



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ARAGON"

Desarrollo de un Caso Práctico

Reparación de Doce Tuberías de Concreto en la Carretera Rio
Verde-Cd. Valles, San Luis Potosí.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
RICARDO JIMÉNEZ JUÁREZ

ASESOR:
M. en I. MARIO SOSA RODRIGUEZ

MÉXICO D.F., MAYO 2011.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



AGRADECIMIENTOS

A DIOS por concederme la vida; por enseñarme el camino de la verdad y siempre estar conmigo en los momentos difíciles.

Agradecimiento y Dedicatoria a este trabajo a mi Padre Juan Jiménez Jiménez que en paz descanse que me supo dar los consejos.

A mi Madre Genara Juárez San Juan por su gran amor. A mis hermanas, en especial a Juanita por su empuje, por el gran apoyo que me han dado durante la carrera.

A mis amigos de la Facultad, por su amistad sincera, por compartir conmigo los momentos inolvidables en este lapso de tiempo.

Un especial agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de prepararme para ser un hombre de bien.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería, por transmitirme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing., por su dedicación, paciencia y consejos en la elaboración de este trabajo.



INDICE

Introducción	5
Objetivo General	5
Utilidad del Trabajo	6
Resumen Capitular	6
I. Generalidades.	8
I.1.- Localización	8
I.2.- El Estudio Geológico	10
I.3.- Características de la Autopista	12
I.4.- Obras Proyectadas en el Tramo	12
I.5.- Clima y precipitación	14
II. Inspección Visual de Doce Alcantarillas en la Autopista Rio Verde–Cd. Valles en el Estado de San Luis Potosí.	15
II.1.- Introducción.	17
II.2.- Trabajos de campo.	17
II.3.- Observaciones de campo.	17
II.3.1.- Características de las alcantarillas.	
II.3.2.- Condiciones geológico geotécnicas del tramo.	
II.3.3.- Levantamiento de daños.	
II.4.- Revisión hidrológica general.	26
II.5.- Análisis geotécnicos preliminares.	30
II.6.- Diagnóstico geotécnico.	32
II.7.- Recomendaciones generales preliminares.	34
II.7.1.- Reforzamiento de alcantarillas.	
II.7.2.- Mantenimiento de alcantarillas durante la construcción.	



II.7.3.- Alcantarillas por construir.	
II.8.- Conclusiones.	37
II.9.- Memoria de Cálculo Estructural Km. 644+609.50.	39
II.9.1.- Antecedentes	
II.9.2.- Descripción	
II.9.3.- Materiales	
II.9.4.- Datos	
II.9.5.- Análisis de Cargas	
II.9.6.- Compresión	
II.9.7.- Esfuerzo de Diseño	
II.9.8.- Área de Acero	
II.9.9.- Revisión de Inercia	
II.9.10.- Resistencia de Juntas	
II.9.11.- Conclusión	
III. Procedimiento Constructivo en la Reparación de las Tuberías.	44
Conclusiones.	48
Anexos.	49
Bibliografía.	57



Introducción

El proyecto de la Carretera consta en el Diseño, Modernización y Ampliación del tramo 1 Río Verde – Rayón de 36.60 km. De longitud; y el Diseño y Construcción del Tramo 2 Rayón-La Pitahaya de 68.58 km. de Longitud; y del Diseño Modernización y Ampliación del Tramo 3 La Pitahaya-Cd. Valles de 8.00 km. de longitud que Será de Tipo A2 con un ancho de corona de 12.0 m y ancho de calzada de 7.0 m entre las Ciudades de Rio Verde y Ciudad Valles en San Luis Potosí.

Y una de los problemas que se presenta en esta carretera fueron las Obras de Drenaje en las fallas de tuberías de concreto que al estar ya construidos y soportando cargas de terraplén altas se observaron Agrietamiento tanto en la parte superior e inferior la situación de un posible colapso en dichas Obras de Drenaje, por lo cual se hizo un estudio de tal problema y se toma la decisión de Reparar las 12 tuberías de Concreto reforzándolas con Tuberías de Lámina y con Relleno Fluido el cual queda un espacio entre las tuberías de Concreto y Lámina de 15 centímetros.

Las Tuberías de Lámina fueron fabricados de diferentes calibres dependiendo del daño de cada Obra de Drenaje. El concreto suministrado fue de baja resistencia e Inyectado con Bomba Putzmeister con Mangueras de 2”.

Objetivo General

Lo que se trata en este trabajo es la problemática en las Obras de Drenaje en la Carretera Rio Verde-Cd. Valles, S.L.P. que presenta agrietamientos por el mal diseño por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en las Tuberías de Concreto ya que conlleva a costos dobles a su reparación y buen funcionamiento.



Utilidad del Trabajo

Este trabajo esta dirijo a constructoras de carreteras y al área de Obras de Drenaje y esto con el propósito de tomar en cuenta, el diseño de las tuberías de concreto con respecto al diámetro y grado. De igual forma en su reparación interna de cada Obra se observa el daño estructural ya que se presentan grietas en la parte longitudinal en la clave, en el piso y grietas transversales en las uniones de los tubos.

Resumen Capitular

En el **Capítulo I** trata la Ubicación Geográfica del Proyecto, el Estudio Geológico, las Características de la Carretera, las Obra Projectadas, Clima en la Región en el Estado de San Luis Potosí. Éste tema Práctico es el caso de las Obras de Drenaje en Tuberías de Concreto la situación del problema y la solución de la misma.

En el **Capítulo II** nos enfocamos al estudio de las Doce Tuberías de Concreto Sus Características de las Alcantarillas, el Levantamiento de Daños o sea el agrietamiento de los tubos de concreto y proponer recomendaciones constructivas para su reforzamiento con Tuberías de Lamina con la memoria de Cálculo ya que fueron fabricadas dependiendo de los daños de cada Obra de Drenaje.

En el **Capítulo III** se explica paso a paso el Procedimiento Constructivo de la Reparación de las Tuberías de Concreto con Reforzamiento de Tuberías de Lamina desde su Armado, Colocación e Inyección de Relleno Fluido y Limpieza Final del Trabajo.



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

PROYECTO:	Construcción Modernización y Ampliación de la Carretera Rio Verde-Cd. Valles. San Luis Potosí.
UBICACION DEL PROYECTO:	Estado San Luis Potosí, México
LONGITUD DEL PROYECTO	113.18 Kilómetros.
CONSTRUCTORA:	Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V.
CLIENTE:	Secretaria de Comunicación y Transportes.
TIPO DE CONTRATO:	Contrato de Prestación de Servicios (PPS). A Precio Alzado.
FECHA DE EJECUCION:	29 de noviembre de 2007 y de conclusión Conforme al Programa de la SCT.

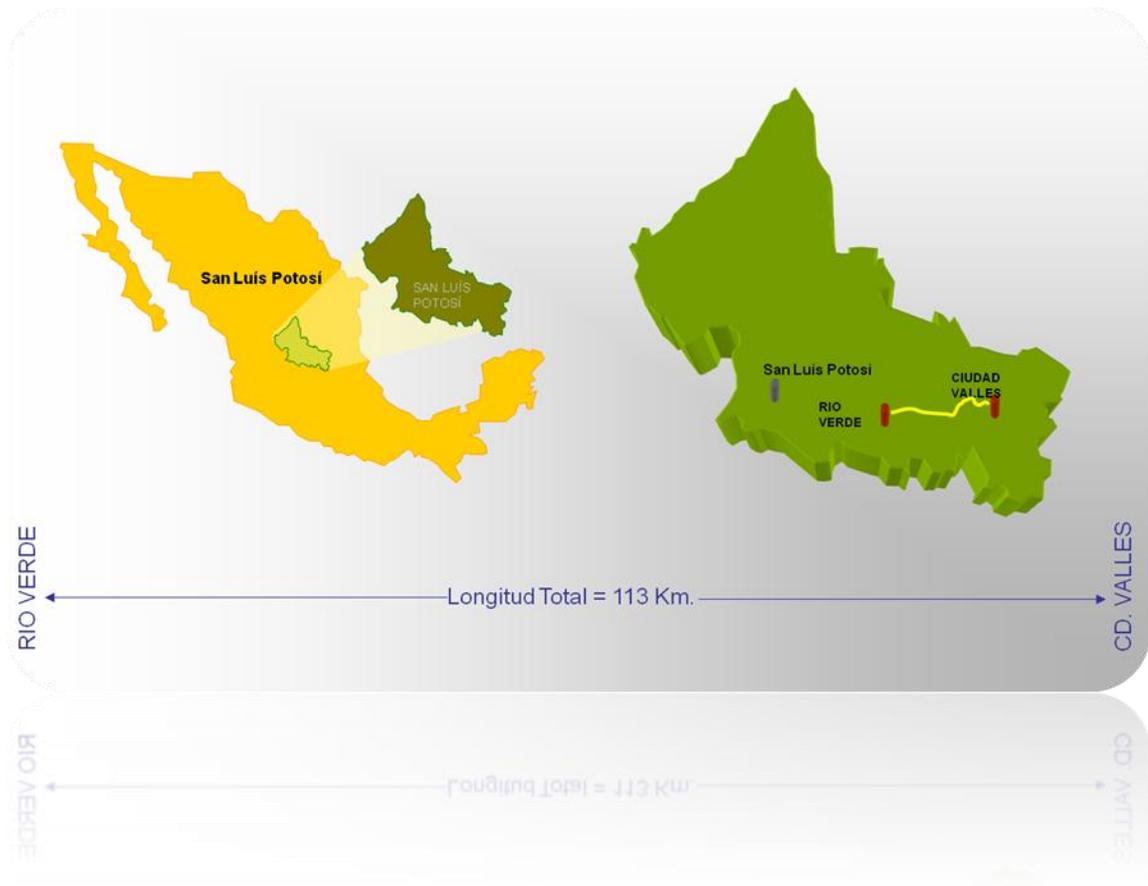


I.- Generalidades

I.1.- Localización

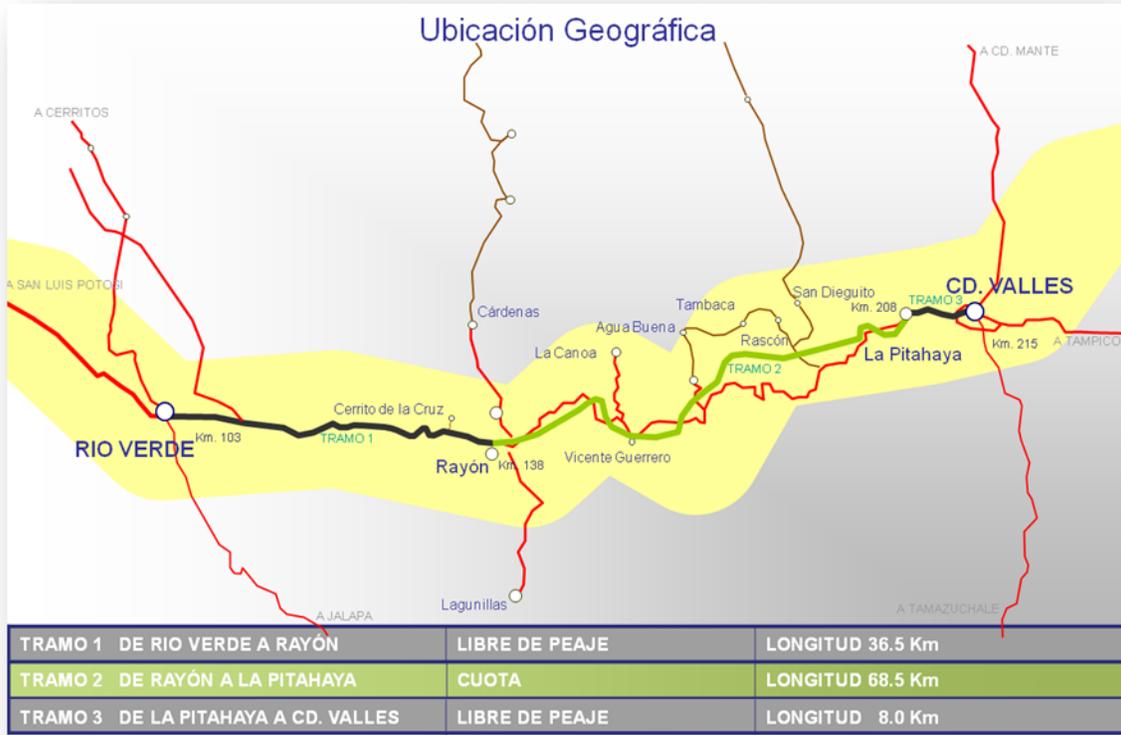
El área de estudio se localiza en la porción Sur - Oriental del Estado de San Luis Potosí, entre las ciudades de Río Verde y Valles, El área presenta buenos accesos para su estudio ya que en general el trazo sigue la misma dirección que la carretera federal que comunica estas ciudades y hay varios caminos vecinales y de terracería que permiten llegar a la mayoría de los puntos importantes de la nueva autopista. El tramo estudiado se inicia al Norte del poblado de Rayón (km 136+500) y termina después del poblado La Pitahaya (km 206+500) aproximadamente 4 km al poniente de Ciudad Valles.

▪ UBICACIÓN GEOGRÁFICA





**REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA
RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.**



• **IMPORTANCIA DEL PROYECTO**





I.2.- El Estudio Geológico

El área de estudio se localiza en la porción Sur-Oriental del Estado de San Luis Potosí, entre las Ciudades de Río Verde y Valles, aproximadamente a lo largo del paralelo 22°. El área presenta buenos accesos para su construcción ya que en general el trazo sigue la misma dirección que la carretera federal que comunica estas ciudades y hay varios caminos vecinales y de terracería que permiten llegar a la mayoría de los puntos importantes de la nueva autopista.

La Carretera tendrá una longitud de 70 kilómetros entre las poblaciones de Rayón y La Pitahaya y será de Tipo A2 con un ancho de corona de 12.0 m y ancho de calzada de 7.0 m. Cruzará la Sierra Madre Oriental descendiendo de la elevación 1000 msnm en la zona de poblado de Rayón hasta la elevación 90 msnm en la zona de Cd. Valles.

El clima según la clasificación Kôeppen es variable: de Seco Muy Cálido en la zona de Río Verde hasta Cálido Sub-húmedo en la zona de Ciudad Valles, predominando en la zona montañosa el clima Templado Semi-cálido con abundante lluvia en verano. La temperatura varía entre 18° y 26° C. La precipitación media anual es de 500 a 1,000 mm. El área se localiza muy cerca de la frontera entre la Zonas Sísmicas A (Baja) y B (Media).

En el área se observa ampliamente el relieve de tipo sedimentario formado principalmente por rocas calcáreas, en forma subordinada se observan otros dos tipos de relieve: el acumulativo y el de rocas ígneas. El primero está matizado por abundantes rasgos cársticos, los cual se manifiestan principalmente entre Vicente Guerrero y La Pitahaya.

La Sierra Madre Oriental es una cadena montañosa originada por el plegamiento y fallamiento intenso de las rocas sedimentarias marinas de edad Mesozoica, cubiertas localmente por rocas ígneas de edad Terciaria. El tramo Río Verde – Ciudad Valles discurre a lo largo de la Unidad Tectónica denominada Plataforma Valles San Luis Potosí.



Las rocas sedimentarias en esta región se encuentran intensamente plegadas formando cordones de montañas alineadas sensiblemente Norte-Sur y NNW – SSE separados por valles alargados que mantienen esta dirección.

Los pliegues por lo general se encuentran recostados hacia el oriente con buzamiento al NE o al SW. Siguiendo esta misma dirección es posible apreciar sobre todo fallamiento tipo normal.

Las rocas del Cretácico están representadas por las formaciones: Méndez, San Felipe, Cárdenas, Agua Buena, Tamasopo y El Abra, esta última del cretácico inferior. Las características de fracturamiento, fallamiento y deformación que presentan las rocas sedimentarias son consecuencia de los procesos tectónicos que las afectaron en el pasado geológico. La secuencia sedimentaria se encuentra plegada. Los plegamientos mayores o de primer orden, que afectan a toda la secuencia sedimentaria, muestran un eje axial con orientación NNW-SSE a N-S. Las estructuras locales o secundarias tipo fractura y falla presentan características geométricas ligeramente similares en todas las unidades litológicas, especialmente en lo que corresponde a su orientación.

El **primer problema potencial** es a presencia de dolinas y cavidades en el subsuelo que se presentan en las formaciones calcáreas, en especial la denominada formación Tamasopo (Ksta). Esta formación constituida por calizas de origen arrecifal, presenta una susceptibilidad muy elevada a ser disuelta por el agua, así que a través de los miles de años la región donde afloran las calizas se ha desarrollado un terreno muy afectado por la cársticidad. Cavidades y dolinas de todas las dimensiones se encuentran en esta región, por lo que representan un problema potencial para la autopista, básicamente en lo que se refiere a la cimentación de los terraplenes y puentes.

El problema de las cavidades es un poco más grave, sobre todo las que se localizan cerca de la superficie con un techo de roca delgado, ya que de no detectarse y tratarse, se puede producir el hundimiento del terreno de forma abrupta. En los planos geológicos de detalle se dibujan algunas zonas donde se sospecha de cavidades en el subsuelo. Se recomienda explorar estas zonas



mediante perforaciones ubicadas sobre el eje del trazo, sin recuperación de muestras y llevando un control de la profundidad de las cavidades en el caso se encontrarse con ellas. La profundidad sugerida para realizar las perforaciones es de 12 a 15 m, separadas a cada 10 o 20 m una de otra a lo largo de las zonas indicadas en este informe.

El **segundo problema potencial** importante es el de la estabilidad y erosión de la roca en los nuevos cortes de la autopista. Estos deben ser estudiados con detalle para que se diseñen los tratamientos de protección superficial y de estabilización definitivos. La unidad geológica más sensible a desarrollar este tipo de problemas es la formación Cárdenas (Ksca).

I.3.- Características de la Autopista

La carretera en estudio tendrá una longitud de 70 kilómetros entre las poblaciones de Rayón y La Pitahaya, y será de Tipo A2 con un ancho de corona de 12.0 m y ancho de calzada de 7.0 m. Este tramo cruza la Sierra Madre Oriental descendiendo de la elevación 1000 msnm en la zona de poblado de Rayón hasta la elevación 90 msnm en la zona de Cd. Valles, aproximadamente. Sin embargo, la Sierra Madre en esta región presenta elevaciones máximas de 1500 msnm.

I.4.- Obras Proyectadas en el Tramo

A lo largo de la carretera se tiene proyectados aproximadamente 8 Entronques siendo la de Río Verde, Cerrito de la Cruz, Rayón, Vicente Guerrero, Tamasopo, Tambaca, La Pitahaya y El Naranjo.; 4 Puentes: El Ídolo, Tortugas, Río Gallinas y El Nacimiento; 1 Viaducto, 13 Pasos Inferiores Vehiculares, 9 Pasos Superiores Vehiculares, 26 Pasos Peatonales en Rampa, 14 Pasos para Ganado y Obras de Drenaje; 162 Tuberías de concreto, 99 Losas, 26 Bóvedas y 4 Tuberías de Lámina.



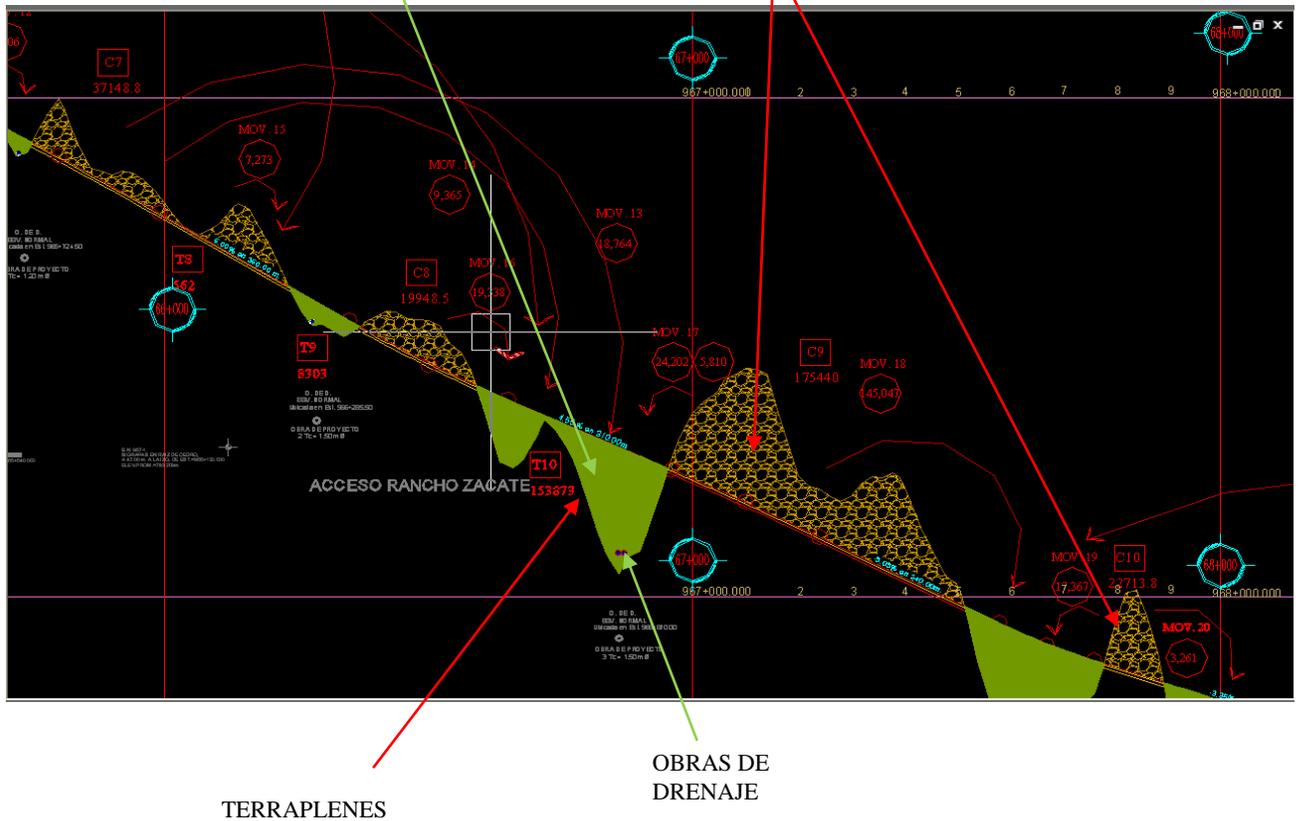
En la construcción de Obras de Drenaje las alcantarillas tubulares de concreto diámetro 1.20 y 1.50 mts. con grado de 2, 3 y 4 respectivamente, se caracterizan por ser estructuras rígidas con o sin refuerzo colocados sobre el terreno para dar paso al agua de un lado a otro de la vialidad puede ser en una zanja o terraplén y ubicada en forma normal o esviada según sea el terreno donde se construyan. Los materiales que se utilicen en la construcción cumplirán con lo establecido en las normas aplicables *Características de los materiales*, salvo que el proyecto indique otra cosa o lo apruebe la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La colocación de las alcantarillas se harán siempre de Aguas Abajo hacia Aguas Arriba, las juntas entre tubos se sellan con mortero de cemento-arena en proporción (1:3). El relleno colocado en los costados y alrededor de los tubos circulares se compactara a mano o con equipo manual en ambos lados en capas de 15 centímetros con el material y al grado de compactación establecidos en el proyecto. Los extremos de las alcantarillas se sujetaran con muros de cabeza de mampostería, concreto ciclópeo o concreto armado.



MOVIMIENTOS DE MATERIAL PRODUCTO
DE LOS CORTES A HACIA LOS
TERRAPLENES

CORTES QUE SE VAN A
REALIZAR



1.5.- Clima y precipitación

El clima según la clasificación Kôeppen es variable: de Seco Muy Cálido en la zona de Río Verde hasta Cálido Sub-húmedo en la zona de Ciudad Valles, predominando en la zona montañosa el clima Templado Semi-cálido con abundante lluvia en verano. La temperatura varía entre 18° y 26° C.

Presenta una precipitación media anual entre 500 y 1,000 mm. Figura 2. En la región se han presentado precipitaciones máximas en un día de 200 a 400 mm, de acuerdo con datos del Instituto de Geografía, UNAM, 1992.

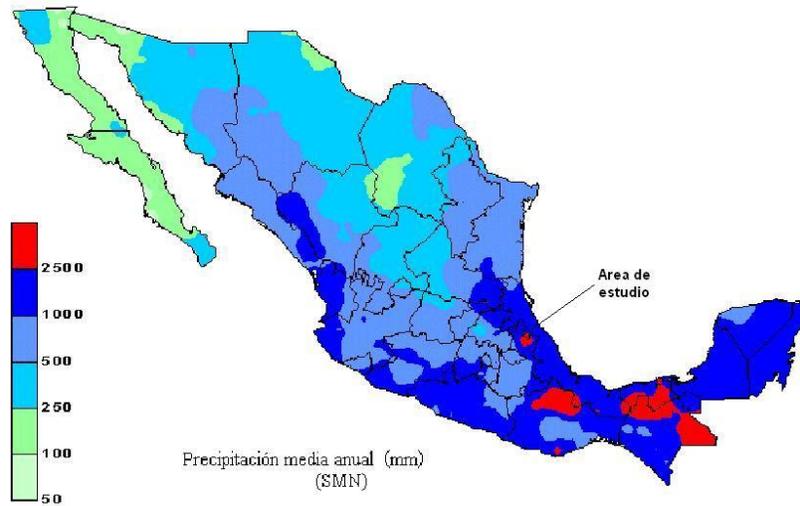


Fig. 2 Mapa de precipitación media anual de la República Mexicana

II.- Inspección Visual de Doce Alcantarillas en la Autopista Rio Verde–Cd. Valles en el Estado de San Luis Potosí.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características de las alcantarillas.

Tabla 2 Características fisiográficas de las cuencas analizadas.

Tabla 3 Tiempos de concentración determinados para las cuencas analizadas.

Tabla 4 Intensidades de lluvia para la estación climatológica San Luis Potosí.

Tabla 5 Gastos estimados para las cuencas analizadas.

Tabla 6 Análisis de los conductos para determinar el diámetro mínimo requerido.

Tabla 7 Cargas máximas sobre la clave de los tubos.

Tabla 8 Comparación de las cargas que actúan sobre las alcantarillas considerando una Instalación en proyección positiva y otra en zanja o proyección negativa.



LISTA DE FIGURAS:

Fig. 1 Localización de las alcantarillas

Fig. 2 Geología regional

Fig. 3 Isoyetas de intensidades para una duración de 5 minutos y un periodo de retorno de 50 años. Grafica publicada por la DGPSTC-SCT “Isoyetas de Intensidad – Duración – Frecuencia, República Mexicana.

Fig. 4 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 641+758

Fig. 5 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 642+187.50 (apuntalada)

Fig. 6 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 641+112

Fig. 7 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 640+807

Fig. 8 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 640+200

Fig. 9 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 647+360

Fig. 10 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 743+280

Fig. 12 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 647+787 (apuntalada)

Fig. 13 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 650+300

Fig. 14 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 650+090

Fig. 15 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 644+608 (apuntalada)

Fig. 16 Diagrama típico de momentos flexionantes en una alcantarilla rígida y ubicación Sistemática de daños.

Fig. 17 Diagrama para el cálculo de cargas en alcantarillas formula de Marston

Fig. 18 Recomendaciones para el reforzamiento de alcantarillas

Fig. 19 Procedimiento denominado “zanja inducida”



II.1.- INTRODUCCIÓN

Tubocreto de Morelos S.A. de C.V. solicitó a Proyectos Geotécnicos e Infraestructura la inspección visual de doce alcantarillas ubicadas en la futura autopista Río Verde–Cd. Valles que actualmente se encuentra en construcción, en el estado de San Luis Potosí, con la finalidad de determinar las causas que han provocado el agrietamiento de los tubos y proponer algunas recomendaciones constructivas para su reforzamiento.

II.2.- TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo contemplaron las siguientes actividades:

- Levantamiento geométrico de las alcantarillas, que incluye su orientación con respecto a la vialidad, diámetro, longitud, pendiente y una sección topográfica al eje del tubo para determinar la altura máxima del terraplén.
- Levantamiento detallado de los daños que presentan cada uno de los tubos con los que están constituidas las alcantarillas.
- Reconocimiento geológico geotécnico a lo largo del tramo donde se ubican las alcantarillas.
- Delimitación de las cuencas de aportación de cada alcantarilla para estimar el gasto máximo, tomando como base la carta topográfica de INEGI F14-C18 Tamasopo.

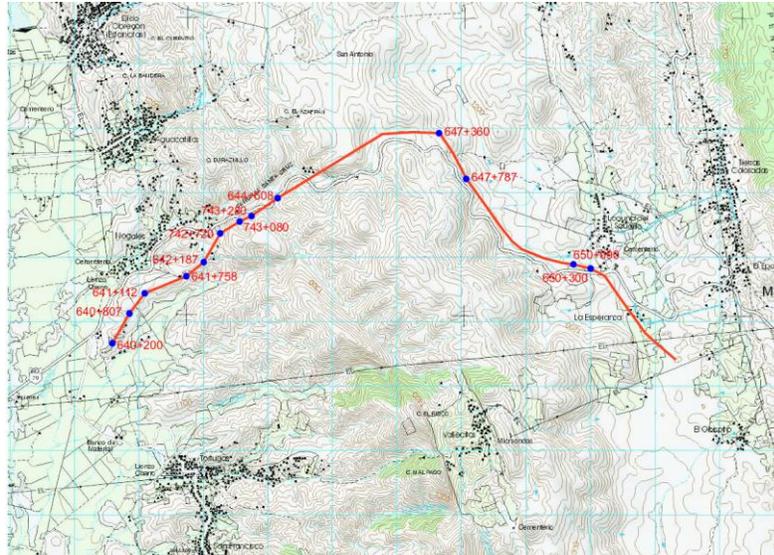
II.3.- OBSERVACIONES DE CAMPO

II.3.1 Características de las alcantarillas

Las alcantarillas inspeccionadas se localizan en un tramo de unos 8 km, Fig. 1, y están constituidas por tubos de concreto clase 2 de 1.22 y 1.52 m de diámetro, longitudes variables de 16.0 a 105.0 m, muros cabeza a la entrada y salida de concreto y alturas de terraplén o terraplén de 1.0 a 24.0 m, como se indica en la tabla 1



Conviene comentar que ninguna alcantarilla cuenta con cajas de captación a la entrada lo que ha ocasionado que algunas de ellas se encuentren obstruidas con los materiales con los que han sido conformados los terraplenes y pedraplenes.



II.3.2.- Condiciones geológico geotécnicas del tramo

De acuerdo con los recorridos de inspección la geología del tramo donde se ubican las alcantarillas está constituida por depósitos aluvio-fluviales calichosos, lutitas arenosas café rojizo e intercalaciones de calizas arenosas y lutitas pertenecientes al Cretácico Superior, Fig. 2.

II.3.3.- Levantamiento de daños

De manera sistemática las alcantarillas presentan grietas transversales en las uniones de los tubos y grietas longitudinales en la clave y en el piso con aberturas que van de 1 a 5 mm; a partir de los daños que presentan los tubos fue posible establecer una clasificación arbitraria como a continuación se indica:

Alcantarillas con daño estructural mayor. Aquellas en las que los tubos presentan grietas con aberturas mayores a 5 mm, con o sin desprendimiento de concreto.

Alcantarillas con daño estructural medio. Aquellas que presentan grietas con aberturas de entre 2 y 4 mm, sin desprendimiento de concreto,

Alcantarillas con daño estructural leve. Aquellas cuyas aberturas de las grietas son menores a 1.5 mm.



REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.

En la Tabla 1 se muestra el tipo de daño que presenta cada una de las alcantarillas inspeccionadas y de las Figs. 4 a 15 se ilustra el levantamiento de daños efectuado, cabe destacar que aquellas que tienen daño estructural mayor tienen alturas de terraplén mayores a 10.00 m.

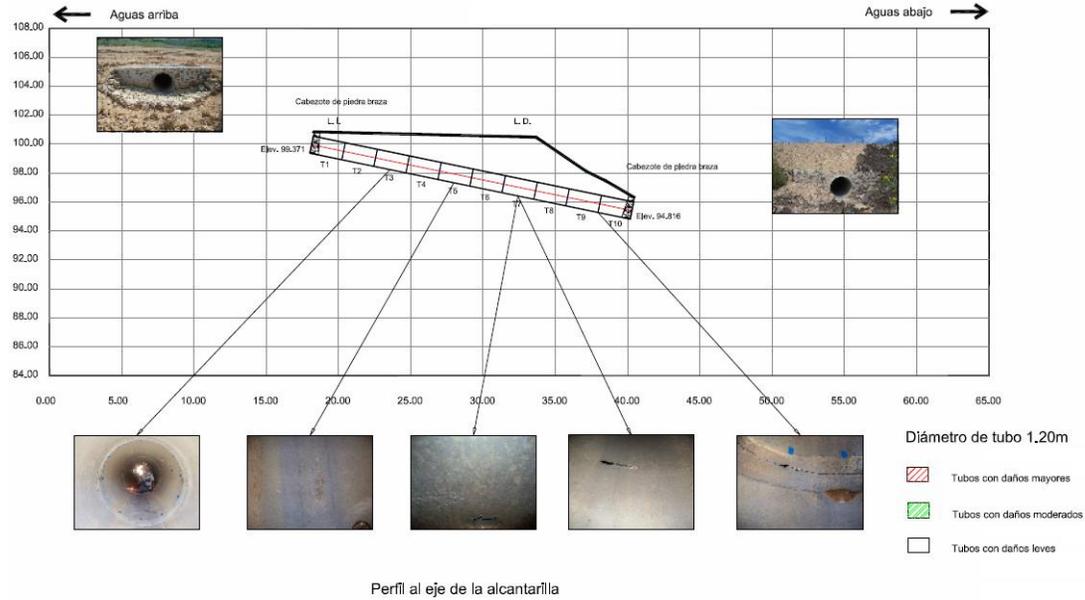


Fig. 8 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 640+200

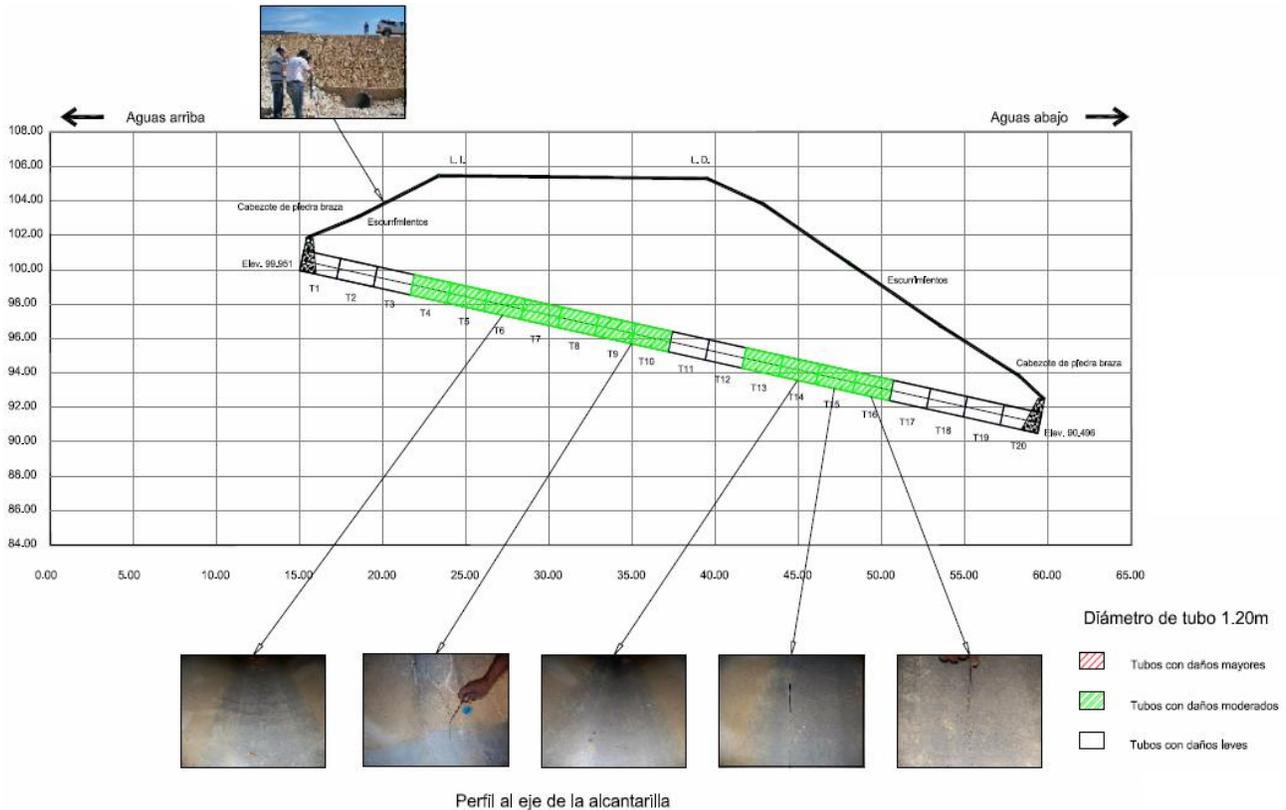


Fig. 7 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 640+807



REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.

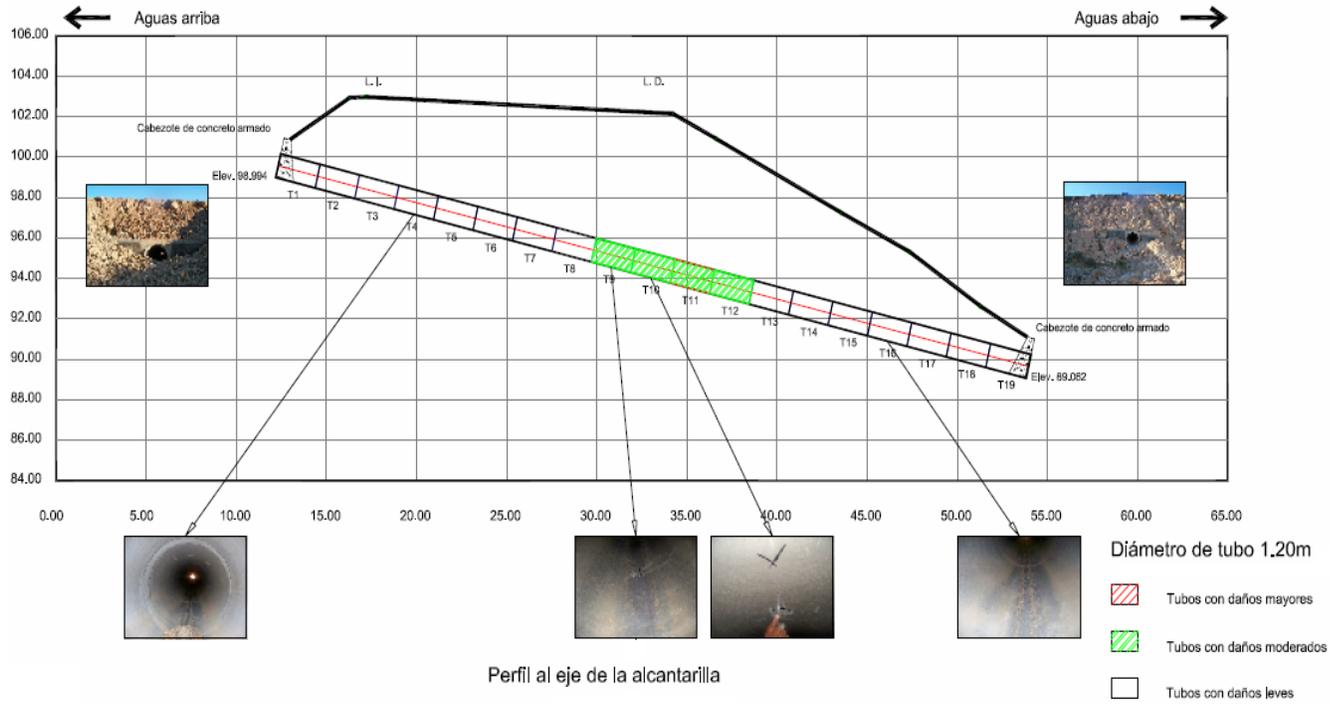


Fig. 6 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 641+112

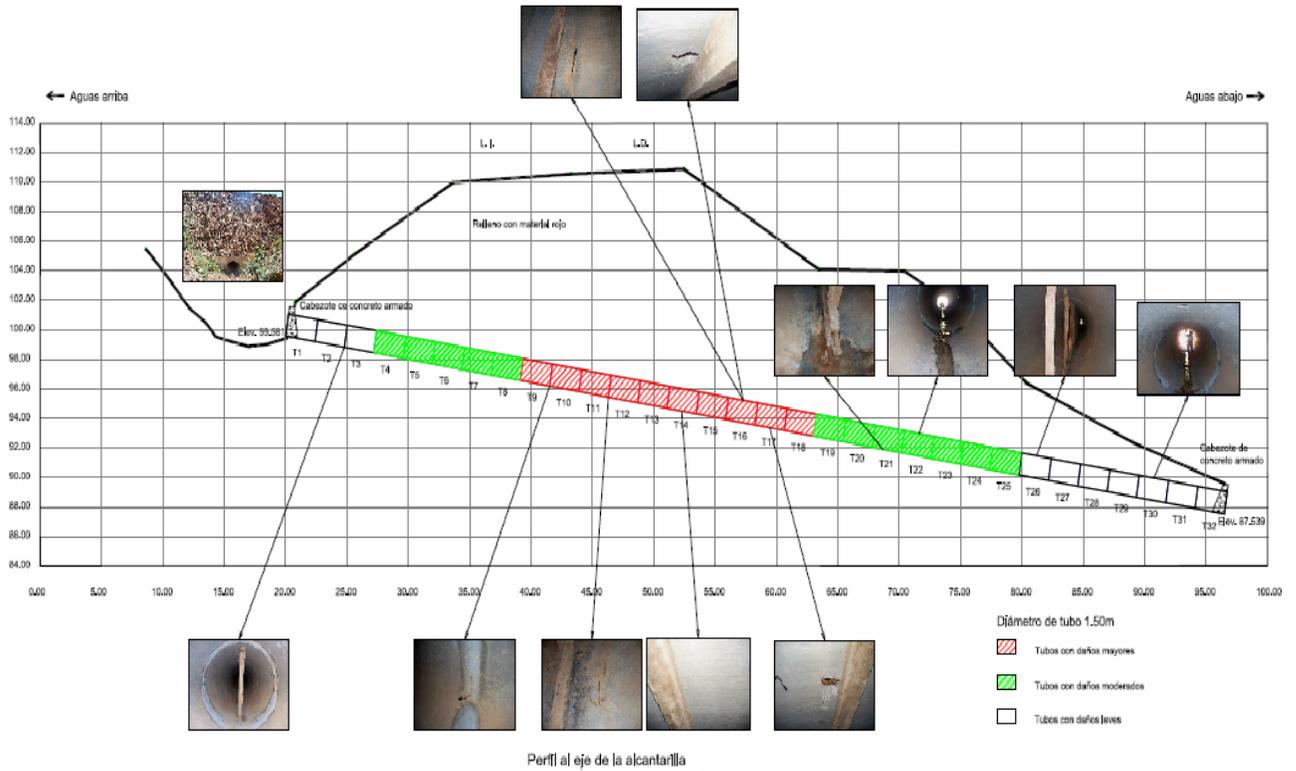
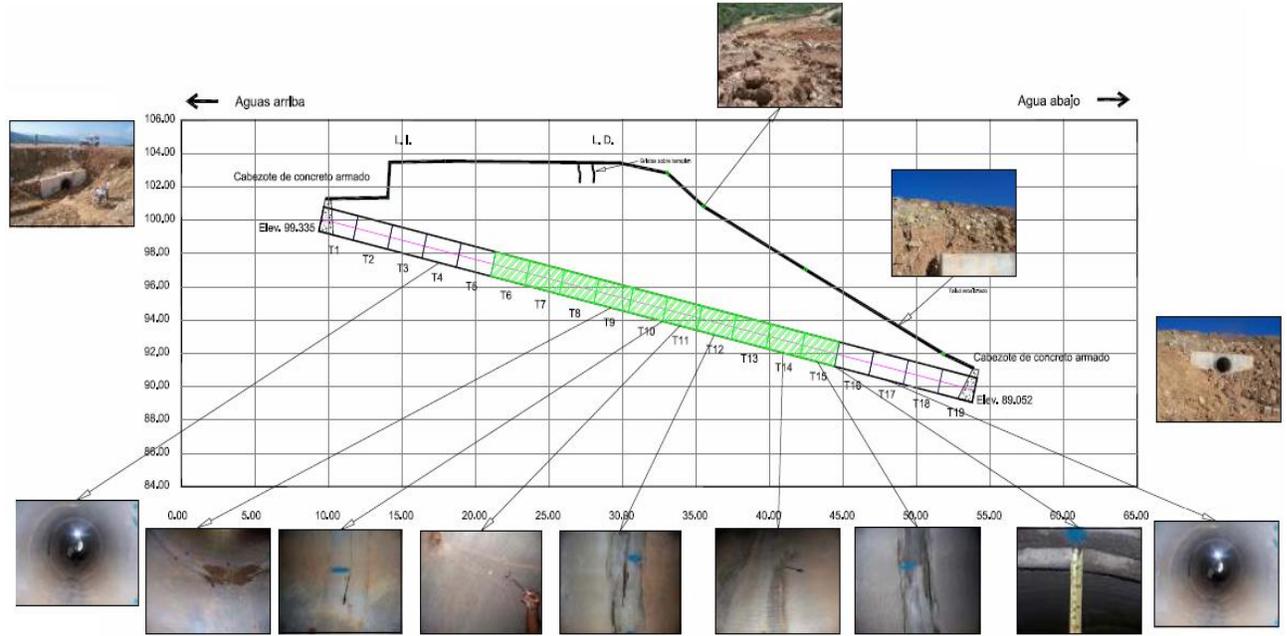


Fig. 5 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km 642+187.50 (apuntalada)



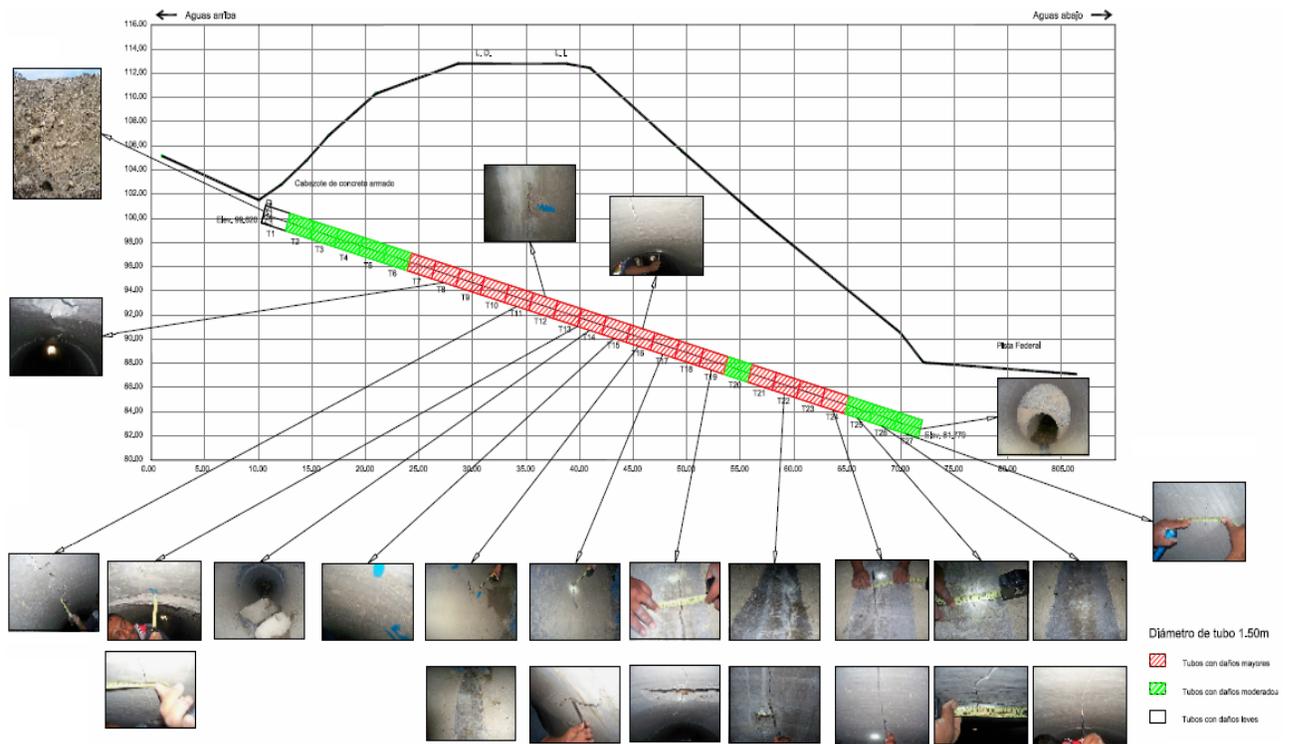
REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.



Perfil al eje de la alcantarilla
Fig. 4 Levantamiento de daños en alcantarilla del km. 641+758

Diámetro de tubo 1,50m

- Tubos con daños mayores
- Tubos con daños moderados
- Tubos con daños leves



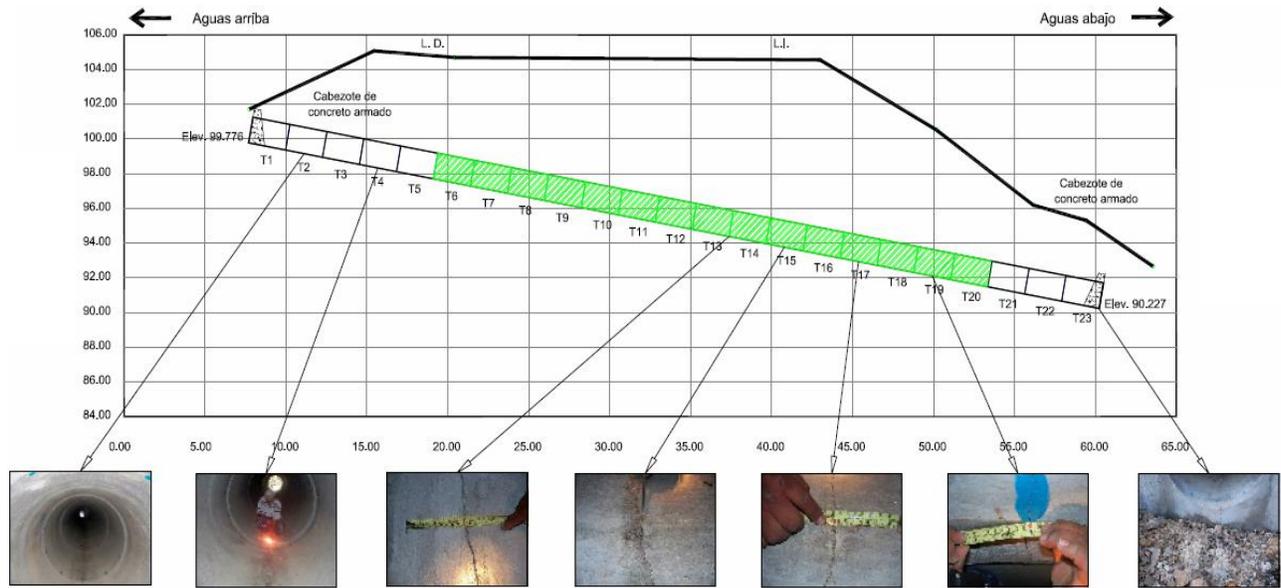
Perfil al eje de la alcantarilla
Fig. 10 Levantamiento de daños en alcantarilla del km 743+280

Diámetro de tubo 1,50m

- Tubos con daños mayores
- Tubos con daños moderados
- Tubos con daños leves



REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.

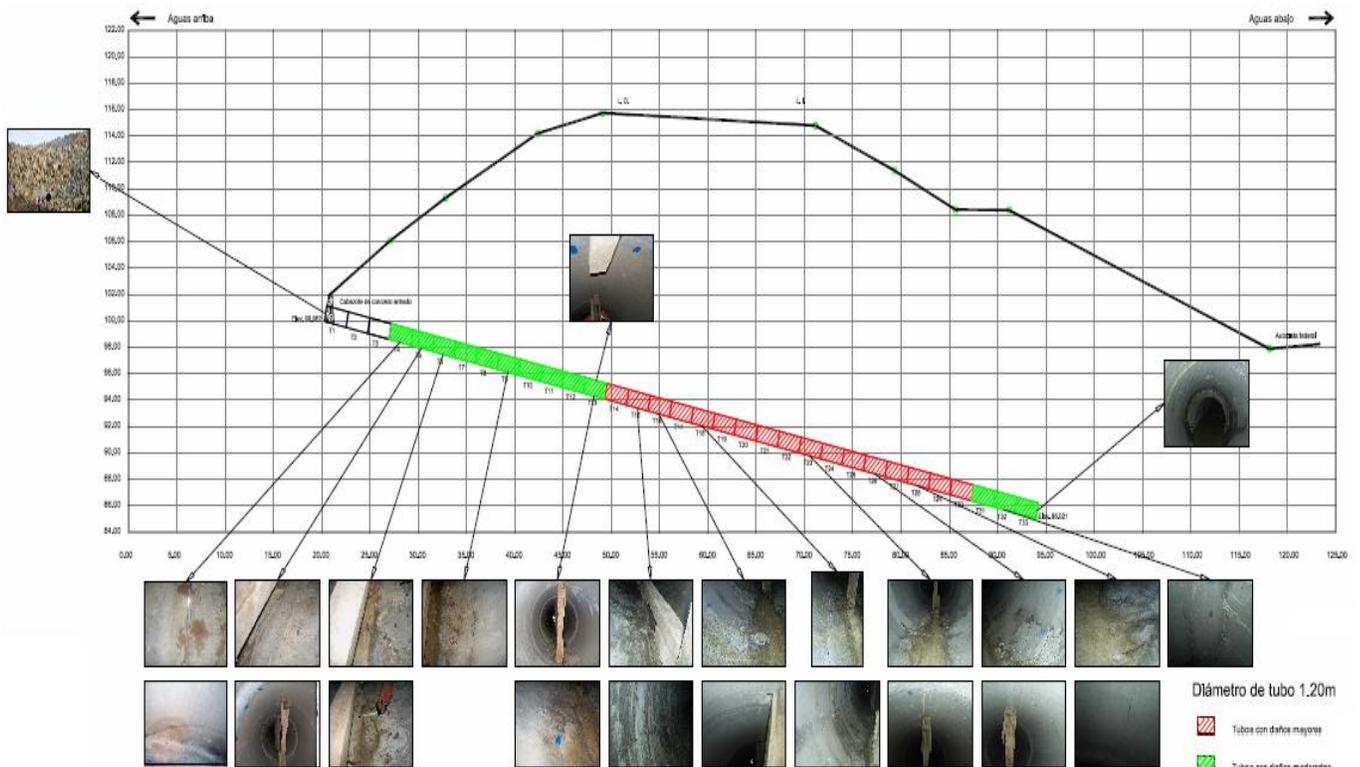


Perfil al eje de la alcantarilla

Fig. 9 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 647+360

Diámetro de tubo 1.50m

- Tubos con daños mayores
- Tubos con daños moderados
- Tubos con daños leves



Perfil al eje de la alcantarilla

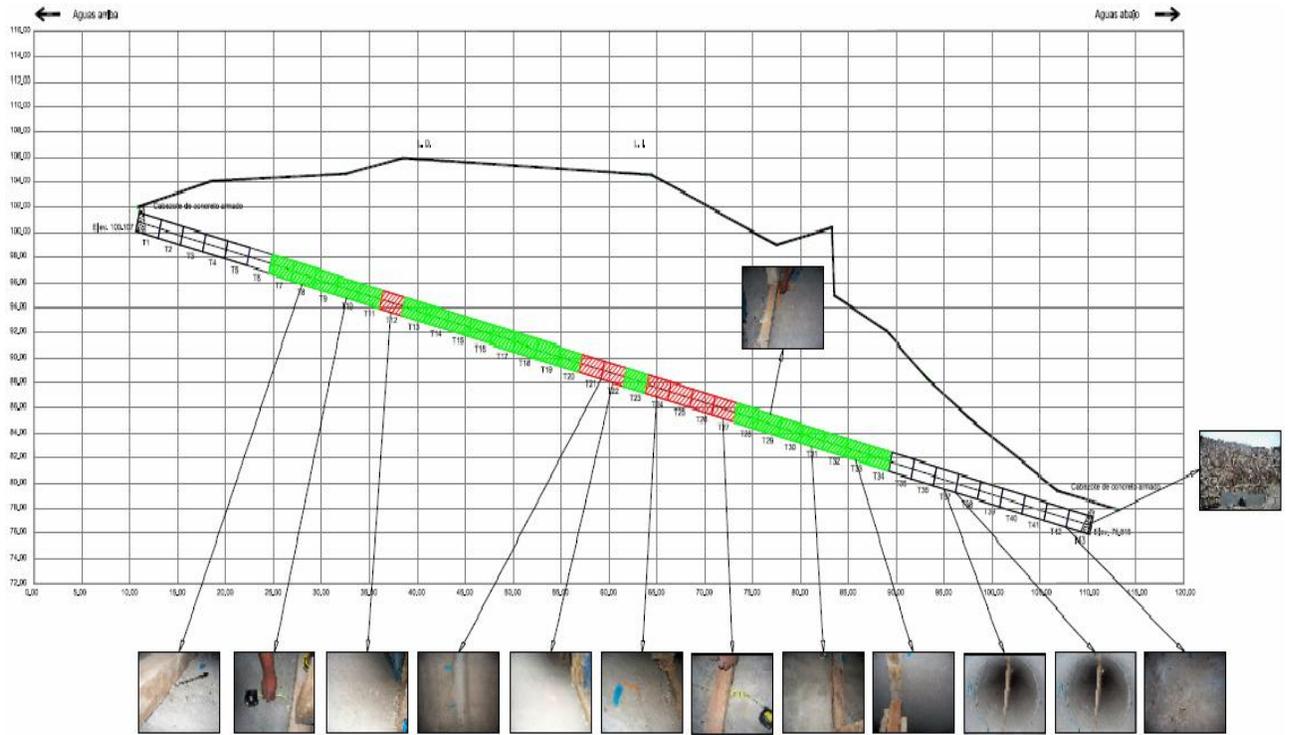
Fig. 15 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 644+608 (apuntalada)

Diámetro de tubo 1.20m

- Tubos con daños mayores
- Tubos con daños moderados
- Tubos con daños leves



REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.

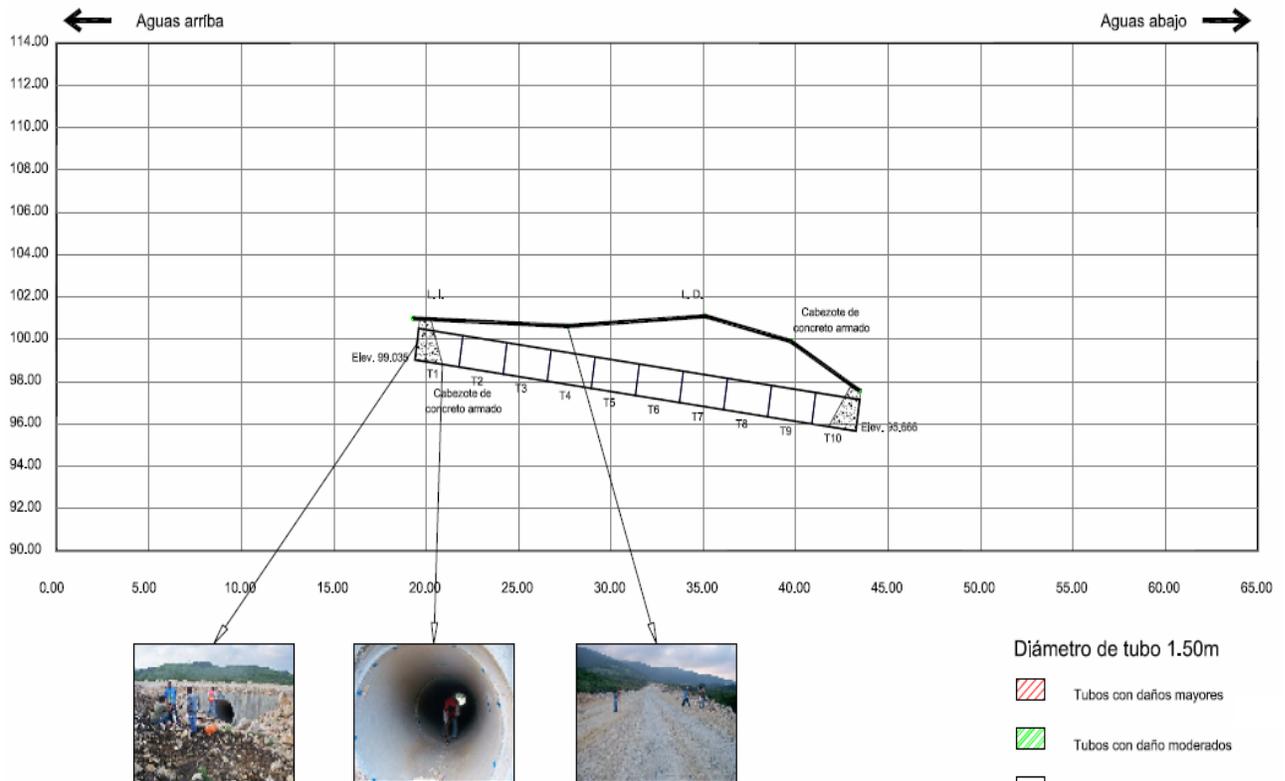


Perfil al eje de la alcantarilla

Fig.12 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km 647+787 (apuntalada)

Diámetro de tubo 1.50m

- Tubos con daños mayores
- Tubos con daños moderados
- Tubos con daños leves



Perfil al eje de la alcantarilla

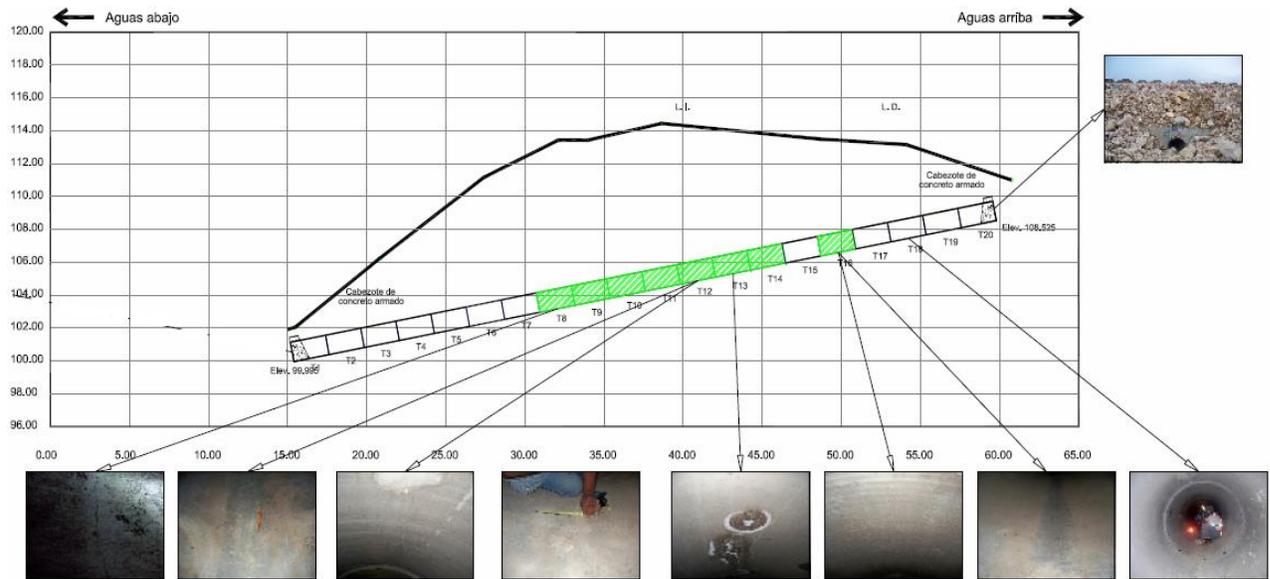
Fig. 14 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km 650+090

Diámetro de tubo 1.50m

- Tubos con daños mayores
- Tubos con daño moderados
- Tubos con daño leves



REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.



Perfil al eje de la alcantarilla

Fig. 13 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 650+300

Diámetro de tubo 1.20m

- Tubos con daños mayores
- Tubos con daños moderados
- Tubos con daños leves



Tabla 1 Características de las alcantarillas

Ubicación de la alcantarilla	Diámetro (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Altura Máxima del Terraplén	Tipo de daño
640+200,00	1,22	23,00	8,20	3,00	leve
640+807,00	1,22	46,00	21,00	9,50	medio
641+112,00	1,22	43,70	23,30	7,00	leve
641+758,00	1,52	45,60	23,10	8,00	leve
642+187,50	1,52	76,80	15,90	15,00	mayor
743+080,00	1,52	106,25	21,50	35,00	mayor
743+280,00	1,52	64,80	28,60	21,00	mayor
644+608,00	1,22	75,90	20,20	25,00	mayor
647+360,00	1,52	55,20	17,60	10,00	medio
647+787,50	1,52	103,20	24,20	17,00	mayor
650+090,00	1,52	24,00	14,20	3,00	leve
650+300,00	1,22	46,00	18,90	10,00	leve

Las alcantarillas de los kms 642+187, 647+787 y 644+608 se encuentran apuntaladas y en la Fig. 16 se muestra la ubicación sistemática de los daños que presentan las tuberías.

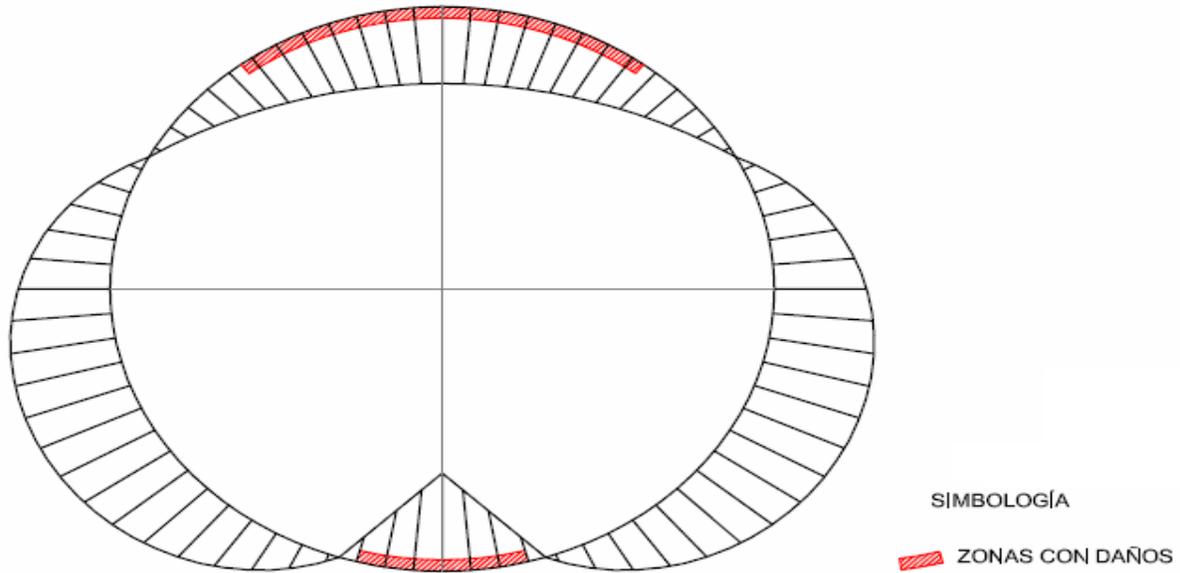


Fig. 16 Diagrama típico de momentos flexionantes en una alcantarilla rígida y ubicación sistemática de daños

II.4.- REVISIÓN HIDROLÓGICA GENERAL

La revisión hidrológica general consistió en evaluar la eficiencia de los tubos que constituyen las alcantarillas a lo largo del tramo y calcular el gasto máximo en cada una de ellas tomando en cuenta las áreas de las cuencas de aportación delimitadas a partir de la carta topográfica de INEGI F14-C18 Tamasopo.

Con esta finalidad se aplicó la fórmula racional utilizando los datos de intensidad de lluvia para la estación climatológica San Luis Potosí, registrados en la publicación de la DGPSTC-SCT "Isoyetas de Intensidad-Duración-Frecuencia, República Mexicana", SCT, 2000, Fig. 3, y las características fisiográficas de las cuencas identificadas en las cartas de INEGI. La fórmula del método racional es la siguiente:



$$Q_p = 0.2778 C i A_c$$

Donde:

Q_p Gasto Máximo posible que puede presentarse en la cuenca cuando la duración de la precipitación es igual o mayor que el tiempo de concentración. Conocido también como gasto de equilibrio en m³/s.

C Coeficiente de escurrimiento que representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa. Para las condiciones de la cuenca en estudio su valor se selecciona de acuerdo al tipo de suelo y vegetación.

i Intensidad de lluvia en mm/hr.

A_c Área de la cuenca por drenar en km²

A partir de las cartas de INEGI se determinó que las áreas de aportación de las cuencas son menores a 1 km². En la Tabla 2 se describen las características fisiográficas de las cuencas analizadas:

El coeficiente de escurrimiento C, se determinó considerando una zona de pradera con bosque denso y suelos arenosos escarpados.

Con estas características se determinaron los tiempos de concentración, Tabla 3, y las intensidades correspondientes obtenidas de la publicación DGPSTC-SCT "Isoyetas de Intensidad-Duración-Frecuencia, República Mexicana", SCT, 2000, Tabla 4.

Tabla 2 Características fisiográficas de las cuencas analizadas

Datos de las áreas de aportación:						
	644+608	647+360	647+787	650+090	650+300	
<i>A_c</i> =	0.075	0.149	0.226	0.088	0.113	km ²
<i>L</i> =	0.391	0.595	0.713	0.357	0.405	km
<i>a superior</i> =	1340	1385	1356	1198	1195	
<i>ota infeior</i> =	1227	1265	1241	1133	1130	
<i>Desnivel</i> =	113	120	115	65	65	m
<i>S</i> =	0.2890	0.2017	0.1613	0.1821	0.1605	
<i>C</i> =	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	



Tabla 3 Tiempos de concentración determinados para las cuencas analizadas

Los tiempos de concentración calculados son:

	644+608	647+360	647+787	650+090	650+300	
Velocidad=	2	3	4	6	7	m/s
t_{c1} =	3	3	3	1	1	minutos
t_{c2} =	3	5	6	3	4	minutos (Fórmula de Kirp
t_{c3} =	3	5	6	3	4	minutos (Fórmula de Ro

Para que se alcance la condición de gasto de equilibrio, la duración de la lluvia deberá ser igual o el tiempo de concentración

Tabla 4 Intensidades de lluvia para la estación climatológica San Luis Potosí

RESUMEN DE INTENSIDADES PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO PUBLICADOS POR LA SCT, EDICIÓN 2000.

(Intensidades en mm./hora)

T_r años	Duración			
	5	10	20	30
	0.08	0.17	0.33	0.50
10	184.0	128.0	90.0	75.0
25	235.0	166.0	112.0	94.0
50	273.0	191.0	129.0	108.0
100	311.0	215.0	145.0	121.0

Tomando en consideración que los tiempos de concentración corresponden a 5 minutos en promedio, se aplicó la fórmula del método Racional Americano para una duración de 5 minutos y un período de retorno de 50 años recomendado para este tipo de estructuras. Se obtuvieron los gastos esperados para cada cuenca tipo:



Tabla 5 Gastos estimados para las cuencas analizadas

Cuenca	Gasto en litros por segundo
644+608	1,142
647+360	2,260
647+787	3,428
650+090	1,335
650+300	1,714

Los diámetros necesarios, considerando las pendientes iguales o mayores al 10%, observadas en las visitas de inspección resultaron como mínimo de 0.60 y de 0.76 m de diámetro, por lo que las alcantarillas de 1.22 y 1.52 m de diámetro son suficientes para conducir los gastos determinados.



Tabla 6 Análisis de los conductos para determinar el diámetro mínimo requerido

Capacidad de los conductos funcionando como canal con máxima eficiencia (tirante al 83% del diámetro)						
Datos: (condiciones normales)	C o n d u c t o					Unidad
	644+608	647+360	647+787	650+090	650+300	
D=	24	30	30	24	24	Pulg.
D=	0.6096	0.762	0.762	0.6096	0.6096	m.
R=	0.3048	0.381	0.381	0.3048	0.3048	m.
S=	0.202	0.176	0.242	0.142	0.189	
d=	0.5060	0.6325	0.6325	0.5060	0.5060	m.
C=	0.6600	0.6600	0.6600	0.6600	0.6600	
W=	0.7208	0.7208	0.7208	0.7208	0.7208	grados
A=	0.26	0.40	0.40	0.26	0.26	m ²
Pm=	1.40	1.75	1.75	1.40	1.40	m.
Rh=	0.19	0.23	0.23	0.19	0.19	m.
B=	0.46	0.57	0.57	0.46	0.46	m.
n=	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	
V=	7.306	7.913	9.279	6.126	7.067	m3/s.
Q=	1.89	3.20	3.75	1.59	1.83	m/s.
(condiciones críticas)						
Tirante crítico (dc)=	0.61	0.76	0.76	0.61	0.61	m
Ancho SL (Bc)=	0.07	0.09	0.07	0.10	0.07	m
C=	0.9937	0.9929	0.9962	0.9874	0.9929	
W=	1.4588	1.4516	1.4841	1.4118	1.4513	grados
Ac=	0.29	0.46	0.46	0.29	0.29	m ²
Pmc=	1.85	2.30	2.33	1.82	1.84	m
Rhc=	0.16	0.20	0.20	0.16	0.16	m
Velocidad (Vc)=	6.48	7.02	8.23	5.44	6.27	m/s.
Tirante hidráulico Yc=	4.28	5.03	6.91	3.02	4.01	m
Número de Froude (Fc)=	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Pendiente (Sc)=	0.1969	0.1711	0.2384	0.1358	0.1358	0.1837

II.5.- ANÁLISIS GEOTÉCNICOS PRELIMINARES

Los análisis geotécnicos preliminares se enfocaron a determinar la carga sobre la clave de las alcantarillas aplicando la fórmula de Martson:

$$W = C * \gamma * B^2$$

Donde:



W Carga sobre la alcantarilla en kgs por metro lineal.

C Coeficiente adimensional de carga para conductos en proyección, obtenido de manera gráfica, Fig. 17, en función de la relación H/B.

H Altura del terraplén sobre la clave del tubo.

B² Diámetro del tubo en m.

γ □ Peso volumétrico del material en kg/m³

Tomando en cuenta el diámetro de los tubos y la altura del terraplén determinados a partir del levantamiento geométrico y considerando que la tubería se proyectará en un 80% se obtuvo la carga máxima para cada alcantarilla.

En la tabla 7 se presenta las cargas máximas determinadas para cada alcantarilla.

Tabla 7 Cargas máximas sobre la clave de los tubos

								Resistencia de los Tubos Grado 2, Método de los 3 Apoyo	
Ubicación de la Alcantarilla	Diámetro	Altura Máxima del Terraplén	Tipo de Daño	H/B	C	W	Peso del Terraplén	Carga a la Primera Grieta kg	Carga Máxima al Aplastamiento kg
	(m)			-	-	kg	kg		
640+200	1,22	3,00	leve	2,46	3,89	9.846,6	4,800	8,086	12,441
640+807	1,22	9,50	medio	7,79	14,81	37.469,2	15,200	8,086	12,441
641+112	1,22	7,00	leve	5,74	10,61	26.845,2	11,200	8,086	12,441
641+758	1,52	8,00	leve	5,26	9,64	37.851,9	12,800	10,075	15,500
642+187	1,52	15,00	mayor	9,87	19,07	74.914,2	24,000	10,075	15,500
743+080	1,52	35,00	mayor	-	-	-	-	10,075	15,500
743+280	1,52	21,00	mayor	13,82	27,16	106.681,9	33,600	10,075	15,500
644+609	1,22	25,00	mayor	20,49	40,84	103.338,4	40,000	8,086	12,441
647+360	1,52	10,00	medio	6,58	12,33	48.441,1	16,000	10,075	15,500
647+787	1,52	17,00	mayor	11,18	21,77	85.503,4	27,200	10,075	15,500
650+090	1,52	3,00	leve	1,97	2,96	11.628,0	4,800	10,075	15,500
650+300	1,22	10,00	leve	8,20	15,65	39.594,0	16,000	8,086	12,441



De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 2 todas las alcantarillas están tomando una carga mayor al peso del prisma de suelo que se encuentra sobre la clave de los tubos y sólo las alcantarillas de los kms 640+200, y 650+090 se encuentran en el intervalo de carga comprendido en donde aparece la primera grieta y donde ocurre el aplastamiento.

II.6.- DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO

La explicación del porqué los tubos están tomando una carga mayor al peso del prisma de suelo que se localiza sobre su clave, se debe al tipo de instalación que se está llevando a cabo en proyección positiva, Fig. 17; si los tubos se hubieran colocado en una zanja, en proyección negativa, las cargas que actuarían sobre los tubos serían menores a los del peso del prisma como se indica en la Tabla 8.

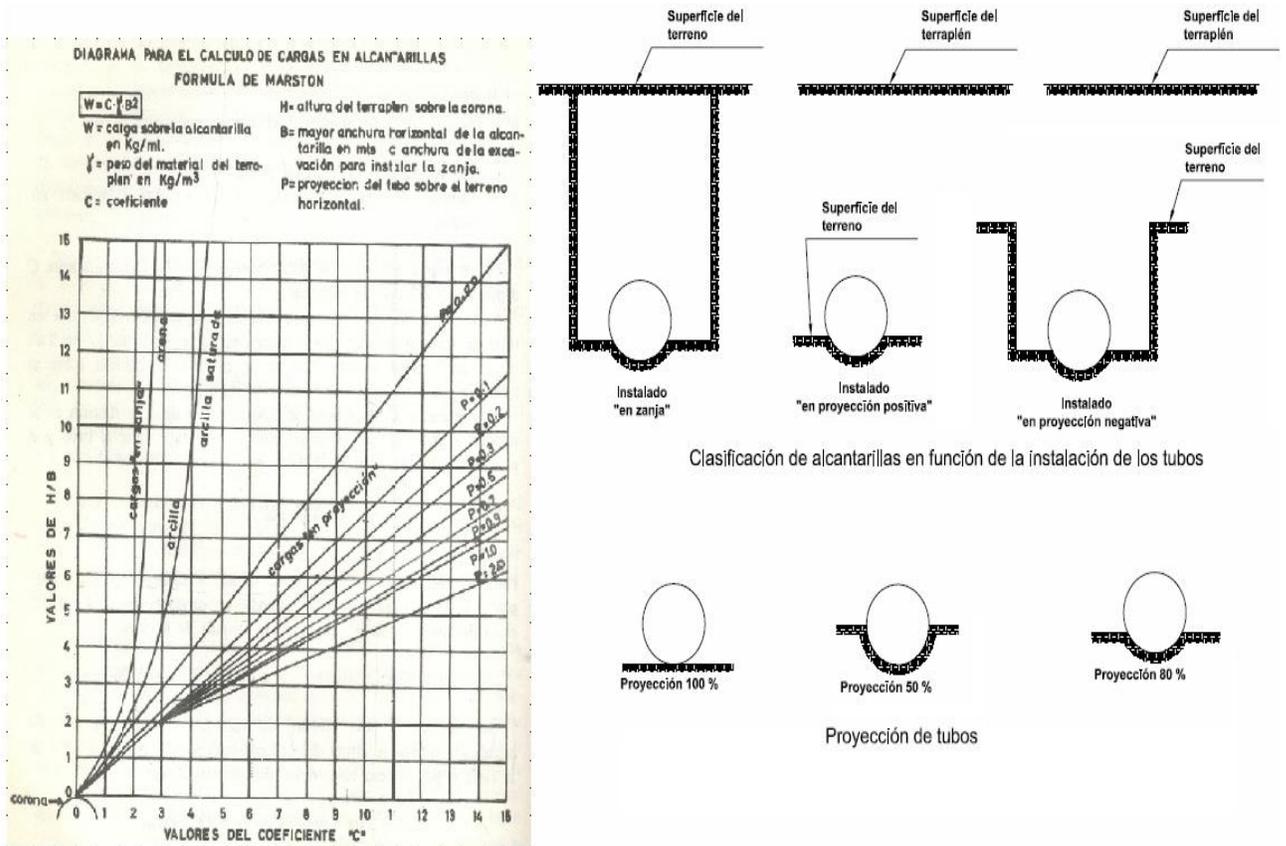


Fig.17 Diagrama para el cálculo de cargas en alcantarillas formula de marston



En la Tabla 8, se puede apreciar que la instalación de la alcantarilla en proyección positiva soporta una carga de 2 a 8 veces más que si se instala en una zanja o proyección negativa. Es importante anotar que aún así, si los tubos se hubieran instalado en una zanja el Grado 2 que se empleó resultaría insuficiente para soportar las cargas.

Tabla 8 Comparación de las cargas que actúan sobre las alcantarillas considerando una instalación en proyección positiva y otra en zanja o proyección negativa.

Ubicación de la Alcantarilla	Diámetro (m)	Altura Máxima del Terraplén	H/B -	Peso del Prisma kg	Instalado en Proyección Positiva en		Instalado en Zanja, Proyección Negativa		Grado del Tubo Requerido
					C -	W kg	C -	W kg	
640+200	1.22	3.00	2.46	4800	3.89	9,846.6	2,000	5,060.6	2
640+807	1.22	9.50	7.79	15200	14.81	37,469.2	3,700	9,362.0	3
641+112	1.22	7.00	5.74	11200	10.61	26,845.2	3,300	8,349.9	3
641+758	1.52	8.00	5.26	12800	9.64	37,851.9	3,200	12,568.6	4
642+187	1.52	15.00	9.87	24000	19.07	74,914.2	4,000	15,710.7	4
743+080	1.52	35.00	-		-	-	-	-	4
743+280	1.52	21.00	13.82	33600	27.16	106,681.9	4,300	16,889.0	4
644+609	1.22	25.00	20.49	40000	40.84	103,338.4	5,000	12,651.4	4
647+360	1.52	10.00	6.58	16000	12.33	48,441.1	3,500	13,746.9	4
647+787	1.52	17.00	11.18	27200	21.77	85,503.4	4,200	16,496.3	4
650+090	1.52	3.00	1.97	4800	2.96	11,628.0	1,700	6,677.1	2
650+300	1.22	10.00	8.20	16000	15.65	39,594.0	3,800	9,615.1	3



II.7.- RECOMENDACIONES GENERALES PRELIMINARES

II.7.1.- Reforzamiento de alcantarillas

Alcantarillas con daño estructural mayor. Las alcantarillas de los kms 642+187, 743+080, 743+280, 647+787 y 644+608 deberán reforzarse internamente en toda su longitud. Previo al reforzamiento deberá efectuarse una inyección de consolidación en toda la alcantarilla como se indica en la Fig. 18, posteriormente se reforzará internamente con una tubería de acero de 5/8 de espesor y finalmente se efectuará una inyección de contacto para rellenar el espacio anular entre el tubo de concreto y el de acero. Para definir el diámetro final del tubo de acero es necesario obtener diferentes secciones a lo largo de la alcantarilla y tomar como referencia la que presente mayores deformaciones. La alcantarilla del km 743+080 además requiere de una limpieza previa para retirar el azolve que tiene en su interior.

Alcantarillas con Daño Estructural Medio. Las alcantarillas de los kms 647+360 y 640+807 deberán reforzarse internamente sólo en los tramos dañados, de la misma forma que se indicó en el párrafo anterior. Previo al reforzamiento deberá efectuarse la inyección de consolidación a lo largo de toda la alcantarilla.

Alcantarillas con Daño Leve. En las alcantarillas de los kms 641+112, 650+300 y 641+758, cuyas alturas de terraplén son mayores a 5.0 m, únicamente deberá efectuarse la inyección de consolidación.

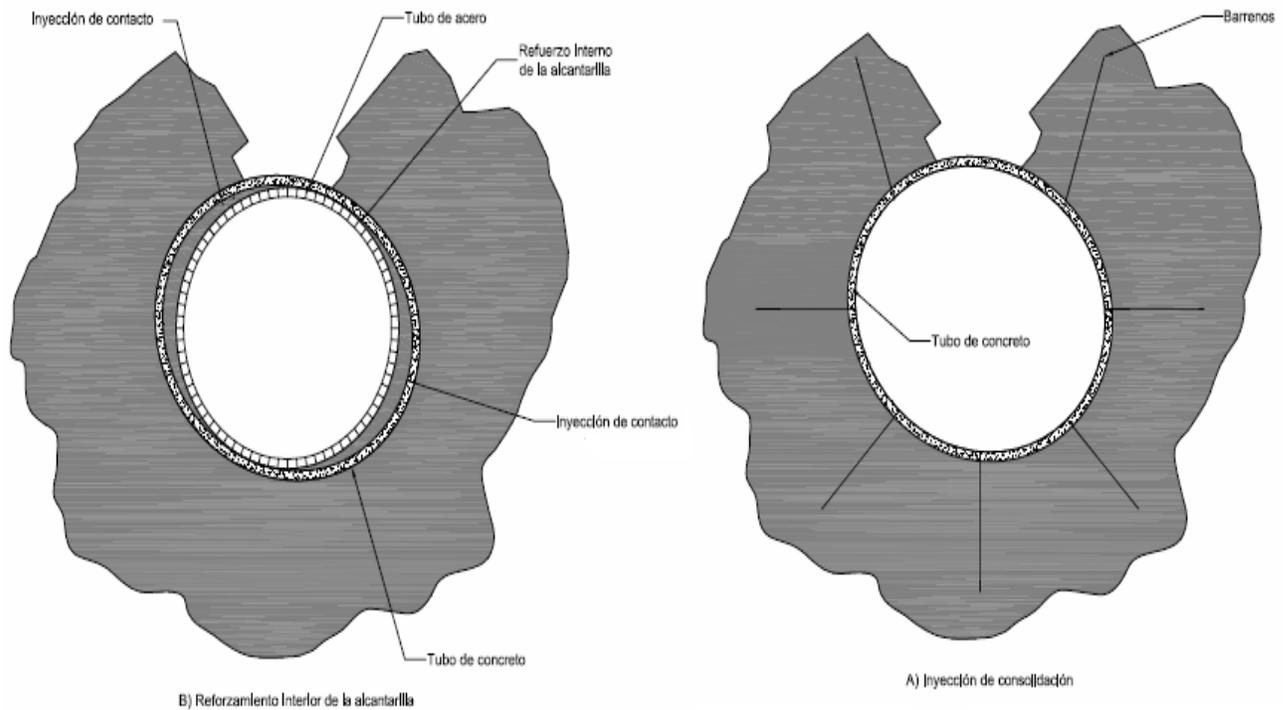


Fig. 18 Recomendaciones para el reforzamiento de alcantarillas

II.7.2.- Mantenimiento de alcantarillas durante la construcción.

Se recomienda construir cajas de captación en las entradas de las alcantarillas con la finalidad de facilitar las actividades de limpieza durante todo el tiempo que dure la construcción de la autopista para reducir la posibilidad de que sus accesos queden obstruidos.

II.7.3.- Alcantarillas por construir.

Para reducir la carga actuante sobre las alcantarillas que faltan por construirse y considerando la dificultad que se tiene para excavar una zanja en la roca que constituye el terreno natural, se recomienda emplear un procedimiento denominado “**Zanja Inducida**” que consiste en colocar el tubo sobre el terreno natural, después se forma el terraplén bien compactado a los lados del tubo, hasta una distancia de dos veces el diámetro del mismo y hasta una altura de 50 cm



REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA
RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.

sobre su clave. Enseguida se excava una zanja a lo largo del tubo, con un ancho igual al diámetro del mismo y hasta una profundidad ligeramente menor que la parte superior del tubo (del orden de 10 cm arriba de la clave); el fondo y las paredes de zanja se protegen con un polietileno y después se rellena con bloques de poliestireno, posteriormente se prosigue con la construcción del terraplén, compactándolo convencionalmente,

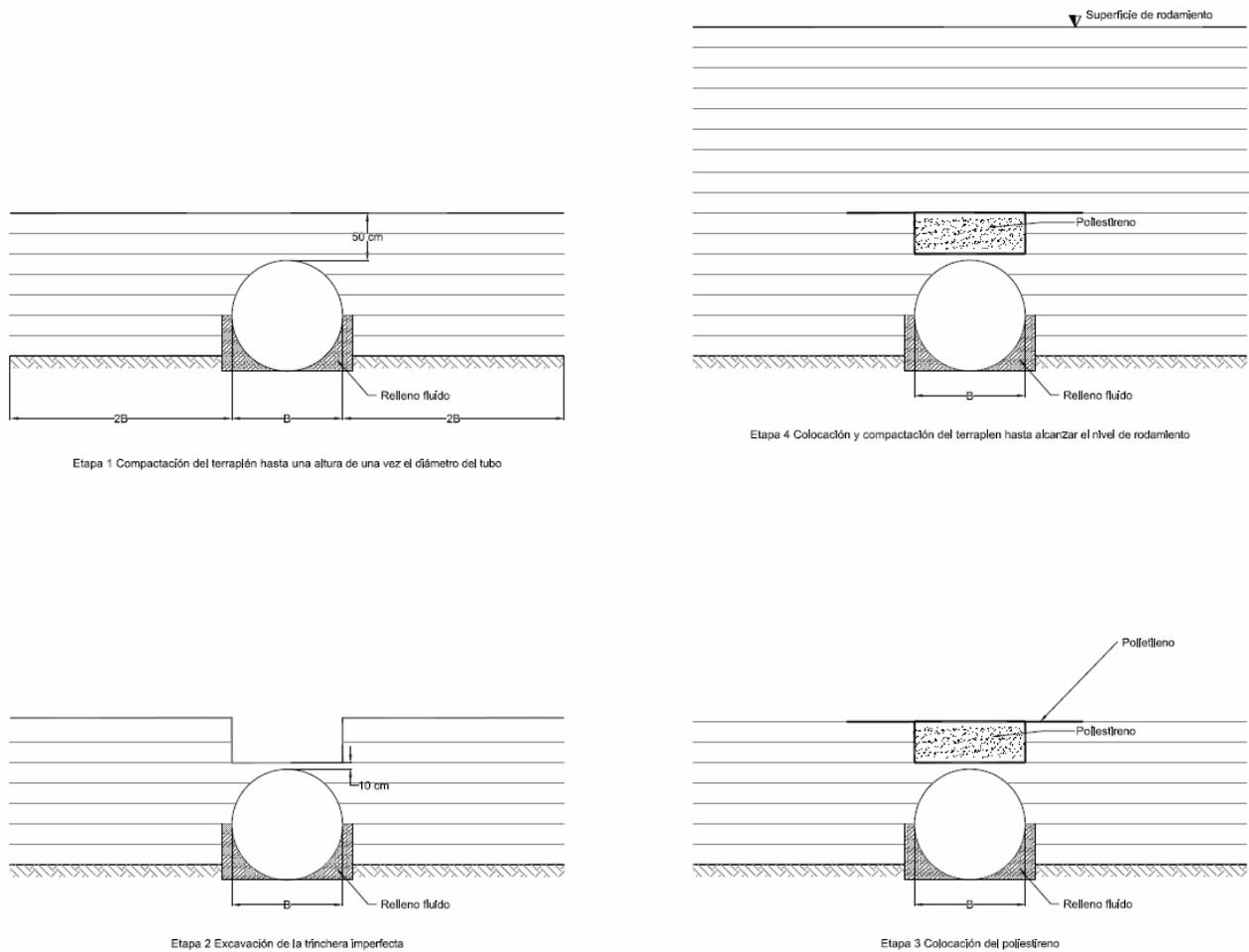


Fig. 19 Procedimiento denominado "zanja inducida"



Fig. 19. Lo anterior permitirá alcanzar el fenómeno de arqueo y esto a su vez reducirá la carga sobre la alcantarilla.

Para alturas de terraplén mayores a 10 m se recomienda emplear tubos de concreto Grado 4 o bien emplear alcantarillas en cajón de concreto reforzado.

II.8. CONCLUSIONES

- Las alcantarillas inspeccionadas se localizan en un tramo de unos 8 km y están constituidas por tubos de concreto clase 2 de 1.22 y 1.52 m de diámetro, longitudes variables de 16.0. a 105.0 m, muros cabeza a la entrada y salida de concreto y alturas de terraplén o pedraplén de 1.0 a 24.0 m.

- De manera sistemática las alcantarillas presentan grietas transversales en las uniones de los tubos y grietas longitudinales en la clave y en el piso con aberturas que van de 1 a 5 mm. A partir de los daños que presentan los tubos fue posible establecer una clasificación arbitraria:

Alcantarillas con Daño Mayor. Aquellas en las que los tubos presentan grietas con aberturas mayores a 5 mm, con o sin desprendimiento de concreto.

Alcantarillas con Daño Medio. Aquellas que presentan grietas con aberturas de entre 2 y 4 mm, sin desprendimiento de concreto.

Alcantarillas con Daño Leve. Aquellas cuyas aberturas de las grietas son menores a 1.5 mm.



- Las alcantarillas que presentan un daño estructural mayor deberán reforzarse internamente en toda su longitud por medio de tubos de acero de 5/8 de espesor efectuando previamente una inyección de consolidación a lo largo de la alcantarilla, las que presentan daño medio deberán reforzarse internamente únicamente en los tramos más afectados previo una inyección de consolidación y aquellas con daño menor únicamente se les realizará la inyección de consolidación.
- El diámetro necesario para drenar el gasto de diseño considerando que las áreas de las cuencas de aportación en todas las alcantarillas inspeccionadas son menores a 1.0 km², resulta menor que los existentes, del orden de la mitad, por lo que se puede aprovechar esta holgura para reforzar internamente los conductos.
- Para reducir la carga actuante sobre las alcantarillas que faltan por construirse se recomienda emplear el procedimiento denominado “zanja inducida”; para alturas de terraplén mayores a 10 m se recomienda emplear tubos de concreto Grado 4 o bien emplear alcantarillas en cajón de concreto reforzado.



II.9.- MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL KM.644+609.50 (ALCANTARILLA ATORNILLABLE CIRCULAR 0.91 m diámetro.)

II.9.1.- Antecedentes

La presente memoria de cálculo tratara de la revisión estructural de una alcantarilla de = **0.91** m. de diam. de placas seccionales de acero corrugado que se utilizara como reforzamiento de tubería de concreto de **1.20 m.** de diam. Ésta tubería se ubica en el kilometro **644+609.50.**

Esta obra presenta fisuras, agrietamiento considerable y problemas de formación, esto de acuerdo al levantamiento hecho por el cliente.

II.9.2.- Descripción

Para la revisión de esta obra nos basaremos en los datos que se nos proporciono por parte del cliente. Como solución se propuso un tubo circular de = 0.91 m de diámetro.

El procedimiento para la revisión estructural, sera el siguiente: se determinara la carga total sobre la estructura, (que de acuerdo a la altura del relleno h_t sera la mas critica para la obra) la carga muerta sera calculada de acuerdo al relleno sobre la estructura, la carga viva sera h_s-20 , se determinara la compresión máxima utilizando la fórmula del anillo de compresión, con esta compresión calculamos el área de acero requerida. Checamos inercia, resistencia de juntas, revisión del refuerzo perimetral y concluimos sobre los resultados la tubería metálica de acero corrugado se utilizara como una camisa que estará dentro de la tubería de concreto y se rellenara el espacio entre ambas tuberías con un relleno fluido, por lo que la tubería metálica quedara completamente confinada.



II.9.3.- Materiales

Los materiales que se emplearan para el diseño de estas obras

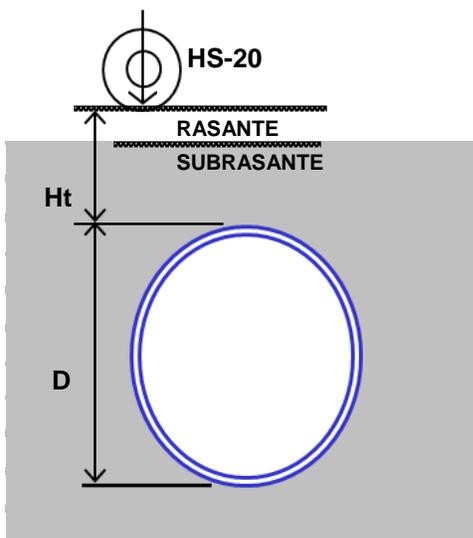
Serán los siguientes:

DESCRIPCION

PLACAS DE ACERO ----- $F_y = 2320 \text{Kg/cm}^2$
 ACABADO GALVANIZADO POR INMERSION EN CALIENTE
 TORNILLOS DE 1/2" DE DIAM.
 DE ALTA RESISTENCIA GR. 5
 TUERCAS HEXAGONALES DE 1/2"
 ACABADO GALVANIZADO

II.9.4.- Datos

DIAMETRO "D"o' LUZ "L"-----	0.91 m.
RELLENO "Ht"-----	21.70 m.
PESO VOL. DEL RELLENO "Pv"-----	1840 Kg/m^3
CALIBRE PROPUESTO -----	10
CORRUGACION EN LAS PLACAS-----	2 2/3"x1/2"
AREA DE ACERO "A" -----	36.91 cm^2
INERCIA " I " -----	0.07 cm^4
RESISTENCIA DE JUNTAS " Rj "-----	101700 Kg/m.l.
RADIO DE GIRO " r "-----	0.4485 cm
ESFUERZO DE CEDENCIA " Fy "-----	2,320.00 kg/cm^2
ESFUERZO DE TENSION " Fu "-----	2950 kg/cm^2
MODULO DE ELASTICIDAD " E " -----	2100000 kg/cm^2
FACTOR DE CARGA " K" -----	0.86



SECCION TRANSVERSAL DE LA OBRA



**PROPIEDADES DE SECCION DE LAS PLACAS
(PARA CORRUGACION DE 2 2/3" x 1/2")**

TABLA No 1

CALIBRE	ESPESOR "T" en mm.	MODULO DE SECCION DE SECCION cm ³ *	AREA DE SECCION cm ² *	MOM. DE INERCIA cm ⁴ *	RADIO DE GIRO cm
16	1,52	0,046	0,164	0,033	0,4348
14	1,9	0,056	0,205	0,041	0,4371
12	2,66	0,074	0,287	0,057	0,4422
10	3,42	0,091	0,369	0,074	0,4485

* Por cm. de proyección horizontal sobre eje neutro

II.9.5.- Análisis de Cargas

Las 2 cargas consideradas para este análisis son la carga muerta que es el relleno sobre la clave del tubo y la carga viva que es hs-20 para tráfico vehicular.

A.- CARGA MUERTA " CM " (AASHTO 6.2.1. y 12.1.3.)

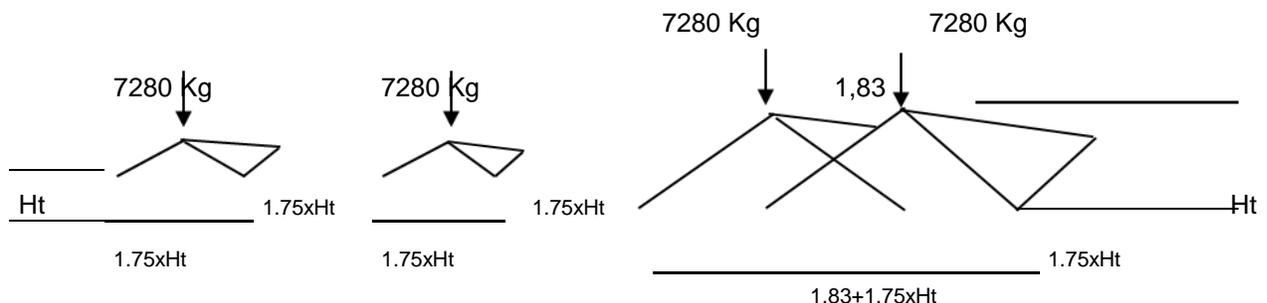
$$CM = Ht \times Pv = 1840 \times 21.70 = 39,928 \text{ kg/m}^2$$

B.- CARGA VIVA "CV " (AASHTO 6.4.1. y 12.1.3.)

- Si $Ht < 1.05 \text{ m.} \implies CV = 7280 / (1.75 \times Ht)^2$
- Si $1.05 \text{ m} < Ht < 3.66 \text{ m.} \implies CV = 14560 / ((1.75 \times Ht) \times (1.83 + 1.75 \times Ht))$
- Si $Ht > 3.66 \text{ m.} \implies CV = 0$

Ya que $Ht = 21.70 \text{ m}$ CV ES IGUAL A 0 k/m²

En las formulas anteriores 7280 es la carga que se produce al pasar una rueda del eje trasero de un camión de 18.20 ton. métricas (hs-20) y el 1.75 Es la proporción en que distribuye la carga concentrada en el suelo compactado (pashto 1.3.3.) el 14560 corresponde a la carga total del eje posterior y se considera que la separación entre ruedas de este es de 1.83 m.





II.9.6. - Compresión "C"

$$C = Kx (CM + CV) \times D/2 \times FR =$$

$$C = 0,86 \times (39,928 + 0) \times D/2 = 15,624 \text{ Kg/m.l.}$$

El factor de carga " k " para tubos de acero corrugado con relleno compactado aashto estándar se aplica al total del relleno (ht), y será < 1 cuando " ht " sea mayor al diámetro del tubo " d". Conservadoramente k= 0.86 para compactaciones del 90% aashto estándar.

II.9.7.- Esfuerzo de Diseño (FC)

SI $D/r < 294$ ENTONCES $\implies FC = Fy / 2$

SI $294 < D/r < 500$ ENTONCES $\implies Fy = 2815 - 0.0057 \times (D/r)^2$ Y $FC = Fy/2$

SI $D/r > 500$ ENTONCES $\implies Fy = 3.469 \times 10^8 / (D/r)^2$ Y $FC = Fy/2$

COMO $D/r = 203 \implies FC = 1160 \text{ Kg/cm}^2$

II.9.8.- Área de Acero Corrugado " A"

$$Fa = C / A \quad Fa = 15624 / 36.91 = 423.295 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F. S. = Fy / Fa = F. S. = 2320 / 423.295 = 5.48 > 2 \text{ O.K.!!!}$$

II.9.9.- Momento de Inercia " I"

$$I = D^2 / (E \times FF) = 8281 / (2100000) \times (0.112) = 0,016 < 0,074 \text{ O.K.!!!}$$

Para el cálculo del momento de inercia e = modulo de elasticidad del acero en (kg/cm²) y ff es el factor de flexibilidad en (kg- cm.)

II.9.10.- Factor de Seguridad en Juntas "RJ"

TABLA No 2

CALIBRE	JUNTA SENCILLA KG /M.L.	JUNTA DOBLE KG/M.L.
16		
14		
12		
10	50850	101700

RESISTENCIA EN JUNTAS (Kg. / m.l.)

$$F.S. = RJ / C = 101700 / 15624$$



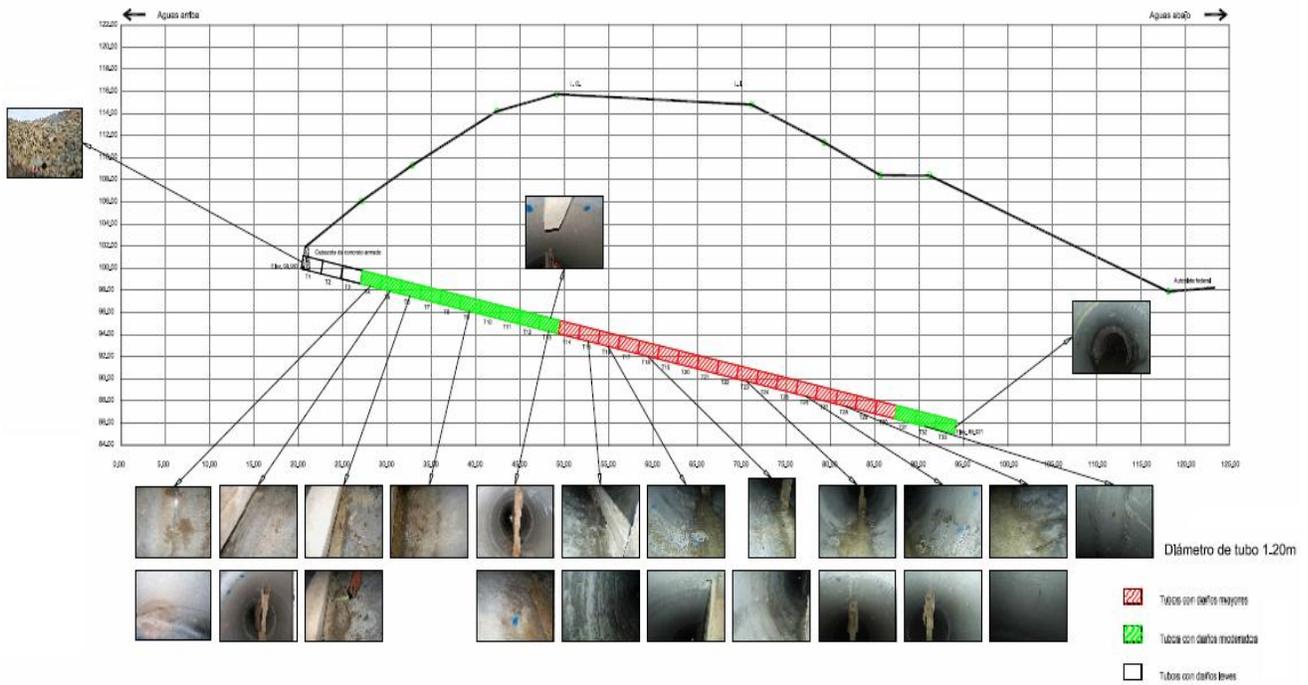
REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSI.

F. S. = 6.51 > 3 O.K.!!!

Para la resistencia en juntas (rj) se considero en la junta doble de placas con tornillos de 1/2" de diam. gr. 5 por metro lineal de estructura f.s. = factor de seguridad.

II.9.11.- Conclusión

FORMET: Recomienda el tubo atornillable de = 0.91 m diámetro con corrugación de 2 2/3"x1/2" en calibre= 10 para este proyecto de reforzamiento de tubería de concreto.



Perfil al eje de la alcantarilla

Fig.-15 Levantamiento de daños en la alcantarilla del km. 644+808 (apuntajada)



III.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO:

OBJETIVO

Establecer los lineamientos a seguir para la reparación de tuberías de concreto en el proyecto, cumpliendo con las normas técnicas y de calidad establecidas contractualmente con el cliente.

ALCANCE

Este procedimiento aplica a la obra O717RV “Carretera Río Verde-Cd. Valles, S.L.P.”, y contempla todas las actividades necesarias para la reparación de tuberías de concreto.

INFORMACION TECNICA Y/O REFERENCIAS APLICABLES

1. Manual y procedimientos de Gestión de la Empresa (SiGE y PGE´s)
2. Plan de Ejecución del Proyecto O717RV “Carretera Río Verde – Cd. Valles, S.L.P.”
3. Proyecto Ejecutivo del Proyecto O717RV “Carretera Río Verde – Cd. Valles, S.L.P.”.
4. Especificaciones Particulares y Complementarias del Proyecto.
5. Contrato de Obra.
6. Plan de Seguridad
7. Inspección Visual de Doce Alcantarillas en la Autopista Río Verde – Cd. Valles en el Estado de San Luis Potosí por la empresa Proyectos Geotécnicos e Infraestructura S.A. de C.V.

DEFINICIONES

- **Daño Mayor:** Aquellas en las que los tubos presentan grietas con aberturas mayores a 5 mm, con o sin desprendimiento de concreto.
- **Daño Medio:** Aquellas que presentan grietas con aberturas de entre 2 y 4 mm, sin desprendimiento de concreto.



- **Daño Leve:** Aquellas cuyas aberturas de las grietas son menores a 1.50 mm.

➤ **DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

- A. Se detecta la tubería de concreto dañada y se analiza topohidráulicamente para determinar si la obra de drenaje es funcional con un diámetro menor a lo indicado en el proyecto.
- B. Se analiza la altura del terraplén en los hombros de la rasante de la terracería tanto Aguas Arriba como Aguas Abajo para determinar el calibre de la tubería de lámina corrugada a emplear en la reparación.
- C. Se hace una revisión de la magnitud de los daños (Grietas, Aplastamiento, Fisuras, Filtraciones, etc.) para determinar el tipo de daño que tiene la línea de tubos. Los daños pueden ser Mayor, Medio y Leve de acuerdo al documento descrito en el inciso 7.
- D. Se evalúan las medidas de seguridad a emplear en la reparación de determinada línea de tubos. Esta acción se realiza conjuntamente con personal del área de construcción y ACSMA.
- E. En donde sea posible se rellenarán las grietas del piso de la tubería de concreto con relleno fluido de 60 kg/cm^2 para rellenar las oquedades de la misma y proveer de una superficie lo mas pareja posible para facilitar el acarreo de la tubería de lámina.
- F. La Tubería de Lámina Corrugada se recibe en dos medias cañas y en tramos de 0.86 mts. Se ensambla a base de tornillos y tuercas fuera de la tubería de concreto en la zona de Aguas Arriba por donde se introducirán manualmente o con la ayuda de un patín a base de madera y llantas de goma para evitar la vibración por sonido dentro de la tubería.



- G. Una vez que el primer tramo de tubería de lámina se encuentra en su posición definitiva se le colocan ocho calzas de concreto entre la circunferencia de la tubería de concreto y la de lámina para garantizar que no tenga desplazamientos al momento del colado.
- H. Se emboquilla por el lado exterior en el cabezote el tubo de lámina para que sirva de cimbra Aguas Abajo.
- I. Se introduce el siguiente tramo de tubería de lámina hasta que quede a tope con el tramo anterior, se amarran con alambre recocado en la parte superior, inferior y en el costado izquierdo y derecho para minimizar en lo posible desplazamientos. Los pequeños espacios que pudieran quedar entre los dos tramos de tubería son rellenados con espuma de poliuretano, cartón o papel mojado para evitar el escurrimiento del relleno fluido.
- J. Se repite el procedimiento descrito en el punto (I) hasta tener una longitud de 7.00 tubos de lámina corrugada. Se coloca una cimbra aguas arriba para confinar el concreto.
- K. Un día antes del colado con relleno fluido se presentará una solicitud de colado a nuestro cliente y una solicitud para Actividades de Alto Riesgo al Departamento de Seguridad. El relleno fluido se introducirá al espacio entre las tuberías, de lámina y de concreto, por medio de una bomba de concreto lanzado vía húmeda. La manguera de la Bomba de Concreto es de 4 pulgadas y se introducirá dos metros colándose por los costados intercalando el lado para que el relleno fluido tenga un acomodo correcto.
- L. Para garantizar la clave del tubo quede totalmente llena de relleno fluido se espera a que gotee por orificios colocados en la parte superior del tubo de lámina. Una vez que el relleno fluido empieza a escurrir se tapa el orificio con cartón humedecido o hule.



- M. La cimbra se retira trece horas después y se escarifica la superficie del relleno fluido para garantizar una correcta adhesión con el siguiente colado.
- N. Se repite el procedimiento descrito en los puntos (I) al (M) hasta completar la tubería a reparar.
- O. Finalmente, se procede a la limpieza de todo el tramo de la tubería de Lámina, retirando Espumas de Poliuretano y los amarres de alambre entre las tuberías en sacos para su retiro de la obra en basureros correspondientes.



CONCLUSIONES

PRIMERA.- Se trato de explicar un problema que se puede presentar en la construcción de una carretera que fue en este caso la reparación de tuberías de concreto con reforzamiento con tuberías de lámina. Un error de Proyecto en cuanto a su diseño por parte del cliente.

SEGUNDA.- Este tema de trabajo me sirvió mucho ya que fue parte del trabajo que me asignaron al reparar estas tuberías de concreto y una gran experiencia al ejecutarlas. Se recurrieron a varios procedimientos al inyectar el concreto fluido porque se presentaron diferentes fallos al rellenar los espacios entre las tuberías que al final se opto por subcontratar una Bomba Putzmeister con Mangueras de 2” y realizar el trabajo.

TERCERA.- Para el reforzamiento de estas tuberías de concreto se mandaron a fabricar todas las tuberías de lámina junto con sus respectivas memorias de cálculo ya que algunas Obras estaban con daños Mayores y se requirió de un calibre seguro para soportar la carga y con funcionalidad en la carretera.

CUARTA.- En todos los casos de construcción se deben de tomar varios aspectos como es la revisión de proyectos por parte de las constructoras y la supervisión en obra porque a la larga esto se puede evitar problemas complicados y no generar costos innecesarios.



ANEXOS





REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA
RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSI.





REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA
RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSI.





REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA
RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSI.





REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.



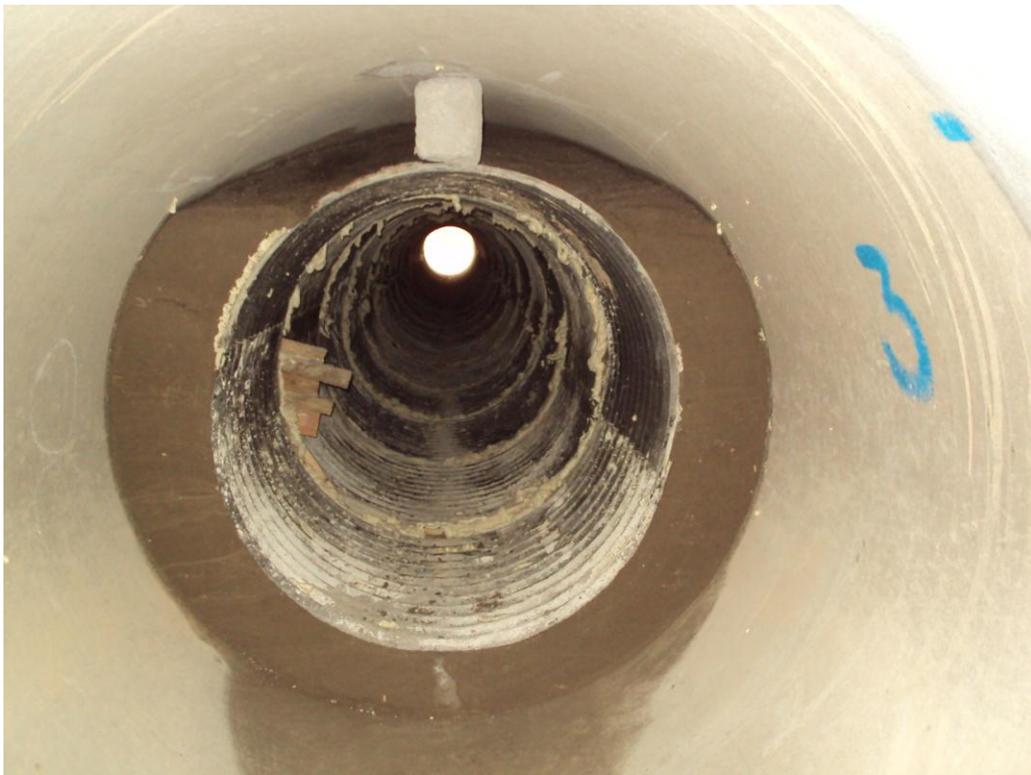


REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA
RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSI.





REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA
RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.





REPARACION DE DOCE TUBERIAS DE CONCRETO EN LA CARRETERA
RIO VERDE-CD.VALLES, SAN LUIS POTOSÍ.





BIBLIOGRAFÍA

1. Crespo V., C. (1984), Vías de Comunicación, Ed. Limusa. Tercera reimpresión, 688pp
2. Rico, A. y Del Castillo H. (1982), La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. 2. Ed. Limusa. Tercera reimpresión, 643 pp.
3. NORMA SCT: N-CMT-3-02, CTM, Características de los materiales. Parte 3: Materiales para obras de drenaje y subdrenaje; Título: 02 Tubos de concreto con refuerzo.
4. Böse, E. 1906, La fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, San Luis Potosí, Boletín del Instituto Geológico de México, 24, 95p.
5. Carrillo-Bravo., J., 1971, La Plataforma de Valles-San Luis Potosí. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 23 (1-6) 1-102.
6. CFE, 1993 “Diseño por Sismo”, Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.
7. Dirección General de Geografía, 1981: Carta de Climas Ciudad de México. Primera Edición. Esc. 1:1, 000,000.