

MINUTARIO D.M.M.R.

REF.:71000/DMMR/2016/1024

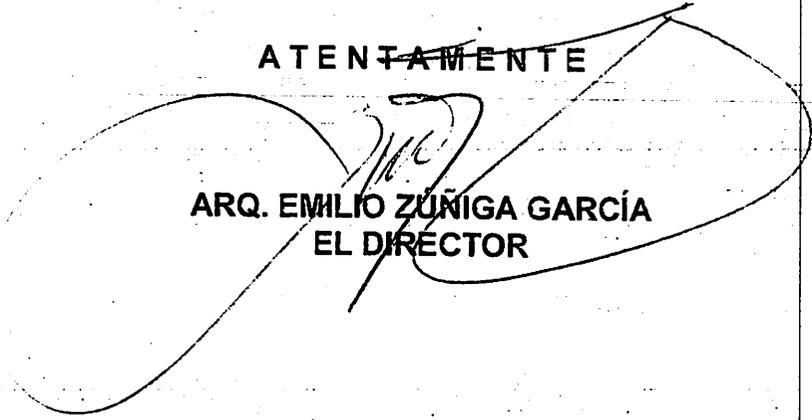
Ciudad de México, 25 MAY 2016

**LIC. CESAR ADRIÁN BASILIO ORTIZ
GERENTE DE PRESUPUESTO
P R E S E N T E**

Adjunto al presente me permito enviar el documento denominado Análisis Costo Beneficio para la solicitud de multianualidad ante la Secretaría de Finanzas del proyecto denominados "Mantenimiento Mayor por sistemas aun lote de 45 trenes de rodadura neumática modelo NM-02", lo anterior para los fines conducentes, mismo que fue elaborado en conjunto con personal de esa Gerencia a su cargo.

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E


**ARQ. EMILIO ZÚÑIGA GARCÍA
EL DIRECTOR**

C.c.p. Subdirección General de Mantenimiento.- ccepsdom@metro.df.gob.mx
Gerencia de Ingeniería.- gi@metro.df.gob.mx Archivo/Minutario.

SOA


"Mantenimiento Mayor por Sistema a un lote de 45 trenes NM-02"

• ANTECEDENTES

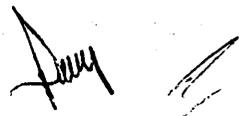
El Sistema de Transporte Colectivo es un Organismo Público Descentralizado de la Administración Pública del Gobierno de la Ciudad de México, cuyo objetivo general consiste en proporcionar un servicio público de transporte colectivo de pasajeros seguro y eficiente, mediante la construcción, mantenimiento, operación y explotación de trenes con recorrido subterráneo, superficial y elevado, a fin de contribuir a satisfacer las necesidades que en materia de transporte tienen los habitantes de la zona metropolitana del Valle de México.

Este medio de transporte debe cumplir con estrictas normas y especificaciones técnicas que permitan brindar a sus usuarios un servicio con parámetros adecuados de seguridad, regularidad, confort, rapidez y costo.

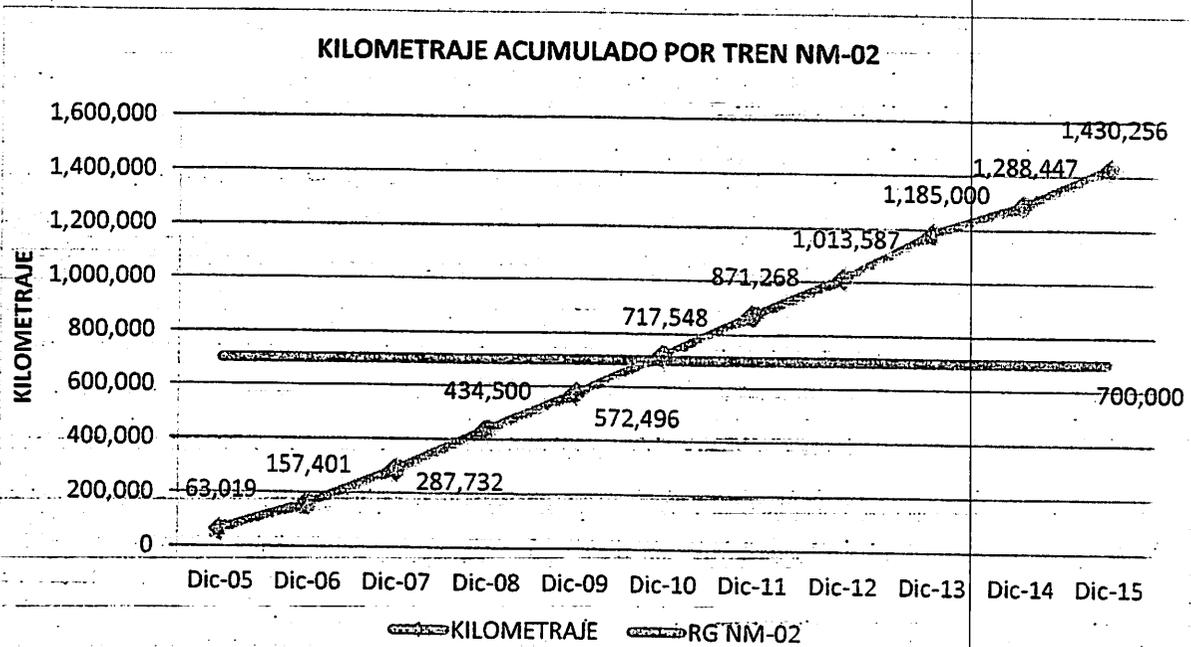
Para que esto sea factible, el Organismo lleva a cabo programas de Mantenimiento Preventivo y acciones de Mantenimiento Correctivo que permiten el buen funcionamiento de los trenes así como la reducción de los actuales tiempos de recorrido y costos de operación.

Actualmente el STC enfrenta problemáticas en el material rodante de modelos que son relativamente recientes, ya que no se ha aplicado el Mantenimiento Mayor, lo que ha derivado en el deterioro de las condiciones del material rodante, de tal forma que los Mantenimientos Sistemáticos Menores resultan ya insuficientes para preservar los niveles óptimos de operatividad, incrementándose la frecuencia de averías así como la necesidad de llevar a cabo acciones de tipo correctivo, lo que incide de manera negativa en la calidad del servicio, principalmente por el incremento de los tiempos de traslado de los usuarios.

En el caso específico del lote de 45 trenes de rodadura neumática modelo NM-02 de tecnología asíncrona de última generación, construidos por el Consorcio CAF y BOMBARDIER, de los cuales 41 trenes circulan en la Línea 2 que va de las terminales Tasqueña a Cuatro Caminos en un recorrido de 22 km y 24 estaciones, y 4 trenes circulan en Línea 7 que va del Rosario a Barranca del Muerto en un recorrido de 19 km y 14 estaciones, los cuales comenzaron a dar servicio desde septiembre de 2004, se tiene que a la fecha presentan un promedio de más de 12 años en operación, con un recorrido acumulado promedio superior a 1,430,256 kilómetros al mes de diciembre del 2015, como se aprecia en la siguiente gráfica, sin haber recibido el primer y segundo mantenimiento mayor correspondiente a los 700,000 km y 1,400,000 km. Es importante resaltar que estas



Líneas (2 y 7) transportaron en 2015 a 286,952,605 (Línea 2) y 100,381,077¹ (Línea 7) usuarios al año respectivamente.



Gráfica de Kilometraje Promedio Acumulado por Tren NM-02

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

- **OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO**

El objetivo del proyecto consiste en recuperar los niveles de funcionalidad y operación en los rubros de Fiabilidad, Disponibilidad y Seguridad de los trenes modelo NM-02 que circulan en las Líneas 2 y 7, manteniéndolos en óptimas condiciones de funcionamiento para que permitan ofrecer un servicio con mejor calidad en los aspectos de tiempo de traslado y confort para los usuarios, mediante la adquisición de las refacciones y equipos para los Trenes los cuales son necesarios para la aplicación por parte del personal del STC del Mantenimiento Mayor correspondiente a 1,400,000 kilómetros de todos los sistemas funcionales de dichos trenes, así como la adquisición de los equipos, herramientas, bancos de trabajo y prueba incluyendo la capacitación del personal de este Organismo necesarios para su realización.

Adicionalmente, debido a la magnitud y especialización de los trabajos, se busca contratar el servicio de mantenimiento para refaccionar, reparar y poner en servicio conforme a lo previsto en la Especificación Técnica a dos trenes NM-02 de estas Líneas, que a la fecha de realización de este proyecto se encuentran detenidos por falta de refacciones, con el fin de reincorporarlos a la operación.

¹ Estadísticas de Operación 2015 del Sistema de Transporte Colectivo.

- **JUSTIFICACIÓN**

Como se ha mencionado anteriormente a los trenes NM-02, a la fecha no se les ha realizado el mantenimiento mayor, y aunado a esto desde los meses de septiembre de 2009 y julio de 2013, se detuvieron en las instalaciones de los Talleres de Mantenimientos Sistemático Tasqueña y Rosario los trenes NM-02 Números M0600/M0601 y M0636/M0637, respectivamente, por falta de refacciones y equipos; y ante la presencia de averías en el resto de la flota de los trenes NM-02, se han tenido que retirar de los dos trenes detenidos diversas refacciones y equipos para poder dar atención al resto, por lo que a la fecha los dos trenes siguen sin funcionar y día a día se incrementan sus faltantes.

El STC no ha realizado el Mantenimiento Mayor a este modelo de trenes ya que la capacidad de atención en los talleres es insuficiente, por lo que se requiere llevar a cabo modificaciones a las instalaciones actuales del Taller Ticomán, adquisición equipos especiales y bancos de prueba asimismo contratar la capacitación del personal del STC en los sistemas en que se carece de experiencia.

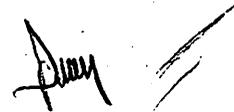
Adicionalmente se carece del suministro de gran cantidad y diversidad de refaccionamiento para atender fallas contingentes y de alta urgencia que por ser de adquisición extranjera implica largos periodos de entrega.

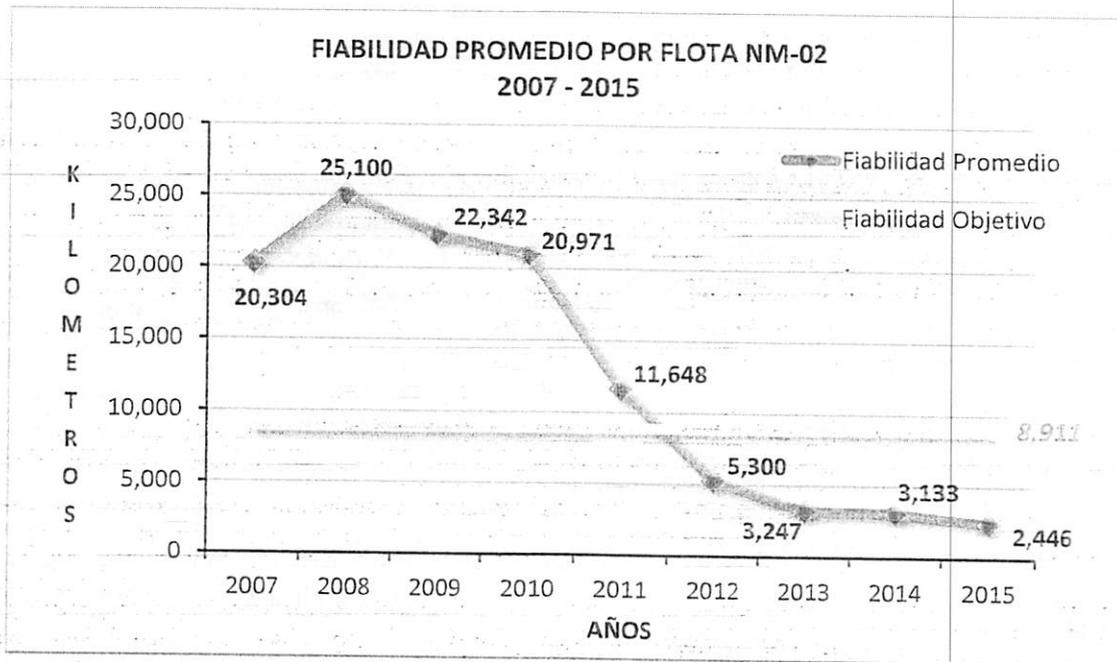
La problemática que se presenta actualmente con el Parque Vehicular modelo NM-02 de las Líneas 2 y 7 de la Red, por no haber recibido el mantenimiento mayor, se puede agrupar en los siguientes conceptos:

- Aumento de Averías
- Aumento de los costos de mantenimiento
- Aumento del tiempo de atención a las fallas
- Reducción de la Fiabilidad
- Reducción del parque Vehicular
- Disponibilidad a la baja

Esta situación provoca un deterioro acelerado de los trenes por operar con componentes que trabajan fuera de sus rangos de diseño, así como afectaciones a los usuarios en su seguridad y confort pero principalmente por el aumento en los tiempos de traslado. También se tiene un incremento en la ocurrencia de fallas, lo que repercute en una disminución de los índices de Fiabilidad y Disponibilidad.

Como se puede apreciar en la gráfica siguiente (Fiabilidad promedio por flota NM-02), a partir del mes de diciembre de 2011 la fiabilidad del lote de trenes registró valores por debajo de lo establecido por el STC (8,911 km/avería) y al cierre de 2015 se presentó una fiabilidad de 2,446 km/avería, es decir, 73% debajo del estándar.

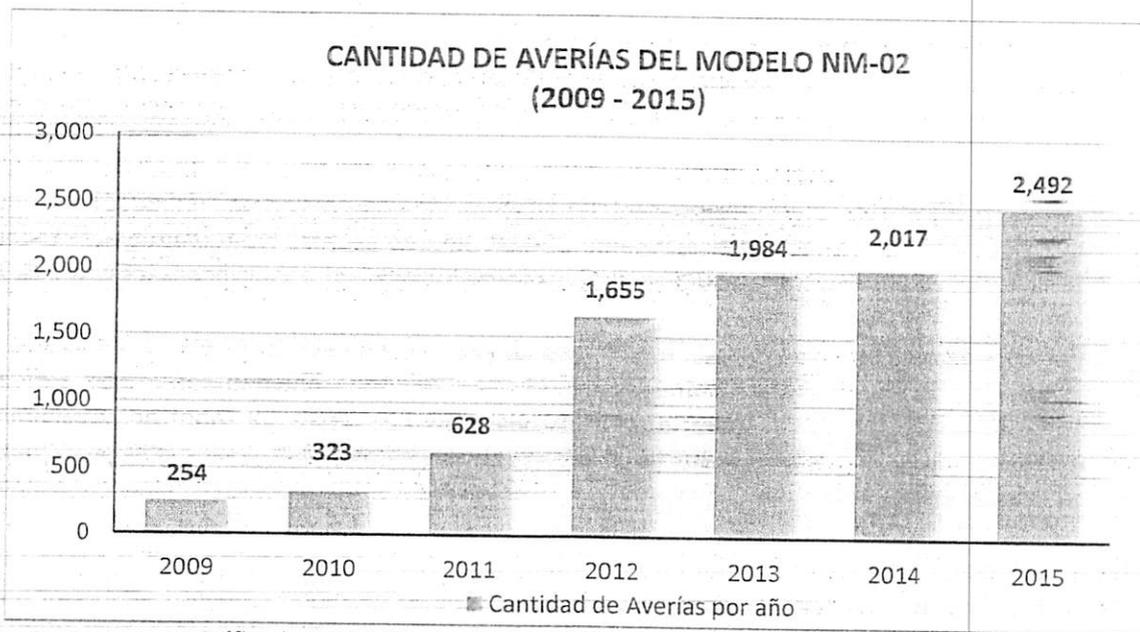




Gráfica de Fiabilidad 2007-2015 Trenes NM-02

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Esta baja de Fiabilidad se explica por el incremento de fallas que se han presentado en el lote de trenes NM-02, como se puede apreciar en la siguiente gráfica:



Gráfica de Cantidad de Averías por Año de 2009-2015 Trenes Modelo NM-02

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Otro problema que genera esta falta de mantenimiento es el aumento significativo en los tiempos de detención para efectuar intervenciones correctivas contingentes que considera el retiro del tren de servicio para su traslado a taller y los tiempos de diagnóstico de la avería, atención y

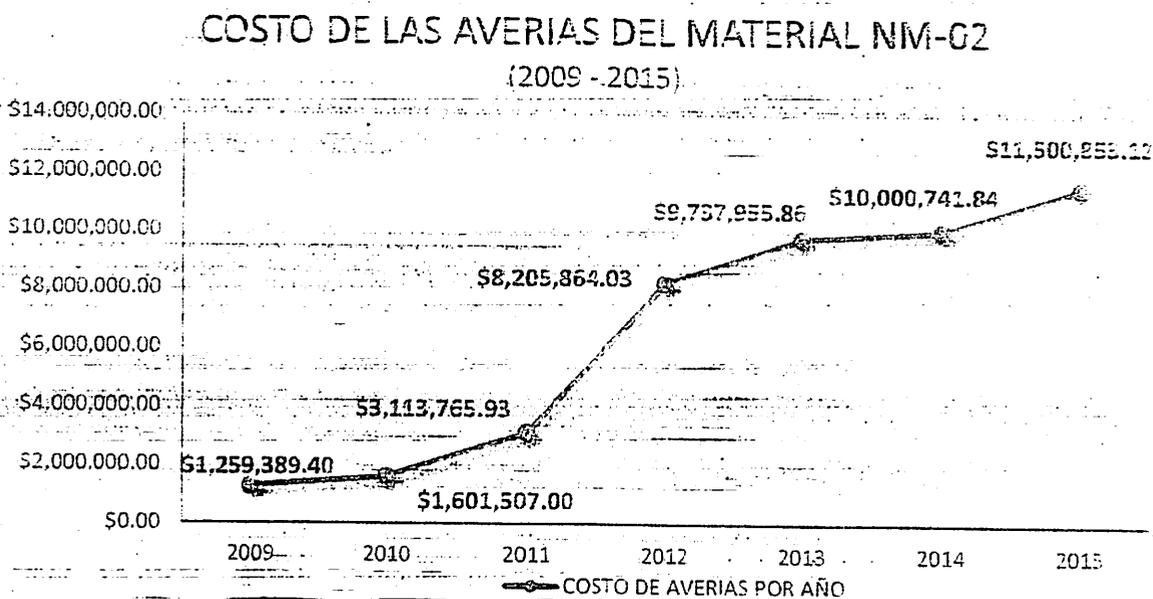
pruebas (ver cuadro de averías y tiempo adicional para su atención) lo que implica frecuentes inspecciones y ajustes repetitivos con sus consecuentes aumentos en los costos de Mantenimiento Correctivo y baja disponibilidad de trenes.

Cuadro de averías y tiempo adicional para su atención

Periodo	Averías Acumuladas	Tiempo para Atención de Averías (Horas)		
		Normal	Adicional	Total
Enero – diciembre 2015	2,492	2,492	1,495	3,987

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Como consecuencia del incremento de averías y del tiempo de atención también los costos de mantenimiento han ido al alza, como se puede apreciar en la gráfica costo de las averías del material rodante NM-02:



Gráfica del Costo de Averías 2009-2015 Trenes Modelo NM-02

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Dicha situación se ha agravado porque en los últimos procesos de licitación para la contratación del servicio de Mantenimiento Mayor para los 45 trenes se han declarado desiertos debido a que las empresas participantes han cotizado un monto muy superior a lo presupuestado por el STC, por lo que a la fecha no ha sido posible proporcionar el mantenimiento mayor a este lote de trenes.

Debido a ello, el personal del STC se ha visto obligado a intervenir los trenes por la creciente cantidad de averías que se han presentado en estos trenes, afectando esto el servicio que se

brinda a los usuarios de estas dos Líneas, y con ello ha logrado mantener en funcionamiento los trenes y a su vez ha desarrollado cierto conocimiento de algunos sistemas de los trenes como son el sistema de tracción frenado, mecánico, generación de aire, entre otros, lo que le permitiría poder realizar el Mantenimiento Mayor si se cuenta con las refacciones, herramental y equipos necesarios para tal fin. Sin embargo, debido a la especialización de algunos otros sistemas, se requiere de una capacitación en los mismos para poder brindar el Mantenimiento Mayor de manera integral.

Por lo anteriormente mencionado se requiere proporcionar el mantenimiento mayor de los trenes NM-02 con personal del STC, dotando de la infraestructura necesaria al Taller Ticomán como son los bancos de trabajo y pruebas así como el herramental especializado, también con la adquisición de las refacciones y equipos que los trenes requieren para realizarse las actividades inherentes al Mantenimiento Mayor.

Las adquisiciones a contratar son las siguientes:

1. De refacciones y equipos para el mantenimiento correctivo urgente para seis sistemas funcionales de los trenes (Sistema de Frenado, Sistema Mecánico, Refacciones y Equipos para el Sistema de Generación y Distribución de Aire Comprimido, Sistema de Pilotaje Automático, Sistema de Puertas, Sistema de Generación y Distribución de Energía).²
2. De equipos, herramental, bancos de trabajo y de prueba para estar en posibilidades de brindar el Mantenimiento Mayor en el Taller Ticomán.
3. Capacitación en algunos Sistemas de los trenes al personal técnico del STC para la ejecución del mantenimiento mayor de los trenes NM-02.
4. De refacciones y equipos para el Mantenimiento Mayor para los diez sistemas funcionales de los trenes NM-02. (Tracción Frenado, Generación y distribución de Energía, información, mando y control, Puertas de Pasajeros, Generación y distribución de aire comprimido, Mecánico, Comunicaciones, Señalización y registro, Caja, Pilotaje Automático) ².
5. Servicio para refaccionar, reparar y poner en operación dos trenes detenidos actualmente por falta de refacciones.

Cabe mencionar que el periodo de ejecución del proyecto considera: para el rubro de adquisición de refacciones y equipos un periodo de 13 meses partiendo de diciembre de 2015 y concluyendo en diciembre de 2016; para la adquisición de los equipos, herramental, bancos de trabajo y de pruebas para el Taller Ticomán 6 meses iniciando en julio 2016 y finalizando en diciembre del mismo año; en la adquisición de refacciones y equipos de los trenes para el mantenimiento mayor se estima iniciar en julio de 2016 y concluir en octubre de 2018; y finalmente por lo que respecta a la realización del servicio para recuperar los dos trenes que se encuentran fuera de servicio un periodo de 7 meses a partir de abril de 2018 y concluyendo en octubre de ese mismo año.

El mantenimiento mayor cubrirá el lote de 45 trenes, el cual se desarrollará con los insumos que se obtengan de la realización de este proyecto en tres años comprendidos en el periodo de julio de

² Ver anexo 1 "Clasificación de los Sistemas de un Tren".

2016 – octubre 2018, por el personal del Sistema de Transporte Colectivo el cual se realizará por separado en cada uno de los siguientes sistemas funcionales que integran los trenes modelo NM-02:

- Bogies.
- Sistema de frenado, Generación de aire, Instalación Neumática y Enganches.
- Equipo de tracción-frenado.
- Cajas y Cabinas.
- Pilotaje Automático, Radiotelefonía y Generación de energía.
- Puertas neumáticas de salón de pasajeros, puertas de cabina y de intercomunicación.
- Sistema de comunicaciones, control y registro.

Las actividades del Servicio de refaccionamiento, recepción y puesta en marcha de los dos trenes detenidos consistirán en:

- Suministro de refacciones y equipos necesarios para poner a punto los 2 trenes detenidos.
- Instalación de refaccionamiento y equipos faltantes.
- Ajustes y pruebas de equipos y sistemas intervenidos.
- Pruebas estáticas y dinámicas para poner a punto los trenes.
- Seguimiento del comportamiento durante la operación de los trenes recuperados.

Dado que a la fecha no se han realizado los trabajos de mantenimiento requeridos, y ello ha repercutido principalmente en la operación de algunos equipos considerados como de seguridad para la operación de los trenes, entre los que destacan los diferenciales, suspensión primaria, masas de rueda portadora, ruedas de seguridad, motores de tracción, enganches, entre otros, ya que al presentarse alguna falla o avería en estos equipos, invariablemente se pone en riesgo la seguridad de los usuarios así como de las instalaciones fijas y del propio material rodante (trenes), adicionalmente, por razones de seguridad se debe retirar de circulación aquellos trenes que representen un riesgo latente durante su operación, disminuyendo el parque vehicular con las consecuentes afectaciones en la disponibilidad de trenes, tiempo de traslado y confort en el servicio a los usuarios. Actualmente se tiene que algunos equipos han comenzado a presentar un alto nivel de averías, muestra de ello son los casos presentados como conatos de incendio en el sistema de frenado del tren y diferenciales trabados, eventos ocurridos a lo largo de los últimos meses.

Derivado de lo anterior y como consecuencia de no haber podido concluir el proceso de contratación de mantenimiento mayor para estos trenes, se requirió tomar acciones correctivas para detener los altos índices de averías para lo cual fue necesaria la adquisición de ciertas refacciones y equipos para el Mantenimiento Correctivo urgente de los mismos; que han sido y seguirán siendo instalados por personal del STC en forma inmediata a su recepción y que están permitiendo atender los trabajos de mantenimiento de los sistemas arriba mencionados, y de esta forma reducir el riesgo de seguridad para los usuarios y evitar el incremento del número de trenes detenidos, ya que la condición de operación no permite esperar más para contar con el mantenimiento mayor por sistemas.

Lo anterior ha originado que el STC utilice la experiencia y preparación de sus técnicos para establecer los procedimientos de trabajo que le permitan realizar las actividades de mantenimiento urgentes, dejando de lado, por falta de tecnología aquellos equipos que



invariablemente necesitan instalación de nueva infraestructura, herramienta y capacitación especializada.

A continuación se mencionan algunos de los sistemas y equipos que han y seguirán requiriendo esta atención urgente:

Sistema de Frenado.- Este sistema tiene un dispositivo de seguridad que bloquea las ruedas en situación de falla, el cual requiere cambio de componentes por el desgaste común, sin embargo debido a que no se ha realizado este cambio se han presentado fallas en el sistema con ruedas bloqueadas con el tren en movimiento, generando con ello conatos de incendios con el consecuente riesgo en la seguridad para pasajeros, trabajadores y equipos, aunado a las afectaciones en el tiempo de traslado de todos los usuarios de la Línea por la detención del tren en la vía.

Muelles y Bidas (pertenecientes al Sistema Mecánico).- Estos componentes que forman parte de la suspensión primaria de los trenes, también deben cambiarse de acuerdo a los servicios de mantenimiento mayor, y ante la falta de éste último, actualmente muchos de los trenes han perdido estabilidad, con lo que se afecta principalmente la seguridad de los pasajeros y en forma adicional se ve disminuido el confort y seguridad en el viaje al recibir el golpeteo en las variaciones del terreno por donde está ubicada la vía.

Refacciones y Equipos para el Sistema de Generación y Distribución de Aire Comprimido.- Este sistema está conformado por Motores, unidad compresora, secadores, cableado, conectores, relevadores, transductores, presostatos, conmutadores, protecciones eléctricas, mangueras, tuberías, depósitos de aire, filtros, válvulas, entre otros. Al presentar fallas este sistema se corre el riesgo de que el sistema de puertas no funcione adecuadamente teniendo eventos de puertas abiertas en plena circulación de los trenes así como fallas en el sistema de frenado.

Sistema de Pilotaje Automático.- Estos sistemas cuentan con unas Tarjetas Electrónicas que forman parte medular del sistema de pilotaje automático de los trenes, por lo que al fallar éstas el tren debe ser detenido, consecuencia de ello, es que actualmente se tienen dos trenes fuera de servicio por la falta de estos componentes entre otras refacciones.

Sistema de Puertas.- La falta de mantenimiento en este sistema ha provocado que se presenten fallas en los mecanismos de apertura y cierre de puertas, generando que en algunos casos en plena circulación se hayan tenido casos con puertas que no han podido cerrar, con la afectación a la seguridad de los pasajeros así como en su tiempo de traslado.

Sistema de Generación y Distribución de Energía.- Parte vital para alimentar de energía eléctrica al material rodante, parte de este sistema lo componen las escobillas cuya función es tomar la energía de la barra guía y transmitirla a través de cables conductores a los convertidores estáticos o generadores los cuales reciben el voltaje de la línea de alta tensión para la alimentación del convertidor de corriente alterna a corriente directa que a su vez, alimentan los circuitos de control, equipos auxiliares, ventilación y alumbrado del tren, sin embargo, dadas las condiciones actuales de las escobillas, se presentan eventos que van desde falsos contactos (chisporroteos) hasta grandes arcos eléctricos que ocasionan desde averías (baja fiabilidad) en las mismas escobillas hasta fuego que se propaga a otros equipos, situación que expone la seguridad de los usuarios afectando la calidad en la prestación del servicio al ser necesaria la evacuación del tren.

así como por la reducción de la disponibilidad de trenes que provoca que los usuarios tengan que esperar más tiempo para abordar un tren, generando que utilicen mayores tiempos de traslado y reduzcan el confort en su viaje.

- **ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO**

Costos.

En el proyecto se identifican los siguientes costos en pesos corrientes (sin incluir impuestos):

- Costo de la inversión del proyecto: Se refiere al monto total del proyecto a ejercer en el periodo 2015- 2018, incluye el costo de adquisición de las refacciones que se requieren con carácter urgente y que han sido y seguirán siendo instaladas en forma inmediata a su recepción, así como el costo de adquisición de los equipos, herramental, bancos de trabajo y de prueba para la realización del Mantenimiento Mayor en el taller Ticomán, la Capacitación del personal técnico del STC, la adquisición de las refacciones (para los trenes) para la realización del Mantenimiento Mayor por personal del STC, así como el costo del servicio para el refaccionamiento, reparación y puesta en servicio de los dos trenes que actualmente se encuentran detenidos, cuyo total sin IVA asciende a \$2,021,628,744.22

A continuación se presenta una tabla en la que se puede observar el monto de inversión con y sin IVA por concepto:

Concepto	Costo		
	Con IVA	Sin IVA	Distribución porcentual
ADQUISICIÓN DE REFACCIONES Y EQUIPOS PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO URGENTE	\$175,089,343.30	\$150,939,089.05	7.47%
ADQUISICIÓN DE EQUIPOS, HERRAMENTAL, BANCOS DE TRABAJO Y DE PRUEBA PARA ESTAR EN POSIBILIDADES DE BRINDAR EL MANTENIMIENTO MAYOR EN EL TALLER TICOMÁN	\$430,000,000.00	\$370,689,655.17	18.34%
ADQUISICIÓN DE REFACCIONES (PARA LOS TRENES) NECESARIAS PARA LA REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO MAYOR	\$1,500,000,000.00	\$1,293,103,448.28	63.96%
SERVICIO PARA REFACCIONAR, REPARAR Y PONER EN OPERACIÓN DOS TRENES DETENIDOS ACTUALMENTE	\$240,000,000.00	\$206,896,551.72	10.23%
TOTAL	\$2,345,089,343.30	\$2,021,628,744.22	100.00%
Notas:			
Los costos que se mencionan en la tabla son estimados, ya que actualmente se encuentra en sondeo de mercado el monto real de cada concepto.			
El rubro de capacitación está incluido en la adquisición de refacciones para los trenes.			

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante

- No se consideran costos de operación adicionales dado que el proyecto consiste en un trabajo de mantenimiento por lo que estos trenes se seguirán conduciendo con personal del STC como se hace actualmente.

Beneficios.

Beneficios no cuantificados económicamente.

- Mejorar la calidad del servicio en las Líneas 2 y 7.
- Disminuir el número de averías en los trenes.
- Aumento de la Disponibilidad de trenes.
- Aumentar la Fiabilidad de los trenes.
- Mantener la afluencia de usuarios en las Líneas 2 y 7.
- Disminuir el tiempo de interrupción del servicio.
- Evitar el aumento del tiempo de traslado a los usuarios en las Líneas 2 y 7.
- Reducir el riesgo de seguridad para los usuarios.

En cuanto a la disminución de averías se muestra en el cuadro siguiente la disminución de averías que se generará con la realización del proyecto, comparada con su no realización:

Tabla: Proyección de la Cantidad de Averías 2015 – 2025

Año	PROYECCIÓN DE AVERIAS		Disminución	
	CON	SIN		
	la realización del proyecto	la realización del proyecto	Cantidad	%
2015	2,492	2,492	0	0%
2016	2,490	6,481	-3,991	-62%
2017	2,479	10,802	-8,323	-77%
2018	1,250	15,123	-13,873	-92%
2019	820	19,836	-19,016	-96%
2020	913	25,787	-24,874	-96%
2021	994	29,755	-28,761	-97%
2022	937	39,673	-38,736	-98%
2023	856	49,591	-48,735	-98%
2024	825	58,504	-57,679	-99%
2025	863	93,231	-92,368	-99%

Nota:

Para el año 2015 la cantidad de averías es la real.

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Beneficios cuantificados económicamente.

Beneficios económicos por el Costo Social del Tiempo.

Este beneficio se genera cuando por la realización de este proyecto, se logra mejorar la calidad del servicio que se brinda a los usuarios que viajan a través de la Red del STC particularmente en las Líneas 2 y 7, en específico la variable referente a tiempo de traslado. Este tiempo de traslado se cuantifica por medio del Costo Social del Tiempo el cual permite identificar el costo del tiempo de los usuarios.

Para el cálculo del Costo Social del Tiempo (CST) se utilizan tres datos:

$$CST = T * SHP * U$$

Donde:

T = El ahorro de tiempo (en horas)

SHP = El valor social del tiempo (pesos/ hr)

U = Los usuarios beneficiados (anualmente)

A continuación se describe cada una de estas variables:

Ahorro de tiempo

El Ahorro de tiempo se da por evitar que queden fuera de servicio dos trenes a lo largo del horizonte de evaluación por la falta de mantenimiento así como por la recuperación en el año 2018 de los dos trenes que se encuentran actualmente fuera de circulación. El cálculo de este tiempo se basó en los siguientes puntos:

a) Evitar que dos trenes más salgan de circulación

Independientemente de que en caso de no realizarse este proyecto, continuarían sin operar los 2 trenes que actualmente se encuentran fuera de servicio, con base en la experiencia y datos estadísticos de la Dirección de Mantenimiento al Material Rodante del STC, se estima que a falta de su mantenimiento mayor, 2 de los 43 trenes que actualmente se encuentran en operación en las Líneas 2 y 7, saldrían de circulación por la elevada frecuencia de averías que se presentaría, 1 tren en el año 2016 y otro en 2019. Esto se logra porque en el año 2016 ya se contarían con los primeros 2 trenes con mantenimiento mayor y en 2019 ya se tendrá el Mantenimiento mayor aplicado en la flota total de trenes NM-02.

b) Recuperación de 2 Trenes

Dado los tiempos necesarios para la contratación del servicio para el refaccionamiento, reparación y puesta en operación de los 2 trenes que actualmente se encuentran fuera de servicio, para 2018 se recuperarán los dos trenes que actualmente se encuentran fuera de circulación

Para la estimación del ahorro en tiempo que se obtendrá por los dos conceptos anteriores, se obtuvo la diferencia del intervalo de tiempo de toda la Red entre el polígono de carga completo y el supuesto de reducción de un tren en cada Línea. El tiempo obtenido ascendió a 19.5 segundos, lo que equivale a 0.005416667 h.

Derivado de lo anterior y acumulando el ahorro cuantificado por evitar que dos trenes salgan de operación (uno en 2016 y otro en 2019) así como la recuperación de los trenes (en 2018) , el ahorro en tiempo total a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto será de:

- A partir de 2016.- 0.005416667 h. (por evitar que salga de circulación 1 tren).
- A partir de 2018.- 0.016250000 h. (el ahorro anterior más el que se logrará al recuperar de 2 trenes que actualmente se encuentran fuera de servicio).
- A partir de 2019.- 0.021666667 h. (el ahorro anterior más el que se logrará al evitar que salga de circulación 1 tren más).

Como se pueda apreciar, el ahorro del tiempo que podrán disfrutar los usuarios del STC, está asociado a la recuperación de los dos trenes que se encuentran fuera de circulación, así como por evitar que salgan dos trenes más por la falta de mantenimiento, así como a la reducción de averías que impactan en los tiempos de interrupción del servicio, y en la disponibilidad de trenes.

Es importante resaltar que conservadoramente para efectos específicos de la presente evaluación socioeconómica, el STC considera únicamente el ahorro del Costo Social del Tiempo generado por la recuperación de 2 trenes para la operación y evitar que 2 más salgan de circulación a lo largo del horizonte de evaluación. Los ahorros asociados a la reducción de averías sólo se cuantifican mediante el ahorro en los costos de mantenimiento correctivo.

Valor social del tiempo

El Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) realizó la estimación del valor social del tiempo apegándose a la metodología avalada por la Unidad de Inversiones de la SHCP. Dicha metodología establece que el valor social del tiempo por hora en pesos (SHP) se calcula de la siguiente forma:

$$SHP = \frac{FIP * SMGP * 7}{HTP}$$

Donde:

- FIP = Factor de ajuste del ingreso promedio de la población en proporción del SMGP
- SMGP = Salario mínimo general promedio por día (pesos)
- HTP = Promedio de las horas trabajadas por semana

Con base en esta metodología, el CEPEP obtuvo la siguiente estimación del valor social del tiempo:

$$SHP = \$ 38.868 \text{ por hora}$$

Fuente: Valor social del tiempo en México para 2015. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos.

Usuarios beneficiados

Los usuarios beneficiados se calcularon tomando como base la afluencia de las Líneas involucradas en el proyecto, es decir las Líneas 2 y 7, siendo esta de 387,333,682 pasajeros al año³. Así mismo se tiene el dato de que los trenes en promedio trabajan realmente 14.608⁴ hrs y considerando que los usuarios se ven afectados principalmente en el horario punta, es decir 7 horas (de 6:00 a.m. a 10:00 a.m. y de 6:00 p.m. a 9:00 p.m.) se tiene que la afectación se da en el 47.92% del tiempo de operación.

Aplicando este porcentaje a la afluencia obtenida en 2015, se obtiene que la afluencia que se beneficiará anualmente sea de 185,610,300 usuarios.

Cálculo del Costo Social del Tiempo (CST)

El cálculo del costo social del tiempo considera la siguiente fórmula:

$$CST = T * U * SHP$$

Donde:

T = Ahorro de tiempo (en horas)

U = Número de usuarios beneficiados (anualmente)

SHP = Valor social del tiempo (pesos/h)

A continuación se pueden identificar los valores para cada una de las variables así como el Costo Social del Tiempo para diferentes años:

1	0.00541666667	185,610,300 \$	38.868 \$	39,077,464.51
3	0.01625000000	185,610,300 \$	38.868 \$	117,232,393.53
4	0.02166666667	185,610,300 \$	38.868 \$	156,309,858.04

En la tabla siguiente se aprecia el importe de este beneficio por año a lo largo del horizonte de evaluación:

³ Estadísticas de operación 2015 del STC.

⁴ Estadística interna de la Dirección de Mantenimiento del Material Rodante.

Año	Beneficio por evitar el CST
0	\$-
1	\$39,077,464.51
2	\$39,077,464.51
3	\$117,232,393.53
4	\$156,309,858.04
5	\$156,309,858.04
6	\$156,309,858.04
7	\$156,309,858.04
8	\$156,309,858.04
9	\$156,309,858.04
10	\$156,309,858.04
TOTAL	\$1,289,556,328.85

Beneficios económicos por el Ahorro en costos de Mantenimiento Correctivo.

Con la realización de este proyecto se reducirán los trabajos de Mantenimiento Correctivo en los equipos y componentes que involucran, así como la realización de actividades contingentes.

Como se ha mencionado anteriormente en este documento, derivado del rezago de la realización del Mantenimiento Mayor ha provocado que a la fecha los trenes hayan operado con componentes que trabajan fuera de sus rangos de diseño, generando con ello un deterioro acelerado en los mismos, esto se ha hecho evidente con el aumento de las averías y la disminución de la Fiabilidad y Disponibilidad en los trenes, por lo que de no realizar el presente proyecto, no sólo se continuarían presentando estas fallas, sino que se generaría un importante aumento de las mismas, y por ende, un aumento todavía mayor en los costos de Mantenimiento Correctivo necesarios para atenderlas. Por otro lado, si se realiza el proyecto se logrará disminuir el número de averías y por consiguiente los costos de Mantenimiento correctivo.

Derivado de lo anterior, se enfatiza que este beneficio no consiste en un ingreso, sino en un ahorro en los costos de mantenimiento correctivo, es decir, de realizar el proyecto no será necesario erogar los costos extras que se generarían por la atención de las averías que se originan por continuar los trenes operando sin haber recibido su mantenimiento mayor, necesario para su óptimo funcionamiento.

Esto no sugiere que no se tendrían costos de mantenimiento, sino que éstos no serían mayores a los que normalmente son necesarios por la realización del mantenimiento señalado en sus especificaciones técnicas. El ahorro consiste precisamente en el diferencial de los costos de mantenimiento normal (necesario para el buen desempeño de los trenes, es decir, cuando las averías reflejan una fiabilidad que se encuentran en un nivel menor o igual 8,911 Km/Avería) y el extraordinario (el que se genera por la no realización del primero, desencadenando más averías que las aceptadas en las especificadas).

A continuación se muestra la proyección de costos a lo largo del horizonte de evaluación:

Tabla: Proyección de Averías y su Costo SIN la realización del Proyecto

AÑO	AVERIAS	COSTO AVERÍAS
2015	2,492	\$11,500,853.12
2016	6,481	\$51,919,876.42
2017	10,802	\$96,917,102.64
2018	15,123	\$151,966,016.96
2019	19,836	\$223,251,894.00
2020	25,787	\$325,054,757.66
2021	29,755	\$420,070,763.74
2022	39,673	\$627,305,673.86
2023	49,591	\$878,227,943.40
2024	58,504	\$1,160,405,622.33
2025	93,231	\$2,071,100,368.54
TOTAL	351,275	\$6,017,720,872.67

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Por otro lado, si se realiza el proyecto se logrará disminuir el número de averías y por consiguiente los costos de Mantenimiento correctivo, a continuación se presentan la proyección de estos datos con la realización del proyecto:

Tabla: Proyección de Averías y su Costo CON la realización del Proyecto

AÑO	AVERIAS	COSTO AVERÍAS
2015	2,492	\$11,500,853.12
2016	2,490	\$11,491,622.10
2017	2,479	\$11,215,820.20
2018	1,250	\$9,228,819.39
2019	820	\$11,508,562.88
2020	913	\$14,033,135.69
2021	994	\$14,815,828.89
2022	937	\$15,159,265.18
2023	856	\$16,363,505.87
2024	825	\$19,171,285.14
2025	863	\$21,595,469.83
TOTAL	14,919	\$156,084,168.29

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Avay

Dado que de no realizar el proyecto, a lo largo del horizonte de evaluación se tendría un monto total por concepto de mantenimiento correctivo de \$6,017,720,872.67 y en el caso de realizar el proyecto dicho costo sería de \$156'084,168.29 se tiene que el beneficio generado por el proyecto es de \$5,861'636,704.38, monto que se muestra a lo largo del horizonte de evaluación en la siguiente tabla:

Tabla: Ahorro de Costos de Mantenimiento Correctivo

AÑO	COSTO DE AVERIAS		
	SIN PROYECTO	CON PROYECTO	AHORRO
0 2015	\$11,500,853.12	\$11,500,853.12	\$0.00
1 2016	\$51,919,876.42	\$11,491,622.10	\$40,428,254.32
2 2017	\$96,917,102.64	\$11,215,820.20	\$85,701,282.44
3 2018	\$151,966,016.96	\$9,228,819.39	\$142,737,197.57
4 2019	\$223,251,894.00	\$11,508,562.88	\$211,743,331.12
5 2020	\$325,054,757.66	\$14,033,135.69	\$311,021,621.97
6 2021	\$420,070,763.74	\$14,815,828.89	\$405,254,934.85
7 2022	\$627,305,673.86	\$15,159,265.18	\$612,146,408.68
8 2023	\$878,227,943.40	\$16,363,505.87	\$861,864,437.53
9 2024	\$1,160,405,622.33	\$19,171,285.14	\$1,141,234,337.19
10 2025	\$2,071,100,368.54	\$21,595,469.83	\$2,049,504,898.71
AHORRO TOTAL			\$5,861,636,704.38

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Indicadores de Rentabilidad.

Dado que el tiempo de vida útil del servicio de Mantenimiento Mayor es de 7 años, se considera un horizonte de evaluación de 11 años, debido a que una parte recibe mantenimiento en 2016, otra más en 2017 y la restante en 2018, más el periodo cero en el que se inicia la inversión (2015). Por lo que el periodo abarca de 2015 a 2025.

De la evaluación financiera de los beneficios y costos que generará el proyecto, se obtuvieron los siguientes resultados:

FLUJOS NETOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN			
AÑO	BENEFICIOS TOTALES	COSTOS TOTALES	FLUJOS NETOS
0	\$-	\$ 51,801,158.02	-\$51,801,158.02
1	\$79,505,718.83	\$ 1,004,310,344.83	-\$924,804,626.00
2	\$124,778,746.95	\$ 551,724,137.93	-\$426,945,390.98
3	\$259,969,591.10	\$ 413,793,103.45	-\$153,823,512.35
4	\$368,053,189.16	\$ -	\$368,053,189.16
5	\$467,331,480.01	\$ -	\$467,331,480.01
6	\$561,564,792.89	\$ -	\$561,564,792.89
7	\$768,456,266.72	\$ -	\$768,456,266.72
8	\$1,018,174,295.57	\$ -	\$1,018,174,295.57
9	\$1,297,544,195.23	\$ -	\$1,297,544,195.23
10	\$2,205,814,756.75	\$ -	\$2,205,814,756.75
TOTAL	\$7,151,193,033.23	\$ 2,021,628,744.22	

Costos sin IVA

INDICADORES DE RENTABILIDAD	
Valor Presente Neto	\$ 1,767,647,973.80
Tasa Interna de Retorno	25.91%

El Valor Presente Neto de los flujos netos tiene un valor mayor que cero, lo que significa que la realización del proyecto creará valor a la sociedad.

La Tasa Interna de Retorno es superior a la Tasa Social de Descuento lo que significa que el proyecto es socialmente rentable.

Derivado del análisis de rentabilidad concluimos que es conveniente la realización del proyecto, adicionalmente se identifican otros beneficios a los cuantificados económicamente, dado que con este proyecto se pretende recuperar y conservar las condiciones de funcionalidad y operación en los rubros de Fiabilidad, Disponibilidad y Seguridad, que redundarán en mejores condiciones para las instalaciones, empleados y sobre todo un servicio con mejor calidad para usuarios del STC, en rubros como tiempo de traslado, confianza en los tiempos de arribo a las estaciones, comodidad y mayor seguridad en el servicio.

CALENDARIO DE ATENCIÓN DE TRENES

EJERCICIO	MES	2016												2017												2018												TOTAL
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Mantenimiento Correctivo Urgente		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																									43	
Mantenimiento Mayor													1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	45	

* Se sustituirán las refacciones en los trenes actualmente en funcionamiento conforme se vayan recepcionando a lo largo del año.

Fuente: Dirección de Mantenimiento de Material Rodante.

Con lo que respecta a la adquisición de refacciones y equipos que se requieren de forma urgente (partidas 2961 y 5441), de acuerdo a los tiempos de entrega, los equipos y refacciones se recibieron a finales de 2015 y principios de 2016, y las restantes se realizarán a lo largo de este mismo año, por lo que la principal erogación en el Ejercicio 2015 se destinó al rubro de anticipo para que el proveedor estuviera en posibilidades de adquirir insumos para el inicio de su proceso de fabricación.

Es importante señalar que ningún contrato rebasará los 3 años atendiendo a lo indicado por la Ley de Adquisiciones del Distrito Federal y demás normatividad vigente.

• IMPORTE TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto asciende a la cantidad de \$2,345,089,343.30 (Dos mil trescientos cuarenta y cinco millones ochenta y nueve mil trescientos cuarenta y tres pesos 30/100) IVA incluido, distribuido como se muestra a continuación:

Ejercicio	CE Gestor	Área Funcional	Fondo	POSPRE	py	Importe (Pesos)
2015	10PDME	356386	4145	29611100		30,724,598.65
2015	10PDME	356386	4145	54412100	A10PM5015	29,364,744.65
2016	10PDME	356386	41455	35521100		174,750,000.00
2016	10PDME	356386	41460	29611100		466,000,000.00
2016	10PDME	356386	41455	54412100	A10PM6001	430,250,000.00
2016	10PDME	356386	41460	54412100	A10PM6001	94,000,000.00
2017	10PDME	356386	41470	29611100		256,000,000.00
2017	10PDME	356386	41470	35521100		96,000,000.00
2017	10PDME	356386	41470	54412100		288,000,000.00
2018	10PDME	356386	41480	29611100		192,000,000.00
2018	10PDME	356386	41480	35521100		72,000,000.00
2018	10PDME	356386	41480	54412100		216,000,000.00
TOTAL						2,345,089,343.30

Para los Ejercicios 2017 al 2018, este proyecto estará considerado de origen en el Presupuesto de Egresos de dichos años, por lo que su fuente de financiamiento será con recursos originales, teniendo preferencia respecto de nuevos compromisos de este Organismo, cumpliendo lo establecido en el Artículo 46 de la Ley de Presupuesto y Gasto Eficiente del Distrito Federal.

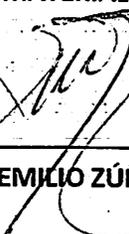
Cabe señalar que esta solicitud de modificación de multianualidad obedece a que el proceso de licitación para este proyecto en lo correspondiente al Capítulo 3000 "Servicios Generales" que

consideraba la autorización de multianualidad anterior, no ha podido concretarse en diversas ocasiones por lo que se tomó la decisión de la realización del mantenimiento mayor por los trabajadores de este Organismo, quedando únicamente el Capítulo 3000 para el refaccionamiento, reparación y puesta en servicio de los dos trenes que actualmente se encuentran detenidos.

- **ACUERDO DEL H. CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN**

Acuerdo número I-EXT-2016-II-3 aprobado en la 1era Sesión Extraordinaria llevada a cabo el 08 de enero de 2016 (anexo 2).

**DIRECTOR DE MANTENIMIENTO
DE MATERIAL RODANTE**


ARQ. EMILIO ZÚÑIGA GARCÍA

ANEXO 1

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE UN TREN

SISTEMA	COMPONENTES
<i>Tracción Frenado</i>	Escobillas positiva, negativa y de masa, cableado, conectores, filtros, disyuntores, contactores, control de tracción frenado, semiconductores de potencia, motores, resistencias, relevadores, transductores, conmutadores, protecciones, manipulador.
<i>Generación y distribución de Energía</i>	Convertidor, batería, cableado, conectores, semiconductores de potencia, transductores, filtros, lógica de control, transformadores, contactores, relevadores, conmutadores, protecciones.
<i>Información, mando y control</i>	Unidad de tratamiento de la información, control programable, módulos de entradas y salidas, transductores, actuadores, pantallas, conectores, cableado, botones, relevadores, conmutadores, protecciones.
<i>Puertas de Pasajeros</i>	Equipo de control, motores neumáticos, mecanismos, cableado, conectores, relevadores, conmutadores, interruptores, protecciones, electroválvulas.
<i>Generación y distribución de aire comprimido</i>	Motores, compresores, secador de aire, cableado, conectores, relevadores, conmutadores, interruptores, protecciones, mangueras, tubería, depósitos, filtros.
<i>Mecánico</i>	Bastidor de bogie, suspensiones primaria y secundaria, bloques de freno, electroválvulas de freno, freno de estacionamiento, mazas, reductores, ruedas portadoras, de guiado y seguridad, diferenciales, rodamientos, acoplamiento motor-diferencial, unión caja bogie, defensas.
<i>Comunicaciones</i>	Módulos de control, Módulos emisor-receptor, antenas, bocinas, micrófonos, cableado, conectores, botones, relevadores, conmutadores, protecciones, pantallas.
<i>Señalización y registro</i>	Equipo centralizado de información, caja de señalizaciones, numerador de tren, indicador de destino, caja negra, transductores, velocímetros, cableado, conectores, botones, señalizaciones ópticas y acústicas, relevadores, sistema de transmisión remota, conmutadores, pantallas, protecciones.
<i>Caja</i>	Carrocerías, soportes bajo bastidor, cabinas, accesorios, puertas, cristales, pisos, revestimientos, pasillos de intercurrencia, asientos, ventanas, ventilación, filtros, alumbrado, cableado, conectores, acoplamientos eléctricos, relevadores, conmutadores, protecciones, pasamanos, enganches, cofres laterales e inferiores.
<i>Pilotaje Automático</i>	Módulos electrónicos, cartas madre, captos, transductores, tomas eléctricas, cableado relevadores, protecciones.





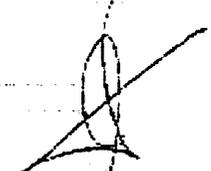
CDMX
CIUDAD DE MEXICO

H. CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO
Primera Sesión Extraordinaria
Enero 8, 2016

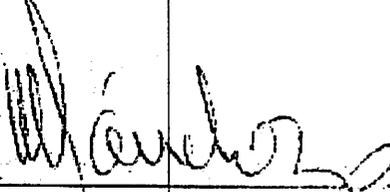


Acuerdo No. I-EXT-2016-II-3:

Con fundamento en los artículos 70, fracciones I y II de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal; 46, primero y segundo párrafos de la Ley de Presupuesto y Gasto Eficiente del Distrito Federal y 10, fracciones I y II del Estatuto Orgánico del Sistema de Transporte Colectivo, el H. Consejo de Administración autoriza la modificación del acuerdo No. II-2015-III-12 y realizar las gestiones necesarias ante la Secretaría de Finanzas del Distrito Federal, para modificar la autorización multianual para la contratación del mantenimiento mayor por sistema a un lote de 45 trenes NM-02, a erogarse de manera multianual 2015-2018, con la siguiente proyección de gasto: con cargo al presupuesto del año 2015, la cantidad de \$115'000,000.00 (Ciento quince millones de pesos 00/100 M.N.) IVA incluido; para el ejercicio 2016, la cantidad de \$1,165'000,000.00 (Un mil ciento sesenta y cinco millones de pesos 00/100 M.N.) IVA incluido, para el ejercicio 2017 la cantidad de \$640'000,000.00 (Seiscientos cuarenta millones de pesos 00/100 M.N.) IVA incluido y para el ejercicio 2018, la cantidad de \$480'000,000.00 (Cuatrocientos ochenta millones de pesos 00/100 M.N.) IVA incluido.


SECRETARIO


PRESIDENTE


PROSECRETARIO

VOTACIÓN:

A favor	
En contra	
Abstenciones	
UNANIMIDAD	X

Ana A. García

(Handwritten signatures and scribbles)

