



# **CONCEPTO DE OPERACIONES - DISPOSITIVO AVL**

# **CONCEPTO DE OPERACIONES - DISPOSITIVO AVL**

**MINISTERIO DE TRANSPORTE  
NOVIEMBRE 2016**



## CONTENIDO

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

#### 1.2. ALCANCE

#### 1.3. OBJETIVO GENERAL

#### 1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### 2. REFERENCIAS Y TERMINOLOGÍA

#### 2.1 REFERENCIAS

#### 2.2 LISTA DE ABREVIATURAS

#### 2.3 TERMINOLOGÍA

#### 2.4. ACTORES ESTRATÉGICOS

##### 2.4.1. Entidades públicas de control, regulación y vigilancia del transporte público

##### 2.4.2. Empresas prestadoras de transporte público terrestre

##### 2.4.3. Fabricantes e importadores de automotores

##### 2.4.4. Proveedores de tecnología

### 3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS AVL

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS AVL

##### 3.1.1. Descripción general de un sistema AVL

##### 3.1.2. Descripción del hardware de un dispositivo AVL

##### 3.1.3. Conectividad con los componentes electrónicos del vehículo

#### 3.2. SITUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AVL EN EL PLANO INTERNACIONAL

##### 3.2.1. Equipo original del fabricante (OEM)

##### 3.2.2. Posmercado (Aftermarket)

##### 3.2.3. Sistemas ITS en otros países que cuentan con sistemas AVL dentro de su estructura de funcionamiento

##### 3.2.4. El VIN como medio de identificación vehicular único

#### 3.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS AVL EN COLOMBIA

##### 3.3.1. Fabricantes e importadores con equipo original (OEM)

##### 3.3.2. Empresas nacionales importadoras con servicio de instalación posventa

##### 3.3.3. Empresas nacionales desarrolladoras con servicio de instalación posventa

##### 3.3.4. Empresas extranjeras con presencia en Colombia

#### 3.4. SEGURIDAD DE LOS DISPOSITIVOS AVL

##### 3.4.1. Beneficios de los sistemas AVL en pro de la seguridad

##### 3.4.2. Posibles fallas de seguridad y vulnerabilidades en los sistemas y dispositivos AVL

###### 3.4.2.1. Fallas de seguridad inherentes al hardware

###### 3.4.2.2. Fallas de seguridad inherentes al software

##### 3.4.3. Falta de estándares y regulación para el mercado de dispositivos AVL en Colombia

### 4. NECESIDADES ACTUALES DEL TRANSPORTE PÚBLICO TERRESTRE COLOMBIANO

#### QUE JUSTIFICAN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AVL SEGURO

#### 4.1 NECESIDADES ENCONTRADAS EN EL TRANSPORTE PÚBLICO TERRESTRE COLOMBIANO

##### 4.1.1. Necesidades generales encontradas en el transporte público terrestre colombiano

##### 4.1.2. Necesidades particulares de los actores descritos en este documento



[4.2. Necesidades del dispositivo AVL](#)

[4.3. NECESIDADES DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA](#)

[4.4. VULNERABILIDADES A LA SEGURIDAD DEL DISPOSITIVO AVL](#)

[4.4.1. Vulnerabilidades y posibles fallas del hardware](#)

[4.4.1.1. Escenarios normales de funcionamiento del dispositivo AVL](#)

[4.4.1.2. Casos adversos](#)

[4.4.1.3. Medidas de contingencia](#)

[4.4.1.4. Medidas de contingencia de la plataforma tecnológica del Ministerio de Transporte](#)

[4.4.2. Vulnerabilidades del software](#)

[5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO](#)

[5.1 REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA AVL](#)

[5.1.1 Requisitos generales operativos](#)

[5.1.2 Requisitos generales propios del AVL.](#)

[5.1.3 Requisitos relacionados con la seguridad](#)

[5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA AVL](#)

[5.3. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE](#)

[5.4. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE](#)

[5.4.1 Número de identificación de AVL \(AVL-ID\)](#)

[5.5 RECOMENDACIONES DE CERTIFICACIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO](#)

BORRADOR



## 1. INTRODUCCIÓN

En los próximos años el Ministerio de Transporte planea contar con un sistema inteligente de transporte nacional (ITS - Intelligent Transport System) llamado SINITT<sup>1</sup> (Sistema Inteligente Nacional de Infraestructura, Tránsito y Transporte) que incluirá a todos los actores relacionados con el transporte público colombiano. Este sistema permitirá mejorar la movilidad, la seguridad y, en general, la gestión de las operaciones de tránsito y transporte en el país.

Dado que el SINITT necesitará conocer información de forma oportuna acerca de la localización de los vehículos que ofrecen el servicio de transporte público (carga o pasajeros), resulta indispensable que éste cuente con un subsistema que permita rastrear en tiempo real los vehículos del parque automotor del transporte público terrestre colombiano. Por esto, en el presente documento se expone el CONCEPTO DE OPERACIÓN de un dispositivo automático de localización vehicular (AVL, por sus siglas en inglés) adaptado a las necesidades del país.

### 1.1. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El presente documento consta de 7 capítulos que están organizados de la siguiente manera. En este primer capítulo se presentan los objetivos generales y específicos, así como el alcance del documento. En el segundo capítulo se encuentran los documentos de referencia, la terminología y los actores estratégicos relacionados con el sistema AVL. El tercer capítulo establece la situación actual de los sistemas AVL, describe las generalidades de este tipo de sistemas y cuál es su panorama a nivel nacional e internacional. El cuarto capítulo describe las necesidades encontradas que justifican el desarrollo e implementación de este sistema en el país. El quinto capítulo describe el dispositivo AVL propuesto. En el capítulo seis se encuentran los requerimientos generales de dicho dispositivo. Finalmente, en el capítulo siete se presentan las conclusiones del concepto de operación.

### 1.2. ALCANCE

El presente documento busca establecer los requerimientos generales para el desarrollo e implementación de un dispositivo de localización vehicular automatizado (**dispositivo AVL**) seguro, que permita mejorar la seguridad del transporte público terrestre colombiano y que ayude en las tareas de control, regulación y vigilancia. Para esto, primero es necesario encontrar qué ofrece el mercado internacional y nacional

---

<sup>1</sup> Decreto 2060 de 2015 - Ministerio de Transporte. República de Colombia. Disponible en: <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=13112>



actualmente. Posteriormente, identificar las necesidades por las cuales surge la intención de profundizar en las posibilidades técnicas y tecnológicas para el desarrollo de dicho sistema. Por último sintetizar los requerimientos que debería cumplir el sistema propuesto.

Se debe resaltar que el sistema AVL, que es un subsistema del SINITT, estará compuesto de **dispositivos AVL**, que deberán instalarse en los vehículos que ofrecen servicio de transporte público de carga o de pasajeros. El alcance de este documento abarca los aspectos relacionados con el **dispositivo AVL**. La especificación detallada del sistema AVL, por el contrario, queda por fuera del alcance.

### 1.3. OBJETIVO GENERAL

Especificar un dispositivo de localización vehicular automatizado (dispositivo AVL) seguro que pueda cumplir la función de identificación única para los vehículos de transporte público en Colombia, dentro de un sistema AVL que permita mejorar la seguridad de los usuarios y facilitar el control, la vigilancia y la regulación del transporte público colombiano.

### 1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A continuación se establecen los objetivos específicos del presente concepto de operaciones.

- Establecer el panorama actual de los sistemas AVL para definir qué tecnologías y qué sistemas pueden ser referencia con el fin de definir los requerimientos de un dispositivo AVL el cual permita mejorar la seguridad del transporte público terrestre colombiano.
- Identificar las necesidades actuales que justifican la existencia de un sistema AVL en Colombia, como parte fundamental dentro del SINITT, y en general, como herramienta necesaria para los nuevos ITS que próximamente se implementarán en el país.
- Describir el *hardware* y el *software* que componen el dispositivo AVL seguro para cumplir con la función de identificación de cada vehículo de transporte público terrestre en Colombia, de manera segura y transparente.
- Definir los requerimientos generales del dispositivo AVL seguro.



## 2. REFERENCIAS Y TERMINOLOGÍA

### 2.1 REFERENCIAS

- Constitución Política de Colombia. 1991.
- Decreto 2060 de 2015 - Ministerio de Transporte. República de Colombia.
- Decreto 4165 de 2011 - Ministerio de Transporte. República de Colombia.
- Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Departamento Nacional de Planeación. República de Colombia.
- Resolución 0010 de 2015. Secretaría de Movilidad. Alcaldía de Barranquilla.
- Decreto 2261 de noviembre de 2012. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. República de Colombia.
- Resolución número 02086 del 30 de mayo de de 2014. Dirección General Policía Nacional de Colombia.
- ISO 11898-1:2015 - Road vehicles -- Controller area network (CAN) -- Part 1: Data link layer and physical signalling. (2016). ISO.
- ISO/DIS 17987-6.2 - Road vehicles -- Local Interconnect Network (LIN) -- Part 6: Protocol conformance test specification. (2016). ISO.
- ISO 15765-2:2016 - Road vehicles -- Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) -- Part 2: Transport protocol and network layer services. (2016). ISO.
- ISO 3779:2009 - Road vehicles -- Vehicle identification number (VIN) -- Content and structure. (2011). ISO.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. (2006). Understanding GPS Principles and Applications (Artech House, INC ed.): Boston : Artech House, c2006

### 2.2 LISTA DE ABREVIATURAS

- **AVL:** Automatic Vehicle Location. Localización Vehicular Automática.
- **GNSS:** Global Navigation Satellite System. Sistema Satelital de Navegación Global.
- **GPRS:** General Packet Radio Service. Servicio General de Paquetes de Radio.
- **GPS:** Global Positioning System. Sistema de posicionamiento Global.
- **VIN:** Vehicle Identification Number. Número de Identificación Vehicular.
- **CAN:** Controller Area Network.
- **LIN:** Local Interconnect Network.
- **ECU:** Engine Control Unit.
- **OEM:** Original Equipment Manufacturer.
- **ITS:** Intelligent Transport System
- **SINITT:** Sistema Inteligente Nacional de Infraestructura Tránsito y Transporte
- **OBD (OBDII):** On Board Diagnostics. Diagnósticos a bordo.
- **TPI:** Transporte público individual
- **UTC:** Tiempo universal coordinado



## 2.3 TERMINOLOGÍA

**Sistema AVL.** Sistema de rastreo vehicular automatizado, que en el contexto del presente documento es el conjunto de distintos agentes, principalmente los dispositivos instalados en cada vehículo de servicio público y la plataforma tecnológica dispuesta por el Ministerio de Transporte, y que tiene como principal objetivo mejorar la seguridad del transporte público terrestre colombiano.

**Dispositivo AVL.** Dispositivo perteneciente al sistema AVL y que en el contexto de este documento hace referencia a un dispositivo electrónico que combina hardware y software de manera que permita mejorar la seguridad del transporte público terrestres colombiano.

**Rastreador GPS (GPS Tracker).** Dispositivo electrónico capaz de capturar las señales de los satélites pertenecientes al GPS para obtener de estos su posición geográfica.

**GLONASS.** Sistema de posicionamiento global desarrollado y administrado por la Federación Rusa.

**GALILEO.** Sistema de posicionamiento global desarrollado en conjunto entre la Unión Europea y la Agencia Espacial Europea.

**Módem.** Acrónimo para modulador demodulador. Es un dispositivo electrónico que tiene como función principal convertir señales digitales en señales análogas con el propósito de transmitir información. En el contexto del documento, hace referencia al módem de comunicación o unidad de comunicación necesaria en el dispositivo AVL para transmitir la información capturada.

**Computadora a bordo.** Computador que está instalado en los vehículos modernos y que juega un rol central en el control de los sistemas de locomoción del vehículo, así como la lectura de sensores de variables físicas propias del automotor.

**Aftermarket.** Equipo que se instala en el automotor una vez se ha efectuado la venta y que no pertenece al fabricante original.

**Original Equipment Manufacturer.** Equipo original del fabricante. Equipo que se instala de fábrica por el propio fabricante del automotor y viene con todas las garantías y soporte del mismo.

## 2.4. ACTORES ESTRATÉGICOS

En la presente sección se identifican los actores involucrados, de manera directa o indirecta, a la hora de establecer las necesidades y requisitos para el desarrollo de un sistema AVL seguro. Se clasifican dichos actores en cuatro categorías principales:

- Entidades públicas de control, regulación y vigilancia del transporte público.
- Empresas prestadoras de transporte público terrestre.
- Fabricantes de automotores.
- Proveedores de tecnología.





## 2.4.1. Entidades públicas de control, regulación y vigilancia del transporte público

- **Ministerio de Transporte:** El Ministerio de Transporte es la cabeza del sector transporte en todas sus modalidades, teniendo como objetivo principal la formulación y adopción de políticas, planes, programas y proyectos, así como la regulación técnica y económica en materia de transporte, tránsito e infraestructura de los modos de transporte carretero (terrestre), marítimo, fluvial, férreo y aéreo. Adicionalmente, es de competencia del Ministerio definir la política pública de los sistemas inteligentes de transporte ITS, para lo cual ha comenzado con la propuesta y diseño del SINITT (Sistema Inteligente Nacional de Infraestructura, Tránsito y Transporte). Se evidencia en el presente documento la necesidad de un sistema AVL seguro como parte integral de dicho ITS.
- **Instituto Nacional de Vías - INVIAS:** Es una entidad autónoma de orden nacional y con recursos del Estado que tiene como objetivo la ejecución de las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de la infraestructura no concesionada de la Red Vial Nacional de carreteras primarias y terciarias, de acuerdo con los lineamientos dados por el Ministerio de Transporte.
- **Agencia Nacional de Infraestructura - ANI:** En 2011 reemplazó al Instituto Nacional de Concesiones – INCO y está encargada de “...planear, estructurar, contratar, ejecutar, administrar y evaluar proyectos de concesiones y otras formas de Asociación Público Privada (APP), para el diseño, construcción, mantenimiento, operación, administración y/o explotación de la infraestructura pública de transporte en todos sus modos y de los servicios conexos o relacionados...”<sup>2</sup>
- **Superintendencia de Puertos y Transporte:** Es la entidad responsable de vigilar, inspeccionar y controlar lo relacionado con la calidad de la infraestructura y la prestación del servicio de transporte público marítimo, fluvial, terrestre, férreo y aéreo en el país. De igual manera se encarga de supervisar los contratos de inversión del sector.
- **Dirección de Tránsito y Transportes de la Policía Nacional:** La Dirección de Tránsito y Transportes de la Policía Nacional de Colombia se constituye como el brazo operativo del Ministerio de Transporte, y de otras entidades adscritas al mismo. Tiene la facultad de realizar el control en vía, velando por la correcta operación del tránsito y prestación del transporte.
- **Agencia Nacional de Seguridad Vial:** Una de los principios fundamentales del transporte es garantizar la seguridad en las vías y en equipamientos, por lo que la relación de del sistema de información nacional, debe contemplar la gestión de la seguridad vial en todo el territorio.

---

<sup>2</sup> Decreto 4165 de 2011 - Ministerio de Transporte. República de Colombia.



- **Entidades Territoriales:** Entidades Territoriales: El Artículo 286 de la Constitución Nacional define a las entidades territoriales como: “los departamentos, los distritos, los municipios y los territorios indígenas”, de igual manera “La ley podrá darles el carácter de entidades territoriales a las regiones y provincias que se constituyan en los términos de la Constitución y de la ley”<sup>3</sup>.
- **Superintendencia de Industria y Comercio:** La Superintendencia es responsable de vigilar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en el estatuto del consumidor, Ley 1480 de 2011, en tal virtud tramita las denuncias que se presentan e inicia investigaciones de oficio tendientes a establecer su contravención. En este campo tiene facultades administrativas para ordenar la suspensión de conductas ilegales, sancionatorias para reprimir a los infractores y jurisdiccionales para resolver sobre la garantía mínima presunta.
- **Secretarías de Movilidad:** Las Secretarías de movilidad son las encargadas de velar por el cumplimiento de las normas de tránsito y transporte y asegurar el libre desplazamiento de los ciudadanos.

#### 2.4.2. Empresas prestadoras de transporte público terrestre

- **Empresas Transportadoras de Carga:** Son las encargadas de transportar la carga de un lugar a otro, usan la infraestructura vial del país, realizan seguimiento a los vehículos de carga y suministran información asociada con la carga de sus clientes.
- **Empresas Transportadoras de Pasajeros:** Se encargan de prestar el servicio de transporte a los usuarios siguiendo, rutas, horarios y áreas de operaciones otorgadas, con las frecuencias y tarifas autorizadas por el organismo de tránsito competente.
- **Empresas de Servicio de Transporte Especial (STE):** Se encargan de prestar servicio a los usuarios, bajo las condiciones autorizadas por el organismo de tránsito y transporte competente.

#### 2.4.3. Fabricantes e importadores de automotores

En esta categoría se agrupan las empresas que están en capacidad de fabricar o importar legalmente automotores. Son de particular interés aquellas que se especializan en vehículos de transporte público terrestre (cualquiera de las categorías enunciadas anteriormente). Su papel es trascendental en el establecimiento de las necesidades y requisitos para el desarrollo de un sistema AVL enfocado en incrementar la seguridad de los pasajeros y usuarios así como en el control, vigilancia y regulación. Su conocimiento

---

<sup>3</sup> Constitución Política de Colombia. Título 11. Capítulo 1. Artículo 286.



técnico permite entender con mayor profundidad las características y tecnología del parque automotor actual y establecer la posibilidad de llevar dicho desarrollo a la realidad del transporte público terrestre colombiano.

#### **2.4.4. Proveedores de tecnología**

En esta categoría se encuentran las empresas que trabajan con medios tecnológicos en el ámbito vehicular. Tanto desarrolladores de *software* y *hardware* como importadores que tienen experiencia en sistemas de rastreo vehicular, alarmas, computadores a bordo, sistemas de comunicación y tecnología relacionados con tránsito y transporte, pueden aportar sus conocimientos técnicos y experiencia para ayudar a determinar tanto las capacidades como las limitaciones técnicas y tecnológicas que existen en nuestro país a la hora de implementar un sistema AVL seguro.

BORRADOR

### 3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS AVL

A continuación, se hace una breve descripción de qué es un sistema y un dispositivo AVL, para contextualizar al lector que no es experto en el tema. Posteriormente, se presenta la situación actual de los sistemas AVL tanto en Colombia como en el mundo. Finalmente, se presentan posibles fallas de seguridad o falencias que podrían impedir que un sistema de estas características pueda mejorar la seguridad de los usuarios del transporte público terrestre colombiano.

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS AVL

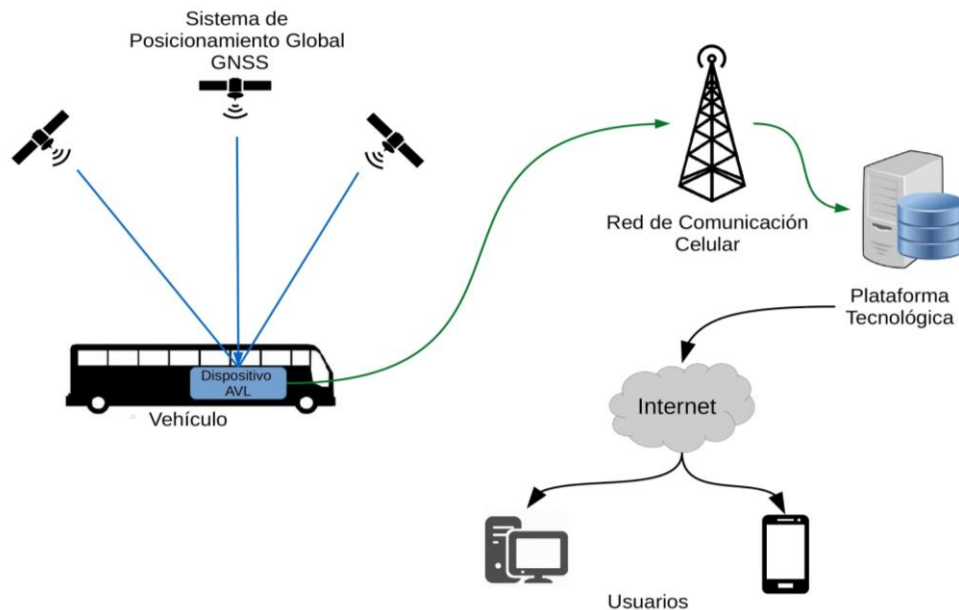
En esta sección se describen las generalidades de un sistema AVL y se establece cómo estos sistemas pueden ayudar a mejorar la seguridad de los usuarios del transporte público terrestre colombiano.

##### 3.1.1. Descripción general de un sistema AVL

Los sistemas AVL son un conjunto de elementos de *hardware* y *software* que permiten ubicar geográficamente un vehículo durante un lapso de tiempo determinado, así como capturar otro tipo de variables físicas asociadas al automotor, como su velocidad y aceleración en un instante dados, el consumo de combustible, identificación del conductor entre otras. Estos sistemas existen gracias a la implementación de los sistemas de geoposicionamiento global y las redes de comunicación celular.

En la Figura 1 se presentan los componentes de *hardware* y *software* de un sistema AVL, los cuales se describen a continuación.

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: GPS<sup>4</sup>, GLONASS<sup>5</sup> y GALILEO<sup>6</sup>. 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

<sup>4</sup> Kaplan, E. D., & Hegarty, C. (2006). *Understanding GPS Principles and Applications* (Artech House, INC ed.): Boston : Artech House, c2006

<sup>5</sup> Information analytical centre of GLONASS and GPS controlling. (2016). *Glonass-iac.ru*. Retrieved 27 June 2016, from <https://www.glonass-iac.ru/en/>

<sup>6</sup> 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>



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 GPRS<sup>7</sup>.
- **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.

### 3.1.2. Descripción del *hardware* de un dispositivo AVL

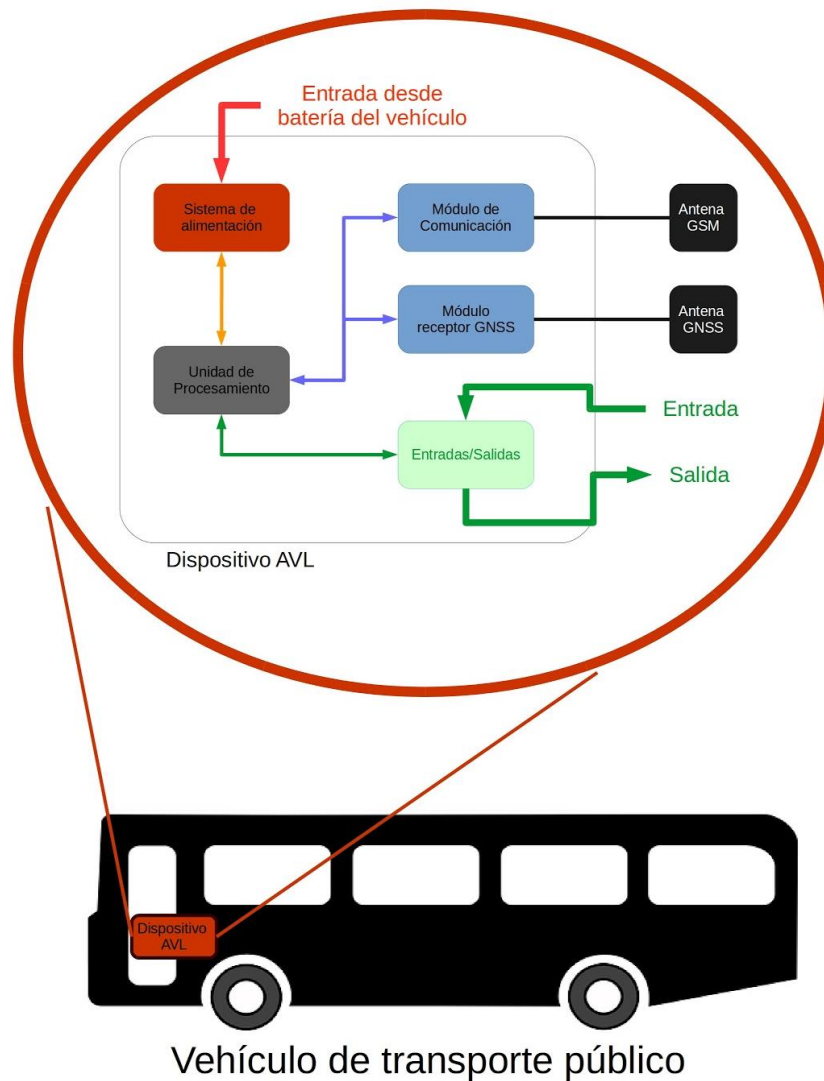
Un sistema AVL tiene uno o varios dispositivos electrónicos que deben ir instalados en los vehículos a los que se les quiere hacer seguimiento. A estos dispositivos se les denomina dispositivos AVL y tienen varios componentes claves para su funcionamiento.

La Figura 2 muestra el diagrama modular de un dispositivo AVL. Resume los principales módulos de los que consta el *hardware* de este sistema electrónico, descritos a continuación.

---

<sup>7</sup> 3GPP TS 23.060 v 5.2.0, "General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2 (Release 5)", June 2002.

Figura 2. Diagrama modular de un dispositivo AVL convencional.



- **Módulo receptor GNSS.** El módulo receptor GNSS permite al AVL conocer su posición geográfica en cualquier lugar del planeta (con la limitación técnica de que dichos sistemas no funcionan en locaciones subterráneas). Esto es posible gracias a los sistemas de geoposicionamiento global.
- **Módulo de comunicación.** La posición geográfica obtenida con el módulo receptor GNSS debe ser retransmitida para que pueda ser procesada y almacenada, es por ello que se debe contar con un módulo de comunicación. Dado que la tasa de datos a transmitir es relativamente baja, sistemas de comunicación pertenecientes a la red móvil de telefonía celular como GPRS suelen ser suficientes para dicha tarea. Además, no solo es posible transmitir información referente a la ubicación geográfica, también es común transmitir otro



tipo de información útil como: velocidad, consumo de combustible, temperatura del vehículo, entre otros; e incluso gracias al canal de comunicación, también es posible ejercer ciertas acciones de seguridad como apertura remota de puertas o inmovilización del vehículo<sup>8,9,10</sup>.

- **Sistema de alimentación.** Normalmente el AVL toma su energía de la batería del vehículo en el que se ha instalado. No obstante, las condiciones de dicha fuente de energía deben ser tratadas, para que puedan ser usadas por los distintos sistemas electrónicos del AVL. Además, suele incluirse una batería adicional más pequeña en caso de que la batería del vehículo se desconecte, y un sistema de control para que se mantenga cargada cuando haya alimentación externa y haga uso de la misma cuando no haya alimentación externa.
- **Entradas y salidas.** Muchas veces los dispositivos AVL cuentan con una serie de entradas y salidas digitales las cuales permiten leer estados (por ejemplo un botón de pánico) o ejecutar acciones (por ejemplo inmovilización vehicular).
- **Unidad de procesamiento.** Es la encargada de controlar lógicamente todos los módulos y componentes del dispositivo, por lo que puede ser asociado con el “cerebro” del mismo. Para que esto sea posible debe ser programado con un *software* que tiene todas las rutinas y procesos necesarios para llevar a cabo el cometido de capturar y transmitir la información del vehículo hacia la plataforma tecnológica.

### 3.1.3. Conectividad con los componentes electrónicos del vehículo

Actualmente los dispositivos electrónicos a bordo de los vehículo son capaces de desempeñar diversas tareas, como la lectura de variables físicas (sensores), así como control y desempeño del motor (ECU o unidad de control del motor). Como consecuencia, los vehículos modernos llevan consigo toda una red de comunicaciones, que tiene como tarea principal permitir el intercambio de datos entre los distintos componentes electrónicos del automotor. Hay protocolos de comunicación que

---

<sup>8</sup> Cheap GPS tracker (Model:TK103A) - My review and installation. (2014). Vandog Traveller. Retrieved 27 June 2016, from <http://vandogtraveller.com/cheap-gps-tracker-installation-and-review/>

<sup>9</sup> Fuel Monitoring In Vehicle Tracking Systems – Technoton. (2016). Jv-technoton.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.jv-technoton.com/>

<sup>10</sup> Vehicle Tracking Software - Features | GPS Insight. (2016). GPS Insight. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.gpsinsight.com/solutions/features/>





estandarizan el intercambio de información, entre los que se destacan CAN<sup>11</sup> y LIN<sup>12</sup>. Asimismo, existen estándares de diagnóstico ampliamente usados como OBDII<sup>13</sup>, que permiten obtener información valiosa del estado del automotor en un momento dado, como por ejemplo las RPM del motor, la velocidad del automotor, carga del motor, consumo de combustible, entre otras variables. Aunque existe una amplia cantidad de información que se puede obtener por medio de estos protocolos, determinar que debe ser transmitido hacia la plataforma tecnológica dependerá del sector de transporte (taxis, carga, servicio de transporte especial, etc.) y esto requiere de un estudio que se encuentra fuera del alcance del presente documento.

Los dispositivos AVL obtienen ventaja de esta situación al capturar información valiosa del vehículo, disponible gracias a estos buses de comunicación. Información que posteriormente pueden transmitir para que sea almacenada, procesada y visualizada por medio de la plataforma tecnológica.

## 3.2. SITUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AVL EN EL PLANO INTERNACIONAL

En el plano internacional el mercado de sistemas AVL se ha expandido, tecnificado y especializado de tal manera que se encuentran soluciones tecnológicamente avanzadas con un alto grado de desarrollo. Particularmente, existen soluciones notables en el área del control y manejo de flotas (*fleet management*), telemática para vehículos (*vehicle telematics*) y vehículos inteligentes (*smart vehicles*). Estos mercados son llamativos no solo porque el parque automotor en los países desarrollados es gigantesco (por ejemplo, según cifras oficiales en Europa para el año 2010 habían 35.7 millones de vehículos comerciales<sup>14</sup>), sino también porque el interés de tecnificar y mejorar la productividad del transporte por medio de la tecnología es cada vez mayor. Esto ha dado lugar a dos tipos de modelos de negocio, en lo referente a la tecnificación de automotores, OEM (*Original Equipment Manufacturer*) y *Aftermarket*, los cuales se explican a continuación.

### 3.2.1. Equipo original del fabricante (OEM)

Según este modelo, los fabricantes de automotores se encargan de instalar, previo a la venta del automotor nuevo, los equipos y accesorios necesarios para hacer del vehículo un sistema inteligente de transporte. De esta manera, el automotor viene con sensores, computadoras a bordo, equipos de rastreo y demás elementos electrónicos listos para

---

<sup>11</sup> ISO 11898-1:2015 - Road vehicles -- Controller area network (CAN) -- Part 1: Data link layer and physical signalling. (2016). ISO.

<sup>12</sup> ISO/DIS 17987-6.2 - Road vehicles -- Local Interconnect Network (LIN) -- Part 6: Protocol conformance test specification. (2016). ISO.

<sup>13</sup> ISO 15765-2:2016 - Road vehicles -- Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) -- Part 2: Transport protocol and network layer services. (2016). ISO.

<sup>14</sup> <http://www.berginsight.com/reportpdf/productsheet/bi-fm8-ps.pdf>



su funcionamiento desde fábrica. Así, el dueño del vehículo sólo debe pagar un rubro mensual por la prestación del servicio sin necesidad de preocuparse por la instalación de dispositivos.

El Ministerio de Transporte realizó mesas de trabajo con los fabricantes de automotores para transporte de carga y de pasajeros más representativos en el mercado colombiano. Estos fabricantes fueron: Volvo, Chevrolet, Nissan Colombia, Daimler Colombia S.A. (Mercedes Benz, Freightliner), Autogermana S.A. (BMW), Kia Motors Colombia, Derco (representantes de Suzuki, Great Wall, Geely, DFAC, JBC) y Foton. En cada reunión se pudo obtener información relevante respecto al trabajo de estas marcas en el área del control de flotas, monitorización y rastreo vehicular. A continuación, se resumen algunas experiencias recogidas, teniendo en cuenta que en este apartado se mencionan las que hagan referencia a una experiencia en el plano internacional. Las marcas con enfoque nacional se exponen en el apartado 3.3.

En la actualidad, la mayoría de fabricantes ofrecen sus propios sistemas de telemática y control de flotas. Se pudo constatar que estos sistemas cuentan con una amplia gama de componentes y servicios que pueden ser usados en una importante variedad de aplicaciones. Se presta especial atención en los servicios de logística y operación de flotas de transporte público terrestre. Las marcas están en capacidad de instalar en sus vehículos todo un sistema de sensores de una importante cantidad de variables físicas (cantidad de pasajeros, consumo de combustible, velocidad, por mencionar sólo algunas) que recopilan datos en tiempo real del automotor. Adicionalmente, se cuenta con la computadora a bordo, el sistema de comunicación y de geolocalización necesarios para que toda la información se pueda conocer en las plataformas tecnológicas dispuestas para ello.

Por otra parte, se puede instalar estos sistemas telemáticos en los automotores de otros fabricantes, con lo cual un sistema AVL implementado por un fabricante no se restringiría sólo a sus propios automotores. De esta manera, es posible contar con la implementación de todo un sistema AVL que permitiría mejorar la seguridad del transporte público terrestre en Colombia, con la garantía, la calidad y el soporte de cada una de las marcas, y con la tranquilidad de contar con un dispositivo adecuado a la medida de los requerimientos establecidos por las políticas gubernamentales colombianas, que además ha sido instalado de fábrica con todas las ventajas económicas, técnicas y logísticas que esto supone.

Por ejemplo, el fabricante sueco Volvo, cuenta con su propio sistema de telemática y monitorización de buses llamado VBT (*Volvo Bus Telematics*)<sup>15</sup>. Un caso de éxito reconocido de dicho sistema es la implementación del control y operación de flota para el sistema integrado de transporte de buses de la ciudad de *Goiânia* en Brasil llamado

---

<sup>15</sup> Volvo Bus Telematics - Volvo Bus Telematics : Volvo Buses América Latina. (2016). [Volvobuses.com](http://www.volvobuses.com). Retrieved 27 June 2016, from <http://www.volvobuses.com/bus/brazil/es-br/soluciones-transporte/bus-telematics/Pages/default.aspx>



**RMTC Goiânia**<sup>16</sup>. Esta implementación fue desarrollada en asociación con la multinacional sueca Ericsson<sup>17</sup>.

Otros ejemplos de sistemas de control de flota o sistemas telemáticos originales de fabricantes reconocidos, son Ford Telematics<sup>18</sup> de Ford, Optifleet<sup>19</sup> de Renault y UVO Infotainment<sup>20</sup> de Kia.

### 3.2.2. Posmercado (*Aftermarket*)

A este modelo pertenecen aquellas empresas que ofrecen productos para automotores en postventa. No siempre los vehículos vienen con un sistema tecnológico instalado de fábrica. Si este es el caso, dicho vehículo es un potencial cliente de un mercado importante de empresas proveedoras de tecnología que están en capacidad de instalar y acoplar los sistemas a bordo de los automotores con elementos tecnológicos desarrollados por ellos mismos (computadoras a bordo, sensores, dispositivos de comunicación y rastreo vehicular, entre otros). Dichas empresas pueden ser los mismos fabricantes que a veces tienen un servicio de instalación postventa. Sin embargo, también existen empresas que no son fabricantes pero que están en capacidad de ofrecer soluciones tecnológicas completas.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de empresas europeas y estadounidenses que ofrecen servicios tecnológicos para automotores, incluyendo la solución completa desde el *hardware* hasta el *software*.

- **Transics**<sup>21</sup>: Empresa Belga ubicada en Ypres. Es líder europeo en el manejo de flotas de vehículos pesados<sup>22</sup> con un estimado de 90000 vehículos conectados actualmente.

---

<sup>16</sup> Rmtc Goiânia - Home. (2016). Rmtcgoiania.com.br. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.rmtcgoiania.com.br/>

<sup>17</sup> Media kit: Connected Vehicle. (2013). Ericsson.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.ericsson.com/thecompany/press/mediakits/connected-vehicle>

<sup>18</sup> Ford Telematics powered by Telogis. (2016). Telogis.com. Retrieved 27 June 2016, from <https://www.telogis.com/ford>

<sup>19</sup> Trucks, R. (2016). Optifleet - FLEET MANAGEMENT - Renault Trucks. Renault-trucks.co.uk. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.renault-trucks.co.uk/optifleet/>

<sup>20</sup> Kia Technology - UVO Infotainment - UVO eServices Security. (2016). Kia.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.kia.com/us/en/content/technology/uvo/features/security>

<sup>21</sup> Transics | About us. (2016). Transics.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.transics.com/about-us/>

<sup>22</sup> <http://www.berginsight.com/reportpdf/productsheet/bi-fm8-ps.pdf>

- **GPS-Insight<sup>23</sup>**: Empresa estadounidense especializada en el rastreo vehicular y control de flotas. Cuenta con alrededor 100000 vehículos conectados actualmente.
- **Advantech DLoG<sup>24</sup>**: Empresa líder Alemana con más de 30 años de experiencia en el mercado de las aplicaciones “en vehículo” (in-vehicle environments). Su producto se ilustra en la Figura 3.

Figura 3. Sistema eBus de Advantech DLoG



Las empresas mencionadas, en general, ofrecen servicios similares de control de flotas y telemática vehicular. Para ello se hace uso de una gama de dispositivos electrónicos, donde normalmente una unidad central de procesamiento (en el mercado se refieren a este dispositivo como, **on-board computer** o **box computer**) coordina las funciones de adquisición de datos, rastreo y comunicación con una plataforma tecnológica propietaria previamente dispuesta para este fin. En la Figura 3 se aprecia un ejemplo de una de estas unidades instaladas en un bus de transporte para pasajeros. Estos computadores a bordo a su vez tienen la posibilidad de leer información propia del vehículo y su entorno (consumo de combustible, presión de las llantas, temperatura y otras variables propias del motor, identificación del conductor, posición geográfica, entre otros). Para ello, deben comunicarse con sensores y módulos externos, e incluso con el propio computador del vehículo para lo cual debe implementar protocolos de comunicación como OBDII u otros similares que funcionan sobre el bus local de comunicación del automotor.

<sup>23</sup> Award-Winning GPS Tracking Technology | GPS Insight. (2016). GPS Insight. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.gpsinsight.com/company/>

<sup>24</sup> DLoG ist Experte für Industrie PC Lösungen - mobil (z.B. Fahrzeug Computer) und stationär (z.B. Fertigungs Computer). (2016). Dlog.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.dlog.com/ueber-uns/>

Adicionalmente, es importante mencionar el énfasis que se da al hecho de que **el rastreo vehicular es en efecto rastreo al vehículo** (esto en contraposición a soluciones que ofrecen dispositivos celulares como herramientas de rastreo). Se garantiza que la información ofrecida corresponde con aquella proveniente del automotor en el cual el sistema ha sido instalado. Dicha información es continuamente adquirida 24 horas al día, 7 días a la semana.

### 3.2.3. Sistemas ITS en otros países que cuentan con sistemas AVL dentro de su estructura de funcionamiento

Aunque el concepto ITS es bastante amplio (vías inteligentes, peajes y sistemas de cobro inteligentes, señalización inteligente, monitorización de vehículos de transporte de pasajeros en tiempo real, entre otros), no necesariamente cuentan siempre con un sistema AVL dentro de sus herramientas tecnológicas. No obstante, existen casos conocidos que sí lo han hecho. Se examina uno de estos casos a continuación.

**Caso Corea del Sur**<sup>25</sup>. El Instituto de transporte Coreano (KOTI - Korea Transport Institute), desarrolló el KTDB (Korea Transport Database), con el objetivo de originar y medir los datos de las redes OD (origen-destino), así como publicar estadísticas oficiales para el transporte coreano a nivel nacional. Para ello, ayudados con análisis de bigdata, y recopilando información de alrededor de veinte mil conductores de servicio de taxis en todo el país lograron obtener información relevante en tiempo real sobre las condiciones del tráfico y el transporte en el país. En esta empresa, fue necesario que cada conductor aceptase hacer uso voluntariamente del sistema, y se usó smartphones como dispositivos AVL para la captura de información en cada vehículo. Con ello se lograron resultados interesantes, como desplegar en tiempo real mapas de congestión de tráfico en todo el país, promedios de velocidad y distancias recorridas en distintas zonas, obtención del número y la tasa de accidentes entre otros. Aunque para el caso de Colombia no sería conveniente el uso de smartphones como instrumentos de recolección de información, el caso coreano es una muestra contundente de las enormes posibilidades que ofrecen los sistemas inteligentes de transporte, y particularmente cuando es posible medir en cada vehículo de transporte público variables de interés que permitan comprender en tiempo real el comportamiento del tráfico y el transporte público.

### 3.2.4. El VIN como medio de identificación vehicular único

El VIN (*Vehicle Identification Number*), conocido en español como número de chasis, es un código de identificación único para cada vehículo que es manufacturado a nivel mundial. Los primeros intentos de implementar un código único para cada vehículo datan

---

<sup>25</sup> Korea Transport Database. (2016). [ktdb.go.kr](https://www.ktdb.go.kr). Retrieved 2 August 2016, from <https://www.ktdb.go.kr/eng/index.do>





del año 1954<sup>26</sup>. En 1981 se estandarizó el formato del código, haciéndose obligatorio el uso de 17 dígitos alfanuméricos (sin incluir la O, la I y la Q, para evitar confusiones con el número cero - 0 y el número uno - 1). Existen varios estándares que compiten por la formalización del VIN, los dos más importantes son el FMVSS 115, Part 565<sup>27</sup> (Federal Motor Vehicle Safety Standards de Estados Unidos) y el ISO 3779:2009<sup>28</sup>. Debido a la extensión y aceptación del VIN como código único de identificación vehicular, hay un creciente interés de asociarlo no sólo a las características del vehículo, sino adicionalmente (en algunos países desarrollados) a su historial. Por esto, las herramientas tecnológicas y operativas que han permitido hacer uso de dicho código para la identificación de vehículos han ido incrementando y se han hecho más robustas.

Por ejemplo, es posible obtener el VIN de manera electrónica directamente de la computadora central en los vehículos más modernos por medio del bus local de comunicación. Asimismo, ya existen servicios que combinan el uso de servicios AVL y control de flotas con la identificación vehicular por medio del VIN<sup>29,30</sup>. De esta manera, se puede asumir que el VIN es el medio correcto para identificar tanto de manera física y presencial como de manera electrónica a un vehículo. Esta característica puede ser usada en un sistema AVL que mejore la seguridad para los usuarios del transporte público terrestre colombiano.

### 3.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS AVL EN COLOMBIA

En Colombia existe desde hace varios años un mercado para los sistemas AVL, que normalmente se conocen como rastreadores GPS, localizadores vehiculares, GPS *trackers* o simplemente GPS. Sin importar la denominación que se les pueda poner, la funcionalidad es la misma, se trata de un sistema conjunto entre un rastreador GPS y una plataforma tecnológica que recopila los datos tomados del vehículo por medio del dispositivo, los almacena, los presenta al usuario e incluso los procesa para ofrecer algún tipo de análisis de interés (conducta del conductor, control de flotas o modo de empleo del vehículo son algunos ejemplos). A continuación, se identifican los tipos principales de empresas que ofrecen servicios y soporte de sistemas AVL en Colombia.

---

<sup>26</sup> Vehicle Identification Numbers (VINs) | National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). (2016). Nhtsa.gov. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.nhtsa.gov/Vehicle+Safety/Vehicle-Related+Theft/Vehicle+Identification+Numbers+%28VINs%29>

<sup>27</sup> <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2011-title49-vol6/pdf/CFR-2011-title49-vol6-part565.pdf>

<sup>28</sup> ISO 3779:2009 - Road vehicles -- Vehicle identification number (VIN) -- Content and structure. (2011). ISO.

<sup>29</sup> Fleet management: VIN decoding feature increases efficiency. (2016). Utilityproducts.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.utilityproducts.com/articles/2015/11/fleet-management-vin-decoding-feature-increases-efficiency.html>

<sup>30</sup> Software, D. (2016). 4 Benefits of Adding a VIN Decoder to Your Fleet Management Software. Vin.dataonesoftware.com. Retrieved 27 June 2016, from [http://vin.dataonesoftware.com/vin\\_basics\\_blog/vin-decoder-benefits-for-fleet-management-software](http://vin.dataonesoftware.com/vin_basics_blog/vin-decoder-benefits-for-fleet-management-software)

### 3.3.1. Fabricantes e importadores con equipo original (OEM)

Similar al caso internacional, existen dispositivos en el mercado nacional que son originales del fabricante. En este caso, la empresa encargada de ensamblar o de importar al vehículo, tiene la posibilidad de instalar en el mismo el dispositivo electrónico que puede posteriormente ser activado para recopilar la información que el usuario necesite. Estos equipos no son desarrollados en Colombia y se importan junto con el automotor o junto con sus partes según sea el caso (importación o ensamblaje).

Un ejemplo conocido y significativo en el mercado nacional es Chevystar<sup>31</sup> de Colmotores, el cual ha sido un soporte tecnológico para aquellos que adquieren automotores de la marca Chevrolet. Dichos dispositivos vienen de fábrica instalados en el vehículo y ofrecen una gama de servicios como geolocalización o medidas en contra del hurto vehicular.

Otro ejemplo es el de la marca representante de Mercedes Benz en Colombia, Daimler<sup>32</sup>, que tiene un sistema AVL llamado TRACE, procedente de Alemania y que se ha instalado de manera exitosa para el control de flotas en una cantidad significativa de buses pertenecientes al Sistema Integrado de Transporte Público SITP de Bogotá<sup>33</sup>. Este hecho demuestra que la implementación de este tipo de sistemas no sólo es viable sino necesaria para solucionar muchas de las necesidades que se expondrán en el capítulo 4.

### 3.3.2. Empresas nacionales importadoras con servicio de instalación posventa

Existe otro sector del mercado compuesto por empresas que importan dispositivos electrónicos (en su gran mayoría equipos provenientes de China) y que ofrecen el servicio de instalación y disposición de la información (por medio de una plataforma tecnológica, a veces desarrollada en Colombia, otra veces tercerizada a desarrolladores de otros países) después de que el vehículo ha sido vendido (aftermarket).

### 3.3.3. Empresas nacionales desarrolladoras con servicio de instalación posventa

---

<sup>31</sup> Mi Chevystar | Chevrolet. (2016). chevrolet.com.co. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.chevrolet.com.co/chevystar/mi-chevystar.html>

<sup>32</sup> DAIMLER COLOMBIA. (2016). Daimler.com.co. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.daimler.com.co/nosotros.htm>

<sup>33</sup> EL CAMINO DE DAIMLER JUNTO AL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE. (2016). Revistacargapesada.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://revistacargapesada.com/?p=3043>



Existen empresas nacionales que se encargan del diseño y desarrollo de sus propias plataformas tecnológicas y dispositivos electrónicos. Estas son una minoría en el mercado, pero hay casos concretos de éxito en este tipo de empresas. Por ejemplo el decreto 2261 de noviembre de 2012<sup>34</sup> establece en el artículo 6 que la maquinaria amarilla que se importa a Colombia debe contar con equipo de rastreo vehicular y la resolución número 02086 del 30 de mayo de de 2014, “fija las condiciones técnicas del equipo, instalación, identificación, funcionamiento y monitoreo de sistema de posicionamiento global (GPS)”<sup>35</sup>, lo anterior para uso reglamentario de dicha maquinaria. Las condiciones específicas de dicha resolución fueron aprovechadas por proveedores nacionales para implementar soluciones tecnológicas (similares a dispositivos AVL) que cumpliesen con las condiciones establecidas.<sup>36</sup>

### 3.3.4. Empresas extranjeras con presencia en Colombia

Otro sector del mercado está compuesto por empresas extranjeras que desarrollan sus sistemas, *hardware* y *software* por fuera del país, pero tienen presencia en Colombia y brindan soporte a sus propios productos. Esto sucede cuando el sistema a implementar es suficientemente grande y complejo. Un ejemplo es el sistema de transporte urbano de la ciudad de Santiago de Cali, MIO. En este caso, el sistema de control de flotas y gestión del sistema IT fue otorgado por METRO CALI S.A. a la empresa belga IVU *Traffic Technologies AG*<sup>37</sup>. El sistema implementado originalmente manejaba alrededor de 1000 buses y se encargaba, entre otras cosas, de recopilar información directamente de cada bus en el sistema con el objetivo de cumplir con la planificación de las rutas del sistema. Para ello, fue necesaria la instalación de dispositivos AVL (computadoras de abordaje), para conocer la posición del vehículo en cada momento dado. Otros ejemplos que vale la pena resaltar, de empresas extranjeras o multinacionales que han participado en la implementación de sistemas de transporte masivo en Colombia son ETRA y su participación en el sistema integrado de transporte de Bogotá<sup>38</sup> (proyecto SIRCI) e INDRA y su participación en la implementación de la plataforma tecnológica de gestión integral de la movilidad de la ciudad de Medellín<sup>39</sup>.

<sup>34</sup> Decreto 2261 de noviembre de 2012. Artículo 6. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. República de Colombia.

<sup>35</sup> Resolución número 02086 del 30 de mayo de de 2014. Dirección General Policía Nacional de Colombia.

<sup>36</sup> Group, T. (2016). Detektor.com.co. Retrieved 2 August 2016, from [http://detektor.com.co/noticias-detektor/el\\_decreto\\_2261\\_y\\_la\\_proteccion\\_de\\_maquinaria\\_amarilla\\_conozcalo](http://detektor.com.co/noticias-detektor/el_decreto_2261_y_la_proteccion_de_maquinaria_amarilla_conozcalo)

<sup>37</sup> IVU se adjudica importante contrato en Colombia (CP) - IVU. (2016). Ivuandina.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.ivuandina.com/noticias/comunicados-de-prensa/articulo/ivu-se-adjudica-importante-contrato-en-colombia-cp.html>

<sup>38</sup> Proyectos | Proyecto SIRCI, Sistema Integral de Transporte en la Ciudad de Bogotá. (2016). Etra.es. Retrieved 2 August 2016, from <http://www.etra.es/casos-de-exito/proyecto-sirci-sistema-integral-de-transporte-en-la-ciudad-de-bogota.aspx>

<sup>39</sup> [http://www.indracompany.com/sites/default/files/indra\\_caso\\_de\\_exito.\\_smart\\_mobility\\_medellin.pdf](http://www.indracompany.com/sites/default/files/indra_caso_de_exito._smart_mobility_medellin.pdf)

Aunque el enfoque de este tipo de sistemas está orientado a un propósito diferente (planificación y cumplimiento de rutas para el sistema de transporte), cuenta con lo esencial para satisfacer las necesidades que se exponen en el Capítulo 4.

### 3.4. SEGURIDAD DE LOS DISPOSITIVOS AVL

Este apartado resume las características de seguridad que se encuentran en los sistemas y dispositivos AVL. Se examinan tanto los beneficios que se pueden obtener, como las vulnerabilidades y falencias que se pueden encontrar, haciendo un examen no solo de los componentes del sistema sino también del mercado en Colombia.

#### 3.4.1. Beneficios de los sistemas AVL en pro de la seguridad

A continuación, se muestra una serie de características ya existentes que se ofrecen en sistemas AVL, las cuales son importantes a la hora de mejorar la seguridad en las vías del país.

- **Identificación del conductor.** En algunos sistemas de AVL el conductor debe identificarse dentro del sistema mediante algún método. De esta manera, el dueño del vehículo conoce la identidad del conductor que realizó un trayecto determinado y puede asociarse a un historial de conducción e incluso alertar sobre comportamientos riesgosos de un conductor.
- **Reportes o alertas relacionados con el GNSS.** En este aspecto los sistemas actuales ofrecen varias características interesantes. Por ejemplo, tienen todo un sistema de alertas para excesos de velocidad, aceleraciones o frenadas abruptas, detenciones no autorizadas, detenciones largas, entrada y salida de geoceldas, entrada a zonas prohibidas, entre otras. Adicionalmente, se ofrece un sistema anti-hurto, que alerta al propietario y a las autoridades competentes, inmoviliza al vehículo y finalmente lo localiza para facilitar su posterior recuperación.
- **Reportes o alertas relacionados con sensores adicionales conectados al AVL.** Suele ofrecerse como servicio adicional el reporte de ciertas variables de interés para el propietario del vehículo, como por ejemplo: consumo de combustible, caída abrupta del nivel de combustible, temperatura del vehículo, conteo de pasajeros, entre otros.
- **Identificación unívoca entre el dispositivo AVL y el vehículo donde se instaló originalmente.** Aunque no suele enfatizarse en la importancia de que el dispositivo AVL identifica de manera unívoca al vehículo, algunos dispositivos (particularmente el sector OEM) garantizan que este sólo funciona en el automotor donde se instaló originalmente. La relación unívoca entre la identificación del dispositivo AVL y el vehículo es una característica necesaria y obligatoria para que



el sistema pueda incrementar la seguridad en las vías del país, así como facilitar las tareas de control, regulación y vigilancia.

Es muy importante resaltar que las anteriores características de seguridad se ofrecen a un mercado de usuarios privados. No obstante, es importante tenerlas en cuenta como posibles soluciones a las necesidades que se exponen en el Capítulo 4.

### 3.4.2. Posibles fallas de seguridad y vulnerabilidades en los sistemas y dispositivos AVL

A pesar de que los sistemas AVL hoy en día son bastante robustos, existen fallas de seguridad conocidas que se deben tener en cuenta para cumplir con el objetivo general de este documento. Desde el punto de vista comercial, los sistemas AVL satisfacen en gran medida las necesidades de conocer el estado y ubicación de los vehículos en un momento dado. Además, permiten conocer otras variables de interés, y generar alarmas para tomar acciones, según sea el caso. Sin embargo, estas cualidades no son suficientes si se quiere usar un sistema AVL para mejorar la seguridad de los usuarios y facilitar el control, la vigilancia y la regulación del transporte público colombiano.

Las fallas de seguridad conocidas se categorizan en dos tipos: fallas de seguridad inherentes al *hardware* y fallas de seguridad inherentes al *software*.

#### 3.4.2.1. Fallas de seguridad inherentes al *hardware*

Estas fallas ocurren cuando de manera malintencionada o incluso sin intención un tercero altera el funcionamiento normal del sistema. Suelen ocurrir por mala manipulación del AVL instalado y son difíciles de diagnosticar e incluso de solucionar debido a que implican un mantenimiento o reparación física *in situ*.

- **Desconexión de la antena del módulo GNSS.** Ya sea que la antena se desconecte, se rompa o se encierre en un compartimiento completamente metálico, el efecto es el mismo, se pierde la señal satelital y el sistema no puede ubicar al vehículo geoespacialmente.
- **Desconexión del módulo de comunicación.** Este problema es bastante grave, ya que un sistema AVL sin sistema de comunicación es completamente mudo e inútil. Las causas pueden ser las mismas al caso de la antena del módulo GNSS. Al desconectar, cortar o encerrar en un compartimiento metálico a la antena del módulo de comunicación este queda imposibilitado de transmitir cualquier tipo de información hacia la plataforma tecnológica.
- **Apertura del encerramiento del AVL y manipulación.** Todo *hardware* de AVL debe ir en un encerramiento o caja que protege al circuito impreso de la corrosión, la suciedad, entre otros. No obstante, para manipular el *hardware* es



necesario abrir primero dicho empaque y esto puede hacerse de manera ortodoxa o no ortodoxa. En cualquier caso, la posibilidad de que el *hardware* quede expuesto permite que personal con conocimiento técnico avanzado manipule el dispositivo AVL para que su funcionamiento sea diferente al concebido originalmente.

- **Modificación del *hardware*.** Como consecuencia de la apertura del encerramiento el hardware puede ser manipulado o alterado. Este es uno de los tipos de manipulación más compleja que puede sufrir un dispositivo AVL. Aunque sólo personal especializado podría alcanzar este objetivo, de lograrse las consecuencias son nefastas, ya que se compromete la veracidad de la información que el dispositivo transmite.
- **Clonación.** Aunque similar al caso anterior, la clonación no busca ejercer control del dispositivo sino simplemente duplicar su comportamiento. Sólo personal especializado puede llevar a cabo la clonación de un dispositivo.
- **Ausencia de reportes sobre intentos de alteración física.** No se suele mencionar que en el sistema existan alertas que reporten si los dispositivos AVL han sufrido intentos de desconexión del vehículo, intercambio o desinstalación del vehículo original, intentos de apertura en el encerramiento o intentos de manipulación del hardware. Todo lo anterior conduce a posibles fallas de seguridad que deben contemplarse si se quiere un sistema realmente confiable.

#### 3.4.2.2. Fallas de seguridad inherentes al *software*

Como se mencionó anteriormente algunas veces el dispositivo AVL es una computadora a bordo del vehículo. Esto significa que tiene las posibilidades y ventajas que ofrecen los sistemas operativos, pero así mismo se debe ser cuidadoso porque con las ventajas vienen también vacíos de seguridad que muchas veces se dejan abiertos a causa de malos diseños o implementaciones apresuradas.

En la necesidad de comunicar la información que se ha adquirido, dicha computadora debe conectarse a Internet, lo cual aunque necesario debe hacerse con cuidado si no se quiere tener vulnerabilidades. Recientemente se han descubierto fallas de seguridad en estos sistemas, debido a que a veces procesos dentro de la computadora a bordo corren procesos de manera indefinida que hacen uso de conexiones que se dejan abiertas y sin ningún tipo de seguridad o autenticación. Con lo anterior, un atacante malicioso con el suficiente conocimiento informático podría, desde obtener información clasificada hasta modificar a su conveniencia el funcionamiento del sistema. Un ejemplo de este tipo de vulnerabilidades se evidenció en el caso de los taxímetros españoles<sup>40</sup>. Por lo tanto, si

---

<sup>40</sup> Un informático en el lado del mal: Hacking de taxímetros en España vía Shodan #Taxitronic #IoT. (2016). Elladodelmal.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.elladodelmal.com/2016/05/hacking-de-taximetros-en-espana-via.html>



un sistema AVL cuenta con un sistema de alto nivel como unidad de procesamiento debe verificarse que ningún proceso pueda dejar puertos o conexiones abiertas y susceptibles de ser atacadas.

### **3.4.3. Falta de estándares y regulación para el mercado de dispositivos AVL en Colombia**

A pesar de que en Colombia se cuenta con una variedad de productos, servicios y dispositivos relacionados con la monitorización vehicular, existen algunas falencias propias de un mercado que no está regulado por ninguna entidad gubernamental especializada. No hay estándares ni normas técnicas relacionadas a este mercado y debido a esto y al hecho de que estos dispositivos se instalan en el interior del vehículo, quedan expuestos a la manipulación de terceros, lo cual es una vulnerabilidad a la seguridad que debilita la confianza que se podría tener en este tipo de sistemas si quisiera usarse como dispositivo enfocado en proveer seguridad a los usuarios del transporte público colombiano.

Sin embargo, vale la pena aclarar que no ha habido hasta el momento motivación para que esto sea diferente, ya que la intención para hacer uso de estos sistemas radica en la necesidad de los dueños de los vehículos de agregar cierta información o conocimiento sobre el uso de estos, decisión que se toma de manera autónoma desde una perspectiva económica. No hay actualmente ningún tipo de reglamentación o normatividad existente al respecto.



## 4. NECESIDADES ACTUALES DEL TRANSPORTE PÚBLICO TERRESTRE COLOMBIANO QUE JUSTIFICAN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AVL SEGURO

El presente capítulo establece las necesidades actuales del transporte público terrestre colombiano, las cuales a su vez justifican la implementación de un sistema AVL que permita mejorar la seguridad en las vías del país. Primero se establecen las necesidades encontradas propias del transporte colombiano y posteriormente se exponen las necesidades que deben satisfacerse para que el sistema pueda ejercer sus funciones de manera adecuada.

### 4.1 NECESIDADES ENCONTRADAS EN EL TRANSPORTE PÚBLICO TERRESTRE COLOMBIANO

En esta sección se describen las necesidades que evidencian la pertinencia de desarrollar un sistema AVL seguro. Para ello, primero se evaluarán las necesidades reales que han surgido de la experiencia de los distintos actores relacionados con el sector. Luego se sintetizan los distintos casos para, finalmente, presentar las necesidades generales que debería suplir el sistema.

#### 4.1.1. Necesidades generales encontradas en el transporte público terrestre colombiano

En el marco del **Plan Nacional de Desarrollo** (Tomo I, Parte V, Objetivo 6: “*Desarrollo de infraestructura vial y de transporte e inclusión coherente en las tecnologías de la información y las comunicaciones, así como el acceso a energías sostenibles, en la perspectiva cerrar de brechas productivas*”<sup>41</sup>), el Ministerio de Transporte tiene como prioridad contar con nuevas herramientas tecnológicas adecuadas para mejorar muchos de los aspectos actuales del transporte público terrestre en Colombia. Esto se ve reflejado en las novedosas implementaciones y desarrollos de ITS en las cuales el gobierno colombiano está invirtiendo y apostando en pro del desarrollo del país<sup>42</sup>. Con la mayoría de los nuevos desarrollos se busca actualizar la infraestructura colombiana, implementando nuevas tecnologías que, aunque en países desarrollados ya existen, en Colombia aún están en mora de ser utilizadas y mejorarán la organización, la seguridad y la productividad del transporte colombiano.

---

<sup>41</sup> Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Tomo I, Parte V, Objetivo 6. Departamento Nacional de Planeación. República de Colombia. Disponible en:

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND%202014-2018%20Tomo%201%20internet.pdf>

<sup>42</sup> Decreto No. 2060 de 2015. Ministerio de Transporte. República de Colombia.





Las autoridades encargadas de vigilar y controlar el transporte en Colombia, no siempre pueden reaccionar de manera efectiva ante las distintas problemáticas presentadas. La logística de las tareas de control en el país puede ser una tarea en extremo compleja. Por ello, son necesarias herramientas tecnológicas de ayuda que permitan agilizar y hacer más efectiva dicha logística.

En este contexto, se presenta la definición y especificación de un sistema de localización vehicular (AVL) que permita la identificación y registro único de vehículos. Desempeñará un papel central en el mejoramiento de la seguridad de las vías del país; así como en el control, la regulación y la vigilancia del transporte público terrestre, siendo una herramienta tecnológica de ayuda clave para las autoridades.

A continuación, se presentan las necesidades y problemas que actualmente no pueden ser solucionados de manera efectiva debido a no se cuenta con las herramientas adecuadas ni técnicas, ni organizacionales.

- **N1. Transporte más seguro.** Es necesario mejorar la seguridad en las vías del país. Un sistema AVL podría satisfacer esta necesidad por dos razones. Por un lado, el conocimiento de algunas variables físicas en el vehículo en tiempo real permitirá conocer qué automotores no están en condiciones de prestar servicio público. La segunda razón es que se podrán establecer parámetros de conducta al volante de conductores, aplicando así mecanismos preventivos de seguridad vial que se traducirían en carreteras más seguras para todos.
- **N2. Disponer de información veraz y en tiempo real sobre los vehículos de transporte público terrestre legalmente registrados.** Aunque se cuenta con herramientas que permiten conocer información valiosa relacionada con las vías del país y los vehículos que circulan, es posible potenciar la obtención de dicha información si se cuenta con los medios para agilizar esta tarea. Por esto, la posibilidad de conocer en tiempo real la realidad del parque automotor público se convierte en un objetivo necesario a la hora de generar política pública efectiva relacionada con el transporte en Colombia.
- **N3. Disponer de información homogénea y centralizada.** Es necesario que la información sea homogénea y esté centralizada para que el acceso a la misma sea rápido y efectivo, lo cual permite obtener datos claves que hoy en día no se conocen de manera sencilla. Por ejemplo: la tasa de crecimiento del parque automotor, las rutas más usadas, el comportamiento al volante de los conductores, entre otros.
- **N4. Contar con un sistema de identificación vehicular único tecnológico completamente confiable.** Es necesario garantizar que la información proporcionada por cada vehículo en el sistema es única y es completamente fidedigna. La información no puede ser clonada o tergiversada, ya que el sistema de control y vigilancia perdería toda validez. Es necesario que cada vehículo legalmente registrado cuente con un identificador único dentro del sistema y que, de esta manera, se garantice que la información proporcionada por dicho ID único





corresponda, sin lugar a duda, a la del vehículo que en efecto circula por las vías del país.

- **N5. Soluciones al problema de la piratería de rutas.** La anterior necesidad se relaciona íntimamente con la problemática de la piratería de rutas. Es difícil ejercer un control efectivo, en cuanto a la vigilancia de los permisos para el transporte (ya sea de carga o de pasajeros), debido a que las autoridades no cuentan con herramientas adecuadas. Sin embargo, con un sistema AVL especialmente diseñado para el control y la vigilancia, se tendría la manera de combatir efectivamente la ilegalidad.
- **N6. Soluciones al problema de clonación de vehículos.** La identificación única de vehículos ayudaría a combatir la problemática de la clonación vehicular. Al no ser posible remover el AVL del vehículo sin generar alguna alarma que alerte a las autoridades, se reduciría o desalentaría la intención de clonar un vehículo. De esta forma, se apuntaría a un parque automotor de transporte público con una gran mayoría de vehículos legalmente registrados, eliminando la competencia desleal y, al mismo tiempo, beneficiando a usuarios y empresas transportadoras.
- **N7. Seguridad física de los pasajeros y la carga.** También existe la necesidad de incrementar la seguridad de las personas y los bienes que se transportan por las carreteras colombianas. Un sistema AVL proporcionaría herramientas efectivas contra delitos como el hurto, el secuestro o el fleteo, dándole a las autoridades la posibilidad de actuar de manera efectiva en el momento exacto en que ocurra cualquier tipo de transgresión contra la integridad de los usuarios del transporte público terrestre.

#### 4.1.2. Necesidades particulares de los actores descritos en este documento

Aunque se han analizado las necesidades generales que afectan al transporte público terrestre colombiano, es importante también analizar qué otro tipo de entidades tienen necesidades que podrían ser solucionadas por un sistema AVL seguro. A continuación se examinan casos representativos.

- **Caso transporte masivo (Transmilenio, SITP).** En el caso de sistemas de transporte masivo, la información que se obtiene del AVL de cada bus que transita por el sistema es de alta prioridad y completamente relevante para el correcto funcionamiento del sistema. La instalación, puesta en funcionamiento y mantenimiento de sistemas AVL completos actualmente ha sido tercerizada. Así, en teoría los operadores del sistema de transporte masivo podrían contar con la información relevante cuando la necesitan. Sin embargo, en la práctica esto no siempre sucede, pues se han encontrado discrepancias entre la empresa que terceriza el manejo de la información de los AVL y los operadores de los buses. Así, muchas veces por falencias contractuales o por fallas técnicas, quien sufre los mayores percances es el usuario final.



**N8. Necesidad de información veraz por parte de los operadores de la flota de vehículos.** Un sistema AVL seguro permitiría a los operadores de buses de los sistemas de transporte masivo contar con un segundo canal de información fidedigna la cual podría ser usada en casos de emergencia cuando no se disponga de la otra fuente de información, evitando colapsos o retrasos en el servicio.

**N9. Necesidad de que los AVL cumplan con las normas internacionales de seguridad eléctrica.** De igual manera, se ha evidenciado que algunos dispositivos electrónicos instalados por terceros no autorizados por los fabricantes de vehículos, han presentado incidentes de seguridad eléctrica. Por tal motivo, es importante que estos dispositivos electrónicos cumplan con normas de seguridad internacionales que garanticen su funcionamiento en vehículos automotores sin poner en riesgo a los usuarios del servicio .

- **Caso de Transporte Público Individual (TPI).** En el caso de los servicios de transporte público individual, como por ejemplo los taxis, los dispositivos AVL han sido herramientas de seguridad eficaces en casos donde la integridad del conductor, el pasajero o del automotor se han visto comprometidas<sup>43</sup>. No obstante, al no existir un sistema AVL centralizado, sólo aquellos dueños que deciden instalar un dispositivo AVL particular pueden contar con algún grado de protección. Asimismo, se identifica que es necesario en el caso del TPI que los AVL tengan un sistema de detección de vulnerabilidades, especialmente si se piensa integrar la funcionalidad de taxímetro<sup>44</sup>. Vale la pena destacar el caso de la ciudad de Barranquilla donde se realizaron esfuerzos importantes para estandarizar y poner en funcionamiento un “*taxímetro activo*” con el fin de mejorar la calidad del servicio<sup>45</sup>. Aunque los requisitos exigidos para estos dispositivos no pudieron ser cumplidos por ninguna empresa interesada, la información de dicho proceso fue útil en la elaboración de algunos puntos del presente documento y a su vez es tenida en cuenta para los documentos de requisitos técnicos posteriores.

De esta forma se identifica que los vehículos de TPI deberán cumplir con:

**N7. Seguridad física de los pasajeros y la carga** (mencionado anteriormente).

**N10. Dispositivos AVL que determinen su localización.** Se establece que la localización vehicular es la información mínima con la cual debe contar el sistema AVL.

---

<sup>43</sup> Avanza proyecto para que los taxis tengan chips de seguridad. (2016). El Universal Cartagena. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/avanza-proyecto-para-que-los-taxis-tengan-chips-de-seguridad-224766>

<sup>44</sup> <http://www.sic.gov.co/drupal/sites/default/files/files/15-280358.pdf> Superintendencia de Industria y Comercio 2016. Regulación actual y análisis económico del mercado impactado con la regulación propuesta.

<sup>45</sup> Resolución 0010 de 2015. Secretaría de Movilidad. Alcaldía de Barranquilla.

La captura de demás variables físicas y otros tipos de información no está dentro del alcance de este documento.

#### **N11. Dispositivos AVL que suministren información de la identidad del conductor.**

La información del conductor es otro aspecto que debe considerarse para contar con un sistema AVL seguro, por lo cual deben proveerse las herramientas de hardware y software necesarias para que esto sea posible.

**N12. Dispositivos AVL que no puedan ser alterados por terceros.** El dispositivo debe contemplar todas las medidas de seguridad necesarias para evitar la alteración del hardware y el software que lo componen y así garantizar la fidelidad de la información que provee.

### **4.2. Necesidades del dispositivo AVL**

Las siguientes características son necesarias para lograr que el sistema AVL cuente con dispositivos que puedan cumplir con la tarea de controlar, regular y vigilar el transporte público terrestre colombiano.

- **N13. Alta disponibilidad.** El dispositivo AVL debe estar en operación la mayor parte del tiempo, para garantizar que la información esté disponible a los distintos actores el mayor tiempo posible de funcionamiento del sistema.
- **N14. Alta fiabilidad.** Además este debe tener una alta probabilidad de que funcione adecuadamente durante el período de vida útil esperado y en las condiciones y lugar de operación (interior del vehículo, para lo cual se deben tener en cuenta las condiciones adversas de temperatura, humedad, perturbación o ruido eléctrico, entre otras).
- **N15. Seguro e íntegro.** El dispositivo debe contar con los protocolos y medidas adecuadas para manejar de manera correcta eventualidades y evitar así consecuencias catastróficas para los distintos agentes del sistema, como la pérdida de información o daños materiales.
- **N16. Homogeneidad de la información.** Dado que es ideal que el sistema AVL tenga su información centralizada, es necesario que todos los dispositivos utilicen los mismos *estándares* y formatos para la comunicación de la información, lo que generará aún más confianza en todo el proceso de control, vigilancia y regulación.
- **N17. Autonomía.** Es importante indicar que el sistema y los dispositivos AVL que lo componen deben ser lo más autónomos posible. Esto se debe a que la gran cantidad de dispositivos instalados en cada vehículo pertenecientes al sistema, dificultarían significativamente que la toma de decisiones se ejecute por medio de la intervención humana. Esto no significa que estos deban ser



completamente autónomos, pero sí debe reducirse la intervención humana a los casos que realmente lo ameriten.

- **N18. Fiabilidad de la información adquirida.** Es necesario que cada dispositivo garantice la fiabilidad de la información que presenta. Esto no se reduce solamente al valor de la información como tal, sino también a su fuente, es decir, se debe asegurar que la información emitida desde un vehículo determinado realmente provenga del mismo. En este sentido, cada AVL será un identificador único del vehículo dentro del sistema para lo cual es necesario implementar el uso del VIN como identificador único vehicular.
- **N19. Capacidad de emitir alarmas confiables.** Es imposible evitar que terceros intenten manipular el *hardware* en el sistema. Por ende surge la necesidad de que el AVL (y más generalmente el sistema) disponga de un conjunto de alarmas ante cualquier intento de clonación, falsificación, usurpación, entre otros. Esto alertará a las autoridades pertinentes para tomar las medidas correspondientes.
- **N20. Capacidad de evitar que el *hardware* o el *software* se vean comprometidos y evitar manipulación indebida.** La seguridad juega un papel importante. No basta con tener la certeza de la veracidad de los datos, sino que también es importante garantizar la capacidad del dispositivo de alertar ante la intrusión de terceros, los intentos de manipulación no autorizados y los intentos de alteración del *hardware* o del *software* del dispositivo. Ya que un dispositivo de estas características es blanco ideal de ataques de personas malintencionadas, es prioridad asegurar la supervivencia del sistema y la capacidad de emitir alertas ante este tipo de escenarios.
- **N21. Capacidad de funcionar sin fuente externa por un tiempo definido.** Es necesario que el dispositivo no dependa de la batería externa del vehículo para su funcionamiento, ya que con una simple desconexión este quedaría vulnerable. Para esto se debe garantizar que se cuente con una fuente de alimentación adicional que no sea vulnerable a desconexiones malintencionadas.
- **N22. Capacidad para detectar cambio de vehículo.** Es necesario que se emitan alertas cuando el dispositivo ya no se encuentra en el vehículo en el que fue instalado originalmente e incluso previamente ante cualquier intento de remoción o cambio de vehículo para garantizar así la fiabilidad del origen de la información.
- **N23. Capacidad para almacenar alertas que no puedan ser transmitidas.** La incapacidad de transmitir información o alertas es un escenario que seguramente se presentará. Sin embargo, esto no debe suponer la pérdida de dichas alertas ya que estas deben ser transmitidas nuevamente cuando haya reconexión con la plataforma tecnológica. Para ello, será necesario un sistema de



almacenamiento de información local capaz de guardar la información no transmitida en un lapso de tiempo razonable.

### 4.3. NECESIDADES DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA

El dispositivo por sí sólo no es de ninguna utilidad y debe para su funcionamiento contar con la plataforma tecnológica adecuada. No obstante, no está dentro del alcance de este documento formular y analizar las necesidades de dicha plataforma tecnológica, solo se menciona que el desarrollo e implementación de la misma debe ser coherente con lo establecido en este documento para que el sistema, como conjunto, pueda cumplir los objetivos de servir como herramienta para mejorar el transporte público colombiano.

### 4.4. VULNERABILIDADES A LA SEGURIDAD DEL DISPOSITIVO AVL

En el capítulo 3 se hizo una breve introducción a la seguridad en los dispositivos y sistemas AVL, examinando los beneficios pero también posibles vulnerabilidades. Ahora teniendo en cuenta las vulnerabilidades descritas, se convierte en una necesidad apremiante examinarlas más a fondo para establecer los elementos que impedirán que dichas falencias puedan afectar la veracidad de la información y comprometer la seguridad del sistema o del dispositivo.

#### 4.4.1. Vulnerabilidades y posibles fallas del *hardware*

Los siguientes escenarios y la posterior tabla de casos adversos, resumen las vulnerabilidades a la seguridad del dispositivo AVL así como posibles fallas del *hardware*, las cuales pueden presentarse mientras el dispositivo se encuentre en operación. Se destaca primero el escenario normal que es el que comúnmente se presentará.

##### 4.4.1.1. Escenarios normales de funcionamiento del dispositivo AVL

A continuación, se describen los escenarios normales del dispositivo AVL:

**A. Fuente interna cargada.** En este escenario, el AVL tiene su fuente de energía interna operando normalmente. Existen dos posibles estados:

- Con carga
- Sin carga

**B. Caja cerrada.** En este escenario, el AVL se encuentra con su sistema de encerramiento sin alteraciones o modificaciones. Existen dos posibilidades:

- cerrada
- abierta





**C. Instalado en el vehículo.** En este escenario el AVL se encuentra instalado en el sitio donde fue puesto inicialmente por un actor autorizado (proveedor de tecnología o fabricante) y no ha sido removido. Existen dos estados posibles:

- Instalado
- No instalado

**D. Ausencia de movimientos anómalos.** En este escenario el AVL se encuentra en su sitio de instalación original y no ha sido removido. No se detectan movimientos anómalos asociados a su remoción que permitan determinar que podría ser alterado o modificado. Un movimiento anómalo se define como aquel cuyas características permiten determinar que el dispositivo AVL está siendo removido y que no corresponde al movimiento del vehículo cuando está operando normalmente. Existen dos estados posibles:

- Se ha detectado movimiento anómalo
- No se ha detectado movimiento anómalo

**E. Capacidad de transmisión de datos.** En este escenario el AVL puede transmitir información a un centro de datos o plataforma tecnológica. Existen dos posibilidades:

- Es capaz de transmitir
- No es capaz de transmitir

**F. Conectado a fuente externa.** En este escenario el AVL se encuentra operando abasteciéndose de una fuente externa. Esta fuente externa generalmente es la batería del vehículo. Existen dos posibilidades:

- Se detecta fuente externa
- No se detecta fuente externa

**G. Detectar el VIN y validarlo.** En este escenario el AVL hace una lectura del VIN del vehículo y lo valida respecto al VIN del vehículo donde el dispositivo fue instalado originalmente. Existen dos posibilidades:

- El VIN coincide con respecto al del vehículo original.
- El VIN no coincide respecto al del vehículo original.

**H. Detectar posición geográfica.** En este escenario el AVL captura la posición geográfica en un intervalo de tiempo definido. Existen dos posibilidades:

- La captura de la posición geográfica fue posible.
- La captura de la posición geográfica no fue posible.

**I. Capacidad de almacenar logs y alertas.** En este escenario el AVL almacena registros sobre su funcionamiento y las alertas que no pudieron ser transmitidas. Dicha funcionalidad debe tener una máxima prioridad dentro del funcionamiento del dispositivo, y no se consideran distintas posibilidades, ya que la incapacidad de almacenar información en la memoria no volátil se considera una falla grave en el dispositivo.

**J. Vehículo en movimiento.** Hace referencia a la capacidad de la unidad de detección de movimientos anómalos del dispositivo AVL de descartar los movimientos propios de un vehículo (independientemente de las condiciones, ya sea que vaya a alta o baja

velocidad, en carretera pavimentada o destapada), de tal manera que sean irrelevantes a la hora de determinar si existió un movimiento anómalo.

#### 4.4.1.2. Casos adversos

A partir de los escenarios normales de funcionamiento presentados, se identifican los posibles casos adversos en los que se puede vulnerar la seguridad del mismo. Primero, se presenta la Tabla 1 de casos adversos y, posteriormente, se describe cada uno de ellos junto con la medida de contingencia adecuada.

**Tabla 1. Posibles escenarios con casos adversos para el dispositivo AVL**

Escenario normal / Caso adverso	Normal	1	2	3	4	5	6	7	8
A. Fuente interna cargada	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
B. Caja cerrada	SI	X	NO	X	X	X	SI	X	X
C. Instalado en el vehículo	SI	X	X	NO	X	X	SI	X	X
D. Ausencia de movimientos anómalos	SI	X	X	X	NO	X	SI	X	X
E. Capacidad de transmisión de datos	SI	X	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
F. Conectado a fuente externa	SI	NO	X	X	X	X	NO	X	X
G. Detectar el VIN y validarlo	SI	X	X	X	X	X	SI	NO	X
H. Detectar posición geográfica	SI	X	X	X	X	X	SI	X	NO
I. Capacidad de almacenar logs y alertas	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI



J. Vehículo en movimiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X
---------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

#### 4.4.1.3. Medidas de contingencia

A continuación, se describen cada uno de los casos adversos presentados en la Tabla 1, que ayudarán a identificar las necesidades del AVL en términos de seguridad.

**Caso normal.** En este caso el dispositivo AVL cumple con las siguientes condiciones:

- Se encuentra conectado a la fuente externa (batería del vehículo).
- La fuente interna tiene carga.
- La caja del AVL se encuentra cerrada.
- Se encuentra instalado en el vehículo.
- Aunque el vehículo puede estar en movimiento no se detectan movimientos anómalos.
- Tiene capacidad de transmisión de datos hacia la plataforma tecnológica del ministerio.

**Caso adverso 1.** En este caso adverso se tiene una descarga total del sistema de fuente interna del AVL, que sucede solo cuando se ha desconectado la batería externa del vehículo durante un periodo de tiempo superior al contemplado en las características de diseño del dispositivo AVL para funcionamiento con su fuente interna.

**N24. Alarma de reconexión.** Se deberá generar una alarma que informe acerca del agotamiento de la batería interna, una vez se recupere la alimentación externa.

**Caso adverso 2.** En este caso se examina la circunstancia bajo la cual el dispositivo AVL (ver unidad de detección de apertura de encerramiento) detecte que la caja o encerramiento ha sido destapado.

**N25. Alarma de apertura.** Se deberá generar una alarma que alerte acerca de la apertura de la caja.

**Caso adverso 3.** En este caso se examina el escenario en el cual el dispositivo AVL (ver unidad de detección de intento de desinstalación) detecta que ha habido un intento (intencionado o no) de desinstalación del mismo dispositivo del vehículo.

**N26. Alarma de desinstalación.** Se deberá generar una alarma que alerte acerca del intento de remoción del AVL.

**Caso adverso 4.** En este caso se examina el escenario bajo el cual se detecta un movimiento anormal (ver unidad de detección de movimiento). Se define movimiento anormal a cualquier movimiento o posición del vehículo que se sale de los rangos habituales encontrados en condiciones normales de conducción del automotor. Dichos



rangos se definirán posteriormente en el documento de requisitos y especificaciones técnicas.

**N27. Alarma de movimiento anómalo.** El AVL deberá generar una alarma que alerte acerca de movimientos anómalos o que no pertenecen a los generados por el vehículo en operación.

**Caso adverso 5.** En este escenario el módulo de comunicación no tiene la posibilidad de transmitir información por el canal convencional de comunicación y tampoco puede emitir alarmas por ninguno de los dos canales dispuestos para esta tarea.

**N28. Alarma de reconexión de red.** El AVL deberá transmitir todos los datos que no haya podido enviar durante una pérdida de la conexión con la plataforma del estado, una vez recupere la misma.

**Caso adverso 6.** En este caso se examina la circunstancia en la cual el dispositivo AVL detecta una desconexión de la batería externa (ver sistema de control de energía).

**N29. Alarma de ausencia de fuente externa.** El AVL deberá transmitir una alarma en el evento de que la fuente externa de alimentación no esté presente.

**Caso adverso 7.** En este caso se examina la circunstancia bajo la cual el dispositivo detecta un VIN distinto al del vehículo donde fue originalmente instalado, o simplemente no detecta ningún VIN o actividad alguna en el bus local del vehículo.

**N30. Alarma error en lectura de VIN.** El AVL deberá transmitir una alarma en el evento de que el VIN no concuerde con el del vehículo donde se instaló originalmente o no detectó VIN alguno.

**Caso adverso 8.** En este caso el dispositivo no logra adquirir la posición geográfica y en general información válida desde el módulo GNSS durante un tiempo prolongado.

**N31. Alarma de incapacidad de obtener la posición geográfica.** El AVL deberá transmitir una alarma en el evento de que el módulo GNSS no se encuentre en capacidad de adquirir información válida sobre la posición geográfica por un periodo de tiempo considerable.

#### 4.4.1.4. Medidas de contingencia de la plataforma tecnológica del Ministerio de Transporte

Adicional a las medidas de contingencia del dispositivo AVL, de manera conjunta la plataforma tecnológica deberá tener la capacidad de evaluar la conectividad de cada dispositivo registrado en el sistema.

En la eventualidad de que algún dispositivo AVL se encuentre en los casos adversos 1 o 5 se notará su ausencia y a medida que comiencen a transcurrir intervalos de tiempo

específicos se generarán en la plataforma tecnológica alarmas de mayor urgencia cada vez. Por ejemplo, un automotor que no se ha reportado en un lapso de dos días causará que se produzca una alarma tipo 3; si la ausencia continúa, a las dos semanas la alarma ascenderá a tipo 2; y finalmente, al mes se generará una alarma tipo 1, la de mayor urgencia. Si el automotor se reporta de nuevo y justifica su ausencia (con una alarma de reconexión tipo 3, ver caso adverso 5) los tiempos del proceso de autogeneración de alarmas se reinician. Si la justificación de su ausencia es más grave (alarma de reconexión tipo 1, ver caso adverso 1), las autoridades evaluarán la situación y procederán de acuerdo a los protocolos de acción definidos.

#### 4.4.2. Vulnerabilidades del *software*

Hasta el momento, la tabla de casos adversos expuesta, considera posibles fallas y vulnerabilidades que se relacionan con la manipulación del *hardware* del dispositivo AVL (apertura de encerramiento, desconexión del vehículo, etc.), o con el malfuncionamiento de los componentes físicos del mismo (desconexiones de la red de comunicación, ausencia de señal GNSS/GPS, etc). Sin embargo, se deben mencionar también las vulnerabilidades relacionadas con el *software* del dispositivo AVL.

**Servicios de acceso remoto expuestos.** En caso de que el dispositivo AVL cuente con un sistema operativo como soporte de los procesos y las rutinas que ejecutan las distintas funciones del dispositivo, es probable que este implemente servicios que pueden ser accedidos de manera remota, como por ejemplo: ssh, telnet o X11. Si este es el caso, hay un riesgo de que dichos servicios no estén protegidos y permitan intrusiones no deseadas o permitidas, así como ataques DDoS<sup>46</sup>, las cuales podrían alterar el funcionamiento del dispositivo o comprometer la información capturada.

#### **N32. Los servicios remotos del AVL deberán estar deshabilitados.**

**Interfaces de comunicación inalámbricas.** Existe la posibilidad de que el dispositivo cuente con uno o varios módulos o interfaces de comunicación inalámbrica como *WiFi*, *Bluetooth* o *ZigBee*. La desventaja de que dichas interfaces se encuentren habilitadas radica en que podrían permitir que terceros se comuniquen con el dispositivo, alterando su funcionamiento, o comprometiendo la información. 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.

#### **N33. Interfaces de comunicación inalámbricas no usadas deshabilitadas.**

**Puertos digitales locales.** Existe la posibilidad de que el dispositivo cuente con puertos o interfaces digitales como USB, USART, I2C, SPI. Dichos puertos suelen ser usados

---

<sup>46</sup> Digital Attack Map. (2016). Digitalattackmap.com. Retrieved 27 June 2016, from <http://www.digitalattackmap.com/understanding-ddos/>



como herramientas de “debug” por los desarrolladores, por lo cual permiten acceder al sistema operativo del dispositivo (si lo hay) o simplemente obtener información sensible del mismo. Al quedar expuestos cuando el dispositivo se encuentra en operación, se produce una vulnerabilidad en la que terceros no autorizados podrían hacer uso de dichos puertos para alterar el funcionamiento del dispositivo o obtener información sensible de manera no autorizada.

#### **N34. Puertos o interfaces digitales deshabilitadas.**

**Seguridad en las comunicaciones.** Las comunicaciones entre el AVL y la plataforma tecnológica podrían ser blanco de ataques informáticos que busquen desestabilizar el sistema o acceder a la información de cualquiera de los dos elementos del sistema.

#### **N35. Protocolos de seguridad en las comunicaciones entre el AVL y la plataforma tecnológica.**

**Autenticación y actualización del software del AVL.** La plataforma tecnológica podría recibir información de dispositivos AVL no autorizados. De igual forma, la seguridad del software del AVL podría verse comprometida si un tercero o persona no autorizada realizara una actualización de este.

#### **N36. La autenticación de dispositivos AVL y las actualizaciones de software del AVL deben ser estrictamente controladas desde una plataforma centralizada.**

**Control de acceso a la información desde un dispositivo externo.** Se necesita incorporar estrategias de control robusto de cada uno de los procesos que acceden a la información del AVL a través de la conexión inalámbrica con un dispositivo *handheld* externo.

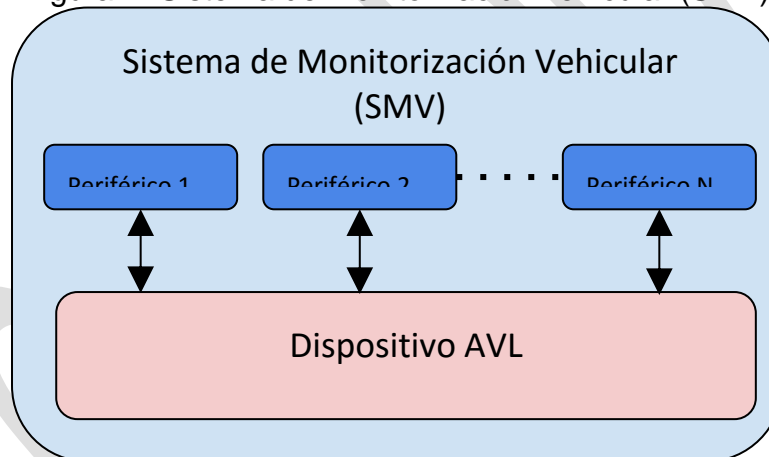
#### **N37. Controlar el intercambio de información que se haga entre el dispositivo AVL y un dispositivo externo a través de una interfaz inalámbrica.**

## 5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

En el presente capítulo se hace una descripción del dispositivo propuesto de manera general, para luego evaluar los casos de fallas y vulnerabilidades que se sintetizan en la descripción del *hardware* y el *software* necesarios para que el dispositivo AVL satisfaga las necesidades expuestas en el capítulo anterior.

Es necesario considerar que un dispositivo AVL puede ser empleado en vehículos de transporte público que prestan diferentes servicios, tales como transporte público individual, carga, intermunicipal, servicio especial, entre otros. Por tanto, el sistema propuesto en este documento hace parte fundamental de un sistema más complejo a bordo del vehículo. Este sistema a bordo, denominado Sistema de Monitorización Vehicular, además del dispositivo AVL, está formado por otros periféricos tales como pantallas, botón de pánico, entre otros, que permiten gestionar la información particular de cada servicio (Figura 4).

Figura 4. Sistema de monitorización vehicular (SMV)



### 5.1 REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA AVL

A continuación se presentan los requisitos generales para cumplir con las necesidades presentadas en el capítulo 4. Primero se presentan los requisitos para suplir las necesidades operacionales y posteriormente se presentan los requisitos generales para las necesidades relacionadas con la seguridad del AVL. Cada requisito está acompañado del número de la necesidad N que satisface y que fue identificada en el capítulo 4.

#### 5.1.1 Requisitos generales operativos

- Los dispositivos AVL deberán suministrar la información en tiempo real directamente a la plataforma del estado. (N2, N3, N9)
- El estado deberá conocer la posición geográfica de todos los vehículos de transporte público en Colombia. (N1, N5, N9)



- Todos los vehículos de transporte público en Colombia deberán tener un dispositivo AVL instalado. (N6)
- Los AVL deberán suministrar información acerca de la identidad del conductor. (N1, N7)
- Los AVL deberán acreditar que cumplen con normas de seguridad mediante un estándar internacional. (N9)
- 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. (N19)

### 5.1.2 Requisitos generales propios del AVL.

- El dispositivo debe contar con el *hardware* necesario para sensar los movimientos dentro del vehículo o apertura de su encerramiento, así como determinar si un movimiento anómalo que se pueda relacionar con un intento de desconexión del aparato se ha producido, descartando los movimientos naturales producidos por el desplazamiento del vehículo. (N2, N4, N6, N12, N18, N20, N22)
- El dispositivo AVL debe contar con el sistema de control de potencia necesario para su alimentación, de tal manera que se tome normalmente como entrada de energía a la batería del vehículo, y en caso de que esta sea desconectada, automáticamente se cambie a la batería interna. Adicionalmente esta unidad deberá mantener a la batería interna con la mayor carga posible mientras la batería del vehículo esté conectada. También debe servir como protección ante sobrecargas eléctricas, cortos y otro tipo de perturbaciones eléctricas, garantizando que los componentes a los que alimenta no se vean afectados y cuenten siempre con los niveles de voltaje adecuados para su funcionamiento. (N13, N17, N21)
- El AVL deberá tener las características físicas para soportar ambientes propios de los vehículos de transporte público. (N14)
- EL AVL deberá cumplir con normas y estándares internacionales para el intercambio de información con la plataforma del estado. (N16)
- El AVL deberá enviar información de forma automática a la plataforma del estado. (N17)
- El AVL deberá disponer de un sistema de almacenamiento de información local y no volátil, que permita registrar todo el tiempo todas variables medidas y aquellas que no han sido enviadas a la plataforma del estado a causa de una falla o no disponibilidad de la red de datos. (N17)
- El AVL deberá tener un módulo de comunicación capaz de comunicarse con la plataforma tecnológica que el Ministerio de Transporte disponga para ello. No se restringe a las tecnologías celulares existentes (2G/3G/4G) pero posiblemente estas sean las más adecuadas para este trabajo, por su cobertura y actual estado de madurez en Colombia. (N1, N5, N9)
- El AVL debe entregar la coordenada geográfica del automotor en el que está instalado, para lo cual es necesario que cuente con un módulo GNSS. Aunque el caso de uso más conocido es GPS, no se restringe a solo a este, las alternativas como GLONASS, GALILEO u otros son igualmente válidas siempre y cuando cumplan con las tolerancias máximas de precisión para la información solicitada.



- 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. De particular importancia es la capacidad de capturar el VIN. (N2, N3, N9)

Los anteriores requisitos permiten formular las partes fundamentales que debe tener un AVL:

- Sistema de control de energía y respaldo eléctrico.
- Sistema de detección de alteraciones al AVL.
- Unidad de geo-localización.
- Unidad de comunicaciones.
- Unidad de memoria no volátil y procesamiento.

A continuación se hace una descripción más detallada de cada una de estas partes.

### 5.1.3 Requisitos relacionados con la seguridad

En la sección 4.4 se presentaron las necesidades del AVL para evitar vulnerabilidades a la seguridad del dispositivo AVL. En la identificación de las necesidades relacionadas con la seguridad, se determinó que 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. A continuación, se resumen los tipos de alarmas y se describe cada una de ellas.

- **Alarmas tipo 1.** Este tipo de alarma es la de más alta urgencia. Si dicha alerta es emitida por un dispositivo significa que la seguridad del mismo puede estar en riesgo y se deben tomar acciones inmediatas y contundentes. Omitir este tipo de alarma pone en riesgo la seguridad del *hardware* y/o el *software* del dispositivo y compromete así la integridad de todo el sistema.
- **Alarmas tipo 2.** Este tipo de alarma es de menor riesgo que la anterior, pero debe ser tomada en cuenta como una prealerta a una alarma de tipo 1. Medidas de acción preventivas deben ser tomadas por las entidades de control para evitar así que se produzcan alarmas más graves.
- **Alarmas tipo 3.** Este tipo de alarma es el de menor gravedad, y puede ser considerada simplemente como un aviso o una advertencia de algo que no está en condiciones normales, pero que no pone en riesgo la seguridad ni del dispositivo ni del sistema.

Es importante destacar que para que el anterior esquema de alarmas sea efectivo, el dispositivo deberá asociar cada alarma al tiempo universal coordinado (UTC), lo cual obliga a que este debe estar sincronizado con la hora internacional. En caso de no ser posible la transmisión de la alarma, se almacenarán en memoria no volátil la alarma pendiente y el momento en que aconteció, para su posterior retransmisión. De esta manera se podrá saber con certeza los tiempos exactos en que suceden las alarmas así no puedan ser transmitidas inmediatamente.



- **Servicios remotos del AVL deshabilitados.** Se debe garantizar que el sistema operativo del dispositivo AVL se configure de tal manera que ningún servicio de acceso remoto quede habilitado al momento de la operación. De esta manera, no será posible una conexión o un acceso no autorizado y el dispositivo no será vulnerable a ataques DDoS. (N32)
- **Interfaces de comunicación inalámbricas deshabilitadas.** Dentro de los componentes del dispositivo no se deben incluir interfaces inalámbricas más que la que ejecuta la comunicación con la plataforma. Si el dispositivo viene de fábrica con alguna de estas interfaces, se debe entonces garantizar por *software* que las mismas quedan completamente inhabilitadas. (N33)
- **Puertos o interfaces digitales deshabilitadas.** Se debe garantizar primero que los puertos de digitales, si existen, queden *dentro del encerramiento y no cuenten con conectividad al exterior del dispositivo*. Adicionalmente, cualquier tipo de comunicación entrante o saliente desde o hacia dichos puertos debe quedar completamente inhabilitada cuando el dispositivo entre en operación. (N34)

Finalmente, a continuación se presentan los requisitos de software del AVL, necesarios para realizar las tareas definidas previamente:

- **Rutinas de captura de información básica del módulo GNSS y del bus local de comunicación.** El *software* en el dispositivo haciendo uso del *hardware*, deberá tener la capacidad de obtener, procesar y transmitir información procedente del módulo GNSS y del bus local del vehículo. Sin embargo, estas rutinas deben garantizar que la información no es alterada.
- **Rutinas para la transmisión de la información hacia la plataforma tecnológica.** El dispositivo AVL debe contar con las rutinas o procesos necesarios para lograr conectividad con la plataforma tecnológica del ministerio.
- **Rutinas para la transmisión de la información hacia la plataforma tecnológica externa.** También debe tenerse la opción de que las rutinas de transmisión puedan comunicar la información, o parte de esta, a una segunda plataforma tecnológica esto sin dejar de transmitir a la del ministerio.
- **Rutina para la detección del VIN.** Es un requisito fundamental que el dispositivo cuente con las rutinas necesarias para capturar el VIN del vehículo de manera periódica de tal manera que se tenga certeza de que el dispositivo se encuentra en el automotor original. Si se detecta un VIN diferente se deberá generar la alarma correspondiente.
- **Rutinas de detección de casos adversos y transmisión de alarmas de emergencia.** Según lo evaluado en el apartado 4.4.1.2 Casos adversos, el dispositivo debe contar con todas las rutinas o procesos necesarios para detectar los distintos casos adversos expuestos en la Tabla 1 y, de igual manera, generar

las alarmas ya descritas para cada caso. Esto incluye, pero no se restringe, a detección de apertura de encerramiento, desinstalación del dispositivo del vehículo, VIN diferente al original, entre otros.

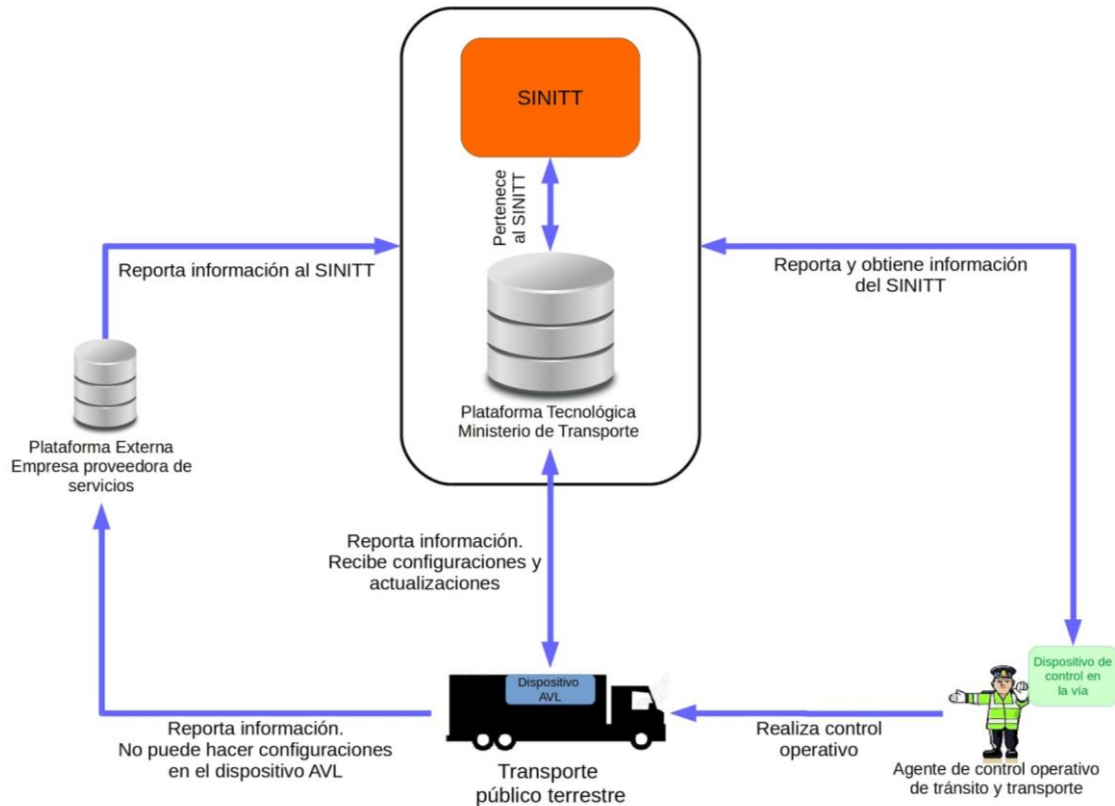
- **Rutinas de seguridad, o configurar el dispositivo para que no esté expuesto a las vulnerabilidades del apartado 4.4.2.** Adicionalmente, se deben agregar las rutinas o procesos necesarios para garantizar que el dispositivo AVL no sufra de las vulnerabilidades expuestas en el apartado 4.4.2.

## 5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA AVL

Aunque el alcance del presente concepto de operaciones procura tratar de manera específica la descripción y requisitos de un dispositivo AVL que sería instalado en los automotores de transporte terrestre público de Colombia, es necesario mencionar las otras partes del sistema que lo componen y que hacen parte integral del mismo.

A continuación, en la Figura 5 se presenta la propuesta del sistema general AVL que procura satisfacer las necesidades expuestas en el capítulo 4.

Figura 5. Sistema de localización vehicular propuesto



De la Figura 5 se pueden resaltar los siguientes componentes:

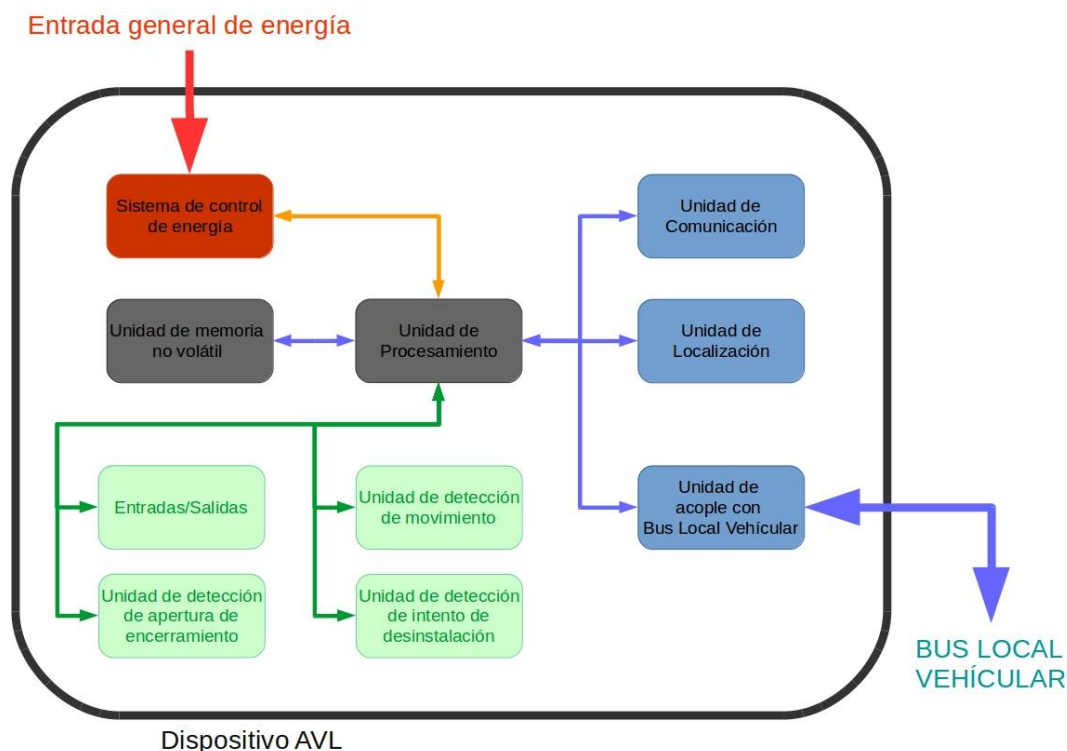
**Plataforma tecnológica del ministerio de transporte:** Esta es un módulo o subsistema del SINITT y se encargará de recibir, procesar y almacenar la información y las alarmas de los dispositivos AVL, de tal manera que dicha información permita a los distintos agentes de control actuar de manera eficaz ante cualquier eventualidad. Asimismo, la plataforma tecnológica será el único medio por el cual se podrán hacer actualizaciones de parámetros, de configuración o de *software* de los dispositivos AVL. El sistema debe contemplar un canal de redundancia, de tal manera que si uno falla pueda disponerse de otro de emergencia, por lo que la plataforma tecnológica deberá contemplar dentro de su arquitectura este requisito.

**Plataforma tecnológica externa:** Adicionalmente a la comunicación con la plataforma tecnológica del Ministerio de Transporte, el sistema puede contemplar la posibilidad de que una segunda plataforma tecnológica pueda recibir información desde los dispositivos AVL. No obstante, a diferencia de la primera, no podrá bajo ninguna circunstancia ejecutar tareas de configuración, modificación o escritura ni tampoco leer las alarmas generadas en ninguno de los dispositivos AVL instalados. Solamente podrá leer la información proporcionada por los dispositivos, siempre y cuando desde la plataforma tecnológica del ministerio se provean los permisos necesarios para ello.

**Dispositivos AVL:** Este dispositivo está instalado en el automotor, y registra información que está relacionada de manera segura y unívoca con dicho vehículo, así garantiza siempre que tanto la información como su origen sean siempre válidos, transparentes y fiables. Además de proporcionar la información adecuada, también genera una serie de alarmas que se expondrán más adelante y que permiten a las autoridades conocer. El presente concepto de operaciones se enfoca en este componente del sistema, dejando claro que hace parte integral de un sistema más amplio y que, para cumplir con los objetivos propuestos, deben considerarse en conjunto todos los componentes del mismo.

A continuación se describen brevemente las partes del dispositivo AVL (Figura 6), las cuales se explicarán con mayor detalle más adelante.

Figura 6. 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 correr las distintas rutinas de *software* que ejecutan las distintas tareas de 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 el suficiente espacio 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 es el encargado de cargarla de nuevo cuando se detecte nuevamente energía externa.
- **Unidad de detección de intento de desinstalación.** Es el encargado darle al dispositivo la posibilidad de detectar si hay un intento de desinstalación 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 caja del dispositivo ha sufrido un intento de apertura.
- **Unidad de comunicación.** Es la unidad de *hardware* que le da al dispositivo la posibilidad de comunicar información o alarmas hacia la plataforma tecnológica (esto 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).

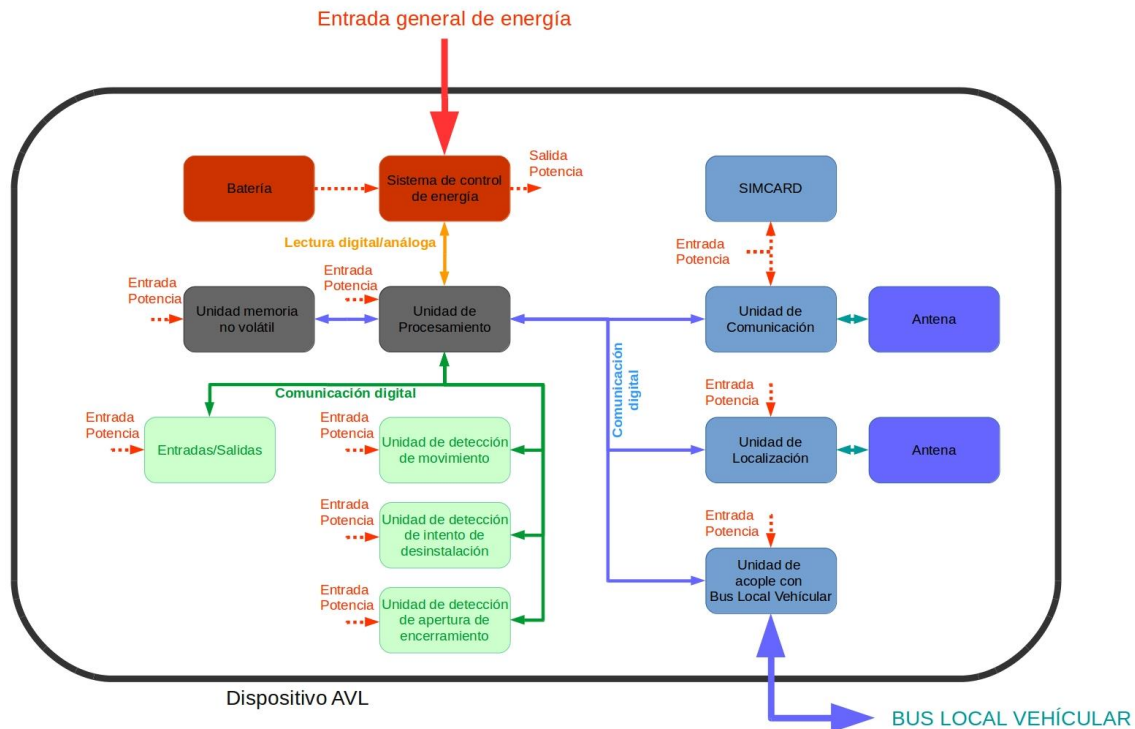
### 5.3. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

Como síntesis de la descripción del sistema se describen a continuación los componentes de *hardware* del dispositivo AVL, necesarios para satisfacer las necesidades descritas con anterioridad. Esta descripción, junto con la de *software* (que se presentará más adelante), es la base sobre la cual se fundamentan los requisitos que se especifican en posteriores documentos de especificaciones técnicas.

En la Figura 7 se muestra un diagrama modular que describe el dispositivo AVL propuesto.

Figura 7. Diagrama de bloques del dispositivo AVL propuesto





**Batería y sistema de control de carga:** Este módulo es el encargado de darle un respaldo energético al sistema para que pueda seguir funcionando aún cuando la alimentación externa (batería del vehículo) sea removida. Es un requisito fundamental que sea capaz de proveer de energía al sistema durante el mayor lapso de tiempo posible, ya que debe considerarse la posibilidad de que en mantenimiento la batería del carro sea removida por periodos de tiempo prolongados. Adicionalmente, este módulo deberá garantizar que la batería interna no sufra ningún tipo de abuso como sobrecargas o descargas prolongadas y que los voltajes de los distintos componentes del sistema estén dentro de los rangos aceptados para cada módulo, ejecutando la correcta regulación de línea, de carga y el filtrado de ruido eléctrico propio de los sistemas vehiculares a bordo.

A continuación se listan las necesidades a las que responde este módulo:

- Necesidad de un módulo autosuficiente, cuyo funcionamiento no dependa de la batería externa del vehículo.
- Necesidad de que la batería interna y en general los módulos que componen el sistema no se vean expuestos a daños eléctricos.
- Necesidad de regular y controlar la corriente que alimenta al sistema y a la batería interna, de tal manera que esta última cuente con el máximo posible de carga en caso de desconexión de la batería externa del vehículo.

**Unidad de comunicación, SIMCARD y antena:** Este módulo es el encargado de establecer la interfaz de comunicación de datos con las plataformas tecnológicas que han sido dispuestas para la recepción de los mismos. En el caso convencional, se hace uso de un módulo de comunicación celular (sea 2G, 3G o 4G, la escogencia de la red que se va a

usar depende de la cantidad de datos a transmitir), pero no necesariamente se restringe a este tipo de interfaz, lo importante es que se garantice la transmisión de los datos y alarmas y que bajo ninguna circunstancia haya pérdida de información. Es importante señalar que la etapa de radiofrecuencia necesaria para establecer la comunicación inalámbrica debe ir dentro del encerramiento, para evitar que de manera accidental o malintencionada el AVL pierda la capacidad de comunicarse. En el caso de módulos de comunicación celulares, la misma idea aplica para la SIMCARD, la cual también debe ir dentro del encerramiento.

A continuación se listan las necesidades a las que responde este módulo:

- Necesidad de comunicar de manera confiable y segura la información capturada por los distintos módulos del sistema.
- Necesidad de generar alarmas de emergencia ante circunstancias críticas de seguridad.

**Unidad de localización y antena:** Este módulo se encarga de establecer la posición geográfica del vehículo en cualquier momento dado. Aunque convencionalmente se hace uso del GPS americano, no se restringe su implementación a este (otras alternativas como GLONASS o GALILEO son igualmente válidas). Este módulo debe garantizar que la información de la posición del vehículo sea obtenida con un grado de precisión no menor a los parámetros convencionales actuales y esté disponible la mayor parte del tiempo (se aceptan excepciones como la pérdida de señal en túneles o sótanos, pero el sistema debe recuperarse tan pronto como se recupere la disponibilidad de la información de la posición geográfica). Al igual que el caso del módulo de comunicación la interfaz de radiofrecuencia necesaria para el funcionamiento del módulo debe ir dentro del encerramiento, garantizando así que no haya manipulación accidental o malintencionada del módulo y evitando que su funcionamiento se vea interrumpido.

A continuación se listan las necesidades a las que responde este módulo:

- Necesidad de conocer con precisión la ubicación del vehículo en cualquier instante de tiempo.
- Necesidad de conocer otros datos relevantes referentes al comportamiento del vehículo en movimiento como velocidad o aceleración.

**Unidad de acople con bus local de comunicación:** Este módulo se encarga de servir de interfaz entre el AVL y el computador de a bordo del vehículo, lo cual ayudará a obtener una gran cantidad de información valiosa sobre el mismo (información sobre variables físicas, identificación o estado actual de componentes). Esta interfaz deberá garantizar que la comunicación es completamente segura y que no existe la posibilidad de causar ningún daño de manera directa o indirecta al computador a bordo. Adicionalmente, se debe garantizar que no sea posible ningún tipo de daño al AVL ya sea por manipulación accidental o malintencionada de los puertos expuestos de este módulo.

A continuación se listan las necesidades a las que responde este módulo:

- Necesidad de identificar de manera unívoca al vehículo en el que el sistema está instalado, por medio de la captura del VIN.



- Necesidad de conocer información relevante acerca de las condiciones del vehículo.
- Necesidad de impedir que el dispositivo pueda funcionar en otro vehículo.

**Entradas y salidas digitales:** Este módulo se encarga de ofrecer una interfaz expuesta de puertos digitales que pueden ser usados en distintos escenarios como por ejemplo el de un botón de pánico. Se debe garantizar que los puertos expuestos no sean una vulnerabilidad de seguridad para el AVL y que su manipulación accidental o malintencionada no causará ningún tipo de repercusión negativa en el funcionamiento del sistema.

Este módulo responde a la necesidad de proporcionar un mecanismo de alarma urgente para el conductor por medio de una entrada digital (botón de pánico).

**Unidad de detección de movimiento:** Este módulo se encarga de detectar movimientos anómalos que puedan indicar que el dispositivo ha sido removido del vehículo, o está siendo manipulado. Es importante que las rutinas que cumplen con la lectura de los sensores de movimiento puedan discernir la diferencia entre las señales producidas por un movimiento anómalo y las señales producidas por el movimiento normal del vehículo.

Este módulo responde a la necesidad de adicionar seguridad al dispositivo AVL al no permitir que este pueda ser manipulado o removido del vehículo sin que se genere una alarma de alerta.

**Unidad de detección de intento de desinstalación:** Este módulo se encarga de detectar intentos por parte de terceros de desinstalar o remover al dispositivo AVL del vehículo.

Este módulo responde a la necesidad de adicionar seguridad al no permitir que este pueda ser removido del vehículo sin que se genere una alarma de alerta.

**Unidad de detección de apertura de encerramiento:** Este módulo se encarga de detectar si el encerramiento (caja o empaque del dispositivo AVL) ha sido abierto y generar una alarma ante dicho suceso.

Este módulo responde a la necesidad garantizar la seguridad al no permitir que el *hardware* del dispositivo AVL pueda ser examinado, estudiado o alterado sin que se genere una alarma de alerta.

**Unidad de procesamiento:** Este módulo es el cerebro del sistema y el encargado de procesar y transmitir la información, así como de coordinar a todos los componentes del sistema para que se cumpla a cabalidad con todas las funcionalidades que han sido establecidas para satisfacer las necesidades expuestas con anterioridad. No se restringe a ninguna arquitectura en particular, pero se debe garantizar que la unidad de procesamiento sea capaz de controlar todo el sistema sin que se vea agotada de recursos de computación (memoria, ancho de banda respecto a comunicación digital con otros módulos o velocidad de procesamiento). Adicionalmente, es muy importante que el

*software* desarrollado que ha sido programado en dicha unidad de procesamiento esté seguro y que no sea posible obtener una copia del mismo.

A continuación se listan las necesidades a las que responde este módulo:

- Necesidad de contar con un dispositivo AVL “inteligente”, capaz de transmitir de manera fidedigna y confiable la información que adquiere tanto del vehículo como de su posición.
- Necesidad de generar las alertas de seguridad necesarias para evitar alteración y manipulación la información.
- Necesidad de generar las alertas de seguridad necesarias para evitar la manipulación malintencionada del *hardware* o el *software* del dispositivo AVL.

**Unidad de memoria no volátil:** Este módulo se encarga de otorgar a la unidad de procesamiento la capacidad de almacenar la información o las alarmas que no se han podido transmitir ante fallas o desconexiones de la unidad de comunicación.

## 5.4. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Como síntesis de la descripción del sistema, se listan a continuación los componentes de *software* del dispositivo AVL, requeridos para que se pueda satisfacer las necesidades descritas con anterioridad. Los módulos de software presentados serán ampliados en el capítulo de requisitos de hardware y software.

- Módulo de software para el almacenamiento de información en memoria no volátil.
- Módulo de software para la detección de ausencia de batería externa.
- Módulo de software para la detección de intento de desinstalación.
- Módulo de software para la detección de movimientos anómalos.
- Módulo de software para la detección de apertura de encerramiento.
- Módulo de software para el control de la unidad de comunicación.
- Rutina para el control de la unidad de geoposicionamiento.
- Módulo de software de comunicación por medio de la Interfaz con el bus local del automotor y captura del VIN.
- Módulo de software para detección de cambio de estado en pines de entrada o activación de pines de salida.
- Módulo de software para deshabilitar interfaces inalámbricas disponibles.
- Módulo de software para deshabilitar servicios de acceso remoto.
- Módulo de software para establecer las comunicaciones seguras entre el AVL y la plataforma tecnológica.
- Módulo de autenticación y actualización del software del AVL desde la Plataforma Tecnológica
- Módulo de control de intercambio de información entre el AVL y un dispositivo externo.

### 5.4.1 Número de identificación de AVL (AVL-ID)

Para efectos de identificar un dispositivo AVL de un vehículo, se deberá conformar un número que lo identifique de forma única. Este número deberá incluir el número de identificación vehicular (VIN), la placa del vehículo, un número único que identifique el

microprocesador del AVL y un identificador del proveedor del dispositivo AVL. La Tabla 2 presenta la estructura del AVL-ID propuesta.

**Tabla 2. Estructura del AVL-ID [32 Bytes]**

Campo	VIN	PLACA	ID Microprocesador	ID Proveedor
Longitud [Bytes]	17	6	8	1

## 5.5 RECOMENDACIONES DE CERTIFICACIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se ha mencionado la posibilidad de que el dispositivo AVL sea un producto ofrecido directamente por los fabricantes en los vehículos nuevos, pero también existe la posibilidad de que se ofrezca en la postventa, por medio de empresas desarrolladoras que cumplan con los requisitos que se establecerán en documentos posteriores. En cualquier caso se hacen las siguientes recomendaciones para los distintos procesos de desarrollo, venta, instalación y mantenimiento del dispositivo en los automotores de servicio público:

**Homologación del dispositivo:** Se recomienda que el proveedor del dispositivo, bien sea una empresa importadora, desarrolladora de hardware, o un fabricante de automotores, debe homologarse para certificar que su dispositivo cumple con los requerimientos establecidos en este documento y más específicamente con los requisitos técnicos que se establecerán en el correspondiente documento. Solo las empresas certificadas tendrán la posibilidad de instalar dispositivos AVL seguros.

**Homologación del proceso de instalación:** Aún con el dispositivo AVL debidamente certificado, debe homologarse el proceso de instalación, ya que este proceso es fundamental para garantizar que en efecto el dispositivo queda ubicado correctamente en el vehículo correspondiente. Para ello las empresas fabricantes, desarrolladoras o importadoras que ejecuten el proceso de instalación también deberán homologar que cumplen con los requisitos necesarios para cumplir con dicho proceso. Vale la pena aclarar que si una empresa fabricante desea tercerizar esta actividad, la empresa encargada de la instalación deberá estar homologada, no solo ante el estado colombiano, sino que a su vez deberá tener el permiso y el visto bueno del fabricante para ejecutar dicho proceso.

**Homologación del proceso de mantenimiento:** Debido a que dicho proceso es crítico para la seguridad del dispositivo y en general del sistema, será necesario que la empresa que se encargue de llevar a cabo esta tarea esté debidamente homologada y certificada. Nuevamente vale la pena aclarar que si una empresa fabricante desea tercerizar esta actividad, la empresa encargada del mantenimiento deberá estar homologada, no solo ante el estado colombiano, sino que a su vez deberá tener el permiso y el visto bueno del fabricante para ejecutar dicho proceso.



Por último, cabe destacar que los procesos de instalación y mantenimiento del dispositivo AVL deben cumplir con la necesidad de evitar que el hardware o el software se vean comprometidos y evitar manipulación indebida (N12, N20).

BORRADOR