

**PROPUESTA DE SELECCIÓN DE UN MODELO PARA PRONOSTICAR LOS
REPUESTOS A CAMBIAR POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN LA
FLOTA DE BUSES DE GMOVIL S.A.S. OPERADOR DE TRANSMILENIO COMO
ESTRATEGIA PARA DISMINUCIÓN DE COSTOS Y ELABORACIÓN DE
PRESUPUESTOS**

**CARLOS ARTURO PARDO GONZÁLEZ
JACKSON YULYAN RAMÍREZ PARRA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

**PROPUESTA DE SELECCIÓN DE UN MODELO PARA PRONOSTICAR LOS
REPUESTOS A CAMBIAR POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN LA
FLOTA DE BUSES DE GMOVIL S.A.S. OPERADOR DE TRANSMILENIO COMO
ESTRATEGIA PARA DISMINUCIÓN DE COSTOS Y ELABORACIÓN DE
PRESUPUESTOS**

**CARLOS ARTURO PARDO GONZÁLEZ
JACKSON YULYAN RAMÍREZ PARRA**

**Monografía de Grado para optar al título de
Especialista en gerencia de mantenimiento**

Director

**Luis Carlos Duarte Sarmiento
Ingeniero Mecánico**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2017**

AGRADECIMIENTOS

A los profesores y compañeros de la Especialización por los conocimientos compartidos durante este proceso de formación.

Al Ing. Luis Carlos Duarte por su visión, aportes y acompañamiento durante el desarrollo de la presente monografía.

Al Ing. León Darío Ramírez Yáñez y el Ing. Manuel Giménez por su apoyo y motivación constante.

DEDICATORIA

A Dios, nuestros padres y familias

Carlos Arturo Pardo González.

Jackson Yulyan Ramírez Parra

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	16
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	19
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	21
1.3.1 Objetivo General.	21
1.3.2 Objetivos específicos.	21
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	22
2. MARCO CONCEPTUAL	23
3. MARCO TEÓRICO.....	27
3.1 COSTOS.....	27
3.1.1 Clasificación ABC.....	28
3.2 TIPOS DE PRONÓSTICOS.....	29
3.2.1 Cualitativos.....	30
3.2.2 Cuantitativos – Análisis de Series de Tiempo	30
3.2.3 Software Oracle Crystal Ball.	34
3.2.4 Confiabilidad Centrada en Repuestos – RCS	35
4. MARCO LEGAL	37
4.1 DEFINICIONES	38
4.2 OBLIGACIONES.....	38
5. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	39
5.1 ADQUISICIÓN DE LA INFORMACIÓN	39

5.2	ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN	39
5.2.1	Selección de repuestos de estudio.....	41
5.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS PATRONES DE DEMANDA	42
5.4	MANEJO DEL SOFTWARE CRYSTAL BALL	43
5.5	REVISIÓN Y SELECCIÓN DE LOS MODELOS DE PRONÓSTICO.....	48
5.6	RESULTADOS DE LOS PRONÓSTICOS	50
5.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
5.7.1	Análisis de Costos.....	55
6.	CONCLUSIONES	58
7.	ACLARACIONES, OBSERVACIONES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA	60
	BIBLIOGRAFÍA.....	61
	ANEXOS.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flota Gmovil S.A.S Sistema Integrado de Transporte - Transmilenio.....	16
Figura 2. Estructura Mantenimiento de Gmovil	24
Figura 3. Costos de los inventarios	27
Figura 4. Clasificación ABC	29
Figura 5. Tipos, criterios y usos de los diferentes Modelos de Pronósticos.....	34
Figura 6. Relación de los costos de inventarios y el lucro cesante	36
Figura 7. Clasificación ABC de los consumos de repuestos por mantenimiento correctivo	41
Figura 8. Comportamiento irregular del consumo de Llantas Michelin X Incity.....	43
Figura 9. Comportamiento estacionario del consumo de la Bomba de Agua	43
Figura 10. Menú Datos de entrada del Crystal Ball.....	44
Figura 11. Menú Atributos de datos del Crystal Ball	45
Figura 12. Menú Métodos del Crystal Ball	46
Figura 13. Menú Opciones del Crystal Ball.....	46
Figura 14. Gráfica de Resultado del Predictor	47
Figura 15. Tabla de Resultado del Predictor.....	47
Figura 16. Modelado del selector de cambios	48
Figura 17. Modelado de la electroválvula	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Campos Base de Datos	40
Tabla 2. Subsistemas Bus	40
Tabla 3. Subsistemas por Operación - Adicionales	41
Tabla 4. Resultados de los pronósticos de Julio y Agosto	50
Tabla 5. Comparación de los costos reales con los pronosticados de los meses de Julio y Agosto.....	53
Tabla 6. Cálculo Perdidas por bus varado	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo Digital A. Base de datos histórico salida de repuestos mantenimiento correctivo Gmovil S.A.S – Patio Tintal 2.	65
Anexo B. Base de datos seleccionada por el principio de Pareto.....	65
Anexo C. Datos seleccionados de acuerdo con el criterio de tendencia lineal y la rotación mensual en un año.....	72
Anexo D. Clasificación de los datos.....	74

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA DE SELECCIÓN DE UN MODELO PARA PRONOSTICAR LOS REPUESTOS A CAMBIAR POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN LA FLOTA DE BUSES DE GMOVIL S.A.S. OPERADOR DE TRANSMILENIO COMO ESTRATEGIA PARA DISMINUCIÓN DE COSTOS Y ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS.*

AUTORES: CARLOS ARTURO PARDO GONZÁLEZ & JACKSON YULYAN RAMÍREZ PARRA**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, CORRECTIVO, PRONÓSTICOS, REPUESTOS, PRESUPUESTOS, BUSES.

DESCRIPCIÓN

El Sistema de Transporte Público de Bogotá actualmente administrado por TRANSMILENIO S.A. y operado bajo la figura de Concesión a diferentes Empresas de transporte tradicionales y Uniones Temporales; demanda la implementación de estrategias de mantenimiento a gran escala para garantizar la disponibilidad de los buses de acuerdo con las frecuencias establecidas por TRANSMILENIO S.A. Las estrategias de mantenimiento incluyen básicamente planes tipo preventivo, correctivo y predictivo con altos costos debido a diferentes factores como son la gran cantidad de buses a operar, las diferentes tipologías que van desde un microbús hasta un bus biarticulado, un bus dual o híbrido y a las diferentes marcas de las que dispone cada concesionario; por lo anterior se debe garantizar la disponibilidad de repuestos para cubrir las diferentes necesidades de mantenimiento.

En cuanto al mantenimiento preventivo la demanda de repuestos se establece con base en los planes de mantenimiento definidos para cada tipología o marca de bus y se pueden determinar previamente las demandas de repuestos que se van a requerir a diferentes periodos o kilometrajes de cambio. Con esta planeación de la demanda de repuestos se pueden considerar con un alto grado de exactitud los presupuestos por mantenimiento preventivo, así también realizar análisis de proveedores, análisis de precios y de estrategias para definir si los repuestos son adquiridos en el mercado nacional o a través de una importación directa o con la ayuda de un intermediario.

La posición de negociación que se obtiene al contar con una planeación de las demandas por mantenimiento preventivo no es la misma que se tiene al adquirir los repuestos por mantenimiento correctivo, ya que este tipo de repuestos no son de fácil consideración en cuanto a su cantidad y frecuencias de cambio; debido principalmente a las condiciones de tráfico de la ciudad, a la condición de las vías por donde transitan los buses y las condiciones de operación de cada uno de los conductores asignados en las diferentes rutas.

La presente monografía, pretende hacer un análisis de los repuestos más críticos que afectan el costo de operación y establecer una metodología para identificarlos y pronosticar las cantidades a comprar, esto con el fin de establecer mejores posiciones de negociación, disminuir costos por compra a gran escala y de manera anticipada para finalmente estructurar presupuestos más ajustados.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de mantenimiento.
Director: Luis Duarte, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL FOR SELECTING A MODEL TO PRONOUNCE THE SPARE PARTS TO CHANGE FOR CORRECTIVE MAINTENANCE IN THE BUS FLEET OF GMOVIL S.A.S. TRANSMILENIO OPERATOR AS A STRATEGY FOR COST REDUCTION AND PREPARATION OF BUDGETS.*

AUTHORS: CARLOS ARTURO PARDO GONZÁLEZ & JACKSON YULYAN RAMIREZ PARRA**

KEY WORDS: MAINTENANCE, CORRECTIVE, FORECASTS, SPARE PARTS, BUDGETS, BUSES

DESCRIPTION:

The Bogotá public transportation system is currently administered by TRANSMILENIO S.A and operated under the figure of concession with the different traditional transportation companies and temporary unions; this model, demands the implementation of large-scale maintenance strategies to ensure the availability of buses according to the frequencies established by TRANSMILENIO S.A. In general maintenance strategies basically include preventive, corrective and predictive plans with high costs due to different factors, such as the large number of buses to be operated, the different typologies ranging from a minibus to a bi-articulated bus, a dual or hybrid bus, and the different brands available to each concessionaire; therefore should ensure the availability of spare parts to meet the different needs maintenance.

Regarding preventive maintenance, the demand for spare parts is established based on the maintenance plans defined for each typology or brand of bus, and can be determined previously with the demands of spare parts that will be required at different periods or kilometers of change. With this planning of the demand for spare parts can be considered with a high degree of accuracy the budgets for preventive maintenance, as well as perform supplier analysis, price analysis and strategies to define whether the parts are purchased in the domestic market or through a direct importation or with the aid of an intermediary.

The negotiation position that is obtained when planning the demands for preventive maintenance is not the same as when purchasing the parts for corrective maintenance, since these types of spare parts are not easily considered in terms of their quantity and frequency of change; Due mainly to the traffic conditions of the city, to the condition of the routes through which the buses and the conditions of operation of each of the drivers assigned in the different routes.

This monograph aims to analyze the most critical parts that affecting the cost of operation for corrective maintenance and establishes a methodology to identify them and made the forecast of the quantities to be purchased, in order to establish better negotiation positions, reduce costs by large scale purchase and in advance to finally structure tight budgets.

* Bachelor Thesis

** Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de mantenimiento. Director: Luis Duarte, Ingeniero Mecánico.

INTRODUCCIÓN

Los modelos de Transporte Público en las ciudades de Colombia se han venido reglamentado; contando inicialmente con un modelo tradicional conformado por pequeñas empresas o un reducido número de propietarios asociados para prestar el servicio, pero sin políticas claras en cuanto a planes de mantenimiento, años de vida útil de los vehículos, condiciones mínimas de seguridad, aseo y estado general de los vehículos; es decir un modelo que no consideraba la calidad del servicio. Este modelo junto con el aumento de la población en cada ciudad llevó a implementar programas para mejorar los indicadores de movilidad, estimulado así la creación de los sistemas integrados de transporte como lo es el sistema TRANSMILENIO en Bogotá.

La creación de los sistemas integrados de transporte promovió la revisión del parque automotor existente con el que disponían las empresas, su repotenciación y el ingreso de nuevos vehículos al país, muchos de estos con nuevas tecnologías y necesidades de capacitación de la mano de obra, necesidades de estrategias de mantenimiento y de disponibilidad de repuestos para atenderlos.

Aunque un bus cualquiera sea su tecnología o capacidad de transporte de pasajeros, funciona como cualquier otro equipo que cuente con un motor de combustión interna, requiere una atención especial en cuanto a sus necesidades de mantenimiento debido a que la duración de sus componentes no depende únicamente de su diseño por ciclo de vida sino también a las condiciones que se ve expuesto, por ejemplo el volumen de carga variable (número de pasajeros) que maneja, el estado de la vía, el tráfico de la ciudad y de la operación por parte del conductor asignado. Estas variables poco predecibles y de difícil manejo, generan altos índices de accidentalidad y afectación de los componentes del vehículo, que en muchos de los casos no cumplen con su ciclo de vida útil; no cumplen con los kilómetros establecidos en los planes de mantenimiento preventivo; siendo reemplazados finalmente por actividades de mantenimiento correctivo.

Con base en lo anterior es claro que las necesidades de repuestos para mantenimiento preventivo pueden ser definidas con anticipación como en cualquier otro tipo de maquinaria y pueden ser objeto de revisión de su cantidad, precio, proveedor, origen, marca etc. Es decir, se cuenta con el tiempo suficiente para optimizar los costos y negociar los precios ofrecidos por los diferentes proveedores.

Mientras que las necesidades de repuestos para mantenimiento correctivo no son de fácil estimación; tampoco permiten contar un margen amplio de tiempo para comparar los precios ofrecidos y la disponibilidad del repuesto no es inmediata.

El objeto de la presente monografía se basa en definir una metodología para pronosticar las necesidades de repuestos por mantenimiento correctivo de los buses de transporte público; considerando los repuestos de mayor costo o impacto. Esto con el fin de disminuir los costos de operación de los buses, mejorar los indicadores de disponibilidad e incrementar el ingreso económico de la compañía, el cual se basa fundamentalmente en la retribución económica que entrega Transmilenio S.A. por los kilómetros recorridos por cada bus y los pasajeros que hagan uso del mismo.

La elaboración de este trabajo se realiza para la empresa Gmovil S.A.S Concesionario Operador del sistema Transmilenio S.A.; el cual cuenta con diferentes tipologías de buses. El trabajo se centra en el seguimiento al comportamiento histórico de cambios de repuestos por mantenimiento correctivo de los buses tipo Padrón marca VOLVO asignados al patio de mantenimiento denominado como TINTAL 2.

La definición de la metodología se desarrolla con el fin de optimizar costos y ajustar los presupuestos de mantenimiento de los buses no solo del patio TINTAL 2, sino como la base para implementarlo en otros patios de la compañía con la misma metodología.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Figura 1. Flota Gmovil S.A.S Sistema Integrado de Transporte - Transmilenio



Fuente: Los autores.

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

GMOVIL S.A.S. es uno de los operadores del sistema de transporte público de Bogotá Transmilenio S.A. – SITP; cuenta con (988) buses distribuidos en el Sistema Troncal como son Articulados, Biarticulados, Híbridos, Alimentadores y Complementarios. También con buses que operan en el Sistema Integrado de Transporte SITP (Azules), distribuidos en buses tipo Micro, Buseta, Buseton y Padrón.

La zona de operación asignada a GMOVIL S.A.S es la localidad (10) de Engativá, punto desde el cual salen a operar las diferentes tipologías de buses hacia el resto de la ciudad; esta operación incluye el PORTAL EL DORADO y sus rutas de ALIMENTACIÓN de la localidad.

Dentro de la Localidad de Engativá y Fontibón se encuentran ubicados cinco (5) patios para la operación, en los cuales se reúnen los buses de acuerdo con su

tipología; estos son: Patio Troncal, Patio Verbena, Patio La Y, Patio Tintal 1 y Patio Tintal 2. Cada Patio o Unidad de Negocio cuenta con todas las áreas de la compañía, infraestructura, equipos y demás para realizar las actividades de Operación, asignación de Conductores, tareas de mantenimiento, abastecimiento y otras, que se requieren para garantizar la disponibilidad de los buses.

Para las actividades de Mantenimiento cada Patio cuenta con personal especializado compuesto por un equipo Administrativo integrado por un Subdirector de Mantenimiento, Jefe de Taller, Planeadores, Programadores y Supervisores. En cuanto al personal técnico cuenta con personas especializadas en cada componente del Vehículo como Mecánicos, Electricista, Técnicos de Puertas, Montallanteros, lubricadores entre otros.

Así también se cuenta en patio del personal de los distribuidores de las diferentes marcas de vehículos como Volvo, Mercedes Benz y Chevrolet, entre otros. Estos prestan el servicio de mano de obra y equipo especializado para atender novedades de mayor complejidad.

En los patios existe el apoyo de diferentes empresas (terceros) especializadas en actividades que requieren un manejo especial como son la reparación de componentes del sistema de inyección, módulos electrónicos, servicios de reparación de carrocerías y otros.

En cuanto al manejo de la información se cuenta con el Software de Mantenimiento INIFOR que controla cualquier actividad realizada al bus, por los técnicos de mantenimiento tales como tareas o rutinas de mantenimiento preventivo o correctivo, inspecciones, cambio de piezas, prestación de servicios, y otras actividades y costos.

El mantenimiento realizado a todas las tipologías de buses cuenta con un plan específico para cada una, los planes están basados en:

- **Mantenimiento Preventivo**
- **Mantenimiento Correctivo**

Para el mantenimiento preventivo ya se cuenta con los planes donde están programadas todas las actividades a realizar, la prestación de servicios de terceros, las piezas que deben ser cambiadas de acuerdo con el kilometraje y el personal asignado para cada tarea. En cuanto a las piezas a cambiar se cuenta con una proyección o planeación anual, que se verifica bimensual y semestralmente; esta planeación de repuestos se envía al área de Abastecimiento quienes realizan las negociaciones por lote con algunos de los proveedores o distribuidores directos de las marcas. Como se cuenta con la planeación anual se pueden considerar tiempos prolongados para la adquisición de los repuestos.

Con esta proyección anual también se pueden establecer los costos para temas de presupuesto, es un costo de fácil estimación y en cual se tienen opciones para disminuirlo mediante diferentes figuras como manejo de proveedores directos en el país, empresas dedicadas a la importación mediante pedido o mediante la importación directa por parte de la empresa.

Por otro lado, para los repuestos a cambiar por Mantenimiento Correctivo aún no se cuenta con una proyección anual; una proyección que indique las cantidades para ser consideradas dentro de los presupuestos anuales o negociación con los proveedores; que funcione de manera similar a lo que se demanda por Mantenimiento Preventivo.

Para estimar las demandas de repuestos por Mantenimiento Correctivo en el Área de Abastecimiento se manejan algunos conceptos como: estimar algunas

cantidades de acuerdo con los porcentajes de las cantidades por Mantenimiento Preventivo, estimar algunos repuestos por cantidades fijas, se piden cantidades adicionales cuando una pieza es cambiada por correctivo, entre otros. En todos los casos mencionados no hay un plan de demanda a seguir, no existe una planeación que garantice el suministro oportuno, a bajo costo y que no incremente el valor de los inventarios.

Para vehículos de marcas como Volvo y Mercedes Benz el costo de los repuestos es demasiado alto cuando se adquiere con los distribuidores directos; para considerar la disminución del costo es necesario acudir a empresas de importación, pero con la consecuencia que el proceso tarda alrededor de (15) días hábiles, tiempo durante el cual los buses estarían fuera de servicios afectando la disponibilidad del patio. El alto costo de los repuestos, el tiempo que permanece el bus fuera de servicio afectan notablemente el costo de la operación debido a que el bus no sale a operar por lo tanto no genera ingreso económico por kilómetro recorrido y el alto costo afectan notablemente el cumplimiento de los presupuestos. Por lo anterior se considera necesario estimar o pronosticar una proyección semestral o anual de los repuestos a cambiar por Mantenimiento Correctivo, la cual actualmente no existe y se convierte entonces en una necesidad real y de alto impacto para el cumplimiento de las metas económicas de la empresa.

1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Dadas las condiciones de operación de los buses del sistema integrado de transporte de Bogotá coordinado a través de Transmilenio S.A., donde los buses operan tanto en vías exclusivas o Troncales para el caso de los buses Articulados y Biarticulado, así como la operación en la vías públicas donde operan las rutas de Alimentación, Complementarias, y Zonales (SITP), los buses están expuestos a diferentes variables como son el cambio del operador o conductor, cambio de rutas, estado de las vías de la ciudad, cantidad de pasajeros en horas pico y horas valle

(variación de la carga), tráfico y movilidad en todos los sectores de la ciudad; llevan a que constantemente los buses se vean afectados en sus componentes o subsistemas como son los elementos de la carrocería interna y externa, sistemas de control del operador generalmente electrónicos, componentes de la suspensión, componentes del sistema de rodaje, sistema de frenos, motor y sistema de refrigeración, dirección, entre otros. Con esto, aunque exista un plan de Mantenimiento Preventivo, se generan de costos por Mantenimiento Correctivo casi del mismo monto, debido a las condiciones de operación descritas anteriormente. Por eso es necesario estimar estos costos para la elaboración de los presupuestos identificando las piezas más afectadas.

El Mantenimiento Correctivo generalmente se considera como un evento aleatorio para el cual se pueden prever algunos repuestos o componentes alternos para el recambio, sin embargo, para el mantenimiento de los buses del sistema de transporte de Bogotá la cantidad de eventos a corregir por Mantenimiento Correctivo como accidentes, sobre carga, mala operación, condiciones de la vía y tráfico, incrementan de manera notable la cantidad de piezas a reemplazar, considerando que son casi mil (1.000) buses del operador Gmovil S.A.S, rodando todo el día en la ciudad.

Actualmente solo se están considerando en detalle los repuestos a cambiar por Mantenimiento Preventivo; el aporte de la presente Monografía es identificar una metodología para pronosticar los repuestos a cambiar por Mantenimiento Correctivo y las cantidades a adquirir para la proyección anual de los presupuestos.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1 Objetivo General.

- Formular un modelo para pronosticar los repuestos a cambiar por mantenimiento correctivo en la flota de buses de Gmovil S.A.S. Operador de Transmilenio como estrategia para disminución de costos y elaboración de presupuestos.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar por ley de Pareto los repuestos cambiados por mantenimiento correctivo más representativos en cuanto a costo, cantidad y disponibilidad, de la Flota de buses tipo Padrón Volvo BR7 para el periodo comprendido entre Abril 2016 a Abril de 2017.
- Identificar las curvas de tendencia de consumo de los repuestos instalados por Mantenimiento Correctivo para la flota de buses Volvo BR7, identificados en el objetivo anterior
- Identificar las diferentes metodologías para pronosticar la cantidad de repuestos a cambiar por mantenimiento correctivo para la Flota de buses tipo Padrón Volvo BR7
- Proponer un método(s) de pronóstico de las cantidades de repuestos a cambiar por Mantenimiento Correctivo para la Flota de buses tipo Padrón Volvo BR7 como estrategia para disminución de costos mediante importación directa de los repuestos y elaboración de presupuestos de mantenimiento.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Actualmente dentro del área de mantenimiento no existe una planeación de repuestos a cambiar por Mantenimiento Correctivo, simplemente se estima un costo general para incluirlo en las proyecciones anuales del presupuesto, pero no se ha hecho una revisión de las piezas más afectadas. Con esta revisión y pronóstico se pretende garantizar la disponibilidad de los repuestos, rebajar los costos por repuestos de Mantenimiento Correctivo y proyectar los presupuestos de manera más detallada.

Si mediante la metodología (s) identificada (s) se pueden estimar los repuestos y cantidades a cambiar durante el semestre o año por Mantenimiento Correctivo se pueden optimizar diferentes procesos dentro del área de mantenimiento y abastecimiento, entre otros se pueden considerar los siguientes:

- Reducción de los costos de mantenimiento
- Reducción de los días con los buses fuera de servicio por falta de repuestos
- Importación o negociaciones directas con los proveedores considerando cantidades a consumir durante el semestre o año
- Identificación de las fallas más recurrentes para proyectar acciones correctivas
- Disminución de los niveles de inventarios
- El ingreso por mayor número de kilómetros recorridos

2. MARCO CONCEPTUAL

El ingreso económico de Gmovil S.A.S depende única y exclusivamente de los buses que estén disponibles para realizar los recorridos programados por Transmilenio S.A.

No contar con el bus disponible implica pérdidas directas para la compañía; más aún cuando en algunas tipologías como son los buses de mayor tamaño como Biarticulados, Articulados y Padrones no se cuenta con buses de “reserva” para cubrir cualquier novedad que pueda presentarse, debido al costo de adquirir los buses de reemplazo y el mantenimiento proyectado a lo largo de la concesión (24) años.

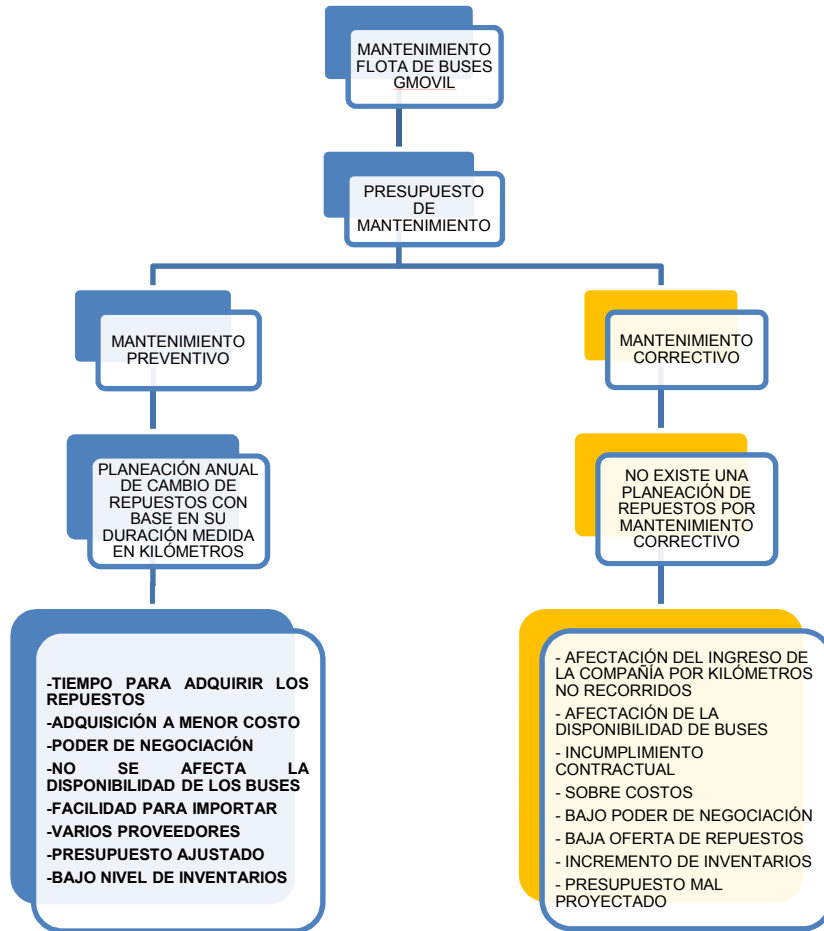
Como lo menciona el profesor Alberto Mora Gutiérrez:

“2.7 Importancia Económica y Tecnológica de Mantenimiento la realidad que adquiere la etapa VI de mantenimiento, bajo la orientación de gestión de activos, la posiciona como estratégica dentro de la organización, lo cual la convierte en un área clave, donde se deben incrementar todos los esfuerzos posibles de la empresa encauzados a la búsqueda de beneficios económicos de corto y de mediano plazo.

El departamento de mantenimiento, desarrollado como una unidad estratégica de negocios, generadora de ingresos se ha constituido en la meta durante las últimas décadas en varios países de Europa y Estados Unidos.”

El trabajo del área de mantenimiento se centra en garantizar la disponibilidad de los buses de la compañía, por lo que es necesario contar con la estructura suficiente para garantizar el mantenimiento de la flota de Gmovil S.A.S en todas sus tipologías, en las dos rutinas básicas, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo.

Figura 2. Estructura Mantenimiento de Gmovil



Fuente: Los autores.

Para el Mantenimiento Preventivo las rutinas y cambios de repuestos se calculan con base una proyección de kilómetros de duración las piezas, bajo esta concepción un bus puede manejarse como cualquier otro equipo que requiera se mantenido para garantizar su buen estado y disponibilidad, esto incluye la facilidad de proyectar los requerimientos de repuestos. Por definición:

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos. Con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de esos elementos, que pueden ocasionar

*circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aún en estado inicial de desarrollo*¹.

*“La función principal del mantenimiento preventivo es conocer el estado actual de los equipos, mediante los registros de control llevados en cada uno de ellos y en coordinación con el departamento de programación, para realizar la tarea preventiva en el momento más oportuno. Consiste en una serie de actuaciones sistemáticas en las que desmontan las máquinas y se observan para reparar o sustituir los elementos sometidos a desgaste”*².

Mientras que, para el Mantenimiento Correctivo, tal como se mencionó en la Justificación; los buses están sometidos a diferentes variables de operación que lo afectan constantemente; en este aspecto no es tan acertado considerar el Mantenimiento Correctivo de un bus como el que se maneja en cualquier otra clase de equipo, también considerando el impacto directo que se genera sobre el ingreso de la compañía al no contar con el móvil para que salga a rodar. Por definición:

*El mantenimiento correctivo consiste en la pronta reparación de la falla y se le considera de corto plazo. Las personas encargadas de reportar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las maquinas o equipos y las reparaciones corresponden al personal de mantenimiento. Exige, para su eficacia, una buena y rápida reacción de la reparación (recursos humanos asignados, herramientas, repuestos, elementos de transporte, etc.). La reparación propiamente dicha es rápida y sencilla, así como su control y puesta en marcha*³.

¹ MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Alfaomega Colombiana S.A. Bogotá D.C., 2009. p. 429.

² libd., p. 429.

³ libd., p. 426.

Con base en la definición anterior, para el caso del Mantenimiento Correctivo de los buses, no siempre es posible lograr la reparación de manera rápida y sencilla; debido a factores como el nivel del daño causado o la disponibilidad de repuestos que en muchos casos es necesario importar con los tiempos que esto conlleva. Por lo anterior es necesario implementar una metodología para pronosticar los repuestos con los que se debe contar para reducir tiempos de reparación, costo de inventarios y proyección de presupuestos, esto con base en los datos obtenidos del último año de operación.

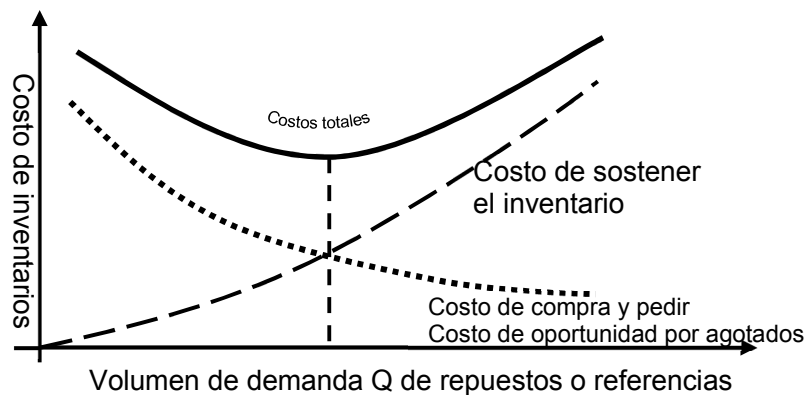
Antes de iniciar con el proceso de pronosticar es necesario identificar los patrones de demanda que presenten los repuestos a considerar en el ejercicio de la presente monografía.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 COSTOS

Según Alberto Mora⁴ (2009a) los costos de inventario se dividen en: costos de pedir al proveedor o fabricante, costos de sostener inventario y costos de agotar.

Figura 3. Costos de los inventarios



Fuente: Mora Gutierrez⁵ (2009a), p. 363

Los costos de pedir al proveedor o fabricante están relacionados con solicitar una cantidad definida de referencia para ser entregado en un tiempo determinado, bajo unas especificaciones técnicas y de calidad dadas, esto conlleva costos como: procesamiento del pedido, comunicaciones, elaboración de la documentación pertinente, el tiempo de los funcionarios que intervienen, el costo en sí de los productos, transacciones bancarias y financieras, transporte, recursos de los diferentes departamentos internos o externos que facultan la compra y demás coligadas.

⁴ libd., pp. 363-364.

⁵ libd., p. 363.

Los costos de sostener conllevan a costos de renta o alquiler, adecuaciones especiales de un espacio físico para el inventario como lo son el almacén o las bodegas, costos de seguros (contra riesgo de robos, incendios, terremotos, etc) e impuestos, costo financiero del valor de los productos y el costo por obsolescencia o deterioro.

Los costos de agotar el inventario antes del tiempo planeado, conlleva al costo del **lucro cesante de los equipos**, retraso en los tiempos de mantenimiento, sobrecostos de los repuestos, por solicitarlos al proveedor de manera inmediata, impacto negativo de la imagen de la empresa ante el cliente por retrasos en los tiempos de entrega de los equipos que se encuentran en mantenimiento, estos costos son difíciles de calcular, por lo general se asumen como costos de oportunidad.

3.1.1 Clasificación ABC: Según Bierman, y otros⁶ (1991), es una metodología que puede ser utilizada para jerarquizar los repuestos de acuerdo con el grado de importancia de los mismos, la clasificación ABC es derivada del principio de Wifredo Pareto, un renacentista del siglo XIX, quien documenta por primera vez el principio de la administración de materiales, el cual es la base del análisis ABC y cuyo principio manifiesta que pocos factores son la causa de muchos de los efectos.

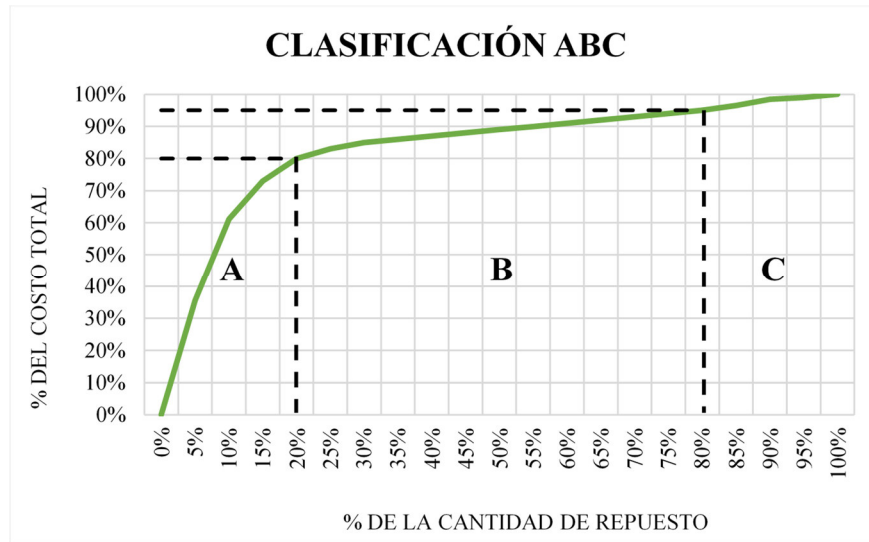
De acuerdo con la cantidad de repuestos usados y al precio de los mismos en un tiempo determinado se realiza la clasificación ABC, partiendo de la premisa que una cantidad pequeña de referencias mueve una gran cantidad de los costos.

Ronald Ballou⁷ dice que un 20% de las referencias representa por lo menos el 80% de los costos totales.

⁶ BIERMAN, Harold; BONINI, Charles P y PETERSON, Elmer. Análisis cuantitativos para la toma de decisiones: Modelos determinísticos y probabilísticos. Editorial Irwin. Madrid. 1991. p. 478-479.

⁷ BALLOU, Ronald H. Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz. Editorial Pearson Educación. México DF, 2004. pp. 1-50.

Figura 4. Clasificación ABC



Fuente: Los autores.

La clasificación ABC se realiza de la siguiente manera: se ordenan los datos de mayor a menor en eje vertical (es el porcentaje acumulado de la cantidad monetaria usada), en el eje horizontal se colocan las referencias de los productos (es el porcentaje acumulado de las referencias del inventario), las zonas A, B y C se calculan con el 80% y 95% del eje vertical como se muestra en la Figura 4.

3.2 TIPOS DE PRONÓSTICOS

Para estimar el o los modelos de pronóstico a utilizar se van a evaluar inicialmente las metodologías que se resumen a continuación. Los pronósticos se pueden clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativos, análisis de series de tiempo o cuantitativos, relaciones causales y simulación.

3.2.1 Cualitativos: Las técnicas cualitativas son de carácter subjetivo y se basan en estimaciones y opiniones. La presente monografía pretende pronosticar los datos reales, históricos del último año de operación de los buses de las diferentes tipologías, por lo cual no se considerarán pronósticos de tipo cualitativo sino metodologías de tipo cuantitativo.

3.2.2 Cuantitativos – Análisis de Series de Tiempo: Según Gonzales y Otros⁸, el análisis de series de tiempo se basa en la idea de que se pueden usar los datos relacionados en una serie de tiempo pasado para realizar pronósticos.

Pronosticar series de tiempo significa extender los valores históricos en el futuro con mediciones que aún no se encuentran disponibles. El pronóstico se realiza generalmente para optimizar áreas como los niveles de inventario, capacidad de producción o los niveles de personal. Existen dos variables estructurales principales que definen un pronóstico de serie de tiempo: **el periodo**, que representa el nivel de agregación. Los periodos más comunes son meses, semanas y días. **El horizonte**, que representa la cantidad de periodos por adelantado que es necesario pronosticar.

- **Promedio Móvil Simple:** se promedia un periodo que contiene varios puntos de datos, se divide la suma de los valores de los puntos entre el número de puntos. De esta manera cada punto tiene la misma influencia.
- **Promedio Móvil Ponderado:** ciertos puntos se valoran más o menos que otros, según se considere conveniente de acuerdo con la experiencia.

⁸ GONZÁLEZ, Allan, MANCERA, Israel y NAVARRO, Raymundo. Análisis de series de tiempo [en línea]. México: Universidad Tecnológica del Centro de México, 2012. pp. 1–18.

- **Suavizamiento o suavización exponencial:** los puntos de datos más recientes tienen mayor peso; este peso se reduce exponencialmente cuantos más antiguos son los datos.
- **Análisis de regresiones ajustadas una línea recta:** El método de ajuste más común es el de mínimos cuadrados, permite identificar la tendencia de la serie de tiempo analizada mediante una línea recta.
- **Suavización exponencial lineal Holt:** Según Valencia & Otros⁹, este método involucra tendencias lineales locales que se van desarrollando dentro de la serie de tiempo. Además, suaviza directamente el nivel y la pendiente, usando diferentes constantes de suavizamiento para cada una, por lo tanto, tienen la ventaja de adaptarse y ser flexibles a nuevas observaciones que se van encontrando en la serie temporal. En este sentido, el suavizamiento exponencial simple se puede ver en desventaja, ya que en las series de tiempo en ocasiones puede cambiar ciertos niveles, entonces su modelación puede llevar un poco más de tiempo.
- **Suavización exponencial Holt – Winters:** Según Koehler & Otros¹⁰, es uno de los métodos de predicción más conocidos y utilizados para las series temporales estacionales, entre los métodos propuestos por Winters (1960) se encuentran: uno para la estacionalidad aditiva (método Holt-Winters aditivo) y otro para la estacionalidad multiplicativa (método Holt-Winters multiplicativo). De estos dos métodos, el de estacionalidad multiplicativa se ha implementado más a menudo en software de pronóstico por ordenador. La estacionalidad es multiplicativa si la magnitud de la variación estacional aumenta con un aumento en el nivel medio

⁹ VALENCIA, Marisol, RAMÍREZ, Sebastián, TABARES, José & VELÁSQUEZ, Carlos. Métodos de pronósticos - clásicos y bayesianos con aplicaciones. Colombia, 2014. pp. 1-48.

¹⁰ KOEHLER, Anne, SNYDER, Ralph & ORD, Keith. Forecasting models and prediction intervals for the multiplicative Holt–Winters method [en línea]. Washington DC: International Journal of Forecasting. 2001. pp. 269–286.

de las series temporales. Es aditivo si el efecto estacional no depende del nivel medio actual de las series temporales y simplemente se puede sumar o restar de un pronóstico que depende sólo del nivel y la tendencia.

3.2.2.1 Modelos ARIMA y SARIMA: Mora¹¹ (2009a) define que las técnicas de los modelos AR.I.MA se basan en una síntesis de los patrones históricos de los datos, y son una clase especial de métodos de filtrado que desconocen por completo a las variables independientes. Son herramientas de alto refinamiento que utilizan los valores reales y anteriores de la variable dependiente para generar pronósticos bastante exactos de corto plazo. Y son muy apropiadas cuando los valores de la serie que se pronostica están correlacionados o son dependientes estadísticamente entre sí.

Otro asunto es si esta modelación quizá no copia fielmente los valores reales del fenómeno evaluado; pero, en todo caso, se puede afirmar que siempre existe un modelo AR.I.MA capaz de simular toda variable temporal.

Los modelos estocásticos AR.I.MA. (Auto-Regressive, Integrated, Moving Average), que son muy efectivos y garantizan errores mínimos en los pronósticos frente a la realidad futura.

Según Quesada¹² (2011), la formulación general que presenta el modelo ARIMA de órdenes p, d y q, es decir, el modelo ARIMA(p,d,q) es la siguiente:

$$\phi(B)(1 - B)^d X_t = c + \theta(B)\varepsilon_t$$

¹¹ MORA GUTIERREZ, Op. cit., pp. 255-257.

¹² QUESADA PEGALAJAR, Manuel. Análisis de Series. Modelos Heterocedásticos. Trabajo de maestría en estadística aplicada. España: Universidad de Granada. 2011. pp. 7-12.

donde X_t es la variable de estudio, c una constante y ε_t es el término de error o residuo, que sigue una distribución normal de media cero y varianza constante σ_ε^2 . El término $(1 - B)^d$ se aplica a la serie original para convertirla en estacionaria, y d corresponde al orden de la parte I del modelo ARIMA. $\phi(B)$ y $\theta(B)$ son polinomios de orden p y q que dependen del operador de retardo B .

El modelo ARIMA está compuesto de tres partes: una parte AR de orden p , una parte I de orden d y una parte MA de orden q . El número de términos para los polinomios $\phi(B)$ y $\theta(B)$, es decir, los órdenes de la parte AR y MA respectivamente, así como el orden de la parte I del modelo ARIMA se determinan utilizando la metodología de Box-Jenkins.

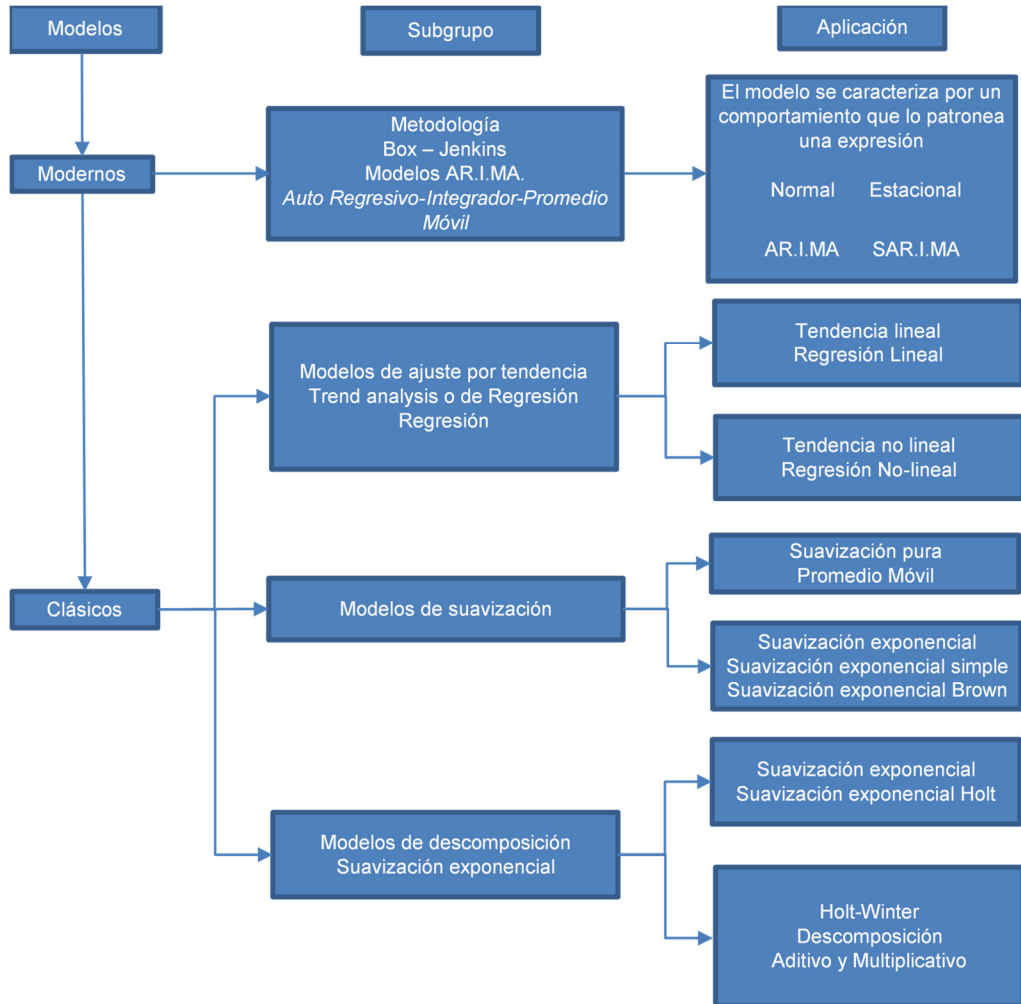
Si los datos presentan estacionalidad, la formulación del modelo ARIMA resulta:

$$\phi(B)\psi(B^s)(1 - B)^d(1 - B^s)X_t = c + \theta(B)\varphi(B^s)\varepsilon_t$$

D corresponde a la parte I del modelo ARIMA estacional. Normalmente D toma los valores 1 y 2. $\psi(B^s)$ y $\varphi(B^s)$ son polinomios que dependen del operador de retardo B^s . Estos modelos ARIMA con una estacionalidad se denota como SARIMA(p,d,q)x(P,D,Q) s .

Existe estacionalidad en los datos cuando los datos que componen la serie presentan un comportamiento cíclico o periódico.

Figura 5. Tipos, criterios y usos de los diferentes Modelos de Pronósticos



Fuente: Mora¹³ (2009a), p. 254

3.2.3 Software Oracle Crystal Ball: Oracle Crystal Ball es una aplicación basada en hojas de cálculo de Excel para el modelado predictivo, el pronóstico, la simulación y la optimización de datos. Con Crystal Ball, puede tomar las decisiones tácticas adecuadas para alcanzar sus objetivos y obtener una ventaja competitiva incluso bajo las condiciones de mercado más inciertas.

¹³ MORA GUTIERREZ, Op. cit., p. 254.

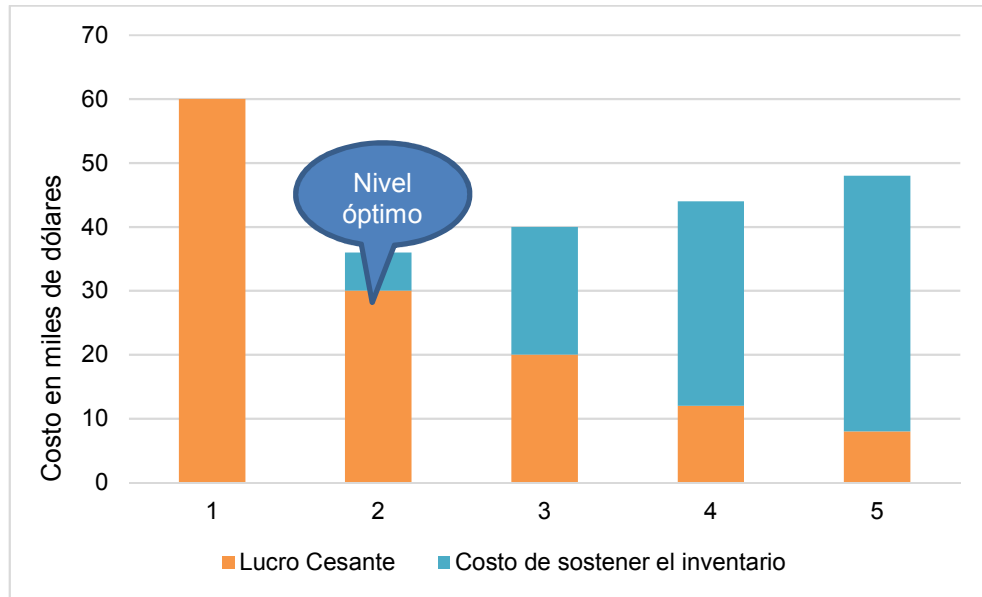
Esta aplicación ofrece la selección de diferentes métodos de predicción como los modelos clásicos y modernos de las series temporales, en los clásicos tiene la regresión lineal, promedio móvil, suavización exponencial simple, Brown, Holt, Holt-Winter aditivo y multiplicativo, en los modernos se pueden encontrar los modelos AR.I.MA. También permite graficar y comparar los valores históricos con los valores obtenidos del modelado, calcula diferentes datos del modelado como el error, el valor máximo, mínimo, el promedio, etc. Adicionalmente muestra el método con menor error y sugiere otros dos como posibles alternativas para el modelado.

3.2.4 Confiabilidad Centrada en Repuestos – RCS: Es una metodología que se basa en el uso de datos del RCM para realizar control de inventarios de las piezas de repuestos de alto valor unitario, estimando los costos de tiempo de inactividad de los equipos y los costos de sostener para calcular los niveles de inventarios.

Dekker y Plasmeijer ¹⁴ (1997) sugieren el establecimiento de estimaciones cuantitativas de los costos de tiempo de inactividad de los equipos para facilitar la toma de decisiones sobre el mantenimiento y los niveles de inventario de repuestos. Proporcionan métodos para estimar estos costos de inactividad.

¹⁴ DEKKER, R. & PLASMEIJER, R. On the use of equipment criticality in maintenance optimization and spare parts inventory control. In C. Guedes Soares (Ed.), *Advances in safety & reliability*, Volume 3. ESRA: Pergamon press, Oxford, England, 1997. pp. 1709–1718.

Figura 6. Relación de los costos de inventarios y el lucro cesante



Fuente: Andia¹⁵ 2005, p. 1.

Esta metodología nos lleva a preguntarnos ¿Qué pasaría si tenemos que reparar un equipo y no tenemos repuestos para ejecutar la actividad de mantenimiento? o si se determina que un equipo está en operación en falla a través de un predictivo y el tiempo de reposición del repuesto es mayor al tiempo restante para que el equipo entre en falla, ¿para qué habrá servido realizar el predictivo?.

Con un RCS se propone controlar los niveles óptimos de piezas de los inventarios, basados en la información del RCM.

¹⁵ ANDIA, Jorge. RCS Reliability-centred Spares [en línea]. Miami: Ellmann Sueiro y Asociados, 2005. p. 1.

4. MARCO LEGAL

La Constitución Política de Colombia en su artículo 365 señala que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del estado y es su deber garantizar su eficiente prestación.

Con el Decreto 319 de 2006 "Por el cual se adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, que incluye el ordenamiento de estacionamientos, y se dictan otras disposiciones", ordena implementar un sistema de transporte organizado, eficiente, sostenible, que permita construir una movilidad más segura, accesible, eficiente, competitiva, sostenible, equitativa, articulada, flexible al crecimiento y coordinada en todos los ámbitos institucional, social y económico, tanto al interior de la ciudad como con la región.

Con base en las anteriores disposiciones corresponde a Transmilenio, regular la prestación del servicio de transporte público de Bogotá y asignar las zonas para los diferentes operadores del sistema integrado de transporte. Es así como mediante el Contrato No. 004 de 2010 de concesión para la explotación preferencial y no exclusiva para la prestación del servicio público de transporte de pasajeros dentro del esquema del SITP para la zona 2) Engativá con operación troncal, suscrito entre la empresa de Transporte del Tercer Milenio S.A. - Transmilenio S.A. y la sociedad Gmovil S.A.S., Gmovil S.A.S, tiene a cargo la Zona de Engativá para la prestación del servicio de Transporte con las Tipologías Troncal y Zonal.

Dentro del contrato de concesión se estipulan las obligaciones a cargo de Gmovil S.A.S. para garantizar el buen estado de la flota de buses y su disponibilidad; establecidas en Contrato No. 004 de 2010:

4.1 DEFINICIONES

- **Control Total sobre la flota:** Se entiende por control total, además de la propiedad, cualquier esquema de participación que garantice como mínimo lo siguiente: a) La disponibilidad y tenencia del vehículo sin ninguna condición o salvedad diferente a la adjudicación del contrato; la responsabilidad total del operador – adjudicatario por toda la operación, mantenimiento, disponibilidad, costos, gastos y obligaciones totales que genere el vehículo o su utilización.
- **Estándares de operación del servicio de transporte:** Son el conjunto de parámetros asociados con un nivel de servicio adecuado al pasajero, entre los cuales se incluyen accesibilidad, condiciones de aseo, comodidad, mantenimiento de los vehículos, regularidad en el servicio y seguridad.
- **Mantenimiento correctivo:** Reparación **inmediata** de los vehículos que presenten fallas o desperfectos de cualquier naturaleza.
- **Mantenimiento preventivo:** Intervenciones efectuadas en los vehículos tendientes a precaver el deterioro o falla del vehículo, y garantizar su funcionalidad en óptimas condiciones de operación.

4.2 OBLIGACIONES

- Llevar a cabo el Mantenimiento Preventivo y Correctivo a los vehículos que corresponda.
- Llevar debidamente diligenciado y actualizado el historial de los vehículos que constituyen su Flota, el cual contendrá la información determinada en el Manual de Operación, y, en todo caso, como mínimo, el inventario, la historia técnica del vehículo y la relación de todas las actividades de Mantenimientos Preventivo y Correctivo realizadas a la Flota.

5. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

5.1 ADQUISICIÓN DE LA INFORMACIÓN

Gmovil S.A.S. cuenta en su estructura de mantenimiento con el software conocido comercialmente como INFOR, el cual integra en un solo ambiente el módulo de Mantenimiento y el módulo de Abastecimiento o Almacén. INFOR permite realizar la trazabilidad de cada bus, registrando la información de número de Orden de Trabajo, fecha de realización, técnico asignado, tipo de Mantenimiento Preventivo, Correctivo u otros, repuestos instalados al bus con su identificación de inventario y costo de los mismos.

La información extraída de INFOR será la base de datos del consumo de repuestos por mantenimiento correctivo del periodo comprendido entre 01 de Abril de 2016 al 31 de Agosto de 2017, para los buses del Patio Tintal 2, correspondientes a 149 buses tipo Padrón marca VOLVO, referencia B7R.

5.2 ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información adquirida desde INFOR en el periodo antes definido, es suministrada de acuerdo con su orden cronológico de despacho de repuestos, por facilidad se eliminan algunas columnas de manejo exclusivo para el área de abastecimiento y solo se consideran los siguientes ítems:

Tabla 1. Campos Base de Datos

FECHA
Código de parte
Descripción de la parte
Clase parte
Almacén
Cantidad
Valor Unitario
Total
Tipo de OT (Correctiva)
Código de activo (Bus)
Clase de activo
Kilometraje
Subsistema

Se adiciona una columna para clasificar el subsistema al cual pertenece el repuesto.

Tabla 2. Subsistemas Bus

ITEM	SUBSISTEMA	SIGLA
1	Carrocería	CAR
2	Diferencial	DIF
3	Eléctrico	ELE
4	Electrónico	ELC
5	Llantas	LLA
6	Motor	MOT
7	Refrigeración	REF
8	Rodaje	ROD
9	Transmisión	TRA
10	Dirección	DIR
11	Bastidor (Chasis)	BAS
12	Embrague	EMB
13	Frenos	FRE
14	Neumático	NEU
15	Suspensión	SUS

Existen otros elementos que, aunque no son componentes funcionales del bus se requieren para la operación del mismo o son cargados al presupuesto de mantenimiento y cargados a cada bus, para estos se asignan dos subsistemas adicionales que son:

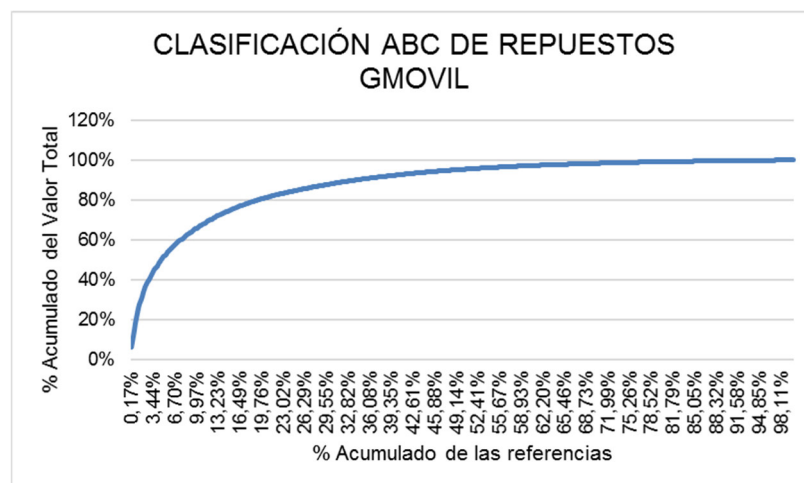
Tabla 3. Subsistemas por Operación - Adicionales

ITEM	SUBSISTEMA	SIGLA
1	Operaciones	OPE
2	Elementos de Protección Personal	EPP

5.2.1 Selección de repuestos de estudio: La base de datos tiene 949 referencias, de estas se seleccionaron 549 y se despreciaron las otras porque el peso del costo de la referencia es muy pequeño, frente al costo total de la base de datos, las referencias de estudio se seleccionaron a través del principio de Pareto, identificando que aproximadamente el 20% de los repuestos, representan el 80% de los costos como se evidencia en la

5.2.2 Figura 7. Se seleccionaron 116 referencias.

Figura 7. Clasificación ABC de los consumos de repuestos por mantenimiento correctivo



Fuente: Los autores.

Las referencias seleccionadas se organizaron por meses y cantidades, de las 116 referencias se identificaron que 37 tienen una rotación menor al 25% de los meses analizados o cuando el pronóstico por tendencia lineal da un valor menor o igual a cero, se identificó que los repuestos con este valor inicialmente estaban considerados dentro del mantenimiento correctivo y actualmente se consideran parte del mantenimiento preventivo, fueron utilizados en campañas específicas, cambio su número de referencia o marca, por lo cual su rotación es baja o simplemente es un repuesto que no se volvió a adquirir. Ver Anexo B. Base de datos seleccionada por el principio de Pareto. Los repuestos al tener una baja rotación no van a tener información suficiente para satisfacer un modelo de pronóstico.

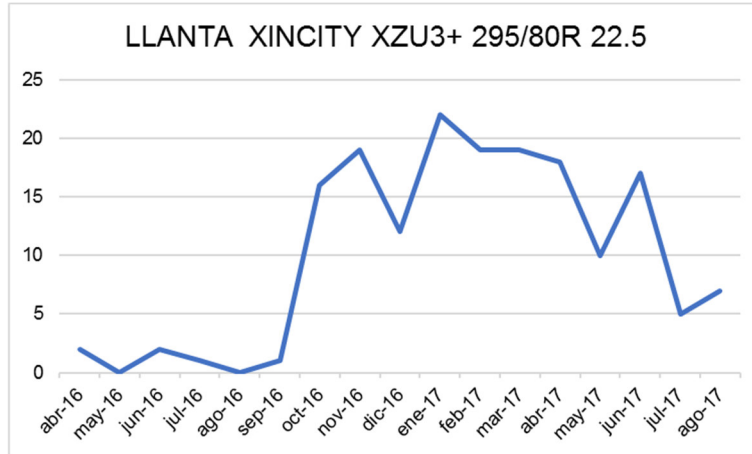
En conclusión, se seleccionaron 79 referencias para ser pronosticadas. Ver Anexo C. Datos seleccionados de acuerdo con el criterio de tendencia lineal y la rotación mensual en un año.

5.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS PATRONES DE DEMANDA DE REPUESTOS

Cuando se analizan las gráficas de las cantidades consumidas por mes de los repuestos, se identifica que la mayoría de los consumos tienen un comportamiento, sin tendencia; la mayoría son irregulares y algunos presentan un comportamiento estacional, como se puede observar en la Figura 8 y Figura 9. Ver anexo D Clasificación de los datos. Con este comportamiento de los datos se hace necesario recurrir a sistemas de procesamiento de información, adicional el gran número de repuestos dificulta cualquier tratamiento manual de la información.

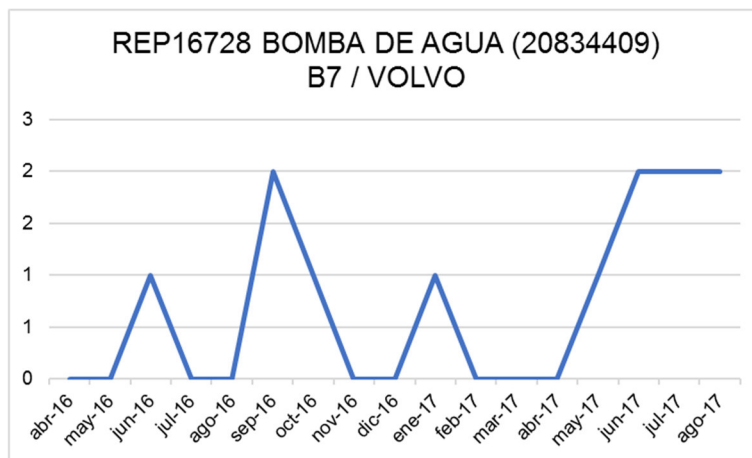
Por lo anterior durante el desarrollo de la monografía fue necesario investigar cuáles herramientas son útiles para el estudio de este tipo de información; encontrando varias alternativas como son los softwares Crystal Ball, Statgraphics o Minitab.

Figura 8. Comportamiento irregular del consumo de Llantas Michelin X Incity



Fuente: Los autores.

Figura 9. Comportamiento estacionario del consumo de la Bomba de Agua



Fuente: Los autores.

5.4 MANEJO DEL SOFTWARE CRYSTAL BALL

Dada la facilidad que ofrece el software Crystal Ball al ser instalado y operar como un complemento de Excel y la ventaja que ofrece para manejar una gran cantidad de datos simultáneamente; así como su aplicación para estimar cuál de todos los

métodos de pronóstico es el más ajustado, es el Software que se considera adecuado para analizar y pronosticar las demandas de repuestos.

Se presenta a continuación el procedimiento a seguir para utilizar la herramienta de pronóstico Crystal Ball bajo el ambiente de Excel:


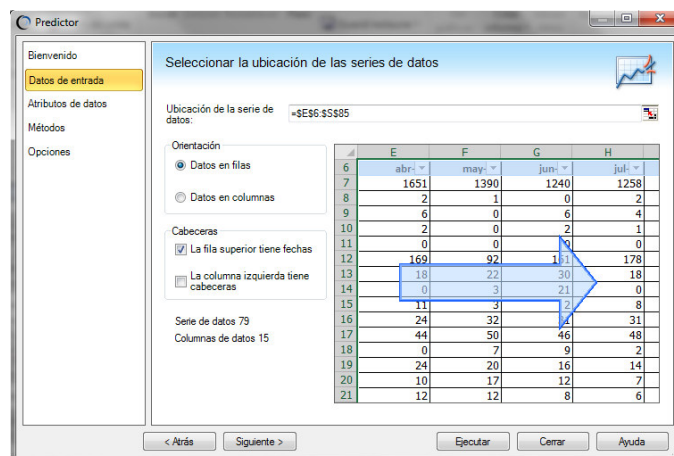
- En Excel, en su menú desplegable Complementos debe estar instalada y habilitada la herramienta Crystal Ball; el complemento puede ser descargado directamente de ORACLE en su versión de prueba.
- Una vez habilitada la herramienta y con la base de datos abierta, se selecciona del menú Herramientas la aplicación Crystal Ball.
- Operando sobre la ventana de Excel con los datos a analizar se abre la herramienta Predictor , automáticamente se despliega la ventana de la Figura 10. En ella se eligen los datos objetivo y se define su orientación en filas o columnas, para este caso los datos están orientados en filas.

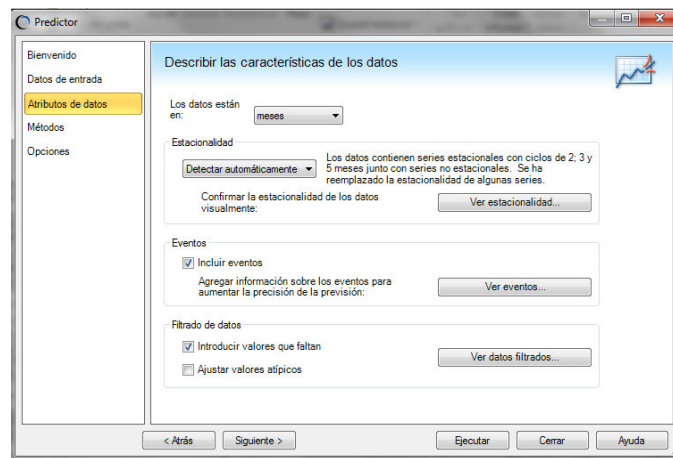
Figura 10. Menú Datos de entrada del Crystal Ball



Fuente: Los autores.

- d. Luego de la ubicación de los datos, se da paso a la siguiente ventana donde se presentan varias opciones para analizar los datos con base en su estacionalidad, agregar información sobre eventos para aumentar la precisión de la previsión en eventos y en filtrado de datos se puede introducir valores que faltan o ajustar valores atípicos. Para este caso de estudio se seleccionó meses para el periodo de los datos y detección automática de la estacionalidad, ya que todos los datos no son estacionales. Ver
- e. Figura 11.

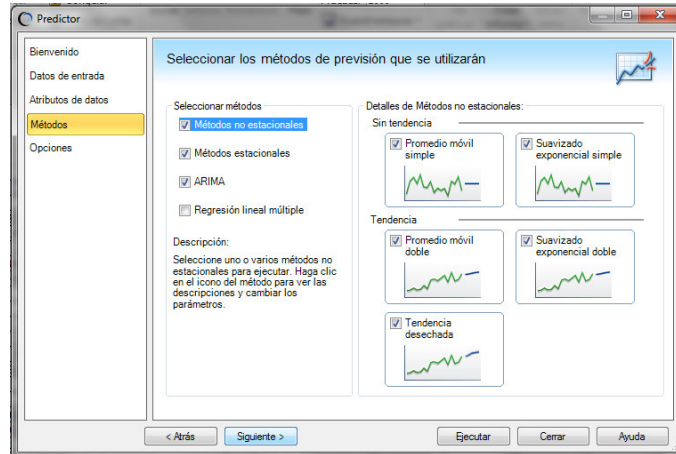
Figura 11. Menú Atributos de datos del Crystal Ball



Fuente: Los autores.

- f. En el siguiente menú se selecciona el método o los métodos a utilizar, Crystal Ball ofrece una gran variedad de opciones, entre las cuales se tienen, métodos no estacionarios, métodos estacionarios, ARIMA y de regresión lineal múltiple. Los métodos se seleccionan de acuerdo con el tipo de datos y la aplicación permite seleccionar varios métodos. Figura 12.

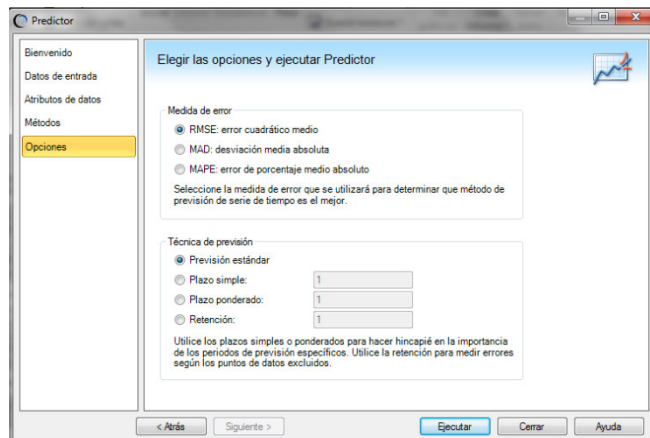
Figura 12. Menú Métodos del Crystal Ball



Fuente: Los autores.

- g. En el menú de opciones se puede elegir el método para el cálculo del error, con el cual la aplicación elige el mejor método para el modelado. Ver Figura 13.

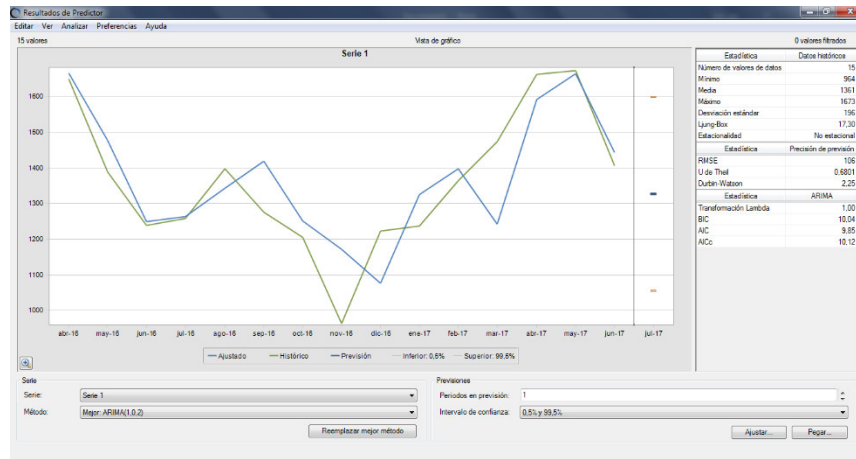
Figura 13. Menú Opciones del Crystal Ball



Fuente: Los autores.

- h. Una vez configurada las opciones se selecciona el botón ejecutar y se genera la gráfica de la primera serie de datos, comparada con el modelado del método con menor error o con el método seleccionado. En este menú se puede cambiar la serie y el método de acuerdo con las opciones seleccionadas. Ver Figura 14.

Figura 14. Gráfica de Resultado del Predictor



Fuente: Los autores.

- i. En las opciones permite ver la tabla de los datos, los resultados del modelado y el valor del pronóstico. Ver Figura 15.

Figura 15. Tabla de Resultado del Predictor

Resultados de Predictor						0 valores filtrados	
Periodo	Fecha	Datos históricos	Inferior: 0.5%	Ajusto y predicción	Superior: 99.5%	Residuales	Estadísticas
1	abr-16	1651		1666		-15	Número de valores de datos
2	may-16	1390		1478		-88	Mínimo
3	jun-16	1240		1249		-10	Medio
4	jul-16	1208		1264		-4	Máximo
5	ago-16	1358		1342		16	Desviación estándar
6	sep-16	1276		1419		-143	Ljung-Box
7	oct-16	1206		1252		-46	Estadística
8	nov-16	964		1172		-208	Prección de precisión
9	dic-16	1222		1076		146	RMSE
10	ene-17	1238		1326		-88	U de Thiel
11	feb-17	1365		1398		-33	Outlier Watson
12	mar-17	1474		1242		232	Estadísticas
13	abr-17	1662		1583		79	ARIMA
14	may-17	1673		1665		8	Transformación Lambda
15	jun-17	1406		1444		-38	AC
16	jul-17		1056	1328	1600		AIC

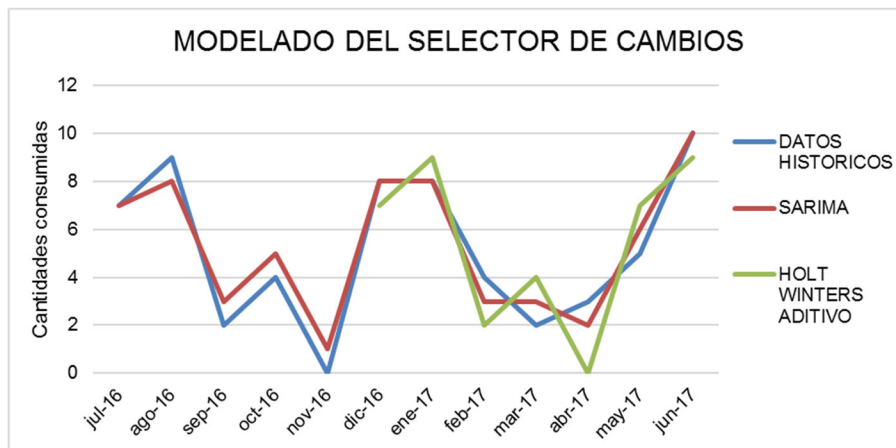
Fuente: Los autores.

- j. Adicionalmente Crystal Ball permite generar un informe de los pronósticos de todas las series de datos, donde incluye gráficas de comparación con el mejor método, los tres mejores métodos, el error del modelado, si existe estacionalidad de los datos, si existe tendencia, entre otros cálculos.

5.5 REVISIÓN Y SELECCIÓN DE LOS MODELOS DE PRONÓSTICO

Usando el software Oracle Crystal Ball, como complemento de MS Excel, se analizaron los datos seleccionados con diferentes métodos de pronóstico de las series temporales como se observa en la Figura 16 y Figura 17.

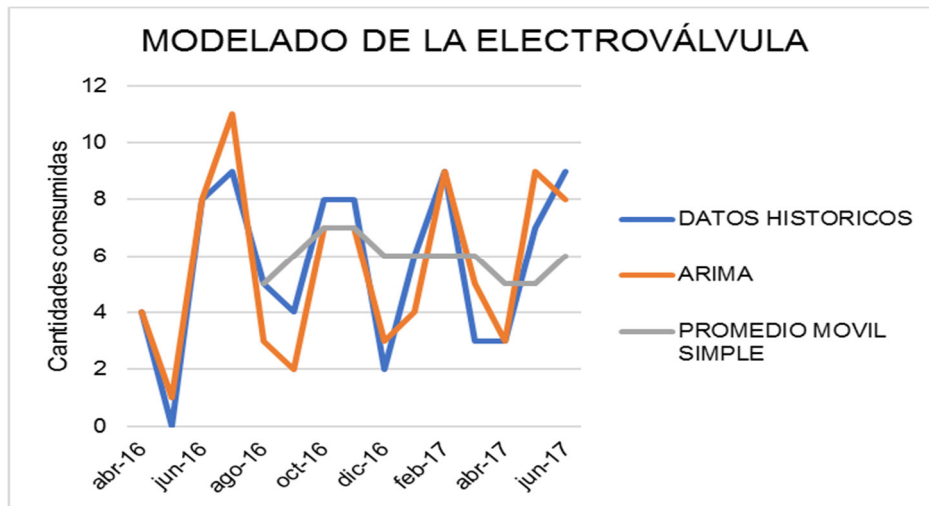
Figura 16. Modelado del selector de cambios



Fuente: Los autores.

En la Figura 16 se compara el modelado del Selector de cambios, que presenta un comportamiento estacionario, con el metodo SARIMA (es el ARIMA para datos con comportamiento estacionario) y el metodo Holt-Winters aditivo, se puede evidenciar que el SARIMA, genera un mejor modelado que el Holt-Winter.

Figura 17. Modelado de la electroválvula



Fuente: Los autores.

En la Figura 17 se compara el modelado de la Electrovalvula, que presenta un comportamiento irregular, con el metodo ARIMA y el metodo promedio movil simple, se puede evidenciar que el ARIMA, genera un mejor modelado que el promedio movil simple.

Después de realizar la comparación de cada una de las referencias seleccionadas con el software Oracle Crystal Ball se determinó que el método más asertivo para

el pronóstico de los repuestos es el ARIMA para datos irregulares y el SARIMA para los datos que presentan un comportamiento estacionario.

5.6 RESULTADOS DE LOS PRONÓSTICOS

Cuando se aplicó el método de ARIMA y SARIMA según el tipo de datos respectivamente, con el software Oracle Crystal Ball, se obtuvieron los siguientes resultados para el pronóstico de los meses de Julio y Agosto.

Tabla 4. Resultados de los pronósticos de Julio y Agosto

No	Ref	Costo Unit	Dato Real jul-17	Dato Real ago-17	Pronost jul-17	Pronost ago-17	Costo Real jul-17	Costo Real ago-17	Costo Pronost jul-17	Costo Pronost ago-17
1	COM	\$ 3.787	1121	1987	1407	1069	\$ 4.245.840	\$ 7.523.783	\$ 5.328.943	\$ 4.048.931
2	LLA10007	\$ 319.862	0	2	2	0	\$ 0	\$ 639.723	\$ 624.481	\$ 0
3	LLA10009	\$ 313.933	14	4	9	10	\$ 4.395.060	\$ 1.255.731	\$ 2.773.074	\$ 3.087.007
4	LLA10079	\$ 380.515	5	7	11	9	\$ 1.902.574	\$ 2.663.603	\$ 4.199.512	\$ 3.291.303
5	LLA10086	\$ 1.146.785	0	0	0	5	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.953.046
6	REP10007	\$ 5.512	131	108	100	132	\$ 722.059	\$ 595.285	\$ 549.946	\$ 729.191
7	REP10009	\$ 17.065	9	0	28	16	\$ 153.588	\$ 0	\$ 469.779	\$ 272.602
8	REP10023	\$ 17.577	16	0	0	18	\$ 281.239	\$ 0	\$ 0	\$ 316.317
9	REP10037	\$ 59.952	4	6	8	8	\$ 239.810	\$ 359.714	\$ 507.679	\$ 461.574
10	REP10093	\$ 15.603	16	35	35	25	\$ 249.651	\$ 546.112	\$ 551.986	\$ 382.647
11	REP10098	\$ 23.939	35	32	37	35	\$ 837.849	\$ 766.033	\$ 876.697	\$ 838.744
12	REP10246	\$ 107.513	6	3	4	4	\$ 645.075	\$ 322.538	\$ 413.878	\$ 474.580
13	REP10793	\$ 19.972	30	21	31	35	\$ 599.150	\$ 419.405	\$ 611.039	\$ 698.491
14	REP10882	\$ 73.048	0	0	0	0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
15	REP10933	\$ 451.221	15	14	0	11	\$ 6.768.318	\$ 6.317.097	\$ 0	\$ 4.781.465
16	REP11198	\$ 259.808	1	0	2	1	\$ 259.808	\$ 0	\$ 400.523	\$ 384.112
17	REP11424	\$ 116.164	4	7	17	17	\$ 464.654	\$ 784.104	\$ 1.966.141	\$ 2.025.748
18	REP11457	\$ 248.594	0	0	2	1	\$ 0	\$ 0	\$ 418.674	\$ 334.280
19	REP11611	\$ 20.714	29	15	28	28	\$ 600.706	\$ 310.710	\$ 586.896	\$ 570.929
20	REP11671	\$ 20.770	15	19	14	13	\$ 311.550	\$ 390.476	\$ 286.011	\$ 277.421
21	REP11682	\$ 56.031	10	5	14	11	\$ 532.292	\$ 257.573	\$ 766.481	\$ 626.220
22	REP11740	\$ 7.402	42	83	70	48	\$ 310.889	\$ 614.375	\$ 516.143	\$ 357.005
23	REP11761	\$ 6.751	27	59	51	28	\$ 182.278	\$ 398.311	\$ 346.553	\$ 191.622
24	REP12056	\$ 41.441	9	5	9	15	\$ 372.968	\$ 207.204	\$ 384.192	\$ 620.408
25	REP12077	\$ 154.552	7	2	5	5	\$ 1.081.864	\$ 309.104	\$ 733.315	\$ 752.991

No	Ref	Costo Unit	Dato Real jul-17	Dato Real ago-17	Pronost jul-17	Pronost ago-17	Costo Real jul-17	Costo Real ago-17	Costo Pronost jul-17	Costo Pronost ago-17
26	REP12141	\$ 62.843	4	6	3	3	\$ 251.371	\$ 377.057	\$ 199.080	\$ 180.827
27	REP12156	\$ 154.469	0	0	2	2	\$ 0	\$ 0	\$ 327.034	\$ 358.333
28	REP12219	\$ 20.816	39	8	51	24	\$ 811.827	\$ 166.529	\$ 1.062.400	\$ 506.079
29	REP12639	\$ 8.632	0	0	0	72	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 621.236
30	REP12641	\$ 32.776	48	35	34	41	\$ 1.566.708	\$ 1.134.060	\$ 1.114.668	\$ 1.344.157
31	REP12664	\$ 291.891	3	3	6	4	\$ 751.328	\$ 817.616	\$ 1.830.043	\$ 1.152.936
32	REP12666	\$ 434.574	0	1	0	1	\$ 108.644	\$ 325.931	\$ 0	\$ 271.348
33	REP12667	\$ 364.287	1	2	3	2	\$ 182.144	\$ 774.110	\$ 1.176.102	\$ 847.868
34	REP12668	\$ 71.732	16	13	9	12	\$ 1.147.712	\$ 932.516	\$ 640.459	\$ 896.334
35	REP12670	\$ 313.574	1	1	2	1	\$ 199.903	\$ 254.779	\$ 545.768	\$ 303.786
36	REP12932	\$ 6.551	115	54	77	115	\$ 753.314	\$ 353.730	\$ 504.796	\$ 754.804
37	REP13210	\$ 403.325	5	1	3	2	\$ 2.016.625	\$ 403.325	\$ 1.126.443	\$ 860.225
38	REP13878	\$ 284.587	8	2	8	3	\$ 2.276.697	\$ 569.174	\$ 2.207.150	\$ 913.473
39	REP13917	\$ 19.710	32	16	45	37	\$ 630.706	\$ 315.353	\$ 886.531	\$ 719.999
40	REP14254	\$ 161.917	0	2	3	2	\$ 0	\$ 323.835	\$ 562.491	\$ 323.835
41	REP14310	\$ 1.093.986	0	1	1	0	\$ 0	\$ 1.093.986	\$ 692.690	\$ 0
42	REP14320	\$ 429.388	12	19	10	10	\$ 5.152.652	\$ 8.158.366	\$ 4.332.868	\$ 4.323.649
43	REP14347	\$ 120.514	0	1	6	3	\$ 0	\$ 120.514	\$ 673.249	\$ 321.598
44	REP14953	\$ 1.346.057	3	5	1	4	\$ 4.038.170	\$ 6.730.283	\$ 1.013.458	\$ 5.780.809
45	REP14960	\$ 17.038	19	0	24	9	\$ 323.723	\$ 0	\$ 415.918	\$ 155.560
46	REP15206	\$ 375.770	3	0	1	1	\$ 1.127.310	\$ 0	\$ 450.946	\$ 448.016
47	REP15370	\$ 58.534	1	6	5	5	\$ 58.534	\$ 351.202	\$ 278.355	\$ 281.642
48	REP15516	\$ 1.059.749	0	0	0	2	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 2.155.890
49	REP15542	\$ 352.638	0	2	3	0	\$ 0	\$ 705.276	\$ 1.204.897	\$ 0
50	REP15586	\$ 171.240	6	3	10	10	\$ 1.027.443	\$ 513.721	\$ 1.733.406	\$ 1.666.565
51	REP15590	\$ 1.176	173	175	297	284	\$ 203.517	\$ 205.870	\$ 349.727	\$ 334.372
52	REP15600	\$ 13.135	68	13	0	44	\$ 894.516	\$ 170.759	\$ 0	\$ 578.869
53	REP15666	\$ 283.218	0	0	1	1	\$ 0	\$ 0	\$ 188.812	\$ 188.812
54	REP15862	\$ 110.639	5	3	5	5	\$ 553.195	\$ 331.917	\$ 515.617	\$ 507.667
55	REP15892	\$ 535.993	2	1	1	1	\$ 1.071.986	\$ 535.993	\$ 548.544	\$ 570.531
56	REP15894	\$ 498.783	2	2	2	2	\$ 997.567	\$ 997.567	\$ 792.085	\$ 851.305
57	REP16183	\$ 328.576	2	3	2	0	\$ 657.152	\$ 985.728	\$ 562.132	\$ 0
58	REP16263	\$ 218.782	0	6	4	5	\$ 0	\$ 1.312.693	\$ 949.726	\$ 1.122.283
59	REP16482	\$ 2.232.473	1	2	1	3	\$ 2.232.473	\$ 4.464.945	\$ 1.402.616	\$ 6.203.377
60	REP16484	\$ 217.080	1	0	1	1	\$ 217.080	\$ 0	\$ 239.497	\$ 226.125
61	REP16728	\$ 1.659.216	2	2	0	1	\$ 3.318.433	\$ 3.318.433	\$ 0	\$ 881.716
62	REP16749	\$ 1.417.726	2	2	3	2	\$ 2.835.453	\$ 2.835.453	\$ 4.068.598	\$ 3.292.831
63	REP16753	\$ 14.046	15	8	12	11	\$ 210.690	\$ 112.368	\$ 171.004	\$ 159.188
64	REP16754	\$ 21.254	73	63	53	62	\$ 1.551.516	\$ 1.338.980	\$ 1.134.101	\$ 1.313.019
65	REP16780	\$ 737.563	3	0	2	3	\$ 2.212.689	\$ 0	\$ 1.140.060	\$ 1.845.410
66	REP16788	\$ 2.043.831	7	4	2	2	\$ 14.306.817	\$ 8.175.324	\$ 4.381.274	\$ 3.515.177
67	REP16931	\$ 696.436	4	0	6	0	\$ 2.785.744	\$ 0	\$ 3.843.111	\$ 0
68	REP17372	\$ 25.164	18	0	4	28	\$ 452.952	\$ 0	\$ 106.736	\$ 697.800
69	REP17637	\$ 851.655	0	3	1	2	\$ 0	\$ 2.554.966	\$ 451.888	\$ 1.742.898

No	Ref	Costo Unit	Dato Real jul-17	Dato Real ago-17	Pronost jul-17	Pronost ago-17	Costo Real jul-17	Costo Real ago-17	Costo Pronost jul-17	Costo Pronost ago-17
70	REP17862	\$ 25.222	12	13	25	24	\$ 302.662	\$ 327.884	\$ 617.936	\$ 596.918
71	REP18395	\$ 66.469	3	5	2	13	\$ 199.407	\$ 332.346	\$ 101.751	\$ 890.591
72	LLA10105	\$ 444.043	0	5	1	1	\$ 0	\$ 2.220.214	\$ 604.477	\$ 506.980
73	REP17466	\$ 1.040.796	0	1	0	1	\$ 0	\$ 1.040.796	\$ 0	\$ 908.338
74	REP17145	\$ 600.894	1	2	1	2	\$ 600.894	\$ 1.201.788	\$ 585.766	\$ 1.357.304
75	SEG10074	\$ 25.155	39	191	20	121	\$ 981.050	\$ 4.804.629	\$ 496.663	\$ 3.047.217
76	REP11987	\$ 47.812	15	12	16	15	\$ 717.187	\$ 566.578	\$ 762.270	\$ 712.319
77	SEG001	\$ 98.553	5	4	1	5	\$ 492.765	\$ 394.212	\$ 119.730	\$ 469.395
78	REP15825	\$ 209.252	1	10	1	0	\$ 209.252	\$ 2.092.523	\$ 106.189	\$ 0
79	SEG03	\$ 118.777	0	0	2	4	\$ 0	\$ 0	\$ 180.610	\$ 435.080

5.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de definir los repuestos más críticos desde el punto de vista del costo del Mantenimiento Correctivo, mediante la herramienta del Pareto descrita anteriormente y luego de restringirlos aún más mediante los criterios de selección como son el Criterio de Tendencia Lineal y el criterio de Rotación Mensual, se tiene los repuestos para los cuales se van a estimar los pronósticos.

Después de identificar que el comportamiento de la demanda de repuestos críticos por Mantenimiento Correctivo, no obedecen una curva de fácil identificación y por lo cual es necesario utilizar un software de ayuda como el utilizado en este caso, Oracle Crystal Ball, es necesario validar las cantidades pronosticadas por el Software con respecto a las cantidades reales demandas por el proceso de mantenimiento, ver Tabla 4. Para definir la variación se siguió la metodología que se describe a continuación:

- Se establece como periodo de prueba un intervalo de dos meses.

- Se proyectan los pronósticos de los repuestos seleccionados para los meses de Julio y Agosto; estos se comparan en su cantidad con respecto a los datos reales para identificar cualquier valor anormal.
- Luego se procede a costear cada uno de los repuestos considerando su costo promedio para cada una de las cantidades de las pronosticadas y reales.
- Con este valor se procede a verificar la desviación porcentual entre el costo pronosticado y el costo real de cada mes. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Comparación de los costos reales con los pronosticados de los meses de Julio y Agosto

MES	COSTO TOTAL REAL	COSTO TOTAL PRONOSTICADO	% DE DESVIACIÓN
Julio	\$ 85.377.776	\$ 70.424.813	17,5%
Agosto	\$ 87.331.688	\$ 89.186.043	2,1%

- Las desviaciones porcentuales de cada mes se promedian obteniendo en este caso un valor del 10%, el cual se considera conveniente ya que la variación en dinero es solo de \$13.098.609.
- El objetivo del pronóstico es ser considerado para la elaboración de presupuestos por lo cual se hace el análisis sobre el costo y no tanto sobre la variación en la cantidad de cada ítem.
- El modelado de los pronósticos también se desarrolla con el fin de garantizar el abastecimiento de los repuestos, esta información es entregada al área

responsable, quienes pueden contar con una herramienta adicional para validar los stocks de almacén y establecer posiciones fuertes de negociación.

Como se planteó en los objetivos de la presente monografía, el interés radica en contar con una estimación de la cantidad de cada repuesto, proyectados semestralmente para efectos de compra y anualmente para ajustar los presupuestos de mantenimiento.

Con la proyección anual se pretende:

- Estimar y ajustar el costo del mantenimiento correctivo para la elaboración de los presupuestos de manera más precisa. Actualmente se maneja la técnica de promedio histórico, pero esta ha demostrado no ser muy exacta y ha generado incremento de los costos del inventario, principalmente cuando se consideran los repuestos de importación.
- Con las cantidades identificadas se tiene un mejor poder o posición de negociación, se optimiza el costo de pedir al proveedor y el costo de sostener el inventario; conociendo la cantidad de repuestos que deben ser adquiridos se pueden obtener mejores precios al comprar por lotes y no de manera individual cuando se adquieren al momento de la falla del vehículo.

Con la proyección semestral se pretende:

- Garantizar la disponibilidad del repuesto, principalmente de aquellos que son adquiridos mediante importación. Es con el pronóstico semestral con el que finalmente se ajustan y adquieren las cantidades a pedir con el proveedor.

- La proyección semestral evita la falta de repuestos por factores externos como paros cívicos, de transporte y otros, ya que es tiempo suficiente para que el proveedor garantice la entrega del repuesto.

5.7.1 Análisis de Costos

5.7.1.1 Perdidas por Disponibilidad de Repuestos: La falta de los repuestos, principalmente de los que son adquiridos por importación conlleva la pérdida del servicio por bus varado y esto, perdidas del ingreso y multas por incumplimiento.

Las pérdidas que afectan el ingreso son clasificadas como:

- **Perdida por disponibilidad:** dinero que paga Transmilenio S.A. solo por contar con el bus en estado operativo.
- **Perdida por kilómetro recorrido:** ingreso que genera el vehículo cuando es asignado a una tabla o servicio y que solo se retribuye si el bus recorre efectivamente la ruta asignada.
- **Perdida por ingreso por pasajero:** porcentaje entregado a la empresa propietaria del bus por el número de pasajero recogidos.
- Adicional a las pérdidas del ingreso por la operación del bus, Transmilenio S.A. genera una multa por bus varado. Esta solo se puede suplir cuando se asigna un bus de reserva para cubrir el servicio programado; es decir que el costo de no tener el repuesto puede llevar a la necesidad de contar con varios buses de reserva, lo cual es claramente más costoso.
- Otra perdida que es necesario considerar es la mano de obra de todas las personas que intervienen en la operación para garantizar la operatividad del

vehículo, en este punto se deben considerar; el personal técnico de mantenimiento, el personal administrativo de mantenimiento, el personal de almacén y el personal de Operaciones, encargados de toda la logística de tener el bus operando; este consto se estima en el 20% de pérdida del ingreso por cada bus.

Tabla 6. Cálculo Perdidas por bus varado

ITEM	PERDIDAS POR DIA	SIGLA
1	Disponibilidad	\$ 207.610
2	Kilómetro recorrido	\$ 409.860
3	Ingreso por pasajeros	\$ 120.736
4	Multa por bus varado	\$ 1.584.000
Subtotal		\$ 2.322.206
6	Mano Obra, infraestructura	\$ 464.441
Total		\$ 2.786.647

Con base en la Tabla 6, considerando que el proceso de importación puede llevar de una a dos semanas dependiendo si se hace por medio aéreo o marítimo, la pérdida total por falta de disponibilidad de un repuesto se puede estimar de \$20.000.000 a \$40.000.000.

5.7.1.2 Elaboración de Presupuestos: Actualmente los presupuestos son proyectados con base en las cantidades y costo de los repuestos proyectados dentro del plan de Mantenimiento Preventivo, los cuales ya están definidos en cuanto a su ciclo de vida útil, mientras que para los repuestos por Mantenimiento Correctivo no se ha estructurado una metodología para definir los ítems a pedir y su cantidad; esto lleva a hacer pedidos mes a mes sobre los cuales no es posible obtener el mejor precio, sino que se paga el valor definido por el proveedor sin tener opción a algún tipo de negociación.

Contar con una metodología para el pronóstico de estos repuestos como la propuesta en la presente monografía, facilita:

- La identificación de los repuestos que están rotando mes a mes en la flota de buses.
- Identificación de los repuestos con mayor impacto por su costo o rotación.
- Con las cantidades definidas se puede establecer una posición de negociación con mayor poder, esto generará disminución de los costos de mantenimiento.
- Contar con el pronóstico cambia el concepto de la elaboración del presupuesto ya que no se basa solamente en datos históricos sino futuros, es de anotar que cualquiera que sea la tipología del bus, este presentará una vetustez normal y con el impacto generado por su uso, requerirá la utilización de mayor número de repuestos a futuro que en el pasado.
- Mediante la utilización del software Crystal Ball, será posible plantear y costear diferentes escenarios que pueden presentarse si cambian algunas variables como; los requerimientos legales de Transmilenio S.A.; cambios de rutas; cambios en el proceso de adquisición de los repuestos ya que puede ser realizada por importación directa por la compañía, entre otros.

En general, contar con una visión de futuro, ayudará a estimar y programar de manera más acertada la inversión en repuestos.

6. CONCLUSIONES

- Mediante la elaboración de la presente monografía se pudo identificar que el comportamiento de la demanda de repuestos por mantenimiento correctivo no obedece a patrones regulares, sino que varía para cada repuesto.
- El comportamiento de la demanda de los repuestos de Mantenimiento Correctivo obedece a diferentes factores o variables externas al área de mantenimiento de la compañía, entre otras están; el tráfico de la ciudad, el uso que le dan los pasajeros a los buses, las condiciones de la vía, la topografía de la ciudad, las rutas asignadas por Transmilenio y su número de pasajeros; así como las condiciones de operación que los diferentes conductores mantiene sobre el vehículo.

- El gran número de repuestos incluidos dentro del Mantenimiento Correctivo, su variabilidad y costo, hace necesario utilizar métodos de cálculo o pronóstico de mayor poder como es una herramienta de procesamiento de datos, en este caso se identificó que el complemento de Excel Crystal Ball es adecuado para estimar muchas de las variables inherentes al proceso.
- Mediante el análisis de los costos del Mantenimiento Correctivo fue posible identificar que en el comportamiento de la demanda de repuestos de mayor costo se cumple el principio de Pareto, donde el 20% de las referencias generan el 80% del costo, con este análisis se reduce notablemente el número de repuestos que deben ser sujetos a pronósticos.
- El comportamiento de las curvas de tendencia o demanda de cada repuesto de Mantenimiento de Correctivo en la mayoría de los casos, es irregular; no obedece a patrones cíclicos, estacionales o con alguna tendencia definida o constantes, sino que su comportamiento muchas veces integra diferentes patrones, esto hace necesario aún más la utilización de herramienta de análisis de datos como Crystal Ball, Statgraphic o Minitab.
- Existen diferentes modelos de pronósticos como los clásicos y los modernos, en los clásicos se tienen el Promedio Movil Simple, Promedio Movil Doble, Holt Winters, Suavización Exponencial a diferentes niveles y los modelos de pronóstico modernos como los métodos ARIMA, los modelos modernos demostraron tener un mejor modelado en la mayoría de las series analizadas que los métodos clásicos, pero sus cálculos matemáticos son más complejos y requieren de softwares especializados como el Crystal Ball para facilitar su aplicación.

- Finalmente, la metodología escogida para la elaboración de los pronósticos se resume en los siguientes puntos:
 - Adquisición de los datos de Software de Mantenimiento INFOR; clasificación de los repuestos utilizados en el Mantenimiento Correctivo.
 - Selección de los repuestos críticos mediante un análisis de Pareto
 - Análisis de los repuestos identificados del Pareto utilizando los criterios de selección de Tendencia Lineal y Rotación Mensual.
 - Elaboración de los pronósticos mediante una herramienta de análisis de datos como CRYSTAL BALL.

7. ACLARACIONES, OBSERVACIONES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA

- La metodología definida se realizó solo para el Patio Tintal 2, para los buses VOLVO tipo Padrón, este mismo análisis se puede llevar a los demás patios donde el impacto puede ser mayor debido a que manejan un mayor número de buses y de mayor tamaño como son los Articulados o Biarticulados de Patio Troncal.
- Con el seguimiento del comportamiento de los repuestos por mantenimiento correctivo, histórico y de pronóstico, se pueden estimar repuestos con fallas constantes que puedan ser incluidos en el plan de mantenimiento preventivo.

- El software de mantenimiento INFOR y la metodología de mantenimiento de Gmovil S.A.S., divide cada uno de los buses por Subsistema, con esta facilidad es posible restringir o estudiar más a fondo algún grupo de repuestos que se considere crítico por su costo o disponibilidad mediante la metodología de pronóstico.
- La metodología utilizada permite identificar repuestos que, aunque tienen alto costo y caen directamente en el análisis de Pareto, su rotación indica un comportamiento atípico que no permite tener una previsión fiable, por lo cual se debe analizar a fondo cada repuesto para comprender su comportamiento y optimizar los costos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDIA, Jorge. RCS Reliability-centred Spares [en línea]. Miami: Ellmann Sueiro y Asociados, 2005. pp. 1–3. [Fecha de consulta: 3 junio 2017] Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/rcs.pdf>
- BIERMAN, Harold; BONINI, Charles P y PETERSON, Elmer. Análisis cuantitativos para la toma de decisiones: Modelos determinísticos y probabilísticos. 8ª ed. Editorial Irwin. México, D.F. 1994. 756p. ISBN 0-256-08267-7.

- BALLOU, Ronald H. Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz. Editorial Pearson Educación. México DF, 2004. pp. 1-50. ISBN 970-26-0540-7.
- DEKKER, R. & PLASMEIJER, R. On the use of equipment criticality in maintenance optimization and spare parts inventory control. In C. Guedes Soares (Ed.), Advances in safety & reliability, Volume 3. ESRA: Pergamon press, Oxford, England, 1997. pp. 1709–1718.
- GONZÁLEZ, Allan, MANCERA, Israel y NAVARRO, Raymundo. Análisis de series de tiempo [en línea]. México: Universidad Tecnológica del Centro de México, 2012. pp. 1–18. [Fecha de consulta: 7 julio 2017] Disponible en: <https://es.slideshare.net/isaacgflores/anlisis-de-series-de-tiempo>
- HILLIER, Frederick & LIEBERMAN, Gerald. Investigación de Operaciones. 9ª ed. Mc Graw Hill, 2004. 978p. 978-607-15-0308-4.
- JAARSVELD, Willem, & DEKKER, Rommert. Integrating Reliability Centered Maintenance and Spare Parts Stock Control [en línea]. Holanda: Econometric Institute Research Papers, 2010. pp. 1–22. [Fecha de consulta: 3 junio 2017] Disponible en: <http://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai%3Arepub.eur.nl%3A18590>
- KOEHLER, Anne, SNYDER, Ralph & ORD, Keith. Forecasting models and prediction intervals for the multiplicative Holt–Winters method [en línea]. Washington DC: International Journal of Forecasting. 2001. pp. 269–286. [Fecha de consulta: 15 septiembre 2017] Disponible en: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(01\)00081-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-2070(01)00081-4)

- MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Alfaomega Colombiana S.A. Bogotá D.C., 2009a. 528 p. ISBN 978-958-682-769-0.
- MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Coldi. Medellín, Colombia. 2009b. pp. 257-278. ISBN 978-958-98902-0-2.
- MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Inventario cero. Alfaomega Colombiana S.A. Bogotá D.C., 2009c. 304 p. ISBN 978-958-778-069-7.
- NAVAS, Alex Enrique. Guía de gestión de inventario, repuestos y pronósticos de demandas en pequeñas empresas de manufactura. Monografía. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2010. 54 p.
- ORACLE. Crystal Ball [software para el modelado predictivo, el pronóstico, la simulación y la optimización de datos]. Versión: 11.1.2.4.400 Fecha de lanzamiento: 11 Julio 2015. Requerimientos del sistema: Windows 10, 8.1, 8, 7, Vista o XP (incluidas ambas versiones, 32-bits y 64-bits, pero no ediciones RT para tabletas). [Fecha de consulta: 15 septiembre 2017] Disponible para la descarga en <http://www.oracle.com/us/products/applications/crystalball/crystal-ball-product/overview/index.html>.
- PERALTA, Mauro. Investigación de operaciones [en línea]. México: Instituto tecnológico de Pinotepa, Ingeniería de gestión empresarial, 2007. Unidad 5 modelos de pronósticos e inventarios. pp. 1–34. [Fecha de consulta: 3 junio 2017] Disponible en: <https://es.slideshare.net/bonbombon/5a-unidad-pronsticos-e-inventarios>

- QUESADA PEGALAJAR, Manuel. Análisis de Series. Modelos Heterocedásticos [en línea]. Trabajo de maestría en estadística aplicada. España: Universidad de Granada. 2011. pp. 7-12. [Fecha de consulta: 15 septiembre 2017] Disponible en:
[http://masteres.ugr.es/moea/pages/tfm1011/analisisdeseriesmodelosheterocedasticos/!](http://masteres.ugr.es/moea/pages/tfm1011/analisisdeseriesmodelosheterocedasticos/)
- VALENCIA, Marisol, RAMÍREZ, Sebastián, TABARES, José & VELÁSQUEZ, Carlos. Métodos de pronósticos - clásicos y bayesianos con aplicaciones [en línea]. Colombia, 2014. 48 p. [Fecha de consulta: 15 septiembre 2017] Disponible en:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/12560/1/MarisolValenciaCardenas.2014.pdf>.
ISBN: 978-958-46-4735-1

ANEXOS

Anexo Digital A. Base de datos histórico salida de repuestos mantenimiento correctivo Gmovil S.A.S – Patio Tintal 2.

Anexo B. Base de datos seleccionada por el principio de Pareto.

No	Cod Par	Desc Parte	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17
1	COM	ADBLUE	1651	1390	1240	1258	1398	1276	1206	964	1222	1238	1365	1474	1662	1673	1406
2	LLA10007	LLANTA GOODYEAR LHS 295/80R22.5	2	1	0	2	0	1	5	3	0	0	5	3	7	2	1
3	LLA10009	LLANTA MICHELIN XZU3 IN CITY 295/80R22.5	6	0	6	4	12	24	7	13	39	8	10	7	11	10	7
4	LLA10079	LLANTA XINCITY XZU3+ 295/80R 22.5	2	0	2	1	0	1	16	19	12	22	19	19	18	10	17
5	LLA10086	LLANTA BRIDGESTONE R155 295/80 R22.5	0	0	0	0	0	0	0	0	12	10	16	4	12	0	1
6	LLA10117	LLANTA PIRELLI (MC01) 295/80R22.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	9	2
7	REP10007	BOMBILLO H170W 24V (TRI1656)-B12	169	92	161	178	132	149	147	153	120	121	131	123	89	117	122
8	REP10009	CINTA DE ENMASCARAR 2 PULG.	18	22	30	18	40	39	24	26	34	29	24	32	27	22	17
9	REP10019	LIMPIADOR CONTACT CLEANER	0	3	20	0	62	61	47	0	0	0	0	0	0	0	0
10	REP10023	LUBRICANTE PENETRATING OIL	0	3	21	0	31	56	25	36	19	15	23	5	6	9	3
11	REP10037	LUZ DIRECCIONAL NARANJA DIAM. 155MM 24V (1-063-9046- 4)-B12	11	3	2	8	3	13	6	6	8	3	9	8	10	4	4
12	REP10093	ESPEJO RETROVISOR IZQUIERDO (27085295-7)-B12	24	32	31	31	33	50	36	27	22	21	25	35	29	45	22
13	REP10098	ESPEJO RETROVISOR BIPARTIDO DERECHO (27085296-3)-B12	44	50	46	48	56	38	47	26	30	15	29	50	34	38	22
14	REP10246	PARASOL DELANTERO (CENEFA)-B12	0	7	9	2	2	9	1	1	0	3	0	2	7	12	6
15	REP10793	RESINA PARA FIBRA DE VIDRIO	24	20	16	14	25	34	27	38	32	29	25	37	48	44	36
16	REP10882	ACRILICO SALON 3mt X 47 cm	10	17	12	7	5	11	14	12	2	16	10	4	0	0	0
17	REP10933	JUEGO PASTILLAS DE FRENO (21024702) B7R / B12	12	12	8	6	14	8	4	9	10	30	32	38	49	39	9
18	REP11198	SENSOR DESGASTE FORRO FRENO L (21390376)-B12	2	0	3	3	0	0	0	0	0	0	10	1	3	4	2
19	REP11424	ANTICONGELANTE (6889458)- B7R	50	7	39	20	18	18	15	35	37	29	9	14	20	7	21
20	REP11457	SENSOR DE DESGASTE DE PASTILLAS (21390375) B12/VOLVO	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	11	2	3	3	1
21	REP11459	PATRON FILTRANTE (20424148-20773824) B7R - B12 / VOLVO	1	1	3	1	3	1	1	1	0	0	3	2	1	0	0

22	REP11508	MODULADORA DELANTERA (21122034) B7R - B12 / VOLVO	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	2
23	REP11511	VALVULA DE FRENO PIE (21147988)-B12	1	0	2	5	7	3	0	0	1	0	1	3	0	0	0	0
24	REP11611	DELIMITADORA LAT NARANJA TIPO LED C/REFLECT (1-063-9093-3)- B12	21	28	26	26	68	54	20	37	27	32	24	30	33	30	22	
25	REP11671	CINTA RELECTIVA COSPICUIT METR	8	16	22	14	13	6	17	6	7	6	19	24	11	17	20	
26	REP11682	MASILLA NOVOLITE PREMIUM	8	7	11	7	10	8	7	12	12	11	13	21	20	13	9	
27	REP11740	PARCHE CT-12 60 MM X 110 MM (166-A)	29	25	38	38	6	7	10	45	47	21	44	53	60	51	62	
28	REP11761	VASTAGO ULS8 DE 8mm x 20 Un (251-1-A)	27	26	29	17	2	7	38	52	85	58	57	50	50	43	50	
29	REP12056	SIKAFLEX 265 X 600 ML	17	9	4	7	4	8	2	17	23	33	22	25	14	8	8	
30	REP12077	SOPORTE ESPEJO BIPARTIDO DERECHO (12294173-7) B12/B7R	7	4	4	5	4	3	5	3	5	3	7	6	9	7	4	
31	REP12141	ELECTROVALVULA 5/2 DE 1/4 BMP	4	0	8	9	5	4	8	8	2	6	9	3	3	7	9	
32	REP12156	MOTOR LIMPIADOR PARA- BRISA ELETR 24V (BPY65-6)- B7R	7	5	3	3	0	5	1	1	1	3	5	6	0	2	5	
33	REP12219	SILICONA EN SPRAY PARA VENTANA (WD40)	53	76	80	98	123	97	69	74	44	36	42	56	66	68	55	
34	REP12639	BOCEL PVC ACRILICO LUMINARIO	0	0	0	0	0	0	0	0	36	108	216	216	0	0	0	
35	REP12641	ACEITE RIMULA R5E 10W40 AZUL ELITE POLIURETANO (EPEX3/4) MONOCAPA	5	14	50	61	123	34	16	25	15	27	20	39	39	54	26	
36	REP12664	ACELERADOR (8989SX1/4) MONOCAPA	3	2	2	1	4	3	2	3	4	5	3	5	7	5	4	
37	REP12666	ACTIVADOR ELITE (196SX1/4) MONOCAPA	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2	1	
38	REP12667	REDUCTOR ELITE (15385SX1) MONOCAPA	2	1	2	1	4	2	2	2	2	2	1	3	4	5	2	
39	REP12668	VERDE B7-2 ELITE POLIURETANO (EPEX3/4) MONOCAPA	14	8	11	12	9	8	9	9	5	5	5	14	18	11	9	
40	REP12670	KIT FILTRO ADBLUE (21333097)-B7R	3	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	
41	REP12799	BARRA DE ACOPLAMIENTO DIRECCIÓN DELANTERA (22627712 - 21525264) B7R / VOLVO	0	14	30	0	0	1	0	0	0	0	0	9	0	0	0	
42	REP12894	AGUA PARA BATERIA PRES. GAL	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
43	REP12932		120	70	108	73	77	69	83	148	151	140	79	105	104	81	95	

		CONECTOR LUCES (20466302 - 20942844 - 20953569) B7R -															
44	REP13210	B12 / VOLVO	6	2	4	3	1	0	2	3	0	2	0	6	1	4	2
45	REP13878	ALTERNADOR (20898062/21289221)-B7R	1	0	7	3	3	9	5	9	2	9	7	14	9	13	1
46	REP13917	KCP TOALLA INDUSTRIAL WYPALL X-75 INDUST ROLL 6x60	39	46	33	39	48	41	44	40	45	38	37	39	38	44	34
47	REP14254	CARTER DE ACEITE (21470958)-B7R	1	3	1	14	17	4	2	5	3	1	2	4	2	2	4
48	REP14310	VARILLA DE ARTICULACIÓN (21444881) B7R / VOLVO	8	9	7	3	2	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0
49	REP14320	BATERIA 4DT-1500 / WILLARD	20	14	8	16	14	13	6	12	8	7	6	8	10	12	10
50	REP14347	VALVULA 1/4" 2/2V - ATRAPAMIENTO PUERTA	1	2	15	8	10	8	3	9	6	9	11	6	3	4	1
51	REP14506	TACOGRFO MTCO 24V-B12	0	1	2	11	2	6	2	0	0	0	0	2	2	0	3
52	REP14638	BASE SECADORA CON EMPAQUETADURA COMPLETA (70369131)-B7R	3	3	4	1	3	1	1	2	0	0	3	2	1	0	0
53	REP14953	INYECTOR ADBLUE (21318199)-B12	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	3	2	1	0	0
54	REP14960	SEGURO TAPA ALOJAMIENTO PADRON-B7R/B12	34	8	30	74	46	39	16	2	17	6	4	28	18	11	33
55	REP15206	BOMBONA FUELLE DELANTERA (21513836)-B7R	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	1	4	0	2
56	REP15302	TABLERO DE INSTRUMENTOS (22205475 - 70398585)-B12	0	1	1	1	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0
57	REP15370	CILINDRO 2 1/2PULG x 90 - 110 (DIAMETRO 2 1/2PULG Y 110 mm DE CURSO /BMP/	1	2	1	13	6	5	8	7	1	1	12	4	4	6	9
58	REP15516	BOMBONA CON PLATO INFERIOR Y TOPE DE SUSPENSION (21513833-21097532)-B7R	1	0	1	0	0	8	2	0	2	2	2	9	0	0	0
59	REP15542	BOMBONA FUELLE TRASERO (21836533)	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	4	9	4	0	3
60	REP15586	PERNO ESFERICO (22368018-6060368075) B7R/VOLVO	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	3	3	5	10	1
61	REP15590	CUBIERTA VALVULA DESPRESURIZADORA OVALADA BRT	371	249	320	336	352	319	276	260	389	180	191	290	235	318	284
62	REP15600	CINTA ANTIDESLIZANTE NEGRA 48 ML PARA ESCALERAS Y RAMPA	32	0	73	43	48	62	26	40	89	25	42	23	17	15	7
63	REP15666	CONTROL BOTONERA PARA ELEVADOR SEMIAUTOMATICO 1100-	1	0	0	0	3	0	0	39	2	0	0	0	2	2	0

		24VCC (30053) /ORTOBRAS/ B7R															
64	REP15862	MOTOR EXTRACTOR / VENTILADOR 24V (12000178- 6) ATEGO - B7R /SUPERPOLO	4	5	4	5	5	6	5	3	4	1	1	2	8	0	1
65	REP15885	BUJE DE GOMA BARRA DE REACCION (22445502- 20912536) B7R /VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	24	6	0	0	0
66	REP15892	EMPAQUE JUNTA COMPRESOR CABEZAL (21136724) B7R /VOLVO	1	2	1	0	3	0	1	1	0	1	2	2	1	2	0
67	REP15893	BARRA TENSORA PUNTA ESTABILIZAD[LARGA]DOBLE ROTULA (22287886- 21412073)B7R/VOLVO	4	2	2	4	2	4	0	0	0	2	4	0	0	0	0
68	REP15894	BARRA DELANTERA PUNTA ESTABILIZADORA (CORTA) DOBLE ROTULA (9521922) B7R/VOL	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	8	2	4	0	0
69	REP15956	PRENSA DE EMBRAGUE - PLACA DE PRESION (21005310) B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	2	0
70	REP16183	BOMBONA DELANTERA SEGUNDO EJE (21347075/21836531) B7R / VOLVO	1	4	0	0	2	2	2	0	2	4	4	10	4	0	2
71	REP16263	SILLA OPERADOR ISRI CON SUSPENSION NEUMATICA (25630018) / SUPERPOLO	0	0	4	3	5	5	3	4	4	4	1	4	4	1	5
72	REP16482	ENFRIADOR DE ACEITE (21703158) B7 / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	4
73	REP16484	PRODUCTO DETERGENTE DE LIMPIEZA (85121014) B7 / VOLVO	0	12	0	0	0	0	1	4	1	3	0	2	1	2	1
74	REP16728	BOMBA DE AGUA (20834409) B7 / VOLVO	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	1	2
75	REP16749	SENSOR NOX (22827995- 22219284-21567742) B7R - B5RH/ VOLVO	0	2	0	0	5	6	1	0	0	0	0	5	0	1	1
76	REP16753	LUBRICANTE PENETRANTE ROST OFF 300 ML (0890-200- 11)	69	46	55	97	61	54	60	13	36	19	17	25	16	17	12
77	REP16754	LIMPIADOR DE CONTACTOS 300 ML (3895-65-300)	61	56	61	113	74	55	48	71	75	51	42	73	56	96	64
78	REP16780	SENSOR VELOCIMETRO (22387291-20583479) B7R / VOLVO	1	5	1	1	3	2	1	2	1	1	2	2	0	1	1
79	REP16788	SELECTOR DE CAMBIOS (21636717) B7R / VOLVO	1	8	2	7	9	2	4	0	8	8	4	2	3	5	10

80	REP16931	BUJE DE GOMA BARRA DE REACCIÓN (22445490-20808872) B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	4	0	4	0
81	REP17141	MANGUERA BOMBA HIDRAULICA (20499287) B7R / VOLVO	3	6	3	3	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
82	REP17372	PULSADOR SELECTOR DE CAMBIOS B7R	49	28	24	0	20	24	20	8	18	16	12	4	20	72	37
83	REP17487	VARILLA ARTICULACION DIRECCION (20810541) B7R / VOLVO	8	5	7	6	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
84	REP17637	POTENCIOMETRO DE ACELERACION (3092815) B7R / VOLVO	0	1	1	2	2	0	0	0	0	2	1	1	2	0	3
85	REP17656	DEPOSITO LUBRICANTE PLATAFORMA ELEVACION DISCAPACIT (70599512035) B7R / ORTOBRAS	0	3	0	0	11	12	31	3	3	0	0	0	0	0	0
86	REP17862	DELIMITADORA - LAMPARA LATERAL LED TIPO TACON (PGV-1C001 / MUI050763) B7R / IAM	0	0	0	0	48	67	26	28	19	17	39	30	26	23	12
87	REP17906	BUJE BARRA ANTIVUELCO TRASERA (70371206) B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	4	0	0
88	REP18242	DISCO DE EMBRAGUE (22695721) B7R/VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0
89	REP18395	ACRILICO LATERAL BLANCO OPAL DE 48X3 MT (CTP1640) B7R	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	36	7	7	10
90	REP18525	BARRA ARTICULACION (22287868-21477917) B7R/VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0
91	REP15211	COMPRESOR (21101027)-B7R	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	1
92	LLA10105	LLANTA BRIDGESTON R155 295/80R22.5	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	2
93	REP17197	TURBOCOMPRESOR (21470983) B7R / VOLVO	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	REP15579	MOTOR ARRANQUE / APARATO DE ARRANQUE (21164603) B7R / VOLVO	0	0	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
95	REP17466	SERVOBOMBA (70397106) B7R / VOLVO	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
96	REP16724	UNIDAD DE MANDO BBM (21313711 - 21720464 P02) B7R - B12 / VOLVO	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	REP17145	TURBO CARGADOR (21075506) B7R / VOLVO	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	2	0	1	0

98	REP17481	CONJUNTO INYECTOR ADBLUE (21738124) B7R / VOLVO	0	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	
99	REP18129	CUBO (20535263) B7R/VOLVO	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	REP18478	ARBOL DE LEVAS (21451262 / 21426367) B7R/VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
101	REP15463	MODULO EBS (21726226)-B12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	
102	REP17513	UNIDAD - MODULO BOMBA ADBLUE (22668890 - 22169014) B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
103	REP18606	BARRAS DE ARTICULACION (21952221) B7R/VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	
104	REP11510	MODULADORA TRACCION (21122035) B7R - B12 / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	
105	REP14313	VALVULA FCV (21638691) B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
106	REP18843	TENSOR CORREA (22570127- 22409339) B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
107	SEG10074	EXTINTOR ABC 10 IBS	86	109	131	141	158	92	44	46	75	60	37	65	106	87	26
108	REP11987	TERAFLEX GRIS- PISO VEHICULOS	1	4	6	4	3	5	17	3	0	2	23	7	0	0	0
109	SEG001	CINTURON DE SEGURIDAD 3 PUNTOS (6-AC5-0083-5)-B12	2	0	2	1	1	5	2	3	7	2	3	6	4	6	1
110	REP15825	TANQUE O DEPOSITO EXPANSION AUXILIAR RADIADOR 1674918 B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	1	0	4	3	0	0	2	4	3
111	REP14361	AMORTIGUADOR DELANTERO (70397084) B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
112	REP18454	JUEGO PERNO MANGUETA (20751021) B7R / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
113	REP16558	INYECTOR DE COMBUSTIBLE (21006085) B7 / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
114	REP16557	BOMBA DE ALTA (21079032) B7 / VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	REP18971	CARDAN (21618585) B7R/VOLVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	SEG03	CINTURON SEGURIDAD MINUSVALIDOS (6-AC5-0056- 5)-B12	4	4	3	0	5	3	1	5	0	0	2	2	3	4	1

Anexo C. Datos seleccionados de acuerdo con el criterio de tendencia lineal y la rotación mensual en un año.

No	Cod_Part	Desc_Parte	Tendencia Lineal	Rotación Mensual
1	COM	ADBLUE	1558	12
2	LLA10007	LLANTA GOODYEAR LHS 295/80R22.5	3	9
3	LLA10009	LLANTA MICHELIN XZU3 IN CITY 295/80R22.5	10	12
4	LLA10079	LLANTA XINCITY XZU3+ 295/80R 22.5	22	11
5	LLA10086	LLANTA BRIDGESTONE R155 295/80 R22.5	8	6
7	REP10007	BOMBILLO H170W 24V (TRI1656)-B12	101	12
8	REP10009	CINTA DE ENMASCARAR 2 PULG.	22	12
10	REP10023	LUBRICANTE PENETRATING OIL	4	11
11	REP10037	LUZ DIRECCIONAL NARANJA DIAM. 155MM 24V (1-063-9046-4) - B12	6	12
12	REP10093	ESPEJO RETROVISOR IZQUIERDO (27085295-7)-B12	28	12
13	REP10098	ESPEJO RETROVISOR BIPARTIDO DERECHO (27085296-3)-B12	25	12
14	REP10246	PARASOL DELANTERO (CENEFA)-B12	7	10
15	REP10793	RESINA PARA FIBRA DE VIDRIO	44	12
16	REP10882	ACRILICO SALON 3mt X 47 cm	1	9
17	REP10933	JUEGO PASTILLAS DE FRENO (21024702) B7R / B12	39	12
18	REP11198	SENSOR DESGASTE FORRO FRENO L (21390376)-B12	4	6
19	REP11424	ANTICONGELANTE (6889458)-B7R	16	12
20	REP11457	SENSOR DE DESGASTE DE PASTILLAS (21390375) B12/VOLVO	4	7
24	REP11611	DELIMITADORA LAT NARANJA TIPO LED C/REFLECT (1-063-9093-3)-B12	22	12
25	REP11671	CINTA RELECTIVA COSPICUIT METR	18	12
26	REP11682	MASILLA NOVOLITE PREMIUM	16	12
27	REP11740	PARCHE CT-12 60 MM X 110 MM (166-A)	65	12
28	REP11761	VASTAGO ULS8 DE 8mm x 20 Un (251-1-A)	67	12
29	REP12056	SIKAFLEX 265 X 600 ML	20	12
30	REP12077	SOPORTE ESPEJO BIPARTIDO DERECHO (12294173-7) B12/B7R	7	12
31	REP12141	ELECTROVALVULA 5/2 DE 1/4 BMP	6	12
32	REP12156	MOTOR LIMPIADOR PARA-BRISA ELETR 24V (BPY65-6)-B7R	4	10
33	REP12219	SILICONA EN SPRAY PARA VENTANA (WD40)	38	12
34	REP12639	BOCEL PVC ACRILICO LUMINARIO	89	4
35	REP12641	ACEITE RIMULA R5E 10W40	20	12
36	REP12664	AZUL ELITE POLIURETANO (EPEX3/4) MONOCAPA	6	12
37	REP12666	ACELERADOR (8989SX1/4) MONOCAPA	1	12
38	REP12667	ACTIVADOR ELITE (196SX1/4) MONOCAPA	3	12
39	REP12668	REDUCTOR ELITE (15385SX1) MONOCAPA	11	12
40	REP12670	VERDE B7-2 ELITE POLIURETANO (EPEX3/4) MONOCAPA	2	12
43	REP12932	AGUA PARA BATERIA PRES. GAL	110	12
44	REP13210	CONECTOR LUCES (20466302 - 20942844 - 20953569) B7R - B12 / VOLVO	3	9
45	REP13878	ALTERNADOR (20898062/21289221)-B7R	10	12
46	REP13917	KCP TOALLA INDUSTRIAL WYPALL X-75 INDUST ROLL 6x60	37	12
47	REP14254	CARTER DE ACEITE (21470958)-B7R	-1	12
48	REP14310	VARILLA DE ARTICULACIÓN (21444881) B7R / VOLVO	2	5

49	REP14320	BATERIA 4DT-1500 / WILLARD	8	12
50	REP14347	VALVULA 1/4" 2/2V - ATRAPAMIENTO PUERTA	3	12
53	REP14953	INYECTOR ADBLUE (21318199)-B12	1	6
54	REP14960	SEGURO TAPA ALOJAMIENTO PADRON-B7R/B12	5	12
55	REP15206	BOMBONA FUELLE DELANTERA (21513836)-B7R	1	5
57	REP15370	CILINDRO 2 1/2PULG x 90 - 110 (DIAMETRO 2 1/2PULG Y 110 mm DE CURSO /BMP/	5	12
58	REP15516	BOMBONA CON PLATO INFERIOR Y TOPE DE SUSPENSION (21513833-21097532)-B7R	2	6
59	REP15542	BOMBONA FUELLE TRASERO (21836533)	4	7
60	REP15586	PERNO ESFERICO (22368018- 6060368075) B7R/VOLVO	6	8
61	REP15590	CUBIERTA VALVULA DESPRESURIZADORA OVALADA BRT	245	12
62	REP15600	CINTA ANTIDESLIZANTE NEGRA 48 ML PARA ESCALERAS Y RAMPA	12	12
63	REP15666	CONTROL BOTONERA PARA ELEVADOR SEMIAUTOMATICO 1100-24VCC (30053) /ORTOBRAS-B7R	1	5
64	REP15862	MOTOR EXTRACTOR / VENTILADOR 24V (12000178-6) ATEGO - B7R /SUPERPOLO	1	11
66	REP15892	EMPAQUE JUNTA COMPRESOR CABEZAL (21136724) B7R /VOLVO	1	8
68	REP15894	BARRA DELANTERA PUNTA ESTABILIZADORA (CORTA) DOBLE ROTULA (9521922) B7R/VOL	2	5
70	REP16183	BOMBONA DELANTERA SEGUNDO EJE (21347075/21836531) B7R / VOLVO	4	9
71	REP16263	SILLA OPERADOR ISRI CON SUSPENSION NEUMATICA (25630018) / SUPERPOLO	3	12
72	REP16482	ENFRIADOR DE ACEITE (21703158) B7 / VOLVO	3	4
73	REP16484	PRODUCTO DETERGENTE DE LIMPIEZA (85121014) B7 / VOLVO	2	8
74	REP16728	BOMBA DE AGUA (20834409) B7 / VOLVO	1	5
75	REP16749	SENSOR NOX (22827995-22219284-21567742) B7R -B5RH/ VOLVO	1	6
76	REP16753	LUBRICANTE PENETRANTE ROST OFF 300 ML (0890-200-11)	-5	12
77	REP16754	LIMPIADOR DE CONTACTOS 300 ML (3895-65-300)	61	12
78	REP16780	SENSOR VELOCIMETRO (22387291-20583479) B7R / VOLVO	1	11
79	REP16788	SELECTOR DE CAMBIOS (21636717) B7R / VOLVO	5	11
80	REP16931	BUJE DE GOMA BARRA DE REACCIÓN (22445490-20808872) B7R / VOLVO	3	4
82	REP17372	PULSADOR SELECTOR DE CAMBIOS B7R	39	11
84	REP17637	POTENCIOMETRO DE ACELERACION (3092815) B7R / VOLVO	1	7
86	REP17862	DELIMITADORA - LAMPARA LATERAL LED TIPO TACON (PGV-1C001 / MUI050763) B7R / IAM	20	11
89	REP18395	ACRILICO LATERAL BLANCO OPAL DE 48X3 MT (CTP1640) B7R	15	5
92	LLA10105	LLANTA BRIDGESTON R155 295/80R22.5	1	4
95	REP17466	SERVOBOMBA (70397106) B7R / VOLVO	1	7
97	REP17145	TURBO CARGADOR (21075506) B7R / VOLVO	1	7
107	SEG10074	EXTINTOR ABC 10 IBS	38	12
108	REP11987	TERAFLEX GRIS- PISO VEHICULOS	3	8
109	SEG001	CINTURON DE SEGURIDAD 3 PUNTOS (6-AC5-0083-5)-B12	5	12
110	REP15825	TANQUE O DEPOSITO EXPANSION AUXILIAR RADIADOR 1674918 B7R / VOLVO	3	6
116	SEG03	CINTURON SEGURIDAD MINUSVALIDOS (6-AC5-0056-5)-B12	2	9

Anexo D. Clasificación de los datos.

No	Cod_Part	Desc_Parte	Tipo de Datos
1	COM	ADBLUE	No estacional
2	LLA10007	LLANTA GOODYEAR LHS 295/80R22.5	No estacional
3	LLA10009	LLANTA MICHELIN XZU3 IN CITY 295/80R22.5	No estacional
4	LLA10079	LLANTA XINCITY XZU3+ 295/80R 22.5	No estacional
5	LLA10086	LLANTA BRIDGESTONE R155 295/80 R22.5	No estacional
6	REP10007	BOMBILLO H170W 24V (TR1656)-B12	Estacional
7	REP10009	CINTA DE ENMASCARAR 2 PULG.	No estacional
8	REP10023	LUBRICANTE PENETRATING OIL	No estacional
9	REP10037	LUZ DIRECCIONAL NARANJA DIAM. 155MM 24V (1-063-9046-4) -B12	No estacional
10	REP10093	ESPEJO RETROVISOR IZQUIERDO (27085295-7)-B12	No estacional
11	REP10098	ESPEJO RETROVISOR BIPARTIDO DERECHO (27085296-3)-B12	No estacional
12	REP10246	PARASOL DELANTERO (CENEFA)-B12	No estacional
13	REP10793	RESINA PARA FIBRA DE VIDRIO	No estacional
14	REP10882	ACRILICO SALON 3mt X 47 cm	No estacional
15	REP10933	JUEGO PASTILLAS DE FRENO (21024702) B7R / B12	No estacional
16	REP11198	SENSOR DESGASTE FORRO FRENO L (21390376)-B12	No estacional
17	REP11424	ANTICONGELANTE (6889458)-B7R	No estacional
18	REP11457	SENSOR DE DESGASTE DE PASTILLAS (21390375) B12/VOLVO	No estacional
19	REP11611	DELIMITADORA LAT NARANJA TIPO LED C/REFLECT (1-063-9093-3)-B12	No estacional
20	REP11671	CINTA RELECTIVA COSPICUIT METR	No estacional
21	REP11682	MASILLA NOVOLITE PREMIUM	No estacional
22	REP11740	PARCHE CT-12 60 MM X 110 MM (166-A)	No estacional
23	REP11761	VASTAGO ULS8 DE 8mm x 20 Un (251-1-A)	No estacional
24	REP12056	SIKAFLEX 265 X 600 ML	No estacional
25	REP12077	SOPORTE ESPEJO BIPARTIDO DERECHO (12294173-7) B12/B7R	Estacional
26	REP12141	ELECTROVALVULA 5/2 DE 1/4 BMP	Estacional
27	REP12156	MOTOR LIMPIADOR PARA-BRISA ELETR 24V (BPY65-6)-B7R	No estacional
28	REP12219	SILICONA EN SPRAY PARA VENTANA (WD40)	No estacional
29	REP12639	BOCEL PVC ACRILICO LUMINARIO	No estacional
30	REP12641	ACEITE RIMULA R5E 10W40	No estacional
31	REP12664	AZUL ELITE POLIURETANO (EPEX3/4) MONOCAPA	No estacional
32	REP12666	ACELERADOR (8989SX1/4) MONOCAPA	No estacional
33	REP12667	ACTIVADOR ELITE (196SX1/4) MONOCAPA	No estacional
34	REP12668	REDUCTOR ELITE (15385SX1) MONOCAPA	No estacional
35	REP12670	VERDE B7-2 ELITE POLIURETANO (EPEX3/4) MONOCAPA	No estacional
36	REP12932	AGUA PARA BATERIA PRES. GAL	No estacional
37	REP13210	CONECTOR LUCES (20466302 - 20942844 - 20953569) B7R - B12 / VOLVO	No estacional
38	REP13878	ALTERNADOR (20898062/21289221)-B7R	No estacional
39	REP13917	KCP TOALLA INDUSTRIAL WYPALL X-75 INDUST ROLL 6x60	No estacional
40	REP14254	CARTER DE ACEITE (21470958)-B7R	No estacional
41	REP14310	VARILLA DE ARTICULACIÓN (21444881) B7R / VOLVO	No estacional

42	REP14320	BATERIA 4DT-1500 / WILLARD	No estacional
43	REP14347	VALVULA 1/4" 2/2V - ATRAPAMIENTO PUERTA	No estacional
44	REP14953	INYECTOR ADBLUE (21318199)-B12	No estacional
45	REP14960	SEGURO TAPA ALOJAMIENTO PADRON-B7R/B12	No estacional
46	REP15206	BOMBONA FUELLE DELANTERA (21513836)-B7R	No estacional
47	REP15370	CILINDRO 2 1/2PULG x 90 - 110 (DIAMETRO 2 1/2PULG Y 110 mm DE CURSO /BMP/	No estacional
48	REP15516	BOMBONA CON PLATO INFERIOR Y TOPE DE SUSPENSION (21513833-21097532)-B7R	Estacional
49	REP15542	BOMBONA FUELLE TRASERO (21836533)	No estacional
50	REP15586	PERNO ESFERICO (22368018- 6060368075) B7R/VOLVO	No estacional
51	REP15590	CUBIERTA VALVULA DESPRESURIZADORA OVALADA BRT	No estacional
52	REP15600	CINTA ANTIDESLIZANTE NEGRA 48 ML PARA ESCALERAS Y RAMPA	No estacional
53	REP15666	CONTROL BOTONERA PARA ELEVADOR SEMIAUTOMATICO 1100-24VCC (30053) /ORTOBRAS/-B7R	No estacional
54	REP15862	MOTOR EXTRACTOR / VENTILADOR 24V (12000178-6) ATEGO - B7R /SUPERPOLO	No estacional
55	REP15892	EMPAQUE JUNTA COMPRESOR CABEZAL (21136724) B7R /VOLVO	No estacional
56	REP15894	BARRA DELANTERA PUNTA ESTABILIZADORA (CORTA) DOBLE ROTULA (9521922) B7R/VOL	No estacional
57	REP16183	BOMBONA DELANTERA SEGUNDO EJE (21347075/21836531) B7R / VOLVO	No estacional
58	REP16263	SILLA OPERADOR ISRI CON SUSPENSION NEUMATICA (25630018) / SUPERPOLO	No estacional
59	REP16482	ENFRIADOR DE ACEITE (21703158) B7 / VOLVO	Estacional
60	REP16484	PRODUCTO DETERGENTE DE LIMPIEZA (85121014) B7 / VOLVO	No estacional
61	REP16728	BOMBA DE AGUA (20834409) B7 / VOLVO	Estacional
62	REP16749	SENSOR NOX (22827995-22219284-21567742) B7R -B5RH/ VOLVO	No estacional
63	REP16753	LUBRICANTE PENETRANTE ROST OFF 300 ML (0890-200-11)	No estacional
64	REP16754	LIMPIADOR DE CONTACTOS 300 ML (3895-65-300)	No estacional
65	REP16780	SENSOR VELOCIMETRO (22387291-20583479) B7R / VOLVO	No estacional
66	REP16788	SELECTOR DE CAMBIOS (21636717) B7R / VOLVO	Estacional
67	REP16931	BUJE DE GOMA BARRA DE REACCIÓN (22445490-20808872) B7R / VOLVO	No estacional
68	REP17372	PULSADOR SELECTOR DE CAMBIOS B7R	No estacional
69	REP17637	POTENCIOMETRO DE ACELERACION (3092815) B7R / VOLVO	No estacional
70	REP17862	DELIMITADORA - LAMPARA LATERAL LED TIPO TACON (PGV-1C001 / MUI050763) B7R / IAM	No estacional
71	REP18395	ACRILICO LATERAL BLANCO OPAL DE 48X3 MT (CTP1640) B7R	No estacional
72	LLA10105	LLANTA BRIDGESTON R155 295/80R22.5	No estacional
73	REP17466	SERVOBOMBA (70397106) B7R / VOLVO	No estacional
74	REP17145	TURBO CARGADOR (21075506) B7R / VOLVO	No estacional
75	SEG03	EXTINTOR ABC 10 IBS	No estacional
76	REP11987	TERAFLEX GRIS- PISO VEHICULOS	No estacional
77	SEG001	CINTURON DE SEGURIDAD 3 PUNTOS (6-AC5-0083-5)-B12	Estacional
78	REP15825	TANQUE O DEPOSITO EXPANSION AUXILIAR RADIADOR 1674918 B7R / VOLVO	No estacional
79	SEG02	CINTURON SEGURIDAD MINUSVALIDOS (6-AC5-0056-5)-B12	No estacional