6753	27.5454	42.6953	
		30,236	71.6039	100.2455	155.3805	Gasto[l/s]

Alternativa 3.2. Mexiquense.-

Tabla 13. Dotación para la zona destinada a alternativa 3.2 Mexiquense de pozos por localidades, 2010.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máx. Diario	Máx. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	213	0.4807	0.6730	1.0432	
2	San Francisco Coacalco	5,734	16.5914	23.2280	36.0034	
3	San Pablo de las Salinas	4,517	13.0700	18.2980	28.3620	
4	Alborada Jaltenco	484	1.0924	1.5293	2.3704	
5	Santa Ana Nextlalpan	504	0.5833	0.8167	1.2658	
6	Jaltenco	1,322	1.5301	2.1421	3.3203	
7	Zumpango de Ocampo	2,182	4.9247	6.8945	10.6865	
8	Tequixquiac	2,276	5.1368	7.1915	11.1469	
9	Santa María Apaxco	717	0.8299	1.1618	1.8008	
10	Apaxco de Ocampo	1,759	2.0359	2.8502	4.4179	
11	Vito	130	0.1505	0.2106	0.3265	
12	Atitalaquia	115	0.1331	0.1863	0.2888	
13	Cardonal	315	0.3646	0.5104	0.7911	
14	Tlaxcoapan	615	0.7118	0.9965	1.5446	
15	Tlahuelilpan	249	0.2882	0.4035	0.6254	
16	Tizayuca	4,556	13.1829	18.4560	28.6068	
		25,688	61.1062	85.5487	132.6004	Gasto[l/s]

Tabla 14. Dotación para la zona destinada a alternativa 3.2. Mexiquense de pozos por localidades, 2014.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	Gasto[l/s]	
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	226	0.5105	0.7147	1.1079	
2	San Francisco Coacalco	6,090	17.6201	24.6681	38.2356	
3	San Pablo de las Salinas	4,797	13.8803	19.4325	30.1204	
4	Alborada Jaltenco	514	1.1601	1.6241	2.5174	
5	Santa Ana Nextlalpan	535	1.2080	1.6912	2.6214	
6	Jaltenco	1,404	1.6250	2.2749	3.5262	
7	Zumpango de Ocampo	2,317	5.2300	7.3220	11.3490	
8	Tequixquiac	2,417	5.4553	7.6374	11.8380	
9	Santa María Apaxco	761	0.8813	1.2338	1.9124	
10	Apaxco de Ocampo	1,868	2.1621	3.0269	4.6918	
11	Vito	138	0.1598	0.2237	0.3467	
12	Atitalaquia	122	0.1414	0.1979	0.3067	
13	Cardonal	335	0.3872	0.5421	0.8402	
14	Tlaxcoapan	653	1.4741	2.0637	3.1987	
15	Tlahuelilpan	264	0.3061	0.4285	0.6642	
16	Tizayuca	4,838	14.0002	19.6003	30.3804	
		27,281	66.2014	92.6819	143.6570	Gasto[l/s]

Tabla 15. Dotación para la zona destinada a alternativa 3.2. Mexiquense de pozos por localidades, 2044.

NoP	Localidad	Población	Gasto[l/s]			
			Med. Diario	Máy. Diario	Máy. Horario	
1	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	318	0.7175	1.0045	1.5569	
2	San Francisco Coacalco	8,558	24.7625	34.6675	53.7347	
3	San Pablo de las Salinas	6,742	19.5069	27.3096	42.3299	
4	Alborada Jaltenco	722	1.6303	2.2825	3.5378	
5	Santa Ana Nextlalpan	752	1.6977	2.3768	3.6840	
6	Jaltenco	1,973	4.4531	6.2344	9.6632	
7	Zumpango de Ocampo	3,257	7.3500	10.2900	15.9495	
8	Tequixquiac	3,397	7.6666	10.7333	16.6366	
9	Santa María Apaxco	1,070	1.2386	1.7340	2.6877	
10	Apaxco de Ocampo	2,625	5.9251	8.2952	12.8575	
11	Vito	194	0.2246	0.3144	0.4873	
12	Atitalaquia	172	0.1987	0.2781	0.4311	
13	Cardonal	470	0.5441	0.7618	1.1808	
14	Tlaxcoapan	918	2.0716	2.9002	4.4954	
15	Tlahuelilpan	372	0.4301	0.6022	0.9334	
16	Tizayuca	6,800	19.6753	27.5454	42.6953	
		38,339	98.0926	137.3297	212.8610	Gasto[l/s]

Capítulo 5: Análisis, procesamiento de la información y bases de diseño.

5.1. Análisis y procesamiento de la información.

Actualmente, el Valle del Mezquital es una zona agropecuaria altamente productiva, resultado de la irrigación de agua residual que llega a través del Río Tula; como efecto de ese constante abastecimiento, el valle ha logrado desarrollar un acuífero con características de aprovechamiento para consumo humano, con ligeras zozobras.

Las características del lugar, como se puede observar en la Cap. 2.1, Tabla 2 y 3, mantiene temperaturas medias que oscilan entre los 9°C y 23°C, la precipitación media registrada es de 780 mm/año. Estos datos fueron recabados de cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en el valle y muestran registros insuficientes como es el caso de Tlahuelilpan, sin embargo, estos datos al ser fuente de primera mano se tomaron para evaluar el cambio que ha tenido el clima en el que se embeberá el proyecto.

Destaca el uso de suelo de la zona de captación la cual se encuentra destinada en un 53.08% para agricultura y 11.77% área conurbada, con ello permite un constante abastecimiento del acuífero, sin embargo, la tecnificación de la agricultura podría poner en riesgo el futuro del proyecto.

Como sabemos, este proyecto depende en gran medida del abastecimiento de agua proveniente del Valle de México y de seguir recurriendo a las mismas técnicas de riego, es decir, no alterar el ciclo que artificialmente se ha creado y el reuso constante que se le da a esta agua, ya que al disminuir la filtración se generaría menor recarga, y abatimientos del acuífero. Se prevé el aumento en la cantidad de agua que llegará al Valle de México, incrementando la salida del mismo. Con ello se espera que al Valle del Mezquital retorne el 70 % del agua explotada.

Lo mencionado anteriormente se comprueba con el uso que se le da al recurso hídrico (Cap. 2.1, Tab. 8), mostrando en Hidalgo su mayoría abocado al campo, dejando en segundo plano el uso doméstico, ya que el consumo por persona es mayor en las zonas conurbadas, siendo este el primer criterio de delimitación de abastecimiento.

Adicionalmente se puede notar que los recursos económicos destinados al agua potable son congruentes con la población beneficiada. Se muestra (Cap. 2.1, Tab. 6) que el Distrito Federal es el más completo en el ámbito de cobertura del Servicio Hidráulico. En cuanto a la comparación de capacidad instalada de las plantas de tratamiento y la operación de las mismas (Cap. 2.1, Tab. 9), Hidalgo presenta el mayor porcentaje con el 71.42 %, Estado de México con 68.84% y en tercer lugar se encuentra el Distrito Federal con un 24.13%.

Para el análisis de la demanda de agua, se consideraron las localidades con más de 2'500 habitantes que se encuentran dentro de la zona de captación. En las proyecciones de CONAPO se pueden observar comportamientos de migración de los pueblos hacia las ciudades (Cap. 2.2, Tab. 2), misma que está dominada por personas entre 16 y 40 años. En el caso de las poblaciones cercanas a los trazos del acueducto, se pensaron los mismos 2'500 habitantes y que las localidades se encuentren a menos de 3 km de distancia del trazo, porque de ser considerada una mayor longitud representaría un acueducto adicional y no una derivación en ruta.

Para dichas decisiones se tomaron en cuenta los planes estatales y municipales de las localidades, atendiendo a los proyectos que se pudieran plantear de cara a la llegada de este recurso, y no representar un gasto adicional (Cap. 2.2, Tab. 3, 4, 5 y 6). Cabe mencionar que para las proyecciones a 2044, se tomaron las bases de CONAPO, y la única condición fue considerar que estas no tuvieran una caída mayor al valor que refleja el Censo 2010.

Para contabilizar a las personas sin acceso a agua entubada, se usó la información recabada del Censo del 2010. Dicha información sólo muestra a las personas faltas de estructura, sin embargo, esto no quiere

decir que carezcan del recurso; ya que se abastecen de otros medios como lo son pipas, pozos y manantiales.

Para proyectar el abastecimiento a cubrir hasta el año 2044, se tomaron en cuenta los valores obtenidos de infraestructura, clima y dotación por tipo de población (Cap. 2.3).

Estos datos poblacionales como los de infraestructura y sus proyecciones, serán los primeros criterios tomados en cuenta para las decisiones de abastecimiento, estas decisiones se verán apoyadas por CONAGUA en la etapa de la selección de alternativas del Acueducto.

Cabe resaltar la visión que enmarca al proyecto referente al proceso de reúso del agua, se plantea no alterar el ciclo de abastecimiento de la zona; por lo cual se sugieren medidas que pueden ser llevadas a cabo con el fin de incrementar los beneficios y aprovechamientos de todos los frentes que están inmiscuidos alrededor de este proyecto.

Entre las sugerencias destaca un mejor aprovechamiento y manejo del agua; se propone que la Termoeléctrica (CFE) y Refinería (PEMEX) del municipio de Tula de Allende, en vez de explotar el acuífero para sus sistemas de drenaje y procesos industriales como lo son el sistema de enfriamiento, utilicen el agua de reúso proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco. Debido a que la mayoría de sus procesos no necesitan contacto humano y por ende un menor nivel de potabilización del agua.

La opción permitirá ceder esos pozos y acueducto al proyecto, para aprovechar la infraestructura, sumar el complemento, reducir la explotación en la denominada Zona de Captación, favorecer el equilibrio en el acuífero, disminuir en gran medida la inversión inicial y disminuir el tiempo de ejecución de la obra.

5.2. Bases de diseño.

Como conclusión de este capítulo se mencionarán las bases de diseño de las interconexiones de pozos y el acueducto. Para la zona de captación se plantea mantener los 143 pozos de extracción, cambiando las interconexiones de pozos propuestos en la primera etapa, a fin de hacerlas congruentes con el inicio que tendrá el acueducto propuesto. Para una mejor logística, se plantea dividir la sección en:

- a) Interconexiones de pozos hasta el tanque de bombeo.

- b) Manejo del Agua: consistirá en la conexión de estos rebombes a la localización de la planta o plantas potabilizadoras definidas, que serán el inicio del acueducto.

Debido a que este proyecto mantiene un carácter interdisciplinario, la elaboración de este capítulo fue llevado a cabo a la par del planteamiento de alternativas; enriquecido con las aportaciones de cada una de las partes relacionadas y CONAGUA. Se inició el proyecto con 9 alternativas planteadas de manera conceptual, posteriormente fueron descartadas 5 de ellas y las 4 restantes se utilizaron para el análisis de las poblaciones descritas en este capítulo.

- Nueve Alternativas de Trazos (Fig. 5.2.1.).
- 1.1 Actopan (Fig. 5.2.2.).
- 1.2 Línea Eléctrica (Fig. 5.2.3.).
- 2.1 Arco Norte (Fig. 5.2.4.).

- 2.2 Arco Norte 2 (Fig. 5.2.5.).
- 2.3 Ulapa (Fig. 5.2.6.).
- 3.1 Ojo de Agua (Fig. 5.2.7.).
- 3.2 Mexiquense (Fig. 5.2.8.).
- 4.1 Cerros (Fig. 5.2.9.).
- 4.2 Cerros 2 (Fig. 5.2.10.).

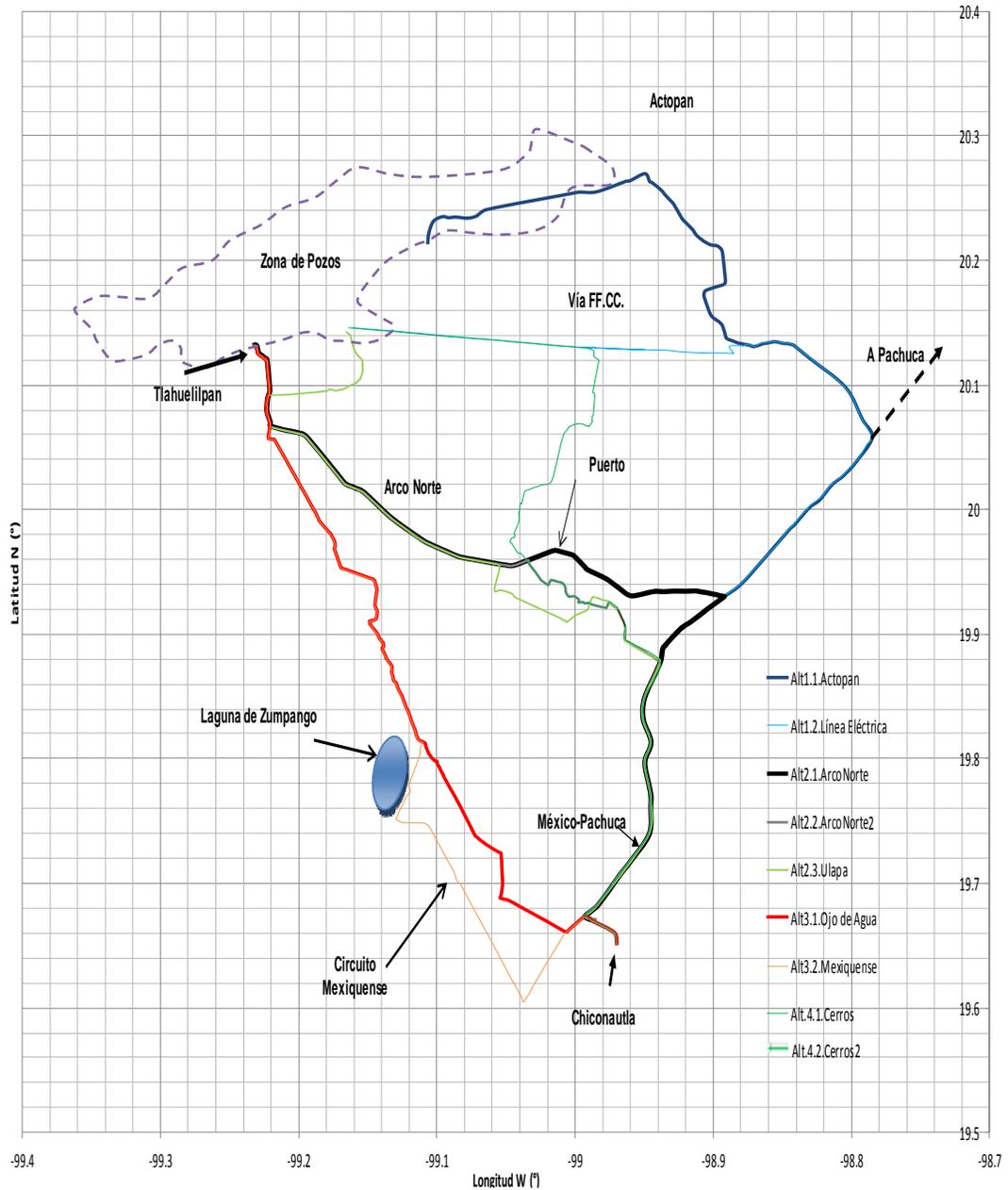


Figura 5.2.1. Planteamiento de Alternativas de Acueducto.

Perfil de elevación de cada alternativa de trazo del acueducto.

A continuación se presentan los perfiles de elevación de cada alternativa del acueducto; en cada uno se enuncian las cargas piezométricas para tres diámetros de tubería de acero (54, 60 y 72 pulgadas de espesor) y una primera aproximación de las plantas de bombeo.

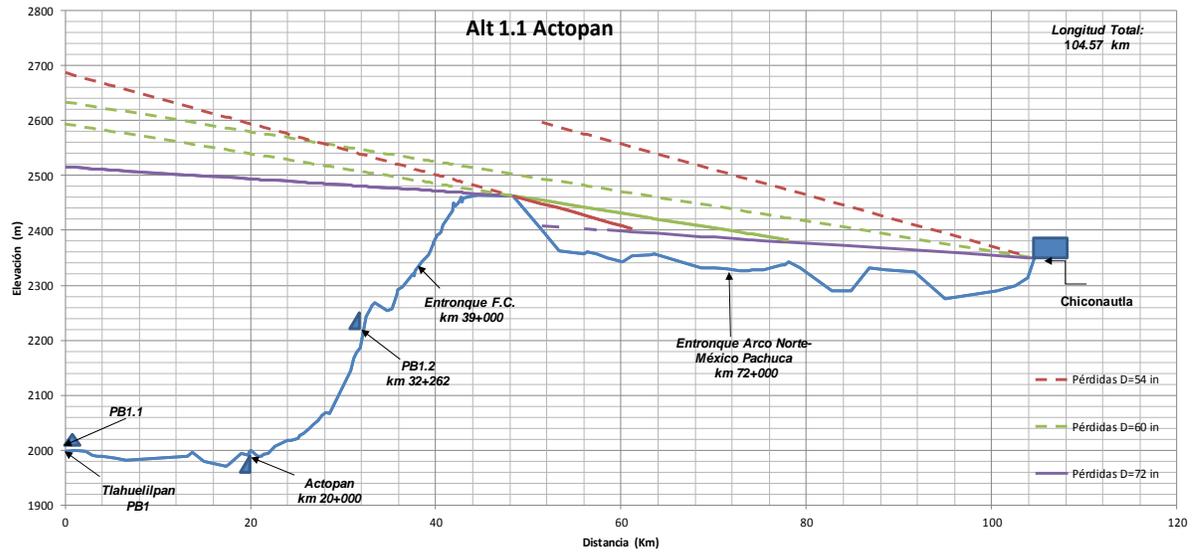


Figura 5.2.2. Perfil Hidráulico de la Alternativa Actopan.

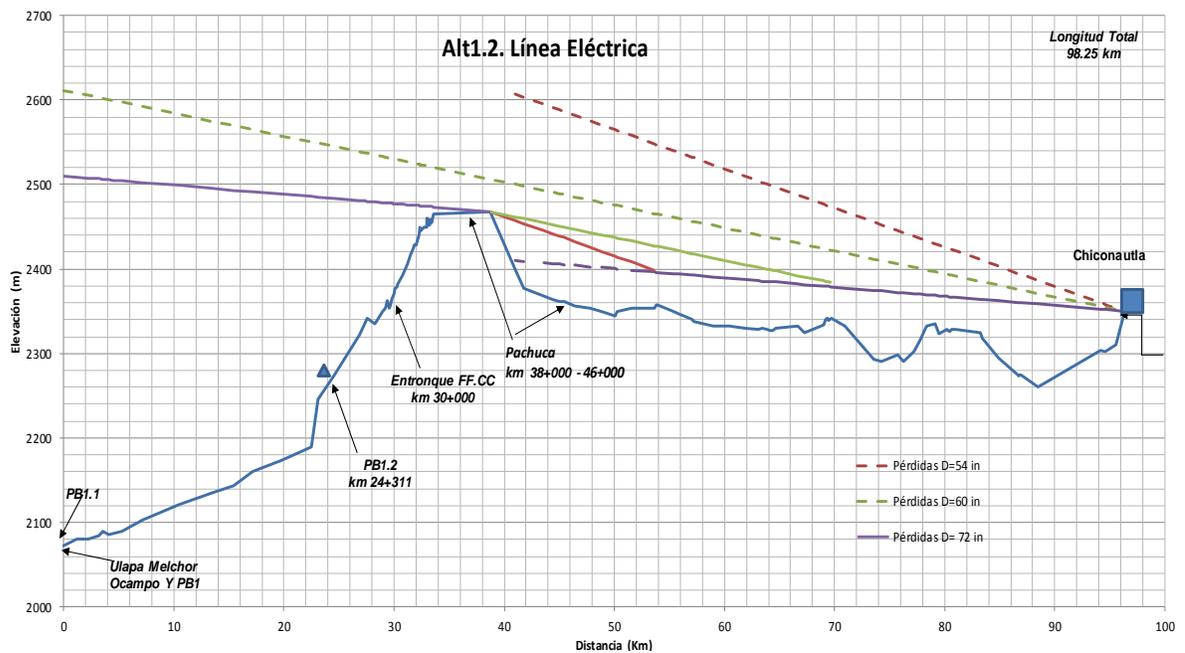


Figura 5.2.3. Perfil Hidráulico de la Alternativa Línea Eléctrica.

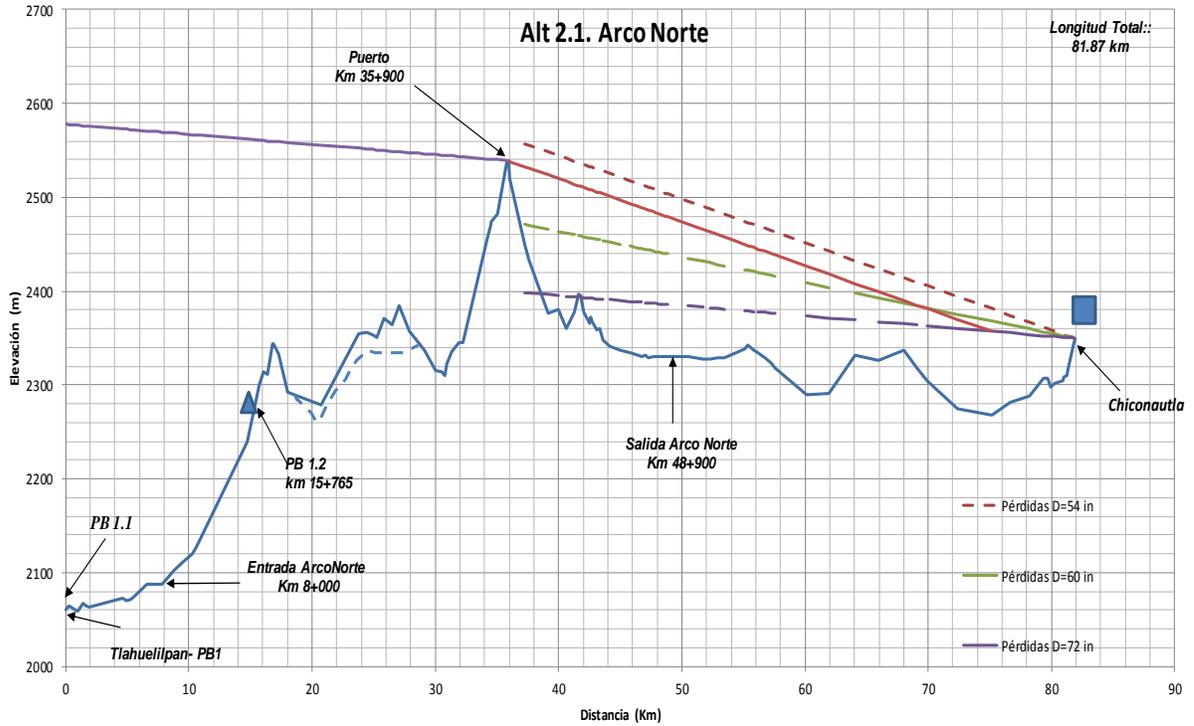


Figura 5.2.4. Perfil Hidráulico de la Alternativa Arco Norte.

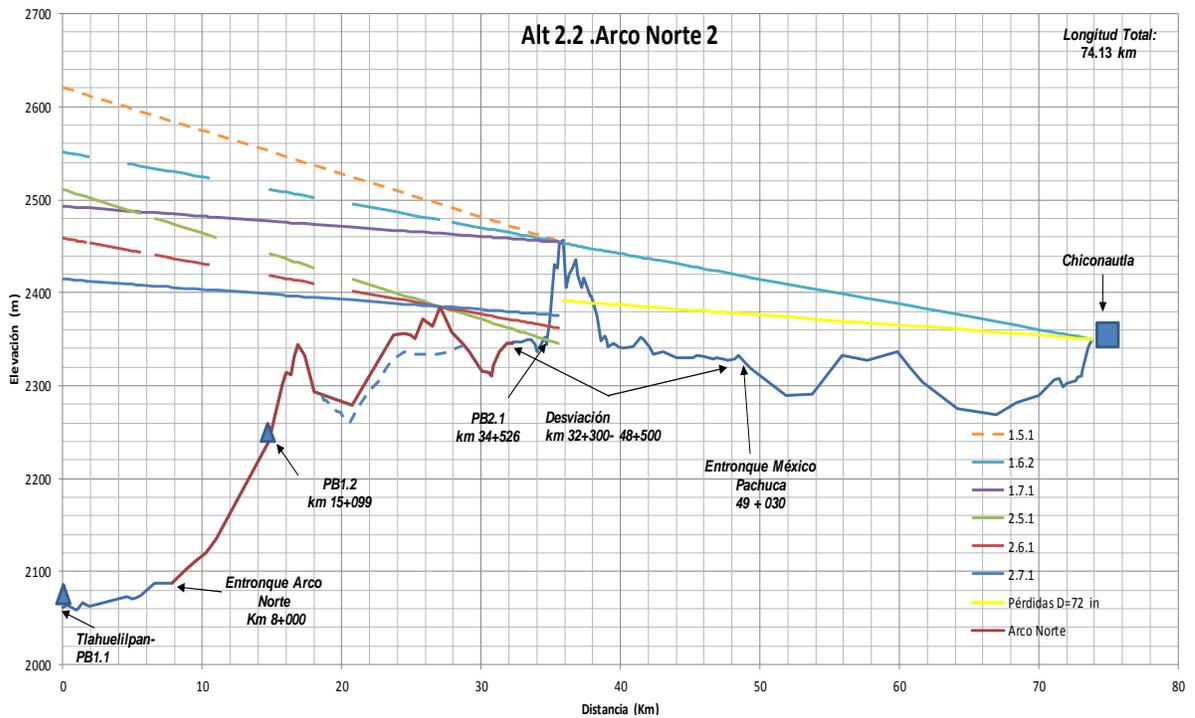


Figura 5.2.5. Perfil Hidráulico de la Alternativa Arco Norte 2.

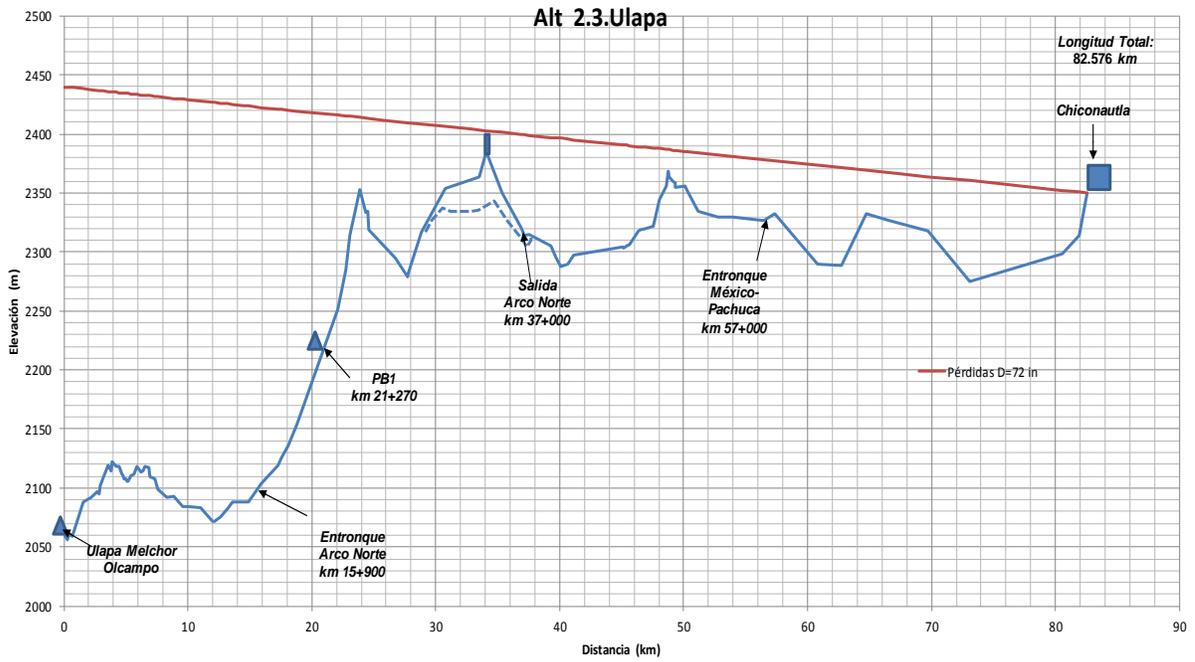


Figura 5.2.6. Perfil Hidráulico de la Alternativa Ulapa.

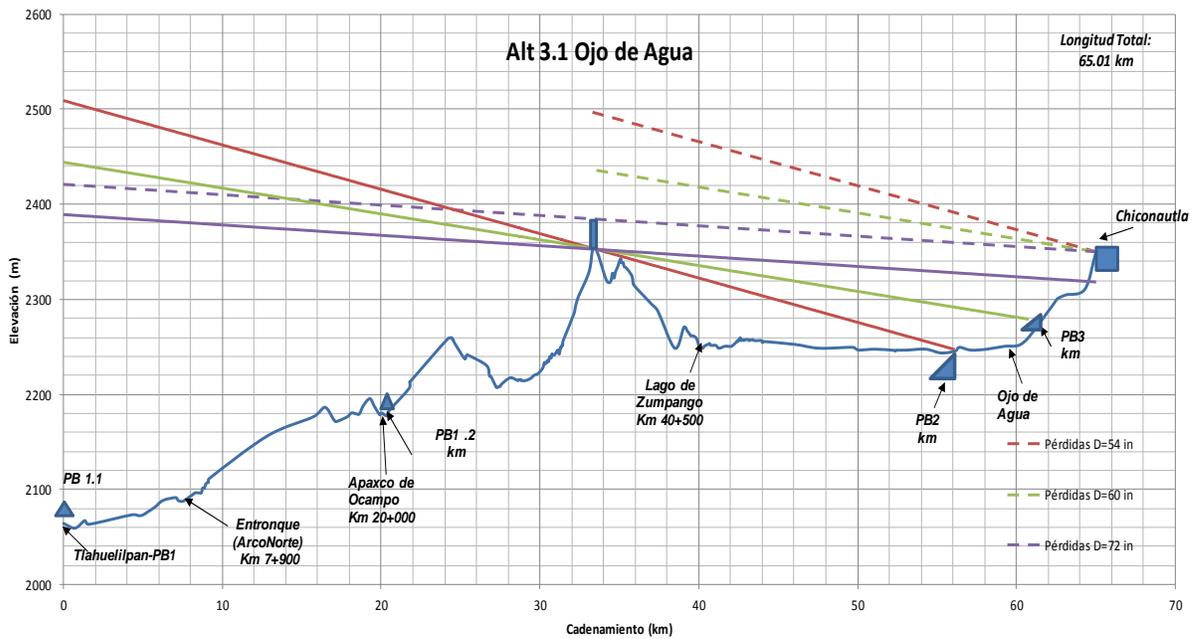


Figura 5.2.7. Perfil Hidráulico de la Alternativa Ojo de Agua.

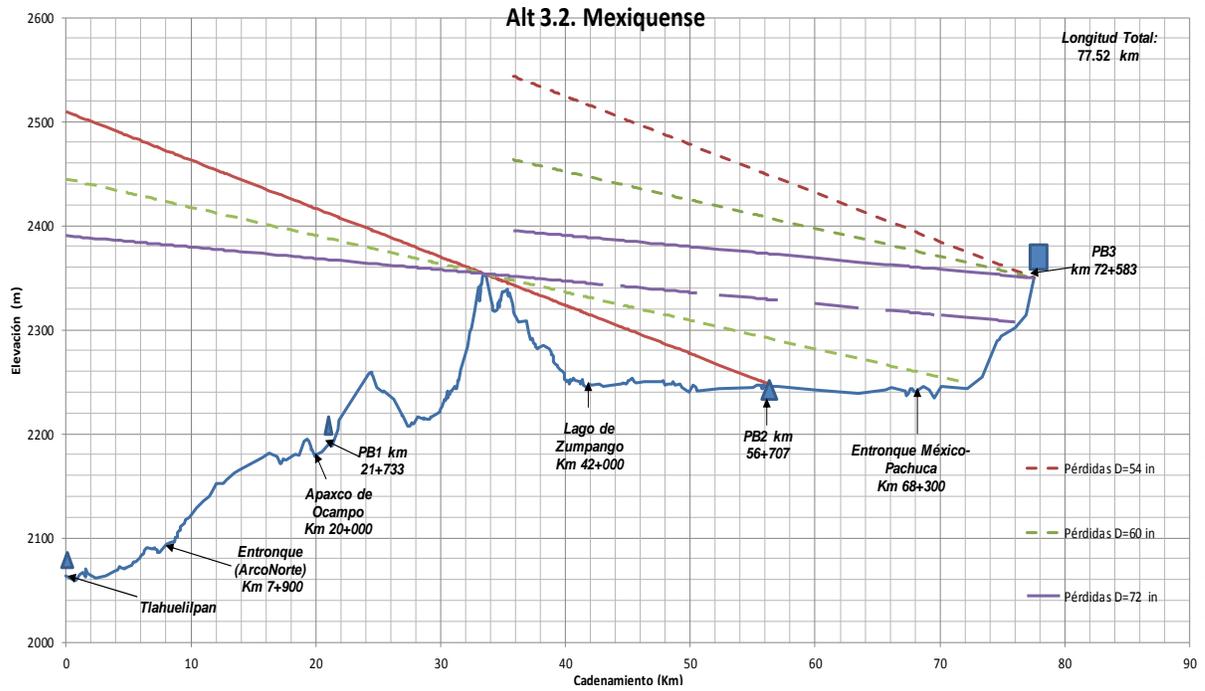


Figura 5.2.8. Perfil Hidráulico de la Alternativa Mexiquense.

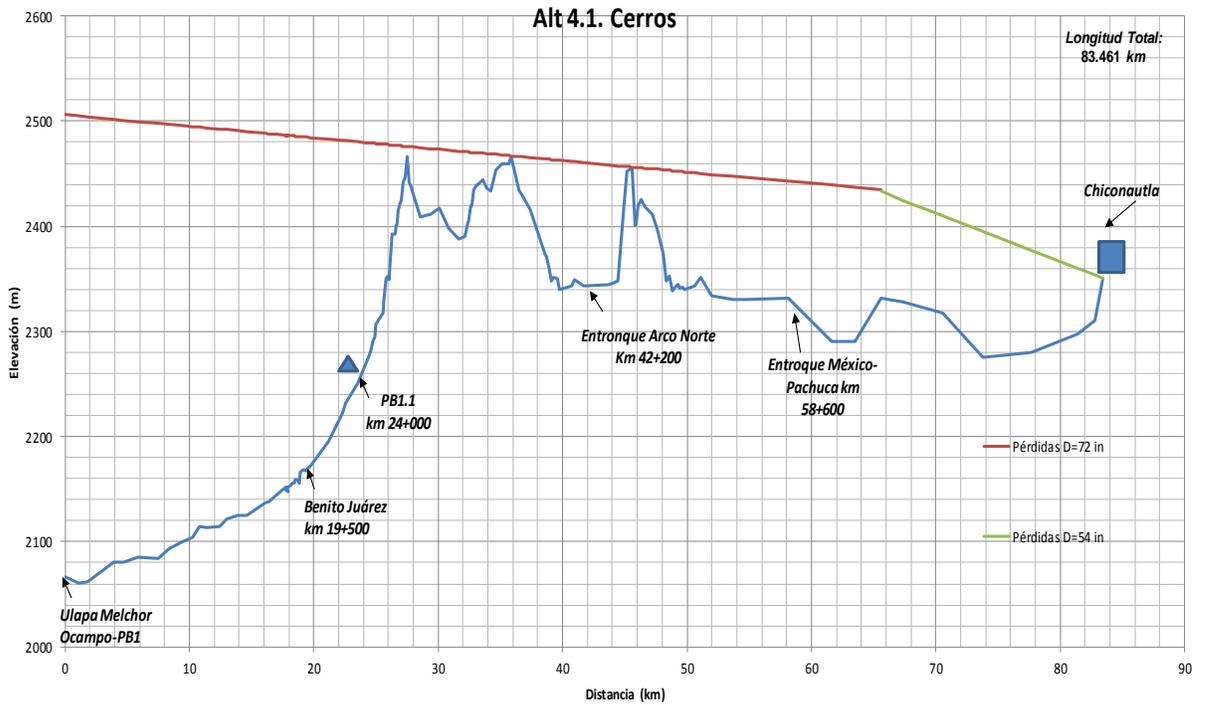


Figura 5.2.9. Perfil Hidráulico de la Alternativa Cerros.

~ 95 ~

Alt 4.2. Cerros2

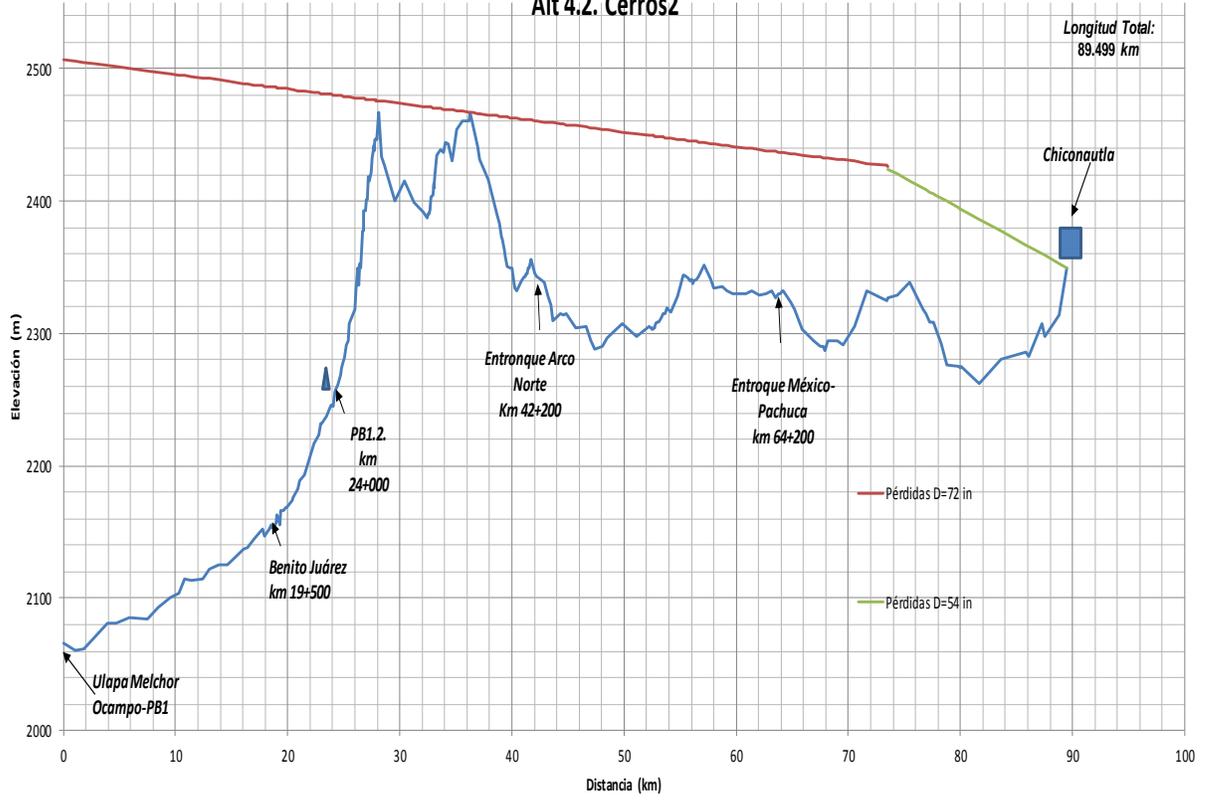


Figura 5.2.10. Perfil Hidráulico de la Alternativa Cerros 2.

Capítulo 6: Conclusiones.

Una de las cosas más difíciles de este trabajo fue investigar, justificar, redactar y plasmar las ideas que como ingeniero es más fácil expresar de manera gráfica y matemática.

La primera etapa de este trabajo me permitió conocer acerca de la problemática hídrica que sufre el país particularmente el Valle de México, mismo que no ha logrado equilibrar la demanda y la oferta del recurso, ya que como es bien sabido la mancha urbana sigue aumentando y cada persona en la zona metropolitana llega a consumir hasta 4 veces más que los pobladores de las zonas rurales (efecto que agrava el problema).

Muchas de las decisiones que se tomaron tuvieron mayor influencia de disciplinas como tenencia de la tierra y ambiental, cuyo aprendizaje fue: que estos temas no pueden ser en ningún momento ajenos a la ingeniería ya que influye de manera muy importante en las restricciones a tomar en cuenta al plantear los problemas a resolver.

El segundo apartado refirió al análisis poblacional en el cual se recabaron datos del Censo de población del 2010 y datos de proyecciones de población a afectar por los diferentes trazos planteados, esta información me sirvió para conocer más acerca del crecimiento de las poblaciones, migración y comportamiento del ciclo de vida en las poblaciones de México, así como los métodos de producción y la evolución del campo.

De lo anterior se desprende información para realizar un análisis de abastecimiento de una población y los criterios para la toma de decisiones. Mucha de la indagación que realice para este apartado se basó en lo contenido en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la CONAGUA (MAPAS).

El desarrollo de este proyecto, me ha dejado una gran influencia en la forma de llevar varias áreas y hacerlas confluir con el objetivo de entregar una idea funcional.

La función que he desempeñado en este estudio me permitió conocer cómo se realiza la concepción de un proyecto de gran magnitud e importancia y poderla ver llevarse a cabo a través del tiempo.

Es satisfactorio para mí saber que los conocimientos adquiridos durante la carrera me han servido para la toma de decisiones, y que permiten no tener atrasos por la adquisición de estos conocimientos.

Las materias que más han influido durante este periodo han sido, Mecánica de Fluidos, Mecánica de Materiales, Geometría Analítica, Electricidad y Magnetismo, Termodinámica, Modelado de Sistemas Físicos, Recursos y Necesidades de México, Ética Profesional y Metalurgia Física. Cada una con una aportación significativa y más aun a los docentes que participaron en esta formación.

Para mí ha sido todo un placer ser partícipe de este proyecto, gracias al he podido aprender cómo se realizan los proyectos en México desde su concepción como Términos de Referencia, hasta la etapa en la que estoy inmiscuido llamada Anteproyecto e Ingeniería Básica.

Bibliografía

CONAGUA, 2013. Estadísticas del Agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Agua. Subdirección General de Planeación. México. pp.176.

CONAGUA, 2012. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2012. Comisión Nacional del Agua. Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. pp. 280.

CONAGUA, 2009. Estadística del Agua de la Región Hidrológica-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Comisión Nacional del Agua. Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Edición. México. pp.162.

CENSO 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), www.censo2010.org.mx.

Consejo Nacional de Poblacion (CONAPO),

1)www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos.

2)www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Documento_Metodologico_Proyecciones_2010_2050.

Anexos

Tablas Manual de Agua Potable y Alcantarillado

Tabla 1.4 Consumos domésticos per cápita			
CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONOMICA		
	(1/hab/día)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
Cálido	400	230	185
Semicalido	300	205	130
Templado	250	195	100

NOTAS:
 1) Para los casos de climas semifrío y frío se consideran los mismos valores que para el clima templado
 2) El clima se selecciona en función de la temperatura media anual (Tabla 1.5)

Tabla 1.5 Clasificación de climas por su temperatura	
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor que 22	CALIDO
De 18 a 22	SEMICALIDO
De 12 a 17.9	TEMPLADO
De 5 a 11.9	SEMIFRIO
Menor que 5	FRIO

Tabla 1.6 Coeficientes de variación diaria y horaria	
CONCEPTO	VALOR
Coefficiente de variación diaria (CVd)	1.4
Coefficiente de variación horaria (CVh)	1.55

$$Q_{med} = \frac{PD}{86,400}$$

$$Q_{MD} = CV_d Q_{med}$$

Donde:		Donde:	
Qmed :	Gasto medio diario, en l/s	QMD :	Gasto máximo diario, en l/s
P :	Número de habitantes	CVd :	Coefficiente de variación diaria
D :	Dotación, en l/hab/día	Qmed :	Gasto medio diario, en l/s
86,400 :	segundos/día		

$$Q_{MH} = CV_h Q_{MD}$$

Donde:			
QMH :	Gasto máximo horario, en l/s		
CVh :	Coefficiente de variación horaria		
QMD :	Gasto máximo diario, en l/s		

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS

- ✓ Fórmula general de Darcy-Weisbach: $h_c = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$
- En función del caudal: $h_c = 0.0826 \cdot f \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot L$
- ✓ Coeficiente de fricción (f):
- Von Karman: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}}$ Colebrook: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{K/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$
- Nikuradse: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \frac{K/D}{3.71}$
- ✓ Hagen-Poiseuille para régimen laminar: $h_c = \frac{32 \cdot \mu \cdot L \cdot v}{\gamma \cdot D^2}$
- ✓ Blasius (Tuberías de plástico en turbulento liso, PE; $Re < 10^5$):
- $h_c = 0.473 \cdot \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \cdot L$
- ✓ Cruciani-Margaritora (Tuberías de PE): $J = \frac{0.00099}{D^{4.75}} \cdot Q^{1.75}$
- ✓ Hazen-Williams (Especialmente para tuberías de fundición y acero)
- $f = \frac{13.69 \cdot g}{c^{1.85} \cdot v^{0.15} \cdot D^{0.17}}$
- $h_c = \frac{10.7}{c^{1.85} \cdot D^{4.78}} \cdot Q^{1.85} \cdot L$
- ✓ Scobey (Tuberías de aluminio): $h_r = 4.098 \cdot 10^{-3} \cdot K \cdot \frac{Q^{1.9}}{D^{1.1}} \cdot L$
- ✓ Veronesse-Datei (Tuberías de PVC): $J = \frac{0.00092}{D^{4.80}} \cdot Q^{1.80}$
- ✓ Scimemi (Tubos de fibrocemento): $Q = 48.3 \cdot D^{2.68} \cdot J^{0.56}$ $v = 61.5 \cdot D^{0.68} \cdot J^{0.56}$
- $h_c = 9.84 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{Q^{1.786}}{D^{4.786}} \cdot L$
- ✓ Manning (Turbulento rugoso, $Re > 4000$ y $(Re)_c > 40$): $h_c = \frac{10.3 \cdot n^2}{D^{5.33}} \cdot Q^2 \cdot L$