UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR

JOSÉ MIGUEL CARRERA

MODIFICACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS BUSES BYD K9FE

Trabajo de titulación para optar a título de TÉCNICO UNIVERSITARIO en MECÁNICA AUTOMOTRIZ.

Estudiantes:
Ignacio Andrés Canales Venegas
Felipe Antonio Jorquera Garrido
Profesor guía:
Mario González Sánchez

RESUMEN

KEYWORDS: Plan de mantenimiento preventivo (PMP), Intervalos de mantenimiento.

A lo largo de los años se han creado un sinfín de vehículos para el transporte masivo de personas, desde los primeros buses a combustión donde se transportaban un número reducido de personas hasta el presente, donde ya es un común denominador maximizar la cantidad de ocupantes, el transporte se ha visto impulsado por una mejora en tamaño de la maquina y la eficiencia energética de esta. Con estas premisas planteadas llega el bus eléctrico creado por la empresa BYD, el modelo K9FE que nos entrega una gran capacidad de transporte de pasajeros y una eficiencia energética propia de los vehículos eléctricos. La primera y mayor flota de buses eléctricos en América. Los indicadores obtenidos en meses de operación de los dos primeros buses, el operador Metbus toma la iniciativa de ampliar su flota eléctrica. El gobierno busca soluciones sustentables que permitan hacer renovación de flota el año 2018 y Metbus lidera este proceso. Los indicadores de operación de la experiencia inicial, confirmados con los dos primeros meses de acción de la flota de cien buses BYD, demuestran el ahorro en mantenimiento y ejercicio de la tecnología 100% eléctrica

El presente trabajo fue desarrollado con el propósito de ser un aporte a las futuras generaciones de estudiantes de mecánica automotriz de la Universidad Técnica Federico Santa María. Se trabajó para hacer modificaciones al plan de mantenimiento de fabrica proponiendo un plan más acotado y preciso para ser ejecutado en nuestro país, esto se debe a que las condiciones donde esta máquina trabajará son adversas y requiere cambios en sus planes de fábrica.

Para llevar a cabo este informe se debió investigar sobre las condiciones del taller donde se hacen las mantenciones de estos buses, comprobando que varias de las revisiones que hace el fabricante no son necesarias como otras que por las condiciones de nuestro país pasarán a primera prioridad en el trabajo preventivo y así ahorrando tiempo y recursos.

ÍNDICE DE MATERIAS

RESÚMEN…… 2

ÍNDICE DE MATERIAS 2

ÍNDICE DE FIGURAS 2

ÍNDICE DE TABLAS 2

SIGLAS…… 3

SIMBOLOGIAS…… 2

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS……. 2

CAPÍTULO 1: LOS AUTOBUSES Y SUS CARACTERISTICAS 3

1.1.LOS AUTOBUSES ELECTRICOS 4

1.1.1.Evolución de los autobuses 4

1.1.2.Tipos de carrocerías de autobuses. 6

1.1.3. Características generales de BYD K9FE 12

1.1.4. Estructura del autobús eléctrico BYD K9FE 14

CAPÍTULO 2: SELECCIÓN DE UN PLAN DE MANTENCION Y MODIFICACIÓN DEL ACTUAL……. 18

2.1. PLANES DE MANTENIMIENTO 19

2.1.1. Tipos de planes de mantención 19

2.1.1.1 Plan de mantenimiento correctivo: 19

2.1.2. Selección plan de mantención y motivos 24

2.3. PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO 31

CAPÍTULO 3: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CON RESPECTO AL ANTIGUO PLAN DE MANTENIMIENTO 37

CONCLUSIÓN…… 45

BIBLIOGRAFIA….. 46

MEMORIAS……. 47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Primer autobús con propulsión animal. 4

Figura 1-2: Primer autobús sin propulsión animal. 5

Figura 1-3: Primera flota de autobuses 5

Figura 1-4: Primer autobús Mack Diésel 6

Figura 1-5: Microbús. 7

Figura 1-6: Buseta. 7

Figura 1-7: Busetón. 8

Figura 1-8: Autobús. 8

Figura 1-9: Autobús Articulado 9

Figura 1-10: Trolebús 10

Figura 1-11: Trolebús. 11

Figura 1-12 Nuevos buses eléctricos. 13

Figura: 1-13 Diagrama de carga 14

Figura: 1-14 Sistema ECAS, eje delantero 15

Figura: 1-15 Sistema ECAS, eje trasero 15

Figura 1-16: Batería 16

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Tabla de Mantenimiento tren motriz, anticorrosión de chasis y sistema de freno 25

Tabla 1-2: Tabla de Mantenimiento compresor de aire y sistema de dirección 25

Tabla 1-3: Tabla de Mantenimiento sistema de dirección, refrigeración y marcha. 26

Tabla 1-4: Tabla de Mantenimiento de sistema de marcha 26

Tabla 1-5: Tabla de Mantenimiento de sistema de marcha y bateria..... 27

Tabla 1-6: Tabla de Mantenimiento de cámara exterior, sistema de iluminación, controlador CC y motro auxiliar y controlador de motor de conduccion 27

Tabla 1-7: Tabla de Mantenimiento de sistema de energia 28

Tabla 1-8: Tabla de Mantenimiento puertas de pasajeros y compartimientos. 28

Tabla 1-9: Tabla de Mantenimiento de válvulas de emergencia 29

Tabla 1-10: Tabla de Mantenimiento retrovisores y vidrios 29

Tabla 1-11: Tabla de Mantenimiento accesorios y sistema de limpiaparabrisas..... 30

Tabla 2-1: Tabla de Mantenimiento propuesta del tren motriz, sistema de freno ... 31

Tabla 2-2: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de dirección, refrigeración y marcha 32

Tabla 2-3: Tabla de Mantenimiento propuesta de válvulas de emergencia de puertas 32

Tabla 2-4: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de marcha 33

Tabla 2-5: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de energia 33

Tabla 2-6: Tabla de Mantenimiento propuesta de vidrios y tragaluces de seguridad 34

Tabla 2-7: Tabla de Mantenimiento propuesta de accesorios y sistema de limpiaparabrisas 34

Tabla 2-8: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de marcha y batería..... 35

Tabla 2-9: Tabla de Mantenimiento propuesta de interruptor de mantenimiento y sistema de puertas de comportamientos 35

SIGLAS

ABS: Sistema de antibloqueo de frenos

BYD: Marca del autobús en cuestión, especializados en vehículos eléctricos. (Build your dreams)

C: Limpiar

I: Revisar, corregir o reemplazar si es necesario

MEC: Motores encendidos por compresión

K9FE: Modelo y serie del bus

PMP: Plan de mantenimiento preventivo

USB: Sigla del inglés universal serial bus, periférico que permite conectar diferentes periféricos a una computadora.

R: Remplazar, cambiar o lubricar

★: Representa los proyectos de ciclo de mantenimiento especial, debe prestar atención.

SIMBOLOGIAS

[A]: Amperio, corriente eléctrica

[V]: Voltaje, tensión eléctrica y diferencia de potencial

[N]: Fuerza Newton

[m]: Longitud, metro lineal.

[Vcc]: Voltaje continuo.

[Km/H]: Kilómetros por hora.

[Pa]: Pascal (unidad de medida de presión)

[Km]: Kilometro

[s]: Segundos

INTRODUCCIÓN

Dentro de los principales problemas que se pueden encontrar en la actualidad en Chile, específicamente en la capital (Santiago), es que el transporte público de pasajeros, en este caso llamado, “Transantiago”, generó numerosos de problemas, tanto de contaminación ambiental, contaminación acústica, altos costos de manutención que finalmente eran traspasados a los fondos nacionales, problemas de seguridad y especialmente el descontento generalizado de los usuarios del transporte público generado por todos los problemas mencionados anteriormente.

Es por esto por lo que la Ilustre Municipalidad de Santiago, junto a Enel Distribución, propusieron realizar la compra de doscientos autobuses eléctricos de los cuales ya fueron adquiridos cien.

Con el fin de poder reducir en veces los costos por consumo de los buses del transporte público. Cabe destacar que su eficiencia energética al ser eléctrica es mayor que la por combustible.

Reducir las emisiones ocasionadas por los buses que circulan por la capital, y disminuir casi a cero la contaminación acústica, conllevaría a que estos sean tildados de Ecológicos debido a sus casi nulas emisiones tanto de gases como de sonido.

En cuanto a seguridad se dejarán de lado los antiguos espejos que eran utilizados por los conductores para controlar a los pasajeros, mediante el uso de cámaras de vigilancia abarcando toda el área interior del autobús. Además de ser mucho más seguros en cuanto a operación al manejo, debido que al ser no ruidosos se evitarán los problemas de puntos ciegos y que al momento de sentir el ruido de otro vehículo se hacía casi imposible debido a los ruidosos motores MEC, por lo que se reducirían las colisiones.

Por otra parte, en cuanto a su mantenimiento, también se vuelve más seguro debido a que los componentes eléctricos poseen menos riesgos que los vehículos a combustible, ya que sus piezas en su gran mayoría son aisladas y no generan riesgo de explosiones, además de que el hecho de ser eléctricos permite realizar un mayor y más eficaz control de componentes.

OBJETIVOS

Objetivo General

1) Modificación al plan de mantenimiento de los autobuses BYD K9FE.

Objetivos Específicos

1) Generación de material de apoyo para los estudiantes de la Universidad.
2) Análisis de los componentes del autobús, con el fin de dirimir cuales son los componentes que mayores fallas pueden ocasionar.
3) Comprender los diferentes planes de mantenimiento que existen, de manera que así se pueda elegir el mejor para el autobús BYD K9FE.

CAPITULO 1: LOS AUTOBUSES Y SUS CARACTERISTICAS

1.1. LOS AUTOBUSES ELECTRICOS

1.1.1. Evolución de los autobuses

El autobús es un medio de transporte usado desde el año 1826, en donde Stanislav Braudy un propietario de baños públicos, se percató de que sus clientes no lograban llegar a sus instalaciones ya que se encontraban alejadas del centro neurálgico del pueblo, por lo que, para facilitar el acceso de su público a dicho lugar, desarrolló un servicio de transporte que conectaba el centro de la ciudad con sus instalaciones, se puede observar su proyecto en la Figura 1 – 1.

Figura 1-1: Primer autobús con propulsión animal.
Fuente: https://www.motoryracing.com/images/noticias/19000/19543/3.jpg

En 1828, se funda la primera empresa de autobuses con el nombre de Enterprise Générale des Ómnibus, a manos de Stanislav Braudy quien deja su anterior negocio de servicios higiénicos y continua con la ampliación de su empresa.

En 1895, son desarrollados los primeros buses impulsados por motor, dejando de lado la impulsión animal. Desarrollado por Karl Benz se aprecia en la Figura 1 – 2.

Figura 1-2: Primer autobús sin propulsión animal.
Fuente: https://www.motoryracing.com/images/noticias/19000/19543/2.jpg

La primera línea de autobuses fue instaurada en Francia en el año 1906, reflejados en la figura 1- 3, estos autobuses recorrían una distancia de 5,8 [km]. Comenzó a existir la necesidad de un transporte de larga distancia, los cuales tuvieron muchas complicaciones, producto de que no existían lugares para cargar combustible entre los caminos, además de los atascos que surgían con las lluvias, también hay que tener en cuenta que estos autobuses median aproximadamente 3 [m], por lo que al conductor se le hacía muy complicado el conducir estos autobuses.

Figura 1-3: Primera flota de autobuses.
Fuente: https://www.motoryracing.com/images/noticias/19000/19543/1.jpg

La carrocería del primer autobús Benz se denominaba Landauer, se puede apreciar en la figura 1 – 4, este nombre fue otorgado producto de una analogía con un típico carruaje de la época, su motorización estaba compuesta por un motor mono cilíndrico de cuatro tiempos en la parte trasera del autobús, y las ruedas eran accionadas por una cadena. En

el año 1920 Benz se preocupó de mejorar el aspecto externo de sus buses, para que este dejara de parecer un vehículo de carga y ser algo más enfocado en el transporte de pasajeros. Comienzan a aparecer las primeras versiones de autobuses urbanos e interurbanos con y sin plataforma para llevar pasajeros de pie, con y sin portaequipajes sobre el techo e incluso los biplaza o dos pisos.

Figura 1-4: Primer autobús Mack Diésel.
Fuente: https://www.motoryracing.com/images/noticias/19000/19543/5.jpg

En el año 1938, los hermanos Mack crean su primer vehículo diésel, el que tuvo un gran éxito, ya que tenía una capacidad para 20 pasajeros y un motor con mucho torque para la época.

Desde este punto los autobuses han mantenido su esencia y han generado cambios netamente de actualización de componentes y sistemas, pasando a los controles electrónicos y motores y actuadores eléctricos.

1.1.2. Tipos de carrocerías de autobuses.

Desde el comienzo de los autobuses estos han tenido modificaciones, con las cuales se ha buscado satisfacer de mejor manera los distintos requerimientos según los distintos usos que se le fuesen a dar a este medio de transporte. Ya sean distintos tipos de terrenos, distintas capacidades de personas, distintos climas e incluso distintas alturas con respecto al nivel del mar.

- Microbús:

  Este vehículo es utilizado para realizar transporte urbano de pasajeros, gracias a sus pequeñas dimensiones sirven para movilizarse adecuadamente en espacios reducidos de la ciudad, se puede apreciar su tamaño en la figura 1 – 5, su capacidad de ocupantes va de los 10 a 19. Sus longitudes van desde los seis [m] a siete [m] y su altura por lo general no supera los 2,8 [m].

Figura 1-5: Microbús.

Fuente:

http://spanish.coasterminibus.com/photo/pl10888273110km_h_luxury_passenger_bus_star_minibus_euro_4_coach_school_bus.jpg

- Buseta:

  Estos buses a diferencia de los Microbuses, estos son utilizados tanto para transporte urbano e interurbano, poseen notables diferencias en cuanto a accesorios y equipamiento. Además de que poseen mayor capacidad de pasajeros, siendo capaces de transporta de 20 a 30 ocupantes. Sus dimensiones son mayores y se aprecian en la figura 1 – 6, van desde los 7 [m] a 10 [m] de largo y no superando los 3 [m] de altura.

Figura 1-6: Buseta.

Fuente:

http://spanish.coasterminibus.com/photo/pl1662506530_passenger_bus_mini_sightseeing_bus_ower_steering_shuttle_cummins_engine.jpg

- Busetón:

  Este tipo de vehículo representado en la figura 1 – 7, se caracteriza por ser montado sobre un chasis especialmente creado para este tipo de vehículos, ya que como se puede notar a simple vista, son de baja altura y la disposición del habitáculo de pasajeros generan una mayor comodidad tanto para conductor como sus ocupantes. Al igual que la Buseta sus capacidades van de 20 a 30 pasajeros, pero claramente con una mayor comodidad, ya que mide de 10 [m] a 11 [m].

Figura 1-7: Busetón.

Fuente: http://images-ahn.mdstrm.com/2017/09/27/206483_5_59cbb56e8eeb2.jpeg?d=800x400

- Autobús:

  Este tipo de vehículo se caracteriza por ser utilizado en trayectos interurbanos, o de carácter de turismo de largas distancias. Una característica importante es la gran capacidad que poseen en la parte inferior de sus carrocerías para poder transportar equipaje. Esto se puede apreciar en la figura 1 – 8. Existen también en la modalidad de dos pisos en los cuales la capacidad aumenta considerablemente. Su capacidad de pasajeros va desde los 30 pasajeros en adelante. Y su longitud va desde 11 [m] a 15 [m].

Figura 1-8: Autobús.

Fuente: https://www.elsoldepuebla.com.mx/policiaca/i48r7q-autobus-robado-3colscolor.jpg/alternates/LANDSCAPE_768/AUTOBÚS%20ROBADO,%203%20cols%20color.jpg

- Articulado:

  Estos vehículos son utilizados para transportar grandes volúmenes de personas, por lo general se encuentran en sistemas de transporte público urbano de pasajeros, como por ejemplo en la figura 1 – 9, Se caracterizan por su gran capacidad de pasajeros y por sus dimensiones, las cuales abarcan aproximadamente de 17 [m] a 19 [m], de los cuales casi el 100% es superficie útil de transporte de pasajeros.

Figura 1-9: Autobús Articulado.

Fuente:

http://www.ngvjournal.com/wpcontent/uploads/2011/04/l_colombia_busarticulado_metroplus2904_1.jpg

1.1.3. Tipos de autobuses eléctricos:

Este vehículo posee tres tipos de configuraciones, el trolebús, el girobús y el autobús con batería integrada (eléctricos)

Todos estos autobuses se caracterizan por ser ecológicos, de bajos costos por consumo, bajos costos por mantención y no generan contaminación acústica.
Por otra parte, son muy versátiles, debido a que pueden ser integrados con nuevas actualizaciones con el fin de poder mejorar rendimientos, agregar comodidades o incluso en un futuro transformarlos en autobuses autónomos.

Trolebús:

El trolebús es uno de los tipos de autobús eléctrico que existen, visualmente es de fácil reconocimiento debido a la conexión montada sobre el techo del vehículo, como se aprecia en la figura 1 – 10, por lo que una de sus principales características es que se alimenta mediante dos pértigas en la parte superior del vehículo, las cuales van conectadas a dos cables unidos por postes denominados catenarias, por los cuales circulan 600 [Vcc]. Posee un único motor el cual transmite mediante un eje cardan a las ruedas traseras.

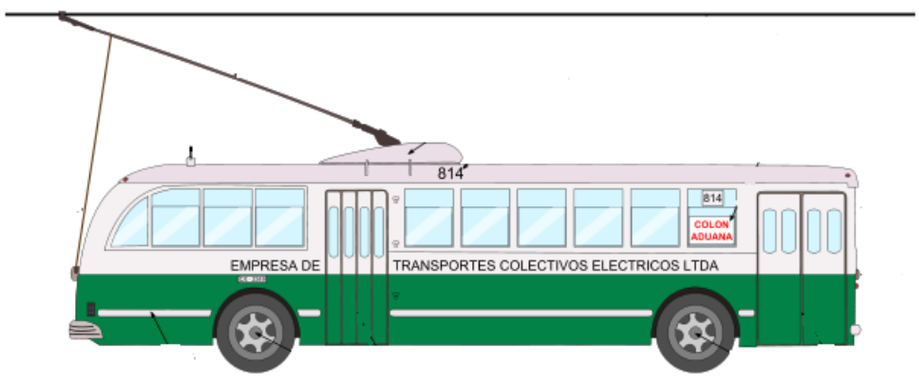


Figura 1-10 Trolebús.

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/21/Trolleybus_diagram-key.svg

Dentro de las ventajas que se encuentran con este vehículo se pueden encontrar:

- Son vehículos amigables con el medio ambiente, debido a que no emiten gases contaminantes.
- Se ven favorecidos en zonas montañosas, en comparación con su equivalente diésel.
- Pueden generar energía en zonas de pendiente hacia abajo o en frenadas.
- Son de simple funcionamiento y mantención.

Dentro de las desventajas que se encuentran con este vehículo se pueden encontrar:

- Son vehículos cuyo recorrido está delimitado según las catenarias que existan, debido a que al tener que estar siempre conectado para no detenerse, en caso de desconexión el vehículo quedaría sin posibilidad de continuar con su trayecto.
- En caso de un corte masivo de electricidad, el trolebús quedaría des energizado por lo que generaría grandes problemas de tránsito en zonas donde no esté delimitada su circulación.

-Girobús:

El Girobús es otro tipo de autobús eléctrico, este tipo de vehículo se basa en el principio de la energía cinética, lo hace mediante un generador de energía eléctrica, el cual se alimenta gracias al gran volante de inercia que lleva el girobús, el cual a medida que se mueve acumula energía cinética, para luego ser transformada por el generador en energía eléctrica. El comienzo del movimiento en un principio era generado con pequeños motores diésel, para luego ser actualizado a eléctricos hasta la fecha. En la figura 1 – 11, se muestra un girobús restaurado a excelentes condiciones.

Figura 1-11: Trolebús.

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Gyrobus_G3-1.jpg

Dentro de las ventajas que se encuentran con este vehículo se pueden encontrar:

- No se conecta a tendido eléctrico, por lo que presenta mayor seguridad en cuanto a electricidad.
- Pueden transitar libremente ya que no dependen de zonas habilitadas con tendido eléctrico para circular.
- En caso de corte de energía masivo puede seguir circulando sin problemas.
- A diferencia de sus otros símiles, el girobús se caracteriza por ser silencioso.

Dentro de las desventajas que se observan con este vehículo se pueden encontrar:

- No posee mayor implementación debido a que al ser un vehículo que se auto sustenta de cierta manera, no se puede malgastar la energía en instalarle aparatos que consuman corriente.
- Debido al gran peso de sus volantes de inercia para acumular energía cinética requieren mayor seguridad de frenado para detener esa gran masa en movimiento.

-Autobús eléctrico a batería.

Los autobuses eléctricos a batería utilizan el mismo principio de los trolebuses, la diferencia es que lleva baterías para alimentar los motores eléctricos de este.
Existen distintas configuraciones para este tipo de bus, por ejemplo:

- Puede utilizar un solo motor eléctrico, el cual se conecta a un eje cardan para traspasar movimiento al eje trasero.
- Puede utilizar dos motores eléctricos en ruedas traseras o delanteras.
- Puede utilizar cuatro motores, uno en cada rueda.

En cuanto a sus baterías, utiliza tres baterías de plomo – acido libre de mantenimiento, trabaja a 24 [V], su carga lenta es de 5 [A], y carga rápida 50 [A].

Ventajas del uso del autobús eléctrico:

- Su mantenimiento es limpio y rápido, debido a la poca cantidad de componentes.
- Posee bajos costos de mantención.
- Genera bajos costos de consumo.

- No genera ruidos ambientales.
- Posibilidad de realizar mejoras.
- Posibilidad de que se vuelvan autónomos.

Desventajas del uso del autobús eléctrico:

- Para viajes largos, poseen poca autonomía en comparación a sus símiles a combustibles.
- Se requiere un equipo de mantenimiento capacitado debido a que es tecnología nueva.

1.1.3. Características generales de BYD K9FE

Principales Características Del Bus

- Bus 100% eléctrico
- Tiempo de carga: El tiempo de carga completa del vehículo es de 3h - 4h. El tiempo de carga real variará dependiendo de la capacidad de suministro de energía de los dispositivos de carga. En la figura 1 – 13 se observa el fácil acceso a la recarga del autobús.
- Capacidad: 104 pasajeros (47 sentados y 57 de pie).
- Mayor comodidad: Asientos blandos, mejoras de distribución de los espacios, aire acondicionado.
- Tecnología de punta: WIFI y cargador de celular USB en cada uno de los asientos para mayor conexión de los pasajeros.
- De fácil acceso: Con tres puertas de acceso, cuenta con piso bajo diseñado especialmente para el sistema de transporte público y rampla de acceso para personas con movilidad reducida. Asientos destinados para personas con movilidad reducida, timbre diferenciados, mejoras diseño de sujeción. Se refleja en la figura 1 -12.
- Muy bajo niveles de ruido y baja vibración debido a la estructura integrada con que cuenta con un solo cuerpo de alta resistencia.
- Mayor Seguridad: con 18 cámaras de seguridad.

- Mayor eficiencia de operación: Los buses eléctricos ofrecen una tecnología más económica ya que reduce los costos de operación hasta en un 76% frente a la tecnología diésel de los buses actuales.
- Autonomía de 320 Kilómetros de carga que permite entregar un servicio completo en jornada laboral de hasta cuatro recorridos al día con una sola carga.

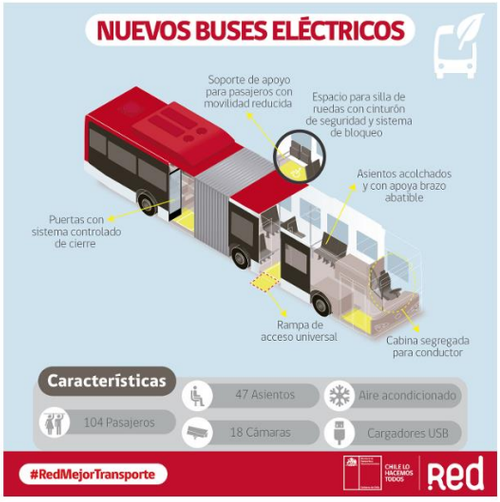


Figura 1-12 Nuevos buses eléctricos.

Fuente: http://www.electromov.cl/2019/05/07/ficha-tecnica-conoce-el-primer-bus-electrico-articulado-que-circulara-en-chile/

Figura: 1-13 diagrama de carga

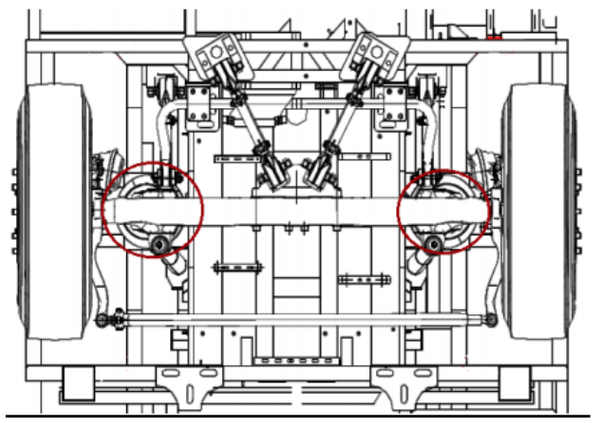
Fuente: https://www.xataka.com/vehiculos/este-autobus-ademas-de-ser-electrico-usa-energia-eolica-y-posee-un-diseno-traslucido

1.1.4. Estructura del autobús eléctrico BYD K9FE

BYD K9FE, clasifica en la categoría de autobús y articulados, esto quiere decir que se compone de un chasis monocasco el cual utiliza como propulsión dos motores eléctricos centrífugos sin escobilles instalados en el tren trasero de este. Analizando las partes que estructuran este tipo de autobús, se pueden encontrar las siguientes y más importantes.

Sistema de Suspensión:

Este funciona con amortiguación basada en el sistema de pulmones de aire (sistema ECAS), los cuales se utilizan en zonas donde la viabilidad no es la más adecuada; el



operador del autobús tiene la posibilidad de controlar la altura de la máquina gracias a este sistema con el fin de generar un recorrido más satisfactorio y a su vez esto genera menos daños debido a que la suspensión se adapta al camino. Este sistema de suspensión por pulmones de aire se compone por un sensor de altura además de un sensor de presión, un control remoto y válvula solenoide, gracias al buen funcionamiento de estos componentes, se logra regular la estabilidad del bus de manera que así se genere una conducción satisfactoria, esto ya que los sensores de altura y presión envía un pulso eléctrico a la unidad de control de manera que así se pueda reconocer el estado de la máquina para así estabilizar la máquina según sea necesario de manera que el sistema de suspensión de este autobús permite que mientras este vaya en movimiento, este se ajuste por ejemplo en curvas pronunciadas, este efecto se logra al liberar presión o al aumentar esta. Dicha presión se genera gracias a un compresor de aire el cual se conecta a bolsas de aire encargadas de estabilidad el bus.

Figura: 1-14 Sistema ECAS, eje delantero

Fuente: Autobús BYD K9FE Manual de reparación

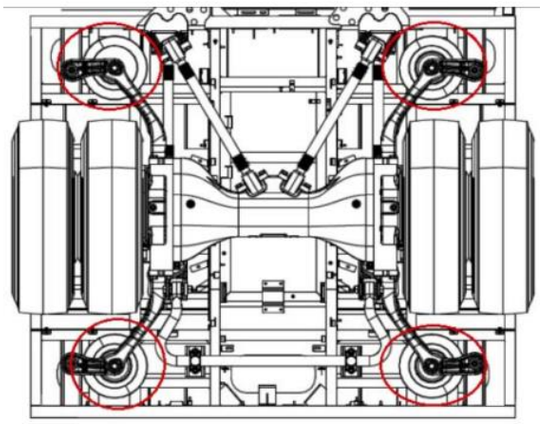


Figura: 1-15 Sistema ECAS, eje trasero

Fuente: Autobús BYD K9FE Manual de reparación

Sistema de freno:

Al igual que la suspensión, este funciona mediante aire comprimido lo que permite obtener un frenado más rápido, y a su vez permite que el autobús pueda transportar una mayor cantidad de pasajeros. El BYD K9FE cuenta con válvulas de seguridad las cuales, al detectar una falla en el sistema, genera un frenado controlado y rápido lo que permitiría prevenir accidentes en caso de falla del sistema de freno. Adicionalmente, los motores eléctricos con los que cuenta este autobús también contribuyen con el frenado de este, debido a que integran un sistema regenerativo de frenos, el cual funciona de manera que cuando el operador del autobús deja de acelerar, los motores eléctricos utilizan el movimiento del autobús aprovechando su inercia con el fin de recargar las baterías durante la desaceleración de este.

Energización:

Este autobús funciona mediante baterías instaladas en dos habitáculos correspondientes a la carga y energía de este dónde el voltaje utilizado es de 24 [v], uno de estos habitáculos se ubica cerca de la suspensión trasera mientras que el otro se encuentra sobre el techo del autobús. Tal como se mencionó anteriormente, existen otras formas de cargar las baterías además de la forma convencional mediante cable las cuales son aprovechando el frenado y deslizamiento por inercia; sin embargo, estos mecanismos deben ir acompañados de una capacitación para que el conductor aprenda técnicas y estrategias de cómo sacar el máximo rendimiento a la energía de una recarga.

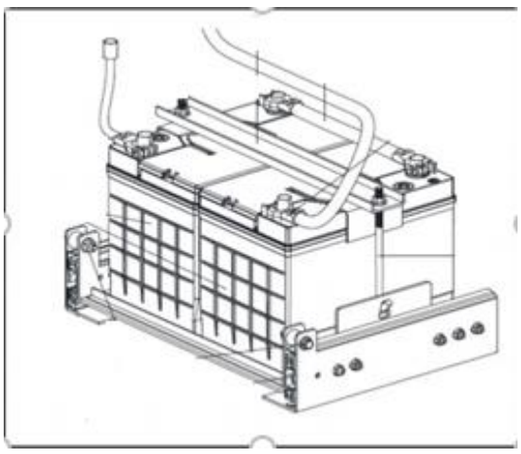


Figura 1-16: Batería

Fuente: Autobús BYD K9FE Manual de reparación

Motorización:

El motor correspondiente a este tipo de autobús corresponde al modelo BYD-2912TZ-XY-A, el tipo de motor del BYD K9FE corresponde a un motor síncrono de imán permanente. El fabricante de este motor es Changsha BYD Automóvil Industry Co., Ltd. En cuanto a la ubicación de este motor en el autobús, este se encuentra en el tren motriz de rueda de eje trasero. La máxima potencia de salida 150(x2) [kW] y el máximo torque de salida 550(x2) [Nm].

Sistema de dirección:

El sistema de dirección de este tipo de autobús consiste en dirección asistida electro- hidráulica, redirector de bola de recirculación y un volante ajustable a cuatro direcciones

Seguridad de vehículo:

Este autobús conserva un sistema de doble circuito y un dispositivo de alarma en caso de existir fugas eléctricas. Cabe destacar que el autobús BYD K9FE posee un dispositivo de extinción automática en el compartimiento posterior y batería en caso de alguna emergencia como fuego o falla eléctrica; el interruptor para alertar que hay una emergencia se encuentra en las puertas de pasajeros tanto en la parte delantera como trasera, vigas parachoques delantera y trasera, entre otros dispositivos de seguridad de emergencia. Gracias al sistema de grabación dispuesto en el autobús, se puede registrar la velocidad de este, el tiempo, distancia y más información sobre estado de marcha.

Cabe destacar que este autobús se compone por la función retardada de dirección, esto quiere decir que en casos de alguna incoherencia en la marcha o en un corte de alimentación de alto voltaje, el conductor posee la facilidad de estacionar el vehículo en una posición acorde al camino.

CAPITULO 2: SELECCIÓN DE UN PLAN DE MANTENCION Y MODIFICACIÓN DEL ACTUAL

2.1. PLANES DE MANTENIMIENTO

2.1.1. Tipos de planes de mantención:

Dentro del campo de la mecánica se pueden encontrar muchas y diversas maneras para encontrar el momento más exacto para realizar una revisión, una reparación o definitivamente un cambio en un componente.

Todas estas maneras se denominan estrategia o plan de mantención. Dentro de los más utilizados encontramos el plan de mantenimiento correctivo, plan de mantenimiento predictivo y plan de mantenimiento preventivo, cada uno de estos se explica a continuación.

2.1.1.1 Plan de mantenimiento correctivo:

Este tipo de mantenimiento fue el primero en ser utilizado a lo largo de la historia, hoy en día se lamenta que existan muchas empresas que aún no reformulan su plan de mantenimiento y traten de poder modernizar sus técnicas y estrategias de mantención.

Se basa en la reparación al momento de producirse la falla sin previo aviso. Esto quiere decir que el mantenimiento se guía según el azar, siendo que debería ser guiado por los profesionales a cargo de la máquina.

En la industria y en el área automotriz específicamente es muy alto el porcentaje de compañías y empresas que abocan sus fuerzas en realizar mantenimiento correctivo, generando grandes gastos y desgaste humano. En la mayoría de estas empresas se encuentran encargados de mantenimiento que explican que la implementación de planes de mantenimiento más modernos en sus empresas, en donde se apliquen: sistemas de gestión del mantenimiento, análisis de fallas e incluso hasta un simple plan de mantenimiento. No estarían aplicando debido a que en la teoría se ve interesante y resulta, pero en la práctica en sus lugares de operación no podrían ser aplicables. Debido a que en su opinión hay que lograr sacar el máximo rendimiento a cada componente para generar ahorro.

Debido a lo expuesto anteriormente, se puede deducir que habría una gran cantidad de motivos por los cuales, los mantenimientos de máquinas, equipos y/o vehículos deberían ser planteados según una planificación, con el fin de no detener la producción ni

generar gastos innecesarios de tiempo debido a la falta organización y conocimiento por parte del personal encargado del área.

A continuación, se plantean los principales motivos para no utilizar este tipo de mantenimiento en la actualidad:

- Generan un alto costo en refacciones, horas hombre y detenciones de producción. Generalmente los gastos provocados por este último ítem superan con creces el costo de reparación o mantención de un componente.
- Una de las principales características que se busca al momento de si quiera pensar en realizar la compra de un equipo es la fiabilidad, para lograr que se cumpla a cabalidad con esta característica, se requiere lograr llevar a cabo el menor tiempo de detenciones de producción y la única manera en que esto se podría lograr seria realizando los mantenimientos programados los cuales aseguran una más fácil extracción de piezas en comparación a que estas mismas estuviesen destruidas al interior del equipo.
- Otro factor que vale la pena resaltar es la seguridad para el operador o los trabajadores cercanos, generalmente una falla catastrófica la cual genere que el equipo no pueda seguir en funcionamiento, podría llegar a causar graves lesiones en caso de que algún fragmento pueda resultar expulsado desde la máquina e impactar a un trabajador incluso causando su muerte.

2.1.1.2 Plan de mantenimiento predictivo:

Este plan de mantenimiento consiste en pronosticar futuras fallas de componentes pertenecientes a maquinas. A partir de esta técnica, el componente que se pronostica que fracase en su funcionamiento, se puede reemplazar con base a este plan de mantenimiento antes de que la pieza falle, de esta forma, el tiempo muerto del equipo se minimiza y la duración en el tiempo del componente se maximiza.

El uso de este tipo de mantenimiento se basa en realizar una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la variable componente[1]. Esta relación se puede medir a través de lecturas en intervalos de manera periódica, de modo que se repita esta acción hasta que el componente falle (ejemplo: vibración de un cojinete, resistencia del aislamiento de la bobina de un motor o temperatura de conexiones eléctricas). Los

pasos por seguir, de manera general para realizar este tipo de plan de mantención son; en primer lugar, reconocer un problema, luego localizar la causa del problema a través de las lecturas de intervalo mencionadas anteriormente y por último se debe encontrar la solución del problema. Dentro de las ventajas que posee utilizar este tipo de plan de mantención es el hecho de que al saber previamente que un componente puede fallar, permite ahorrar costes de producción y mejorar la calidad de esta misma, además genera mayor confiabilidad ya que se utilizan aparatos especializados y personal capacitado lo cual puede generar resultados más exactos en una presunta falla.

A continuación, se plantean los principales motivos para no utilizar este tipo de mantenimiento en la actualidad:

- Cada vez que existe un daño, se requiere de una programación, lo que implica mayor tiempo ya que se requiere realizar una segunda revisión, por lo que una urgencia también requiere una programación.
- Requiere equipos costosos. Este plan de mantención se basa en la precisión, por lo que usualmente los equipos utilizados para la detección de problemas son costosos.
- Quienes realizan este tipo de plan de mantención deben ser personas altamente calificadas, esto también genera un alza en los costos.

2.1.1.3 Plan de mantenimiento preventivo:

Este plan consiste en un documento que se crea anualmente por parte del gestor de mantenimiento, el cual cuenta con un listado de los equipos y de los tiempos en que este equipo debe ser chequeado a lo largo de un año. En este plan se realiza una descripción de las partes de una maquina divididas además de presentar una lista con las tareas asociadas a cada uno de los componentes. El principal objetivo de este plan de mantenimiento es garantizar que los equipos se encuentren revisados con sus respectivas mediciones, de modo de que el equipo cumpla un funcionamiento pleno de modo de asegurar seguridad e higiene en el mismo. La elaboración de este plan de mantenimiento comienza por el inventario de equipos existentes y enlistarlos, luego cada uno de los equipos posee sus tareas asociadas para que así el gestor pueda determinar y observar las mediciones que se van a realizar con cada equipo de acuerdo con lo que especifique la ficha técnica otorgada por el fabricante; de acuerdo a las normas vigentes y a las recomendaciones realizadas por el fabricante de manera que así el gestor podrá determinar con qué frecuencia se realizarán las mantenciones, luego de obtener información, la gestión de mantenimiento tiene su PMP preparado para llevarlo a cabo.

El desafío del gestor de mantenimiento es garantizar el cumplimiento da cada labor a realizar, para lograr este objetivo este plan se puede apoyar en un sistema de gestión de mantenimiento en vez de utilizar solo el programa Excel de manera que así se puede tener más control de las operaciones.

A continuación, se plantean los principales motivos para no utilizar este tipo de mantenimiento en la actualidad:

Utilizando este tipo de plan de mantenimiento, es difícil determinar el nivel de desgaste de las piezas que conforman un equipo

Es necesario que las personas encargadas de mantenimiento sean expertos en la materia y además se requiere que sigan las sugerencias realizadas por el fabricante.

2.1.1.4 Diagrama de flujo plan de mantención preventivo

Los diagramas de flujo sirven para organizar los procedimientos asociados a los planes de mantenimientos, entregan la información referente a los pasos a seguir en el proceso de mantención, se utilizan para además dar indicios en cuanto a la toma de decisiones para seguir los planes de mantención.

En el diagrama de flujo de plan de mantenimiento preventivo puede dar inicio de dos maneras, en primer lugar, puede ser mediante una planificación la cual según kilometraje o horas se determina si ha llegado el momento de realizar mantención o una reparación de componentes. Otra manera seria mediante el reporte directo de una falla por parte de un operador, en ambos casos el procedimiento hacia adelante es el mismo.

A continuación, a modo de ejemplo, se realiza la búsqueda de falla o necesidad de mantenimiento, en donde se dirime si el equipo se encuentra dañado, requiere mantención, o si se encuentra en óptimas condiciones.

En caso de encontrarse en óptimas condiciones el equipo vuelve a trabajo y se da por finalizada esa rama del diagrama.

En caso de presentar algún problema, el equipo debe ser retirado y notificar que este entrara en detención.

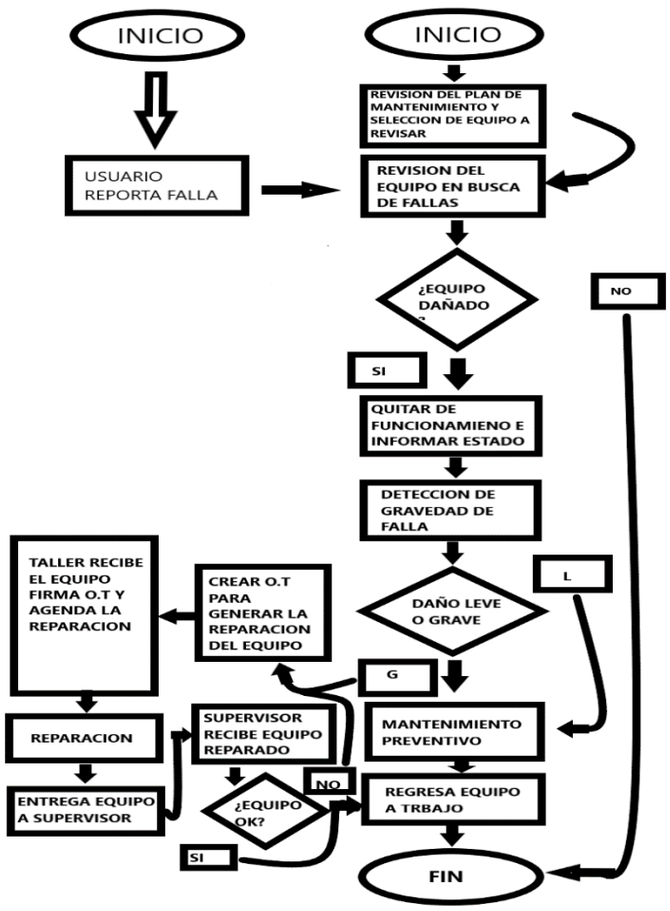
Luego se debe determinar la gravedad del problema, si solo requiere mantenimiento (leve) o si requiere reparación (grave).

En caso de ser leve ver la programación de mantención dictada por el plan de mantenimiento y realizar.

En caso de ser grave crear O.T e ingresar a taller, evaluar y comenzar la reparación o cambio de componentes.

Una vez realizado entregar a control de calidad para asegurar el buen funcionamiento y devolver a trabajo.

En caso de mantenimiento finalizar y entregar a trabajo.



2.1.2. Selección plan de mantención y motivos

El plan de mantención que será utilizado en esta propuesta será, preventivo, debido a que en el caso específico de los autobuses BYD K9FE se presentan en condiciones que exigen una modificación en el plan creado por el fabricante. Donde los tiempos de mantención serán modificados para hacer frente a la realidad país. Donde cumplirá funciones este vehículo será bajo condiciones donde el pavimiento está en mal estado entre otras condiciones especiales que el fabricante no consideró en su plan, disminuyendo así los tiempos de detención de cada máquina y también así, disminuyendo los costos que significa una maquina en mantención.

Para estos efectos, se harán propuestas para el plan actual del fabricante que a continuación se irán detallando caso a caso, dando razones y pruebas para modificar los tiempos y uso de la máquina, donde también se mencionaran aspectos propuestos para nuestros país y la realidad de la vialidad chilena que presenta condiciones específicas que no son consideradas en el plan del fabricante, por lo tanto se le harán modificaciones a los planes actuales, debido a que es necesario para ser aplicado y probado en nuestras calles.

Anteriormente se dieron distintas visiones sobre algunos planes de mantención de la maquinaria, a continuación, se pondrá en evidencia ejemplos de cómo son las condiciones de las calles en la región metropolitana, donde hay grietas y desniveles que afectará más tempranamente a la parte inferior como son el sistema de dirección y de suspensión, haciendo imperante su revisión preventiva o en otros casos, donde se sugiere revisar los filtros de polen debido al exceso de polvo en el ambiente, pero al ser una zona urbana donde trabajaran los buses, pasa a segundo plano hacer este tipo de Revisión dando prioridad a la prevención de incidencias que conllevarán un mayor tiempo de detención en un taller como lo son los neumáticos y los sistemas de dirección y de suspensión como mencionamos anteriormente por la problemática de las calles.

Para lograr los objetivos manifestados se pondrá en contraste los planes del fabricante versus el plan propuesto y se detallaran cada una de sus partes para explicar el porqué de cada modificación

2.2. PLAN DE MANTENIMIENTO DE FÁBRICA

En las siguientes tablas se refleja el plan de mantenimiento preventivo actualmente utilizado por BYD Chile, para mantener sus autobuses, sus principales características son las siguientes:

División de los mantenimientos según proyecto, esto quiere decir que lo dividen en áreas del proceso de mantención, como por ejemplo Sistema de Freno; Tren Motriz; Sistema de dirección; Sistema de marcha, etc.…

Otra característica es la manera en que representan los intervalos de mantenimiento, debido a que no es una tabla clara y prolija, requiere una ardua revisión punto por punto para saber si el equipo requiere o no mantenimiento en cierto kilometraje o tiempo.

Combina el periodo de rodaje con los intervalos de mantenimiento, lo que eventualmente podría generar complicaciones al momento de entender cuáles son los mantenimientos que hay que realizar y los que no.

Tabla de plan de mantenimiento						
Intervalo de mantenimient / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km)	Período de rodaje <5000km	5	15	30	60
	Ciclo de reemplazo (mes)		Mensual	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada 12 meses
Tren motriz	Revise o cambie el aceite de engranajes del eje motriz de rueda, tapón de drenaje M22×1.5×18, 35N.m	R	I		R	
	Revise y mantenga los arneses de alto y bajo voltaje de motor de rueda	I	I			
	Revise el estado de rendimiento de aceleración y deceleración	I	I			
	Limpie el tapón respiradero	C	C			
	Revise el conjunto de radiador de aceite, perno M8, 25N.m		I			
	Reemplace el filtro				R	
	Reemplace el aceite de motor				R	
Anti-corrosión de chasis	Revise si las abrazaderas, soportes, juntas, tubos tienen óxido, y aplique la medida anti-corrosiva secundaria					I
	Revise los componentes o los puntos desgastados por choques, determine si es necesario desoxidar, moler y pintar					I
Sistema de freno	Revise la carrera libre del pedal de freno	I	I			
	Revise las piezas de fijación del sistema de freno	I	I			
	Revise si existen daños, fugas de aceite o aire en los tubos y mangueras de freno	I	I			
	Revise el rendimiento del freno de servicio y freno de estacionamiento	I	I			

Tabla 1-1: Tabla de Mantenimiento tren motriz, anticorrosión de chasis y sistema de freno

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km)	Período de rodaje <5000km	5	15	30	60
	Ciclo de reemplazo (mes)		Mensual	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada 12 meses
Sistema de freno	Revise el secador de aire, reemplace el desecante		I			I、R
	Limpie el condensador					C
	Revise ECU, ABS	I		I		
Compresor de aire	Limpie/reemplace el elemento de filtro de admisión	R	I	R		
	Revise/ajuste los conectores, sujetadores, tubos, juntas	I	I			
	Revise las almohadillas	I	I			
	Otros proyectos de mantenimiento véanse el manual de operación de compresor de aire correspondiente al modelo, reemplace el filtro de aceite en caso de compresor de aire con aceite					
Sistema de dirección	Revise el apriete de los diversos pernos y tuercas en el sistema de dirección	I	I			
	Revise si existe fuga de aceite o daño externo en el redirector	I	I			
	Revise el apriete de las rótulas en la barra y el tirante de dirección	I	I			
	Revise si la bomba de dirección eléctrica funciona correctamente	I	I			
	Revise si existe agrietamiento o daño en la almohadilla de goma del motor de dirección		I			

Tabla 1-2: Tabla de Mantenimiento compresor de aire y sistema de dirección

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version.

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km)	Período de rodaje <5000km	5	15	30	60
	Ciclo de reemplazo (mes)		Mensual	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada 12 meses
Sistema de dirección	Revise el eje de transmisión	I		I		
	Revise si la función retardada de dirección está normal				I	
	Revise si hay fuga o daño en las juntas de tubos de dirección	I	I			
	Revise los tubos del sistema de dirección (tubos no metálicos)	I	I			
	Revise el conjunto de barras de dirección y conjunto de juntas	I	I			
	★Reemplace el líquido de dirección, limpie el depósito, y reemplace el elemento de filtro	R	Reemplace por cada 24 meses o 120,000km (R)			
Sistema de refrigeración	Revise si el ventilador electrónico, la bomba de agua eléctrica funcionan correctamente	I	I			
	★Reemplace el refrigerante		Reemplace por cada 24 meses o 120,000km (R)			
	Revise las mangueras de goma del sistema de refrigeración					I
Sistema de marcha	Revise las piezas de fijación de suspensiones	I	I			
	Revise los amortiguadores	I	I			
	Revise los casquillos de suspensiones	I	I			
	Revise las bolsas de aire	I	I			

Tabla 1-3: Tabla de Mantenimiento sistema de dirección, refrigeración y marcha

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km)	Período de rodaje <5000km	5	15	30	60
	Ciclo de reemplazo (mes)		Mensual	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada 12 meses
Sistema de marcha	Añada el aceite	R	R			
	Revise nudillo de dirección, sello, brazo de nudillo, piezas de fijación	I			I	
	Revise el cubo delantero, la base de rodamiento	I			I	
	Revise los pernos de nudillo de dirección, pernos de rueda	I			I	
	Remonte el cubo delantero, ajuste el juego de rodamiento	I			I	
	Revise las barras de dirección y rótulas	I		I		
	Revise la convergencia delantera y el ángulo de dirección	I		I		
	Juego entre el pivote y casquillo de dirección	I		I		
	Torque de accionamiento de nudillo de dirección	I			I	
	Limpieza de discos de freno y pinzas de freno	I		I		
	Revise el juego de freno			I		
	Revise la cámara de freno			I		
	Revise los discos de fricción				I、R	
	Revise los platos de freno				I	
	Revise la función de autoajuste			I		
	Revise el cuerpo de pinza de freno			I		

Tabla 1-4: Tabla de Mantenimiento de sistema de marcha

Fuente: Autobus_K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km) / Ciclo de reemplazo (mes)	Período de rodaje <5000km	5 / Mensual	15 / Cada 3 meses	30 / Cada 6 meses	60 / Cada 12 meses
Sistema de marcha	Revise la presión de neumáticos y el torque de apriete de los pernos y tuercas de rueda	I	I			
	Revise si los puntos de lubricación del vehículo están completamente lubricados	I	I			
	Limpie los ejes delantero y trasero y el conjunto de rueda	C	C			
	Revise el apriete de las tuercas de rueda	I	I			
	Revise si los neumáticos están desgastados anormal	I	I			
	Revise si la banda de rodadura de neumático está perforada por objeto extraño	I	I			
	Revise si existe daño y deformación en el conjunto de neumático	I	I			
	Intercambio de neumáticos			R		
Batería	Revise el apriete de los conectores de batería		I			
	Revise el voltaje de célula de batería		I			
	Revise si los polos positivo y negativo de batería están ablados			I		
	Revise el cuerpo de batería			I		
	Reemplace la batería		Revise por cada 12 meses o 60,000km (I); Reemplace por cada 24 meses o 120,000km (R)			

Tabla 1-5: Tabla de Mantenimiento de sistema de marcha y batería

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km) / Ciclo de reemplazo (mes)	Período de rodaje <5000km	5 / Mensual	15 / Cada 3 meses	30 / Cada 6 meses	60 / Cada 12 meses
Cámara exterior	Revise si las imágenes de la cámara exterior son borrosas		C			
Sistema de iluminación	Revise el estado de iluminación del vehículo		I			
Controlador CC y motor auxiliar	Revise si los conectores de bajo voltaje del controlador están bien conectados	I	I			
	Revise si los conectores de alto voltaje del controlador están bien conectados	I	I			
	Revise si los tubos de entrada y salida de agua del controlador están conectados fiablemente, sin fuga	I	I			
	Revise si los pernos de soporte fijo están apretados fiablemente	I	I			
24V a 400V Conjunto de convertidor CC-CC	Revise si los conectores de bajo voltaje del controlador están bien conectados	I	I			
	Revise si los conectores de alto voltaje del controlador están bien conectados	I	I			
	Revise si los pernos de soporte fijo están apretados fiablemente	I	I			
Controlador de motor de conducción	Revise si los conectores de bajo voltaje del controlador están bien conectados	I	I			
	Revise si los conectores de alto voltaje del controlador están bien conectados	I	I			

Tabla 1-6: Tabla de Mantenimiento de cámara exterior, sistema de iluminación, controlador CC y motor auxiliar y controlador de motor de conduccion

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km) / Ciclo de reemplazo (mes)	Período de rodaje <5000km	5 / Mensual	15 / Cada 3 meses	30 / Cada 6 meses	60 / Cada 12 meses
Controlador de motor de conducción	Revise si los tubos de entrada y salida de agua del controlador están conectados fiablemente, sin fuga	I	I			
	Revise si los pernos de soporte fijo están apretados fiablemente	I	I			
Arnés de bajo voltaje	Revise si los arneses de bajo voltaje están desgastados, si están bien fijados		I			
Arnés de alto voltaje	Revise si los arneses de alto voltaje están desgastados, si están bien fijados			I		
Caja de distribución de alto voltaje	Revise si los conectores de la caja de distribución de alto voltaje están flojos			I		
Revisión de fuga eléctrica de vehículo	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD				I	I
Revisión de capacidad de batería	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD				I	I
Revisión de batería de energía	Revise el código de falla BMS				I	I
	Revise la temperatura de batería de energía				I	I
	Revise el voltaje de batería de energía				I	I
Revisión de sistema de batería de energía	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD		Revise por cada 12 meses o 60,000km (I)			
Revisión de introducción de cable de energía de paquete de batería inferior	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD			I	I	I

Tabla 1-7: Tabla de Mantenimiento de sistema de energía

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km) / Ciclo de reemplazo (mes)	Período de rodaje <5000km	5 / Mensual	15 / Cada 3 meses	30 / Cada 6 meses	60 / Cada 12 meses
Interruptor de mantenimiento	Revise los pernos y tuercas de fijación de interruptor de mantenimiento M8×1.25, 25±2N•m					I
	Revise los terminales del interruptor de mantenimiento					I
Revisión de introducción de arnés	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD			I		
Sistema de puerta de compartimiento	Revise si la bisagra de goma está agrietada			I		
	Revise si los brazos superior e inferior y los pernos de fijación de base están flojos				I	
	Revise si las tuercas de bloqueo del conector de vástago de cilindro y balancín están flojas				I	
	Si los pernos de fijación de otras piezas están flojos				I	
	Revise si la función de cerradura de puerta está normal, si las piezas de fijación están fiables, sin flojera			I		
	Revise si las tiras de goma de la puerta de compartimiento están envejecidas				I	
	Revise si las bisagras están flojas				I	
Puerta para pasajeros de vaivén interior (corrediza)	Revise si las tuercas de bloqueo del conector de vástago de cilindro y balancín están flojas			I		
	Revise si los brazos superior e inferior y los pernos de fijación de base están flojos			I		

Tabla 1-8: Tabla de Mantenimiento puertas de pasajeros y compartimientos.

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km)	Período de rodaje <5000km	5	15	30	60
	Ciclo de reemplazo (mes)		Mensual	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada 12 meses
Puerta para pasajeros de vaivén interior (corrediza)	Revise si los pernos de fijación de soporte de rueda guía y rueda guía están flojos			I		
	Revise si los pernos de fijación de bloque de tope y apoyabrazos están flojos			I		
	Revise si los interruptores de control, interruptores de carrera están flojas, si los terminales están conectados fiablemente			I		
	Revise si exste fuga de aire en válvula solenoide, filtro, cilindro, tubería, juntas de tubo			I		
	Drene agua de filtro		I			
	Lubricación: Rodamiento en conexión entre bandeja y eje, rodamiento en conexión entre eje y base, manguito de conexión de brazos superior e inferior y panel de puerta, pasador en conexión entre cilindro y balancín, rueda guía y ranura corrediza;			R		
Válvula de emergencia de puerta	Revise la apariencia de válvula de emergencia, si la tapa de válvula está envejecida o agrietada			I		
	Si la válvula de emergencia de perilla tiene fenómeno de atasco			I		
	Revise si la alarma de válvula de emergencia es normal			I		

Tabla 1-9: Tabla de Mantenimiento de válvulas de emergencia

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km)	Período de rodaje <5000km	5	15	30	60
	Ciclo de reemplazo (mes)		Mensual	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada 12 meses
Retrovisores	Revise si los pernos de montaje de retrovisor están flojos			I		
	Revise si el espejo y la cáscara de retrovisor está roto, limpie el espejo		C	I		
	Revise si el campo de visión de retrovisor es apropiado, ajuste la posición de espejo		I			
Vidrio	Revise si el vidrio está dañado y rayado, limpie las superficies interna y externa de vidrio		C	I		
	Revise si la ventana corrediza está rota o floja, si algunas piezas están desprendidas		I			
Tragaluces de seguridad	Revise si la apariencia de tragaluces de seguridad está intacta y limpia, si la etiqueta de producto está intacta			I		
	Abra manualmente el tragaluces, revise si las tiras selladas están rotas			I		

Tabla 1-10: Tabla de Mantenimiento retrovisores y vidrios

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

Intervalo de mantenimiento / Proyecto de mantenimiento	Kilometraje (×1,000km)	Período de rodaje <5000km	5	15	30	60
	Ciclo de reemplazo (mes)		Mensual	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada 12 meses
Sistema de limpiaparabrisas	Revise si los tornillos en motor de limpiaparabrisas y de otras partes están flojos, se centra en revisar las tuercas en eje y brazo de limpiaparabrisas			I		
	Llene aceite en las partes giratorias de mecanismo de limpiaparabrisas				R	
	Reemplace la hoja de limpiaparabrisas				R	
Accesorios	Revise el indicador de presión del extintor de mano, si el puntero no está en el área verde o está abierto, debe entregar a la unidad de reparación profesional para reinstalar después de revisión.		I			
	Revise el período válido de la pila de martillo de seguridad, si supera 1 año de la fecha de fabricación o el sonido de alarma debilita, debe reemplazar la pila.		I			
	Revise si las etiquetas de advertencia de seguridad están sucias, dañadas, pérdidas, y reemplace si es necesario. Incluyendo pero no limitados a las etiquetas de abrocharse cinturón de seguridad, salidas de emergencia (izquierda y derecha), válvula de control de emergencia de puerta para pasajeros, extintores, martillos de seguridad.		I			
	Revise si los pernos y tuercas de bloqueo de los componentes de conexión del apoyabrazos y asiento están flojos			I		

Tabla 1-11: Tabla de Mantenimiento accesorios y sistema de limpiaparabrisas

Fuente: Autobús K9FE Maintenance Manual Spanish Version

I: Revisar, corregir o reemplazar si es necesario

R: Reemplazar, cambiar o lubricar

C: Limpiar

★: Representa los proyectos de ciclo de mantenimiento especial, debe prestar atención.

2.3. PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento modificado. Luego de investigar las tolerancias y durabilidad de las partes, piezas y sistemas indicados en el plan de mantenimiento original.

Las siguientes tablas fueron distribuidas de manera similar a las anteriores en cuanto a la división punto a punto de los conceptos de mantención.

Destacadas se encuentran los puntos que sufrieron variaciones mayores en sus ciclos de mantenimiento, debido a muchas detenciones innecesarias por parte de BYD, las que en su mayoría fueron alargados los plazos de mantenimiento. Estos puntos son explicados más en profundidad en el siguiente capítulo. Y así mismo se explican los resultados obtenidos en el archivo de investigación y comparación de tiempos, costos y cantidad de detenciones contempladas.

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Cámara exterior	Revise si las imágenes de la camara exterior son borrosas	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sistema de Iluminacion	Revise el estado de la iluminación del vehiculo	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Controlador CC y motor auxiliar	Revise si los conectores de bajo voltaje del controlador estan bien conectados	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los conectores de alto voltaje del controlador estan bien conectados	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los tubos de entrada y salida de agua del controlador estan conectados fiablemente, sin	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los pernos de soporte fijo estan apretados fiablemente	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
24[V] a 400[V]: Conjunto de convertidor CC-CC	Revise si los conectores de bajo voltaje del controlador estan bien conectados	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los conectores de alto voltaje del controlador estan bien conectados	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los pernos de soporte fijo estan apretados fiablemente	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Controlador de motro de conducción	Revise si los conectores de bajo voltaje del controlador estan bien conectados	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los conectores de alto voltaje del controlador estan bien conectados	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Tren Motriz	Revise o cambie el aceite de engranajes del eje motriz de rueda,tapón de drenaje. M22 x 1,5 x 18,35N.m	R		I	R		I	R		I	R		I	R	
	Revise y mantenga los arneses de alto y bajo voltaje de motor de rueda	I			I			I			I			I	
	Revise el estado de rendimiento de aceleración y desaceleración.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Limpie el tapón respiratorio	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Revise el conjunto de radiador de aceite, perno M8,25N.m		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Remplace el filtro				R			R			R			R	
	Remplace el aceite de motor				R			R			R			R	
Anti-corrosión de chasis	Revise si las abrazaderas, soportes, juntas, tubos tienen oxido, y aplique la medida anti-corrosiva secundaria.					I				I				I	
	Revise los componentes o los puntos desgastados por choques, determine si es necesario desoxidar, moler y pintar.					I				I				I	
Sistema de freno	Revise la carrera libre del pedal de freno	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si las piezas de fijación del sistema de freno	I			I			I			I			I	
	Revise si existen daños, fugas de aceite o aire en los tubos y mangueras de freno	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise el rendimiento del freno de servicio y freno de estacionamiento	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Tabla 2-1: Tabla de Mantenimiento propuesta del tren motriz, sistema de freno

Fuente: Creación propia a partir de tablas de serie sobre sistema de freno

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Sistema de dirección	Revise el eje de transmisión	I			I			I			I			I	
	Revise si la función retardada de dirección está normal				I			I			I			I	
	Revise si hay fuga o daño en las juntas de tubos de dirección	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise los tubos del sistema de dirección (tubos no metalicos)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise el conjunto de barras de dirección y conjunto de juntas.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Reemplace el liquido de direccion, limpie el deposito, y reempkace el elemento del filtro	R	Reemplace por cada 24 meses o 120.000 Km. (R)												
Sistema de refigeración	Revise si el ventilador electronico, la bomba de agua electrica funcionan correctamente	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Remplace el refigerante		Reemplace por cada 24 meses o 120.000 Km. (R)												
	Revise las mangueras de goma del sistema de refigeración	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Sistema de marcha	Revise las piezas de fijación de suspensiones	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise los amortiguadores	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise los casquillos de suspensiones	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise las bolsas de aire	I		I		I		I		I		I		I	

Tabla 2-2: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de dirección, refrigeración y marcha

Fuente: Creación propia a partir de tablas de serie

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Puerta para pasajeros de vaivén interior (corrediza)	Revise si los pernos de fijación de soporte de rueda guía y rueda guía están flojos			I		I		I		I		I		I	
	Revise si los pernos de fijación de bloque de tope y apoya brazos están flojos			I		I		I		I		I		I	
	Revise si los interruptores de control, interruptores de carrera están flojas, si los terminales están conectados fiablemente			I		I		I		I		I		I	
	Revise si existe fuga de aire en la valvula solenoide, filtro, cilindro, tubería, juntas de tubo			I		I		I		I		I		I	
	Drene agua de filtro		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Lubricación: Rodamiento en conexión entre bandeja y eje, rodamiento en conexión entre eje y base, manguito de conexión de brazos superior e inferior y panel de puerta, pasador en conexión entre cilindro y balancin, rueda guía y ranura corrediza			R		R		R		R		R		R	
Válvula de emergencia de puerta	Revise la apariencia de válvula de emergenía, si la tapa de válvula está envejecida o agrietada			I		I		I		I		I		I	
	Si la válvula de emergencia de perilla tiene fenomeno de atasco			I		I		I		I		I		I	
	Revise si la alarma de la válvula de eergencia es normal			I		I		I		I		I		I	

Tabla 2-3: Tabla de Mantenimiento propuesta de válvulas de emergencia de puertas

Fuente: Creación propia a partir de tablas de serie

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Sistema de marcha	Añada el aceite	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Revise nudillo de dirección, sello, brazo de nudillo, piezas de fijación.	I			I			I			I			I	
	Revise el cubo delantero, la base de rodamiento	I			I			I			I			I	
	Revise los pernos de nudillo de dirección, pernos de rueda	I			I			I			I			I	
	Remonte el cubo delantero, ajuste el juego de rodamiento	I			I			I			I			I	
	Revise las barras de dirección y rotulas	I			I			I			I			I	
	Revise la convergencia delantera y el angulo de dirección	I			I			I			I			I	
	Juego entre el pivote y casquillo de dirección	I			I			I			I			I	
	Torque de accionamiento de nudillo de dirección	I			I			I			I			I	
	Limpieza de discos de freno y pinzas de freno	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise el juego de freno	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise la camara de freno	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise los discos de fricción	I			I			I			I			I	
	Revise los platos de freno	I			I			I			I			I	
	Revise la función de autoajuste	I		I		I		I		I		I		I	
	Revisar el cuerpo de pinza de freno	I		I		I		I		I		I		I	

Tabla 2-4: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de marcha

Fuente: Creación propia a partir de tablas de serie

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Controlador de motor de conducción	Revise si los tubos de entrada y salida de agua del controlador están conectados fiablemente	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los pernos de soporte fijo están apretados fiablemente	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Arnés de bajo voltaje	Revise si los arneses de bajo voltaje están desgastados , ademas si están bien fijados		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Arnés de alto voltaje	Revise si los arneses de alto voltaje están desgastados, ademas si estan bien fijados		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Caja de distribución de alto voltaje	Revise si los conectores de la caja de distribución de alto voltaje están flojos		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Revisión de fuga electrica de vehículo	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD				I			I			I			I	
Revisión de capacidad de batería	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD				I			I			I			I	
Revision de bateria de energía	Revise el código de falla BMS				I			I			I			I	
	Revise la temperatura de batería de energía				I			I			I			I	
	Revise el voltaje de batería de energía				I			I			I			I	
Revisión del sistema de batería de energía	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD	Revise por cada 12 meses o 60.000Km (I)													
Revisión de introducción de cable de energía de paquete de batería inferior	Debe contactar con el personal de venta y servicio de BYD			I		I		I		I		I		I	

Tabla 2-5: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de energía

Fuente: Creación propia a partir de tablas se serie

Intervalo de mantenimientos	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
proyectos de mantenimiento	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Retrovisores	Revise si los pernos de montaje de retrovisor estan flojos			I		I		I		I		I		I	
	Revise si el espejo y la cáscara de retrovisor está roto, limpie el espejo.		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Revise si el campo de visión de retrovisor es apropiado, ajuste la posición del espejo.		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Vidrio	Revise si el vidrio esta dañado y rayado, limpie las superficie interna y externa de vidrio		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Revise si la ventana corrediza esta rota o floja y si algunas piezas estan desprendidas		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Tragaluces de seguridad	Revise si la apariencia de tragaluces de seguridad esta intacta y limpia. Ademas, si la etiqueta del producto esta intacta.			I		I		I		I		I		I	
	Abra manualmente el tragaluces, revise si las tiras selladas están rotas.			I		I		I		I		I		I	

Tabla 2-6: Tabla de Mantenimiento propuesta de vidrios y tragaluces de seguridad

Fuente: Creación propia a partir de tablas de serie

Intervalo de mantenimientos	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
proyectos de mantenimiento	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Sistema de limpiaparabrisas	Revise si los tornillos en motor de limpiaparabrisas y de otras partes están flojas, se centra en revisar las tuercas en eje y brazode limpiaparabrisas			I		I		I		I		I		I	
	Llene de aceite en las partes giratorias del mecanismo de limpiaparabrisas				R			R			R			R	
	Reeplace la hoja de limpia parabrisas				R			R			R			R	
Accesorios	Revise el indicador de presión del extintor de mano, si el puntero no está en el área verde o está abierto, debe entregar a la unidad de reparación profesional para reinstalar despues de revisión.		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise el periodo valido de la pila de martillo de seguridad, si supera 1 año de la fecha de fabricación o el sonido de alarma esta debilitado, debe remplazar la pila.		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si las etiquetas de advertencia de seguridad están sucias, dañadas, pérdidas, y reemplace si es necesario. Incluyendo pero no limitadas las etiquetas de abrocharse cinturón de seguridad, salidad de emergencia (izquierda y derecha), válvula de control de emergencia de puerta para pasajeros, extintores, martillos de seguridad.		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los pernos y tuercas de bloqueo de los componentes de conexión del apoyabrazos y asientos están flojos			I		I		I		I		I		I	

Tabla 2-7: Tabla de Mantenimiento propuesta de accesorios y sistema de limpiaparabrisas

Fuente: Creación propia a partir de tablas se serie

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Sistema de marcha	Revise la presión de neumaticos y el torque de apriete de los pernos y tuercas de rueda	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los puntos de lubricación del vehículo estan completamente lubricados	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Limpie los ejes delanteros y traseros, ademas el conjunto de rueda	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Revise el apriete de las tuercas de rueda	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los neumaticos están desgastados	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si la banda rodadura de neumatico esta perforada por objeto extraño	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si existe daño y deformación en el conjunto de neumatico	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Intercambio de neumaticos			R		R		R		R		R		R	
Batería	Revise el apriete de los conectores de batería	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise el voltaje de célula de batería	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si los polos positivos y negativo de la batería estan ablados			I		I		I		I		I		I	
	Revise el cuerpo de batería			I		I		I		I		I		I	
	Reemplace la batería	Revise por cada 12 meses o 60.000Km (I); Reemplace por cada 24 meses o 120.000Km (R)													

Tabla 2-8: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de marcha y batería

Fuente: Creación propia a partir de tablas se serie

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Interruptor de mantenimiento	Revise los pernos y tuercas de fijación de interruptor de mantenimiento M8x1,25+-2N.m							I						I	
	Revise los terminales del interruptor de mantenimiento							I						I	
Revisión de introducción de arnés	Debe contactar con el personal de venta y servicios de BYD			I		I		I		I		I		I	
Sistema de puerta de comportamiento	Revise si la bisagra de goma esta agrietada			I		I		I		I		I		I	
	Revise si los brazos superior e inferior y los pernos de fijacion de base están flojos				I			I			I			I	
	Revise si las tuercas de bloqueo del conector de vástago de cilindro y balancín estan flojos				I			I			I			I	
	Si los pernos de fijación de otras piezas están flojos				I			I			I			I	
	Revise si la función de cerradura de puertas está normal, si las piezas de fijación están fiables, sin flojera			I		I		I		I		I		I	
	Revise si las tiras de goma de la puerta de comportamiento están envejecidas				I			I			I			I	
	Revise si las bisagras están flojas				I			I			I			I	
Puerta para pasajeros de vaivén interior (corrediza)	Revise si las tuercas de bloqueo del conector de vástago de cilindro y balancín estan flojos			I		I		I		I		I		I	
	Revise si los brazos superior e inferior y los pernos de fijacion de base están flojos			I		I		I		I		I		I	

Tabla 2-9: Tabla de Mantenimiento propuesta de interruptor de mantenimiento y sistema de puertas de comportamientos

Fuente: Creación propia a partir de tablas se serie

Intervalo de mantenimientos / proyectos de mantenimiento	Kilometraje (x1000km)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Ciclo de reemplazo (mes)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Sistema de freno	Revise el secador de aire, remplace el desecante.				I			I			I			R	
	Limpie el condensador.							C						C	
	Revise ECU, ABS				I			I			I			I	
Compresor de aire	Limpie/reemplace el elemento de filtro de admision.	I		R		R		R		R		R		R	
	Revise/ajuste los conectores, sujetadores, tubos, juntas.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise las almohadillas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Otros proyectos de mantenimiento vease el manual de operación decompresor de aire correspondiente al modelo, reemplace el filtro de aceite en caso de compresor de aire con aceite.														
Sistema de dirección	Revise el apriete de los diversos pernos y tuercas en el sistema de dirección	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise si existe fuga de aceite o daño externo en el redirector	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise el apriete de las rotulas en la barra y el tirante de dirección	I		I		I		I		I		I		I	
	Revise si la bomba de dirección eléctrica funciona correctamente	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Revise si existe agrietamiento o daño en la almohadilla de goma del motor de dirección	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Tabla 2-10: Tabla de Mantenimiento propuesta de sistema de dirección y compresor de aire

Fuente: Creación propia a partir de tablas se serie

I: Revisar, corregir o reemplazar si es necesario

R: Remplazar, cambiar o lubricar

C: Limpiar

★: Representa los proyectos de ciclo de mantenimiento especial, debe prestar atención.

CAPITULO 3: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CON RESPECTO AL ANTIGUO PLAN DE MANTENIMIENTO

3.1. MODIFICACIONES DEL PLAN DEL FABRICANTE

3.1.1 MODIFICACIONES GENERALES

Cuando se habla de modificaciones, hablamos de las propuestas que se realizaron en favor del tiempo y los costos. Lo que se está ofreciendo es otro punto de vista del manual del fabricante para las reparaciones, debido a que este mismo propone cambios cíclicos, que llegarían a confundir debido a su ambigüedad. Se habla de ciclos en kilometraje y tiempo, dejando sin entrever que en varios pasajes se tendrían que repetir sin necesidad algunos de los procedimientos debido a que se habla con pocos márgenes kilometrajes y/o tiempo. Esto hace que cuando se debe reparar o reemplazar piezas, según el fabricante, estas deben ser estrictamente cada treinta mil kilómetros o sesenta mil kilómetros. Estarán pasando por el taller la maquina cada cinco mil kilómetros y eso es ineficiente y conllevará un costo elevado. Lo que se quiere lograr es cambiar algunos de los tiempos y kilometrajes para solapar en pocas visitas al taller las revisiones, reparaciones y reemplazos para aumentar las vidas útiles de los repuestos a cambiar y no como sugiere el fabricante, que estaría desarmando partes solo para revisar.

Solo con unas cuantas modificaciones al programa, y manteniendo el protocolo de inspección visual regular se estarían ahorrando horas-hombre y costos monetarios. Se propone un itinerario lineal dejando las revisiones de cinco mil kilómetros en diez mil, no obstante, el rodaje, que sería la primera parada al cumplir los cinco mil kilómetros no se ve alterada por esta propuesta, debido a que son necesarias las revisiones posteriores a los primeros usos.

La propuesta consiste básicamente en disminuir las visitar al taller, pero aumentando las mantenciones de cada visita y como se propone en el capítulo anterior, se pasará más tiempo en el taller, pero se reducirá las paradas de la máquina, aumentando sus beneficios y sus horas trabajadas.

Lo que la empresa fabricante establece en su programa de mantención es que cada cinco mil kilómetros o cada diez mil kilómetros se haga una parada para revisar aspectos que con una inspección visual bastaría, dejando de lado algunos que son más importantes como ,por ejemplo, las inspecciones visuales del tren motriz en busca de fugas, según el manual se debe desarmar solo para revisar en este caso los amortiguadores de la máquina, eso es ineficiente e innecesario debido a que estos tienen una vida útil mayor. Se propone que en pocas paradas en el taller se logre el mayor tiempo útil del bus.

3.1.2 MODIFICACIONES ESPECÍFICAS

A continuaciones se detallarán las modificaciones propuestas al programa y se pormenorizarán razones por las cuales se realizaron dichos cambios.

Empezamos desde el tren motriz, se sugiere revisar o cambiar el aceite de engranajes del eje motriz de rueda, en principio, se propone hacer un rodaje, el cual para todos los efectos, será de cinco mil kilómetros y este no se verá modificado por este proyecto. El fabricante plantea una revisión o corrección mensual y un reemplazo a los seis meses o los treinta mil kilómetros, lo que ocurra primero, se propone hacer una inspección visual a los veinte mil kilómetros para luego hacer reemplazo de esta cuando se cumplan treinta mil kilómetros de uso, este patrón será, cada diez mil una inspección visual y cada veinte mil un reemplazo del aceite y del tapón del drenaje, estos aceites tienen una vida útil de entre veinte mil y veinticinco mil kilómetros aproximadamente, por lo que solo se reemplazará por uno nuevo cumplido los tiempos que se proponen.

En el punto de revisar y mantener los arneses de alto y bajo voltaje de motor, el fabricante propone que se haga una corrección mensual, innecesariamente se llevaría a cabo un desarme mensual de cada máquina. Se propone hacer una inspección visual en busca de aceite y/o fugas en el arnés cada treinta mil kilómetros para asegurar su funcionamiento.

Para las abrazaderas, soportes, juntas y tubos se verificará visualmente en busca de oxidación, esto cada veinte mil kilómetros y no cada seis meses o cada sesenta mil como sugiere el fabricante, en el caso de encontrarse con este dilema, aplicar medidas de anticorrosión secundaria especifica dependiendo del caso.

Evidencia: http://juanruedaconinternational.com/content/mantenimiento-y-diagn-stico-de-fallas-en-los-ejes-motrices-del-cami-n

Revisión de las barras de dirección y rotulas, se hará una inspección visual cada treinta mil kilómetros debido a la alta congestión en la región metropolitana, esto sugiere un mayor daño en la parte inferior del bus, haciendo más frecuentes estas fallas. El fabricante sugiere que sean revisados cada quince mil kilómetros lo que es bajo en comparación a la alta tasa de accidentabilidad y congestión de la capital.

Convergencia delantera y el ángulo de dirección será sometido a una inspección visual o reemplazo de ser necesario una vez cada treinta mil kilómetros. Se sugiere ser remplazado cada quince mil innecesariamente debido a su alargada vida útil, mermada por las tasas de congestión y accidentabilidad presentes en la región metropolitana.

Entre el pivote y el casquillo de dirección se hará una limpieza cada treinta mil kilómetros y no cada tres meses o quince mil kilómetros, debido a que la baja probabilidades de falla de estos elementos no sugiere una revisión exhaustiva.

Evidencia: https://busesymarcas.wordpress.com/2018/09/10/funcionamiento-y-cuidados-del-sistema-de-direccion/

En el sistema de freno se revisarán las piezas de fijación y se hará una inspección visual de los elementos una vez cada treinta mil kilómetros y no mensualmente como lo estipula la fábrica, debido a que las calles de Santiago rara vez presentan buenas condiciones viales y también una alta tasa de accidentabilidad sugiere una revisión más frecuente.

Limpieza de discos de freno y pinzas de freno se realizará inspección visual de los elementos cada treinta mil kilómetros, debido al material particulado fino y a la contaminación presente en la capital, esto es probable que sea un factor para considerar.

Revisar juego de freno, esto hace referencia a una inspección visual al freno en sí mismo, en busca de movimiento y en caso de encontrar, reemplazar y/o ajustar, en algún caso se deberá reemplazar discos, se propone hacer esta revisión cada treinta mil kilómetros. Revisiones de la cámara de freno se realizarán cada veinte mil kilómetros y haciendo una inspección visual cada tres meses. Los buses BYD K9FE poseen un sistema de frenos de disco de fricción y sistema ABS, que es complementado con motores eléctricos que actúan como dinamos, los cuales al momento de frenado o desaceleración cargan las baterías aprovechando la energía cinética del vehículo cuando aún se encuentra en movimiento, debido a que el movimiento de rotación de las ruedas permite que el rotor se mantenga en movimiento lo que sigue creando una alternancia en los polos magnéticos del estator del motor eléctrico generando una corriente eléctrica, la cual se almacena nuevamente en las baterías para aumentar en un pequeño porcentaje la autonomía del bus. Evidencia: https://www.dercocenter.cl/noticias/frenos-abs-diagnostico/

A modo de resumen, varias de las consignas propuestas en el proyecto habla sobre cambios en el programa del fabricante dejando ver que en varios pasajes se hacen revisiones y desarmes de forma innecesarias, lo que se quiere lograr es dejar estas que son de cinco mil kilómetros ampliando su kilometraje y dando nuevos aspectos sobre cómo llevar a cabo y cuando hacerlo, a lo que se refiere en el caso de los mantenimientos del apriete de pernos y tuercas del sistema de dirección, apriete de rotulas en la barra y tirantes de dirección, solo una revisión en busca de juego o aceite en las mismas, para luego hacer un reemplazo más adelante. Para el sistema de marcha se revisarán las piezas de fijación de suspensión, los amortiguadores y casquillos de la suspensión, esto es debido a las malas condiciones viales de la región metropolitana, dándole prioridad a estos aspectos por sobre otros.

La revisión de las bolsas de aire se harán cada veinte mil kilómetros y solo será una inspección visual, una bolsa de aire moderna puede estar en buenas condiciones hasta por 15 años, aunque no hay todavía una fecha de caducidad establecida. Si necesitas

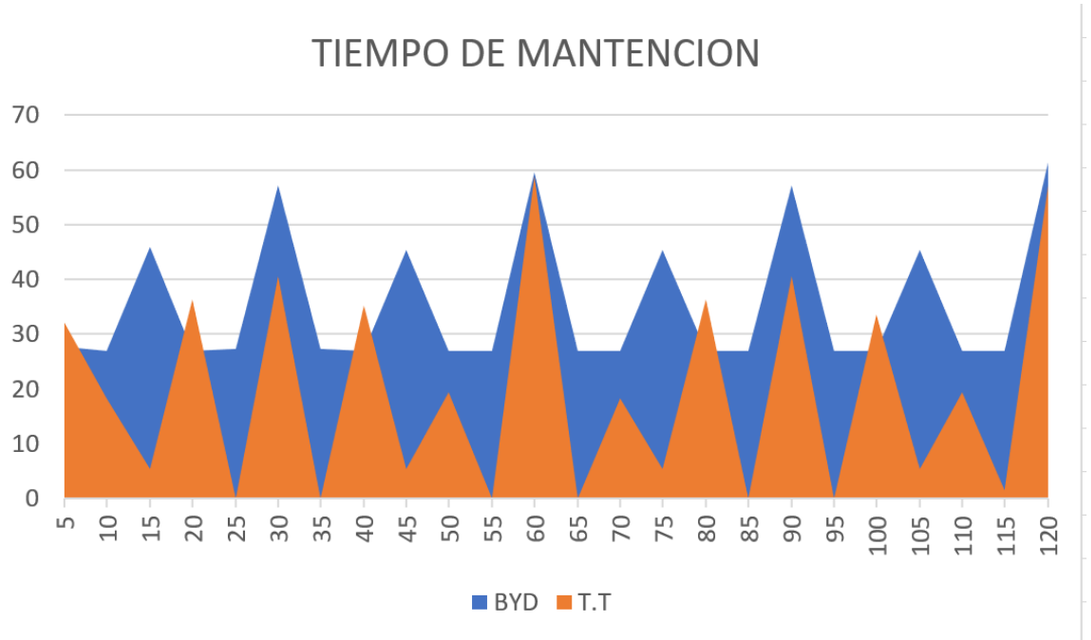
cambiar la bolsa de aire del bus por caducidad o porque se activó en algún accidente, debes considerar que son costosas pero necesarias para la seguridad de los ocupantes.
Evidencia: https://www.allianz.es/blog/faqs/caducidad-airbags

3.2. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL Y PROPUESTO

A continuación, se realizó un completo estudio de costos, duración de las mantenciones, y de cantidad de detenciones anuales de los autobuses BYD K9FE, que actualmente circulan por las calles de Santiago, en el cual se podrá apreciar de manera más gráfica y a su vez más exacta las ventajas cuantitativas de realizar el plan de mantenimiento propuesto vs el plan de mantenimiento actual.

3.2.1 Tiempo de mantención

El primer punto para revisar son los tiempos invertidos en realizar las mantenciones de estos autobuses, en el plan actual utilizado por la empresa BYD en Chile se contempla que el plan de mantención propuesto lograría reducir en un 44,76% los tiempos utilizados para mantener los autobuses si tomamos en cuenta un rango de 120.000 [km] o 2 años. Los mayores cambios se encuentran en el estiramiento entre una mantención y otra debido a que BYD consideraba detenciones cada 5.000 [km] y el plan propuesto contempla detenciones cada 10.000 [km], lo que logra inmediatamente una gran reducción de los tiempos de mantención sin afectar el normal funcionamiento del vehículo teniendo en cuenta que los materiales, piezas y repuestos utilizados sean de una calidad adecuada. A continuación, se presenta la representación gráfica de los datos obtenidos a partir del análisis de ambos planes de mantenimiento.

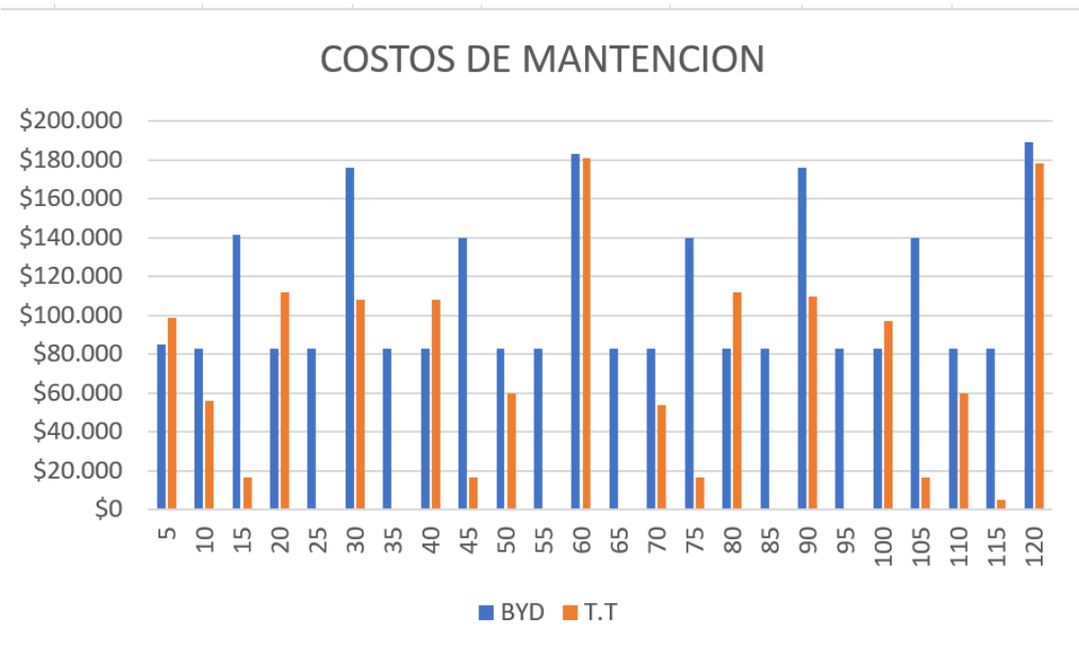


Se aprecia con claridad que el área azul abarca una mayor cantidad que la naranja, por lo que se entiende que el plan de mantenimiento propuesto es más eficiente que el actual.

3.2.2 Costos de mantención

Una parte fundamental en cuanto a la gestión del mantenimiento es lograr reducir los costos de mantención de un equipo o vehículo, actualmente en la industria este es uno de los mayores indicadores que toman en cuenta las empresas para tomar una decisión entre qué plan tomar y que plan no.

En este caso según el estudio realizado podemos afirmar que con las modificaciones realizadas al plan de mantenimiento actual, logramos reducir de manera significativa los costos asociados a la mantención, en este caso la disminución de costos está en el orden de un 46,24% lo que permitiría utilizar el monto ahorrado en tal vez enfatizar en herramientas y estudios de mantenimiento predictivo, con lo que se reduciría aún más los riesgos de falla y se lograría mejorar la confiabilidad de los equipos.

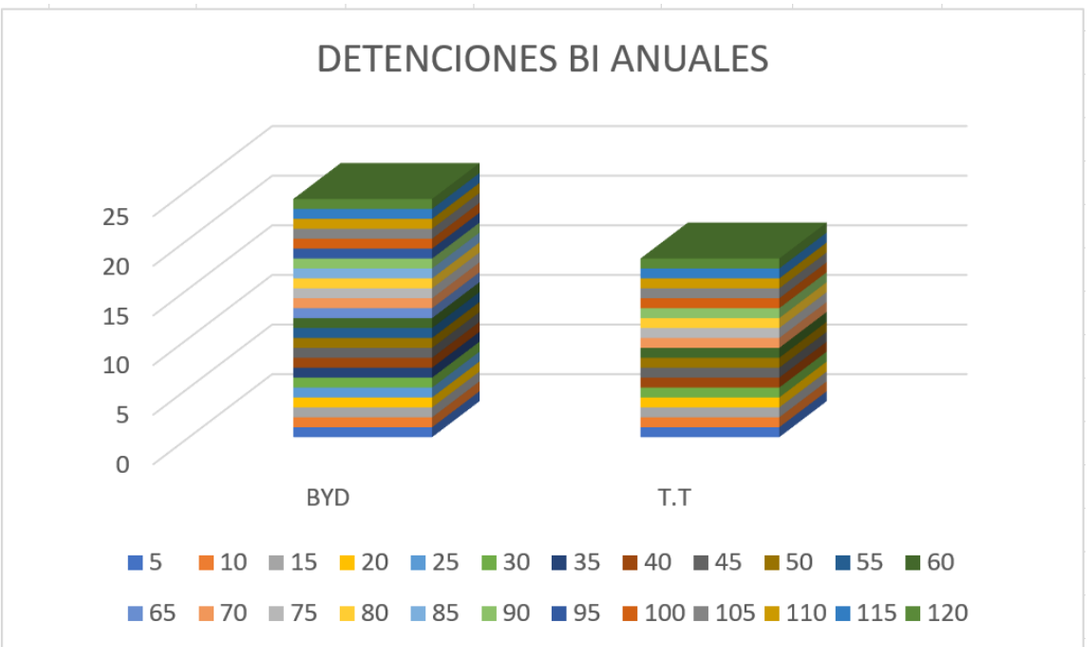


Luego de revisar las gráficas se evidencia una clara reducción en costos, las más grandes reflejadas en los 15.000 [km], 45.000 [km], 75.000 [km], 105.000 [km]. También se logró en ciertos periodos reducir a 0$ el costo de mantención como son los siguientes: 25.000 [km], 35.000 [km], 55.000 [km], 65.000 [km], 85.000 [km], y 95.000 [km].

3.2.3 Cantidad de detenciones Bianuales

Sin duda el solo hecho de detener un equipo genera pérdidas en las empresas o instituciones, es por ello por lo que se buscó graficar la cantidad de detenciones en un periodo de 120.000 [km] o 2 años (lo que ocurra primero).

BYD en su plan de mantenimiento para 120.000 [km] contempla un total de 24 detenciones las cuales tienen un tiempo promedio de 35,4 [h] lo que significa una gran pérdida de producción a lo largo de la vida útil del autobús.
El plan propuesto genera un total de 18 detenciones es decir 6 menos que el plan actual, porcentualmente corresponde al 25% de reducción de detenciones.



En el grafico se puede apreciar como visualmente la cantidad de detenciones es mucho menor en la columna del plan propuesto, en comparación con la columna que representa las detenciones propuestas por BYD.

CONCLUSIÓN

A método de recapitulación podemos entrever que los planes de mantenimiento se crean para una generalidad y son formulados para ciertas circunstancias en donde hay situaciones donde por diversas razones los tiempos que se manejarán son diferentes y podrían llevar a una mala implementación de los recursos, tanto humanos como monetarios. Lo que se logró con estas modificaciones es un gran aporte y una guía adaptada a nuestra realidad, a nuestras calles y talleres, para mejorar la calidad y sobre todo reducir costos y maximizar beneficios. Se ahorrarán capitales y tiempo de detención, lo que conlleva un mejor provecho de la máquina. Se recomienda para efectos de mantenimiento el uso de detallado de este documento y se encomienda al usuario o al mecánico seguir el procedimiento que esta memoria se establece, con ello, se estaría beneficiando en dos aspectos fundamentales para un taller, el tiempo y el dinero. Se espera también que sea utilizado en los talleres de mecánica automotriz de la universidad y ser así un aporte a la comunidad, dando una manual más acotado y amigable para el estudiante.

Se cumple el objetivo general de modificar el plan de mantenimiento de los buses eléctricos y sus objetivos específicos como, dejar un aporte a la comunidad estudiantil de la universidad, un análisis de los componentes con tasas de falla más elevadas y se discute cual sería el plan de mantenimiento más óptimo para este caso, se proponen planes de mantenimiento preventivos y correctivos, explicados en detalle, para que un potencial usuario tenga una visión acabada sobre la máquina, mantenciones y visitas al taller.

Como se apreció a lo largo del informe, el programa de mantenimiento creado por el fabricante nos deja en varios capítulos, una generalidad de uso, modificaciones y reparaciones y, por tanto, una excesiva visita al taller por parte de las máquinas y pone en evidencia los elevados costos que sería mantener el bus en funcionamiento si se siguieran sus protocolos. Lo que se trató, como se dijo, es adaptar estos manuales a nuestra realidad y reducir los tiempos, también solapar varias de las mantenciones para llevarlas a cabo en determinadas visitas al taller y reducir visitas. A su vez se logra sobre todo ahorro de horas hombre. Se recomienda el uso de estas modificaciones como guía y complemento al manual de usuario original. Aplicando estas modificaciones al procedimiento, el usuario podrá optimizar recursos.

BIBLIOGRAFIA

1. ENEL. Bus eléctrico. [En línea] <https://www.eneldistribucion.cl/buselectrico> [consulta 11 de Marzo 2020]
2. CESVI COLOMBIA. Conozca la clasificación de los vehículos pesados de pasajeros. [En línea] <https://www.revistaautocrash.com/conozca-la-clasificacion-los-vehiculos-pesados-pasajeros/> [Consulta: 24 Marzo 2020]
3. TODO MECANICA. Frenos, ajustes y verificaciones [en línea] <https://www.todomecanica.com/>[consulta 12 de Marzo 2019]
4. ALLIANZ. ¿Sabes cuál es la fecha de caducidad de tus airbags? [en línea] < https://www.allianz.es/blog/faqs/caducidad-airbags > [consulta: 12 de marzo 2019]
5. DERCOCENTER. Sistema de frenos ABS: tips para diagnóstico y mantenimiento. [en línea] < https://www.dercocenter.cl/noticias/frenos-abs-diagnostico/> [Consulta: 12 de marzo 2019]
6. Buses y Marcas. Funcionamiento y cuidados del sistema de dirección. [en línea] <https://busesymarcas.wordpress.com/2018/09/10/funcionamiento-y-cuidados-del-sistema-de-direccion/> [Consulta: 12 marzo 2019]
7. Juan Rueda Internacional. MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN LOS EJES MOTRICES DEL CAMIÓN. [en línea] <http://juanruedaconinternational.com/content/mantenimiento-y-diagn-stico-de-fallas-en-los-ejes-motrices-del-cami-n> [Consulta: 12 marzo 2019]
8. ALVAREZ, Raúl. Este autobús además de ser eléctrico, usa energía eólica y posee un diseño traslucido. [en línea]. XATACA. 8 de marzo 2016 <https://www.xataka.com/vehiculos/este-autobus-ademas-de-ser-electrico-usa-energia-eolica-y-posee-un-diseno-traslucido> [consulta: 12 de marzo 2019]
9. GUTIÉRREZ, Patricio. Así son los nuevos buses eléctricos que llegan al Transantiago. [en línea]. El Mercurio en línea. 13 de diciembre de 2018. <https://www.emol.com/noticias/Autos/2018/12/13/930696/Conoce-como-son-los-nuevos-buses-electricos-que-llegan-al-Transantiago.html> [Consulta: 13 de marzo 2019]
10. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Comienza histórica operación de los primeros buses eléctricos de Transantiago. [en línea]. <mtt.gob.cl/archivos/17441> [Consulta: 11 marzo del 2020]

11. ELECTROMOV. Autoridades inauguran nuevo electroterminal y se amplía flota de buses eléctricos en Santiago. [en línea]. <http://www.electromov.cl/2020/03/02/autoridades-inauguran-nuevo-electroterminal-y-se-amplia-flota-de-buses-electricos-en-santiago/> [Consulta: 11 marzo del 2020]
12. EFE. La empresa china BYD venderá 100 autobuses eléctricos para el Transantiago. [en línea]. El Mostrador. 3 de Julio 2018. <https://www.elmostrador.cl/mercados/2018/07/03/la-empresa-china-byd-vendera-100-autobuses-electricos-para-el-transantiago/> [Consulta: 13 de marzo 2019]
13. Manual de usuario BYD, bus eléctrico modelo K9FE
14. Manual de mantenimiento BYD, bus eléctrico modelo K9FE

MEMORIAS

1. MOLINA Delgado, Matías Alejandro, Características técnicas de buses eléctricos BYD Modelo K9FE. Memoria (Técnico Universitario Mecánica Automotriz) Viña del Mar, Chile: UTFSM. Sede Viña del Mar. 2018. 31 h.