

**Análisis Costo y Beneficio a Nivel Perfil  
del Proyecto de Prestación de Servicios  
de Largo Plazo para poner a Disposición  
del Sistema de Transporte Colectivo un  
Lote de 30 Trenes de Rodadura Férrea  
que circularán en la Línea 12 del Metro de  
la Ciudad de México.**



**Sistema de Transporte Colectivo**

**Nombre del proyecto:** Proyecto de Prestación de Servicios de Largo Plazo para poner a Disposición del Sistema de Transporte Colectivo un Lote de 30 Trenes de Rodadura Férrea que circularán en la Línea 12 del Metro de la Ciudad de México.

**Nombre:**

**Cargo del administrador del Proyecto:**

**Fecha de elaboración del análisis:** Noviembre de 2009



## Tabla De Contenido

i.	Resumen Ejecutivo .....	4
ii.	Diagnóstico de la Situación Actual y Posibles Soluciones .....	9
	Línea 12 del Metro.....	9
	Oferta.....	23
	Demanda .....	25
iii.	Descripción del Proyecto de Referencia .....	30
	a) Metas de Provisión de Servicio Públicos .....	30
	b) Capacidad de Generación de Ingresos .....	33
	c) Horizonte de Planeación y Cronograma de Actividades .....	35
	d) Capacidad Instalada que se Tendría y Evolución en el Horizonte de Evaluación del Proyecto	35
	e) Costo Base del Proyecto .....	38
	f) Identificación de los Riesgos Involucrados en el Proyecto.....	39
	g) Costo Total.....	89
	h) Supuestos Utilizados.....	89
	i) Calendario de Inversiones .....	90
	j) Fuente de Financiamiento, Calendarización y Distribución entre Recursos Públicos y Privados .....	91
iv.	Descripción del PPS .....	92
	a) Metas de Provisión de Servicio Públicos .....	92
	b) Capacidad de Generación de Ingresos .....	93
	c) Horizonte de Planeación y Cronograma de Actividades .....	95
	d) Costo Base del Proyecto .....	97
	e) Identificación de los Riesgos Involucrados en el Proyecto.....	98
	f) Estimación de la Utilidad Esperada Sobre el Proyecto por el Inversionista Proveedor .....	149
	g) Flujos estimados de Pago al Inversionista Proveedor .....	150
	h) Costos Adicionales.....	151
	i) Costo Total.....	151
	j) Beneficios Adicionales Expresados en Términos Monetarios .....	152
	k) Supuestos Utilizados.....	152



l) Fecha de Inicio de la Prestación del Servicio a Contratar.....	156
v. Comparación del Proyecto de la Compra con el PPS .....	157
vi. Análisis de Sensibilidad .....	160
vii. <b>Parámetros de referencia para la Evaluación del Desempeño del Inversionista Proveedor</b> 162	
viii. Conclusiones .....	168
<b>Documentos Complementarios .....</b>	<b>169</b>
a) Factibilidad Legal .....	169
b) Factibilidad Ambiental.....	170
c) Experiencia Previa en asociaciones con el Sector Privado .....	171



## i. Resumen Ejecutivo

Actualmente, el Gobierno del Distrito Federal, construye la infraestructura necesaria para poner en operación la Línea 12 del Metro. Dicho proyecto, constituye una de las acciones de mayor relevancia para mejorar las condiciones de transporte de los habitantes del Distrito Federal, particularmente, de aquellos que provienen o se dirigen a la zona del oriente de la Ciudad.

El Metro, tiene amplio conocimiento de los requerimientos de sus usuarios y sabe de la importancia para ellos de recibir un servicio de calidad, que sea eficiente, limpio, y reduzca los retrasos en la transportación. Por ello, para la empresa resulta fundamental poder ofrecer en la Línea 12 un servicio que cumpla con las expectativas de sus usuarios. Precisamente con el afán de lograrlo, es que se ha impulsado un esquema de servicios que permita atacar aquellas causas que impiden ofrecer un servicio de calidad.

Temas como el refaccionamiento oportuno, mantenimiento preventivo y sistemático, atención oportuna de fallas, entre otros, son los que están en la base del éxito para mejorar la calidad en el servicio. Y para ello, es imprescindible contar con un proceso administrativo flexible que pueda reaccionar rápidamente a los requerimientos del día a día de la operación.

Para poder alcanzar este objetivo en la Línea 12, el Gobierno de la Ciudad y en particular el Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC), buscaron los mecanismos administrativos que hicieran viable ese escenario. Por ello, después de una serie de estudios y análisis con otras instancias de la propia Administración Pública del Distrito Federal, para elegir la forma apropiada de prestar el servicios de transporte público de pasajeros en la Línea 12, se optó por utilizar el esquema de Prestación de Servicios a Largo Plazo (PPS) como el instrumento idóneo, por las características de la necesidad detectada, para dotar de trenes bajo las condiciones óptimas de operación que el proyecto requiere.

Conforme a la normatividad vigente, el Metro presentará ante el Grupo de Análisis Técnico Financiero la solicitud de aprobación presupuestaria debidamente fundada, en criterios técnicos y financieros, y para ello se elabora y presenta este documento de análisis costo beneficio a nivel perfil, mediante el cual se verifica que el más conveniente para el STC contar con un contrato de prestación de servicios bajo la modalidad de PPS para dotar de trenes en óptimas condiciones de operación para la línea 12 del. El análisis muestra que el esquema PPS generará beneficios netos mayores a los que se obtendrían en caso de que se optara por el procedimiento tradicional de adquisición y operación de los servicios a cargo del STC, hipótesis a la que se le denomina Proyecto de Referencia.

Para la dotación de trenes y prestación de servicios al material rodante se analizan dos alternativas:

- La tradicional, a través de adquisición de trenes y administración directa de las actividades de mantenimiento del material rodante (en adelante Proyecto de Referencia o PR), y
- El modelo de servicios de largo plazo bajo el esquema PPS en el que el prestador de servicios pone a disposición del Metro un lote de trenes, y que el propio prestador se



**encarga de mantenerlos en óptimas condiciones de operación, bajo un esquema de pagos con base en el desempeño del lote de trenes (en adelante MS o PPS)**

El análisis realizado permite concluir que la alternativa más conveniente es el modelo de servicios a largo plazo bajo el esquema PPS, por las siguientes consideraciones:

- Permite dotar trenes al Metro para operara adecuadamente la Línea 12.
- Los trenes contarán con el mantenimiento adecuado, conforme a los estándares de servicio establecidos por el Sistema, durante la vigencia del contrato
- Mejorar los parámetros de calidad en el servicio a los usuarios
- Pagar solo por aquellos servicios que se reciben, particularmente: disponibilidad, fiabilidad y mantenimiento.
- Entrar en un proceso favorable para el Metro de transferencia de tecnología.
- Mejorar la asignación de riesgos asociados con el proyecto.
- Minimizar los niveles de afectación al servicio.
- Mejorar la planeación presupuestaria.
- Atender otros proyectos prioritarios del STC por la liberación de recursos en el corto plazo.
- Maximizar el valor por el dinero del uso de los recursos públicos.
- Aprovechar las eficiencias del sector privado.

El MS (modelo de servicios) implica la celebración de un contrato de prestación de servicios de largo plazo entre el STC y un proveedor, también llamado inversionista proveedor o la empresa, que puede prestar dichos servicios.

Los servicios contratados le sirven de apoyo al STC para prestar los servicios públicos que tiene encomendados. En este caso en particular, la empresa privada se encarga del diseño definitivo, fabricación, financiamiento del proyecto en sus distintas fases, mantenimiento de trenes, administración de riesgos asociados y las actividades necesarias para realizar transferencia tecnológica al STC, todos, componentes necesarios para que la Línea 12 del Metro pueda operar y a su vez el Metro pueda prestar el servicio público a su cargo. A cambio de ello, el Metro realizaría pagos periódicos en función del desempeño observado por los trenes.

Para la prestación de los servicios, el contrato del proyecto MS contempla las siguientes actividades principales que serán desarrolladas por el Inversionista proveedor.

- Diseño definitivo de los trenes, para cumplir con los niveles de desempeño especificados por el STC
- Fabricación, conforme a los requerimientos establecidos por este Organismo.
- Mantenimiento mayor y menor durante la vigencia del contrato, con la supervisión puntual del personal del STC.
- Transferencia de Tecnología y en su caso entrega de los trenes, equipos y refacciones al término de la vigencia del contrato.
- Financiamiento de todas las actividades referidas.

Una vez expuesta la conveniencia general de obtener el servicio de trenes, bajo el MS, se debe realizar el análisis costo beneficio para mostrar y medir su eficiencia presupuestaria. Para estos



propósitos, se realizó el presente análisis costo beneficio, de conformidad según las Reglas para realizar los proyectos y contratos de prestación de servicios a largo plazo para la Administración Pública del Distrito Federal, y los Lineamientos para la elaboración del análisis costo-beneficio para los proyectos de prestación de servicios a largo plazo y sus anexos.

Dicho análisis consiste en comparar en valor presente, los costos del proyecto desarrollado bajo el MS y los costos de desarrollar el proyecto bajo el esquema tradicional de adquisición. Para ello, se define primeramente el costo base del proyecto, mismo que después es afectado por el valor monetario de los riesgos asociados sobre costo base. Este valor resultante se compara con el valor presente neto de flujo de pagos periódicos y costos adicionales que asumiría el STC.

Los componentes más importantes de pago periódico son la amortización de los capitales y financiamiento invertidos en los rubros de gasto del proyecto, necesarios para la prestar el servicio. En este sentido, y considerando que desde el punto de vista técnico ambos proyectos (Proyecto de Referencia y MS) deben ser capaces de ofrecer el mismo nivel de servicio, los costos base de partida de los rubros de gasto del proyecto pueden ser muy parecidos o incluso considerarse los mismos, en función de las alternativas técnicas disponibles. Sin embargo, a partir de ahí, cada proyecto se ve afectado por una serie de factores adicionales, como son, entre otros, el distinto nivel de eficiencia entre los actores ejecutantes, la asignación de riesgos y su capacidad diferenciada para hacerles frente, y su distinta exposición y por tanto cuantificación, así como algunos conceptos de costo adicional en el caso del MS que no ocurren en el PR.



En este análisis se consideró la existencia de los siguientes riesgos principales:

**RIESGOS DETECTADOS DURANTE LAS ETAPAS DE DISEÑO, FABRICACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS TRENES:**

- Riesgos de Falta de Refacciones o abastecimiento por escases en el mercado o insuficiencia presupuestal
- Riesgos de Falta de Refacciones por obsolescencia tecnológica
- Riesgos de que la obsolescencia tecnológica motive la renovación del sistema instalado
- Riesgo de modificación adversa de las políticas tarifarias
- Riesgos de afectación al servicio por incumplimiento del contratista.
- Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de construcción
- Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de mantenimiento
- Riesgo de contratación de recursos humanos para su mantenimiento
- Riesgo de Siniestros por errores de operación o robos y desastres naturales
- Riesgo por terminación anticipada del contrato
- Riesgos por omisiones e incongruencias en el diseño del proyecto ejecutivo
- Riesgo en la obra civil
- Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación
- Riesgos de no contar con la Mano de Obra Adecuada
- Riesgo de que el costo de mantenimiento sea mayor de lo programado

La estimación del pago en el MS ajustado por los costos y riesgos retenidos por la administración del Metro, se han comparado en valor presente con las proyecciones de costo corregidos por riesgo del PR, obteniendo por resultado el Valor por el Dinero. El resumen de los cálculos se expone en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 1 resumen de los cálculos

Integración del VPN del Proyecto Referencia		Importe
Concepto		
Costo del Riesgo Retenible	\$	888,231,394
Costo del Riesgo Transferible	\$	3,183,463,472
Costo Base	\$	10,792,642,167
<b>Costo Total</b>	<b>\$</b>	<b>14,864,337,032</b>

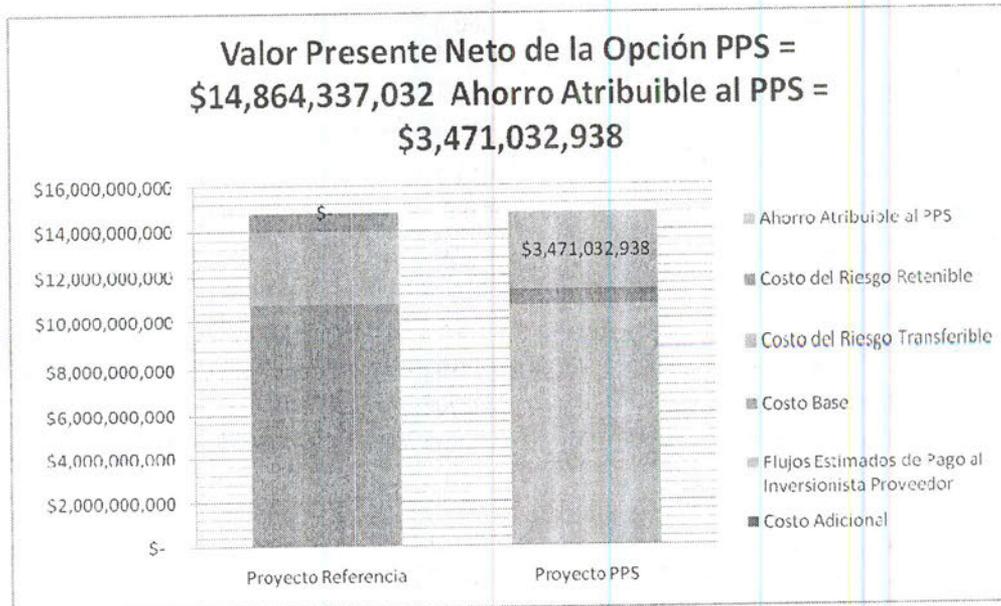
Integración del VPN del PPS		Importe
Concepto		
Costo del Riesgo Retenible	\$	677,444,774
Flujos Estimados de Pago al Inversorista Proveedor	\$	10,675,435,035
Costo Adicional	\$	40,424,285
<b>Costo Total</b>	<b>\$</b>	<b>11,393,304,094</b>



De acuerdo a los resultados, se llega a las siguientes conclusiones:

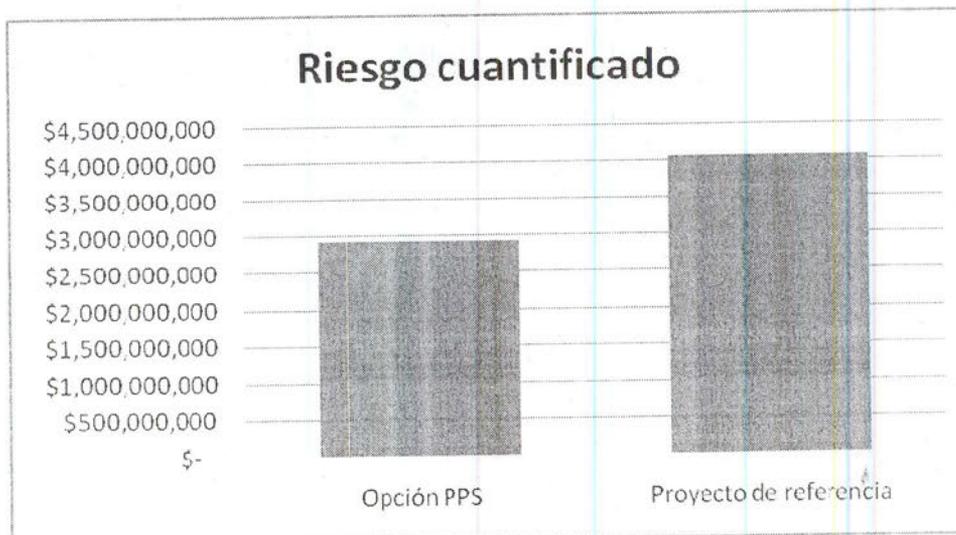
- a) La principal conclusión, se refiere al resultado de la valoración monetaria entre el PR y el MS. La diferencia entre uno y otro escenario constituye lo que se denomina Valor por el Dinero (*Value for Money*) y representa el ahorro que obtiene el Metro al asignar la ejecución del proyecto a un privado, mediante el modelo de prestación de servicios. Esta fuente de ahorro deriva de la mayor eficiencia administrativa y de la mejor administración de riesgos del proyecto. El Valor por el Dinero obtenido del análisis es de \$3,471 mdp en valor presente.

Cuadro No. 2 Cálculo del valor del PPS.



- b) En relación con los riesgos estos son mayores en el PR siendo esto tema uno de los mayores diferenciadores entre los dos esquemas evaluados.

Cuadro No. 3 Riesgos cuantificados por esquema de inversión





## ii. Diagnóstico de la Situación Actual y Posibles Soluciones

### Línea 12 del Metro

El Proyecto para la construcción de la Línea 12 del Metro, permitirá mejorar el transporte de miles de personas con recorridos más cortos y en menor tiempo, de esta manera brindará un servicio de transporte público masivo, seguro, confiable, tecnológicamente limpio y con una tarifa accesible, que satisfaga las expectativas de calidad, accesibilidad, frecuencia y cobertura, buscando que siempre se desempeñe con transparencia, equidad y eficiencia, logrando estándares competitivos a nivel mundial.

Este Proyecto busca brindar un servicio de transporte de excelencia, que ayude al cumplimiento de los objetivos de transporte sustentable en la Zona Metropolitana del Valle de México, con un alto grado de avance tecnológico nacional, cultural, vocación industrial y de servicio a favor del interés general y el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.

- Al conjugar la tracción eléctrica con una elevada capacidad de pasajeros, el Metro es el medio de transporte más eficiente en términos de consumo energético y ocupación de espacio.
- La nueva Línea del Metro contribuye a las medidas ecológicas recomendadas para disminuir el calentamiento global y se resume en transportar a un mayor número de pasajeros con un menor consumo de energía.
- Al circular casi siempre subterráneamente, el Metro deja hueco en la superficie para instalaciones que permiten mejorar la calidad de vida en la ciudad.

El Proyecto de construcción de la Línea 12 del Metro es un proyecto que ya está en marcha. No tendría utilidad toda la inversión ya realizada si no se cuenta con los Trenes Férreos para esta Línea al ser un componente fundamental del Metro, de ahí surge la necesidad de adquirir los trenes y de evaluar el mejor esquema de adquisición de los mismos para hacer un mejor uso de los recursos financieros teniendo en cuenta los siguientes puntos básicos:

- **Flujos de efectivo.**
- **Soporte y mantenimiento de los trenes.**
- **Partes y refacciones de los trenes.**
- **Características técnicas de los trenes.**

### Alcance

El recorrido en kilómetros del tren, el número de estaciones, el número de pasajeros y el tiempo de espera de un Tren a otro determinan el alcance del proyecto, el número de trenes que se consideró para este proyecto es de 30 trenes.

**Recorrido:** Iniciará en Tláhuac y avanzará por la avenida del mismo nombre hasta Calzada Ermita, donde el trazo se prolonga sobre Eje 8 Sur hasta salir a División del Norte; dará vuelta hacia el Norte hasta el Parque de los Venados, para continuar hacia el poniente en Eje 7 Sur y finalizar en Mixcoac.



Cuadro No. 4 alcance de la Línea 12:



#### 4 nuevas estaciones de correspondencias:

- **Atlalilco:** Línea 8 (Garibaldi – Constitución de 1917)
- **Ermita:** Línea 2 (Tasqueña – Cuatro Caminos)
- **Zapata:** Línea 3 (Indios Verdes – Universidad)
- **Mixcoac:** Línea 7 (El Rosario – Barranca del Muerto)
- Para primer el transbordo ofrece 7 Líneas y 15 estaciones de enlace directo: Salto del Agua, Pino Suárez, Balderas, Tacubaya, Chabacano, Bellas Artes, Tacuba, Hidalgo, Santa Anita, La Raza, Deportivo 18 de Marzo, El Rosario, Centro Médico, Garibaldi y Guerrero.
- **Conexión con:** Tren Ligero, Metrobús Insurgentes, Terminal de Autobuses del Sur y Próximamente con Metrobús Xola.



Cuadro No. 5 conexiones que tendrá la Línea 12 con las Líneas del Metro que se tienen en la actualidad:



### Obra en Marcha

Con la puesta en marcha de la construcción de la Línea 12 se tiene ya el Anexo Técnico y las especificaciones de los trenes, número de trenes y número de carros por tren. Estas especificaciones ya no pueden cambiar, ya que algunos componentes de la construcción como las vías y catenarias ya están en construcción, solamente faltaría saber cuál es el mejor esquema de adquisición de los mismos.

Con una inversión de 17 mil 583 millones de pesos iniciaron los trabajos para la construcción de la Línea 12 del Metro que correrá de Mixcoac a Tláhuac, considerada como la obra más importante de la Ciudad de México y del país en los últimos años.

Con la construcción de la Línea Dorada, Línea del Bicentenario, se beneficiará a más de 400 mil personas, se acortarán los viajes de dos horas a sólo 45 minutos, asimismo se generarán más de 25 mil empleos directos y 60 mil indirectos.

En sus instalaciones se brindará especial atención a los ciudadanos de la tercera edad, personas con discapacidad y menores de cinco años, con transportación gratuita.

Otro punto importante es la reducción de transportes contaminantes, pues dejarán de emitirse 400 mil toneladas de dióxido de carbono al año.

Cuadro No. 6 Problemática de tráfico actual sin metro



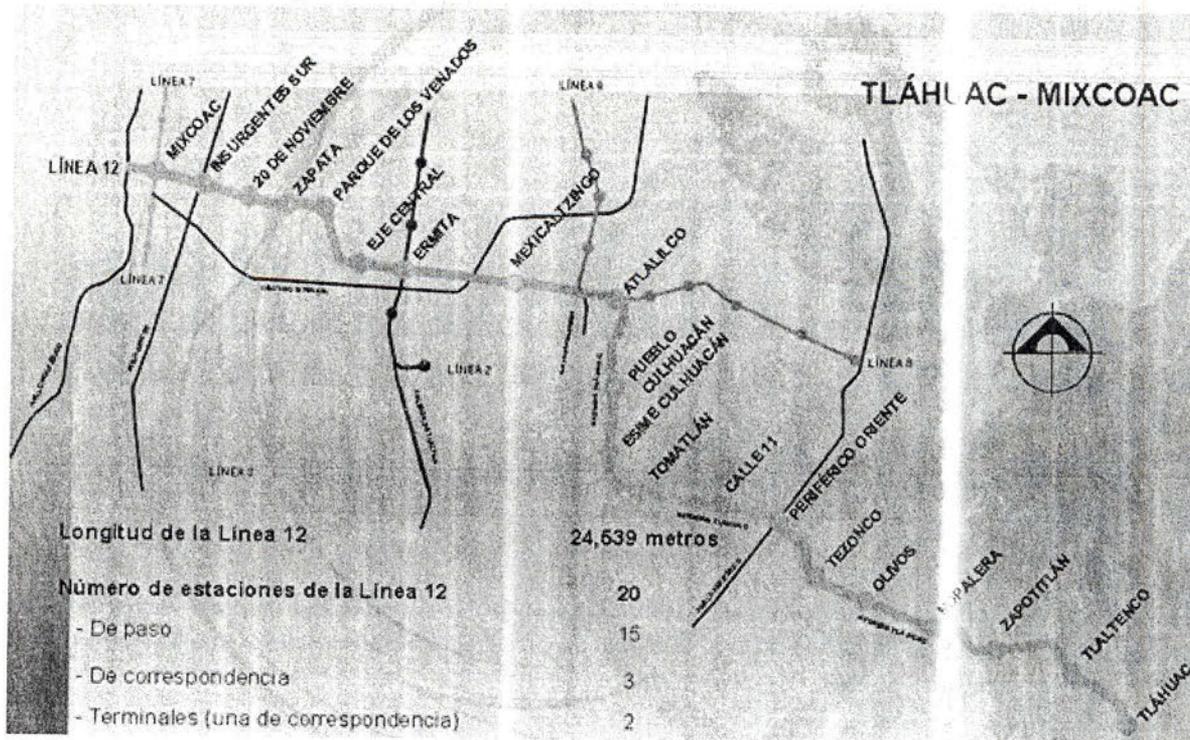
La construcción de la Línea tendrá dos etapas, la primera será inaugurada en el 2011, que irá de Tláhuac a Atlalilco; y la segunda que termina en Mixcoac, estará dando servicio en el 2012.

La Línea mejorará el desempeño de toda la Red del Metro, aumentará la conectividad de las Líneas 8, 2, 3 y 7 en el sur de la Ciudad de México.



Cuadro No. 7 Línea 12

### LÍNEA 12



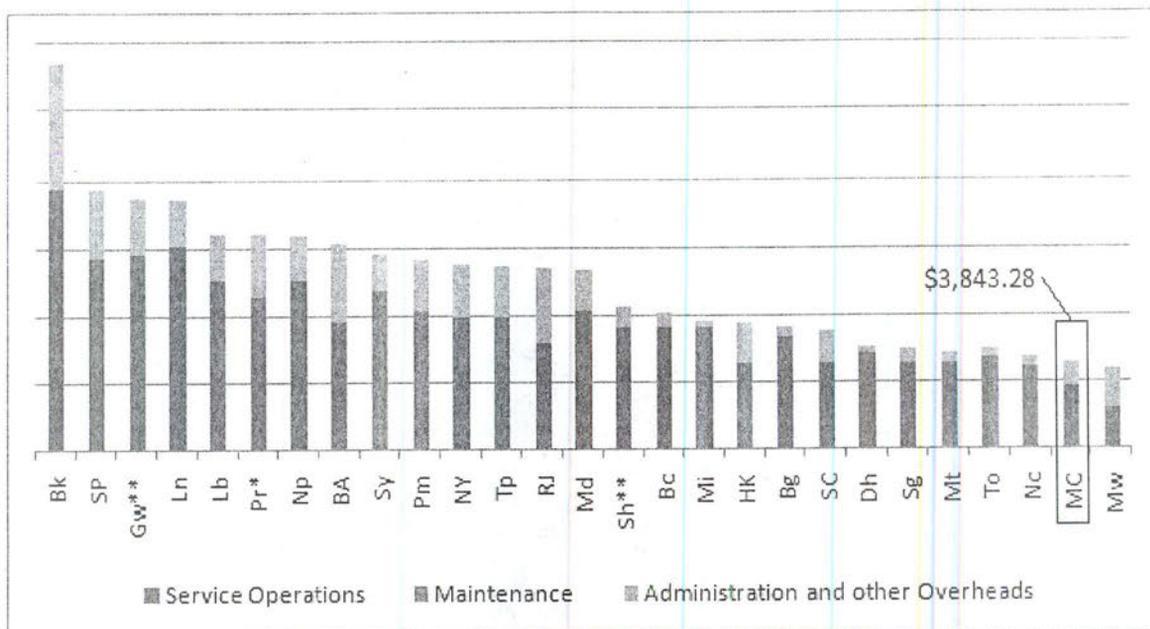
A continuación se muestra en Cuadro el gasto promedio por tren dentro del STC:

Cuadro No. 8

Capitulo	Concepto	Presupuesto Modificado 2009
1000	Servicios Personales	\$ 468,7 3.9
2000	Materiales y Suministros	\$ 293,5 4.7
3000	Servicios Generales	\$ 350,6 0.9
5000	Bienes Muebles e Inmuebles	\$ 251,4 6.5
	<b>Total</b>	<b>\$ 1,364,3 6.0</b>

El STC cuenta con 355 Trenes, Lo que da como resultado que el gasto promedio por tren en estos conceptos se de: \$3,843.28 Colocando al STC como el penúltimo a nivel municipal en este concepto como se muestra en el siguiente Cuadro:

Cuadro No. 9



El Metro de la Ciudad de México, es un sistema de transporte público que sirve a extensas áreas del Distrito Federal y parte del Estado de México. Su construcción, operación y explotación está a cargo del organismo público descentralizado: Sistema de Transporte Colectivo, conocido coloquialmente como Metro. En 2006 el Metro de la Ciudad de México ocupó el tercer lugar a nivel mundial en captación de usuarios al transportar a un promedio de 3,9 millones de pasajeros al día.

La extensión total de la red es de 201.4 kilómetros, con 175 estaciones (164 en la Ciudad de México y 11 en el Estado de México) de las cuales 22 son terminales, 41 transbordo (11 de las cuales también son terminales) y 112 de paso.

Actualmente el Metro cuenta con 11 líneas y un parque vehicular de 355 trenes de los cuales 322 son trenes de rodadura neumática de caucho y 33 de rodadura férrea que corren en la línea A.

Con el propósito de mejorar los tiempos de traslado de un importante segmento de la población que vive en el oriente de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) el Gobierno de la Ciudad tomó la decisión de construir la Línea 12 del Metro que correrá de Tláhuac a Mixcoac.

Inicio y terminación de la obra civil: La licitación publicada el 21 de enero de 2008 indicó las siguientes fechas: 10 de junio de 2008 para inicio y 31 de diciembre de 2010 para terminación del tramo Tláhuac-Axomulco; y 31 de diciembre de 2011 para terminación del tramo Axomulco-Mixcoac. Posteriormente, se anunciaron tres fechas más para el inicio de la obra: 3 de julio, 15 de septiembre y 22 de septiembre de 2008. Las fechas de terminación de la obra también sufrieron cambios: Tláhuac-Atlalilco en abril de 2011 y Atlalilco-Mixcoac en abril de 2012.

Se prevé que con el desarrollo de esta obra se logren importantes beneficios para la población, entre otros, la reducción en los tiempos de traslado, la reducción en los costos de transporte, la descongestión en importantes vialidades de la zona, se reduzca la emisión de contaminantes a la atmósfera y mejore la imagen urbana, entre otros.



Para el diseño de la Línea 12, las áreas técnicas del Metro determinaron que el tipo de trenes que presten servicio tengan características diferentes a los trenes que circulan en la mayoría de las líneas del sistema. Esta diferencia radica fundamentalmente en el tipo de rodadura. Los trenes de la línea 12 contarán con rodadura férrea, a diferencia de la rodadura neumática que se usa en la mayoría de los trenes del sistema.

**Las principales razones de este cambio en el perfil tecnológico se exponen a continuación:**

### **Tipología de trenes**

Los trenes de la Línea 12 van a utilizar tecnología férrea, al igual que los trenes de la Línea A. Para tomar esta decisión, se creó una comisión interna dentro de STC-Metro, para elaborar el "Dictamen técnico de la comisión interna encargada de evaluar la tecnología del material rodante más adecuada para operar la Línea 12, Septiembre de 2007", del que se incluye el texto íntegro a continuación.

#### ***Dictamen técnico de la comisión interna encargada de evaluar la tecnología del material rodante más adecuada para operar la Línea 12, Septiembre de 2007***

A efecto de definir los aspectos más relevantes (ventajas y desventajas) en las aplicaciones de la tecnologías férrea y neumática del material rodante para la explotación de la Línea 12 fueron consideradas las experiencias de las áreas de transportación y de mantenimiento al material rodante, a las instalaciones fijas y a la obra civil, tanto en la operación de la Línea A con trenes de rodada férrea, como en la operación de las otras 10 líneas con trenes de rodada neumática; se realizaron los razonamientos necesarios: en el campo de la física hechos por parte del área de ingeniería; se tomaron en cuenta las opiniones del cuerpo de asesores del Organismo; y se consideró la información disponible sobre otros Metros en el mundo.

Durante las discusiones y los análisis se evitó desvirtuar los inconvenientes o bondades de las dos tecnologías consideradas y, más bien, éstos se enfocaron a determinar las consecuencias de sus naturalezas técnicas y de sus respectivos desarrollos más recientes respecto a operabilidad, eficiencia, seguridad, mantenibilidad y fiabilidad para alcanzar en cada caso los más altos niveles de calidad en el servicio.

**Los siguientes razonamientos resumen los resultados de las conclusiones del dictamen:**

- **Capacidad de transporte** - Considerando un mismo número de trenes en línea y mismas dimensiones y condiciones de operación, al presentar la rueda neumática mayor fricción con la pista que la rueda de acero con el riel, se posibilita que el tren neumático alcance aceleraciones más fuertes (1.4 vs. 1.0 m/s<sup>2</sup>) y desaceleraciones mayores (2.0 vs 1.27 m/s<sup>2</sup>), permitiéndole obtener velocidades medias más altas, que significan mayores frecuencias (40 vs. 36 trenes/hora). Es decir, para ofertar una misma frecuencia y misma capacidad de transporte se requieren más trenes férreos que con la tecnología neumática.
- **Velocidad comercial**.- Justamente, las mayores aceleraciones y desaceleraciones del material neumático siempre conllevaran velocidades comerciales más altas para este. Cuando se trata de marchas tiro con interestaciones menores a 1 km la diferencia entre las velocidades



comerciales del material neumático al férreo tienden a ser más señaladas, por ejemplo para interestaciones de 800 m el equipo neumático alcanzaría 36 km/h y el equipo férreo 33 Km/h.

- **Rendimiento energético.**- No obstante que las mayores aceleraciones y desaceleraciones para marchas tipo con interestaciones menores a 1 Km demandan mayor consumo neto de energía eléctrica para el neumático (10% más), al relacionar éste con la mayor capacidad de transporte para el neumático (11% más), se tiene un rendimiento energético 1% más alto para la tecnología neumática.

- **Potencial de innovación y desarrollo tecnológico en el país.**- Dado que las estructuras metálicas, el mobiliario y los accesorios de las carrocerías de los trenes, incluyendo las puertas y sus equipos y mecanismos, así como los equipos de tracción - frenado, de conversión de energía eléctrica, de aire comprimido y de control son básicamente los mismos para los dos tipos de tecnologías, y debido a que ambas han sido desarrolladas bajo las normas internacionales de fabricación de equipo ferroviario, puede asegurarse que las posibilidades de innovación y desarrollo tecnológico para estos componentes, a nivel operativo, de fabricación y de proveedores, son similares en ambas tecnologías. El mismo razonamiento se aplica a los bogies en lo correspondiente a bastidor, suspensión y motores eléctricos. Sin embargo, dentro de los mismos bogies, existen elementos de tecnología diferente que se refieren a la transmisión de fuerza tractiva (diferenciales o reductores), a los sistemas de freno neumático (zapatas-rueda de seguridad o balatas-disco) y a las ruedas (neumáticos o ruedas de acero) Por ello, puede establecerse que las posibilidades de innovación y desarrollo tecnológico en los bogies sólo difieren en cuanto a los elementos mencionados, que representan menos del 10% del valor de un tren. Por lo que, al ser los elementos de los bogies de los trenes férreos más comunes en el mercado internacional, estos tendrían un mayor potencial de innovación y desarrollo tecnológico en el país.

- **Facilidades de abastecimiento de refacciones para trenes** - Igual que en el punto anterior, a nivel de las estructuras metálicas, mobiliario y accesorios de carrocerías, de las puertas con sus equipos y mecanismos, así como de equipos de tracción - frenado, de conversión de energía eléctrica, de aire comprimido y de control, las facilidades de abastecimiento de refacciones son las mismas para ambas tecnologías, e igualmente a nivel de bastidor y suspensión de bogies, incluyendo motores eléctricos de tracción. La diferencia está en los mismos bogies, a nivel de la transmisión del sistema de freno neumático y de las ruedas. Esta diferencia impacta positivamente al equipo férreo, debido a que sus elementos son de fabricación común para un gran número de sistemas de Metro y ferroviarios. Por lo que los trenes férreos tendrían un mayor potencial de abastecimiento de refacciones en alrededor de 10% del costo total de los trenes.

- **Facilidades de mantenimiento para trenes.**- En este caso, también las facilidades de mantenimiento son similares en ambas tecnologías a nivel de las estructuras metálicas, mobiliario y accesorios de carrocerías, de las puertas con sus equipos y mecanismos, y de los equipos de tracción - frenado, de conversión de energía eléctrica, de aire comprimido y de control, así como de bastidor y suspensión, incluyendo motores eléctricos de tracción, Aquí también la diferencia está en los bogies, a nivel de la transmisión y de los sistemas de freno neumático, que favorece al equipo férreo, dado que en general estos elementos son de mantenimiento más fácil en trenes de rodada férrea.

Sin embargo, en cuanto a ruedas, la diferencia se revierte contra la tecnología férrea, ya que es más sencillo cambiar neumáticos (operación de 4 días hábiles por tren y cada 255.000 km) que reperfilar ruedas de acero, pues para esto es necesario contar con un torno especializado con operadores calificados. El reperfilado de las ruedas de acero de un tren toma 12 días hábiles por



tren y se realiza cada 65,000 kilómetros. Eso significa 10.2 veces más trabajo en trenes de rodadura férrea.

- **Facilidades de abastecimiento de refacciones para vías.-** Las refacciones de vía para ambas tecnologías, como rieles; tercer riel para alimentación eléctrica, barras guía, pistas de rodamiento y durmientes, así como sus accesorios de fijación, son de relativa fácil adquisición en los mercados ferroviarios internacionales, incluso en algunos casos en los mercados nacionales; no así las que corresponden a los aparatos de vía para trenes neumáticos, que son más complejos y por tanto más difíciles de conseguir (a nivel mundial se conocen sólo dos fabricantes de aparatos de vía para trenes neumáticos, aunque el impedimento para su fabricación no es la tecnología sino los reducidos volúmenes que no la hacen atractiva). Por esta razón, las facilidades de abastecimiento de refacciones para vías de trenes con rodada de acero presentan ciertas ventajas respecto al abasto de refacciones para vías de trenes con rodada neumática.

- **Facilidades de mantenimiento de vías.-** El mantenimiento de vías para trenes con rodada neumática presenta ventajas respecto a lo que corresponde a vías para trenes con rodada férrea, por las siguientes razones:

- **Conservación de vía.** Este rubro incluye básicamente la realineación y la renivelación de la vía. En el caso de la vía neumática, ésta admite deformaciones que no ponen en riesgo al material rodante ya que se tienen tolerancias amplias de alineación, nivelación y alabeo, permitiendo que los neumáticos se adapten con facilidad a especificaciones más bajas que las establecidas para vías férreas; en cambio para mantener la seguridad en una vía férrea sólo se aceptan alabeos máximos de 0.5 mm/m, ya que los conjuntos de ruedas son más rígidos y, al excederse esta tolerancia, puede ocasionarse que alguna de las ruedas pierda contacto con el riel.

- **Aparatos de vía.** A pesar de que los aparatos de vía para trenes con rodada neumática son mucho más complicados, al existir una mínima fricción entre los neumáticos y éstos se reduce considerablemente el desgaste de agujas y rieles. En el caso de la rodada de acero el desgaste es mayor, por lo que se requiere una lubricación constante y adecuada tanto en rieles como en cajas de ruedas. Sin embargo, si por descuidos en el mantenimiento ésta lubricación es excesiva, se corre el riesgo de extender el lubricante a la superficie de rodamiento de la rueda y al riel, provocando deslizamientos del tren que comprometen la seguridad al no frenar en las distancias debidas. También, si la lubricación es deficiente se produce un mayor desgaste de la vía en curvas, en aparatos de vía y en cajas de ruedas de acero, que implica reperfilados mas frecuentes.

- **Riel y pista.-** En el caso de los trenes neumáticos el desgaste de la pista de rodamiento es casi nulo dado que el neumático es menos abrasivo a la misma, pues en 38 años de servicio éstas solo han tenido que cambiarse en la parte superficial de Línea\_ 2 para evitar patinajes y deslizamientos en tiempos de lluvia, y en algunos tramos de Línea 1 por corrosión debida a excesiva humedad y no por fin de vida útil. Para la rueda de acero, aunque la fricción entre ésta y el riel es menor, la mayor abrasión provoca desgastes importantes que conllevan el cambio de tramos de riel completos en tiempos más cortos que para la rodada neumática. También, la diferencia de peso entre del riel normal del sistema de vía férrea (115 lb/yd) y el del riel seguridad de la vía neumática (80 lb/yd), incrementa directamente el costo del primero (40%), mientras su vida útil, por la mayor frecuencia de uso, se reduce respecto a la del segundo.

- **Alimentación eléctrica para tracción 19.-** En este aspecto, el mantenimiento del tercer riel para alimentar los trenes con rueda de acero es más sencillo que lo que corresponde a trenes con rodada neumática, dado que para los trenes férreos se requiere sólo una barra conductora de corriente que prácticamente no está sujeta a esfuerzos, mientras que en los trenes neumáticos se requieren 2 barras que, además, sirven para guiar los trenes y están sometidas a esfuerzos importantes.



### Facilidades de mantenimiento para instalaciones fijas:

- **Equipos mecánicos.**- Los equipos mecánicos de las instalaciones fijas, que son necesarios en la operación y el control de los trenes, son similares para ambas tecnologías, por lo que en los dos casos se tiene la misma facilidad de mantenimiento, excepto en lo que concierne, en trenes con rueda de acero, al mantenimiento y conservación de los lubricadores automáticos de pestañas y de vías que, como antes se dijo, no se tienen en trenes y vías de rodada neumática.
- **Equipos eléctricos.**- Siendo similares los equipos eléctricos de las instalaciones fijas para la operación y control de los dos tipos de trenes, tanto neumáticos como férreos, en este caso no existen ventajas de unos respecto a los otros y las facilidades de mantenimiento son iguales para ambas tecnologías.
- **Equipos electrónicos.**- También en este caso, los equipos electrónicos de las instalaciones fijas para operación y control son similares, tanto en trenes neumáticos como en trenes férreos, por lo que no existen ventajas de uno sobre el otro y las facilidades de mantenimiento son las mismas en ambas tecnologías.
- **Seguridad en la operación.**- La seguridad en la operación de los trenes depende principalmente de los siguientes aspectos:
  - **Guiado de tren.**- El sistema de guiado de trenes con rodada neumática en vías principales elimina la posibilidad de descarrilamientos, dado que los conjuntos de ruedas guía de los bogies se apoyan a ambos lados sobre barras guía altas y robustas; por el contrario, el guiado en la vía para rodada férrea depende del contacto de las cejas de las ruedas de acero, más reducidas, que obliga a estrictas y continuas operaciones de alineación y nivelación de rieles, y de la correcta localización de contrarrieles de seguridad en zonas de curvas. Sin embargo, en el caso de la vía férrea, el correcto mantenimiento de las vías, la construcción de un murete entre las vías de ambos sentidos y la disposición de contrarrieles en curvas ofrecerían una seguridad prácticamente comparable entre las dos tecnologías.
  - **Tolerancia a sismos.**- Ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, no obstante que ambos tipos de vía estarían expuestas a deformaciones, las correspondientes al tren de rodada férrea son más vulnerables debido a su constitución más elástica y a las tolerancias más estrictas requeridas para proporcionar la seguridad en la operación. Después de un evento de este tipo, las vías para tren de rodada férrea requieren de una inspección más minuciosa y constante antes de reiniciar el servicio.
  - **Tolerancia a hundimientos diferenciales.**- Aún cuando la construcción subterránea con Muros Milán a Cielo Abierto de la Línea 12 reducirá importantemente el efecto de estos fenómenos, dado que su trazo pasará en su mayor parte por terrenos inestables con asentamientos diferenciales de suelo, en el caso del sistema de vías para trenes férreos será obligado el continuo mantenimiento de vías bajo estrictos programas de alineación y nivelación, a diferencia de lo requerido para trenes con rodada neumática.

Por lo anterior, no obstante que por el procedimiento constructivo de la Línea 12 se prevé una baja probabilidad de eventos catastróficos provocados por sismos o movimientos del subsuelo, la sensibilidad de ambas tecnologías frente a estos podrá ser similar siempre que se toman en cuenta las medidas estrictas de diseño y construcción y, en todo caso, se dé fiel cumplimiento y se tenga estricto control de los programas y procedimientos de mantenimiento como base de la seguridad en la operación y el control de los trenes.



Otras consideraciones sobre la seguridad en la operación y el mantenimiento de los trenes son:

- **Frenado de Urgencia / Arrollados.**- Los trenes con rodada neumática alcanzan desaceleraciones máximas en frenado de urgencia de 2.0 m/s<sup>2</sup>, mientras en los trenes con rueda de acero es 1.27 m/s<sup>2</sup> (ambos a 4/4 de carga), por ello, en caso de caer personas a las vías o presentarse incidentes intempestivos, el tren de rodada neumática tiene mayor posibilidad de detenerse antes de llegar al punto crítico, (70 m vs. 110 m del férreo, ambos a 60 km/h), por lo que en este sentido los trenes con rodada neumática tienen menores probabilidades de accidente.
- **Riesgo eléctrico en vías 20.**- Con frecuencia personal de mantenimiento debe recorrer las vías a pie en que se interrumpa la circulación de trenes, por lo que, cuando un tren se acerca, este debe moverse con rapidez al nicho de seguridad, obligándose a saltar las barras guía o el tercer riel (con corriente eléctrica de 750 V). Por ello, en las vías para rueda de acero con tercer riel, el personal sólo brinca la mitad de las barras o rieles energizados, siendo más riesgoso las vías para trenes con ruedas neumáticas.
- **Disponibilidad de trenes.**- Si para Línea 12 se consideraran trenes con rodada neumática, la operación del primer tramo podría contar con un parque de 20 trenes neumáticos NC- 82, retirados de Línea 2 al entrar en servicio los nuevos trenes NM-02. Esta ventaja no existirá en el caso de trenes con rodada de acero, ya que los trenes existentes no podrían operar en Línea 12 (los de Línea "A" de rodada de acero cuentan con un sistema pantógrafo - catenaria que, en principio, no tendrá la Línea 12).
- **Facilidad de traslado de trenes para mantenimiento mayor.**- En tanto los talleres Ticomán y Zaragoza permiten dar mantenimiento mayor a trenes neumáticos; el de La Paz para los trenes férreos de Línea "A" no cuenta con instalaciones adecuadas, por lo que la realización ahí de tales operaciones sería con serios inconvenientes y, si fuese necesario llevar los trenes al Taller Zaragoza, también sería con grandes dificultades. En su caso, los trenes férreos de Línea 12 tendrían problemas para ser llevados a cualquiera de los talleres actuales por las líneas existentes, ya que tendría que modificarse su sistema de captación de corriente y, aun así, su traslado sólo podría realizarse de noche, a baja velocidad y sin pilotaje automático por no ser compatible. Por ello, sería indispensable considerar la construcción de instalaciones de mantenimiento mayor en el Taller Tláhuac.

Dada la compatibilidad de la rodada neumática con gran parte de la red, en su caso, su traslado a los talleres de mantenimiento de Ticomán o Zaragoza se facilitaría.

Por su parte, el reperfilado de ruedas de acero de los trenes férreos de la Línea 12 sólo podría realizarse en los talleres La Paz, donde existe el torno rodero, lo que complicaría su traslado, ya que la Línea "A" cuenta con catenaria para la alimentación de corriente de tracción, por lo que los trenes de línea 12 tendrían que dotarse de pantógrafos (se requeriría trasladar 2 trenes/semana con la consiguiente afectación de trabajos de mantenimiento en las Líneas 8, 1 y "A" por las que transitaría).

La mejor solución, en caso de que los trenes de Línea 12 fueran de ruedas de acero, sería dotar al taller Tláhuac con instalaciones adecuadas para efectuar trabajos de mantenimiento mayor, incluyendo el torna rodero para perfilado de ruedas de acero.

**Regulación y control de la operación:**



- **Regulación (recuperación de retardos).**- La recuperación de retrasos en la operación de las líneas es un proceso obligado y frecuente, que se lleva a cabo al ordenarse operar con marchas aceleradas o sobre aceleradas. Al ser menores la aceleración y el frenado de los trenes férreos que en los trenes neumáticos, la recuperación de retrasos en la Línea 12 sería menos eficaz al utilizarse los primeros.
- **Señalización.**- Ya que la señalización para operar ambos tipos de trenes es la misma, las facilidades para control de circulación de trenes serían similares.
- **Pilotaje automático.**- También en este caso, los equipos de pilotaje automático en ambos tipos de trenes pueden ser los mismos, por lo que las facilidades para llevar al cabo el control de la marcha de los trenes serían similares.

#### Impacto Ambiental:

- **Desechos de ruedas.**- Mientras que el STC desecha al año alrededor de 10,000 ruedas neumáticas portadoras y 5.000 ruedas neumáticas de guiado, que son de difícil reciclaje, las ruedas de acero de sus trenes férreos son totalmente reciclables al final de su vida útil, por lo que se puede decir que la tecnología de trenes con ruedas neumáticas provoca un mucho mayor impacto ambiental.
- **Aceites y lubricantes.**- El volumen de aceites y lubricantes requerido por los elementos mecánicos de los trenes de rodada neumática es un poco mayor que el requerido por trenes con rodada de acero, lo que significa que los trenes con rodada neumática tienen un ligero mayor impacto ambiental que los últimos.
- **Ruido.**- La tecnología para disminuir el ruido en trenes con ruedas de acero actualmente ha avanzado, de manera tal que se considera que su baja intensidad es comparable a la generada por trenes con rodada neumática.
- **Vibraciones.**- Al respecto la tecnología para reducir el ruido de baja frecuencia de las ruedas de acero no ha logrado eliminar la transmisión de vibraciones al suelo y las construcciones contiguas, por lo que el impacto ambiental provocado por este tipo de ruido es inferior en los trenes con ruedas neumáticas.

A fin de evaluar los razonamientos conceptuales y analíticos anteriores hechos por los participantes de las áreas involucradas, se diseñó una tabla en la que se asignó a cada concepto un valor de 0 a 1 y, a cada grupo de conceptos un valor cuya suma es 100, definiéndose así el peso específico de los conceptos y sus grupos, para lo cual los participantes discutieron ampliamente las respectivas asignaciones. Enseguida se presenta dicha tabla con los resultados de evaluación obtenidos.

Cuadro No. 10

SISTEMAS Y SUBSISTEMAS		Peso %	Val. Max	Calificación Neumático	Calificación Ferreo	Res. Neum	Res. Ferreo
Operación	Capacidad de Transporte	0.5	4.25	0.8	0.7	1.70	1.49
	Velocidad Comercial	0.5		0.8	0.75	1.70	1.49
Rendimiento Energetico	Resistencia al avance y Numero de trenes	1	5.313	0.8	0.7	4.25	3.72
Potencial de Innovación y desarrollo tecnologico STC	Trenes sin considerar bogies	0.5	6.667	0.5	0.5	1.67	1.67
	Bogies sin considerar Ruedas Ruedas	0.3		0.4	0.4	0.80	0.80
		0.2		0.6	0.8	0.80	1.07



Facilidades de Mantenimiento de refacciones para trenes	Cajas	0.2	6.667	0.8	0.8	1.07	1.07
	Traccion - Frenado	0.25		0.6	0.6	1.00	1.00
	Convertidores y Compresores	0.2		0.6	0.6	0.80	0.80
	Puertas	0.1		0.6	0.6	0.40	0.40
	Bogies	0.25				0.81	0.94
	Bastidor	0.2		0.5	0.5	0.17	0.17
	Suspensión	0.12		0.5	0.5	0.10	0.10
	Ruedas	0.08		0.4	0.7	0.05	0.09
	Transmisión	0.12		0.4	0.7	0.08	0.14
	Motores	0.4		0.5	0.5	0.33	0.33
Frenos Neumaticos	0.08	0.6	0.8	0.08	0.11		

Facilidad de mantenimiento para trenes	Cajas	0.2	6.375	0.8	0.8	1.02	1.02
	Traccion - Frenado	0.25		0.6	0.6	0.96	0.96
	Convertidores y Compresores	0.2		0.6	0.6	0.77	0.77
	Puertas	0.1		0.6	0.6	0.38	0.38
	Bogies	0.25				5.17	4.83
	Bastidor	0.05		0.5	0.5	0.04	0.04
	Suspensión	0.03		0.5	0.5	0.02	0.02
	Ruedas	0.02		0.6	0.4	0.02	0.01
	Transmisión	0.03		0.4	0.6	0.02	0.03
	Motores	0.1		0.5	0.5	0.08	0.08
Frenos Neumaticos	0.02	0.6	0.4	0.02	0.01		

Facilidades de Abastecimiento de refacciones para vías	Conservación de Via	0.2	6.667	0.8	0.8	1.07	1.07
	Alimentación - Tracción	0.2		0.8	0.8	1.07	1.07
	Aparato de via	0.4		0.4	0.8	1.07	2.13
	Riel y Pista	0.2		0.8	0.8	1.07	1.07
Facilidad de mantenimiento para vías	Conservación de Via	0.5	6.375	1	0.4	3.19	1.28
	Alimentación - Tracción	0.15		0.8	1	0.77	0.96
	Aparato de via	0.2		0.8	0.4	1.02	0.51
	Riel y Pista	0.15		0.8	0.6	0.77	0.57

Facilidades de mantenimiento para instalaciones fijas	Equipos Mecanicos	0.4	6.375	0.7	0.6	1.79	1.53
	Equipos electricos	0.3		0.7	0.7	1.34	1.34
	Equipos electronicos	0.3		0.7	0.7	1.34	1.34
Seguridad en la Operación	Guiado de Tren	0.4	25	1	0.8	10.00	8.00
	Tolerancia a sismos	0.1		1	0.7	2.50	1.75
	Tolerancia a los hundimientos direfenciales	0.3		1	0.8	7.70	6.00
	Frenado de urgencia arrollados	0.1		0.9	0.6	2.25	1.50
	Riesgo electrico en vías	0.1		0.6	0.9	1.50	2.25

Disponibilidad de Trenes	Nuevos (3)	1	4.25	1	1	4.25	4.25
Facilidad de Traslado para mantenimiento mayor	La Paz ó Ticoman	1	2.125	0.8	0.6	1.70	1.28



Regulación y Control de la Operación	Regulación (Recuperación de Retardos)	0.333		0.9	0.8	2.23	1.98
	Señalización	0.333	7.438	1	1	2.48	2.48
	Pilotaje Automático	0.333		1	1	2.48	2.48
Impacto Ambiental	Desechos de ruedas	0.7		0.1	0.9	0.88	7.88
	Aceites Lubricantes	0.1	12.5	0.7	0.8	0.88	1.00
	Ruido	0.1		0.8	0.8	1.00	1.00
	Vibraciones	0.1		0.9	0.6	1.13	0.75
			100			79.58	79.11

Habiéndose tomado en cuenta las características generales de la futura Línea 12 y discutido ampliamente por los participantes cada concepto característico de las dos tecnologías, lo cual quedó registrado en el resultado de la tabla de evaluación técnica del punto anterior, que arroja prácticamente la misma calificación para ambos casos, puede asegurarse que tanto la tecnología de trenes con ruedas neumáticas como la de trenes con ruedas de acero son técnicamente solventes para ser consideradas en la explotación de la Línea 12, con altos niveles de seguridad, fiabilidad, mantenibilidad y operatividad. Sin embargo, considerando los análisis financieros efectuados al respecto, que indican:

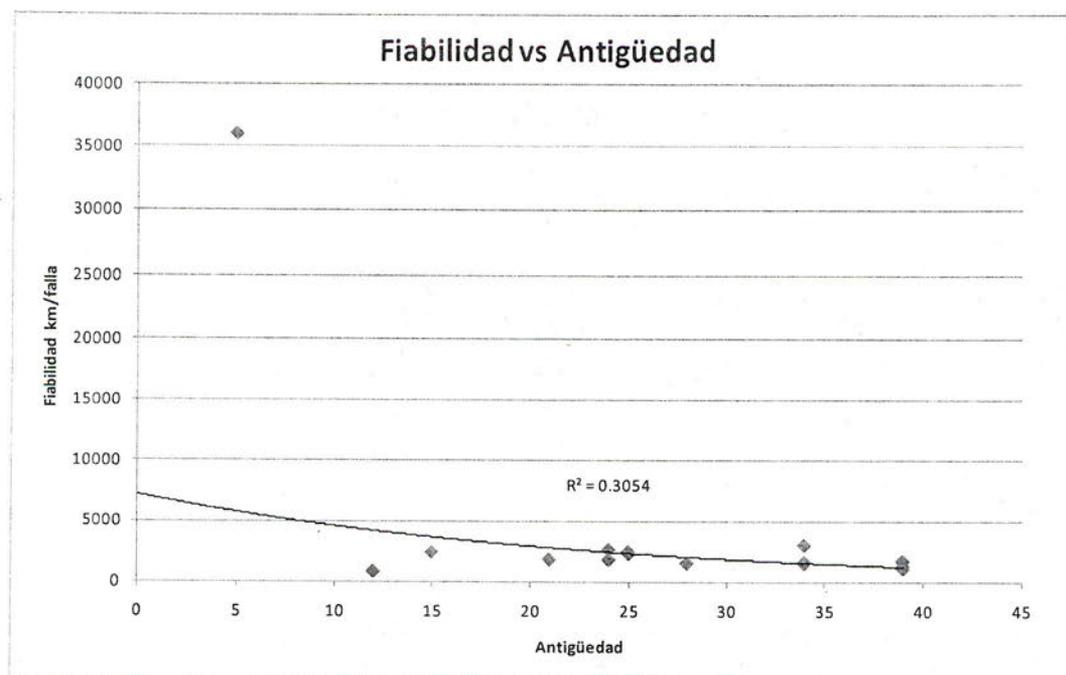
- Una inversión en obra civil, obra electromecánica y material rodante, superior en 0.7% para el caso de la tecnología neumática;

En relación con el resto de las Líneas del STC se observa en el Cuadro No 16 en materia de antigüedad, fiabilidad y fallas de trenes lo siguiente:

Cuadro No. 11

Año	Antigüedad	No Trenes	Fiabilidad km/falla	Falla Por Tren
1968	39	26	1,129	43.42
1968	39	4	1,662	415.50
1968	39	28	1,315	46.96
1973	34	11	1,581	143.73
1973	34	24	1,483	61.79
1973	34	10	2,982	298.20
1979	28	58	1,500	25.86
1982	25	20	2,275	113.75
1982	25	25	2,464	98.56
1983	24	30	1,799	59.97
1983	24	25	2,611	104.44
1986	21	20	1,795	89.75
1992	15	16	2,373	148.31
1995	12	13	839	64.54
2002	5	45	36,022	800.49

Cuadro No. 12 Fiabilidad vs Antigüedad



## Estimación de Oferta y Demanda

### Oferta

Para estimar el nivel de servicios durante el horizonte de planeación, se realizó un análisis de capacidades que se muestra en el siguiente Cuadro

Cuadro No. 13

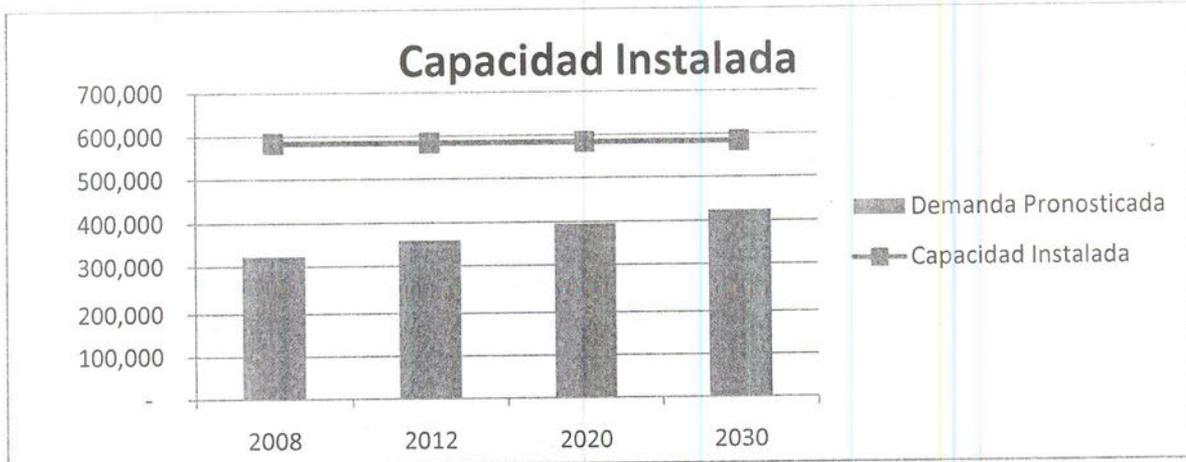
Capacidad de carga del material rodante	
Número. mínimo de plazas por carro para usuarios sentados	38
Número mínimo de plazas con carga nominal (6 personas/m <sup>2</sup> ) por carro para usuarios de pie	168
Sobrecarga excepcional	10 personas/m <sup>2</sup>
Peso promedio por pasajero	70 kg
Máxima carga por eje	15 Ton

Asimismo, para cubrir la demanda se estimaron los siguientes requerimientos de capacidades de acuerdo con los siguientes parámetros del proyecto:

- 23.9 Kilómetros de Línea.
- 20 Estaciones.
- Cada Tren con una capacidad máxima instalada para transportar a 19,467 de pasajeros al día como capacidad máxima.
- 30 Trenes a capacidad máxima que permiten transportar a 584,010 pasajeros al día.
- Áreas de estacionamiento para bicicletas.
- Ciclovías a lo largo de la ruta.



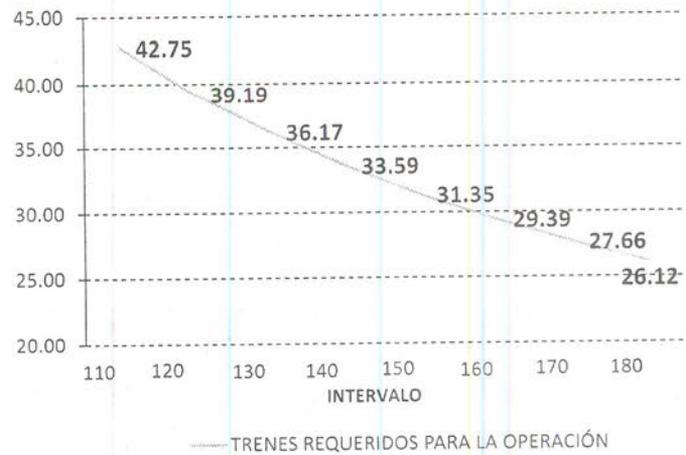
Cuadro No. 14 Capacidad Instalada



Cuadro No. 15 Estimación de Trenes

### ESTIMACIÓN DE TRENES EN FUNCIÓN DEL INTERVALO REQUERIDOS PARA LA LÍNEA 12

INTERVALO (SEG)	TRENES REQUERIDOS PARA LA OPERACIÓN
110	42.75
120	39.19
130	36.17
140	33.59
150	31.35
160	29.39
170	27.66
180	26.12



$$\text{TIEMPO DE RECORRIDO DE LA VUELTA} = \frac{\text{DIST. DE VUELTA COMPLETA INCLUYENDO MANIOBRAS}}{\text{VELOCIDAD COMERCIAL}}$$

$$\text{Nº DE TRENES REQUERIDOS EN OPERACIÓN} = \frac{\text{TIEMPO DE RECORRIDO DE LA VUELTA}}{\text{INTERVALO}}$$



## Demanda

La demanda esperada en la línea 12 del Metro se estimó como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 16

Año	Demanda Estimada
2008	324,197
2009	332,865
2010	341,765
2011	350,904
2012	360,286
2013	364,486
2014	368,734
2015	373,032
2016	377,380
2017	381,779
2018	386,229
2019	390,732
2020	395,286
2021	398,127
2022	400,988
2023	403,870
2024	406,773
2025	409,697
2026	412,641
2027	415,607
2028	418,594
2029	421,603
2030	424,633

La demanda estimada es de 360,286 para el 2012 y de 424,633 para el 2030 en el número de pasajeros diarios en día laborable, con lo cual la Línea 12 pasará a ocupar el cuarto lugar de la Red de Metro, misma que podrá alcanzar un mayor crecimiento con el ordenamiento del transporte colectivo y la redistribución de viajes locales y regionales.

Los estudios y análisis realizados previamente son:

- Estudio de prefactibilidad de Línea 12 (2000-2002)
- Estudio para proyecto de Metrobús en los corredores: Tláhuac-Tasqueña y Santa Martha-Mixcoac (Eje 8 Sur) 2002-2004.
- Análisis de sensibilidad de la demanda con el EMME/2 (2007)



- Encuesta de origen y destino 1994.
- Encuesta de movilidad a 475,000 usuarios en la Red (2007)
- Encuesta de aceptación organizadas en el presente año, por los jefes delegacionales.
- Consulta Verde, con una participación mayor a las 1,033,000 personas.
- Actualización del Estudio de Demanda para la Línea 12 Tláhuac – Mixcoac.

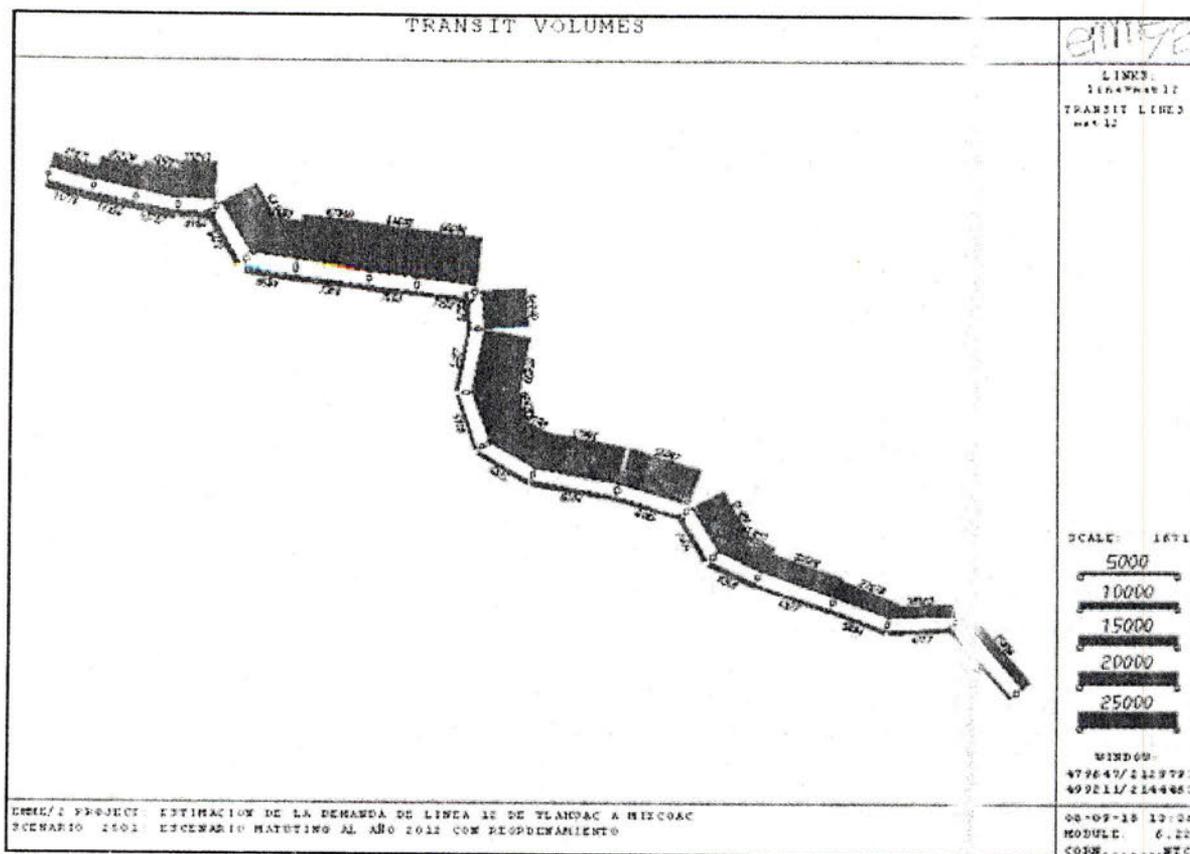
Cuadro No. 17 Aforo Proyectado

Horizonte	2012
Pasajeros que ingresarían en el período matutino de 6 a 9	127,655
Pasajeros que ingresarían por día ambos sentidos	360,309
Tramo más cargado sentido ote.-pte. en el período matutino de 6 a 9	67,809
Tramo más cargado sentido pte.-ote. en el período matutino de 6 a 9	11,779

Nota: la afluencia está calculada en día laborable, con reordenamiento de transporte de superficie.



Cuadro No. 18 Imagen obtenida mediante el Modelo de Simulación del Transporte Emme/2:





Como hemos ya comentado, la construcción de la Línea 12 del metro es un proyecto que ya está en marcha. No tendría utilidad toda la inversión ya realizada, si no se cuenta con los trenes para esta línea, al ser un componente fundamental del proyecto.

De ahí la necesidad de contar con Lote de trenes, con un funcionamiento óptimo a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los siguientes puntos.

- Características de los trenes.
- Partes y refacciones
- Soporte y Mantenimiento

La inversión inicial necesaria para poner a disposición el lote de 30 trenes, listos para su operación, asciende a \$7,365 millones de pesos (MDP) y los costos por concepto de mantenimientos preventivos y correctivos, ascienden a \$2,060 millones de pesos (MDP) a lo largo de 22 años de operación del proyecto.

En caso de que no se realizara el proyecto en su modalidad PPS de trenes férreos para la Línea 12 el STC se enfrentaría a un escenario de recursos limitados, como ha sido la tendencia histórica en los últimos años. En ese escenario, el STC se vería en la necesidad de o bien acortar el alcance del proyecto, reduciendo el tamaño de la obra y por tanto el número de trenes, y limitando los niveles de mantenimiento, o bien acceder a otras fuentes de financiamiento.

Cabe aclarar que manteniendo las características actuales del proyecto, en cuanto a su alcance, si no se cuenta con los 30 trenes resultaría lo siguiente:

- Gran parte de la inversión en construcción realizada por medio de la licitación pública internacional, número 30001140-001-08, para la construcción de la línea 12 Tláhuac – Mixcoac del STC por un monto de \$ 15,290 de pesos (MDP), hubiera resultado ocioso.
- Se tendría un gasto de enormes dimensiones para el mantenimiento y seguridad de las instalaciones e infraestructura de la línea 12 Tláhuac – Mixcoac del sistema de transporte colectivo (Metro), sin ningún beneficio para la los habitantes de la Ciudad de México.
- Riesgo de manifestaciones populares por inconformidad debido al incumplimiento de los compromisos de contar con la Línea 12. Estas manifestaciones estarían justificadas en el gasto de los recursos para la nueva línea del metro así como las afectaciones temporales para la construcción del mismo sin algún resultado.

**Para solucionar la problemática descrita existen diferentes alternativas:**

- Destinar inversión pública presupuestaria (Proyecto de Referencia).- Esta opción se enfrenta al problema de que existe una gran cantidad de necesidades sociales que requieren de recursos, los cuales son limitados.
- Por otra parte, los presupuestos de mantenimiento disponibles han representado en los últimos años tan solo una parte de lo requerido para mantener en su nivel óptimo la calidad del servicio
- Participación de la Iniciativa Privada a través del esquema PPS. El PPS constituye una alternativa viable para estar en condiciones de ofrecer el servicio de transporte público de



pasajeros desde el punto de vista de dar un servicio de calidad al usuario mediante la contratación y pago a un inversionista privado que se encargue de proporcionarlo. Para aplicar este esquema es necesario asegurar que su realización sea factible desde las perspectivas técnica, financiera y legal, que es precisamente para lo que se ha elaborado este documento.

De acuerdo con la problemática señalada, la demanda de servicios para mantener el material rodante en condiciones óptimas de operación nos lleva a concluir que el proyecto de PPS resulta en una mejor iniciativa ya que obliga al prestador de servicios brindar Servicios de Mantenimiento adecuados evitando con esto la afectación al desempeño y calidad del servicio del Metro



### iii. Descripción del Proyecto de Referencia

#### a) Metas de Provisión de Servicio Públicos

El servicio público de transporte de pasajeros del STC constituye la columna vertebral de la red de transporte de pasajeros del Distrito Federal, y también de una buena parte de municipios conurbados del Estado de México.

Por la importancia que reviste la red del STC en relación al número de usuarios que la utiliza y por la complejidad de los sistemas involucrados en su operación, resulta muy relevante que las condiciones en que se presta el servicio cumplan con altos estándares de calidad.

Para el caso de la Línea 12, en el logro de los estándares de calidad esperados, intervienen distintos factores críticos muchos de ellos asociados con el tema del desempeño de los trenes.

Los trenes son el principal componente del sistema asociado directamente con la prestación del servicio, por tanto, el que éstos se encuentren en óptimas condiciones redundará en la calidad del servicio.

La meta esperada en términos de servicio se asocia directamente con la disponibilidad y la disponibilidad a su vez depende en gran medida de la fiabilidad de los trenes.

Cuadro No. 19 Metas de provisión de servicios

Concepto	Parámetro
Disponibilidad del polígono de Trenes	30 trenes disponibles en horario de operación
Disponibilidad Promedio del Lote de Trenes en Operación	97.50%
Fiabilidad Mínima (Km/falla)	5,162
Fiabilidad Esperada (Km/falla)	10,324
Nivel Máximo de Afectación al Servicio (evento por mes tren)	1
Nivel de Referencia de Afectación al Servicio (evento por mes tren)	2
Mantenimiento Sistemático	Propuesto por el Proveedor de Servicios y supervisado por el STC
Mantenimiento Mayor	Propuesto por el Proveedor de Servicios y supervisado por el STC

El primer término de las metas de provisión de servicios, se asocia con la existencia de un lote de trenes en número suficiente y disponible para su uso en los horarios en que el sistema presta servicio.

Para el caso que nos ocupa este lote se conforma de 30 trenes pues existe una relación directa entre el número de trenes en servicio, los tiempos de espera y la capacidad de atención a la demanda.



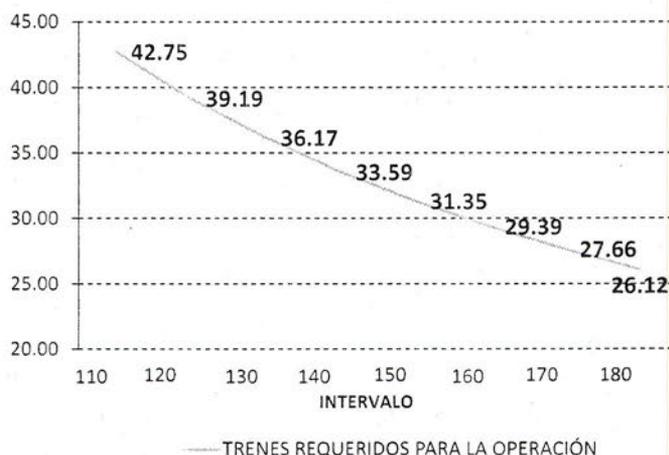
La medición del desempeño supone siempre que se cuenta con un lote completo de trenes.

El número de trenes en el lote que contempla el proyecto es de 30 trenes. Con este número de trenes se garantiza un tiempo mínimo aceptable de espera entre un tren y otro, de acuerdo con el siguiente cuadro:

Cuadro No. 20

### ESTIMACIÓN DE TRENES EN FUNCIÓN DEL INTERVALO REQUERIDOS PARA LA LÍNEA 12

INTERVALO (SEG)	TRENES REQUERIDOS PARA LA OPERACIÓN
110	42.75
120	39.19
130	36.17
140	33.59
150	31.35
160	29.39
170	27.66
180	26.12



$$\text{TIEMPO DE RECORRIDO DE LA VUELTA} = \frac{\text{DIST. DE VUELTA COMPLETA INCLUYENDO MANIOBRAS}}{\text{VELOCIDAD COMERCIAL}}$$

$$\text{Nº DE TRENES REQUERIDOS EN OPERACIÓN} = \frac{\text{TIEMPO DE RECORRIDO DE LA VUELTA}}{\text{INTERVALO}}$$

Por tanto el primer criterio de medición es la disposición del lote completo de trenes, ya que en la medida en que dicho número se reduce, los tiempos de espera de los usuarios comienzan a incrementarse.

El segundo componente de las metas de provisión de servicio se refiere a porcentaje de disponibilidad que hay de los trenes, respecto del tiempo total del horario de servicio.

Para el caso se presenta la tabla con los parámetros que se van a medir en cada uno de los componentes de servicio esperados, en el PR

A continuación se reproduce el contenido del modelo de contrato en lo referente a los servicios que deben prestarse para cumplir con los objetivos del STC.



El objeto del presente Contrato es la prestación de servicios (en lo sucesivo los "Servicios") consistentes en: (A) poner a disposición del STC, a partir de la Fecha de Entrega de Cada Tren y hasta el término de la Vigencia del Contrato, un Lote de 30 Trenes nuevos de rodadura férrea que reúnan los lineamientos establecidos en las Especificaciones y Requerimientos Técnicos que se adjuntan al presente Contrato como Anexo \_\_, y en su caso de la Solución Técnica que se adjunta al presente Contrato como Anexo \_\_ a fin de que dichos Trenes se encuentren en todo momento En Condiciones para su Operación y puedan por tanto circular en la Línea 12 "Tláhuac-Mixcoac" de la Red del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México para la prestación por parte del STC del servicio de transporte público de personas, durante el Horario de Operación; (B) realizar todas las actividades que se requieran o resulten necesarias para que el Lote de Trenes cumpla en todo momento durante el Plazo de los Servicios, con los Niveles de Calidad en el Servicio y con todos y cada uno de los lineamientos establecidos en las Especificaciones y Requerimientos Técnicos y en la Solución Técnica; (C) realizar las actividades que se requieran o resulten necesarias para conservar y mantener durante toda la Vigencia del Contrato, en Óptimo Estado de Mantenimiento y Operación, el Lote de Trenes; (D) mantener al STC oportuna y plenamente informado sobre las Condiciones Operativas de cada uno de los Trenes que integran el Lote de Trenes; (E) proporcionar capacitación al Personal Designado por el STC en términos de lo dispuesto por el presente Contrato para lograr una transferencia efectiva del conocimiento tecnológico sobre los aspectos de diseño y fabricación, así como del Mantenimiento Integral y operación, del Material Rodante; y (F) elaborar y diseñar el software para el Sistema de Gestión de Mantenimiento y para la Base de Datos del Sistema de Gestión de Mantenimiento de la Línea 12 y los Expedientes Electrónicos con base en los requerimientos del STC, o, en caso de que ya exista algún software que pueda ser utilizado o adaptado para el Sistema de Gestión de Mantenimiento y los Expedientes Electrónicos requeridos por STC, transmitir al STC las licencias de uso y autorizaciones que se requieran en materia de uso del software correspondiente en cumplimiento de lo previsto en la Cláusula \_\_ de este Contrato.



La identificación de los elementos del servicio que presta un tren es fundamental para su posterior cuantificación y valoración.

Estos elementos de servicio se señalan a continuación.

- Cuando el tren se encuentra en tiempo de operación.
  - Disponibilidad en número suficiente para cubrir un polígono
  - Disponibilidad oportuna cuando es requerido el servicio.
  - Disponibilidad del servicio aún y cuando se reporten fallas.
- Cuando el tren se encuentra en fuera de servicio.
  - Detección oportuna de fallas
  - Atención efectiva de fallas
  - Mantenimiento oportuno y suficiente
- Cuando el tren se reporta como fuera de servicio durante el tiempo de operación.

La construcción de la Línea 12 del metro es un proyecto que ya está en marcha. No tendría utilidad toda la inversión ya realizada, si no se cuenta con los trenes para esta línea, al ser un componente fundamental del proyecto. De ahí la necesidad de contar con un Lote de trenes, que ofrezcan un funcionamiento óptimo a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Características de los trenes.
- Partes y refacciones
- Soporte y Mantenimiento

Para poder prestar el servicio de transporte público el STC deberá de contar con un lote de trenes suficiente que le permita atender la demanda, buscando siempre mantener una calidad mínima de servicio, condición que supone el tiempo de espera de un usuario para que aborde un convoy, y por ende el tiempo de recorrido en interestaciones, así como la minimización de interrupciones y afectaciones a los usuarios por fallas ocurridas en el material rodante.

## **b) Capacidad de Generación de Ingresos**

El proyecto, en lo que se refiere a la prestación de servicios del material rodante, no genera ingresos por sí mismo, aunque ya integrado con la infraestructura de la Línea 12 sí genera flujos de ingreso para el STC, aunque este concepto no sea relevante para el presente análisis.

Cuadro No. 21 Estimado de Ingresos

Año	Demanda Estimada	Ingresos Estimados (millones de pesos)		
		Tarifa 3 pesos	Tarifa 4 pesos	Tarifa 5 pesos
2012	360,286	\$394.51	\$526.02	\$657.52
2013	364,486	\$399.11	\$532.15	\$665.19
2014	368,734	\$403.76	\$538.35	\$672.94
2015	373,032	\$408.47	\$544.63	\$680.78
2016	377,380	\$413.23	\$550.98	\$688.72
2017	381,779	\$418.05	\$557.40	\$696.75
2018	386,229	\$422.92	\$563.90	\$704.87
2019	390,732	\$427.85	\$570.47	\$713.08
2020	395,286	\$432.84	\$577.12	\$721.40
2021	398,127	\$435.95	\$581.27	\$726.58
2022	400,988	\$439.08	\$585.44	\$731.80
2023	403,870	\$442.24	\$589.65	\$737.06
2024	406,773	\$445.42	\$593.89	\$742.36
2025	409,697	\$448.62	\$598.16	\$747.70
2026	412,641	\$451.84	\$602.46	\$753.07
2027	415,607	\$455.09	\$606.79	\$758.48
2028	418,594	\$458.36	\$611.15	\$763.93
2029	421,603	\$461.66	\$615.54	\$769.43
2030	424,633	\$464.97	\$619.96	\$774.96

En el Cuadro anterior se muestran distintos escenarios de ingreso, según la tarifa que se establezca, para el año 2012, por ejemplo, varía de 394.5 a 657.5 millones de pesos al año según se cobre 3 o 5 pesos por usuario.



### c) Horizonte de Planeación y Cronograma de Actividades

#### Horizonte de planeación

El horizonte de planeación del proyecto es de 24 años. 2 años para el diseño y fabricación del material rodante, y 22 años para la etapa de operación y mantenimiento de los activos.

#### Cronograma de actividades

Cuadro No. 22 Principales actividades del Proyecto de Referencia

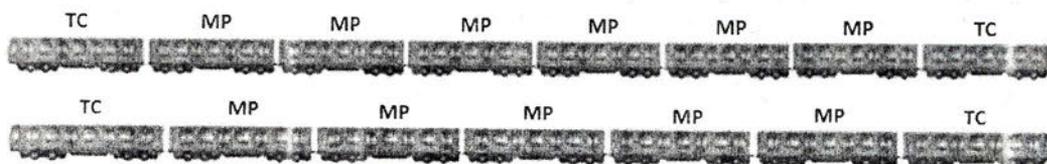
No.	Actividad	Periodo (Meses)
1	Licitación del Proyecto Ejecutivo	2.5
2	Elaboración del Proyecto Ejecutivo	3
3	Licitación para la Fabricación de Material Rodante	3
4	Fabricación del Prototipo*	18
5	Pruebas de asentamiento y puesta a punto	4
6	Fabricación y entrega del Lote Completo	11
7	Periodo de Mantenimiento a cargo del STC	264

### d) Capacidad Instalada que se Tendría y Evolución en el Horizonte de Evaluación del Proyecto

Para estimar el nivel de servicios durante el horizonte de planeación, se realizó un análisis de capacidades y se llegó a la conclusión que no requiere de crecimiento durante 24 años de evaluación.

La Línea 12 del Metro de la Ciudad de México contempla un lote de 30 trenes de rodadura férrea que circularán en la línea del metro. Cada tren estará formado por 7 o 8 carros; en la composición del tren, los carros extremos serán remolques con cabina de conducción y los carros en las posiciones intermedias serán motrices con pantógrafo.

Cuadro No. 23 Composición trenes:



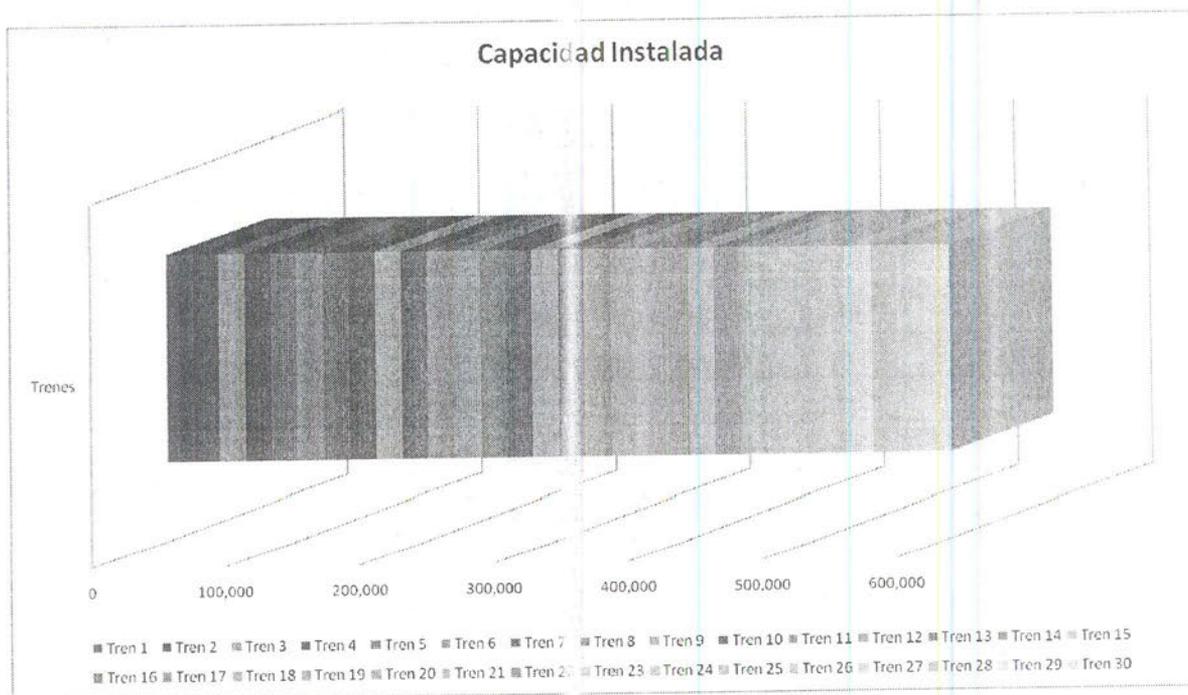
C: Carro remolque con cabina de conducción  
MP: Carro motriz con pantógrafo



Cada tren tendrá la capacidad instalada de transportar por al día 19,467, incluyendo pasajeros de pie, en asientos y en sillas de ruedas. El resultando de 30 trenes da una capacidad máxima instalada para transportar a 584,010 pasajeros al día, la siguiente grafica muestra la capacidad máxima instalada que tendría la Línea 12 del Metro:

En el siguiente cuadro se muestra la capacidad máxima instalada por viaje de 30 trenes al día.

Cuadro No. 24



Por el momento la Línea 12 del Metro no contempla un crecimiento en el lote de trenes de rodadura férrea, por lo que la capacidad instalada no varía en el horizonte de evaluación del proyecto.

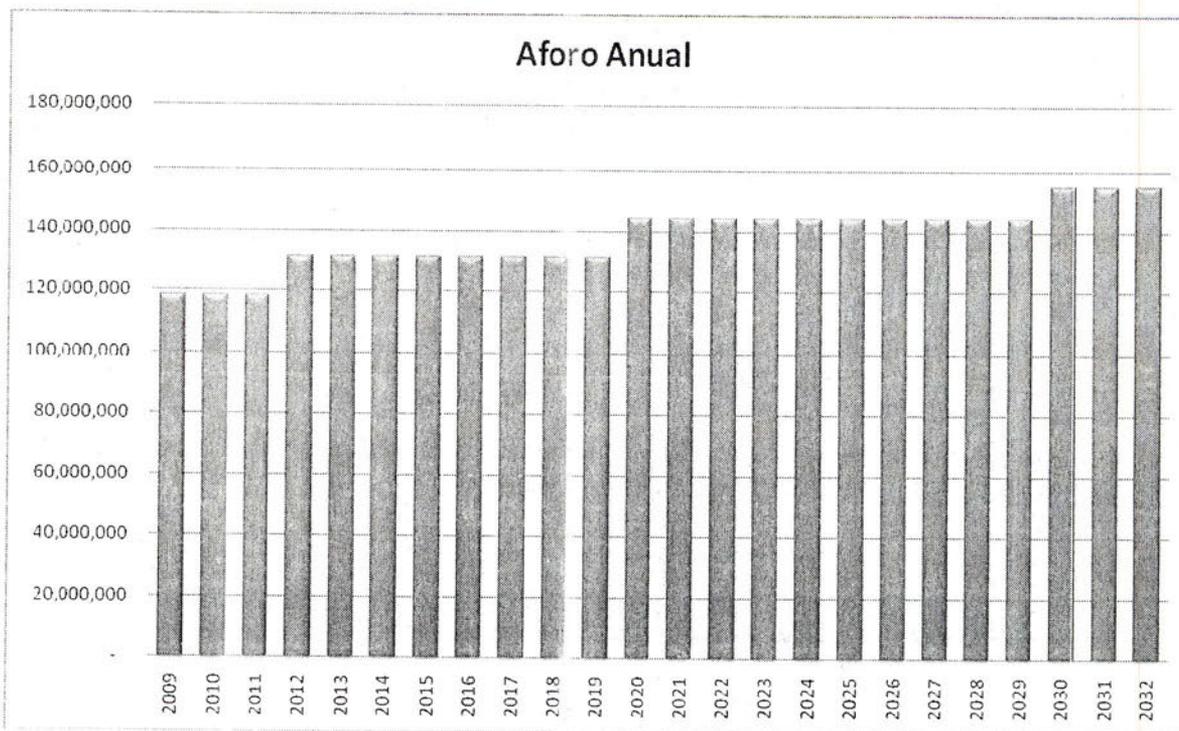
Cuadro No. 25 metas anuales

Horizonte	Pasajeros
Pasajeros que ingresarían por día en ambos sentidos	424,000
Días de Operación	365
Pasajeros que ingresarían por al año en ambos sentidos	154,760,000



En la siguiente gráfica podemos ver los servicios de transporte por pasajeros que ingresarían al año en ambos sentidos del metro cuantificados en el horizonte de evaluación de la iniciativa de arrendamiento de trenes férreos de la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo.

Cuadro No. 26 Aforo anual



La estimación de pasajeros transportados lo largo de 24 años es de 3,314,865,030



### e) Costo Base del Proyecto

El costo base del PR es el primero concepto para estimar el costo total del PR. Dicho costo base es la estimación del costo libre de riesgo de las distintas etapas del proyecto: Diseño, Fabricación, Flete, Periodo de pruebas y Operación y Mantenimiento. La estimación se ha realizado considerando un horizonte de 24 años.

Las proyecciones de costos, estimados a precios constantes de julio de 2009 se han actualizado utilizando una tasa de descuento del 12% en cumplimiento con los lineamientos antes referidos, para su posterior integración en el costo total del PR.

En la estimación de estos costos se ha supuesto que no existe restricción presupuestaria, por lo que se considera un tiempo de diseño y fabricación de 18 meses.

El costo estimado en todos los componentes previos a su puesta en operación asciende a \$7,444 millones de pesos en valor presente.

Respecto a la estimación de los costos de mantenimiento durante el horizonte de evaluación, estos ascienden \$1,981 millones de pesos en valor presente.

Cuadro No. 27 Costo Base del Proyecto de Referencia (millones de pesos)

Concepto	Valor Presente
Material Rodante*	\$7,381
Mantenimiento Total	\$1,409
Gastos de operación	\$123
Costo Base Total	\$8,914

\*Incluye costos de diseño, fabricación, flete y pruebas en Millones de pesos

De acuerdo al cuadro anterior, el valor presente del costo base asciende a \$8,914, millones de pesos.



## f) Identificación de los Riesgos Involucrados en el Proyecto

Riesgos detectados en el estudio y evaluación del esquema financiero más apropiado para equipar de trenes a la línea 12

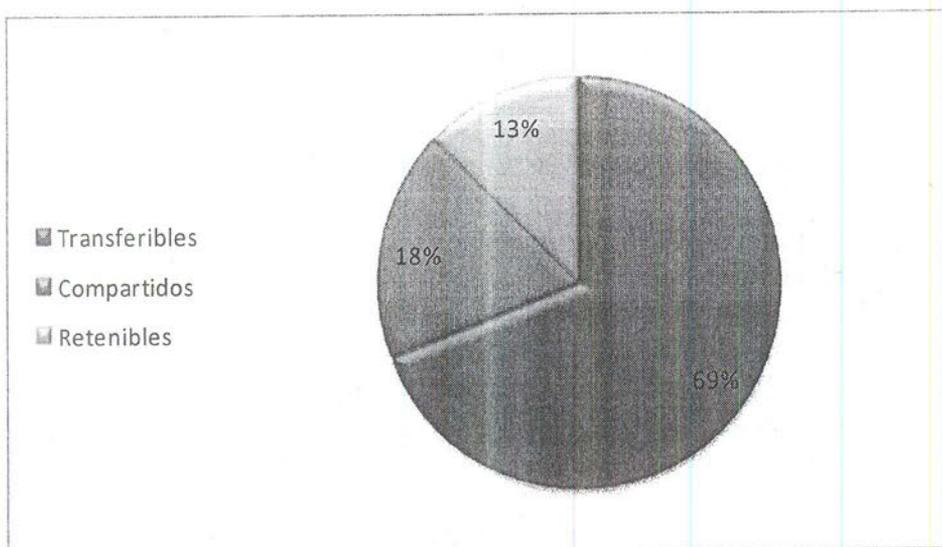
1. Riesgos de Falta de Refacciones o abastecimiento por escases en el mercado o insuficiencia presupuestal
2. Riesgos de Falta de Refacciones por obsolescencia tecnológica
3. Riesgos de que la obsolescencia tecnológica motive la renovación del sistema instalado
4. Riesgo de modificación adversa de las políticas tarifarias
5. Riesgos de afectación al servicio por incumplimiento del contratista.
6. Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de construcción
7. Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de mantenimiento
8. Riesgo de contratación de recursos humanos para su mantenimiento
9. Riesgo de Siniestros por errores de operación o robos y desastres naturales
10. Riesgo por terminación anticipada del contrato
11. Riesgos por omisiones e incongruencias en el diseño del proyecto ejecutivo
12. Riesgo en la obra civil
13. Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación
14. Riesgos de no contar con la Mano de Obra Adecuada
15. Riesgo de que el costo de mantenimiento sea mayor de lo programado

Cuadro No. 28 Matriz de riesgos

Riesgo Detectado	Transferibles			Compartidos			Retenibles		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
1	\$ 402,269,923.35	\$ 448,507,122.67	\$ 586,870,349.05						
2	\$ 348,962,476.19	\$ 387,613,174.02	\$ 493,897,593.54						
3	\$ 349,050,148.74	\$ 387,613,174.02	\$ 493,867,596.48						
4				\$ 349,854,634.97	\$ 387,613,174.02	\$ 494,185,608.74			
5	\$ 161,806,794.13	\$ 176,826,551.30	\$ 205,657,416.19						
6	\$ 278,650,104.46	\$ 307,982,659.22	\$ 380,311,572.09						
7				\$ 216,154,356.56	\$ 237,720,499.95	\$ 283,882,054.53			
8	\$ 182,952,780.32	\$ 200,247,288.45	\$ 235,463,661.90						
9				\$ 107,517,870.21	\$ 115,932,640.68	\$ 130,581,355.17			
10							\$ 178,835,629.40	\$ 195,563,117.44	\$ 229,225,392.02
11	\$ 199,832,480.86	\$ 218,983,861.35	\$ 259,450,612.75						
12							\$ 291,025,266.21	\$ 322,035,120.06	\$ 399,974,279.18
13	\$ 124,419,528.29	\$ 134,669,210.34	\$ 152,925,579.97						
14	\$ 241,205,489.42	\$ 265,825,366.56	\$ 322,134,004.72						
15	\$ 258,053,865.84	\$ 284,561,915.31	\$ 347,063,749.57						
<b>Total</b>	<b>\$ 2,547,203,591.60</b>	<b>\$ 2,812,830,322.24</b>	<b>\$ 3,477,642,136.26</b>	<b>\$ 673,526,861.74</b>	<b>\$ 741,266,314.65</b>	<b>\$ 908,601,018.44</b>	<b>\$ 469,860,895.61</b>	<b>\$ 517,593,237.30</b>	<b>\$ 629,199,671.20</b>



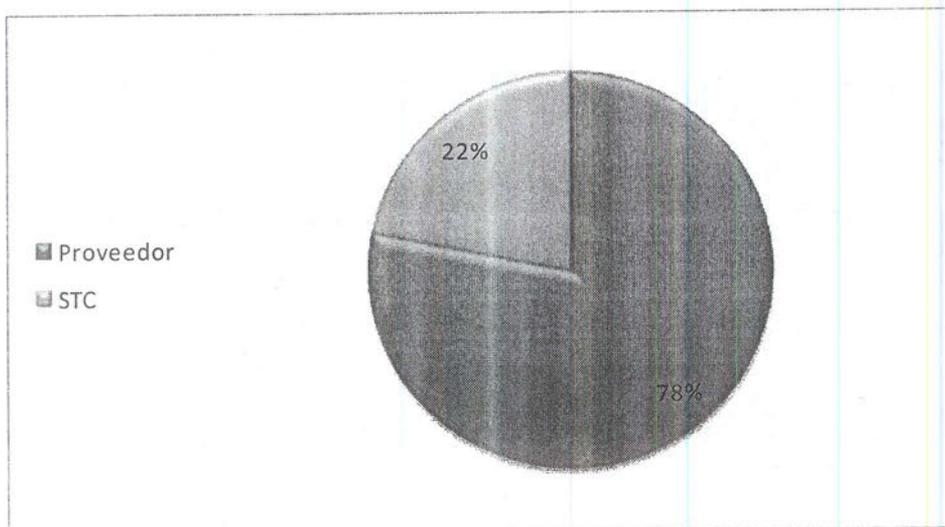
Cuadro No. 29 Distribución de riesgos por tipo de riesgo



Cuadro No. 30 Matriz de riesgos por entidad

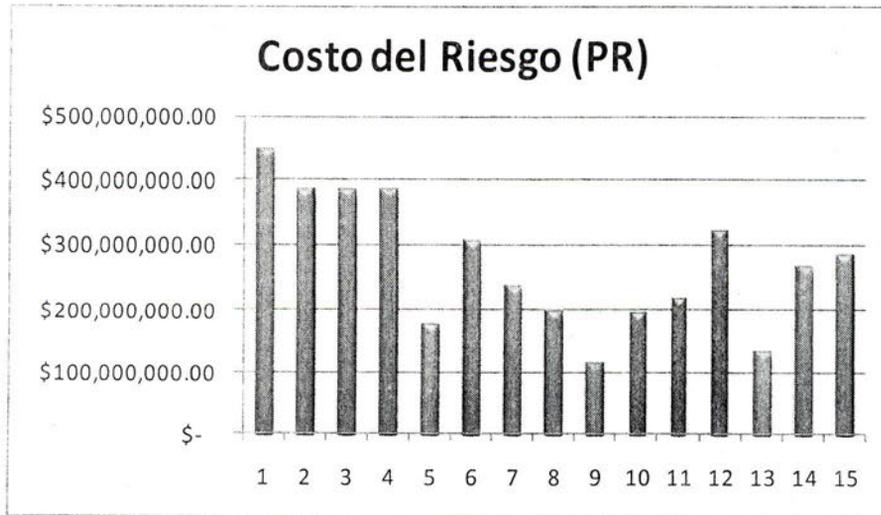
	Proveedor			STC		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Totales	\$ 2,883,967,022.47	\$ 3,183,463,480.57	\$ 3,931,966,645.48	\$ 806,624,326.48	\$ 888,231,394.83	\$ 1,083,524,180.42

Cuadro No. 31 Distribución de riesgos por entidad

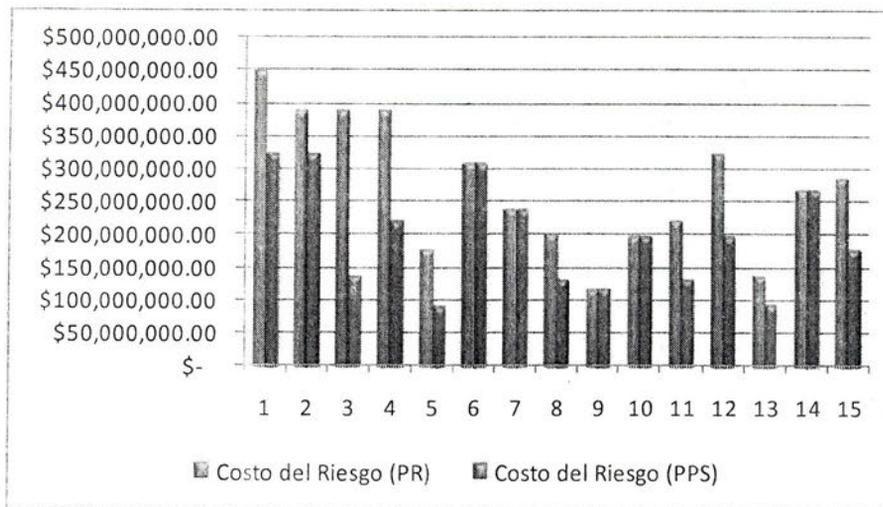


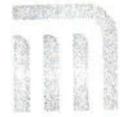


Cuadro No. 32 Costo del riesgo

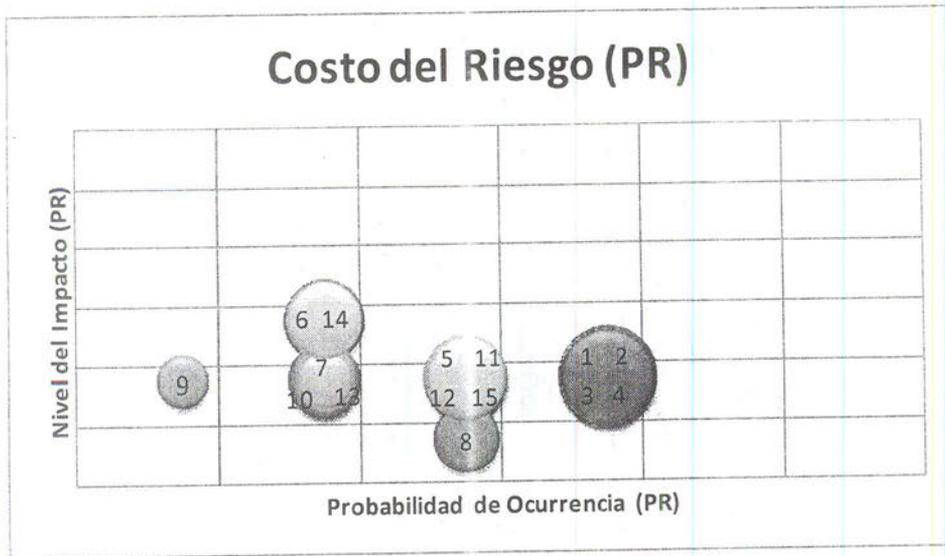


Cuadro No. 33 Comparativo del costo del riesgo

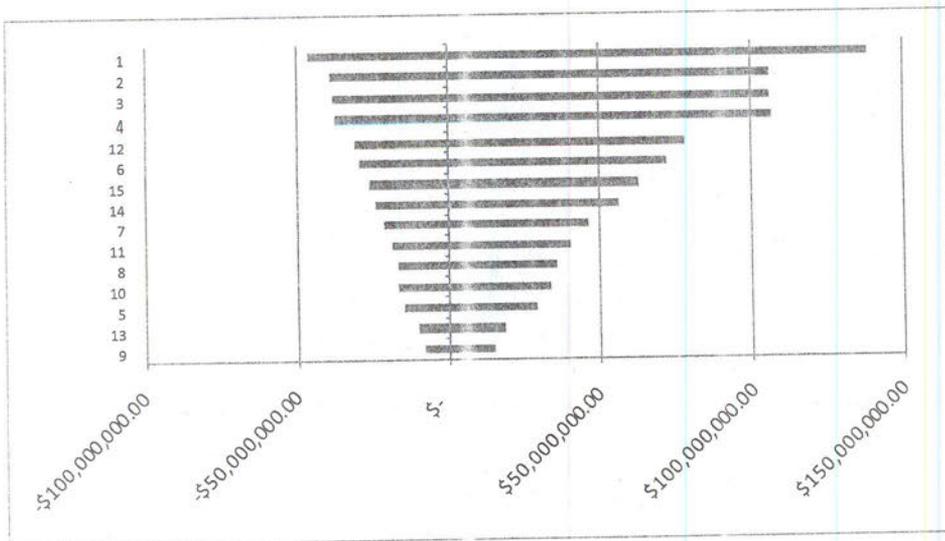




Cuadro No. 34 Grafica de burbuja del costo de los riesgos



Cuadro No. 35 Grafica tornado



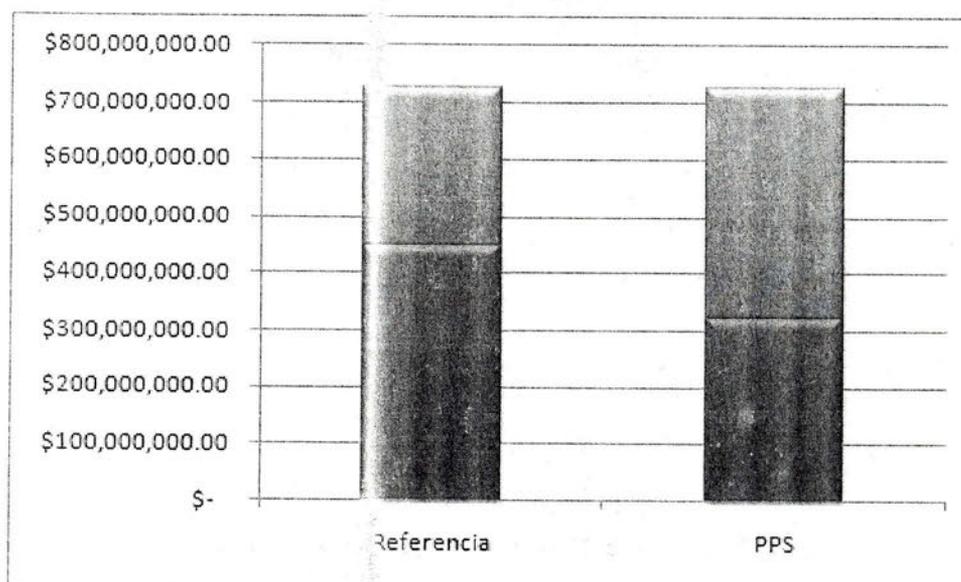


## Riesgos de Falta de Refacciones o abastecimiento por escases en el mercado o insuficiencia presupuestal

Detección de necesidades de abastecimiento para la adquisición de las piezas y refacciones requeridas.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 36 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Proveedor

**Responsable:** STC

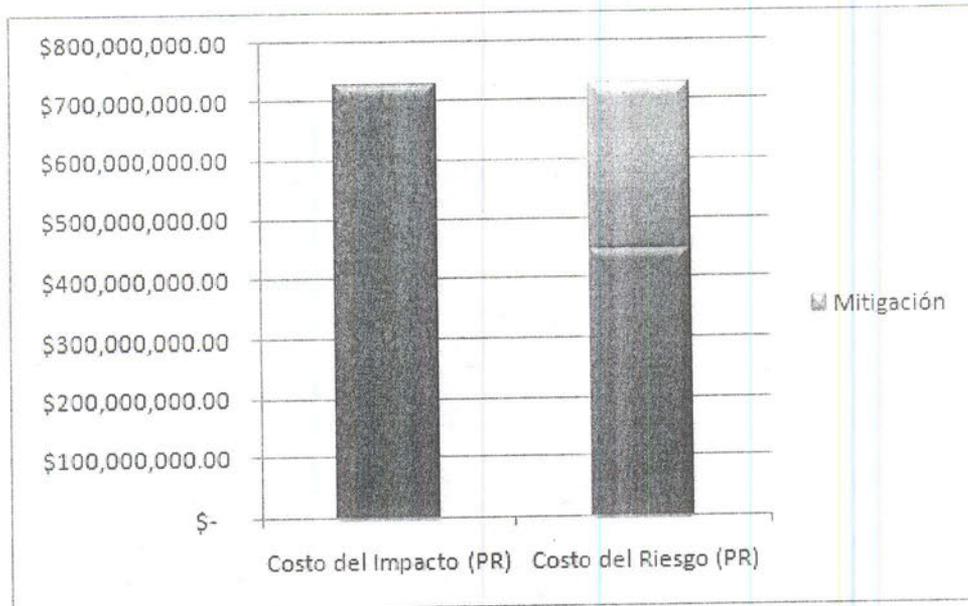
**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

**Esquema de Mitigación:** El esquema de mitigación consiste en una adecuada planeación para la adquisición oportuna del stock de refacciones.

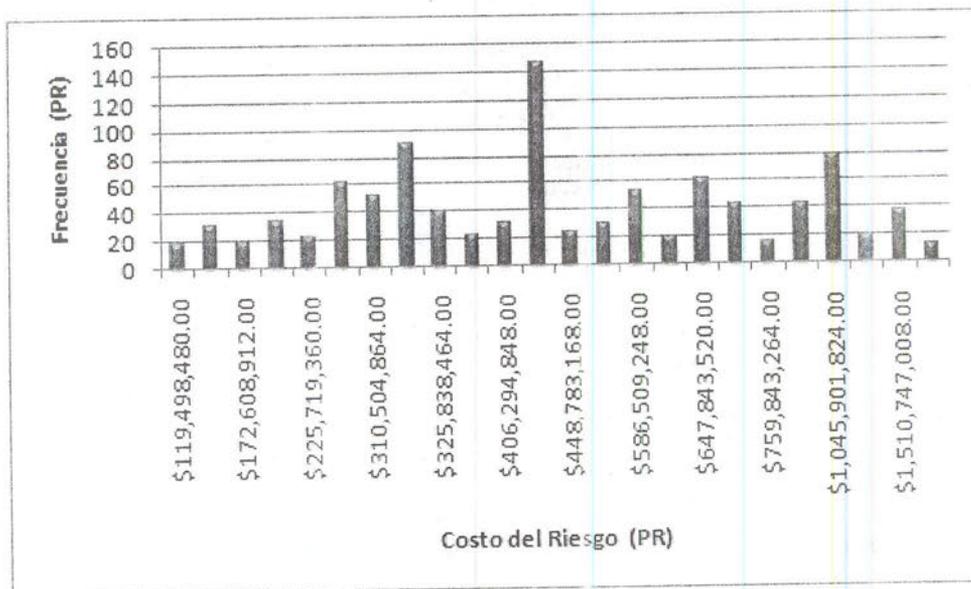
Cuadro No. 37 Variables utilizadas en el riesgo

	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.05065860207	0.11813398274	0.17053298134
Probabilidad de Ocurrencia:	0.225	0.325	0.425
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.028125	0.073125	0.138125
Riesgo Neto Residual:	0.555187	0.6190006	0.8099606
Costo del Riesgo:	\$402,269,923.35	\$448,507,122.67	\$586,870,349.05

Cuadro No. 38 Mitigación del riesgo

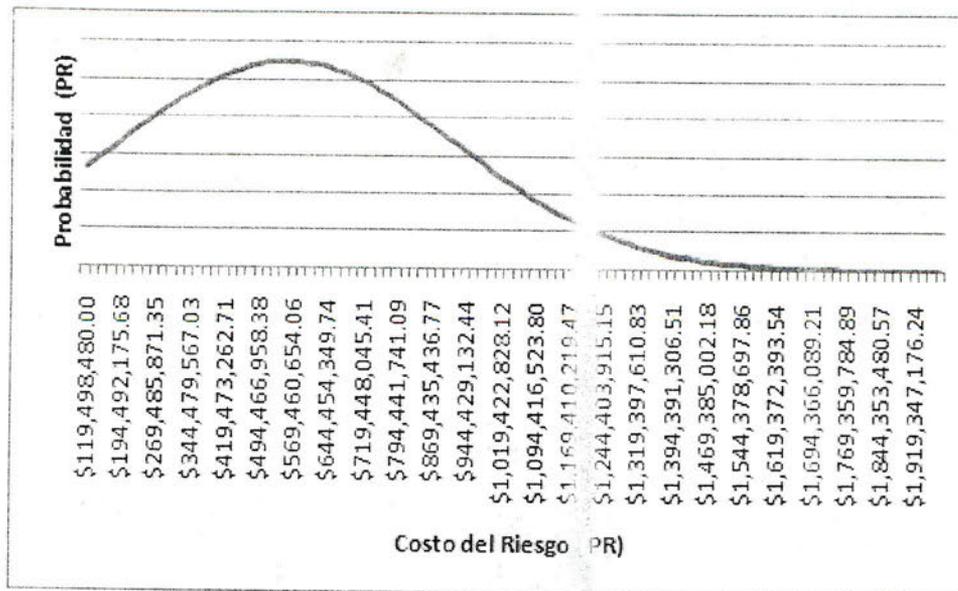


Cuadro No. 39 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 40 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$558,814,553.87

Error Estándar: \$11,497,556.89

Mediana: \$448,507,040.00

Moda: \$448,507,040.00

Desviación Estándar: \$363,584,672.91

Varianza: \$132,193,814,378,589,000.00

Curtosis: 2.49

Asimetría: 1.57

Rango: \$1,856,093,968.00

Mínimo: \$119,498,480.00

Máximo: \$1,975,592,448.00

Conteo: 1,000

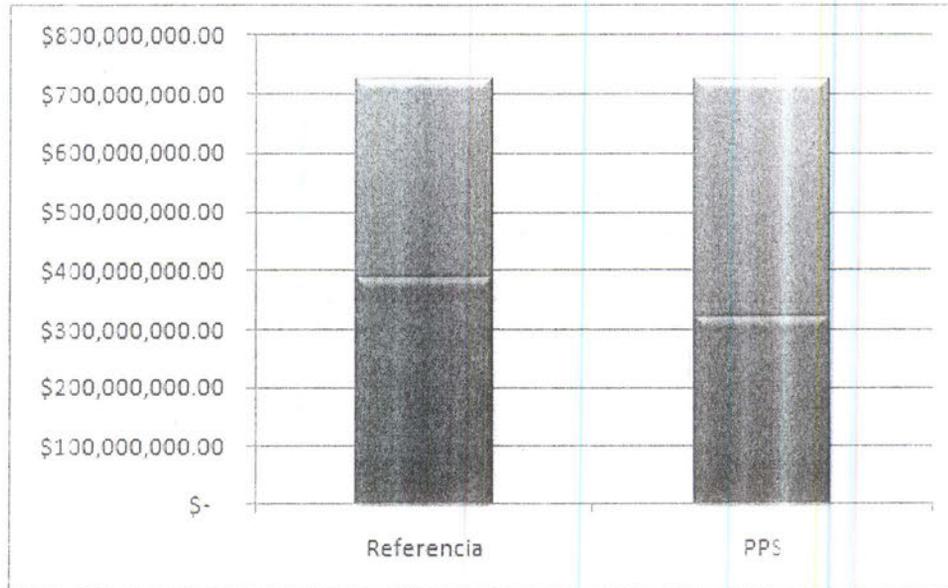


## Riesgos de Falta de Refacciones por obsolescencia tecnológica

Detección de necesidades de abastecimiento y adquisición de piezas y refacciones obsoletas.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 41 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Proveedor

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

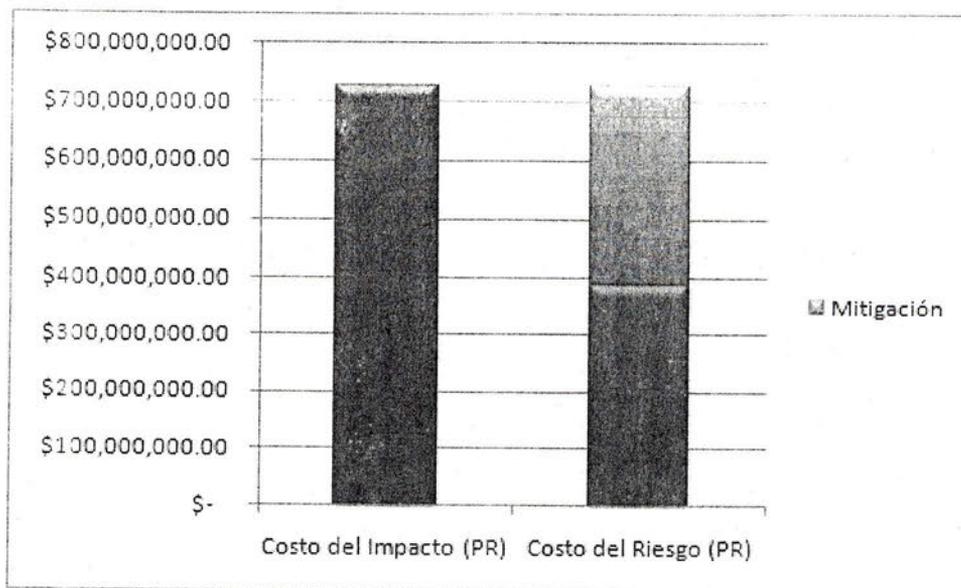
**Esquema de Mitigación:** El esquema de mitigación consiste en una adecuada planeación para la adquisición oportuna del stock de refacciones

Cuadro No. 42 Variables utilizadas en el riesgo

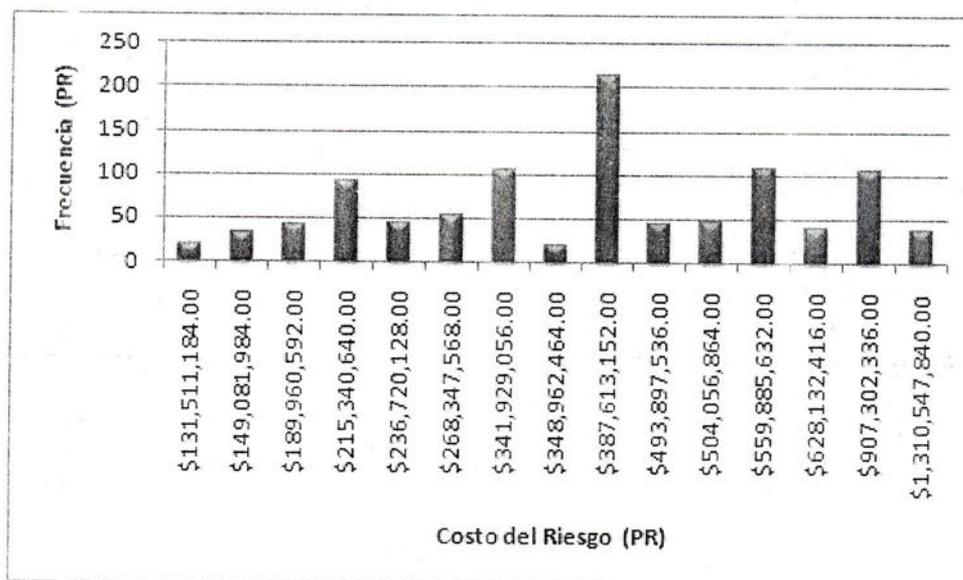
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.05839720674	0.13669279574	0.15495589371
Probabilidad de Ocurrencia:	0.225	0.325	0.325
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.028125	0.073125	0.105625
Riesgo Neto Residual:	0.4816155	0.5349587	0.6816456
Costo del Riesgo:	\$348,962,476.19	\$387,613,174.02	\$493,897,593.54



Cuadro No. 43 Mitigación del riesgo

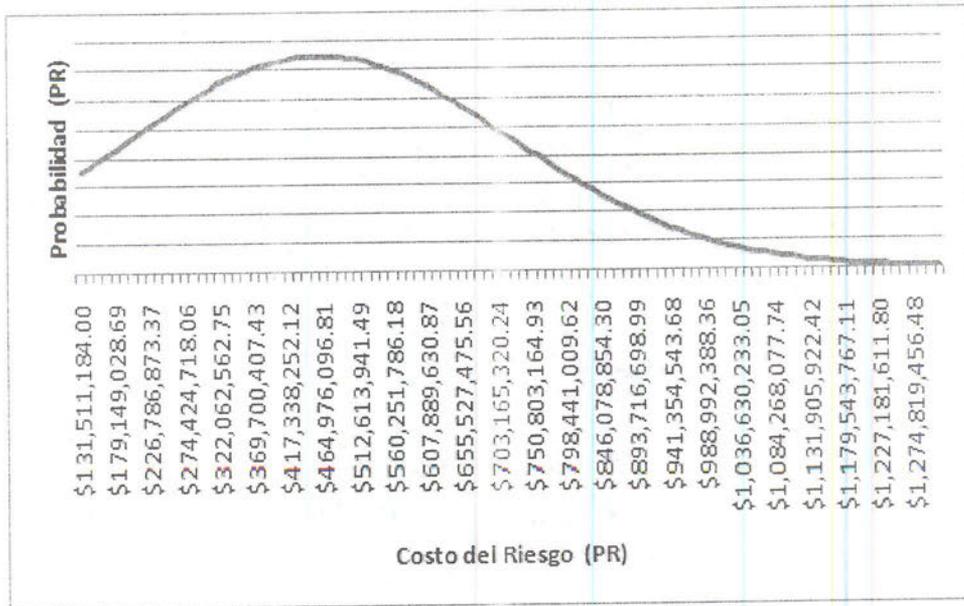


Cuadro No. 44 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 45 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$460,248,717.10  
Error Estándar: \$8,445,479.90  
Mediana: \$387,613,152.00  
Moda: \$387,613,152.00  
Desviación Estándar: \$267,069,524.02  
Varianza: \$71,326,130,659,758,000.00  
Curtosis: 2.01  
Asimetría: 1.47  
Rango: \$1,179,036,656.00  
Mínimo: \$131,511,184.00  
Máximo: \$1,310,547,840.00  
Conteo: 1,000

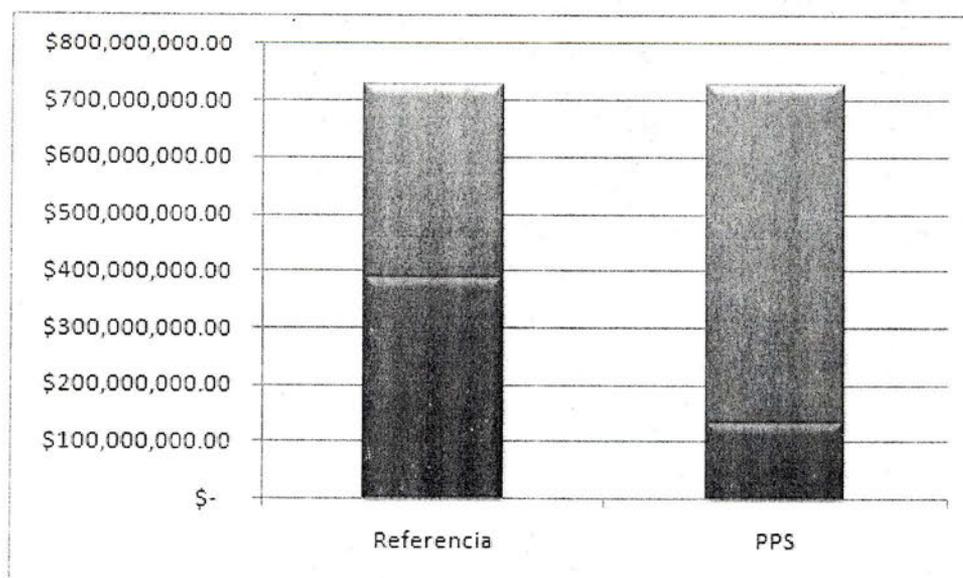


## Riesgos de que la obsolescencia tecnológica motive la renovación del sistema instalado

Adquisición de los insumos necesarios para el mantenimiento de los trenes.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 46 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Proveedor

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

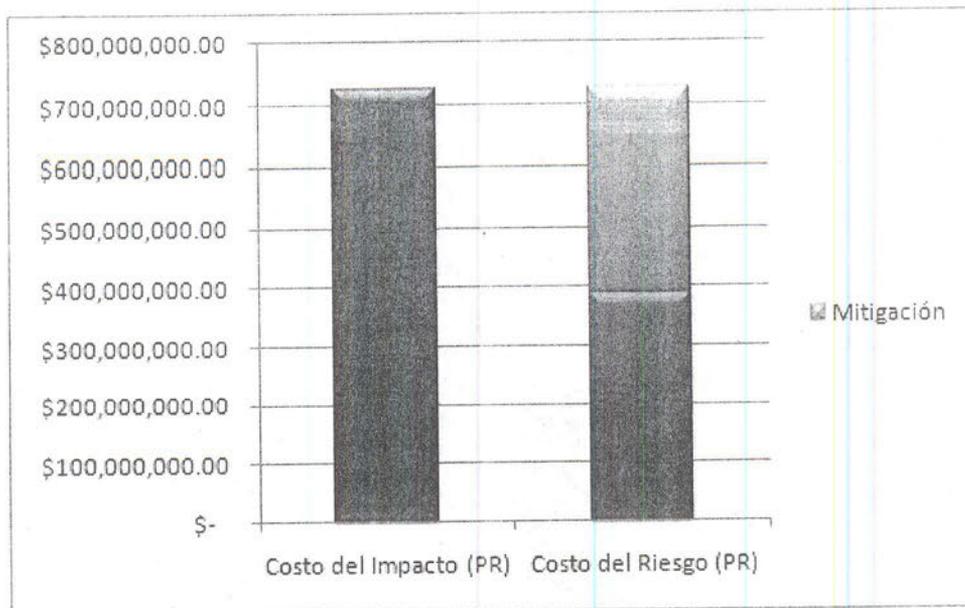
**Esquema de Mitigación:** El esquema de mitigación consiste en una adecuada planeación para la adquisición oportuna del stock de refacciones.

Cuadro No. 47 Variables utilizadas en el riesgo

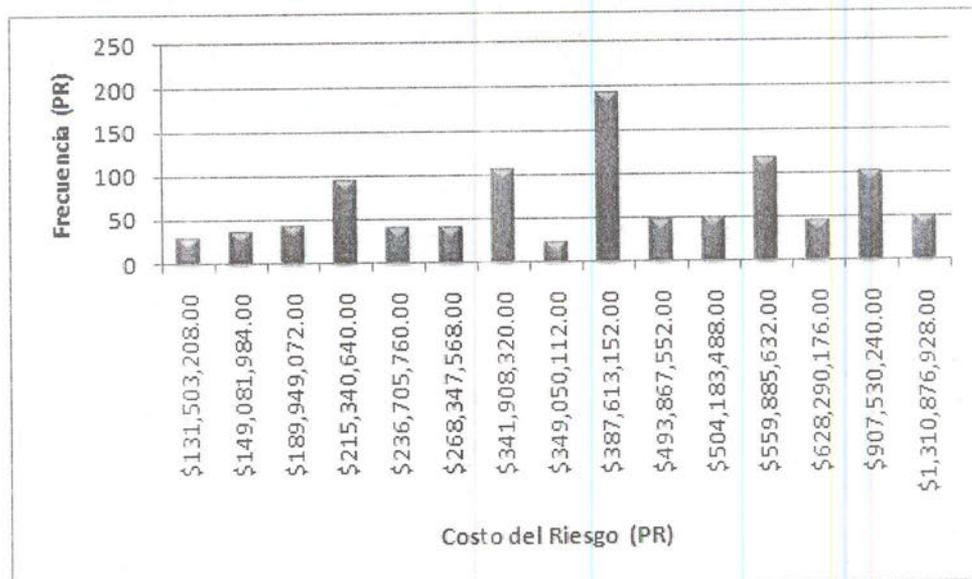
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.05838254640	0.13669279574	0.15496529526
Probabilidad de Ocurrencia:	0.225	0.325	0.325
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.028125	0.073125	0.105625
Riesgo Neto Residual:	0.4817365	0.5349587	0.6816042
Costo del Riesgo:	\$349,050,148.74	\$387,613,174.02	\$493,867,596.48



Cuadro No. 48 Mitigación del riesgo

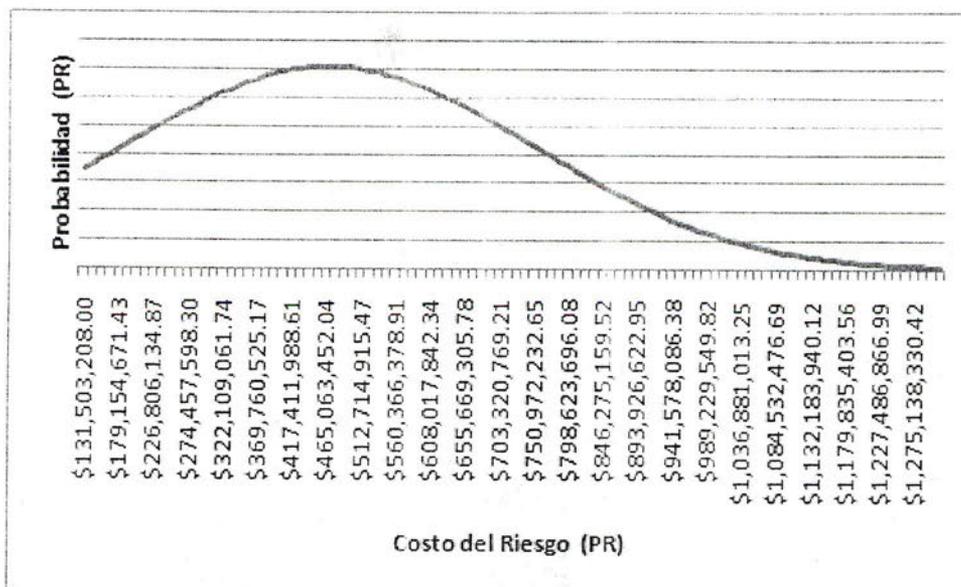


Cuadro No. 49 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 50 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$469,750,070.57  
 Error Estándar: \$8,893,969.24  
 Mediana: \$387,613,152.00  
 Moda: \$387,613,152.00  
 Desviación Estándar: \$281,252,002.37  
 Varianza: \$79,102,688,837,174,700.00  
 Curtosis: 1.79  
 Asimetría: 1.44  
 Rango: \$1,179,373,720.00  
 Mínimo: \$131,503,208.00  
 Máximo: \$1,310,876,928.00  
 Conteo: 1,000

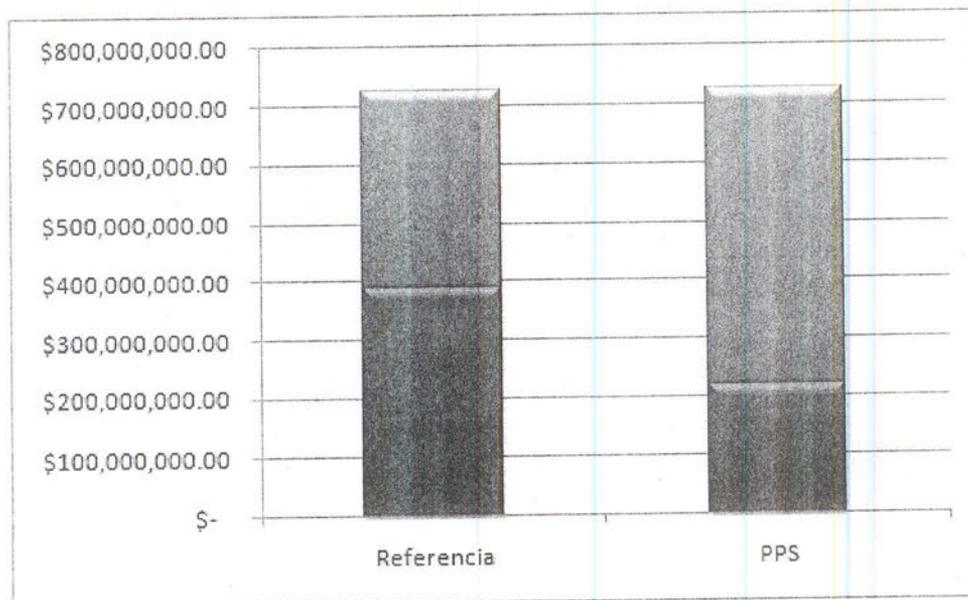


## Riesgo de modificación adversa de las políticas tarifarias

Renovación total o parcial de los componentes o sistemas que se tornen obsoletos durante la vida útil del proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 51 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Proveedor

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Compartido (1)

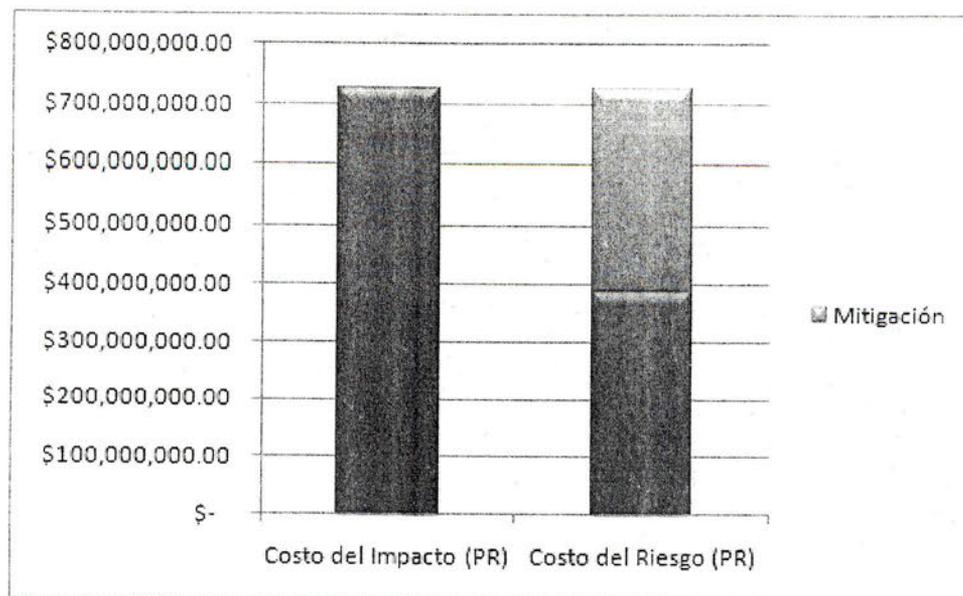
**Esquema de Mitigación:** Es un riesgo ligado a factores externos por lo tanto no es mitigable.

Cuadro No. 52 Variables utilizadas en el riesgo

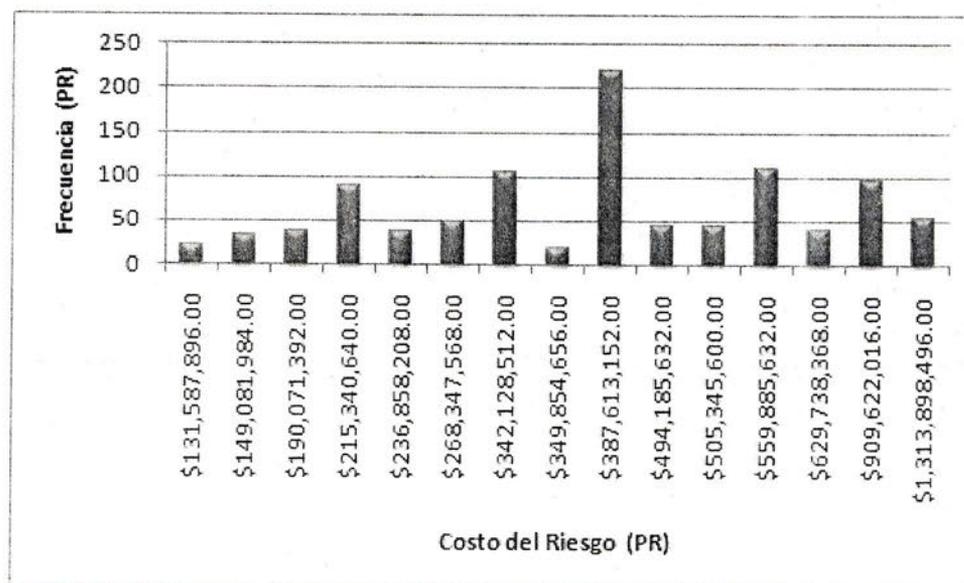
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.05824828509	0.13669279574	0.15486556611
Probabilidad de Ocurrencia:	0.225	0.325	0.325
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.028125	0.073125	0.105625
Riesgo Neto Residual:	0.4828468	0.5349587	0.6820431
Costo del Riesgo:	\$349,854,634.97	\$387,613,174.02	\$494,185,608.74



Cuadro No. 53 Mitigación del riesgo

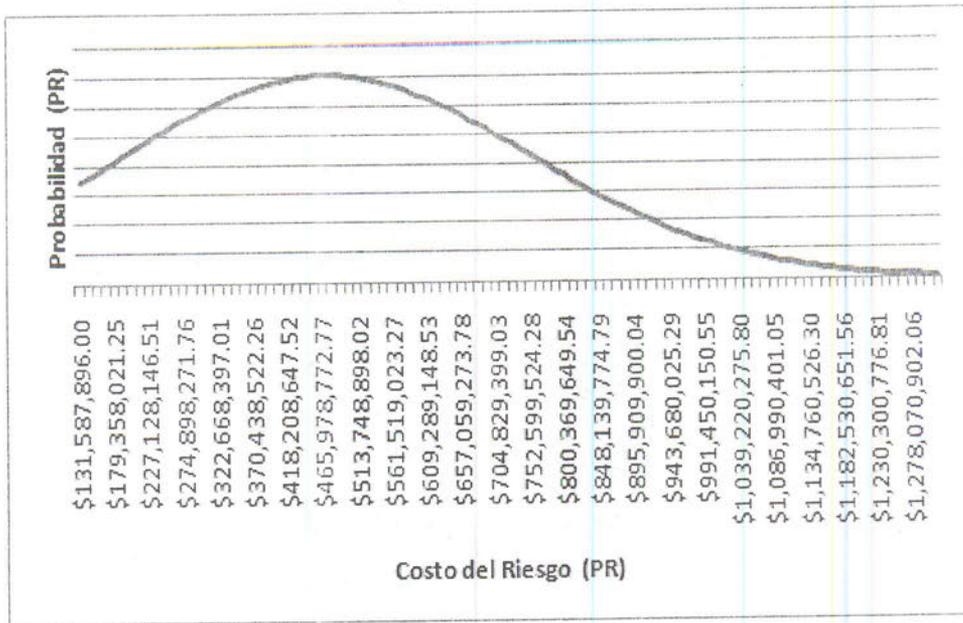


Cuadro No. 54 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 55 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$470,823,517.92  
Error Estándar: \$8,936,429.96  
Mediana: \$387,613,152.00  
Moda: \$387,613,152.00  
Desviación Estándar: \$282,594,728.20  
Varianza: \$79,859,780,407,268,800.00  
Curtosis: 1.94  
Asimetría: 1.51  
Rango: \$1,182,310,600.00  
Mínimo: \$131,587,896.00  
Máximo: \$1,313,898,496.00  
Conteo: 1,000

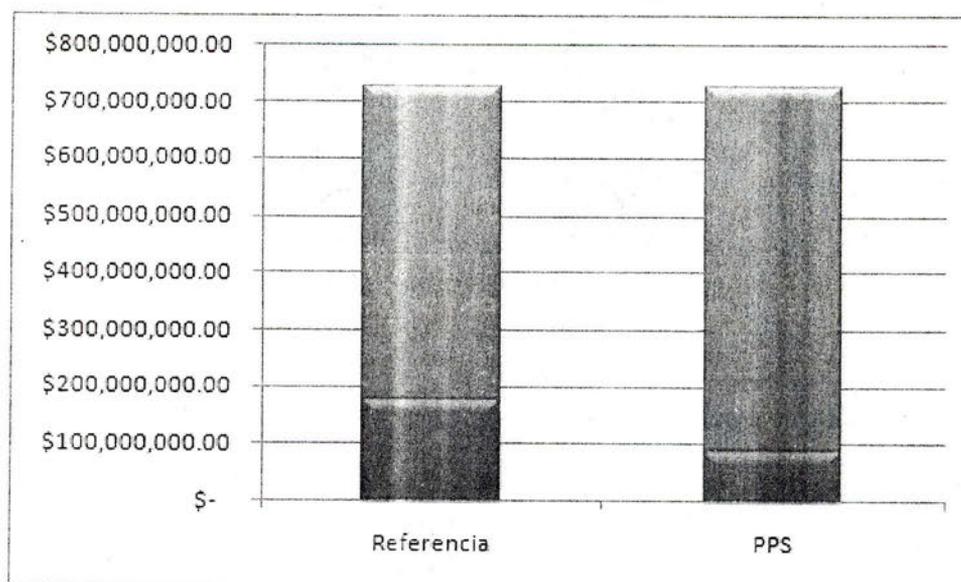


## Riesgos de afectación al servicio por incumplimiento del contratista.

Contratación y capacitación de personal necesario para efectuar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de trenes.

### Variable Medible:

Cuadro No. 56 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Proveedor

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

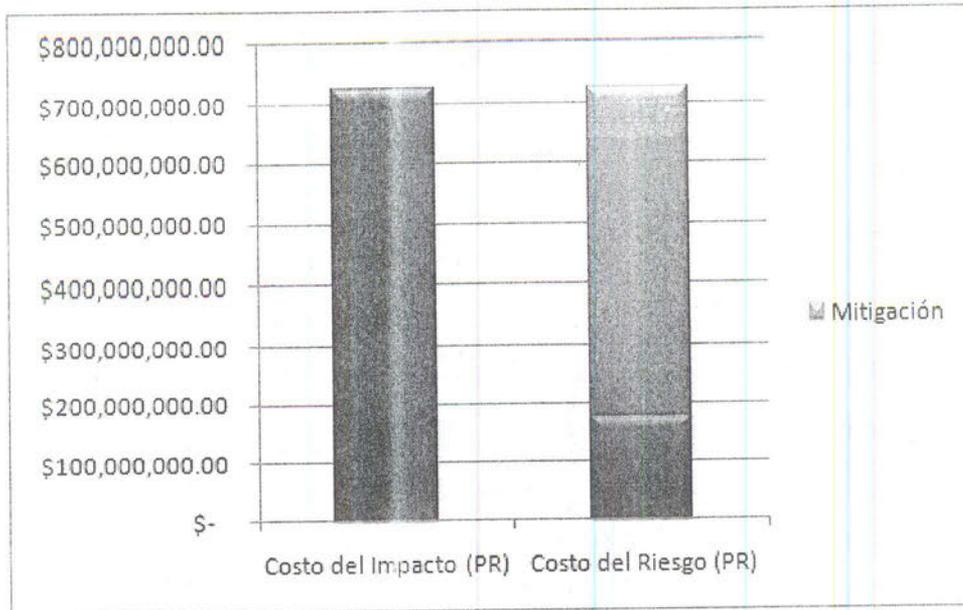
**Esquema de Mitigación:** A través de la adecuada planeación administrativa para implementar programas de capacitación continua.

Cuadro No. 57 Variables utilizadas en el riesgo

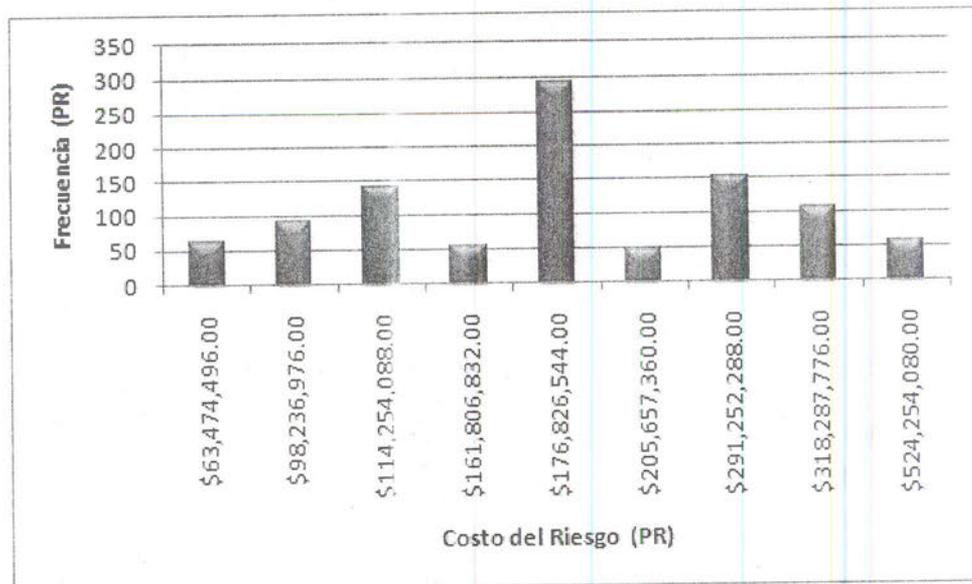
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.06996832188	0.11524532702	0.17836063364
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.225	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.125	0.225
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.015625	0.028125	0.050625
Riesgo Neto Residual:	0.2233153	0.2440446	0.2838351
Costo del Riesgo:	\$161,806,794.13	\$176,826,551.30	\$205,657,416.19



Cuadro No. 58 Mitigación del riesgo

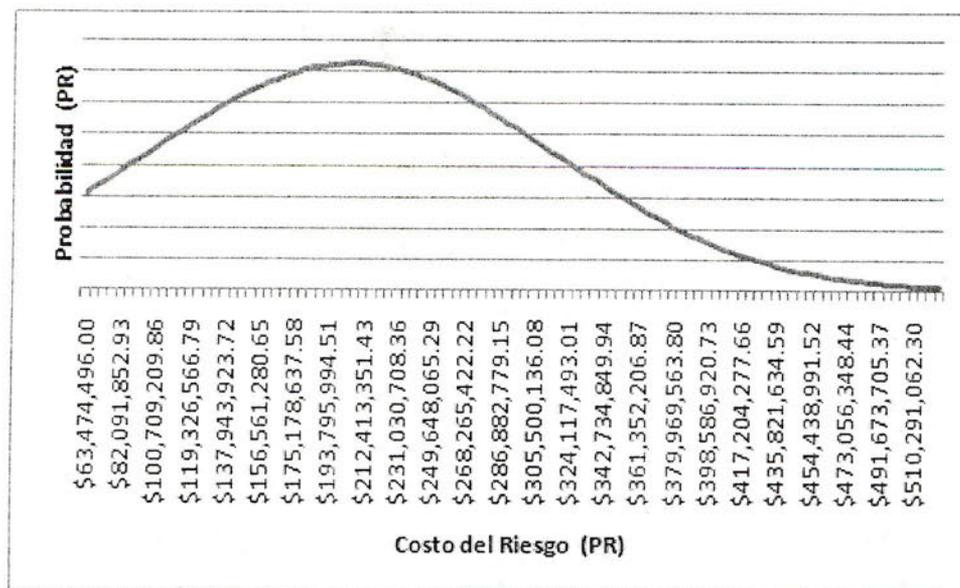


Cuadro No. 59 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 60 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$206,477,713.58

Error Estándar: \$3,473,439.77

Mediana: \$176,826,544.00

Moda: \$176,826,544.00

Desviación Estándar: \$109,839,809.87

Varianza: \$12,064,783,832,437,500.00

Curtosis: 1.52

Asimetría: 1.25

Rango: \$460,779,584.00

Mínimo: \$63,474,496.00

Máximo: \$524,254,080.00

Conteo: 1,000

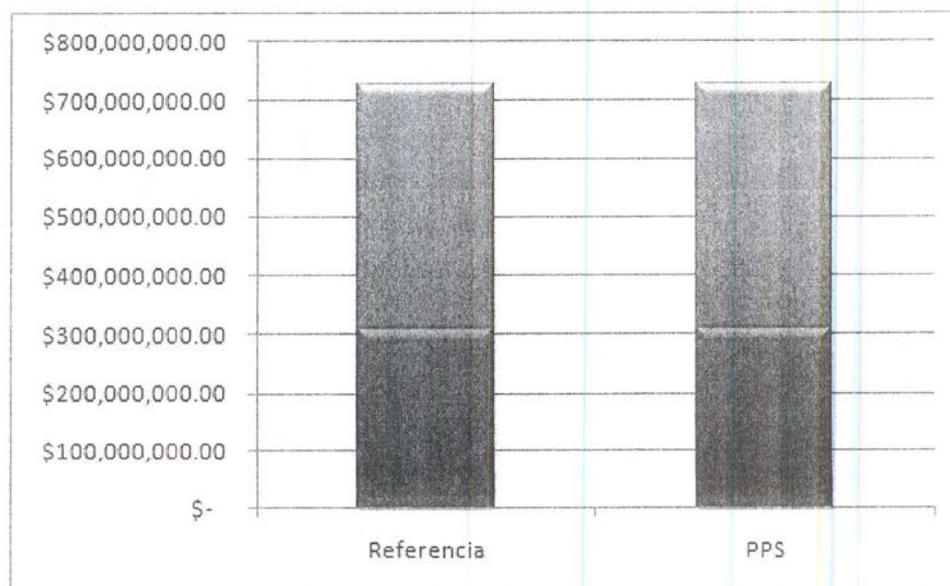


## Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de construcción

Diseñar, construir y poner a punto la infraestructura de talleres relacionada con el proyecto.

### Variable Medible:

Cuadro No. 61 Comparativo de Mitigación



Encargado: Contratista

Responsable: STC

Tipo de Riesgo: Transferible (1)

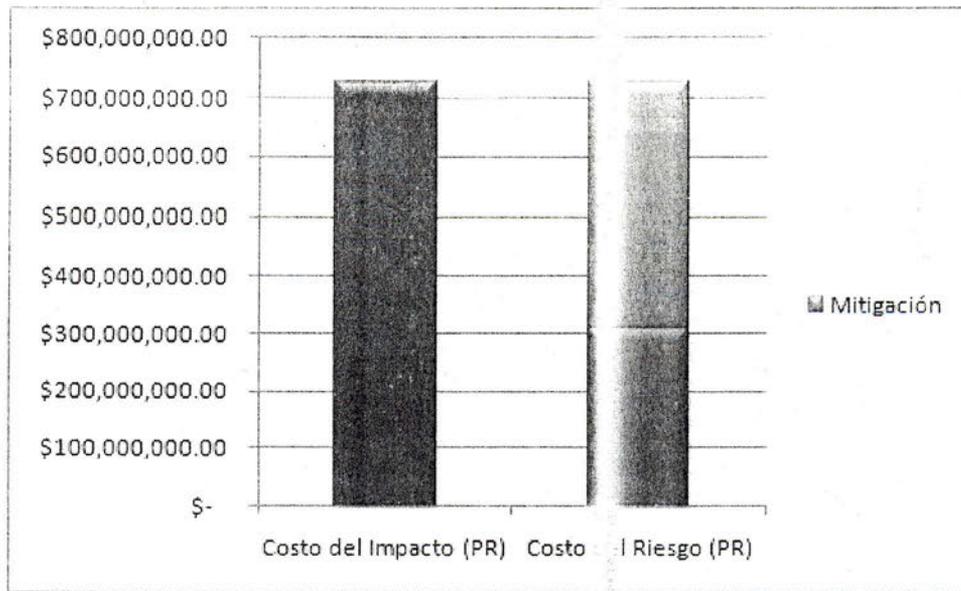
Esquema de Mitigación: Existen penalizaciones por incumplimiento y fianzas

Cuadro No. 62 Variables utilizadas en el riesgo

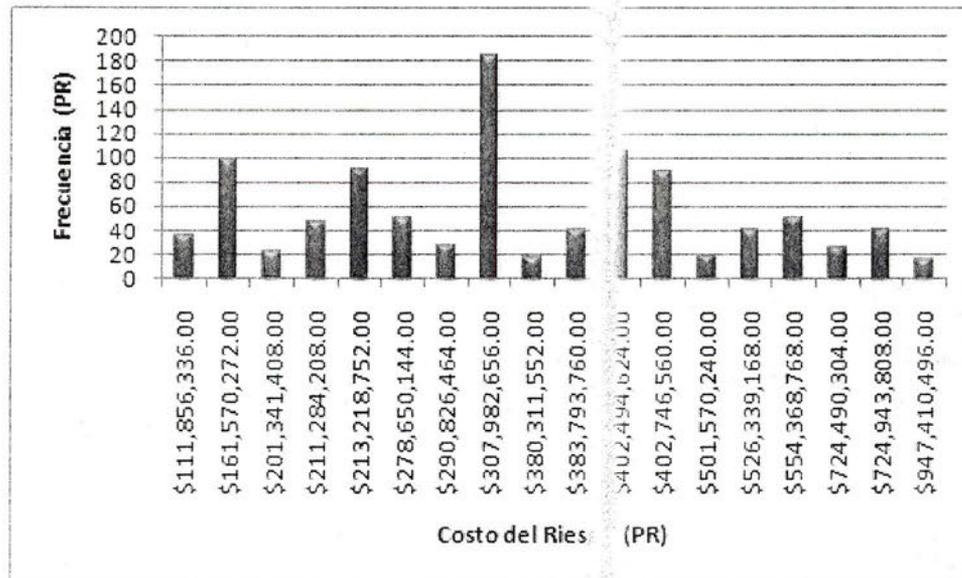
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.07313268949	0.09557523318	0.18218398638
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.225	0.325	0.425
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.028125	0.040625	0.095625
Riesgo Neto Residual:	0.3845749	0.4250578	0.5248815
Costo del Riesgo:	\$278,650,104.46	\$307,982,659.22	\$380,311,572.09



Cuadro No. 63 Mitigación del riesgo

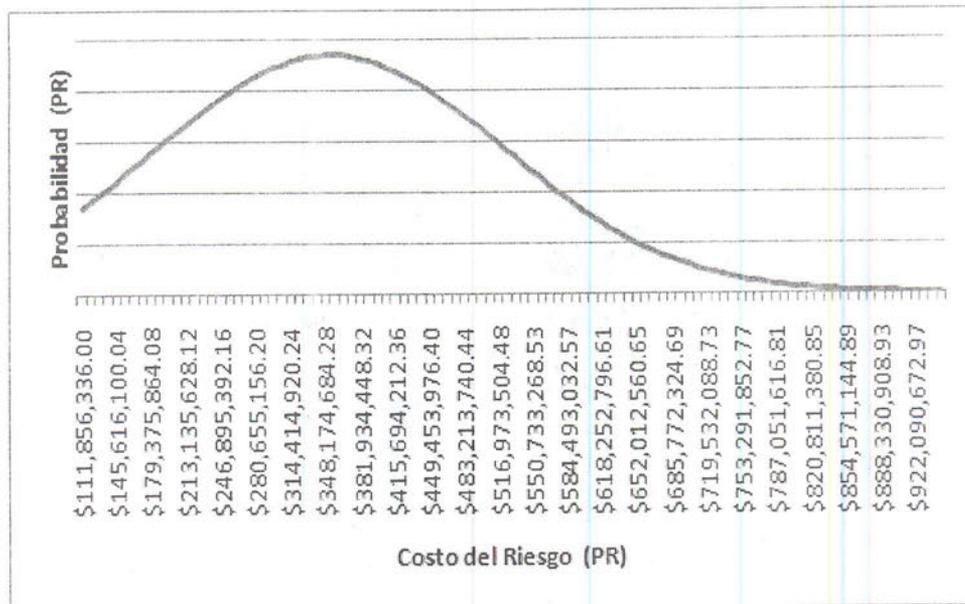


Cuadro No. 64 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 65 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$354,182,770.66

Error Estándar: \$5,360,562.77

Mediana: \$307,982,656.00

Moda: \$307,982,656.00

Desviación Estándar: \$169,515,878.98

Varianza: \$28,735,633,227,921,600.00

Curtosis: 1.48

Asimetría: 1.16

Rango: \$835,554,160.00

Mínimo: \$111,856,336.00

Máximo: \$947,410,496.00

Conteo: 1,000

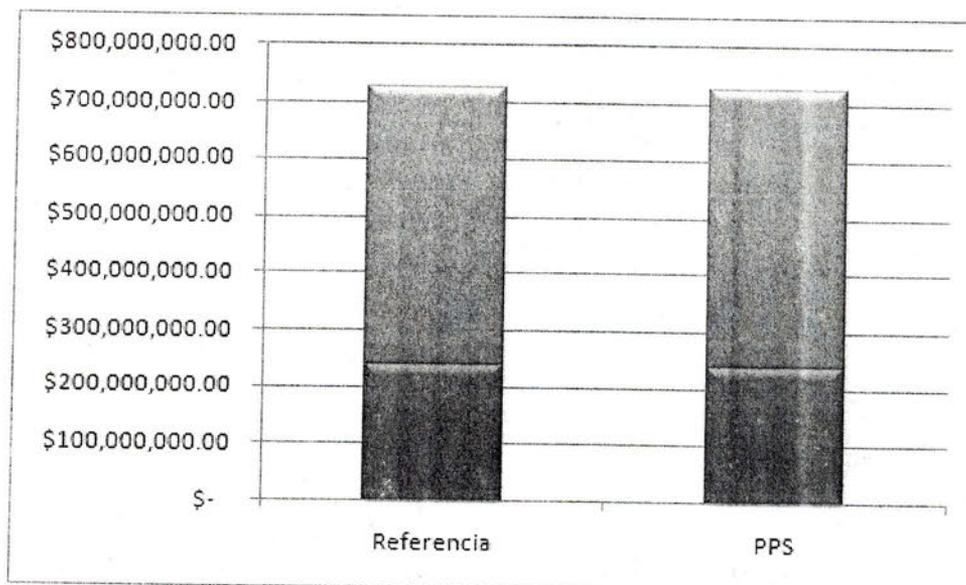


**Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de mantenimiento**

Operación de la infraestructura de talleres asociada al proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 66 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** STC

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Compartido (1)

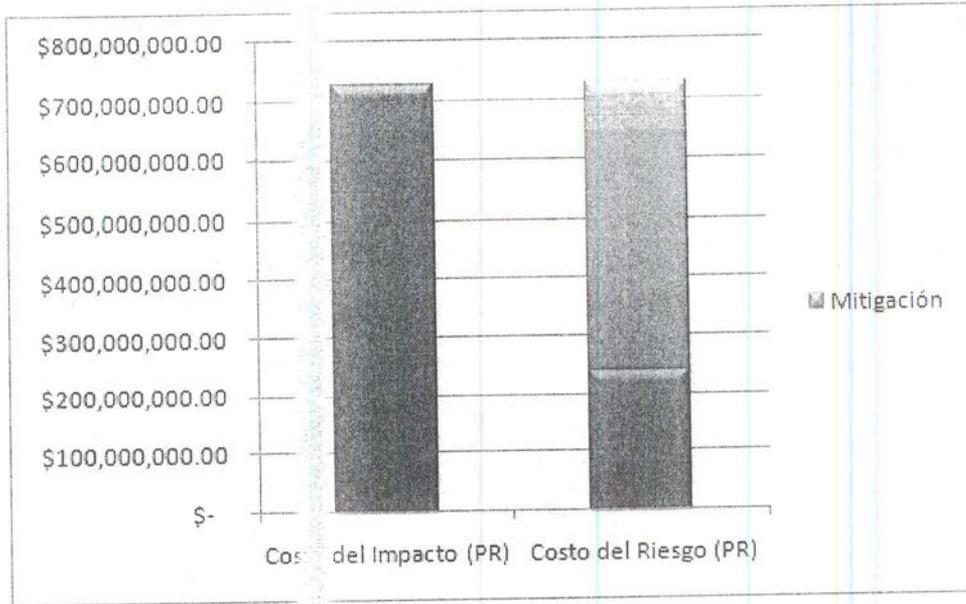
**Mecanismo de Cobertura:** Pólizas de Seguros.

Cuadro No. 67 Variables utilizadas en el riesgo

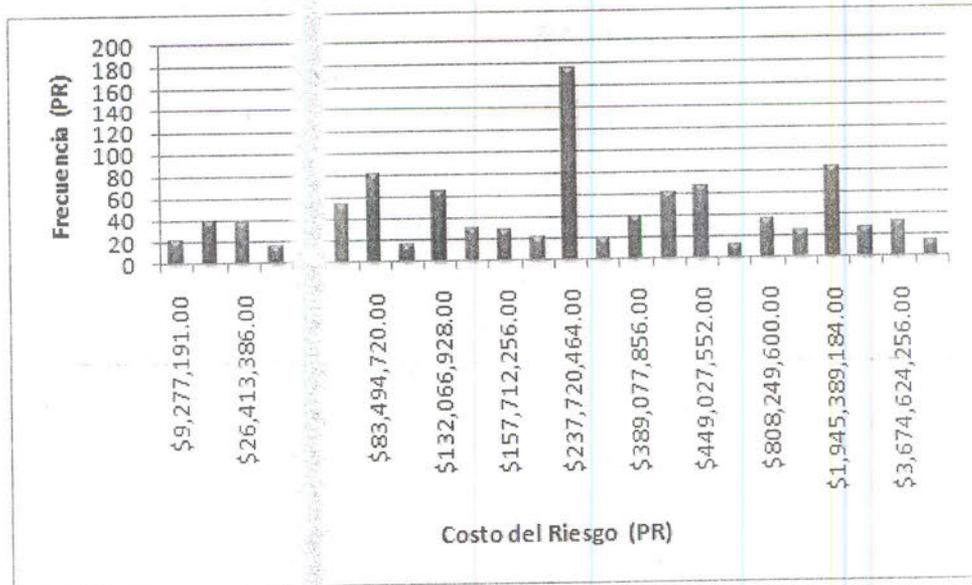
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.01047524682	0.08572435655	0.244068532
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.425
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.003125	0.028125	0.095625
Riesgo Neto Residual:	0.2983223	0.3280865	0.3917957
Costo del Riesgo:	\$216,154,356.56	\$237,720,499.95	\$283,882,054.53



Cuadro No. 68 Mitigación del riesgo

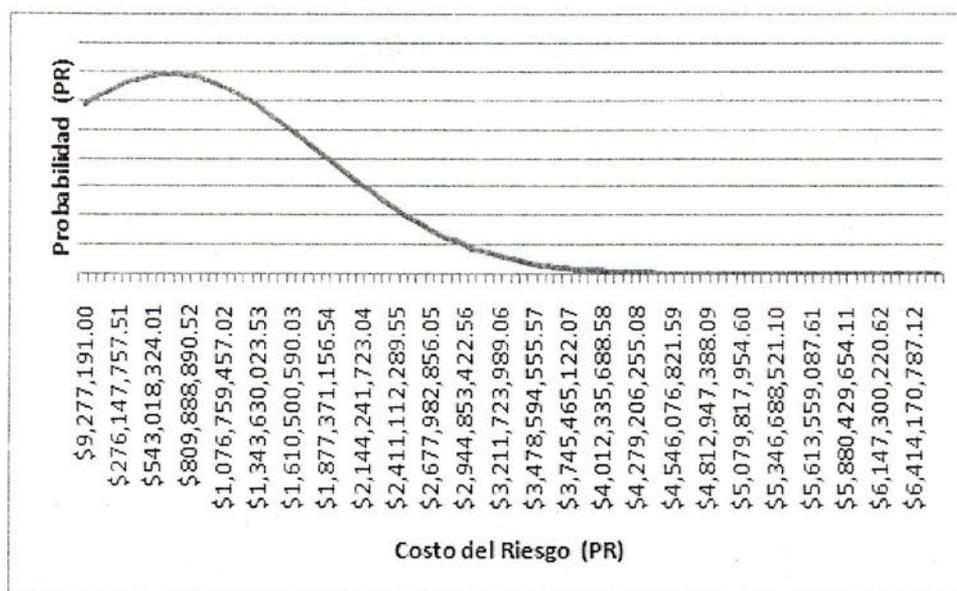


Cuadro No. 69 Distribución de frecuencias del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 70 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$679,379,785.79

Error Estándar: \$36,453,558.83

Mediana: \$237,720,464.00

Moda: \$237,720,464.00

Desviación Estándar: \$1,152,762,747.33

Varianza: \$1,328,861,951,633,100,000.00

Curtosis: 9.50

Asimetría: 2.92

Rango: \$6,605,046,521.00

Mínimo: \$9,277,191.00

Máximo: \$6,614,323,712.00

Conteo: 1,000

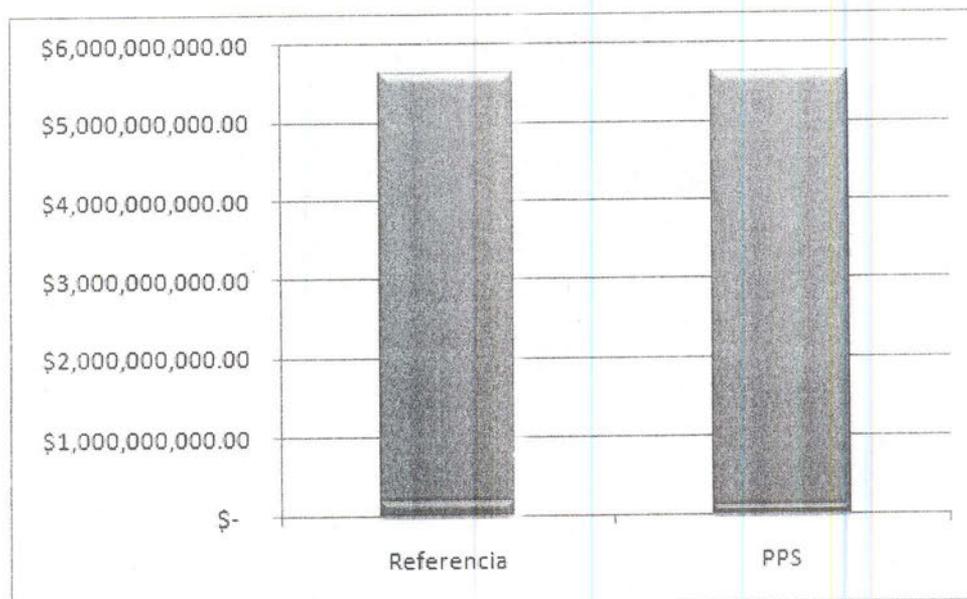


## Riesgo de contratación de recursos humanos para su mantenimiento

Operación de la infraestructura de talleres asociada al proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 71 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** STC

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

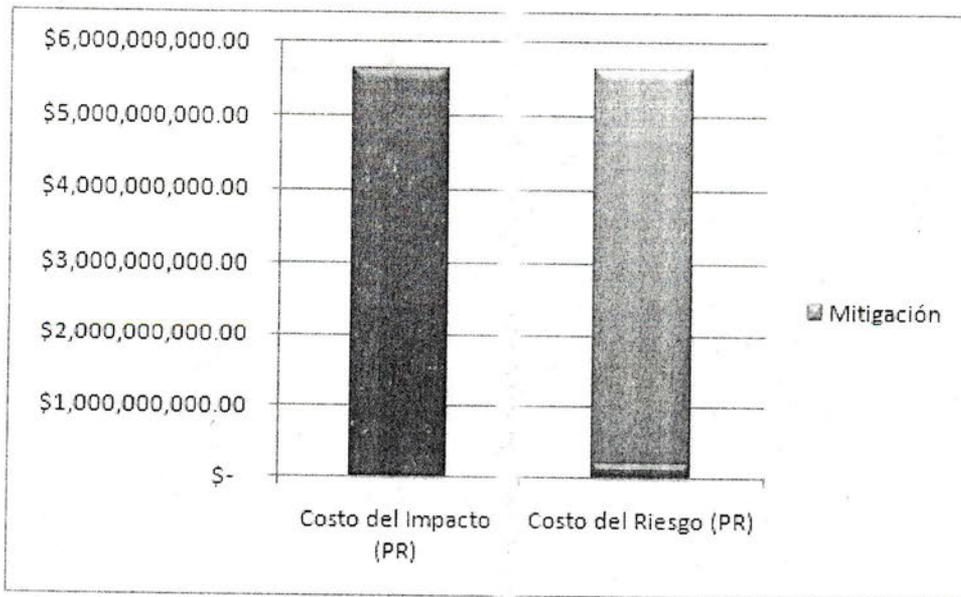
**Mecanismo de Cobertura:** Pólizas de Seguros.

Cuadro No. 72 Variables utilizadas en el riesgo

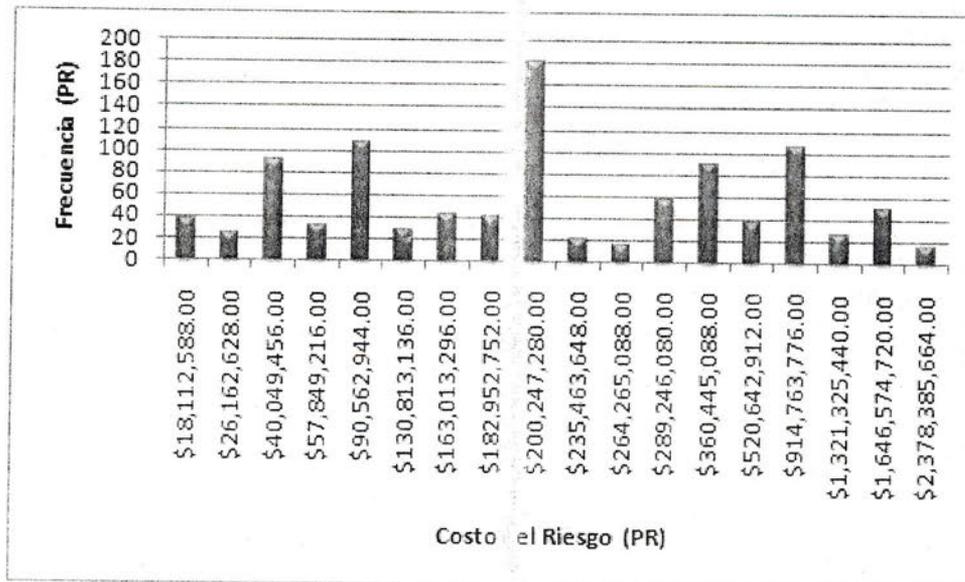
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.1728205368	0.78947368421	1.745636307
Probabilidad de Ocurrencia:	0.225	0.225	0.325
Nivel del Impacto:	0.025	0.125	0.225
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.005625	0.028125	0.073125
Riesgo Neto Residual:	0.03254822	0.035625	0.04189017
Costo del Riesgo:	\$182,952,780.32	\$200,247,288.45	\$235,463,661.90



Cuadro No. 73 Mitigación del riesgo

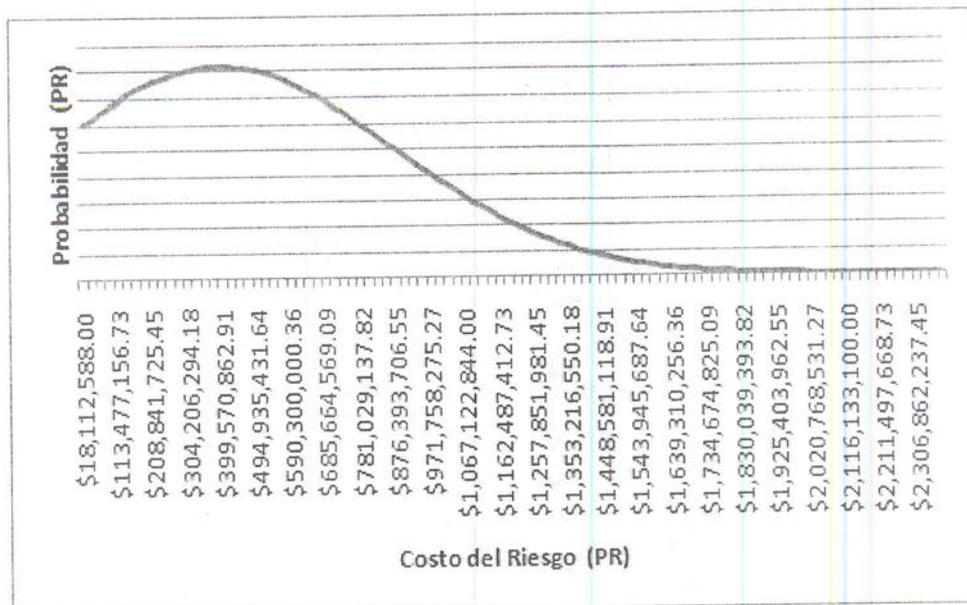


Cuadro No. 74 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 75 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$396,668,268.94  
Error Estándar: \$15,376,401.44  
Mediana: \$200,247,280.00  
Moda: \$200,247,280.00  
Desviación Estándar: \$486,244,507.54  
Varianza: \$236,433,721,109,386,000.00  
Curtosis: 3.89  
Asimetría: 2.04  
Rango: \$2,360,273,076.00  
Mínimo: \$18,112,588.00  
Máximo: \$2,378,385,664.00  
Conteo: 1,000

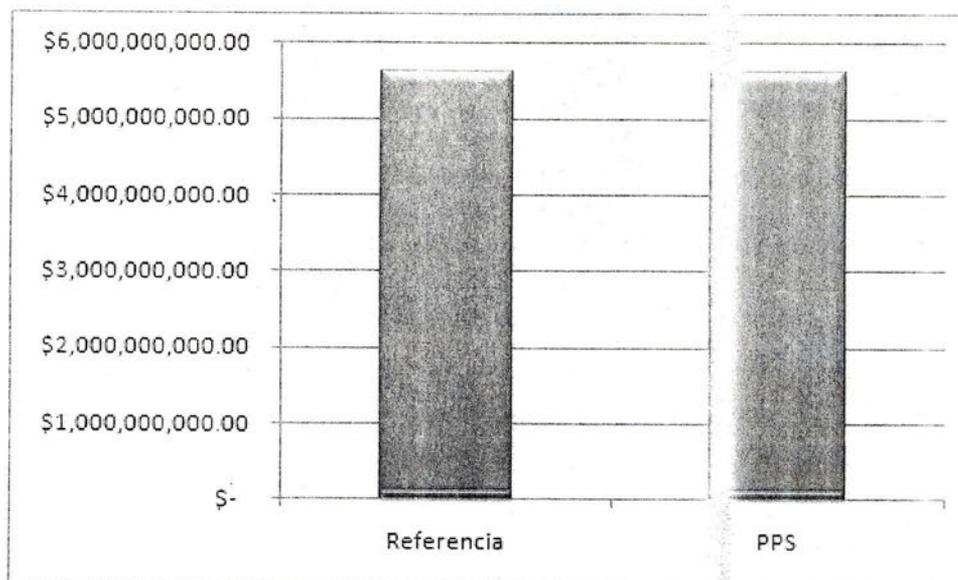


## Riesgo de Siniestros por errores de operación o robo y desastres naturales

Operación de la infraestructura de talleres asociada al proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 76 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** STC

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Compartido (1)

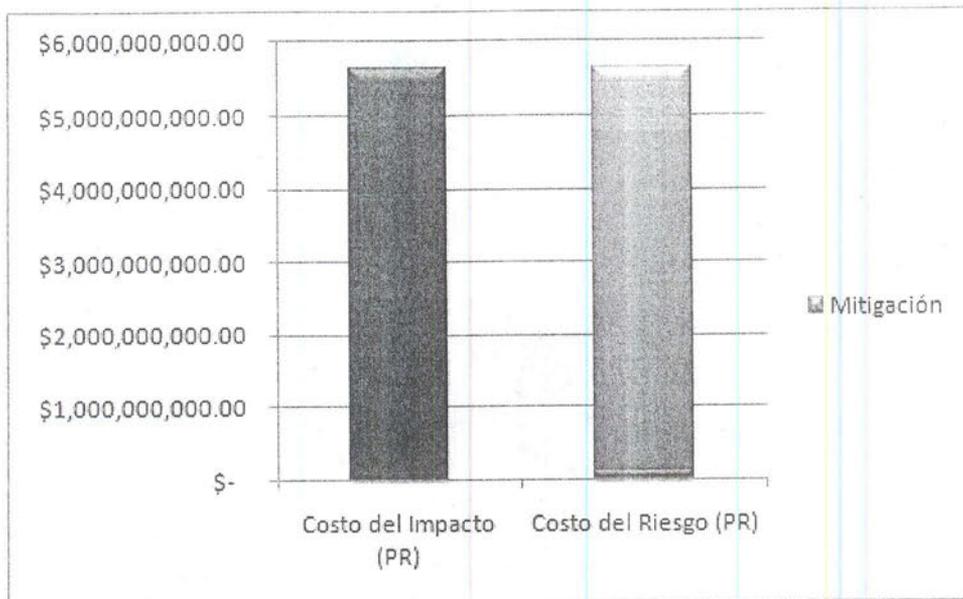
**Mecanismo de Cobertura:** Pólizas de Seguros.

Cuadro No. 77 Variables utilizadas en el riesgo

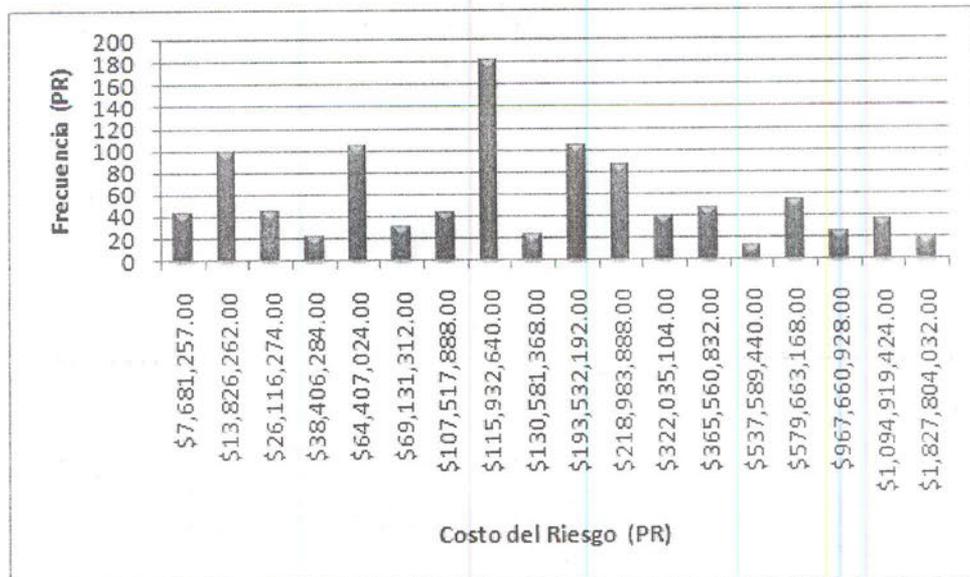
	Min	Me	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.16337330171	0.272727272727	2.2868071383
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.025	0.125
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.425
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.003125	0.005625	0.053125
Riesgo Neto Residual:	0.01912797	0.020625	0.02323108
Costo del Riesgo:	\$107,517,870.21	\$115,964.68	\$130,581,355.17



Cuadro No. 78 Mitigación del riesgo

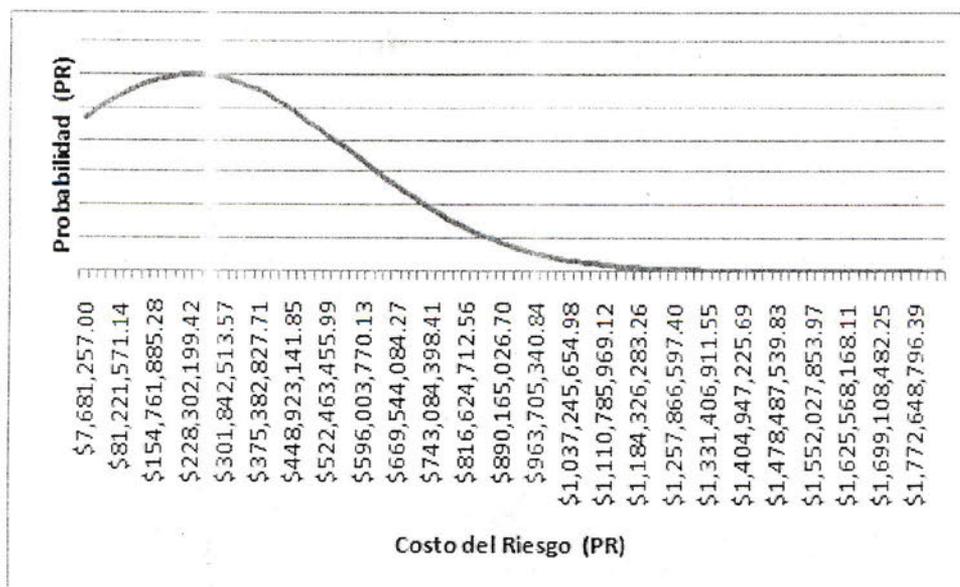


Cuadro No. 79 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 80 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$240,311,042.61

Error Estándar: \$10,492,690.35

Mediana: \$115,932,640.00

Moda: \$115,932,640.00

Desviación Estándar: \$331,808,002.88

Varianza: \$110,096,550,773,583,000.00

Curtosis: 8.72

Asimetría: 2.80

Rango: \$1,820,122,775.00

Mínimo: \$7,681,257.00

Máximo: \$1,827,804,032.00

Conteo: 1,000

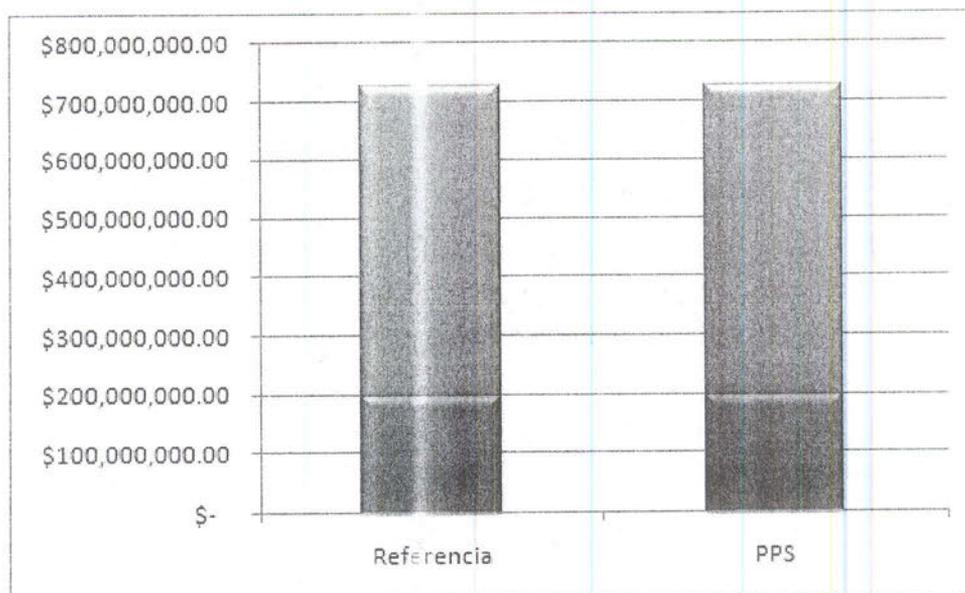


## Riesgo por terminación anticipada del contrato

Operación y mantenimiento de la infraestructura de talleres asociada al proyecto.

Variable Medible:

Cuadro No. 81 Comparativo de Mitigación



Encargado: STC

Responsable: STC

Tipo de Riesgo: Retenable (1)

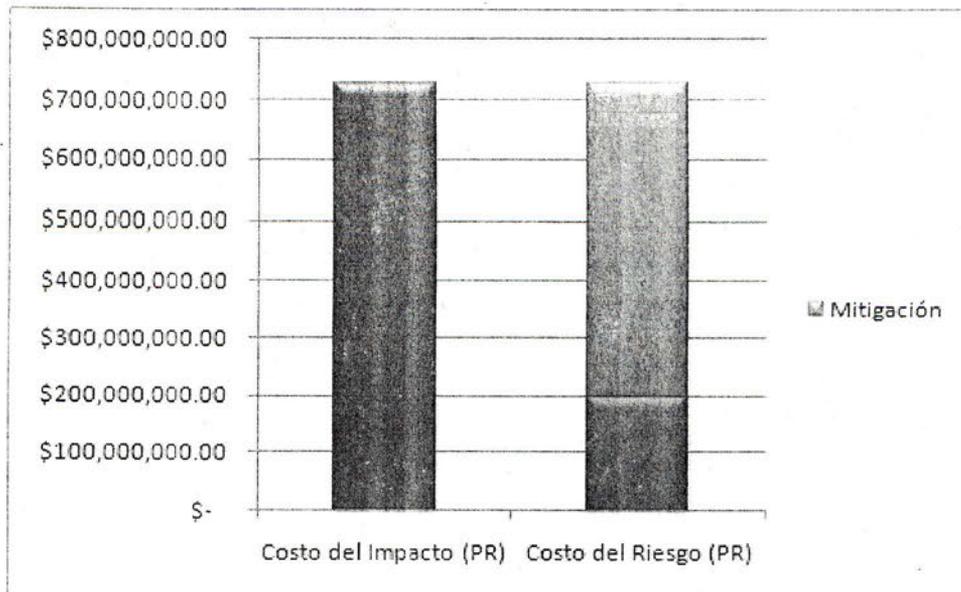
**Esquema de Mitigación:** El esquema de mitigación consiste en una adecuada planeación para el adecuado mantenimiento de instalaciones e infraestructura del taller.

Cuadro No. 82 Variables utilizadas en el riesgo

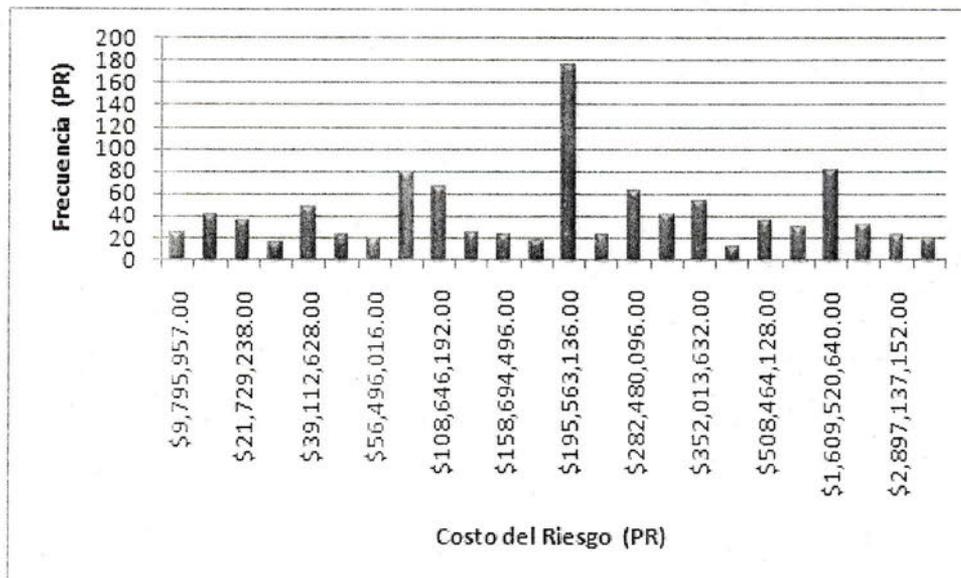
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.01266118162	0.10420385857	0.23114336003
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.003125	0.028125	0.073125
Riesgo Neto Residual:	0.2468174	0.2699036	0.3163621
Costo del Riesgo:	\$178,835,629.40	\$195,563,117.44	\$229,225,392.02



Cuadro No. 83 Mitigación del riesgo

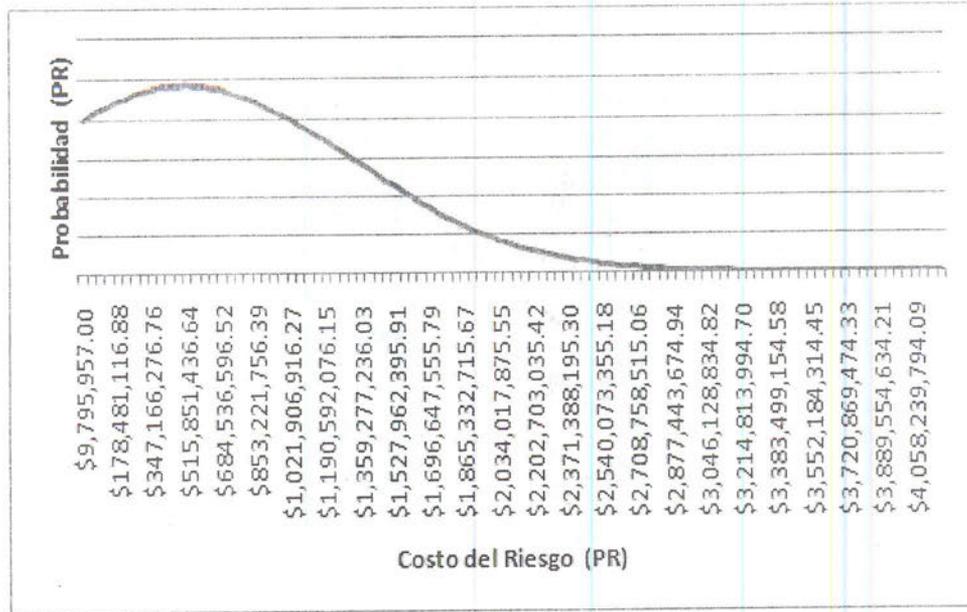


Cuadro No. 84 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 85 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$509,829,054.35  
Error Estándar: \$26,040,086.26  
Mediana: \$195,563,136.00  
Moda: \$195,563,136.00  
Desviación Estándar: \$823,459,830.47  
Varianza: \$678,086,092,399,951,000.00  
Curtosis: 6.78  
Asimetría: 2.59  
Rango: \$4,174,957,707.00  
Mínimo: \$9,795,957.00  
Máximo: \$4,184,753,664.00  
Conteo: 1,000

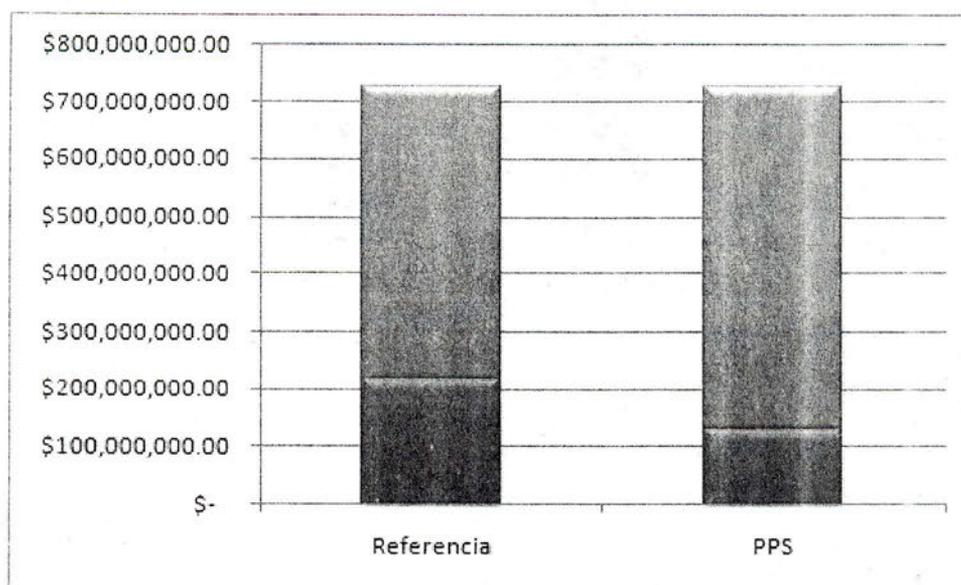


## Riesgos por omisiones e incongruencias en el diseño del proyecto ejecutivo

Contratación y capacitación de personal necesario para efectuar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de talleres.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 86 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** STC

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

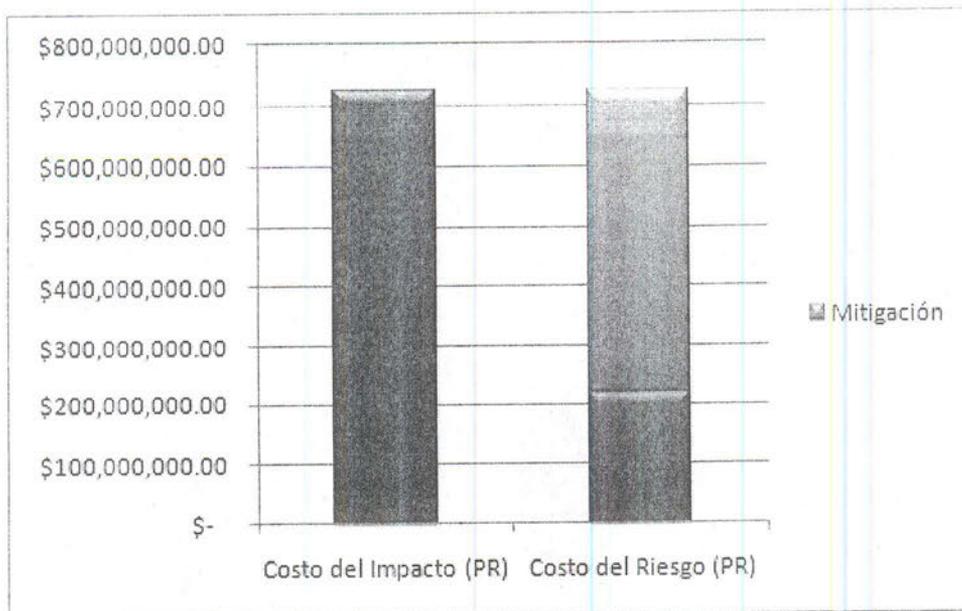
**Esquema de Mitigación:** A través de la adecuada planeación administrativa para implementar programas de capacitación continua.

Cuadro No. 87 Variables utilizadas en el riesgo

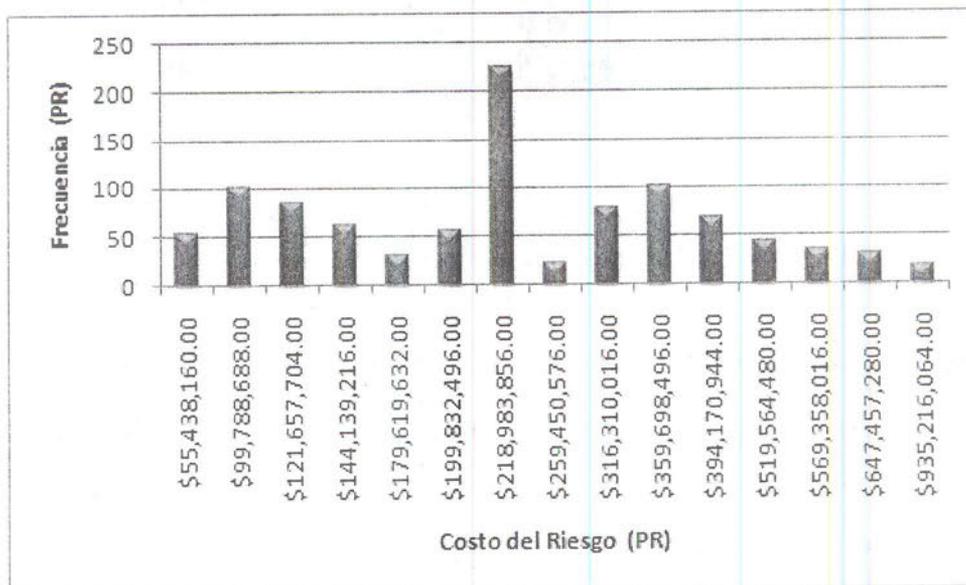
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.05665420897	0.09305906086	0.20421586918
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.225	0.325
Nivel del Impacto:	0.125	0.125	0.225
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.015625	0.028125	0.073125
Riesgo Neto Residual:	0.2757959	0.3022274	0.358077
Costo del Riesgo:	\$199,832,480.86	\$218,983,861.35	\$259,450,612.75



Cuadro No. 88 Mitigación del riesgo

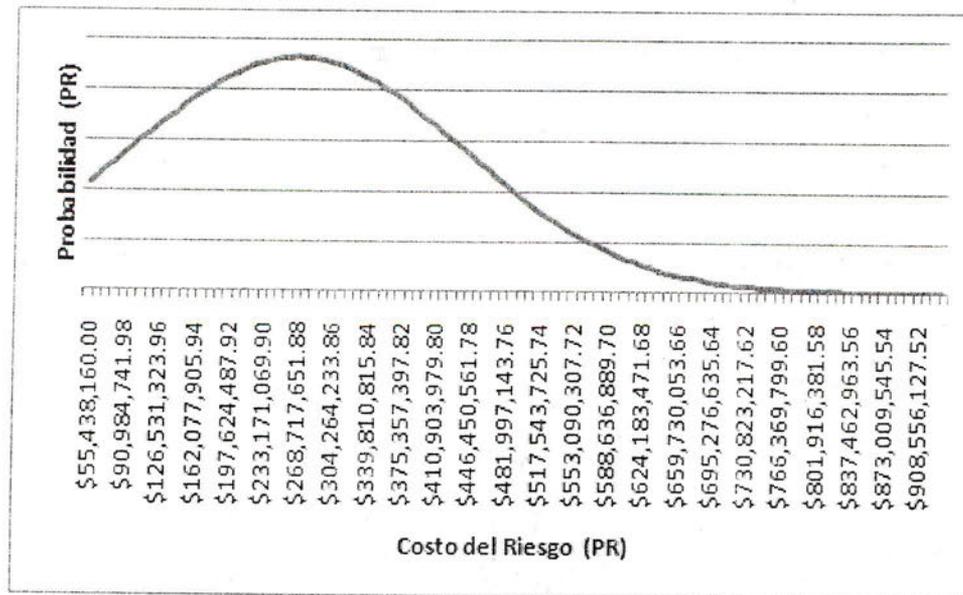


Cuadro No. 89 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 90 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$268,689,786.58  
Error Estándar: \$5,417,170.00  
Mediana: \$218,983,856.00  
Moda: \$218,983,856.00  
Desviación Estándar: \$171,305,956.71  
Varianza: \$29,345,730,805,141,000.00  
Curtosis: 2.72  
Asimetría: 1.47  
Rango: \$879,777,904.00  
Mínimo: \$55,438,160.00  
Máximo: \$935,216,064.00  
Conteo: 1,000

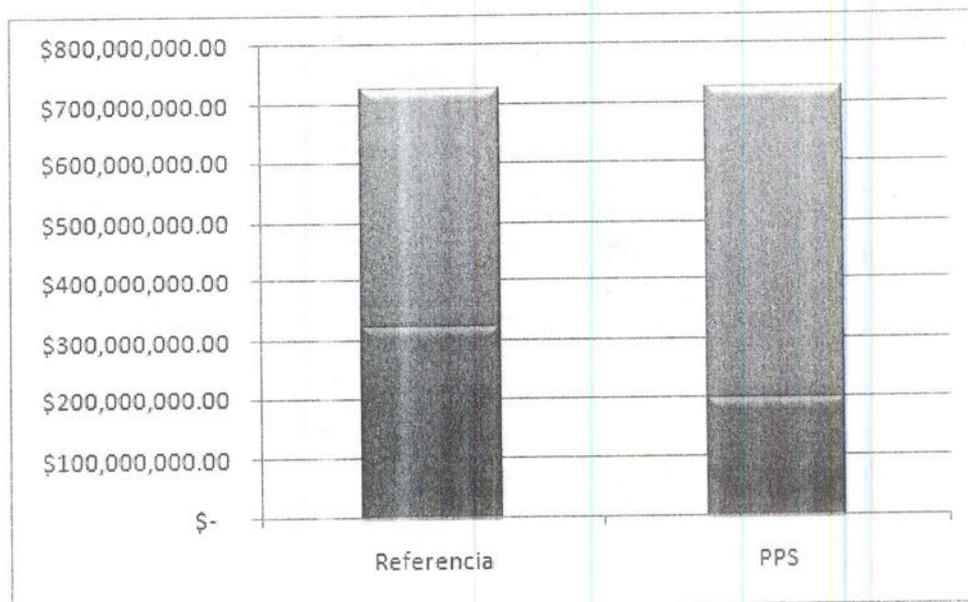


## Riesgo en la obra civil

Adquisición de los insumos necesarios para la operación y mantenimiento del los talleres.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 91 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** STC

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Retenible (1)

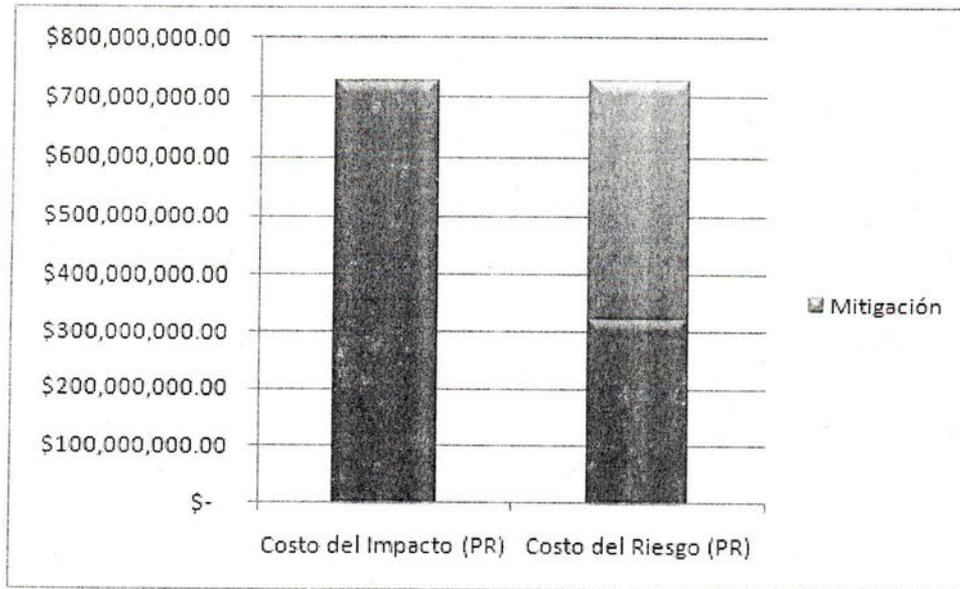
**Esquema de Mitigación:** El esquema de mitigación consiste en una adecuada planeación administrativa.

Cuadro No. 92 Variables utilizadas en el riesgo

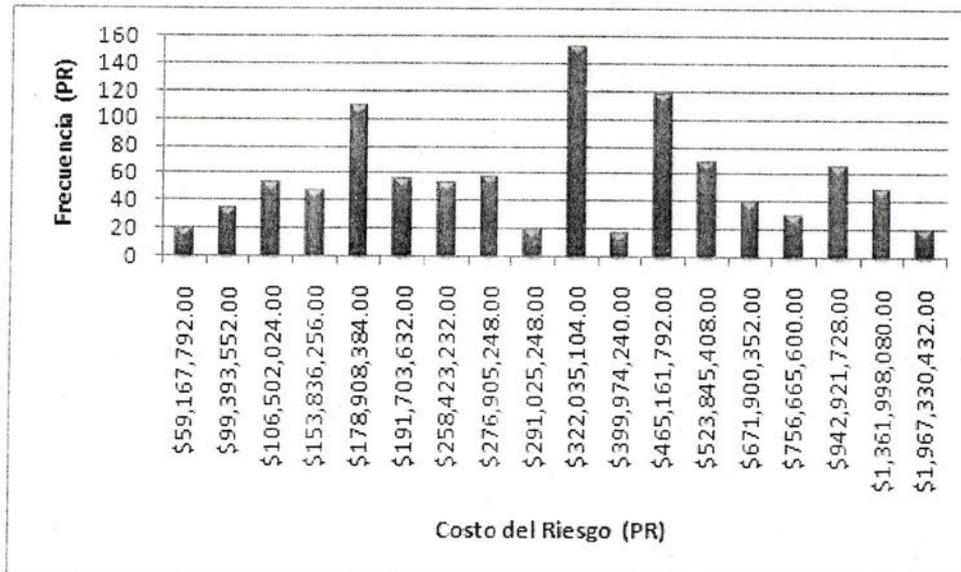
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.03890161571	0.11390429049	0.19134315436
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.225	0.325
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.015625	0.050625	0.105625
Riesgo Neto Residual:	0.4016543	0.4444521	0.5520187
Costo del Riesgo:	\$291,025,266.21	\$322,035,120.06	\$399,974,279.18



Cuadro No. 93 Mitigación del riesgo

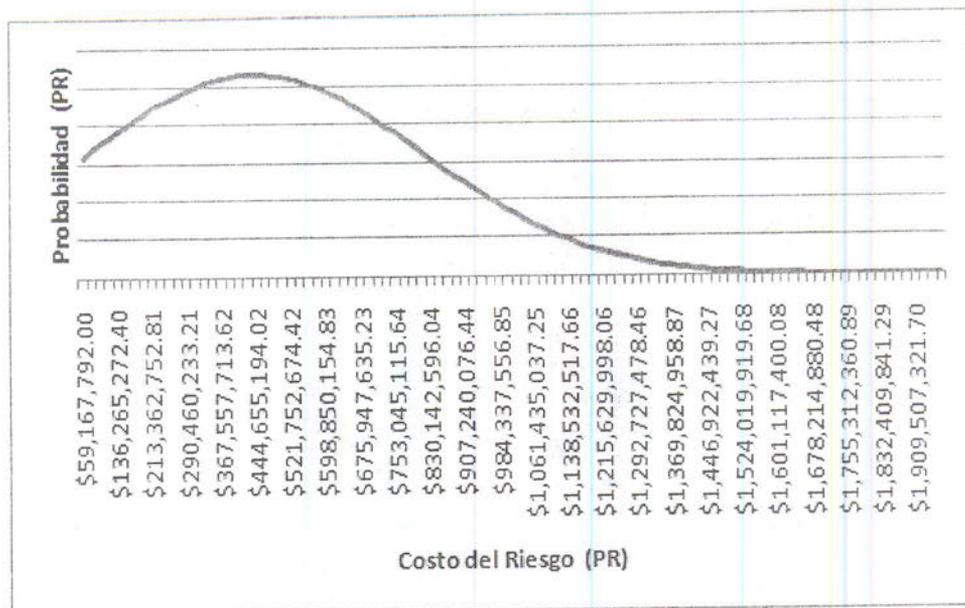


Cuadro No. 94 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 95 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$441,540,961.84  
Error Estándar: \$11,882,976.79  
Mediana: \$322,035,104.00  
Moda: \$322,035,104.00  
Desviación Estándar: \$375,772,720.52  
Varianza: \$141,205,137,485,410,000.00  
Curtosis: 4.33  
Asimetría: 2.00  
Rango: \$1,908,162,640.00  
Mínimo: \$59,167,792.00  
Máximo: \$1,967,330,432.00  
Conteo: 1,000

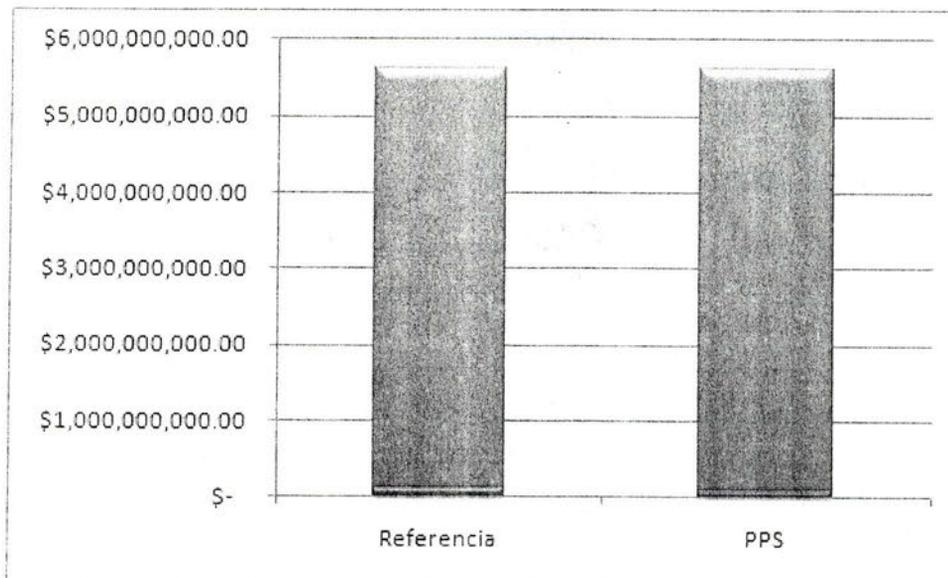


## Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación

Evaluación del Diseño y Supervisión de la fabricación de los trenes.

### Variable Medible:

Cuadro No. 96 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** STC

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

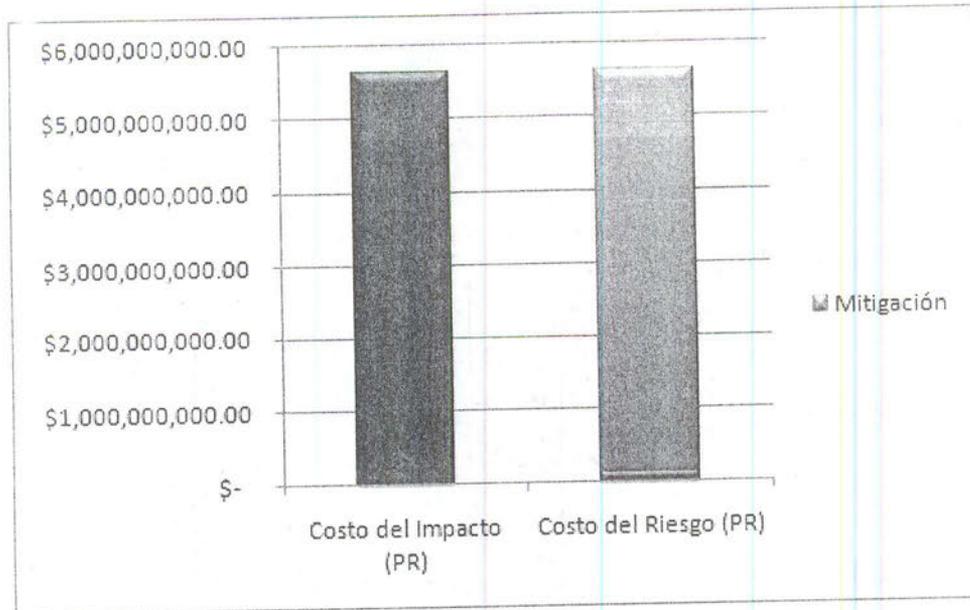
**Esquema de Mitigación:** Los efectos de este riesgo se mitigan mediante la supervisión especializada durante la fabricación. Por otro lado se cuenta con el recurso de reclamación ante vicios ocultos o avería sistemática, para lo cual existen penas convencionales y fianzas.

Cuadro No. 97 Variables utilizadas en el riesgo

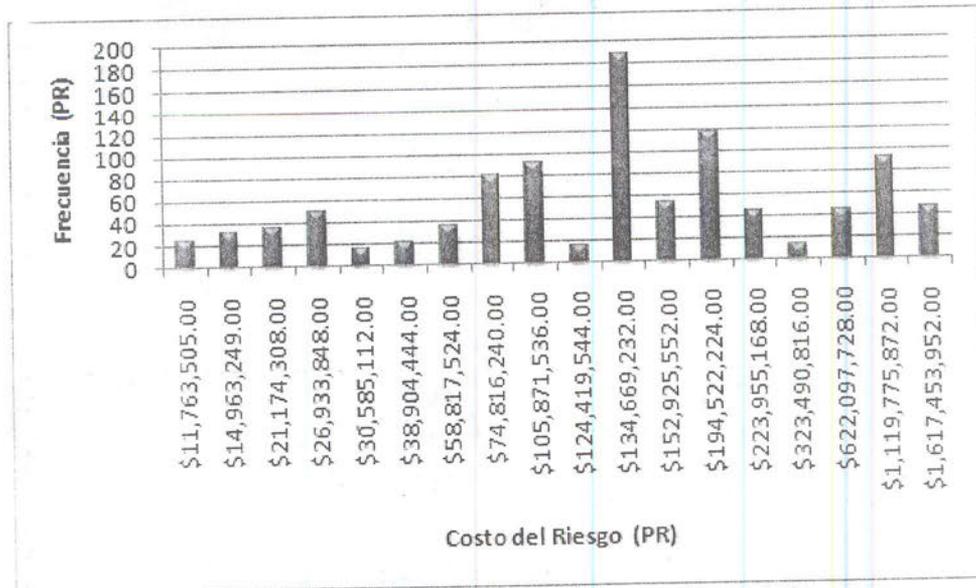
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.14118001075	1.1739130435	1.4932243944
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.125
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.003125	0.028125	0.040625
Riesgo Neto Residual:	0.02213486	0.02395833	0.02720623
Costo del Riesgo:	\$124,419,528.29	\$134,669,210.34	\$152,925,579.97



Cuadro No. 93 Mitigación del riesgo



Cuadro No. 94 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo



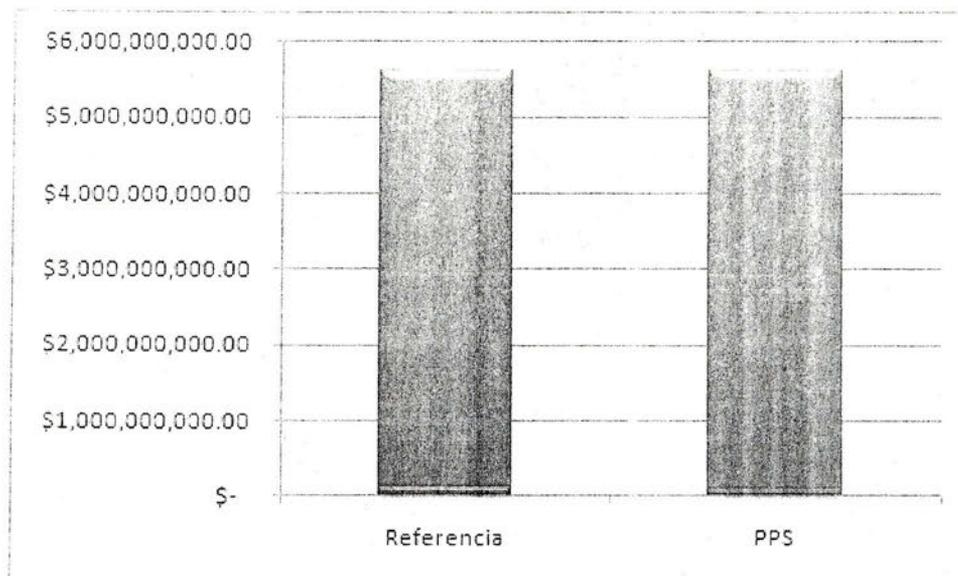


## Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación

Evaluación del Diseño y Supervisión de la fabricación de los trenes.

Variable Medible:

Cuadro No. 96 Comparativo de Mitigación



Encargado: STC

Responsable: STC

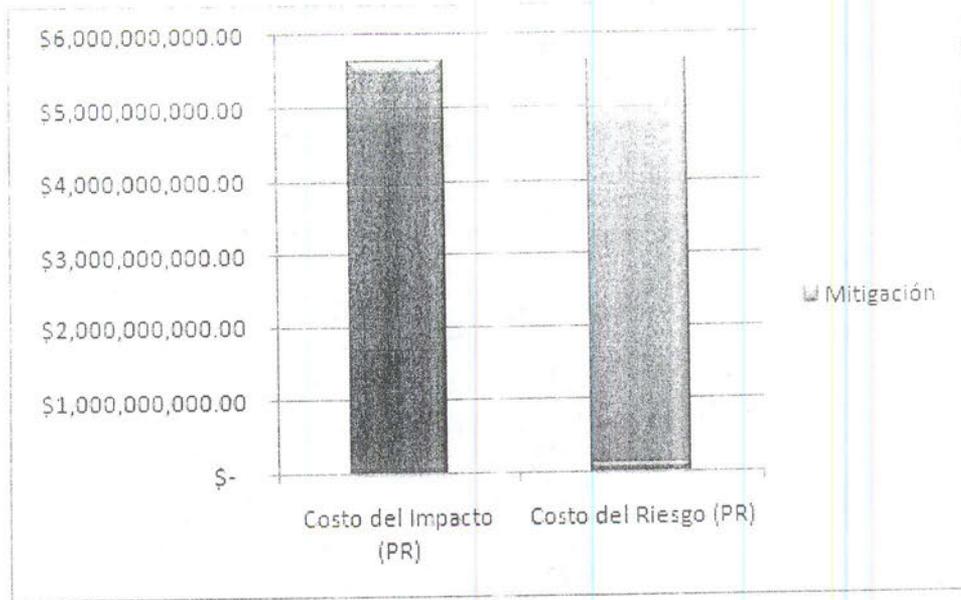
Tipo de Riesgo: Transferible (1)

**Esquema de Mitigación:** Los efectos de este riesgo se mitigan mediante la supervisión especializada durante la fabricación. Por otro lado se cuenta con el recurso de reclamación ante vicios ocultos o avería sistemática, para lo cual existen penas convencionales y fianzas.

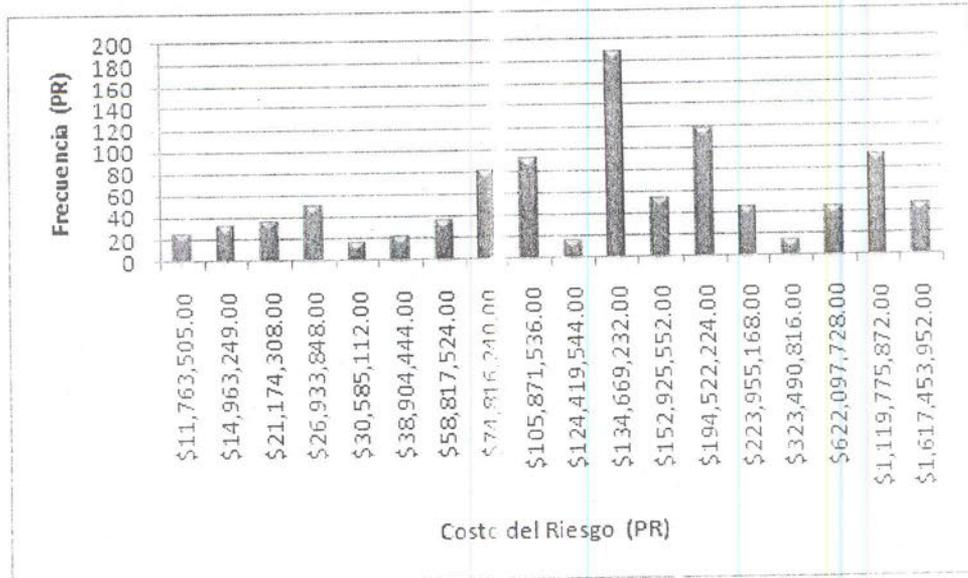
Cuadro No. 97 Variables utilizadas en el riesgo

	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.14118001075	1.1739130435	1.4932243944
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.125
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.003125	0.028125	0.040625
Riesgo Neto Residual:	0.02213486	0.02395833	0.02720623
Costo del Riesgo:	\$124,419,528.29	\$134,669,210.34	\$152,925,579.97

Cuadro No. 98 Mitigación del riesgo

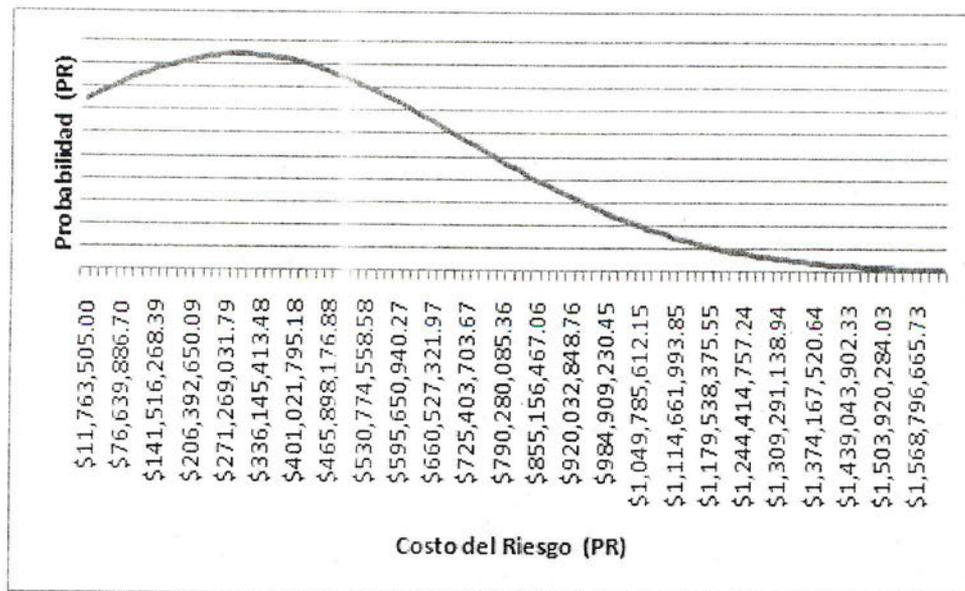


Cuadro No. 99 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 100 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$299,884,747.94

Error Estándar: \$13,342,599.87

Mediana: \$134,669,232.00

Moda: \$134,669,232.00

Desviación Estándar: \$421,930,055.05

Varianza: \$178,024,971,350,669,000.00

Curtosis: 2.79

Asimetría: 2.01

Rango: \$1,605,690,447.00

Mínimo: \$11,763,505.00

Máximo: \$1,617,453,952.00

Conteo: 1,000

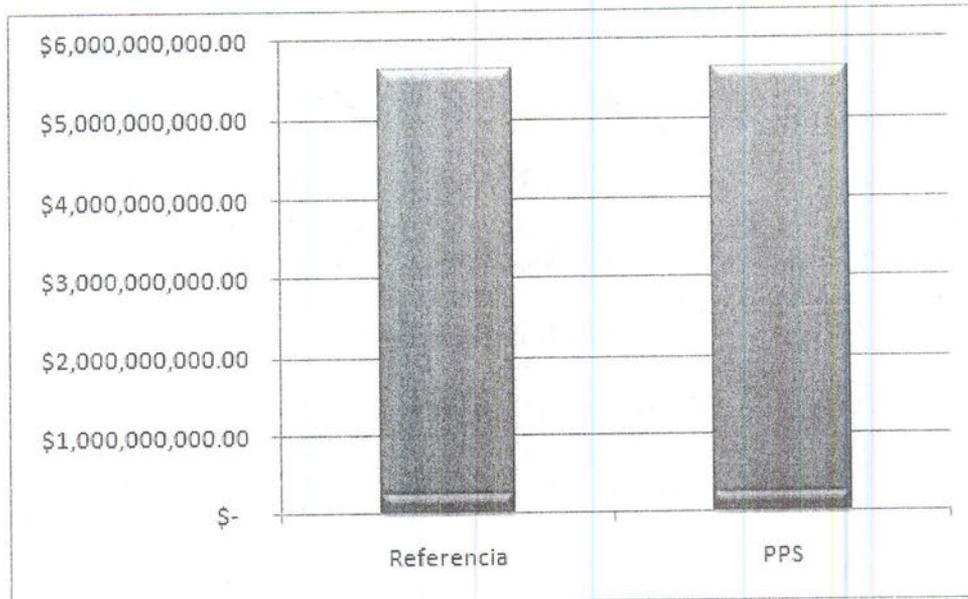


## Riesgos de no contar con la Mano de Obra Adecuada

Entrega de trenes para puesta en servicio.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 101 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Proveedor

**Responsable:** Proveedor

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

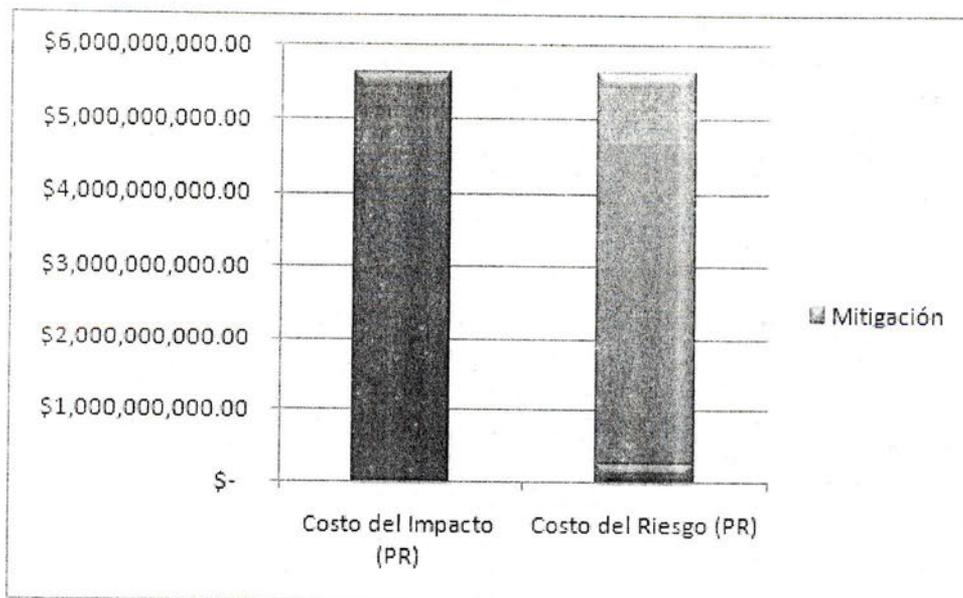
**Esquema de Mitigación:** Existencia de penas convencionales y fianzas de cumplimiento.

Cuadro No. 102 Variables utilizadas en el riesgo

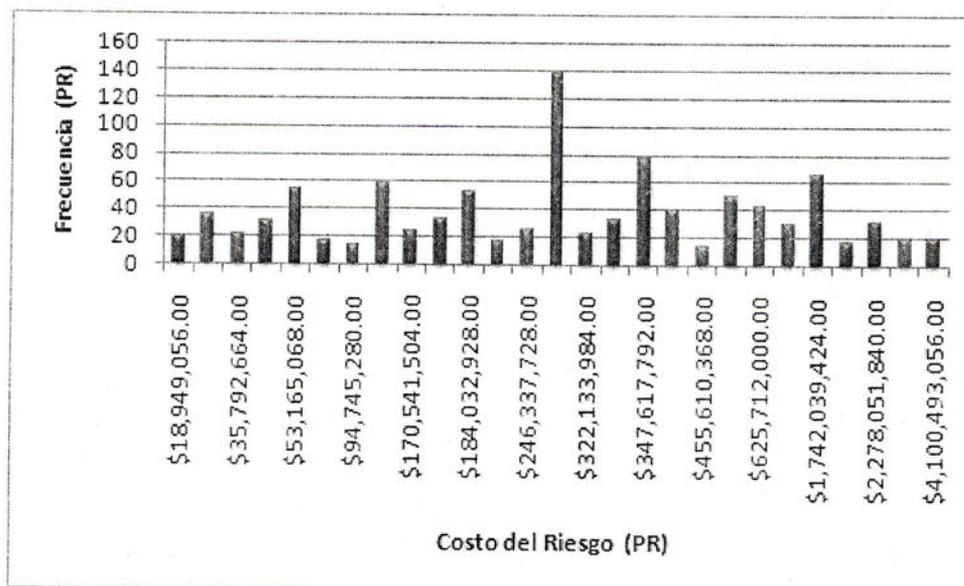
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.13108323629	0.859030837	1.6685786913
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.225	0.325	0.425
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.005625	0.040625	0.095625
Riesgo Neto Residual:	0.04291167	0.04729167	0.05730926
Costo del Riesgo:	\$241,205,489.42	\$265,825,366.56	\$322,134,004.72



Cuadro No. 103 Mitigación del riesgo

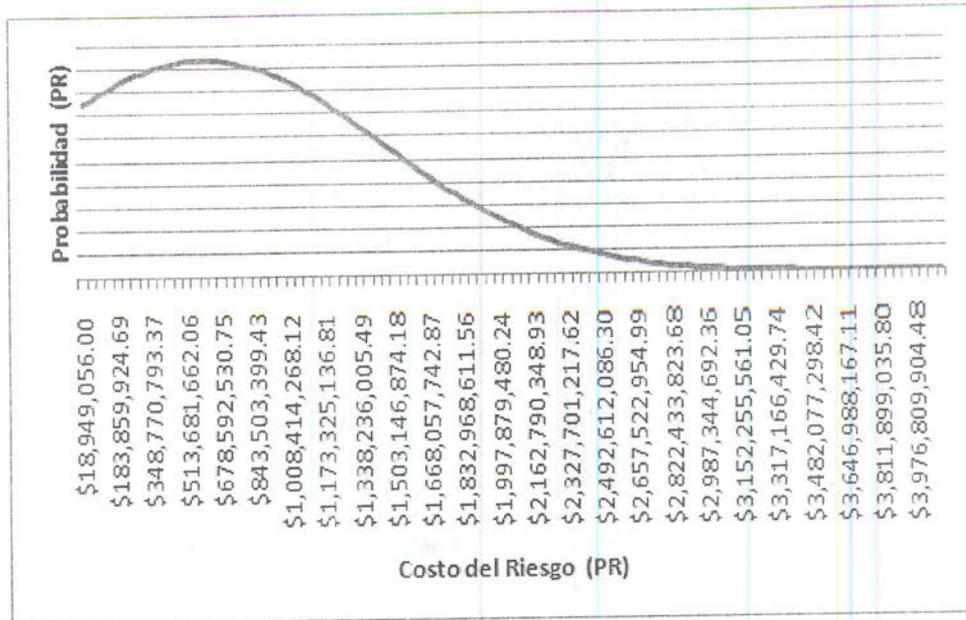


Cuadro No. 104 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 105 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$598,927,662.19  
Error Estándar: \$26,804,531.23  
Mediana: \$265,825,344.00  
Moda: \$265,825,344.00  
Desviación Estándar: \$847,633,703.07  
Varianza: \$718,482,894,578,517,000.00  
Curtosis: 5.36  
Asimetría: 2.36  
Rango: \$4,081,544,000.00  
Mínimo: \$18,949,056.00  
Máximo: \$4,100,493,056.00  
Cuento: 1,000

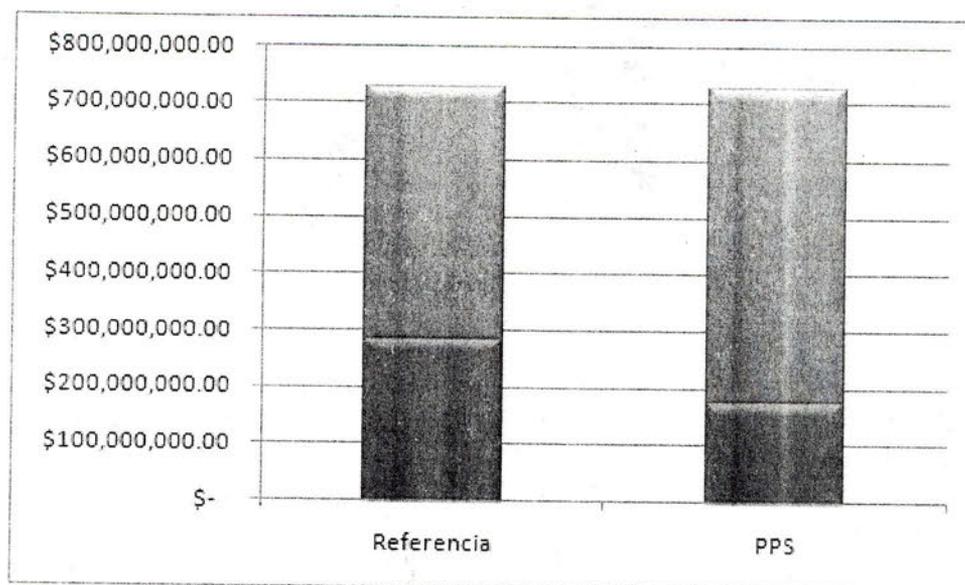


## Riesgo de que el costo de mantenimiento sea mayor de lo programado

Planeación y realización del programa de mantenimiento preventivo y correctivo a lo largo de la vida útil del proyecto.

### Variable Medible:

Cuadro No. 106 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Proveedor

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

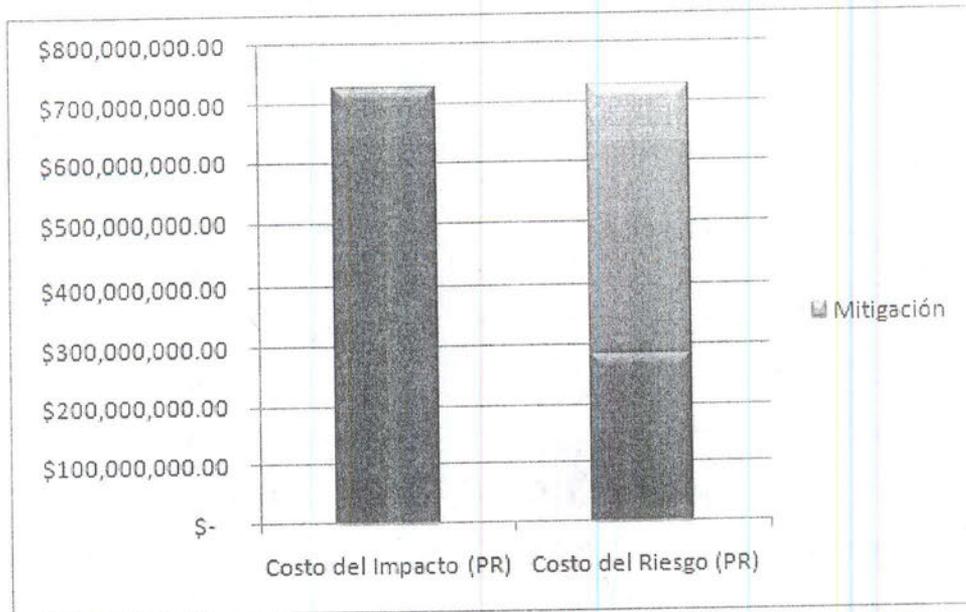
**Esquema de Mitigación:** A través de la adecuada planeación de programas de mantenimiento.

Cuadro No. 107 Variables utilizadas en el riesgo

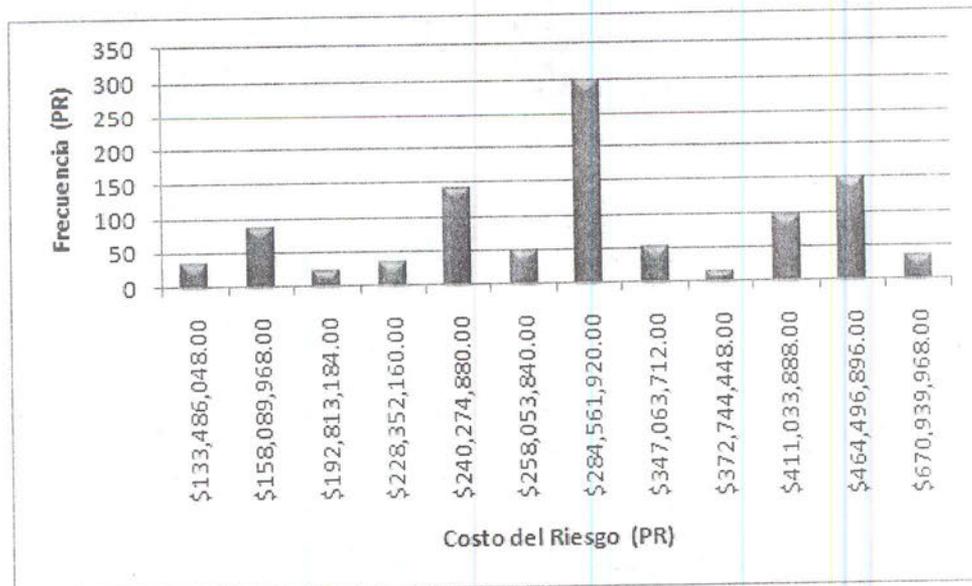
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.07896969485	0.12890403245	0.15266339912
Probabilidad de Ocurrencia:	0.225	0.225	0.325
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.225
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.028125	0.050625	0.073125
Riesgo Neto Residual:	0.3561493	0.392734	0.478995
Costo del Riesgo:	\$258,053,865.84	\$284,561,915.31	\$347,063,749.57



Cuadro No. 108 Mitigación del riesgo

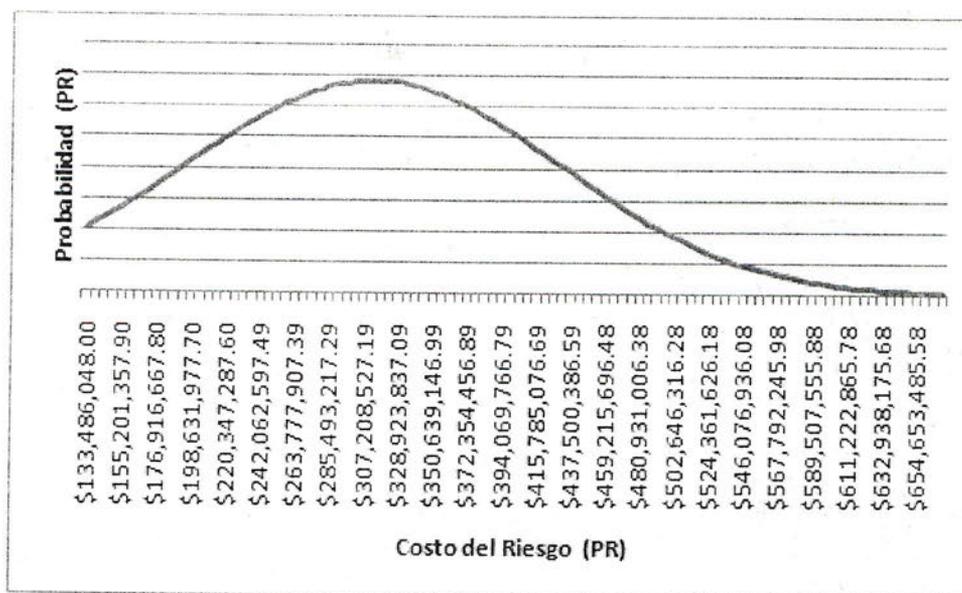


Cuadro No. 109 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 110 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$313,370,806.98  
Error Estándar: \$3,684,121.65  
Mediana: \$284,561,920.00  
Moda: \$284,561,920.00  
Desviación Estándar: \$116,502,155.87  
Varianza: \$13,572,752,321,888,900.00  
Curtosis: 1.02  
Asimetría: 0.96  
Rango: \$537,453,920.00  
Mínimo: \$133,486,048.00  
Máximo: \$670,939,968.00  
Conteo: 1,000

La experiencia demuestra que los presupuestos gubernamentales sufren desviaciones importantes ya que el costo final suele ser más elevado que lo previsto en el presupuesto. Este riesgo de desviaciones de costo se debe a la existencia de diferentes eventos con probabilidades de ocurrencia distintas y que en caso de manifestarse pueden producir impactos de mayor o menor cuantía.

La estimación del impacto potencial del riesgo debe tomarse en cuenta para ajustar el costo base y poder estimar el costo total del PR.

Para poder obtener una estimación del sobre costo por riesgo se realizó un taller de análisis de riesgos, a lo largo de cuatro sesiones, en las que participaron especialistas de la dirección de material rodante del STC, así como especialistas financieros con experiencia en evaluación de proyectos de inversión.



El taller de análisis de riesgos comprende las siguientes tres fases: identificación, asignación y cuantificación de riesgos.

Cuadro No. 111 Riesgos identificados y su probabilidad

Riesgos	Probabilidad del Riesgo
1. Riesgos de Falta de Refacciones o abastecimiento por escasos en el mercado o insuficiencia presupuestal	2.40%
2. Riesgos de Falta de Refacciones por obsolescencia tecnológica	4.73%
3. Riesgos de que la obsolescencia tecnológica motive la renovación del sistema instalado	5.06%
4. Riesgo de modificación adversa de las políticas tarifarias	7.98%
5. Riesgos de afectación al servicio por incumplimiento del contratista.	6.90%
6. Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de construcción	6.90%
7. Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de mantenimiento	6.90%
8. Riesgo de contratación de recursos humanos para su mantenimiento	3.15%
9. Riesgo de Siniestros por errores de operación o robos y desastres naturales	5.48%
10. Riesgo por terminación anticipada del contrato	4.23%
11. Riesgos por omisiones e incongruencias en el diseño del proyecto ejecutivo	3.56%
12. Riesgo en la obra civil	2.06%
13. Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación	3.48%
14. Riesgos de no contar con la Mano de Obra Adecuada	5.73%
15. Riesgo de que el costo de mantenimiento sea mayor de lo programado	3.90%

Cuadro No. 112 Resumen de cuantificación de riesgos del PR

Riesgo cuantificado	Tipo de Riesgo	Riesgos retenibles	Riesgos transferibles	Asegurable
\$ 134,669,229	Transferible	\$ -	\$ 134,669,229	No Asegurable
\$ 265,825,348	Transferible	\$ -	\$ 265,825,348	No Asegurable
\$ 284,561,936	Transferible	\$ -	\$ 284,561,936	No Asegurable
\$ 448,507,085	Transferible	\$ -	\$ 448,507,085	No Asegurable
\$ 387,613,172	Transferible	\$ -	\$ 387,613,172	No Asegurable
\$ 387,613,172	Transferible	\$ -	\$ 387,613,172	No Asegurable
\$ 387,613,172	Compartido	\$ 193,806,586	\$ 193,806,586	No Asegurable
\$ 176,826,553	Transferible	\$ -	\$ 176,826,553	No Asegurable
\$ 307,982,672	Transferible	\$ -	\$ 307,982,672	No Asegurable
\$ 237,720,465	Compartido	\$ 118,860,233	\$ 118,860,233	Asegurable
\$ 200,247,288	Transferible	\$ -	\$ 200,247,288	Asegurable
\$ 115,932,641	Compartido	\$ 57,966,320	\$ 57,966,320	Asegurable
\$ 195,563,141	Retenible	\$ 195,563,141	\$ -	No Asegurable
\$ 322,035,113	Retenible	\$ 322,035,113	\$ -	No Asegurable
\$ 218,983,877	Transferible	\$ -	\$ 218,983,877	No Asegurable
\$ 4,071,694,865		\$ 888,231,394	\$ 3,183,463,472	



Cuadro No. 113 Total de riesgos PR

Riesgos Involucrados	\$4,071,694,865
Riesgos retenibles	\$888,231,394
Riesgos transferibles	\$3,183,463,472

### g) Costo Total

El costo total del Proyecto de Referencia proviene de la suma de su costo base y la cuantificación de los riesgos, tal y como se ha descrito en el inciso anterior y como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro No. 114 Calculo del costo total del PR

Costo base del Proyecto de Referencia en Valor Presente Neto	\$8,914,640,317
Riesgos Involucrados	\$4,071,694,865
Riesgos retenibles	\$888,231,394
Riesgos transferibles	\$3,183,463,472
Interés	\$1,878,001,850
<b>Costo Total del Proyecto de Referencia</b>	<b>\$14,864,337,032</b>

### h) Supuestos Utilizados

Cuadro No. 115 Supuestos utilizados en el modelo

Supuestos	
Aforo diario	443,638
Días por año	365
Tarifa promedio ponderada	\$ 5
Tasa de descuento aplicable al sector público	6.67%
Precio por lote de 30 trenes promedio de 2 ofertas de diferentes proveedores sin IVA	\$ 6,517,074,224
Inversión con IVA de los 30 Trenes	\$ 7,494,635,357
Capital de la empresa para la inversión	20% \$ 1,498,927,071
Deuda para la inversión	80% \$ 5,995,708,286
Período de gracia	2 Años
Tasa real	5.34%
Plazo	15 Años
Pago anual basado en la deuda para la inversión	\$ 590,991,159
ISR	30%
IVA	15%
Impuesto al activo	2%
Margen de utilidad neto de la industria productora de metros (Bombardier, Siemens, Alstom, Ansaldo, CAF y General Electric)	6.52%



## i) Calendario de Inversiones

El programa y presupuesto anual en la fase de inversión inicial, como en la de Operación y Mantenimiento se presentan a continuación:

Cuadro No. 116

Datos Costos	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Total Inversión</b>	<b>\$4,496,781,214</b>	<b>\$2,997,854,143</b>	<b>\$30,000,000</b>	<b>\$30,000,000</b>	<b>\$30,000,000</b>
Inversión en material rodante	\$4,496,781,214	\$2,997,854,143	\$0	\$0	\$0
Inversión en infraestructura para mantenimiento	\$0	\$0	\$30,000,000	\$30,000,000	\$30,000,000
<b>Total operación y mantenimiento</b>	<b>\$3,200,000</b>	<b>\$8,490,516</b>	<b>\$68,113,682</b>	<b>\$57,832,266</b>	<b>\$57,832,266</b>
<b>Gastos de operación</b>	<b>\$3,200,000</b>	<b>\$8,490,516</b>	<b>\$10,570,446</b>	<b>\$10,570,446</b>	<b>\$10,570,446</b>
Seguros	\$0	\$0	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930
Gastos de administración	\$3,200,000	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516
Gastos de supervisión	\$0	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000
<b>Gastos de Mantenimiento Sistemático</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$57,543,236</b>	<b>\$47,061,820</b>	<b>\$47,061,820</b>
Mano de Obra	\$0	\$0	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925
Refacciones	\$0	\$0	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895
Equipo	\$0	\$0	\$10,481,416	\$0	\$0
<b>Gastos de Mantenimiento Mayor</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
Mano de Obra	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Refacciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Equipo	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Flujo de Costos e Ingresos	-\$4,499,981,214	-\$3,006,344,859	\$711,526,409	\$722,007,825	\$722,007,825
Flujo de Costos e Ingresos Acumulados PR	-\$4,499,981,214	-\$7,505,325,873	-\$6,794,799,464	-\$6,072,791,639	-\$5,350,783,814

2014	2015	2016	2017	2018	2019
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$57,832,266	\$57,832,266	\$169,888,790	\$169,888,790	\$169,888,790	\$169,888,790
\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446
\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930
\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516
\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000
\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820
\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925
\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$0	\$0	\$112,256,523	\$112,256,523	\$112,256,523	\$112,256,523
\$0	\$0	\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914
\$0	\$0	\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$752,007,825	\$752,007,825	\$639,751,302	\$639,751,302	\$639,751,302	\$639,751,302
-\$4,589,775,989	-\$3,846,768,164	-\$3,207,016,862	-\$2,567,265,561	-\$1,927,514,259	-\$1,287,762,958



2020	2021	2022	2023	2024	2025
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$200,713,710	\$200,713,710	\$200,713,710	\$200,713,710	\$200,713,710	\$200,713,710
\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446
\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930
\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516
\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000
\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820
\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925
\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$143,081,443	\$143,081,443	\$143,081,443	\$143,081,443	\$143,081,443	\$143,081,443
\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914
\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609
\$30,824,920	\$30,824,920	\$30,824,920	\$30,824,920	\$30,824,920	\$30,824,920
\$608,926,382	\$608,926,382	\$608,926,382	\$608,926,382	\$608,926,382	\$608,926,382
\$678,836,576	\$69,910,194	\$539,016,188	\$1,147,942,570	\$1,756,668,951	\$2,365,795,333

2026	2027	2028	2029	2030	2031
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$200,713,710	\$200,713,710	\$200,713,710	\$200,713,710	\$200,713,710	\$200,713,710
\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446	\$10,570,446
\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930	\$2,079,930
\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516	\$5,490,516
\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000
\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820	\$47,061,820
\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925	\$13,441,925
\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895	\$33,619,895
\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
\$143,081,443	\$143,081,443	\$143,081,443	\$143,081,443	\$143,081,443	\$143,081,443
\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914	\$5,378,914
\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609	\$106,877,609
\$30,824,920	\$30,824,920	\$30,824,920	\$30,824,920	\$30,824,920	\$30,824,920
\$608,926,382	\$608,926,382	\$608,926,382	\$608,926,382	\$608,926,382	\$608,926,382
\$2,974,721,715	\$3,583,648,097	\$4,192,574,479	\$4,801,500,861	\$5,410,427,242	\$6,019,353,624

2032
\$0
\$0
\$0
\$200,713,710
\$10,570,446
\$2,079,930
\$5,490,516
\$3,000,000
\$47,061,820
\$13,441,925
\$33,619,895
\$0
\$143,081,443
\$5,378,914
\$106,877,609
\$30,824,920
\$608,926,382
\$6,628,280,006

j) Fuente de Financiamiento, Calendarización y Distribución entre Recursos Públicos y Privados

La fuente de financiamiento proviene de recursos presupuestarios del STC y serian distribuidos conforme la tabla anterior.



#### iv. Descripción del PPS

##### a) Metas de Provisión de Servicio Públicos

El servicio público que se pretende proporcionar por medio del esquema PPS, así como las acciones a realizarse, son exactamente las mismas, y con el mismo nivel de calidad, que el descrito en el Proyecto de Referencia, pero en este caso el STC presta el servicio público mediante la contratación de unos servicios específicos al Inversionista Proveedor, los cuales se agrupan bajo la denominación de servicio de disponibilidad, fiabilidad y mantenimiento integral (Servicios).

A su vez, los Servicios se concretan en el cumplimiento de una serie de requerimientos específicos de servicio o estándares de calidad previstos en el Contrato PPS como especificaciones técnicas en función del cual el Inversionista Proveedor recibirá un pago periódico.

Dichos requerimientos de servicio y definición de especificaciones técnicas giran en torno a una serie de conceptos con el objeto de asegurar el sostenimiento de unos niveles de calidad óptima durante toda la vida del proyecto.

Para la consecución y, posterior sostenimiento de dichos niveles de calidad será indispensable que el Inversionista Proveedor diseñe, financie, fabrique y mantenga 30 trenes férreos en las condiciones definidas en cuanto a disponibilidad del lote de trenes en operación, fiabilidad y niveles de afectación al servicio.

Los conceptos mencionados son sobre los cuales gira la obligación de prestación de servicio por parte del Inversionista Proveedor, y los cuales son objeto de monitoreo de la STC a los efectos del cálculo de pago periódico que va a realizar en función del desempeño del Inversionista Proveedor se enlistan a continuación:

- Poner a disposición del STC, a partir de la Fecha de Entrega de Cada Tren y hasta el término de la Vigencia del Contrato, un Lote de 30 Trenes nuevos de rodadura férrea que cumplan los lineamientos establecidos en las Especificaciones y Requerimientos Técnicos a fin de que dichos Trenes se encuentren en todo momento en Condiciones para su Operación y puedan por tanto circular en la Línea 12 "Tláhuac-Mixcoac" de la Red del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México para la prestación por parte del STC del servicio de transporte público de personas, durante el Horario de Operación.
- Realizar todas las actividades que se requieran o resulten necesarias para que el Lote de Trenes cumpla en todo momento durante el Plazo de los Servicios, con los Niveles de Calidad en el Servicio y con todos y cada uno de los lineamientos establecidos en las Especificaciones y Requerimientos Técnicos.
- Realizar las actividades que se requieran o resulten necesarias para conservar y mantener durante el servicio, en Óptimo Estado de Mantenimiento y Operación, el Lote de Trenes.
- Mantener al STC oportuna y plenamente informado sobre las Condiciones Operativas de cada uno de los Trenes que integran el Lote de Trenes.



- Proporcionar capacitación al personal designado por el STC para lograr una transferencia efectiva del conocimiento tecnológico sobre los aspectos de diseño y fabricación, así como del Mantenimiento Integral y operación, del Material Rodante.
- Elaborar y diseñar el software para el Sistema de Gestión de Mantenimiento y para la Base de Datos del Sistema de Gestión de Mantenimiento de la Línea 12 y los Expedientes Electrónicos con base en los requerimientos del STC, o, en caso de que ya exista algún software que pueda ser utilizado o adaptado para el Sistema de Gestión de Mantenimiento y los Expedientes Electrónicos requeridos por STC, transmitir al STC las licencias de uso y autorizaciones que se requieran en materia de uso del software correspondiente en cumplimiento del servicio.

## b) Capacidad de Generación de Ingresos

El proyecto, en lo que se refiere a la prestación de servicios del material rodante, no genera ingresos por sí mismo, aunque ya integrado con la infraestructura de la Línea 12 si genera flujos de ingreso para el STC, pero mismo que no es relevante para el presente análisis.

Cuadro No. 117 Estimado de Ingresos

Año	Demanda Estimada	Ingresos Estimados (millones de pesos)		
		Tarifa 3 pesos	Tarifa 4 pesos	Tarifa 5 pesos
2012	360,286	\$394.51	\$526.02	\$657.52
2013	364,486	\$399.11	\$532.15	\$665.19
2014	368,734	\$403.76	\$538.35	\$672.94
2015	373,032	\$408.47	\$544.63	\$680.78
2016	377,380	\$413.23	\$550.98	\$688.72
2017	381,779	\$418.05	\$557.40	\$696.75
2018	386,229	\$422.92	\$563.90	\$704.87
2019	390,732	\$427.85	\$570.47	\$713.08
2020	395,286	\$432.84	\$577.12	\$721.40
2021	398,127	\$435.95	\$581.27	\$726.58
2022	400,988	\$439.08	\$585.44	\$731.80
2023	403,870	\$442.24	\$589.65	\$737.06
2024	406,773	\$445.42	\$593.89	\$742.36
2025	409,697	\$448.62	\$598.16	\$747.70
2026	412,641	\$451.84	\$602.46	\$753.07
2027	415,607	\$455.09	\$606.79	\$758.48
2028	418,594	\$458.36	\$611.15	\$763.93
2029	421,603	\$461.66	\$615.54	\$769.43
2030	424,633	\$464.97	\$619.96	\$774.96



En el Cuadro anterior se muestran distintos escenarios de ingreso, según la tarifa que se establezca, para el año 2012, por ejemplo, varía de 394.5 a 657.5 millones de pesos al año según se cobre o 5 pesos por usuario.

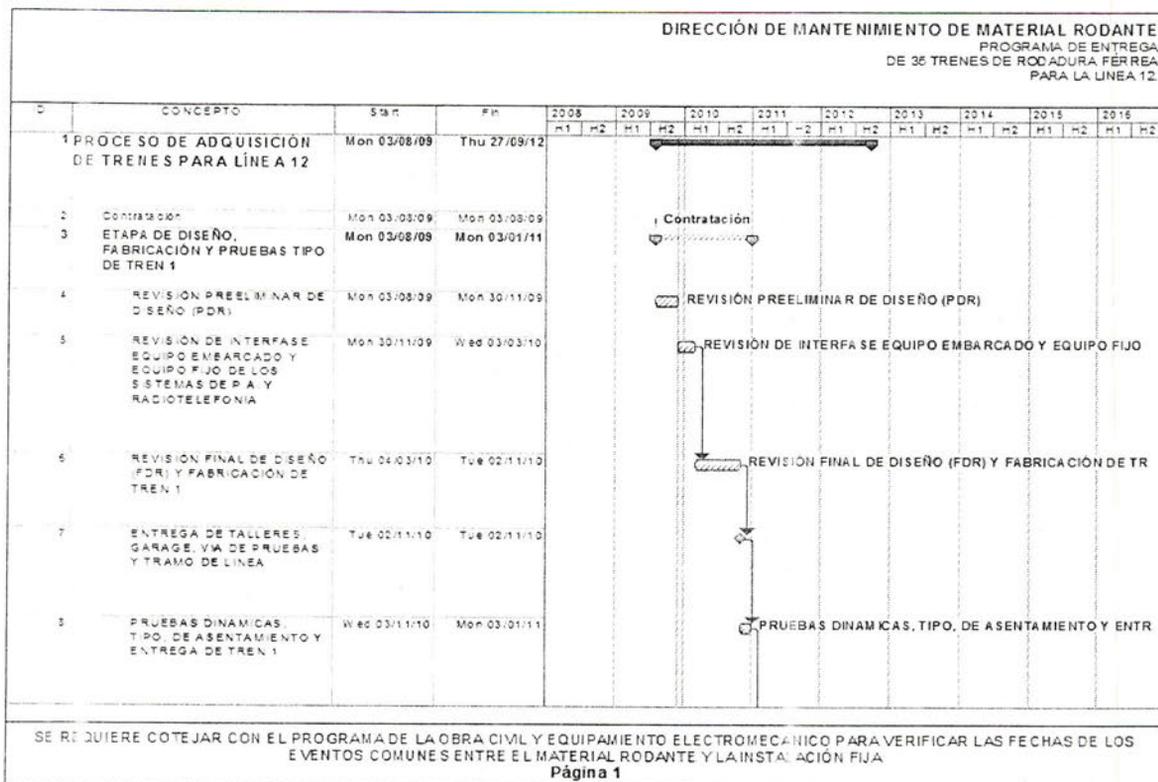


### c) Horizonte de Planeación y Cronograma de Actividades

El horizonte de planeación del proyecto es de 24 años. 2 años para el diseño y fabricación flete, pruebas de puesta a punto, del material rodante, y 22 años para la etapa de operación y mantenimiento de los activos.

Un Cronograma resumido de actividades desde el inicio de la etapa de licitación hasta la puesta en servicio del PPS se muestra en el siguiente cuadro:

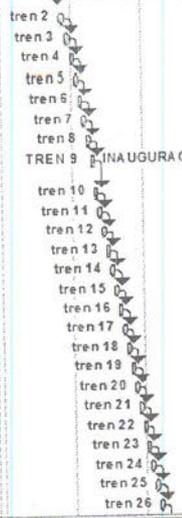
Cuadro No. 118





**DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO DE MATERIAL RODANTE**  
PROGRAMA DE ENTREGA  
DE 35 TRENES DE RODADURA FERREA  
PARA LA LINEA 12.

D.	CONCEPTO	Start	Fin	2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
				H1	H2																
9	PRUEBAS DE RECEPCIÓN DE LINEA	Wed 05/01/11	Fri 29/02/11																		
10	INAUGURACIÓN PRIMERA ETAPA DE LA LINEA 12	Sat 30/04/11	Sat 30/04/11																		
11	FABRICACIÓN DE TRENES DE	Wed 03/11/10	Thu 27/09/12																		
12	tren 2	Wed 03/11/10	Tue 30/11/10																		
13	tren 3	Wed 01/12/10	Mon 27/12/10																		
14	tren 4	Tue 28/12/10	Fri 14/01/11																		
15	tren 5	Mon 17/01/11	Fri 04/02/11																		
16	tren 6	Mon 07/02/11	Wed 23/02/11																		
17	tren 7	Thu 24/02/11	Wed 16/03/11																		
18	tren 8	Thu 17/03/11	Tue 05/04/11																		
19	TREN 9	Wed 06/04/11	Mon 25/04/11																		
20	tren 10	Tue 26/04/11	Wed 11/05/11																		
21	tren 11	Thu 12/05/11	Wed 01/06/11																		
22	tren 12	Thu 02/06/11	Wed 22/06/11																		
23	tren 13	Thu 23/06/11	Tue 12/07/11																		
24	tren 14	Wed 13/07/11	Tue 02/08/11																		
25	tren 15	Wed 03/08/11	Mon 22/08/11																		
26	tren 16	Tue 23/08/11	Fri 09/09/11																		
27	tren 17	Mon 12/09/11	Thu 29/09/11																		
28	tren 18	Fri 30/09/11	Thu 20/10/11																		
29	tren 19	Fri 21/10/11	Wed 09/11/11																		
30	tren 20	Thu 10/11/11	Tue 29/11/11																		
31	tren 21	Wed 30/11/11	Mon 19/12/11																		
32	tren 22	Tue 20/12/11	Thu 05/01/12																		
33	tren 23	Fri 06/01/12	Wed 25/01/12																		
34	tren 24	Thu 26/01/12	Thu 16/02/12																		
35	tren 25	Fri 17/02/12	Fri 09/03/12																		
36	tren 26	Mon 12/03/12	Fri 30/03/12																		



SE REQUIERE COTEJAR CON EL PROGRAMA DE LA OBRA CIVIL Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO PARA VERIFICAR LAS FECHAS DE LOS ENTOS COMUNES ENTRE EL MATERIAL RODANTE Y LA INSTALACIÓN FIJA  
Página 2

**DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO DE MATERIAL RODANTE**  
PROGRAMA DE ENTREGA  
DE 35 TRENES DE RODADURA FERREA  
PARA LA LINEA 12.

ID	CONCEPTO	Start	Fin	2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
				H1	H2																
37	tren 27	Mon 02/04/12	Thu 19/04/12																		
38	tren 28	Fri 20/04/12	Wed 09/05/12																		
39	tren 29	Thu 10/05/12	Wed 30/05/12																		
40	tren 30	Thu 31/05/12	Tue 19/06/12																		
41	tren 31	Wed 20/06/12	Tue 10/07/12																		
42	tren 32	Wed 11/07/12	Tue 31/07/12																		
43	tren 33	Wed 01/08/12	Mon 20/08/12																		
44	tren 34	Tue 21/08/12	Fri 07/09/12																		
45	tren 35	Mon 10/09/12	Thu 27/09/12																		

Pago del Servicio hasta el 2032

SE REQUIERE COTEJAR CON EL PROGRAMA DE LA OBRA CIVIL Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO PARA VERIFICAR LAS FECHAS DE LOS ENTOS COMUNES ENTRE EL MATERIAL RODANTE Y LA INSTALACIÓN FIJA  
Página 3



### d) Costo Base del Proyecto

El proyecto a desarrollar bajo el esquema PPS es exactamente el mismo proyecto que se ha planteado a los efectos de la presentación de los costos del Proyecto de Referencia. Es decir, tiene exactamente las mismas características técnicas y responde a las mismas especificaciones técnicas y mismos niveles de servicio a proveer.

Por lo tanto, el Costo Base del PPS es el mismo Costo Base del Proyecto de Referencia, en sus etapas de diseño, fabricación, flete y mantenimiento sistemático y mantenimiento mayor.

Cuadro No. 119 Costo Base del PPS (millones de pesos)

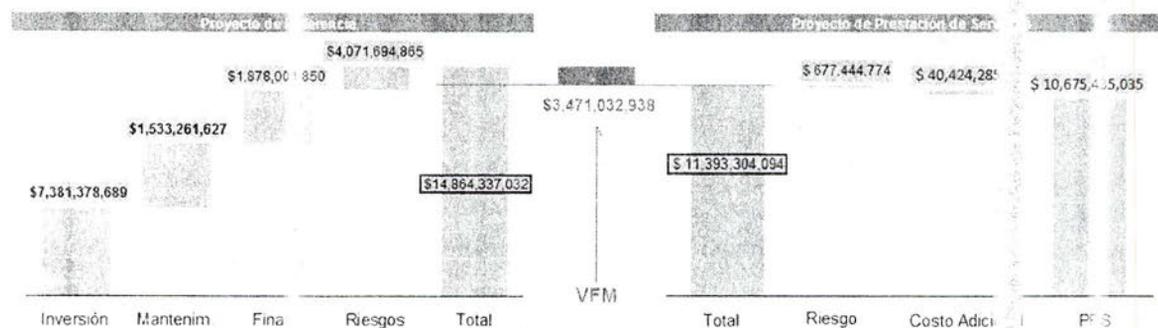
Concepto	Valor Presente
Material Rodante*	\$7,444
Mantenimiento Total	\$1,830
Gastos de operación	\$150
Costo Base Total	\$9,425

\*Incluye costos de diseño, fabricación, flete y pruebas en Millones de pesos.

Además de estos conceptos de costo propios del PPS a añadir al Costo Base del proyecto, En el siguiente cuadro se proporciona la estimación del Costo Base ajustado:

Cuadro No. 120 Costo Base del PPS a cargo del Inversionista Proveedor

### Estructura de Costos del Proyecto de Referencia y el PPS Millones de pesos en Valor Presente





## e) Identificación de los Riesgos Involucrados en el Proyecto

**Riesgos detectados en el estudio y evaluación del esquema financiero más apropiado para equipar de trenes a la línea 12**

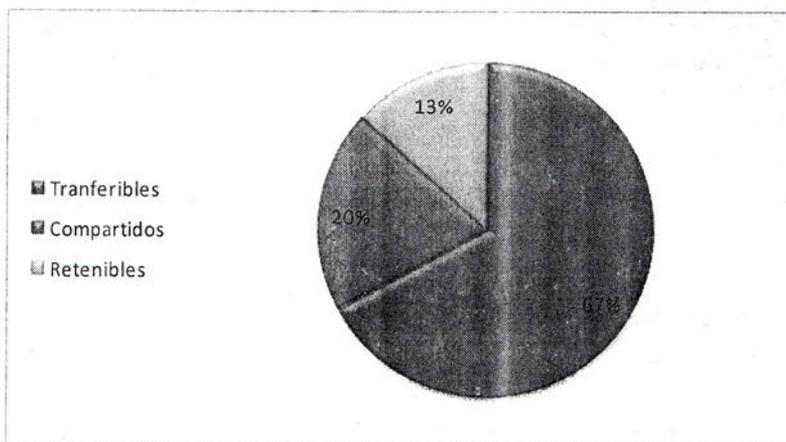
1. Riesgos de Falta de Refacciones o abastecimiento por escases en el mercado o insuficiencia presupuestal
2. Riesgos de Falta de Refacciones por obsolescencia tecnológica
3. Riesgos de que la obsolescencia tecnológica motive la renovación del sistema instalado
4. Riesgo de modificación adversa de las políticas tarifarias
5. Riesgos de afectación al servicio por incumplimiento del contratista.
6. Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de construcción
7. Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de mantenimiento
8. Riesgo de contratación de recursos humanos para su mantenimiento
9. Riesgo de Siniestros por errores de operación o robos y desastres naturales
10. Riesgo por terminación anticipada del contrato
11. Riesgos por omisiones e incongruencias en el diseño del proyecto ejecutivo
12. Riesgo en la obra civil
13. Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación
14. Riesgos de no contar con la Mano de Obra Adecuada
15. Riesgo de que el costo de mantenimiento sea mayor de lo programado



Cuadro No. 121 Matriz de riesgos

Riesgo Detectado	Transferibles			Compartidos			Retenibles		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
1	\$ 291,244,230.22	\$ 322,035,120.06	\$ 399,925,298.48						
2	\$ 290,715,731.39	\$ 322,035,120.06	\$ 399,558,233.07						
3	\$ 124,324,170.02	\$ 134,669,241.25	\$ 152,938,027.23						
4				\$ 199,452,808.00	\$ 218,983,861.35	\$ 259,912,089.18			
5	\$ 81,960,141.14	\$ 87,827,753.43	\$ 96,986,854.14						
6	\$ 278,289,632.61	\$ 307,982,659.22	\$ 379,940,304.19						
7				\$ 216,395,130.02	\$ 237,720,499.95	\$ 284,532,063.17			
8	\$ 120,074,682.07	\$ 129,985,081.98	\$ 147,243,447.23						
9				\$ 107,456,264.30	\$ 115,932,640.68	\$ 130,349,040.21			
10							\$ 179,037,131.35	\$ 195,563,117.44	\$ 229,201,481.32
11	\$ 120,199,647.45	\$ 129,985,063.48	\$ 147,174,607.61						
12							\$ 178,712,453.09	\$ 195,563,117.44	\$ 229,093,738.28
13	\$ 86,352,476.60	\$ 92,511,886.45	\$ 102,432,572.75						
14	\$ 241,218,249.03	\$ 265,825,366.56	\$ 322,651,528.03						
15	\$ 162,082,274.33	\$ 176,826,551.30	\$ 205,283,902.14						
<b>Total</b>	<b>\$ 1,796,461,234.86</b>	<b>\$ 1,969,683,843.79</b>	<b>\$ 2,354,134,774.87</b>	<b>\$ 521,304,202.32</b>	<b>\$ 572,637,001.98</b>	<b>\$ 674,793,192.56</b>	<b>\$ 357,749,584.44</b>	<b>\$ 391,126,234.88</b>	<b>\$ 458,295,219.60</b>

Cuadro No. 122 Distribución de riesgos por tipo de riesgo

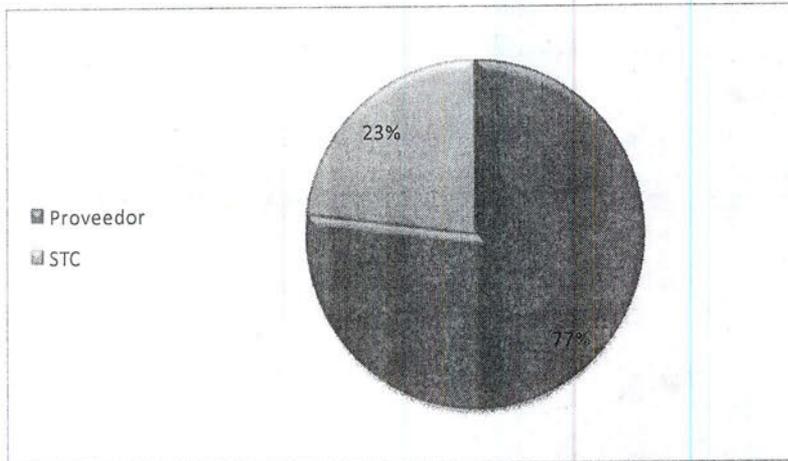




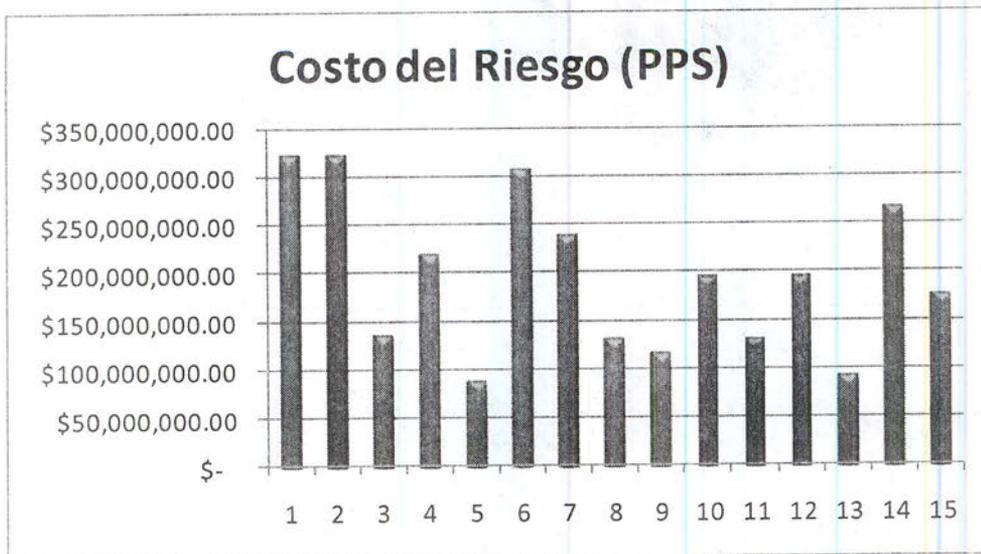
Cuadro No. 123 Matriz de riesgos por entidad

	Proveedor			STC		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Totales	\$ 2,058,113,336.02	\$ 2,256,002,344.78	\$ 2,691,531,371.15	\$ 619,401,685.60	\$ 677,444,735.87	\$ 795,691,815.88

Cuadro No. 124 Distribución de riesgos por entidad

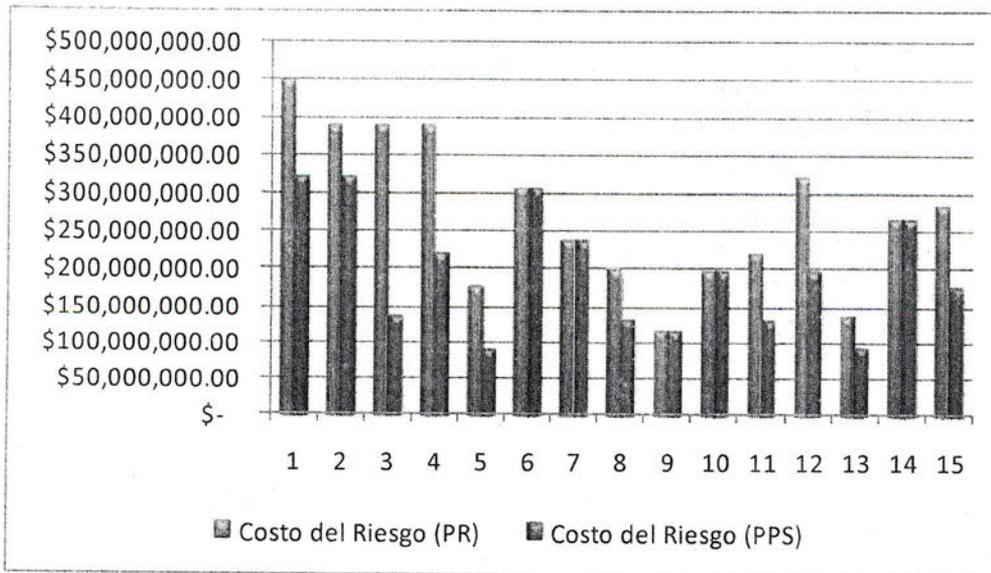


Cuadro No. 125 Costo del riesgo

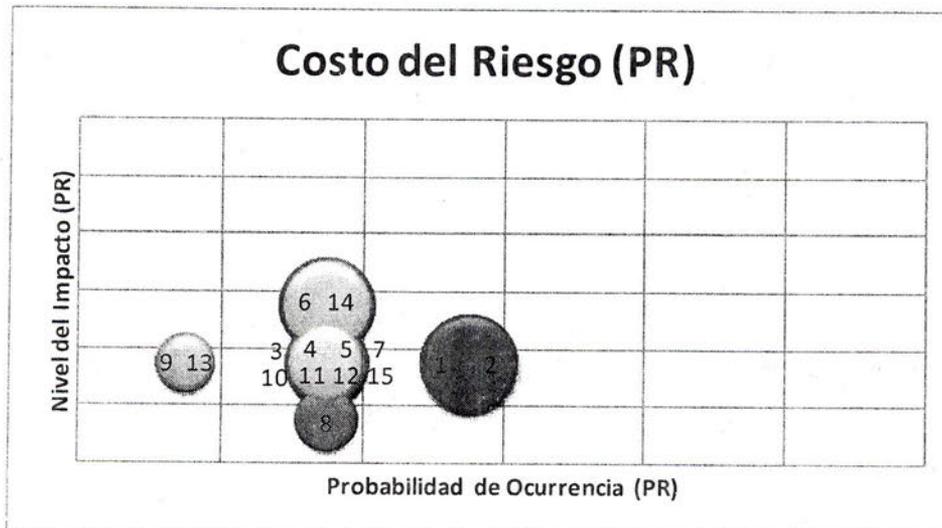




Cuadro No. 126 Comparativo del costo del riesgo

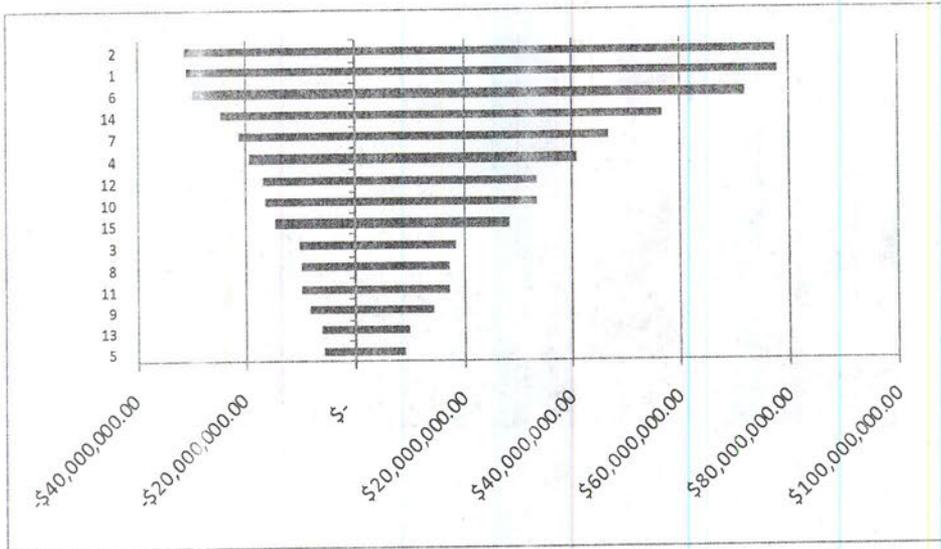


Cuadro No. 127 Grafica de burbuja del costo de los riesgos





Cuadro No. 128 Grafica tornado



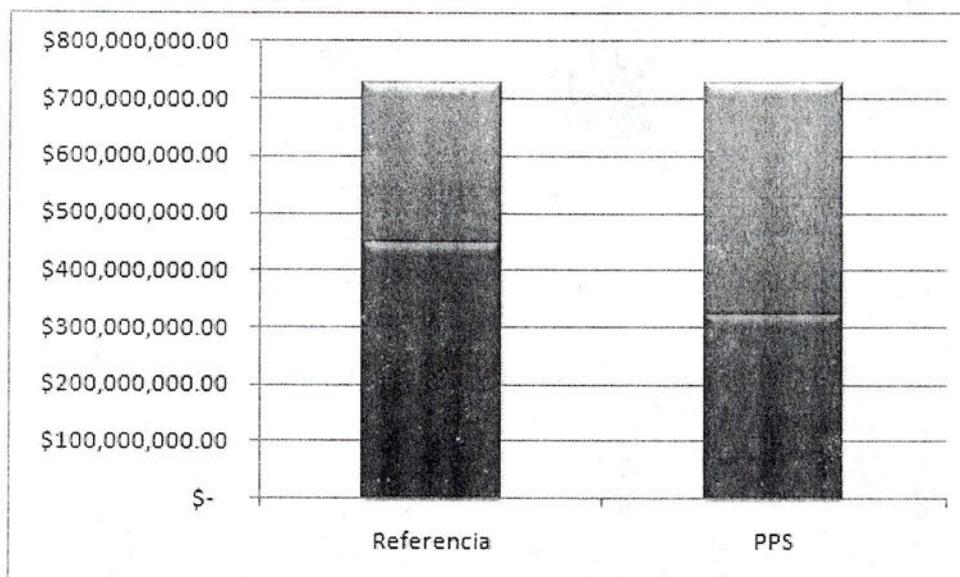


## Riesgos de Falta de Refacciones o abastecimiento por escases en el mercado o insuficiencia presupuestal

Detección de necesidades de abastecimiento para la adquisición de las piezas y refacciones requeridas.

### Variable Medible:

Cuadro No. 129 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

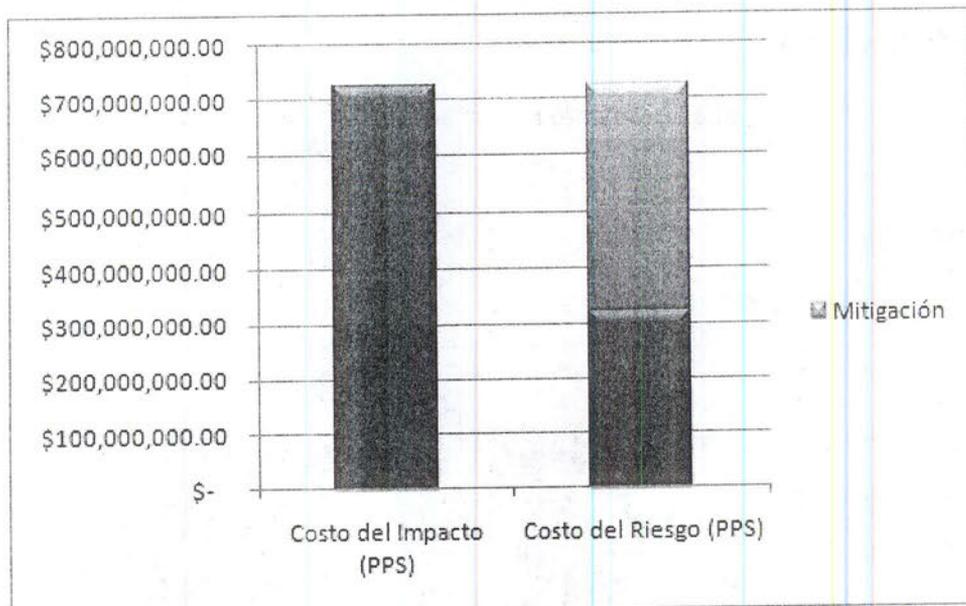
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 130 Variables utilizadas en el riesgo

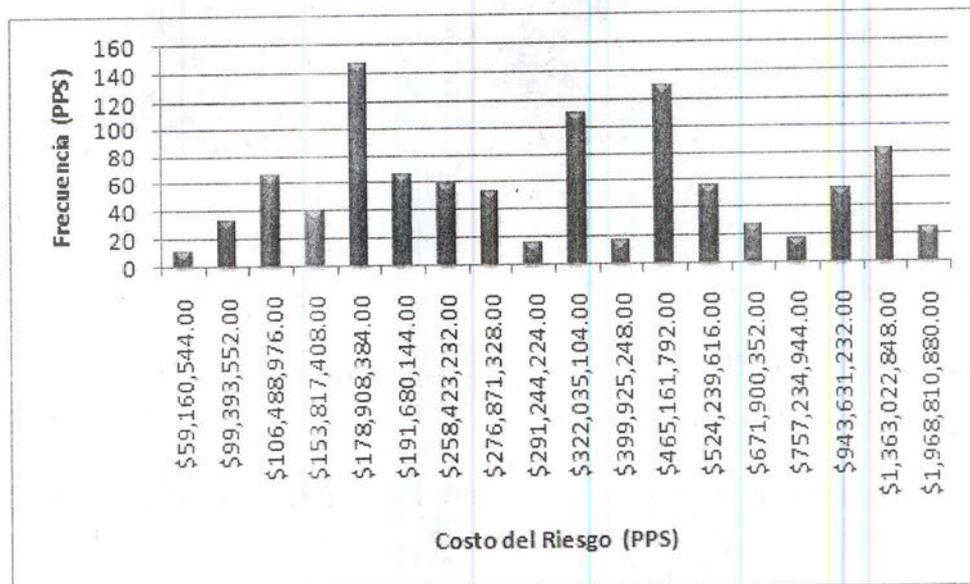
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.03887236341	0.11390429049	0.19136659151
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.225	0.325
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.015625	0.050625	0.105625
Riesgo Neto Residual:	0.4019565	0.4444521	0.5519511
Costo del Riesgo:	\$291,244,230.22	\$322,035,120.06	\$399,925,298.48



Cuadro No. 131 Mitigación del riesgo

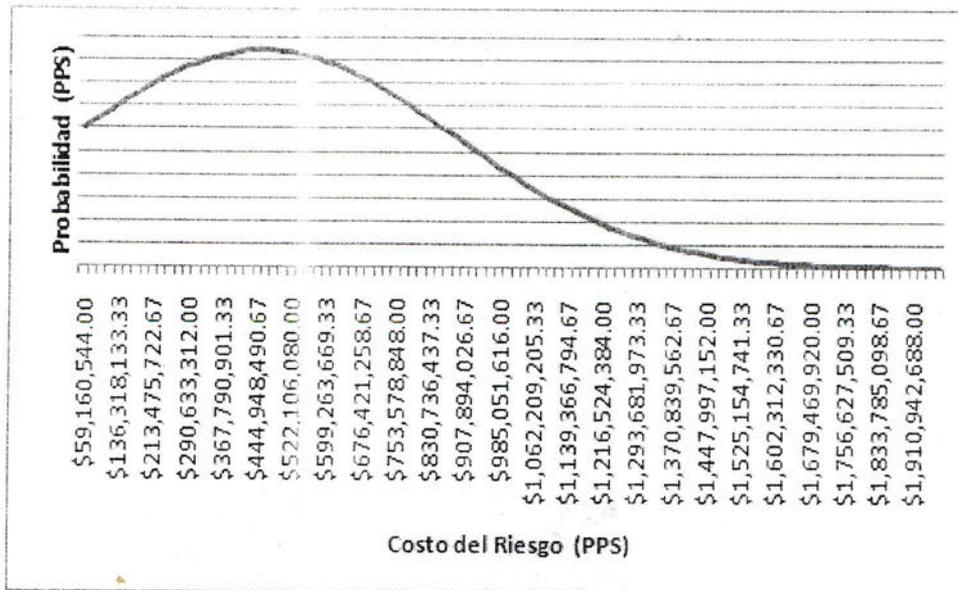


Cuadro No. 132 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 133 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$460,304,260.19

Error Estándar: \$13,330,064.77

Mediana: \$322,035,104.00

Moda: \$178,908,384.00

Desviación Estándar: \$421,533,660.32

Varianza: \$177,690,626,784,681,000.00

Cúrtosis: 2.91

Asimetría: 1.84

Rango: \$1,909,650,336.00

Mínimo: \$59,160,544.00

Máximo: \$1,968,810,880.00

Suma: \$460,304,260,192.00

Conteo: 1,000

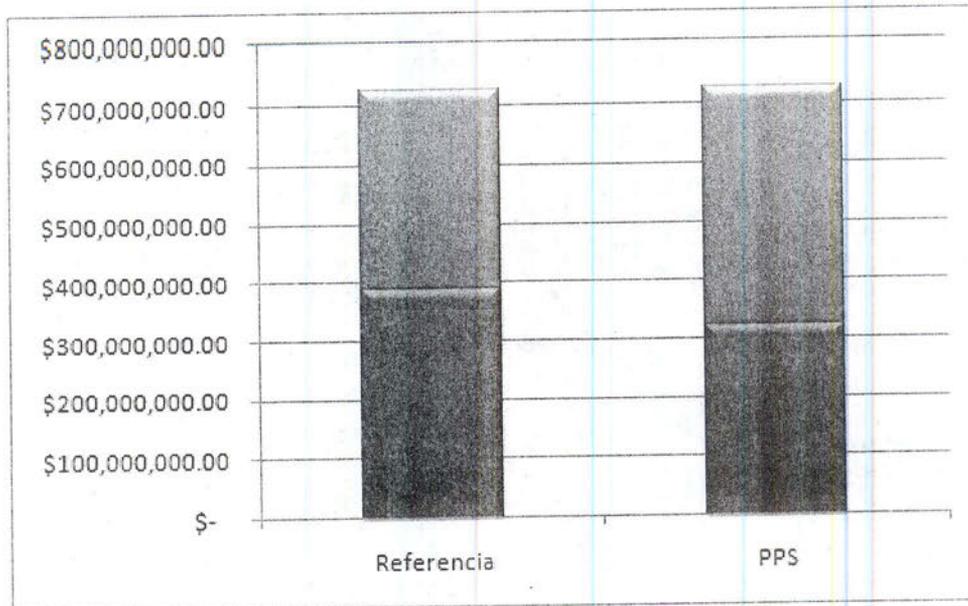


## Riesgos de Falta de Refacciones por obsolescencia tecnológica

Detección de necesidades de abastecimiento y adquisición de piezas y refacciones obsoletas.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 134 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

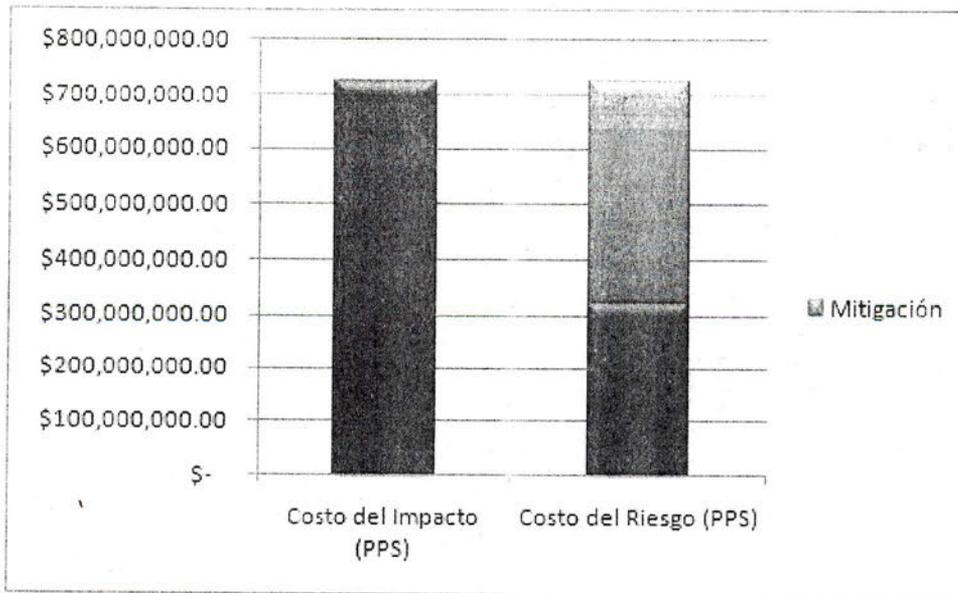
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 135 Variables utilizadas en el riesgo

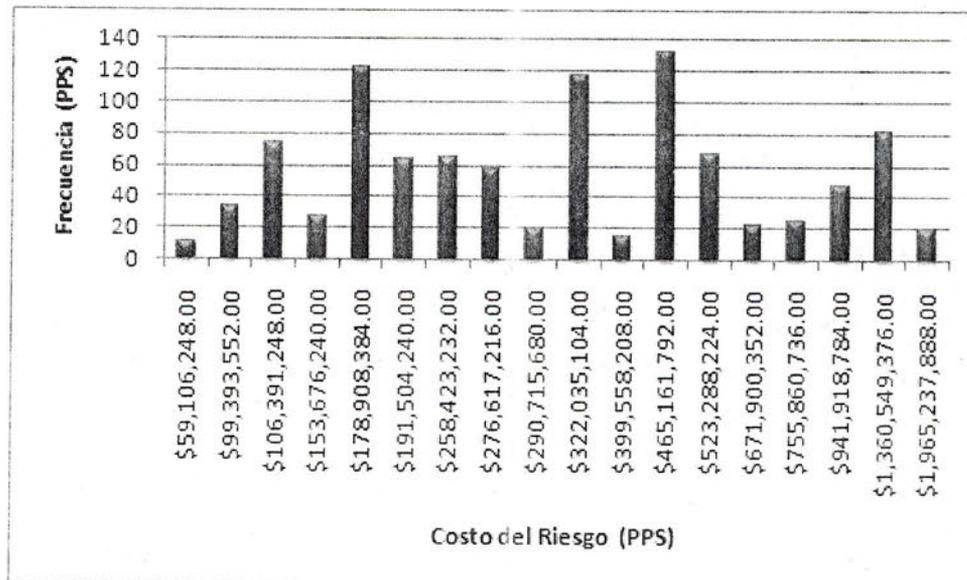
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.03894303647	0.11390429049	0.19154238565
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.225	0.325
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.015625	0.050625	0.105625
Riesgo Neto Residual:	0.4012271	0.4444521	0.5514445
Costo del Riesgo:	\$290,715,731.39	\$322,035,120.06	\$399,558,233.07



Cuadro No. 136 Mitigación del riesgo

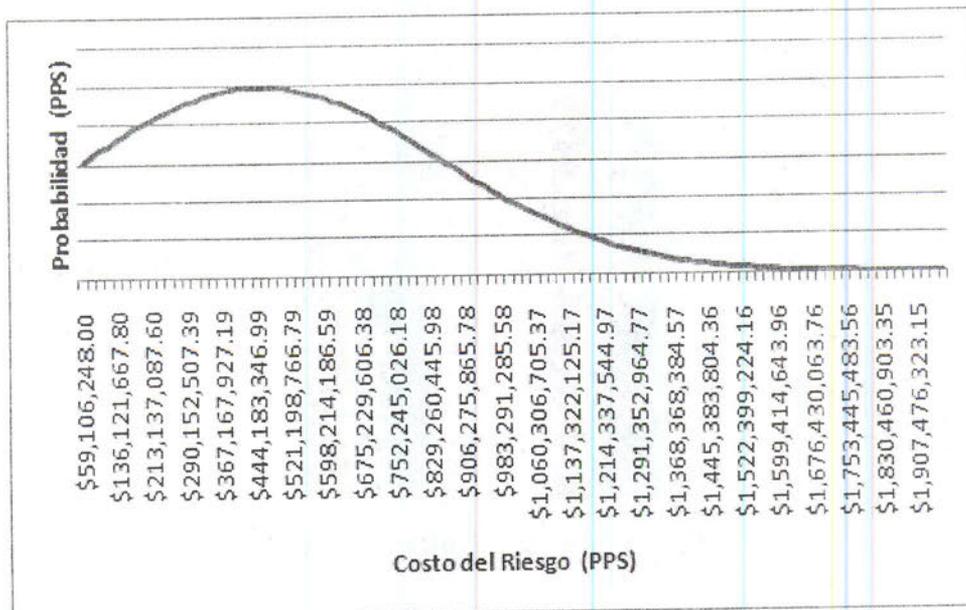


Cuadro No. 137 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 138 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

- Media: \$455,382,408.15
- Error Estándar: \$12,768,027.17
- Mediana: \$322,035,104.00
- Moda: \$465,161,792.00
- Desviación Estándar: \$403,760,470.96
- Varianza: \$163,022,517,912,799,000.00
- Curtosis: 3.03
- Asimetría: 1.84
- Rango: \$1,906,131,640.00
- Mínimo: \$59,106,248.00
- Máximo: \$1,965,237,888.00
- Suma: \$455,382,408,152.00
- Conteo: 1,000

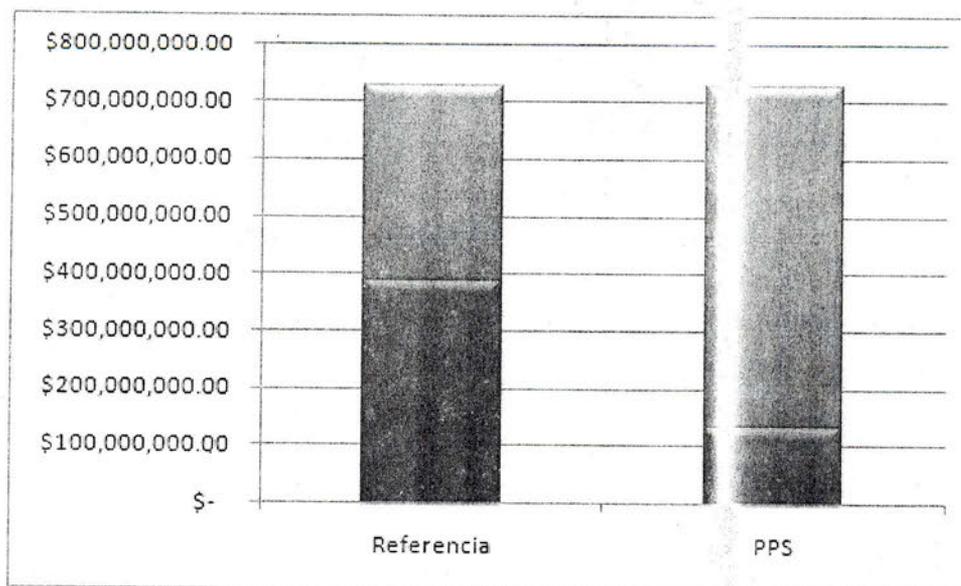


## Riesgos de que la obsolescencia tecnológica motive la renovación del sistema instalado

Adquisición de los insumos necesarios para el mantenimiento del los enes.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 139 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

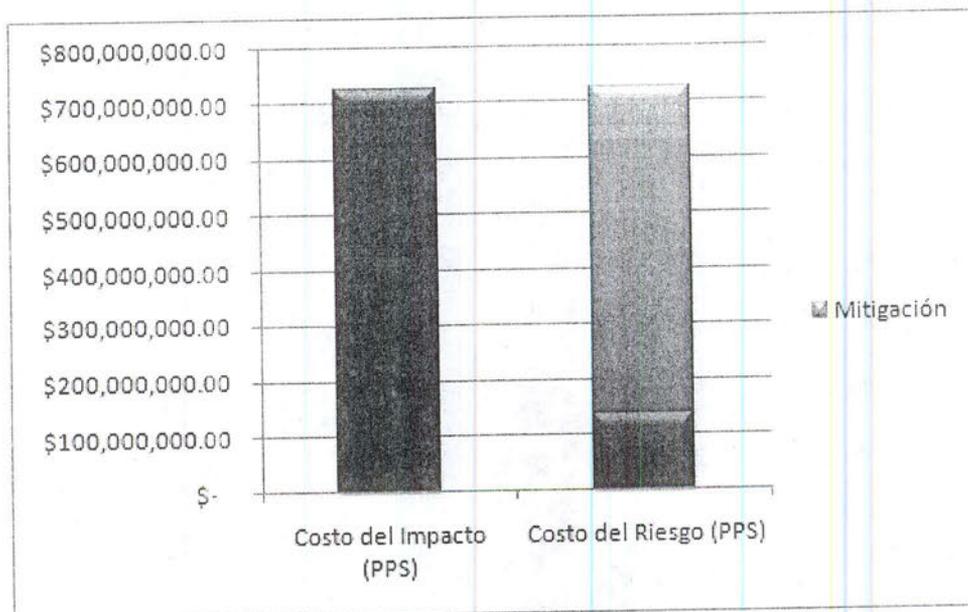
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 140 Variables utilizadas en el riesgo

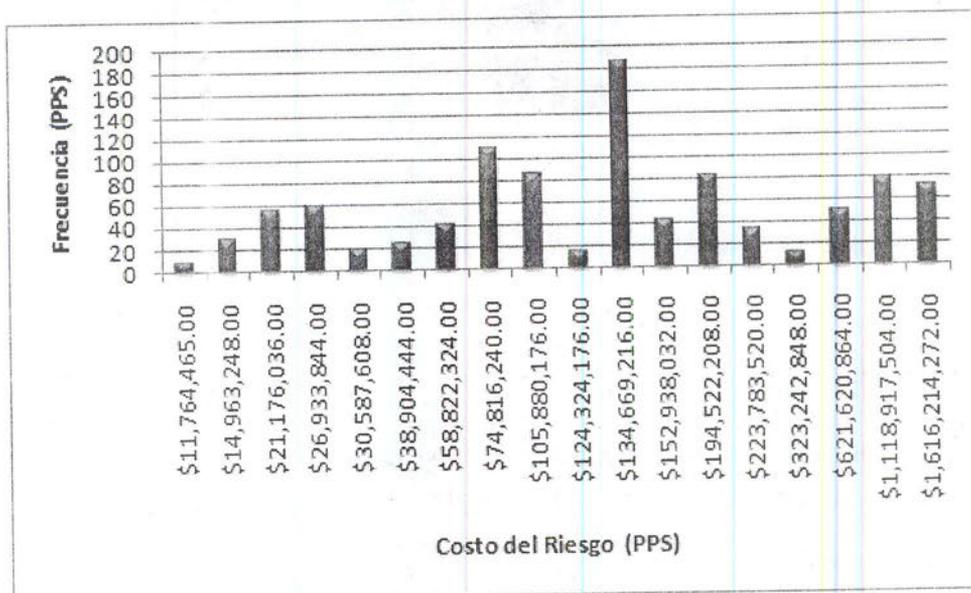
	Min	Me	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.01821263217	0.1513	0.19246693584
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.125
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.003125	0.028125	0.040625
Riesgo Neto Residual:	0.1715842	0.358618	0.2110752
Costo del Riesgo:	\$124,324,170.02	\$134,624,241.25	\$152,938,027.23



Cuadro No. 141 Mitigación del riesgo

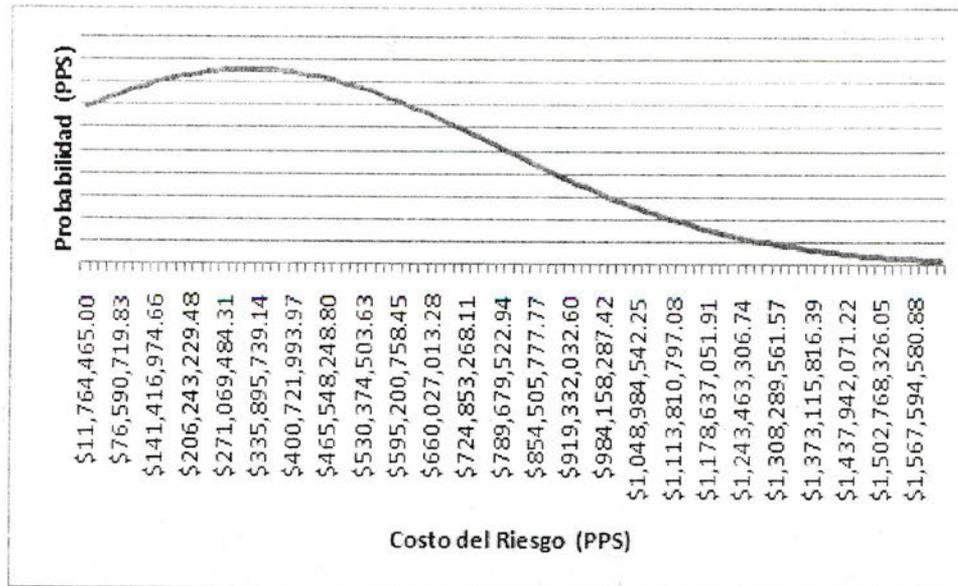


Cuadro No. 142 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 143 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$319,226,755.30

Error Estándar: \$14,676,618.90

Mediana: \$134,669,216.00

Moda: \$134,669,216.00

Desviación Estándar: \$464,115,440.66

Varianza: \$215,403,142,257,482,000.00

Curtosis: 2.17

Asimetría: 1.89

Rango: \$1,604,449,807.00

Mínimo: \$11,764,465.00

Máximo: \$1,616,214,272.00

Suma: \$319,226,755,300.00

Conteo: 1,000

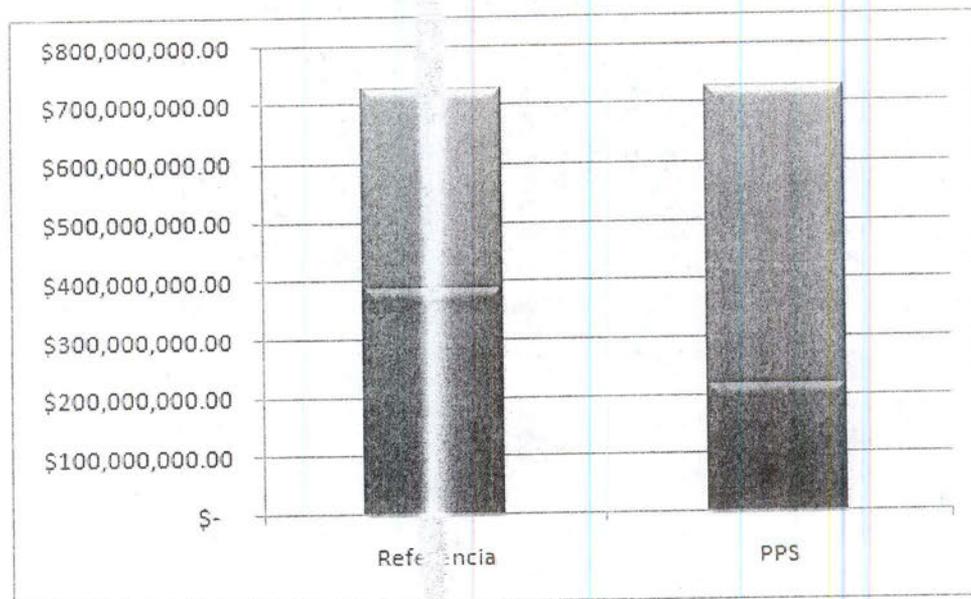


## Riesgo de modificación adversa de las políticas tarifarias

Renovación total o parcial de los componentes o sistemas que se tornen obsoletos durante la vida útil del proyecto.

### Variable Medible:

Cuadro No. 144 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Compartido (1)

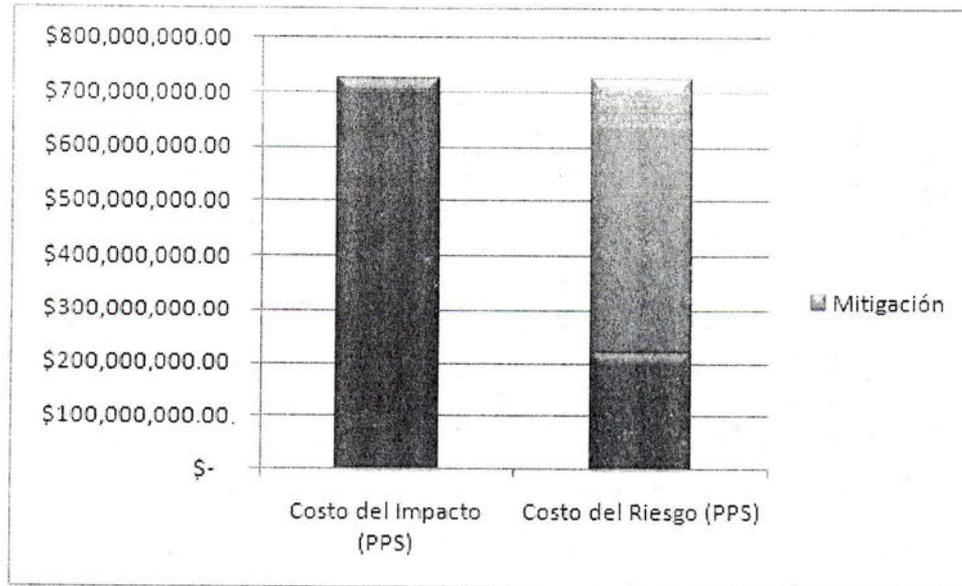
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 145 Variables utilizadas en el riesgo

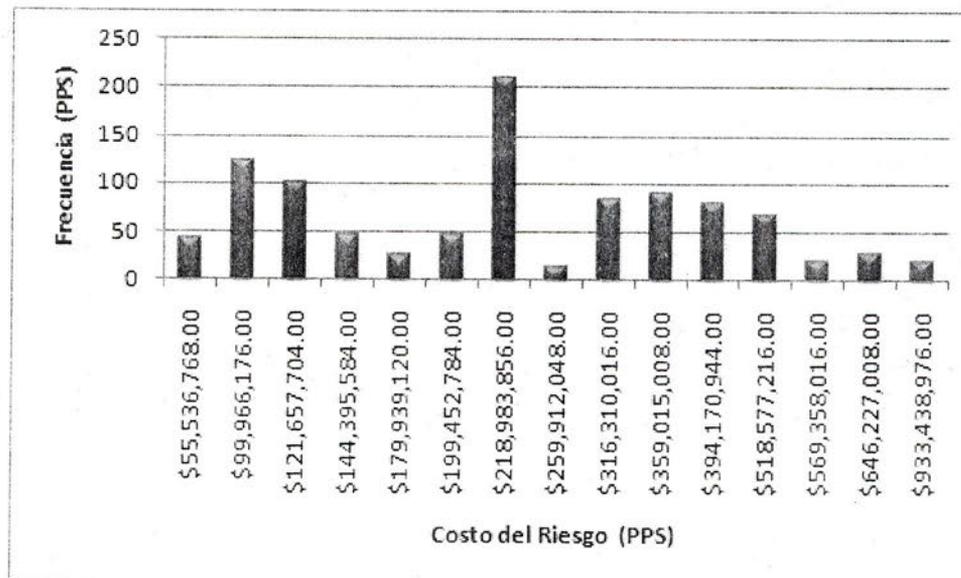
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.076206621	0.09305906086	0.20385328649
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,666,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.015625	0.028125	0.073125
Riesgo Neto Residual:	0.2752719	0.3022274	0.3587139
Costo del Riesgo:	\$199,528,808.00	\$218,983,861.35	\$259,912,089.18



Cuadro No. 146 Mitigación del riesgo

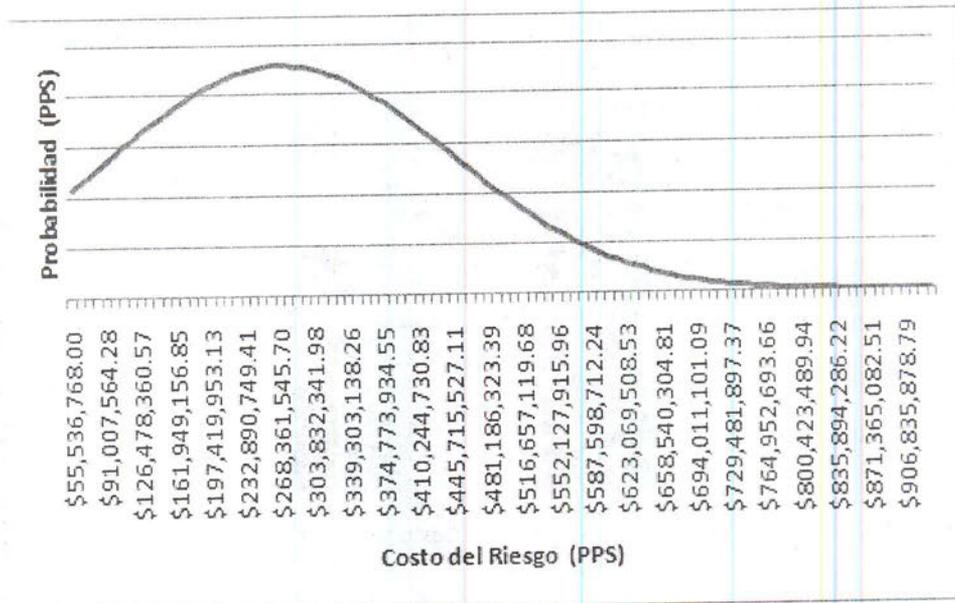


Cuadro No. 147 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 148 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$270,833,024.38

Error Estándar: \$5,500,729.02

Mediana: \$218,983,856.00

Moda: \$218,983,856.00

Desviación Estándar: \$173,948,324.86

Varianza: \$30,258,019,722,334,300.00

Curtosis: 2.59

Asimetría: 1.43

Rango: \$877,902,208.00

Mínimo: \$55,536,768.00

Máximo: \$933,438,976.00

Suma: \$270,833,024,376.00

Conteo: 1000

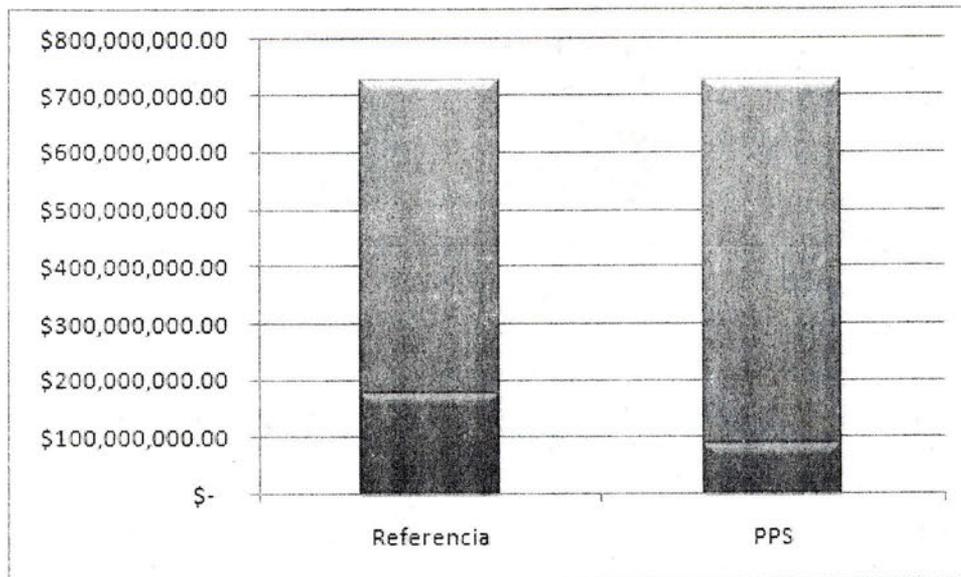


## Riesgos de afectación al servicio por incumplimiento del contratista.

Contratación y capacitación de personal necesario para efectuar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de trenes.

### Variable Medible:

Cuadro No. 149 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

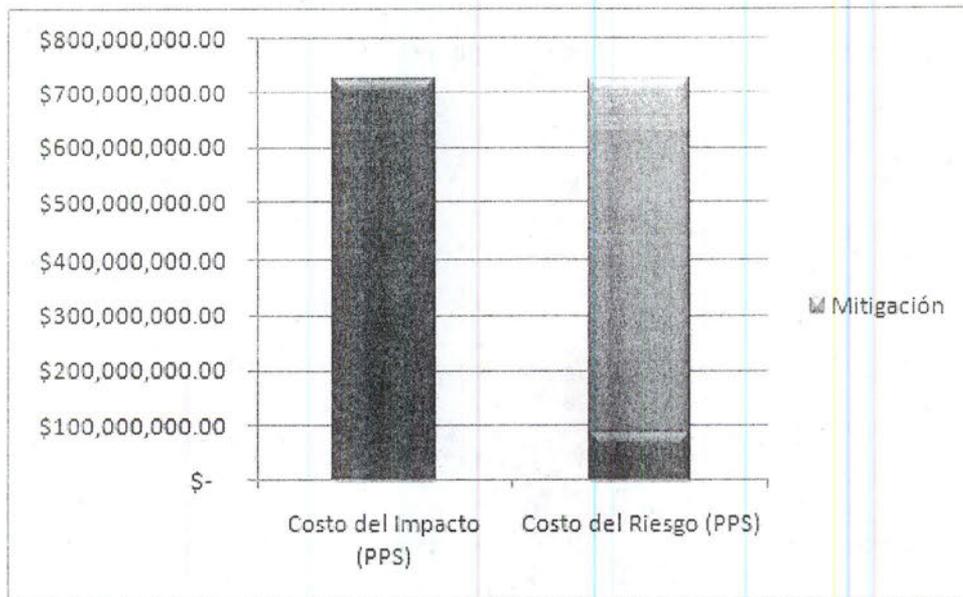
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 150 Variables utilizadas en el riesgo

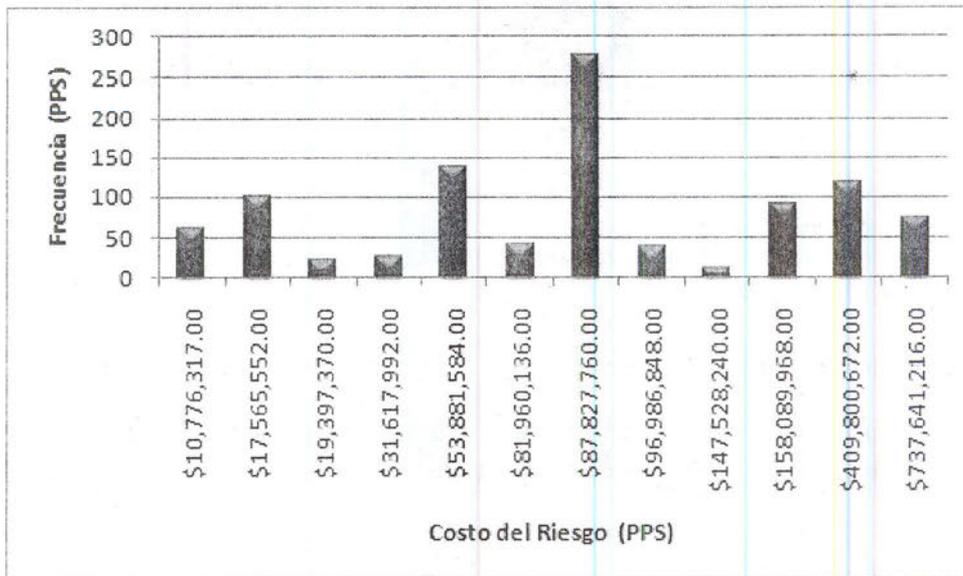
	Mín	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.02762648480	0.12890403245	0.2101154377
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.125
Nivel del Impacto:	0.125	0.125	0.225
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.003125	0.015625	0.028125
Riesgo Neto Residual:	0.1131161	0.1212142	0.133855
Costo del Riesgo:	\$81,960,141.14	\$87,827,753.43	\$96,986,854.14



Cuadro No. 151 Mitigación del riesgo

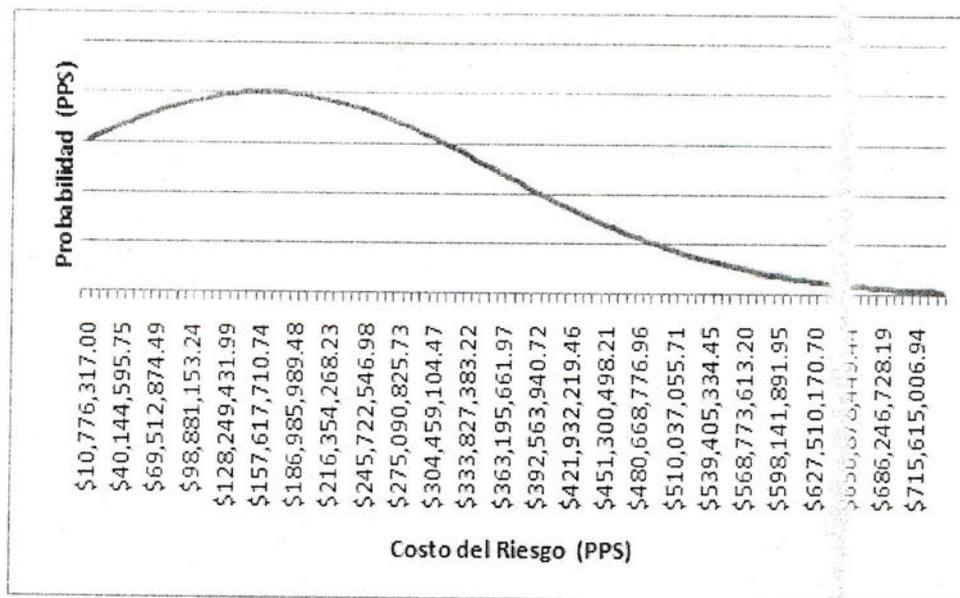


Cuadro No. 152 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 153 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$161,162,200.55

Error Estándar: \$6,278,723.63

Mediana: \$87,827,760.00

Moda: \$87,827,760.00

Desviación Estándar: \$198,550,674.81

Varianza: \$39,422,370,468,232,200.00

Curtosis: 2.58

Asimetría: 1.90

Rango: \$726,864,899.00

Mínimo: \$10,776,317.00

Máximo: \$737,641,216.00

Suma: \$161,162,200,549.00

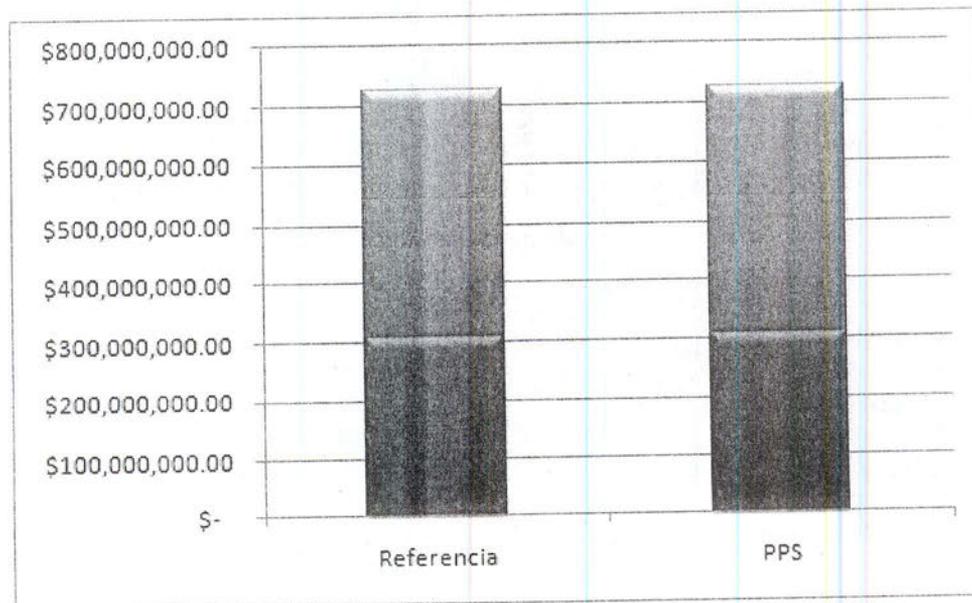
Conteo: 1,000

## Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de construcción

Diseñar, construir y poner a punto la infraestructura de talleres relacionada con el proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 154 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** STC

**Responsable:** STC

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

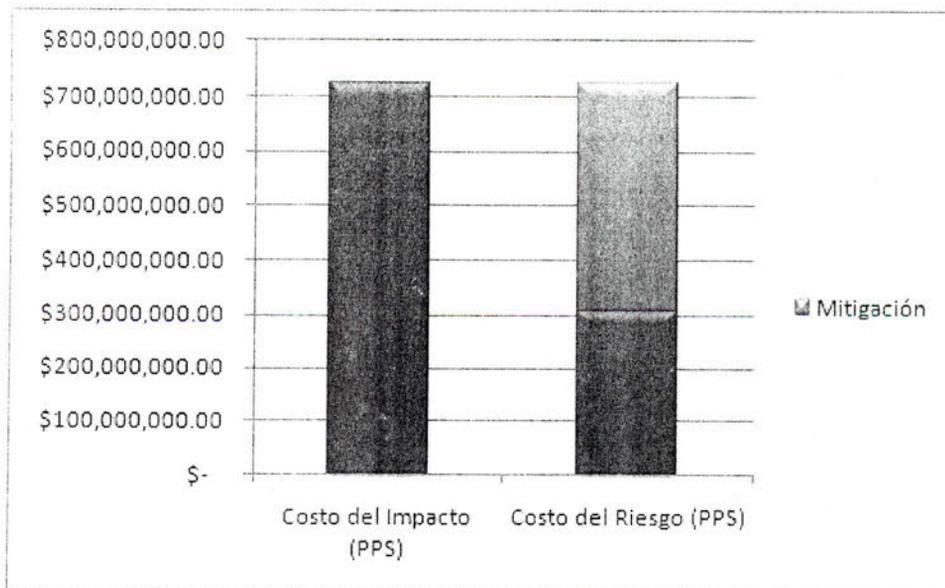
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 155 Variables utilizadas en el riesgo

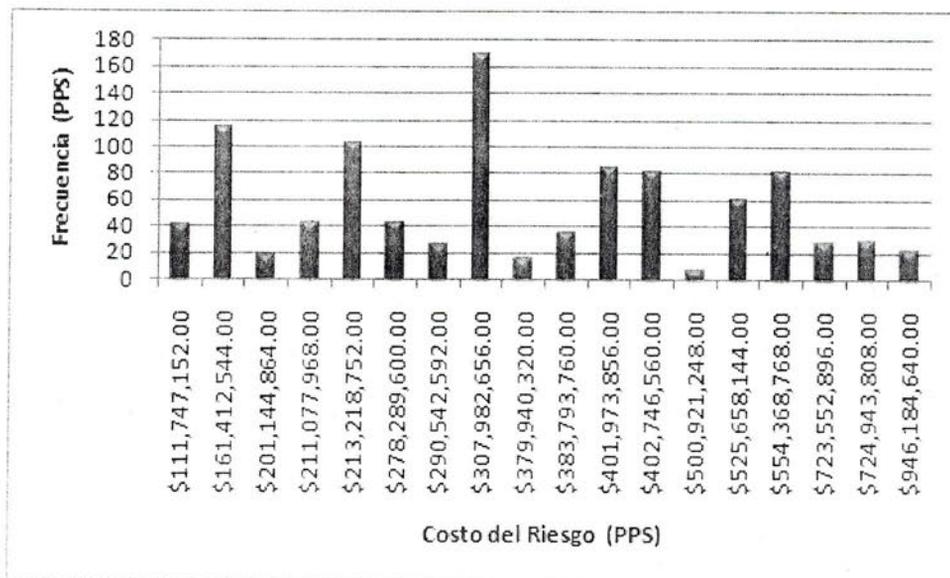
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.07322743414	0.09557523318	0.18236199002
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.125	0.125
Nivel del Impacto:	0.225	0.325	0.425
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.028125	0.040625	0.095625
Riesgo Neto Residual:	0.3840774	0.4250578	0.5243091
Costo del Riesgo:	\$278,289,632.61	\$307,982,659.22	\$379,940,304.19



Cuadro No. 156 Mitigación del riesgo

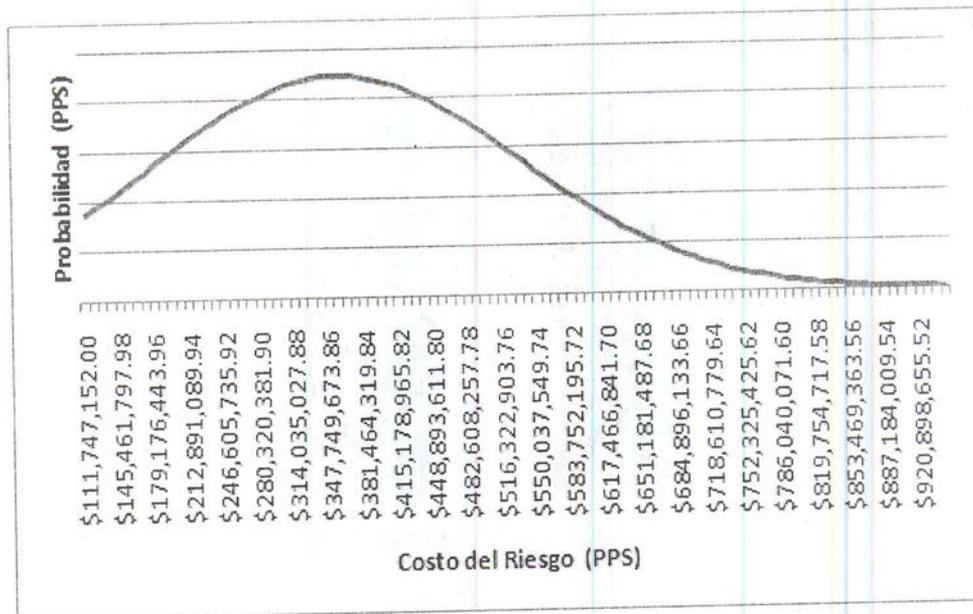


Cuadro No. 157 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 158 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$357,663,715.09

Error Estándar: \$5,641,079.18

Mediana: \$307,982,656.00

Moda: \$307,982,656.00

Desviación Estándar: \$178,386,586.76

Varianza: \$31,821,774,335,423,000.00

Curtosis: 1.21

Asimetría: 1.10

Rango: \$834,437,488.00

Mínimo: \$111,747,152.00

Máximo: \$946,184,640.00

Suma: \$357,663,715,088.00

Conteo: 1,000

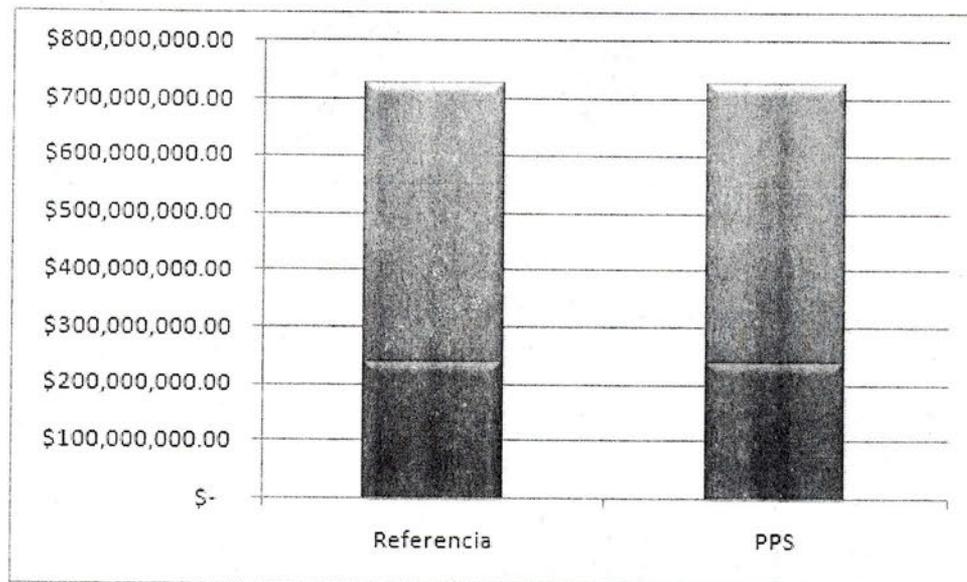


**Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de mantenimiento**

Operación de la infraestructura de talleres asociada al proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 159 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Compartido (1)

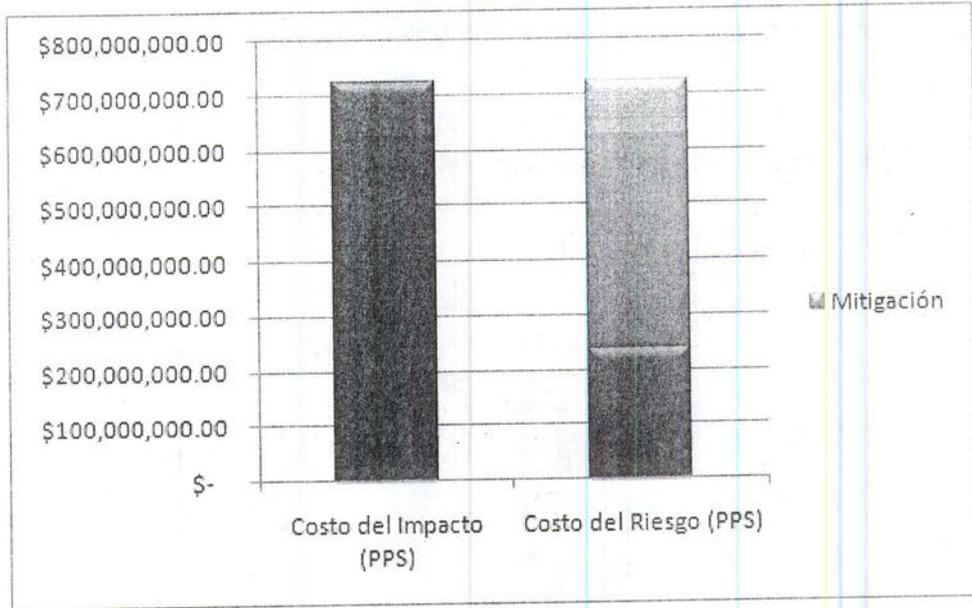
**Mecanismo de Cobertura:** Pólizas de Seguros.

Cuadro No. 160 Variables utilizadas en el riesgo

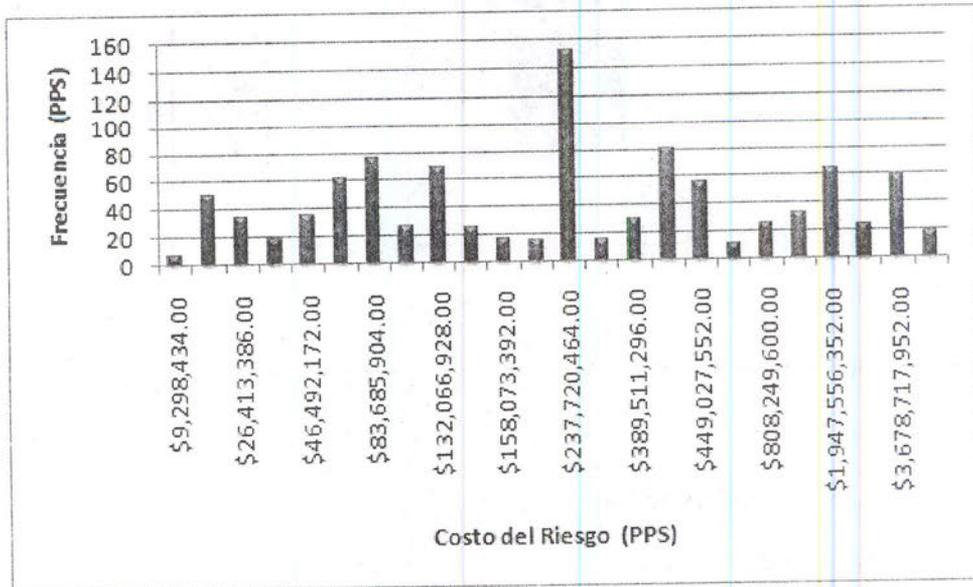
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.01046359072	0.08572435655	0.24351093477
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.425
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.003125	0.028125	0.095625
Riesgo Neto Residual:	0.2986546	0.3280865	0.3926928
Costo del Riesgo:	\$216,395,130.02	\$237,720,499.95	\$284,532,063.17



Cuadro No. 161 Mitigación del riesgo

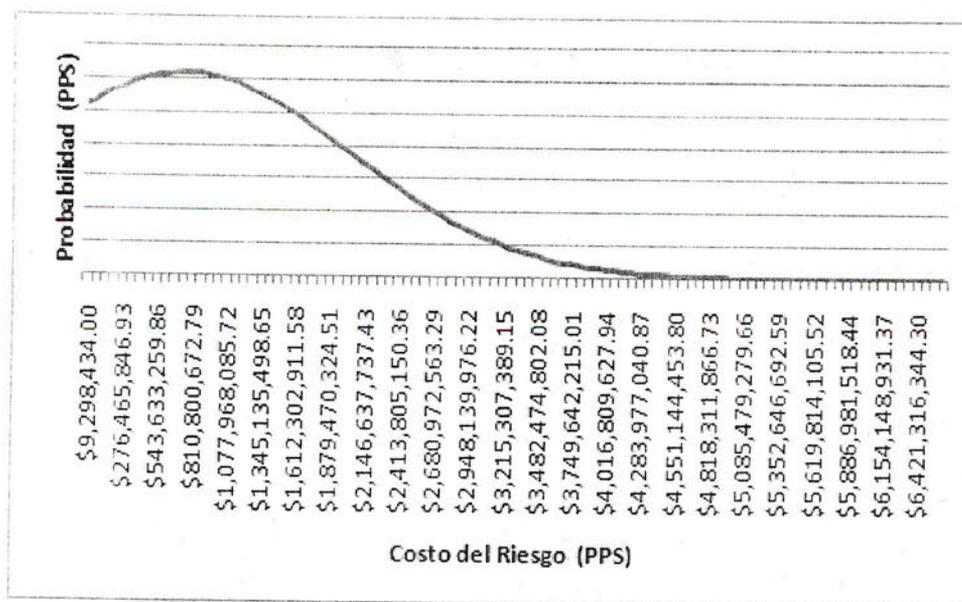


Cuadro No. 162 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 163 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$754,800,288.98

Error Estándar: \$40,772,857.24

Mediana: \$237,720,464.00

Moda: \$237,720,464.00

Desviación Estándar: \$1,289,350,955.86

Varianza: \$1,662,425,887,384,460,000.00

Curtosis: 6.92

Asimetría: 2.60

Rango: \$6,612,393,470.00

Mínimo: \$9,298,434.00

Máximo: \$6,621,691,904.00

Conteo: 1,000

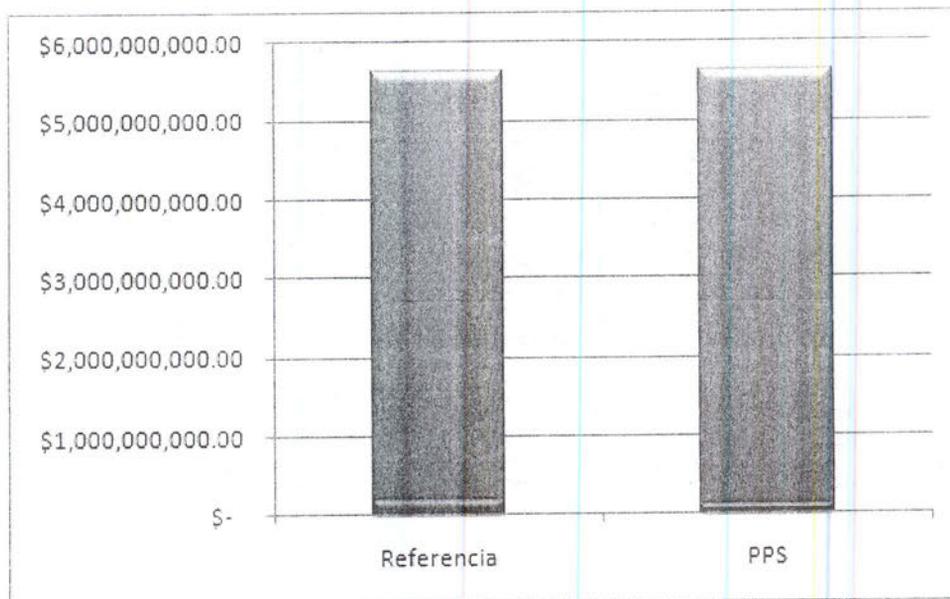


## Riesgo de contratación de recursos humanos para su mantenimiento

Operación de la infraestructura de talleres asociada al proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 164 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

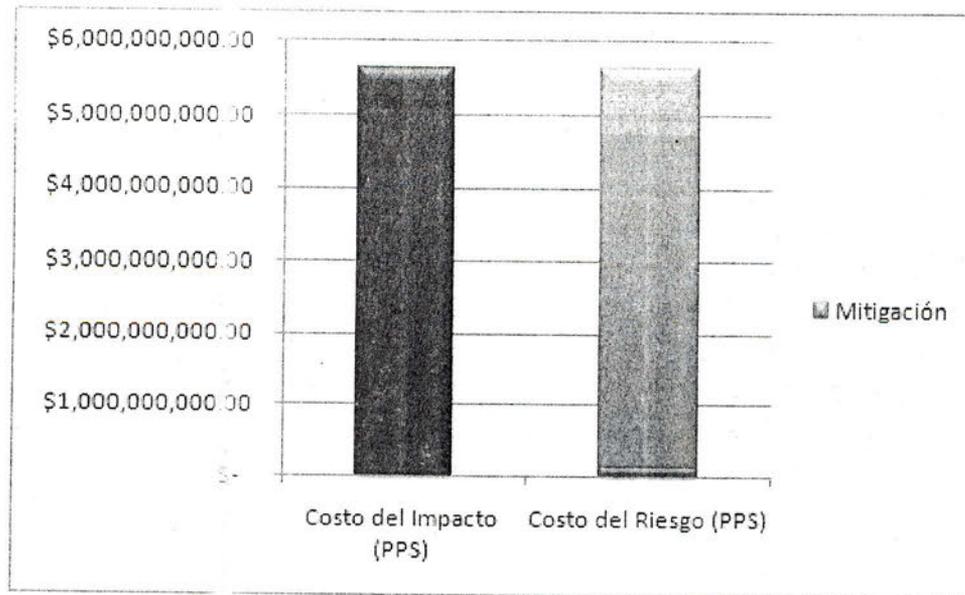
**Mecanismo de Cobertura:** Pólizas de Seguros.

Cuadro No. 165 Variables utilizadas en el riesgo

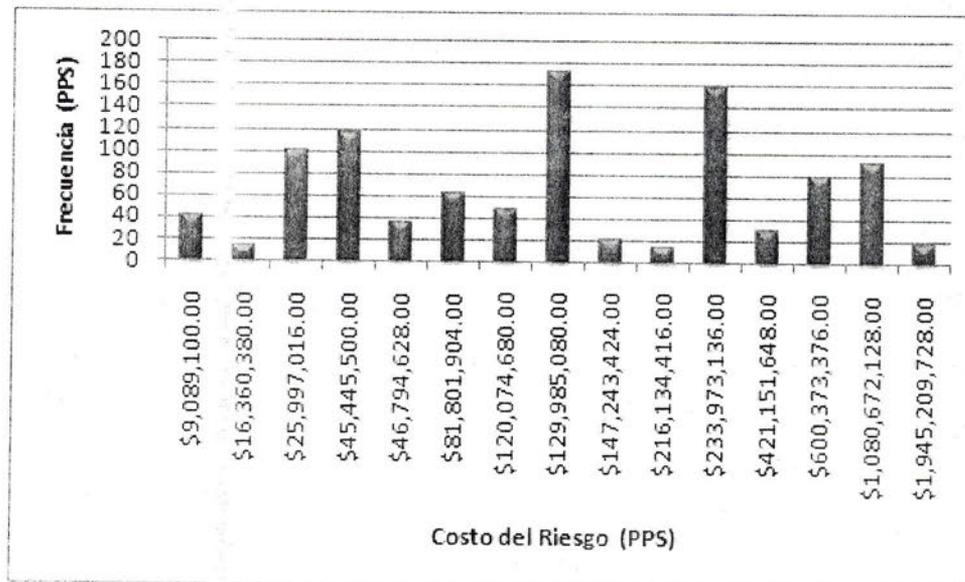
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.1462885611	0.67567567568	1.9325951955
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.025	0.125	0.225
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.003125	0.015625	0.050625
Riesgo Neto Residual:	0.02136189	0.023125	0.02619535
Costo del Riesgo:	\$120,074,682.07	\$129,985,081.98	\$147,243,447.23



Cuadro No. 166 Mitigación del riesgo

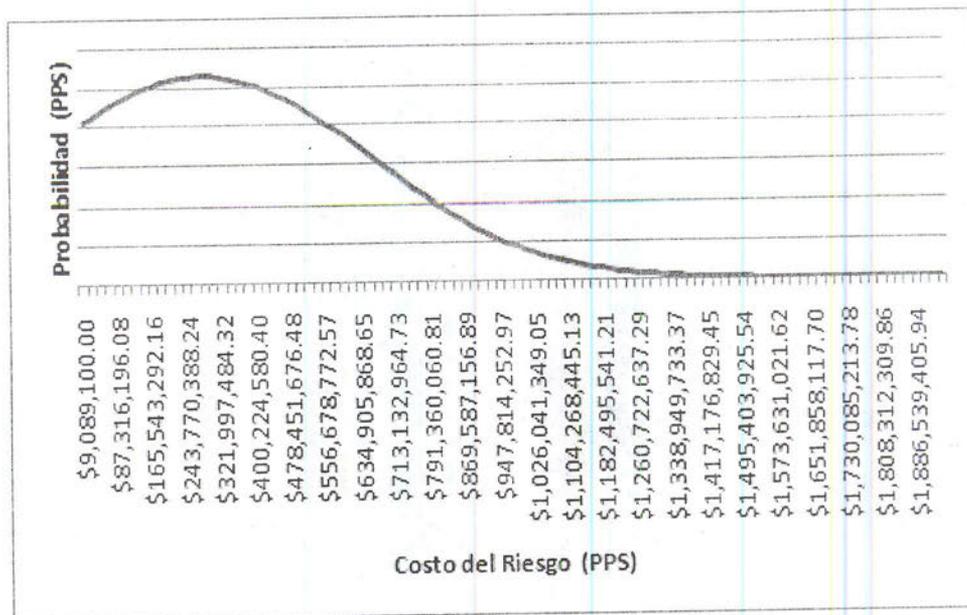


Cuadro No. 167 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 168 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$278,650,917.42  
Error Estándar: \$11,918,471.51  
Mediana: \$129,985,080.00  
Moda: \$129,985,080.00  
Desviación Estándar: \$376,895,161.90  
Varianza: \$142,049,963,063,531,000.00  
Curtosis: 5.55  
Asimetría: 2.30  
Rango: \$1,936,120,628.00  
Mínimo: \$9,089,100.00  
Máximo: \$1,945,209,728.00  
Conteo: 1,000

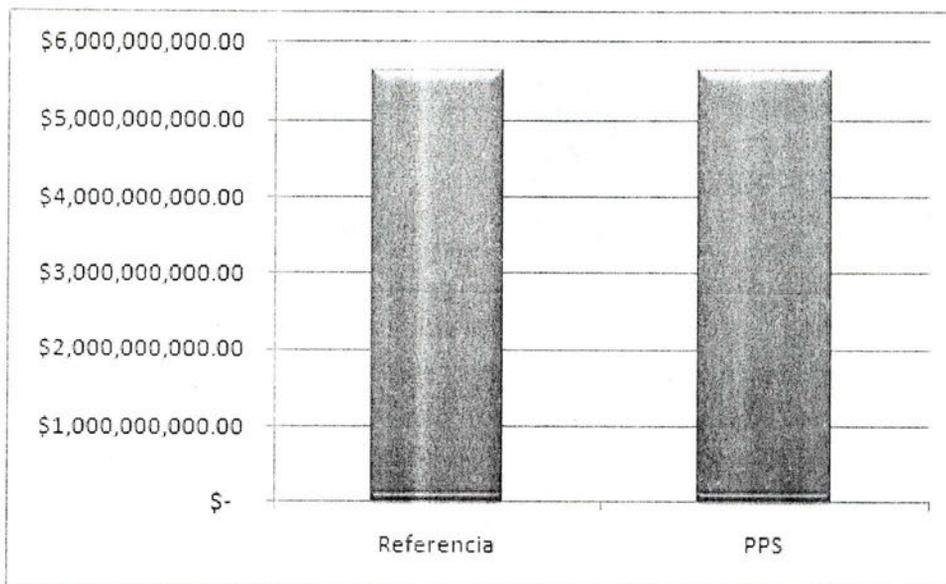


## Riesgo de Siniestros por errores de operación o robos y desastres naturales

Operación de la infraestructura de talleres asociada al proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 169 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Compartido (1)

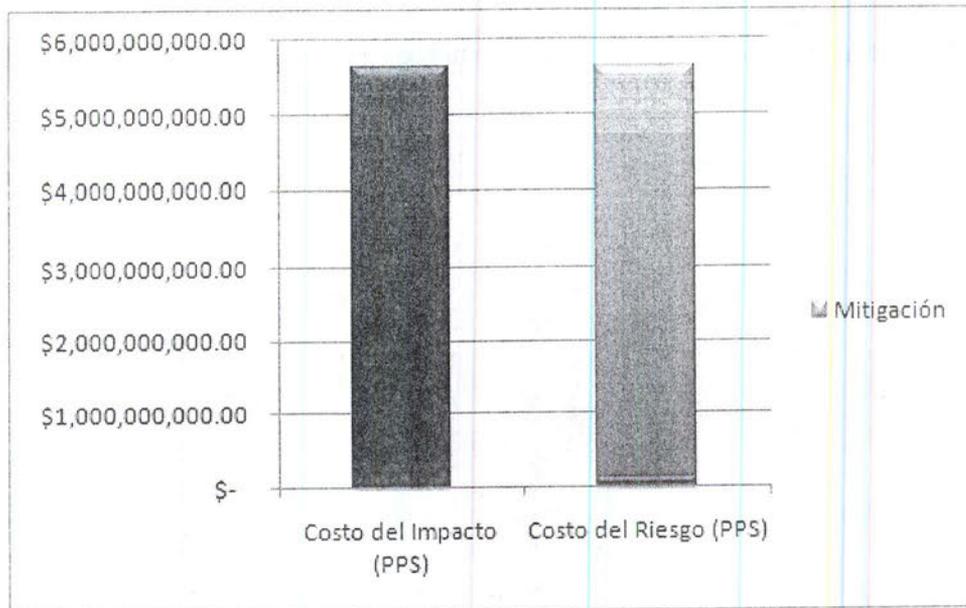
**Mecanismo de Cobertura:** Pólizas de Seguros.

Cuadro No. 170 Variables utilizadas en el riesgo

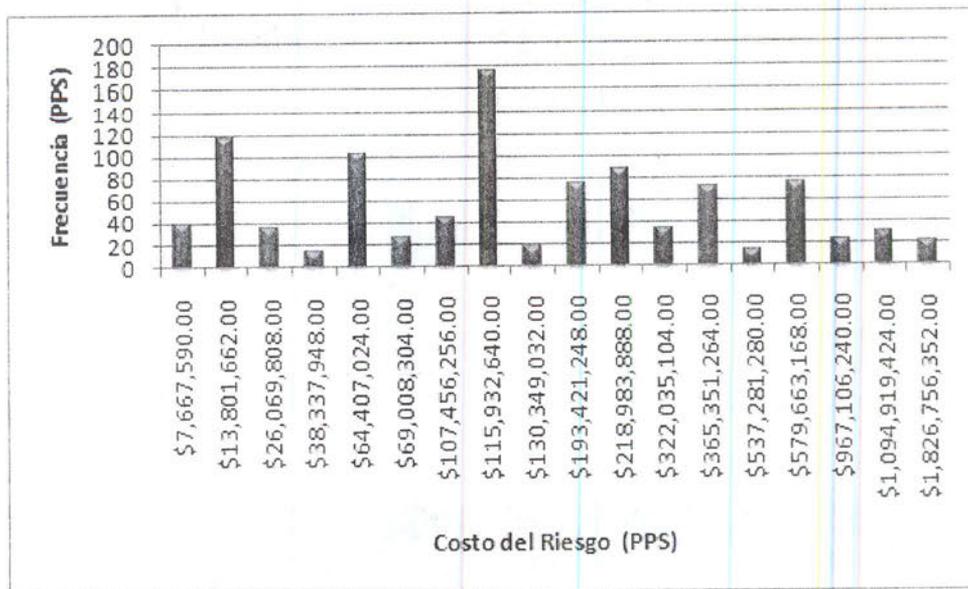
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.16346700479	0.27272727273	2.2908831295
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.025	0.125
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.425
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.003125	0.005625	0.053125
Riesgo Neto Residual:	0.01911701	0.020625	0.02318975
Costo del Riesgo:	\$107,456,264.30	\$115,932,640.68	\$130,349,040.21



Cuadro No. 171 Mitigación del riesgo

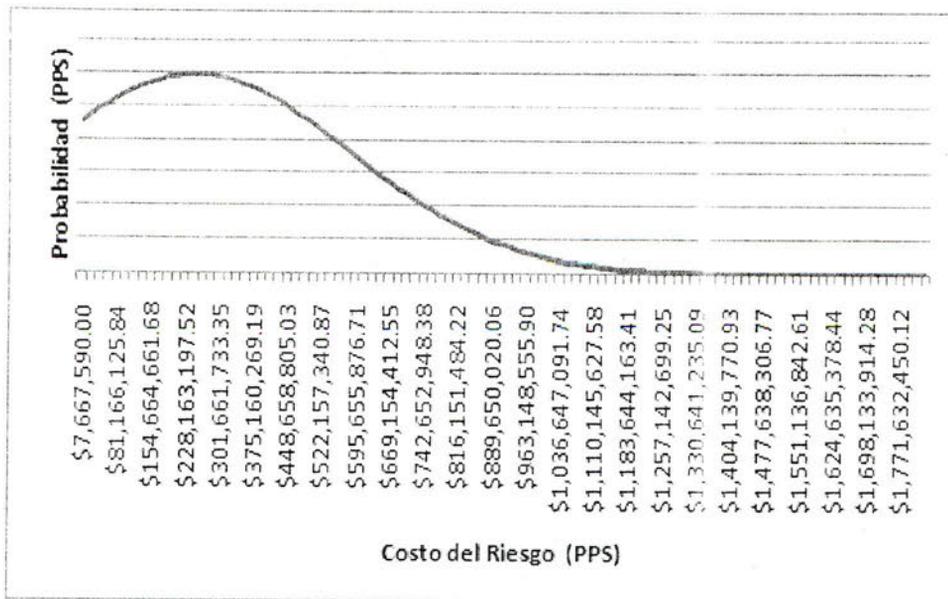


Cuadro No. 172 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 173 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$250,917,146.54

Error Estándar: \$10,629,081.98

Mediana: \$115,932,640.00

Moda: \$115,932,640.00

Desviación Estándar: \$336,121,084.95

Varianza: \$112,977,383,750,017,000.00

Curtosis: 8.50

Asimetría: 2.72

Rango: \$1,819,088,762.00

Mínimo: \$7,667,590.00

Máximo: \$1,826,756,352.00

Conteo: 1,000

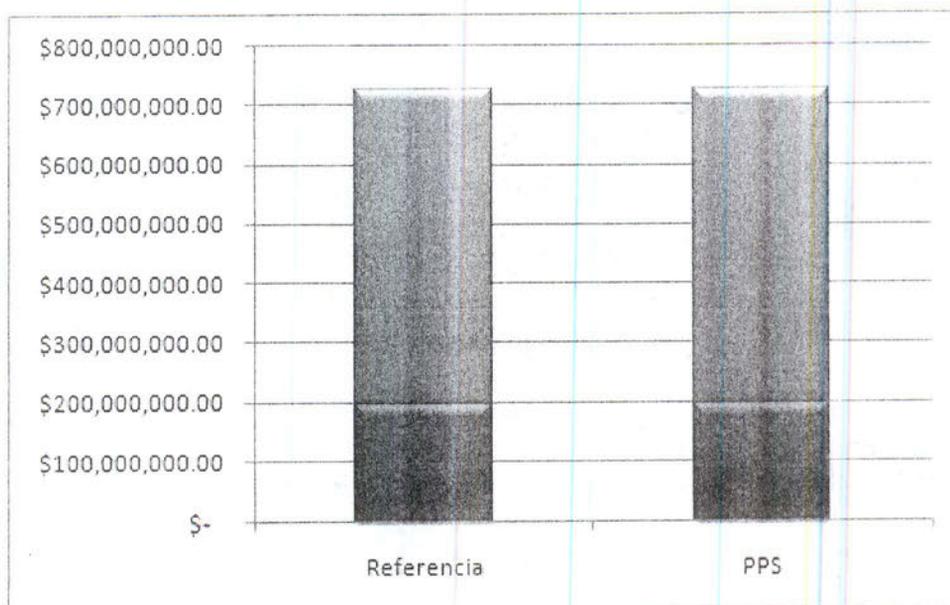


## Riesgo por terminación anticipada del contrato

Operación y mantenimiento de la infraestructura de talleres asociada al proyecto.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 174 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Retenible (1)

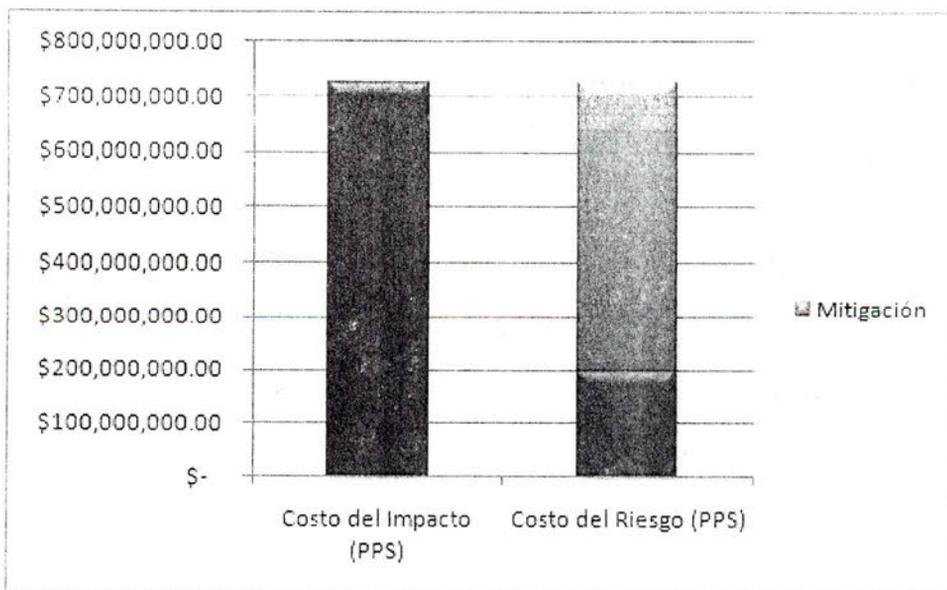
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 175 Variables utilizadas en el riesgo

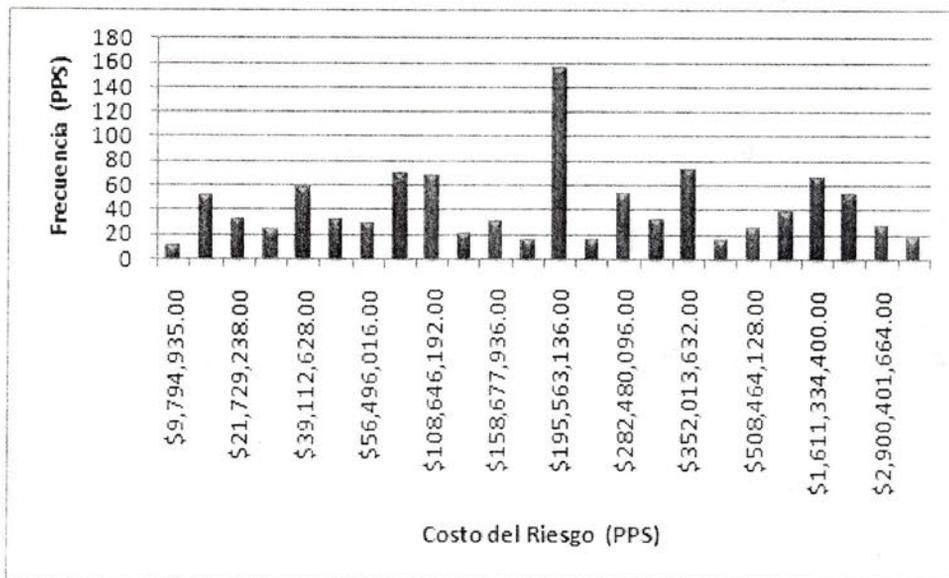
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.01264693036	0.10420385857	0.23116747638
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.003125	0.028125	0.073125
Riesgo Neto Residual:	0.2470955	0.2699036	0.3163291
Costo del Riesgo:	\$179,037,131.35	\$195,563,117.44	\$229,201,481.32



Cuadro No. 176 Mitigación del riesgo

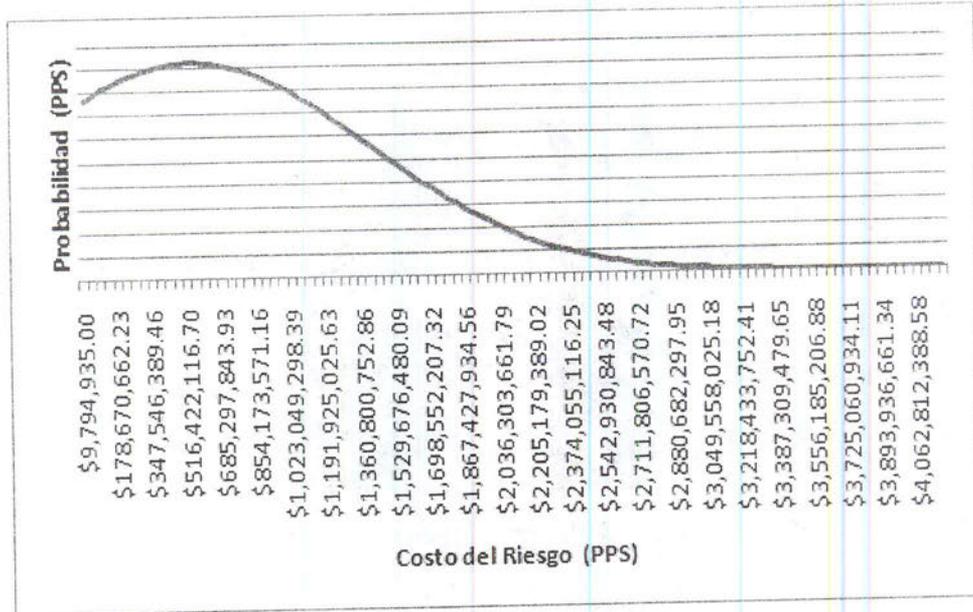


Cuadro No. 177 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 178 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$541,575,254.64  
Error Estándar: \$27,231,065.67  
Mediana: \$195,563,136.00  
Moda: \$195,563,136.00  
Desviación Estándar: \$861,121,906.37  
Varianza: \$741,530,937,625,601,000.00  
Curtosis: 5.15  
Asimetría: 2.34  
Rango: \$4,179,674,249.00  
Mínimo: \$9,794,935.00  
Máximo: \$4,189,469,184.00  
Conteo: 1,000

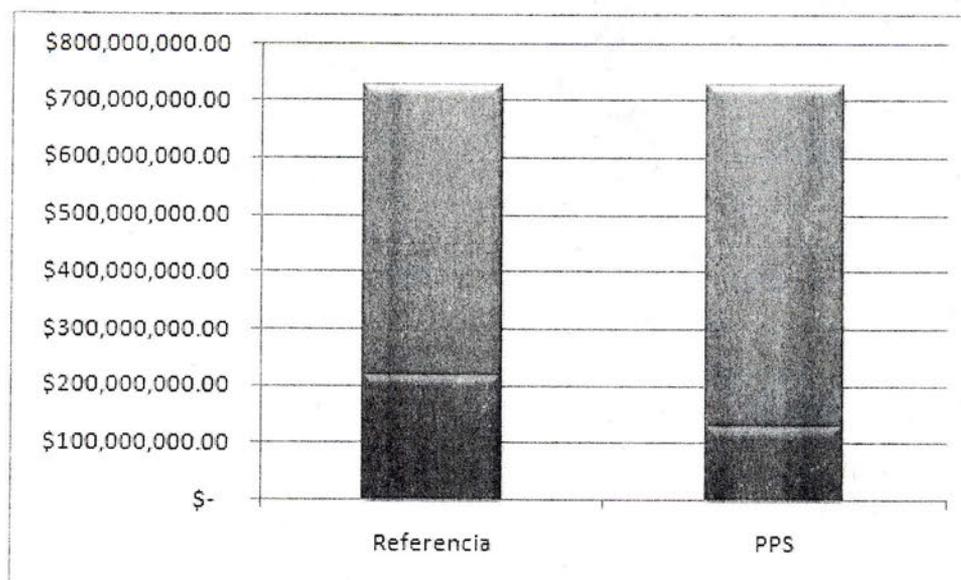


## Riesgos por omisiones e incongruencias en el diseño del proyecto ejecutivo

Contratación y capacitación de personal necesario para efectuar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de talleres.

### Variable Medible:

Cuadro No. 179 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

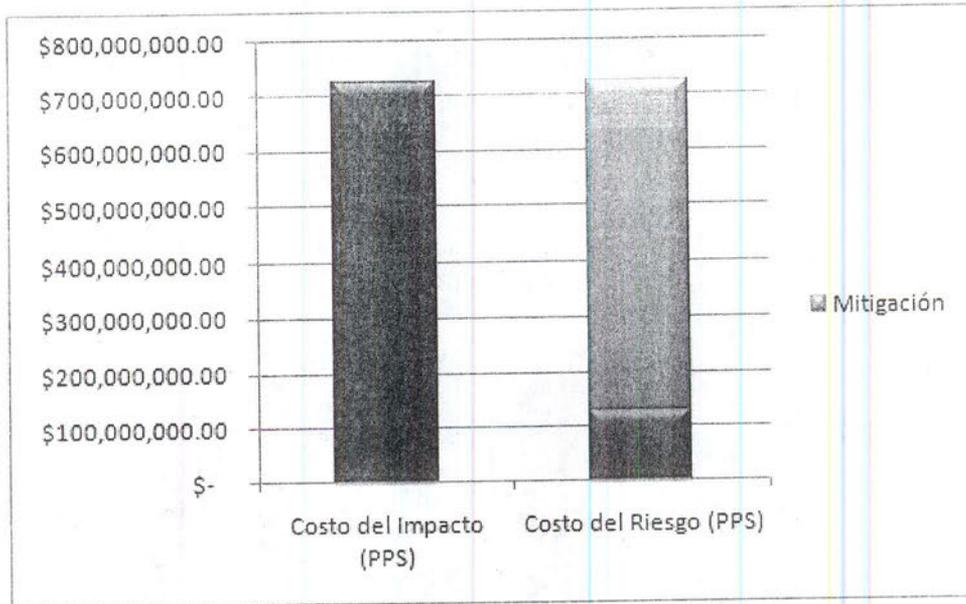
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 180 Variables utilizadas en el riesgo

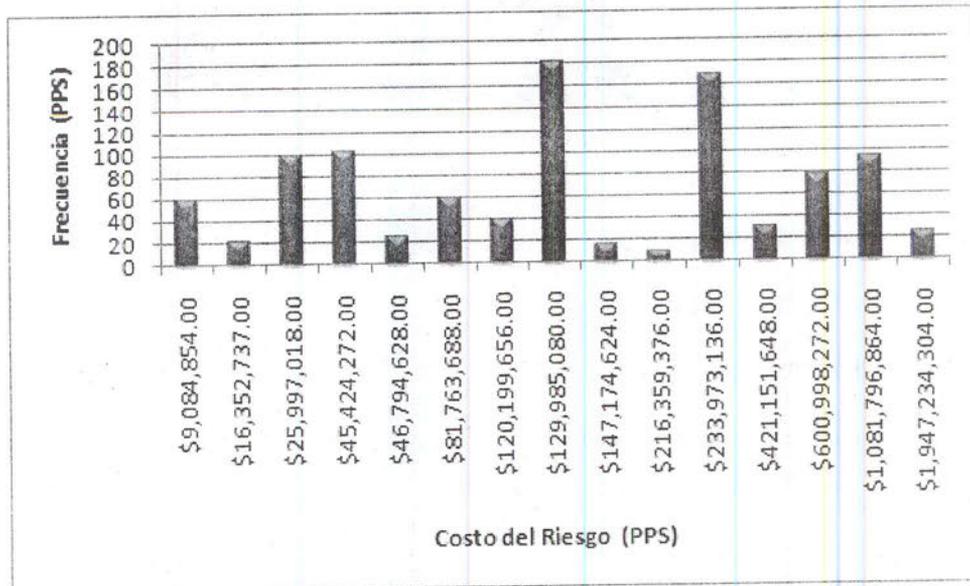
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.01883757948	0.08709731922	0.24923574428
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.125	0.225
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.003125	0.015625	0.050625
Riesgo Neto Residual:	0.1658918	0.179397	0.2031209
Costo del Riesgo:	\$120,199,647.45	\$129,985,063.48	\$147,174,607.61



adro No. 181 Mitigación del riesgo

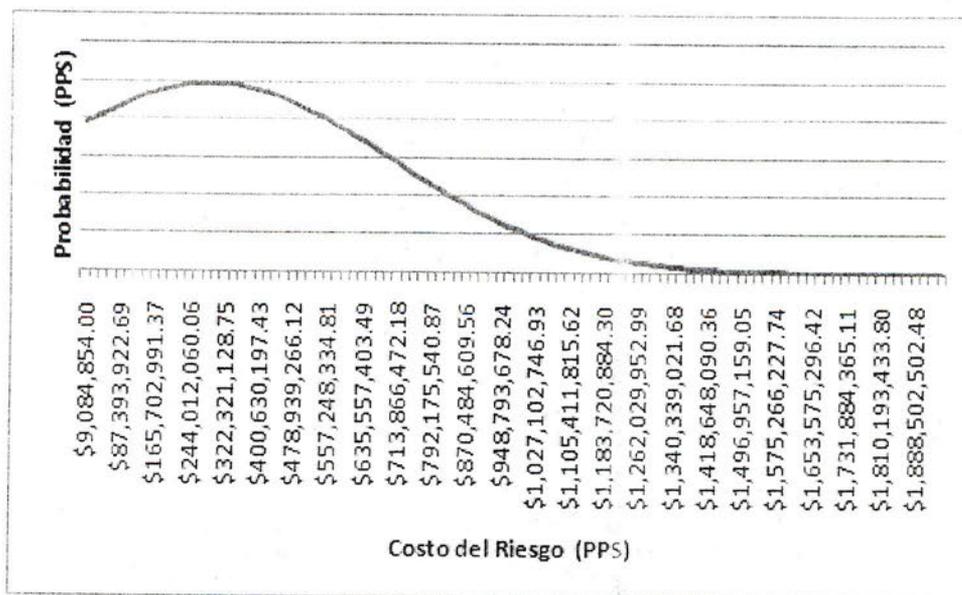


adro No. 182 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 183 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$291,474,729.25

Error Estándar: \$12,733,205.14

Mediana: \$129,985,080.00

Moda: \$129,985,080.00

Desviación Estándar: \$402,659,301.59

Varianza: \$162,134,513,158,045,000.00

Curtosis: 5.38

Asimetría: 2.31

Rango: \$1,938,149,450.00

Mínimo: \$9,084,854.00

Máximo: \$1,947,234,304.00

Conteo: 1,000

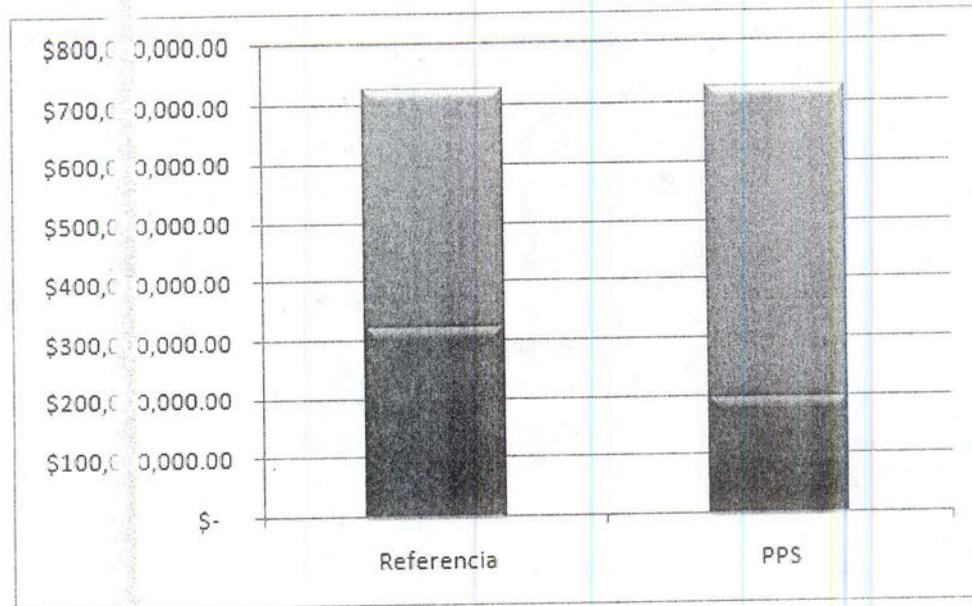


## Riesgo en la obra civil

Adquisición de los insumos necesarios para la operación y mantenimiento de los talleres.

Variable Medible:

Cuadro No. 184 Comparativo de Mitigación



Encargado: Prestador de Servicios

Responsable: Prestador de Servicios

Tipo de Riesgo: Resenable (1)

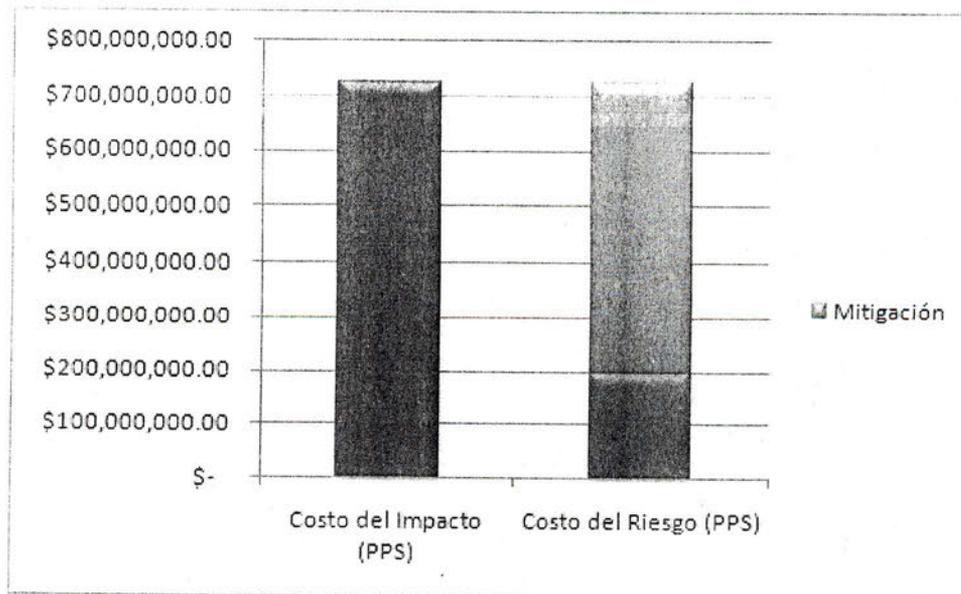
Esquema de Mitigación: Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 185 Variables utilizadas en el riesgo

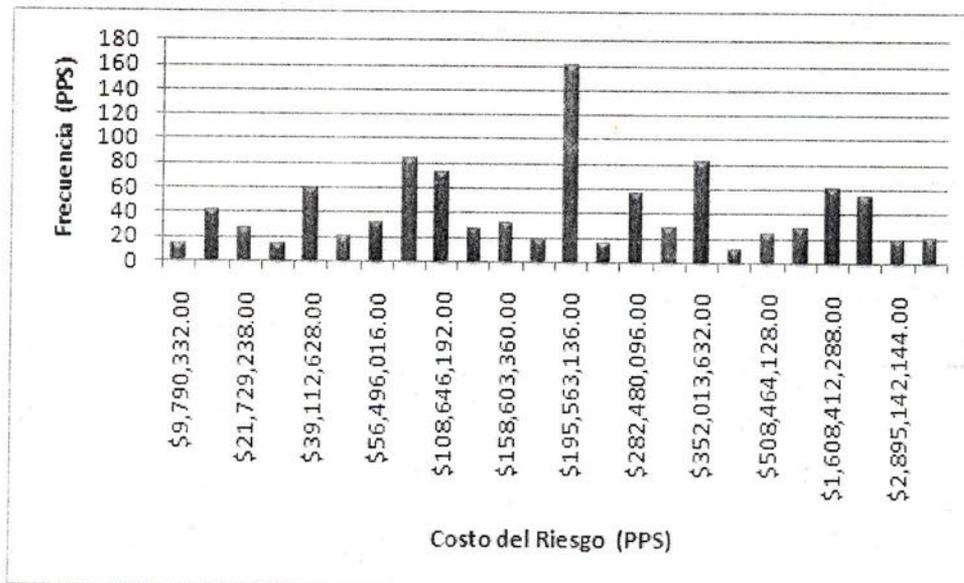
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.01266990589	0.10420385857	0.23127616908
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.003125	0.028125	0.073125
Riesgo Neto Residual:	0.2466474	0.2699036	0.3161804
Costo del Riesgo:	\$178,712,453.09	\$195,563,117.44	\$229,093,738.28



Cuadro No. 186 Mitigación del riesgo

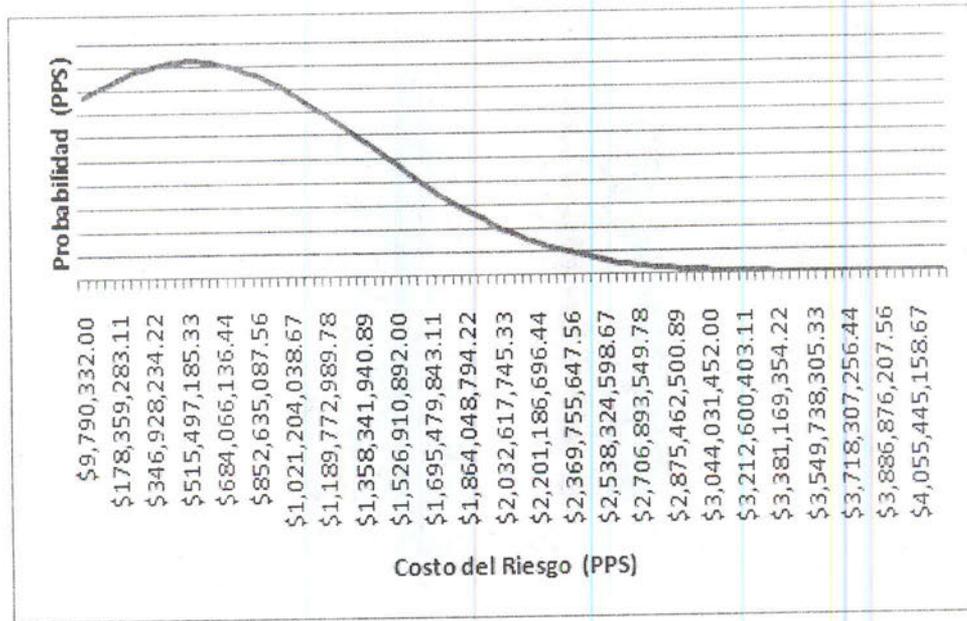


Cuadro No. 187 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 188 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$529,632,147.87  
Error Estándar: \$27,264,752.21  
Mediana: \$195,563,136.00  
Moda: \$195,563,136.00  
Desviación Estándar: \$862,187,168.17  
Varianza: \$743,366,712,960,163,000.00  
Curtosis: 5.79  
Asimetría: 2.46  
Rango: \$4,172,081,540.00  
Mínimo: \$9,790,332.00  
Máximo: \$4,181,871,872.00  
Conteo: 1,000

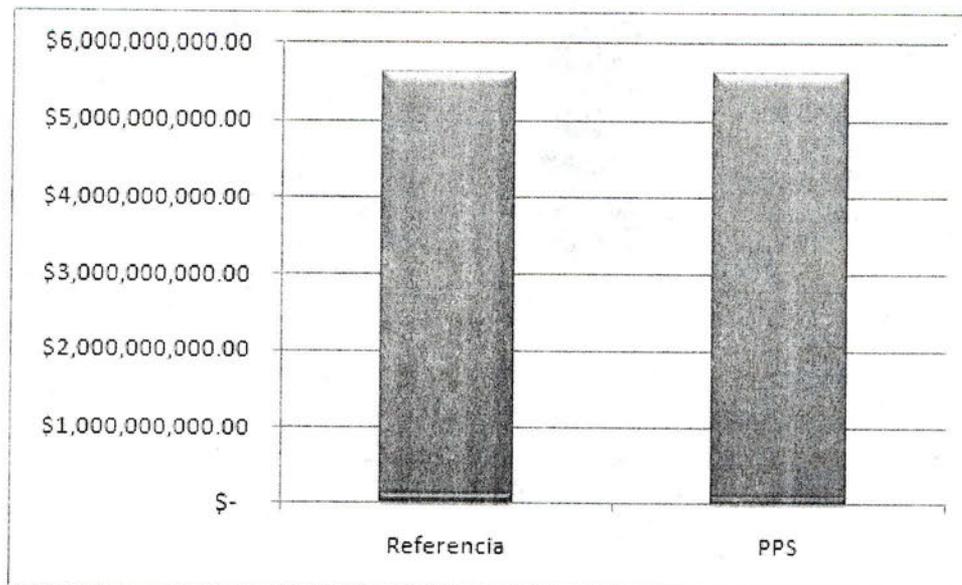


## Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación

Evaluación del Diseño y Supervisión de la fabricación de los trenes.

**Variable Medible:**

Cuadro No. 189 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

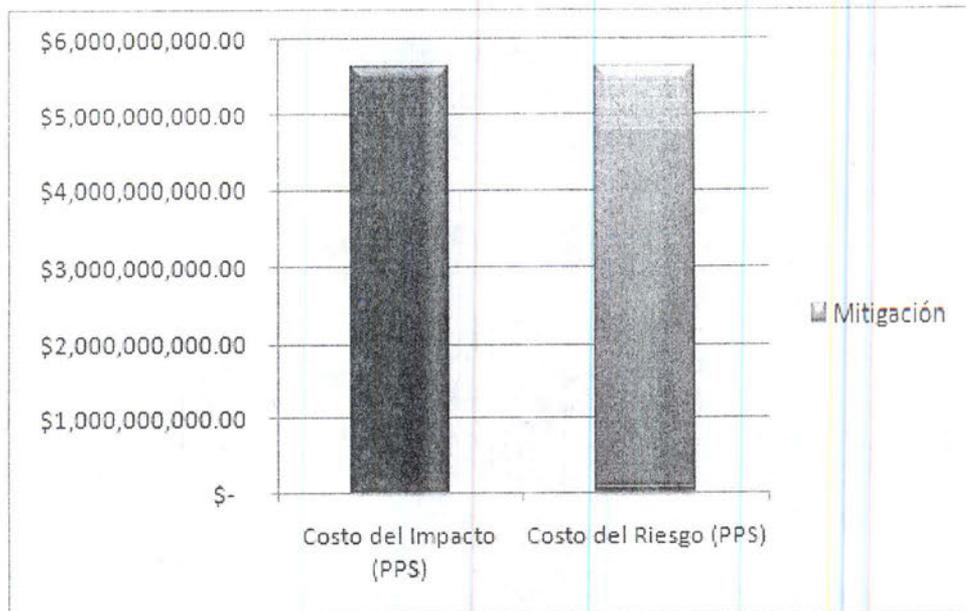
**Esquema de Mitigación:** Los efectos de este riesgo se mitigan mediante la supervisión especializada durante la fabricación. Por otro lado se cuenta con el recurso de reclamación ante vicios ocultos o avería sistemática, para lo cual existen penas convencionales y fianzas.

Cuadro No. 190 Variables utilizadas en el riesgo

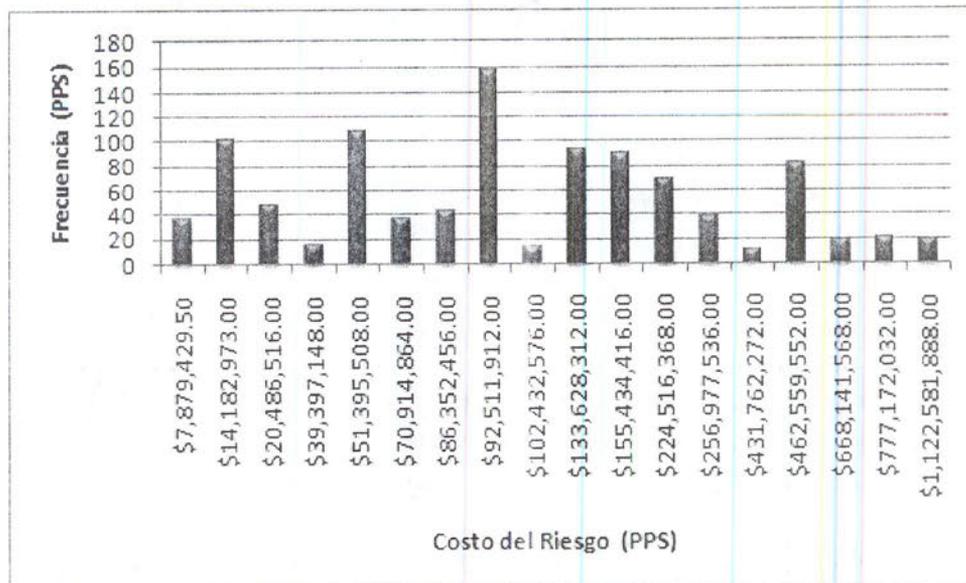
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.20341694497	0.3417721519	2.2292924314
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.025	0.125
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.325
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.003125	0.005625	0.040625
Riesgo Neto Residual:	0.01536254	0.01645833	0.01822327
Costo del Riesgo:	\$86,352,476.60	\$92,511,886.45	\$102,432,572.75



Cuadro No. 191 Mitigación del riesgo

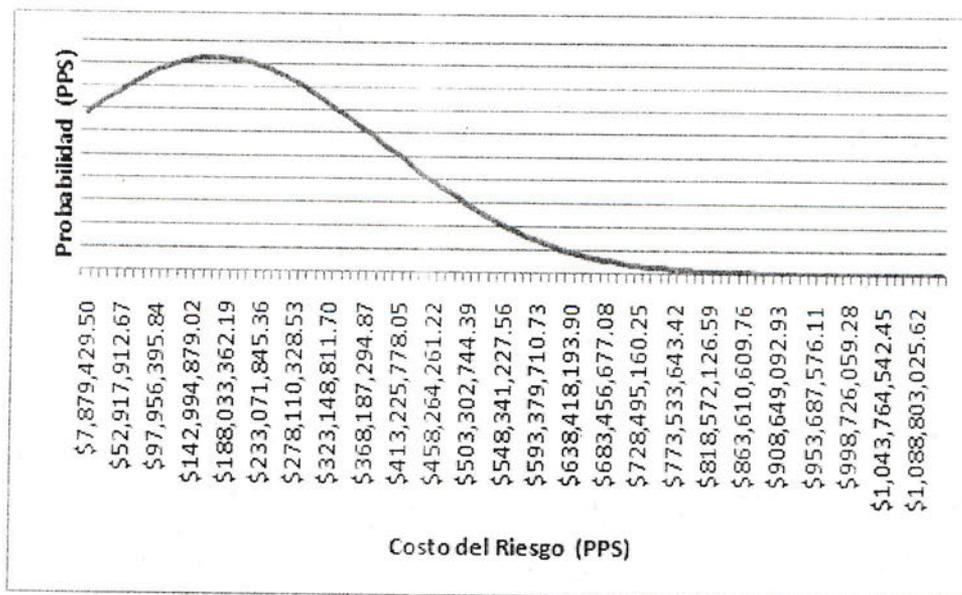


Cuadro No. 192 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 193 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$175,762,614.36

Error Estándar: \$6,784,132.50

Mediana: \$92,511,912.00

Moda: \$92,511,912.00

Desviación Estándar: \$214,533,106.46

Varianza: \$46,024,453,765,828,500.00

Curtosis: 6.46

Asimetría: 2.43

Rango: \$1,114,702,458.50

Mínimo: \$7,879,429.50

Máximo: \$1,122,581,888.00

Conteo: 1,000

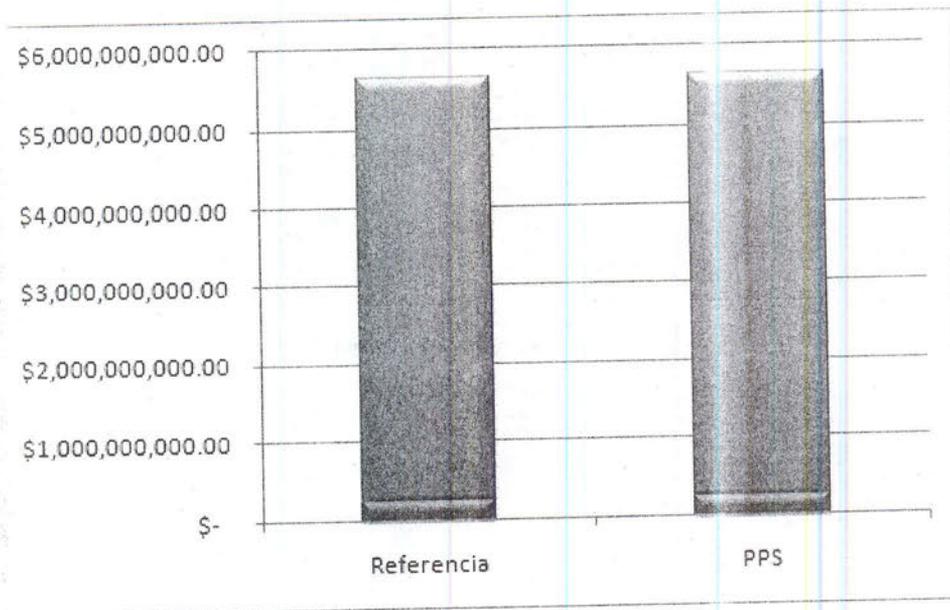


## Riesgos de no contar con la Mano de Obra Adecuada

Entrega de trenes para puesta en servicio.

Variable Medible:

Cuadro No. 94 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

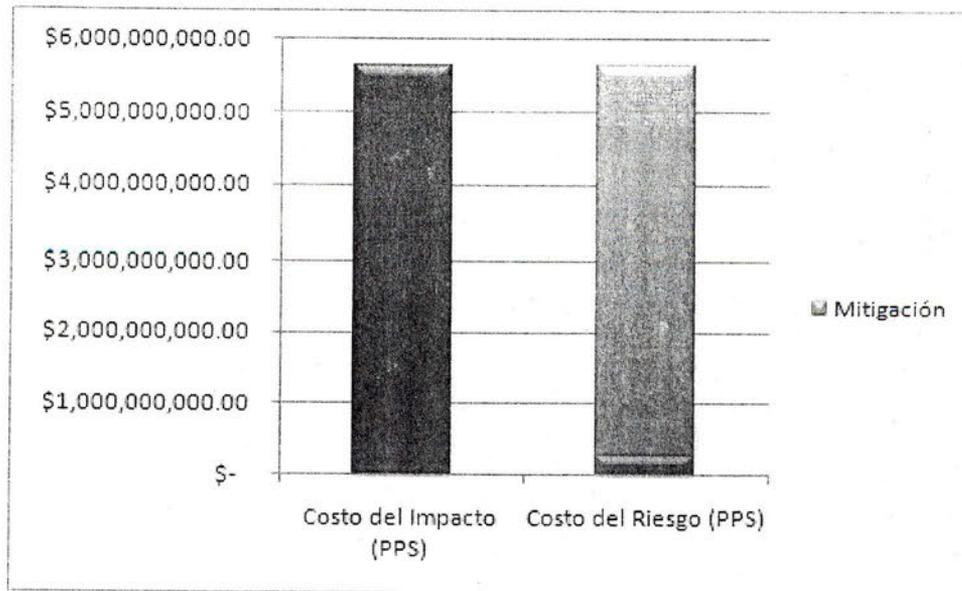
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 95 Variables utilizadas en el riesgo

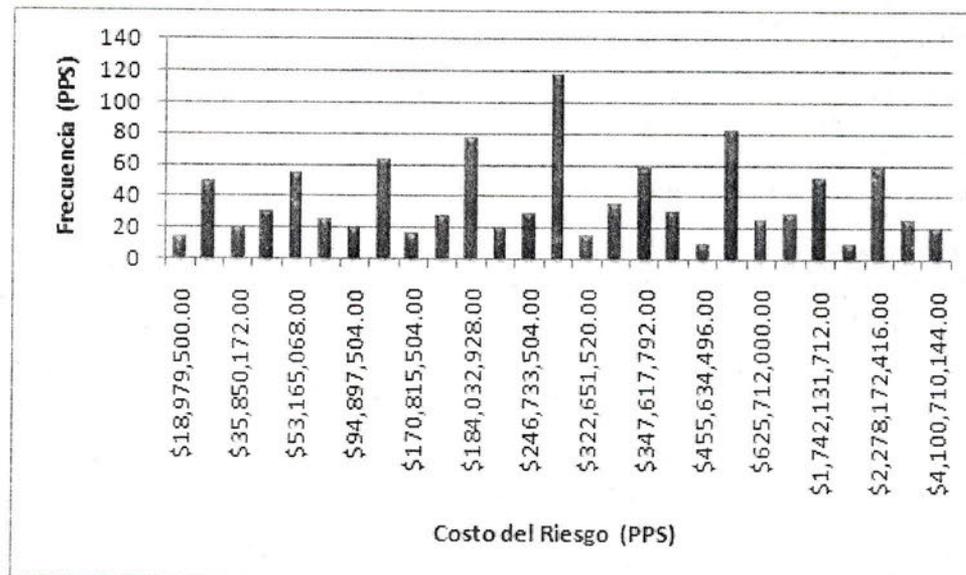
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.13107628782	0.859030837	1.665902282
Probabilidad de Ocurrencia:	0.025	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.225	0.325	0.425
Costo del Impacto:	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95	\$5,620,976,517.95
Cuantificación:	0.005625	0.040625	0.095625
Riesgo Neto Residual:	0.04291394	0.04729167	0.05740133
Costo del Riesgo:	\$241,218,249.03	\$265,825,366.56	\$322,651,528.03



Cuadro No. 196 Mitigación del riesgo

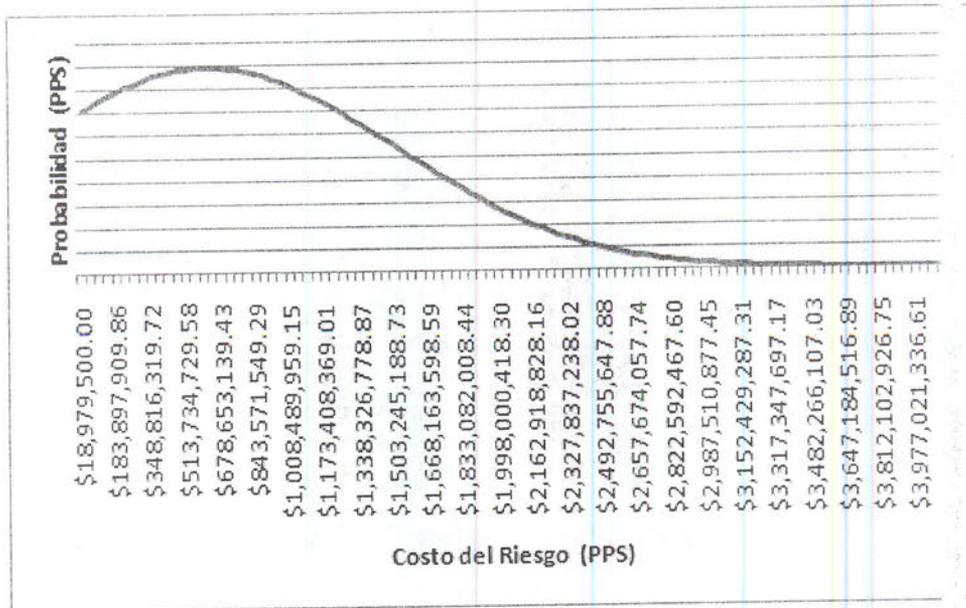


Cuadro No. 197 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 198 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$622,470,709.65  
Error Estándar: \$28,233,308.72  
Mediana: \$265,825,344.00  
Moda: \$265,825,344.00  
Desviación Estándar: \$892,815,614.27  
Varianza: \$797,119,721,078,217,000.00  
Curtosis: 4.17  
Asimetría: 2.18  
Rango: \$4,081,730,644.00  
Mínimo: \$18,979,500.00  
Máximo: \$4,100,710,144.00  
Conteo: 1,000

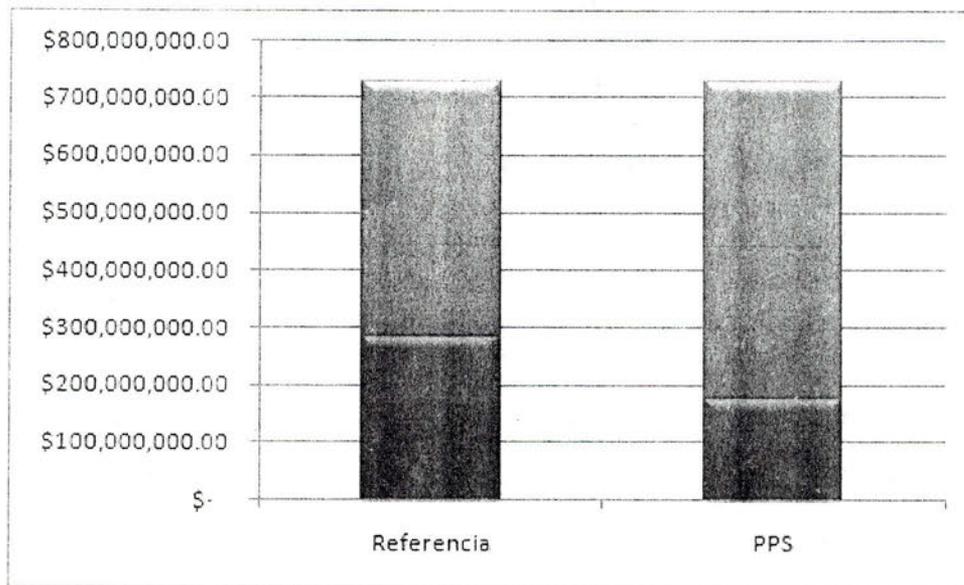


## Riesgo de que el costo de mantenimiento sea mayor de lo programado

Planeación y realización del programa de mantenimiento preventivo y correctivo a lo largo de la vida útil del proyecto.

### Variable Medible:

Cuadro No. 199 Comparativo de Mitigación



**Encargado:** Prestador de Servicios

**Responsable:** Prestador de Servicios

**Tipo de Riesgo:** Transferible (1)

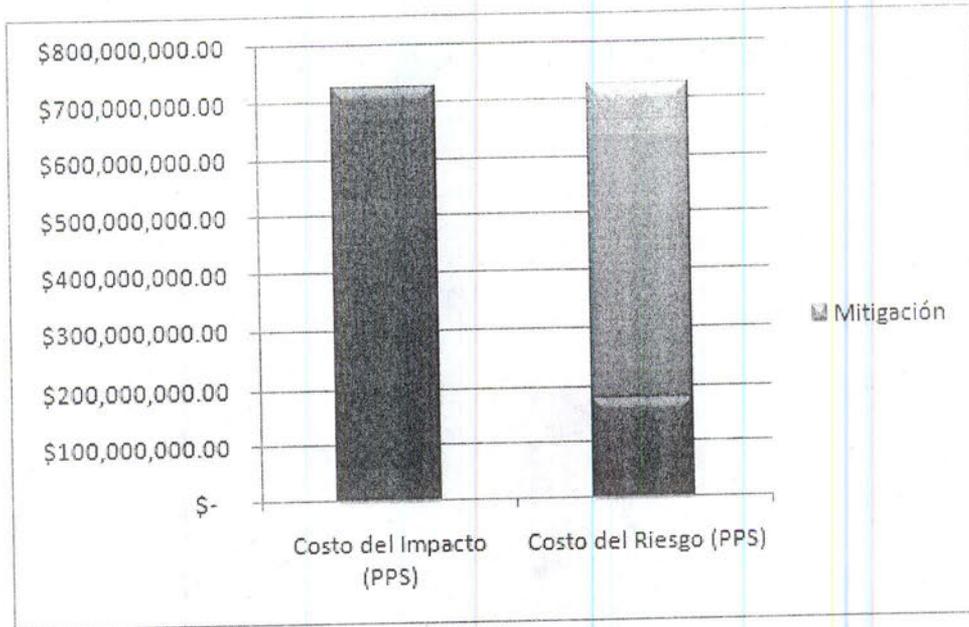
**Esquema de Mitigación:** Mecanismos contractuales de cumplimiento como penas convencionales y/o fianzas y en casos extremos la rescisión del contrato.

Cuadro No. 200 Variables utilizadas en el riesgo

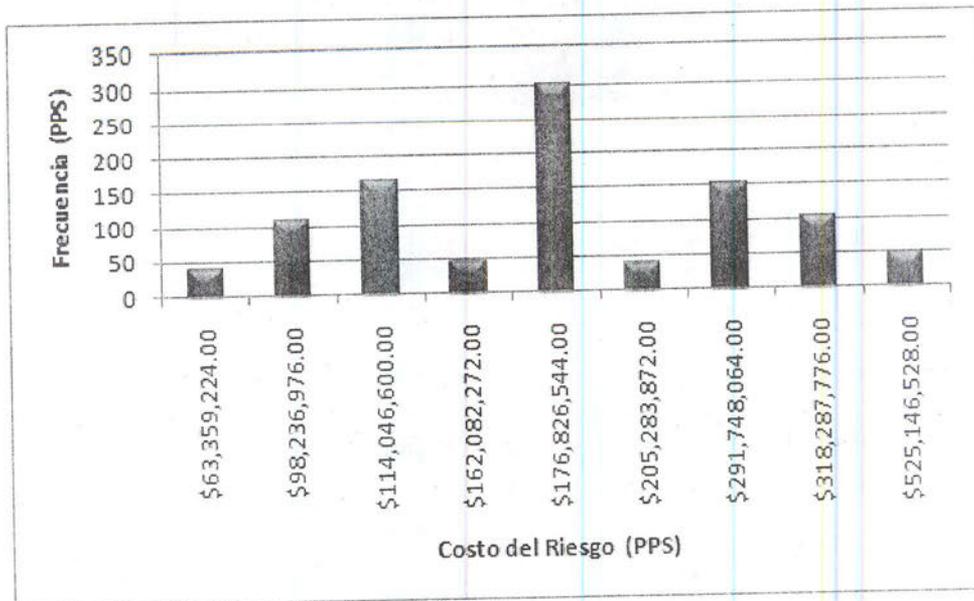
	Min	Med	Max
Eficacia de Mitigación de Riesgos:	0.06984941895	0.11524532702	0.17868514789
Probabilidad de Ocurrencia:	0.125	0.125	0.225
Nivel del Impacto:	0.125	0.225	0.225
Costo del Impacto:	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47	\$724,566,539.47
Cuantificación:	0.015625	0.028125	0.050625
Riesgo Neto Residual:	0.2236955	0.2440446	0.2833196
Costo del Riesgo:	\$162,082,274.33	\$176,826,551.30	\$205,283,902.14



Cuadro No. 201 Mitigación del riesgo

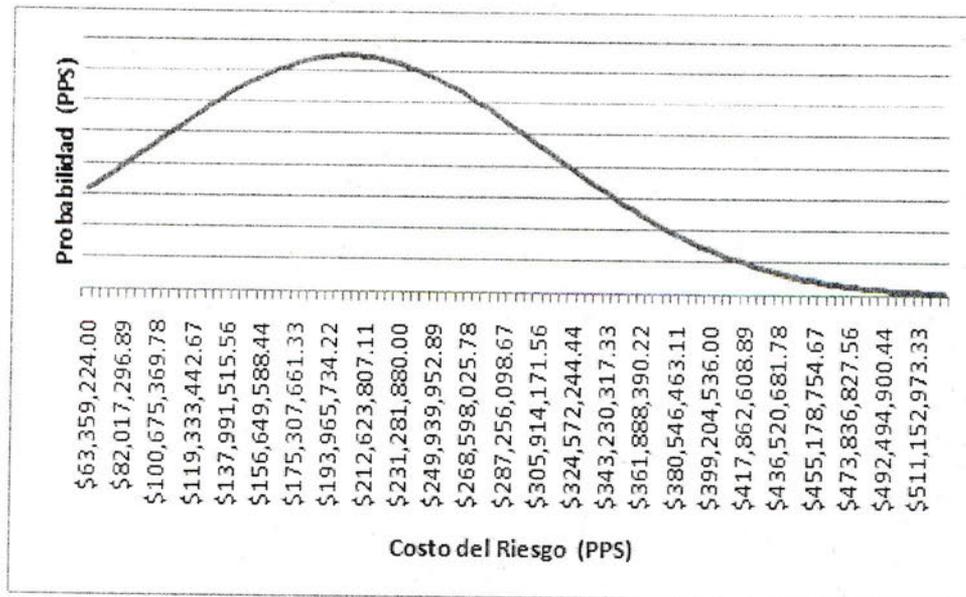


Cuadro No. 202 Distribución de frecuencia del análisis Monte Carlo





Cuadro No. 203 Normal distribuida del análisis Monte Carlo



**Estadística Descriptiva:**

Media: \$203,236,757.50

Error Estándar: \$3,351,608.18

Mediana: \$176,826,544.00

Moda: \$176,826,544.00

Desviación Estándar: \$105,987,156.74

Varianza: \$11,233,277,393,315,600.00

Curtosis: 1.72

Asimetría: 1.30

Rango: \$461,787,304.00

Mínimo: \$63,359,224.00

Máximo: \$525,146,528.00

Conteo: 1,000



Tal y como se ha descrito para el Proyecto de Referencia en el inciso f del apartado IV.3 el análisis de riesgo consta de las fases de identificación, asignación y cuantificación, de las cuales se obtendrá la estimación de sobrecosto por riesgo con la que se ajusta el costo base del proyecto.

Cuadro No. 204 Riesgos identificados y su probabilidad

Riesgos	Probabilidad del Riesgo
1. Riesgos de Falta de Refacciones o abastecimiento por escasos en el mercado o insuficiencia presupuestal	1.65%
2. Riesgos de Falta de Refacciones por obsolescencia tecnológica	4.73%
3. Riesgos de que la obsolescencia tecnológica motive la renovación del sistema instalado	3.15%
4. Riesgo de modificación adversa de las políticas tarifarias	5.73%
5. Riesgos de afectación al servicio por incumplimiento del contratista.	5.73%
6. Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de construcción	2.40%
7. Riesgos de devaluación e inflación que conlleven a un aumento desmesurado en el costo de los insumos y materiales durante la etapa de mantenimiento	3.90%
8. Riesgo de contratación de recursos humanos para su mantenimiento	1.56%
9. Riesgo de Siniestros por errores de operación o robos y desastres naturales	5.48%
10. Riesgo por terminación anticipada del contrato	4.23%
11. Riesgos por omisiones e incongruencias en el diseño del proyecto ejecutivo	2.31%
12. Riesgo en la obra civil	2.06%
13. Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación	3.48%
14. Riesgos de no contar con la Mano de Obra Adecuada	3.48%
15. Riesgo de que el costo de mantenimiento sea mayor de lo programado	2.31%



Cuadro No. 205 Resumen de cuantificación de riesgos del PPS

Riesgo cuantificado	Tipo de Riesgo	Riesgos retenibles	Riesgos transferibles	Asegurable
\$ 92,511,905	Transferible	\$ -	\$ 92,511,905	No Asegurable
\$ 265,825,348	Transferible	\$ -	\$ 265,825,348	No Asegurable
\$ 176,826,553	Transferible	\$ -	\$ 176,826,553	No Asegurable
\$ 322,035,113	Transferible	\$ -	\$ 322,035,113	No Asegurable
\$ 322,035,113	Transferible	\$ -	\$ 322,035,113	No Asegurable
\$ 134,669,229	Transferible	\$ -	\$ 134,669,229	No Asegurable
\$ 218,983,877	Compartido	\$ 109,491,938	\$ 109,491,938	No Asegurable
\$ 87,827,758	Transferible	\$ -	\$ 87,827,758	No Asegurable
\$ 307,982,672	Transferible	\$ -	\$ 307,982,672	No Asegurable
\$ 237,720,465	Compartido	\$ 118,860,233	\$ 118,860,233	Asegurable
\$ 129,985,082	Transferible	\$ -	\$ 129,985,082	Asegurable
\$ 115,932,641	Compartido	\$ 57,966,320	\$ 57,966,320	Asegurable
\$ 195,563,141	Retenible	\$ 195,563,141	\$ -	No Asegurable
\$ 195,563,141	Retenible	\$ 195,563,141	\$ -	No Asegurable
\$ 129,985,082	Transferible	\$ -	\$ 129,985,082	No Asegurable
<b>\$ 2,933,447,120</b>		<b>\$ 677,444,774</b>	<b>\$ 2,256,002,346</b>	

Cuadro No. 206 Total de riesgos PPS

Riesgos Involucrados	\$2,933,447,120
Riesgos retenibles	\$677,444,774
Riesgos transferibles	\$2,256,002,346

#### f) Estimación de la Utilidad Esperada Sobre el Proyecto por el Inversionista Proveedor

La información de propuestas recientes en proyectos similares sugiere que hay una rentabilidad esperada de **6.52%**, basada en el margen de utilidad de la industria productora de metros como (Bombardier, Siemens, Alstom, Ansaldo, CAF y General Electric)

**Utilidad Esperada del proveedor en 24 años de \$614,567,242** en valor presente a una tasa de descuento del 12%



### g) Flujos estimados de Pago al Inversionista Proveedor

El pago Mensual por tren estimado es de \$2,249,000 Pesos precios de julio de 2009 y será nominado en dólares americanos. El valor presente de dicho flujo equivale a \$10,675,435,035 pesos en 24 años.

Cuadro No. 207 Calculo del pago al inversionista proveedor del PPS

Costo base del Prestador de Servicios en Valor Presente Neto	\$8,497,270,789
Utilidad Esperada	\$614,567,242
Interés	\$1,563,597,004
<b>Pago al Inversionista Proveedor</b>	<b>\$10,675,435,035</b>

\*Costo base del proyecto Servicios a Largo Plazo en Valor Presente Neto Incluye el Riesgos transferibles por \$2,256,002,346.

El cálculo del pago anual se calculó de manera iterativa mediante un modelo financiero que estima el flujo financiero del Inversionista Proveedor. Las iteraciones se realizaron incrementando el pago hasta cumplir con:

- Permitir amortizar o recuperar el capital invertido en el costo de diseño, fabricación, flete y pruebas debidamente ajustados por riesgo y reducidos por eficiencias
- Cubrir los costos de operación y mantenimiento
- Cubrir el previsible impacto de los riesgos transferidos
- Retribuir el capital invertido por el inversionista proveedor
- Cumplir con las obligaciones fiscales requeridas al Inversionista Proveedor (ISR y PTU).
- Cubrir los gastos de financiamiento e índices de cobertura del servicio de la deuda

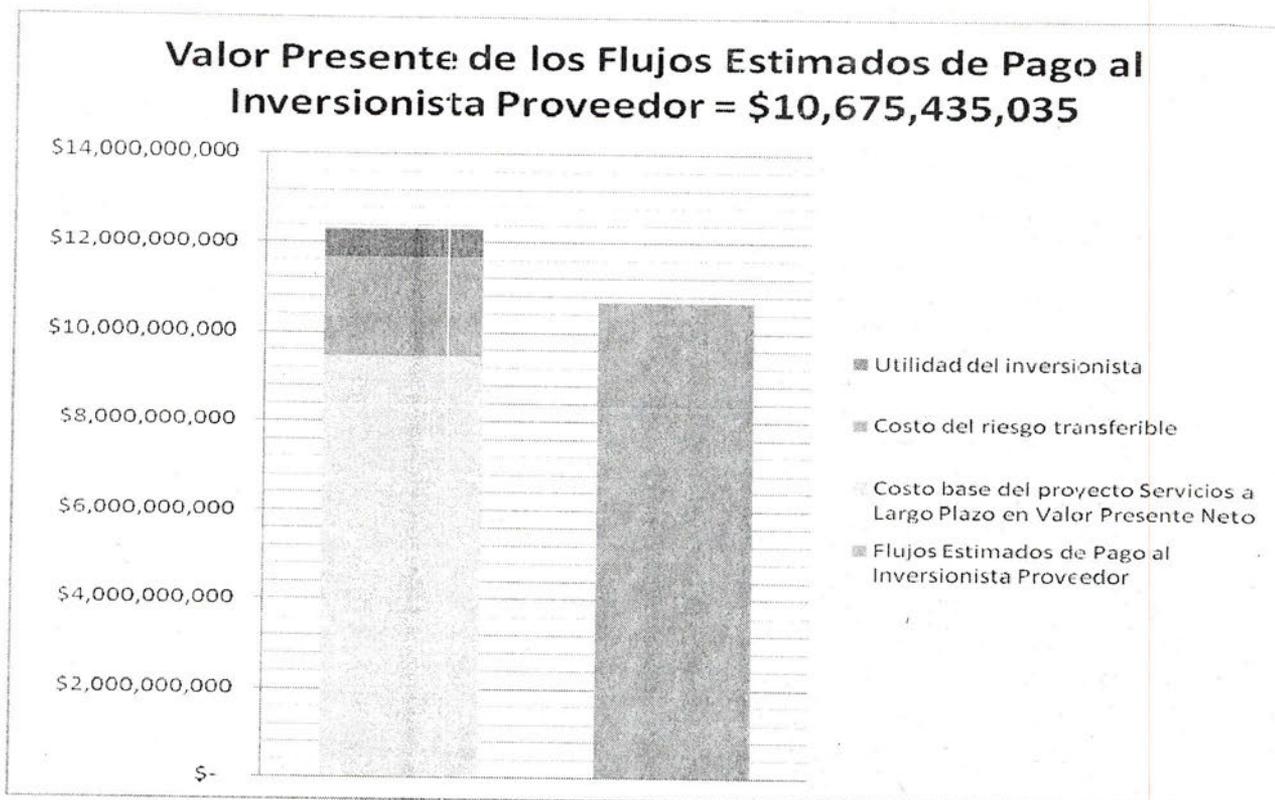
#### Descripción de la composición del pago en sus distintos factores:

- Costo base del PPS (que se ha calculado como Costo Base del Proyecto de Referencia más los ajustes comentados anteriormente propios del PPS descritos en el inciso Ad.
- Valor de los riesgos transferibles (inciso A de este Apartado)
- Utilidad requerida por el Inversionista Proveedor.



Así conforme a lo dispuesto en los Lineamientos para la elaboración del Análisis Costo-Beneficio de los Proyectos de Prestación de Servicios emitidos por el Gobierno del Distrito Federal:

Cuadro No. 208 Flujos estimados de pago al inversionista proveedor



### h) Costos Adicionales

El costo adicional asciende a \$717 mdp que proviene de la suma del valor presente del costo de los riesgos retenibles (\$677 mdp) y del valor presente del costo de administración del Contrato PPS (\$44 mdp)

### i) Costo Total

Cuadro No. 209 Costo Total del PPS (millones de pesos)

Pago al Inversionista Proveedor	\$10,675,435,035
Costos Adicionales	\$717,869,059
<b>Costo Total del Servicio a Largo Plazo</b>	<b>\$11,393,304,094</b>



## j) Beneficios Adicionales Expresados en Términos Monetarios

No se han identificado beneficios adicionales

## k) Supuestos Utilizados

Los supuestos de financiamiento utilizados para el análisis del proyecto se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro No. 210 Riesgos identificados y su probabilidad

Riesgos	Probabilidad del Riesgo
Riesgos de recibir un mal diseño derivado de una incorrecta evaluación	1.65%
Riesgo de incumplimientos y retrasos en el programa de entrega para puesta en servicio de los trenes.	4.73%
Riesgo de incumplir con el programa de mantenimiento	3.15%
Riesgos de Falta de Refacciones o abastecimiento por escasos en el mercado o insuficiencia presupuestal	5.73%
Riesgos de que la obsolescencia tecnológica de los equipos ocasione la falta de refacciones para el mantenimiento adecuado de los equipos.	5.73%
Riesgos de Insuficiencia presupuestal y/o deficiencia durante el proceso administrativo de adquisición.	2.40%
Riesgos de que la obsolescencia tecnológica motive la renovación del sistema instalado	3.90%
Riesgo de no contar oportunamente con la contratación y capacitación continua de recursos humanos para el mantenimiento	1.56%
Riesgos de afectación al servicio por incumplimiento del contratista.	5.48%
Riesgo de Siniestros por errores de operación	4.23%
Riesgo de robos y vandalismo	2.31%
Riesgo de siniestros por desastres naturales	2.06%
Riesgo de estado inadecuado de las instalaciones y/o infraestructura, que provoque el incumplimiento del programa de mantenimiento de trenes.	3.48%
Riesgos de insuficiencia presupuestal y/o deficiencia durante el proceso administrativo de adquisición.	3.48%
Riesgo de contratación y capacitación continua de recursos humanos para su mantenimiento	2.31%

Cuadro No. 211 Condiciones de financiamiento

Concepto	Supuestos de análisis
Deuda	\$5,995,708,286
Plazo	15 años
Tasa real	3%



### Hipótesis fiscales

Para estimar los gastos fiscales, se consideraron los siguientes impuestos:

- Impuesto sobre la Renta: 28% menos deducciones
- Participación de los Trabajadores en las Utilidades: 10%

### Hipótesis contables

Las tasas anuales de depreciación y amortización utilizadas en el cálculo de los gastos fiscales se muestran en la siguiente tabla, utilizando el método de depreciación anual.

Cuadro No. 212 Periodo de depreciación

Activo	Vida útil
Material Rodante	30 Años
Talleres	50 Años
Herramientas	10 Años
Maquinaria	15 Años
(Métodos de depreciación)	Lineal

### Costo de los seguros

Será responsabilidad del Prestador del servicio la contratación de los seguros que requiera para cubrir los riesgos inherentes al cumplimiento de las obligaciones a su cargo. En caso de que el Prestador del servicio demuestre la responsabilidad del STC, reembolsará al Prestador del servicio el valor de las partes o refacciones que, en su caso, debieron sustituirse, pero no así el valor de la mano de obra.

#### Disposición General.

Los riesgos, obligaciones y responsabilidades previstas a cargo del Prestador del servicio, serán independientes de la contratación de los seguros, por lo que el importe de las obligaciones y responsabilidades derivadas de la asunción de tales riesgos no podrán reducirse en la medida de los seguros o por la falta de contratación o cobertura suficiente de ellos, en perjuicio del STC, de su estructura orgánica, así como de los bienes bajo la responsabilidad del STC o de terceros. El Prestador del servicio, podrá negociar por su cuenta y riesgo los deducibles que crea convenientes en las pólizas requeridas, pero en todo momento estará obligado por el cumplimiento de sus obligaciones, así como por los deducibles que en su caso se deban cubrir.

#### Cobertura de Seguros.

Los riesgos inherentes a la pérdida o daños del Material Rodante durante el Período Operativo, así como los riesgos inherentes a la prestación de los Servicios, el Prestador del servicio deberá contratar y mantener en vigor los seguros que deba y requiera contratar conforme a las Prácticas Prudentes de la Industria, así como los señalados a continuación:



#### Seguro de Responsabilidad Civil.

- El Prestador del servicio deberá obtener y mantener durante la Vigencia del Contrato, a su propia costa y antes de iniciar cualquier actividad relacionada con la prestación de los Servicios, incluyendo sin limitar, la fabricación y puesta en operación de los Trenes, una o más pólizas de seguros que cubran la responsabilidad civil del Prestador del servicio y de sus contratistas, así como de sus respectivos empleados, en relación a (i) daños a, o muerte de, terceras personas, (ii) daños causados a la propiedad o activos de terceras personas, que resulten, en ambos casos, del cumplimiento o incumplimiento del Contrato; y (iii) remoción de escombros. En todos los casos antes mencionados se deberá especificar claramente que el STC, su estructura orgánica, así como todos los bienes bajo la responsabilidad del STC y del Gobierno del Distrito Federal, los empleados y las personas que laboren en o asistan en el STC y en el Gobierno del Distrito Federal serán considerados como terceros ante cualquier acto o evento del Prestador del servicio o de sus contratistas o de sus empleados. Esta póliza deberá mantenerse vigente durante toda la Vigencia del Contrato.

- El límite de responsabilidad contratada bajo la póliza de responsabilidad civil deberá ser por un importe tal, que permita que las cosas regresen al estado en que se encontraban antes del inicio de la prestación de los Servicios. En las pólizas se señalará al STC, su estructura orgánica, así como todos los bienes bajo la responsabilidad del STC y del Gobierno del Distrito Federal, los empleados y las personas que laboren en o asistan por cualquier motivo en el STC o en el Gobierno del Distrito Federal, como terceros en caso de daños o perjuicios.

Renuncia a la Subrogación.

En las pólizas contratadas por el Prestador de servicio se deberá incluir una renuncia a la subrogación de los aseguradores contra el STC, su estructura orgánica, así como de todos los bienes bajo la responsabilidad del STC, funcionarios, directores, empleados, aseguradores o emisores de pólizas y una renuncia a cualquier derecho de los aseguradores a una compensación o contra reclamación, ya sea mediante un endoso o de cualquier otra manera, en relación con cualquier tipo de responsabilidad de cualquiera de esas personas aseguradas en cualquiera de dichas pólizas.

Aseguradores.

La póliza de seguros deberá ser emitida por una compañía de seguros mexicana de reconocida solvencia que sea aceptable a juicio del STC.

Certificaciones.

Dentro de los diez (10) Días a partir del momento en el cual la póliza requerida debe ser obtenida, y en cada aniversario subsecuente a tal fecha, el Prestador del servicio deberá entregar al STC un certificado emitido por sus aseguradores en el cual éstos confirmen lo siguiente:

- Nombre de la compañía aseguradora que emitió la póliza,
- Alcance, cobertura, deducibles, exclusiones, límite y Día de vencimiento de la póliza,
- Que las pólizas se encuentran en pleno vigor y efecto a la fecha de la certificación,
- Que el Prestador del servicio ha efectuado todos los pagos de primas correspondientes,



- Que el STC, su estructura orgánica, sus empleados, así como de todos los bienes bajo la responsabilidad del STC han sido nombrados beneficiarios en tal póliza y que ésta cubre a cualquier tercero que resulte beneficiario.

Duración de las Pólizas.

La vigencia de la póliza y del contrato de seguro abarcará todo el periodo de prestación de los Servicios y hasta el término de la Vigencia del Contrato. En caso de que las compañías de seguros se nieguen a expedirla por un plazo mayor a doce (12) Meses, se deberá renovar antes de su vencimiento. En caso de que el Prestador del Servicio no obtenga o no renueve la póliza en término, el STC podrá rescindir el Contrato en razón de haberse constituido el Evento de Incumplimiento del Prestador.

Moneda de Pago.

Tanto el monto de la prima como de los beneficios a cobrar por la póliza requerida deberán ser denominados en Dólares.

Obligaciones del Fabricante en Materia de Seguros

El Fabricante deberá tener contratadas, con anterioridad a la fecha en la que tenga lugar el inicio de la Etapa de Garantía del Fabricante y hasta la extinción del Contrato de Fabricación, las siguientes pólizas de seguro:

Seguro de Responsabilidad Civil General

Póliza de responsabilidad civil general que ampare específicamente su actividad en cada Etapa del Proyecto, y las reclamaciones que puedan realizar los terceros perjudicados por daños materiales, personales o perjuicios consecuenciales, derivadas de los trabajos de reparación, conservación o mantenimiento.

A título enunciativo pero no limitativo la póliza deberá incluir las siguientes coberturas:

- Operación,
- Patronal,
- Productos/post-trabajos,
- Contaminación ambiental,
- Daños a bienes directamente manipulados,
- Cruzada,
- Defensa,
- Fianzas civiles y penales.

El Prestador del Servicio y el STC, sobre el Material Rodante recibirán, además de la condición de terceros por los perjuicios causados a sus propios bienes, la condición de asegurados adicionales ante las posibles reclamaciones derivadas de las actividades de Mantenimiento Integral durante la Etapa de Garantía del Material Rodante que puedan ser planteadas directamente contra cualquiera de ellos.



## Seguro de Daños Materiales

El Fabricante contratará una póliza de seguro de daños materiales que ampare las pertenencias de su propiedad empleadas para el desarrollo de su actividad, tales como maquinaria, herramientas, repuestos, equipos electrónicos o cualquier otro bien que resulte necesario, aun cuando estas se hallen depositadas en las Instalaciones del STC, incluyendo los Talleres Asignados al Prestador del Servicio para el desarrollo de las actividades de Garantía.

En cualquier caso ni el Prestador del Servicio ni el STC serán responsables de los daños, deterioro, sustracción o pérdida de los bienes propiedad del Fabricante, salvo que la causa que produzca el daño sea imputable al ejercicio de la actividad del STC o a cualquier acto negligente cometido por sus empleados.

El costo de las referidas pólizas de seguro será asumido íntegramente por el Fabricante que, en cada renovación anual de los contratos correspondientes, deberá enviar al Prestador del servicio y al STC una copia del recibo de pago de la prima resultante, así como del suplemento de renovación, si se produce; cualquier otro suplemento emitido en relación con la póliza, que modifique la cobertura inicialmente contemplada o los límites de suma asegurada, deberá ser comunicado puntualmente al Prestador y al STC para su aprobación pertinente en relación con el Contrato de Fabricación.

### **Hipótesis sobre el costo de administración del PPS**

El costo de administración del Contrato PPS, se compone del costo de la etapa de licitación y el costo de supervisión en su etapa de diseño, fabricación, flete y pruebas y de operación y mantenimiento.

Los costos de administrar el contrato por parte de STC en 24 años es de \$40,424,285 a valor presente neto, equivalente 3.5 Empleados de tiempo completo con un salario compuesto de 40,000 como costo adicional al proyecto.

### **1) Fecha de Inicio de la Prestación del Servicio a Contratar**

El Inversionista Proveedor comenzará la prestación de servicios una vez alcanzado el cierre financiero y presentado las garantías de cumplimiento. La fecha prevista será en Abril 30 de 2011.



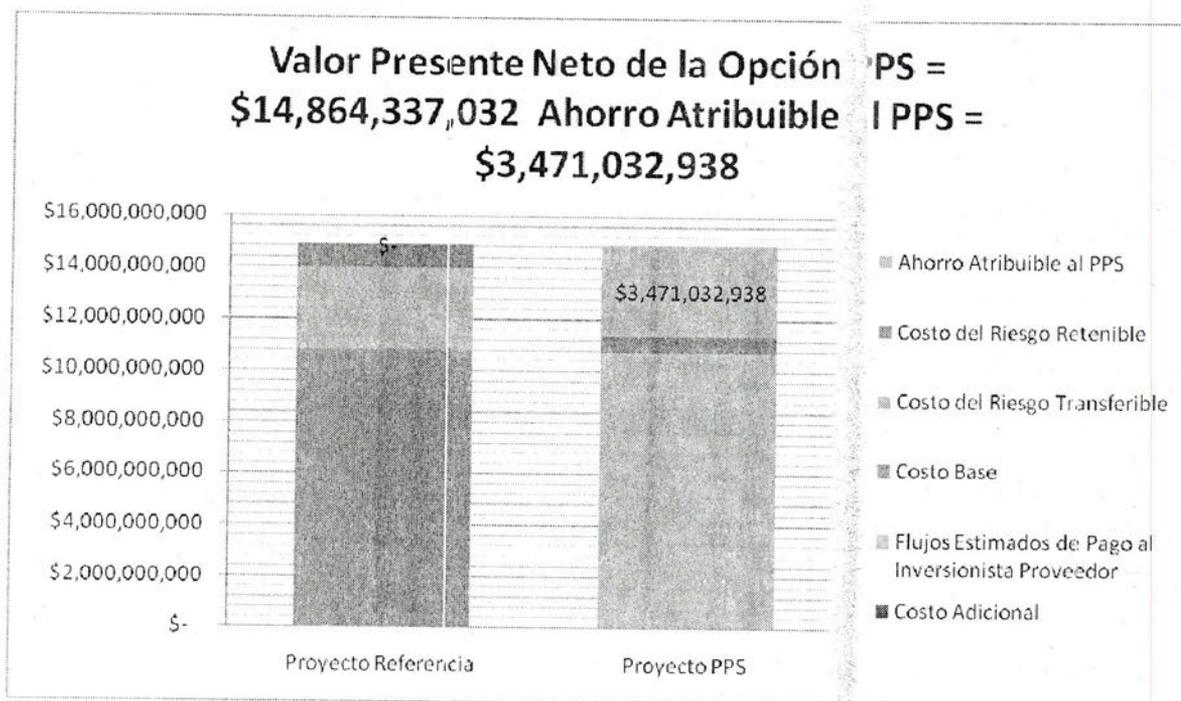
## v. Comparación del Proyecto de la Compra con el PPS

En los apartados anteriores, se ha calculado el Costo total del Proyecto de Referencia y del PPS respectivamente, siguiendo la metodología propuesta en los Lineamientos.

En este apartado se ha procedido a comparar ambos costos, obteniendo el valor Presente Neto del PPS, o ahorro que representa (en su caso) el costo del PPS con respecto del Proyecto de Referencia.

Así pues, de acuerdo con los Lineamientos para la elaboración del Análisis Costo-Beneficio para los Proyectos de Prestación de Servicios a Largo Plazo emitidos por el Gobierno del Distrito Federal se calcula de la siguiente forma:

Cuadro No. 213 Cálculo del valor del PPS.



Así pues, como resultado del Análisis Costo-Beneficio:

- El Valor Presente Neto del PPS es positivo, es decir, se concluye que, bajo supuestos que se han expuesto en este documento, resulta más eficiente desarrollar el proyecto bajo el esquema PPS.
- La estimación, bajo supuestos razonables, del valor por dinero es de \$3,471 mdp, como valor más probable, que representa una eficiencia en términos relativos del 23.35%



## Indicadores de Rentabilidad

De este análisis de prefactibilidad se obtuvo que el esquema de Modelo de Servicios a Largo Plazo de Trenes Férreos para la Línea 12 del metro, sea más viable llevarlo a cabo en términos económicos en comparación con la compra, debido a que la mayoría de los indicadores de rentabilidad resultan más positivos y viables en este escenario. Esto da la certidumbre al Sistema de Transporte Colectivo en que los servicios proporcionados serán de calidad y podrán ser suministrados eficientemente durante toda la vida del proyecto.

A continuación se detalla el resultado de cada uno de los indicadores de rentabilidad de las dos iniciativas de adquisición para basar la viabilidad económica de realizar este proyecto:

Cuadro No. 214 Indicadores de Rentabilidad.

Datos en Pesos	PR	PPS	Diferencia	Porcentual
Flujo Acumulado	\$ 3,527,233,719	\$ 4,070,404,585	\$ 543,170,865	13%
VPN (Valor Presente Neto)	\$ 1,121,439,005	\$ 1,944,084,842	\$ 822,645,837	73%
TIR (Tasa Interna de Retorno)	346%	422%	76%	22%
PR (Periodo de recuperación)	3 Años	3 Años	0 Años	0%
CAE (Costo Anual Equivalente)	\$ 298,735,051	\$ 280,917,232	\$ 17,817,819	6%
SROI (Simple Retorno Sobre la Inversión)	769%	549%	220%	220%
Beneficios	\$ 8,628,784,777	\$ 10,675,435,035	\$ 2,046,650,258	24%
Costos	\$ 14,864,337,032	\$ 11,393,304,094	\$ 3,471,032,938	23%

Datos en MDP	PR	PPS	Diferencia	Porcentual
Flujo Acumulado	\$ 3,527	\$ 4,070	\$ 543	15%
VPN (Valor Presente Neto)	\$ 1,121	\$ 1,944	\$ 823	73%
TIR (Tasa Interna de Retorno)	346%	422%	76%	22%
PR (Periodo de recuperación)	3 Años	3 Años	0 Años	0%
CAE (Costo Anual Equivalente)	\$ 299	\$ 281	\$ 18	6%
SROI (Simple Retorno Sobre la Inversión)	769%	549%	220%	220%
Beneficios	\$ 8,629	\$ 10,675	\$ 2,047	24%
Costos	\$ 14,864	\$ 11,393	\$ 3,471	23%

Datos en MDP por tren	PR	PPS	Diferencia	Porcentual
Flujo Acumulado	\$ 118	\$ 136	\$ 18	15%
VPN (Valor Presente Neto)	\$ 37	\$ 65	\$ 27	73%
TIR (Tasa Interna de Retorno)	346%	422%	76%	22%
PR (Periodo de recuperación)	3 Años	3 Años	0 Años	0%
CAE (Costo Anual Equivalente)	\$ 10	\$ 9	\$ 1	6%
SROI (Simple Retorno Sobre la Inversión)	769%	549%	220%	220%
Beneficios	\$ 288	\$ 356	\$ 68	24%
Costos	\$ 495	\$ 380	\$ 116	23%

\* Nota: Se utilizó para el cálculo de los indicadores de rentabilidad una tasa de descuento del 12%. Los valores son acumulados a 24 años.



A continuación se presentan los resultados obtenidos derivados de la Evaluación Financiera en el “Escenario Más Probable”:

#### **SROI.**

El *Simple Retorno de Inversión* del esquema “Modelo de Servicios a Largo Plazo” de Trenes Férreos para la Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo (Metro) es de 769% en el PR y de 549% en el PPS, un *SROI* se considera viable cuando es mayor a 0%.

El ROI o Retorno de Inversión es el beneficio medido en porcentaje obtenido por cada unidad monetaria invertida en un período de tiempo. Suele utilizarse para analizar la viabilidad de un proyecto y medir su éxito. En épocas de crisis, se convierte en un indicador fundamental para prever que cada peso invertido en cualquier iniciativa tenga un retorno de inversión.

Por el hecho de tener un Simple Retorno de Inversión del 549% como mínimo, por arriba de los costos y comparado con proyectos similares este resultado es considerado altamente viable en los dos escenarios.

#### **Período de Recuperación.**

Se considera que un proyecto tiene un reembolso de lo invertido cuando el “período de recuperación” (Payback) o punto de equilibrio es menor al tiempo de duración del contrato y de depreciación de activos, en este caso el cual es de 24 años, el período de recuperación en este estudio económico reveló que sería de 3 años en los dos casos, obteniendo como resultado que el proyecto es viable para el Sistema de Transporte Colectivo, al tener 21 años para obtener beneficios una vez alcanzado el período de recuperación.

#### **VPN.**

Se han cuantificado ciertos Beneficios futuros en este caso de negocios que impactan en años posteriores a su ejecución, y se han cuantificado con valores futuros estimados. Es necesario evaluar la viabilidad del Proyecto convirtiendo esos valores futuros a valores presentes para conocer el poder adquisitivo del dinero a través del tiempo.

Este Proyecto resultó viable al obtener potencialmente \$1,944,084,842 de pesos en el esquema de “Modelo de Servicios a Largo Plazo” y de \$1,121,439,005 de pesos en el “Proyecto de Referencia”. se considera que es viable o atractivo un VPN cuando es igual o mayor a un peso, ya que es calculado en base al Flujo de Caja del Proyecto, resultando más viable el modelo PPS.

## vi. Análisis de Sensibilidad

Se manejan una serie de variables (Supuestos) para el cálculo de los Costos y los Beneficios esperados del proyecto; lista en el punto 3 "Descripción del Programa o Proyecto" como supuestos técnicos y socioeconómicos de este documento.

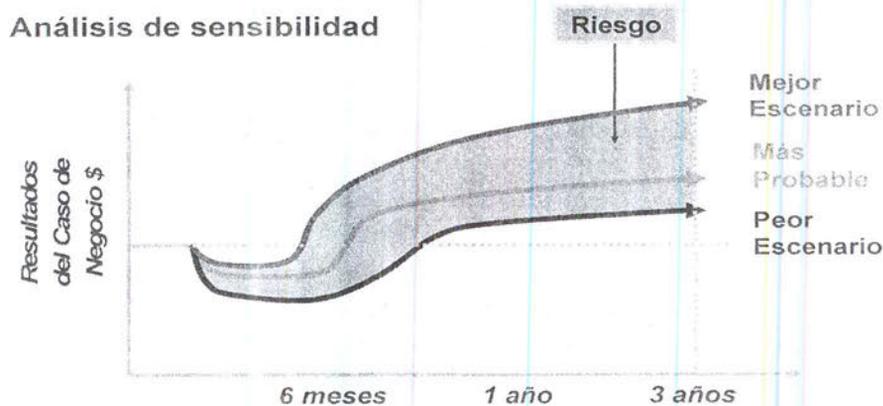
Todos los supuestos manejan Tres Escenarios de riesgo para el manejo de sensibilidad: Mejor, Más Probable y Peor Escenario.

El porcentaje que se maneja para la incertidumbre no es fijo, ya que se maneja el riesgo en cada supuesto por separado, dependiendo de su grado de incertidumbre, Por ejemplo el salario de \$108,056 pesos anuales usa el mismo valor en los tres escenarios ya que es un dato certero y no se tiene incertidumbre en ese dato específico, citando otro ejemplo como el de la duración promedio de una contingencia este dato maneja 3 valores (6 horas, 4 horas, 2 horas) ya que este dato no es tan certero y por lo cual se fijan escenarios en lo que se conoce como un análisis de sensibilidad para el manejo del riesgo.

Cuando se hizo el Análisis de Prefactibilidad para la adquisición de Trenes Férreos para la Línea 12 del Metro se ingresó un valor para cada supuesto, ese valor debía de tener una fuente confiable y se utilizaba ese valor en los tres escenarios de riesgo, cuando el valor no se conocía plenamente se utilizaron diferentes valores para cada escenario y así poder manejar la incertidumbre.

Esta variación de valores por cada escenario da como resultado un espectro del Riesgo para el manejo de incertidumbre, como se muestra en la siguiente Gráfica.

Cuadro No. 215 Ejemplo de análisis de sensibilidad

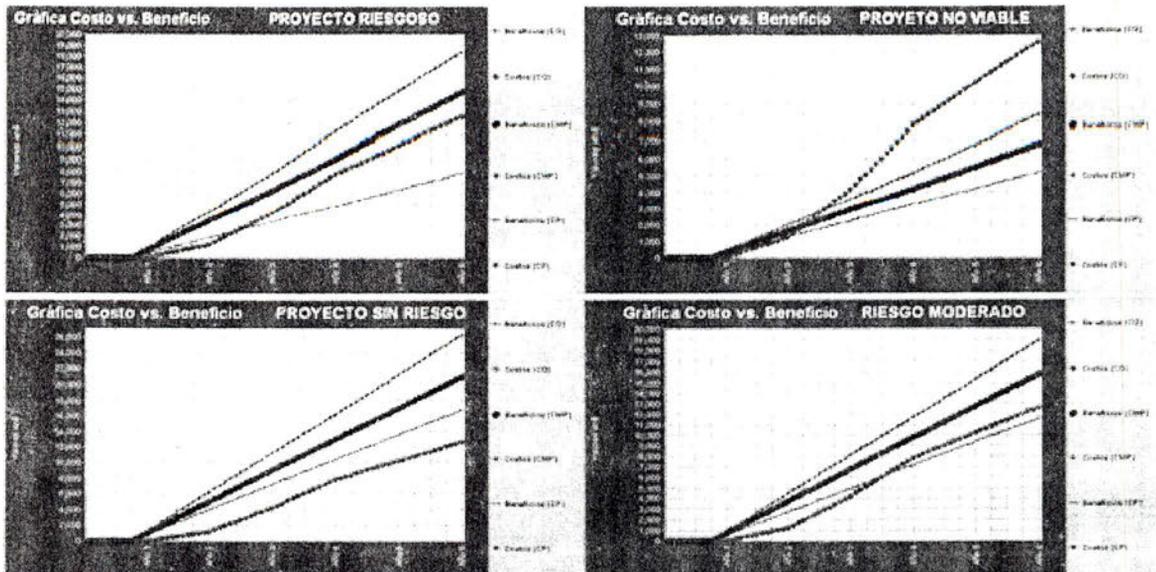


Donde el mejor escenario es la suma y combinación de todos los Costos y Beneficios del proyecto considerando únicamente las variables en un Mejor Escenario y el Peor Escenario sumando todos los costos y beneficios con las variables en el peor escenario, la probabilidad que se de uno de estos dos escenarios, es la de tres a la potencia del número de supuestos con incertidumbre del análisis el cual es de uno entre millones de posibilidades, por lo cual lo más probable es que sea un resultado real dentro del Espectro de Riesgo utilizado en Análisis de Sensibilidad.



A continuación se muestran ejemplos de las diferentes situaciones posibles dentro de un proyecto para la medición del Riesgo y con base a ello tomar mejores decisiones.

Cuadro No. 216 Posibles niveles de riesgo



La Línea roja en las figuras anteriores, muestran el comportamiento de los costos acumulados a través del tiempo y las Líneas azules los beneficios acumulados en sus tres distintos escenarios; de donde dependiendo de los resultados se puede determinar el Riesgo en que se encuentra cada caso en cuestión (Proyecto sin Riesgo, Riesgo Moderado, Proyecto Riesgoso y Proyecto no Viable).



## **vii. Parámetros de referencia para la Evaluación del Desempeño del Inversionista Proveedor**

Los criterios aplicables para la evaluación de la calidad de los servicios prestados por el Inversionista Proveedor se mencionan a continuación:

### **Evaluación de seguridad, fiabilidad y disponibilidad durante el periodo de garantía.**

- En esta actividad "EL FABRICANTE" deberá cumplir con los niveles de seguridad, fiabilidad, disponibilidad para la operación del metro. Dichos parámetros así como la periodicidad y metodología de cálculo serán fijados por "EL S.T.C."

### **Mantenimiento Sistemático de corta periodicidad.**

- Esta actividad contempla el mantenimiento que se realizará de acuerdo a las periodicidades y recorridos establecidos en los manuales de mantenimiento del fabricante de los trenes y de los distintos equipos del tren y podrán ser ajustados de acuerdo a las condiciones de operación en el servicio.

### **Mantenimiento Mayor.**

- Son las actividades de OVER HAUL (Gran revisión), que permiten restituir al tren y a sus equipos sus características originales de operación, que permitan a estos mantener los niveles originales de seguridad, fiabilidad, disponibilidad, confort e imagen. Estas actividades se realizarán de acuerdo a las periodicidades y recorridos establecidos en los manuales de mantenimiento del fabricante de los trenes y de los distintos equipos del tren y podrán ser ajustadas de acuerdo a las condiciones de operación en el servicio

### **Mantenimiento Correctivo.**

- Esta actividad contempla el mantenimiento correctivo que es el conjunto de las acciones de reparación, efectuadas para volver a poner los sistemas o los órganos en estado de funcionamiento, después de una falla que haya alterado o suprimido su capacidad para cumplir con la función requerida.

### **Garantía de los trenes y sus equipos.**

- En esta actividad "EL FABRICANTE" se obliga ante "EL S.T.C." a proporcionar carros y equipos de buena calidad, concebidos de acuerdo con las mejores prácticas de ingeniería y libres de defectos de diseño, materiales, fabricación y mano de obra. "EL FABRICANTE" deberá cumplir con las garantías por lote, sistemas y equipos en los términos que a continuación se indican:



Cuadro No. 217 Mantenimientos

Sistemas y equipos	Recorrido (kilómetros)
LOTE DE TRENES COMO CONJUNTO	24 PERIODOS DE 30 DÍAS A PARTIR DE LA PUESTA EN SERVICIO DEL 97 TREN
Sistema de tracción-frenado.	300,000
Sistema de antibloqueo	300,000
Sistema de generación y conversión de energía eléctrica.	300,000
Sistema de informática embarcada, mando y control.	300,000
Sistema de puertas de pasajeros.	300,000
Sistema de generación y distribución de aire comprimido	450,000
Sistemas mecánicos.	800,000
Sistema de señalización y registro.	300,000
Caja.	450,000
Sistema de comunicación	300,000
Pintura de carrocería.	1,000,000
Bogie.	1,000,000
Enganches.	1,000,000
Pisos.	1,000,000
Transmisión mecánica (reductor)	1,000,000
Pasillo de inter-circulación entre carros.	1,500,000
Suspensión secundaria.	1,000,000
Circuito cerrado de televisión (CCTV)	300,000

#### Definición de Parámetros y Variables.

- $\alpha = 0.33$ ;
- $\beta = 0.39$
- $\gamma = 0.28$ ;
- $D_c = 97.5$  % (noventa y siete punto cinco por ciento); es el nivel de Disponibilidad Operativa requerido por el Sistema de Transporte Colectivo definido en el Anexo Técnico del Contrato;
- $D_o = 90.00$  % (noventa por ciento); es el nivel de Disponibilidad Operativa de referencia;
- $D_t$ , es la Disponibilidad Operativa del lote de trenes recibidos, medida en el mes  $t$ , según se establece en el Anexo Técnico del presente Contrato;
- $\text{PM}_t$ , es el valor monetario mensual de los servicios no cumplidos del Programa de Mantenimiento en el mes  $t$ , según se establece en el Anexo Técnico del Presente Contrato;
- $\text{PM}_t$ , es el valor monetario por cada día de Servicio de Mantenimiento Integral requerido por el Sistema de Transporte Colectivo conforme al Anexo Técnico del Presente Contrato;



- $F_c = 10,324.00$  km/falla; es el nivel de Fiabilidad requerido por el Sistema de Transporte Colectivo definido en el Anexo Técnico del Presente Contrato;
- $F_N$ , es la Fiabilidad ajustada por el número de trenes recibidos del lote;
- $f_{nt}$ , es el factor que considera el número de días en los que el tren  $n$  del lote opera durante el mes  $t$ , una vez transcurrido su respectiva puesta en operación;
- $F_o = 5,162.00$  km/falla; es el nivel de Fiabilidad de referencia;
- $F_t$ , es la Fiabilidad del lote de trenes recibidos, medida en el mes  $t$ , según se establece en el Anexo Técnico del Presente Contrato;
- $K = 50\%$ , (cincuenta por ciento);
- $k = 10\%$ , (diez por ciento);
- $L=30$ , es el número total de días de duración definida para los meses contrato, salvo las referencias hechas a mes o meses en la etapa de desarrollo del tren prototipo, los cuales coincidirán con meses calendario;
- $I_{nt}$ , es el número de días de funcionamiento del tren  $n$  del lote durante el mes  $t$ , una vez transcurrido su período respectivo;
- $I_t$ , es el número de días en el mes  $t$ , en que dejó de cumplirse total o parcialmente el Programa de Mantenimiento del lote;
- $M_B$ , significa el Monto Base que recibirá el Proveedor como pago por cada mes/tren de servicio otorgado al Sistema de Transporte Colectivo en el caso de que cumpla en tiempo y forma con los parámetros requeridos por el Sistema de Transporte Colectivo en el Anexo Técnico del Presente Contrato, es decir, el Servicio de Arrendamiento, así como el Servicio de Mantenimiento Integral compuesto por la Disponibilidad Operativa ( $D_c$ ), la Fiabilidad ( $F_c$ ), el Nivel de Afectaciones al Servicio ( $NAFS_c$ ), y el Programa de Mantenimiento;  $M_B$  equivale a  $\frac{M_C}{L}$ ;
- $M_C = \frac{M_B \cdot L}{K}$ , significa el monto total que pagará el Sistema de Transporte Colectivo al Proveedor como contraprestación de los servicios recibidos durante la vigencia del Presente Contrato, en caso de que el Proveedor cumpla en tiempo y forma con los parámetros solicitados por el Sistema de Transporte Colectivo en el Anexo Técnico del Presente Contrato, es decir, los estudios de ingeniería, validación del diseño y recepción del tren prototipo, el Servicio de Arrendamiento, así como el Servicio de Mantenimiento Integral, que se compone de los parámetros  $D_c$ ,  $F_c$ ,  $NAFS_c$ , y el Programa de Mantenimiento;
- $NAFS_c = 1$  (uno); es el Nivel máximo de Afectaciones al Servicio requerido por el Sistema de Transporte Colectivo definido en el Anexo Técnico del Contrato;
- $NAFS_o = 2$  (dos); es el Nivel de Afectaciones al Servicio de referencia;
- $NAFS_t$ , es el Nivel de Afectaciones al Servicio del lote de trenes recibidos, medido en el mes  $t$ , según se establece en el Anexo Técnico del presente Contrato;
- $N_t$ , es el número acumulado de trenes que han sido recibidos y puestos en operación al cierre del mes  $t$ ;
- $PD_t$ , es el componente en el mes  $t$  del pago periódico correspondiente al lote de trenes recibidos y puestos en operación por el nivel de Disponibilidad Operativa que haya sido medido en el mes  $t$  según se especifica en el Anexo Técnico de las presentes Bases;
- $PF_t$ , es el componente en el mes  $t$  del pago periódico del lote de trenes recibidos y puestos en operación por el nivel de Fiabilidad que haya sido medido en el mes  $t$  según se especifica en el Anexo Técnico de las presentes Bases;



- $PME$ , es el monto máximo acumulado que el Sistema de Transporte Colectivo pagará por concepto de escalación de precios;
- $PM_t$ , es el componente en el mes  $t$  del pago periódico del lote de trenes recibidos y puestos en operación por el cumplimiento del Programa de Mantenimiento que haya sido medido en el mes  $t$  según se especifica en el Anexo Técnico de las presentes Bases;
- $PNAFS_t$ , es el componente en el mes  $t$  del pago periódico del lote de trenes recibidos y puestos en operación por el Nivel de Afectaciones al Servicio del lote de trenes que haya sido medido en el mes  $t$  según se especifica en el Anexo Técnico de las presentes Bases;
- $PT_t$ , es el pago integrado por lote total de trenes recibidos, que por cada mes  $t$  recibe el Proveedor a cambio de los servicios objeto de este Contrato que comprenden el Arrendamiento, con Mantenimiento Integral, que sean prestados y medidos en dicho mes  $t$  para el lote de trenes;
- $t$ , es el número consecutivo de meses en el que se calcula cada pago, a partir de la firma del Presente Contrato y hasta la finalización del mismo, por mes se entenderán períodos de 30 (treinta) días independientemente de que estos períodos coincidan o no con los meses calendario. De acuerdo con la vigencia definida del Presente Contrato  $0 \leq t \leq \text{---}$ ? (ver Apéndice A del presente Anexo);
- $T1_t$ , es el componente del pago mensual integrado ( $PT_t$ ) que remunera en el mes  $t$  al Proveedor por el Arrendamiento del lote de trenes;
- $T2_t$ , es el componente del pago mensual integrado ( $PT_t$ ), que remunera el desempeño del Proveedor respecto al Servicio de Mantenimiento Integral, mismo que se compone de la Disponibilidad Operativa, la Fiabilidad, el Nivel de Afectaciones al Servicio y Cumplimiento del Programa de Mantenimiento, tal como se definen en el Anexo Técnico del Presente Contrato evaluado en el mes  $t$  del lote de trenes;

## 2.2 Pago mensual integrado

El pago mensual integrado en cada mes  $t$  por el lote de trenes de la línea 12 se estructura de la siguiente forma:

$$PT_t = T1_t + T2_t \quad (1)$$

Que es la suma, para el lote de trenes, del componente mensual  $T1_t$ , que remunera el arrendamiento, más el componente mensual,  $T2_t$ , que remunera una vez finalizado el periodo de garantía el Mantenimiento Integral prestado y evaluado en el mes  $t$  mediante el desempeño del Proveedor respecto a los niveles de calidad del servicio ( $D_t$ ,  $F_t$ ,  $NAFS_t$ ), así como al cumplimiento, en dicho mes  $t$ , del Programa de Mantenimiento que se indica en el Anexo Técnico del Presente Contrato.

En el caso en que en algún mes  $t$  ocurran servicios no prestados, el valor de las penas convencionales causadas será deducido del Pago Mensual Integrado  $PT_t$ .

## 2.3 Componente Del Pago Mensual Que Remunera Al Proveedor por El Arrendamiento Del Lote De Trenes



El componente del pago mensual que remunera al proveedor por el de arrendamiento del lote de trenes,  $T1_t$ , será calculado según la expresión (2):

$$T1_t = KM_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt} \quad (2)$$

En el caso de que en el transcurso del mes  $t$  se efectúe la puesta en operación del tren  $n$ , su factor,  $f_{nt}$ , se calcula como:

$$f_{nt} = \frac{l_{nt}}{L} \quad (3)$$

Cuando el mes  $t$  es posterior a aquel en que se haya efectuado la recepción con puesta en operación del tren  $n$ , el factor,  $f_{nt}$ , para dicho tren se calcula de la siguiente manera:

$$f_{nt} = 1 \quad (4)$$

#### Componente Del Pago Mensual Que Remunera El Desempeño Del Proveedor Por El Mantenimiento Integral.

El componente del pago mensual que remunera el Servicio de Mantenimiento Integral,  $T2_t$ , es igual a cero durante el periodo de arrendamiento con garantía y a partir de que inicio el periodo de arrendamiento con mantenimiento integral se calcula como la suma de los componentes que remuneran respectivamente, la Disponibilidad Operativa, la Fiabilidad, el Nivel de Afectaciones al Servicio y el cumplimiento del Programa de Mantenimiento (5) :

$$T2_t = PD_t + PF_t + PNAFS_t + PM_t \quad (5)$$

El componente del pago mensual que remunera el desempeño del proveedor por Disponibilidad Operativa se define de la siguiente manera:

$$PD_t = \begin{cases} \text{si } D_t \leq D_0, \text{ entonces} & 0 \\ \text{si } D_0 < D_t < D_C, \text{ entonces} & \alpha \left( \frac{D_t - D_0}{D_C - D_0} \right) (1-k)(1-K) M_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt} \\ \text{si } D_C \leq D_t, \text{ entonces} & \alpha (1-k)(1-K) M_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt} \end{cases} \quad (6)$$

El componente del pago mensual que remunera el desempeño del proveedor por Fiabilidad se define de la siguiente manera:



$$PF_t = \begin{cases} \text{si } F_N \leq F_0, \text{ entonces} & 0 \\ \text{si } F_0 < F_N < F_C \text{ entonces} & \beta \left( \frac{F_N - F_0}{F_C - F_0} \right) (1-k)(1-K)M_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt} \\ \text{si } F_C \leq F_N, \text{ entonces} & \beta (1-k)(1-K)M_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt} \end{cases} \quad (7)$$

En donde la Fiabilidad corregida por el número de trenes recibidos,  $F_N$ , se calcula con la expresión (8):

$$F_N = \frac{35}{\sum_{n=1}^{N_t} f_{nt}} F_t \quad (8)$$

El componente del pago mensual que remunera el desempeño del proveedor por el Nivel de Afectaciones al Servicio:

$$PNAFS_t = \begin{cases} \text{si } NAFS_t \leq NAFS_C, \text{ entonces} & \gamma (1-k)(1-K)M_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt} \\ \text{si } NAFS_C < NAFS_t < NAFS_0 \text{ entonces} & \gamma \left( \frac{NAFS_0 - NAFS_t}{NAFS_0 - NAFS_C} \right) (1-k)(1-K)M_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt} \\ \text{si } NAFS_0 \leq NAFS_t, \text{ entonces} & 0 \end{cases} \quad (9)$$

El componente del pago mensual integrado que remunera el desempeño del Proveedor respecto al cumplimiento del Programa de Mantenimiento señalado en el Anexo Técnico del Presente Contrato evaluado en el mes  $t$  será calculado de la siguiente manera:

$$PM_t = \frac{Po}{PP} \times k(1-K)M_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt} \quad (10)$$

En donde:

$$\Delta PM_t = l_t \delta PM_t \quad (11)$$

$$\delta PM_t = \frac{k(1-K)M_B \sum_{n=1}^{N_t} f_{nt}}{L} \quad (12)$$



## viii. Conclusiones

A continuación se presenta una tabla con el Resumen Comparativo de los dos esquemas “PR” vs. “PPS” derivado de este documento de análisis de Prefactibilidad tomando en cuenta todos los puntos revisados anteriormente, describiendo cada elemento evaluado:

Cuadro No. 218 Resumen Comparativo entre PR y PPS

Elemento	PPS	PR
SROI (Simple Retorno Sobre la Inversión)	X	Mejor Opción
PR (Periodo de recuperación)	Igual	Igual
TIR (Tasa Interna de Retorno)	Mejor Opción	X
VPN (Valor Presente Neto)	Mejor Opción	X
CAE (Costo Anual Equivalente)	X	Mejor Opción
Beneficio Total	Mejor Opción	X
Costo Total	Mejor Opción	X
Flujo de Caja Acumulado	X	Mejor Opción
Acceso a los activos sin un gran desembolso inicial	Mejor Opción	X
Disposición de activos	Mejor Opción	X
Certeza en la erogación del presupuesto	Mejor Opción	X
Alineación con la estrategias del STC	X	Mejor Opción
Facilidad de creación del contrato inicial	X	Mejor Opción
Evitar el nivel de dependencia con el proveedor	Mejor Opción	X
Evitar el crecer en plantilla de personal	Mejor Opción	X
Flexibilidad en el contrato	X	Mejor Opción
Resistencia al cambio por el concepto de Outsourcing	X	Mejor Opción
Riesgo al cambio de proveedor al término del contrato	X	Mejor Opción
Costo financiero	X	Mejor Opción
Penalizaciones para asegurar niveles de servicio	Mejor Opción	X
Mantenimientos realizados por un experto	Igual	Igual
Experiencia por parte del STC en este tipo de soluciones	X	Mejor Opción
Alineación con las tendencias mundiales de transporte	Mejor Opción	X
Asegura los tiempos de implementación	Igual	Igual
Fácil administración de la solución	Mejor Opción	X
Evita la obsolescencia de los activos	Mejor Opción	X
Evita la capacitación del personal de mantenimiento	Igual	Igual
Evitar comprar herramientas y equipos que se requieran para las actividades de mantenimiento	Igual	Igual
Evitar el costo financiero del inventario de partes, refacciones y materiales	Mejor Opción	X
Poder acceder a mejores tasas de financiamiento	Mejor Opción	X
Total de mejores opciones	16	9

### Conclusión Final

Se puede considerar y determinar tomando como base toda la información presentada a lo largo de este documento y a la tabla anterior; que el realizar la Inversión en el esquema de PPS de Trenes Férreos para la Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo (Metro) cuenta con una mayor viabilidad en términos económicos, financieros, operacionales y riesgos siendo este el Mejor Esquema de Adquisición a diferencia del esquema del PR, cumpliéndose de esta manera el objetivo principal de este documento de “Análisis de Prefactibilidad para Evaluar el Mejor Esquema de Adquisición de Trenes Férreos para la Línea 12 del Metro”.



## Documentos Complementarios

### a) Factibilidad Legal

De conformidad con lo señalado por el artículo 1º del Decreto de creación del Sistema de Transporte Colectivo, éste es un Organismo Público Descentralizado, con personalidad y patrimonio propios, que tiene por objeto la construcción, mantenimiento, operación y explotación de un Tren con recorrido subterráneo, superficial y elevado, para el transporte colectivo de pasajeros en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, áreas conurbadas de ésta y del Estado de México. Así mismo, dicho organismo tiene por objeto la adecuada explotación del servicio público de Transporte Colectivo de personas mediante vehículos que circulen en la superficie y cuyo recorrido complemente el del Tren subterráneo. Asimismo, actualmente forma parte de la Administración Pública Paraestatal del Distrito Federal, de conformidad con lo dispuesto por los artículos 97 del Estatuto de Gobierno del Distrito Federal, Octavo Transitorio del Decreto de Reformas a dicho Estatuto, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de diciembre de 1997, así como 40 de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal

Por otra parte, la Ley de Adquisiciones del Distrito Federal, establece la posibilidad de que las entidades públicas del Gobierno del Distrito Federal celebren contratos de prestación de servicios a largo plazo, reuniendo al efecto los requisitos que la propia normatividad ordena. Asimismo, el Código Financiero del Distrito Federal indica que las dichas entidades están en aptitud de celebrar contratos de prestación de servicios a largo plazo, estableciendo también una preferencia en el cumplimiento de estas obligaciones en el presupuesto de egresos para el año que corresponda.

En este orden de ideas, el STC, como organismo descentralizado con personalidad jurídica propia, cumpliendo con los lineamientos que establecen los diversos cuerpos normativos del Distrito Federal, tiene plena capacidad jurídica y administrativa para celebrar contratos de prestación de servicios a largo plazo, en la especie, con la finalidad de cumplir cabalmente con su objeto, que es el transporte colectivo de pasajeros en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En atención a lo anterior, se concluye que legalmente es factible llevar a cabo el procedimiento para la contratación en la modalidad de prestación de servicios a largo plazo para obtener el material rodante necesario para brindar el servicio en la Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo.



## b) Factibilidad Ambiental

La Iniciativa de Adquisición de Trenes Férreos es factible ambientalmente por los siguientes puntos:

Todos los medios de transporte consumen energía y ocupan espacio tanto al desplazarse como al detenerse. Al conjugar la tracción eléctrica con una elevada capacidad de pasajeros, el Metro es el medio de transporte más eficiente en términos de consumo energético y ocupación de espacio.

A modo comparativo, los cálculos computados por la RATP (Administración Autónoma de Transportes de París) demuestran que para desplazar 50,000 pasajeros por hora y dirección se necesita un habitáculo de 9 metros de ancho si se trata de un desplazamiento en metro, de 35 mts en autobuses y de 175 mts. en el caso de los automóviles.

Estas mismas estimaciones muestran que un KEP (kilogramo equivalente de petróleo) permite que un pasajero recorra más de 48 kilómetros en metro, 38 km. en autobús y apenas 19 km. en coche.

Asimismo, los avances llevados a cabo en el ámbito de la tracción permiten al Metro la recuperación de energía durante el frenado, que repercute en un ahorro considerable del consumo. Por otra parte, el Metro no emite sustancias contaminantes o gases de efecto invernadero en su entorno. Su contribución al cambio climático se reduce a las consecuencias vinculadas a la producción de electricidad. Al circular casi siempre subterráneamente, el Metro deja hueco en la superficie para instalaciones que permiten mejorar la calidad de vida en la ciudad en sus tramos subterráneos.

La utilización del Sistema de Transporte Colectivo Metro contamina hasta cuatro veces menos en comparación del automóvil y las emisiones de CO<sub>2</sub> ahorradas por 150 personas que utilizan este medio de transporte equivalen a las de una familia que viaja en automóvil.

Se estima que el gasto energético del desplazamiento de 218 viajeros en este medio de locomoción supone sólo el 6,5% de la energía que gastarían los 174 coches necesarios para transportar al mismo número de personas.

En algunos países la ampliación de la Red del Metro ha evitado la circulación en superficie hasta de 385,000 coches al día, esto ha supuesto un ahorro en la emisión de más de 2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y los nuevos kilómetros han absorbido un incremento del 7,7% del tráfico de vehículos.

Por otro lado, la construcción de la Línea 12 también significará el retiro de una considerable cantidad de árboles a lo largo de 24.5 kilómetros que mide el trazo que va desde Mixcoac hasta Tláhuac, Sin embargo la constructora y el organismo serán los encargados de restituir por lo menos el doble de dichos árboles.

La solución propuesta contribuye considerablemente al mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida de los habitantes, debido a sus características y beneficios mencionados en este documento, por lo que es factible en términos ecológicos.

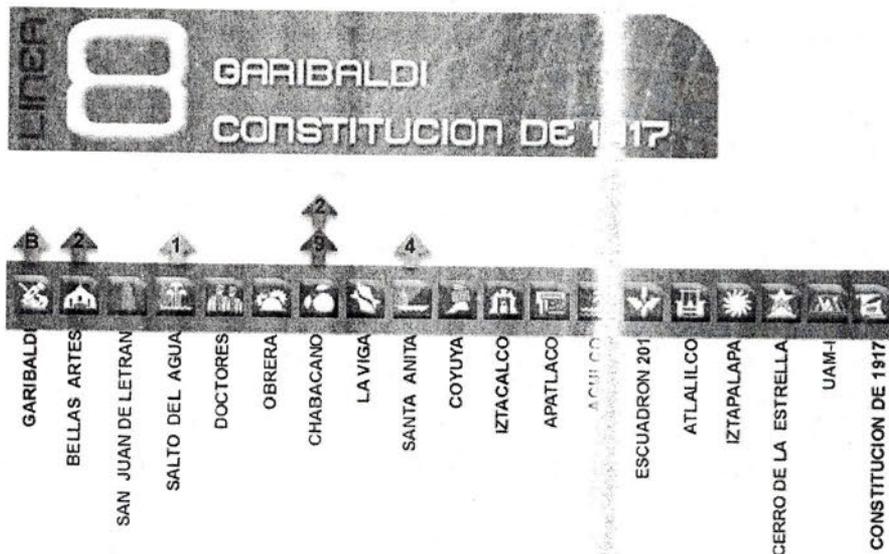


### c) Experiencia Previa en asociaciones con el Sector Privado



STC – México D.F.

A continuación se anexa un caso de contrato con modelo de servicio dentro del STC como referencia:



#### BASES PARA LA LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL LPI 30102015-13-06

EL Sistema de Transporte Colectivo, en cumplimiento a lo que establecen los Artículos 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1º, 26, 27, inciso a), 28, primer párrafo, 30, fracción II, 33, 43 y demás aplicables de la Ley de Adquisiciones para el Distrito Federal y de su Reglamento, a través de la Gerencia de Adquisiciones y Contratación de Servicios, ubicada en el anexo administrativo en la Calle de Luis Moya No. 102, Puntita Alta, esquina Delicias, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06070 México, Distrito Federal, con acceso por la calle de Delicias No. 67, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06070 México, Distrito Federal, con teléfonos 5627-4497, 5627-4440 y 5709-0831, le invita a participar en la Licitación Pública Internacional LPI 30102015-13-06, para la adjudicación del "CONTRATO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRACCIÓN-FRENADO DEL LOTE DE 25 TRENES MODELO MP-82 DE LA LÍNEA 8", de conformidad con las siguientes:



## BASES DE LICITACIÓN

### 1. OBJETO, DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ALCANCES DE LA LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL.

#### 1.1. Objeto de las Bases de Licitación.

La Adjudicación al Licitante Ganador del “CONTRATO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRACCIÓN-FRENADO DEL LOTE DE 25 TRENES MODELO MP-82 DE LA LÍNEA 8”.

#### 1.2. Objeto del Contrato de Servicios.

El objeto del contrato de servicios consiste en la prestación del servicio para: (i) la modernización del sistema de tracción-frenado de un lote de 25 Trenes Modelo MP-82, mediante la sustitución del sistema actual por un nuevo sistema de tracción-frenado cuya tecnología sea de última generación, con control a base de autómatas programables y en la potencia el control de la corriente de los motores mediante IGBT's, y (ii) el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos nuevos y los rehabilitados que el Proveedor decida utilizar conforme al Anexo 1 de estas Bases de Licitación, en estricto cumplimiento de tiempo, lugar, forma y modo a que se refiere dicho Anexo 1; de forma tal que otorgue al Sistema de Transporte Colectivo un incremento en los niveles de Calidad en el Servicio que se indican en el Anexo 1 y que consisten específicamente en otorgar (a) una fiabilidad operativa igual o mayor de 45,000 km/Avería (Cuarenta y Cinco Mil Kilómetros entre Avería), (b) una disponibilidad de 99.17% (noventa y nueve punto diecisiete por ciento) y (c) un 35% (treinta y cinco por ciento) de Ahorro de Energía Eléctrica mediante la regeneración de la misma durante el frenado eléctrico, todo lo anterior para el lote de 25 trenes referido.

#### 1.3. Alcances.

Los alcances de la prestación del servicio solicitado por el Sistema de Transporte Colectivo se encuentran específicamente identificados en el numeral 1.3 del Anexo 1 “ESPECIFICACIÓN TÉCNICA Y FUNCIONAL PARA EL SERVICIO DE MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRACCIÓN-FRENADO DEL LOTE DE 25 TRENES MODELO MP-82 DE LA LÍNEA 8”, el cual se adjunta a las presentes Bases de Licitación, entre los que se señalan de manera enunciativa más no limitativa los siguientes, en el entendido de que en cuanto hace a los alcances establecidos en el presente numeral 1.3 y lo indicado en el citado Anexo 1, prevalecerá el contenido de dicho Anexo 1:

- a) La mejora en la calidad del servicio del lote de 25 Trenes de la Línea 8, mediante el aumento de la Fiabilidad, Disponibilidad y Ahorro de Energía, conforme a lo especificado en el Anexo 1.
- b) Los estudios necesarios para llevar a cabo la modernización del equipo de tracción-frenado del lote de 25 trenes Modelo MP-82, en el entendido de que dicha modernización tenderá a mejorar las características del sistema de tracción-frenado mediante la sustitución del sistema actual por un nuevo sistema de tracción-frenado con tecnología de última generación, con control



a base de autómatas programables y en la potencia el control de la corriente de los motores mediante IGBT's, los cuales deberán cumplir con las normas establecidas para uso ferroviario, y que sean totalmente compatibles con los siguientes equipos existentes en el lote de 25 trenes: sistema de transmisión mecánica (diferencial), sistemas de seguridad y señalización, mando empleado para la conducción manual, con el sistema de pilotaje automático "SACEM" y con el convertidor estático bajo las condiciones de explotación de la línea 8, conforme a lo especificado en el Anexo 1.

c) Si el Sistema de Tracción-Frenado propuesto es un Chopper de Corriente Directa, el proveedor deberá reutilizar los motores de tracción actualmente instalados en los trenes MP-82, previa rehabilitación integral de estos, de acuerdo a la especificación técnica para reparación y características eléctricas de los motores de tracción de corriente directa que se incluyen en los apéndices Q y R, mas las actividades que el proveedor considere conveniente realizar, para garantizar su buen comportamiento. La rehabilitación y desempeño de los motores de tracción es totalmente responsabilidad del proveedor, por lo que deberá cumplir con los niveles de calidad exigidos y deberá garantizar una vida útil de por lo menos 20 años, tal y como se indica en el Anexo 1.

d) La modernización del sistema de tracción-frenado del lote de 25 trenes Modelo MP-82, mediante la sustitución del sistema actual por un nuevo sistema de tracción-frenado cuya tecnología sea de última generación, con control a base de autómatas programables y en la potencia mediante IGBT's, así como el mantenimiento de los equipos nuevos y los rehabilitados que el Proveedor decida utilizar conforme al Anexo 1 "ESPECIFICACIÓN TÉCNICA Y FUNCIONAL PARA EL SERVICIO DE MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRACCIÓN-FRENADO DEL LOTE DE 25 TRENES MODELO MP-82 DE LA LÍNEA 8". Excepcionalmente el Licitante podrá proponer en su Propuesta Técnica la rehabilitación de los siguientes componentes: manipulador, generadores de mando continuo, electro-válvulas moderables de desfrenado inverso (EMDI) y al conmutador de escobillas trole (KFP), lo cual deberá quedar claramente establecido en su Propuesta Técnica.

e) El retiro, buen manejo y entrega al Sistema de Transporte Colectivo de los componentes instalados en los trenes que integran el actual sistema de tracción-frenado que no tengan función en el nuevo sistema, conforme a lo especificado en el Anexo 1.

f) La fabricación, suministro, instalación y puesta en servicio del sistema de tracción-frenado requerido para la prestación de los servicios objeto de esta Licitación, conforme a lo especificado en el Anexo 1.

g) Las pruebas que verifiquen el cumplimiento de las especificaciones técnico-funcionales, incluyendo las pruebas tipo de los equipos cabeza de serie y del tren prototipo, conforme a lo especificado en el Anexo 1.

h) Los trabajos y procesos de soldadura, pintura, montaje de equipos, retiro y sujeción de nuevos cofres, entre otros, conforme a lo especificado en el Anexo 1.

i) El suministro e instalación de cableado de alta y baja tensión y sus accesorios necesarios, conforme a lo especificado en el Anexo 1.



- j) La capacitación del personal del Sistema de Transporte Colectivo en el mantenimiento preventivo y correctivo, así como en lo referente a la operación e ingeniería del sistema de tracción-frenado, conforme a lo especificado en el Anexo 1.
- k) El Proveedor deberá prever lo necesario para contar con todas las refacciones, materiales de consumo, herramientas y recursos humanos necesarios para proporcionar los Servicios de mantenimiento del sistema de tracción-frenado, tanto de los equipos nuevos como rehabilitados, que se requieran durante el período del servicio contratado, conforme a lo especificado en el Anexo 1.
- l) Una vez concluido el Contrato, el Proveedor deberá realizar la entrega material y la transmisión de la propiedad sin costo adicional al Sistema de Transporte Colectivo, así como el lote (stock) suficiente de refacciones y de los equipos utilizados para la prestación de los Servicios de mantenimiento, considerando que todos éstos deberán encontrarse funcionando en buen estado para que el Sistema de Transporte Colectivo a través de su personal, previamente capacitado por el Proveedor, pueda continuar realizando las actividades de mantenimiento. Esto deberá ser en los términos, cantidades y conforme a los criterios especificados en el Anexo 1, sección 1.3.

El Licitante con base en su experiencia en el desarrollo y aplicación de nueva tecnología de equipos ferroviarios y prestación de Servicios de modernización y mantenimiento de material rodante, podrá proponer mejoras al alcance de los Servicios que aporten un mayor beneficio en el desempeño, así como en los costos de operación y mantenimiento de los trenes objeto del proyecto de modernización, respetando en todo tiempo los alcances establecidos en las Bases de Licitación y en el Anexo 1.



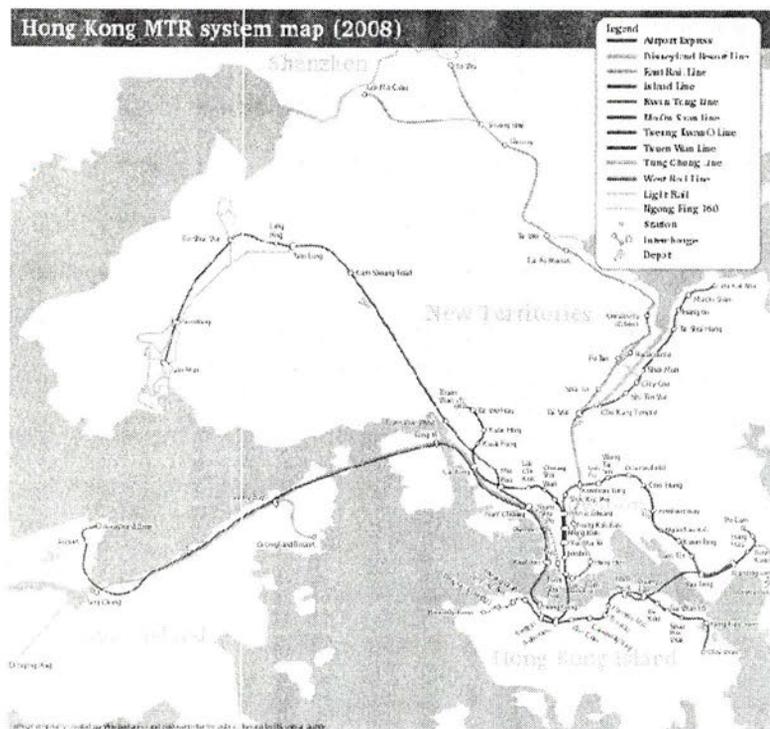
A continuación algunos proyectos de Trenes Férreos públicos como modelo de servicios, operados por organismos privados o PPPs que existen en diferentes partes del mundo.

## MTR 港鐵

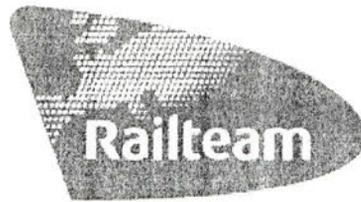
MTR (Mass Transit Railway) – Hong Kong – China

Es el sistema rápido de tránsito ferroviario en Hong Kong. El MTR comenzó sus servicios en 1979 y se fusionó oficialmente con KCR (Kowloon Canton Railway) el 2 de diciembre de 2007. La red incluye 211.6 km de ferrocarril con 150 estaciones, incluyendo 82 estaciones de ferrocarril y 68 paradas de Metro ligero. El sistema MTR actualmente es operado por la empresa privada MTRCL (MTR Corporation Limited). Debido a su eficiencia y accesibilidad, el sistema MTR es un modo común de transporte público en Hong Kong, con más de 4 millones de viajes promedio realizados entre semana. La integración de la tecnología de tarjetas inteligentes de tarifa de pago "Octopus" en el sistema MTR en septiembre de 1997, ha reforzado aún más la facilidad de los desplazamientos en el MTR.

Cuadro No. 219 MTR (Mass Transit Railway) – Hong Kong – China







### Railteam – Unión Europea

El ferrocarril de alta velocidad está surgiendo en Europa como el medio de transporte más popular y eficiente. Las primeras Líneas de Tren de alta velocidad en Europa, construidas en los años 1980 y 1990, mejoraron los tiempos de viaje en los corredores intra-nacionales. Desde entonces, varios países han construido extensas redes de alta velocidad, y en la actualidad hay varios trenes transfronterizos de alta velocidad. Los operadores ferroviarios realizan frecuentemente los servicios internacionales, y las pistas están siendo construidas y actualizadas con normatividades internacionales sobre los nuevas redes ferroviarias de alta velocidad en Europa. En el 2007, un consorcio de operadores ferroviarios europeos, Railteam, surgió para coordinar e impulsar viajes en trenes de alta velocidad transfronterizos. Desarrollar una red ferroviaria transeuropea de alta velocidad es un objetivo declarado por la Unión Europea, y la mayoría de las Líneas ferroviarias transfronterizas reciben financiamiento de la UE. Hoy en día sólo los países centrales de Europa occidental son 'enchufados' a la red ferroviaria transfronteriza de alta velocidad. Esto cambiará rápidamente en los próximos años a medida que Europa invierte fuertemente en los túneles, puentes, otras infraestructuras y proyectos de desarrollo en todo el continente.

Cuadro No. 221 Railteam – Unión Europea

