

### **III. FASES DEL PROYECTO**

#### **NUEVO NECAXA-TIHUATLÁN**

#### **III.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se localiza al norte del estado de Puebla. Inicia cerca de la población de Nuevo Necaxa y finaliza al poniente de la población Ávila Camacho. En relación a la carretera México - Tuxpan, iniciará en el kilómetro 169+600 y finaliza en el 178+000. La ruta del tramo en cuestión se trazo de forma casi paralela al cauce del río San Marcos. La población más importante cercana al área de trabajo es la de Xicotepec de Juárez, lugar donde la constructora CONNET ubicó sus oficinas.



*FIGURA 13. UBICACIÓN GEOGRÁFICA 1.*

El tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho se encuentra ubicado en la zona más abrupta de la Sierra Poblana, dicho tramo atraviesa una importante área ecológica denominada “Cuenca hidrográfica del río Necaxa”. Morfológicamente la zona se caracteriza por ser un lugar donde se empiezan a formar los principales ríos que llegan a la llanura costera del Golfo de México.

El hecho de que los cauces sean tan profundos es un claro indicador del efecto de erosión fluvial que tiene esta zona. La topografía es montañosa con escarpes de pendiente fuerte y cantiles verticales, fuertes pendientes se pueden encontrar en gran cantidad a lo largo del tramo. Las elevaciones van desde los 1,250 a los 400 metros snmm y descienden rápidamente conforme se avanza hacia el este.

El clima es un factor que tiene un impacto fuerte en el avance de la construcción puesto que llueve durante todo el año. Según datos antes mencionados y consultados a la extinta CLyFC se tenía un registro de precipitación media anual superior a los 204 mm ( datos obtenidos hasta septiembre del 2006) pero en los últimos años se ha registrado una precipitación mayor a los 250 mm. Esto provoca que la velocidad de obra disminuya y se tengan diversidad de problemas, principalmente en la construcción de los terraplenes y cimentaciones de los puentes.

Debido a que el tramo se encuentra en una zona ecológica protegida, el proyecto cuenta con una supervisión permanente de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Para cumplir con los compromisos en materia ambiental, el proyecto implementó acciones orientadas a la mejora continua de Protección del Medio Ambiente. Más adelante se mencionarán las medidas, acciones y prácticas enfocadas a la protección del medio ambiente.

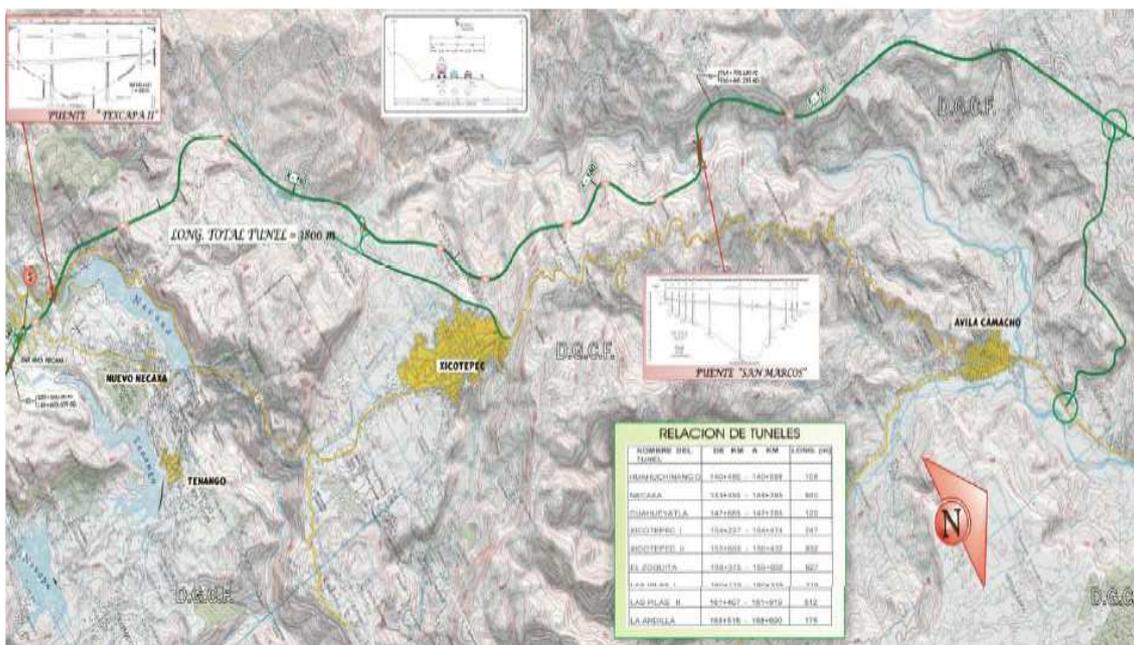


FIGURA 14. UBICACIÓN GEOGRÁFICA 2.

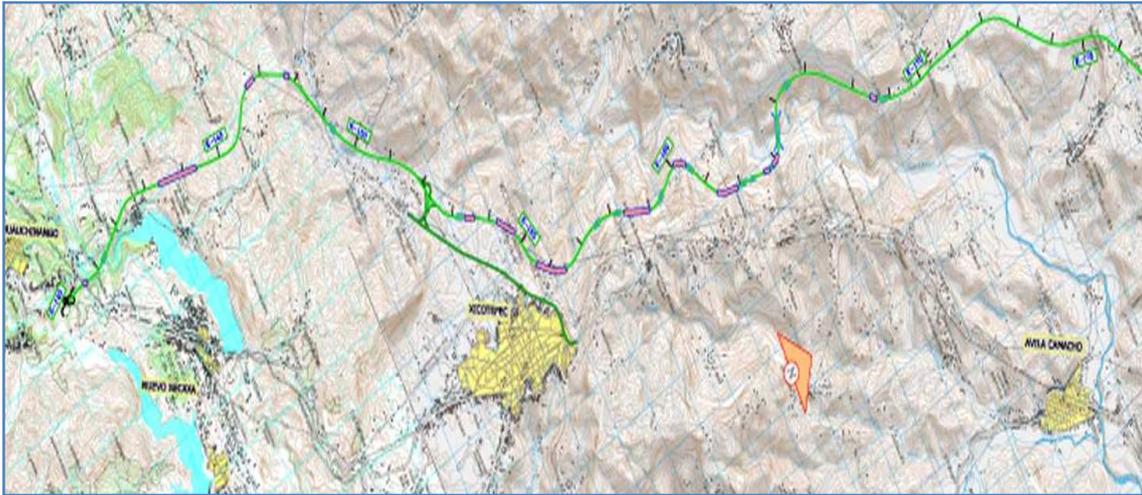


FIGURA 15. UBICACIÓN GEOGRÁFICA 3.

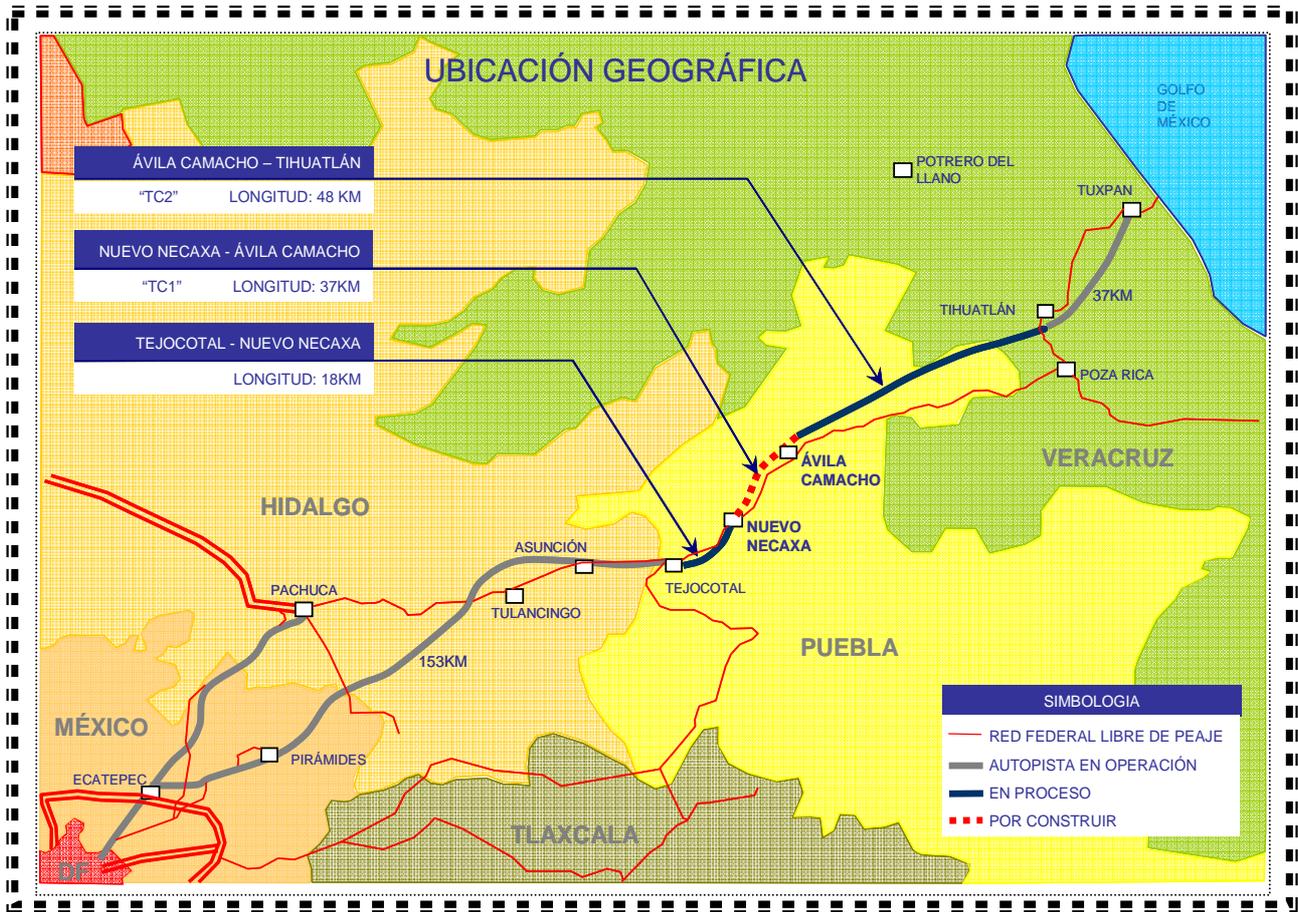


FIGURA 16. MEGAPROYECTO MÉXICO – TUXPAN.

SE RESALTA LOS TRAMOS CONSTRUIDOS ÚLTIMAMENTE Y EL PROYECTO  
NUEVO NECAXA – ÁVILA CAMACHO.

Las características geológicas más importantes son las siguientes:

La zona en estudio se encuentra al oeste de una gran estructura geológica de más de 150 km de longitud y muy cerca del Eje neovolcánico. En esta zona predominan rocas sedimentarias ( datan del jurásico y cretácico) constituidas por calizas y calizas arcillosas. Cubriendo éstas rocas se encuentran depósitos de origen volcánico constituido principalmente por derrames de basalto y andesitas alternados con material de tipo piroclástico de la misma composición ( brechas y tolvas). Todo éste recubrimiento se encuentra fuertemente erosionado. La superficie del terreno se presenta como suelos residuales, rocas granuladas (saprolitos) y roca alterada. El depósito de estos materiales tiene profundidades mayores a los 30 m.

Para la realización del proyecto se realizaron estudios que representan aproximadamente 120 hrs/hombre. Durante éstos estudios se detectaron diversas fallas geológicas en diferentes sitios. Se ubicaron y se han tenido en observación 4 fallas principales que ponen y han puesto en riesgo la viabilidad y construcción del proyecto. Dado el difícil acceso y la topografía de la zona, es difícil realizar estudios en diferentes puntos a lo largo del tramo. La aparición de fallas ha sido una constante en la construcción del proyecto y por la misma razón se ha tenido que cambiar el trazo de la ruta original.

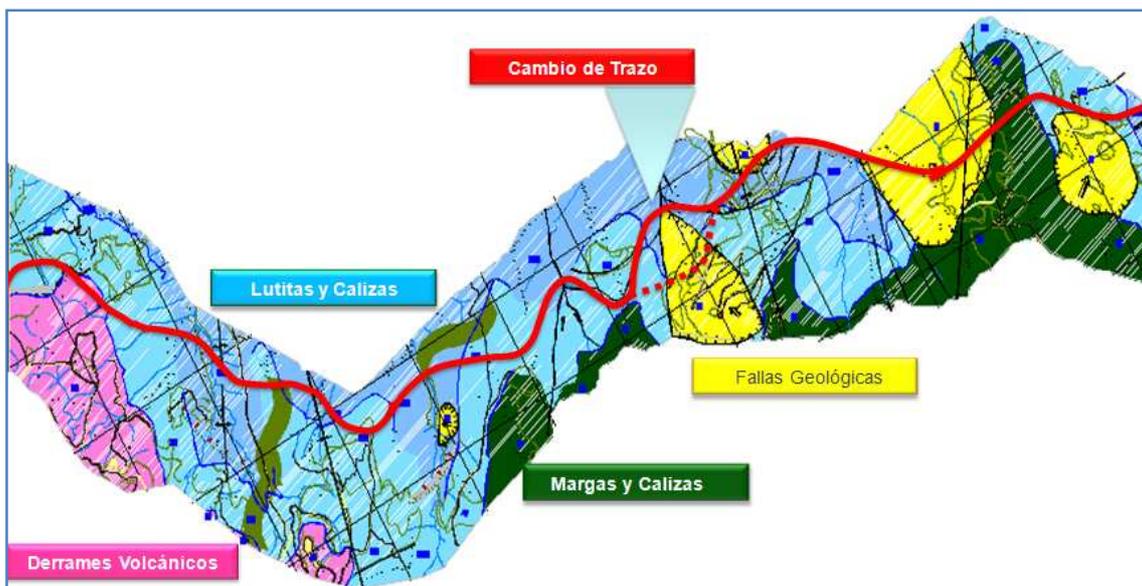


FIGURA 16. FALLAS GEOLÓGICAS MÁS IMPORTANTES.



FIGURA 17. DETALLE CAMBIO DE TRAZO POR FALLA GEOLÓGICA.

La carretera tiene las siguientes características:

- Longitud total de 36.6 kilómetros.
- Cuatro carriles de circulación de 3.5 metros y acotamientos laterales de 2.5 metros con barrera central (tipo A4 en camino abierto y estructuras, A4S en túneles).
- Carpeta revestida por Concreto Asfáltico. Pendiente máxima de 6%.
- Velocidad de proyecto de 110 kilómetros por hora.
- 14 Puentes (2 de ellas viaductos ecológicos).
- 6 túneles gemelos con dos carriles de circulación. Inicialmente fueron proyectados 13 túneles.
- 10 PIV's.
- Las terracerías están compuestas por un solo cuerpo. Para su construcción se dividió en 4 frentes (6 inicialmente).

SE ANEXAN LOS PLANOS DE ALINEAMIENTOS VERTICAL Y HORIZONTAL, UBICACIÓN DE TÚNELES Y PUENTES Y DIAGRAMA DE CURVA MASA.

### III.1.1 SECCIÓN TIPO

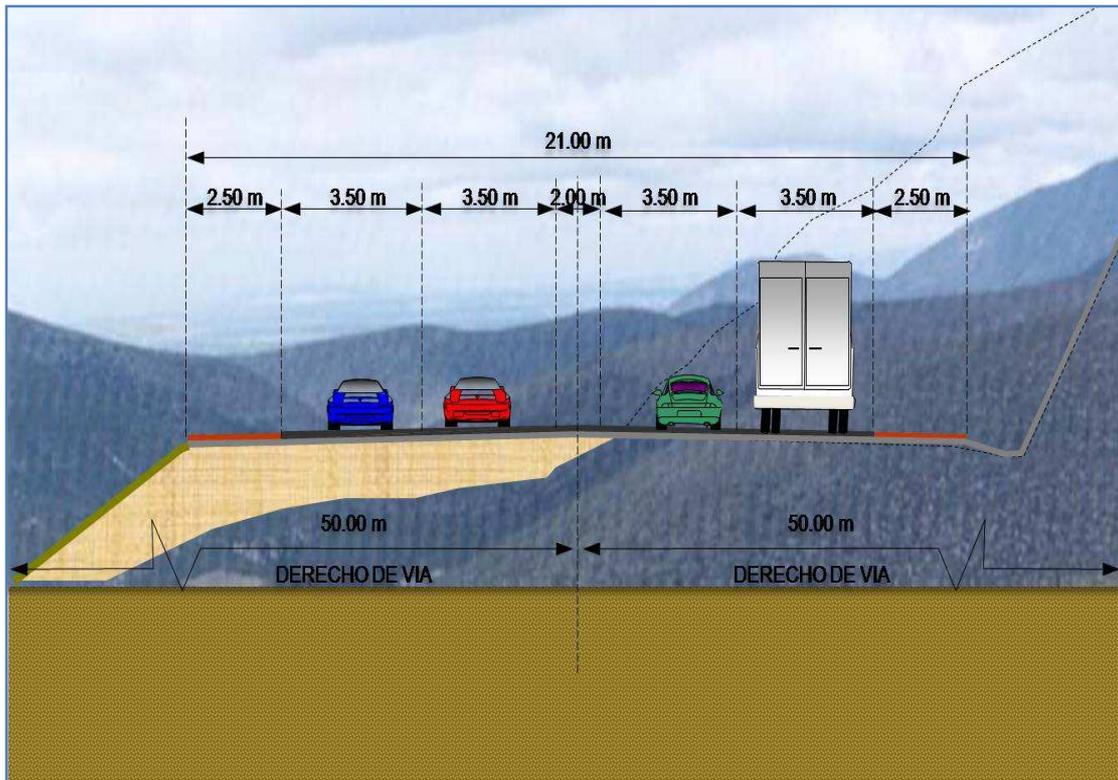


FIGURA 18. SECCIÓN TIPO PARA CAMINO ABIERTO Y ESTRUCTURAS.

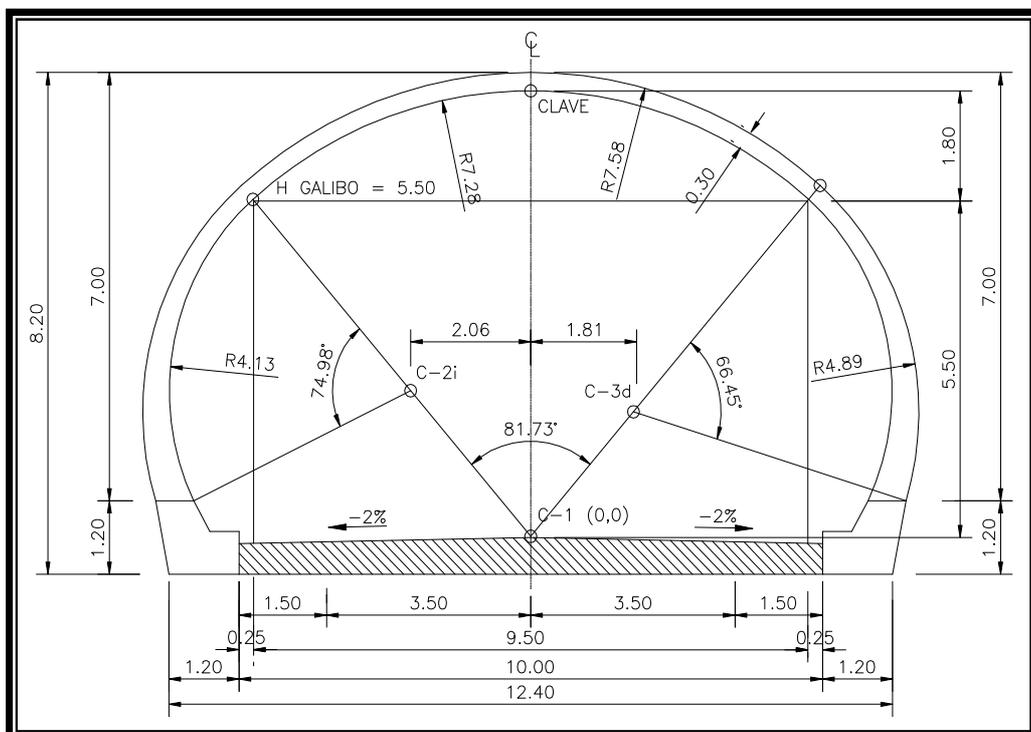


FIGURA 19. SECCIÓN TIPO PARA TÚNELES.



### III.1.2 ESTRUCTURAS

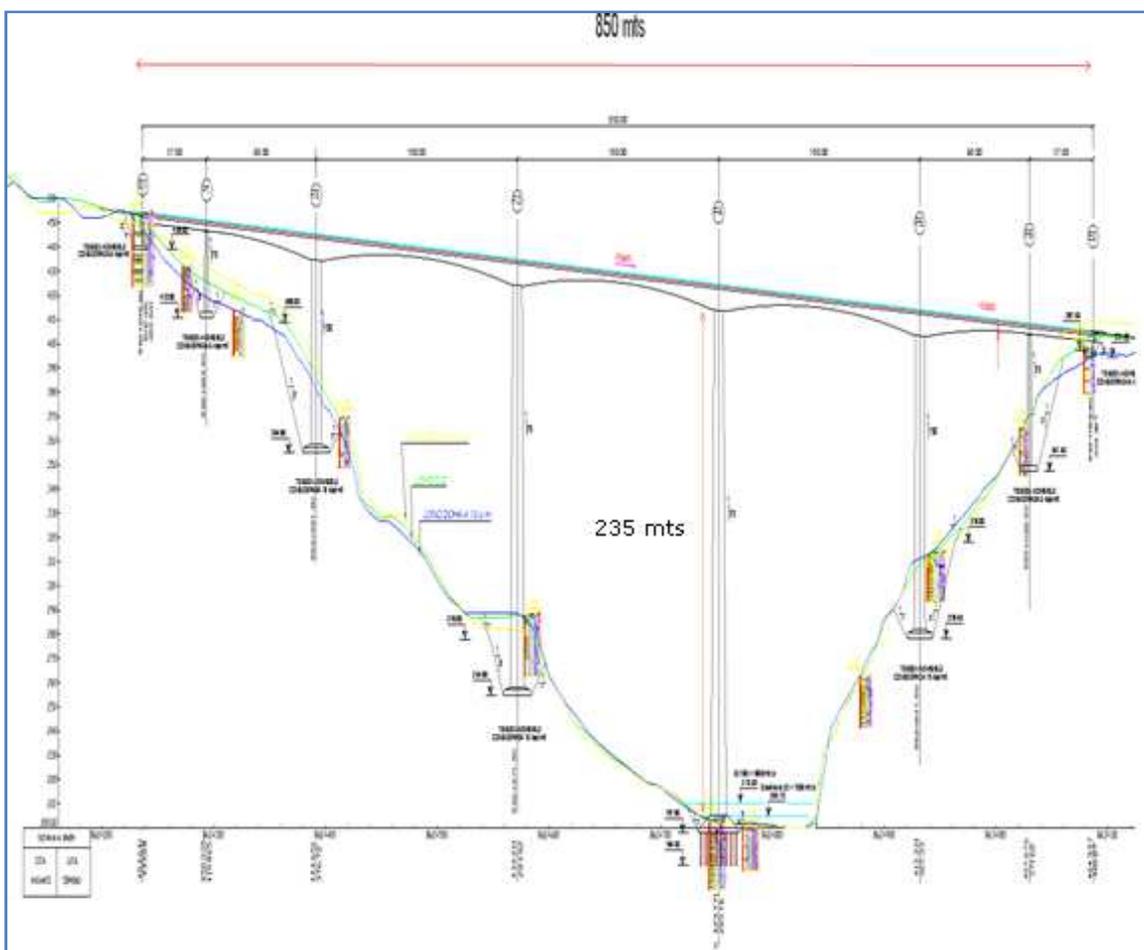
Como estructuras se entiende a los puentes y PIV'S proyectados para la carretera. Una cuestión destacada es el uso de tecnología, nuevos procesos constructivos y elementos de vanguardia que han permitido y permitirán la construcción de elementos que presentan retos técnicos interesantes. Como ya se ha mencionado, la ubicación, condiciones y clima de la zona en donde se construye hace que cada estructura tenga sus particularidades en el método constructivo empleado. En términos de volúmenes de obra, se pretende utilizar 12,600 toneladas de acero y 150,000 metros cúbicos de concreto solamente en el área de puentes.

Los puentes proyectados son los siguientes:

ESTRUCTURA	UBICACIÓN Km	Longitud (m)	Altura (m)	Claro máximo (m)	Número claros	TIPO
<i>Puente Texcapa II</i>	841+269,93	210	52	50	5	Trabes Aashto
<i>Puente Corredor Ecológico I</i>	744+505,00	29,67	21,16	30	1	Trabes Aashto
	644+499,00	60	28,38	30	2	Trabes Aashto
<i>Puente Corredor Ecológico II</i>	845+008,77	132,5	30,77	50	3	Trabes Aashto
<i>Puente Cuaxicala</i>	846+444,00	42	19,4	42	1	Trabes Aashto
<i>Puente Alseseca I</i>	849+397,59	90,72	12,88	31	3	Trabes Aashto
<i>Puente Alseseca II</i>	853+174,20	102	25,8	42	3	Trabes Aashto
<i>Puente Xicotepc</i>	757+568,78	232,37	92,88	50	5	Trabes Aashto
	657+578,78	282,28	101,36	50	6	Trabes Aashto
<i>Puente el Cantil</i>	859+436,00	300,12	82,79	80	6	Mixta (conc/metal)
<i>Puente Zoquita</i>	858+164,00	270	113	72	4	Estructura metálica
<i>Puente Sin Nombre III</i>	860+450,00	178	19	33	6	Trabes Aashto
<i>Puente las Pilas</i>	761+966,00	82	21	32	3	Trabes Aashto
<i>Puente Sin Nombre V</i>	762+872,00	28	ND	28	1	Trabes Aashto
<i>Puente San Marcos</i>	862+236,60	850	225,77	180	6	Dovelas, doble voladizo acostillados y Trabes Aashto
<i>Puente Ávila Camacho</i>	863+776,00	54	30,5	30	3	Trabes Aashto
<i>Puente Venustiano Carranza</i>	863+963,00	54	33	30	3	Trabes Aashto
<i>Puente la Ardilla</i>	866+393,00	184	63,13	50	4	Trabes Aashto

## PUENTE SAN MARCOS

Es la estructura más importante del proyecto carretero. Tiene 850 metros de largo y la pila más alta es de 235 metros, lo que lo coloca como el puente más alto del país. El puente es de dovelas con doble voladizo, soportado por 6 pilas. Tendrá 4 carriles y un ancho de 18.7 metros. Los claros tienen una distancia de 57m, 98m, 180m, 180m, 180m, 98m, 57m.



*FIGURA 20. CORTE LONGITUDINAL PUENTE*

*SAN MARCOS.*

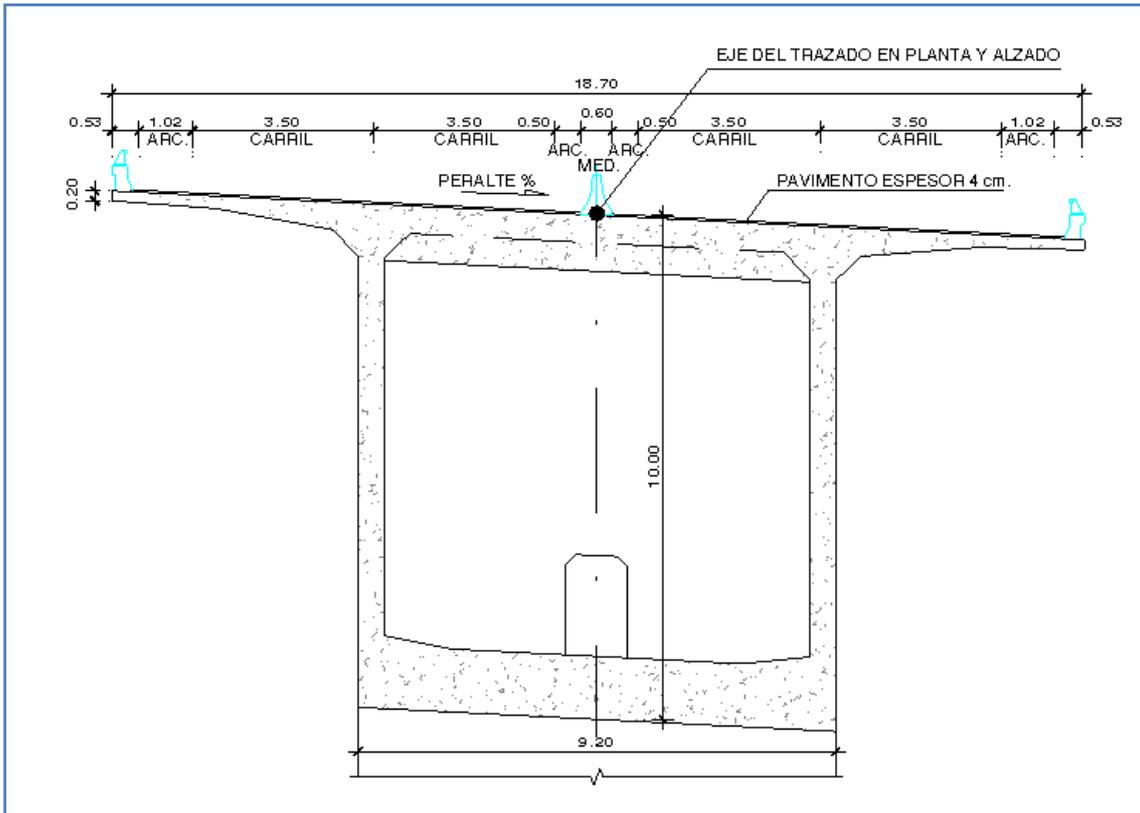


FIGURA 21. CORTE TRANSVERSAL SOBRE PILAS 2 A 5.

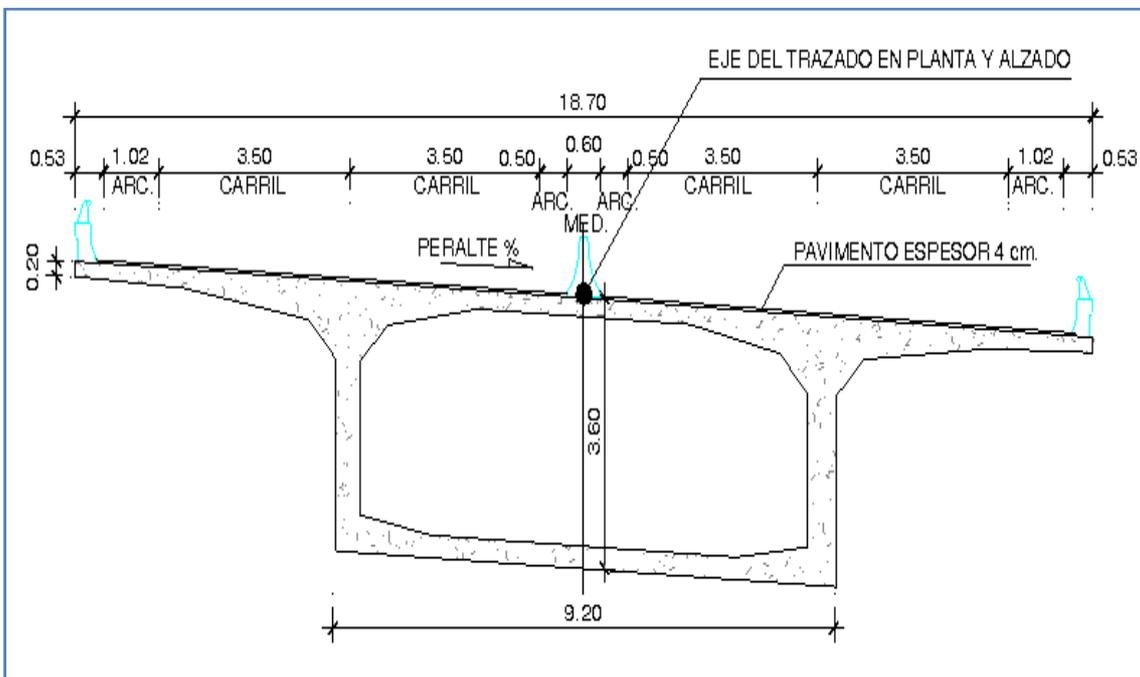


FIGURA 22. CORTE TRANSVERSAL CENTRO VANO.

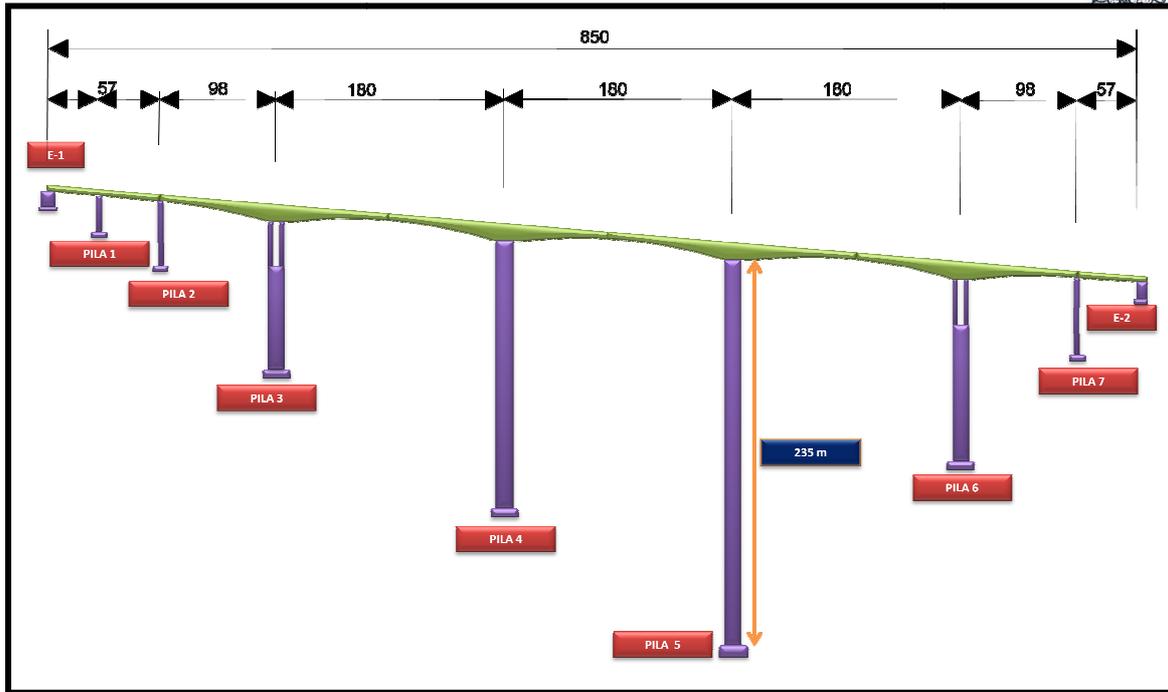


FIGURA 23. PUENTE SAN MARCOS.

A continuación se muestra una tabla con los volúmenes de obra estimados para la construcción del puente:

VOLUMENES DE OBRA		
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
EXCAVACION	m <sup>3</sup>	231,128
RELLENO	m <sup>3</sup>	69,788
ANCLAS	ml	20,473
DRENES	ml	8,604
CONCRETO HIDRAULICO	m <sup>3</sup>	54,363
ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	Ton	5,241
ACERO DE PRESFUERZO FY=19000 KG/CM2	Ton	805

Simplemente el colado de la zapata de la pila más alta requirió 9,072 m<sup>3</sup>. Para el abasto de concreto se instalaron 2 plantas de concreto. Debido a las altas temperaturas registradas en el momento del colado, se tuvo que instalar una



planta de hielo con el fin de cuidar la temperatura de fraguado del concreto. Para el tercer trimestre del 2009, se habían empleado más de 1,000 m<sup>3</sup> de concreto lanzado solamente para estabilizar los taludes.

Se construyeron 8 kilómetros de caminos de acceso y para superar el cauce del río san Marcos durante la construcción del puente, tuvo que emplearse un puente armable de acero de altas especificaciones, adquirido al ejército de los estados unidos. La zona de construcción del puente tiene una diferencia de altura de 800 metros con respecto a la carretera más cercana.

Los PIV's proyectados son los siguientes:

ESTRUCTURA	Ubicación (km)	Longitud (m)	No. Claros (m)	Ancho (m)	Galibo (m)	TIPO
PIV "Sin Nombre"	841+481	27.40	1	9.00	11.40	Trabes Aashto
PIV "Agostaderos"	852+520	52.00	3	6.00	10.95	Trabes Aashto
PIV "Cafetales - Plan de Ayala"	871+120	61.60	3	6.00	14.05	Trabes Aashto
PIV "Plan de Ayala - Tacubaya I"	872+380	61.60	3	6.00	14.72	Trabes Aashto
PIV "Plan de Ayala - Tacubaya II"	873+260	52.50	1	6.00	10.07	Trabes Aashto
PIV "Plan de Ayala - Tacubaya III"	874+320	55.60	3	6.00	10.64	Trabes Aashto
PIV "Plan de Ayala - Tacubaya IV"	875+570	53.28	3	6.00	16.28	Trabes Aashto
PIV "Cafetales"	876+180	55.60	3	6.00	13.02	Trabes Aashto
PIV "Plan de Ayala - San Pedro"	876+570	55.60	3	6.00	11.50	Trabes Aashto
PIV "Agua Linda - Plan de Ayala"	878+290	31.60	1	6.00	9.48	Trabes Aashto

Se consideraron 4 frentes de trabajo para la construcción de las estructuras, dichos grupos fueron definidos por el tipo de estructura y la cercanía entre ellas.



Dada la importancia y complejidad de construcción, el Puente San Marcos compone el primer frente. Los puentes “Zoquita” y “Xicotepec” componen el segundo frente. El tercer frente está conformado por los Puentes “Texcapa II”, “El Cantil”, “Sin Nombre III” y “Ecológico I”; también de los PIV’s “Sin Nombre” y “Agostadero”. El resto de las estructuras componen el cuarto Frente.

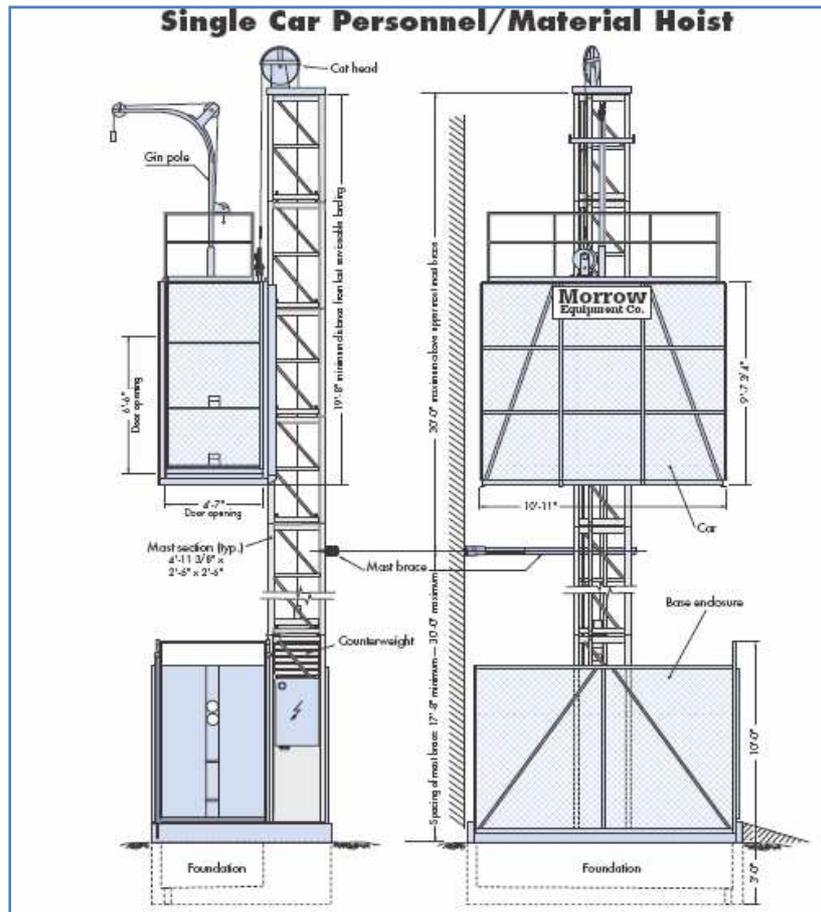
Para la construcción de las estructuras se tiene un taller de habilitado de acero, un taller de prefabricados y una planta de concreto organizados como grupos auxiliares.

Entre los equipos utilizados destacada el empleo de grúas -torre para la instalación de pilas y dobles voladizos, colocación de acero de refuerzo, acero de pre esfuerzo, cimbras y colocación de concreto. Este equipo auxiliar será colocado y montado al mismo tiempo que se construye la cimentación de la estructura, esto con la intención de tener en operación a las grúas en cuanto se termine las cimentaciones de la estructura y pueda iniciarse inmediatamente la construcción de las pilas.

La capacidad de las grúas será de 12 toneladas a una distancia de 20 metros y de 3.5 toneladas en la punta para un radio de 50 metros. La cantidad y lugar de colocación de las grúas se revisarán dadas las condiciones reales en sitio, acompañado de una planeación a detalle.

<b>Estructura</b>	<b>No. Grúas-torre</b>
Puente “Texcapa II”	2
Puente "Xicotepec"	3
Puente "Zoquita"	4
Puente "El Cantil"	2
Puente "Sin Nombre III"	1
Puente "San Marcos"	6

Varios de los puentes tendrán pilas de gran altura, sobre todo el Puente San Marcos. Para tener un acceso adecuado a la construcción de las pilas se instalarán escaleras de acceso. En cada escalera se podrá instalar un elevador de personal con capacidad para 20 personas o 2.4 toneladas.



*FIGURA 24. SISTEMA DE ESCALERAS Y ELEVADOR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILAS DE GRAN ALTURA.*

El sistema de cimbrado para las pilas de gran altura será por medio de cimbras trepadoras. Éstas cimbras están diseñadas para soportar las presiones del colado y vibrado del concreto. Para la seguridad del personal, cuenta con redes perimetrales y barandales. La altura mínima de colado será de 3.20 m y la altura máxima de colado será de 4.00 m por trepado. Con este sistema se puede colar hasta un ciclo de trepado de 2 colados por semana.

Este sistema de cimbrado se explica a continuación:

I. Descimbrado (sin grúa):

1. Soltar anclas. Soltar cuñas del perfil vertical.
2. Retraer los elementos. Preparar los siguientes puntos de suspensión.

II. Izaje (con grúa):

3. Izar primero la unidad trepadora exterior.
4. Elevación de la de plataforma para cimbra interior completa.  
Tiempo de grúa requerido: sólo 5 a 10 minutos por izaje.

III. Erección de cimbra ( sin grúa ):

5. Erección de la cimbra interior. Colocación del refuerzo.
6. Completando la cimbra. Vaciando.

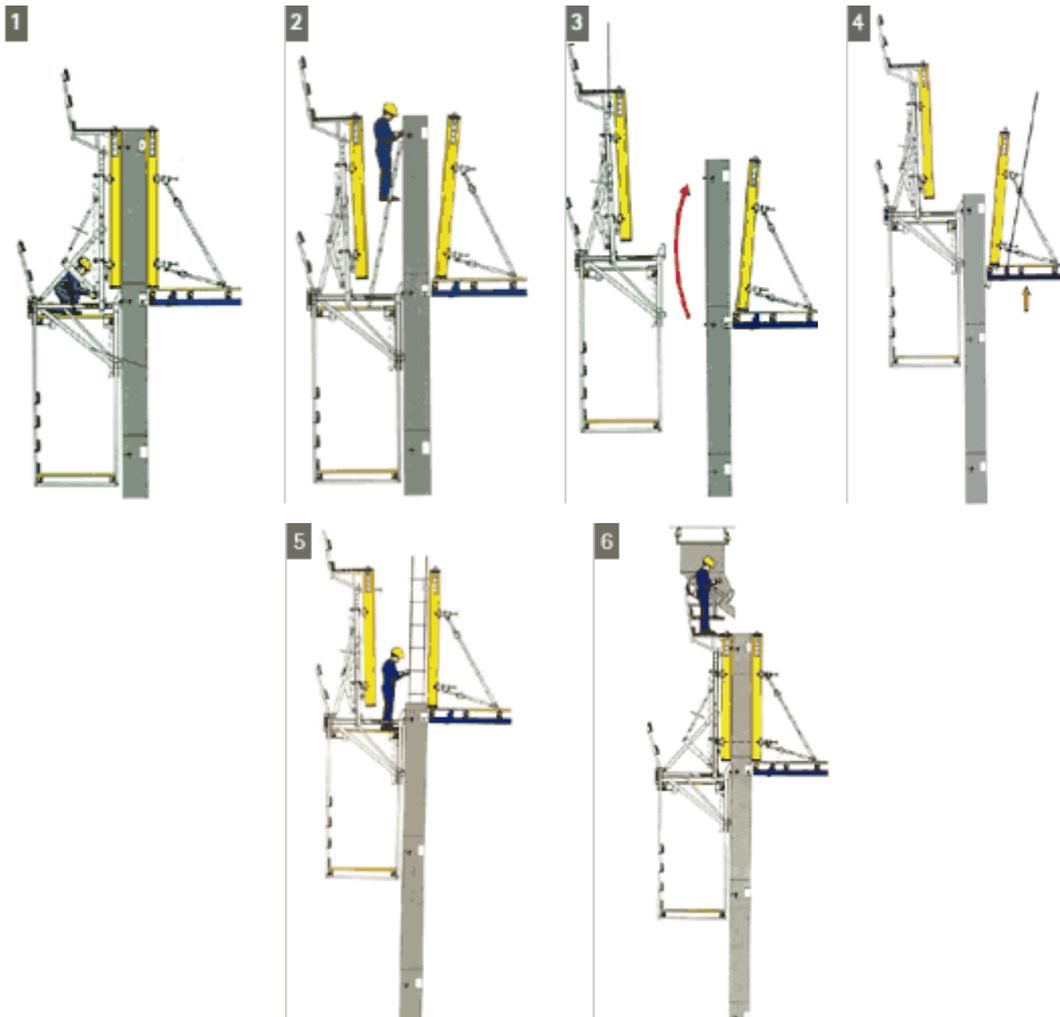


FIGURA 25. SISTEMA DE CIMBRA TREPADORA.



*FIGURA 26. CIMBRA TREPADORA COLOCADA EN PILA.*



### III.1.3 TÚNELES

Se planearon 13 túneles a lo largo de los 36.6 kilómetros. Cada uno cuenta con su proyecto ejecutivo y dada la particularidad de la geología local, cada túnel tiene sus particularidades. La construcción de este tramo carretero lleva consigo el diseño y procedimientos que optimizan el aprovechamiento de los recursos en los frentes de trabajo. Para la construcción de los túneles en esta zona, que presenta una geología complicada, se emplea tecnología de punta. Se destaca el empleo de adelantados sistemas de excavación e impermeabilización y de sistemas automáticos para colocar cimbras. . En términos de volúmenes de obra, se pretende utilizar 35,000 metros cúbicos de concreto lanzado y 2,325 toneladas de acero en marcos.

Los procedimientos de excavación empleados para la construcción de los túneles son: excavación con rozadora, excavación con retroexcavadora y martillos hidráulicos y barrenación y voladura. La selección de cada método se determinó a partir de la geología esperada determinada por exploraciones. A continuación se muestra una tabla de los túneles planeados con su respectivo procedimiento de excavación.

NOMBRE	CUERPO	LONGITUD (m)	UBICACIÓN		PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EXCAVACIÓN
			KM INICIO	KM FINAL	
HUACHINGANGO	IZQUIERDO	145	740+445	740+590	RETROEXCAVADORA Y MARTILLO HIDRÁULICO
	DERECHO	195	640+390	640+585	
NECAXA	IZQUIERDO	1090	743+280	744+370	MAQUINA ROZADORA
	DERECHO	1040	643+410	644+450	
S/NOMBRE I	IZQUIERDO	145	646+595	646+740	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	315	746+540	746+855	
CUAHUEYATLA	IZQUIERDO	135	647+665	647+800	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	300	747+500	747+800	
S/NOMBRE II	IZQUIERDO	400	753+300	753+700	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	520	653+240	653+760	
XICOTEPEC I	IZQUIERDO	355	754+195	754+550	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	370	654+200	654+570	



NOMBRE	CUERPO	LONGITUD (m)	UBICACIÓN		PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EXCAVACIÓN
			KM INICIO	KM FINAL	
XICOTEPEC II	IZQUIERDO	820	755+590	756+410	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	840	655+600	656+440	
ZOQUITAL	IZQUIERDO	650	758+355	759+005	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	710	658+325	659+035	
PILAS I	IZQUIERDO	250	760+085	760+335	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	285	660+040	660+325	
PILAS II	IZQUIERDO	585	761+320	761+905	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	680	661+295	661+975	
S/NOMBRE III	IZQUIERDO	127	762+693	762+820	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	148	662+700	662+848	
S/NOMBRE IV	IZQUIERDO	160	762+925	763+085	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	235	662+920	663+155	
LA ARDILLA	IZQUIERDO	265	666+845	667+110	BARRENACIÓN Y VOLADURA
	DERECHO	195	766+865	767+060	

Por disposición de información se anexa una tabla con los túneles finalmente seleccionados y construidos. Debido al cambio de trazo y la escasa cobertura se descartaron el resto de los túneles previstos. Se acompaña dicha tabla con observaciones relevantes dependiendo el túnel.

NOMBRE	TÚNEL	LONGITUD (m)	UBICACIÓN		PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EXCAVACIÓN
			KM INICIO	KM FINAL	
Huauchinango	Izquierdo	93,64	640+486,89	640+580,53	DISMINUYE LONGITUD POR EXCAVACIÓN DE PORTAL
	Derecho	110,34	740+477,30	740+587,64	
Necaxa	Izquierdo	975,85	643+442,75	644+418,60	DISMINUYE LONGITUD POR EXCAVACIÓN DE PORTAL
	Derecho	977,95	743+445,60	744+423,55	
Xicotepec I	Izquierdo	310,39	654+317,61	654+628,00	DISMINUYE LONGITUD POR EXCAVACIÓN DE PORTAL
	Derecho	341,00	754+309,00	754+650,00	
Xicotepec II	Izquierdo	877,05	655+651,95	656+529,00	LONGITUD AUMENTA POR AJUSTE DE TRAZO
	Derecho	896,21	755+635,69	756+531,90	
Zoquital	Izquierdo	1340,86	657+880,00	659+220,86	LONGITUD AUMENTA POR AJUSTE DE TRAZO
	Derecho	1381,68	757+877,32	759+259,00	
las Pilas I	Izquierdo	345,64	660+242,09	660+587,73	LONGITUD AUMENTA POR AJUSTE DE TRAZO
	Derecho	375,98	760+213,36	760+589,34	



La planeación y presupuestación de la Obra Electromecánica y Ventilación se incluye por túnel. Como dato adicional pero en sí evidente, por las condiciones geológicas donde se encuentra ubicado el tramo, se concluyó que la doble sección, es decir, túneles gemelos, es la más viable para construir en los túneles. *(Ver figura 19, Sección Tipo En Túneles)*

La doble sección reduce el riesgo geológico que representa la excavación de los túneles en el tipo de geología y materiales que se encontraron en estudios previos. Como estudios previos a la construcción de los túneles se entiende como al Levantamiento topográfico, Estudio Geofísico, Estudio Geológico y Estudio Geotécnico. A raíz de éstos se establece el proyecto y proceso constructivo.

Para establecer los posibles tipos de sostenimientos en los túneles a construir, es necesario determinar la geología detectada en estudios previos a lo largo de toda su extensión.

En los proyectos ejecutivos se seleccionará el sostenimiento más adecuado, una vez que se hayan realizado exploraciones a mayor detalle.



ESTIMACIÓN DEL SOSTENIMIENTO, A PARTIR DE LOS INDICES Q (BARTON) Y RMR (BIENIAWSKI)			
CONDICION GEOTÉCNICA	CALIDAD DE ROCA	DESCRPCIÓN DE SOSTENIMIENTO	ESQUEMA
PORTALES	TRAMO DE EMPORTALAMIENTO	Se empleará en las zonas que correspondan a los primeros metros de cada portal. Si la calidad del material es mala, se excavará la media sección superior en dos etapas; primero 2 secciones laterales (1) y posteriormente el pilar central (2); colocando una capa de 10 cm de espesor de concreto lanzado, reforzado con fibras de acero y marcos metálicos espaciados a cada 0.8 a 1m.	<p>Figura 1a.</p>
		Una vez terminada la media sección superior en toda la longitud del túnel se procederá a efectuar el banqueo en 2 etapas (Figura 1a). El avance de los frentes laterales podrá ser de entre 1.6 a 2.4 mts, mientras que el avance del frente central será también de entre 1.6 a 2.4 metros, hasta una distancia de entre 1.6 a 3.2 metros de los frentes laterales.	<p>Figura 1b.</p>
A $Q > 30$ $81 \leq RMR \leq 100$	BUENA A MUY BUENA	Se excavará la media sección superior en una etapa, con avances hasta de 4 m, colocando concreto lanzado de 4 cm de espesor, reforzado con fibras de acero; adicionalmente podrá colocarse un anclaje sistemático o puntual con anclas de $\varnothing = 1"$ y longitudes de 6 m, según las condiciones del terreno y las dimensiones de los bloques. El banqueo podrá excavarse en una sola etapa, una vez terminada la media sección superior en toda la longitud del túnel (figura 2). Para esta condición el túnel tendrá un revestimiento definitivo de 30 cm de espesor.	<p>Figura 2</p>
B $6 \leq Q < 30$ $80 \leq RMR \leq 61$	REGULAR A BUENA	Se propone excavar la media sección superior en 1 etapa, con avances de hasta 4 m, colocando concreto lanzado de 5 cm de espesor reforzado con fibras de acero, además de anclas de fricción de 6 m de longitud y $\varnothing = 1"$ , espaciadas 2.5 m en el plano de la sección y 2.5 m en dirección longitudinal. El banqueo se efectuará en una etapa, una vez terminada la media sección superior en toda la longitud del túnel (figura 3). El espesor del revestimiento definitivo es de 30cm.	<p>Figura 3</p>
C $1 < Q < 6$ $60 \leq RMR \leq 41$	REGULAR A MALA	Excavación de la media sección superior en 2 etapas, primero dos secciones laterales y posteriormente remoción del pilar central, colocando una capa de concreto lanzado reforzado con fibras de acero, espesor de 10 cm, además de anclas de fricción de 6 m de longitud y un diámetro de $\varnothing = 1"$ , espaciadas @ 2.0 m, tanto en el plano de la sección como en la dirección longitudinal. El avance de los frentes laterales y del pilar central podrían ser de entre 2 y 4 m desfasado el pilar central entre 4 y 8 m atrás del frente de la primera etapa. El banqueo se efectuará en dos etapas, retirando primero la zona central y posteriormente las laterales (figura 4). El espesor del revestimiento definitivo se propone que sea de 35 cm.	<p>Figura 4</p>
D $0.4 \leq Q < 1$ $40 \leq RMR \leq 21$	MALA A MUY MALA	Excavación de la media sección superior en 2 etapas, primero dos secciones laterales y posteriormente remoción del pilar central, colocando una capa de concreto lanzado reforzado con fibras de acero, espesor de 15 cm, además de anclas de fricción de 6 m de longitud y un diámetro de $\varnothing = 1"$ , espaciadas @ 1.50 m, tanto en el plano de la sección como en la dirección longitudinal. El avance de los frentes laterales y del pilar central podrían ser de entre 2 y 4 m desfasado el pilar central entre 4 y 8 m atrás del frente de la primera etapa. El banqueo se efectuará en dos etapas, retirando primero la zona central y posteriormente las laterales (figura 5). El espesor del revestimiento definitivo se propone que sea de 35 cm.	<p>Figura 5</p>
E $0.08 < Q < 0.4$ $RMR \leq 20$	MUY MALA A EXTREMAMENTE MALA	Cuando la calidad de roca es extremadamente mala y/o la cobertura sobre la clave del túnel es escasa, y en los tramos en los que se presentan condiciones de materiales sueltos como depósitos de talud, espesores de arena y/o gravas y probablemente tobas de muy mala calidad, se recomienda un tratamiento especial de estabilización y reforzamiento, por medio de un enfilaje frontal, compuesto por micropilotes apoyados sobre marcos metálicos. La excavación de la media sección superior se realizará en una sola etapa una vez colocado el "paraguas" de micropilotes; empleando una primera capa de concreto lanzado con fibras de acero de 5 cm de espesor, posteriormente se colocarán los marcos metálicos @ 0.80 m, para finalmente colocar una 2ª capa de concreto lanzado con fibras de acero de 5 cm de espesor. El banqueo podría realizarse una vez terminada la media sección superior de todo el túnel y se realizaría en dos etapas; primero el banqueo central y simultáneamente los banquetes laterales. (Figura 6a). Como una alternativa y cuando las condiciones del terreno así lo permitan, para esta condición podrá emplearse el mismo procedimiento y tratamiento de los emportalamientos (figura 6b).	<p>Figura 6a.</p> <p>Figura 6b.</p>

FIGURA 27. SOSTENIMIENTO DE TÚNELES A PARTIR DE LOS ÍNDICES Q Y RMR.



El emportalamiento es el inicio de la perforación del túnel y por ende, es una actividad que requiere mucho cuidado, estudio y supervisión. En la siguiente tabla se muestra la geología estimada por excavar y los tratamientos que se realizarán en cada uno de los túneles.

TÚNEL	GEOLOGÍA ESPERADA	TRATAMIENTOS
HUAUCHINANGO	Toba Bechoide	Concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 1.2m, revestimiento de concreto definitivo de e=30 cm.
NECAXA	Caliza arcillosa (margas) parcialmente alteradas.	Concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 1.0m, revestimiento de concreto definitivo de e=30 cm.
SIN NOMBRE I	Lutita alterada y fracturada	Enfilaje, concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 0.80m y revestimiento e=30 cm.
CUAHUEYATLA	Caliza arcillosa	Enfilaje, concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 0.80m y revestimiento e=30 cm.
SIN NOMBRE II	Andesita alterada y saprolito	Enfilaje, concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 0.80m y revestimiento e=30 cm.
XICOTEPEC I	Arcilla con fragmentos de roca	Enfilaje, concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 0.80m y revestimiento e=30 cm.
XICOTEPEC II	Caliza arcillosa	Enfilaje, concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 0.80m y 1.0m, revestimiento e=30 cm.
ZOQUITA	Caliza muy fracturada	Enfilaje, concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 0.80m, revestimiento e=30 cm.
PILAS I	Caliza con bandas de pedernal	Enfilaje, concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 1.20m, revestimiento e=30 cm.



TÚNEL	GEOLOGÍA ESPERADA	TRATAMIENTOS
PILAS II	Caliza de grano fino parcialmente silificada	Concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 1.20m, revestimiento e=30 cm.
SIN NOMBRE III	Caliza con bandas de pedernal	Concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 1.0m, revestimiento e=30 cm.
SIN NOMBRE IV	Caliza fracturada	Concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 0.8m, revestimiento e=30 cm.
LA ARDILLA	Caliza con bandas de pedernal	Concreto lanzado con fibras e=10cm, marco metálico a cada 0.8m, revestimiento e=30 cm.

Para la excavación central de los túneles se muestra la siguiente tabla con el tipo de geología esperada:

TÚNEL	CONDICIÓN GEOTÉCNICA ESPERADA
HUAUCHINANGO	C Y D
NECAXA	C
SIN NOMBRE I	C, D
CUAHUEYATLA	C, D
SIN NOMBRE II	C, D, E
XICOTEPEC I	C, D
XICOTEPEC II	C, E
ZOQUITA	B, D
PILAS I	C, E
PILAS II	B, C
SIN NOMBRE III	C
SIN NOMBRE IV	C
LA ARDILLA	C y ZONA DE FALLA

## TÚNEL HUAUCHINANGO

Éste túnel de poco más de 110 metros de longitud representó todo un reto en términos constructivos. El túnel se encuentra construido al 100% (excavación, impermeabilización y revestimiento final). Dadas las características geológicas y el hecho de que estructuras existentes (torres de LYF y ductos de gas y petroquímicos de PEMEX) atravesaban la zona de construcción, éste puente reunió diversas especialidades y empleo novedosos sistemas de construcción nunca antes utilizados.

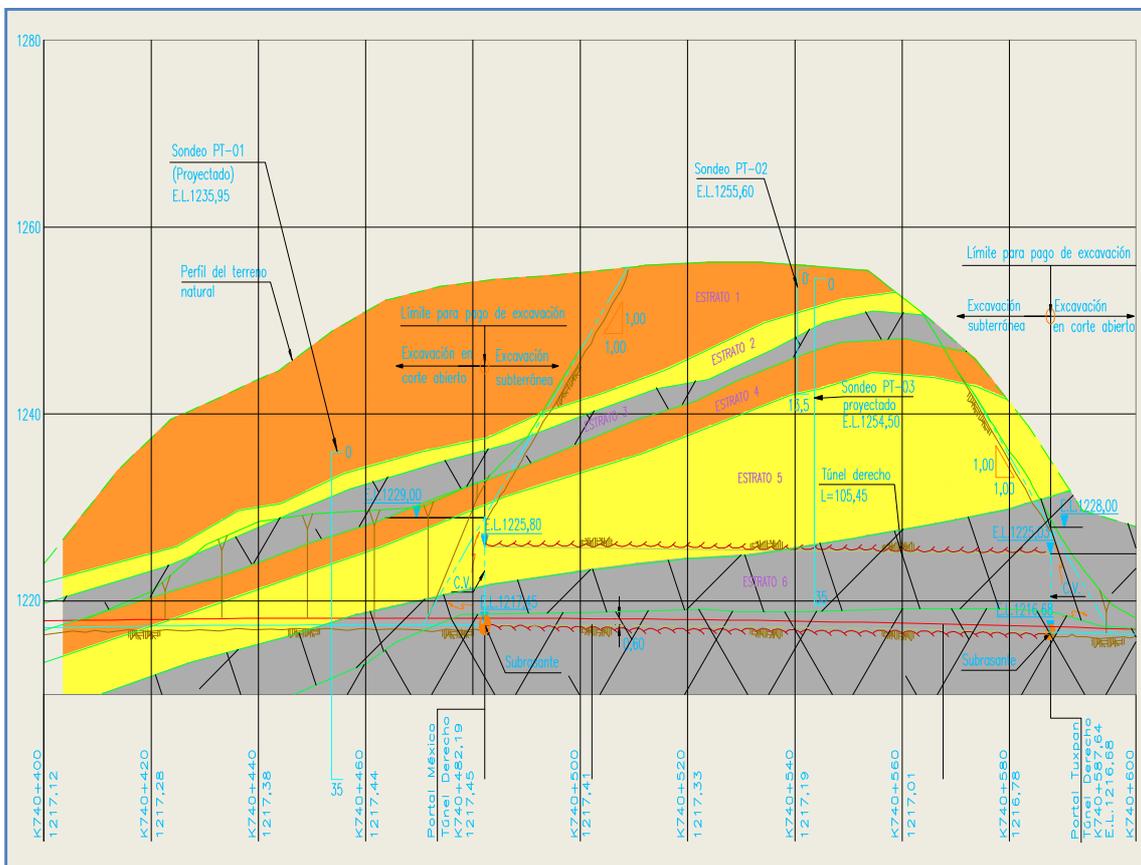


FIGURA 28. PERFIL PUENTE HUAUCHINANGO.

La construcción del túnel tomó 216 días y ambos cuerpos en conjunto representan una longitud de 204 metros, esto quiere decir que se avanzaba en promedio 2.4 m/día durante su construcción.

El sistema de excavación fue por medio de un martillo hidráulico y retroexcavadora. Dicho proceso se representa en forma breve en el siguiente diagrama:

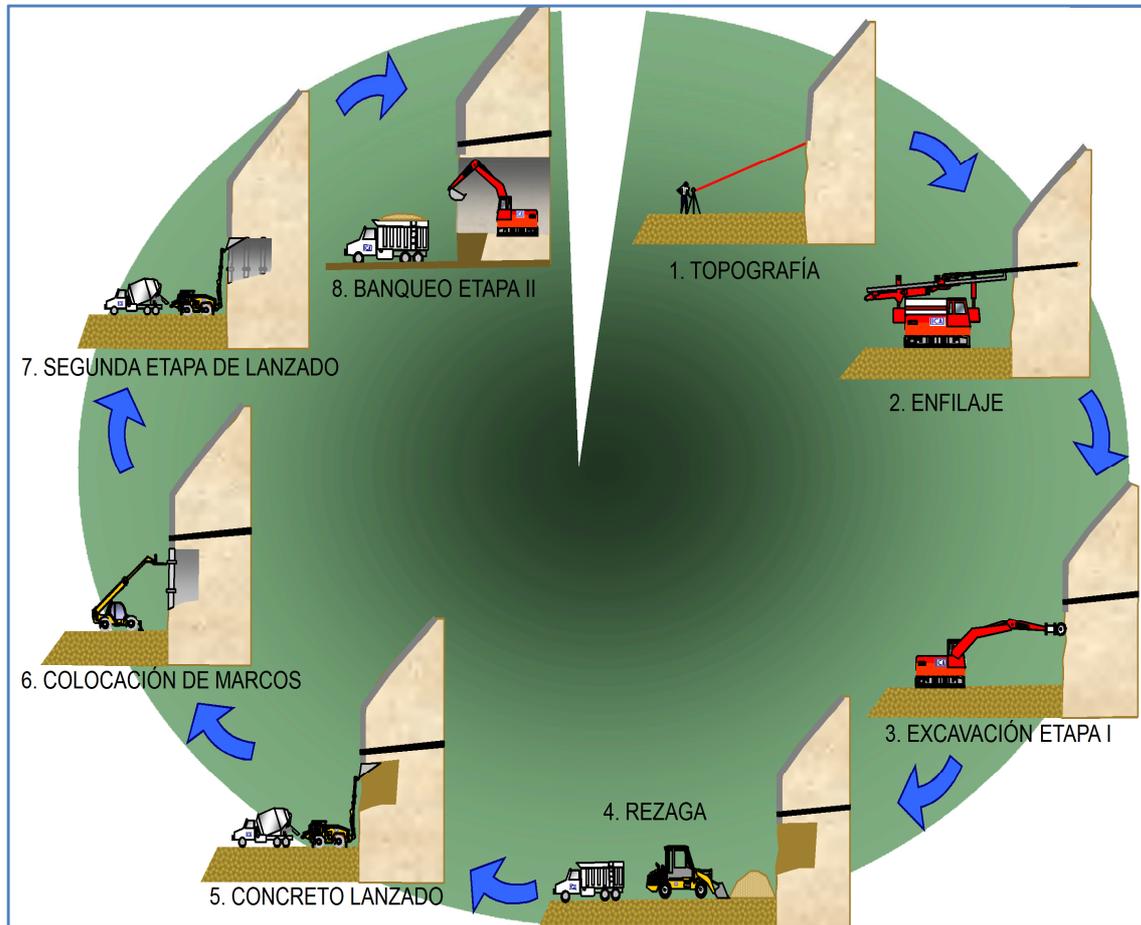


FIGURA 29. PROCESO DE EXCAVACIÓN TÚNEL

HUAUCHINANGO.



A continuación se muestra una tabla con los volúmenes de obra empleados en la construcción del túnel:

<b>VOLUMENES DE OBRA</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>PORTAL</b>		
EXCAVACION EN CORTE	m <sup>3</sup>	59,030
ANCLAJE	pza	776
CONCRETO LANZADO	m <sup>3</sup>	276
DRENES	m	2,120
<b>TUNEL</b>		
EXCAVACION	m <sup>3</sup>	20,240
MARCOS DE ACERO	Ton	181
CONCRETO LANZADO	m <sup>3</sup>	834
CONCRETO HIDRAULICO	m <sup>3</sup>	2,838
ACERO DE REFUERZO	Ton	80
ENFILAJE	m	8,268

### TÚNEL NECAXA

El túnel Necaxa ha requerido un cuidadoso reconocimiento de la geología metro por metro, así como de un control especial de las altas filtraciones de agua dentro del túnel. Esto provoca que se tenga especial cuidado en la aplicación del concreto lanzado. El cambio de geología esperado representó un incremento considerable en los costos y del mismo modo, del diseño de diversas soluciones que controlaran los caídos provocados por las filtraciones. Esto aunado a un sistema eficiente de bombeo para sacar toda el agua dentro del túnel. Particularmente éste túnel es muy interesante y es un claro ejemplo de la complejidad técnica del tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho.

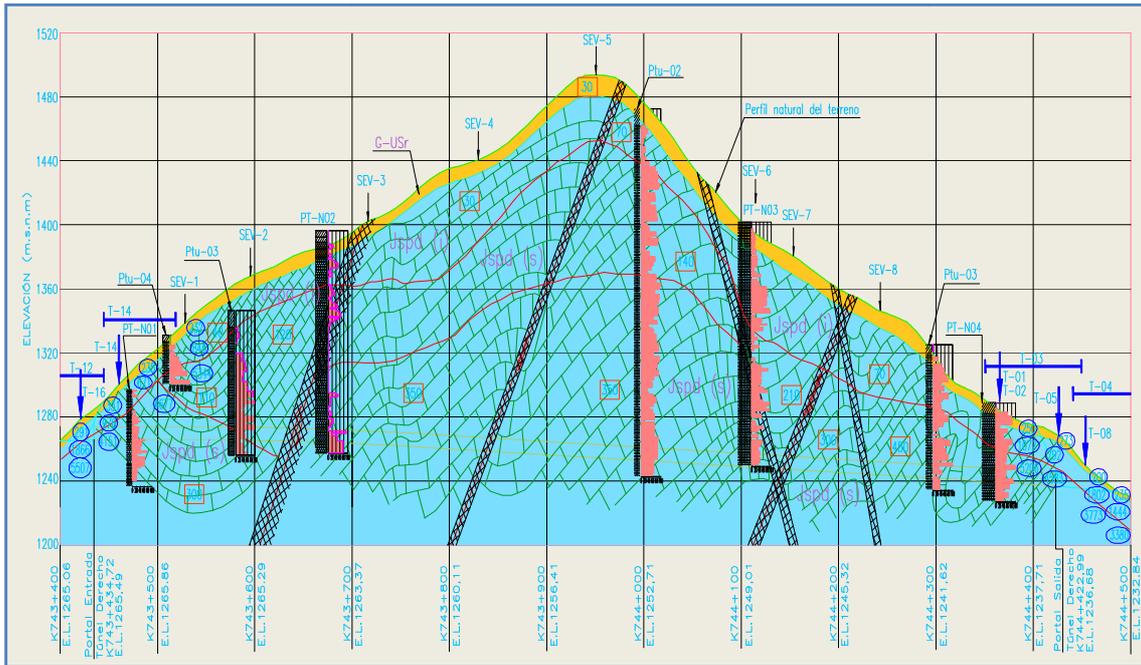


FIGURA 30. PERFIL TÚNEL NECAXA.

El túnel tiene una longitud de 988.3 metros en el cuerpo más largo y en conjunto suma una longitud de 1,927.6 m. El tiempo de ejecución se planeaba de 657 días pero debido a los problemas técnicos se ha acrecentado.

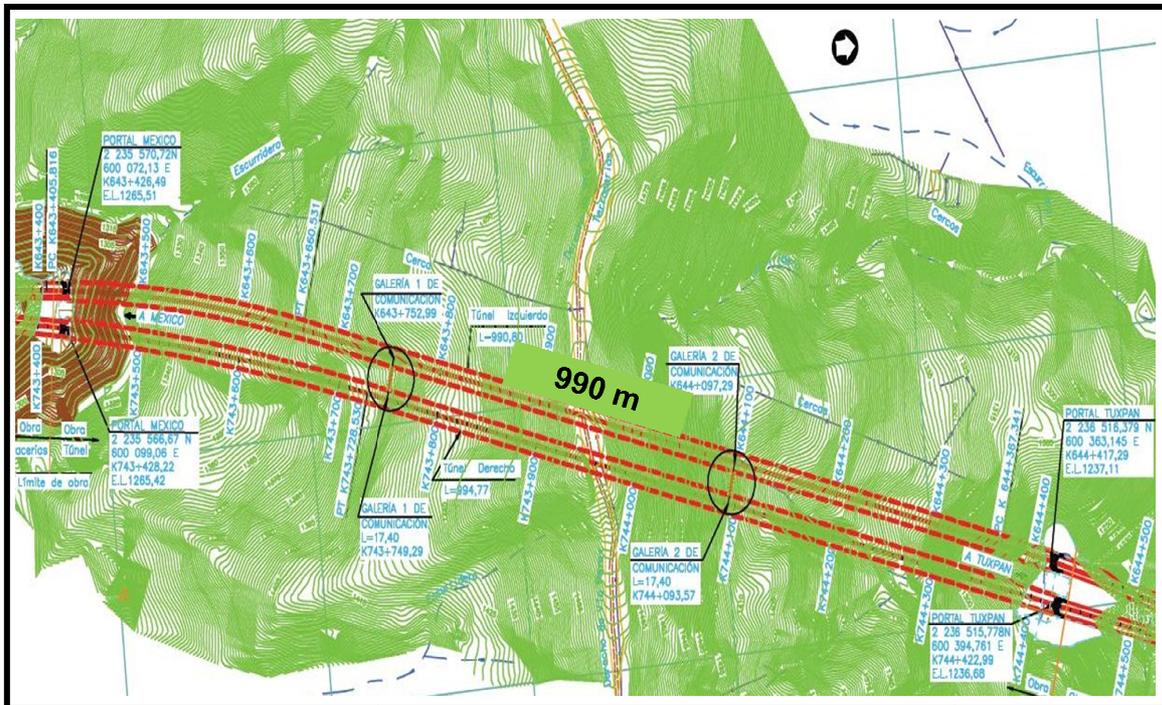


FIGURA 31. PLANTA TÚNEL NECAXA.

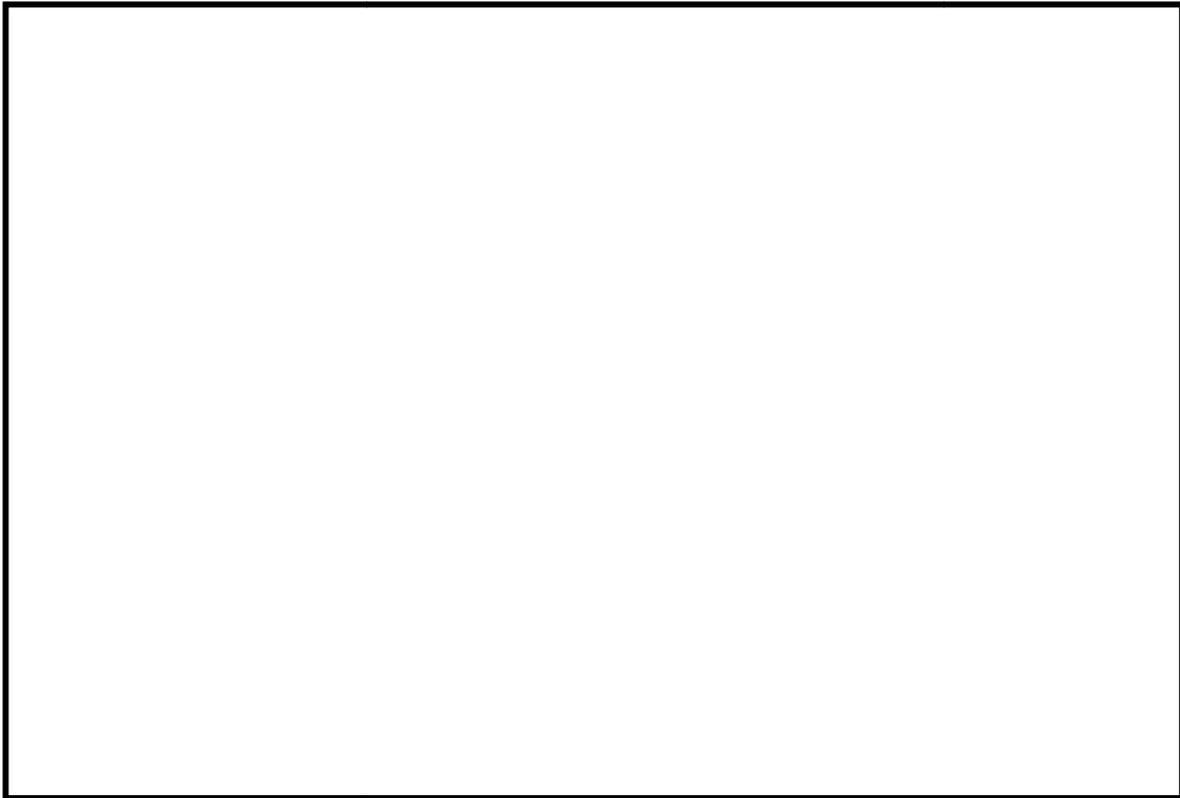


A continuación se muestra una tabla de volúmenes de obra estimados para la construcción de este túnel:

<b>VOLUMENES DE OBRA</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>PORTAL</b>		
EXCAVACION EN CORTE	m <sup>3</sup>	53,885
ANCLAJE	ml	5,328
CONCRETO LANZADO	m <sup>3</sup>	745
DRENES	ml	2,730
<b>TUNEL</b>		
EXCAVACION	m <sup>3</sup>	214,632
MARCOS DE ACERO	Ton	691
CONCRETO LANZADO	m <sup>3</sup>	6,808
CONCRETO HIDRAULICO	m <sup>3</sup>	20,230
ACERO DE REFUERZO	ml	65,680
ENFILAJE	m	4,800

## TÚNEL XICOTEPEC II

Este túnel presenta un buen avance ( 100 metros hasta noviembre del año pasado) y no se obtuvo información acerca de complicaciones mayores que hayan retenido la obra. El túnel tiene una longitud de 857.3 m en el cuerpo más largo y suma un total de 1,699.5 m en total. Se tiene proyectado concluirlo en 673 días.



*FIGURA 32.PERFIL TÚNEL XICOTEPEC II.*

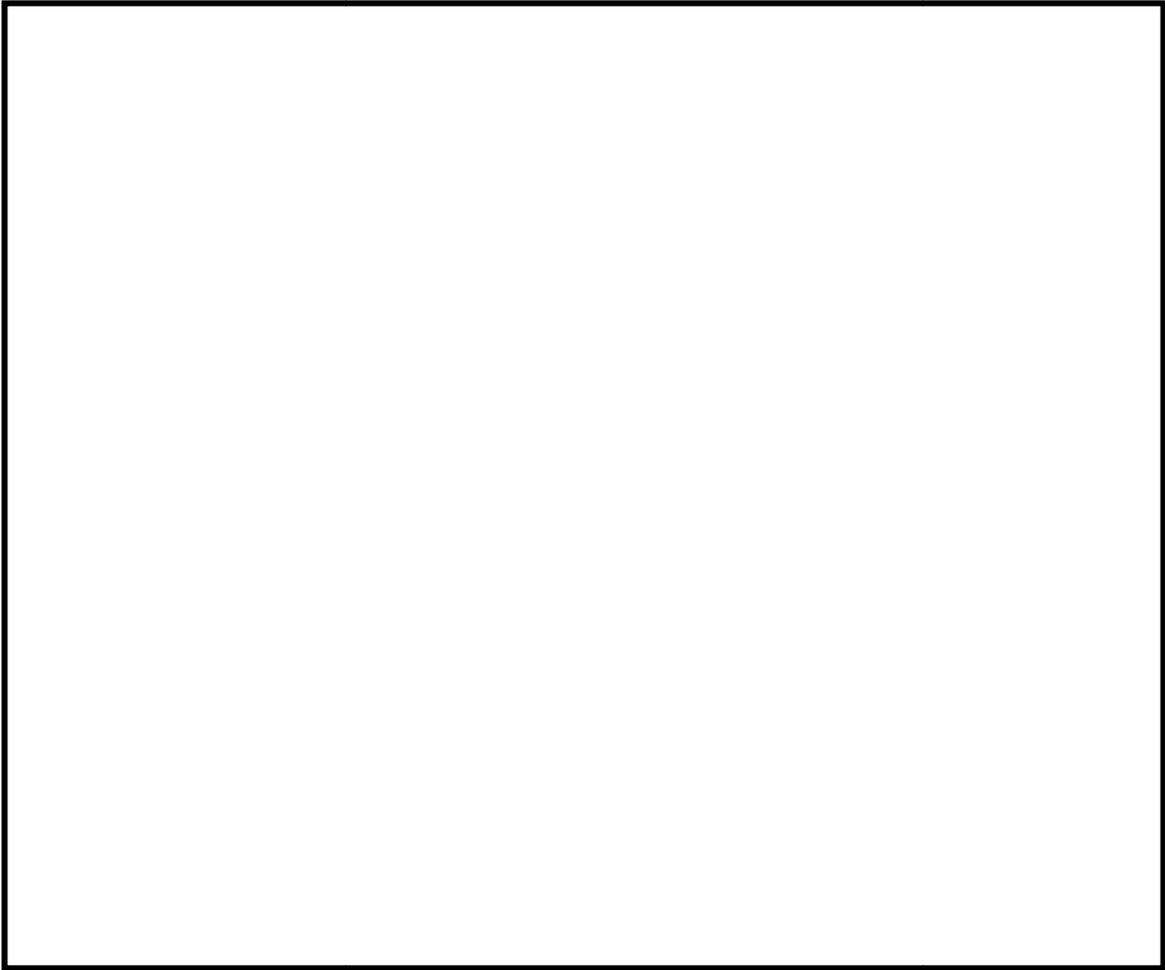


FIGURA 33. PLANTA TÚNEL XICOTEPEC II.

A continuación se muestra una tabla con los volúmenes de obra estimados para la construcción de este túnel:

<b>VOLUMENES DE OBRA</b>		
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Portales</b>		
Excavacion en corte	m3	38,103
Anclaje	m	7,368
Concreto lanzado	m3	287
Drenes	m	1,570
<b>Tunel y Tuneles Falsos</b>		
Excavacion en corte	m3	162,922
Marcos de acero	Ton	447
Anclas	m	63,530
Concreto lanzado	m3	4,918
Concreto hidraulico	m3	19,601
Acero de refuerzo	Ton	79
Enfilaje	m	9,300



### III.1.4 CAMINO ABIERTO

Antes de construir las terracerías es necesario llevar a cabo obras previas. Éstas obras son las tuberías, losas de concreto, bóvedas de concreto armado y los muros de contención.

Antes de iniciar las obras es necesario desmontar, despallar y realizar una limpieza general. Para instalar las tuberías es necesario hacer el trazo topográfico y posteriormente la excavación hasta llegar al nivel de desplante planeado. Antes de hacer la instalación de la tubería es requerido revisar la capacidad de carga del suelo. Una vez verificada la capacidad del suelo, se instalarán los tubos de concreto con la debida supervisión en las juntas de los ductos, extremos de la tubería, colocación de cajas colectoras, etc. Al finalizar la instalación de la tubería, se rellenará con el material adecuado hasta la altura considerada en las especificaciones del proyecto. El tramo carretero tiene proyectado construir **276,973.00** metros lineales de obra de drenaje

Para las losas de concreto se sigue el mismo procedimiento de desmonte, despalle, limpieza, trazo topográfico y verificación de la capacidad de carga del suelo. Las bóvedas de concreto armado y los muros de contención se construyen a partir de un proyecto ejecutivo específico, se mencionan con la intención de dejar en claro que su construcción precede a la construcción de las terracerías.

Las terracerías comprenden los siguientes trabajos: Cortes, sub-drenaje, terraplenes, préstamos de banco, bancos de depósito del material proveniente de los cortes y la formación de la subyacente y subrasante.

La planeación del tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho pretende la construcción de las terracerías en 6 frentes de manera inicial, después de la revisión del proyecto ejecutivo se redujo a 4.



Tabla de la división de los tramos en un inicio:

CAMINO ABIERTO	TIPO	UBICACIÓN		Longitud (Km)
		INICIA Km	TERMINA Km	
Tramo 1	1 Cuerpo	839+600,00	844+993,18	5,40
Tramo 2	1 Cuerpo	844+993,18	852+993,53	8,00
Tramo 3	1 Cuerpo	852+993,53	857+993,53	5,00
Tramo 4	1 Cuerpo	857+993,53	860+333,53	2,30
Tramo 5	1 Cuerpo	860+333,53	867+059,41	6,70
Tramo 6	1 Cuerpo	867+059,41	876+246,30	9,20

Tabla de la división final:

CAMINO ABIERTO	TIPO	UBICACIÓN		Longitud (Km)
		INICIA Km	TERMINA Km	
Tramo 1	1 Cuerpo	839+600,00	850+000,00	10,40
Tramo 2	1 Cuerpo	850+000,00	857+000,00	7,00
Tramo 3	1 Cuerpo	857+000,00	866+942,88	9,94
Tramo 900-T4	1 Cuerpo	966+942,69	971+540,61	4,60
Tramo 4	1 Cuerpo	871+596,79	875+660,29	4,06

El frente 900-T4 es un tramo nuevo proyectado para esquivar una zona arqueológica encontrada.

Cada frente de trabajo tiene su personal, equipo necesario, drenaje menor y señalamiento considerado en su planeación respectiva.

Para el tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho se tiene proyectado excavar **10,896,236.00 m<sup>3</sup>** únicamente en los cortes.

Una vez hechos los cortes se realizan las obras de sub-drenaje. Éstas obras son para protección de los cortes del escurrimiento del agua. El sub-drenaje proyectado consta de una zanja al pie de los cortes la cual llevará una cama de asiento de material no compactable (arena), luego se asienta un tubo de concreto perforado y finalmente se rellena con material filtrante (grava).

Los terraplenes proyectados estarán compuestos por Pedraplén y la capa compactable. El pedraplén se realiza en capas de material no compactable y se utiliza cuando hay demasiada presencia de agua y el material de la zona no es apto para soportar las subsecuentes capas del cuerpo del terraplén.

El terraplén de material compactable se coloca con ayuda de equipos que lo esparcen en forma equitativa. El material se acomoda cuando tiene el grado de humedad óptimo para después ser compactado por medios mecánicos.

Posteriormente se colocan las capas superiores (subyacente y subrasante) del cuerpo del terraplén. El grado de compactación P.V.S.M. de la subyacente será del 95% y de la subrasante del 100%.

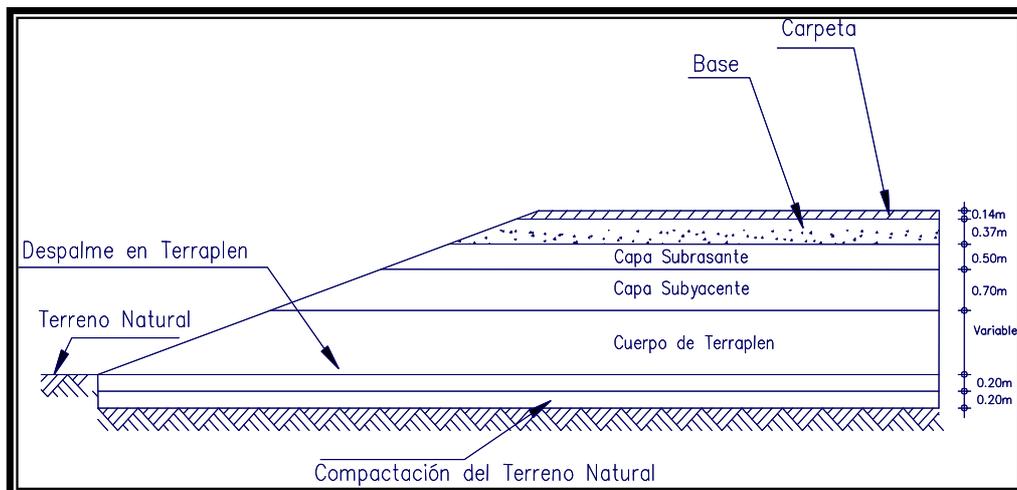


FIGURA 34. ESQUEMA CONVENCIONAL DE UN TERRAPLÉN.



A continuación se muestra una tabla con el diseño de pavimento:

	Actual				
	Oferta	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4
<b>Carpeta</b>	14	14	14	14	14
<b>Base</b>	37	30	30	25	30
<b>Subrasante</b>	50	30	30	30	30
<b>Subyacente</b>	70	50	50	50	50
<b>Terracería</b>	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable

El diseño de la estructura de pavimento se desarrolló de acuerdo con la siguiente metodología:

1. Reconocimiento detallado del corredor del proyecto.
2. Investigación de campo mediante la ejecución de pozos a cielo abierto, barrenos y sondeos, tomando muestras y ubicación de ensayos in situ y laboratorio.
3. Análisis y proceso de la información geotécnica.
4. Análisis y caracterización geotécnica del material que constituyen los suelos de las terracerías sobre la cual se desarrollará el proyecto.
5. Con base en la información de tránsito, se estimaron las cargas de tránsito sobre la estructura para el periodo de diseño previsto.
6. Para el diseño de la estructura del pavimento se utilizaron los siguiente métodos: SHELL, AASHTO Y UNAM.

Para la Estabilización de los taludes se utilizarán drenes de penetración. Éstos serán tubos perforados de PVC de 50.8 mm y 2 pulgadas de diámetro, cuyas perforaciones serán de 4 mm @ 10 cm. Los tubos tendrán cubierta de geotextil y tendrán una longitud entre 15 y 20 cm. Las perforaciones previas donde se introducirán los tubos serán de 88.9 mm de diámetro, con la inclinación y profundidad necesaria para albergar a los mismos. Una vez colocado el tubo, éste deberá quedar 15 cm afuera del talud del corte. La pendiente mínima del dren será del 10% hacia la cuenta. Los escurrimientos captados por los drenes deberán ser recogidos por mangueras de 2 pulgadas o bien, mangueras flexibles hasta la cuneta. El tubo deberá ser fijado por medio de mortero de cemento hidráulico o con una mezcla de suelo-cemento en caso de que no haya concreto lanzado.

Después de instalar los drenes para aliviar la presión hidráulica, se colocan las anclas de fricción y concreto lanzado.

La estabilización con pasto es una de las medidas ecológicas empleadas en el proyecto, y a su vez es una forma efectiva de estabilizar taludes altos y estén compuestos por material vegetal y la cantidad de roca no sea significativa, de lo contrario se emplea el método previamente explicado. El pasto empleado deberá tener ciertas características. El pasto se coloca en forma descendente y se fija con estacas para garantizar su adherencia al terreno.



*FIGURA 35. PASTO EN TALUDES.*

Para garantizar la seguridad de los cortes que tenga más de 10m de altura, se colocarán contracunetas para captar los escurrimientos pluviales.

La estabilización de los taludes dependerá de las características físicas y mecánicas de cada corte. La estabilización del talud se realizará a la par con las excavaciones y terraplenes.



Como protección a la carretera, también se planea construir túneles falsos. El túnel falso es una estructura que protege a las carreteras de desprendimientos de rocas o suelo de las partes altas de la montaña. Los túneles estarán sujetos a la aprobación del proyecto ejecutivo. Los túneles falsos proyectados son los siguientes:

- Túnel Falso 1 localizado Km. 861 + 160 al Km. 861 + 300
- Túnel Falso 2 localizado Km. 862 + 000 al Km. 862 + 265
- Túnel Falso 3 localizado Km. 864 + 200 al Km. 864 + 380
- Túnel Falso 4 localizado Km. 866 + 205 al Km. 866 + 480
- Túnel Falso 5 localizado Km. 867 + 210 al Km. 867 + 320

En total, la planeación de caminos abiertos pretende realizar **76 cortes** y **51 terraplenes** distribuidos en **12 frentes** de trabajo repartidos entre los 4 tramos previamente señalados. (No hay dato de los frentes de trabajo). A continuación se muestra una tabla con los volúmenes de obra proyectados:

VOLÚMENES DE PROYECTO		
CONCEPTO	UNIDAD	PROYECTO
EXCAVACIÓN	M <sup>3</sup>	10,896,236.00
TERRAPLÉN	M <sup>3</sup>	4,318,441.00
OBRAS DE DRENAJE	ML	276,973.00
DRENES	Ml	154,974.00
COLOCACIÓN DE PASTO	M <sup>2</sup>	6467.00
ANCLAS	ML	14,850.00
CONCRETO LANZADO	M <sup>3</sup>	37,408.00
CARPETA ASFÁLTICA	M <sup>2</sup>	<b>ND</b>



### **III.1.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS e INDUCIDAS**

Las obras complementarias para la construcción de la carretera Nuevo Necaxa - Ávila Camacho se componen de los siguientes trabajos:

Cuentas, Bordillos, Lavaderos Metálicos y de Concreto, Barrera Central Separadora, Cercado del Derecho de Vía, Conformación del Derecho de Vía, y los Señalamientos horizontales y verticales.

Cada tramo contendrá en su proyecto ejecutivo el tipo y cantidad de las obras complementarias respectivamente. Las obras complementarias irán en función a las características del tramo, a lo marcado en las normatividad y a lo señalado por la SCT.

Es importante señalar que previo a la construcción, se realizan trabajo Pre-Operativos los cuales son la infraestructura necesaria para llevar a cabo el proyecto Nuevo Necaxa - Ávila Camacho.

Los trabajos que se realizan antes del inicio de construcción se denominan como Trabajos Pre-operativos, estos trabajos serán la infraestructura en el desarrollo de este proyecto, ya que son actividades de apoyo para la correcta operación del proyecto durante el proceso de construcción. Los más importantes se mencionan a continuación:

#### **CAMPAMENTOS**

Los campamentos se instalarán lo más cercano posible a las áreas de trabajo. Serán exclusivamente para personal calificado de campo, es decir, operadores de maquinaria pesada, mecánicos, cabos de oficio, sobrestantes, etc. Otro Campamento es para el personal que laborará en las oficinas.

#### **OFICINAS**



Estarán ubicadas en algún punto central a la zona en obra. La ubicación fue determinada en parte por su ubicación y a la disposición de un lugar dependerá de las negociaciones y arreglos que se tengan con los propietarios locales. Las oficinas se ubicaron finalmente en Xicotepec de Juárez, Puebla.

### COMEDORES

Se ubicarán donde se tenga a la mayor parte del personal que pudiera concentrarse o movilizarse sin mayor problema. Los comedores terminaron instalándose en Xicotepec de Juárez, Puebla. A dos cuadras de las oficinas.

### ALMACENES

Se contemplaron almacenes para materiales, insumos, residuos y refacciones los cuales fueron ubicados cerca de las obras. El tamaño y características dependían de su uso. Cada almacén cuenta con un programa de operación y control. Se tiene especial cuidado para los almacenes de residuos, aparte de su ubicación, se tienen diversas inspecciones por parte de personal de medio ambiente.

### TALLER DE MAQUINARIA

Estos talleres dan servicio y reparaciones menores a la maquinaria pesada, camiones, camiones y demás equipo propiedad de la empresa. Para el caso de reparaciones mayores, el proveedor de la maquinaria se hará cargo de ellos. El taller se ubicó en el km 850+900.00. dentro de los talleres se instalarán almacenes para residuos peligrosos y sólidos.



### PLANTA DE HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO

La planta estará ubicada en el km 853+500 y tendrá un área de 1 ha aproximadamente. La planta tendrá un patio techado donde se instalarán equipos modernos para habilitar el acero de refuerzo. De igual modo la planta contará con una zona de almacenamiento para varillas rectas por diámetros, para varilla habilitada y otra para el desperdicio de varilla. Se tendrá un área para la descarga del acero con el equipo necesario para ello (grúa) y camiones designados exclusivamente a la planta para que distribuyan el acero habilitado a la zona requerida.

La planta tendrá de igual modo una zona donde se descargarán, registrarán y clasificarán los lotes recibidos. Una vez recibidos se harán las pruebas y ensayos necesarios para comprobar que el material suministrado sea conforme a las características solicitadas. El acero estará almacenado cubierto por lonas y se tomarán medidas para evitar que el acero este en contacto con el agua y para evitar que se oxide.

### PLANTA DE PREFABRICADOS

Esta planta es importante para la fabricación de las losas prefabricadas de las diversas estructuras proyectadas. La planta contará con una plataforma de 2.5 Ha de área. La planta contará con el equipo necesario para mover el material y realiza maniobras durante el armado y carga de las plataformas que llevarán las estructuras prefabricadas al sitio de obra. En esta planta se planea tener un patio para almacenaje de estructuras metálicas.

### PLANTA PARA OBTENCIÓN DE AGREGADOS

Las plantas recibirán material directamente de los bancos ubicados en el km 873+500.00 (cerca del Río San Marcos)



### Plantas para la elaboración de concreto Hidráulico

El suministro eficiente y oportuno de concreto es algo vital para la construcción de un proyecto carretero. Se instalará una planta de 1 ha de área en el kilómetro 854+800.00. Habrá una segunda planta de concreto un poco más pequeña en las afueras del poblado Ávila Camacho. Las plantas tendrán una capacidad de 60 m<sup>3</sup>/hr o similares. Las plantas tendrán tanque de agua con capacidad de 150m<sup>3</sup>, tanques de almacenamiento de aditivos y patios para almacenar agregados con capacidad de 1,800 m<sup>3</sup> de arena y 1,800 m<sup>3</sup> de grava.

El transporte del concreto será por medio de camiones revolventoras de 7.5 m<sup>3</sup> de capacidad. Se tendrán en cantidades suficientes para evitar una “junta fría” durante los colados. Se tiene planeado emplear 10 camiones como máximo por planta durante el colado de las zapatas de las pilas, ya que son las que mayor cantidad de concreto requieren.

### PLANTA DE ASFALTO

Esta planta será muy importante para la construcción de los caminos abiertos, ya que suministrarán la última capa de los terraplenes y se ubicará cerca de la planta de triturados.



### III.1.6 CAMINOS DE ACCESO

Los caminos de acceso son parte esencial para la construcción de la carretera ya que son la infraestructura operacional que dará acceso y servicio a cada elemento por construir. Deberá evaluarse la cantidad de caminos que serán necesarios para poder llegar a la zona de obra y la adecuación de los caminos existentes para poder ser transitados por maquinaria pesada. Para el proyecto se ubicaron vía satélite y se propusieron diversas alternativas, puesto que la construcción real de los caminos depende de las negociaciones que se logren con los propietarios de los terrenos que atraviesan los caminos de acceso.

Los caminos de acceso contemplados se muestran en la siguiente tabla:

NOMBRE	LONGITUD (M)	INFLUENCIA	VOLUMEN DE CORTE (m3)	VOLUMEN DE TERRAPLÉN (m3)	REVESTIMIENTO (m3)
CAMINO TEXCAPA II	1.320,38	DEL KM 841+455 AL KM 839+000 PUENTE TEXCAPA	35.352,65	8.792,24	1.584,46
CAMINO SAN MIGUEL	6.136,92	DEL KM 839+000 AL KM 839+455 DEL KM 849+455 AL KM 847+665 TUNEL NECAXA (PORTAL MEX) TUNEL NECAXA (PORTAL TUX)	168.735,94	45.894,00	7.364,30
CAMINO SAN AGUSTIN I	3.198,08	DEL KM 864+660 AL 849+300 TUNEL SIN NOMBRE 1 TUNEL CUAHUAYATLA	54.319,00	10.254,00	3.837,70
CAMINO SAN AGUSTIN II	288,00	DEL KM 849+300 AL KM 581+500 PUENTE ALSESECA 1	1.803,45	775,80	345,60
CAMINOS LOS PINALES I	1.845,22	DEL KM 857+500 AL KM 855+600 PUENTE ALSESECA 2 TUNEL SIN NOMBRE II	29.106,38	4.633,00	2.214,26



NOMBRE	LONGITUD (M)	INFLUENCIA	VOLUMEN DE CORTE (m3)	VOLUMEN DE TERRAPLÉN (m3)	REVESTIMIENTO (m3)
CAMINOS LOS PINALES II	1.294,14	TUNEL XICOTEPEC I	47.144,00	21.856,00	1.552,97
CAMINOS LOS PINALES III	1.784,00	TUNEL XICOTEPEC II	36.959,00	27.000,00	2.140,80
CARMINO ARISTEO	5.027,43	DEL KM 857+000 AL KM 860+000 PUENTE SIN NOMBRE I PUENTE ZOQUITA TUNEL ZOQUITA PUENTE SIN NOMBRE II	263.000,00	130.000,00	6.032,92
CAMINO LAS PILAS	4.888,92	DEL KM 860+000 AL KM 863+000 PUENTE SIN NOMBRE III TUNEL LAS PILAS 1 TUNEL LAS PILAS 2 PUENTE LAS PILAS TUNEL SIN NOMBRE III PUENTE SIN NOMBRE V TUNEL SIN NOMBRE IV	144.000,00	30.826,00	5.866,70
CAMINO SAN MARCOS	19.447,84	DEL KM 863+881 AL KM 865+500 PUENTE SAN MARCOS PUENTE SIN NOMBRE VI	353.920,00	106.036,00	23.337,41
CAMINO LA ARDILLA	1.732,00	DEL KM 865+500 AL KM 870+500 PUENTE SIN NOMBRE VII TUNEL AL ARDILLA	26.000,00	6.498,00	2.078,40



La construcción de caminos debe de ser adecuada y segura, ya que la importancia y uso de ellos es estratégica en la construcción de las diversas estructuras. La construcción del camino de acceso deberá estar precedida de un levantamiento topográfico y de ser requerido, un manifiesto de impacto ambiental.

Debido a la gran cantidad de lluvias que se tiene en la región, la obra de drenaje se contempla como necesaria en los caminos de acceso. Todos los caminos tendrán obras de drenaje.

Con la intención de proteger las parcelas de los propietarios y control el paso de las personas y fauna hacia los caminos, se colocaran cercados con postes de concreto y alambre de púas. A Continuación se muestra un resumen a modo de tabla que contienen los volúmenes de obra contemplados para el proyecto:

<b>VOLUMENES DE PROYECTO</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Proyecto</b>
<b>TERRACERIAS</b>		
<b>Excavación</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	10,896,236.00
<b>Terraplén</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	4,318,441.00
<b>Obras de Drenaje</b>	<b>ml</b>	276,973.00
<b>Drenes</b>	<b>ml</b>	154,974.00
<b>Colocación de Pasto</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	6467.00
<b>Anclas</b>	<b>ml</b>	14,850.00
<b>Concreto Lanzado</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	37,408.00
<b>Carpeta Asfáltica</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	ND
<b>TÚNELES</b>		
<b>Excavación</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	1,694,382.34
<b>Enfilaje</b>	<b>ml</b>	32,034.00
<b>Anclas</b>	<b>ml</b>	447,781.00
<b>Acero Estructural</b>	<b>ton</b>	2,318.10
<b>Drenes</b>	<b>ml</b>	14,062.08
<b>Concreto Lanzado</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	29,441.07
<b>Concreto Hidráulico</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	95,783.32
<b>ESTRUCTURAS</b>		
<b>Acero de Refuerzo</b>	<b>Kg</b>	12,662,166.46
<b>Excavación</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	391,072.00
<b>Concreto Hidráulico</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	82,616.50
<b>Acero de Presfuerzo</b>	<b>Kg</b>	1,268,345.00
<b>Anclas</b>	<b>ml</b>	20,002.00



En lo relativo a Maquinaria se muestra la siguiente tabla de lo considerado para el proyecto:

<b>EQUIPO MAYOR</b>	<b>PROYECTO</b>
TRACTOR/ORUGAS D8T	<b>11</b>
TRACTOR/ORUGAS D6T	<b>29</b>
RETROEXCAVADORA S/ORUGAS	<b>33</b>
VOLTEO PESADO	<b>22</b>
CARGADOR- RETROEXCAVADOR S/NEU	<b>13</b>
CARGADOR S/NEUMÁTICOS	<b>4</b>
PERF HIDRÁULICA AUTOPROPULZADA	<b>9</b>
MOTOCONFORMADOR	<b>7</b>
COMPACTADOR MIXTO	<b>9</b>
LANZADORA DE CONCRETO	<b>7</b>
JUMBO PERFORADOR HIDRÁULICO	<b>4</b>
PLANTA DE LUZ	<b>26</b>
GRÚA HIDRÁULICA	<b>4</b>
MANIPULADOR TELESCÓPICO	<b>8</b>
GRÚA TORRE	<b>12</b>
PERFORADORA ROT. AUTOPROPULZADA	<b>1</b>
COMPACTADOR AUT- TAM	<b>5</b>
PLANTA DE CONCRETO	<b>2</b>
COMPRESOR ESTACIONARIO	<b>8</b>
COMPRESOR PORTÁTIL	<b>20</b>
TRACTOR/ORUGAS D7T	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>205</b>



### III.1.7 MEDIO AMBIENTE

Como se mencionó desde un inicio, el tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho atraviesa una importante área ecológica denominada “Cuenca hidrográfica del río Necaxa” En la zona se encuentran numerosos riachuelos, ríos importantes, arroyos y manantiales, mismos que permanecen constantes y aumentan su nivel debido a la intensa precipitación pluvial que prevalece en la región.

Los ríos más caudalosos son el San Marcos y el Río Metate, en la zona destacan por su caudal alrededor de 20 arroyos y por su importancia ecológica destacan 15 manantiales.

El clima prevaleciente es cálido-húmedo con lluvias todo el año y la temperatura media anual de 22 °C. Al inicio del capítulo se proporciona información acerca de la precipitación regional. En la zona se encuentran dos ecosistemas principales: Bosque Tropical y Selva Húmeda. A continuación se muestran datos generales sobre la flora, fauna, tipo y respectivo uso de suelo de la zona.

#### **Flora**

*Vegetación:* Selva alta perennifolia secundaria, pastizal cultivado, pastizal inducido, bosque de montaña, bosque de ocozote, bosque de encino, bosque de encino-pino, conífero, helecho gigante.

*Vegetación secundaria:* Matorral, plantas medicinales, de ornato.

*Fruta:* Café, acachul, bienvenido, acaxapo, jobo, ciruela, anona, chirimoya, pomarrosa, zapote, mamey, guanábana, chalahuite, cuajilote, acalumba, nigüa, jícama, papaya, guayaba, plátano, caña de azúcar, naranja, lima, pagua, anaya, chota, limón, camote, calabaza, yuca, pitaya, mandarina, mora, maracuyá, granada, piña, chayote, macadamia.

*Floricultura:* Camelia, gardenia, agapando, hortensia, azalea, azucena, alcatraz, begonia, magnolia, malvón, geranio, plumero, cempasúchil, mano de león, sempiterna, velo de novia, quiebra-plato, buganvilia, orquídea, enredadera, jazmín, floripondio, coleo, chino, noche buena, gladiola, pasionaria.



Plantas aromáticas: Ruda, alcanfor, hinojo, poleo, toronjil, pericón, hierbabuena, epazote, telimón, zacatlaxcal.

### **Fauna**

Tigrillo, zorra, jabalí, armadillo, tuza real, tejón, tlacuache, hurón, venado-temazate, conejo, mapache, ardilla, marta, coyote, zorrillo, reptiles, sapo, rana, libélula, araña, tarántula, escarabajo, abejorro, sinclina, avispa, tábano, chicharra, luciérnaga, lagartija, cojolite, chachalaca, garza, hormiga, papan, papan real, cuervo, tordo, colibrí, colibrí pigmeo, aguililla, gavilán, zopilote, murciélago, melífero y hematófago, codorniz, paloma, calandria, perdiz, perro de aguas, martín-pescador, primavera, jilguero, clarín, perico, gorrión, cardenal, tecolote, lechuza, escorpión, pájaro-péndulo, acamaya, trucha, huevina, anguila, chacal, bobo, guapote, jolote, oropéndola, pájaro carpintero.

### **Recursos Naturales**

*Renovables:* bosques de maderas tropicales y de explotación forestal, en ésta actividad se explotan las maderas finas como el cedro rojo, caoba, resbaloso, chicozapote, tezmol, cedro rosado, encino y bambú.

*No renovables:* barita, arcilla o barro gris, feldespatos, plomo, cobre y plata.

### **Características del uso del suelo**

Presenta gran diversidad edafológica (composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea) en su territorio se identifican cinco grupos de suelos:

#### **Cambisol**

Son adecuados para actividades agropecuarias, con actividad moderada a buena, según la fertilización a que sean sometidos; por ser arcillosos y pesados, tienen problemas de manejo.

Se localiza en una extensa área del extremo oriente y en la porción central presenta fase lítica (roca a menos de 50 centímetros de profundidad).



### *Acrisol*

Suelos muy pobres en nutrientes. Adecuados para explotación forestal o práticamente. Pueden dedicarse a actividades agropecuarias mediante fertilización y enclado frecuente, son de productividad baja. Se presenta en áreas dispersas del municipio.

### *Regosol*

Suelos formados por material suelto que no sea aluvial reciente, como dunas, cenizas volcánicas, playas, etcétera, su uso varía según su origen; son muy pobres en nutrientes, prácticamente infértiles. Se presentan en extensas áreas al suroeste, centro y noreste, presenta fase lítica o gravosa (fragmentos de roca o tepetate menores de 7.5 centímetros de diámetro en el suelo).

### *Vertisol*

Suelos de textura arcillosa y pesada que se agrietan notablemente cuando se secan. Presentan dificultades para su labranza, pero con manejo adecuado son aptos para una gran variedad de cultivos; si el agua de riego es de mala calidad pueden salinizarse; su fertilidad es alta. Se localiza en áreas reducidas a lo largo del río Cilima.

### *Litosol*

Son suelos de 10 centímetros de espesor sobre roca o tepetate. No son aptos para cultivos de ningún tipo y sólo pueden destinarse a pastoreo. Se presenta en una franja en la porción meridional.

Para los trámites y Permisos, debió de entregarse a detalle la duración de las actividades para la elaboración del proyecto, terrenos a afectar y por supuesto, manifiestos de impacto ambiental de bancos y caminos. Se anexa al presente trabajo el Manifiesto de Impacto Ambiental del proyecto Nuevo Necaxa – Tihuatlán (Ubicación y Características de Bancos de material solicitados).

En términos generales, dicho proyecto abarcará 570 hectáreas, de las cuales 312 hectáreas tendrán que ser desmontadas para configurar cortes y terraplenes.



Dentro de las 312 hectáreas que serán desmontadas, 101 hectáreas son de área arbolada. Ésta área arbolada representa casi un 33% de las 312 hectáreas totales.

Semarnat mantiene supervisión constante a través de la Profepa y autoridades de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) durante la construcción de la carretera. La constructora realiza informes mensuales sobre el avance de la construcción, medidas de protección y acciones realizadas y a realizar que mitiguen el impacto ambiental en la reserva. Las autoridades inspeccionan, evalúan y hacen recomendaciones sobre las medidas tomadas por la constructora para el cuidado ambiental.

Durante la licitación, el monitoreo y manejo ambiental se consideró como una partida principal para la construcción del proyecto. Una medida que ha requerido una fuerte inversión es el rescate de flora y fauna. Tanto el consorcio AUNETI como CONNET, se han comprometido al cuidado del medio ambiente. De hecho, la construcción del proyecto carretero marca una pauta importante en la construcción de carreteras en México, ya que es la primera donde el factor ambiental ha tenido una fuerte inversión económica, planeación, supervisión y manejo.

La empresa AUNETI tiene a cargo el cuidado y ambiental de la Autopista y realiza las siguientes actividades:

- a) Rescate de Flora y Fauna
- b) Mantenimiento de Especies Protegidas
- c) Plan de manejo ambiental
- d) Manejo y monitoreo ambiental
- e) Restauración Ecológica
- f) Derribo y arbolado
- g) Proyectos de restauración ecológica
- h) Corredores biológicos

La empresa CONNET tiene a cargo el cuidado y ambiental de los Bancos y Caminos de Acceso y realiza las siguientes actividades:

- a) Rescate y monitoreo de Cicadáceas ( Ceratozamia Mexicana )
- b) Mantenimiento de Especies Protegidas de Flora y Fauna
- c) Plan de manejo ambiental
- d) Manejo y monitoreo ambiental
- e) Educación Ambiental



#### f) Programa de Reforestación

Entre ambas empresas han rescatado 45,880 plantas y 1,120 animales rescatados. Es válido destacar la labor de rescate de flora y fauna ya que aparte de ser actividades que requieren infraestructura, material y personal especializados, que representan una fuerte inversión, son un gran alivio para la zona después de ser construida la carretera.

El rescate de flora y fauna tienen la intención de reponer rápidamente, en medida de lo posible, el impacto sobre las zonas afectadas. El no rescatar y devolver dichas especies supone un impacto sobre el medio ambiente que tardaría más de 50 años en reponer.

Ambas empresas realizan informes mensuales que son entregados a SEMARNAT, DGIRA y demás autoridades pertinentes.

Otra medida para la protección ambiental son los corredores ecológicos. El puente Ecológico 1 y Ecológico 2. Dichos puentes fueron diseñados con la intención de crear *corredores biológicos*.

Un corredor biológico es un espacio geográfico limitado que constituye un pasaje continuo entre paisajes, ecosistemas y hábitats naturales o modificados, que asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos, mediante la facilitación, tanto de la migración, como de la dispersión de especies de flora y fauna silvestres, asegurando de esta manera la conservación de las mismas, a largo plazo.

En términos monetarios, se planea invertir más de 25 millones de pesos en el Monitoreo y Manejo ambiental.



### III.1.8 PROBLEMÁTICA

El proyecto tiene como problemática principal las siguientes cuestiones:

1. Retrasos en la liberación del Derecho de Vía.
2. Suspensión de trabajos en el tramo 867+000 al 871+900 por hallazgo arqueológico. La fecha de liberación esta sin definir.

#### 3. FALLAS GEOLÓGICAS.

Entre las más sobresalientes son:

- Corte XIV Km 844+720 al Km 845+000. Falla del talud derecho de 200,000 m<sup>3</sup>.
- Corte XV Km 845+160 al Km 845+370. Falla del talud derecho de 150,000 m<sup>3</sup>.
- Corte XXVII Km 849+800 al Km 850+000. Falla del talud izquierdo de 300,000 m<sup>3</sup>.
- En el km 158+200 y km 160+500 existen depósitos de material antiguo que es muy inestable. Por las condiciones de la zona, es difícil realizar exploración geotécnica. Se ha requerido de estudios adicionales. Se ha propuesto cambio de trazo a la SCT.

4. Manifestaciones Sociales (Plantones y Cierres de Caminos).
5. Presencia de tráfico intenso y viviendas cercanas a los trabajos (San Agustín, Xicotepec).

Se han construido libramientos para el tránsito pesado, instalado señalización vertical y abanderamiento para el desvío de tráfico e imposición de normas de circulación especiales.



## **III.2 MONTO Y TIPO DE CONTRATO**

Con el fin de atraer inversión privada al desarrollo de infraestructura, es decir, a la construcción y modernización de carreteras libres existentes, la SCT ha diseñado nuevos esquemas de financiamiento y otorgamiento de concesiones. Antes de abordar este punto del capítulo es necesario dar una breve reseña sobre los tipos de modalidades de asociación público – privada que maneja la SCT:

### **I. La Concesión**

Se utiliza para construir nueva infraestructura, donde las cuotas representan la recuperación de lo invertido. Puede o no ser requerido un aporte financiero por parte del estado inicialmente.

Las principales características de este modelo son las siguientes:

- 1) Concesiones otorgadas mediante licitación pública.
- 2) La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) entrega a los concursantes el proyecto ejecutivo y el derecho de vía liberado.
- 3) La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) fija las tarifas medias máximas y la regla para su actualización por inflación.
- 4) El plazo de concesión es hasta el máximo permitido por la ley (treinta años).
- 5) El gobierno efectúa una aportación inicial con recursos públicos a través del Fideicomiso Fondo de Inversión en Infraestructura (Finfra), un fideicomiso establecido en el Banco de Obras y Servicios (BanObras).
- 6) El gobierno asume, en su caso, un Compromiso de Aportación Subordinada (CAS) para cubrir el servicio de la deuda.
- 7) La concesión se otorga al licitante que solicite el menor apoyo económico del gobierno, medido como la suma de la aportación inicial y del valor presente neto del compromiso de aportación subordinada.



## II. Los Proyectos Para Prestación De Servicios (PPS)

La inversión por la construcción del proyecto es cubierta por el estado mediante pagos periódicos a cambio de que las carreteras cumplan con una serie de requerimientos técnicos previamente establecidos.

Este esquema ha sido utilizado en la modernización de carreteras libres y para la construcción para carreteras cuya cuota no es suficiente para cubrir la inversión, y cuya aportación inicial del estado no es suficiente para llevar a cabo la construcción.

1) Concesión otorgada mediante licitación pública que otorga al concesionario el derecho de que se le adjudique el contrato de prestación de servicios.

2) El plazo de contratación del servicio es fijo, de 15 a 30 años.

3) El contrato establece una asociación entre la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y una empresa privada para diseñar, financiar, construir y operar una carretera.

4) La prestación del servicio es realizada por la empresa privada a cambio de pagos periódicos trimestrales que se basan en un mecanismo que considera la disponibilidad de la vía y su nivel de uso.

5) Cada licitante calcula un pago periódico en función de:

a).Costo de construcción, conservación y operación.

b) Rendimiento sobre el capital aportado (incluyendo costos financieros)

c) Tránsito anual estimado en un rango específico

d) Período de contratación

e) El valor Presente Neto del Flujo de Pagos Periódicos, es la variable de decisión para el otorgamiento de la concesión, previa validación del cumplimiento de requisitos técnicos, legales y financieros.



### III. El Aprovechamiento de Activos

En esta modalidad se agrupan las carreteras de cuotas existentes con nueva infraestructura. El cobro de las cuotas apoya las inversiones para la construcción de la nueva infraestructura y en forma global, no requieren aportación inicial del Estado.

A través de los años, en especial a partir de la crisis que se dio a mediados de la década de los noventa, los esquemas de concesión han sufrido mejoras a partir de la experiencia que arrojaron los diversos problemas y panoramas adversos provocados por dicha crisis. A continuación se mencionan una tabla de comparación de aspectos importantes de los esquemas implementados por la SCT en el periodo 1989-1994 y las mejoras de los nuevos esquemas implementados hoy en día.

TEMA	NUEVO ESQUEMA	ESQUEMA 1989-1994
Proyecto Ejecutivo	Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) elabora el proyecto y entrega una versión completa, que es revisada en forma exhaustiva por los licitantes antes de presentar sus propuestas.  Los licitantes asumen el riesgo del proyecto y todos los costos asociados a él.	En muchos casos no se contó con el proyecto completo; no existía una definición clara de los límites de los riesgos y responsabilidades que asumía el constructor y Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).
Estudio de aforos	Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) tiene estudios de aforo disponibles y los entregará a los licitantes. Cada licitante podrá o no utilizar los estudios suministrados bajo su propio riesgo, dado que Secretaría de Comunicaciones y Transportes no asumirá responsabilidad alguna respecto a ellos.	Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) elaboró los estudios y "garantizo" tránsitos y tasas de crecimiento. En caso de que las previsiones no se cumplieran, se comprometía a extender el plazo de concesión.



TEMA	NUEVO ESQUEMA	ESQUEMA 1989-1994
Derechos de Vía	Liberados por Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) antes de la adjudicación de la concesión.	La mayor parte de los derechos de vía se liberaron durante los trabajos de construcción
Empresa Concesionaria	Antes de presentar sus ofertas, los participantes asumen la obligación de constituir una sociedad anónima mexicana de propósito específico que será titular de la concesión. Los socios de esa empresa deben acreditar capacidad financiera, constructiva, operativa y administrativa para manejar la concesión.	Igual, pero sin acreditar las especialidades necesarias para el manejo de concesión
Plazo de la Concesión	Hasta el máximo legal de 30 años.	Variable, según la oferta del licitante ganador (era el criterio de adjudicación).
Financiamiento de la Construcción	Mediante la aportación inicial del Gobierno Federal, créditos bancarios y capital de riesgo.	Las obras se financiaron con créditos y con capital proveniente de estimaciones de obra no pagadas en su totalidad. Los sobre costos se financiaron con créditos corporativos que se registraron como capital. En algunos casos, los proyectos recibieron fondos públicos para asegurar la terminación de las obras.
Compromiso de Aportación Subordinada	El gobierno Federal, a través del Fondo de Inversión en Infraestructura asumirá el compromiso de que, en caso de que los ingresos generados por el proyecto sean insuficientes para cubrir el servicio de la deuda, aportará las cantidades que el licitante hubiera solicitado en su propuesta para este concepto. Estas aportaciones, incluyendo sus intereses, deberán ser reembolsados.	No existía. Si el aforo era inferior al garantizado por Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), esta se comprometía a extender el plazo de la concesión.



TEMA	NUEVO ESQUEMA	ESQUEMA 1989-1994
Reembolso de gastos a Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).	El licitante ganador reembolsará a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) los gastos erogados en la preparación del proyecto ejecutivo, la realización de estudios, la liberación de derechos de vía y la obtención de permisos, a menos que las bases de licitación establezcan otra cosa.	El licitante ganador debía aportar un porcentaje preestablecido del monto de la inversión para estudios, proyectos, derechos de vía y supervisión, el cual no necesariamente coincidía con el gasto realizado.
Construcción del Proyecto.	En un plazo fijo, bajo la responsabilidad del licitante ganador.	En un plazo fijo, bajo la responsabilidad del concesionario. En muchos casos se concedieron ampliaciones por considerar que los retrasos no eran imputables al concesionario.
Ajustes al Proyecto Ejecutivo	Deberán ser autorizados por Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y serán por cuenta del licitante ganador.	Todos los cambios al proyecto autorizados por Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) debieron atenderse con cargo al proyecto.
Obras adicionales ordenadas por Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).	Deberán ser pagadas por Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) con cargo a su presupuesto	También fueron cargadas al proyecto
Supervisión del Proyecto	Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) supervisará el cumplimiento de las obligaciones del concesionario, quien establecerá el sistema de control de calidad de las obras.  El fiduciario, a través de un ingeniero independiente, supervisará los volúmenes de obra, avance de los trabajos, precios y fundamentación de estimaciones y pagos a los contratistas.	Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) llevara a cabo la supervisión general del proyecto. La concesionaria y el fiduciario contrataban con terceros la supervisión de la calidad, del avance físico y de las estimaciones y pagos.



TEMA	NUEVO ESQUEMA	ESQUEMA 1989-1994
Caso Fortuito y Fuerza Mayor	Da lugar a extender el plazo de la concesión; el concesionario deberá asegurar contra ambos eventos; si el evento se prolonga, el concesionario puede terminar la concesión con pérdida del capital; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) reconocerá el derecho de los acreedores de los créditos a que éstos les sean pagados con cargo a los flujos de la carretera.	Los títulos de concesión no contenían previsiones para regularlos, por lo que se aplicaron disposiciones del derecho común.
Garantía	Una carta de crédito como garantía de seriedad de la oferta; fianza por 3 % de la inversión a favor de Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); fianza por el 17 % de la inversión a favor del Fondo de Inversión en Infraestructura; seguros contra todos riesgo asegurable.	Las garantías solicitadas cubrirán los compromisos del concesionario, pero no podían utilizarse para completar los proyectos en caso de incumplimiento.
Tarifas	Secretaría de Comunicaciones y Transportes establece una Tarifa Promedio Máxima (TPM), dejando libertad al concesionario para fijar las tarifas individuales de cada tipo de vehículo. Esta tarifa será actualizada anualmente con base en el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC).	Resultaban de las ofertas que presentaban los licitantes.
Recuperación Anticipada	Si el desempeño de la concesión mejora las previsiones, los excedentes económicos que se generen serán compartidos entre el concesionario y el Fondo de Inversión en Infraestructura.	No existía este concepto; las utilidades eran en su totalidad para el concesionario.
Fondo de conservación	La concesionaria se compromete a contar con los recursos necesarios para pagar el mantenimiento mayor cuando éste se requiera.	El concesionario se obligaba a constituir un fondo de reserva, cuyo uso no estaba regulado.
Solución de Controversias	Si se trata de actos de autoridades, mediante los recursos de la legislación federal; Si se trata de controversias de naturaleza técnica o económica, a través de un comité de expertos. Si no se llega a un acuerdo, las partes podrán acudir al arbitraje bajo las reglas del Código de Comercio.	No había mecanismos intermedios para la atención de contingencias. Sólo se preveía resolver diferendos ante los tribunales



Es importante señalar que cada esquema puede presentar variantes dependiendo de las características del proyecto. El esquema para la construcción Nuevo Necaxa – Tihuatlán es una variante del esquema PPS, ya que coexisten una carretera libre y una de cuota, amparadas bajo el esquema de concesión. Dicha carretera se dividió en 2 tramos:

- **El tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho** se formula como proyecto Concesión – PPS, en la modalidad de precio alzado y tiempo determinado, para licitación a partir del año 2006. El PPS se pagará con gasto corriente de la SCT.

Como gasto corriente se entiende a la Erogación que realiza el sector público y que no tiene como contrapartida la creación de un activo, sino que constituye un acto de consumo; esto es, los gastos que se destinan a la contratación de los recursos humanos y a la compra de los bienes y servicios necesarios para el desarrollo propio de las funciones administrativas.

A pesar de que los primeros PPS se concentraban en modernizaciones de carreteras federales libres de peaje (Irapuato – La Piedad, Querétaro – Irapuato, Tapachula – Talismán), el proyecto Nuevo Necaxa – Ávila Camacho implica la construcción de un tramo, por lo que las consideraciones iniciales de los PPS no resultaban aplicables en su totalidad. Se anexa con fines extensivos de este punto, una tabla informativo de los PPS's otorgado por la SCT.

- **El tramo Ávila Camacho – Tihuatlán** se desarrolla como obra Pública, con 1,050 millones de pesos aportados por el FONCAR. Se adoptará en concesión para su explotación al ganador de la licitación del PPS Nuevo Necaxa – Ávila Camacho. Éste tramo quedó a cargo de la SCT.

El esquema para la instrumentación del proyecto Nuevo Necaxa – Ávila Camacho fue diseñado ex profeso, dadas las características que presentaban los PPS y las concesiones tradicionales, a fin de contar con el interés del mercado y por al fin llevar a cabo este proyecto, esperado desde hace casi 20 años.

Se realizaron diversos y variados análisis para determinar el esquema ideal para la construcción del proyecto. Los estudios de mercado determinaron que los ingresos por concepto de cuota no serían suficientes para recuperar la



inversión requerida, por lo que era necesario un aporte inicial importante del Estado (más de 2,000 millones de pesos). Ello motivo aún más modelar un esquema que permitiera realizar la obra sin aporte inicial del estado.

El esquema se analizó junto con la SHCP ya que una de las dependencias normativas en los PPS. Se llegó a la conclusión que un esquema mixto en el que se combina un tramo de cuota y otro libre de cuota era la opción más viable.

En este proyecto se hizo una adecuada asignación de riesgos para hacer viable la asociación público – privada. El esquema asigna los riesgos según puedan manejarse mejor. El planteamiento de la asignación de los riesgos fue algo que llevo mucho tiempo y trabajo entre diversas instituciones financieras. Debido a que la concesión distribuye los riesgos de forma distinta que los PPS, se hicieron designaciones diferenciales por tramo:

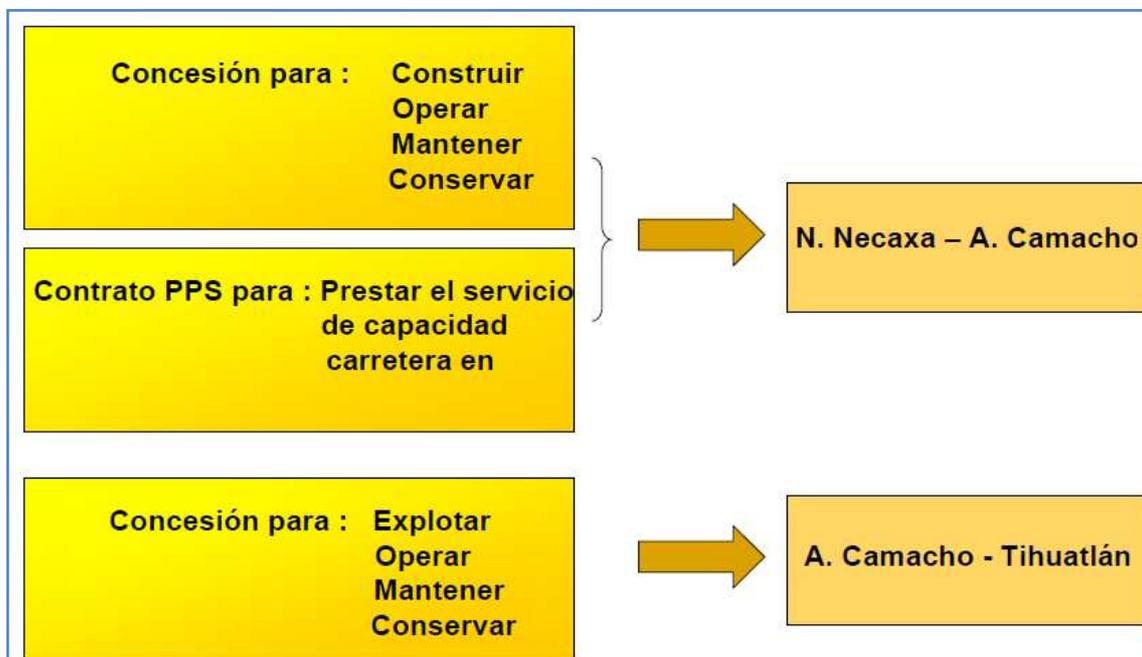
RIESGO	Público	Privado	Compartido
Permisos	X		
Derecho de vía	X		
Diseño		X	
Sobrecostos de la construcción		X	
Retrasos		X	
Hallazgos arqueológicos			X
Riesgo geológico			X
Costos de mantenimiento		X	
Defectos ocultos		X	
Fuerza mayor			X
Tasas de interés en operación		X	
Inflación		X	X
Protestas	X		

A pesar de que en los PPS iniciales el pago se divide en dos partes, la primera se refiere a un pago fijo por tener la carretera abierta al tránsito y en cumplimiento de estándares predeterminados. La segunda en función al número de vehículo que hacen uso del tramo.

La legislación aplicable a los PPS carreteros son las siguientes:

- Ley de adquisiciones, arrendamientos y Servicio de Sector Público.
- Reglamento LAASSP
- Ley de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.
- Reglamento LPRH
- Acuerdos por lo que se establecen las reglas para PPS's

El proyecto Nuevo Necaxa –Tihuatlán presentaba un riesgo en el tráfico en el tramo Ávila Camacho – Tihuatlán, por lo que se consideró un solo pago por disponibilidad al tramo a desarrollar por PPS, es decir el tramo Nuevo Necaxa - Ávila Camacho.



*FIGURA 36. ESTRUCTURA DEL PROYECTO NUEVO NECAXA – TIHUATLÁN*

A continuación se muestra los principales aspectos financieros del esquema de concesión / contrato PPS que actualmente se desarrolla en el proyecto Nuevo Necaxa – Tihuatlán.



CONCEPTO	Nuevo Necaxa – Ávila Camacho	Ávila Camacho - Tihuatlán
Fuentes de pagos al Concesionario	Pagos Integrados	Ingresos tarifados
Apoyos Gubernamentales	Anticipos durante la construcción	No
Riesgo del Volumen de Tránsito	No aplica	Transferido totalmente
Proyecto	SCT aporta Proyecto Base, Concesionario elabora Proyecto Ejecutivo	SCT aporta el tramo ya construido
Requerimientos de Capital del Concesionario	Mínimo, sujeto a requerimientos bancarios	No
Garantías/Financiamiento	El Concesionario otorga garantías, gestiona y recibe el financiamiento	SCT requiere garantías

El mecanismo de pago que tiene el contrato PPS es el siguiente:

I. El mecanismo de pago del contrato PPS tiene los siguientes objetivos generales:

- ❖ Establecer los procedimientos de cálculo del pago periódico, basándose en la oferta inicial del concesionario.
- ❖ Vincular el servicio recibido con el monto del pago mediante reglas claras. Como servicio recibido se entiende una evaluación del desempeño técnico y operativo del concesionario.
- ❖ Ser comercialmente atractivo para los acreedores y los proveedores del sector privado a fin de asegurar su financiabilidad.

II. El mecanismo de pago propuesto considera las dos etapas principales del proyecto: 1) Construcción del tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho; 2) Operación, Mantenimiento y Conservación de la Carretera.

III. Los pagos durante la construcción del tramo serán de la siguiente manera:



- a. La frecuencia del pago de anticipos durante la construcción será trimestral conforme al avance realizado de la obra, iniciándose en el segundo trimestre y según el Programa de Obra por el Concesionario.
- b. Durante la construcción se otorgarán anticipos hasta por el 20% del monto total de la obra.
- c. Los pagos pretenden reducir la carga financiera en la etapa que requiere mayores desembolsos. Posteriormente los montos de los pagos requeridos por el Concesionario para recuperar su inversión irán reduciéndose.

IV. Los pagos durante la Operación, Mantenimiento y Conservación consistirán del pago integrado consistirá por el Pago por Disponibilidad de la carretera, menos las deducciones por no Disponibilidad.

La sección de la carretera se considera “disponible” cuando esté libre de obstrucciones y en las condiciones físicas solicitadas para permitir su uso seguro.

Dentro de las ventajas de este mecanismo de pago son:

- 1) El concesionario controla la disponibilidad.
- 2) Los flujos de ingresos y egresos pueden ser previstos con certidumbre.
- 3) Los bancos perciben estos mecanismos con bajo riesgo, por lo que son altamente financiables.
- 4) El pago para cada sección se pondera por el número de vehículos – kilómetro que utilizan la sección comparado con el total que usan la carretera.
- 5) El Pago por Disponibilidad es propuesto por el Concursante Ganador y año con año se ajusta para reconocer los efectos inflacionarios.

En caso de que la SCT determine que la carretera no está disponible, se considera como un servicio no recibido, por lo que los pagos sufrirán deducciones por el tiempo en que la SCT no reciba el servicio. Éstas deducciones, conocidas



como deducciones por No Disponibilidad, están en función del tiempo en que la carretera no estuvo disponible, la naturaleza y magnitud de la causa por la cual la carretera, o sección de la carretera, no estuvo disponible.

Como parte de la evaluación del desempeño dentro de los contratos PPS, le es requerido al concesionario el Diseño, Construcción y Operación de la Carretera con conformidad en todos los requerimientos establecidos por la SCT. Los requerimientos principales se refieren a las características físicas de la carretera, las especificaciones de las actividades de Operación, Mantenimiento y Conservación, Servicios adicionales en la Carretera y las Condiciones físicas de la carretera al momento de la reversión.

Como parte del monitoreo del proyecto, la SCT designará un representante para dicha labor hasta la entrega de la obra, con el fin de asegurar el cumplimiento de los requerimientos establecidos por la SCT.

El desempeño del concesionario es medido por medio de Puntos de Penalización. Dichos puntos miden el desempeño técnico y operativo del concesionario a través de criterios específicos graduados. En caso de que el concesionario no cumpla con los criterios evaluados deberá remediarlo en un plazo razonable para que no cause deducciones por penalización.

En caso de que el concesionario acumule puntos de penalización que rebasen límites establecidos, la SCT notifica al concesionario y a los acreedores. Acto seguido, el nivel de inspecciones se incrementa. En caso de que el concesionario acumule notificaciones en un intervalo de tiempo definido, el contrato es cancelado. En caso de superar el nivel máximo de notificaciones es causa de terminación del contrato PPS.

En el siguiente diagrama se ilustra el procedimiento de evaluación utilizado en los contratos PPS:

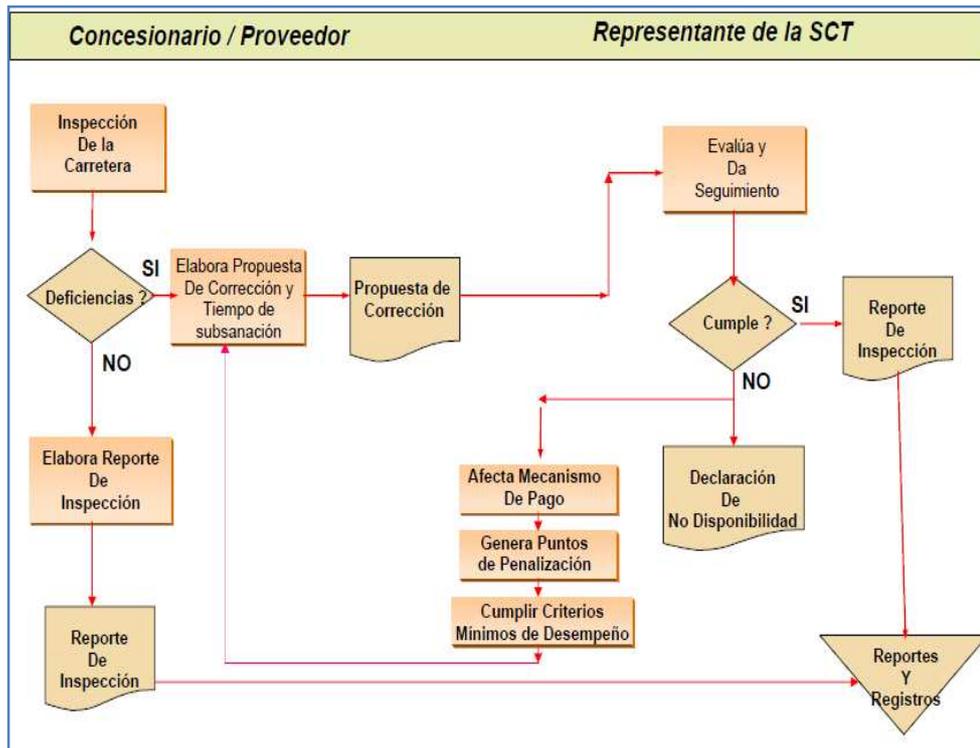


FIGURA 37. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN.

Adicionalmente, se ilustra en la siguiente figura la forma en que se elige al ganador del contrato PPS.

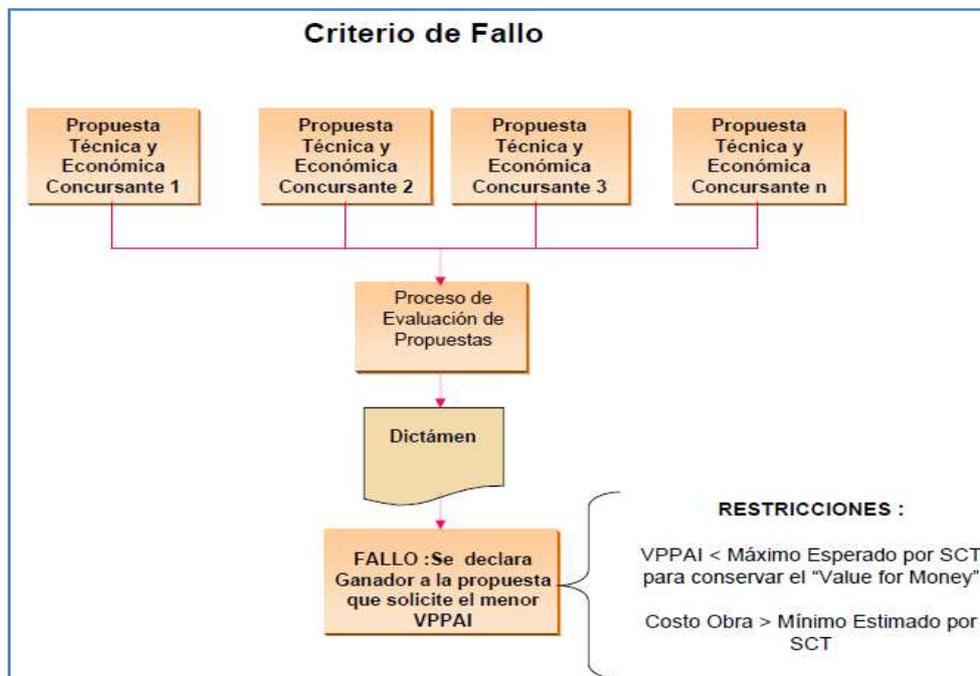


FIGURA 38. CRITERIO DE FALLO.

NOTA: Valor Presente de los Pagos Anuales Integrados solicitados por el concursante (incluyendo anticipos), descontados a la tasa del 12 % anual real.



Finalmente, el diseño y construcción de la carretera Nuevo Necaxa – Ávila Camacho es llevada a cabo por la empresa de fin específico CONNET, formada por la empresa Ingenieros Civiles Asociados (ICA) con un 60% de acciones y la española Fomento de Construcciones y Contratas (FCC) con un 40% de acciones. Una vez finalizado el proyecto formará parte del título de concesión de la carretera Nuevo Necaxa – Tihuatlán otorgada durante el 2007 a AUNETI, consorcio formado por ICA y GlobalVía Infraestructura. El título de concesión incluye la explotación, conservación, operación y mantenimiento de la carreta Nuevo Necaxa – Tihuatlán ( de 84.7 km) por un periodo de 30 años.

El monto del contrato para el tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho es de:

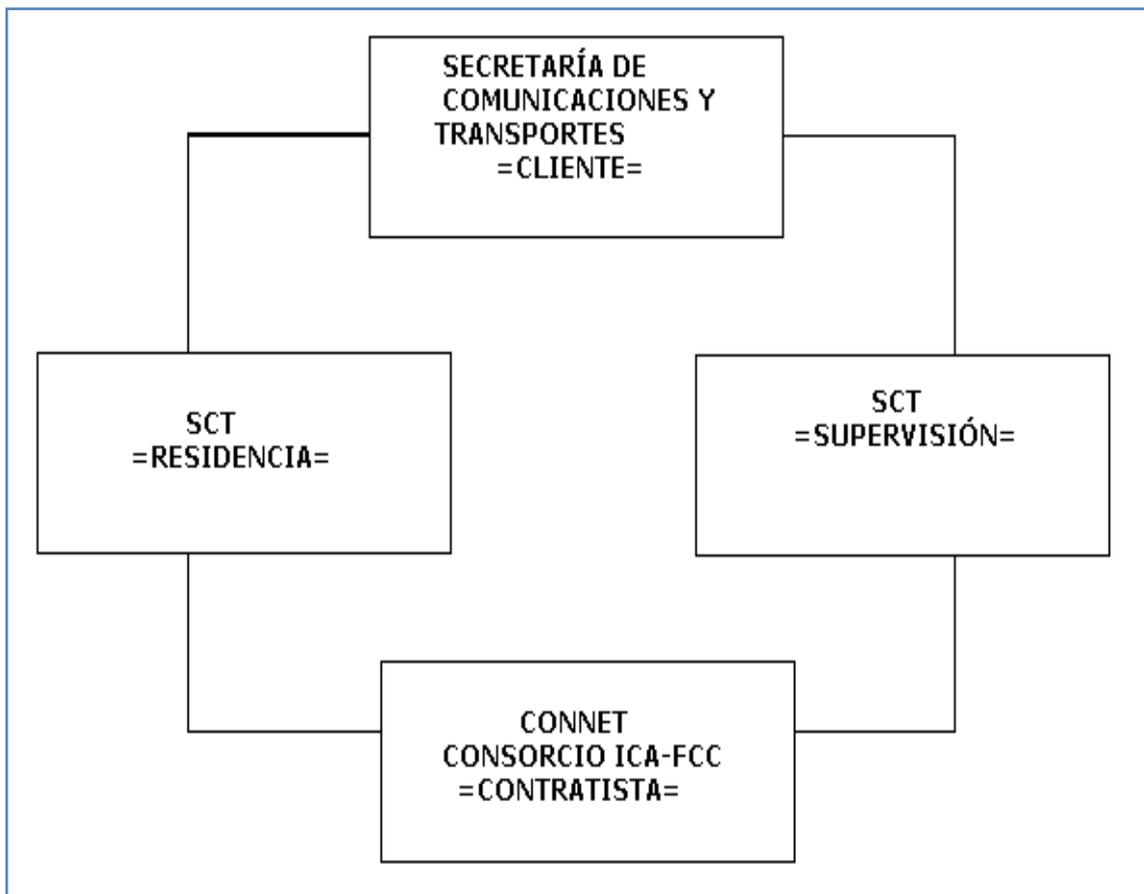
**\$ 4, 569, 479,040.00**

El monto del contrato para el tramo Ávila Camacho - Tihuatlán es de:

**\$ 1, 475, 490,205. 00**

### III.2.1 ORGANIZACIÓN GENERAL PRESENTADA PARA EL CONTRATO:

A continuación se muestra las partes que desarrollan los trabajos, líneas de responsabilidad, comunicación y autoridad establecidas en el contrato para llevar a cabo el tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho:



*FIGURA 39. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO NUEVO NECAXA- ÁVILA CAMACHO.*

La SCT como supervisora recibe, verifica y concilia las estimaciones que el contratista presenta, para luego enviarlas a la residencia de obra (SCT) para su aprobación o devolución para su corrección por la contratista. Las estimaciones deberán estar acompañadas por la documentación que a través del control de calidad garantice que la obra ha sido ejecutada dentro de la normas de calidad de materiales y de tolerancias geométricas.

El contratista (CONNET) tendrá la siguiente organización para la ejecución del proyecto:

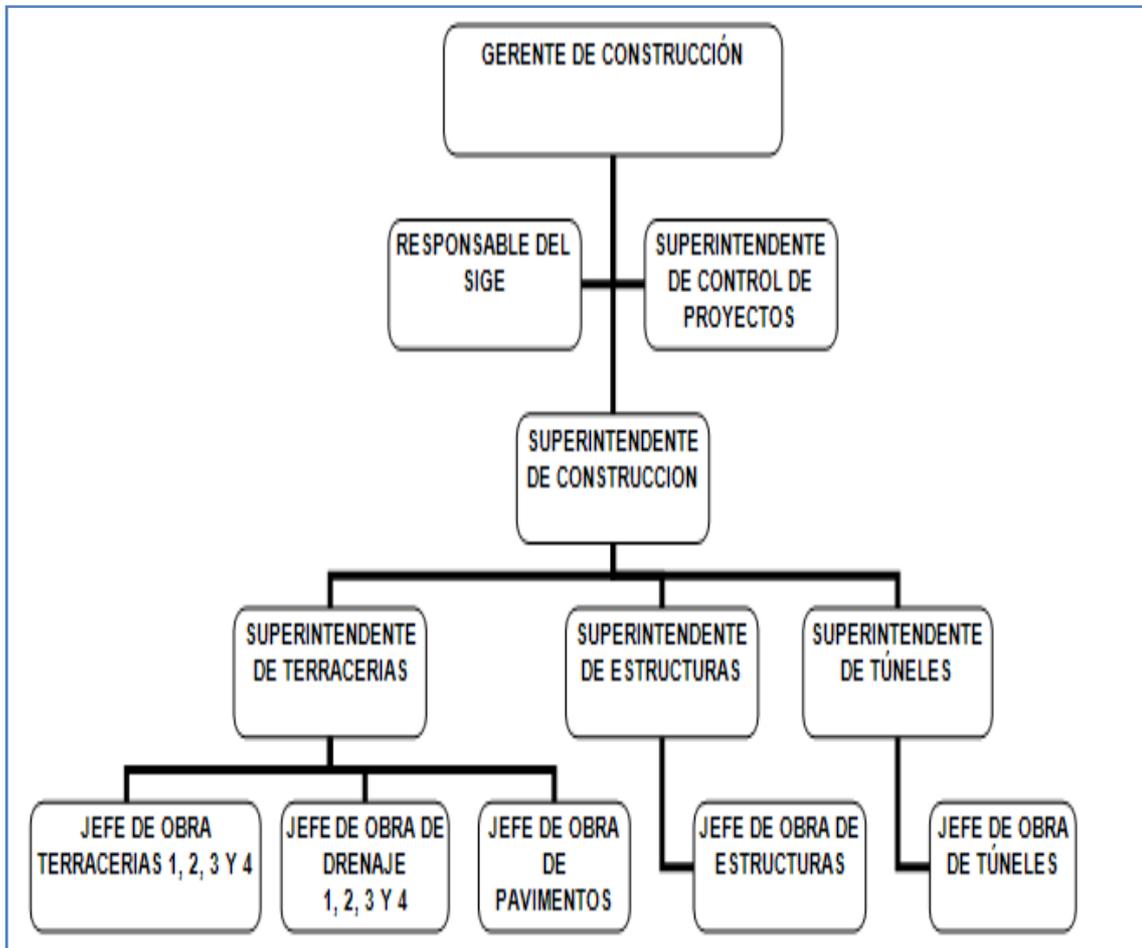


FIGURA 40. ORGANIZACIÓN DEL CONTRATISTA (CONNET).

Se establecerán funciones y responsabilidades de todos los integrados para poder así cumplir los objetivos y metas establecidas. La organización podrá cambiar durante el desarrollo de los trabajos y/o actualizarse según la situación lo requiera. La definición de cada parte de la organización se anexa al final de éste trabajo.



### **III.3 PERIODO DE EJECUCIÓN**

El tramo Nuevo Necaxa – Ávila Camacho dio inicio su construcción el 15 de abril del 2008 y se pretende terminar el 10 de abril del 2012.

A continuación se muestra el programa de actividades consolidado para éste proyecto. La carretera se dividió en 6 tramos con sus respectivas actividades.

Los tramos tendrán la siguiente distribución:

Tramo	Inicia Km	Termina Km	Longitud (km)
1	839+600	844+993.18	5.39
2	844+993.18	852+993.53	8
3	852+993.53	857+993.53	5
4	857+993.53	860+333.53	2.34
5	860+333.53	867+059.417	6.73
6	867+059.417	876+246.307	9.19



### **III.4 ETAPAS DEL PROYECTO**

El proyecto está dado en los siguientes frentes y respectiva inversión:

<b><u>FRENTE</u></b>	<b><u>INVERSIÓN</u></b>
<b>AC SMA (Monitoreo y Manejo Ambiental)</b>	\$ 24,889,375.2
<b>INGENIERÍA (Proyecto Ejecutivo)</b>	\$ 84,881,402.38
<b>TÚNELES</b>	\$ 1,094,599,073.88
<b>ESTRUCTURAS</b>	\$ 1,017,306,980.17
<b>TERRACERÍAS</b>	\$ 1,272,079,424,.07
<b>CAMINOS DE ACCESO</b>	\$ 92,924,586.75
<b>OBRAS INDUCIDAS</b>	ND
<b>OBRAS ADICIONALES</b>	ND
<b>COSTOS NO CLASIFICADO</b>	ND
<b>TOTAL</b>	\$ 3,586,680,842.46

Es importante señalar que a raíz de los diversos problemas, mucho de lo proyectado en cuanto a la Ingeniería y construcción del proyecto ha cambiado y muy probablemente seguirá cambiando a lo largo. La disponibilidad de información fue muy limitada, en particular a lo referente con éste capítulo. Se extenderá, por lo mismo, sobre la información proporcionada.

La etapa de planeación y diseño inició desde el 2007. Diversas firmas de ingeniería participaron en el diseño de la carretera; se tuvo la participación de empresas españolas, mexicanas y colombianas para ésta etapa. Una gran ventaja en los contratos PPS es que el concesionario es el que diseña y construye, esto hace mucho más fácil el rediseño, control y tiempo de actuación sobre los cambios que requiera el proyecto.



La aprobación del proyecto ejecutivo (Planeación e Ingeniería) ha sido en plazos de tiempo mucho más cortos en comparación con los contratos tradicionales. Se ha entregado ya todo el proyecto ejecutivo de todas las áreas y se espera que para el primer trimestre del año 2010 sea aprobado en su totalidad. Esto resalta el ahorro de tiempo, el cual en proyectos similares se tardaba un promedio de 6 años en ser aprobados por dependencias gubernamentales. Dicho proyecto quedaría aprobado en dos años y medio. Esto es un ahorro en tiempo de casi un 60%.

En lo que respecta al ACSMA (Monitoreo y Manejo Ambiental) su actividad terminará propiamente una vez rehabilitadas todas las áreas protegidas contempladas en el manifiesto de impacto ambiental y en lo planteado en su respectivo proyecto ejecutivo. Esto es que antes y durante el proceso constructivo del proyecto ésta área se dio a la tarea del rescate, mantenimiento y clasificación de flora y fauna. Una vez construido el proyecto se dará la tarea de regresar toda la fauna y flora con todos los cuidados, inspecciones y controles para garantizar su pronta adaptación a su medio natural. Ésta tarea se realizará varios meses después de haber terminado la construcción de la carretera. Posteriormente se dará a la tarea de reforestar y rehabilitar todas las áreas afectadas durante la construcción. La empresa CONNET Y AUNETI realizan todas estas tareas en conjunto.

En la etapa constructiva se tiene un avance hasta enero del 2010 del 18%. Esto representa una inversión hasta ahora de 812 millones de pesos. El avance reportado en los frentes hasta enero del 2010 es el siguiente:

FRENTE	AVANCE (%)
TERRACERÍAS	39
<b>CAMINOS ABIERTOS</b>	
EXCAVACIÓN	38
TERRAPLÉN	15
TÚNELES	32
ESTRUCTURAS	29

La constructora continuamente realiza cambios y acciones sobre los diversos frentes para poder terminar el proyecto en la fecha proyectada, es decir, en abril del 2012. El presente año será verdaderamente intenso ya que se aumentará la capacidad de producción en todas las áreas para poder alcanzar los objetivos y metas respectivas.



Como se contempla en el contrato, una vez terminada la construcción del proyecto, la carretera quedará a cargo del consorcio AUNETI. El consorcio formado por ICA y GlobalVía se encargará del mantenimiento, conservación y operación de la carretera por un periodo de 30 años.