



I. ANTECEDENTES. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

I. 1. ASPECTOS GENERALES

El diseño geotécnico de los túneles de Huauchinango se relaciona con dos túneles gemelos que serán excavados muy cerca uno del otro en materiales de suelo relativamente blando en la mayor parte de su trazado, con coberturas bajas y en donde además en la parte superior de la ladera existen unas torres eléctricas y una tubería de oleoducto, que obliga a que el diseño de la excavación y sostenimiento de estos túneles tenga que ser enfocado, buscando reducir o minimizar al máximo las deformaciones para evitar problemas de subsidencia o de estabilidad tanto en los portales como en la parte alta del cerro.

Los estudios para los túneles de la Carretera Nuevo Necaxa-Tihuatlán fueron desarrolladas por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) en distintas épocas y por diferentes empresas. De acuerdo con los requerimientos de la SCT en las bases para licitación y la oferta presentada por el Consorcio ICA-FCC, a continuación se describen los principales requerimientos para los diseños:

- Proyectar una carretera tipo A4, con una velocidad de diseño de 90 kph a 110 kph.
- Respetar un ancho de vía de 100 m (50 m a lado y lado del eje de vía).
- Cumplimiento de las Especificaciones Técnicas de la SCT.
- Disponer de un gálibo vertical mínimo de 5,50 m.

En la tabla 1, se presenta una relación de los túneles contemplados para el desarrollo de la carretera incluyendo los años en los cuales fueron estudiados y las empresas que participaron en esta evaluación.



Tabla 1. Relación de estudios desarrollados

Túnel	Km		Longitud (m)	Empresa consultora encargada de los estudios	Año en que se realizaron los estudios
	De	a			
Huauchinango	140+480	140+588	108	Ingenieros Asociados en Geotecnia y Supervisión	No disponible
				Consultec	Octubre de 2006
Nuevo Necaxa	143+455	144+395	940	Grupo Mofal	Abril de 1995
Sin Nombre I	146+605	146+738	138	Consultec	Octubre de 2006
Cuahueyatla	147+665	147+785	120	COPEI Ingeniería-Estudios geofísicos únicamente	Octubre de 2006
Sin Nombre II	153+300	153+690	390	Consultec	Octubre de 2006
Xicotepec I	154+227	154+474	247	EDAC Ingenieros	Abril de 1995
				Consultec	Octubre de 2006
				COPEI Ingeniería-Estudios geofísicos únicamente	Octubre de 2006
Xicotepec II	155+600	156+432	832	Triada	Febrero de 1995
				Consultec	Octubre de 2006
El Zoquita	158+375	159+002	627	Consultec	Junio de 1996
				Consultec	Octubre de 2006



Las Pilas I	160+120	160+335	215	Tribasa Ingeniería	Abril de 1995
				Consultec	Octubre de 2006
Las Pilas II	161+407	161+919	512	Exycosa	Abril de 1995
				Consultec	Octubre de 2006
Sin Nombre III	162+640	162+830	190	Consultec	Octubre de 2006
Sin Nombre IV	162+925	163+095	170	Consultec	Octubre de 2006
La Ardilla	168+515	168+690	175	Triada	Marzo de 1995
				Consultec	Octubre de 2006

De acuerdo con lo anterior, el Consorcio ICA-FCC presentó en su oferta un anteproyecto con la consideración de dos túneles gemelos con flujo de tráfico unidireccional.

Para el caso de los túneles de Huauchinango, éstos fueron considerados con una longitud de 195m (túnel derecho) y 135 m (túnel izquierdo), con una sección de excavación compuesta por radios de 7,58 m y 4,89 m respectivamente, hasta el estrado del revestimiento.

Los túneles fueron considerados revestidos en concreto hidráulico ($f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$), de 0,30 m de espesor mínimo en la clave del túnel.



1.2 INFORMACIÓN RECOPIADA Y ANALIZADA

Con el propósito de evaluar y revisar los diseños de licitación, se revisó toda la información disponible relacionada con los túneles, la cual incluye los siguientes documentos:

- Bases Generales Concurso Público Internacional No. 00009076-003-06.
- Apéndice 3 - lineamientos para la elaboración del proyecto del concursante.
- Normatividad aplicable a la ejecución de estudios y proyecto de túneles carreteros.
- Actas de las juntas de aclaraciones.
- Planos de anteproyecto suministrados por la SCT para los siguientes túneles: Huauchinango, Nuevo Necaxa, Xicotepec I, Xicotepec II, El Zoquita, Las Pilas I, Las Pilas II y La Ardilla.
- Información parcial suministrada por la SCT de los informes de diseño de los túneles Xicotepec I y La Ardilla.
- Informe de diseño Túnel El Zoquita elaborado por Consultec.
- Estudios geofísicos entregados por la SCT con el Adendo 4.
- Informes elaborados por el Ing. Sergio Herrera y por el Geo. Conconi (2006).
- Anteproyecto elaborado por Consultec para el Consorcio ICA-FCC para los 13 túneles: Huauchinango, Nuevo Necaxa, Sin Nombre I, Cuahueyatla, Sin Nombre II, Xicotepec I, Xicotepec II, El Zoquita, Las Pilas I, Las Pilas II, Sin Nombre III, Sin Nombre IV y La Ardilla.
- Descripción del proyecto realizado por Consultec.
- Cartas geológicas del sector.
- Consideraciones geotécnicas en la elaboración del anteproyecto de 13 túneles, en la carretera México - Tuxpan, tramo: Nuevo Necaxa - Tihuatlán elaborado por Consultec.
- Estudios geológicos del trazo proyecto Carretero Nuevo Necaxa-Tihuatlán-Primera parte. Tramo del K839+600 al K845+000, desarrollado por COPEI (2007).
- Informe de exploración geotécnica desarrollada por ICA-FCC, a través de EPC Ingeniería para los túneles de Huauchinango.

1.3 CLIMA Y PRECIPITACIÓN

El clima según la clasificación Kôeppen es variable del tipo Cfwb al Cfw'bg, que se caracterizan por ser templado lluvioso, con lluvias todo el año, predominando en el verano y con temperatura media en el mes más cálido de 22°C.

En la imagen 1, se presenta una precipitación media anual de más de 1000 mm.

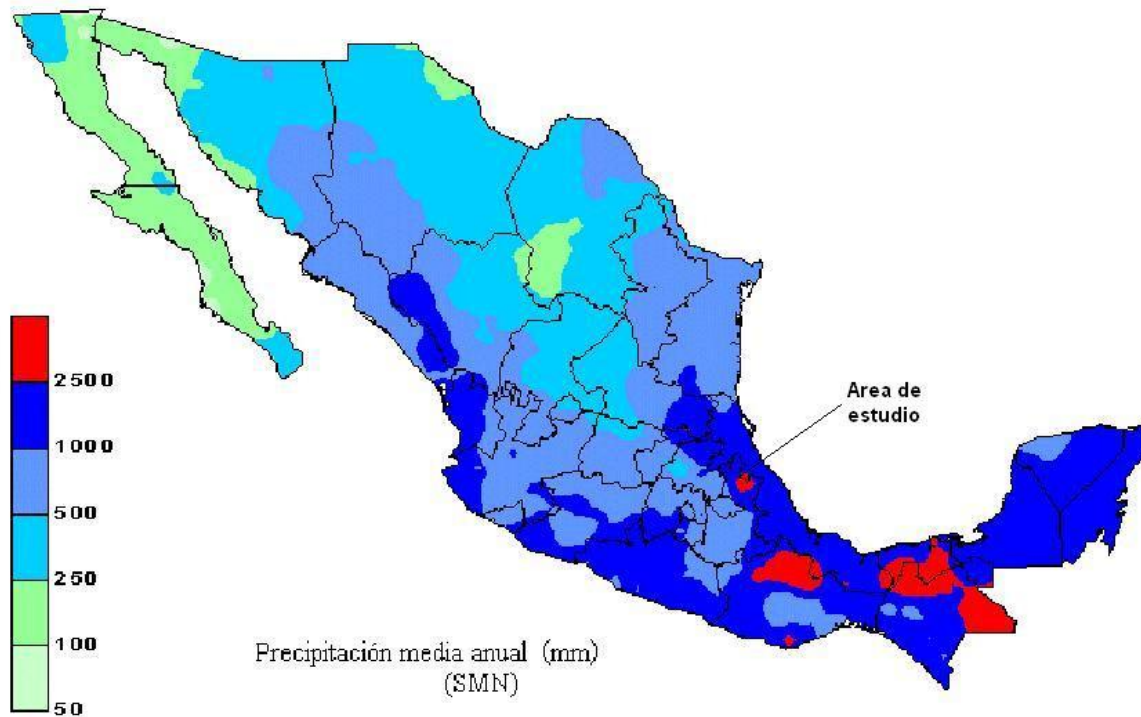


Imagen 2. Mapa de precipitación media anual de la República Mexicana

1.4 SISMICIDAD

De acuerdo con el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, 1993, el área de estudio se localiza dentro de la Zona Sísmica B.

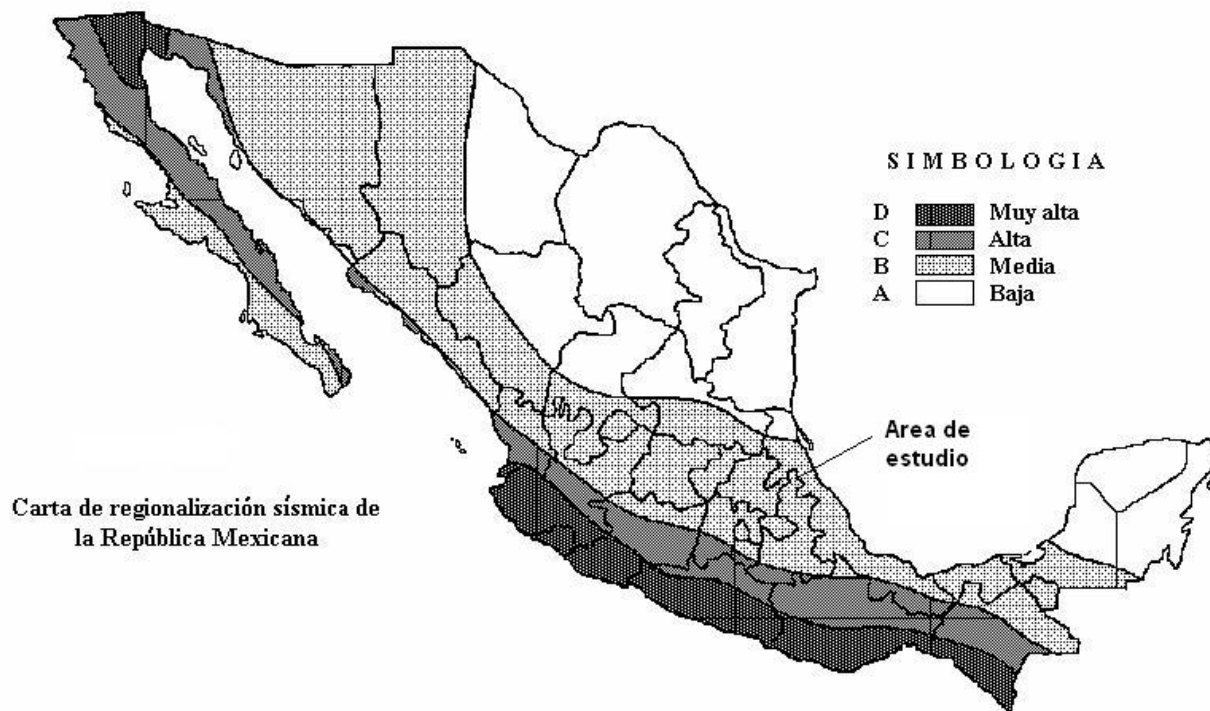


Imagen 3. Carta de regionalización sísmica de la República Mexicana.



MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Geomorfología

El área se encuentra ubicada en el límite de dos provincias fisiográficas (INEGI, 1991); la Provincia de la Sierra Madre Oriental y la Provincia Eje Neovolcánico; la primera se caracteriza por un relieve de montañas plegadas, mientras que la segunda se caracteriza por sus mesas basálticas, que frecuentemente se observan cubriendo a las rocas sedimentarias mesozoicas o como cuerpos aislados.

El relieve en el área correspondiente a la Provincia de la Sierra Madre Oriental se caracteriza por sus contrastes con montañas de gran altitud y grandes y profundas cañadas. La altitud sobre el nivel del mar oscila entre los 700 m y los 2160 metros. Las mayores alturas se presentan al noroeste de Huauchinango, en el área de Tlalcoyunga, las cuales van disminuyendo conforme se acerca a la Planicie Costera del Golfo de México, como puede observarse en el área de San Pedro Petlacotla al noroeste de Ávila Camacho.

Lugo-Hubp *et al.* (2005) divide a la región de la Sierra Norte de Puebla en cinco unidades geomorfológicas principales como se aprecia en la imagen 3:

- Ladera superior de la Sierra Norte de Puebla.
- Ladera inferior.
- Piedemonte superior de la Sierra.
- Piedemonte inferior y Planicie Costera.
- Meseta (oriental) del Eje Neovolcánico.

Con base en esta clasificación, el sector suroeste del área que comprende desde Huauchinango hasta Xicotepec, se ubica en la unidad geomorfológica Ladera superior de la Sierra Norte de Puebla, mientras que el sector noreste que se extiende desde Xicotepec hasta Ávila Camacho se encuentra en la unidad geomorfológica Ladera inferior.

El área de estudio se encuentra en la Vertiente Hidrológica Oriental Centro (INEGI, 1991), dentro de la cuenca del río Cazonas, que a su vez forma parte de la Región Hidrológica “Tuxpan-Nautla”, perteneciente a la vertiente del golfo. Presenta una gran cantidad de arroyos permanentes entre los que destacan el Nexcapalapa o río Necaxa, que pasa al sur del área con una orientación preferencial de oeste a este; el río Texcapa que corre por la parte central del área y el río San Marcos en el sector noreste.

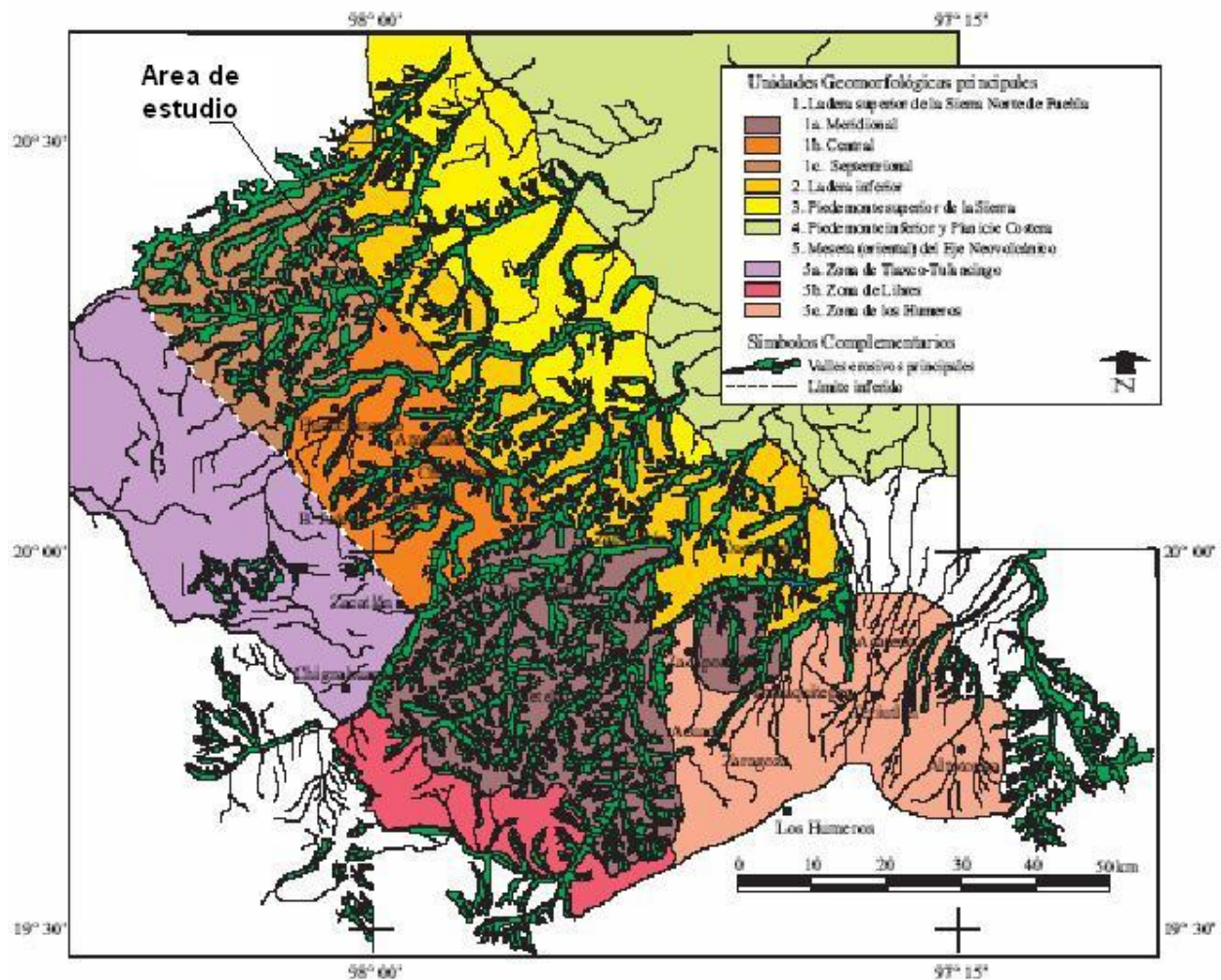


Imagen 4. Mapa geomorfológico de la Sierra Norte de Puebla.

En general se observan montañas alargadas de laderas cóncavas con desniveles de 1000 m en el suroeste, los cuales disminuyen hacia el noreste hasta los 400 m, al llegar a la zona de Ávila Camacho. A lo largo de la carretera federal las montañas se encuentran coronadas por pequeños lomeríos.

A lo largo del trazo de la autopista, y a la escala de las fotografías empleadas, no se observaron zonas de deslizamiento o inestabilidad potencial importantes. Sin embargo, el área se ubica en una de las zonas de más alto potencial de deslizamientos de laderas de la República Mexicana. Véase imagen 5.

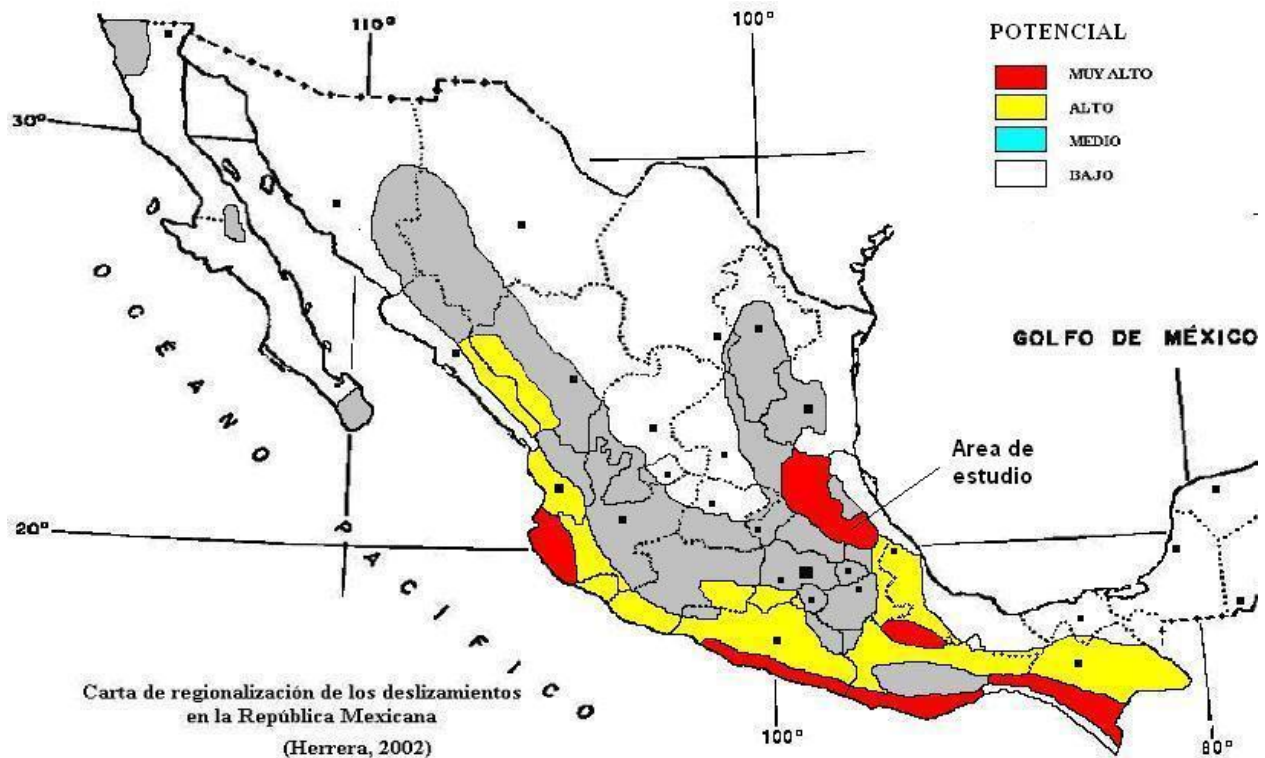


Imagen 5. Carta de riesgo de deslizamientos de la República Mexicana



GEOLOGÍA Y TECTÓNICA REGIONALES

El tramo Nuevo Necaxa-Tehuacán discurre en el límite entre las provincias geológicas “Faja Volcánica Transmexicana” y “Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas”. De acuerdo con el proyecto, el tramo carretero será construido sobre unidades de carácter tanto volcánico cuaternario como sedimentario cretácico y jurásico.

El proyecto de tramo carretero se inicia sobre una mesa basáltica con una ligera inclinación hacia el oriente, la cual fue edificada sobre la sucesión jurásica sedimentaria, después corta los pliegues del flanco noreste del Anticlinorio de Huayacocotla a lo largo de las laderas del valle fluvial del río San Marcos y termina en otra mesa basáltica, la cual cubre a las rocas arenosas del Paleoceno.

Se observan cuatro sistemas de falla y fracturamiento regional que se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Dos sistemas de tipo conjugado, asociados a desplazamientos transcurrentes o de rumbo originados durante la etapa de plegamiento y deformación de la secuencia sedimentaria.
- Fallas inversas, con orientación NW-SE originadas también durante la etapa de plegamiento y deformación de la secuencia sedimentaria.
- Un sistema de fallas de tipo normal, originadas al final y posterior a la etapa de plegamiento.