



REQUISITOS TÉCNICOS DE HARDWARE Y SOFTWARE - DISPOSITIVO AVL

REQUISITOS TÉCNICOS DE HARDWARE Y SOFTWARE - DISPOSITIVO AVL

**MINISTERIO DE TRANSPORTE
NOVIEMBRE 2016**



CONTENIDO

GENERALIDADES

ALCANCE DEL CAPÍTULO

ELEMENTOS DEL SISTEMA

REQUISITOS DEL DISPOSITIVO AVL

Descripción del Sistema de Localización Automática Vehicular.

Requisitos hardware del dispositivo AVL

Requisitos técnicos generales de hardware del AVL

Unidad de acople con bus local vehicular.

Unidad de localización.

Unidad de comunicación.

Unidad de memoria no volátil.

Unidad de procesamiento.

Sistema de control de energía.

Unidad de protección de la integridad del AVL.

Requisitos del software del dispositivo AVL



1. GENERALIDADES

Con base en la información descrita en el Concepto de Operación de este documento, se presentan en este capítulo los requisitos técnicos de los elementos *hardware* y *software* necesarios para el sistema de localización vehicular de los vehículos de transporte público en Colombia.

A continuación se presentan otros documentos de referencia:

- ❖ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0003068 (15 de octubre de 2014). “Por la cual se reglamenta el párrafo del artículo 23 del Decreto 174 de 2001 y se dictan otras disposiciones”.
- ❖ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0001079 (26 de mayo de 2015). “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector transporte”.
- ❖ Estándar ISO 20860-1 Road vehicles. 50 ohms impedance radio frequency connection system interface.
- ❖ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma NTC 3679 para taxímetros electrónicos.
- ❖ Estándar ISO 9141-2. Road vehicles — Diagnostic systems — Requirements for interchange of digital information.
- ❖



2. ALCANCE DEL CAPÍTULO

En este capítulo se listan las especificaciones de *hardware* y *software* del sistema de localización vehicular para los vehículos del parque automotor del transporte público terrestre de carga y pasajeros en Colombia, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

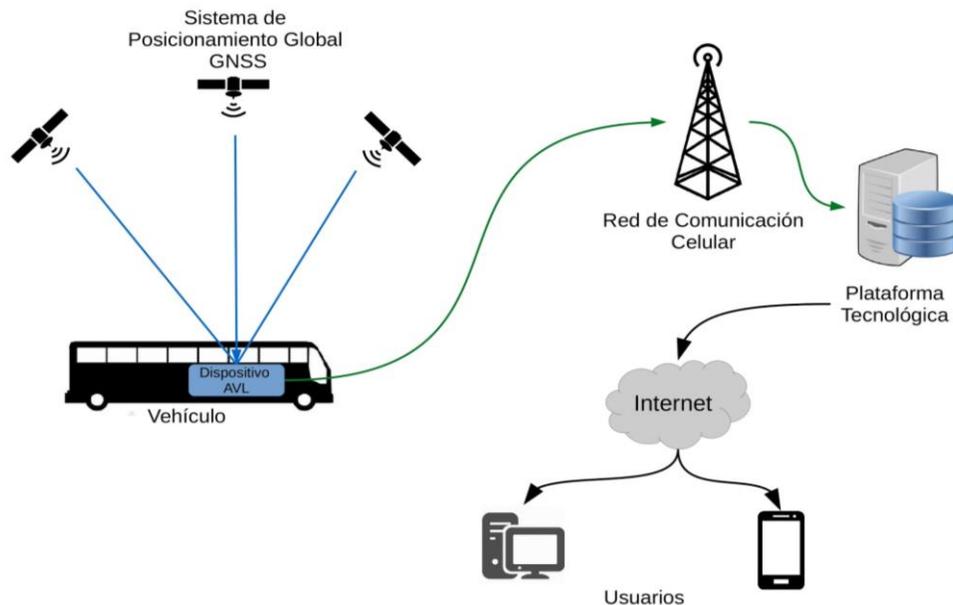
- ❖ Funcionalidad.
- ❖ Usabilidad.
- ❖ Rendimiento.
- ❖ Confiabilidad.
- ❖ Soporte.
- ❖ Interfaces.

La utilización de estos seis criterios ayudará a definir las especificaciones cubriendo las necesidades presentadas en el Concepto de Operación.

3. ELEMENTOS DEL SISTEMA

La operación del sistema de localización automático vehicular se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Arquitectura de un sistema de localización vehicular



- **Dispositivo AVL.** Un sistema AVL opera mediante la interacción de dispositivos AVL instalados en los vehículos que se quieren rastrear, con una plataforma tecnológica. Estos dispositivos capturan información desde un sistema de posicionamiento global y transmiten dicha información por una red de comunicación hacia un servidor o plataforma tecnológica, de tal manera que dicha información puede ser consumida por un usuario final interesado en esta información. Posteriormente, se describirán con mayor nivel de detalle los componentes de *hardware* del dispositivo AVL.
- **Sistema de posicionamiento global GNSS.** El sistema de posicionamiento GNSS (del inglés *Global Navigation Satellite System* o Sistema Satelital de Navegación Global) es un conjunto de satélites que orbitan alrededor del planeta y que entregan a módulos receptores de radio información necesaria para que estos puedan calcular su posición geográfica con un nivel aceptable de precisión.



Algunos ejemplos de estos sistemas son: GPS¹, GLONASS² y GALILEO³. El sistema norteamericano GPS fue el que se desarrolló primero, por lo que ha logrado un mayor reconocimiento y difusión (es común confundir el término GPS con el más genérico y apropiado GNSS debido a la popularidad del sistema norteamericano). Recientemente, se ha percibido un incremento en el uso de otros sistemas como el GLONASS ruso o el GALILEO europeo.

- **Red de comunicación celular.** Es necesario transmitir la información capturada hacia una plataforma tecnológica o un servidor. Para ello, normalmente se hace uso de redes celulares, ya que estas tienen actualmente la mayor cobertura. Además, debido a que la tasa de información a transmitir es relativamente baja es válido usar tecnologías de poco ancho de banda como GPRS⁴.
- **Plataforma tecnológica.** Finalmente, la información capturada por los dispositivos AVL del sistema es almacenada, procesada y visualizada en una plataforma tecnológica. Actualmente la tendencia está a favor de que la implementación de estas plataformas tecnológicas se haga por medio del desarrollo de una aplicación *web*, debido a que hoy en día estas se han mostrado como una alternativa robusta, escalable, flexible, amigable y segura tanto para desarrolladores de *software* como para usuarios finales.

¹ Kaplan, E. D., & Hegarty, C. (2006). Understanding GPS Principles and Applications (Artech House, INC ed.): Boston : Artech House, c2006

² Information analytical centre of GLONASS and GPS controlling. (2016). Glonass-iac.ru. Retrieved 27 June 2016, from <https://www.glonass-iac.ru/en/>

³ Galileo is the European global satellite-based navigation system | European GNSS Agency. (2016). Gsa.europa.eu. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.gsa.europa.eu/galileo/why-galileo>

⁴ 3GPP TS 23.060 v 5.2.0, "General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2 (Release 5)", June 2002.

4. REQUISITOS DEL DISPOSITIVO AVL

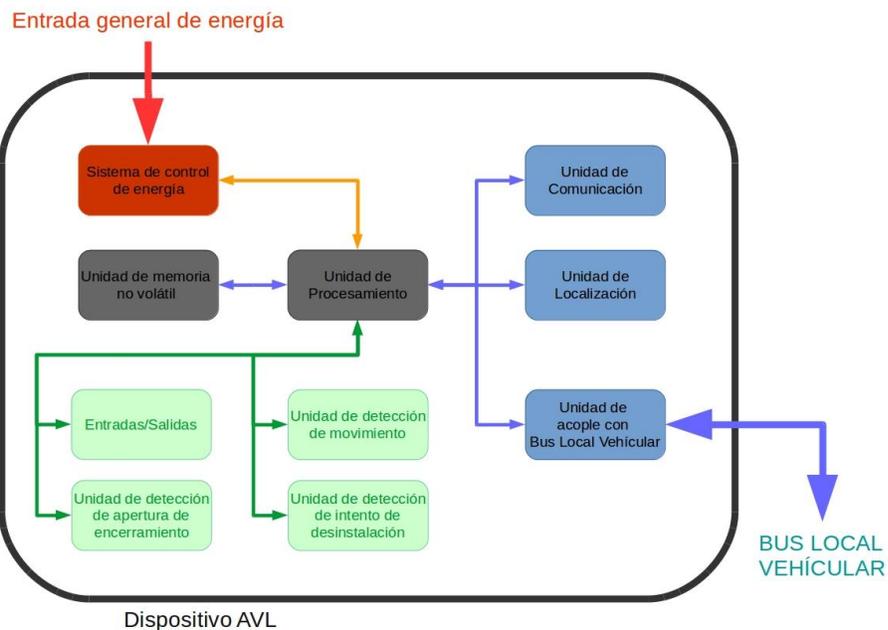
El Sistema de Localización Automática Vehicular (AVL) debe incluir una serie de componentes y funciones que permitan realizar la función básica de localizar un vehículo de transporte público en territorio colombiano. Cada uno de los componentes *hardware* y *software* del AVL debe cumplir con varios requisitos técnicos específicos, que se detallarán en las secciones siguientes.

4.1. Descripción del Sistema de Localización Automática Vehicular.

Previamente se presentaron las partes de un Sistema de AVL: dispositivo AVL, sistema GNSS, red de comunicación celular y la plataforma tecnológica. En esta sección, nos ocuparemos de las características técnicas del dispositivo AVL, para incrementar su seguridad.

El dispositivo AVL debe estar instalado en el automotor y registrar información que está relacionada de manera segura y unívoca con dicho vehículo, así se garantiza siempre que tanto la información como su origen sean válidos, transparentes y confiables. La Figura 2 presenta los bloques fundamentales del AVL para realizar funciones de procesamiento en tiempo real, geolocalización y telecomunicaciones y seguridad, que requieren la incorporación de los componentes *hardware*.

Figura 2. Diagrama modular simplificado del dispositivo AVL





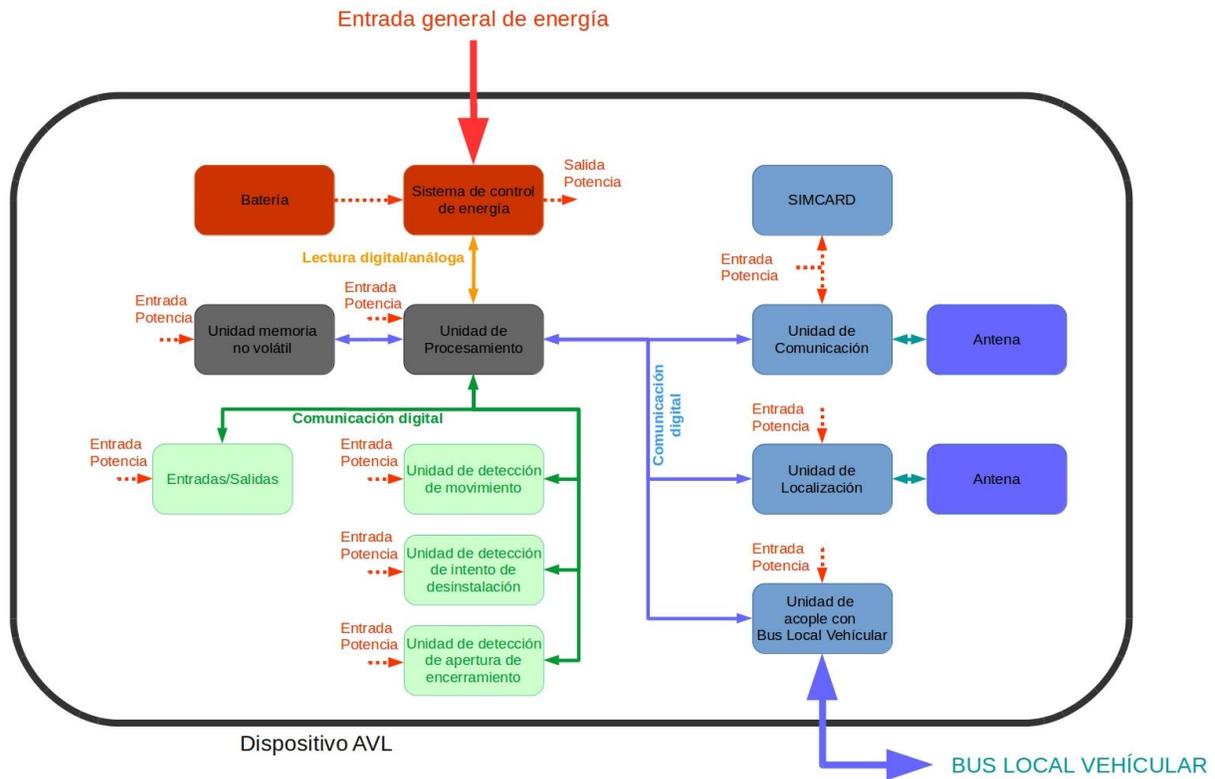
- **Unidad de procesamiento.** Es necesario que el *hardware* del dispositivo cuente con una unidad central de procesamiento sobre la cual puedan ejecutarse los módulos software encargados del control y monitoreo del dispositivo.
- **Unidad de memoria no volátil.** Es la memoria no volátil necesaria para almacenar las alarmas que no puedan ser enviadas debido a fallas en la red o a carencia de conectividad. Debe preverse la suficiente capacidad de almacenamiento para garantizar que se almacenen las alarmas que se puedan producir durante un mes sin conectividad.
- **Sistema de control de energía.** Es el encargado de detectar ausencia de batería externa y de intercambiar cuando sea necesario la alimentación del sistema a la batería interna. Además, si la batería interna se ha descargado, este sistema es el encargado de cargarla cuando se detecte nuevamente energía externa.
- **Unidad de protección de la integridad del AVL.** Es una parte del AVL encargada de detectar y notificar eventos en que se pueda vulnerar la integridad del AVL. Esta unidad está dividida en tres partes:
 - **Unidad de detección de intento de desinstalación.** Es el encargado de darle al dispositivo la posibilidad de detectar si hay un intento de desinstalación, desconexión o remoción del automotor.
 - **Unidad de detección de movimiento.** Es el encargado de darle al dispositivo la posibilidad de detectar anomalías en el movimiento del dispositivo, lo que podría inferirse como un intento de manipulación del mismo.
 - **Unidad de detección de apertura de encerramiento.** Es el encargado de darle al dispositivo la posibilidad de detectar si el encerramiento o gabinete o caja del dispositivo ha sido abierto.
- **Unidad de comunicación.** Es la unidad de *hardware* que le da al dispositivo la posibilidad de comunicar información de geolocalización y alarmas hacia la plataforma tecnológica (por medio de dos canales diferentes), según se disponga en los parámetros de configuración.
- **Unidad de localización.** Es la unidad de *hardware* que le da al dispositivo la posibilidad de adquirir las coordenadas geográficas en cualquier instante dado.
- **Unidad de acople con bus local vehicular.** Es el *hardware* necesario que le da la posibilidad al dispositivo de obtener información directamente de la computadora del vehículo, por medio del bus local de comunicación que el automotor maneje.
- **Entradas y salidas.** Es el *hardware* necesario para que el dispositivo tenga la posibilidad de contar con la detección en el cambio de estado de los pines de

entrada (por ejemplo botón de pánico), o alterar el estado de los pines de salida (por ejemplo inmovilización del automotor).

Los bloques descritos anteriormente, tienen como objetivo suministrar la localización de un vehículo de forma automática, así como preservar la integridad de la información suministrada. Para cumplir con este objetivo, de acuerdo con la información presentada en el *Concepto de Operación*, los bloques fundamentales del dispositivo AVL, deberán cumplir en su conjunto con los siguientes requisitos relacionados con la seguridad:

- El AVL deberá enviar información de forma automática a una plataforma tecnológica del estado.
- Los AVL deberán acreditar que cumplen con normas de seguridad mediante un estándar internacional.
- La plataforma del estado que reciba información de los AVL deberá soportar la administración de distintas alarmas que adviertan acerca de vulnerabilidades o situaciones que afecten la integridad del mismo.
- El dispositivo debe contar con el hardware necesario para sensar los movimientos dentro del vehículo o apertura de su encerramiento.
- El dispositivo AVL debe contar con el sistema de control de potencia necesario para su alimentación.
- El AVL deberá tener las características físicas para soportar ambientes propios de los vehículos de transporte público.
- EL AVL deberá cumplir con normas y estándares internacionales para el intercambio de información con la plataforma del estado que haga parte del SINITT.
- El AVL deberá disponer de un sistema de almacenamiento de información local y no volátil, que permita registrar todo el tiempo todas variables medidas.
- El AVL debe contar con la interfaz necesaria (puerto de conexión y hardware) para conectarse al bus local del vehículo y obtener de éste la información necesaria.
- El AVL deberá alarmar a la plataforma del Ministerio de Transporte, las distintas situaciones en las que se pueda ver comprometida la integridad del dispositivo.

Figura 3. Componentes hardware del AVL para vehículos de servicio público de transporte terrestre automotor en Colombia.



A continuación se presentan los componentes de *hardware* del AVL de forma detallada (Figura 3), así como los requisitos técnicos de cada uno para alcanzar el objetivo del AVL mencionado anteriormente.

El dispositivo AVL basa su funcionamiento en la incorporación de varios componentes *hardware* y *software*, que se encargan de gestionar la información del entorno en el que se presta el servicio público de transporte terrestre automotor. Los requisitos de hardware y software del dispositivo AVL y los requisitos específicos de cada uno de sus componentes, se detallan en las siguientes secciones.

4.2. Requisitos hardware del dispositivo AVL

4.2.1. Requisitos técnicos generales de hardware del AVL

Se deben cumplir los siguientes requisitos generales del hardware del dispositivo AVL para garantizar su correcto funcionamiento.

Tipo	Descripción
RH01 Funcionalidad	<p>El AVL debe estar presente en el vehículo de transporte público terrestre como un dispositivo autónomo que no requiere de la intervención humana para su operación.</p> <p>Sus componentes electrónicos y mecánicos deben ubicarse dentro de un gabinete sellado que deberá estar instalado y fijo en el vehículo. En la parte exterior del gabinete NO deben incluirse puertos físicos adicionales a los que se muestran en la Figura 3⁵, que pudieran usarse para acceder a la información local.</p> <p>Las actualizaciones de <i>firmware</i> y <i>software</i> del AVL deben estar disponibles únicamente a través de la conexión inalámbrica con la plataforma tecnológica del Ministerio de Transporte. El fabricante o proveedor de tecnología debe presentar al Ministerio de Transporte o a la entidad autorizada las actualizaciones necesarias para que el sistema pueda corregir errores de ejecución y pueda adaptarse a las necesidades del servicio de transporte público. Desde la plataforma tecnológica, debe garantizarse la instalación de un método de control de acceso seguro, que permita que las actualizaciones estén disponibles exclusivamente para dispositivos AVL debidamente autenticados.</p>
RH02 Usabilidad	<p>La operación del AVL debe realizarse de manera autónoma. Ningún usuario debe tener acceso a las partes internas del dispositivo para evitar manipulaciones indebidas. Las únicas conexiones autorizadas se realizarán mediante la plataforma tecnológica.</p>
RH03 Confiabilidad	<p>El AVL debe ser sometido a un proceso de certificación en el que se garantice que cumple con las normas de seguridad, por medio de una marca o símbolos de homologación <i>UL</i>⁶, <i>CE</i>⁷ o equivalentes. Este proceso debe incluir, por lo menos, las siguientes pruebas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Verificación de los materiales de las carcasas.• Pruebas eléctricas y mecánicas.• Existencia de aislamientos antiincendios.• Inspección de fabricación.• Grado de protección <i>IP54</i>⁸. <p>Este dispositivo debe tener un MTBF superior a dos años.</p>
RH04	Las funciones de procesamiento de datos y de transmisión de

⁵ El módulo de conectividad debe estar dentro del gabinete del AVL.

⁶ Información técnica disponible en el sitio web <http://www.ul.com>

⁷ Información técnica disponible en el sitio web <https://cemarking.net>

⁸ Según como lo especifica el estándar ANSI/IEC 60529: *Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code)*.



Rendimiento información deben ejecutarse de forma autónoma e ininterrumpida.

**RH05
Soporte** El AVL debe contar con garantía legal por parte de los fabricantes o proveedores de tecnología, quienes deberán tener instalaciones y equipos en Colombia, con disponibilidad de personal calificado para proporcionar un servicio de soporte técnico y reparación 24x7. Las empresas fabricantes, desarrolladoras o importadoras que ejecuten el proceso de instalación y mantenimiento deberán homologar que cumplen con los requisitos necesarios para realizar dichos procesos. Si una empresa fabricante desea tercerizar esta actividad, la empresa encargada de la instalación deberá estar certificada para tal fin y deberá tener el permiso y el visto bueno del fabricante para ejecutar el proceso.

**RH06
Interfaces** Interfaz de acceso a redes móviles 2G/3G/4G. Para los componentes electrónicos que compartan información y que no tengan conexión en la misma plaqueta de circuito impreso, se debe cumplir con el estándar ISO 20860-1 o DIN 72594-1 o USCAR 17 y 18 de interfaces de telecomunicaciones para vehículos.

4.2.2. Unidad de acople con bus local vehicular.

El acople con la computadora vehicular, usando el conector *OBD II*⁹, debe permitir obtener la información necesaria y suficiente para garantizar la operación del dispositivo AVL. En particular, resulta indispensable obtener el número de identificación vehicular (VIN) que sirva como identificador único de los vehículos en el sistema AVL.

La información proveniente de la computadora vehicular debe permitir, también, calcular un indicador de la calidad de conducción por parte del conductor del vehículo, y aquellas variables que contengan información que pueda estar relacionada con las condiciones de operación del AVL.

En la Tabla 1, se muestran las magnitudes que deben estar disponibles en el AVL para los efectos mencionados anteriormente:

⁹ Sistema de diagnóstico a bordo (OBD). ISO 9141-2. Este sistema se encuentra adoptado hoy en día por la mayor parte de los fabricantes de vehículos en Europa, Estados Unidos, Japón, entre otros. En Colombia se ha introducido como requisito para los vehículos de servicio público de transporte terrestre de pasajeros y para motocarros (resolución conjunta de los Ministerios de Minas, De La Protección Social y de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial número 2604 de 2009).

Tabla 1. Magnitudes que deben ser monitoreadas en el vehículo.

Magnitud	Unidad de medida	Tolerancia	Función	
			Sensor	Conector
Velocidad del vehículo	Km/h	± 5%	Velocímetro	OBD II
Identificador del vehículo (VIN)	N/A	N/A	N/A	OBD II

Tipo	Descripción
RH07 Funcionalidad	La unidad de acople debe estar en capacidad de entregar al menos el identificador del vehículo (VIN) y la velocidad.
RH08 Usabilidad	La unidad de acople deberá estar conectada a la unidad de procesamiento.
RH09 Confiabilidad	La unidad de acople deberá estar funcionando todo el tiempo que el vehículo esté encendido.
RH10 Rendimiento	La unidad de acople deberá suministrar el VIN y la velocidad del vehículo. Esta última variable con un error máximo del 5%.
RH11 Soporte	La unidad de acople debe estar cubierta por la garantía y el soporte definido para el AVL en el requisito RH05.
RH12 Interfaces	Interfaz física OBD II o propietaria siempre que cumpla con las normas ISO 20860-1 o DIN 72594-1 o USCAR 17 y 18 de interfaces de telecomunicaciones para vehículos.

4.2.3. Unidad de localización.

Es el sistema de geolocalización vehicular. Este sistema está basado en una tecnología que permita ubicar el vehículo automáticamente a intervalos periódicos de tiempo o de distancia, en cualquier parte del planeta. Es aceptable utilizar los sistemas *Galileo*¹⁰,

¹⁰ Tecnología actualmente en desarrollo.



GLONASS, GPS¹¹, o cualquier sistema de geolocalización global que cumpla con los requisitos que se describen a continuación:

Tipo	Descripción
RH13 Funcionalidad	<p>Debe basarse en una tecnología que permita obtener información de la ubicación del vehículo en un radio con una precisión aceptable, siempre menor o igual a diez (10) metros. La información obtenida a partir del dispositivo de geolocalización debe estar siempre disponible para ser transmitida a la plataforma tecnológica, o para ser almacenada localmente cuando no sea posible establecer una conexión confiable con ésta.</p> <p>El sistema de geolocalización vehicular debe ubicarse dentro del gabinete sellado del AVL. Deben incluirse internamente los componentes electrónicos necesarios para construir la etapa de radiofrecuencia¹² y la antena. Todos los elementos del sistema de localización deben estar dentro del encerramiento del dispositivo AVL para evitar la alteración de alguno de los componentes.</p>
RH14 Usabilidad	<p>La posición geográfica y la velocidad del vehículo de transporte deben estar disponibles para ser transmitidas a intervalos periódicos de tiempo o de distancia.</p> <p>El dispositivo de geolocalización debe estar conectado con los módulos adicionales del AVL (que requieran intercomunicarse con él) y debe estar ubicado en un lugar inaccesible para el conductor. De la misma forma que con cada uno de los componentes del AVL, este dispositivo debe contar con un mecanismo que proteja su integridad y lance una alerta a la plataforma tecnológica en caso de que esté siendo expuesto a cualquier tipo de manipulación no autorizada.</p>
RH15 Confiabilidad	<p>El sistema de geolocalización debe tener un MTBF superior a dos años.</p>
RH16 Rendimiento	<p>La información de geolocalización debe ser transmitida por el AVL a la plataforma tecnológica periódicamente, en el formato que especifique para este fin.</p>
RH17 Soporte	<p>El sistema de geolocalización debe estar cubierto por la garantía y el soporte definido para el AVL en el requisito RH05.</p>

¹¹ *Ibid.*

¹² Circuitos de acondicionamiento de señal, amplificadores de pequeña señal, amplificadores de potencia, etc.

**RH18
Interfaces**

La Interfaz física para telecomunicaciones debe ser cableada y cumplir con el estándar ISO 20860-1 o DIN 72594-1 o USCAR 17 y 18 de interfaces de telecomunicaciones para vehículos.

4.2.4. Unidad de comunicación.

Este dispositivo debe permitir transmitir la siguiente información relacionada con la operación del vehículo y con la prestación del servicio:

- ❖ Información de geolocalización del vehículo.
- ❖ Número de identificación del dispositivo AVL (AVL-ID).
- ❖ Alarmas del AVL.
- ❖ Indicadores de la calidad de conducción: velocidad y aceleración.

El AVL-ID, de acuerdo al Concepto de Operación, está formado por la siguiente información: el número de identificación vehicular (VIN) - 17 bytes, la placa del vehículo - 6 bytes, un número único que identifique el hardware del AVL (ID microprocesador) - 8 bytes, y un identificador del proveedor del dispositivo AVL - 1 byte. En total el AVL-ID tiene un tamaño de 32 bytes.

Los requisitos de *hardware* para esta unidad son los siguientes:

Tipo	Descripción
RH19 Funcionalidad	<p>Debe permitir establecer un canal de telecomunicaciones para transmitir datos entre el AVL y la plataforma tecnológica, exclusivamente.</p> <p>El dispositivo de transmisión de datos, incluyendo su etapa de radiofrecuencia, su <i>SIM Card</i> y su antena, debe ubicarse en el interior del gabinete sellado del AVL. Debe garantizarse que la ranura para la conexión de la <i>SIM Card</i> sea accesible exclusivamente para el fabricante o proveedor de tecnología, o para el personal autorizado de servicio técnico.</p>
RH20 Usabilidad	<p>Debe garantizarse que el dispositivo de transmisión de datos esté siempre encendido y que transmitir regularmente y de forma prioritaria la información de geolocalización.</p> <p>La operación de este dispositivo debe ser continua aun si el vehículo no se encuentra dentro de la zona de cobertura. En este caso, se debe generar un reporte informando que las funciones del sistema se han estado ejecutando en modo local y trasladar la información al dispositivo de almacenamiento (unidad de memoria no volátil). Tan pronto el dispositivo AVL sea capaz de restablecer la comunicación con la plataforma tecnológica, en cuanto se vuelva a la zona de</p>

cobertura, se debe transmitir la información almacenada en el AVL de forma inmediata.

RH21 Confiabilidad	El dispositivo de transmisión de datos debe tener un MTBF superior a dos años.
RH22 Rendimiento	El dispositivo de transmisión de datos debe operar con las redes móviles 2G/3G/4G.
RH23 Soporte	Este dispositivo debe estar cubierto por la garantía y el servicio de soporte técnico definido para el AVL en el requisito RH05.
RH25 Interfaces	Interfaz de acceso a redes móviles 2G/3G/4G. Si el dispositivo de transmisión de datos no comparte la misma placa de circuito impreso que los demás componentes del AVL, se debe cumplir con el estándar ISO 20860-1 o DIN 72594-1 o USCAR 17 y 18 de interfaces de telecomunicaciones para vehículos.

4.2.5. Unidad de memoria no volátil.

Este dispositivo debe permitir el almacenamiento de información en un dispositivo local cuando se pierda la comunicación con la plataforma tecnológica. Se debe almacenar de forma local en el AVL: la información geolocalización, los eventos relacionados con la prestación del servicio de transporte público, y las alarmas que se hayan podido activar mientras el sistema de transmisión de datos restablece la comunicación con la plataforma tecnológica.

Las especificaciones de *hardware* para la incorporación del dispositivo de almacenamiento se detallan a continuación:

Tipo	Descripción
RH26 Funcionalidad	<p>Debe almacenar la información relacionada con la prestación del servicio público de transporte terrestre automotor, que se lista en el requisito RH27. Debe guardar copias de la información del sistema de geolocalización cuando no se pueda garantizar la transmisión de la información.</p> <p>El dispositivo de almacenamiento debe tener la capacidad suficiente para albergar el núcleo del sistema operativo o la solución de <i>software</i> equivalente, que gestione las funciones del sistema.</p>
RH27 Usabilidad	<p>El dispositivo debe permitir almacenar de forma automática la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none">• Los datos de geolocalización.• El identificador del AVL (AVL-ID).



- La información de los sensores¹³ del vehículo durante el último mes, para facilitar el monitoreo de la calidad de conducción¹⁴ y la reconstrucción de accidentes.

RH28 Confiabilidad	El dispositivo de almacenamiento debe tener un MTBF igual o superior a 50000 horas.
RH29 Rendimiento	Debe tener capacidad suficiente para registrar la información especificada en el requisito RH27. Debe contar con un sistema de protección antichoques y antivibraciones, lo cual sugiere la utilización de una unidad de almacenamiento de estado sólido (SSD) o algún dispositivo con rendimiento equivalente o superior.
RH30 Soporte	El dispositivo de almacenamiento debe estar cubierto por la garantía y el servicio de soporte técnico definido para el AVL en el requisito RH05.
RH31 Interfaces	Si el dispositivo de almacenamiento no comparte las conexiones con los demás dispositivos en la misma plaqueta de circuito impreso, se debe utilizar una interfaz física cableada para telecomunicaciones que cumpla con el estándar ISO 20860-1 o DIN 72594-1 o USCAR 17 y 18 de interfaces de telecomunicaciones para vehículos.

4.2.6. Unidad de procesamiento.

El dispositivo de procesamiento debe encargarse de gestionar la intercomunicación entre los componentes *hardware* del dispositivo AVL, la información de los sensores del vehículo, el proceso de telecomunicación con la plataforma tecnológica, la activación de alarmas, la gestión del dispositivo de almacenamiento, y demás funciones descritas en este documento.

A continuación se listan los requisitos de *hardware* necesarios para la incorporación del dispositivo de procesamiento.

¹³ Se necesita establecer una conexión entre el AVL y la computadora del vehículo. Es aceptable aprovechar la conexión del sistema *OBD II*, que debe estar presente en cada vehículo autorizado para prestar el servicio público de transporte terrestre automotor, o utilizar algún tipo de conexión que permita monitorear, por lo menos, la velocidad y la aceleración del vehículo, y obtener el identificador del vehículo (VIN).

¹⁴ Requiere contar con la información de frenado y aceleración del vehículo. Se considera una frenada brusca cuando el vehículo disminuye su velocidad en 20 km/h en un (1) segundo, y una aceleración brusca cuando el vehículo aumenta su velocidad en 15 km/h en un (1) segundo.

Tipo	Descripción
RH32 Funcionalidad	El dispositivo de procesamiento debe tener la capacidad de gestionar la intercomunicación entre los componentes <i>hardware</i> del AVL, la información de los sensores del vehículo, la correcta ejecución del componente <i>software</i> del AVL, el proceso de telecomunicación con la plataforma tecnológica, la gestión de la información de geolocalización del vehículo, la administración de la unidad de almacenamiento, y la gestión de alarmas.
RH33 Usabilidad	Debe ejecutar de forma autónoma las funciones necesarias para procesar la información generada por los componentes <i>hardware</i> del AVL. Debe estar completamente fuera del alcance de cualquier actor involucrado en la prestación del servicio de transporte.
RH34 Confiabilidad	<p>El dispositivo de procesamiento debe tener la capacidad de soportar la ejecución del núcleo de un sistema operativo, o utilizar una tecnología equivalente que le permita garantizar la seguridad y el control de la información que procesa y de los periféricos que controla.</p> <p>Debe contar con un mecanismo de seguridad que genere un <i>reset</i> para evitar que el sistema deje de funcionar cuando el dispositivo de procesamiento esté bloqueado (<i>watchdog</i>). Debe contar con un sistema de protección térmica, que esté basado preferiblemente en disipación pasiva de calor.</p>
RH35 Rendimiento	Debe tener una capacidad de procesamiento que garantice que todos los componentes del AVL funcionen de forma fluida y sin interrupciones observables. El dispositivo de procesamiento debe permitir que se generen reportes (<i>log files</i>) cada vez que se realice el registro de cualquiera de los eventos que gestiona el AVL.
RH36 Soporte	El dispositivo procesamiento debe estar cubierto por la garantía y el servicio de soporte técnico definido para el AVL en el requisito RH05.
RH37 Interfaces	La interfaz física para telecomunicaciones entre el dispositivo de procesamiento y otros dispositivos <i>hardware</i> que no compartan la misma placa de circuito impreso, debe ser cableada y cumplir con el estándar ISO 20860-1 o DIN 72594-1 o USCAR 17 y 18 de interfaces de comunicaciones para vehículos.

4.2.7. Sistema de control de energía.

El AVL debe satisfacer sus requisitos de energía eléctrica a partir de la batería del vehículo en el que esté instalado.

Los componentes del AVL requieren diferentes niveles de tensión y distintos valores de corriente eléctrica para su funcionamiento, por lo cual debe incluirse un convertidor DC-DC. Deben incluirse, además, dos componentes que permitan garantizar la confiabilidad del sistema de alimentación eléctrica:

- ❖ **Una batería de respaldo.** Este componente debe garantizar que el AVL opere con funciones limitadas por un periodo de tiempo suficiente cuando la batería principal del vehículo se desconecte del sistema por cualquier motivo. Se usará también como base para el funcionamiento del sistema de protección de integridad del AVL, que se describe en la Sección 4.2.8.
- ❖ **Un sistema de protección eléctrica.** Debe incorporarse al sistema de alimentación eléctrica con el fin de que los dispositivos electrónicos queden desconectados de los cables de alimentación eléctrica si llega a presentarse una falla.

Los requisitos de *hardware* del sistema de alimentación eléctrica se detallan a continuación:

Tipo	Descripción
RH38 Funcionalidad	El sistema de alimentación eléctrica debe entregar a los componentes del AVL los niveles de tensión y los valores de corriente eléctrica necesarios y suficientes para su funcionamiento continuo durante la operación del vehículo de transporte público. La fuente principal del AVL debe adquirir la energía eléctrica de la batería del vehículo.
RH39 Usabilidad	Debe cumplir de forma autónoma con su función de alimentación eléctrica. Debe estar fuera del acceso de cualquier individuo diferente a su fabricante o proveedor de tecnología.
RH40 Confiabilidad	El sistema de alimentación eléctrica debe incluir un mecanismo de protección que permita que el AVL se desconecte cuando se detecte una anomalía eléctrica en su funcionamiento. También debe incluir una batería de respaldo, que garantice que las funciones básicas ¹⁵ del operando al menos a 5 días cuando por algún motivo se desconecte de la batería del vehículo. Durante este periodo de tiempo, el AVL únicamente debe reportar periódicamente a la plataforma tecnológica la información de geolocalización acompañada de señales de alarma, en las que se especifique que ha ocurrido una desconexión de la batería del vehículo. Esta batería interna debe estar todo el tiempo cargada a

¹⁵ Es aceptable (y recomendable) utilizar un modo de bajo consumo de energía eléctrica, que permita ejecutar exclusivamente las funciones involucradas en la transmisión de los datos de geolocalización y alarmas a la plataforma tecnológica, con el fin de informar que se está presentando una situación atípica.

partir del sistema eléctrico del vehículo.

RH41 Rendimiento	Debe satisfacer las necesidades de tensión y corriente eléctrica de los diferentes componentes del AVL. Durante el funcionamiento con batería de respaldo es aceptable que el AVL opere con funciones limitadas, con el fin de extender el tiempo de operación ininterrumpida del dispositivo.
RH42 Soporte	El dispositivo procesamiento debe estar cubierto por la garantía y el servicio de soporte técnico definido para el AVL en el requisito RH05.
RH43 Interfaces	La Interfaz física debe ser cableada y cumplir con el estándar ISO 20860-1 o DIN 72594-1 o USCAR 17 y 18 de interfaces de comunicaciones para vehículos.

4.2.8. Unidad de protección de la integridad del AVL.

Los AVL debe incorporar una unidad de protección del AVL, cuya función es la de proteger al dispositivo ante posibles vulnerabilidades y notificarlas a la plataforma tecnológica. Esta unidad está compuesta por la unidad de detección de intento de desinstalación, la unidad de detección de movimiento y la unidad de detección de apertura de encerramiento. A continuación se presentan los requisitos generales (descritos en el concepto de operación) y los específicos para este módulo.

- **Unidad de detección de intento de desinstalación.** Esta unidad es la encargada de detectar si el AVL se ha removido de su lugar de instalación inicial. En general, está compuesto por sensores que determinan un cambio en la posición original del dispositivo AVL, por ejemplo el ángulo en que reposa dentro del vehículo. Como respuesta a un evento de desinstalación, esta unidad genera una alarma que deberá ser transmitida a la plataforma tecnológica. La desinstalación debe ser entendida como: remoción, desconexión o desensamblado del dispositivo.
- **Unidad de detección de movimiento.** Se debe disponer de una unidad de detección de movimientos anómalos del AVL, en el caso en que el vehículo se encuentre apagado o con velocidad cero (0 Km/h). Lo anterior implica el uso de hardware y software embebido, dedicados a la detección de movimiento con magnitudes del orden a las requeridas para determinar si el AVL se está intentando remover de su ubicación original.
- **Unidad de detección de apertura de encerramiento.** Esta unidad debe incluirse para evitar que se presente algún tipo de manipulación del AVL por parte de una persona no autorizada, que pueda resultar en una avería del dispositivo o en alguna situación en la que se comprometa la seguridad del dispositivo. Debe ser

capaz de detectar y reportar la apertura de la caja/gabinete/encerramiento del AVL.

El sistema de protección de integridad del AVL debe estar basado en un diseño con indicadores eléctricos y mecánicos que sólo sea conocido por el fabricante o proveedor de tecnología, y que permita deshabilitar la mayor parte de las funciones del AVL cuando se detecte que se esté presentando una situación atípica que pueda atentar contra la integridad del dispositivo. Cuando se presente esta situación, deben transmitirse señales de alarma a la plataforma tecnológica para que ésta las gestione y pueda tomar medidas al respecto.

La plataforma tecnológica debe dar respuestas oportunas y adecuadas de acuerdo con cada situación de anomalía que se esté reportando por el AVL. Con el fin de diferenciar cada caso de adverso presentado en el Concepto de Operación, se han definido los siguientes tipos de alarmas que deben ser transmitidas por el AVL:

Alarmas tipo 1. Es el tipo de alarma con mayor grado de prioridad, que exige una respuesta inmediata por parte de la plataforma tecnológica. Cuando el AVL transmita una alarma tipo 1, se entiende que la seguridad del dispositivo está en riesgo inminente. Omitir este tipo de alarma pone en riesgo los componentes *hardware* y *software*, y la información proporcionada por el AVL.

Alarmas tipo 2. Este tipo de alarma exige un grado menor de prioridad en su atención por parte de la plataforma tecnológica; sin embargo, debe tomarse como una prealerta de una alarma tipo 1. La respuesta de la plataforma tecnológica debe garantizar que este tipo de alarma no se traduzca en una situación de mayor gravedad, que vulnere la seguridad del AVL.

Alarmas tipo 3. Este tipo de alarma es el de menor gravedad. Puede ser considerada como una advertencia de que se ha encontrado una situación que no es completamente normal. Esta alarma no significa que el sistema está siendo vulnerado, pero la respuesta de la plataforma tecnológica debe garantizar que la gravedad de la alarma no se eleve.

A continuación se presentan los requisitos que satisfacen las necesidades expuestas, basándose en un esquema de alarmas de acuerdo a los casos adversos presentados en el Concepto de Operación.

Alarma de descarga de la batería interna - Tipo 1. Previamente a una descarga total de la batería interna, se ejecutará el protocolo de acción revisado en el caso adverso 6. Si las alarmas emitidas en dicho protocolo son ignoradas y finalmente se llega al límite de descarga de la batería interna, el dispositivo almacenará su estado actual y la fecha y hora del suceso en la memoria no volátil (ver 4.2 Unidad de memoria no volátil) y entrará en un modo de ahorro de energía profundo, del cual sólo despertará en caso de que nuevamente se detecte la batería externa.



Mientras el aparato se encuentre en dicho estado de ahorro de energía, no se podrán detectar ni realizar más acciones. Cuando el sistema vuelva a estar conectado a una fuente externa, “despierte” y tenga la capacidad de transmitir datos emitirá una alarma tipo 1 indicando que ocurrió un evento de descarga total de la batería interna.

Alarma de apertura de caja - Tipo 1. Si se cuenta con carga en la fuente interna del dispositivo y con la posibilidad de transmitir alarmas (por alguno de los dos canales de comunicación), independiente de cualquier otro tipo de condición si de detecta apertura en el encerramiento o caja, deberá emitirse una alarma tipo 1. Si no se cuenta con la posibilidad de transmitir información, el suceso deberá almacenarse en memoria no volátil con la fecha y la hora, para que posteriormente cuando se vuelva a contar con la posibilidad de transmitir se informe sobre el suceso.

Alarma de desinstalación - Tipo 1. Si se detecta un intento de desinstalación y se cuenta con carga en la fuente interna del dispositivo, hay dos posibilidades. La primera, que el AVL tenga la posibilidad de transmitir (por cualquiera de los dos canales), en cuyo caso generará una alarma tipo 1 informando sobre el suceso. La segunda en la cual el dispositivo no tiene la posibilidad de transmitir se registra el suceso en la memoria no volátil para su posterior retransmisión una vez el dispositivo vuelva a estar conectado.

Alarma de movimiento anómalo. Normalmente el dispositivo AVL estará sujeto vibraciones y movimientos propios de las fuerzas ejercidas por el desplazamiento normal del vehículo. Éstas deben ser asumidas y no deben generar ningún tipo de alarma. No obstante, si se detecta un movimiento anormal, se debe emitir una alarma urgente siempre y cuando haya carga en la fuente interna y sea posible transmitir (por cualquiera de los dos canales). Si no es posible esto último, se almacenará el suceso en la memoria no volátil, para su posterior retransmisión. El tipo de alarma dependerá de la gravedad de la anomalía detectada:

- **Alarma de movimiento anómalo - Tipo 1.** Esta alarma notifica que el movimiento anómalo del AVL fue de intensidad considerable o de duración prolongada.
- **Alarma de movimiento anómalo - Tipo 2.** El movimiento anómalo fue de intensidad y duración moderadas.

Alarma de reconexión a la red de comunicaciones - Tipo 3: Ante una alarma (independiente del tipo de alarma y de la urgencia de la misma) si la comunicación falla se procederá a ejecutar un reintento, si el reintento también falla, el suceso deberá almacenarse en la memoria no volátil. A partir de este momento el AVL examinará periódicamente la disponibilidad de la comunicación con la plataforma tecnológica, verificando ambos canales de comunicación. Cuando disponga de la capacidad para comunicarse, nuevamente se intentarán transmitir todos los

sucesos almacenados en la memoria no volátil y si tiene éxito se eliminarán de la misma. Adicionalmente, se transmitirá en último lugar una alarma de reconexión a la red de comunicaciones - tipo 3.

Alarma de ausencia de fuente externa. Durante el tiempo de desconexión se emitirán, en intervalos periódicos, alertas sobre la ausencia de batería externa, las cuales irán incrementando el grado de urgencia a medida que el tiempo de desconexión se prolongue. Si finalmente se llega al límite de carga, se pasará al caso adverso 1. Dependiendo del nivel de carga de la batería interna, se deberán generar las siguientes alarmas:

- **Alarma de ausencia de fuente externa - tipo 3.** Esta alarma se enviará cuando el porcentaje de descarga esté entre el 0% y el 50%.
- **Alarma de ausencia de fuente externa - tipo 2.** Esta alarma se enviará cuando el porcentaje de descarga esté entre el 50% y el 80%.
- **Alarma de ausencia de fuente externa - tipo 1.** Esta alarma se enviará cuando el porcentaje de descarga esté entre el 80% y el límite de descarga.

Alarma error en lectura de VIN - Tipo 1. Ante el suceso de que el VIN no concuerde con el esperado (ver caso adverso 7), se deberá emitir una alarma tipo 1, siempre que esto sea posible por alguno de los canales de comunicación. Si no es posible, deberá almacenar la alarma en la memoria no volátil.

Alarma de incapacidad de obtener la posición geográfica - Tipo 1. Cuando el módulo GNSS es incapaz de obtener la posición geográfica por un intervalo de tiempo significativo (dicho intervalo de tiempo debe ser superior al esperado en condiciones normales de conducción, como por ejemplo, al tiempo que demora un vehículo en cruzar un túnel), el dispositivo deberá generar una alarma tipo 1 y transmitirla cuando sea posible. De no ser posible establecer una comunicación, debe almacenar el suceso en la memoria no volátil.

Los requisitos de *hardware* del sistema de protección de integridad del AVL son los siguientes:

Tipo	Descripción
RH44 Funcionalidad	El sistema de protección de integridad del AVL debe construirse con sensores eléctricos, mecánicos y componentes <i>software</i> , que permitan determinar cuándo se ha realizado una manipulación no autorizada del dispositivo, en cualquiera de los casos que se describieron antes.
RH45 Usabilidad	Debe estar fuera del alcance del conductor del vehículo y del usuario. Su diseño debe ser conocido únicamente por su fabricante o proveedor de tecnología.

RH46 Confiabilidad	El sistema de protección de integridad del AVL debe finalizar su operación y dejar una evidencia clara cuando se presente una situación de manipulación inapropiada.
RH47 Rendimiento	Debe diseñarse para generar una reporte de manipulación inapropiada y ser disfuncional posteriormente.
RH48 Soporte	El sistema de protección de integridad del AVL debe estar cubierto por la garantía y el servicio de soporte técnico definido en el requisito RH05.
RH49 Interfaces	La Interfaz física debe ser cableada y cumplir con el estándar ISO 20860-1 de interfaces de telecomunicaciones para vehículos.

4.3. Requisitos del software del dispositivo AVL

De acuerdo a lo presentado en el Concepto de Operación, a continuación se presentan los requisitos de *software* del dispositivo AVL, para satisfacer las necesidades descritas.

- **RS01. Módulo de software para el almacenamiento de información en memoria no volátil.** Es la porción de *software* del dispositivo que se encarga de almacenar en memoria persistente o no volátil la información (geolocalización, indicadores de calidad de conducción, alarmas, etc.) que no haya podido ser enviada a la plataforma tecnológica por ninguno de los dos canales dispuestos de comunicación. Asimismo, se encarga de descartar información que estaba almacenada y que finalmente pudo ser transmitida de manera exitosa.
- **RS02. Módulo de software para la detección de ausencia de batería externa.** Se encarga de hacer uso del *hardware* disponible para detectar la ausencia de la batería o fuente de alimentación interna, y de generar las alarmas correspondientes, según lo expuesto anteriormente en los casos adversos.
- **RS03. Módulo de software para la detección de intento de desinstalación.** Se encarga de gestionar el *hardware* disponible para detectar un intento de desinstalación o remoción o desconexión del dispositivo del automotor y generar, a su vez, las alarmas correspondientes, según lo visto en los casos adversos.
- **RS04. Módulo de software para la detección de movimientos anómalos.** Se encarga de hacer uso del *hardware* disponible para detectar si se produjo algún movimiento anómalo que pueda interpretarse como un intento de manipulación del dispositivo y generar las alarmas correspondientes. Es necesario tener en cuenta que no se deberán generar falsas alarmas correspondientes al movimiento habitual del vehículo.



- **RS05. Módulo de software para la detección de apertura de encerramiento.** Se encarga de gestionar el *hardware* disponible para detectar un intento de apertura del encerramiento o caja del dispositivo y generar las alarmas correspondientes, según lo visto en los casos adversos.
- **RS06. Módulo de software para el control de la unidad de comunicación.** Se encarga de configurar y controlar a la unidad de comunicación, de tal manera que el dispositivo pueda comunicarse con la plataforma tecnológica, tanto a la hora de enviar información convencional de la operación del vehículo de transporte público, como a la hora de enviar algún tipo de alarma. Se encarga de los reintentos de transmisión de datos y de seleccionar el canal de comunicación alternativo, si es necesario.
- **RS07. Módulo de software para el control de la unidad de geoposicionamiento.** Se encarga de configurar y controlar a la unidad de geoposicionamiento, de tal manera que el dispositivo pueda adquirir en tiempo real su posición geográfica.
- **RS08. Módulo de software de comunicación por medio de la Interfaz con el bus local del automotor y captura del VIN.** Se encarga de establecer comunicación con el bus local del automotor para adquirir información desde el computador del vehículo, para lo cual hace uso del *hardware* dispuesto para esto en la unidad de acople con el bus local vehicular.
- **RS09. Módulo de software para la deshabilitación de los puertos físicos no empleados en el AVL.** Se encarga de determinar si hubo algún cambio en los pines de entrada y de generar la alarma adecuada (por ejemplo: botón de pánico). Asimismo, se encarga de cambiar el estado de un pin de salida si así lo requiere una orden desde la plataforma tecnológica.
- **RS10. Módulo de software para deshabilitar interfaces inalámbricas disponibles.** De existir interfaces inalámbricas en el *hardware* del dispositivo (WiFi, Bluetooth, ZigBee, etc) debe haber una rutina que deshabilite dichas interfaces y además garantice que nunca se encontrarán disponibles. Solamente en el caso de que el servicio de transporte prestado por el vehículo que porta el AVL lo requiera, se podrá hacer uso de una interfaz Bluetooth para el intercambio de información relacionada con la prestación del servicio, con un dispositivo externo de tipo *handheld*.
- **RS11. Módulo de software para deshabilitar servicios de acceso remoto.** De existir la posibilidad de que el dispositivo albergue procesos o servicios de acceso remoto, deberá haber una rutina que deshabilite dichos servicios y además garantice que los mismos jamás serán ejecutados.
- **RS12. Módulo de software para establecer las comunicaciones seguras entre el AVL y la plataforma tecnológica.**



- **RS13. Módulo de autenticación y actualización del software del AVL desde la plataforma tecnológica.** El software del AVL deberá contar con un mecanismo de autenticación con la plataforma tecnológica que garantice la autenticidad de la información. De igual manera, la plataforma tecnológica deberá controlar las actualizaciones de software realizadas a los dispositivos AVL. Por lo tanto, los dispositivos AVL deberán comprobar una vez al día si existen actualizaciones disponibles.

- **RS14. Módulo de control de intercambio de información entre el AVL y un dispositivo externo.** En el caso que el servicio de transporte lo amerite, el software del AVL deberá contar con unas rutinas para el intercambio de información con dispositivos externos de tipo *handheld*, que autenticuen y limiten las operaciones realizadas a la obtención y suministro de datos relacionados con la prestación del servicio:
 - Emparejamiento de los dispositivos. Se deberá realizar un proceso de emparejamiento previamente al intercambio de información, mediante el uso de un código PIN generado desde el dispositivo AVL.
 - Inicio de sesión. El software del dispositivo externo suministrará durante el inicio de sesión, un código de autorización para el intercambio de información. Dicho código será suministrado por la plataforma tecnológica.
 - Cierre de sesión.
 - Lectura de información.
 - Escritura de información.

El formato para el intercambio de la información se deberá emplear XML 1.1 y la información deberá estar cifrada mediante el esquema XXXX. Bajo ninguna circunstancia se podrán ejecutar comandos de configuración o del sistema operativo del AVL, desde el dispositivo externo.