 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA  
EL ÁREA DE BUSES DEL METRO DE MEDELLÍN**


Daniel Santiago Orozco Martínez

Ingeniería Electromecánica

Director: Wimar Moreno

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**21 de junio de 2016**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---


En el presente informe se muestra el presupuesto financiero para los próximos dos (2) años para el área de buses del Metro de Medellín, con base en el plan de mantenimiento preventivo entregado por el fabricante y del mantenimiento correctivo para los buses de la empresa con base en la experiencia obtenida, este presupuesto se adecuado al plan de mantenimiento preventivo y correctivo para buses dedicados a gas natural vehicular, con el fin de lograr un mejor desempeño en la flota y optimizar los recursos para ejecutar las actividades de mantenimientos.

Para el cálculo de este presupuesto y el cumplimiento de los objetivos planeados se utilizó como guía las recomendaciones del fabricante, y los planes de mantenimiento ya ejecutados en la flota, combinando la metodología de la reingeniería de procesos, para la optimización de estos planes se utilizaron diversas tecnologías.

Este presupuesto se enmarcó en el tipo de investigación proyectiva, fundamentada con un diseño de fuente mixta (documental y campo), se emplearon técnicas e instrumentos de recolección de datos, analizando fuentes documentales y observando el manejo de los mantenimientos en el campo.

De esta manera conclusiva se alcanza un desempeño más óptimo en cuanto al rendimiento de la flota y a la realización de estos mismos acorde con el rediseño de los planes de mantenimiento.


**Palabras claves:** Reingeniería, deformación plástica, optimización, preventivo, correctivo, investigación proyectiva, fuentes mixtas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Quiero agradecer a Luis Hernando Ríos Henao y Edwin Alberto Bedoya Dominguez ingenieros del Metro de Medellín por el gran aporte que tuvieron para la realización de este proyecto, también agradecer al profesional 2 (P2) de mantenimiento Ovidio Rojas, Olman Castañeda, Gabriel Rico, Andres Rincón, Carlos Botero del área de buses, por la gran colaboración y disponibilidad para ayudarme en cualquier inquietud para concluir este proyecto, además agradecer al profesor Wimar Moreno por su asesoría, a la institución ITM y al personal de EQUITEL por su disposición, también agradecerle a mi familia por el inmenso apoyo que me brindaron a lo largo de mi carrera y en la realización de mis prácticas laborales.

 <b>ITM</b> Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# ACRÓNIMOS

---

## **EQUITEL:**

M10: Plan de Mantenimiento preventivo de 10.000 km

M20: Plan de mantenimiento preventivo de 20.000 km

M30: Plan de Mantenimiento preventivo de 30.000 km

M40: Plan de Mantenimiento preventivo de 40.000 km

M60: Plan de Mantenimiento preventivo de 60.000 km

M80: Plan de Mantenimiento preventivo de 80.000 km

M120: Plan de Mantenimiento preventivo de 120.000 km


SMC1: Plan de Mantenimiento preventivo de 160.000 km

SMC2: Plan de Mantenimiento preventivo de 240.000 km

SMC3: Plan de Mantenimiento preventivo de 400.000 km


SMC4: Plan de Mantenimiento preventivo de 600.000 km

P2 Profesional 2: Tecnólogo de mantenimiento del Metro de Medellín.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
3. METODOLOGÍA.....	9
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	178
REFERENCIAS .....	189
APÉNDICE.....	20


	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

En este proyecto se explicitan las pautas. Que se tuvieron en cuenta para la realización de los presupuestos de mantenimiento tanto preventivos como correctivos y su proyección futura para el área de buses del Metro de Medellín, en este caso, esta proyección se realiza con base en la recomendación del fabricante, también en los mantenimiento ya ejecutados en el área y en los repuestos facturados en la flota mes por mes, optimizando los costos de los mismos.

Dentro de las razones fundamentales para el desarrollo de este trabajo se encuentran no solo la de los costos de mantenimiento de la flota de buses, sino la optimización de los recursos partiendo del análisis y evaluación de partes, aceites y procesos realizados en los planes de mantenimiento y ejecución, dichos análisis se realizaron con el actual contratista de mantenimiento (Equitel) y con base en las fallas registradas en el sistema SAP (módulo de mantenimiento).


	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

---

El 31 de mayo de 1979 fue creada la empresa Metro de Medellín Ltda. Con el fin de generar desarrollo y una mejor calidad de vida a los habitantes del Valle de Aburrá. Siendo las 11:00 am del 30 de noviembre de 1995 se inicia el servicio comercial del primer coche del Metro, que operó entre Niquía y la estación Poblado, años más tarde exactamente el 22 de diciembre del 2011, el Metro inició la operación de la línea 1 de buses articulados con 20 unidades en circulación, teniendo un pensamiento futurista a pesar del problema de seguridad que se presentaba en esos años en la ciudad, el Metro de Medellín tiene como visión ser una empresa de transporte masivo e integral de la ciudad unificando metro, cable, buses, buses alimentadores y ahora tranvía, teniendo como objetivo el mejoramiento en el plan de movilidad vial de la ciudad, facilitando el transporte para los usuarios de la empresa y prestando un mejor servicio, además entre sus planes está el corredor de la 80 y la implementación de buses 100% eléctricos para ser una empresa cero emisiones y ayudar al medio ambiente. Lo que implica no solo mayor cantidad de maquinaria, infraestructura y gestión, sino también la operación y el personal encargado de la planificación, ejecución y diseño de los mantenimientos de trenes, cabinas, buses padrones y articulados, y tranvía, es de tal magnitud dicha tarea, que se requiere de un personal calificado y capacitado.

Dentro de mi labor como estudiante de prácticas se me asignó el estudio, planificación, diseño, gestión y actualización de las planillas de mantenimiento, fuera de otras tareas como coordinación, gestión y manejo de personal en el patio donde se realizan la ejecución de los mantenimientos preventivos, correctivos y la puesta a punto de la flota de buses, para lo cual se requiere que tuviera un conocimiento en mecánica, electrónica, diseño, física, matemáticas, procesos mecánicos, principios de combustión, máquinas térmicas, gestión del mantenimiento y manejo de Excel. Se podrá corroborar en las tablas


 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tanto estáticas como dinámicas, y funcionales de Excel que darán constancia, no solo, de la importancia de mi labor, sino de la exigencia de la misma, donde se brinda información de:

- Proyectar el kilometraje para estipular la cantidad de planes de mantenimiento.
- Identificar y clasificar los tipos de mantenimientos a ejecutar para los kilometrajes correspondientes.
- Actualización de las planillas de mantenimiento.
- Analizar el cambio de piezas mes a mes por medio del mantenimiento correctivo.
- Actualizar el mantenimiento correctivo para la flota.
- Realizar estudio de durabilidad de los elementos y lubricantes utilizados para los planes de mantenimiento y así optimizar los mismos.
- Establecer costos y presupuestos de los mantenimientos.

Este proyecto servirá para futuros practicantes no solo en dicha área sino en otras que requieran de los conocimientos y datos que aquí se aportan.




	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3. METODOLOGÍA

---

En el actual informe condenso la información que tuve en cuenta, tomando como parámetros de inicio las recomendaciones del fabricante, conociendo los sistemas y los subsistemas de los buses, también basándome en la experiencia adquirida por el contratista Equitel, quien es el encargado del ejecutar el mantenimiento desde que la flota inicio su servicio comercial, para la actualización, planificación y ejecución de los planes de mantenimiento, apoyándome en una proyección de kilometraje que se realizó tomando los kilómetros recorridos diariamente y así planificar los diferentes tipos de mantenimiento que se denominan M10, M20, M30, M40, M50, M60, M80, M120, SMC1, SMC2, SMC3, SMC4 los cuales se enfocan en la lubricación de rodamientos, durabilidad de las piezas mecánicas, electrónicas y neumáticas, apriete de elementos y puesta a punto de la transmisión, motor, sistema de refrigeración, sistema de frenos e iluminación y luces de dichos vehículos, por medio de los diferentes contratistas y entidades de control, como lo son Endicontrol, Dural, Equitel entre otras.

Por último optimizar el plan de manteniendo preventivo analizando e indagando sobre los procesos y los elementos utilizados en la ejecución del plan para un mejor rendimiento de la flota, además reducir los costos de mantenimiento, permitiendo una mayor eficacia y eficiencia al momento de planear el presupuesto total.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN


Las siguientes tablas de resultados son los costos totales basados en los mantenimientos preventivos de los buses del metro de Medellín.

Tabla1. Costo de mantenimiento preventivo de los Articulado 1era generación.

<b>GRAN TOTAL CON AJUSTE</b>	<b>\$ 3.817.696.009,86</b>
------------------------------	----------------------------

Rutina (Km) *1000	Costo sin Ajuste
405-17	\$ 550.979.741,30
415	\$ 104.815.298,00
425	\$ 151.774.198,00
435	\$ 116.936.877,46
445-18	\$ 110.889.613,40
455	\$ 136.329.028,00
465	\$ 132.188.809,20
475	\$ 127.092.208,54
485	\$ 529.178.381,60
495	\$ 127.292.410,74
505	\$ 141.340.163,80
515-19	\$ 150.632.870,96
525	\$ 224.069.869,10
535	\$ 141.437.497,74
545	\$ 233.892.745,90
555	\$ 146.253.980,18
565	\$ 345.529.042,32
<b>GRAN TOTAL SIN AJUSTE</b>	<b>\$ 3.470.632.736,24</b>

Fuente: Elaboración propia

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 2 Costo de mantenimiento preventivo de los Padrones**

<b>GRAN TOTAL CON AJUSTE</b>	<b>\$ 7.049.489.010</b>
------------------------------	-------------------------

Rutina (Km)	Costo sin Ajuste
295.000-17	\$ 230.803.191
305.000	\$ 841.154.046
315.000	\$ 207.409.637
325.000	\$ 251.981.566
335.000-18	\$ 251.981.566
345.000	\$ 355.130.035
355.000	\$ 250.233.353
365.000	\$ 716.311.462
375.000	\$ 259.016.809
385.000	\$ 315.579.954
395000-19	\$ 286.929.060
405.000	\$ 658.791.896
415.000	\$ 278.215.791
425.000	\$ 497.469.335
435.000	\$ 284.918.490
445.000	\$ 511.884.191
455.000	\$ 210.815.990
<b>GRAN TOTAL SIN AJUSTE</b>	<b>\$ 6.408.626.372</b>

Fuente: Elaboración propia



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 3. Costo de mantenimiento preventivo de los Articulados 2da generación 1er etapa.

<b>GRAN TOTAL CON AJUSTE</b>	<b>\$ 965.472.915,71</b>
------------------------------	--------------------------

Rutina (Km)	Costo sin Ajuste
165.000-17	\$ 32.718.518,22
175.000	\$ 32.233.363,45
185.000	\$ 38.233.337,50
195.000	\$ 32.767.996,85
205.000-18	\$ 55.771.764,40
215.000	\$ 33.535.528,95
225.000	\$ 33.128.880,60
235.000	\$ 31.153.683,39
245.000	\$ 113.431.000,65
255.000	\$ 33.770.102,69
265.000	\$ 32.540.873,75
275.000-19	\$ 37.813.011,62
285.000	\$ 74.220.205,13
295.000	\$ 35.353.374,44
305.000	\$ 73.844.400,31
315.000	\$ 35.257.580,16
325.000	\$ 91.736.427,37
<b>GRAN TOTAL SIN AJUSTE</b>	<b>\$ 877.702.650,65</b>

Fuente: Elaboración propia


 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 4. Costo de mantenimiento preventivo de los Articulados 2da generación 2da etapa**

<b>GRAN TOTAL CON AJUSTE</b>	<b>\$ 882.776.831,64</b>
------------------------------	--------------------------

Rutina (Km)	Costo sin Ajuste
105.000-17	\$ 30.262.363,00
115.000	\$ 28.884.592,85
125.000	\$ 77.470.553,50
135.000	\$ 31.773.052,14
145.000-18	\$ 33.234.860,10
155.000	\$ 33.268.228,95
165.000	\$ 33.234.860,10
175.000	\$ 100.936.626,96
185.000	\$ 42.586.739,80
195.000	\$ 31.598.313,95
205000-19	\$ 57.874.287,44
215.000	\$ 34.961.551,85
225.000	\$ 37.384.088,61
235.000	\$ 34.950.357,35
245.000	\$ 125.147.845,52
255.000	\$ 35.005.412,95
265.000	\$ 33.950.657,35
<b>GRAN TOTAL SIN AJUSTE</b>	<b>\$ 802.524.392,40</b>

Fuente: Elaboración propia

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Las siguientes tablas de resultados son los costos totales con IVA basados en los mantenimientos correctivos de los buses del metro de Medellín.

**Tabla 5. Costo de presupuesto de mantenimiento correctivo de Padrones**


SISTEMAS	CANTIDAD	COSTO TOTAL	COSTO MENSUAL
Eje de tracción	2299	\$ 1.070.889.312	\$ 44.620.388
Eje dirección	807	\$ 82.471.651	\$ 3.436.319
Motor	671	\$ 501.121.206	\$ 20.880.050
Servicios	450	\$ 336.306.885	\$ 14.012.787
Sistema de gas	775	\$ 472.639.481	\$ 19.693.312
Sistema eléctrico	1243	\$ 265.476.583	\$ 11.061.524
Sistema neumático	2262	\$ 415.634.394	\$ 17.318.100
Sistemas de carrocería	7317	\$ 473.011.331	\$ 19.708.805
Sistemas de refrigeración	640	\$ 134.783.862	\$ 5.615.994
ZF	22	\$ 6.211.326	\$ 258.805
<b>Total general</b>	<b>16496</b>	<b>\$ 3.758.546.031</b>	<b>\$ 156.606.085</b>
		<b>COSTO SIN IVA</b>	<b>\$ 3.758.546.031</b>
		<b>IVA</b>	<b>\$ 601.367.365</b>
		<b>COSTO TOTAL CON IVA</b>	<b>\$ 4.359.913.396</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6. Costo de presupuesto de mantenimiento correctivo de Articulados 1era generación**

SISTEMAS	CANTIDAD	COSTO TOTAL	COSTO MENSUAL
Articulación	1005	\$ 106.024.892	\$ 4.417.704
Eje de tracción	985	\$ 460.419.154	\$ 19.184.131
Eje dirección	349	\$ 35.742.626	\$ 1.489.276
Motor	293	\$ 216.567.251	\$ 9.023.635
Servicios	243	\$ 170.702.566	\$ 7.112.607
Sistema de gas	335	\$ 206.325.741	\$ 8.596.906
Sistema eléctrico	539	\$ 117.173.816	\$ 4.882.242
Sistema neumático	967	\$ 177.820.344	\$ 7.409.181
Sistemas de carrocería	3131	\$ 203.076.600	\$ 8.461.525
Sistemas de refrigeración	277	\$ 58.222.509	\$ 2.425.938
ZF	10	\$ 2.823.330	\$ 117.639
<b>Total general</b>	<b>8134</b>	<b>\$ 1.754.898.829</b>	<b>\$ 73.120.785</b>
		<b>COSTO SIN IVA</b>	<b>\$ 1.754.898.829</b>
		<b>IVA</b>	<b>\$ 280.783.813</b>
		<b>COSTO TOTAL CON IVA</b>	<b>\$ 2.035.682.642</b>

Fuente: Elaboración propia

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 7. Costo de presupuesto de mantenimiento correctivo de Articulados 2era generación 1er etapa**


SISTEMAS	CANTIDAD	COSTO TOTAL	COSTO MENSUAL
Articulación	254	\$ 30.245.384	\$ 1.260.224
Eje de tracción	259	\$ 124.503.348	\$ 5.187.640
Eje dirección	96	\$ 9.824.241	\$ 409.343
Motor	98	\$ 62.813.420	\$ 2.617.226
Servicios	106	\$ 78.251.368	\$ 3.260.474
Sistema de gas	92	\$ 59.364.136	\$ 2.473.506
Sistema eléctrico	167	\$ 38.182.191	\$ 1.590.925
Sistema neumático	634	\$ 147.419.964	\$ 6.142.499
Sistemas de carrocería	813	\$ 54.339.761	\$ 2.264.157
Sistemas de refrigeración	76	\$ 15.690.915	\$ 653.788
ZF	3	\$ 846.999	\$ 35.292
<b>Total general</b>	<b>2598</b>	<b>\$ 621.481.727</b>	<b>\$ 25.895.072</b>
		<b>COSTO SIN IVA</b>	<b>\$ 621.481.727</b>
		<b>IVA</b>	<b>\$ 99.437.076</b>
		<b>COSTO TOTAL CON IVA</b>	<b>\$ 720.918.803</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8. Costo de presupuesto de mantenimiento correctivo de Articulados 2era generación 2da etapa**

SISTEMAS	CANTIDAD	COSTO TOTAL	COSTO MENSUAL
Articulación	254	\$ 30.245.384	\$ 1.260.224
Eje de tracción	259	\$ 124.503.348	\$ 5.187.640
Eje dirección	96	\$ 9.824.241	\$ 409.343
Motor	98	\$ 62.813.420	\$ 2.617.226
Servicios	106	\$ 78.251.368	\$ 3.260.474
Sistema de gas	92	\$ 59.364.136	\$ 2.473.506
Sistema eléctrico	167	\$ 38.182.191	\$ 1.590.925
Sistema neumático	634	\$ 147.419.964	\$ 6.142.499
Sistemas de carrocería	813	\$ 54.339.761	\$ 2.264.157
Sistemas de refrigeración	76	\$ 15.690.915	\$ 653.788
ZF	3	\$ 846.999	\$ 35.292
<b>Total general</b>	<b>2598</b>	<b>\$ 621.481.727</b>	<b>\$ 25.895.072</b>
		<b>COSTO SIN IVA</b>	<b>\$ 621.481.727</b>
		<b>IVA</b>	<b>\$ 99.437.076</b>
		<b>COSTO TOTAL CON IVA</b>	<b>\$ 720.918.803</b>

Fuente: Elaboración propia

 <b>ITM</b> Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22


Esta tabla contiene la cantidad total de kilometrajes a recorrer en el tiempo de ejecución del contrato del área de buses del metro de Medellín.

**Tabla 9. Proyección kilómetros a recorrer en los próximos 24 meses.**

<b>Proyección de Kilómetros a recorrer 2015-2017</b>		
<b>Kilometraje ART</b>	El kilometraje proyectado a recorrer durante la ejecución del contrato para 24 meses en los articulados	<b>2824200</b>
<b>Kilometraje PAD</b>	El kilometraje proyectado a recorrer durante la ejecución del contrato para 24 meses en los Padrones	<b>6539815</b>
<b>Kilometraje ART 2da Gen 1er Etapa</b>	El kilometraje proyectado a recorrer durante la ejecución del contrato para 24 meses en los articulados segunda generación	<b>706050</b>
<b>Kilometraje ART 2da Gen 2da Etapa</b>	El kilometraje proyectado a recorrer durante la ejecución del contrato para 24 meses en los articulados segunda generación	<b>706050</b>
<b>Total km</b>		<b>10776115</b>

Fuente: Elaboración propia




 <b>ITM</b> Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

- El desarrollo de mi práctica profesional me permitió ahondar mucho en los conocimientos adquiridos durante mi carrera, al tiempo que me capacitó en adquirir habilidades no solo para el trabajo, sino para la vida, haciendo de mí un ser diferente mucho más maduro y más profesional, con la posibilidad de enfrentar nuevos retos futuros
- Para trabajos futuros se debe diseñar y mejorar con base en este proyecto un mantenimiento para una flota de mayor capacidad y con otro tipo de buses como lo son los buses eléctricos.
- Se recomienda realizarle estudio de vida útil a algunas partes del vehículo, que todavía no entrarían en este plan por el kilometraje actual.
- Se concluye que con este plan se buscó mejorar y optimizar la flota de buses para una mejor disposición de la misma.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

---

- <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MA%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>
- Libro de mantenimiento del fabricante (Modasa).



INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Santiago Orozco M

FIRMA ASESOR [Signature]

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_      ACEPTADO \_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_