



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Mantenimiento preventivo a  
los túneles de la Super  
Carretera Durango-Mazatlán**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A**

Héctor Guadalupe Muñoz Esquivel

**ASESOR DE INFORME**

Ing. Marcos Trejo Hernández



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016**



INDICE	1
INTRODUCCIÓN	2
Capítulo 1. ANTECEDENTES	3
1.1 Sobre la carretera Durango-Mazatlán	3
1.2 Factores socioeconómicos de la región	7
Capítulo 2. SUPERCARRETERA DURANGO – MAZATLÁN	8
2.1 Descripción y justificación del proyecto	8
2.2 Normativa de construcción	9
2.3 Sistemas ITS en México	9
Capítulo 3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	11
Capítulo 4. MANTENIMIENTO A TÚNELES CONVENCIONALES	13
4.1 Casa de maquinas	15
4.2 Astronic “No brake”	16
4.3 Alumbrado Exterior	19
4.4 Extintores	19
4.5 Vialitas	20
Capítulo 5. MANTENIMIENTO A TÚNELES INTELIGENTES	21
5.1 Sistema de Energía	23
5.2 Sistema de alumbrado	23
5.3 Sistema de Ventilación	24
5.4 Sistema de gestión viaria, control de la circulación y aforos	25
5.5 Sistema de control de Galibo	28
5.6 Estaciones de Toma de Datos	28
5.7 Control ambiental	29
5.8 Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) y Detección Automática de Incidencias (DAI)	30
5.9 Sistemas de emergencia y control de incendios.	31
5.9.1 Postes S.O.S	31
5.10 Sistemas de comunicaciones	33
5.10.1 Plantas de apoyo en caso de baja eléctrica	34
Capítulo 6. DETALLES A CONSIDERAR SOBRE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN PARA FINES DE MANTENIMIENTO	35
6.1 Construcción	35
6.1.1 Sobre los taludes	35
6.1.2 Sobre los túneles	37
6.1.3 Sobre los puentes	38
6.2 Operación	39
6.2.1 Competencias de CAPUFE	39
6.2.2 Competencias de la Policía Federal	39
6.2.3 Competencias de las empresas licitantes operando	41
6.3 Mantenimiento	41
6.3.1 Situación actual	41
6.3.2 Posibles mejoras	44
Capítulo 7. SEGURIDAD DURANTE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO	45
Capítulo 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
ANEXOS	



## INTRODUCCIÓN

Dentro de las opciones para titulación de la facultad de ingeniería, la sexta modalidad pide entregar un “Informe de Trabajo Profesional” y me he permitido elegir dicha opción.

El presente escrito, trata de sintetizar mi experiencia de poco menos de un año trabajando en la “Súper Carretera Durango-Mazatlán”. No entraré en mucho detalle sobre la parte técnica de los equipos, ya que enlistarlos consideraría una labor monumental y fuera del propósito de este informe. En cambio, trataré de sintetizar los elementos que a mi juicio son los más relevantes en cuanto a la súper carretera se refiere, a decir de los equipos como del contexto de la región.

La Durango-Mazatlán es un proyecto de enorme envergadura. Una carretera que atraviesa la Sierra Madre Occidental. Pocas carreteras en el mundo tienen una orografía tan complicada. 115 puentes y 61 túneles la componen; incluidos el Puente Baluarte<sup>1</sup> y el túnel El Sinaloense<sup>2</sup>

La empresa EUROCONSULT para la cual laboro, estaba encargada del mantenimiento preventivo de todos los túneles de la mencionada súper carretera.

Para abarcar todas las actividades que se desprendían de dicho mantenimiento, se elaboró un programa dividiendo todos los equipos que componen los túneles en 9 categorías (entraré en detalle más adelante).

El objetivo era cumplir con un programa de mantenimiento preventivo para todo el equipamiento que compone los 61 túneles; de los cuales 9 entran en la categoría de inteligentes y 52 son convencionales. Para ello, se planteó un equipo de trabajo dividido en 2 frentes y compuesto de técnicos e ingenieros especialistas en distintos ramos; un frente del lado Durango y otro del lado Sinaloa.

Son muchos los factores que afectan la operatividad de una carretera y durante mi estancia en Sinaloa pude dar cuenta de lo peligroso que es el trabajo del “camionero” (como se le llama coloquialmente a las personas que trabajan en carretera). Y del énfasis que debe ponerse en cuanto a la seguridad se refiere.

Di cuenta también de lo importante que es la fase de anteproyecto y proyecto en una obra de esta magnitud, ya que cualquier omisión o desperfecto puede tener consecuencias significativas; representando un peligro para trabajadores y usuarios, así como pérdidas económicas importantes.

Sin duda, haber pasado varias horas al día en la súper carretera que atraviesa las sierras de Sinaloa y Durango, me dejó experiencias no solo profesionales sino de vida.

---

<sup>1</sup> Puente que libra el claro más alto en el mundo: 402.57 m con 520 metros de caída libre en su parte más alta.

<sup>2</sup> Segundo túnel más largo de México con una longitud de 2794 metros.

## Capítulo 1. ANTECEDENTES

### 1.1 SOBRE LA CARRETERA DURANGO-MAZATLÁN

El objetivo primario de toda carretera y/o camino es unir dos lugares y la importancia de sendos lugares forma parte fundamental en la toma de decisiones para conocer el tipo de camino que se necesita.

Allá por el año 2001, el gobierno de Vicente Fox retomo el proyecto que había arrancado y fracasado en varias ocasiones con gobiernos anteriores; esto debido entre otros factores a lo accidentado del terreno y desde los puntos de vista económico e ingenieril este proyecto representaba un enorme reto.

Luego vino Felipe Calderón quien dio continuidad al proyecto y se refería a la carretera que da motivo al presente reporte como “la obra más importante del sexenio”.

México quiso echar la casa por la ventana y decidió conectar las ciudades de Mazatlán y Durango al mismo tiempo que completaba el “Corredor económico del norte” en el tramo Mazatlán-Matamoros (*Figura 1*) con una “súper carretera” que atraviesa la sierra madre occidental, la cadena montañosa más importante del país y una de las más accidentadas desde el punto de vista geológico.



Figura 1. Corredor Interoceánico Mazatlán-Matamoros Que comunica por vía terrestre el Golfo de México con el Océano Pacífico.  
(imagen tomada de google maps)

Una obra de enorme envergadura, que trascendió fronteras tanto territoriales como económicas, políticas y de intereses. Fue inaugurada por tramos y en distintas administraciones presidenciales, cosa poco frecuente en México. En las figuras 2 a 5 podemos ver a distintas personalidades de la política mexicana en las sendas ceremonias de inauguración que tuvo la súper carretera.



Figura 2. Foto tomada de la página de la Presidencia de la República en una nota del 6 de Marzo de 2006 con el ex presidente Vicente Fox inaugurando el primer tramo carretero Durango-Otinapa



Figura 3. Foto tomada de la página del diario "El Siglo de Torreón" En una nota del 22 de Marzo de 2012 Con el ex presidente Felipe Calderón inaugurando el tramo Otinapa-El Salto.



Figura 4. Foto tomada del perfil de "flickr" del Gobierno del Estado de Sinaloa. El 27 de Noviembre de 2012, muestra al ex presidente Felipe Calderón inaugurando el tramo Santa Lucia-Mazatlán



Figura 5. Foto tomada de la página del diario "El Siglo de Torreón" En una nota del 17 de Octubre de 2013 donde el actual presidente Enrique Peña inaugura la carretera en su totalidad junto con los gobernadores de Durango y Sinaloa.

Antes del 17 de Octubre del 2013, la forma más corta para ir de Durango a Mazatlán por vía terrestre, era por la carretera libre federal (Figura 8) con velocidades de traslado que oscilan entre los 30 km/h y los 80 km/h y en un tiempo aproximado de 6 horas de recorrido (La cual continúa operando). Con la súper carretera (Figura 7), ese tiempo disminuyó hasta quedar en un tiempo (teórico) aproximado de 2 horas y media (Figura 6).

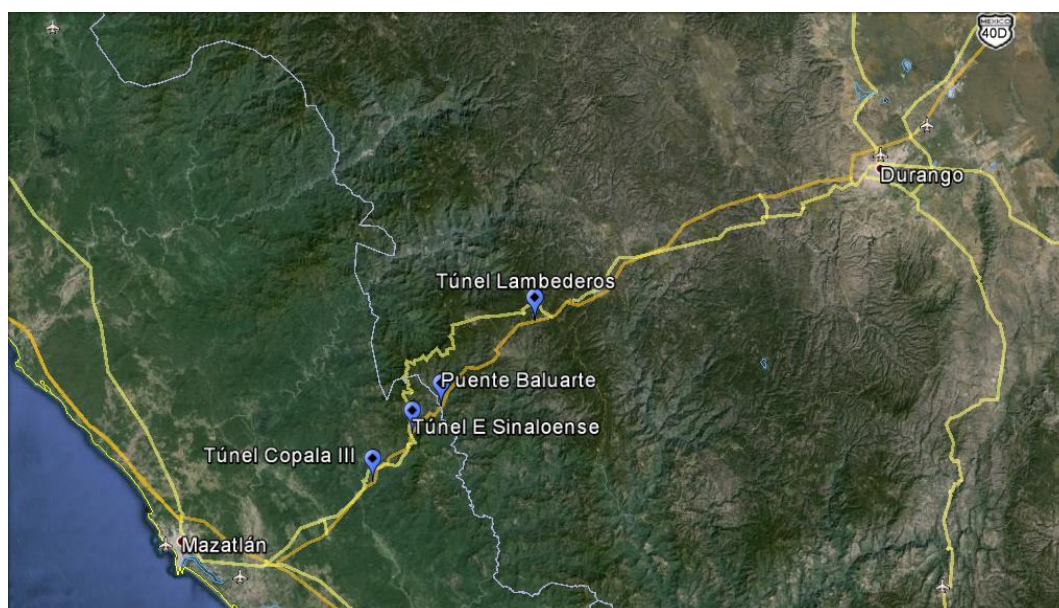


Figura 6. Tramo carretero Durango-Mazatlán. Las actividades de mi trabajo comprendían el tramo entre el túnel Lambederos y el túnel Copala III (Imagen tomada de Google Earth)

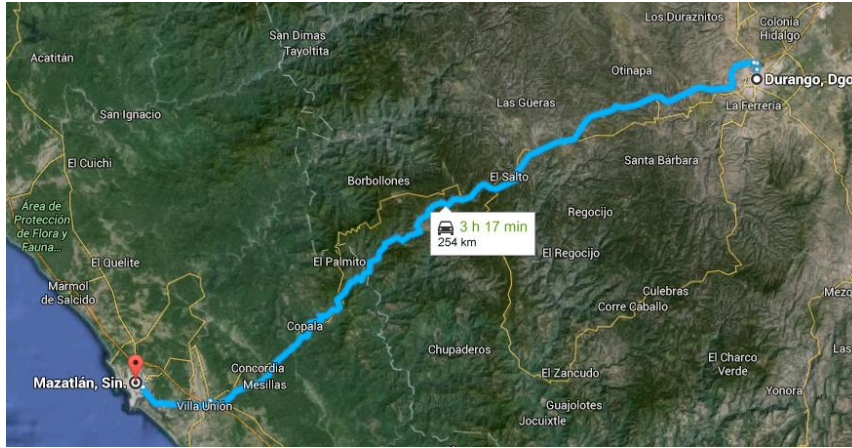


Figura 7. Trazo de ruta Durango-Mazatlán en la aplicación Google Maps por la súper carretera.

**Nueva Autopista:**  
Longitud = 230 km  
Tiempo aproximado de recorrido = 3 [ h ]  
Velocidad promedio = 90-110 [km/h]  
Sección: En su mayoría de un carril por sentido de circulación más acotamiento. Excepto en el tramo que va del Pk 156+000 al Pk 164+000 cuya sección es de 2 carriles por sentido de circulación más acotamiento.

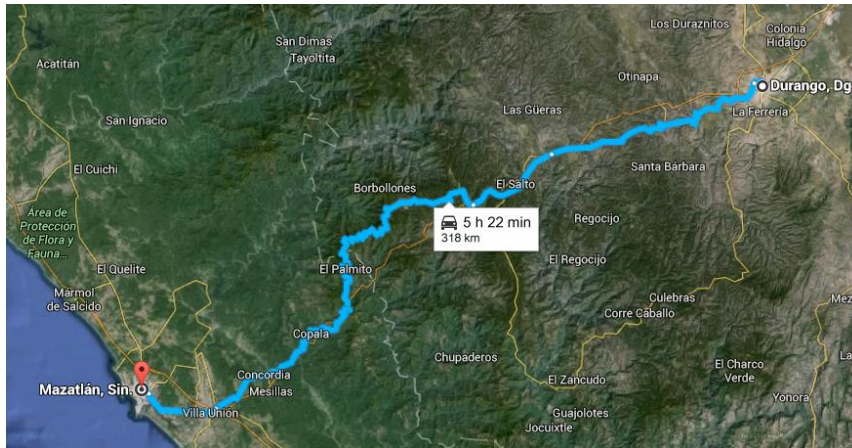


Figura 8. Trazo de ruta Durango-Mazatlán en la aplicación Google Maps por la antigua carretera federal.

**Antigua carretera (aun operando):**  
Longitud = 305 km  
Tiempo aproximado de recorrido = 6 [ h ]  
Velocidad promedio = 30-80 [km/h]  
Sección: Un carril por sentido de circulación.

El tiempo de recorrido se ha disminuido significativamente, aunque es cierto que el costo de las casetas es considerablemente alto. Si un usuario en automóvil sedan o camioneta pretende ir de Durango a Mazatlán o viceversa, tendrá que pagar 5 casetas cuyo costo total es de \$553.00 MXN dividido de la siguiente manera:

- 1.- Caseta Libramiento Durango \$58.00
- 2.- Caseta Llano Grande \$77.00
- 3.- Caseta Coscomate \$243.00
- 4.- Caseta Mesillas \$128.00
- 5.- Libramiento Mazatlán \$47.00

553 divididos entre 73.04<sup>3</sup> nos da 7.57 Esto quiere decir que nos cuesta casi 8 veces el salario mínimo hacer este recorrido de 3 horas y poco más de 15 veces el salario mínimo realizar el viaje redondo. Este ejemplo hablando de automóviles pequeños, en cuanto a transporte de carga, el precio incrementa considerablemente.

<sup>3</sup> Monto del salario mínimo vigente según la página del SAT

## 1.2 FACTORES SOCIOECONÓMICOS DE LA REGIÓN

Mazatlán, ciudad turística y pesquera al norte de la república mexicana y al sur del estado de Sinaloa; llamada de manera muy acertada “La perla del Pacífico”, famosa por su gastronomía y sus playas, lo cálido de su gente y sus bellas mujeres, un lugar que semana con semana se baña de fiesta al ritmo de la tradicional música de banda. Sin duda un paraíso para olvidar el estrés o pasar las vacaciones familiares. El turismo mazatleco también ofrece una amplia variedad de actividades para aquellos que gustan de lo extremo y de la aventura, siendo capital mexicana de pesca deportiva y deportes acuáticos.

Además de la importante derrama económica que llega en los bolsillos de los viajeros, Mazatlán cuenta también con un puerto de gran calado que alberga la tropa camaronera más grande del país, además de ser catalogado como “La puerta del corredor económico del norte” por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)

En el otro extremo de la carretera se encuentra la ciudad de Durango; icono de la Revolución Mexicana y de una riqueza histórica inigualable, declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad como parte del Camino Real de Tierra Adentro por la UNESCO. Basta con caminar por las calles del centro para dar un viaje al pasado maravillándose con una colección de edificios y casonas que hablan de la historia de la ciudad por si solos; fachadas que nos remontan al México prehispánico y nos regalan un viaje por la colonia y el México contemporáneo.

La ciudad no solo es bella para los ojos de los mexicanos, la industria cinematográfica de Hollywood también ha puesto particular atención en la tierra de los alacranes.

La Durango-Mazatlán tiene la particularidad de atravesar las sierras de Durango y Sinaloa, lugares geográficos que son protagonistas de una parte de la realidad mexicana del siglo XXI que a muchos les gustaría ignorar. Dichas serranías son rutas comerciales del narcotráfico, en particular del Cártel de Sinaloa y aquellos que trabajamos y/o transitamos constantemente por la carretera podemos dar fe de la gran cantidad de movimiento militar en la zona (*Figura 9*).

Decidí mencionar esto porque no hay duda de que el tráfico de droga es un factor económico preponderante en la región.



Figura 9. La presencia de fuerzas militares en el tramo carretero es algo muy frecuente. Foto de mi autoría.  
Puente El Carrizo.

## Capítulo 2. SUPERCARRETERA DURANGO – MAZATLÁN





Una ruta comercial tan importante, una zona turística icónica y un puerto de enorme calado; necesitaban una autopista importante, la Súper carretera Durango-Mazatlán fue la respuesta que se dio a la necesidad de comunicar las ciudades que le dan nombre.

Con tecnología de última generación y teniendo en cuenta la seguridad del usuario como prioridad, se construyó un tramo carretero con enormes expectativas impresas

Este tramo carretero pasa por la Sierra madre occidental a la altura del trópico de Cáncer. Normalmente cuando se construye una carretera en zonas montañosas se hace siguiendo la rasante del terreno y en este caso se hizo en los tramos que pudo hacerse, en los casos que no; se construyeron 61 túneles y 115 puentes. Utilizando un término burdo, la súper carretera se construyó *a pesar de las montañas*.

## 2.1 Descripción y justificación del proyecto

Hasta hace un par de años, solo hacía falta el tramo carretero Durango-Mazatlán para concluir el Corredor Económico del Norte, que según un documento publicado en 2010 por la Coordinación General de Proyectos Estratégicos del Gobierno de Sinaloa, dicho territorio tiene las siguientes fortalezas:

- Su territorio comprende el 40% de la superficie total nacional y es tres veces mayor al que abarca Italia;
- El Producto Interno Bruto de estos 7 estados asciende a 193.4 mil millones de dólares, el 22.5% del PIB mexicano, con lo que es superior al PIB de Malasia, un 20% más que el de Chile y 8 veces mayor que el de Panamá;
- Abarca un mercado que concentra el 60% del flujo del comercio internacional de América del Norte, se tiene el 27% de la industria manufacturera y el 58% de la industria maquiladora del país;
- El Índice de Desarrollo Humano es de 0.82 en la región, por lo que supera la media nacional de 0.75, y representa un mayor desarrollo que países como Polonia con 0.82 y Portugal con 0.79;
- Operan en la zona 15 aeropuertos internacionales y la mayoría de las carreteras troncales que recorren el país hacia los EE. UU. Conectan con la transversal Súper Vía Mazatlán-Matamoros;
- Existen dos aduanas terrestres internacionales para atender autotransportes de carga y ferroviarios, así como 5 puentes internacionales en los que se registran alrededor de 7 millones de cruces cada año. Por la zona transitan 2 grandes operadores ferroviarios que cruzan hacia EE.UU: Kansas City Southern y Ferromex, lo que abre la perspectiva de nuevas rutas para los barcos mercantes que provienen de Asia con enlace a América del Norte, que actualmente (en el 2010) representa el 22.6% del comercio internacional.
- Durango proyecta establecer una plataforma logística multimodal para el tránsito, distribución y transferencia de mercancías de tráiler a ferrocarril, teniendo disponible para este propósito una superficie de 1'000 has.<sup>4</sup>

Las justificaciones que utilizó el gobierno para realizar esta obra tan importante fueron muchas, al final se construyó pese a cambios de administraciones y partidos políticos. Lo cual habla por sí mismo de la necesidad de esta carretera.

## 2.2 Normativa de construcción

La experiencia internacional dejó amargas anécdotas en túneles de longitudes importantes (*Tabla 1*), por ello se dotó a esta súper carretera de diversos elementos para garantizar la seguridad del usuario;

<sup>4</sup> Información tomada de la Bitacora digital del Gobierno del Estado de Sinaloa



turbinas para disipar gases, sistemas contra incendios, extintores, hidrantes, teléfonos de emergencia, cámaras CCTV (*siglas en inglés de closed circuit television*), cuartos de bombas, tanques presurizados, control de galibo, Estaciones de Toma de Datos, Sistemas de Pesajes Dinámicos e Identificación Vehicular, y en el caso específico del túnel El Sinaloense, un túnel alternativo de escape para casos de emergencia dotado con puertas contra incendio.

Año	Túnel	Longitud	Víctimas
1999	Mont Blanc (Francia- Italia)	11.6 [km]	39 muertos
1999	Tauren (Austria)	6.4 [km]	12 muertos y 40 heridos
2001	Gleinalm (Austria)	8.3 [km]	5 muertos y 4 heridos
2001	St Gottard (Suiza)	16.9 [km]	11 muertos
2006	Viamala (Suiza)	0.75 [km]	9 muertos y 6 heridos

Tabla 1: accidentes importantes en túneles europeos

En México no se ha desarrollado hasta el momento una normativa sobre los requisitos de seguridad para túneles de longitudes importantes (mayores a 500 m). Así que para el diseño de la Durango-Mazatlán se recurrió a tres normativas internacionales específicamente:

- Normativa de EEUU: *NFPA 502 Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways*, de la *National Fire Protection Association*.
- Normativa Europea: *Directiva 2004/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo sobre requerimientos mínimos de seguridad en túneles de la Red Transeuropea de Carreteras, de 29 de abril de 2004*.
- Normativa Española: *Real Decreto 635/2006, de 26 mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de la Red de Carreteras del Estado*.

### 2.3 Sistemas ITS en México

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS por sus siglas en inglés) No son tema nuevo en países desarrollados, pero en México aún tenemos mucho que aprender al respecto.

La secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) junto con el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) han realizado un monumental aunque poco fructífero esfuerzo por generar una “Arquitectura ITS para México”; Las categorías incorporadas para la construcción de la Arquitectura Nacional ITS propuesta, son las siguientes:

- Operación de Vehículos Comerciales
- Cobro Electrónico de Peaje
- Administración de la Operación de Carreteras
- Operaciones de Mantenimiento y Construcción de Carreteras
- Información Regional a Viajeros <sup>5</sup>

<sup>5</sup> Categorías tomadas de un artículo de la página del IMT: “Hacia una arquitectura de los sistemas inteligentes de transporte para México.”



Aún queda mucho por hacer en el país acerca de los ITS, sin olvidar que el objetivo fundamental de estos es brindar seguridad a los usuarios.

*"Actualmente, los principales problemas son el congestionamiento, la seguridad vial, la ineficiencia y la pérdida de productividad. Dado que el transporte es parte integral de casi todos los procesos productivos y de distribución industrial, una penalización a la productividad del transporte es una penalización a la productividad nacional"*<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Cita tomada de la página del instituto Mexicano del Transporte (IMT)



### Capítulo 3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las empresas encargadas de la construcción e instalación de los distintos equipos con los que cuenta la súper carretera, elaboraron un plan de mantenimiento preventivo que persigue los siguientes objetivos:

- Optimizar la disponibilidad del tramo viario, minimizando los problemas en la infraestructura (disminución del número de averías o desperfectos), así como el tiempo de solución de los mismos y su impacto.
- Asegurar la disponibilidad de las instalaciones en el momento en que éstas se requieren para el desempeño de las funciones que tiene asignadas.
- Optimizar la vida útil de la infraestructura, instalaciones y equipos.
- Optimizar el uso de los recursos materiales y humanos empleados en los trabajos de mantenimiento.
- Contribuir a aumentar la seguridad de los usuarios.
- Minimizar el impacto sobre el medio ambiente de las actividades desarrolladas en la explotación.<sup>7</sup>

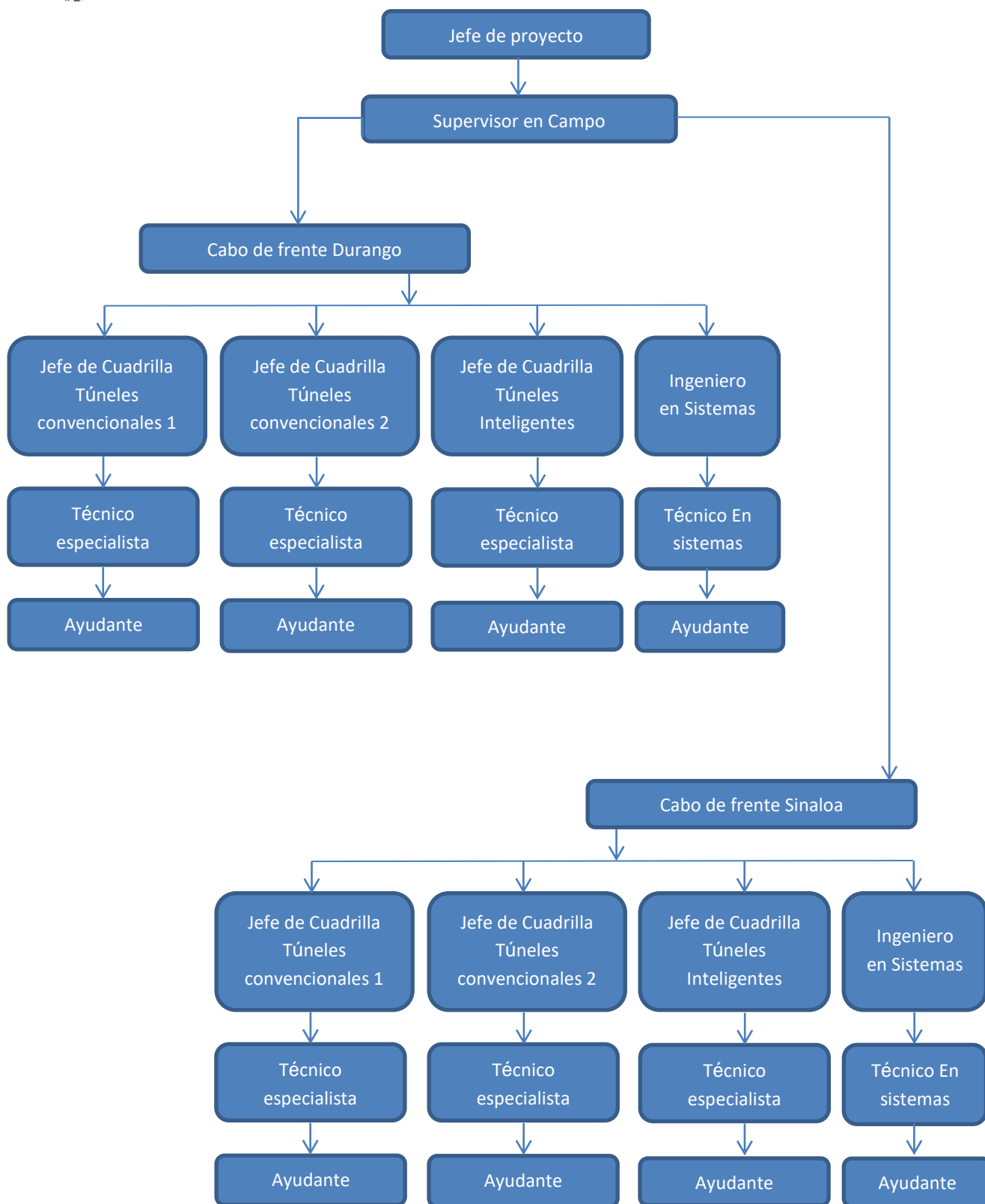
Con la intención de lograr los objetivos enlistados anteriormente, se ha desarrollado un plan de mantenimiento que se divide en 9 grupos de la siguiente forma:

- 1.- Instalaciones eléctricas
- 2.- Alumbrado
- 3.- Ventilación
- 4.- Contra incendios
- 5.- Gestión de tráfico
- 6.- Video y DAI (Detección Automática de Incidentes)
- 7.- Comunicación con los usuarios
- 8.- Señalamiento interior
- 9.- Redes y sistemas de control <sup>8</sup>

Para cumplir con todas las actividades que señala el plan de mantenimiento, se elaboró un organigrama dividido en dos frentes de trabajo; un frente para el lado de Sinaloa y otro para el lado de Durango. Mi labor era la de “Supervisor en Campo” y aparte de las labores administrativas propias del puesto, debía estar constantemente monitoreando a los trabajadores, para garantizar que se cumplieran todas las actividades propias del programa mensual de mantenimiento.

<sup>7</sup> Objetivos tomados del “Manual de explotación de la Autopista Durango-Mazatlán”

<sup>8</sup> En la sección de Anexos se puede consultar la tabla general de conceptos con todos los subgrupos y actividades que componen cada uno de los 9 grupos (Como Anexo 1)



Este es el organigrama general, aunque podía cambiar para ajustarse a las necesidades de las actividades a realizar, sobre todo cuando se trataba de trabajos dentro de los túneles o sobre la carpeta asfáltica.

## Capítulo 4. MANTENIMIENTO A TÚNELES CONVENCIONALES

Los túneles convencionales (*Figura 10*) son la versión simple de los inteligentes; su operación y mantenimiento es más sencilla, cuentan con menos equipos y son de longitudes menores; esto se ve reflejado en el programa de mantenimiento<sup>9</sup> si se compara con el programa de algún túnel inteligente.

Cuentan con menos equipamiento pero hablando en volumen y distancia representan bastante trabajo, ya que los túneles inteligentes solo son 9; mientras que los convencionales son 52 con una distancia de aproximadamente 80 km entre Lambedero (el más cercano a Durango) y Copala III (el más cercano a Mazatlán) incluso se tiene que trabajar con dos husos horarios distintos (en el estado de Sinaloa es una hora menos que en Durango).



Figura 10. Túnel convencional visto de frente, al interior del túnel solo se cuenta con luminaria y vialetas. Foto de mi

<sup>9</sup> En la sección de anexos se pueden consultar los Anexo 2 y 3 para comparar el índice de actividades mensual de un túnel convencional con el de uno inteligente



Aquí la lista de los túneles convencionales, su longitud, localización y número de carriles.

Túnel	Nombre	Tipo	Km inicial	Km final	longitud	No. Carriles
1	Lamedero	Convencional	115+643.00	115+852.00	209.00	2
2	Chavarría Nuevo I	Convencional	125+767.00	125+879.00	112.00	2
3	Chavarría Nuevo II	Convencional	126+395.00	126+565.00	170.00	2
4	Leonera I	Convencional	127+460.00	127+570.00	110.00	2
5	Leonera II	Convencional	127+840.00	127+985.00	145.00	2
6	Los Alacranes	Convencional	128+892.00	129+070.00	178.00	2
7	Chavarría Nuevo III	Convencional	129+209.00	129+346.00	137.00	2
8	Chavarría	Convencional	130+012.00	130+308.00	296.00	2
9	El Magueyal	Convencional	137+441.00	137+670.00	229.00	2
10	Pino Gordo	Convencional	138+286.00	138+445.00	159.00	2
11	Fresno	Convencional	138+894.00	139+055.00	161.00	2
14	Frijolar Nuevo	Convencional	145+765.00	146+075.00	310.00	2
16	Picachos II	Convencional	148+298.00	148+562.00	264.00	2
17	Papayito I	Convencional	148+986.00	149+374.00	388.00	2
18	Papayito II	Convencional	149+694.00	149+959.00	265.00	2
20	Los Picachos	Convencional	151+463.00	151+812.00	349.00	2
21	Cerro de los Becerras	Convencional	152+178.00	152+532.00	354.00	2
22	Las Mesitas	Convencional	152+708.00	153+022.00	314.00	2
23	La Salitrera	Convencional	154+981.00	155+128.00	147.00	2
25	El Guineo	Convencional	158+984.00	159+190.00	206.00	4
27	Los Otates	Convencional	161+060.00	161+168.00	108.00	4
28	Guamúchil	Convencional	161+220.00	161+500.00	280.00	4
29	Los Morillos	Convencional	161+710.00	162+100.00	390.00	4
30	El Carrizo I	Convencional	163+180.00	163+329.00	149.00	4
33	La Piedra	Convencional	164+750.00	165+040.00	290.00	2
34	La Quemada	Convencional	165+194.00	165+320.00	126.00	2
35	La Quemada II	Convencional	165+470.00	165+613.00	143.00	2
36	La Laguna I	Convencional	165+815.00	166+037.00	222.00	2
37	La Laguna II	Convencional	166+200.00	166+455.00	255.00	2
38	La Laguna III	Convencional	166+600.00	166+960.00	360.00	2
39	Las Labores	Convencional	167+355.00	167+674.00	319.00	2
41	Trópico de Cáncer	Convencional	171+415.00	171+597.00	182.00	2
42	Corte Alto	Convencional	172+245.00	172+460.00	215.00	2
43	La Mina	Convencional	173+216.00	173+409.00	193.00	2
44	Chirimollos	Convencional	173+446.00	173+675.00	229.00	2
45	Santa Lucía I	Convencional	179+855.00	180+058.00	203.00	2
46	Santa Lucía II	Convencional	180+310.00	180+441.00	131.00	2
47	Cerro Reforma	Convencional	180+558.00	180+707.00	149.00	2
48	Cerro Santa Lucía	Convencional	181+315.00	181+456.00	141.00	2
49	Roblar de la Cueva	Convencional	181+663.00	181+762.00	99.00	2
50	Cerro de las Mesas	Convencional	182+548.00	182+758.00	210.00	2
51	Nacaral	Convencional	183+253.00	183+470.00	217.00	2
52	Cerro Las Palomas	Convencional	183+940.00	184+260.00	320.00	2
53	Panuco	Convencional	185+240.00	185+649.00	409.00	2
54	Real Panuco	Convencional	185+898.00	186+024.00	126.00	2
55	El Cantil	Convencional	187+820.00	187+845.00	25.00	2
56	Las Palomas	Convencional	188+910.00	188+938.00	28.00	2
57	Las Charcas	Convencional	189+985.00	190+006.00	21.00	2
58	Copala I	Convencional	190+470.00	190+690.00	220.00	2
59	Copala II	Convencional	192+060.00	192+155.00	95.00	2
60	Copala III	Convencional	195+440.00	195+580.00	140.00	2

#### 4.1 Casas de maquinas

Cada túnel cuenta con una casa de máquinas donde podemos encontrar diversos equipos, tableros y dispositivos para la correcta operación de los túneles (*Figura 11*).

Básicamente hay dos tipos de casas de máquinas: las de los túneles inteligentes y los convencionales aunque para fines prácticos son iguales, cuentan con un espacio amplio para los equipos, y una recamara con baño para albergar al respectivo vigilante. Por obvias razones, las casas de los túneles inteligentes cuentan con más dispositivos como tableros contra incendios, tableros de ventilación, de iluminación, de voz y datos, de video, entre otros. Aunque hay varios túneles que debido a su cercanía tienen una casa de máquinas compartida.



Figura 11. Casa de máquinas al exterior del túnel Carrizo III

Foto tomada de la página de la SCT

Debido al poco equipamiento con el que cuentan, los túneles convencionales participan en pocas actividades dentro del programa anual de mantenimiento. Las actividades que se realizan de acuerdo a su grupo de trabajo son las siguientes:

- 1 INSTALACIONES ELECTRICAS
  - 1.1 Centro de transformación
    - 1.1.3 Astronic No Brake
- 2 ALUMBRADO
  - 2.1 Alumbrado Exterior
- 4 CONTRA INCENDIOS
  - 4.2 Grupo presión
    - 4.2.9 Extintores
- 8 SEÑALAMIENTO INTERIOR
  - 8.1 Señalamiento Interior
    - 8.1.4 Vialta



## 4.2 Astronic “No brake”

La iluminación dentro de los túneles es de suma importancia; por ende, en caso de variaciones de voltaje y/o falla eléctrica, se cuenta con unos equipos que garantizan la iluminación al interior de cada túnel. De hecho estos equipos, son la columna vertebral en el contrato de mantenimiento preventivo.

A estos equipos de les revisa diariamente los niveles de aceite, anticongelante y el estado de operación en que se encuentran, además de realizar un arranque semanal y provocar una falla (intencional) periódicamente para garantizar su correcto funcionamiento en caso de falla eléctrica.

También se hace afinación, cambio de filtros, bandas, anticongelante y se aprietan partes móviles una vez por año. Estos equipos están constituidos por tres elementos: Motor (*Figura 12*), unidad de continuidad (*Figura 13*) y tablero de control (*Figura 14*).



Figura 12. Motor y tanque de diesel en la casa de máquinas del túnel El Sinaloense. Foto de mi autoría



Figura 14. Tablero de control de sistema ASTRONIC dentro de la casa de máquinas del túnel El Sinaloense. Foto de mi autoría



Figura 13. Unidad de Continuidad (Volante de inercia)

Este equipo consta de un volante de acero que gira todo el tiempo de forma continua montado sobre un rotor, su función es mantener encendida la iluminación del túnel en caso de falla eléctrica durante unos segundos, mientras arranca automáticamente el motor en caso de falla.

Este elemento asegura la ininterrupción del suministro eléctrico al interior del túnel.

Cuarto de máquinas El Sinaloense. Foto de mi autoría



Figura 15. Periódicamente se drenaban los tanques de diesel de los equipos Astronic con la finalidad de eliminar impurezas y así evitar que se contaminaran los sistemas de inyección de los equipos.

Cuarto de máquinas Leoneras . Foto de mi autoría.

Debido a lo complejo y delicado de estos equipos, sumado a la falta de manuales, hemos desarrollado un instructivo para su correcta operación, además de ofrecer capacitación constante (Figura 16) a los técnicos que se encargan de la operación y mantenimiento de estos<sup>10</sup>.



Figura 16. Jornada de capacitación del personal Foto: Cuarto de máquinas Alacranes.

Dentro del grupo 1 (Instalaciones Eléctricas), cada casa de máquinas de túnel convencional cuenta con un equipo Astronic. Existen varios modelos de este equipo, de acuerdo a las necesidades del túnel; el modelo varía en función de la capacidad en [kw] que se requieran y los caballos de fuerza (HP) con que cuenta el motor. A continuación un inventario de los diferentes modelos de acuerdo a su capacidad

<sup>10</sup> El manual se puede consultar en la sección de anexos (Como anexo 4).



Tipos de ASTRONIC lado Durango					Tipos de ASTRONIC lado Sinaloa				
#	TÚNEL	Modelo	CAPAC. [KW]	HP	#	TÚNEL	Modelo	CAPAC. [KW]	HP
1	Lambadero	6TA8.3-G2	150	277	25	El Guineo	6CTAA8.3-G3	200	317
C.C.	Coscomate	NTA855-G5	323	605	26	El Varal	NTA855-G5	323	605
2	Chavarría Nuevo I	6BTA5.9-G3	125	207	27	Los Otates	4BTA3.9-G3	40	125
3	Chavarría Nuevo II	6TA8.3-G2	150	277	28	Guamuchil	6CTAA8.3-G3	200	317
4	Leonera I	6BTA5.9-G3	125	207	29	Los Morillos	6CTAA8.3-G3	200	317
5	Leonera II	6BTA5.9-G3	125	207	30	El Carrizo I	6TA8.3-G2	150	277
6	Los Alacranes	6TA8.3-G2	150	277	31	El Carrizo II	NTA855-G5	323	605
7	Chavarría Nuevo III	6TA8.3-G2	150	277	32	El Carrizo III	NTA855-G5	323	605
8	Chavarría	6CTAA8.3-G3	200	317	33	La Piedra	6CTAA8.3-G3	200	317
9	El Magueyal	6TA8.3-G2	150	277	34	La Quemada	6BTA5.9-G3	125	207
10	Pino Gordo	6TA8.3-G2	150	277	35	La Quemada II	6BTA5.9-G3	125	207
11	Fresno	6CTA-G2D2	150	277	36	La Laguna I	6TA8.3-G2	150	277
12	Piedra Colorada	NTA855-G5	323	605	37	La Laguna II	6TA8.3-G2	150	277
13	Tortuga Nuevo	NTA855-G5	323	605	38	La Laguna III	6CTAA8.3-G3	200	317
14	Frijolar Nuevo	6CTAA8.3-G3	200	317	39	Las Labores	6CTAA8.3-G3	200	317
15	Picachos I	NTA855-G3	350	535	40	El Sinaloense Dgo	NTA855-G5	323	605
16	Picachos II	6CTAA8.3-G3	200	317	40	El Sinaloense Mzt	NTA855-G5	323	605
17	Papayito I	6CTAA8.3-G3	200	317	41	Tropico de Cancer	6TA8.3-G2	150	277
18	Papayito II	6TA8.3-G2	150	277	C.C.	Santa Lucía	NTA855-G5	323	605
19	Papayito III	NTA855-G3	350	535	42	Corte Alto	6TA8.3-G2	150	277
20	Los Picachos	6CTAA8.3-G3	200	317	43	La Mina	6TA8.3-G2	150	277
21	Cerro de los Becerros	6CTAA8.3-G3	200	317	44	Chirimollos	6TA8.3-G2	150	277
22	Las Mesitas	6CTAA8.3-G3	200	317	45	Santa Lucía I	6TA8.3-G2	150	277
23	La Salitrera	6TA8.3-G2	150	277	46	Santa Lucía II	6BTA5.9-G3	125	207
24	Baluarte	NTA855	400	605	47	Cerro Reforma	6BTA5.9-G3	125	207
					48	Cerro Santa Lucía	6BTA5.9-G3	125	207
					49	Roblar de la Cueva	4BTA3.9-G3	40	125
					50	Cerro de las Mesas	6TA8.3-G2	150	277
					51	Nacaral	6TA8.3-G2	150	277
					52	Cerro Las Palomas	6CTAA8.3-G3	200	317
					53	Panuco 1	6TA8.3-G2	150	277
					53	Panuco 2	6BTA5.9-G3	125	207
					54	Real Panuco	6BTA5.9-G3	125	207
					55	El Cantil	6TA8.3-G2	150	277
					56	Las Palomas	6TA8.3-G2	150	277
					57	Las Charcas	6TA8.3-G2	150	277
					58	Copala I	6TA8.3-G2	150	277
					59	Copala II	4BTA3.9-G3	80	125
					60	Copala III	2BTA1.2	40	80

El “Astronic no Brake” cuenta con un programa de mantenimiento exhaustivo que enlista actividades diarias, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales.

En la actividad anual por ejemplo se realiza la afinación de los motores, para lo cual se tiene un inventario de todos los tipos de filtros, bandas y cantidades de aceite y anticongelante que requiere cada modelo diferente.

### 4.3 Alumbrado Exterior

Esta actividad es fundamental dentro del programa de mantenimiento de los túneles convencionales, ya que el alumbrado es el sistema más complejo con que cuentan este tipo de túneles. Se cuentan con dos tipos de luminarias de 100W y de 250W (*Figuras 17 y 18*).

Igual que en los túneles inteligentes se pintan los postes arbotantes que se encuentran en las bocas de cada túnel, además de realizar un inventario de manera periódica de las luminarias fundidas para poder reemplazarlas.



Figuras 17 y 18. Tipo de luminarias al interior de los túneles. Las hay de 100 w y de 200 w. Es frecuente la acumulación de panales de abejas en la cara de los túneles. También los quitamos. Fotos de mi autoría.

### 4.4 Extintores

Esto de los extintores en la súper carretera es un tema interesante, parece que es uno de esos conceptos que quedaron en el limbo y ni CAPUFE ni ninguna empresa se hace responsable de rellenar estos elementos, en algún momento realicé un inventario de todos los extintores y me encontré que no hay un solo extintor en correcto funcionamiento en todo el tramo carretero. Se colocaron en la entrega del proyecto en el 2012 y nunca se volvieron a rellenar (*Figura 19*), nuestra tarea contractual con respecto a este punto es dar aviso a CAPUFE de los extintores que necesitan ser llenados pero en este caso son todos.

Otra cosa que vale la pena mencionar es que se han robado muchos, tanto de los postes de emergencia como de las casas de máquinas.

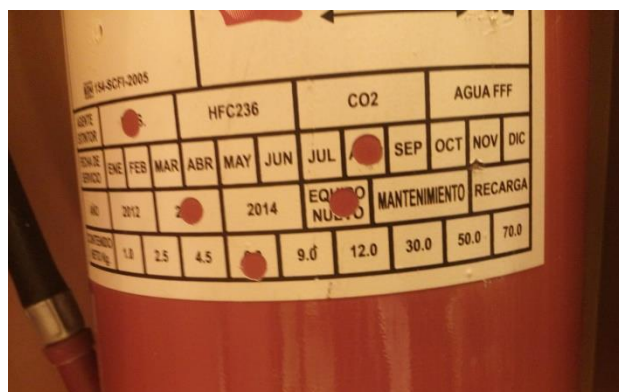


Figura 19. Como se puede apreciar, los extintores necesitan ser rellenados desde Agosto de 2013

Foto de mi autoría.

#### 4.5 Vialetas

De manera semestral se realiza un inventario de todas las vialetas que se encuentran en los túneles, este inventario se hace llegar a los responsables de CAPUFE para poder reemplazarlas.

Hablando de túneles convencionales podemos encontrar cuatro tipos de vialeta (*Figuras 20 a 23*):

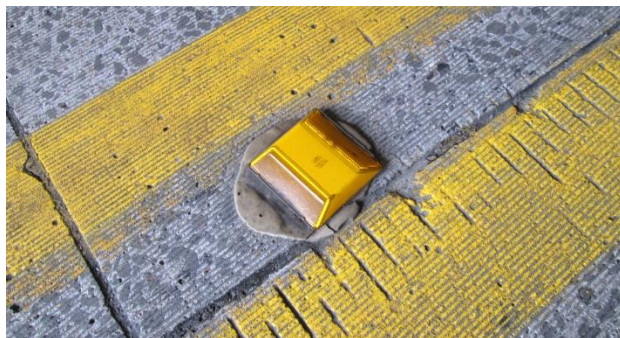


Figura 20. Vialeta amarilla marca SWARFLEX con cristales reflectantes para dividir los carriles al centro de la carpeta.



Figura 21. Vialeta blanca marca SWARFLEX con cristales reflectantes sobre banqueta de seguridad.



Figura 22. Vialeta blanca marca SWARFLEX con cristales reflectantes Sobre línea discontinua blanca para separar el carril de circulación del acotamiento.



Figura 23. Vialeta negra marca SWARFLEX con cristales reflectantes en una sola cara. Colocadas sobre la pared del túnel

## Capítulo 5. MANTENIMIENTO A TÚNELES INTELIGENTES

Nueve de los túneles de esta súper carretera entran en la categoría de “inteligentes” debido a que están dotados con equipos que se monitorean las 24 horas y en tiempo real desde un centro de control, además de todos los equipos con que cuentan los convencionales. Esto se debe principalmente a su longitud, al ser superiores a los 400 metros, las probabilidades de incidente son mayores y la capacidad de actuar ante una situación de riesgo es más limitada. Por ello se dotó a estos túneles con todos los elementos de los convencionales y otros. La lista de los 9 túneles inteligentes es la siguiente:

#	TUNEL	Estado	PK	PK FIN	LONGITUD [m]
12	Piedra Colorada	Durango	139+413	139+899	486.11
13	Tortuga Nuevo	Durango	144+731	145+560	829
15	Picachos I	Durango	147+651	148+079	427.97
19	Papayito III	Durango	150+196	151+012	816.46
24	Baluarte	Durango	156+387	156+962	574.7
26	El Varal	Sinaloa	159+242	160+020	777.57
31	El Carrizo II	Sinaloa	163+474	163+912	438.5
32	El Carrizo III	Sinaloa	164+151	164+575	424.5
40	El Sinaloense	Sinaloa	168+430	171+217	2786.71

Igual que los convencionales, los inteligentes los hay de dos tipos, de dos carriles (*Figura 24*) y de cuatro carriles (*Figura 25*):

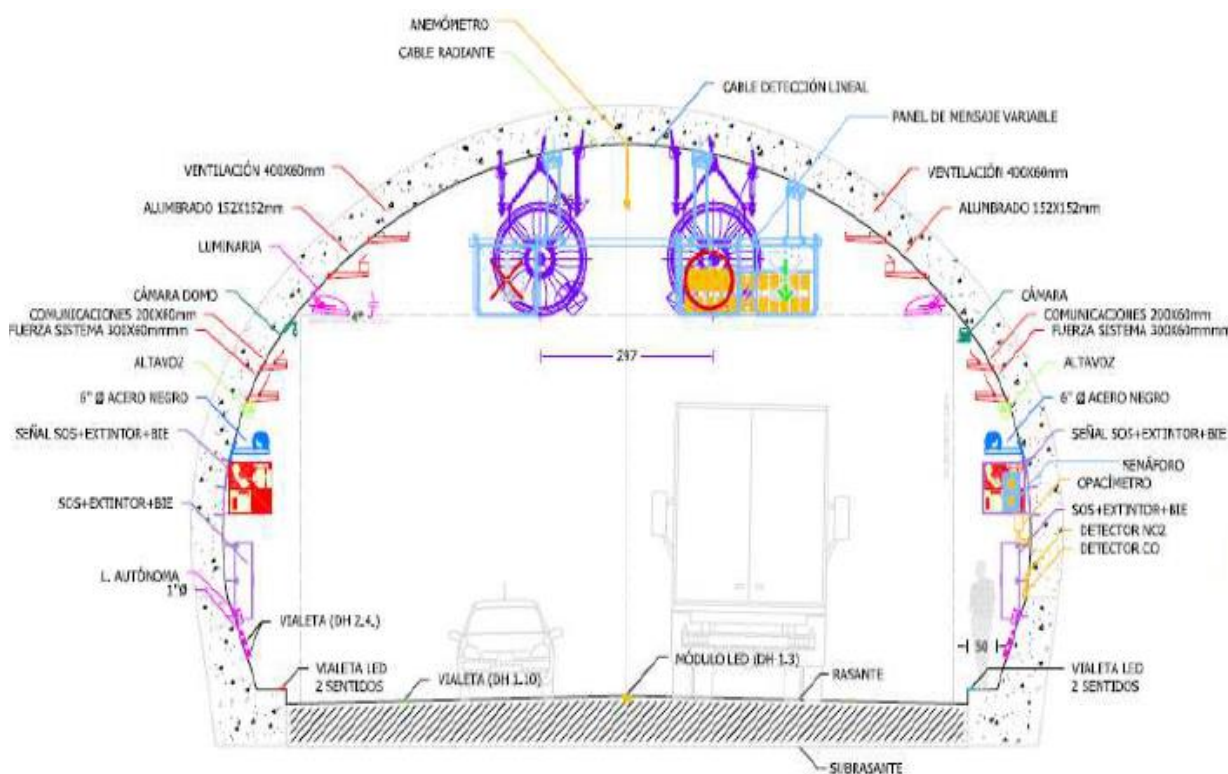


Figura 24. Sección tipo de Túnel inteligente de dos carriles. Imagen tomada del manual de explotación de la Súper carretera.

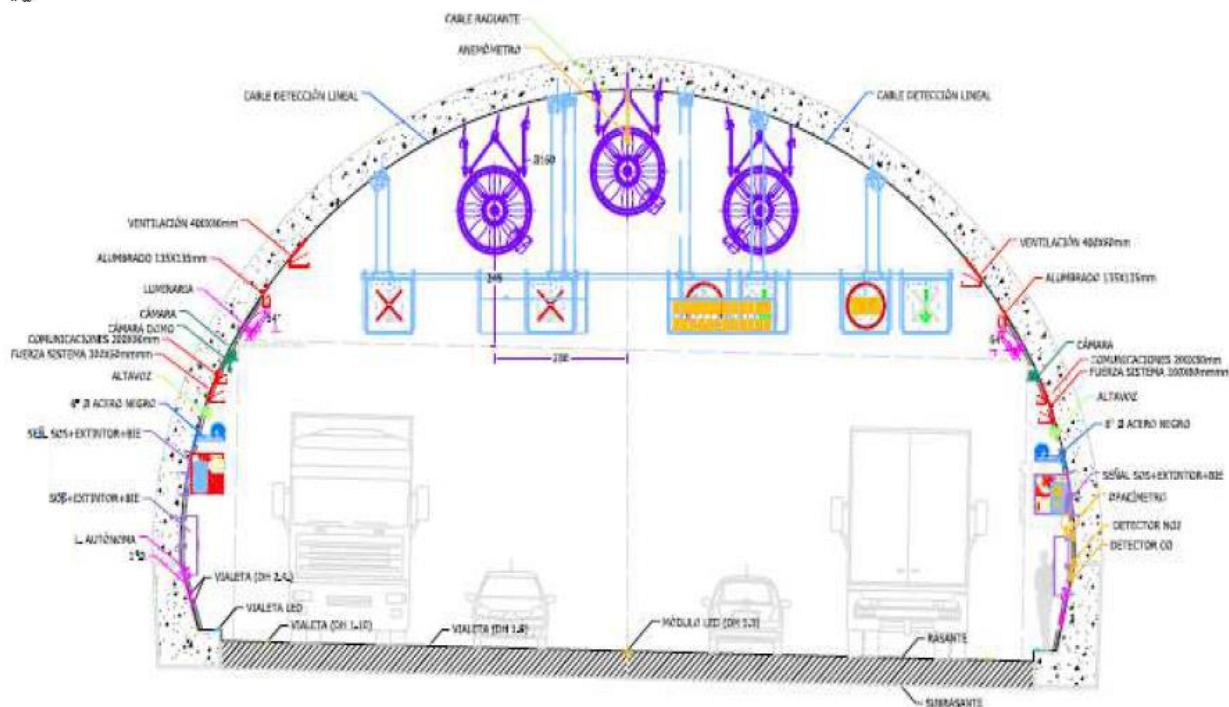


Figura 25. Sección tipo de Túnel inteligente de cuatro carriles. Foto tomada del manual de explotación de la Súper carretera.

Los equipos que componen los túneles inteligentes se dividen en diferentes sistemas:

- Sistema de energía
- Sistema de alumbrado
- Sistema de ventilación
- Sistema de gestión viaria, control de la circulación y aforos
- Sistema de control de Galibo
- Estaciones de Toma de Datos
- Control ambiental
- Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) y Detección Automática de Incidencias (DAI)
- Sistemas de emergencia y control de incendios.
- Sistemas de comunicaciones

A continuación haré una breve descripción de los equipos más importantes de cada sistema; esto con el fin de contextualizar sobre el tipo de mantenimiento que realizábamos. La periodicidad de cada actividad era variable en función del tipo de equipo, su importancia y su operatividad.

### 5.1 Sistema de Energía

Cada túnel cuenta con uno, dos o tres (según sea el caso) transformadores eléctricos (*Figuras 26 y 27*) que responden a las necesidades específicas en capacidad y potencia del túnel en que se encuentran. Son alimentados por la red de la Secretaría Federal de Electricidad (CFE).



Figura 26. Transformador Zetrak de 1250 kVA ubicado en la casa de máquinas del túnel Piedra Colorada



Figura 27. Transformadores de 15 kVA y 75 kVA respectivamente ubicados en la casa de máquinas del túnel Piedra Colorada

De acuerdo al plan de mantenimiento se realiza una inspección diaria para monitorear cualquier anomalía en el funcionamiento de los transformadores.

## 5.2 Sistema de alumbrado

Los túneles inteligentes cuentan con un sistema de iluminación automatizado con cuatro niveles de intensidad:

- Nivel 1: Soleado
- Nivel 2: Nublado
- Nivel 3: Crepuscular
- Nivel 4: Nocturno

Esto, con el propósito de que la vista del usuario se adapte de mejor manera a la luminosidad del túnel, la intensidad de la luz al interior de los túneles está relacionada con la del exterior. Para esto se cuenta con un sistema de detección automática o Luminanancímetro (*Figura 28*), comunicado a un panel de control al interior de las casas de máquinas. También puede ponerse al nivel de luminosidad deseado de forma manual.





**Figura 28. Luminancímetro.**

Ubicado en cada boca de túnel para indicar el nivel de luminosidad a la que debe estar la iluminación dentro del túnel.

Foto: Túnel Baluarte

Al exterior de cada túnel; también se cuenta con iluminación por medio de postes arbotantes que encienden con los modos crepuscular y nocturno (*Figuras 29 y 30*).



Figura 29 y 30 Pintamos estos postes con una periodicidad de cada 18 meses para contrarrestar los efectos de la corrosión e intemperie.

### 5.3 Sistema de Ventilación

Los túneles inteligentes cuentan con una serie de turbinas para favorecer la ventilación (*Figuras 32 y 33*), la circulación del aire al interior del túnel, para expulsar los gases venenosos producto de la combustión de los automotores en tránsito y para expulsar humo y polvo ocasionado en una situación

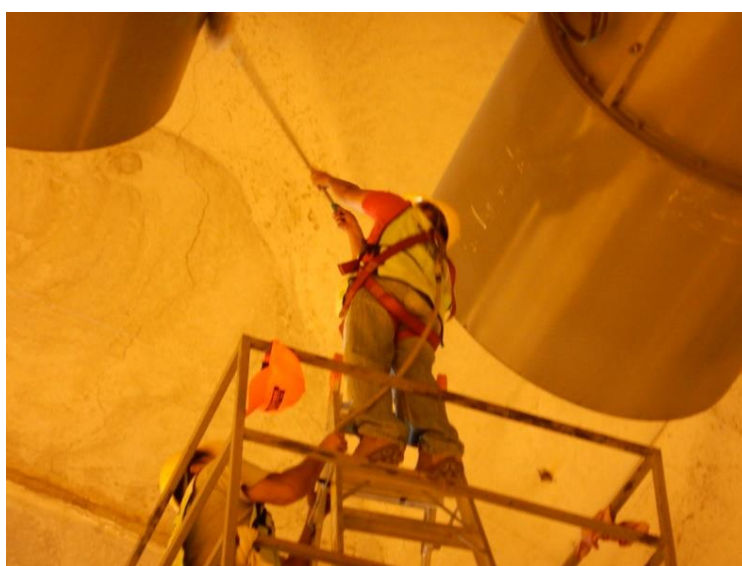
de incendio, choque o volcadura. Se cuenta con un sistema de detección de NO y CO<sub>2</sub> “opacímetro” (Figura 31)



**Figura 31. Opacímetro.**

Ubicado al interior de cada túnel inteligente se encuentran estos dos dispositivos. Uno mide la opacidad del aire mediante un haz laser y el otro mide la concentración de NO y CO<sub>2</sub> respectivamente.

Túnel Baluarte. Foto de mi autoría.



**Figuras 32 y 33. Turbinas de ventilación**

Se limpian y se revisa el cableado y correcto funcionamiento una vez al mes. Foto izquierda Túnel Carrizo II, Foto derecha Túnel Tortuga nuevo. Fotos de mi autoría.

#### 5.4 Sistema de gestión viaria, control de la circulación y aforos

Este sistema consta de todos los elementos luminosos y visibles al usuario:

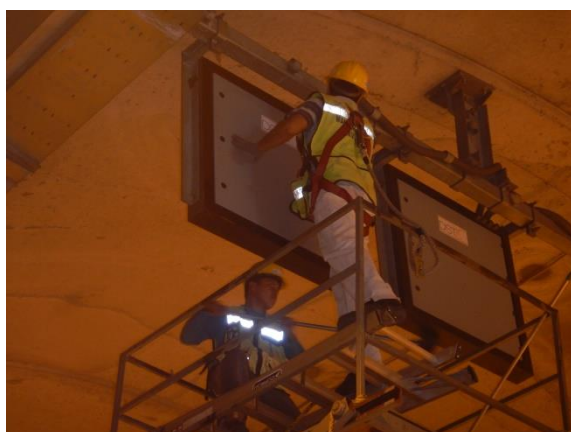
- Semáforos intermitentes
- Señales de límite de velocidad
- Señal aspa-flecha (Figura 34)
- Señales de alto variables interior y exterior (Figuras 35 y 36)
- Barreras de cierre (Figuras 37 y 38)

- Paneles de información alfanuméricos (Figuras 39 y 40)
- Semáforos RAV (rojo, ambar, verde) (Figuras 41 y 42)

A continuación algunos ejemplos del mantenimiento realizado a estos equipos:



**Figura 34. Señal Aspa-Flecha, Panel de límite de velocidad:** Limpieza mensual y revisión de cableado de estos señalamientos en el túnel El Sinaloense. Foto de mi autoría



**Figura 35. Señales de alto variable Interior**  
Limpieza mensual y revisión de cableado de estos señalamientos al interior del túnel Papayito III. Foto de mi autoría.



**Figura 36. Señales de alto variable Exterior**  
Limpieza mensual y revisión de cableado de estos señalamientos al exterior del túnel Papayito III. Foto de mi autoría



**Figuras 37 y 38. Barrera de cierre**

Revisión mensual de los dispositivos eléctricos y mecánicos, así como una prueba de la correcta operación desde el centro de control.

Túnel Carrizo II. Fotos de mi autoría.



**Figuras 39 y 40. Panel de información alfanumérico**

Se limpia una vez al mes y se revisa el correcto funcionamiento de todos los paneles led.

Túnel Baluarte. Fotos de mi autoría.





**Figuras 41 y 42. Semáforos RAV (rojo, ámbar, verde).**

Se limpian y se revisa el correcto funcionamiento una vez al mes. Frecuentemente encontramos panales de abejas en ellos. También los removemos.

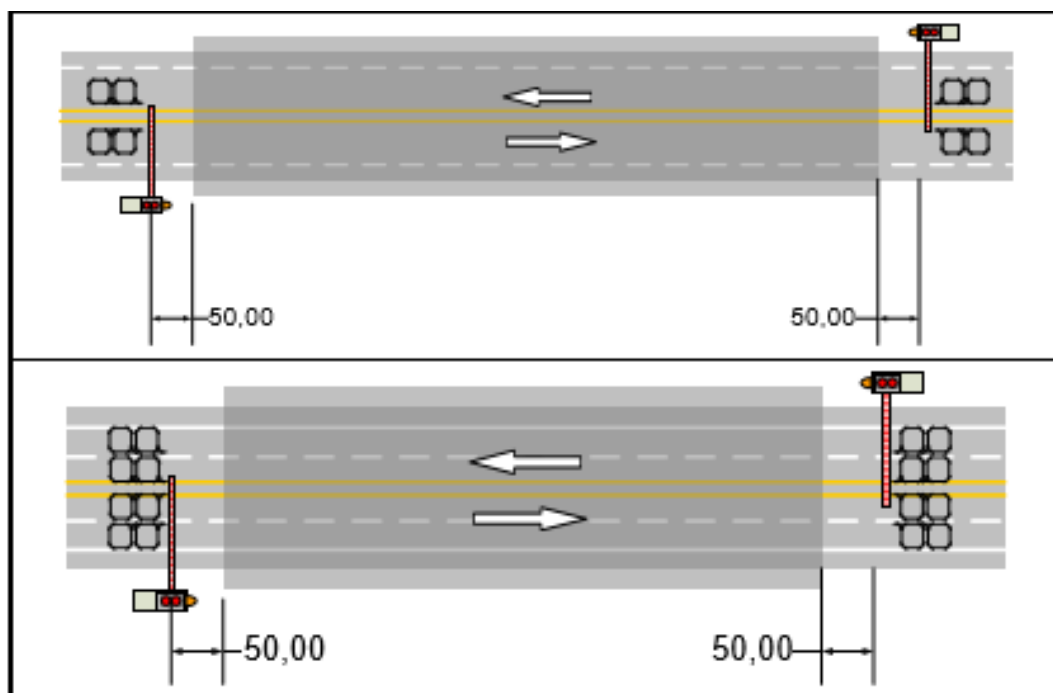
Túnel Piedra Colorada. Fotos de mi autoría.

### 5.5 Sistema de control de Galibo

Este sistema comprende un dispositivo que da aviso a los autotransportes (sobre todo a los de carga) para que no excedan la altura de los túneles; sin embargo este es un tema curioso dentro del plan de mantenimiento, ya que se contempla en el manual de explotación pero físicamente no existen los equipos. Aunque cabe mencionar que si los hay en los accesos de la carretera. Entonces, todo autotransporte que pudiera rebasar la altura de los túneles debe pasar primero por alguno de los gálibos de acceso a la súper carretera.

### 5.6 Estaciones de Toma de Datos

Los detectores de tráfico se encuentran afuera de cada túnel inteligente y los sensores (espiras) van por debajo de la carpeta asfáltica (*Figura 43*). Estos sensores tienen como propósito cumplir dos tareas fundamentales; conocimiento exacto del tipo y aforo de tráfico (para finalidades estadísticas), y la detección de incidentes



**Figura 43. Diagrama de la ETD**  
Imagen tomada del manual de explotación de la súper carretera

### 5.7 Control ambiental

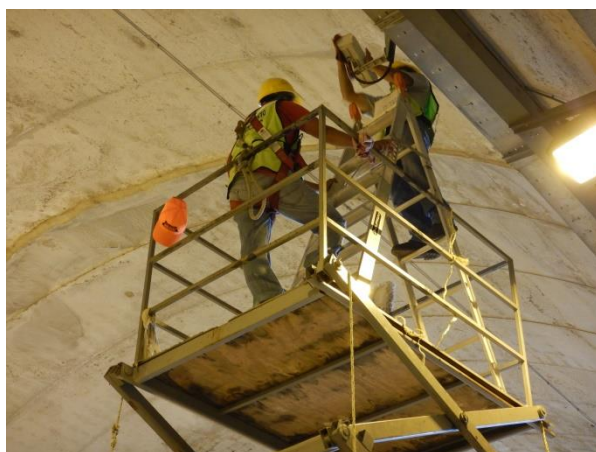
El diseño de la carretera contempla también el constante monitoreo de las ráfagas de viento y lluvia para lo cual se dotó a los túneles inteligentes con una estación meteorológica que consta de un pluviómetro y un anemómetro (Figuras 44 y 45).



**Figuras 44 y 45. Estación meteorológica**  
Se monitorea una vez a la semana para verificar su correcto funcionamiento, y se limpia de cualquier bicho o suciedad que pueda caer en el pluviómetro.  
Túnel Carrizo II. Fotos de mi autoría.

### 5.8 Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) y Detección Automática de Incidencias (DAI)

Los Túneles están habilitados con un sistema de monitoreo en tiempo real con dos tipos de cámaras: cámaras fijas y cámaras domo (*Figuras 46 y 47*). Estas se operan desde el centro de control y se realiza mantenimiento mensual en campo.



**Figuras 46 y 47. Camaras**

Mensualmente se hace limpieza de las cámaras y sus lentes, así como enfocar las que lo requieran y acomodar su posición. Foto: Túnel Baluarte. Fotos de mi autoría.

Las cámaras están dotadas con dispositivos que son capaces de detectar varios tipos de eventos que pueden suscitarse dentro de los túneles (*Figuras 48 a 51*):



**Figura 48. Vehículo detenido. Imagen tomada del manual de explotación.**



**Figura 49. Trafico irregular. Imagen tomada del manual de explotación.**

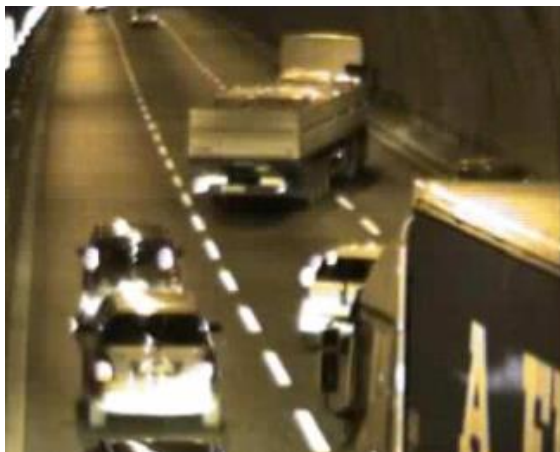


Figura 50. Decremento brusco de la velocidad. Imagen tomada del manual de explotación.



Figura 51. Vehículos circulando en sentido contrario. Imagen tomada del manual de explotación.

Cuando alguna de las cámaras detecta un comportamiento irregular en la circulación de los vehículos, manda una alarma al centro de control y sobresalta la imagen en la pantalla del monitorista en turno.

### 5.9 Sistemas de emergencia y control de incendios.

El tiempo de respuesta en una situación de incendio es fundamental para asegurar la menor cantidad de daños posibles. Pensando en esto, se dotó a los túneles inteligentes con varios dispositivos que en suma constituyen el sistema de emergencia y control de incendios.

A continuación los dispositivos más relevantes a los que se deben dar mantenimiento:

#### 5.9.1 Postes S.O.S

Dentro de los túneles inteligentes y cada 50 metros en toda la longitud del túnel; existen tableros de emergencia dotados con un teléfono con comunicación al centro de control, un extintor, un hidrante presurizado con manguera contra incendios, sistema de megafonía y los controles eléctricos de algunos de los paneles de información que se encuentran al interior del túnel (Figuras 52 y 53).



Figuras 52 y 53. Tableros de emergencia, la comunicación con el centro de control se revisa una vez por semana, la presión de las mangueras se checa cada mes, se da limpieza y se extiende la manguera para asegurarnos que saldrá bien en caso de incendio. Fotos de mi autoría.





Figura 54. Tanque de emergencia contra incendios del túnel Papayito III. Foto de mi autoría.

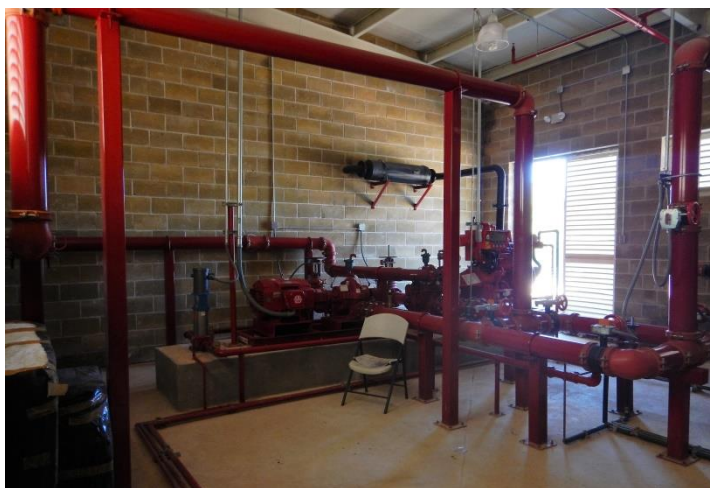


Figura 55. Cuarto de bombas del túnel Piedra Colorada. Foto de mi autoría

Una vez por semana se monitorea el correcto funcionamiento de las 3 bombas con que cuenta cada túnel inteligente y el nivel de agua en el tanque. Por desgracia debido a accidentes viales, robos y lo difícil que resulta conseguir agua en la región, muchos de estos equipos se encuentran deshabilitados o su funcionamiento no es el óptimo.

En la parte central de la bóveda del túnel se encuentra instalado un cable "SEC 20" con sensores electrónicos de temperatura, capaces de detectar cualquier irregularidad y/o cambio abrupto en la temperatura dentro del túnel

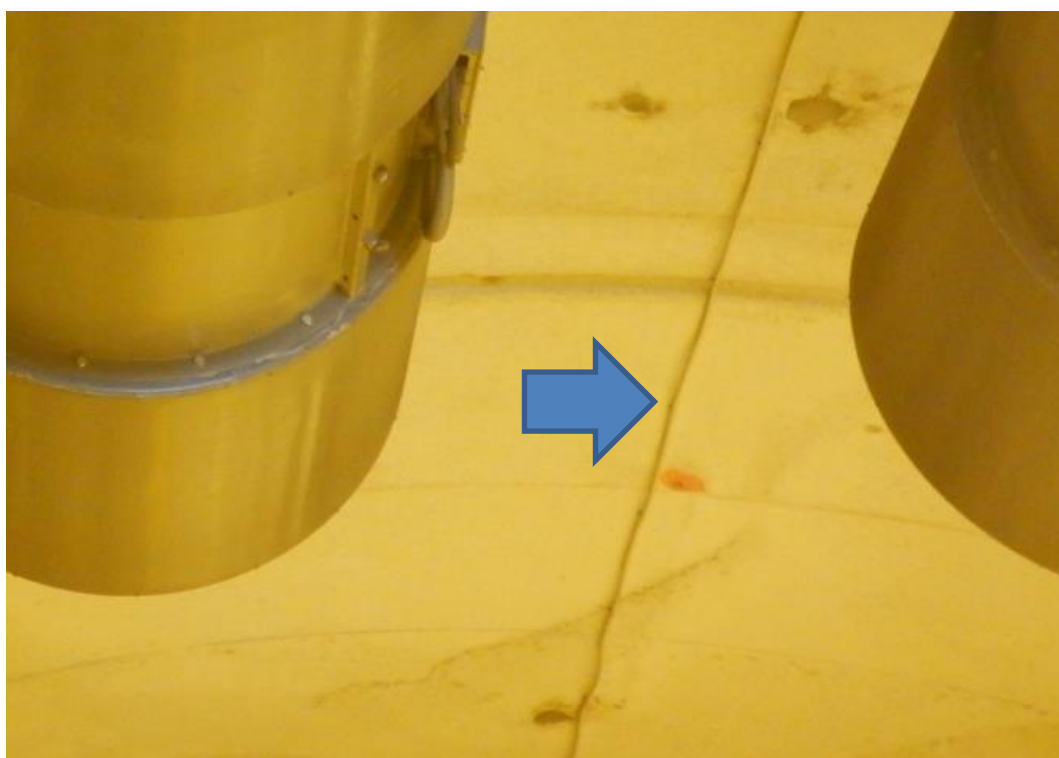


Figura 56. Cable SEC 20 para el control de la temperatura instalado en la corona de cada túnel inteligente. Foto de mi autoría.

## 5.10 Sistemas de comunicaciones

Para asegurar la comunicación de los túneles en caso de incidente, estos se encuentran dotados de teléfonos en los postes S.O.S. (Figura 57 y 58), con comunicación directa al centro de control, Este tipo de postes son de gran utilidad debido a que la cobertura de celular es muy pobre en buena parte de las sierras de Sinaloa y Durango, además de ser nula dentro de muchos de los túneles.



Figura 57. Teléfono de emergencia en la boca del túnel el Sinaloense. Foto de mi autoría.



Figura 58. Distribución de los postes S.O.S. a cada 50 m intercalados dentro del túnel El Sinaloense. Foto de mi autoría.

En caso de ser el centro de control el que necesite comunicar algo al interior de alguno de los túneles inteligentes; estos, se encuentran dotados de dispositivos de megafonía en su interior (Figura 59). Es frecuente el uso de estos dispositivos a causa de conductores imprudentes que se detienen al interior de los túneles para tomar fotos. En esos casos, los monitoristas en turno invitan a los conductores a continuar circulando.



Figura 59. Altavoz al interior del túnel el Sinaloense.

Foto de mi autoría.

### 5.10.1 Plantas de apoyo en caso de baja eléctrica

Además del Astronic, hay otro equipo de especial importancia dentro de las labores de mantenimiento en las casas de máquinas. Las plantas de apoyo (*Figura 60*), básicamente son motores diesel que operan en caso de falla en la alimentación eléctrica por parte de CFE. En esos casos se encienden los motores para no dejar desprovistos los túneles

#### Planta de apoyo (ventilación)

Las turbinas ubicadas dentro de las casas de máquinas son operadas por medio de electricidad proporcionada por CFE, pero en caso de fallo en las líneas de alimentación, se dispone de plantas de apoyo capaces de generar la suficiente energía para encender las turbinas en periodos intermitentes de tiempo. Su operación es más sencilla que las plantas de apoyo de la iluminación (Astronic) aunque el mantenimiento que reciben es prácticamente el mismo.

Las plantas de apoyo para la ventilación cuentan con un programa de mantenimiento exhaustivo que incluye actividades diarias, arranque semanal para prueba de funcionamiento, chequeos mensuales, trimestrales, semestrales, así como afinación del motor una vez al año que incluye cambio de aceite, anticongelante, filtros de diésel, aceite, aire y sustitución de baterías (*Figura 61*).



Figura 60. Planta de apoyo de ventilación en el túnel Piedra Colorada

Foto de mi autoría.

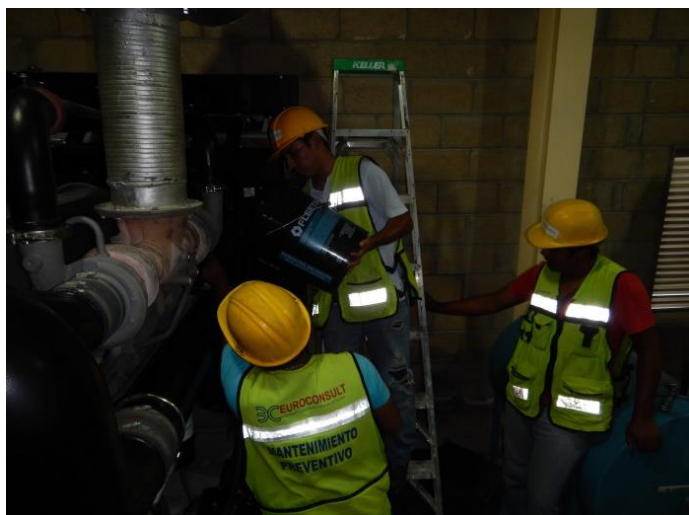


Figura 61. Realización de afinación a la planta de apoyo de ventilación del cuarto de máquinas El varal

Foto de mi autoría.

## Capítulo 6. DETALLES A CONSIDERAR SOBRE LA CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 6.1 Construcción

Como se dice coloquialmente “no todo es miel sobre hojuelas” la crisis social y económica que atraviesa el México contemporáneo afecta también a la ingeniería. La corrupción, la delincuencia, la falta de empleos dignos y las malas prácticas profesionales son cánceres que infectan nuestro honorable ramo.

No cabe duda que el reto de atravesar la sierra madre occidental con una súper carretera de primer mundo era monumental, lamentablemente los malos hábitos que permean muchas ramas profesionales en el país contagiaron también esta obra y lo siguen haciendo.

Como algunos otros proyectos de gran calado (si no es que todos en este país) este tramo carretero tenía impresos muchos intereses políticos y económicos, el gobierno del panista Felipe Calderón hizo trabajar a marcha forzada a los constructores, su intención era inaugurar la carretera antes de las elecciones presidenciales del 2012, los tiempos electorales y las prácticas de corrupción hicieron que un proyecto presupuestado en 8 mil millones de pesos terminará rebasando los 28 mil millones, además de trabajar a marchas forzadas, sobretodo en la parte previa a la inauguración. Muchos equipos se instalaron pero no se conectaron, muchos otros no cumplen con el proyecto y algunos otros ni siquiera existen.

#### 6.1.1 Sobre los taludes

Al poco tiempo de que la carretera fue inaugurada comenzaron los derrumbes y los caídos; los hay de todo tipo, desde los chineos y desprendimientos de roca constantes que día a día deben ser limpiados de la carpeta para afectar lo menos posible la circulación, hasta deslaves tan importantes como para mantener la carretera cerrada por varias horas o caídos de rocas más grandes que automóviles que han obligado a cerrar tramos completos de la supercarretera por varios días (*Figuras 62 a 67*).

A continuación pondré un par de ejemplos solo como botón de muestra, ya que solo inventariar los taludes en mal estado podría ser un tema de tesis.



Figuras 62 y 63. Derrumbe cotidiano hacia la parte baja de la sierra de Sinaloa. Talud de materia rocosa muy fracturada. Algunos bloques rebasan el medio metro de diámetro. Fotos de mi autoría.

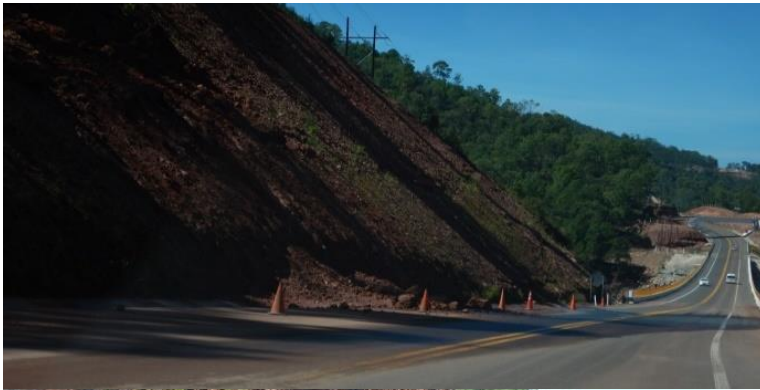


Figura 64 y 65. Hacia la parte alta de la sierra del lado de Durango, la geología cambia, aquí nos encontramos con materiales más sueltos como limos arcillosos y arenas limosas muy sueltas, igual que con los materiales rocosos, se retira el material que invade la calzada. Este talud es muy peculiar, ya que por el alto contenido de humedad, se tiene que limpiar todos los días. Fotos de mi autoría.



Figuras 66 y 67. Otro de los tropiezos que se cometen es tratar de remediar los taludes con métodos poco efectivos que francamente resultan contradictorios. A este talud por ejemplo, se le puso maya de triple torsión anclada con bulones e intercalada con muro gunitado. El talud sigue fallando a pesar de la inversión poco efectiva. Fotos de mi autoría.

### 6.1.2 Sobre los túneles

Algunos Falsos túneles han sufrido daños estructurales importantes debido al desprendimiento de taludes o rocas que golpean las paredes (Figuras 68 a 73).



Figuras 68 y 69. Caído de roca sobre la parte falsa del túnel el Carrizo II que perforó la cara del mismo y causo agrietamientos importantes en la estructura. Fotos de mi autoría.



Figuras 70 y 71. Personal de CAPUFE y de distintas empresas al otro día de ocurrido este deslave sobre el falso túnel Panuco. La afectación a la estructura fue bastante importante. Fotos de mi autoría.



Figuras 72 y 73. Deslave de talud muy importante sobre el falso túnel Panuco, causo agrietamientos y daños estructurales de gran importancia en la estructura; además de mantener la carretera cerrada en un tramo por varios días. La inversión económica para dar solución será enorme. Fotos de mi autoría.

### 6.1.3 Sobre los puentes

Algunos de los puentes como El Carrizo, cuyo peralte es bastante considerable y a menos de 5 años de inaugurada la carretera sufren daños estructurales graves, varios de esos puentes han tenido que ser intervenidos por empresas constructoras debido a la mala condición en la que se encuentran tanto en la parte estructural como en la superficie de rodamiento (*Figura 74*).



**Figura 74. Puente Baluarte.**

Icono de la ingeniería en México.  
Foto de mi autoría.



## 6.2 Operación

Operar una carretera con tantas estructuras que a su vez están compuestas por tantos elementos debe ser y es una tarea monumental, la cantidad de gente que se requiere y el nivel de atención son enormes. Además, se tiene la desventaja de estar operando un tramo carretero que dé inicio se entregó en mal estado y los desperfectos por todos lados no se hacen esperar.

### 6.2.1 Competencias de CAPUFE

El área de conservación de caminos y puentes federales tiene una labor titánica para aminorar el riesgo de los usuarios manteniendo en óptimas condiciones la carretera y sus elementos.

CAPUFE; además de encargarse de los errores propios de la construcción de la carretera, tiene el deber de corregir los desperfectos que van surgiendo debido a accidentes, imprudencias y robos. Que en suma son bastante considerables.

### 6.2.2 Competencias de la Policía Federal

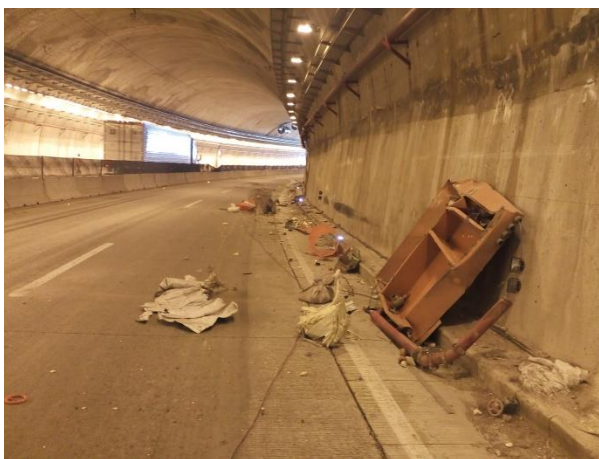
La policía Federal juega o más bien podría jugar un papel muy importante en la operación de esta carretera, sus labores de prevención y protección resultan fundamentales para evitar accidentes; lamentablemente, en la realidad su ausencia se hace notar y por las condiciones de seguridad de la región, su preocupación es más bien contra el crimen que contra la imprudencia de automovilistas y trailers (*Figuras 75 a 82*).

Personalmente realizaba un recorrido diario de buena parte de la súper carretera (el tramo que cuenta con túneles) y nunca tuve el privilegio de ver a la policía federal circulando a menos de que se tratara de un accidente. Lo que si veía todos los días eran trailers y vehículos particulares circulando por encima de los límites de velocidad.

No es tema de este trabajo enjuiciar la labor de la policía, pero como parte de la seguridad en la carretera ellos y nadie más, son los responsables de infraccionar a los vehículos que exceden los límites de velocidad.

Sin nadie procurando que los trailers respeten los límites de velocidad... simplemente la realidad es la que muestro a continuación:





Figuras 75 a 82. Los daños económicos y en vidas humanas que todos los días cobra la imprudencia son alarmantes. Todas las fotos fueron tomadas por mí, en mi día a día en la súper carretera. Fotos de mi autoría.



Por supuesto; las fotografías de esos accidentes solo son botones de muestra de los muchos accidentes que me tocó presenciar durante mi estancia en las labores de mantenimiento de la súper carretera Durango-Mazatlán. Y obviamente hay muchos más de los cuales no me tocó ser testigo.

### 6.2.3 Competencias de las empresas licitantes operando

Son muchas las empresas que actualmente operan en la súper carretera, las que llevan a cabo trabajos de limpieza, pintura de estructuras, desyerbado, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, contención de taludes, refuerzo a puentes y túneles, bacheo, reencarpetamiento, estudios geológicos, de mecánica de suelos, de riesgo, etc.

Todas las anteriores tienen un común denominador, personal laborando en zonas de riesgo. CAPUFE es un poco laxo con respecto a la seguridad, lo cual hace que sean las propias empresas las encargadas de asegurar la integridad de sus trabajadores.

En cuanto a EUROCONSULT se refiere, la responsabilidad de la seguridad ha recaído en mí, lo cual es una tarea de mucha seriedad, ya que el uso de los dispositivos de seguridad, la colocación correcta de la señalización y abanderamiento, y el uso del **sentido común** han hecho que tengamos un saldo blanco en los meses que hemos laborado en la súper carretera.

## 6.3 Mantenimiento

El mantenimiento que recibe la carretera es monumental y desde mi punto de vista mal planeado. Constantemente ocurren accidentes por las malas condiciones en que se encuentra la carretera; no obstante, se realizan actividades que francamente parecen ocupar mucho presupuesto. Presupuesto que podría ser utilizado (desde mi punto de vista) mejor. Como cambio de banquetas o aplicar pintura a los túneles por mencionar un par de ejemplos.

### 6.3.1 Situación actual

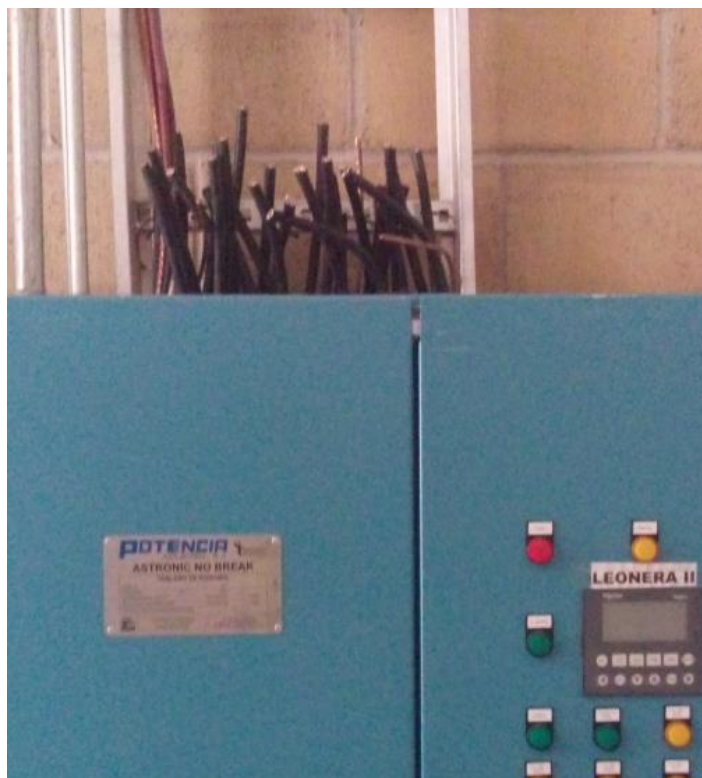
La Durango –Mazatlán fue dotada de elementos de primer mundo, maquinaria y equipo de última generación instalados a lo largo de una súper carretera que atraviesa la sierra madre occidental. Pero hay un factor que parece que no se tomó en cuenta durante la fase de anteproyecto. La inseguridad y el narcotráfico, la ola de violencia y la falta de empleo que permea no solo los estados de Sinaloa y Durango sino todo el país.

¿En que afecta esto a la carretera?

Los equipos que se encuentran dentro de las casas de máquinas están instalados con cable de cobre de grueso calibre (0 y 00). La combinación de varios factores; falta de empleo digno, territorio en disputa por carteles del narcotráfico, grupos delincuenciales operando en distintas poblaciones a lo largo del tramo carretero y complicidad con fuerzas del estado dejan a la súper carretera en un estado de

vulnerabilidad, el cual han aprovechado algunos grupos delincuenciales, que vieron negocio en el cableado de los equipos.

Un buen día se desató una oleada de robos a las casas de máquinas. Comandos armados se aparecían por la noche amagando al guardia de la casa de máquinas y cortando con cizallas el cableado de los equipos dejándolos por supuesto inoperables (*Figuras 83 a 87*).



Figuras 83 a 87. Algunos ejemplos de cómo deshabilitaban los equipos para robarse el cable. Fotos de mi autoría.

En un lapso de 4 meses se lograron contar 15 cuartos de máquinas robados. Los más afectados fueron los cuartos pertenecientes a los túneles inteligentes debido a que son los que tiene más equipamiento y por tanto más cable.

Una vez que los robos cesaron únicamente quedaron funcionando 3 de los 9 túneles inteligentes; El sinaloense, Carrizo II y Baluarte. Los demás fueron robados y por tanto los equipos quedaron inhabilitados.

De manera provisional y mientras continuaban las investigaciones por parte de la PGR y la compañía aseguradora, se puenteó de manera directa la alimentación eléctrica a los túneles, esto únicamente para la iluminación (*Figura 88*):



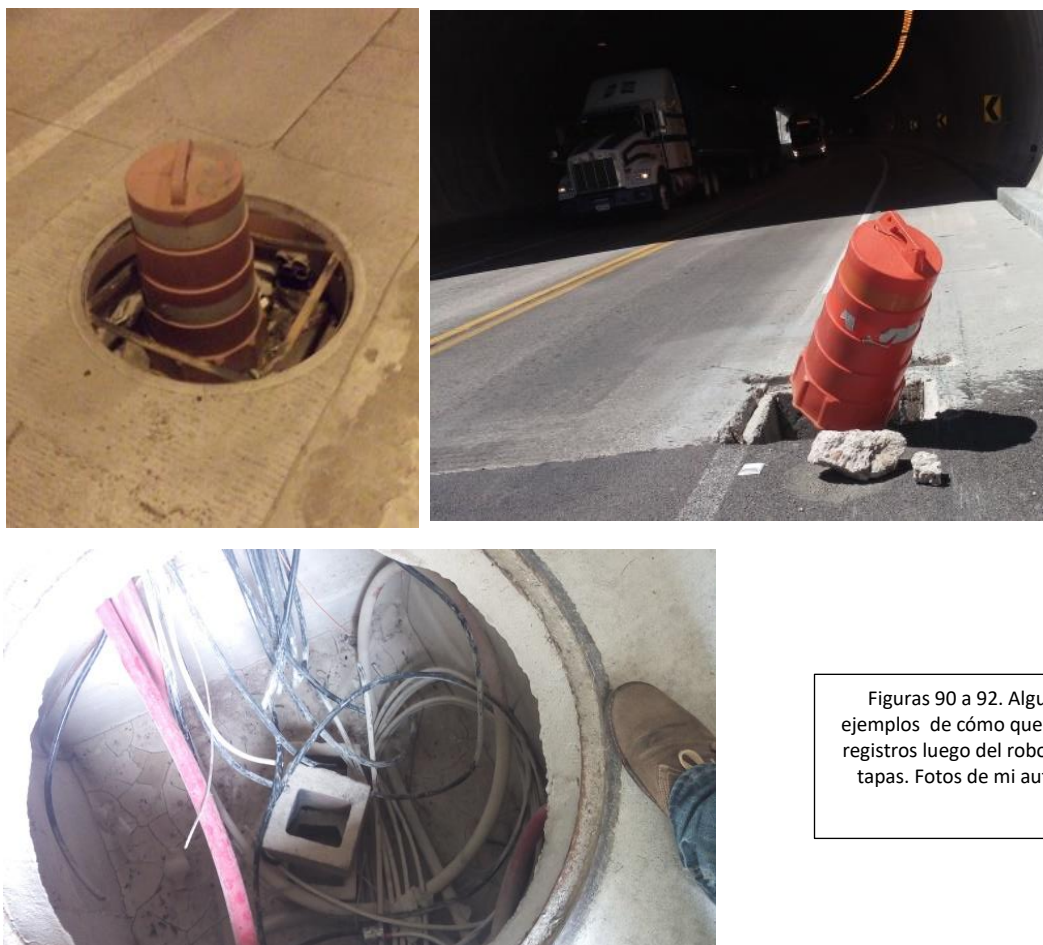
Figura 88. Cuarto de máquinas Leoneras un par de días después de ser robada, en el piso se pueden notar los "cinchos" que tenía el cable que fue robado. Foto de mi autoría.

Una vez que concluyeron las investigaciones judiciales, la empresa encargada del mantenimiento correctivo procedió a reconectar todos los equipos, pero esta vez con cable de aluminio con la esperanza de que no sea atractivo para los grupos delincuenciales (*Figura 89*).



Figura 89. Personal de Aldesa en trabajos de recableado después de la oleada de robos. Foto de mi autoría.

Una cosa más que le gusta a los delincuentes son las tapas de las coladeras y registros, lo que ocasiona muchos accidentes (*Figuras 90 a 92*).



Figuras 90 a 92. Algunos ejemplos de cómo quedan los registros luego del robo de las tapas. Fotos de mi autoría.

### 6.3.2 Posibles mejoras

Para aminorar los robos, CAPUFE mandó recablear todos los equipos que fueron víctima de robo de cable, utilizando aluminio en lugar de cobre. Esto con el fin de hacerlo menos atractivo para los delincuentes.

Me parece de suma importancia tener en cuenta las condiciones socioeconómicas de la región desde la parte del anteproyecto, de haber anticipado posibles robos se pudo haber cableado con aluminio desde el principio.

En cuanto a las tapas de drenaje, se podrían hacer de concreto para evitar la rapiña y como consecuencia evitar accidentes.

El programa de mantenimiento debería cambiar también, está lleno de muchas actividades diarias y semanales que bien podrían realizarse con menor periodicidad y ocupar esa atención y esfuerzo en algunos conceptos que no se tomaron en cuenta de forma contractual ni en el mantenimiento preventivo ni en el mantenimiento correctivo y que simplemente se omiten como la situación de los extintores por mencionar un ejemplo.



## Capítulo 7. SEGURIDAD DURANTE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO

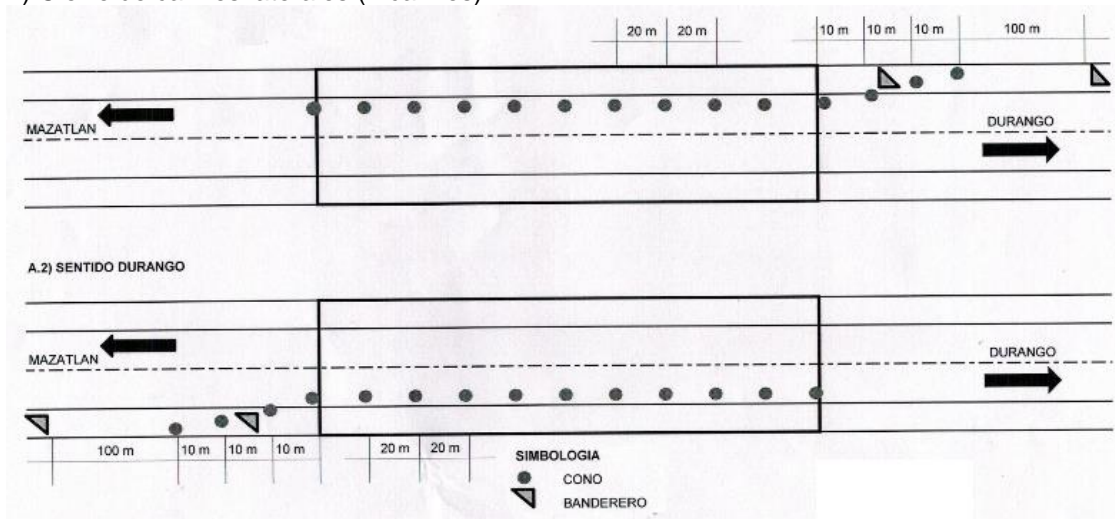
Dado que el presente escrito se trata de un reporte de experiencia profesional y sumado al hecho haber sido nombrado supervisor y por lo tanto responsable de la seguridad en la obra (en cuanto a los trabajadores de EUROCONSULT se refiere) y después de haber sufrido un par de eventos de riesgo que por fortuna no tuvieron mayores consecuencias. Vale la pena reparar dos veces en cuanto a seguridad se refiere.

Además, tuve la fortuna de poder tomar un par de cursos durante ese tiempo, uno sobre “Abanderamiento” y otro sobre “Manejo de materiales peligrosos”<sup>11</sup>

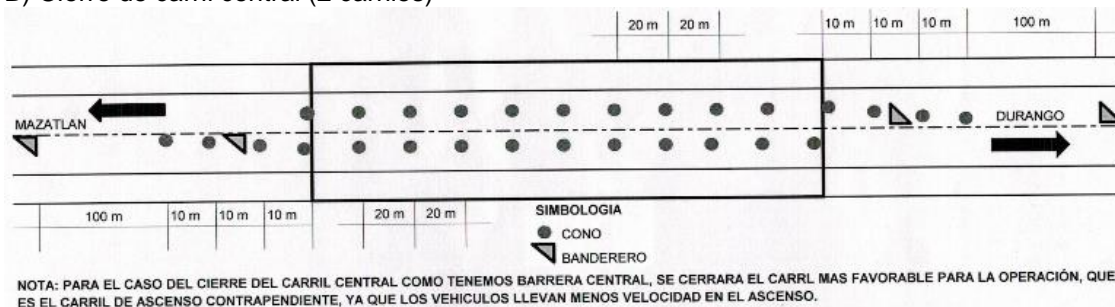
Los trabajos de mantenimiento a túneles, muchas veces implican colocarse o colocar al personal en “zonas de riesgo” para lo cual, CAPUFE nos proporciona un manual sobre el correcto modo de señalización y abanderamiento en el cual se exponen las diferentes situaciones en las que podemos laborar durante los trabajos de mantenimiento:

- Señalamiento de protección de obra en interior de túneles

### A) Cierre de carriles laterales (2 carriles)

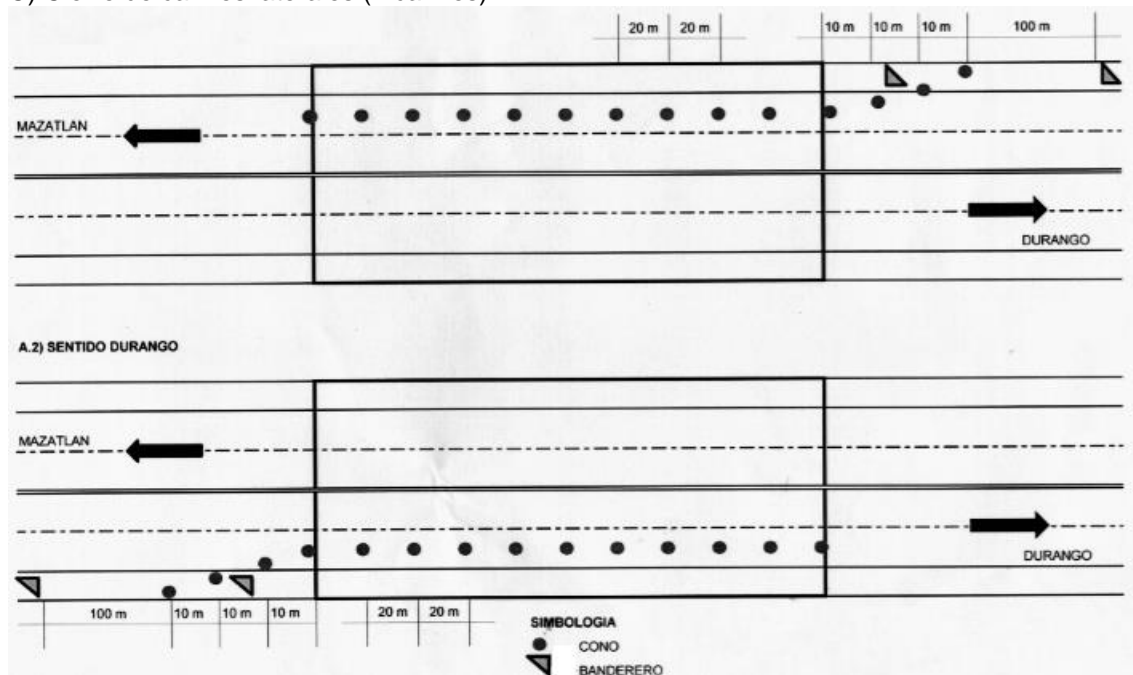


### B) Cierre de carril central (2 carriles)

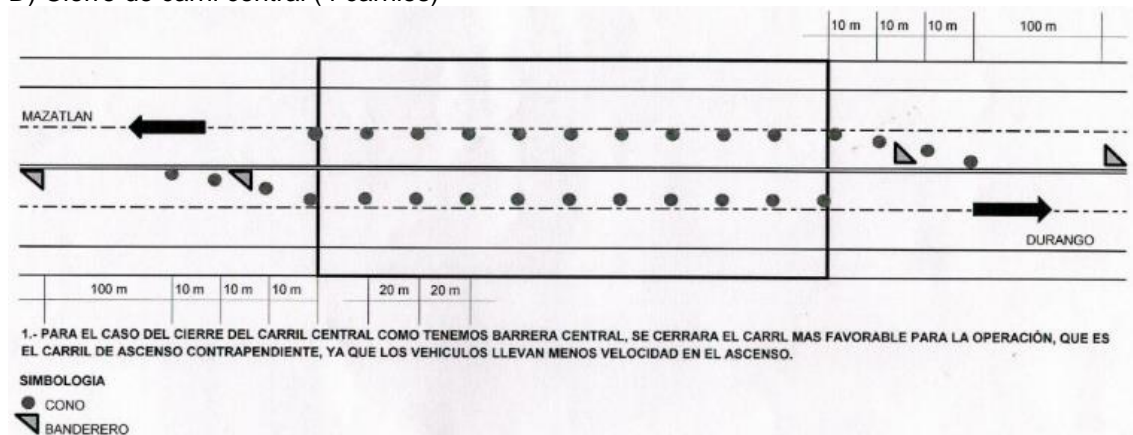


<sup>11</sup> Sendas constancias en la sección de anexos como anexo 5 y 6 respectivamente

C) Cierre de carriles laterales (4 carriles)



D) Cierre de carril central (4 carriles)



Siempre que realizamos trabajos que impliquen cerrar u obstruir total o parcialmente la vía de circulación, seguimos ciertos protocolos de seguridad que nos exige CAPUFE, tales como bandereros, conos con material reflejante a cada cierta distancia, señales luminosas dentro de los túneles para trabajos nocturnos, etc.

Seguir procedimientos y manuales es fácil, basta con apegarse a ellos; pero en la vida real, las situaciones que se presentan son muy diversas y no siempre es conveniente seguir un manual a pie de la letra; aunque si es fundamental usarlos como referencia.

Pondré un ejemplo. El manual de seguridad proporcionado por SENER (Supervisora contratada por BANOBRAS) muestra la siguiente tabla, la cual indica a que distancia se debe de colocar el banderero después del primer cono de seguridad



Velocidades [km/h] Rango	Distancia del banderero a la señal [m]
30 a 70	100
70 a 100	150

A su vez hay un criterio a seguir respecto a la colocación de los conos

Sin embargo si siguiera el manual al pie de la letra, en muchos puntos de labores tendría que colocar a los bandereros en zonas de riesgo, puentes, túneles, terraplenes o taludes. Y la experiencia me ha dicho que es mejor usar el criterio para que los bandereros se coloquen donde sean útiles para su propósito (Alertar al usuario) pero que ellos mismos estén en una zona segura.

Después de casi un año trabajando en una de las autopistas más peligrosas del país, pude llegar a la conclusión de que todo manual y recomendación es válido y se debe tomar en cuenta. Pero lo más importante es utilizar el sentido común y **siempre estar alerta.**



## Capítulo 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

México vive una etapa difícil, se habla de las muertes del narcotráfico, de las muertes por el tabaquismo o la diabetes, etc. Pero poco se habla de las muertes carreteras que son producto también de malos hábitos sociales, desde las empresas que no hacen bien su trabajo hasta los usuarios y los operadores de los caminos.

Una idea ilusa cruza por mi cabeza; “el uso del sentido común” aplicado a las carreteras, desde el peldaño que a cada uno atañe.

- Todo conductor de carreteras de peaje debe pasar por las casetas de cobro, no costaría nada que el cobrador pida a los conductores el uso del cinturón.
- Cada vez que se va a realizar cualquier tipo de trabajo en carretera, debería nombrarse un responsable de la seguridad, deberían fijarse protocolos y dar **seguimiento** al cumplimiento de estos.
- El equipo de seguridad y la señalización; no son para cumplir protocolos ni formalidades, son para cuando se está en una zona o en una situación de riesgo.
- El encargado de la seguridad, debería hacer un recorrido como usuario (siempre que la carretera lo permita) para asegurarse que el área de trabajo está a salvo.
- Cuando hay necesidad de cerrar total o parcialmente uno o más carriles en una vía de alta velocidad, los automóviles de trabajo pueden ser un buen seguro de vida si se acomodan a manera de escudo en caso de un posible impacto (*Figura 93*).

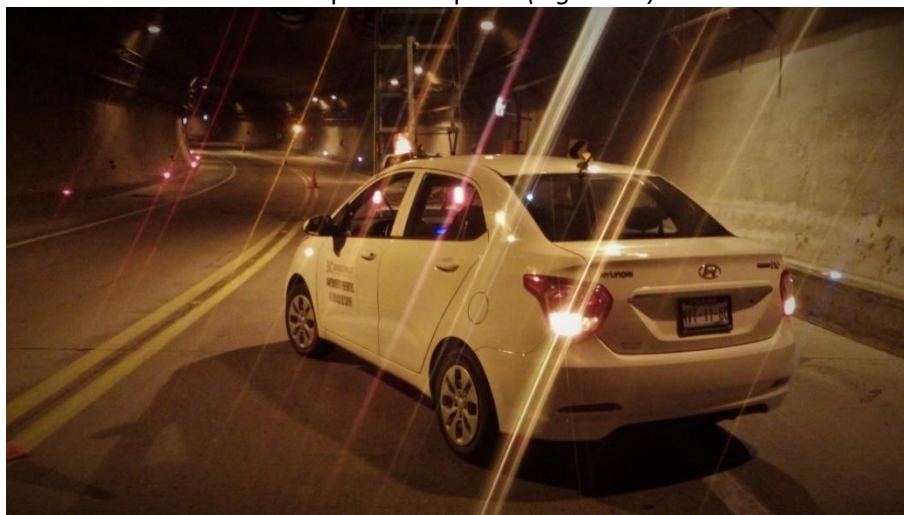


Figura 93. Labores dentro del túnel inteligente Papayito III (uno de los más peligrosos). Delante de mi coche se encuentra la grúa con personal realizando trabajos aéreos.

En caso de que un vehículo se quede sin frenos, primero se proyectaría con el automóvil blanco, el cual está colocado con un sesgo respecto a la carpeta con el fin de servir como escudo en caso de un accidente. Foto de mi autoría.

Cierro entonces el presente trabajo escrito con una conclusión aprendida con mi humilde y aún escasa experiencia profesional:

**No hay mejor elemento de seguridad en el trabajo que el sentido común.**



# ANEXOS



**ANEXO 1 (Del capítulo 3): Tabla general de conceptos con todos los subgrupos y actividades que componen cada uno de los 9 grupos de actividades a desarrollar para el mantenimiento preventivo de los equipos.**

GRUPO	SUBGRUPO	CODIGO	TIPO DE EQUIPO
1. Instalaciones electricas	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	1.1.1	Transformador de aceite
		1.1.2	Transformador seco
		1.1.3	Sistema de energia ininterrumpible rotativo
		1.1.4	planta de apoyo diesel
	CUADROS DE ALUMBRADO Y FUERZA	1.2.1	Tableros
		1.2.2	Centro de control de motores
	RED DE TIERRAS	1.3.1	Red de tierras
	CABLEADO	1.4.1	Cableado
	DUCTOS Y CHAROLAS	1.5.1	Ducto rectangular
		1.5.2	Charolas
2. Alumbrado	ALUMBRADO EXTERIOR	2.1.1	Proyector
		2.1.2	Báculo
	ALUMBRADO TÚNELES	2.2.1	Proyector
	CONTROL ALUMBRADO	2.3.1	Luminancímetro
3. Ventilación	VENTILACIÓN	3.1.1	Ventiladores túnel
		3.1.2	Ventiladores galería palarela
		3.1.3	Ventiladores galería de conexión
		3.1.4	Ventiladores nicho
		3.1.5	Variador
		3.1.6	Split nicho
		3.1.7	Compuerta motorizada cortafuego nicho
		3.1.8	Compuerta mecánica antirretorno (sobrepresión galería)
		3.1.9	Rejilla intemperie (galería,sala bombas)
		3.1.10	Multisplit Cuarto Técnico
	CONTROL VENTILACIÓN	3.2.1	Anemómetro hélice
		3.2.2	Opacímetro
		3.2.3	Detector NO2
		3.2.4	Detector CO
	3.2.5	Anemómetro cazoleta y veleta	
4. Contra incendios	DETECCIÓN INCENDIOS	4.1.1	Cable detección
		4.1.2	Unidad procesamiento
		4.1.3	Central detección y alarma
		4.1.4	Estación manual
		4.1.5	Sirena
		4.1.6	Luz estroboscópica
		4.1.7	Barrera infrarroja galerías



	EXTINCIÓN INCENDIOS	4.2.1	Grupo presión
		4.2.2	Red tuberías
		4.2.3	Válvulas
		4.2.4	Hidrante
		4.2.5	BIEs
		4.2.6	Toma bomberos
		4.2.7	Punto limpieza
		4.2.8	Caseta
		4.2.9	Extintores
		4.2.10	Gabinete
		4.2.11	Depósito superficie
		4.2.12	Calefactor
		4.2.13	Rociadores sala
	SEÑALIZACIÓN EMERGENCIA Y EVACUACIÓN	4.3.1	Letreros luminosos
		4.3.2	Señales fotoluminiscentes
		4.3.3	Señales electroluminiscentes
		4.3.4	Carteles no fotoluminiscentes
		4.3.5	Puertas contra incendios
5. Gestión de tráfico	SEÑALIZACIÓN VARIABLE	5.1.1	PMV
		5.1.2	Señal aspa-flecha y velocidad
		5.1.3	Señal Alto
		5.1.4	Semáforo RAV
		5.1.5	Semáforo AA
		5.1.6	Barrera cierre
		5.1.7	Soportación
	CONTROL GÁLIBO	5.2.1	Sistema detección gálibo
		5.2.2	Señal exceso altura
	CONTROL AMBIENTAL	5.3.1	Estación meteorológica
DETECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y CONTEO DE VEHÍCULOS	5.4.1	Estación de toma de datos	
6. Video y DAI	CCTV EN CAMPO	6.1.1	Cámara fija
		6.1.2	Cámara domo
		6.1.3	Columna
	CCTV EN CENTRO DE CONTROL	6.2.1	Monitores
		6.2.2	Sistemas de grabación de video
		6.2.3	Analizador de sistema de Detección de incidencias por vídeo (DAI)
		6.2.4	Servidor del sistema de Detección de incidencias por vídeo (DAI)
7. Comunicación con los usuarios	RADIOCOMUNIC.	7.1.1	Cable radiante
		7.1.2	Equipos de radiocomunicaciones
		7.1.3	Antenas
	MEGAFONÍA	7.2.1	Altavoz
		7.2.2	Amplificador
		7.2.3	Micrófono analógico



	POSTES SOS	7.2.4	Micrófono IP
		7.2.5	Matriz Digital modular
		7.2.6	Rack
		7.3.1	Poste SOS interior
		7.3.2	Poste SOS exterior
		7.3.3	Poste SOS en galería
	SISTEMA DE TELEFONÍA IP	7.4.1	Teléfono IP
		7.4.2	Central de telefonía IP
8. Señalamiento interior	SEÑALAMIENTO INTERIOR	8.1.1	Módulo LED inductivo
		8.1.2	Módulo LED empotrado
		8.1.3	Unidad control
		8.1.4	Violeta
9. Redes y sistemas de control	RED DE COMUNICACIONES	9.1.1	Cables F.O.
		9.1.2	Cables UTP
		9.1.3	Repartidor F.O.
		9.1.4	Nodos de comunicaciones
		9.1.5	Armario rack
		9.1.6	Caja empalme
		9.1.7	Transceptores



**ANEXO 2 (Del capítulo 4): Índice mensual de actividades realizadas en el túnel convencional Lambederos en el mes de septiembre de 2015**



**RESUMEN DE PARTES DE TRABAJO**

**OBRA:** "MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LOS DISPOSITIVOS Y SISTEMAS QUE LOS INTEGRAN Y LIMPIEZA DE LOS TÚNELES INTELIGENTES Y CONVENCIONALES, CASAS DE MÁQUINAS Y CENTROS DE CONTROL DE LA AUTOPISTA DURANGO - MAZATLÁN".

CONTRATO No.: 4500022379FNI

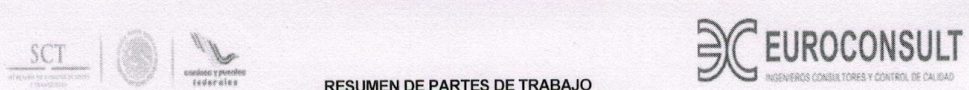
Mes **Septiembre**  
Estimación **11 (Once)**

**Túnel Lambedero**

Fecha	# Parte	Código	Periodicidad	Tipo de equipo
01/09/2015	205	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
02/09/2015	206	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
03/09/2015	207	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
03/09/2015	208	1.1.3	Semanal	Astronic "No Break"
04/09/2015	209	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
07/09/2015	210	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
08/09/2015	211	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
09/09/2015	212	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
10/09/2015	213	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
10/09/2015	214	1.1.3	Semanal	Astronic "No Break"
11/09/2015	215	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
14/09/2015	216	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
15/09/2015	217	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
17/09/2015	218	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
17/09/2015	219	1.1.3	Semanal	Astronic "No Break"
18/09/2015	220	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
21/09/2015	221	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
22/09/2015	222	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
23/09/2015	223	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
24/09/2015	224	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
24/09/2015	225	1.1.3	Semanal	Astronic "No Break"
25/09/2015	226	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
28/09/2015	227	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
29/09/2015	228	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
30/09/2015	229	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"



**ANEXO 3 (Del capítulo 4): Índice mensual de actividades realizadas en el túnel inteligente Piedra Colorada en el mes de septiembre de 2015**



**RESUMEN DE PARTES DE TRABAJO**

OBRA: "MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LOS DISPOSITIVOS Y SISTEMAS QUE LOS INTEGRAN Y LIMPIEZA DE LOS TÚNELES INTELIGENTES Y CONVENCIONALES, CASAS DE MÁQUINAS Y CENTROS DE CONTROL DE LA AUTOPISTA DURANGO - MAZATLÁN".

CONTRATO No.: 4500022379FNI

Mes **Septiembre**  
Estimación **11 (Once)**

**Túnel Piedra Colorada**

Fecha	# Parte	Código	Periodicidad	Tipo de equipo
01/09/2015	642	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
01/09/2015	643	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
01/09/2015	644	6.2	Mensual	CCTV en Campo- Video y DAI
02/09/2015	645	7.4.1	Mensual	Telefonía IP - Com. Con los Usuarios
02/09/2015	646	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
02/09/2015	647	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
02/09/2015	648	4.2.4	Mensual	Hidrante - PCI
02/09/2015	649	3.1.1-4	Mensual	Ventilador - Ventilación
02/09/2015	650	5.1.6	Mensual	Barrera de Cierre - Gestión de Trafico
02/09/2015	651	4.2.1	Mensual	Grupo de Presión - PCI
03/09/2015	652	6.2.2	Semanal	Sistema de Grabación de Video - Video y DAI
03/09/2015	653	5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.2.2	Semanal	PMV, ASF/CLV, Señal Alto, Control de Galibo
03/09/2015	654	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
03/09/2015	655	1.1.3	Semanal	Astronic "No Break"
03/09/2015	656	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
03/09/2015	657	1.1.4	Semanal	Planta de Apoyo
03/09/2015	658	4.2.10	Extraordinario	Gabinete - PCI
04/09/2015	659	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
04/09/2015	660	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
04/09/2015	661	5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.2.2	Trimestral	PMV, ASF/CLV, Señal Alto, Control de Galibo
07/09/2015	662	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
07/09/2015	663	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
08/09/2015	664	5.3.1	Bimensual	Estación Meteorológica - Gestión de Trafico
08/09/2015	665	2.1.2	18 Meses	Báculo - Alumbrado
08/09/2015	666	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
08/09/2015	667	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
08/09/2015	668	1.1.4	Mensual	Planta de Apoyo
08/09/2015	669	1.1.4	Trimestral	Planta de Apoyo
08/09/2015	670	4.2.11	Mensual	Deposito de Superficie - PCI
08/09/2015	671	4.2.11	Mensual	Deposito de Superficie - PCI
09/09/2015	672	7.2.6	Mensual	Rack Megafonía - Com. Con los Usuarios
09/09/2015	673	9.1.5	Mensual	Rack de Redes
09/09/2015	674	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
09/09/2015	675	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo



Fecha	# Parte	Código	Periodicidad	Tipo de equipo
10/09/2015	676	6.2.2	Semanal	Sistema de Grabación de Video - Video y DAI
10/09/2015	677	5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.2.2	Semanal	PMV, ASF/CLV, Señal Alto, Control de Galibo
10/09/2015	678	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
10/09/2015	679	1.1.3	Semanal	Astronic "No Break"
10/09/2015	680	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
10/09/2015	681	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
11/09/2015	682	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
11/09/2015	683	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
14/09/2015	684	2.3.1	Mensual	Luminancimetro - Alumbrado
14/09/2015	685	2.3.1	Mensual	Luminancimetro - Alumbrado
14/09/2015	686	6.1.1	Mensual	Cámara Fija - Video y DAI
14/09/2015	687	6.1.2	Mensual	Cámara Domo - Video y DAI
14/09/2015	688	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
14/09/2015	689	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
15/09/2015	690	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
15/09/2015	691	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
17/09/2015	692	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
17/09/2015	693	1.1.3	Semanal	Astronic "No Break"
17/09/2015	694	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
17/09/2015	695	1.1.4	Semanal	Planta de Apoyo
17/09/2015	696	5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.2.2	Semanal	PMV, ASF/CLV, Señal Alto, Control de Galibo
17/09/2015	697	6.2.2	Semanal	Sistema de Grabación de Video - Video y DAI
18/09/2015	698	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
18/09/2015	699	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
21/09/2015	700	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
21/09/2015	701	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
22/09/2015	702	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
22/09/2015	703	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
23/09/2015	704	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
23/09/2015	705	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
24/09/2015	706	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
24/09/2015	707	1.1.3	Semanal	Astronic "No Break"
24/09/2015	708	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
24/09/2015	709	1.1.4	Semanal	Planta de Apoyo
24/09/2015	710	6.2.2	Semanal	Sistema de Grabación de Video - Video y DAI
24/09/2015	711	5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.2.2	Semanal	PMV, ASF/CLV, Señal Alto, Control de Galibo
25/09/2015	712	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
25/09/2015	713	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
28/09/2015	714	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
28/09/2015	715	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
29/09/2015	716	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
29/09/2015	717	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo
29/09/2015	718	7.2.1-5	Anual	Sistema de Megafonía - Com. Con los Usuarios
30/09/2015	719	1.1.3	Diaria	Astronic "No Break"
30/09/2015	720	1.1.4	Diario	Planta de Apoyo





**ANEXO 4 (Del capítulo 4): Manual para el arranque de los equipos ASTRONIC NO BREAK**

## Arranque Astronic “No Break”

Para equipos con 30 interruptores Automáticos (de Q1 al Q30) y Display Verde al frente.

### Condiciones Iniciales.

1. Revisar que los niveles de agua, aceite y combustible de la planta de apoyo así como de aceite de la unidad de continuidad sean los adecuados.
2. Verificar la secuencia de fases del sistema.
3. Colocar el interruptor automático de entrada **Q1** en posición OFF (Abierto. Apagado).
4. Colocar el interruptor automático de salida **Q2** en posición OFF (Abierto. Apagado).
5. Colocar los breakers de protección del control **Q4, Q23, Q28, Q29 y Q30** que corresponden a la fuente de alimentación **FTE2**, al regulador de la unidad de continuidad, a la tarjeta de Sincronía entre otras cosas en posición OFF (Abiertos. Apagados. Abajo).
6. Colocar todos los Breakers y fusibles restantes de protección del control en posición ON (Cerrados. Encendido. Arriba).
7. Asegurar que la tarjeta de sincronía se encuentra apagada, para lo cual los breakers **Q28 y Q30** estén en posición OFF, los cuales con Normal y Emergencia respectivamente.
8. Colocar el Selector etiquetado como “**AUTO-0-MAN**” en posición FUERA ( 0 ).
9. Colocar el selector etiquetado como “**REG-EXC**” en posición “**REG**”.
10. Colocar el selector etiquetado como “**AUTO-ARR**” en posición “**AUTO**”.
11. Apagar tarjeta excitadora y poner a cero su potenciómetro o variador.

*ext. al  
minimo y  
a pagada*

### Arranque del Sistema Astronic “No Break”

- Claves.* {
1. Subir **Q1**.
  2. Colocar el selector etiquetado como “**REC-EXC**” en posición “**EXC**”. Al realizar esto se debe escuchar la activación de un contactor pequeño marca ABB en la parte superior del tablero de control.
  3. Colocar el selector etiquetado como “**AUTO-0-MAN**” en posición “**MAN**”. Con esto se pasa del modo “Fuera” al modo “Manual”, encendiéndose la lámpara etiquetada como “**MANUAL**” y se debe escuchar ligeramente cuando se activa un pequeño relevador de control en la parte superior del tablero de control.
  4. Colocar el selector etiquetado como “**AUTO-ARR**” en posición “**ARR**” para mandar dar marcha al motor diésel de la planta de apoyo. Si todo está bien debe encender el motor diésel. Este selector se debe regresar a la posición “**AUTO**” ya que funciona como la llave de un automóvil que al dar marcha se regresa pero este selector no se regresa por si solo como el de un automóvil por lo que debemos regresarlo al momento.



5. Después de un tiempo ajustado de fábrica se cierra el Contactor **KE** (Contactor de Emergencia). Cuando se cierra se escucha claro y fuerte el golpe de su accionamiento.
6. Reducir las revoluciones de la planta de apoyo hasta aproximadamente 20 Hz o las mínimas revoluciones posibles. Para esto debemos mover en sentido contrario a las manecillas del reloj el preset de velocidad del gobernador de la planta de apoyo.
7. Verificar que la posición de la perilla de la tarjeta excitadora (EXC) se encuentre en su valor mínimo. **Prestar especial atención a este paso.**
8. Encender Tarjeta Excitadora.
9. Ajustar la perilla de la Tarjeta Excitadora para obtener el 125% de la corriente nominal de placa del motor de la Unidad de Continuidad. Observar la corriente en el medidor "Med.N". **Se debe tener cuidado en este paso ya que si excedemos mucho la corriente nominal de placa del motor de la Unidad de Continuidad dañaremos seriamente dicho motor o el generador de la planta de apoyo.**
10. Empujar con la mano el volante de inercia a través de la escotilla que se encuentra sobre el mismo. Solo se debe empujar un poco para ayudarlo a iniciar su marcha ya que es demasiado pesado, pero debemos tener **EXTREMO CUIDADO** ya que cuenta con un par de tornillos que podría atrapar la mano y provocar serias lesiones.
11. Esperar 30 minutos aproximadamente hasta que el Volante de Inercia alcance la velocidad y frecuencia de la Planta de Apoyo. Cuando lo haga se dice que la Unidad de Continuidad ha enganchado. Para darnos cuenta que esto ha sucedido debemos estar poniendo atención al sonido del Motor diésel de la Planta de Apoyo ya que escucharemos una variación en sus revoluciones. Una vez enganchada la Unidad de Continuidad podemos observar como la corriente de su motor a caído a menos de la mitad en el medidor **Med.N** y el voltaje ha subido considerablemente en el medido **Med.E**.
12. Una vez enganchada la Unidad de Continuidad debemos incrementar la velocidad del motor diésel de la Planta de Apoyo en pasos de 1 en 1 Hz aproximadamente hasta alcanzar los 60.3 Hz. Cuidar durante este proceso que la corriente hacia el motor de la Unidad de Continuidad y el voltaje de la Planta de Apoyo no superen los valores nominales.

#### Retransferencia Inicial.

Una vez realizada la secuencia de arranque y levantamiento se debe retransferir la alimentación del motor de la Unidad de Continuidad al suministro normal (CFE), para esto se requiere que tanto la salida de la Unidad de Continuidad como el suministro normal se encuentren en sus valores nominales.

1. Colocar el breaker **Q23** que corresponde al regulador del generador de la Unidad de Continuidad en posición ON (Cerrado. Encendido) y verificar que el voltaje en la salida de la Unidad de Continuidad se encuentre en el valor nominal de operación del sistema, de no ser así mueva el preset correspondiente en el regulador "**REG2**" hasta lograrlo.
2. Colocar el breaker de protección del control **Q4** que corresponde a la fuente de alimentación **FTE2** en posición ON (Cerrado. Encendido).



3. En medidor **Med.E** observar voltaje.
4. Apagar tarjeta excitadora. **NO MOVER "REG-EXC" NI "AUTO-O-MAN" ANTES DE APAGAR LA TARJETA EXCITADORA YA QUE SE DAÑARA.**
5. Inmediatamente colocar el selector "**REG-EXC**" en posición "**REG**".
6. Subir los breakers de control **Q28, Q29 y Q30** para encender tarjeta de Sincronía.
7. Colocar el selector etiquetado como "**AUTO-O-MAN**" en posición "**AUTO**". Con esto se pasa del modo de arranque manual al modo automático, encendiéndose la lámpara indicadora etiquetada como "**AUTO**".
8. En este momento el control realiza la primer Retransferencia. El Contactor **KE** se abre y el Contactor **KN** se cierra. El motor de la Unidad de Continuidad ahora es alimentado por el suministro normal (CFE). Al realizar el cambio de los Contactores se escucha fuerte y claro el golpe de accionamiento de ambos Contactores. Esto puede tomar de 30 segundos a 1 minuto y otros ~~30~~ 30 segundos a 1 minuto en apagar la Planta de Apoyo.
9. Provocar una falla del suministro eléctrico para asegurar que la alimentación del control y el banco rectificador eliminador de baterías sea a través del suministro de la Unidad de Continuidad. Al hacer resto el Contactor **K3** se abre y el Contactor **K4** se cierra.

Nota: La Alimentación de algunos elementos del tablero de control durante la secuencia de arranque y levantamiento proviene del suministro normal, al provocar la primer falla esta alimentación conmuta a la Unidad de Continuidad lo que puede provocar una desconexión momentánea que se restablece inmediatamente.



ANEXO 5 (Del capítulo 7): Reconocimiento del curso de Abanderamiento





**El Colegio de Educación Profesional Técnica del Estado de Morelos**  
*Otorga la presente*

# CONSTANCIA

A: HECTOR MUÑOZ ESQUIVEL

Por haber concluido y acreditado el curso de:  
**“SEÑALIZACIÓN y ABANDERAMIENTO”**  
2015

05/ SEP / 2015

*“Orgullosamente CONALEP”*

**MTRA. CLAUDIA RICÓS SÁNCHEZ**  
DIRECTORA GENERAL  
CONALEP MORELOS


 ER - 0675/2003  
 Certificado conforme a los  
 requisitos de la norma  
 ISO 9001:2008



[www.morelos.gob.mx](http://www.morelos.gob.mx)



**ANEXO 6 (Del capítulo 7): Reconocimiento del curso de Manejo de materiales peligrosos**

