UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

GRADO EN INGENIERÍA DE SONIDO E IMAGEN EN TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS REDES VANET Y APLICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA VEHÍCULOS DE EMERGENCIA EN LA CIUDAD DE CÁCERES

AUTOR: HUGO BLANCO RAMOS

SEPTIEMBRE, 2015

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

GRADO EN INGENIERÍA DE SONIDO E IMAGEN EN TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS REDES VANET Y APLICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA VEHÍCULOS DE EMERGENCIA EN LA CIUDAD DE CÁCERES

AUTOR: HUGO BLANCO RAMOS

FDO:

DIRECTOR: JAIME GALÁN JIMÉNEZ

FDO:

Tribunal calificador

Presidente: Lorenzo Martínez Bravo

Fdo:

Secretario: Rafael Martin Espada

Fdo:

Vocal: Mar Ávila Vegas

Fdo:

CALIFICACIÓN:

FECHA:

RESUMEN 1

1.-CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIONES 1

1.1.-VISIÓN HISTÓRICA 2

1.1.1-EVOLUCIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES 2

1.1.2.-SEGURIDAD VIAL 8

1.2-CICLO DE VIDA 11

1.2.1.-FASE INICIAL 11

1.2.2.-FASE INTERMEDIA 15

1.2.3.-FASE FINAL 16

1.3.-CONCLUSIÓN 17

2.-CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y CONTRIBUCIONES 18

2.1.-OBJETIVOS 18

2.2.-CONTRIBUCIONES 20

3.-CAPÍTULO III: ESTUDIO REDES AD HOC. 21

3.1.1.-NIVEL DE TRANSPORTE EN REDES AD HOC 23

3.1.2.-CAPA CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC) EN REDES AD HOC 24

3.1.3.-CAPA DE RED EN REDES AD HOC 25

3.2.-CONCLUSIÓN 26

4.-CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE LAS REDES VANET 27

4.1.-ARQUITECTURA 28

4.1.1.-RSU 38

4.1.2.- OBU 41

4.2.-COMUNICACIÓN 51

4.3.1.-GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE EMERGENCIA POR ACCIDENTE 53

4.3.2.-MENSAJES TRANSMITIDO 55

4.3.-APLICACIONES 57

4.3.1.-SEGURIDAD VIAL 57

4.3.2-DIFUSIÓN DE AVISOS DE INCIDENTES 59

4.3.3.-GESTIÓN DEL TRÁFICO Y MONITORIZACIÓN 68

4.3.4.-APLICACIONES DE VALOR AÑADIDO (INFORMACIÓN /ENTRETENIMIENTO) 71

4.4.-SEGURIDAD DE REDES VANET 72

4.4.1.-CONTROL DE ACCESO 74

4.4.2.-SISTEMA DE DETECCIÓN DE INTRUSOS 75

4.4.3.-SEGURIDAD EN EL ENCAMINAMIENTO 76

4.4.4.-CIFRADO Y GESTIÓN DE CLAVES 76

4.4.5.-PROPUESTA GLOBAL PARA AUTENTICACIÓN DE NODOS SEGÚN SU COMUNICACIÓN 79
4.5.-ESTUDIOS DE LOS SIMULADORES 86
4.5.1.-MODELO DE MOVILIDAD 89
4.5.2.-TAXONOMÍA DE LOS SIMULADORES 91
4.5.3.-SIMULADOR VEINS 98
4.5.4.-SIMULADOR MOVE 101
4.5.5.-TRANS 108
4.6.-PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO 113
4.6.1.-PROTOCOLOS REACTIVOS 117
4.6.2.-PROTOCOLOS PROACTIVOS 123
4.6.3.-PROTOCOLOS HÍBRIDOS 129
4.7.-CONCLUSIÓN 130
5.-CAPÍTULO V: LEGISLACIÓN Y PROYECTOS EXISTENTES 134
5.1.-LEGISLACIÓN 134
5.1.1.-ESTANDARIZACIÓN DE USA 135
5.1.2.-ESTANDARIZACIÓN DE EU 150
5.2.-PROYECTOS 171
5.2.1.-EUROPA 171
5.2.2.-NORTE AMÉRICA 180
5.3. CONCLUSIÓN 191
6.-CAPÍTULO VI: ESTUDIO DEL IMPACTO DE REDES VANET SOBRE VEHÍCULOS DE EMERGENCIA 194
6.1.-TECNOLOGÍA Y TÉCNICA UTILIZADA 207
6.1.1.-PROTOCOLOS ESPECIFICOS PARA FINES DE EMERGENCIA 209
6.1.2.-REQUISITOS NECESARIOS 212
6.2.-MÉTODO DE ACTUACIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA 213
6.2.1.-FASES GENERALES DE LA COMUNICACIÓN EN SITUACION DE EMERGENCIAS 213
7.2.2.-PROTOCOLO DE NOTIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE EMERGENCIA 223
7.3 CONCLUSIÓN 226
7.-CAPÍTULO VII: VIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE RSU EN LA CIUDAD DE CÁCERES 227
7.1.-ESTUDIO SOBRE VIABILIDAD 232
7.1.1.-FACTOR ECONÓMICO 232
7.1.2.-FACTOR DE EJECUCIÓN 233
7.2.-IMPLANTACIÓN EN CÁCERES 234
7.2.1.-UBICACIÓN DE RSUS Y ESTUDIOS POR TRAMOS 241
7.3-CONCLUSIÓN 260
8.-CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES 264

9.-CAPÍTULOS IX: TRABAJOS DE FUTURO 267

BIBLIOGRAFÍA 269

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES 277

ÍNDICE DE TABLAS 285

RESUMEN

En este presente documento se estudiarán las redes vehiculares VANET, las cuales forma parte de las ITS (Intelligent Transport Systems). Estas combinan la información con la tecnología de comunicación a los vehículos, este sistema a su vez se ve involucrado en otro mayor como es “el mundo conectado”.

La funcionalidad básica de las redes VANET se centra en torno a la seguridad de las carreteras, debido a que esta es la primera causa de mortalidad, de no enfermedad, del mundo.

En este proyecto además de ver la funcionalidad de esta red, así como sus características, aplicaciones y legislaciones, se centra en las comunicaciones de emergencia, que son la de mayor prioridad dentro de esta red. En las comunicaciones de emergencia se encuentras dos distinciones, la primera es las emisiones relacionadas con colisiones o accidentes, mientras que la segunda es la relacionada con los vehículos de emergencia. Dentro de la parte referente a los vehículo de emergencia, este proyecto se centra en los vehículos sanitarios, ya que reúnen las mejores condiciones para un despliegue inicial (tienen un objetivo final, el hospital de Cáceres en este caso) y también posee mayor efectividad en el traslado de pacientes (una rápida actuación durante la primera hora reduce significativamente los riesgos). Este último factor será lo que incentive la implantación de la infraestructura se aplicará a los principales acceso al hospital de la ciudad de Cáceres explicados en el presente documento.

1.-CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIONES

Las redes VANET nacen como una necesidad de proporcionar comunicaciones cooperativas, apoyándose en nuevas aplicaciones enfocadas la seguridad y el confort en la conducción. También desempeñan un paso futurible hacia un horizonte de mundo conectado. Muchas son las aplicaciones potenciales que se harán efectivas en dicha red, en especial las relacionadas con la seguridad, como ejemplo de estas serán, advertencia/detección/informes de accidentes, advertencia de vehículos de emergencia… Estas permitirán aliviar la mortalidad en las carreteras del todo el mundo, lo que supondrá un esfuerzo superlativo, al tratarse de la red más grande del mundo si su implantación es plena.

Dicha red conjugará redes subyacentes conectadas entre sí, permitiendo emitir y recibir cobertura de otros servicios como telefonía, internet o internet de las cosas. Un hecho paralelo al servicio de cobertura, será la cantidad de datos que se generarán, entre los de mayor relevancia se encuentran los datos personales o los provenientes de acciones personales. Dichos datos crearán un gran interés en sectores como Big Data. Estos datos dependiendo de su uso podrán suponer una herramienta de patrones de seguridad, accidentes, rutas, o acciones no sucedidas, entre otras. Por el otro lado la implantación de una red de tal envergadura puede suponer un gran ataque a la intimidad de las personas de lo que se vislumbra un punto crítico para su implantación.

El aval de estas redes se fundamentan en las principales potencias mundiales (invierten cuantiosas asignaciones de dinero público) y las principales empresas de automoción como de telecomunicaciones (BMW, Mercedes, Lexus, Google, Telefónica….), con el fin de dar cobertura a todos los rincones de la tierra y con ello a millones de nuevos clientes potenciales. Europa es uno de los principales percusores de los sistemas ITS entre los que se encuentra, dichas redes VANET, como así lo demuestra el sexto y séptimo programa marco, como su predecesor horizonte 2020.

Una de las principales dificultades que afecta a las redes VANET son la comprobación en el mundo real, ya que para probar un red de alta densidad para

obtener su comportamiento, se hace necesario un número elevados de vehículo equipados y sus pilotos además de campos de pruebas variados, por lo que no se hace viable. Como solución a esto nacen los simuladores que permiten estimar de manera muy fidedigna dichas comprobaciones.

1.1.-VISIÓN HISTÓRICA

Para comprender como ha sido la trayectoria de la humanidad hasta converger en las redes VANET, hay que diferenciar dos vertientes diferenciadas que convergen en una misma finalidad. La primera de ella se debe a la necesidad de transporte, que es el factor clave de la globalización. Por otro lado tenemos la seguridad, debido a que por naturaleza intrínseca se busca constantemente las formas más seguras de realizar todos tipos de acciones, ya que está en juego la existencia de los propios individuos.

Estos factores se muestran a continuación.

1.1.1-EVOLUCIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES

Unos de los factores por el cual el ser humano ha tenido una evolución y progresión cultural se debe a la capacidad de invención y mejora de dichos elementos, a través de los materiales dispuestos en la naturaleza, de los cuales una parte muy importante han sido enfocado hacia la naturaleza intrínseca del ser humano a socializarse, que a su vez se ha transformado en la necesita la comunicación. Esta ha ido evolucionando y utilizando la tecnología de forma que cada vez más sofisticada, mejorando la transmisión y reduciendo los tiempos de estos.

La primera manifestación fue la voz, seguida de las señales de humo y dibujos rupestres. Esto no quedo ahí, sino que el siguiente paso fue la escritura que permitió desarrollar las culturas, además de esto también fue enriquecida por el arte fomentando la formación y el desarrollo.

Con el desarrollo de las lenguas escritas y habladas se inicia la comunicación entre las diferentes naciones, donde originalmente se realizó por mensajeros seguidos por comunicaciones más rápidas como, mensajeros a caballos y posteriormente palomas, pero la gran revolución fue el invento de la rueda, que permitió una movilidad muy superior tanto de transmisión como de traslado.

Por otra parte en 1952 Benjamin Franklin descubrió la electricidad que le sirvió de soporte a Samuel F. B. Morse en 1836 para inventar el telégrafo, el cual fue mejorado por Thomas Alva Edison en 1874 que permitía transmitir en ambos sentido por el mismo medio, guía onda, gracias a la telegrafía cuádruple.

El siguiente paso fue él envió de la señal de voz, que fue posible gracias a la invención del teléfono por Alexander Graham Bell en 1876, usando los cables del telégrafo ya instalados. En 1887 dio un salto cualitativo debido a que Heinrich Hertz descubrió las ondas electromagnéticas lo que posteriormente dio a una modificación del cableado, como fue el par entrelazado para evitar diafonías e interferencias (cables de pares). Tras el descubrimiento de Hertz en el siglo XX la combinación de este, con los tubos de vacíos dio lugar al nacimiento de la electrónica, donde uno de sus puntos álgidos fue en 1906, con la primera retransmisión de una emisora de radio, es decir la primera aparición tecnología wireless.

Como continuación de la transmisión de señales de voz fue la consecución del envío de las señales de video. La primera captación de una imagen fue en 1826 realizado por Nicephore Niepce, pero con un tiempo de exposición de 8 horas el cual se redujo con la captación de aguerrotipo. Pero no es hasta 1889 cuando Thomas Edison invento el cinescopio, al cual se le añadirá el sonido en 1920 y tres años de pues, en 1923 con la invención del cinetoscopio e conoscopio por Vladimir Kosma, esto permitió la emisión y recepción de imágenes a distancia, es decir fue posible la televisión, la cual se sigue manteniendo en continuo cambio.

Con la necesidad en incremento de transmisión de imágenes sonido y datos a cualquier parte del mundo nace como principio fue militar ARPA (Advance Reserch Projects Agency). Posteriormente se crea la conmutación de paquetes en 1963, este

hecho permite diferenciar tipos de rede de conexión, centralizada, descentralizada o distribuidas. Tras varias adaptaciones y nuevas tecnologías en 1969 se crea la primera red llamada ARPANET.

Atendiendo a las diferencias de tipos de redes podríamos distinguir, como ya se mencionó, dos tipos de redes, una con infraestructura (Internet) y otra sin infraestructura (Ad Hoc), siendo esta ultima la que más interesaría para este proyecto, debido que las redes VANET (Vehicular Ad Hoc NETworck) supone la unión de los vehículos y una red descentralizada.

a) JERARQUIA DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES

En esta sección se plasma las diferencias entre los distintos tipos de redes, donde se centrará en los sistemas centralizados y descentralizados [1]

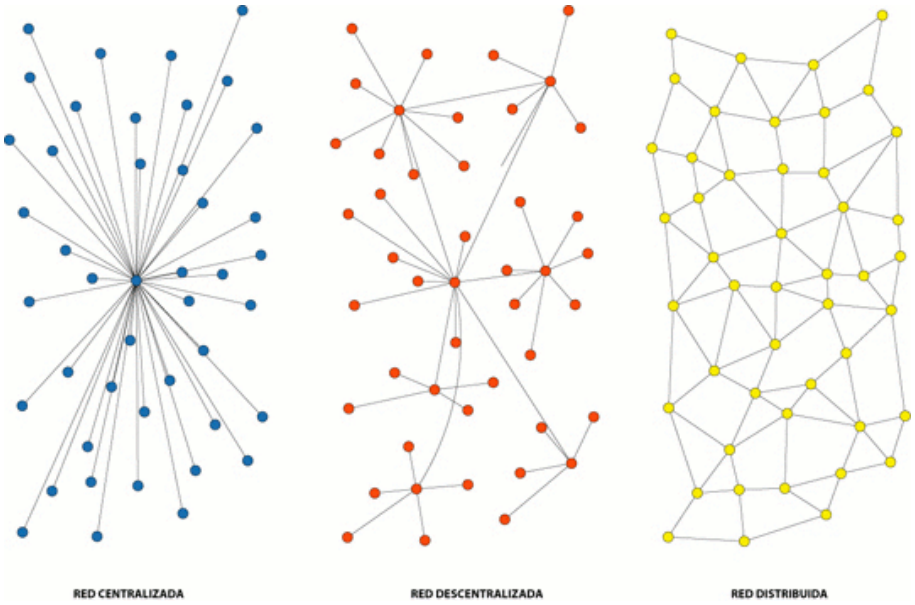


Ilustración 1 Tipos de redes existentes

Redes con infraestructura

Las redes con infraestructura también se le denominan redes jerárquicas.

Un tipo de redes jerárquica, son las redes centralizadas, llamadas así debido a la necesidad de un nodo central que comunique todos los periféricos entre sí, a nivel de

usuario, esto sería una red LAN o WAN según sus dimensiones. A niveles superiores el nodo-usuario (router) hará de puerta de enlace, que dependerá de un solo nodo central de red, es decir, es una conexión monolítica entre nodos-usuario y nodo-central. Estas conexiones son directas e individuales y son las que realizan todas las comunicaciones. La caída del nodo central, priva de servicio a toda la red.

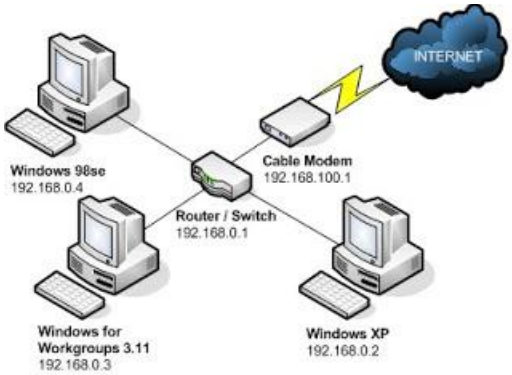


Ilustración 2 Red jerárquica

También es una red con infraestructura las redes descentralizadas, ya que también tiene una jerarquía, pero en este caso hay distintos niveles de red que corresponden a agrupaciones de nodos-usuarios con nodos primarios, que a la vez se conexionan al nodo central de red. Esta característica permite que si uno de los nodos principales no está operativo, solo sufran la falta de servicios los nodos-usuarios conectados a este y el resto de nodos-usuarios no sufran la falta de servicio. El servicio más importante que usa esta red es Internet.

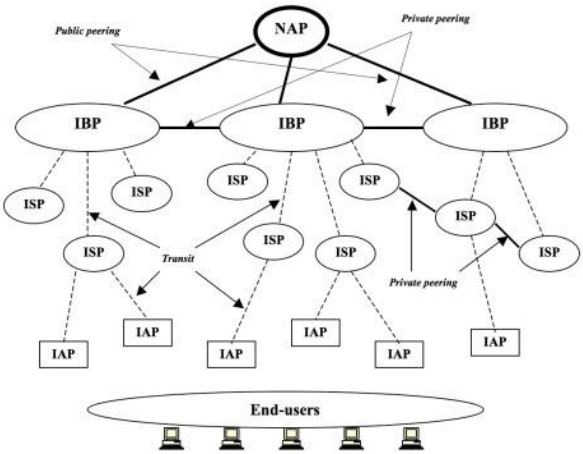


Ilustración 3 Red descentralizada.

La forma de acceso a esta rede puede ser tanto por medio físico, como por medio inalámbrico. En el caso de una red inalámbrica la capacidad dependerá del área de cobertura y el número de dispositivos que puede ofrecer servicios, los casos más conocidos son las redes móviles (GSM, UMTS, HDSPA, LTE, WiMax…), estas están formadas por estaciones bases que actúan como puerta de enlace.

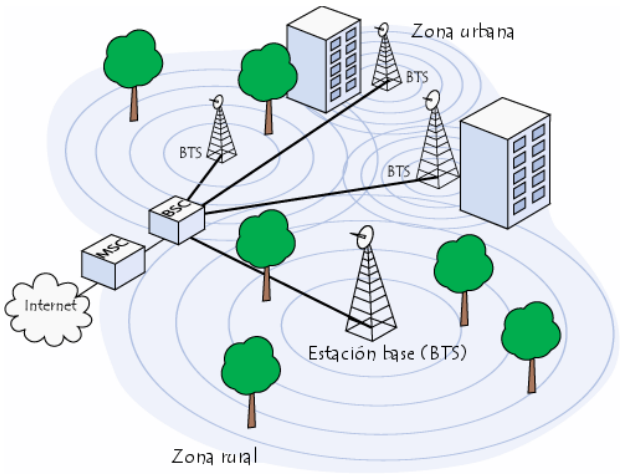


Ilustración 4 Topología general de red celular.

Redes sin infraestructura (Ad-hoc)

Estas son redes inalámbricas distributivas, las cuales no necesitan un nodo central que actúa de puerta de enlace, ni como concentrador de nodos-usuarios, debido a que cada elemento móvil actúa como nodo no como periféricos, los cuales son capaces tanto de enrutar, descubrir y mantener rutas, siempre y cuando existan otros nodos dentro del rango de cobertura que emitan estos dispositivos.

Este tipo de red es más versátil y dinámica, ya que no necesita de un sistema jerarquizado para su comunicación y la falta de servicio de un modo no perjudica a los nodos cercanos debido a que conforman un conexionado tipo malla. Al no tener un sistema intermedio que realice la comunicación entre ellos se necesitara agregar a estos protocolos de enrutamiento y enrrutado eficientes.

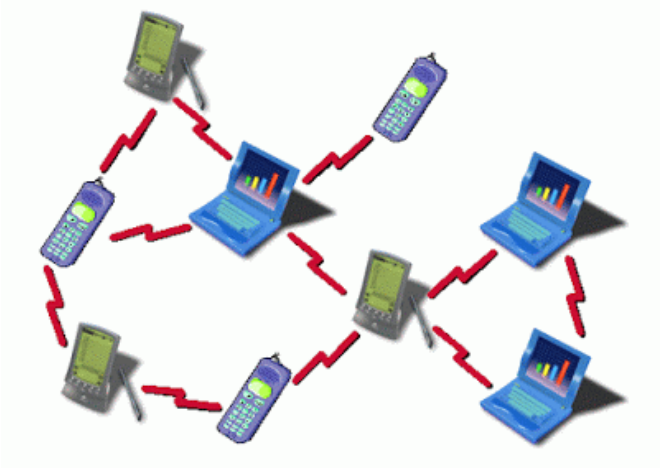


Ilustración 5 Topología inalámbrica Ad Hoc

Un tipo de red derivada de esto son las redes VANETs, que siguen el mismo procedimiento, pero no son exactamente iguales, ya que estas tendrán variaciones y limitaciones muy diferentes a las variables de red Ad Hoc, donde la más importante es la velocidad y como consecuencia el tiempo de conexión entre nodos, que harán recurrir a una infraestructura fija en ciertos casos.

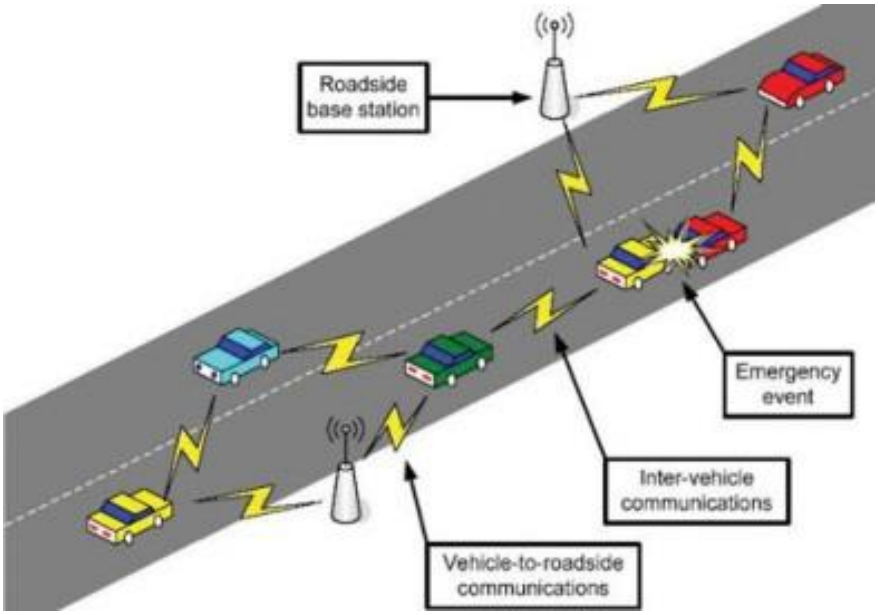


Ilustración 6 Topología básica de redes VANET.

1.1.2.-SEGURIDAD VIAL

La otra vertiente que conforma la finalidad de las redes VANET es la seguridad en el transporte, que supone una prioridad y un reto mundial, debido al coste social y económico que esto supone. Un factor que ha permitido la reducción de víctimas, ha sido la tecnología, dando lugar una grata mejoría de los resultados. [2]

La mejora de la seguridad vial atañe tanto a fabricantes, como a operadores y a sus políticas de mejora, que buscan una relación directa o indirectas en las TICs.

Las líneas de actuación clásicas han estado enfocadas a tres grupos que son, el conductor, el vehículo y la infraestructura [3]. Estos hasta ahora habían sido tratados de forma autónoma, donde el conductor supone el error por factor humano que es el más importante con 90% del total de los incidentes. Por otro lado, las tecnologías aplicadas van enfocada hacia la mejora de conductas, como son los sistemas de información abordo, supervisión del estado del conductor, una mejor interfaz para facilitar una seguimiento más efectivo del usuario, etcétera.

En cuanto al vehículo, está enfocado a la mejora de la tecnología implementada para una mejor información al conductor (solo de su vehículo), como son la mejora de sensores, unidades de procesamiento del entorno, monitorización o incluso conducción autónoma, bajo condiciones controladas.

Ilustración 7 Reconocimiento de señales (Ford).

Ilustración 8 sensor de aparcamiento (Audi).

Ilustración 9 Visión nocturna (BMW).

Por último, se encuentra el factor de la infraestructura que es el encargado de centralizar la información y de mostrarlas a los usuarios, debido a que el vehículo no tiene forma de obtener esos datos, esto son por ejemplo meteorología, trafico, condiciones puntuales como accidentes…

Ilustración 10 Infraestructura de carretera

El paso siguiente, en la evolución de la seguridad vial, es la participación de los factores clásicos mediante algún tipo de red y es aquí donde aparecen las rede VANET, que rompen con la información autónoma y permite colectivizar dicha informaciones, haciendo un sistema más eficiente debido a que permite aunar los factores independientes, mejorando tanto las prevenciones (seguridad activa) como la minimización de estos (seguridad pasiva).

Por otro lado, las estadísticas muestran el gran volumen de automóviles a nivel mundial, al cual, cada año se incrementa. A nivel nacional, el parque automovilístico según la DGT, a septiembre de 2014 (último dato aportado por este organismo) indica que es de 31.019.948.

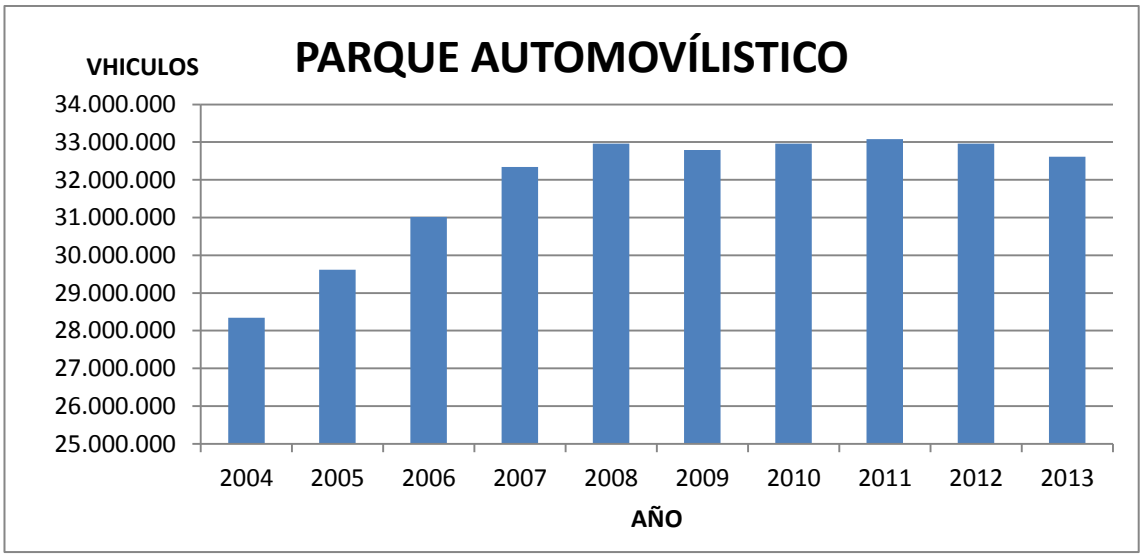


Ilustración 11 Evolución del parque automovilístico anual. Datos oficialas del Institutos Nacional de Estadística (INE)

El alto número de vehículos supone una alta coordinación para permitir un tráfico fluido y sin daños. Pero por desgracia, los datos obtenidos en tasa de fallecimientos en España sigue siendo una rémora, aunque estos datos han ido bajando progresivamente hasta obtener las cifras más bajas de los datos recogidos por el instituto nacional de estadísticas. A pesar de la disminución, aun esta cifra sigue siendo muy alta, si la comparamos con nuestro entorno, ya que España se coloca en el quinto puesto de la unión europea de siniestralidad, como se muestra en la ilustración 14. En cuanto a nivel mundial los datos no son mejores, debido a que la mayor causa de mortalidad por causas no naturales y la novena causa a nivel mundial.

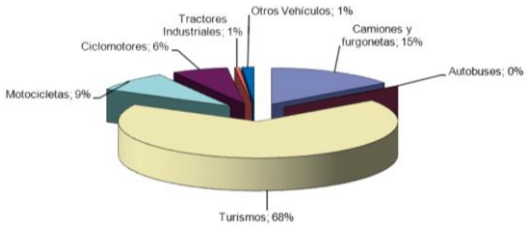


Ilustración 12 Gráfico sobre la distribución del parque automovilístico.

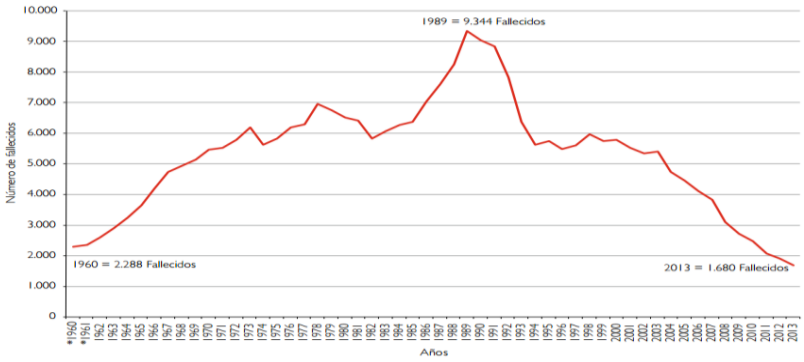


Ilustración 13 Evolución de los fallecidos en accidentes de tráfico con víctimas entre 1960-2013

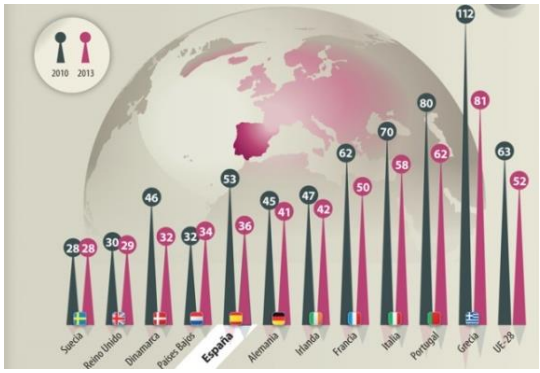


Ilustración 14Tasa de mortalidad por millón de habitantes.

CAUSA	Nº DE FALLECIDOS	TASA DE MORTALIDAD
Transporte	4.203	92,0
Suicidios	3.263	71,4
Obstrucción vías respiratorias	2.087	45,7
Caídas	1.740	38,1
Envenenamientos	767	16,8
Ahogados	482	10,5
Agresiones	348	7,6
Fuerzas mecánicas	247	5,4
Incendios	189	4,1
Electrocución	64	1,4
Fenómenos naturales	53	1,2
Resto	2.473	

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística.
Tasa de mortalidad: Número de fallecidos por millón de habitantes.

Ilustración 15Tasa de Mortalidad diferentes a enfermedades.

1.2-CICLO DE VIDA

El ciclo de vida es un balance global del proyecto que recoge y evalúa todos los datos desde el inicio hasta su finalización mediante etapas, esta metodología cuantifica los usos de recursos para diseñar un plan de actuación eficaz, por tanto en este capítulo se expone las distintas fases como elementos y responsabilidades seguidas en el proyecto.

Las fases en las que se divide el proyecto se recoge en el siguiente esquema.

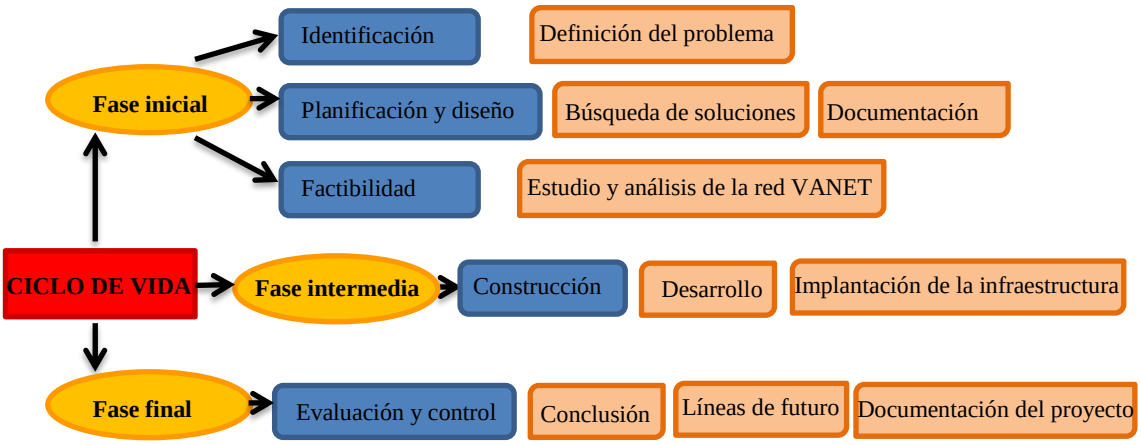


Ilustración 16 Esquema del ciclo de vida del proyecto.

1.2.1.-FASE INICIAL

a) IDENTIFICACIÓN

Definición del problema

En este apartado se ha realizado un estudio de las condiciones generadas entorno al problema del tráfico y a que sectores le afecta más dichas situaciones. Para ello se ha procedido a la búsquedas de patrones obtenido de dichas situaciones adversa, entre la que destacaban las que necesitaban mayor premura en el traslado. Normalmente las que requerían de ese traslado acelerado son los vehículos que tenían excepciones en la normas viarias durante un periodo determinado de tiempo a causas de acciones imperantes. Estas son recogidas en tres estamentos, el policial, el sanitario y las

emergencias de carácter ambiental (fuegos, riadas…). Aunque estos tres cuerpos del estado tengan priorización sobre el demás tráfico no siempre se dan las mejores condiciones para que se pueda realizar tal prioridad.

b) PLANIFICACIÓN Y DISEÑO

Búsquedas de soluciones

Tras identificar el problema se puso en marcha un periodo de búsqueda de soluciones entre las que se descartaron métodos inviables de entrada. La solución sobre la que se trata el texto provino tras una visión de, ¿por qué sucedía estas condiciones?, la cual tenía como solución la falta de comunicación, por ello comenzó una búsqueda de redes aplicadas a entornos vehiculares.

Entre las redes vehiculares destacaba las redes VANET por su alta documentación de estudios que buscaban dar soluciones a sus problemas de intercomunicación. Para focalizar más el tipo de comunicaciones al que se hacían referencia, se decidió centrarse en la comunicaciones de carácter especial por su alto nivel de prioridad, es decir, en situaciones de emergencia como colisiones o vehículo de prioridad.

Documentación

Tras situar el centro de actuación en la falta de comunicaciones existentes entre los vehículos, se inicia un periodo de búsqueda de información sobre la materia, las redes vehiculares y en especial las redes Ad Hoc aplicadas a dicho fin, VANET. La fase de investigación y de recopilación de material con la información existente supone una alta dificultad, ya dicha red no existe actualmente y los métodos, protocolos, implantación… son muy diversos, y en muchos casos incongruentes entre ellos. También a las situaciones adversa se unía la falta de formación en este sector del estudioso, debido a que hasta el momento solo se había dados las nociones básicas de red (cuales son las capas OSIS, diferencias entre TCP y UDP…).

Tras centrar el objetivo en redes que mejoren la comunicación y permitan un menor tiempo de traslado en los vehículos de servicio sanitario, la información decrece

considerablemente y por ello se crea una búsqueda más ardua que conlleva más inversión de tiempo.

c) FACTIBILIDAD

Estudio y análisis de las redes VANET

Como las redes VANET son tan extensa se decidió centrarse en lo mensaje de emergencia, pero tras acotar la dirección del proyecto se crearon nuevas posibilidades con nuevas interrogantes como, ¿cómo conseguir una aplicación de esta?, ¿cómo realizar un trabajo que se garantice una mejora en mi entorno?, ¿qué profundidad implantación se puede aplicar en estas condiciones?.

Tras estas preguntas se encontró una solución única y que agradaba tanto al tutor como al estudioso. Esta solución era la aplicación de las redes VANET a la ciudad de Cáceres, pero como un despliegue integro suponía un trabajo de muy largo recorrido, por lo que se decidió centrarse en un tipo de servicio de emergencia, los traslados de los servicios sanitarios. Estos aunaban todas las principales características que se habían adquirido de las redes VANET, además de favorecer a los desplazamientos de los principales acceso. También permitía un implantación de la estructura de forma contenciosa y efectiva, ya que no con muchos dispositivos se daba cobertura a las principales vías de acceso, junto a esto, si la implantación tendría una buena acogida podría suponer un impulso a dicha red y tal vez promover su implantación por los órganos competentes.

Para llegar a comprender esto se han necesitado muchas horas de lectura y compresión de la documentación recogida, con la dificultad de adquirir nuevos conceptos como sus evoluciones nunca antes vistos por el estudioso.

Tras un estudio de las redes VANET cabe la pregunta de si dicha red será un futurible aplicable. Esta conclusión se puede extraer de los innumerables estudios realizados sobre simuladores, los cuales permite una percepción del funcionamiento de la red en función de los protocolos, capas, ect. Estos permiten vislumbrar su funcionamiento con el solo uso de un ordenador y los conocimientos aplicables que serán lo que se realice en dicho documento.

Para estudiar la factibilidad de su implantación se ha de realiza un estudio de los métodos de implantación, así como un estudio económico de dicha implantación. En este caso, al tratarse de la ciudad de Cáceres hay que analizar también el suelo donde se instalan los equipos, debido a que Cáceres tiene un casco antiguo protegido por ser patrimonio histórico y cultural.

Dichos estudios son favorables en términos aplicativos, ya que la implantación de la infraestructura proviene de la obra pública (que no actúa como una fuente de ingreso, sino que debe actuar como una finalidad) que utilizará canalizaciones existentes o creándolas. Al final el estudio sobre el que se basa si es viable la implantación depende de dos factores importantes, el económico y en el de ejecución.

Factor económico

El factor económico es el que más afecta a la implantación del proyecto, por lo que se ha de buscar inversiones de aplicaciones subyacentes de la red, para ello se ha de incentivar la creatividad para producir nuevas funcionalidades que interesen a las fuentes de inversiones, es decir innovar con aplicaciones de valor añadido.

El capital privado desempeñará un papel muy relevante por los que se necesita saber cuáles pudieran ser los cauces que incentivarían la inversión de las empresas privadas. Para este fin los fundamentos que se necesitaron fueron la invención y la creatividad para la creación de nueva aplicaciones.

Factor de ejecución

Es el referente a la instalación de dicha red, por lo que se hizo necesaria una revisión de las áreas en las que se va implantar así como de los medios de implantación, usando canalizaciones instaladas o instalando unas nuevas. Este factor es el que modifica el factor económico por lo que un buen estudio de la morfología de la red es indispensable para permitir un buen ajuste económico.

1.2.2.-FASE INTERMEDIA

a) CONSTRUCCIÓN

Desarrollo previo

Para el desarrollo de la redes VANET hace falta un estudio de campo sobre el cual se inspecciona la dificultades que puedan provenir de la estructura de la vía como los daños causados por la instalación de esta número semáforos en cada acceso, la densidad de circulación referente a cada una de ella…

Se debe de dar cobertura a todas las rutas de acceso proporcionando rutas alternativas en los periodos de dicha instalación en la cual se cortarán carreteras, para ello se pondrá en conocimiento del mismo la agenda de tareas a las autoridades y ayuntamiento, para que adviertan a los vecinos y diseñen métodos de actuación.

En este punto se hace necesario el conocimiento de las rutas marcadas como de su entorno para poder determinar un punto de actuación, para esto se ha combinado tanto reconocimiento personal por dichas áreas, como la necesidad de utilizar mapas online como Google maps.

Implantación de la infraestructura

La implantación de la infraestructura de las rutas de acceso al hospital se ha realizado de forma independiente, debido a que cada caso es dispar, esto se realizara en función de los estudios realizados anteriormente. También se ha indicado en cada tramo la forma de actuación de los vehículos colindantes teniendo en cuenta la fisionomía de la vía. Ambas acciones suponen una inversión considerable de tiempo de elaboración, debido a que en cada tramo hay que realizar diversas comprobaciones específicas de él, lo que lo hace muy laborioso.

La infraestructura a instalar se sitúa en su mayoría sobre semáforos instalados, por lo que el despliegue se reduce considerablemente, aun así también se realizó en situaciones que se creían que eran adversas. Estas son extraídas del dicho análisis por tramos anterior.

1.2.3.-FASE FINAL

a) EVALUACIÓN Y CONTROL

Conclusión

Con la instalación de las redes VANET se conseguirá una disminución de tiempo en los traslados por medio de vehículos de emergencia que se transforma en la salvación de vidas humanas o en la contención de empeoramiento de pacientes. Debido a que el hospital San Pedro de Alcántara es el centro de referencia de la provincia, esto supondrá una mejora en la vida de los ciudadanos y en especial para los que accedan desde fuera de dicha ciudad.

Líneas de futuro

En la elaboración de las líneas de futuro se han ido precediendo a lo largo de toda creación de documento, unas por ser mencionadas en otros trabajos complementarios y otras por la invención del estudioso, todas ellas no han supuesto de un gran tiempo de consecución, no de la mima forma que el momento de recogerlo en el documento.

Documentación del proyecto

Es la última fases de la actividad realizada en la que se recoge todos los puntos anteriores y la cual comienza tras la definición del problema y en la que se expone todo lo elaborado durante el proyecto (documentación, análisis, desafíos, implantación…). Este es el punto el cual se plasmará las conclusiones obtenida de resolución del problema afrontado.

Es el periodo de mayor costo temporal, debido a que empezó en el mes de octubre y el cual se alargar hasta la finalización del trabajo. Esto ha supuesto numerosas readaptaciones, modificaciones y otras muchas acciones de edición.

1.3.-CONCLUSIÓN

En este apartado se ha estudiado las vicisitudes sociales de evolución y la necesidad de seguridad a cada paso de estas, convergiendo en la seguridad vial, debido a que la siniestralidad en las carreteras es la causa de mayor muerte del mundo (sin incluir enfermedades). Además se estudia la perspectiva de evolución tecnológica ligada a la seguridad a la vez que los tipos de estructuras de red que existen, de donde el tipo de red más óptimo para las comunicaciones vehiculares son las redes sin estructura fija y que cuyo mayor exponente de esta son las redes Ad Hoc.

En la última parte del capítulo se recoge el ciclo de vida del proyecto, en el cual se recoge los pasos realizados para la elaboración del texto. Dichos pasos se compones de tres fases diferenciadas, a la vez dentro de estas lo conforman diferentes apartados de diferentes concreciones.

2.-CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y CONTRIBUCIONES

2.1.-OBJETIVOS

En este presente documento se estudiará las nuevas tecnologías de comunicación inalámbricas enfocadas al ámbito vehicular con la finalidad de reducir atascos mejorando la fluidez de la circulación, mejorar la seguridad en las carreteras con la ampliación de información relevante generada en el entorno del usuario, además como mejoras subyacente de esta red, surgen una mayor eficiencia en el gasto de combustibles con la conformación de convoy que permitirán reducir distancias y así aprovechar el rebufo de los coche delanteros al reducir la fuerza de rozamiento del aire, también se permitirá una mejor gestión de elaboración de ruta, ya que dicha red permitirá una actualización en tiempo real del estado de las carreteras y así reducir tiempo en traslados, etcétera.

Todas las mejoras que incorporan las redes VANET se puede aunar en los siguientes puntos sobre avisos de informaciones complementarias:

- Curva cerrada
- Intersección peligrosa
- Semáforo en ámbar
- Túnel bajo
- Cruce de peatones
- Malas condiciones de la carretera
- Paso de animales en libertad
- Paso a nivel
- Lugar frecuentado por niños
- Salida de calzada
- Infracción grave
- Posible colisión
- Acercamiento de vehículo de emergencia
- Vehículo con luces de emergencia

- Vehículo lento
- Frenada de emergencia (ABS)
- Cambio de carril

También se pueden conseguir nuevos servicios como los mostrados en los siguientes puntos:

- Conducción cooperativa
- Asistencia en incorporación a vía
- Aviso de atasco de tráfico
- Asistencia en cambios de carril
- Platooning (conducción en grupo)
- Seguimiento de flotas
- Monitorización del tráfico
- Servicios de notificación
- Aviso de velocidad recomendada
- Aviso de obras en la vía
- Sistema de elección de ruta
- Gestión de aparcamientos
- Pago electrónico
- Mantenimiento de vehículos

Todas las medidas anteriormente mencionadas serán los incentivos que mejoraran los mensajes de emergencia, ya sean por motivos de colisión o por el desplazamiento de los vehículos de emergencia. En caso de colisión el vehículo generará información prioritaria para una atención personalizada por parte de miembros de rescate que acudan a lugar del siniestro. Por el otro lado se encuentra la información de emergencia emitida por vehículos normativa especial como son ambulancias, coches de policías o camiones de bomberos, creando protocolos de actuación enviados a los vehículos colindantes

2.2.-CONTRIBUCIONES

Para conseguir los objetivos marcados en la anterior sección hay que realizar una infraestructura, la cual debe moldearse a las situaciones concretas de cada tramo y en este proyecto se busca dicha finalidad.

Esta implantación se realizara recurriendo a las características específicas de cada ruta de acceso al hospital. Para realizar una buena adaptación cada ruta de acceso se fragmentará en tramo, es decir se realizará un estudio concienciado de la morfología y eventualidad del tráfico de los tramos que por ella circulan.

Tras dicho estudio se indicará las ubicaciones óptimas en la que se situaran dichos elementos que conforman la red, para permitir una eficiente y mayor cobertura.

Con la incorporación de dicha red no solo se fomentará una comunicación cooperativa de los vehículos que por ella circulan, sino también se permitirá un tráfico más fluido, debido en mayor parte por la gestión local de las intersecciones, permitiendo la eliminación de los semáforos. Pero la finalidad de esta infraestructura en concreto no es ninguno de los beneficios de la red anteriormente mencionados, sino que esta red se formará entorno a la mejora del traslado de los vehículos sanitarios, ya que de esto depende la vidas de personas que se encuentran en situaciones críticas y en las que cada minuto cuenta con una importancia mortal.

Como contribución de este proyecto hacia la ciudad de Cáceres es la realización de la implantación de una infraestructura que permita un rápido traslado a los vehículos de emergencia en dicho estado de emergencia como sus estudios implicante. Para ello se determinara las principales rutas de acceso al hospital y se le dará una solución individualizada de cómo actuar en cada una de ellas.

Posteriormente a la ubicación de la infraestructura se procederá a realizar un estudio del periodo de tiempo que se ha reducido, como a estimar el decremento del porcentaje de mortalidad

3.-CAPÍTULO III: ESTUDIO REDES AD HOC.

Una red Ad Hoc o también llamadas MANET (Mobile Ad hoc NETwork) es una red que se crea en el momento de su utilización y que posteriormente desaparece, es decir es un red muy volátil que solo existe mientras se cambia información. Esta red es muy propicia para casos de emergencia por su rápido despliegue y mínima configuración.

El concepto, Ad hoc proviene de la locución latía "para esto", dicha red fue creada con fines militares en los años 70, llamada Packet Radio Networks (PRNETs), con el fin de poder comunicar a los batallones diseminados en el campo de batalla de forma radio, donde estos batallones actuarían como emisores o conmutadores de paquetes.

En la actualidad, se ha vuelto a despertar cierto atractivo debido a evolución tecnológica en el sector inalámbrico, con una reducción de tamaño y una alta capacidad de computación y conectividad de distintas redes. Un ejemplo de ello fue la revolución de los paraguas en Hong Kong, en la cual se realizó gracias a la aplicación FireChat que utilizaba cobertura bluetooth, y al no disponer una infraestructura dominada por el gobierno no la pudo vetar.

Esto ha generado un clima de admiración en la comunidad científica, académica y empresarial, ya que estas redes aportan una gran variedad de posibilidades que hasta ahora no se había tenido en cuenta, posibilitando un gran abanico de nuevas aplicaciones, pero debido a sus características esto también supone un reto para la ingeniería.[4]

Las características principales son las siguientes:

> Fundamento de Nodos Móviles: Es la esencia de las redes Ad hoc, donde cada uno de estos es individual y solvente, pudiendo establecer comunicación con los diferentes nodos que se encuentren dentro de su cobertura. En caso de no haber conexión directa entre el emisor y el receptor del mensaje, se procederá al multisalto entre nodos cuando sea oportuno, hasta llegar a su destino.

Para llegar a su destino la red debe actuar de forma autónoma determinando parámetros tales como la localización, la dirección de envío o encaminamiento, clustering…

Limitaciones de durabilidad: Uno de las principales restricciones es la referente a la fuente de alimentación, ya que los distintos dispositivos que componen la red como son móviles u ordenadores portátiles están limitado por la duración de la batería. Para prolongar la autonomía de estos en necesario tener una alta eficiencia en las actividades que más energía necesitan, así como son los protocolos de acceso al medio (MAC) o encaminamiento.

Escalabilidad: La escalabilidad depende del tipo de aplicación este enfocado, ya que no es lo mismo una aplicación MANET formado por móviles y ordenadores portátiles, que una aplicación VANET. Esto no es debido al número de usuario que también es un factor importante (en estos casos es equiparable), sino al rango de cobertura, debido a que los dispositivos móviles de la MANET tiene una alimentación limitada, al contrario de los vehículos de la VANET que no sufren esa restricción, ya que como cada nodo no solo hace de emisor y receptor sino como punto de conmutación, necesita de cierta potencia por lo que el alcance se ve delimitado.

Por otra parte las redes VANET, haciendo gala de su posible instalación en un futuro se convertirían en la red mundial más grande superando con diferencia al tamaño de Internet, en cuanto a dispositivos y cobertura.

Seguridad y privacidad: Dos aspectos importantes de las redes son la seguridad y la privacidad, debido a que la información que circulará por la red será de posicionamiento y de petición/emisión de información, tanto del estado de la vía como posibles aplicaciones de valor añadido (publicidad, internet…) que pondría en riesgo tanto los datos personales como la seguridad ciudadana. También se tiene en cuenta que cuando un cifrado es más complejo esto reducirá su eficiencia ocupando más ancho de banda y realizando conexiones más complejas que consumirán más energía.

Las redes Wireless son vulnerables a ataques, y las redes Ad-hoc lo son especialmente. Pueden padecer tanto ataques activos como pasivos, donde el

atacante puede emular a un nodo legítimo y capturar paquetes de datos y control, destruir tablas de encaminamiento, etc.

Métodos de transmisión: Suelen usar el reenvío de datos mediante flooding que es una emisión multicast (enviar todos los paquetes por todas las salidas) como en P2P, esto puede multiplicar el tráfico, por tanto como solución se limita el tiempo de vida (número de saltos) o enviarlos por líneas en buena dirección (flooding selectivo).

Protocolos según alcance:

- Unicast: envío a un solo destino.
- Multicast: envío a varios destinos.
- Broadcast: envío a todos los nodos.
- Geocast: envío a una determinada zona.

Protocolos según el descubrimiento de ruta:

- Proactivo: visión actualizada del estado.
- Reactivo: Bajo demanda cuando es necesario.
- Hibrido: Se comporta como proactivo en los nodos cercanos y reactivos en los lejanos.

3.1.1.-NIVEL DE TRANSPORTE EN REDES AD HOC

Unos de los protocolos usado en el nivel de transporte es TCP, el cual por su características necesita acoso de recibo y debido a la forma de la red (cambiante) no es fácil su realización, por ello existen protocolos basados en TCP, pero estos son diseñados de forma que, estos no active de forma errónea el mecanismo de control de congestión por la pérdida del canal de enlace entre la fuente y el destino. También ha habido y está habiendo nuevos protocolos como son TPA (Transport Protocol for Ad hoc Networks) que posee un control de congestión diferente, en el cual se aporta un detector de rotura de enlace y búsquedas equivalentes.

Otros protocolos de transporte es SCTP (Stream Control Transfer Protocol) y el MRTP (Multiflow Realtime Transport Protocol) que han sido especialmente diseñados para ofrecer un mejor transporte de datos a las aplicaciones de tipo media-streaming y de tiempo real.

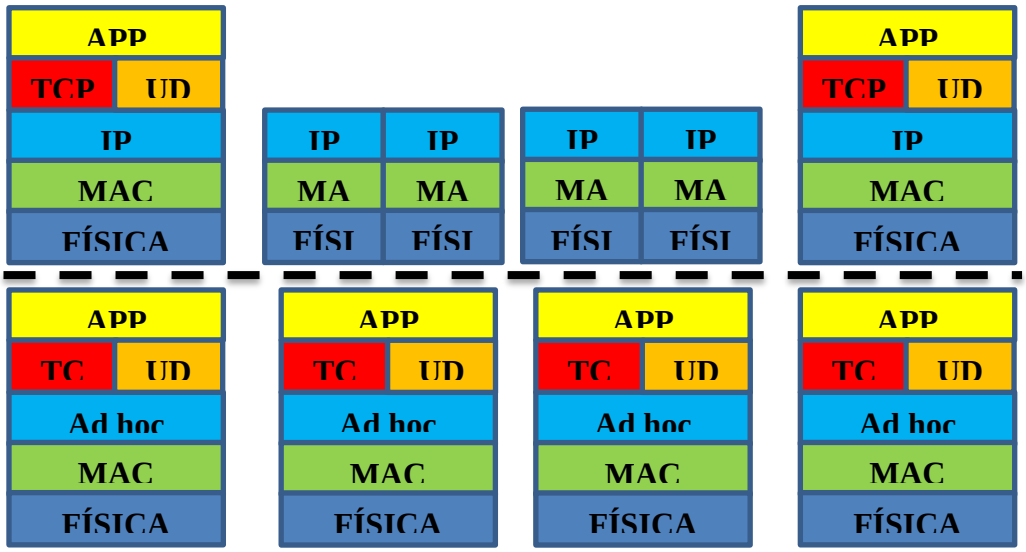


Ilustración 17 Comparación entre el modelo TCP/IP y el modelo aplicado en redes Ad Hoc.

3.1.2.-CAPA CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC) EN REDES AD HOC

Existen dos protocolos de acceso al medio de la redes ad hoc:

Protocolo acceso aleatorio: los nodos compiten entre sí para ganar el acceso al medio de transmisión compartido.

Protocolos de acceso controlado: hay un nodo maestro o de infraestructura, que decide cual es el nodo que debe acceder al medio de transmisión en cada momento.

La falta de una infraestructura y la naturaleza peer-to-peer de las redes ad hoc hacen que los protocolos de acceso aleatorio sean lo conveniente. Aunque también se podría utilizar de acceso controlado, debido a que las redes como Bluetooth se basan en grupos (clusters) de nodos, en los cuales hay nodos maestros que deciden qué nodo del grupo es el que tiene acceso al canal, evitando competiciones y colisiones.

3.1.3.-CAPA DE RED EN REDES AD HOC

Los protocolos de enrutamiento se dividen en dos grupos, los reactivos y los proactivos.

Reactivos (Bajo demanda): Buscan una ruta solo cuando se necesita realizar la comunicación, estos además tienen como cualidad, que son capaces de asumir latencias altas, independencia de la ruta con un tiempo limitado.

Proactivos: Buscan rutas periódicamente, suponiendo que serán útiles clasificando los estados de enlaces (Dijktra), estos además necesitas una respuesta rápida por ello busca nuevas rutas.

Estos dos grupos tiene dos características que los distinguen dos subsecciones, ya que ambos puede seguir encaminamientos de salto (cada router decide el salto y guarda el enrutado) o de origen (El paquete lleva la dirección y va guardando el enrutado en vez del router).

A modo de resumen se recoge en el siguiente esquema las vertientes que ha tomado las redes Ad hoc:

	Encaminamiento de salto	Encaminamiento de origen
Reactivo	AODV, LMR, TORA	DSR, LQSR
Proactivos	DSDV, OLSR, CGSR, WRP, TBRPF	

Tabla 1 Tipo de encaminamientos en las redes Ad- Hoc.

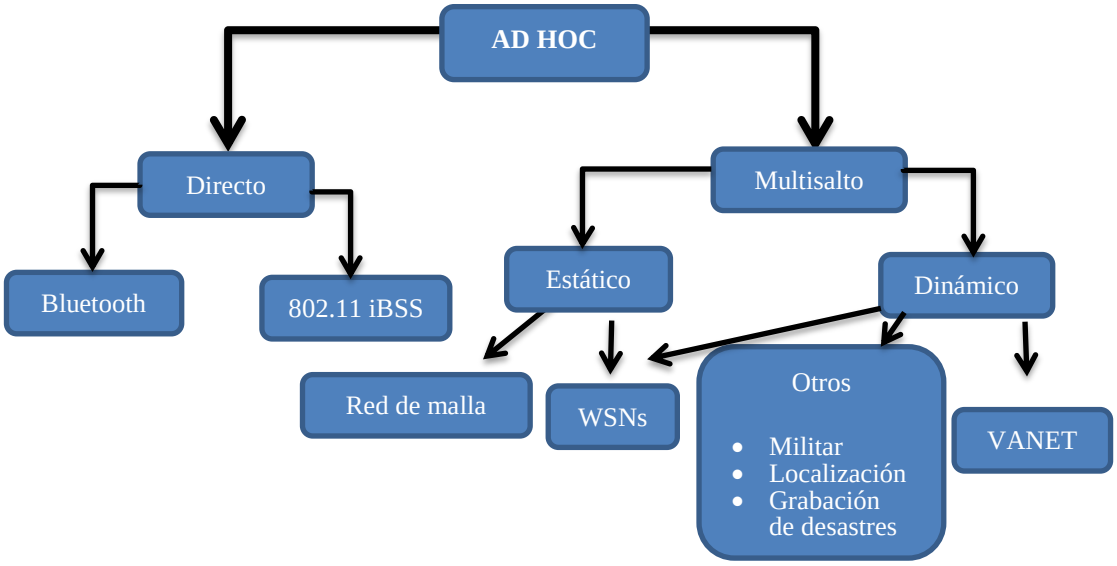


Ilustración 18 Esquema de las vertientes derivadas de la redes Ad Hoc

3.2.-CONCLUSIÓN

En este apartado se estudia la tecnología Ad Hoc que es la base sobre la que creará las redes VANET, esta ha evolucionado enormemente debido al a revolución de los terminales móviles. La característica más cualitativa de este tipo de redes es la permisión de realizar multisalto sin la necesidad de una infraestructura, debido a que cada móvil actúa como un usuario final y como nodo de enrutamiento, permitiendo una gran movilidad y despliegue de la red.

4.-CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE LAS REDES VANET

Una de las derivaciones de una red MANETs es la adaptación al sector automovilístico, VANET, también se define como una red Ad Hoc de alta movilidad de sus nodos. El fin primario de dicha red es la reducción de la mortalidad de las carreteras (seguridad vial) y secundariamente la administración del tráfico, el confort del conductor y el mantenimiento de este sistema.

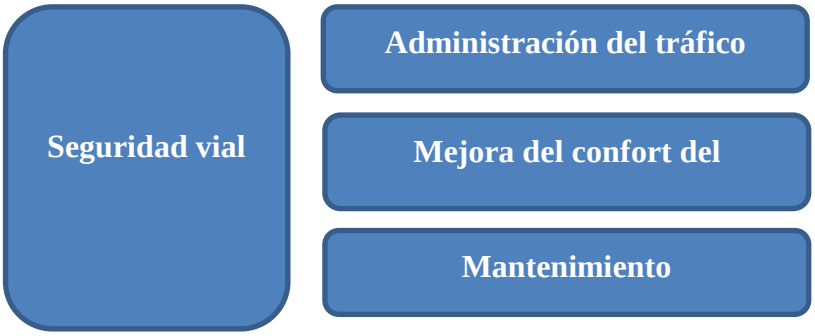


Ilustración 19 Aplicaciones generales derivadas de la redes VANET.

Esta red trata de atenuar inconvenientes provenientes del tráfico rodado, utilizando las últimas novedades tecnológicas (especialmente a la tecnología móvil) que gracias a su computación, conexión inalámbrica a la vez que la permisión de localización son unas bases consistentes y aplicables. Estos factores han tenido importantes repercusión en el transporte inteligente (ITS).

La gran característica de las redes VANET es la efectividad con respecto a otros tipos de redes que son ineficientes, en su mayor parte debido a la alta velocidad de los nodos y gran libertad de movilidad de estos. Esta velocidad también es la causa del reto actual y futuro de la redes VANET, ya que el tiempo de conexión entre vehículos generalmente es corto y en especial en vías de doble sentido y no tanto en vías de un solo sentido debido a que las vías están limitada en velocidad. Pero el gran reto se encuentra en los protocolos de enrutamiento, por estos factores mencionados al que se le suma la limitación del ancho de banda.[5]

Esta red, con respecto a las redes Ad Hoc, no tiene limitación de batería ni espacio de almacenamiento, por motivos obvios como son la disposición de baterías

suficientemente grandes en dimensiones y capacidades, como por la realimentación del movimiento cinético. Además, la tendencia del mercado automovilístico es hacia un vehículo de motor eléctrico, el cual reduce el tamaño del motor permitiendo más espacio y disponibilidad de baterías más eficientes y de mayor capacidad. Como sinónimo de esta tendencia es Japón con 40.000 infraestructuras de carga eléctrica frente a 34.000 gasolineras. Otra de las ventajas de la redes VANET frente a las redes Ad Hoc es que al disponer de baterías de mayores capacidades permite tener mayor potencia que se convierte en un mayor área de cobertura, además de esto también se obtiene una latencia relativamente baja debido a que las comunicación son en mayor parte directa y de forma inalámbrica, estas comunicaciones en algunos casos necesitan de multisaltos, pero como se verá más adelante se proponen soluciones como la formación de grupo o estaciones fijas que funciona de drenadores de información [6].

4.1.-ARQUITECTURA

La arquitectura de la red VANET difiere de la red proveniente Ad Hoc, debido a la hostilidad que las redes vehiculares oponen a la interconexión entre ellas, ya que como se mencionó anteriormente, cada nodo debe asumir la responsabilidad de encaminamiento y manutención de la red, es decir realiza un control parcial de la red. Esto no es fácil para un sistema tan volátil y aleatorio, lo cual genera falta de conexión entre nodos en bajas densidades de vecinos, por tanto es necesario disponer de una infraestructura clásica que actúe en ubicaciones estratégicas y que funcionen de forma de punto de acceso (desagüe) y así avisar a administraciones de emergencia o al órgano gestor de control de flujo de tráfico rodado entre otras posibilidades. [7]

Al órgano encargado de gestionar el tráfico se le denominan TCC (centro de control de dato) que tendrá delegaciones a niveles provinciales y dependiendo de esta las agencias de las ciudades, que a su vez se pueden estar conformadas por gestionadores de barrios. En España se le conoce como DGT (dirección general de tráfico) y tiene una estructura como la ya mencionada.

Cada vehículo forma una unidad independiente denominada OBU (On Board Unit) donde la comunicación entre vehículos se le denomina V2V, mientras que la infraestructura fija de la red viaria es denominada RSU (Road Side Unit) y las comunicaciones existe entre los vehículos y la RSU dependen del sentido del sentido de la comunicación, será V2I si es el vehículo el que informa a la RSU, mientras que la comunicación en sentido inverso, está se denomina I2V. Esta distribución se muestra en la siguiente ilustración 20.

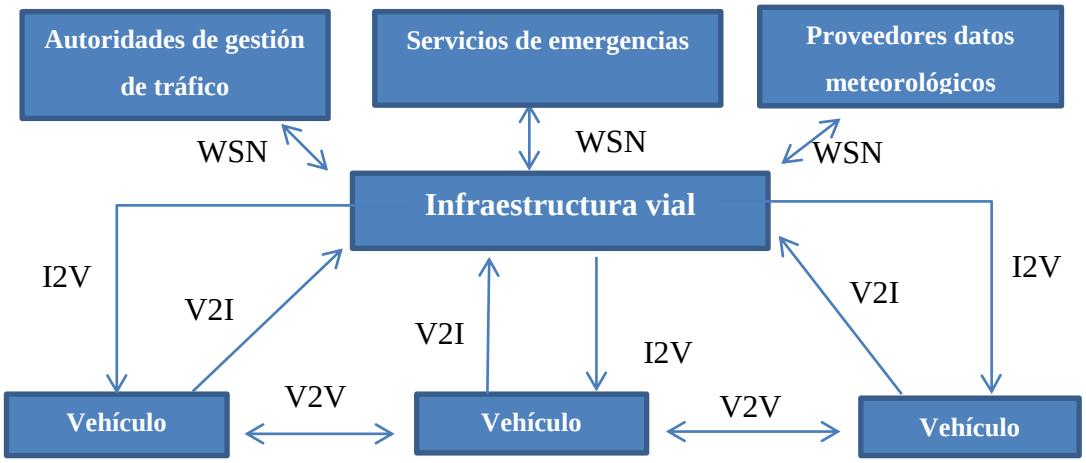


Ilustración 20 Esquema- resumen de las comunicaciones realizadas por l redes VANET.

Estas comunicaciones permiten en situaciones adversas comunicar a los vehículos que circulen por una determinada zona por medio de V2V o I2V dichas adversidades, o en caso de ser el primer vehículo que detecte el peligro por medio de sus sensores, realice la acción de advertencia hacia los demás vehículos a la vez que emita un informe a la administración central sobre dicha infortunio y obtener así una evolución en tiempo real sobre la red de carreteras.

En el caso de las infraestructura que también realizará recogida de datos del entorno, esto se lleva a cabo usando tecnología WSN (wireless sensor network). Por tanto, dichas comunicaciones proporcionan dos beneficios en cuanto a seguridad, la primera es la referente a la permisión de acceso a una red que permite la comunicación entre los vehículos y los servicios de emergencia de forma inmediata, reduciendo así los tiempos de notificación en caso de accidente. La otra ventaja es el acceso a la infraestructura en los escenarios de la densidad de vehículos bajos (permitiendo mensajes para llegar a un mayor número de vehículos).

RED HSVNs (Hybrid Sensor And Vehicular Networks)

Es la tecnología que une las redes WSN (Wireless Sensor Networks) y las VANETs.

Este tipo de red está más enfocado en la seguridad vial por la comunicación debida a los sensores WSN, por lo que estaríamos I2V donde la WSN están situada en la carretera como para determinar ciertas estados como el meteorológico. [9]

Las redes WSN tendrán Getaway en bordes de las carreteras, las cuales se comunican con los vehículos, entrando así en las redes VANETs.

Los elementos que conforman las redes VANET son el equipamiento del usuario (OBU) y el equipamiento de infraestructura (RSU), de estos hay prototipo que se están probando, los cuales se pueden observar en las siguientes ilustraciones 21 y 22:

Ilustración 21 Dispositivo de usuario o OBU (On Board Unit).

Ilustración 22 Dispositivo de carretera o RSU (Road Side Unit).

Un aspecto importante que modifica y mejora la eficiencia tanto energéticamente como de comunicación en las redes VANET, es la estructuración en casos de alta densidad de los nodos, con la formación de grupos como se verá en el apartado siguiente.

a) Formación de grupos o cluster

La comunicación realizada en las redes VANET en su mayoría son realizadas a los vehículos que se encuentran en su entorno y están dentro de un radio de cobertura, por lo cual con una transmisión de un solo salto será suficiente para comunicar dicha información (de advertencia o emergencia), como se muestra en la siguiente ilustración 23:

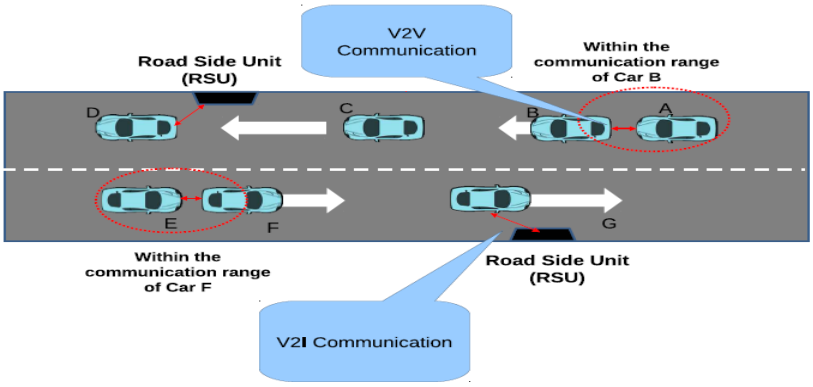


Ilustración 23 Ejemplo de los tipos de comunicación más realizadas en redes VANET.

Pero esta comunicaciones debido a su alta variabilidad da lugar a diferentes escenarios, como pueden ser escenarios opuestos de los atasco de una área metropolitana en contra oposición con el mínimo tránsito viario en zona de ámbito rural, salvo en descontadas ocasiones. Estas vicisitudes crean una necesidad de optimización, de esta necesidad nace la creación de grupo, especificamente en el primer caso, ya que la alta densidad de comunicaciones degrada estas, por lo que la formación de grupo limitaría las comunicaciones redundantes que se darían [8].

La agrupación de los vehículos permite realizar un escalado basado en su dirección a través de algoritmos, la creación de grupo se crean en función de la velocidad media de la vía, donde dentro de cada grupo hay un líder que actuará como intermediario entre las comunicaciones con otros grupos y también entre las comunicaciones internas del grupo.

Un ejemplo de la saturación de mensajes sería la trasmisión de mensajes broadcast, donde una transmisión sin grupos los mensajes crecen de forma nodos*(nodos-1), sin embargo utilizando grupos se reduce a 3*(número de grupo), debido a que para realizar un broadcast en un grupo se realizan tres intercambio, vehículo al líder, este a su vez a todo el grupo y con otros grupos.

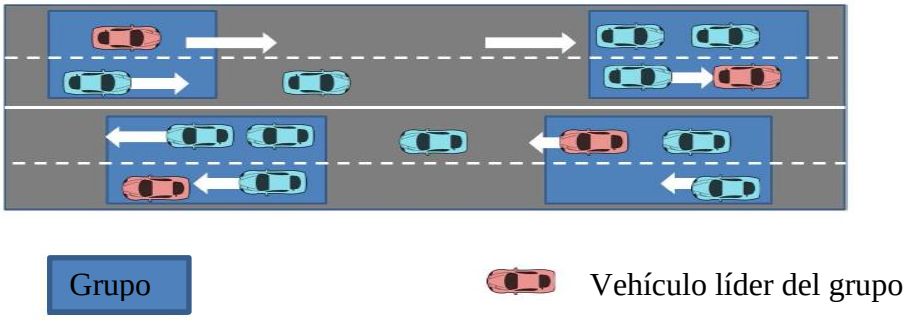


Ilustración 24 Distribución de vehículos en grupos

La definición de quien es el líder de los grupos depende según cada autor, ya que no existe una legislación que lo defina. Se encuentran dos vertientes de definición, donde una de ellas indica que será el usuario que lleve más tiempo, mientras que la otra opción es por posicionamiento, es decir el vehículo que se sitúa en el centro del grupo, para poder tener cobertura en todos los usuarios. La opcion más común es la de considerar que el líder sea el que más tiempo lleva en el grupo, debido a que según los algoritmos de comunicación se siguen los siguientes pasos:

1. **Primer paso**: El vehículo al iniciar la marcha hace una búsqueda de grupos dentro de su cobertura y en caso de encontrarlos comienza la segunda etapa de elección. En caso de no encontrar ningún grupo de vehículo colindante procede a crear su propio grupo, si supera el mínimo de vehículos para su creación, entonces será él, el líder.

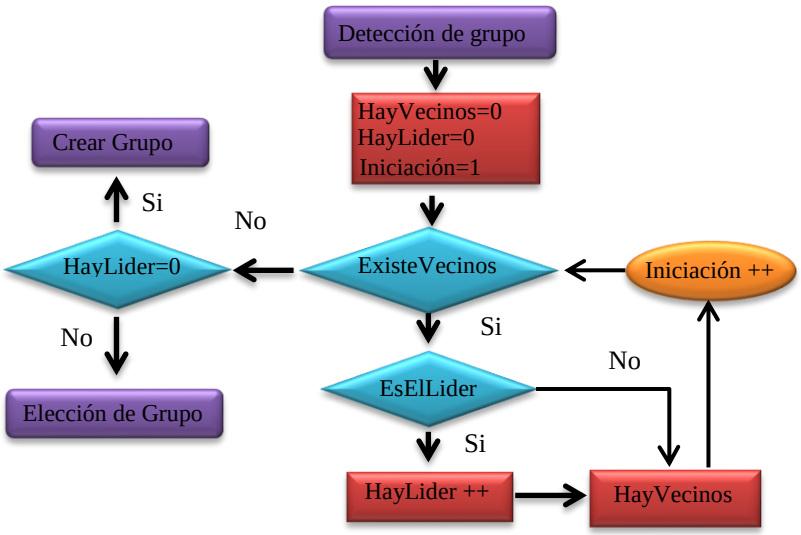


Ilustración 25 Diagrama de flujo de la creación de grupos.

2. **Segundo paso**: En caso de encontrar varias opciones de conexión en diferentes grupos determinara ciertos factores que le harán declinarse por uno de estos

- La densidad de vehículos.
- La calidad media de la señal de los vehículos.
- Los segundos que ha estado conectado al líder.

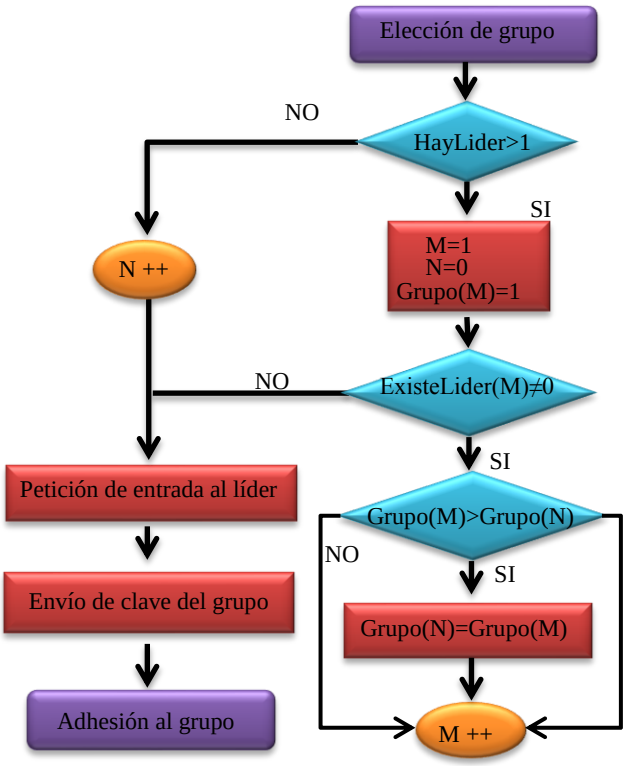


Ilustración 26 Diagrama de flujo de elección de grupo.

3. **Tercer paso**: Si en caso de no haber ningún grupo cercas y haber un número de vecinos que superan el umbral mínimo de usuarios, los cuales no están en un grupo y no van abandonar la red (por llegar a su destino) se creara un grupo, en caso de no ser así se esperara un determinado periodo hasta reiniciar el paso. En la creación de grupo existirán tres tipos de mensajes, primero un multicast del futuro líder a su vecinos, otro unicast por la contestación de estos y por ultimo uno tipo broadcast que difunde la clave privada del grupo, en total 2*(número de componentes del grupo)+1, mientras que en caso de no poderse crear se utilizaría (número de componentes del grupo)+2.

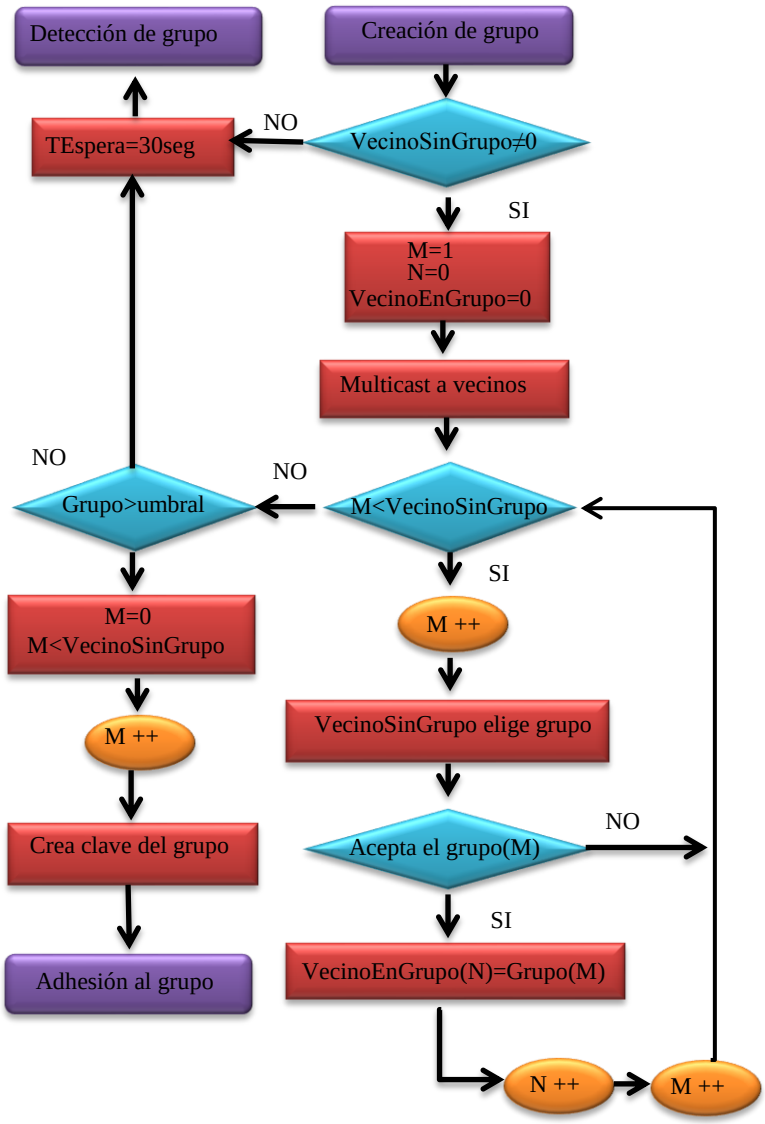


Ilustración 27 Diagrama de flujo que determina si crea o se adhiere a un grupo.

4. **Cuarto paso**: Una vez creado el grupo solo queda la comprobación de si se cumple el mínimo necesario para mantener el grupo, con lo cual se puede diferenciar dos de respuesta, la continuidad del grupo por cumplimiento del mínimo o por el caso contrario, no cumple el nivel y el grupo ha de desaparecer o reconstruirse si es posible.

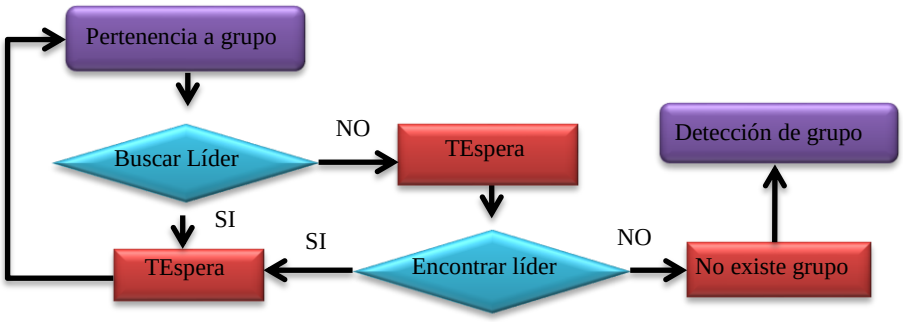


Ilustración 28 Diagrama de flujo de actualización de grupo.

5. **Quinto paso**: En caso de no superar el umbral el líder primero realizará una comprobación de si se encuentra en un tráfico denso para que no perjudique con su eliminación de grupo las comunicaciones, esperando después un tiempo para empezar la eliminación del grupo, en el caso de no ser así eliminará el grupo. Pero si se encuentra en tráfico denso, cabe la posibilidad de que haya vecinos que no perezcan a ningún grupo por lo que se podría añadir vecinos nuevos. En caso como este es posible que haya un cambio de líder, ya que como se vio anteriormente los vecinos solo se pueden encontrar a en un salto de nodo, donde la comunicación son la siguiente. El actual líder envía un mensaje multicast a vecinos, perteneciente o no al grupo, donde este recibirá una respuesta unicast de estos a la pregunta de si pertenecen a un grupo y posicionamiento con respecto al resto, con los resultado obtenidos de estas respuestas, el líder realiza un envío multicast de si hay cambio de líder.

El número de comunicaciones en el peor de los casos viene dado por (número de vecinos del líder)+1+ (número de vecinos no perteneciente al grupo)+1. Esto pudiera ser alto, pero en realidad estas comunicaciones poseen un menor peso de lo que se necesitaría en la construcción de una nueva clave, por tanto ***es más eficiente la regeneración de grupos que la creación de los mismos***.

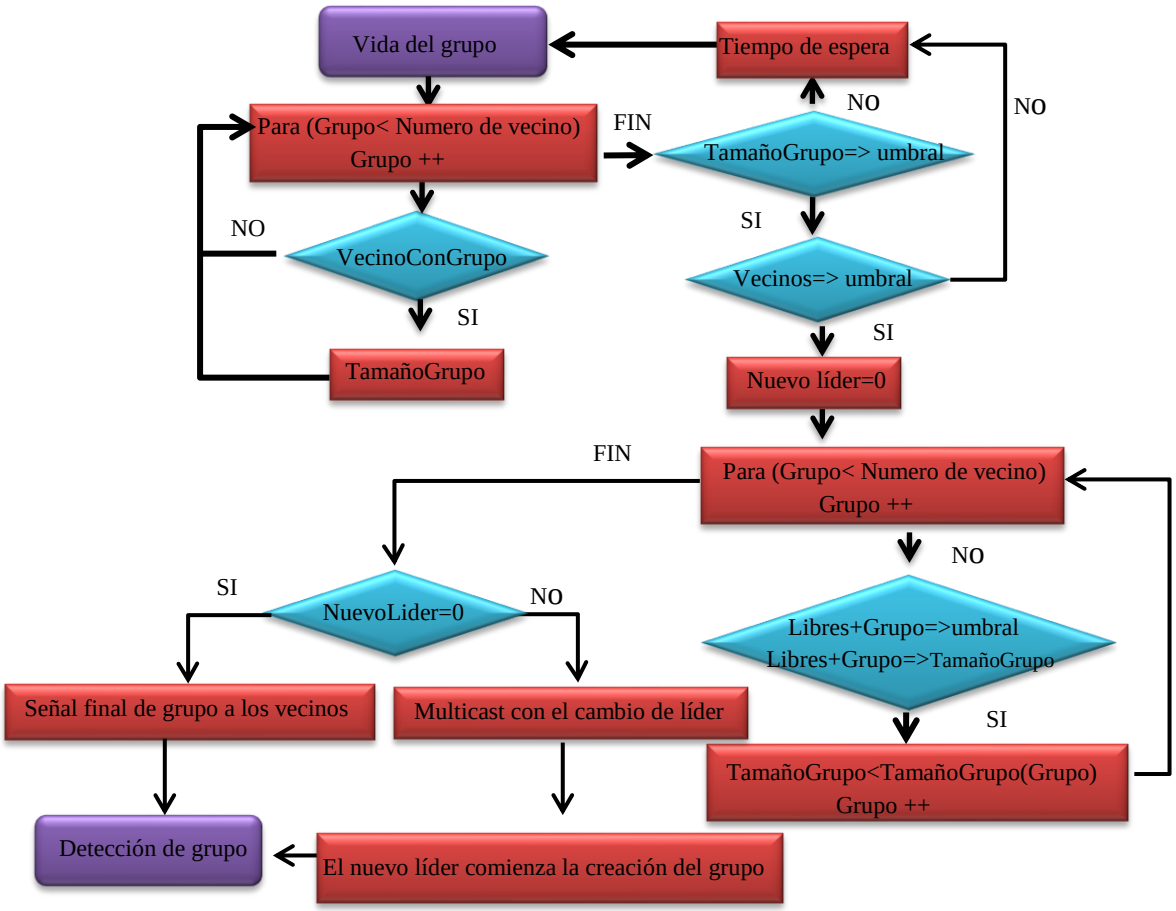


Ilustración 29 Diagrama de flujo actualización en el caso de finalización del grupo.

b) Mapa dinámico local (LDM)

El mapa dinámico local actúa como una representación del entorno viario desglosándolo en diferentes capas, permitiendo así diferenciar y organizar informaciones estáticas o dinámicas. Esto da lugar a cuatro niveles, donde los dos niveles inferiores son de información estáticas como carreteras o árboles, mientras que las dos capas superiores están formadas por información dinámica como el tráfico y posicionamientos de vehículos. La información de las distintitas capas se obtiene a través sus distintos sensores, donde las OBUS toman la información y aportando una estructura geográfica lo reorganizan y unifican.

Los diferentes niveles se describen a continuación:

1. Mapa de base de datos (estático).

Es el nivel más bajo y contiene los datos de información geografía y mapas de carreteras basado en tecnología GPS. Para conseguir la precisión en dimensiones están registradas digitalmente por SIG (sistema informatizado geográfico) basado en ciudades.

2. Información adicional estática.

Esta información son puntos de referencia o de ubicación, para permitir un posicionamiento. Estos puntos de referencia serán señales o puntos estratégicos como túneles. Para un correcto funcionamiento de esta capa la red viaria debe tener un mínimo mantenimiento.

3. Información dinámica temporal.

Esta capa ya perteneciente a la parte dinámica. Esta almacena temporalmente los datos más influyentes en la circulación de una zona determinada como pudiera ser fenómenos meteorológicos del tipo: banco de niebla, aquaplanning, carretera helada, nieve… También otros sucesos como los accidentes u obras en la calzada. Es decir son acontecimientos que perduran un medio/corto plazo en el tiempo.

4. Información altamente dinámica.

La última capa de información es referente a información vial muy variante en el tiempo y el cual involucra una zona localizada. Esto es el caso de la evolución del tráfico, determinando la congestión como podría ser horas punta, señalización de tráfico variables (semáforos), el nivel de velocidad, el posicionamiento de vehículos de emergencia, etcétera.

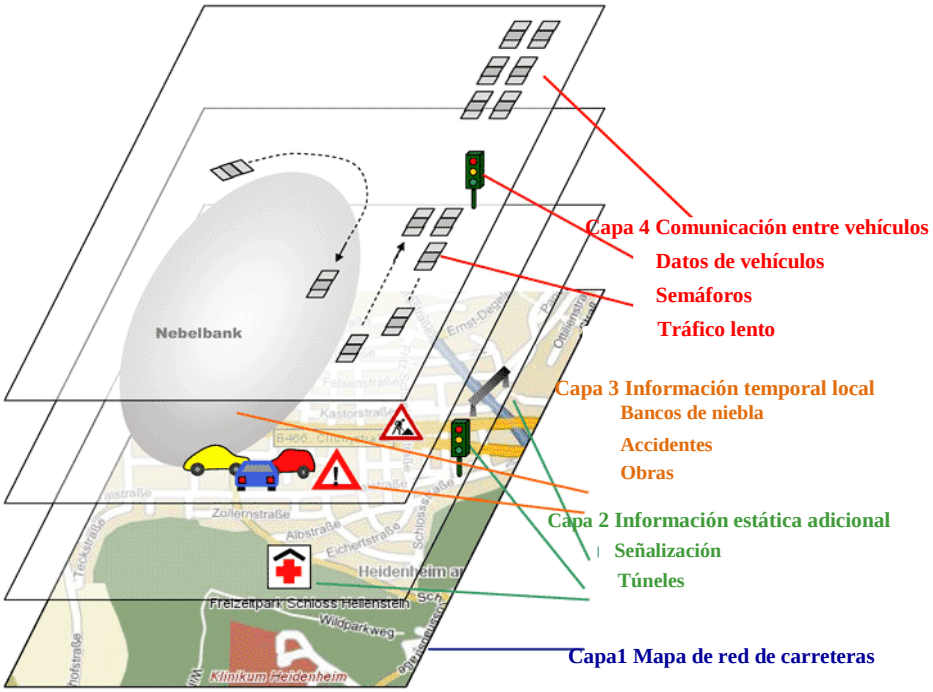


Ilustración 30 Estructuración de la información por medio de capas

La realización de los mapas locales dinámicos requieren una cooperación entre las administraciones públicas y empresas basadas en telecomunicaciones y automovilísticas. El mejor funcionamiento conseguido, ha sido en zonas urbanas y principalmente grandes ciudades que ya disponen de un escalado de tráfico adaptativo y controles cooperativos de la red de transporte. En ciudades de tamaño mediano se están implantando.

Cada vez más los sistemas de visualización activas informan a los automovilistas del tráfico temporal a través de medidas de control.

4.1.1.-RSU

Las RSU conforman las unidades de carreteras, que son un importante punto de las redes VANET, ya que la ubicación y diseminación de estas dependerán el éxito en su implantación y con ello el de la red.

El despliegue de las RSU se ven condicionado por su costo, por tanto se ha de combinar el despliegue de forma óptima con la máxima rentabilidad, es decir, cubrir el área máxima posible con la más alta eficiencia.

La RSU es el intermediario entre el las comunicaciones de los vehículos y el órgano gestor del tráfico (DGT) o también denominado TCC (Centro de Control de Tráfico), es decir, las RSUs realizan las interconexión entre la red inalámbrica que conforman los vehículos, con la red cableada que lo une con diferentes RSU anexas y la TCC, de forma similar a los puntos de acceso a las redes tradicionales. Ésta última conexión también puede realizarse de forma inalámbrica independiente o utilizando la red de telefonía móvil, pero a este sistema se le denomina CALM (Communication Air interface, Long and Medium range).

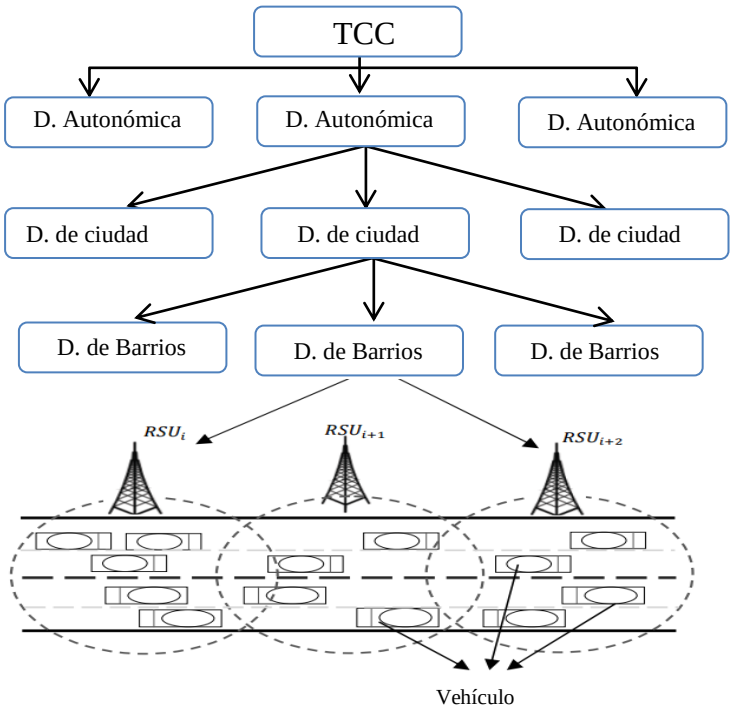


Ilustración 31 Estructuración del órgano administrador de infraestructura.

La necesidad de comunicación de la RSUs con un centro local de tráfico en redes VANET, se debe a la funcionalidad de administrar las comunicaciones y así gestionar la ruta más óptima (de largo alcance), en especial las situaciones de emergencias, además de la gestión del tráfico general.

Otra funcionalidad de las RSUs son las comunicaciones de proximidad, como son las intersecciones, las cuales se administran de forma independiente permitiendo la gestión de las trayectorias de los vehículos implicados.

En situaciones de emergencia, pueden suceder dos casos, que la RSU haya sido comunicado de la ruta del vehículo de emergencia por medio de TCC o que el vehículo de emergencia inicie su cambio de estado de prioridad en las proximidades de dicha intersección, siendo esta la que gestione dicha intersección y comunique dicha ruta y prioridad a la TCC.

En materia de seguridad la principal función encargadas por la RSU es la permisión de conectividad a la red a aquellos vehículos que tengan sus certificados validados e incluso la emisión de certificados de corta duración. En cuestiones de seguridad se entraran en más profundidad en apartados posteriores.

La tecnología usada en las comunicaciones inalámbricas se basa en WAVE (Wireless Access in the Vehicular Environment) que conjunta los estándares IEEE 802.11p y IEEE 1609 (que se verán más adelantes en el apartado de legislación) donde el primero de estos estándares es el utilizado en las capas más bajas, es decir en la capa física de acceso al medio que determina que una cobertura del rango de 300 – 1000 metros, por lo que el promedio de número de vehículos que abarca la RSU está en torno a 70 vehículos por RSU que se mantiene de una forma ciertamente constante, debido a que el flujo normalizado de vehículos es proporcional a los vehículos que salen del área de cobertura con respecto a los que entran. Con estas premisas se realiza el diseño de este equipo, es decir se formará con prestaciones similares y en caso puntuales, si la situación supera lo preestablecido, se deben buscar soluciones individuales como la instalaciones de dos RSU en una misma intersección (por ejemplo una rotonda de grandes dimensiones) ajustando el rango de actuación (cobertura) además se acompañará de un órgano gestor que permitirá mejor operabilidad entre RSU adyacentes, esto es una característica intrínseca y no debería ser ninguna rémora.

Para determinar qué medidas se llevaran a cabo, la administración deberá realizar un estudio preliminar, donde se recojan los datos más relevantes como son la inversión necesaria y la potencialidad de usuarios beneficiados (densidad de usuarios en dicha cobertura), además de la ubicación o de qué forma se realizará a fin de optimizar los despliegues de infraestructura, reduciendo el coste económico, sin reducir el tiempo de acceso en casos de emergencia.

4.1.2.- OBU

La configuración de los dispositivos usados en los utilitarios irán distribuidos de forma distinta según sea la categoría del vehículo o la finalidad de este, además los dispositivos de abordo deben ser económicamente factibles para todos los bolsillos e incluso incluido por normativa en los nuevos modelos. En cuanto al software debe permitir nuevas actualizaciones para incluir nuevas funcionalidades, mientras que el hardware debe ser diseñado como mínimo para las funciones de comunicación, es decir las funciones específicas de envío y tratado de datos, al cual se le podrían ir añadiendo hardware para otras funciones de valor añadido que no serían obligatorias, donde de todos estos se puede diferenciar cuatro grupos de dispositivos que lo componen:

Unidad de Control (CU) ó OBU: Es la parte más importante del equipamiento del usuario y por ello le da nombre el nombre genérico al equipamiento de usuario, al igual que le sucede a los ordenadores de sobremesa llamando a la torre, CPU.

El OBU es un ordenador con funciones preestablecidas y acotadas para permitir un mejor rendimiento en sus determinadas áreas de trabajo, eximiendo el resto de funcionalidades que pudiera desempeñar (microcontrolador).

Dicho ordenador es el encargado del manejo de datos de vehículo, el cual se puede percibir como una mejora de los actuales ordenadores de abordo, ya que además de gestionar principalmente más capacidades como la sensorización del entorno y así generar las notificaciones, este paso no es una cuestión baladí, ya que los sensores recolectaran datos constantemente de forma periódica, al que se le sumarán dependiendo de las marcas el formato de presentación de estos diferirá.

Además los datos aportarlos por los sensores estarán en formato analógico, por lo que se necesitará de conversores analógicos-digitales, lo cual no es de fácil gestión si las pretensiones son crear un OBU genérico para disminuir su valor económico. A estas gestiones hay que adjuntar nuevas funcionalidades como son la gestión de la comunicación con los OBUs o RSUs cercanos mediante previo ó post tratado de la información, ya que la comunicación de estos es bidireccional.

Como esta unidad es la encargada de la gestión de la comunicación, en esta se incluirá los mensajes de emergencia o advertencia, por lo que el software que albergar la CU debe realizar el criterio de discriminación de prioridades, para ello el sistema operativo debe estar continuamente actualizado, debido a que los modelos de las bases de datos sirven como guía para deliberar, a partir de los datos recogido por los sensores y comprobados con modelos de minerías de datos (patrones), la actuación a seguir.

En caso de accidente, la OBU intentará comunicarse con la RSU enviando un informe de la gravedad de la colisión y los datos recogidos de esto, además de añadir datos necesarios para dimensionar y facilitar la actuación de los cuerpos del estado involucrados en dicho actuación del suceso. Pero si esto no es posible se retransmitirá a vehículos cercanos no solo para que informen a las unidades de emergencias de los datos del accidente, sino también como método de advertencia a los vehículos de la zona sobre el área afectada y su posible interferencia en el flujo de tráfico habitual.

Dentro de lo que se denomina OBU hay distintos modulos periféricos que lo conforman como son:

Una caja negra similar a la utilizada por los aviones denominada EDR (EventData Recorder) en la que se recogen todos los valores que permiten y han permitido discernir los niveles de gravedad y los pasos tomados, es decir toda la información proporcionada y gestionada por el vehículo.

Una certificación de identidad denominada ELP (Electronic LicensePlate) que como ya se mencionará más adelante en el apartado de seguridad, es la que permite que los datos emitidos por estos usuarios sean tomados como auténticos mediante la realización de cálculo. Además de también se compone de un dispositivo tamper-proof para el almacenamiento de las claves privadas y la imposibilidad de sabotaje.

Un dispositivo Wi-Fi que permita una conectividad inalámbrica con los demás elementos de la red, denominada antena multi-aplicación y es la encargada de la recepción de las comunicaciones aéreas, diseñada para maximizar la comunicación a las frecuencias de trabajo (5.9GHz), además de disponer de un

receptor de satélite por Sistema Global de Navegación como GPS (Global Positioning System) o como el satélite Galileo, en este último caso se creó un grupo de trabajo llamado GLOVE financiado por el séptimo programa marco de la unión Europea.

Una Interfaz de usuario, la cual es la parte visible manipulable por parte del usuario, donde en este se podrá modificar ciertos parámetros y visualizar información concerniente al vehículo como del entorno, especialmente los casos de emergencias. Estas interfaces ya se puede vislumbrar como una línea de futuro, un ejemplo de ello es la ilustración 32, en la cual se muestra el interior del automóvil Tesla que incorpora una tablet de 17 pulgada como gestionador de una amplia gama de parámetros del vehículo.

Ilustración 32Interface implementada por Tesla en su vehículo Model S

Beacons de peaje y aparcamiento: los Beacon es un módulo emisor de señales de corto alcance vía bluetooth de pequeñas dimensiones (moneda de 50 céntimos) y con un alcance de 50 metros.

Este módulo se postula mejor que la utilización de recursos utilizados a través de la topología o geoposición, para el pago de peajes o comunicación de parkings para facilitar la búsqueda de aparcamiento, ya que requiere menos complejidad, debido a que solo se puede ejercer el servicio si está dentro del rango de actuación de la estructura, facilitando las gestiones y no sobrecargando la red con comunicaciones supletorias. Estos módulos están en expansión como método de pago sobre pasando a la tecnología NFC.

Una red de sensores que toman datos periódicamente tanto en los componentes que forman el vehiculo como del entorno que rodea, estos últimos se pueden diferenciar principalmente entre detectores de obstáculos a distancia, sensores de

captación de iluminación, acelerómetros y giroscopios. Los sensores formados por acelerómetros y giroscopio aportan datos posteriores a la colisión, ya que sirven de indicador de severidad de impacto, esto se realiza por una recogida de datos constantes enviado en formato UDP hacia el OBU, el cual realiza una estimación por media temporal.

Un modelo de OBU que se está vendiendo por Kapsch TrafficCom de forma compacta, aunque con limitaciones tanto de cobertura como de funcionalidades, ya que se basa en proyectos pilotos, pero que simulan un inicio de redes VANET o funcionalidades básicas de ITS. Esta empresa nos aporta dos dispositivos, el primero de menores estándares enfocado a comunicaciones DSRC (Dedicated Short Range Communication), diseñado principalmente para conexiones vehículo a vehículo (V2V) aunque también describen que puede realizar comunicaciones vehículo a infraestructura.

TS3306 V2X

Ilustración 33 Dispositivo OBU TS3306 V2X intercambiable

Technical Features	
Protocol Standards	▪ IEEE 802.11p ▪ SAE J2735 ▪ ETSI ITS-G5 standards ▪ IEEE WAVE standards
Power Supply	▪ 12 / 24 V DC vehicle power supply
Security	▪ On request
MMI	▪ Buzzer >55 dBA @ 1 m ▪ Configurable buzzer tunes ▪ LEDs ▪ Button
Casing	▪ Two-toned color PC/ABS
Dimensions	▪ 3.15 in. x 2.36 in. x 1.18 in.
Weight	▪ 2.82 oz
Interfaces	▪ Internal DSRC and GPS antennas ▪ Optional external DSRC Antenna ▪ Bluetooth ▪ MicroSD card ▪ USB interface
Accessories	▪ Mounting bracket
Temperature range, storage	▪ -40º - +85º C (IEC 60721-2-1)
Temperature range, operating	▪ -40º - +85º C (IEC 60721-2-1, including solar radiation)
Humidity	▪ Max 95% rel humidity, non condensing (IEC 60721-3-5, Class 5K2)
Communication	▪ Built-in GPS receiver

Tabla 2 Característica del OBU TS3306.

El segundo dispositivo es más integrador con las redes VANET, ya que no se basa en comunicaciones DSRC, sino en comunicaciones WAVE por lo tanto al estándar 802.11p se le une la familia de estándares 1609-0,-2,-4, ó-11, es decir se basa en el estándar americano exclusivamente dejando de lado los estándares ETSI ITS-G5 europeo o el estándar japonés SAE J2735.

TS3304/00 and /01

Ilustración 34 Dispositivo OBU TS3304/00 and /01 intercambiable

Technical Specification:	
WAVE communication	IEEE 802.11p IEEE 1609-0, -2, -3, -4 and -11
Power Supply	Built-in 3V Lithium battery 6 years of battery life
User Memory	4 k bytes Access protected by AES-128 bit security
MMI	Buzzer >55 dBA @ 1 m TS3304/01 has a button and four LEDs for self-declaration)
Casing	Bi-colored PC/ABS
Dimensions	70 mm x 45 mm x 25 mm (2.75 in x 1.77 in x 0.98 in)
Weight	45 g (0.10 lb)
Accessories	Bracket incl. surface cleaner
Temp range, storage	-15°F to 185°F (IEC 60721-2-1, including solar radiation)
Temp range, operating	-15°F to 185°F (IEC 60721-2-1, including solar radiation)
Humidity	Max 95% relative humidity, non condensing (IEC 60721-3-5, Class 5K2)
Vibration	Random 1 m/s² : 10-200 Hz 0,3 m/s² : 200-500 Hz (IEC 60721-3-5, Class 5M2)
Shock	300m/s², half sine 6 ms, ±3 axes x 3 shocks (IEC 60721-3-5, Class 5M2)
Free fall	1000 mm, (39.37 in) each face
Enclosure	IP40 (IEC 607529)
Electrostatic discharge	4 kVp (direct) 8 kVp (indirect) (IEC 301489-1, -3)
Electromagnetic immunity	AM 1 kHz: 3V/m, 80-1000 MHz (IEC 301489-1, -3)
Electromagnetic emission	30-230-1000 MHz, 40-40/47-47 dBµV/m (IEC 301489-1, -3)
Type approval	FCC approved UL recognized

Tabla 3 Características del OBU TS3304/00 and /01

a) Prototipos y ubicación de los elementos que conforman el OBU

Como ya se ha mencionado anteriormente la distribución de los dispositivos en los vehículos se agrupan en, turismos (sedan, camionetas…), vehículos de emergencia (policía, ambulancia, bomberos…), vehículos pesados (camiones, tráileres…) y vehículo de servicio público (autobuses).

Cabe discernir que los vehículos de emergencia se refieren a los vehículos de la administración y de servicio dedicado, aunque también es considerado vehículo de emergencia temporal un turismo que en un caso puntual se encuentre en la disposición de hacer de vehículo de mayor prioridad, pero esta prioridad no estará por encima de los vehículos de emergencias oficiales como ya se explicara en apartados posteriores que diferencian estos niveles y su forma de actuación.

Mientras que la instalación de forma genérica sobre los vehículos y formada por los elementos anteriormente nombrados se distribuyen como se muestra en las siguientes ilustraciones.[10]

Utilitario genérico

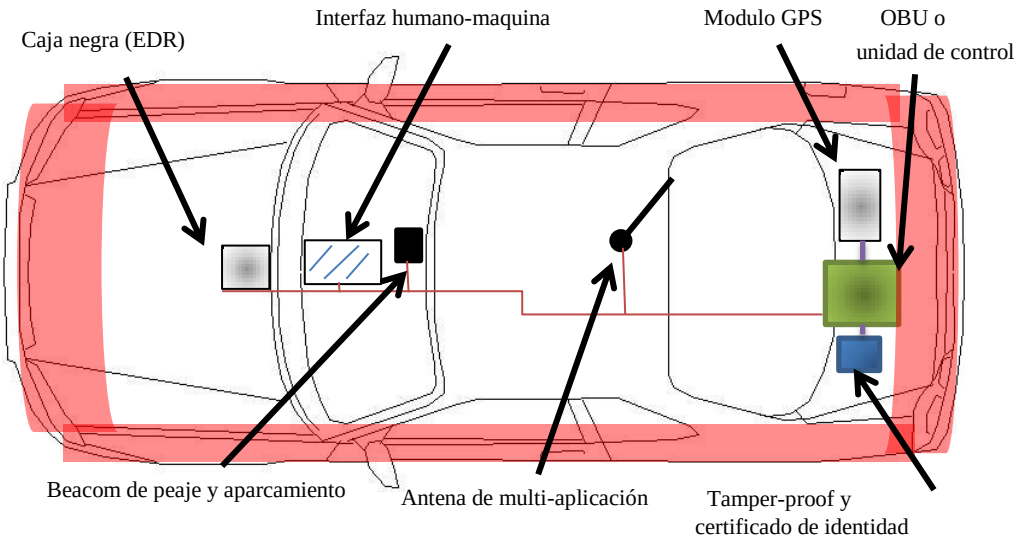


Ilustración 35 Equipación de un utilitario genérico.

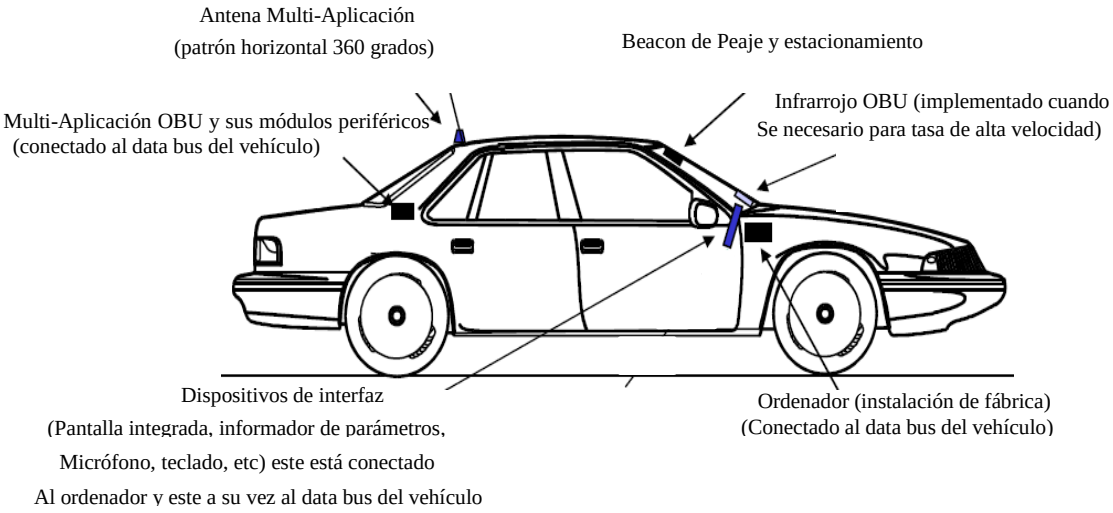


Ilustración 36 Distribución de la equipación en un utilitario genérico.

Patrón de radiación

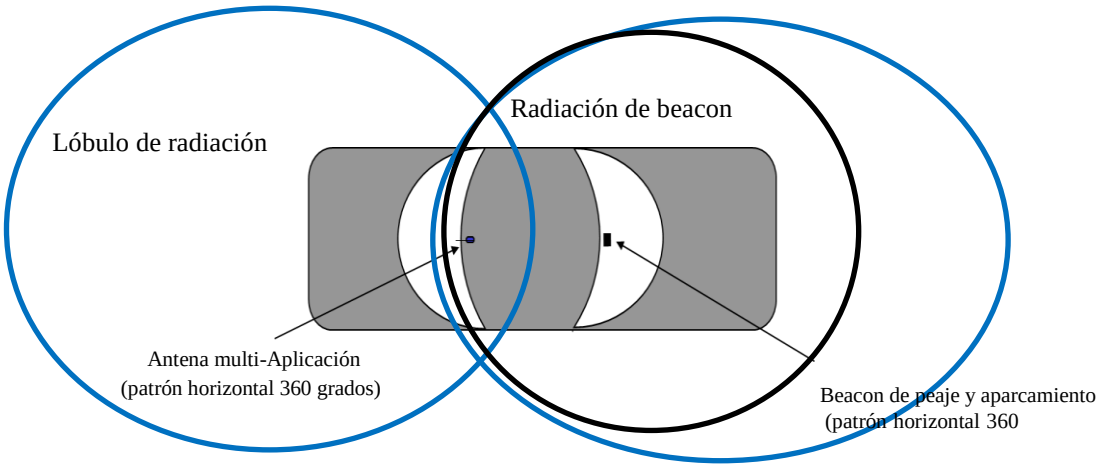


Ilustración 37 Diagrama de los lóbulos de radiación de un utilitario genérico.

Vehículo de emergencia

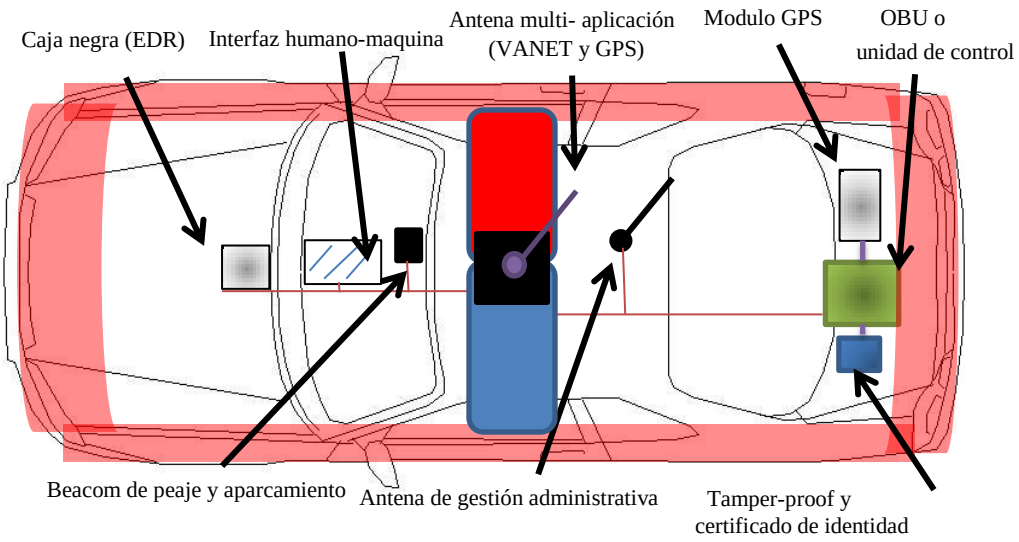


Ilustración 38 Equipación de un vehículo policial genérico.

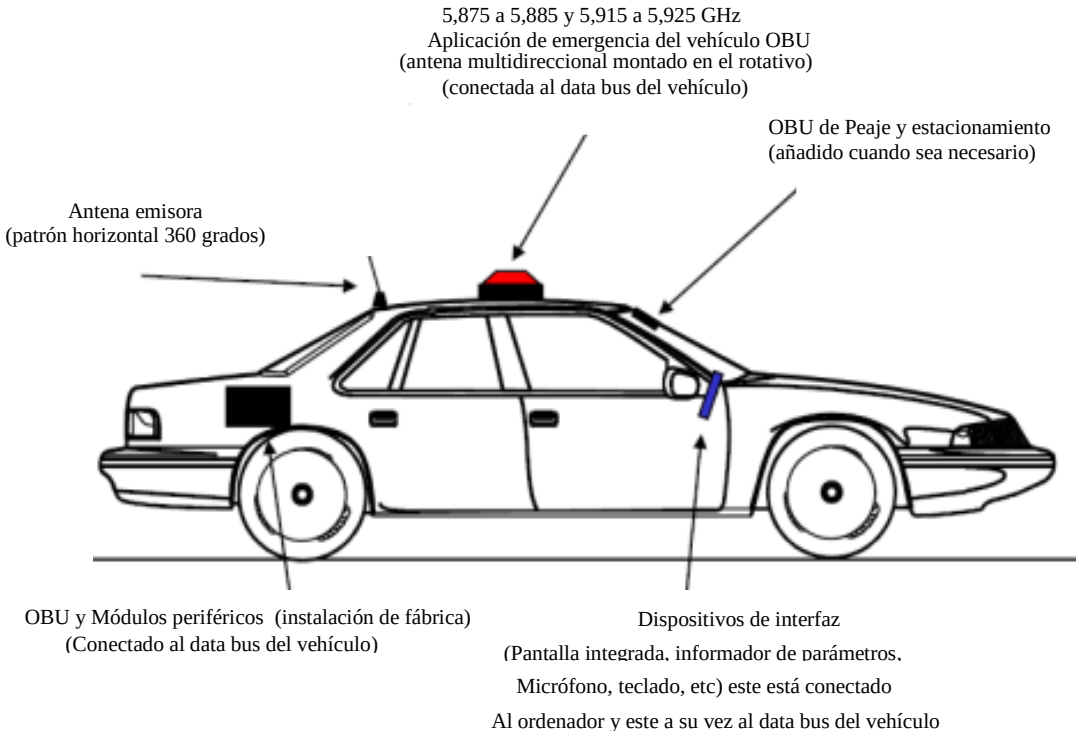


Ilustración 39 Distribución del equipamiento de un vehículo policial genérico.

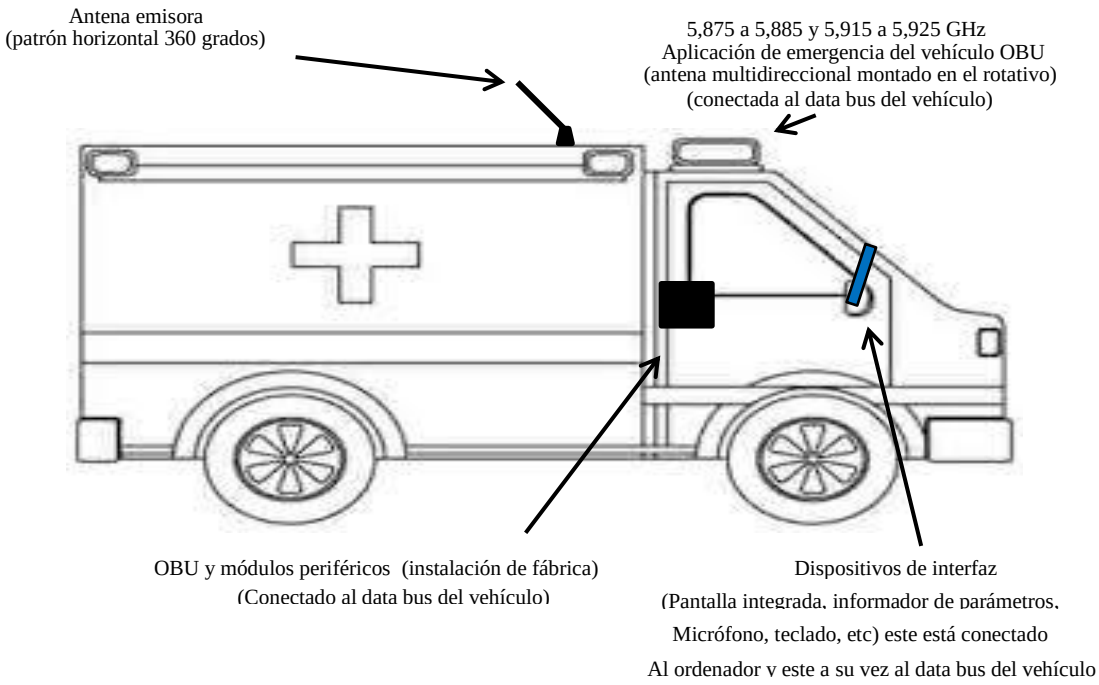


Ilustración 40 Distribución del equipamiento de un vehículo sanitario genérico.

Patrón de radiación

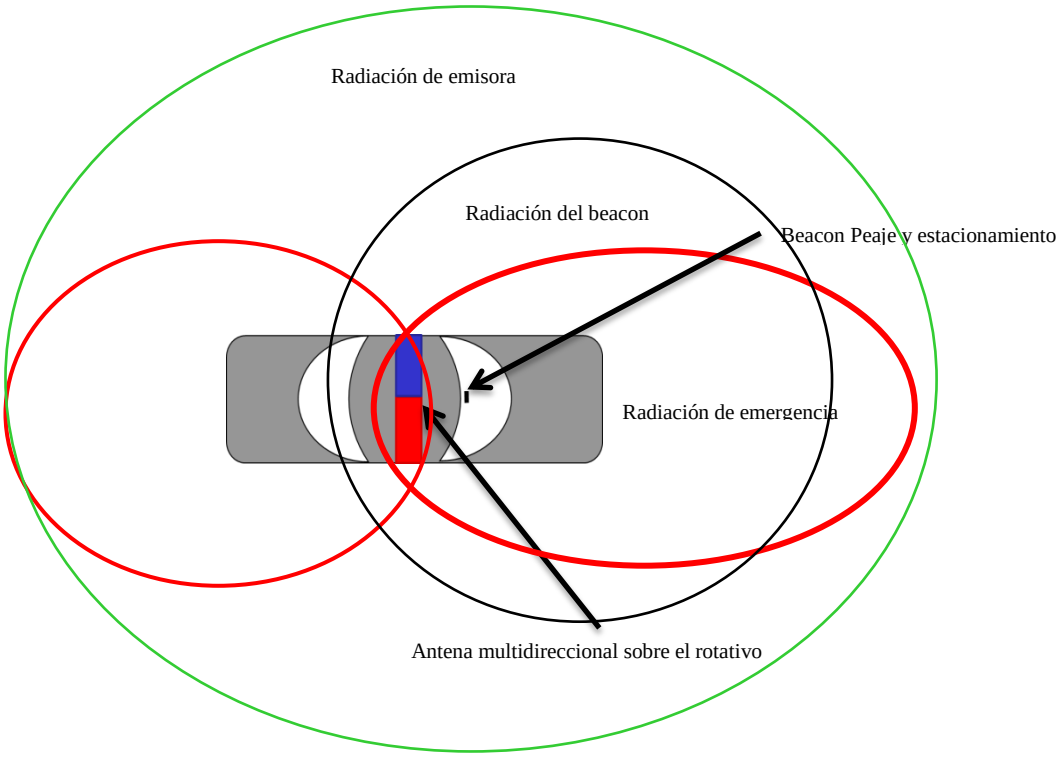


Ilustración 41 Diagrama de radiación de un vehículo policial genérico o vehículo de emergencia.

Vehículos de gran tonelaje y públicos

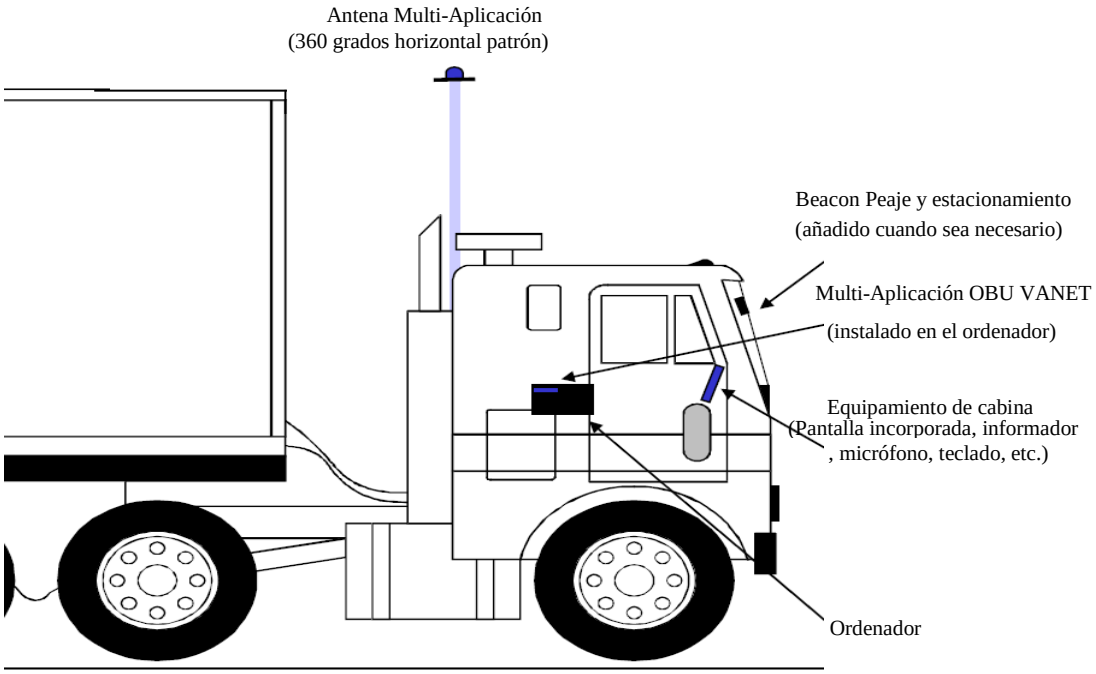


Ilustración 42 Distribución de vehículos genéricos de gran tonelaje

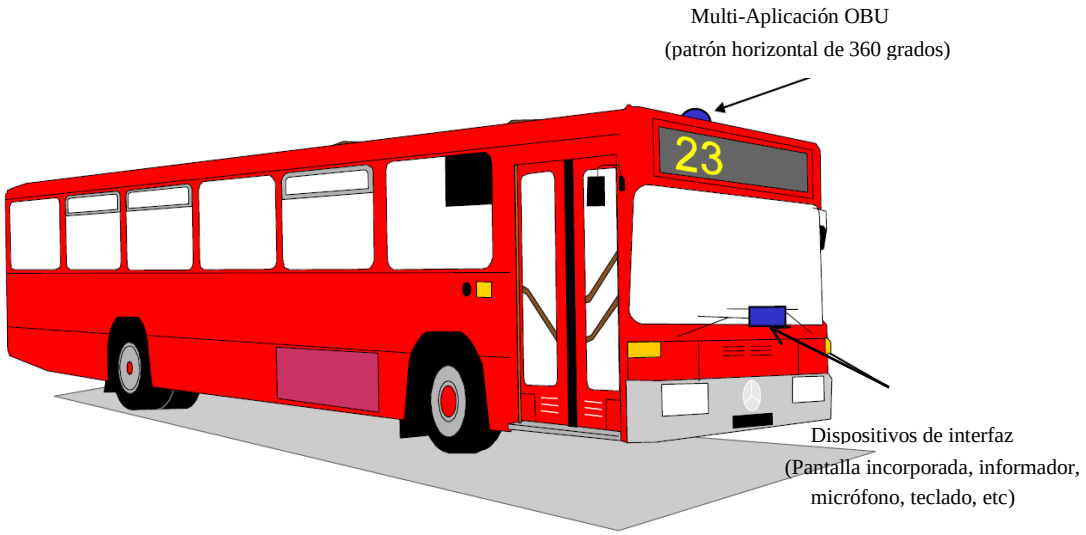


Ilustración 43 Distribución de equipamiento de vehículos públicos

4.2.-COMUNICACIÓN

Las comunicaciones que se establecen durante una circulación normal albergan dos posibilidades. La primera es la comunicación entre la infraestructura y los vehículos (la forma más genérica de comunicación como la empleada con la telefonía móvil), y por otro lado la comunicación entre vehículo, que aporta la mayor dinamismo y por ello la mayor optimización a las comunicaciones VANET.[11] Los pasos de comunicación entre estos son las siguientes:

a) Comunicación V2I ó I2V

Las unidades de carretera emiten bajo su cobertura por el canal 172 de forma periódica cada 10 segundos la información dirigida a los OBUs sobre que aplicaciones soporta y en que canales se emiten.

Por su lado los OBUs ejecutan una secuencia de comando de los cuales primero realizan una escucha del canal 172 por el que emite la RSU, y posteriormente a esto ejecuta las aplicaciones de seguridad. A continuación con la información obtenida de la RSU cambia de canal para ejecutar a otras aplicaciones que no son de seguridad vial, sino hay ningún mensaje de prioridad 1 o emergencia que requiera ser emitido. Y por último vuelve al canal 172 para realizar otra escucha.

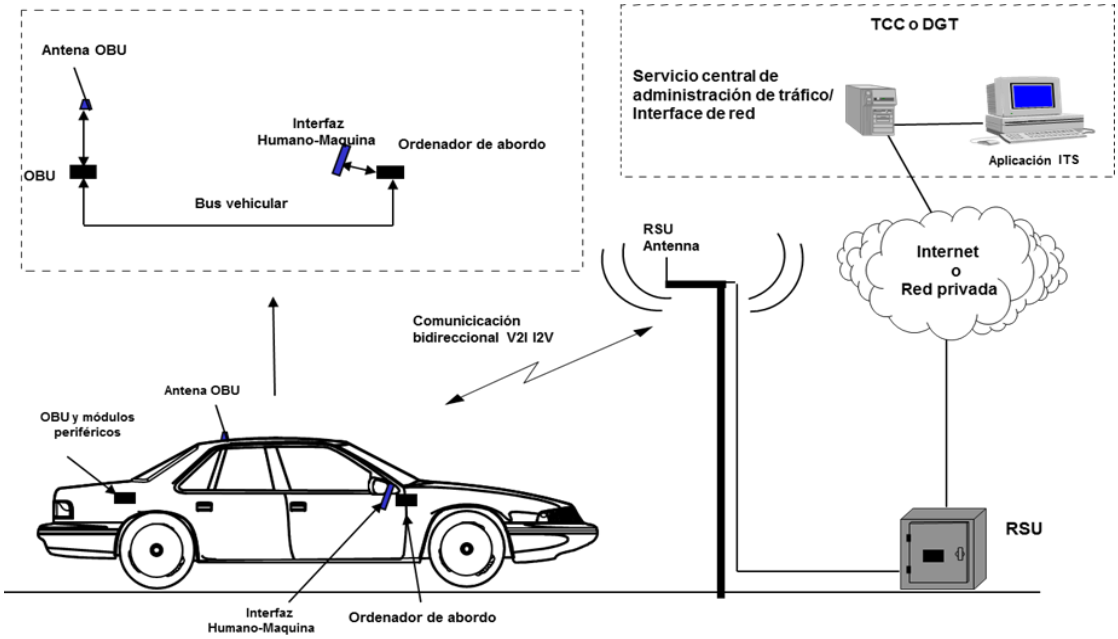


Ilustración 44 Diagrama de comunicación V2I o I2V

b) Comunicaciones V2V

Como la comunicación de emergencia de forma general será emitida por las RSUs con mayor frecuencia que por los vehículos cercanos, por tanto al igual que en el caso anterior los OBUs ejecutan una secuencia de comando de los cuales primero realizan una escucha del canal 172 por el que emite la RSU, al no contactar con ninguna RSU comienza un algoritmo de detección de vehículos cercanos en caso de no pertenecer a un grupo, y en este caso si no detecta ningún vehículo cercano continuara realizando escuchas por el canal 172 en busca de RSU. Sí, si detecta vehículos cercanos realiza una petición de información relevante por medio del canal de control 172.

Si el vehículo no contacta con ninguna RSU pero está dentro de un grupo, será el líder el encargado de gestionar la comunicación con el resto de grupos de forma análoga al caso anterior.

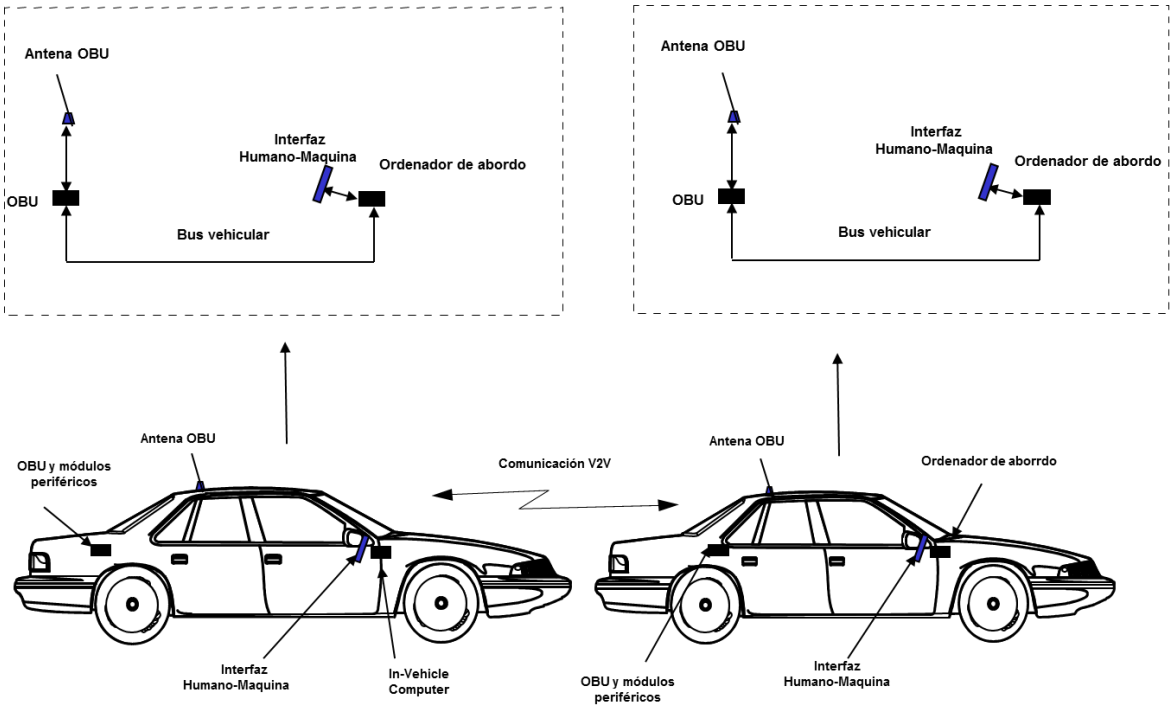


Ilustración 45 Diagrama de comunicación V2V

4.3.1.-GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE EMERGENCIA POR ACCIDENTE

El método para determinar una colisión producida por un vehículo se genera de los datos que el vehículo recoge por los distintos sensores durante el periodo de antes de la colisión, mientras la colisión y después de la colisión. Estos sensores son principalmente los que tienen que ver con los acelerómetros y giroscopio, aunque también actúan como grandes definidores de las situaciones producidas, los sensores de proximidad de objetos, ya que si el golpe se realiza con un objeto u otro vehículo este avisará para intentar evitar o reducir la velocidad de colisión, a la vez que almacena dichos datos en la EDR (caja negra) y los envía a unidad central para que los gestiones. Por el otro lado los sensores de luminosidad sirven como aportación información relevante de discernir si la colisión ha sido con un obstáculo y si este era un vehículo o un objeto no reconocible, este último en materia de detección de colisión es menos importante, ya que de haber una colisión con otro vehículo se sabría por el rango de cobertura del vehículo colisionado, pero como la funcionalidad de este sensor no es otra que adecuar la intensidad lumínica del vehículo, los datos que pueda recoger serán relevantes en caso de fallo de cobertura por ejemplo. [10]

Pero los sensores que realmente determinan la severidad de los accidentes son los acelerómetros y los giroscopios que indican las medidas de aceleración e inclinación respectivamente.

Los giroscopio generan una información más sencilla de analizar, ya que la medición que realizan es la inclinación con respecto a la horizontal, lo cual indica la posición del coche tras el accidente si este se encuentra volcado, si se encuentra ladeado en una cuneta o permite saber cuántas vueltas de campana se ha generado. Estos valores son útiles para los cuerpos de rescate, ya que permiten intuir la gravedad del accidente.

Por otro lado los acelerómetro tienen un descifrado de datos más complejos, ya que estos miden la aceleración de los accidentes y esto genera pulsos de una duración muy corta, de los cuales se debe extraerse los parámetros de amplitud y de duración que sirven para determinar la gravedad de los accidentes. Otro grado de dificultad que se le añade es la dificultad de extraer los valores que pertenecen a un accidente grave o a un accidente leve, ya que los picos de aceleración de los accidentes leves

son valores superiores a los de los accidentes graves debido a que los accidentes leves en su mayor parte se deben a una corrección antes de producirse creando un impacto menor por su reducción brusca, la velocidad es similar a la que se produce en una colisión, debido a que el vehículo se detiene, por tanto aumentando su aceleración consistentemente (frenada). Mientras que en los caso de accidente graves no hay una actuación previa de disminución con antelación a la colisión, que deriva en un arrastre del objeto si este es de menor dimensiones o una repulsión de sentido similar a la marcha que llevaba. La diferencia que dista entre el accidente grave y el leve es la duración, ya que el leve tendrá un meno temporalidad.

Por estos motivos no es útil usar umbrales de actuación sin más, sino hay que tener en cuenta la variación de la aceleración con respecto al tiempo, es decir una integral, la cual se aplicará cuando los valores absolutos se encuentren entre 3 y 5 G (1 G = 9.80665 m/s^2) según el tipo de impacto que se produzca (frontal, lateral, trasero…) de estos valores se determina la gravedad de los accidentes y se proceden a la comunicación por parte del OBU. [11]

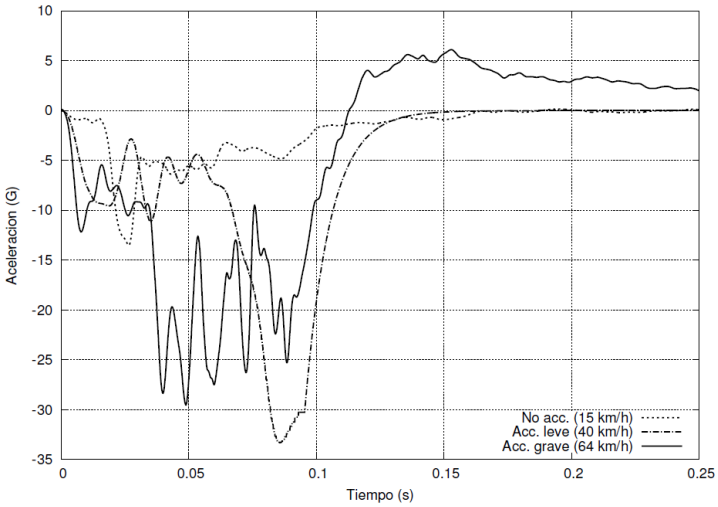


Ilustración 46 Representación gráfica de aceleración según la velocidad en una colisión.

Una vez que se determina que se ha producido un accidente utilizando el algoritmo mencionado, la OBU en función de la gravedad emite paquetes en formato UDP de envío si la colisión reviste gravedad para que avise a los vehículos colindantes y en contactar con RSU directamente o indirectamente mediante V2V. A la vez que se usa

UDP de envío también se abre una conexión TCP con el fin de esperar que a la solicitud de emergencia haya sido tramitada hacia las autoridades de emergencias.

Al recibir dicho mensaje un vehículo vecino y comprobar que la distancia con respecto al vehículo accidentado es menor a 300 m, el OBU comprueba si la trayectoria con el vehículo accidentado son coincidentes y la distancia disminuye certificando que se está acerando a la zona del siniestro y cuando se disponga a una distancia de entre 50 a 0 metros se indica que el vehículo se detenga.

Los vehículos que reciben por medio de comunicación V2V la información de advertencia sobre la colisión, compara la distancia y el tiempo de emisión, estos valores se obtienen del mensaje creado a raíz de la colisión como se verá a continuación.

4.3.2.-MENSAJES TRANSMITIDO

Esos mensajes de emergencia están compuestos por datos relevantes que sirven a la organización TCC para determinar las dimensiones del siniestro y la gravedad del mismo contraponiendo datos de otras fuentes. Dichos mensajes están estructurados en cuatro fases diferenciadas que incluyan información relevante sin suprimir datos que sirva a los servicios de emergencia estimar los recursos necesitados, por tanto la información que incluya las causas del siniestro ocupantes afectados y sistemas de seguridad utilizados [11]. Estas cuatro fases son:

a) Indicación horaria y temporal

Esta medida indica el cuándo se realizó el incidente, sirviendo como referencia en el periodo de actuación, ya que el periodo más crítico y más influyente que determina una buena actuación es la hora posterior al accidente llamada hora de oro.

b) Posicionamiento geográfico

Esta indica el lugar mediante coordenadas, la localización en la que se produjo el accidente para permitir a los servicios de emergencia redistribuir la circulación si los vehículos de la zona indican que el transito se ve modificado.

También sirve como localizador del vehículo, ya que ciertas veces los impactos se realizan zonas muy abruptas y la localización del vehículo es de difícil localización

c) Información genérica que conforma el vehículo en el momento de la colisión

Esta información recoges los parámetros conocidos tanto del vehículo como de los ocupantes que haya en su interior.

En cuanto a la información que se recoge del vehículo, es la referente a la construcción del vehículo como modelo, cilindrada, número de puertas, identidad del vehículo, peso…, necesario para corroborar que el vehículo ha pasado pertinentemente revisiones, la dificultad del acceso a los ocupantes posteriores… Además de esta información también incluye la información referente a la seguridad que contiene el vehículo para disminuir daños como son airbag, cinturones de seguridad, categoría de safetycar etc.

Por el lado de información de los ocupantes es más difícil de concretar, ya que esta información recoge si es posible además del número de ocupantes todas las características posibles de cada uno de estos pasajeros como son el peso, edad, altura la ubicación en vehículo etc.

d) La información proveniente del accidente

Esta es toda la información que se produce en el accidentes como los parámetro obtenidos antes de dicho suceso. Estos los más importantes son la velocidad a la que circulaba el vehículo, aceleración recogida en el impacto, la dirección en la que circulaba el vehículo en el momento el impacto, el conocimiento si el impacto sobre que se ha producido (objeto, animal, persona o contra otro vehículo), en qué posición del vehículo se ha producido el impacto y en que localización se encuentra el vehículo actualmente.

La actuación que sigue la comunicación de emergencia se diferencia en dos fases, la primera es la referente al envío de la información, que está compuesto por una elaboración de la información más relevante (la posición actual, velocidad e rumbo del vehículo información de la ruta) y posteriormente su transmisión (de forma periódica y local). Por otro lado está la fase de recepción por parte de OBUs y RSUs, que a su vez está compuesto por tres fases de actuación en dichos elementos, los cuales son, la recepción de advertencia recibidas para posteriormente discernir el nivel de relevancia, y en caso de ser una información de relevancia y que afecta a dicho elemento, se indica cómo debe de actuar dicho nodo (nodo dependiente).

4.3.-APLICACIONES

4.3.1.-SEGURIDAD VIAL

La aplicación de seguridad vial se enfoca a la disminución de accidente de tráfico y con ello a reducir la siniestralidad en las carreteras, es decir, se intenta reducir la frecuencia y severidad de los accidentes informando al conductor gracias a comunicaciones entre vehículos y con RSU. En caso de producirse una colisión esta aplicación actúa como un testigo para aclarar los hechos de porque se ha producido, para poder solucionarlo y evitar posteriores efectos cadenas.

Se podría diferenciar tres grupos referente a la seguridad vial, medida de anticolisión, aviso peligroso y llamada de emergencia (eCall).

La medida de anti-colisión son las referentes a la anticipación de posibles casos de peligro, cuyo fin es dar un servicio de ayuda en la conducción que permita detectar los obstáculos de la vía. El aviso se podrá dar por señales luminosas o acústicas. En este tipo de servicio no tiene tanta importancia los protocolos de encaminamiento, y no como la velocidad de conexión con los vehículos adyacentes, debido a que el enlace es directo (sin nodos intermedios), y la información que reportara será la referente a la localización, trayectoria y velocidad. Para que este mensaje sea detectado por los vehículos vecinos tendrán que estar permanentemente a la escucha de la información procedente tanto de vehículos como de la RSU.[11]

El aviso de peligro es el hecho de avisar a los usuarios próximos para ello se ha de diferenciar del tipo de protocolo que se ha de usar, ya que la información puede ser de valor general y usar protocolos broadcast o por el contrario, solo le puede interesar a los usuarios de una determinada zona y para ello se utilizaran protocolos geocast.

Por último, está la llamada de emergencia que se producirá después de la incidencia, esta llamada ya está recogida por la unión europea (UE) por el servicio eCall que implementa un numero de interoperabilidad en toda la Unión Europea bajo el número 112, el cual puede ser marcado por el usuario de forma automática si el accidente es grave (recogido por los sensores). Para cumplir estas cuestiones es necesaria una tecnología inalámbrica como la red VANET. Esto da lugar a una reducción del tiempo de repuesta aproximado de un 40% en zonas urbanas y un 50% en zonas rurales.

Teniendo en cuenta estas tres fases se tendría que la seguridad automovilística se ve aumentada en dos fases de actuación con la implementación de las redes VANET, como son la fase previa que atañe a la conducción (seguridad pasiva), como a la fase posterior al accidente con llamada de emergencia (seguridad activa).[12]

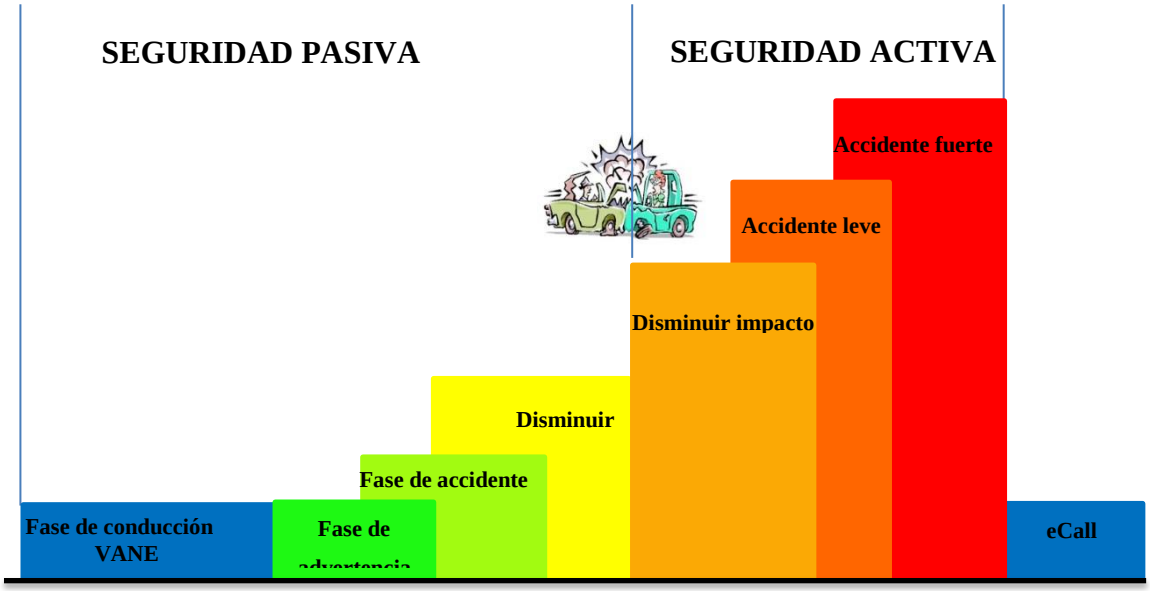


Ilustración 47 Fases de Seguridad introducidas las redes VANET

4.3.2-DIFUSIÓN DE AVISOS DE INCIDENTES

Antes de realizar ninguna difusión, los usuarios de la red deberán ser autentificados, al igual que los datos de envío que también deberá se autentificados, no permitiendo el envío a aquellos vehículos que sean sospechosos o potencialmente maliciosos. Para superar la autentificación se puede diferenciar tres niveles de seguridad.

1. *Evaluación de características evaluables*: se trata de verificar si los datos que se van a emitir siguen siendo válidos, es decir actualizados, la localización de donde se realiza la emisión, la relevancia que pueda tener dicha información con respecto a informaciones paralelas simultaneas. En caso de información errónea pero incidencia correcta se procedería a su corrección.
2. *Comprobación*: Es el referente a la agregación de datos, ya que si se produce una incidencia, esta no solo la registrará un vehículo solo, por tanto se podrá contrastar la información gracias a mayorías, elecciones o votaciones electrónicas sobre esa misma incidencia, también se podría utilizar umbrales o códigos detectores etcétera. Esto medios se podrán utilizar dependiendo de las necesidades que se encuentre cada situación.
3. *Verificación de integridad y origen*: Esta última parte se basará en los resultados obtenidos de la fase anterior, debido a que se trata de la autentificación de los datos agregados, para ello se puede usar clave pin de zona (ZKP).

Se diferencia dos métodos de actuación sobre los accidentes, el primero es el referente a una circunstancia por la fisionomía de vía o por una circunstancia que se puede localizar en un instante fijo y determinado denominados avisos estáticos. El segundo aviso son los incidentes que se encuentran en movimiento.[11] [12]

a) Circunstancias Fijas

Curva cerrada

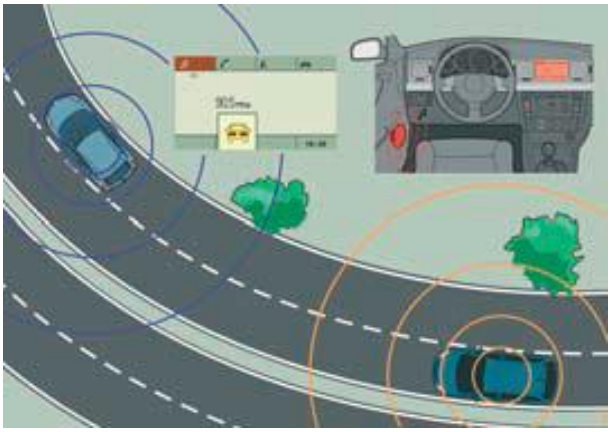


Ilustración 48 Representación de Advertencia de curva cerrada.

Cuando un usuario se acerca a una curva de mala visibilidad por ser una curva muy cerrada, el vehículo será avisado por geoposición GPS o en caso de haber otro usuario intermedio que esté pasando por dicha curva en sentido contrario, este actuará de puente comunicativo con el fin de aminoración de la marcha.

Intersección peligrosa

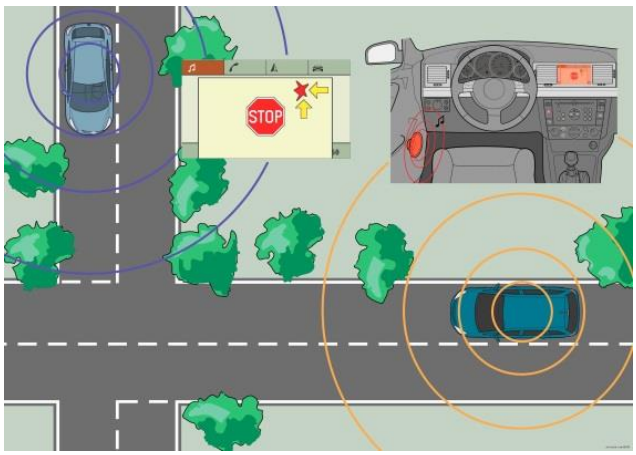


Ilustración 49 Representación de advertencia de intersección peligrosa

Existen cruces especialmente peligrosos por su falta de visibilidad. Con el sistema "V2V" o el intercambio con RSU, en la pantalla aparece un aviso con tiempo suficiente para frenar o realizar una maniobra. Incluso, puede frenar automáticamente uno o los dos coches.

Semáforo en ámbar y Cruce de peatones

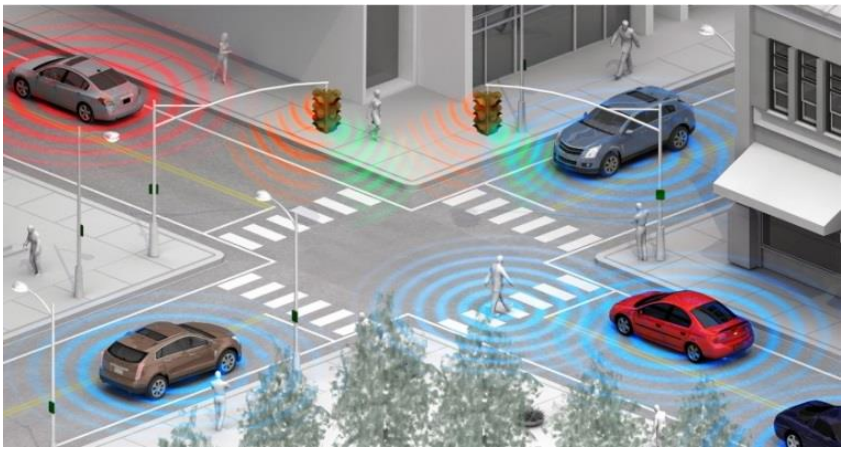


Ilustración 50 Representación de una intersección controlada por semáforos.

Como la posición de los semáforos y de los paso de peatones coinciden (actualmente) se puede englobar como uno solo para organizar el tráfico, pero la tecnología VANET tiende a que en intersecciones desaparezcan los semáforos a favor de una distribución de la intersección comunicativa, por lo que en un futuro la parada se verá reducido al paso de peatones.

Túnel bajo

La proximidad de un túnel será avisada a los usuarios que procedan a su utilización indicando las condiciones mínimas de esta infraestructura, debido a que los vehículos no solo serán turismos, sino que también están incluido autobuses, camiones y demás vehículos que disponen de dimensiones superiores.

Malas condiciones de la carretera (punto peligroso)

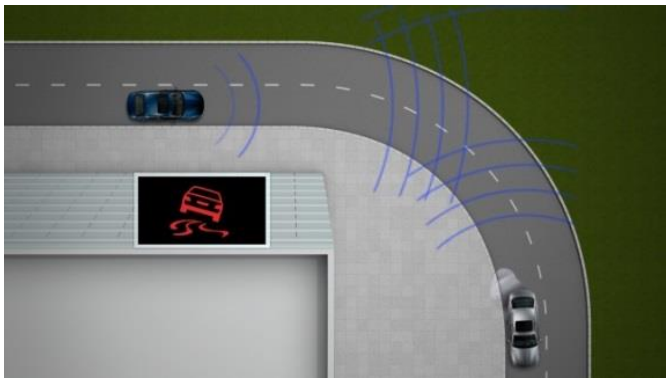


Ilustración 51 Representación de advertencia de malas condiciones en un determinado tramos

Las condiciones de la calzada atañen tanto al estado de esta como a la situación climatológica que puede provocar situaciones de inseguridad para el usuario, que se puede disminuir con la advertencia del tipo de inclemencia que se puede encontrar.

Carril ocupado por obras

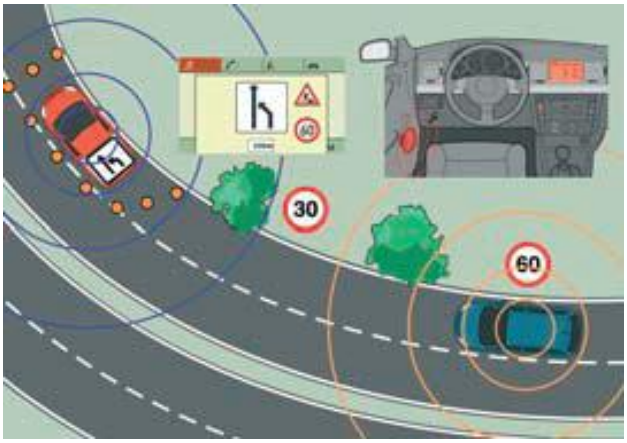


Ilustración 52 Representación de advertencia de carril cortado temporalmente.

Si las obras ocupan parte de la calzada, la señalización de las mismas emitirá avisos de peligro y en la pantalla se leerán mensajes como: "Carril izquierdo cortado. Circule por la derecha", paso de animales en libertad, paso a nivel, lugar frecuentado por niños…

Salida de calzada

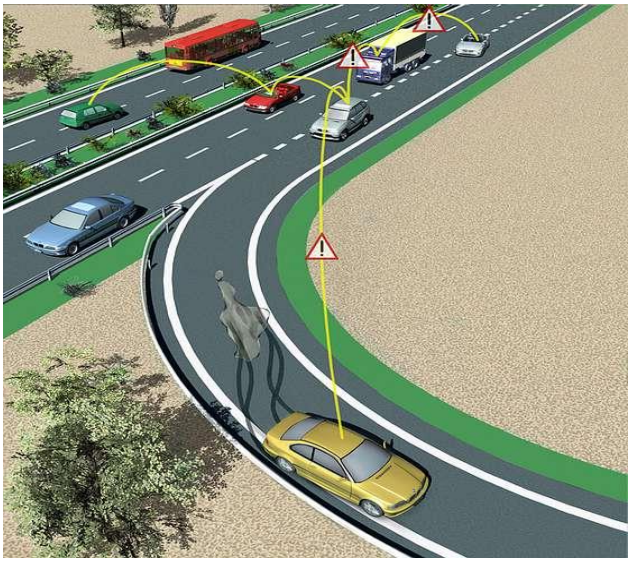


Ilustración 53 Representación de advertencia de salida de un vehículo.

Cuando un vehículo por circunstancias no controladas produce una salida de la vía, este emite una señal de peligro que es comunicada a los usuarios más cercanos y que estos a su vez la reenviaran a la central de control que tomaran las medidas oportunas.

Posible colisión

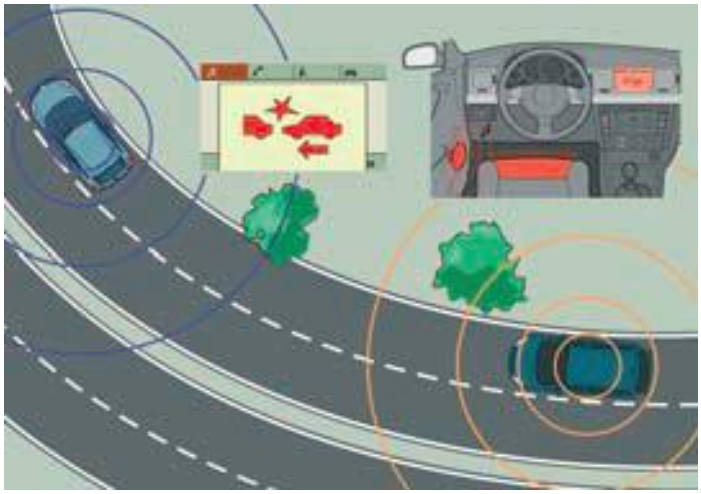


Ilustración 54 Representación de advertencia de posible colisión.

Si un vehículo se acerca a un lugar en el que hay detenido un vehículo (por avería o cualquier otra circunstancia) en el arcén, el sistema avisa sobre esta situación de peligro mediante una imagen de aviso en la pantalla y una señal acústica.

Vehículo con luces de emergencia

Advierte de la presencia de un vehículo de nivel preferente que se encuentra en la vía o en sus proximidades ejerciendo su activo, este difunde la ocupación de esa zona e indicando hacia donde situarse y el tiempo de duración de aproximación de su actividad, para poder diseminar el tráfico por vías adyacentes.

Vehículo lento o averiado.

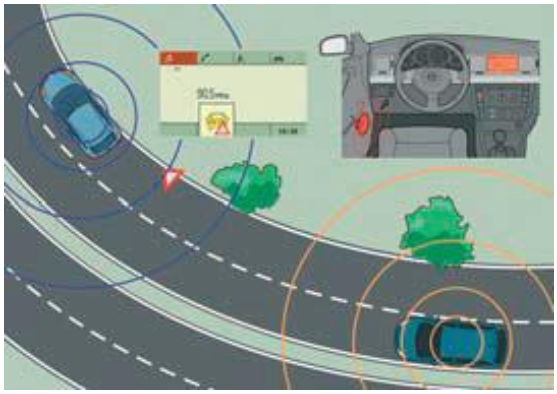


Ilustración 55 Representación de advertencia de vehículo lento o averiado en las proximidades.

Advierte de la posición de un usuario y de si este necesita ayuda de vehículos adyacentes o de personal público si fuera necesario. En caso de no ser necesario la ayuda de usuarios contiguos se actuará como un obstáculo, indicado a ocupación y localización a los usuarios cercanos.

Frenada de emergencia (abs)

Ilustración 56 Representación de advertencia por frenada de emergencia.

Si el vehículo que circula delante frena bruscamente, los conductores que circulan detrás son alertados de esta situación de peligro a través de una imagen de aviso en su pantalla y una señal acústica, con el fin de evitar una colisión trasera sobretodo de terceros vehículos.

Cambio de carril

Ilustración 57 Representación de advertencia por cambio de carril.

Advertencia de cambio de carril de los usuarios cercanos que le puede afectar la trayectoria por la modificación de rumbo de este. El cambio de carril también afectaría al usuario que lo realizaría indicando si hay vehículos cercanos que pueda interferenciar y que el conductor no pudiera vislumbrar por situarse en un punto muerto. Este acto está enfocado a la diferencia de velocidades que pudiera suceder o ala incorporaciones la vía.

Preaviso de Colisión

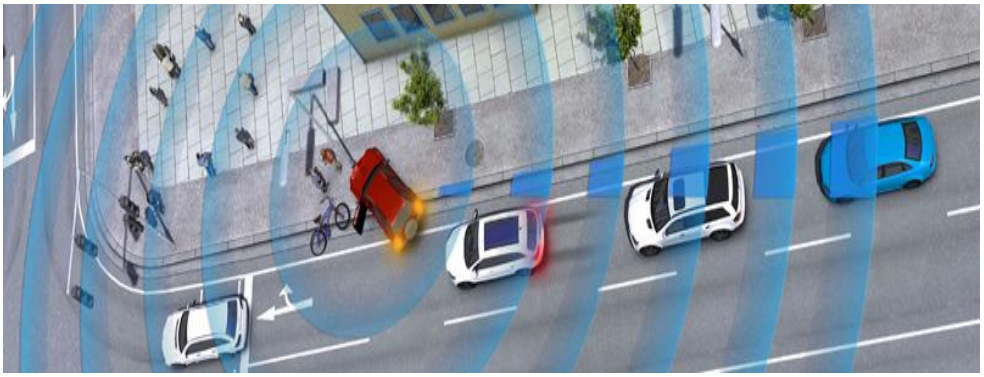


Ilustración 58 Representación de advertencia por colisión cercana.

Esta advertencia se produce antes de la colisión, la cual no se puede evitar. La comunicación entre vehículos y RSU actúa de pronóstico con el fin de capacitar y optimizar el equipamiento pasivo para la disminución del choque. Posteriormente se ha de advertir a los vehículos contiguos para que extremen la atención por colisión y circunstancias que pudieran reproducirse. Además de la advertencia de ayuda a sistemas público se hará usuarios adyacente, si fuese necesario.

b) Circunstancia móviles

Infracción grave

Las infracciones graves que están recogidas por las leyes de tráfico como las distintas posibilidades que estén fuera de este texto, como podría ser el robo de utilitario o la persecución de este. Esto se recogerá tanto en el propio vehículo como en los vehículos adyacentes como medida de seguridad.

Vehículo en sentido contrario

Informa de la circulación de vehículo que circula en dirección contraria y puede provocar situaciones de peligro para el resto de usuario (colisión frontal). Las medidas que pueden tomarse es la inhabilitación del vehículo infractor o en caso negativo, permitir a al resto de usuarios decidir sobre su situación.

Advertencia de vehículo adelantado (ángulo muerto)

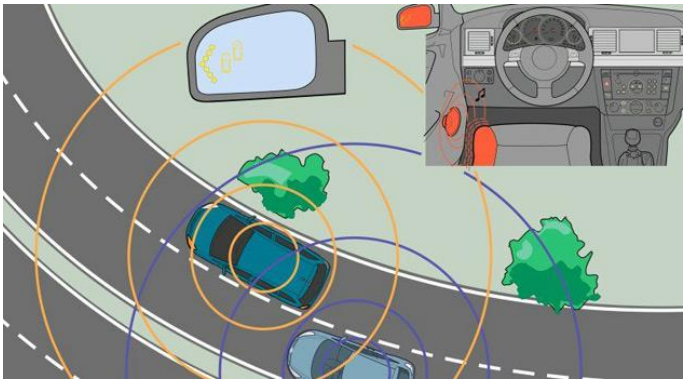


Ilustración 59 Representación de advertencia de adelantamiento por el ángulo muerto.

Advierte de adelantamiento por la existencia de un ángulo muerto que no permite al usuario vislumbrar la posición de vehículos cercanos en el rebasamiento. Este factor afecta a camiones porque su zona de ángulo muerto es superior.

Acercamiento de vehículo de emergencia

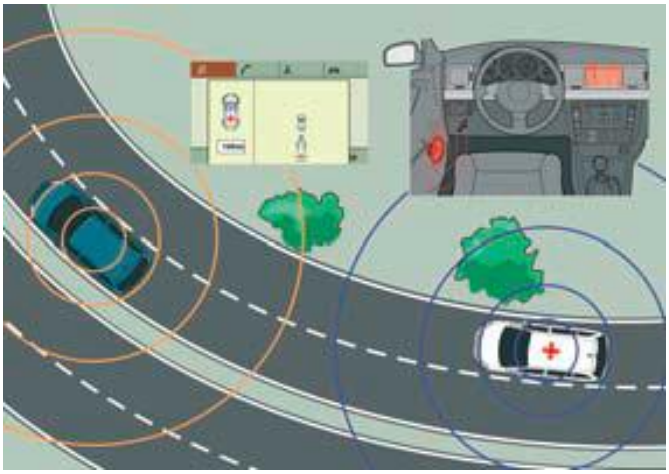


Ilustración 60 Representación de advertencia por acercamiento de un vehículo de emergencia.

Al escuchar una sirena de emergencia, a veces no se sabe por dónde viene y cuál es la mejor manera de dejarle paso. La tecnología “V2V” informa sobre la situación del vehículo de emergencia, la distancia a la que se encuentra y la dirección que lleva.

En cuanto a la difusión de avisos de incidencia de seguridad vial, en la que interviene el envío y el reenvío se debe realizar de forma broadcasting ejecutado por el OBU, el cual será obligatorio y además tendrán medidas de seguridad que eviten el sabotaje de este dispositivo (tamer-proof). Referente al tipo de mensaje, será claro de modo promiscuo para que el resto de clientes puedan ver que se cumple con los envío.

Resumen de la seguridad vial y el tipo de comunicación que debe realizar:

Aviso de curva cerrada	I2V
Aviso de intersección peligrosa	
Aviso de semáforo en ámbar	
Aviso de túnel bajo	
Aviso de cruce de peatones	
Aviso de malas condiciones de la carretera	
Aviso de paso de animales en libertad	
Aviso de paso a nivel	
Aviso de lugar frecuentado por niños	
Aviso de salida de calzada	
Aviso de infracción grave	

Aviso de posible colisión	V2V
Aviso de acercamiento de vehículo de emergencia	
Aviso de vehículo con luces de emergencia	
Aviso de vehículo lento	
Aviso de frenada de emergencia (ABS)	
Aviso de cambio de carril	

Gestión de incidentes	V2I
Transmisión de videos de emergencia	
Llamada de emergencia (e-call)	

Aviso de vehículo en sentido contrario	V2V, V2I e I2V
Aviso de colisión	

Tabla 4 Tipo de comunicaciones y gestiones de seguridad que aglutina.

Advertencia en viaje mediante sensores

También se considera seguridad vial el uso de sensores, que ya se están implementando, al cual se mejorará y se le podrá dar más funcionalidades, como es usar el detector de señales como detector de matrículas de vehículos y compara una lista de vehículos robados, permitiendo el seguimiento, en caso afirmativo. También es posible la utilización de los sensores de aparcamiento para determinar la distancia recomendable entre vehículos, la cual será muy reducida si el traslado se usa la formación platooning (se verá en el siguiente apartado), donde la reducción de velocidad de la cabeza de pelotón, producirá la reducción del mismo ritmo en los vehículos consecutivos. Otra aplicación es la utilización de los detectores de las marcas que delimitan la sección de la carretera, que se usa como indicador de cambio de carril.

En caso de la aplicación de vehículos sin estas tecnologías, se podría utilizar la matricula como identificador y acceder por otras redes para incluirlo en la estructura o incluyendo un pequeño modulo como los vistos los prototipos de OBU.

4.3.3.-GESTIÓN DEL TRÁFICO Y MONITORIZACIÓN

La gestión del tráfico se traduce en una conducción eficiente que mejorar la eficiencia en el uso de transporte (gestión de carreteras o reducción de atasco y con ello disminuyendo la contaminación, incluso formar grupos de vehículos para aprovechar la menor carga aerodinámica).

Detección de congestionamiento de tráfico

El valor más importante del universo es el tiempo, ya que este es limitado e irrecuperable y por ello la aplicación más importante gestión de tráfico, es la detección de atascos.

Los atascos se pueden detectar en base a comunicación cooperativa por motivos de accidente, desviando la circulación a vías alternativas, o bien por los sensores de los

vehículos, los cuales, miden la proximidad entre vehículos, además se tendrá en cuenta las velocidades existentes en ellos y el número de vehículos implicados.

Para determinar cuándo se considerara atasco o vía en diferentes grados de retenciones, se ha de determinar un umbral o varios umbrales que determinen los niveles de congestión. Los parámetros de medida serán los siguientes.

Nº de Vehículos > Umbral

Velocidad de esos vehículos < Umbral

Dependiendo de estos valores el conductor puede decidir si toma esa vía o una vía alternativa que esta menos congestionada. La determinación de la ruta se podría hacer de forma automatizada permitiendo un estudio en tiempo real, tomando las rutas de menor tiempo de transición.

Gestión de tráfico

Esta sección está enfocada a la mejora del tráfico, mediante la coordinación y asistencia en carretera, a través de la información local actualizada, mapas y mensajes de prioridad en el tiempo y espacio. Los parámetros más importantes son la gestión de la velocidad, para una conducción óptima sin retenciones y una navegación cooperativa. De estos dos factores se obtiene dos aplicaciones, la conducción en Platooning y la conducción cooperativa.

La conducción Platooning, es una conducción en grupo y tiene más sentido en desplazamiento largos. Esto consta de un grupo de vehículos que realizan una misma ruta, en el cual se agrupan a una distancia más o menos fija (con cierto margen), la cual es muy reducida para aprovechar el rebufo de los coches anteriores y mejorar así la eficiencia energética, para esto hace falta una velocidad controlada. En casos de autovía se duplicara la capacidad del grupo por las condiciones propicias que presenta la estructura.

La conducción cooperativa permite atravesar puntos críticos facilitando el paso por ellas de forma fluida. El mayor exponente de la conducción cooperativa es la gestión de las intersecciones. La gestión de intersecciones facilita la fluidez del tráfico orientando la posición de los vehículos y permitiendo la eliminación de los semáforos lo que esto a su vez permitiría un mejor transito vial, ya que estos, en su mayoría, detienen el trafico indistintamente de la dirección, o de si hay tráfico o no. La eliminación de los semáforos también repercute en un menor gasto energético. Para afrontar este uso se utilizara el modelo de grafos, donde los vehículos se valen de los vehículos más cercanos en esa dirección y el sumidero (RSU) recibe la autorización de atravesar dicho punto y posteriormente desaparece las conexiones.

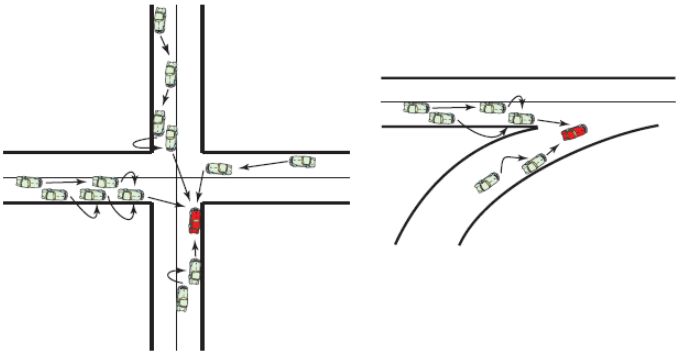


Ilustración 61 Representación de puntos críticos autoresuelto por vehículos

Las conexiones que se realizaran en la gestión del tráfico se resumen en los siguientes cuadros:

Servicios de notificación	I2V
Aviso de velocidad recomendada	
Aviso de obras en la vía	
Sistema de elección de ruta	

Conducción cooperativa	V2V
Asistencia en incorporación a vía	
Aviso de atasco de tráfico	
Asistencia en cambios de carril	
Platooning	

Seguimiento de flotas	V2I
Monitorización del tráfico	

Tabla 5 Tipo de comunicaciones y gestiones de tráfico que aglutina.

4.3.4.-APLICACIONES DE VALOR AÑADIDO (INFORMACIÓN /ENTRETENIMIENTO)

Estas aplicaciones son las que realmente fomentará la implantación de las redes VANET, ya que son las que aportaran beneficios y por tanto son las que realmente comprometerán inversiones en investigación y desarrollo de las empresas en este sector. Esto será un salto hacia la mejora en eficiencia y posibles nuevas aportaciones aun no pensadas.

La mayor de las aplicaciones que puede incorporar las redes VANET es el acceso a internet, ya que permite una conexión a información y servicios muy afianzados en la sociedad. La unión de ambas redes daría lugar a una red de dimensiones nunca vista, ya que la implantación de las redes VANET sería la red más grande a nivel mundial (por encima de internet) lo que daría cobertura a lugares que aún no tienen servicio de red.

Otras aplicaciones que podrían ser implantadas son las referentes a ocio e información turística, es decir publicidad. Esta publicidad sería más efectiva para empresas regionales o locales ya que permite una mejor focalización de los potenciales clientes que se ubique en la zona. Al igual que la información de ocio se enfocaría a la meteorología.

Una de las salidas más demandadas actualmente promovida por los dispositivos móviles es la sección de videojuegos o juegos en red, que permitirían juegos con usuarios de vehículos cercanos.

Una aplicación que se utiliza de una forma distinta actualmente es el pago por peaje. El funcionamiento que se propone es utilizar la identidad de la OBU específica, la cual dispone de la tecnología beacon que se comunicará con la RSU y esta reportara el valor conveniente. Como la redes VANETs adoptará parte de la estructura, pero cambiara la comunicaciones entre estos, ya que OBU no es un elemento pasivo y se necesitar una autentificación mutua que permitirá una confidencialidad, anonimato e

integridad ante terceros usuarios a la comunicación que vendría dado por el módulo periférico beacon.

Las comunicaciones que se realizaran en estas aplicaciones se resumen en los siguientes cuadros:

Acceso a Internet	I2V
Información de ocio	
Información meteorológica	
Información turística	
Actualización de software	

Juegos distribuidos	V2V
Aplicaciones peer to peer	
Publicidad comercial	

Generación de información cartográfica	V2I

Gestión de aparcamientos	I2V y V2I
Pago electrónico	
Mantenimiento de vehículos	

Tabla 6 Tipo de comunicaciones y gestiones de valor añadido que aglutina.

4.4.-SEGURIDAD DE REDES VANET

Una de las dificultades generales de la redes es la seguridad que se le ofrece al usuario, en tono de privacidad, y a la inmunidad de ataques externo a la red. Estos ataques se centran en la *falsificación de información* con finalidades maliciosa, *manipulación de sensores* a fin de modificar su correcto funcionamiento (control de velocidad…), *cancelador de servicios* como inhibidores de frecuencia o detectores de radares, *suplantación de identidad* y *seguimiento de vehículos* por la previa infección de software malicioso. En ciertas situaciones entran en conflicto entre la

seguridad y la privacidad, donde estas soluciones se tendrán que solucionar, ya que en casos extremos se sacrificara la privacidad en función de la seguridad.[11,12,13]

Los puntos que se debe tener en cuenta para tener una red segura son los generales que debe cumplir cualquier red sometida a vulnerabilidades, pero con el agravante de su resolución por la complejidad emanada de las características de la red VANET. Estos puntos críticos a tratar son:

1 La disponibilidad en el caso que sea necesario.
2 La integridad de la información solo maleable únicamente por el usuario que ejerce el servicio.
3 La confidencialidad de la información usada en el servicio.
4 El no repudio de negar la creación de la información usada en el servicio.

Para mantener estos valores, habrá que afrontar cuatro actuaciones en las cual hay que centrar los esfuerzos de actuación, ya que son los puntos más vulnerables y potenciales a ataques.

Control de acceso debido la finalidad es entrar al medio para poder atacarlo desde su interior.

Sistemas de detección de intrusos (SDI), en caso de que la primera medida fallase lo consecutivo es detectar al intruso.

Seguridad de los protocolos de encaminamiento, se trataría de minimizar las consecuencias de actuación del nodo intruso limitando su área de actuación.

Servicio de claves se trata de actuar de forma independiente los nodos.

Otra posibilidad no es que un ente externo quiera acceder a la red, sino el riesgo de ataque interno en el que el nodo malicioso pertenece a la red, en este caso el órgano de identificación seria el SDI.

Atacante interno: Ante un atacante interno lo primero que se busca es aislar el nodo malicioso tras haber sido advertido un número determinado de veces (el umbral de este, está por determinar, ya que la sensibilidad de errores y afectación a según qué estructura no tendrá las mismas repercusiones).

La detección del nodo hostil o mal intencionado, se hará de forma comunitaria donde cada vehículo que detecte irregularidades por el uso de comparación de valores propios como de otros vehículos que circulen por la misma zona, avisará de la deshonestidad de este nodo, a la vez que se iniciará o continuará del conteo de aviso sobre ese nodo. Otra forma de detectar un ataque interno se produce cuanto una autoridad de tráfico envía directamente una información y nodo envía una información opuesta a esta.

Al superar el umbral este nodo ingresará en una lista negra que le negar todos o la mayor parte de servicios. Y en casos extremos anulara el funcionamiento del utilitario.

4.4.1.-CONTROL DE ACCESO

El control de acceso es la primera medida tomada que permite la entrada a los usuarios autentificados a la red y a los servicios que esta ofrece. Esta medida debe ser la más importante, ya que la intrusión de un nodo malicioso podría ser de graves consecuencias, debido a que los nodos en esta red no solo funciona de router encaminando la información, sino que también tiene funciones de gestión, lo que podría desembocar en un desvío de tráfico o apropiación de las claves que por este nodo circulen con un simple sniffer.[11]

El control de acceso tiene una mayor importancia en la capa de red y en la capa de aplicación, en la primera enfocada en acceso a la red, restringiendo el acceso a nodos no autorizados. En la segunda controla el acceso al servicio en cuestión donde lo más significativo es la gestión de claves.

La autentificación de cada nodo tiene que ser de forma univoca y de no repudio, la cual se puede hacer de forma distintas según el servicio, entre lo que se diferencia dos tipos dependiendo de las necesidades, estos son los servicios centralizados, son los más generales basado en usuario y contraseña y los servicios distribuidos usado más por administraciones públicas como son los certificados digitales y autoridades certificadoras.

En la utilización de servicios distribuidos, que son los más usados en la red VANET, se ha estudiado la utilización de clave pública de la infraestructura (RSU), denominada por sus siglas en ingles PKI (*Public Key Infraestructure*).

4.4.2.-SISTEMA DE DETECCIÓN DE INTRUSOS

Como ya se ha mencionado el sistema de detección de intruso actuará tras el fallo de control de acceso, es decir una segunda oportunidad de detectar un nodo malicioso. La actuación de detección de intruso es muy heterogénea y cambiante de las cuales se vislumbran cuatro iniciativas.

Detección propia, este sistema es el basado en la instalación de fábrica un software que realiza las actuaciones de comprobación de su propio software y hardware, es decir actuaría como un sistemas antivirus que monitoriza la actividad del nodo. En caso de detectar que el nodo ha sido modificado comienza un protocolo de respuesta oportuno. Y si detecta una supuesta alteración, pero esta no está catalogada como infracción pero podría potencialmente serlo, emprende una comprobación de forma cooperativa con los vehículos cercanos, para determinar si es un nodo malicioso o no. Por tanto se concluye que usa una arquitectura distributiva y cooperativa.

Policía Virtual, este sistema de detección de intruso, no implementa un módulo de seguridad implantado de fábrica, sino que permite que ciertas aplicaciones provenientes de la administración pública puedan revisar la monitorización del estado del nodo en forma de administrador con permisos de super-usuario. Los OBUs realizaran únicamente una aplicación de este tipo a la vez, ya que existirán diferentes tipos de policías virtuales. Debido a las limitaciones de la red el programa de detección será ligero, autónomo y perennemente actualizable.

La utilización de estos sistemas de detección son combinables y se aplicará cada uno dependiendo de las capacidades de ejecución de los nodos, aunque estos no tienen por qué utilizarse siempre, sino en las situaciones que así lo requieran como seria aplicaciones con alta necesidad de privacidad por ejemplo, debido a que podría dar problema de sobrecarga.

4.4.3.-SEGURIDAD EN EL ENCAMINAMIENTO

Como ya se ha mencionado los nodos hacen de router, los cuales dirigen la orientación de la comunicación y por ello el encaminamiento es otro punto crítico. Este punto es crítico además por las características que diferencia la red de una red centralizadas, los router no son de una empresa de confianza por lo que una modificación del algoritmo de entrutado podría afectar considerablemente dicha red.

Los protocolos de enrutamiento es el punto más crítico de las redes VANET, debido a su topología altamente cambiante, sus limitaciones en sus conexiones y ancho de banda, por lo que los algoritmos de encaminamiento tienen una alta dinamización. A todo esto hay que añadirle la seguridad que en este apartado compete, por lo tanto tiene que ser ligero y eficiente en sus algoritmos. Una base común de algoritmo que se ha demostrado que es coherente con lo que se busca son las técnicas TIARA que sirve como punto de partida de protocolos como SRP(Secure Remote Password), que permite una comunicación segura y autenticada entre pares de nodos (emisor-receptor), o como ARIADNE que permite criptografía simétrica.

4.4.4.-CIFRADO Y GESTIÓN DE CLAVES

La seguridad se realizará por cifrados y firmas digitales, lo que conlleva la utilización de claves criptográficas que se compartirán entre nodos, al pasar por estos. Este hecho demanda una gestión segura de las calves, de las cuales se diferencian dos agrupaciones. Una de estas agrupaciones son las referentes a actuar de forma autónoma, por tanto son los propios vehículos los que realizan esta seguridad más acorde con la definición de redes Ad hoc.[11, 12, 13]

Gestión de claves en cadena de certificados

Cada nodo es el que realiza su certificado y se almacena en cada nodo de la red, y en caso de estar bajo sospecha otro nodo puede revocar su certificado, de la misma forma sucede con la clave de privacidad, por lo que se generar otra clave privada.

Gestión de claves basada en la movilidad

La gestión de claves basadas en movilidad se realiza entre nodos iguales V2V en el que se tiene en cuenta la dirección y la velocidad en el que se dirige el nodo y hacia dónde va dirigida la información, para ello hace una comprobación de los nodos vecinos que se encuentran en el radio de cobertura. Esto vislumbra la innecesidad de una estructura de apoyo y es una buena definición de red VANET, aunque por necesidades de drenaje de información se hace muy trascendental al igual que las bajas densidades de usuarios en zonas rurales o la simple necesidad de una comunicación veloz hacia las administraciones es necesaria la implantación de RSU.

Por otro lado se encuentra la agrupación que necesita de una mínima estructura (RSU) que apoye la red tanto de ámbito de seguridad, como en el de cobertura, estas entidades de autentificación son públicas y emitirían claves públicas PKI.

Como ya se ha mencionado anteriormente en los *sistemas distribuido* se usa PKI que es un protocolo que trata de describir los procesos organizativos necesarios para la gestión de certificados digitales de claves públicas para el intercambio seguro de información, que permite firmar digitalmente un documento electrónico o permite identificar a una persona o empresa en Internet, o permite acceder a un recinto o servicio restringido [3].

La certificación de la clave es necesaria, pero esto hace tener un alto coste de gestión, ya que consume muchos recursos a la vez que dificulta el anonimato. Para permitir la privacidad se adjudicará los certificados de forma que no se conozca la identidad, ni valores que pudiesen afectar al usuario. Una de las dificultades de la asignación anónima de los certificados, es la revocación de la misma por ser un nodo fraudulento, una de las soluciones podría ser la instalación de un tamer-proof.

Dentro de los sistemas distribuidos se puede encontrar dos subgrupos, para diferenciar mejor en la asignación de la clave pública, estos son:

Sistemas de distribución parcial es la competente a la utilización de traslados en forma grupo (hay una tendencia general hacia esta técnica), debido a una mejora de la comunicación y eliminación de información redundante, un ejemplo de esto es la formación en platooning, en el que se agrupan un número de vehículos que tengan rutas iguales o direcciones muy similares, para el aprovechamiento aerodinámico y eficiencia en los traslados.

El porqué de la realización de la agrupación es con el fin de permitir una eficiencia comunicativa (debido al costo de recurso que supone la encriptación). Estos grupos disponen de una clave de grupo pública y una clave individual privada. La calve publica es la que servirá para comunicarse con otros grupos o con la RSU, mientras que la clave privada será la que se utilizara para la comunicación dentro del grupo. En caso de un miembro de este grupo quisiera comunicarse con el exterior, utilizaría una combinación de ambas claves.

Al líder de cada grupo es al que se le asigna la calve publica y el encargado de combinar la calve pública y la privada, para permitir la comunicación con el exterior, a términos generales es el portavoz del grupo.

Este sistema es el que más rendimiento se obtendría de las VANET, ya que se ajusta a su definición, pero estas situaciones no son siempre las dadas, ya que hay densidades de tráfico que imposibilita un buen funcionamiento, por lo tanto serían más óptimas en grandes ciudades.

Sistema de distribución total es el que necesita la RSU para contactar con los vecinos, es decir necesita intermediario, donde todos los nodos tienen clave pública y no necesitan de intermediario a otro nodo-usuario como en el sistema parcial, a cambio de usar como intermediario la RSU, pero esta otorga una mejor seguridad al ser un proveedor de “confianza”. Este sistema es más seguro que el anterior, ya que no depende de vehículos segundarios pero elimina la mayor característica de las redes VANET, debido a que funcionaría como un sistema de telefonía móvil tradicional, el cual es más óptimo en regiones rurales por la baja densidad vial.

De las posibilidades que existen de forma más consolidadas son la de la separa el tipo de seguridad según el tipo de comunicación (I2V, V2I, V2V (entre grupos y dentro de los grupos)), mientras que por otro lado esta utilizar los mismos parámetros seguridad para todas las comunicaciones. Ambas medidas utilizan los sistemas de caves desarrollados anteriormente.

4.4.5.-PROPUESTA GLOBAL PARA AUTENTICACIÓN DE NODOS SEGÚN SU COMUNICACIÓN

Las propuestas que más convicciones levantan se basan en el mismo sistema y gestión de clave, en concreto es un sistema de distribución en el cual la comunicación necesita de estructura externa y es en este caso la diferencia de los dos modelos expuestos. Como usan una estructura intermediaria que poseerá el poder de certificar y autenticar a los usuarios, se hace necesaria la utilización de PKI.

De forma general el uso simple de la PKI no supone una protección de privacidad alta, sino que esta es todo lo opuesto, para una mejor prevención la firma no identificara al conductor (mejorando la privacidad).

La primera de las propuesta está basado en el sistema de distribución total, con ciertas variaciones, ya que este también permite la comunicación V2V en caso de emergencia, pero siempre con un grado de seguridad mientras que el segundo diferencia los tipos de seguridad según el tipo de comunicación, debido a que no es igual la seguridad tiene que tener con la RSU que con otro vehículo.

<u>Seguridad general basada en la variación de parámetro</u>

Este medio de seguridad es el basado en sistemas de claves [13] [14] distribuidas utilizando agentes externos, los cuales diferencia dos tipos de comunicaciones, de vehículo a vehículo (unicast) son privados entre dos usuarios y usa protocolos Diffie-Hellman, y de vehículo o infraestructura a varios nodos (broadcast) son mensaje de advertencia y solo necesitan autentificación de la fuente. Estas comunicaciones permitirán envío de mensajes y provisión de servicios.

Este sistema usa pseudónimos que deberán estar firmados por estructura pública gestionada por la dirección general de tráfico DGT, es decir utiliza PKI que es conocida por todos los usuarios, donde cada RSU dispone de su propia clave privada SK_t, las RSU no usa pseudónimo. El uso de pseudónimo permite el anonimato del usuario ante mapeamientos de terceras personas, ya que se reutilizará repetidamente efectuando una actualización dinámica.

Los OBUs usan pseudónimo al fin de identidad Id_{node} que contiene cuatro parámetros, un valor aleatorio, sello temporal (que indica la caducidad) y dos claves publicas una de firmado PK^s_{node} y otra de cifrado PK^e_{node} y para que este nodo tenga autentificada debe estar firmada por la estructura PK_t.

$$[v||sello\ de\ tiemo||PK^S_{node}||PK^e_{node}]SK_t$$

El tipos de mensajes que se envía para determinar la información correspondiente a la gestión de la red, a estos se le denomina hello_beacons que son del tipo broadcast y que se envía frecuentemente con el fin de actualizar la validez de los nodos y será así como compruebe si son valido la Id_{node} y su firma SK^s_{node}, en caso de caducidad por cuestión de tiempo, la RSU le avisará que debe actualizar .Este mensaje tendrá la siguiente forma:

$$[Id_{node}||sello\ de\ tiemo||Posición||datos]SK^s_t$$

Los vehículos de fábrica ya poseen un valor inicial firmado SK_t, pero no tienen un pseudónimo, la forma de obtener el pseudónimo, es primero creando parejas de claves.

$$(SK'^S_{node}, PK'^S_{node})(SK'^S_{node}, PK'^S_{node})$$

El nodo genera una nueva Id' lo cifra y lo envía RSU.

$$[Id_{node}||Id']PK_t$$

La RSU lo descifra y verifica que no ha sido revocado y lo firma Id'_{node} el cual llega al nodo que lo descifra y adquiere el nuevo pseudónimo.

$$Id'_{node} = [v'||sello\ de\ tiempo||PK'^S_{node}||PK'^e_{node}]SK_t$$

a) Diferenciación entre comunicaciones para determinar la seguridad

No se considera usar solamente las PKI como medio de control de los nodos, ya que este puede suponer una pérdida de seguridad de dichos usuarios. Tampoco se plantea el mismo nivel de seguridad (PKI) para todas las comunicaciones, debido a que supondría una baja eficiencia de entre comunicaciones que no necesitan tal grado de seguridad. Dependiendo de estos grados de seguridad que se le puede exigir a los tres grados de comunicaciones (I2I, V2I, I2V) habrá que usar una herramienta criptográfica u otra.

Comunicación I2V: Como se trata de una comunicación de una infraestructura (RSU) que es pública y por tanto no hay problema de privacidad, debido a que esta es conocida por todos los nodos, por tanto en este caso no sería necesario el usos de una PKI, sino el uso nada más basado en la criptografía de identidad, es decir su identidad es el que sería su certificación (su clave pública) (IBE, Identity-BasedEncryption). Sin embargo en la firma la identidad sirve como de comprobación de la clave privada que ha sido creada a partir de la clave pública (IBS, Identity-BasedSignature).

Comunicación V2I: Este si necesita anonimato (no solo enfocado a los datos personales del conductor, sino también de datos que puedan comprometer a este como es la localización vehículo) que establece la comunicación con la RSU y así preservar la privacidad de este. Este tipo de seguridad que se implementa es más fuerte que en el caso I2V, pero que debe optimizar a su vez la eficiencia. Para esto se propone el uso de reto respuesta, basado en el conocimiento nulo, que permite convencer un vehículo a la RSU de una información sin mostrarle nada de ella (la RSU envía un testigo al vehículo el cual le responde con un reto que combina el testigo recibido con la respuesta asociada, al recibirlo la RSU lo verifica y le muestra información).

Usurpación de OBU: el OBU no puede engañar a RSU, ya que si en realidad no posee el secreto que le pide el testigo, entonces la posibilidad de convencer a RSU de lo contrario es mínima.

Engaño a RSU: la RSU no recibe ninguna información a partir de la demostración, salvo el convencimiento de que OBU posee el secreto.

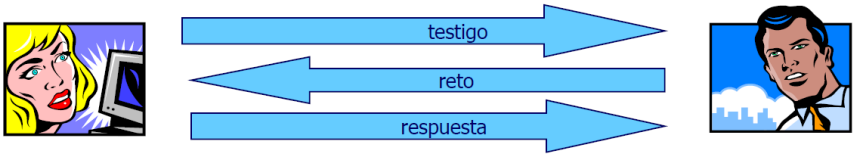


Ilustración 62 Representación de la comunicación de seguridad testigo-respuesta.

Según la relación que exista entre las entidades de comunicación (RSU y OBU) se pueden distinguir diferentes distribuciones de probabilidad que dependerá de lo que RSU observa durante el protocolo y la de la perspectiva que espera entre RSU y OBU. De esto se despenden tres posibles conocimientos:

•Conocimiento Nulo Perfecto: Si ambas coinciden.

•Conocimiento Nulo Computacional: Si ambas son polinomialmente indistinguibles.

•Conocimiento Nulo Estadístico: Si ambas son estadísticamente indistinguibles.

Para mejorar la posible fisura de seguridad se usa un llavero de clave aleatorio, en la que hay varias llaves de las cuales el vehículo escoge una llave de un conjunto de llave, al a vez que se está llave es remplazada, tomando como base en la paradoja del cumpleaños (debido al tamaño de conjuntos de claves, la probabilidad de que dos nodos compartan alguna clave es mayor del 50% y de que se compartan todas las claves es prácticamente 0%).

Para facilitar la tarea de la RSU se utilizara un esquema tipo árbol de n claves y b niveles donde el vehículo está asociado a una rama de la clave y el nivel. La unión desde la llave del usuario hasta la raíz del esquema de árbol es lo denominado llavero, ya que en todas sus variantes posee las llaves de los usuarios (estas llaves pueden estar compartida). Es un sistema estadístico por lo que no hay una certera 100%.

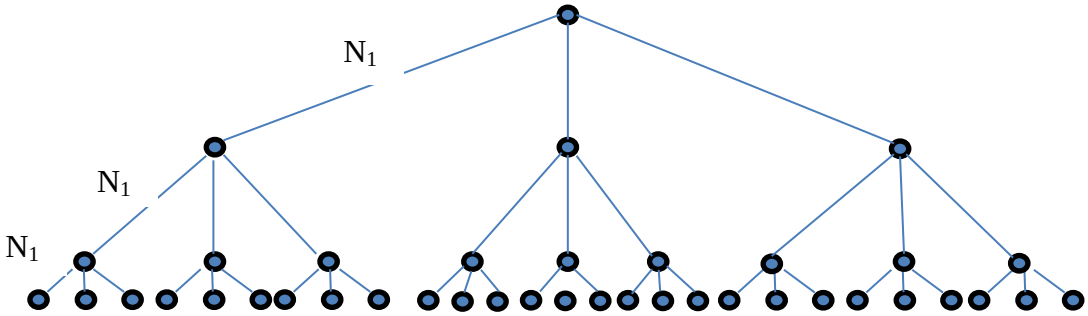


Ilustración 63 Árbol de tres niveles asociados por clave. Seguridad en comunicaciones VANET

Comunicación V2V: como ya se mencionó en el sistema de distribución parcial la tendencia de las comunicaciones V2V es agruparse y crear celdas dinámica, por ello se distinguen dos tipos de comunicaciones:

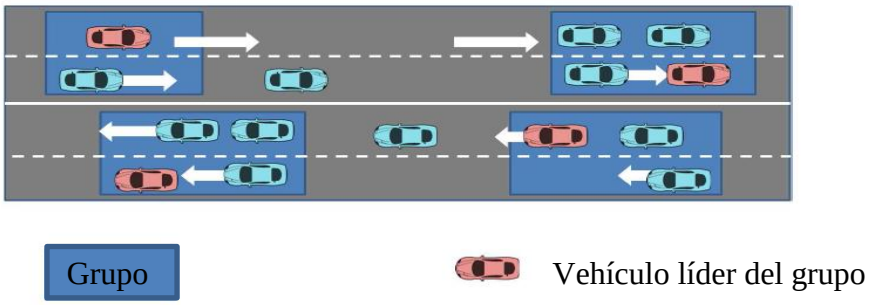


Ilustración 64 Representación de los tipos de comunicación en la zona de grupos.

- Comunicación entre grupo: Para realizar la comunicación entre grupo hay que diferenciar entre diferentes formaciones de estos, ya que no se realizarán los intercambios de información de la misma manera. Dentro de esto se distingue dos subgrupos que optan a convertirse en la actuación de generación de cluster o grupos estos son la firma de grupo y la firma de anillo.
  - Firma de grupo: la firma de grupo permite la suficiente privacidad, ante observadores externos, pero también permite la localización por parte de RSU si hiciese falta. Estos grupos tienen al frente un líder que actuará como intermediario ante otros grupos o este utilizara un vehículo “esclavo” para comunicarse con otros grupos si están mejor situado para realizar esa comunicación.

La formación del grupo hace que se genere una clave privada o calve secreta compartida, usada para comunicación interna, donde todos los miembros del grupo pueden firmar un mensaje usando esta clave y en caso de comunicación externa el líder actúa de combinando la clave pública y privada.

La utilización de estas claves se basa en la dificultad del problema de algoritmos discretos del método Diffie-Hellman.

- Firma de anillo: Al contrario de la firma de grupo, la firma de anillo no necesita un gestor o líder dentro del grupo, debido a que cualquier miembro puede generar una firma, al tener cada vehículo su la clave. Este tipo de firma otorga un anonimato puro, es decir no hay forma de revocar la clave a un usuario, ya que no se conocerá quien la ha generado, por lo que puede ser un problema para seguridad vial.

- Dentro de cada grupo: primero para la formación de grupo se utilizaría autentificación asimétrica que utiliza firma digital (envía un reto y recibe un reto firmado por A).
  - *Funcionamiento de la firma digital*: sirve para garantizar la seguridad en la transmisión de datos y hacer posible la identificación a través de la red se ha creado la firma digital, que es un conjunto de datos o resumen cifrados asociado a un mensaje que permite garantizar con total seguridad la identidad del firmante y la integridad del documento enviado, permitiendo la confidencialidad.

    Entre las aplicaciones que podemos encontrar son:

    -Validad identidad.

    -Evitar falsificaciones.

    -Seguridad de datos confidenciales.

    -Gestión ante administraciones públicas.

    -Factura digital.

    Para realizar la firma digital se basa en dos claves numéricas, una privada y otra publica, las cual tienen una relación matemática entre ellas que se genera atreves de una petición a la RSU, la clave privada es conocida únicamente por el vehículo almacenada en el OBU, la clave pública se distribuye junto con el mensaje firmado, si lo que firma un vehículo es usado como su firma electrónica, ya que solo ese vehículo la puede usar.

Se tiene el documento original, el cual generará una huella que la identifica inequívocamente frente a otro documento extraída a través de la función Hash, a la vez esta huella se le aplica un cifrado con la clave privada del firmante, ha esto se le llama firma privada.

El mensaje que se envía contiene el archivo original la huella firmada con la clave privada y además se le adjunta la clave pública.

En recepción se puede verificar que el mensaje no ha sido interceptado y modificado mediante la extracción de la huella digital por el método hash y este se comprueba con la con la huella cifrada gracia a la clave pública enviada. Este método se muestra en la ilustración 65.

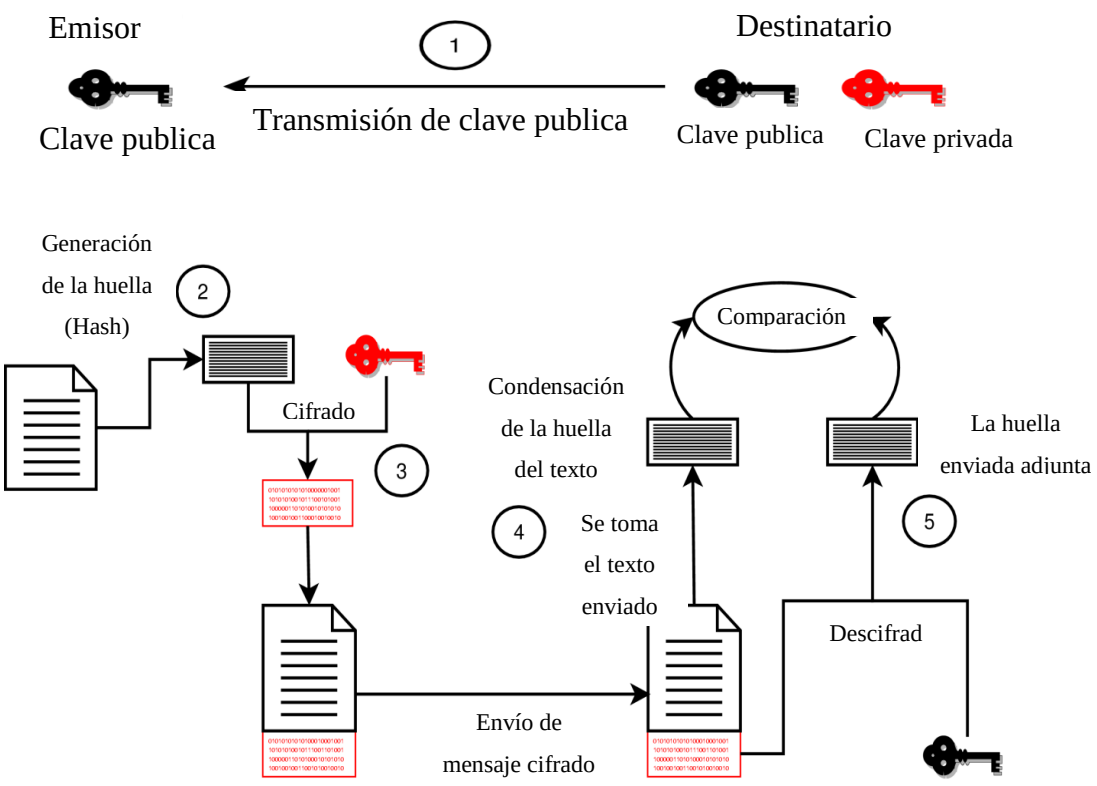


Ilustración 65 Esquema del cifrado Hash

4.5.-ESTUDIOS DE LOS SIMULADORES

La simulación se ha convertido en el factor más importante en el desarrollo e investigación de las redes VANET, debido a que esta red no tiene precedentes en cuanto a las características que la componen, por lo que es necesario crear nuevos protocolos de enrutamiento que difieren de los genéricos creados hasta el inicio del estudio de esta red, por causa de su limitados tiempo de conexión y la aleatoriedad (restringida) de los nodos o vehículos. Otros factores que influyen en la necesidad de simulación es la realización de pruebas de campo necesarias para un buen funcionamiento en entorno real, pero esto supone la existencia de limitaciones tecnológicas, la dificultades logísticas y sobretodo un costo muy elevado, ya que requiere la instalación de hardware.[17]

La simulación de esta red supone un banco de prueba que permite comprobar distintas variantes eliminando las desventajas previas a realizar la implantación seguidamente de argumento teórico. Estos puntos clave que deben centrarse los simuladores son:

- Modelado de las reacciones de los conductores a la información adicional proporcionada por las aplicaciones VANET.
- Existencia de referencias para hacer estudios de simulación así como la obtención de resultados comparables con la realidad.
- Manejo de plataformas de computación lo suficientemente potentes para soportar simulaciones de tráfico en tiempo real.
- Además, para los estudios relacionados con la seguridad, es necesaria la existencia de modelos de accidentes.

La simulación de las redes VANET se distinguen en dos grandes grupos, los simuladores de movilidad que son los que hace referencia a la topología y la aleatoriedad de los nodos, y los simuladores de red, que realizan el estudio principalmente de los protocolos de enrutamientos, además de disertaciones en la capa física y la capa MAC que son las que toman una mayor importancia. Estos dos tipos de simuladores se han desarrollado independientemente, por lo que ha dado lugar a la separación de estos dos mundos y evolución de forma descoordinada.

Dentro de los simuladores de movilidad se distinguen dos subgrupos

Los *simuladores macroscópicos* toman valores más genéricos como la densidad de coche o la velocidad, por los que son más simples y tiene menos gasto computacional, por esto son los más usados pero menos realistas. Estos tienen los siguientes puntos como centro de actuación:[15]

Mapas: proporcional la topología base sobre la que se moverán los vehículos por lo que limitará el movimiento de estos, los cuales puede basarse sobre mapas reales o sobre mapas aleatorios o personalizados para comprobar requeridas situaciones.

Posición: posición enfocada de forma genérica con patrones que muchos usuarios tiene en común, como son las zonas de atracción (destino común) y repulsión (inicio común). Estos variaran según días y horas.

Ruta: El cambio de posición se lleva a cambio por movimientos que dependerán de la preferencia aunque algunas veces será aleatorias.

Velocidad: es una variación importante de la simulación, aunque se diferencie entre aceleración frenado y velocidad uniforme (genérica de vía) se tendrá en determinada situaciones datos irreales como podría ser atascos inesperados por diferentes causas de accidentes.

Los *simuladores microscópicos* son los que trata a cada vehículo de forma independiente por lo que proporciona un mayor realismo a costa de un mayor coste computacional. De este modelo se determina el grado en función de:

Maniobrabilidad: al ser entes independientes, las preferencias de cada usuario serán distintas por lo que se habrá la capacidad de cambio de carril adelantamiento o velocidades distintas como por vehículo de prioridad.

Intersecciones y tramos precedentes a estos: los puntos de intersección son un punto álgido de las redes VANET, ya que permite regular el tráfico sin interrupción creando una buena gestión de posicionamiento a la hora de afrontarlo en tramos predecesores, esto depender de la preferencia de cada usuario y casos especiales de preferencias

La evolución y mejora de los simuladores ha permitido realizar cada vez simulaciones más realistas que determinan patrones y conexiones más sofisticadas, por contra se ha tenido un mayor coste computacional que se han ido subsanando por las nuevas tecnologías, que junto a las técnicas de mayor eficacia como la programación en paralelo, permiten estas simulaciones [15]. De estos avances se puede obtener una apreciación de la evolución de la complejidad de los simuladores con respecto al tiempo como se representa en la siguiente gráfica.

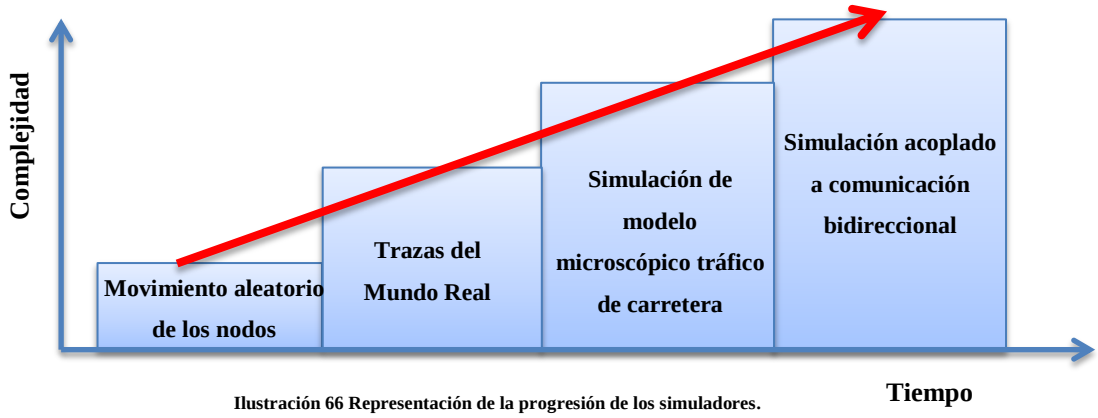


Ilustración 66 Representación de la progresión de los simuladores.

En cuanto a la complejidad creada en los simuladores provenientes de ambas secciones de simulación (simulación de red y de movilidad), se recoge en los dos siguientes esquemas resúmenes de las ilustraciones 67 y 68.[16]

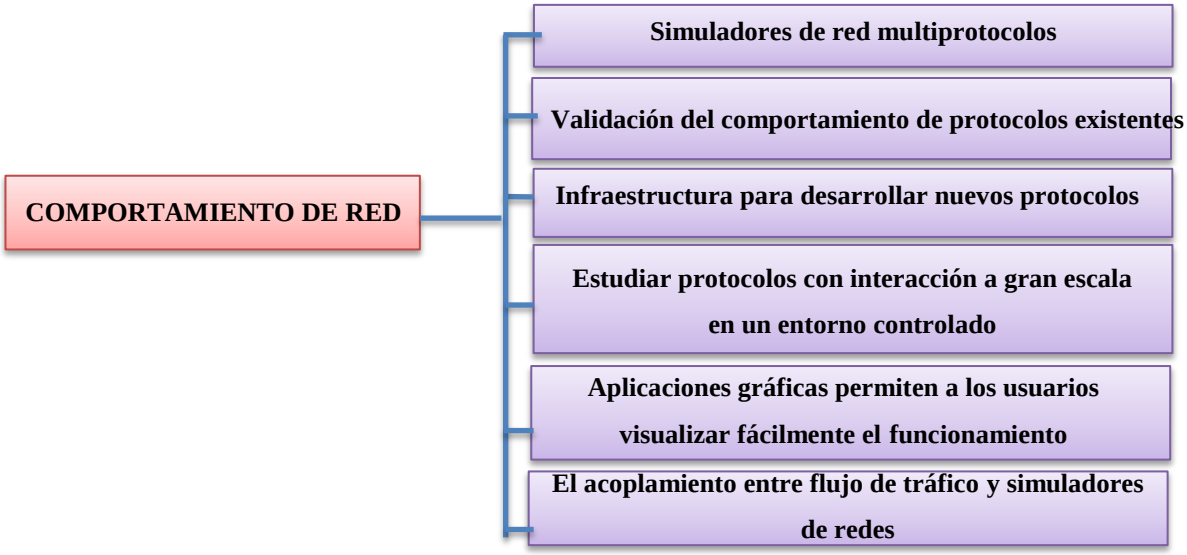


Ilustración 67 Esquema de actuación de los simuladores.

La mayor parte de la complejidad crece por las características necesarias en los modelos de movilidad realista que deben de disponer de los siguientes puntos recogidos en el siguiente esquema:

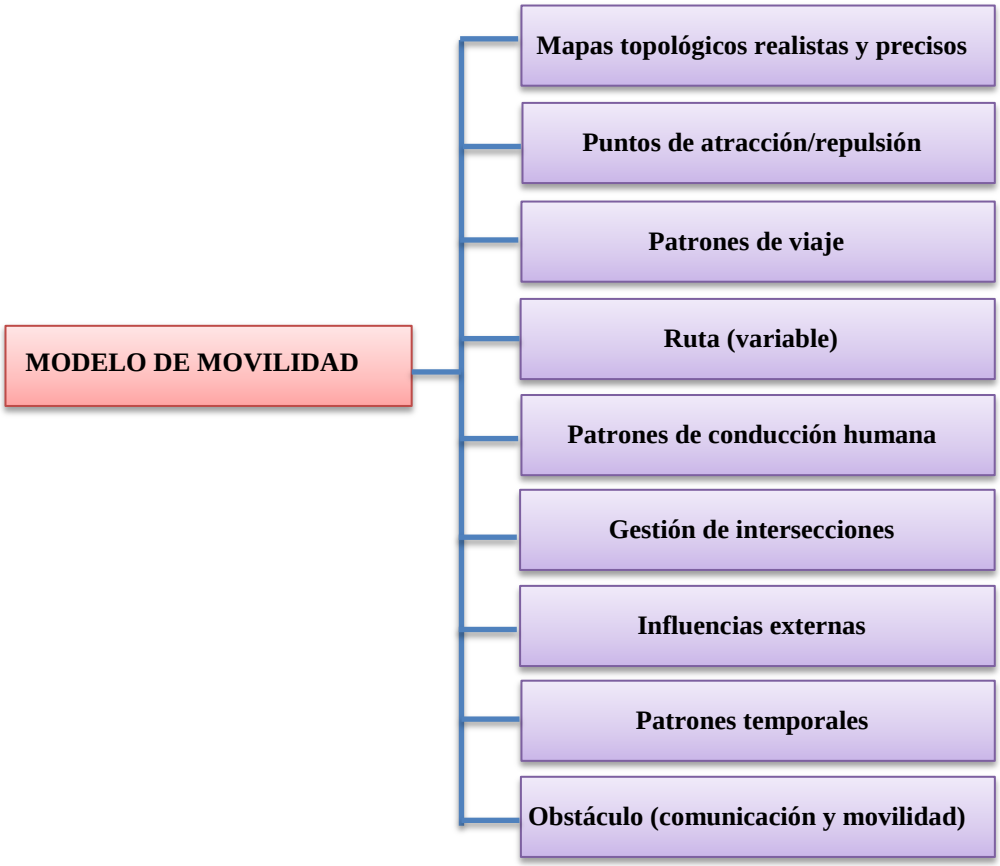


Ilustración 68 Esquema de comportamiento de movilidad

4.5.1.-MODELO DE MOVILIDAD

Como ya se ha mencionado anteriormente, una parte muy importante que repercuten en los resultados obtenidos son los simuladores de movilidad de los nodos, los cuales se distinguen los siguientes modelos, recogidos en el siguiente esquema:

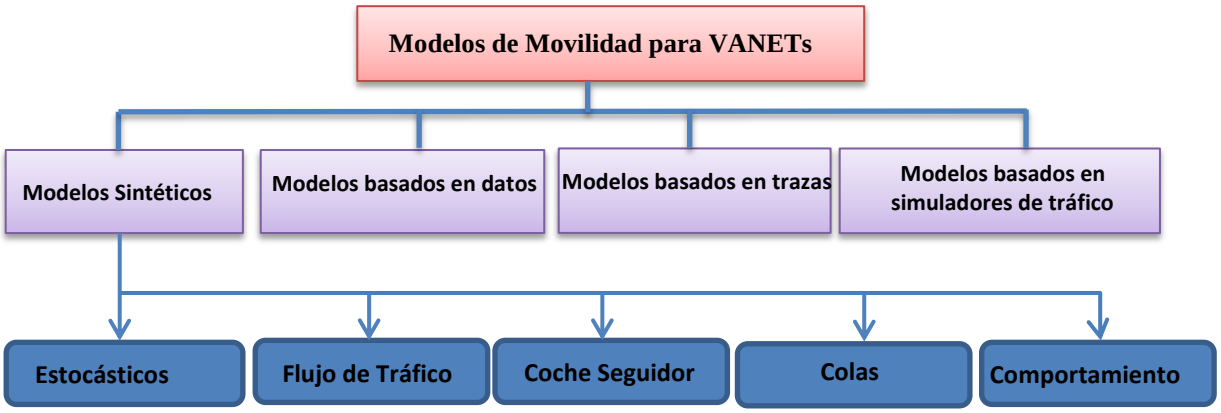


Ilustración 69 Esquema de los distintos modelos de movilidad

Los modelos sintéticos son los obtenidos por teoría matemática de los cuales se distinguen distintas vertientes a la hora de buscar fórmulas que definan la movilidad de los nodos, entre los que se distinguen los modelos estocásticos o aleatorios, por lo que los resultados dependen de la influencias recibidas, los modelos flujo de tráfico que estudian el movimiento general de los nodos, ya que siempre hay vías principales por la que se mueven la mayor masa de tráfico, los modelos de coche seguidor, es un estudio en diferencia que relaciona los movimientos de los nodos con los nodos precedentes, los modelos de cola estos se basan en las colas FIFO (First in, First out) en el que la preferencia se centra la ordenación según la llegada de cada vehículo en cada determinado tramo o ruta de carretera y por último el modelo por comportamiento este es el más importante de los modelos sintético y se basa en el estudio psicosocial de los usuarios de los vehículos para determinar sus preferencias y previsibles rutas a tomar, en este caso entra los diferentes análisis en distintas redes sociales.[15, 16]

Los modelos basados en datos, estos modelos se basan en su mayor parte en información recopilada en un periodo de adquisición de dato de forma macroscópica y se centran en el comportamiento de forma estadísticas diferenciando distintas características como distancia recorrida, velocidad media, tipo de desplazamiento por trabajo… con el fin de encontrar patrones de comportamientos pseudo-aleatorios. Una buena aproximación al entorno real es una combinación de este modelo de base de datos con el modelo sintético para una buena calibración. [15, 16]

Los modelos basados en trazas, estos modelos se están afianzado ya que en vez de usar patrones sintéticos (similares a los reales) con modelos matemático enfrentados a base de datos para calíbralos, se prefiere extraer las trazas reales a partir de la base de datos obtenido del mudo real, es decir hallar los modelos matemáticos sobre estos. Estos modelos tienen limitaciones, debido a que los datos recogidos en campañas de mediciones son limitados y no aportarán todas las variables posibles, debido a la aleatoriedad del tráfico y también a la imposibilidad de extrapolar valores a diferentes categorías. [15, 16]

Los modelos basados en los simuladores de tráfico, estos son los modelos obtenidos del refinado de los modelos sintéticos validados con las trazas reales y datos de comportamiento que han desembocado en simulaciones de tráfico realista

4.5.2.-TAXONOMÍA DE LOS SIMULADORES

Como ya se ha mencionado anteriormente la evolución por separado de los simuladores de movilidad o tráfico y los simuladores de red, ha dado lugar a una proyección desigualada de los susodichos. Para la simulación de redes VANET se necesita iteración entre los dos tipos por la alta variabilidad que supone con respecto al trafico real no contar con los cambios que proporciona dichas vertientes de simulación, por esto se ha dado lugar a una combinación de ambos. Por tanto hay tres variantes posibles a la hora de realizar las simulaciones, que son: los simuladores aislados, los simuladores integrados y los simuladores híbridos, como se muestran en el siguiente esquema. [17]

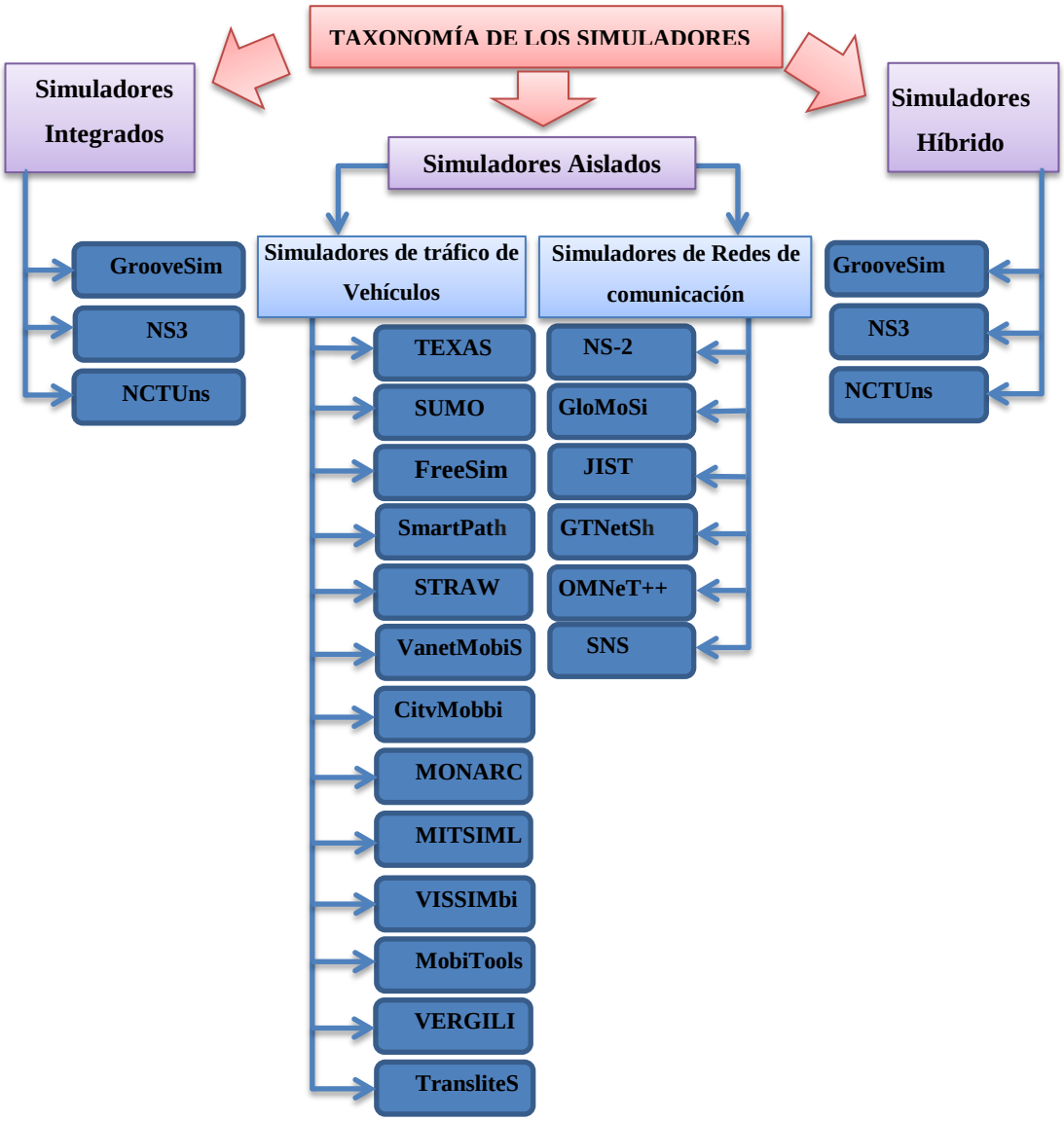


Ilustración 70 Esquema de la taxonomía de los simuladores VANET

a) SIMULADORES AISLADOS

Los simuladores aislados no tienen interacción unos sobre el otro, sino que el simulador de tráfico genera un mapa estático de movilidad que es tomado por el simulador de red para obtener los resultados sin modificaciones.

Dentro de cada vertiente se encuentran unas determinadas gamas de simulación, entre los que destaca en la simulación de redes NS2 y OMNet++ y por el lado de simulación de tráfico SUMO.

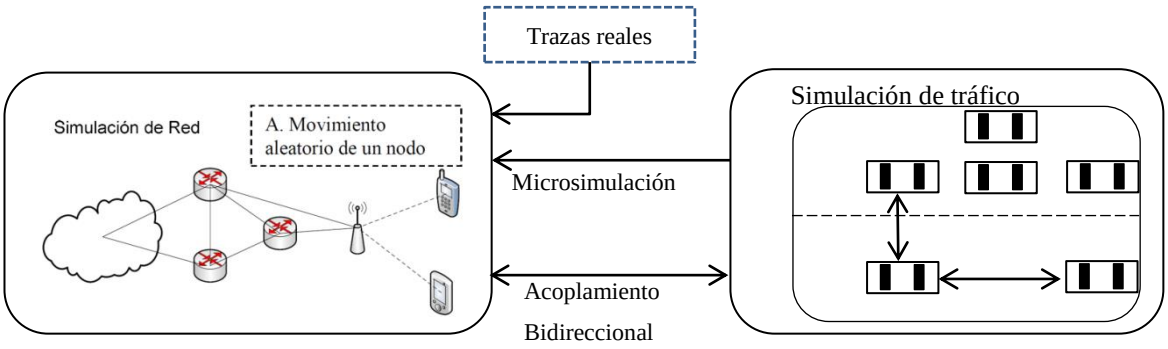


Ilustración 71 Comunicaciones entre simuladores aislados.

NS2 – NS3

NS2 y NS3 (The Network Simulator) son simuladores de redes, de evento discreto, ambos esta basados en lenguaje C++ y son de licencia pública GNU (General Public License). Estos dos simuladores de redes son la evolución del uno en el otro, no por ello son compatibles.[18]

NS2

Este simulador de redes ha ido sufriendo distintas mejoras con el paso del tiempo traídas en forma de extensiones o nuevas versiones. La última versión que permite la ejecución de las redes VANET según la estandarización americana es la versión NS2.34 17 que fue presentada el 17de junio de 2009, la cual fue la última versión de dicho simulador, ya que en 2005 ya había surgido NS3. [18]

Una de las extensiones más importante que incorporo NS2 fue MIRACLE (Multi InteRfAce Cross Layer Extension) que permitía dar un modelo de propagación completo y apoyo en cross-layer, hasta entonces solo permitía dos reflexiones provenientes del suelo y no tenía en cuenta la pérdida de trayectoria, desvanecimiento por multi-ruta y fenómenos de sombra.

NS-2 es compatible con la antena bi-direccional y omnidireccional para la propagación de la señal y con modelo de movilidad de nodo con puntos de referencia.

En cuanto a la simulación de redes inalámbricas, los nodos deben ser programados para recibir y transmitir datos entre ellos y para ello se ha de detectar otros nodos alrededor.

Otra limitación con NS-2 es que no puede simular una red móvil grande, de más de 1000 nodos, debido a que se hace prácticamente imposible la simulación para NS-2, por la cantidad de parámetro que supone modificar.

Pero el rasgo más importante ya introducido en la versión NS2.33 y también en la última NS2.34, esta es la compatibilidad con redes VANET, ya que implementa atributos capaces de cumplir las normas impuestas por IEEE 802.11p.

Estos cambios son aplicados en las características físicas y MAC en el código de simulación TCL, definidos por dos módulos nativos: WirelessPhyExt y mac80211-Ext.

NS3

NS3 surge en 2005 por mano de Tom Henderson que junto a su equipo crea el simulador desde cero, por lo que repercute en una incompatibilidad aunque se cree también en C++. [18]

Este permite la simulación de redes más grandes que su predecesor a la vez que también permite simulaciones de mayor desempeño y la posibilidad de herramientas para soporta simulación de redes IP, no IP; así como redes inalámbricas tales como Wi-Fi, WiMAX, LTE, o VANET, además de un diferentes protocolos de ruteo entre los que se destacan OLSR y AODV.

La limitación de simulación en VANET con este simulador proviene sobre todo por la incompatibilidad de con el lenguaje usado en NS2, en el cual se han basado muchos simuladores híbridos que utilizan simuladores aislados como ya se verá más adelante.

SUMO

El simulador SUMO (Simulationfor Urban MObility) nace como desarrolló el proyecto SMARTEST subvencionado por el 6 programa marco europeo y es creado por el Instituto de Investigación en el Transporte Alemán (Centro Aeroespacial Alemán), y el Centro de Informática Aplicada de Colonia (Alemania) y es de licencia open-source. [17, 15,16]

Este simulador hace una simulación de tráfico microscópica, es decir se centra en cada vehículo y es tratado como una identidad independiente, lo que produce una alta carga computacional. La finalidad de este es la simulación de la red viaria tanto en ciudades como estructuras mayores como autovías, además es de carácter multimodal, es decir permite la simulación de diversas clases de vehículos entre los que se encuentra desde turismos hasta transporte de servicio público.

Debido a que movilidad esgrimida por SUMO es continua, la simulación de los vehículos se ejecuta de forma discreta en tiempo pero es continua en el espacio.

Las características más importantes que reúne SUMO se recogen en los siguientes puntos:

- Calles con diferentes varios carriles, así como su ensanches o reducciones.
- Intersecciones con semáforos o diferentes señalizaciones.
- Cambios de carril.
- Alta velocidad de ejecución.
- Interoperabilidad.
- Mapas topológicos de nueva creación o de extrapolación de la realidad.
- Simulación microscópica.
- Alta portabilidad e interoperabilidad.
- Animación de la simulación.

OMNeT++

El simulador de red nació en 1997 de manos de la universidad Tecnología y Economía de Budapest (Hungría) y en especial del Departamento de Telecomunicaciones, con el fin de crear un simulador potente, de licencia libre, de eventos discretos basados C++ y de forma modular. [17, 15,16]

Estos módulos son jerárquicos, los cuales están formados en su base por módulos simples y con la unión de estos, forman módulos complejos. Unos tipos de módulos complejos serán los módulos básicos, a los cuales se le denomina módulo type. La ubicación de estos módulos se encuentran en el nivel superior llamado módulo de sistema y dichos módulos se comunican mediante mensajes.

Los módulos que incumben a la simulación de las redes VANET se centran en tres:

Módulo NED (NEtwork Descripcion): permite al usuario declara módulos simples conectándolos y montar módulos compuestos. El usuario puede etiquetar algunos módulos compuestos como las redes, es decir, modelos de simulación autónomos. Los canales son otro tipo de componente, cuyas instancias también puede ser utilizado en los módulos compuestos.

Módulo INET (Integrated Network Enhanced Telemetry): este módulo está enfocado a capas superiores e incluye la implementación de protocolos como IPv4, IPv6, TCP, SCTP, UDP… y principalmente las funcionalidades de simulaciones de redes móviles e inalámbricas.

Módulo MiXiM (mixed simulator): este módulo está enfocado a las capas inferiores, es decir a la capa física y de enlace como el modelado de redes fijas o móviles, además de detalles de propagación radio, estimación de interferencias (estimando efectos de edificios y otros obstáculos), consumo de potencia por dispositivos de radiocomunicaciones, modelos realista y computacionalmente eficiente (en ciudades sobre dispositivos 802.11p/DSRC), así como de protocolos MAC inalámbricos.

b) Simuladores integrados

Se crean como reacción a la necesidad de interoperabilidad entre los dos mundos, por lo que se unen en un solo simulador que recrea las condiciones de movilidad y la de la red. Pero estas condiciones requieren de una complejidad alta, por lo que se opta por realizar sistemas menos elaborados pero los resultando e interpretaciones son de mala calidad sobre todo en la vertiente de red, ya que la capa MAC y la física son poco realistas y no se adaptará a las condiciones requeridas por los protocolos de enrutamiento.

Los simuladores más usados son el NS3 que es una evolución de NS2 que contempla la movilidad en autovías (muy limitado) y NCTUns este permite usar varios protocolos basados en IEEE WAVE 802.11p y modelos de movilidad del tipo de conducción humana, coche seguidor y control de intersecciones.

c) Simuladores Híbridos

Estos simuladores al igual que a los anteriores nace de la necesidad de unir ambas vertientes de simulación, pero a diferencia de unirlos en un solo simulador, muy limitado, usa los simuladores aislados, que son de mayor potencia. Estos son unidos mediante una interfaz (como se muestra en la ilustración 73) que permite trabajar en ambos de forma paralela e intercambiándose valores, gracias a dicha interfaz, consiguiendo así uno de modelos de movilidad realistas con simuladores de redes modernos y eficientes, aunque la carga computacional puede ser considerable.

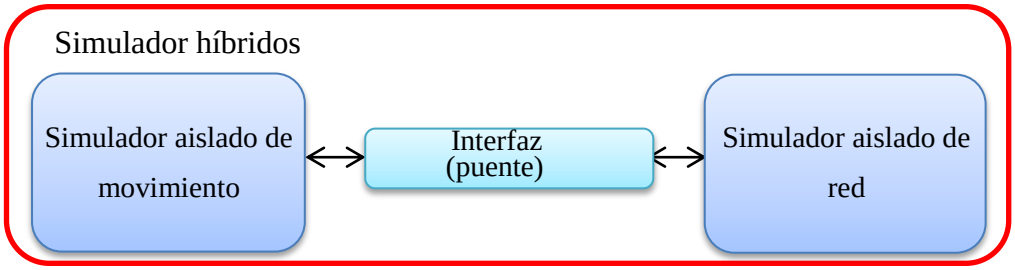


Ilustración 73 Composición de los simuladores híbridos.

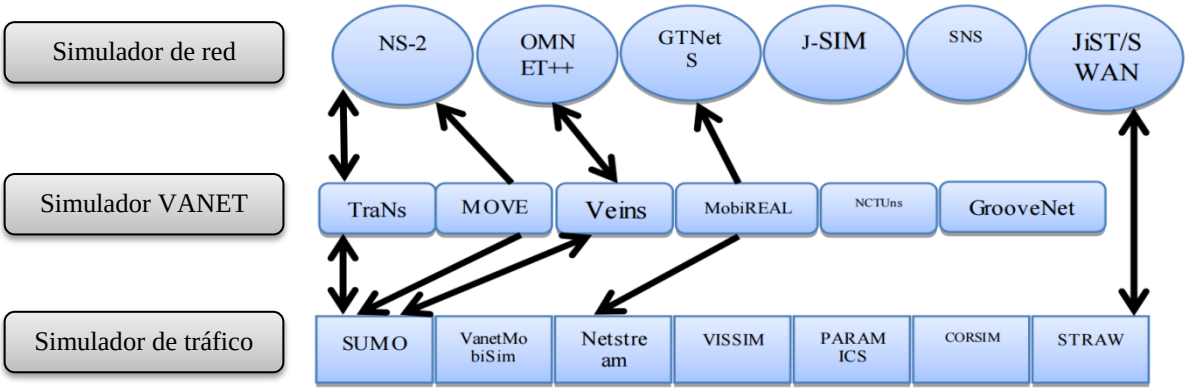


Ilustración 72 Simuladores que componen los diferentes simuladores híbridos.

De los simuladores más usados del tipo hibrido mostrados en la anterior ilustración 72, destacan tres. El *MobiREAL* es de software libre que representa la movilidad real tanto de personas como de vehículos, permitiendo obtener una evaluación detallada con adicción de modelos de redes GTetS, de aplicaciones de red, enrutamiento e infraestructura… Mientras que en MobiREAL Animator permite visualizar el movimientos de los nodos. Por otro lado está el simulador *TraNS* que usa los

simuladores aislados SUMO y NS2 interconectado que ha tenido una alta popularidad por su realismo.

Por último el simulador más importantes de los vistos hasta ahora es el simulador *VEINS* (Vehicles In Network Simulation) que se basa en eventos OMNET++ y movilidad microscópico SUMO en tiempo real, este a diferencia de TraNS en el que el simulador de red, es de eventos y modifica las rutas de movilidad los VEINS se considera el tiempo consiguiendo un mayor control por parte de la interfaz.

4.5.3.-SIMULADOR VEINS

VEINS [19] (Vehicles In Network Simulation) es un simulador de código abierto para IVC (inter vehicular communication) creado en 2006 por la universidad de Erlangen-Nuremberg (Alemania), la Universidad de Innsbruck (Austria), y con la colaboración del Centro Aeroespacial Alemán. Este simulador además de realizar mejoras, buscar el perfeccionamiento y la implementación de nuevas tecnologías, como el LTE a la simulación VANETs, que dura hasta hoy día. Nace como la necesidad de tener en cuenta el comportamiento del conductor y la modificación de patrones por necesidades como por ejemplo por emergencia, ya que simuladores estáticos y los aislados no los tenían en consideración.

Este simulador está compuesto por dos de los más destacados simuladores de movilidad (SUMO) y de red (OMNET++). Este la vertiente de movilidad se basa en el modelo microscópico (centrado en individuo independientes).

Es un simulador hibrido, por tanto permite la interacción entre las dos vertientes involucradas, es decir, tiene una comunicación bidireccional, lo que ofrece posibilidades de ampliación sin restricciones, además permite la re-configuración y re-enrutamiento, como ya se ha mencionado en apartados anteriores. Para estas comunicaciones bidireccionales se ejecuta en paralelo y conectados por un socket TCP controlado por el protocolo Traci (Traffic Control Interface).

VEISN también ofrece una completa gama de modelos-IVC específico, que puede servir de marco modular para la simulación de aplicaciones. Cada modelo está

contenidos en uno o más módulos de OMNET++ para proporcionar la funcionalidad requerida, así como se muestra en la ilustración 74.

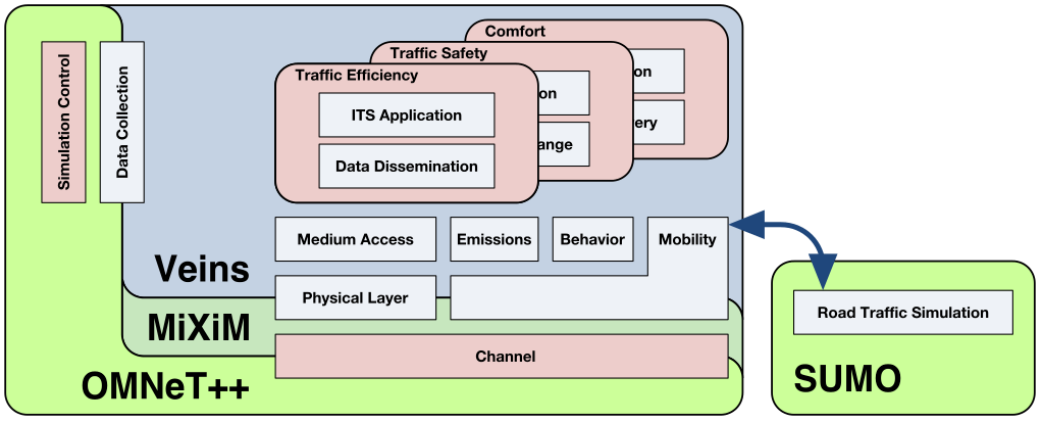


Ilustración 74 Composición de módulos y los simuladores aislados que lo componen.

Entre otras características que sobresalen en este simulador son la confiabilidad basada en el modelo de movilidad vehicular, realizado por la comunidad científica de tráfico y transporte, también tiene las bases completas y detalladas de red, usando el estándar IEEE 802.11p e IEEE 1609.4 en capas DSRC/WAVE en el que se incluye el modo multicanal, acceso al canal de QoS, el ruido y los efectos de interferencia.

En cuanto a la simulación permite importar escenarios reales de OpenStreetMap con todas sus características (incluyendo edificios, límites de velocidad, las incorporaciones de carriles, semáforos, el acceso y restricciones de giro) como se muestra en la ilustración 75, pero también se permite limitar estas caracterícelas como son los edificios, abaratando los términos computacionales y aplicar sobre estos, simulaciones en tiempo real desde una sola estación. En caso de simular grandes ciudades e impedir que esto se convierta en una situación inestable, permite el despliegue en clúster de cálculo para simulación en forma paralela con una distribución MRIP (Multiple Replications In Parallel).

Tras la simulación el programa aporta una amplia gama de indicadores que en algunos casos necesitaran de una configuración previa, estos indicadores son por ejemplo el tiempo de viaje y las emisiones.

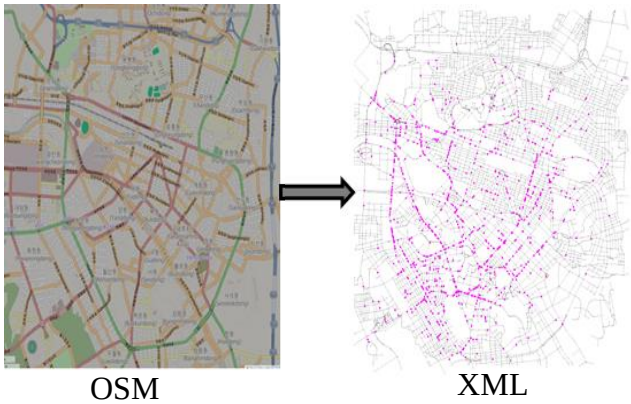


Ilustración 75 Conversión de los mapas reales para utilización en el simulador VEINS

a) Sistema Traci

Este sistema fue creado por la Universidad de Luebeck (Alemania) y la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza), en la que se buscaba la unión de ambas vertientes usando diferentes simuladores, esto dio lugar al sistema Traci que como ya se ha mencionado anteriormente, el sistema Traci es el protocolo que mediante mensaje y la incorporación de módulos de comunicación dedicada en cada vertiente permite la comunicación entre los dos tipos de comunicación. [20]

Estos mensajes son de conexión TCP en modo cliente/servidor en el que el cliente es efectuado por el simulador de red, ya que es el que marca los tiempos de ejecución sobre el simulador de movilidad, en este caso serán los simuladores OMNET++ y SUMO. Dichas vertientes son de ejecución eventual, es decir que ejecutan en intervalos regulares y de forma síncronas. Estos intervalos son marcados por OMNET++. Una vez que la red ha sido capaz de procesar todos los eventos y se lo indica a SUMO en un simple protocolo de petición/respuesta.

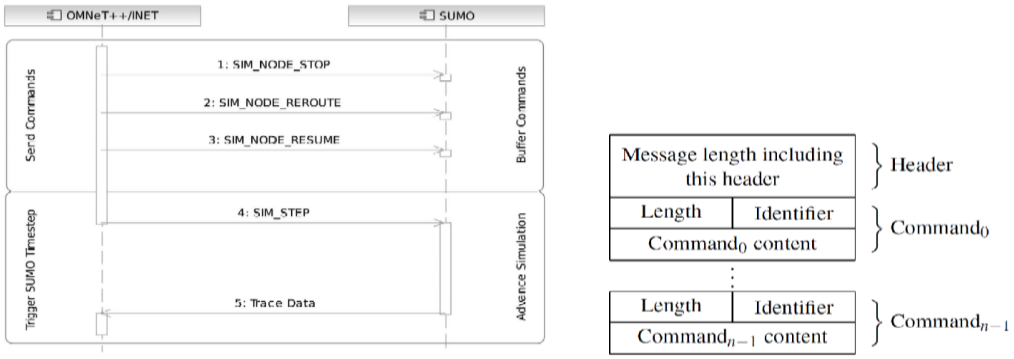


Ilustración 76 Diagrama de comunicación de los simuladores y la trama usada en dicha comunicación.

La definición de los intervalos ejecución marcará la capacidad de la simulación en hacer una representación realista, por tanto debe ser baja. Estos tiempos bajos necesitaran una mayor complejidad computacional, pero no será demasiado alta, ya que el proceso de microsimulación será muy rápida, como así lo muestra la siguiente gráfica.

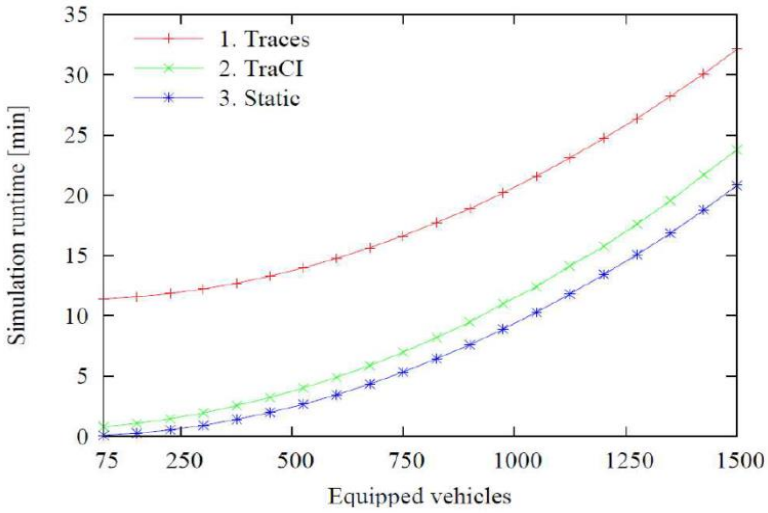


Ilustración 77 Grafica de relación de procesamiento en función de los nodos

Como se aprecia en la ilustración 77 de relación de procesamiento en relación de numero de nodos, el tiempo de ejecución del sistema Traci es cercano al modelo estático y muy inferior al modelo de trazas offline.

4.5.4.-SIMULADOR MOVE

El simulador MOVE (MObility model generator for VEhicular networks)[21] esta implementado en JAVA y se trata de un programa de simulación de licencia open-source construido sobre una base de modelo de simulación microtráfico, debido a la utilización de SUMO como generador de trazas de movilidad que posteriormente pasa a ser usado por NS2.

Este modelo de simulador nace de la necesidad de crear un sistema que pueda crear modelos a partir de trazas, los cuales necesitan un análisis que consumen excesivo tiempo en el proceso, por lo que cuando el modelo ha sido creado los parámetros han quedado obsoletos antes de terminar el estudio. Por esto se opta por la creación de

una unión de los dos elementos involucrados en la movilidad y la comunicación, como se muestra en la siguiente en la ilustración 78 que representa la arquitectura.

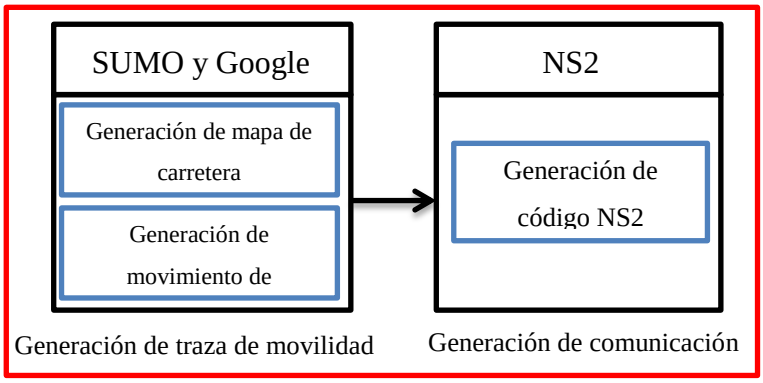


Ilustración 78 Composición del simulador MOVE.

Cuya secuencia de seguida por el programa es la siguiente ilustración:

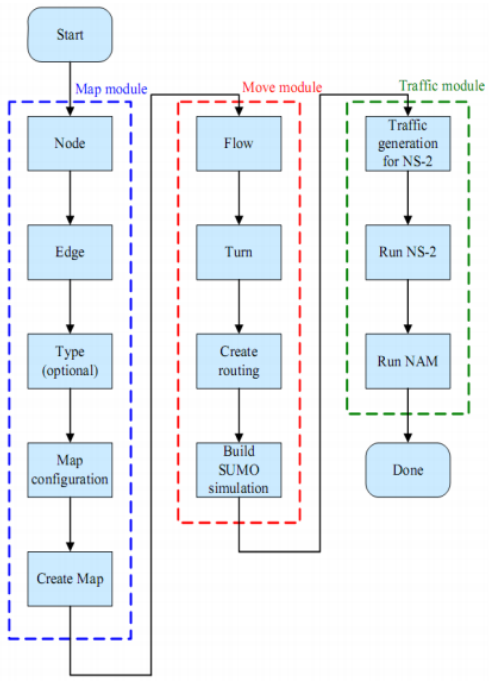


Ilustración 79 Secuencia de procesos seguida por el simulador MOVE.

El principal peso de la simulación en este programa recae sobre la generación de traza de movilidad que como ya se mencionó, esta viene implementado por SUMO que nos otorga una microsimulación de tráfico tratando a los vehículos de forma independiente. Esta generación de la traza a su vez se compone por dos secciones, la primera es la creación de las carreteras y la otra la creación de los modelos de movilidad que circularan por dichas carreteras.

b) INTERFAZ

Como en las simulaciones una primera dificultad que se encuentra el usuario es el aprendizaje de elaboración de un script especifico, en MOVE para permitir una rápida aplicación ha realizado una interfaz intuitiva, en la cual los parámetro se determinan en diferentes formularios, y estos crearán de forma automática el script que será enviado hacia el simulador de red. Esta interfaces se muestra a continuación.

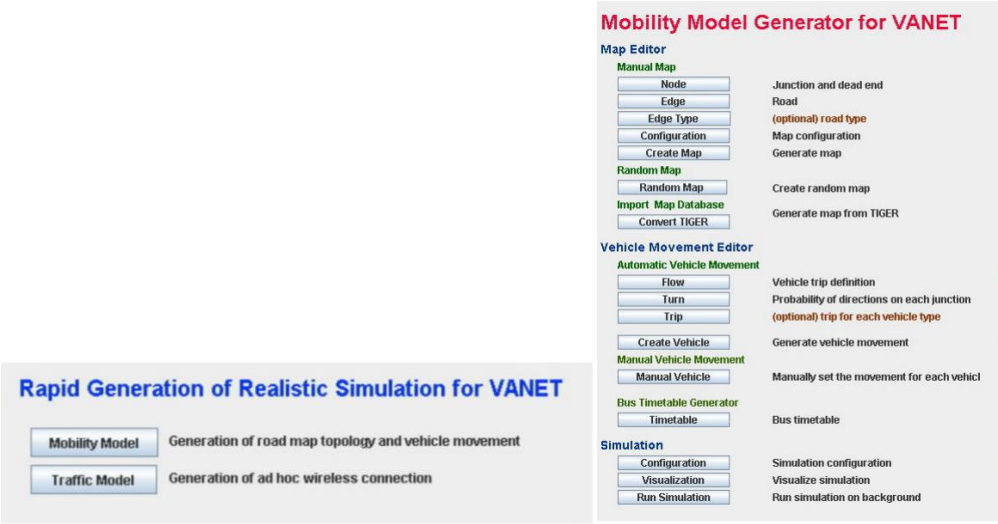


Ilustración 80 Interface del simulador MOVE.

c) El modelo de mapas

Este es el referente a la creación de topología de carretera de los se puede distinguir tres modelos, el modelo manual, el modelo automático o aleatorio y por último el modelo importado del mundo real, es decir de mapas reales.

En el modelo manual requiere la definición de los nodos, diferenciados en intersecciones controlados por semáforos o normales, o en la finalización de la carretera, y por otro lado la definición de los arcenes que acarrean incluidos parámetros como el límite de velocidad, el número de carriles, la prioridad de la vía y la longitud de esta.

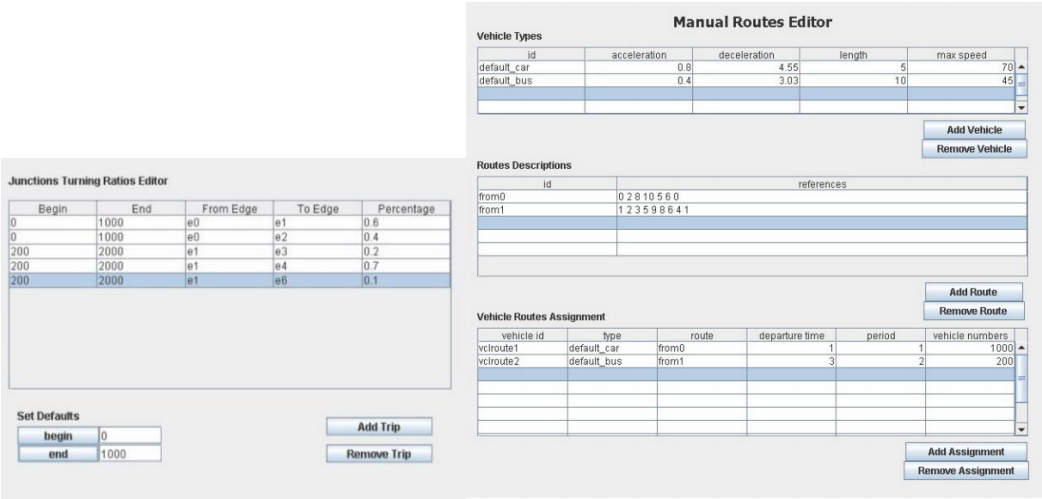


Ilustración 81 Parámetros de ajuste de la simulación

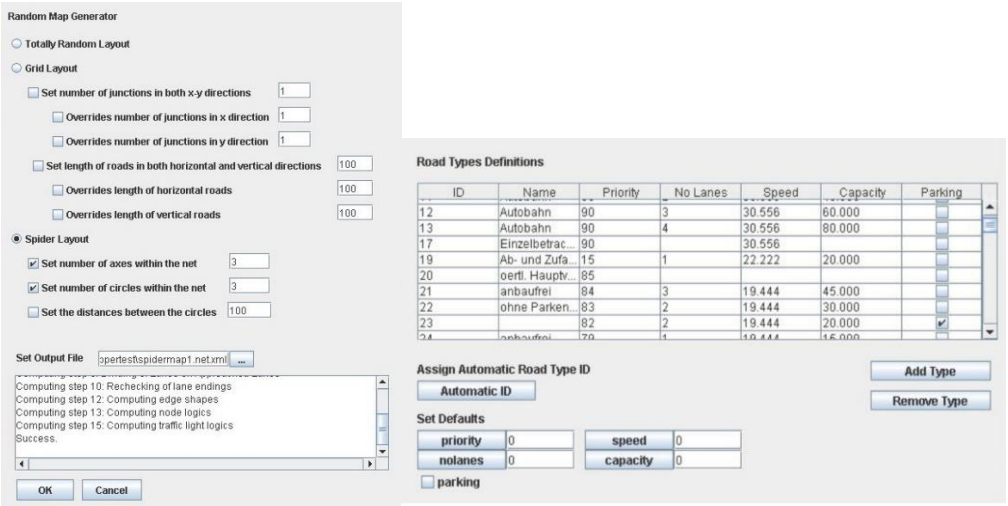


Ilustración 82 Parámetros de ajuste de la simulación VANET usando el simulador MOVE.

El modelo generado automáticamente también tiene tres posibles variaciones que son estilo Manhattan, tipo araña y del tipo red aleatoria de los que podemos especificar parámetros como las dimensiones y cantidades de las celdas para el modelo Manhattan, el número de ramificaciones y de anillos que la forman en el caso del modelo araña y las dimensiones del modelo aleatorio. Esto tipos se muestra en la ilustración 83.

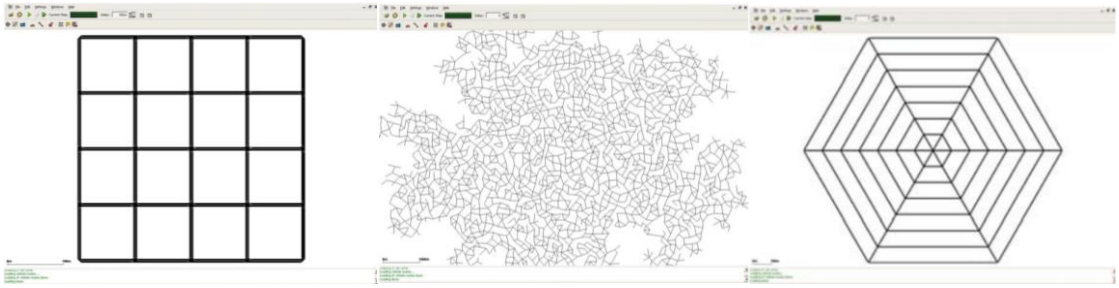


Ilustración 83 Diferentes mapas de movilidad generados por el simulador MOVE. Mahanttan, aleatorio y anillo.

Por último está el modelo importado de el mundo real que es la utilización de aplicaciones de topología exteriores que nos aportan información de ciudades o áreas rurales en la que se especifica datos velocidades de los tramos, semáforos e información característica de dichas aplicaciones. Las aplicaciones que se utilizan son openstreetmap que es la versión open-source del estilo Google Map, la aplicación TIGER (Topologically Integrated GEographic Encoding and Referencing) recogido por una base de dato U.S. Census Bureau y por último y más interesante la aplicación Google Earth que proporciona imágenes de satélite de todos los lugares de la tierra y aporta información no recogida en ninguno de los dos casos anteriores como son altitudes y latitudes entre otras muchas características.

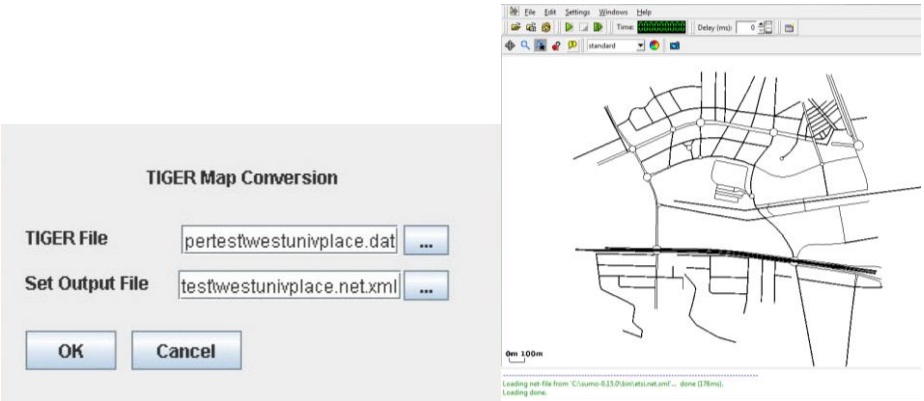


Ilustración 84 Importación de mapas reales en el simulador MOVE.

d) Modelo de movilidad

El modelo de movilidad que se puede aplicar viene definido de forma automática o generado de forma manual. En el caso de concepción automática se determina de forma generalista el flujo de vehículos formado por flotas de vehículos destinados en

el misma dirección, recogido en el parámetro como en la carretera de partida y de destino del flujo, el tiempo de inicio a fin del flujo, el número de vehículos, el tiempo de reinicio del vehículo procedente de la carretera de partida y además puede dar prioridades de giro en cada intersección. Esto se muestra en la ilustración 85.

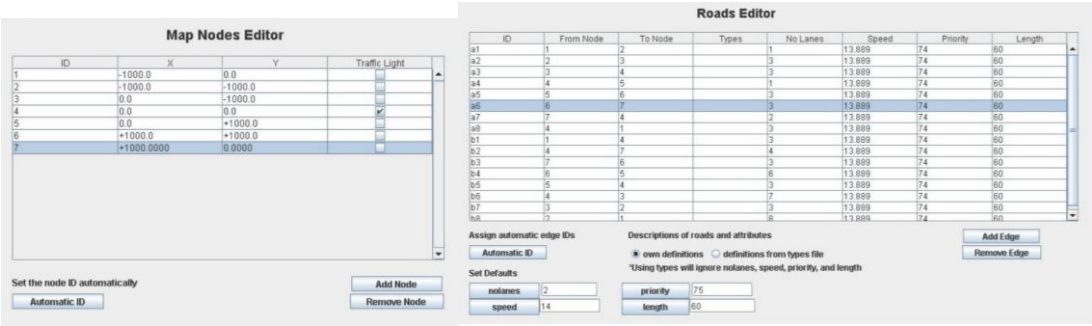


Ilustración 85 Parámetros que modifican los modelos de movilidad.

En el modelo manual se permite especificar la ruta incluida el número de vehículo que lo transita, el momento de inicio, el origen el inicio, la duración del viaje, velocidad, etc.

También se puede crear comunicaciones vehículos-infraestructura, para ello se le otorga velocidad cero al nodo en cuestión.

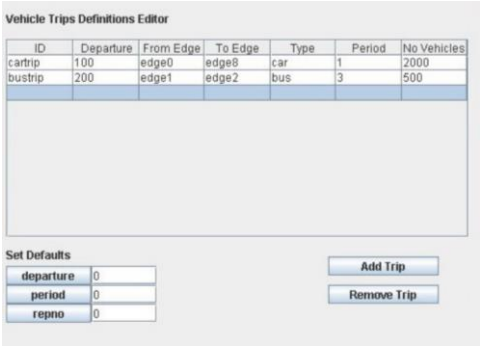


Ilustración 86 Creación de nodos específicos en el simulador MOVE.

En estos modelos de movilidad se incluyen los referentes al transporte público, permitiendo definir horarios ajustando los parámetros que influyen en estos como son las velocidades, rutas, etc. Así como el primer y último autobús, los que daría la definición de tiempo de llegada de autobuses almacenado en una memoria de bus.

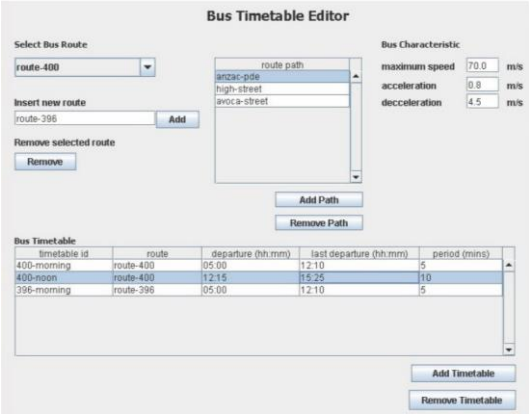


Ilustración 87 Gestión de tiempo de los nodos que actúan como servicio público en el simulador MOVE.

e) Modelo de tráfico

En el modelo de tráfico se dispone de dos simuladores, el simulador NS2 y el Qualnet, de los cuales el más usado es el NS2.

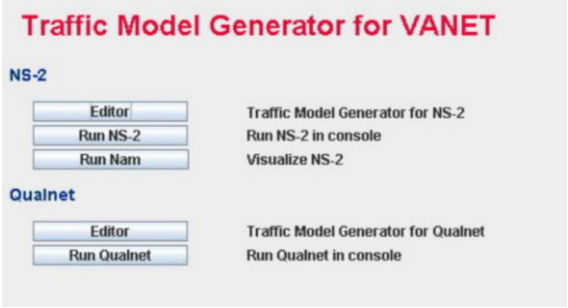


Ilustración 88 Interface gráfica del simulador TRANS.

El modelo de trafico usado por MOVE se basa en dos simuladores de redes, el primero es el NS2. Es este simulador es desarrollado por la universidad de Berkeley y está basado en eventos discreto y con lenguaje C++ u OTCL y que tiene como fundamento la prueba de protocolos entre los que se encuentra los protocolos multicast y TCP. La salida de OTCL puede ser usada por la sección incorporada NAM (Network animator) que sirve para visualizar los nodos en una posición definida por la secuencia de comando que se utilizan para comunicarse entre sí.

Los parámetros que se pueden modificar en la interfaz proporcionada por la interfaz MOVE son entre otros el canal, el protocolo Ad-hoc, el medio de propagación, la campo MAC, el tamaño de los paquetes… Esto se realiza de forma general a esto se

le suma los parámetros de la simulación (duración, que representar, topología, etc), especificaciones de la comunicación (TCP/UDP, introducción de ruido, etc), como se puede apreciar en la siguiente figura.

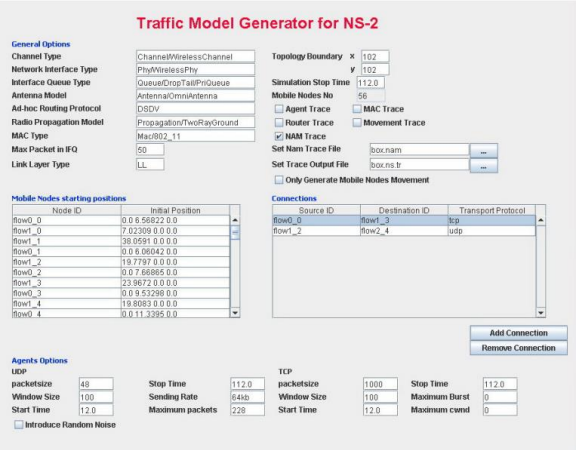


Ilustración 89 Parámetros de ajuste de red en el simulador TRANS.

4.5.5.-TRANS

El simulador TRANS (Traffic and Network Simulation Environment)[22] está basado en JAVA y es una software open-source, el cual a través de módulos integrados de comunicación en las dos partes que lo componen. Las dos partes de las que se componen son otros dos simulador independientes de tráfico y de red que también son de código abierto (open-source) como son SUMO y NS2 respectivamente. Este simulador además de los módulos integrados en ambas partes por medio de una interfaz, ya vista antes en el simulador VEINS, denominado TRACI.

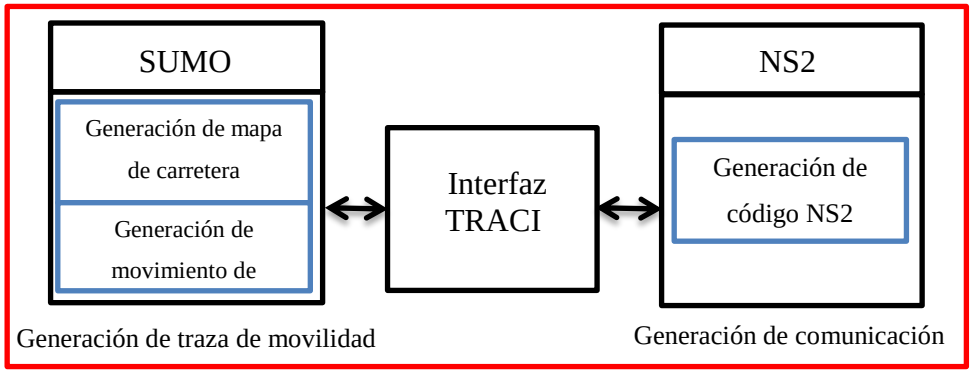


Ilustración 90 Estructura del simulador TRANS.

En este simulador al igual que MOVE utiliza los mismos simuladores para realizar la simulación VANET, a diferencia de la interfaz TRACI, por lo que el sentido de la simulación siempre irá desde la generación de traza de movilidad hacia la generación de la comunicación, limitando así un modelo realista. Además, por el hecho de compartirlo tendrán las mismas características en cuanto a la generación de los mapas, en el cual la exportación de mapas reales como entorno de simulación es la característica más significativa, debido al potencial que tiene el evaluar un punto de referencia real. Por tanto, los pasos seguido para realizar esta simulación es como se muestra en la siguiente ilustración 91.

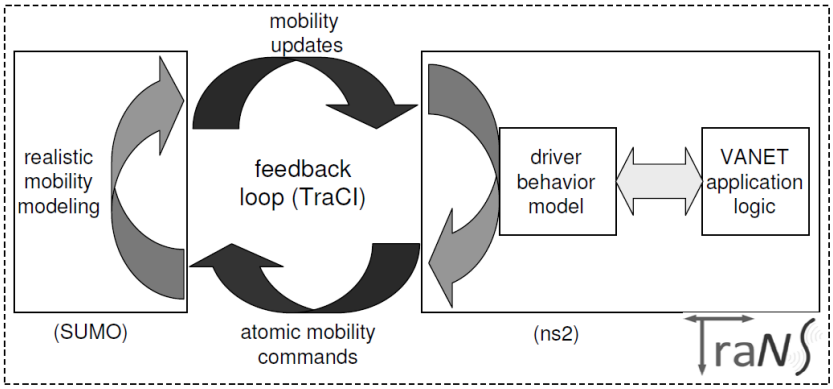


Ilustración 91 Pasos seguidos en el simulador TRANS.

Antes de la interfaz TRACI, TRANS solo realizaba uno de los dos modelos que actualmente ejecuta dicho simulador y este era el modelo de red centrada en el que el simulador de tráfico en el realizaba sus trazas y estas eran volcadas en el simulador de red para su posterior simulación. Pero esto daba lugar a simulaciones débilmente acopladas, que no producían resultados similares a los de la vida real.

Por lo tanto, como ya se ha indicado TRANS tiene dos modos de funcionamiento, uno denominado *modo de red-centrada* y el otro *modo de aplicación-centrada*. En ambos modos, el canal de comunicación entre los simuladores está configurado través de una conexión TCP/IP dedicada, tal que dos anfitriones separados pueden ser utilizados para realizar la simulación. En este caso, TRANS necesita ser instalado en ambos simuladores. Además también proporciona una interfaz gráfica de usuario que permite la rápida y sencilla puesta en marcha de todos los parámetros de

simulación requeridos como topología de la red de carreteras, el tiempo de simulación, puertos de comunicación TCP, archivos de volcado y de escenarios, etc.

a) Modo de red-centrada

Este modo es el mismo ya explicado en el simulador MOVE, es decir el simulador de tráfico genera las trazas de movimiento de los vehículos y estas son enviadas al simulador de red.

El componente principal del modo centrado en la red es el analizador, que reside entre el simulador de movilidad y el simulador de red. En el que el primero emite un mapa y la información concerniente a la movilidad sobre todos los vehículos dicha información la toma el analizador traduciendo este archivo en un formato aceptable por el simulador de redes.

Este modo, se puede utilizar para evaluar la movilidad del nodo de una forma realista, se utiliza protocolos de comunicación VANET que no influyen en la movilidad de los nodos en tiempo real. Un ejemplo es el intercambio de contenido de usuario o la distribución (por ejemplo, la música o la información de viajes).

b) Modo de aplicación-centrada

El segundo modo, denominado de aplicación-centrada, se puede utilizar para evaluar las solicitudes VANET que influyen en la movilidad del nodo en tiempo real (durante el tiempo de ejecución de simulación de tráfico). Esto tiene principal acometido en aplicaciones de seguridad por ejemplo, el frenado brusco, para evitar colisiones, etc.

Para realizar esta interconexión entre ambas partes se recurre a la interfaz TRACI, esta permite una evaluación de aplicaciones VANET que influyen en la movilidad del vehículo, es decir, aplicaciones de seguridad y el tráfico de eficiencia como lo puede ser SmartPark, centrado en las aplicaciones de arquitectura de las redes transeuropeas.

Por lo que esta interfaz permite al simulador de red modificar la movilidad de determinados vehículos en tiempo de ejecución de la simulación. A diferencia del

modo anterior, no hay una ejecución por eventos secuenciales y formación de grandes volúmenes de datos por una simulación a gran escala y a largo plazo, sino que ambos simuladores se ejecutan simultáneamente, por lo que el simulador de red podrá cambiar los movimientos de los nodos en un sector específico, modificándole sus atributos a tiempo reales, por ejemplo. Y en el caso de la generación de datos se subsana por los bucles de realimentación proporcionados por TRACI modificando los atributos en los comandos, llamados de movilidad atómica, recogidos en consorcios como Car-to-Car Communication como parada, cambio de carril, la velocidad de cambio, etc.

En una aplicación de seguridad, se comunicaría con el conductor para evitar , donde los comandos puede traducirse en tres comandos de movilidad consecutivos:

- Velocidad de cambio (reducir).
- Cambio de carril.
- La velocidad de cambio (aumento).

Es posible implementar los patrones de comportamiento más sofisticadas de los automovilistas, porque la interfaz TRACI permite la votación del simulador de tráfico por carretera para la información relacionada con la infraestructura de conducción.

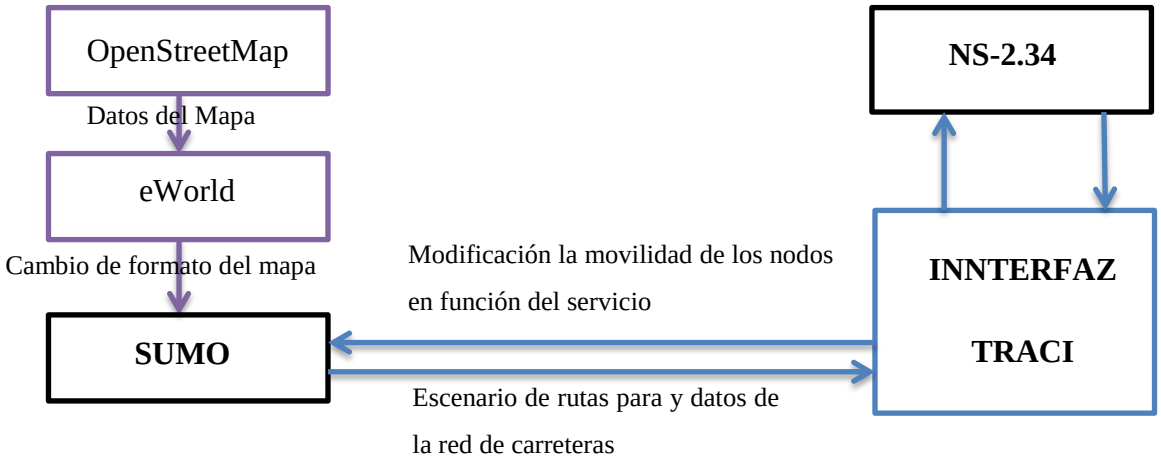


Ilustración 92 Comunicaciones generadas por el simulador TRANS.

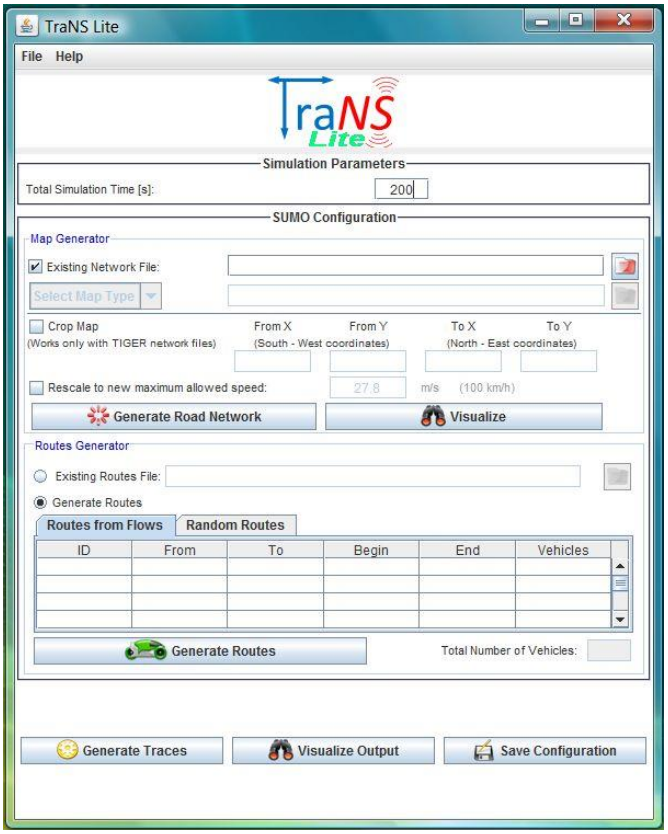


Ilustración 93 Interfaz de movilidad del simulador TRANS.

4.6.-PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO

En los protocolos hay aspectos generales que conforman los diferentes protocolos, se distinguen diferentes estructuraciones que definen a los diferentes protocolos, estos son la composición del protocolo, el algoritmo y la métrica que utilizan.

La composición de los protocolos lo forman tres secciones, una es la estructura de datos que es el uso de tablas de enrutamiento y/o bases de datos que almacena las operaciones. Por otro lado se encuentra los algoritmos que son las operaciones que realiza el protocolo (mayor importancia) y que facilita y determina el mejor camino. Por último están los mensajes entre los que se encuentran el intercambio de información de enrutamiento, el descubrimiento de router vecinos y demás tareas de toma y conserva de la información obtenida de la red.[22, 11]

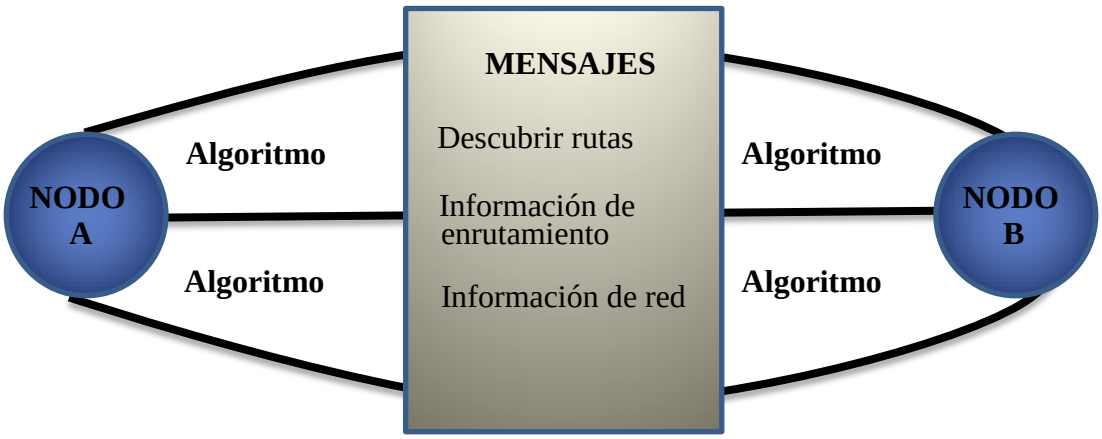


Ilustración 94 Cuadro resumen de comunicaciones V2V.

Como se ha mencionado ya, el algoritmo es el encargado de encontrar el camino mejor y más eficaz, los cuales se puede agrupar en dos conjuntos, vector distancia y estado de enlace.

El vector distancia determina la dirección y la distancia a la que se encuentra en destinatario. La distancia se mide en salto donde la ruta más óptima es la que contenga menor número de estos.

El estado de enlaces no solo tiene en cuenta el número de router por el que pasa la información, ya que hay otros factores que condicionan la comunicación como son las métricas que determinan las rutas más óptimas independientemente de la distancia.

Las características de cada técnica de descubrimiento de red se recogen en la tabla 7.

Estado de enlace	Vector distancia
Se tiene un visión general de toda la red	No conoce la red entera, pero conoce en qué dirección está por rumores
Calcula la ruta más cortas	El vector distancia se calcula en cada nodo
Actualiza la visión de la red por eventos (convergencia rápida)	Actualización de cambio periódica (convergencia lenta)
Comunica los cambio de enrutamiento de estado a los otros router	Intercambia tabla de enrutamiento de router vecinos

Tabla 7 Resumen de los tipos de análisis que realizan los estados de enlace y el vector distancia.

La métrica es el conjunto de valores que caracterizan si determinados enlaces son óptimos con respecto a otros bajo el mismo análisis. Estos valores son los que utiliza el estado de enlace para determinar la ruta. Dichos valores son el número de saltos (el número de router por los que pasa), el pulso (retraso del enlace con respecto al pulso del reloj), coste (valor arbitrario obtenido de ancho de banda y otro parámetros), el ancho de banda, latencia, carga (cantidad de paquetes gestionados), fiabilidad (cantidad de error inducidos en bits) y MTU (unidad máxima de transmisión).

En las redes VANET el protocolo de enrutamiento que se realiza en los router es el principal punto de investigación actual de estas redes debido a las características tan especiales de dicha red, en concreto al dinamismo de los nodos y su autonomía, convirtiendo los enrutamientos de alta expiración, al tratarse de conexiones muy cortas. Las dos características que se tiene en cuenta a la hora de realizar los protocolos en el descubrimiento de rutas son, el alcance enfocado a la cobertura con respecto a la cantidad de nodos que serán destinatarios y por otro lado, son los caminos seguidos para realizar dichas entregas. Dependiendo de estos se puede diferenciar tres niveles de clasificación no independientemente entre ellos.

Según el nivel de jerarquía de los nodos en el que se diferencia dos tipos, el primero de ellos es el que **no** dispone de nodos con **privilegios**, es decir todos los nodos son de igual importancia y ejercen las mismas funciones como es el protocolo AODV o DSR. Por el otro lado, están los nodos que **si** tienen diferentes **privilegios** y los cuales son los menos usados. Estos privilegios se diferencian en niveles y dependiendo de estos se le asigna distintas tareas especiales de coordinación que contribuyen a la escalabilidad, tiempo de vida y eficiencia en el consumo de energía. En este último caso, un protocolo que utiliza jerarquización es el CGSR (Cluster Gateway Switch Routing Protocol).

Según el alcance de la comunicación como son la diferenciación de la radiodifusión del mensaje entre los que se encuentra la comunicación unicast, que es la comunicación privada entre un usuario receptor y un usuario receptor, la comunicación multicast, que se trata de una comunicación privada entre un usuario emisor a un conjunto de receptores seleccionados, la comunicación anycast que es similar a la comunicación unicast pero con la diferencia por parte del emisor que no es uno específico, sino que puede que ser a uno cualquiera (similar a en una fila o cola) y por últimos la comunicación broadcast que es la retransmisión de un único emisor a un conjunto. Ha estos tipos de comunicaciones se le puede diferenciar un subgrupo divididos según la posición, es decir si diferencia de la posición geográfica para la comunicación o por el caso contrario no se tiene en cuenta.

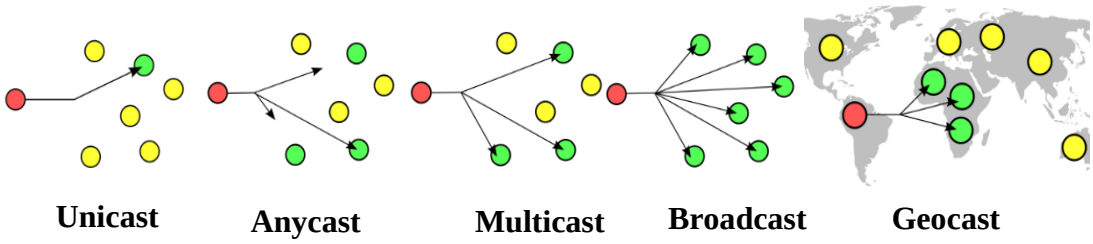


Ilustración 95 Protocolos según el envío.

Según *el establecimiento de la comunicación* (modo para establecer la ruta) se diferencia dos grupos, el primero de ellos es el tipo de ***protocolo reactivo*** que realiza la ***búsqueda bajo demanda***, es decir cuando se quiere realizar una comunicación, los cuales asumen una latencia alta para el primer paquete (por establecer la ruta), la ruta perdura un tiempo a pesar que se haya modificado la topología. Las rutas son independientes aunque realicen una misma comunicación, el número de rutas posibles para realizar la comunicación es baja con respecto a todas las posibles rutas que se pudiesen realizar, ya solo se utilizaran las más eficaces. Estas condiciones hacen que mejore el desempeño de la red, al no enviar innecesariamente datos por mantenimiento de ruta, en rutas que no se tienen flujo de datos, entre los protocolos que destaca están AODV, el DSR y TORA.

Por otro lado están los ***protocolo proactivos*** que a diferencia de lo reactivos, estos buscan periódicamente rutas aunque no se necesiten, es decir ***tiene conocimiento del entorno en la red*** utilizando una variante del estado, además esto tiene una exigencia alta de respuesta, el hecho de modificar la ruta puede afectar a cualquier nodo y en este caso el número de ruta es relativamente alta con respecto a las que existe, por lo que la latencia del primer paquete será menor y los protocolo que destacan son el FSR, DSDV y LAR.

También hay un tercer grupo de protocolos de establecimiento que solo los híbridos que combinan características de ambos protocolos anteriores, en caso de rutas cortas dentro de la actúan los proactivos en caso de enviar información a nodos lejanos se usaría protocolos reactivos.

Un resumen de las principales características de los diferentes protocolos mencionados se muestran en la tabla8 .

Protocolo	Comunicación	Establecimiento de ruta	Posicionamiento geográfico
AODV (Ad hoc On Demand Vector)	Unicast	reactivo	NO
DSR (Dynamic Source Routing)	Unicast	Reactivo	NO
TORA (Temporally-Ordered Routing Algorithm)	Unicast	Reactivo	NO
MAODV (Multicast Ad hoc On-Demand Distance Vector)	Multicast	Reactivo	NO
GeoTORA	Geocast	Reactivo	Si
GeoGRID	Geocast	Reactivo	Si
DSDV (Destination-sequenced Distance-Vector Routing)	Unicast	Proactivo	No
FSR (Fisheye State Routing)	Unicast	Proactivo	No
OLSR (Optimized Link State Routing)	Unicast	Proactivo	No
LAR	Unicast	Proactivo	Si
LBM	Geocast	Proactivo	Si
GAMER	Geocast	Proactivo	Si
ZRP (Zone Routing Protocol)	Unicast	Hibrido	No

Tabla 8 Resumen de los diferente protocolos estudiados con sus principales características.

4.6.1.-PROTOCOLOS REACTIVOS

AODV (Ad hoc On Demand Vector) [23] en un protocolo reactivo porque solo crea y permanece un enlace entre origen y destino mientras dura un evento. Este protocolo es uno de los insignes por el rendimiento aceptable que tiene, además de no generar una carga de control excesiva.

El funcionamiento de este protocolo comienza con el envío broadcast de una petición de una ruta RREQ (Route Request) en forma de inundación, donde cada nodo crea una ruta inversa, actualiza RREQ, y la tabla de enrutamiento que contiene el identificador de origen y el de destino (es un valor referente a cada nodo), el número de secuencia de origen y el de destino (sirve para evitar los bucles que se generan en la red, en caso de tener el mismo identificador y diferente secuencia se tomaría la secuencia más alta que es la actual), el identificador de emisión (para crear la ruta inversa), el tiempo de vida TTL y el contador de salto (que limita la duración y área de una petición de ruta, esto viene determinado por la cabecera IP). Si no se realiza la conexión por superar el TTL se vuelve a emitir otro RREQ con un TTL mayor, así

sucesivamente hasta encontrar el destino. Cuando se encuentra el destino o un router que si lo conoce se crea un respuesta unicast RREP (Route Reply) utilizando la ruta inversa y comienza el proceso de comunicación. En caso de modificación de la topología y pérdida de la comunicación se realiza un redescubrimiento de la ruta por lo que se considera error de ruta RRER (Route Error), el cual sucede en tres casos en el que el destino es inalcanzable, cuando se detecta la perdida de conectividad de un nodo vecino, el envío de un paquete a un nodo desconocido y cuando recibe el anuncio de un vecino de un RRER.

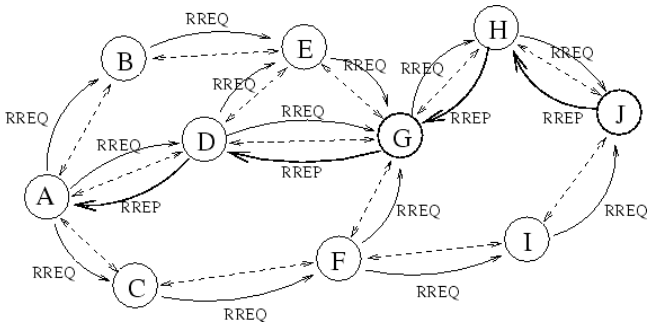


Ilustración 96 Representación del protocolo AODV.

DSR (Dynamic Source Routing) [24] en un protocolo reactivo por lo que la conexión solo existe un determinado tiempo, este usas multisalto para descubrir no solo una ruta, sino varias usando el vector dirección y tomando las que menores salto tienen. Posteriormente realiza la tarea de mantenerlas, en lo que se incluye buscar una nueva ruta si cambia la topología y cae un enlace, es decir si se produce un REP. Este al contrario de que el AODV no crea una ruta inversa, sino que recoge la información en la cabecera de los nodos que va pasando, lo que da una ventaja al producir una menor overhead, reduciendo el ancho de banda al estar restringido. El funcionamiento es el mismo que el de AODV envía una búsqueda Broadcat por inundación con RREQ y cuando esta es encontrada se contesta con RREP unicast, este tipo de protocolo funciona mejor en redes más pequeñas.

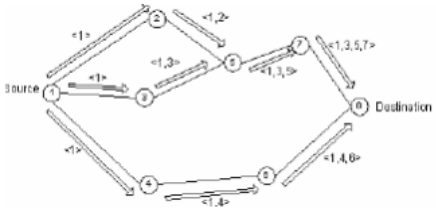


Ilustración 97 Representación de protocolo DSR de petición.

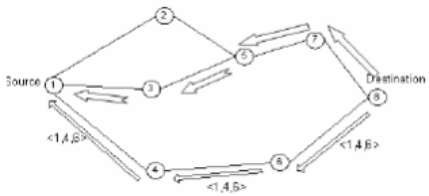


Ilustración 98 Representación de protocolo DSR de respuesta.

TORA (Temporally-Ordered Routing Algorithm) [25] es un protocolo reactivo muy similar al protocolo DSR, pero este está enfocado a mejorar la eficiencia reduciendo las reacciones de tres pasos a uno por cambio de topología, referido a enrutamiento en redes grandes y dinámicas. Para esto el protocolo detecta donde se ha producido el REP por caída del enlace, eliminándola y buscando soluciones locales, para retomar la conexión. Para esto utiliza DAG (Grafo Acíclico Dirigido) en cada nodo que contiene tres paquetes de control, QUERY (QRY) el cual contienen información de las rutas que se encuentran disponibles para realizar transferencia de datos recogidos por una emisión broadcast, UPDATE (UPD) realiza la respuesta del QRY en el que este paquete proporciona la información de las nuevas rutas creadas posteriormente a la notificación del enlace roto. Por ultimo CLEAR (CLR) elimina las rutas que no han quedado obsoletas y rotas por medio de broadcast.

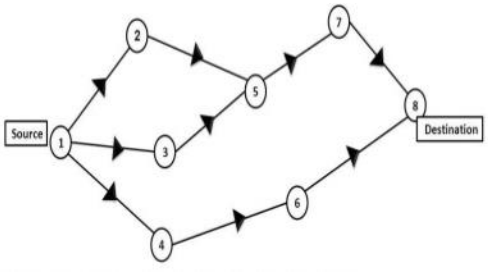


Ilustración 99 Representación de protocolo TORA de petición.

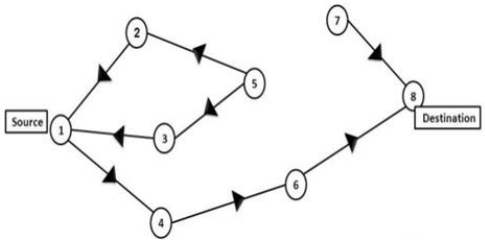


Ilustración 100 Representación de protocolo TORA de respuesta.

MAODV (Multicast Ad hoc On-Demand Distance Vector) [26] es un protocolo basado en AODV en el cual no solo conecta un emisor y destino, sino un grupo de nodos asociados que conectan de forma bidireccional múltiples fuentes y destinos, es decir multicast. Estos grupos se le denominan árboles, los cuales se mantienen mientras haya comunicación dentro de ellos. Estos árboles están gestionado por un nodo líder (suele ser la raíz del árbol) que mantienen el número de secuencia que permite que las rutas este siempre actualizada y su creación se realizara de forma similar al protocolo AODV con el uso de RREQ y RREP.A estos se le añade Multicast Activations (MACT) que es el encargado de que el árbol no tenga varias

rutas al mismo nodo del mismo árbol y que los miembros del grupo de transmisión solo sea la ruta activada y por otro lado incorpora Group Hello (GRPH)

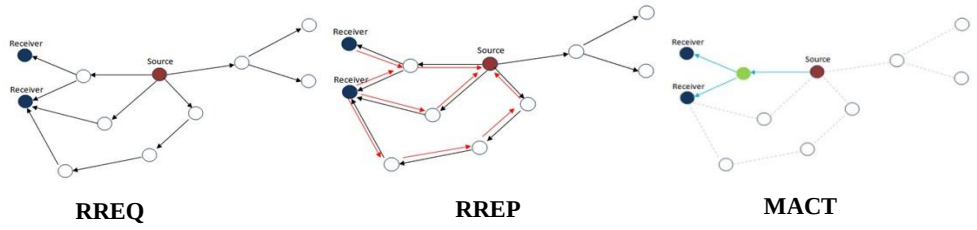


Ilustración 101 Representación de las fases de actuación del protocolo MAODV.

Para incorporar un nodo al árbol, el nodo fuente envía un broadcast hasta llegar a un nodo del árbol que se lo comunicara tanto al nodo líder, como con el propio nodo que quiere incorporase al árbol enviará un RREP, donde ya pertenecerá al árbol de modo pasivo, posteriormente se activa como parte del árbol la mejor rutas de las posibles existentes, entrándose en la de mejor métrica utilizando MACT y eliminando las otras rutas pasivas.

El mantenimiento del árbol lo realiza el Grupo Hello (GRPH) que a través del líder (primer miembro del grupo) que contiene el número de secuencia del grupo difunde periódicamente un GRPH para actualizar los nodos las distancia al líder al cual es contestado con un RREP.

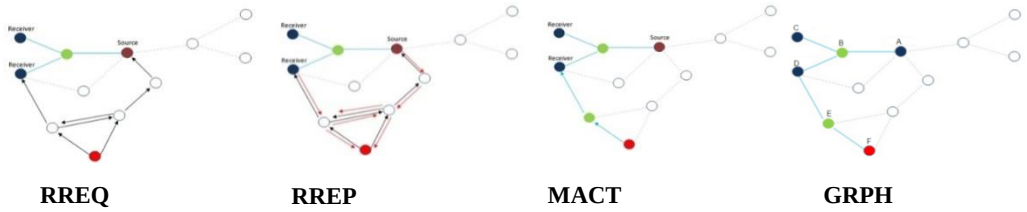


Ilustración 102 Representación de las fases de adhesión de un nodo árbol en el protocolo MAODV.

a) Protocolos de encaminamiento geográfico

Los protocolos reactivos se pueden agrupar en un subgrupo de encaminamiento geográfico, en el cual ahora los modos de enlace son determinados por la posición por lo que se tiene un geobrocast (se envía a todos los nodos situados en una determinada área geográfica), geoanycast (enviado a un nodo arbitrario de una posición geográfica) y geounicast (enviado a un nodo determinado situado en una

posición geográfica determinada). Para localizar los nodos se suele utilizar tecnología GPS pero también se puede implementar otras tecnologías como cercanía a una determinada unidad de carretera. Estos protocolos a diferencia de los protocolos anteriores no se basan en las tablas de enrutamiento según el enlace, sino que se basa en tabla de enrutamiento según el posicionamiento, muy útiles en caso de emergencias, debido a que si se realizara por enlace es menos eficiente por la cantidad de paquetes de control que circulan por la red, produciendo sobrecarga.

GeoTORA_[27] es una adaptación del protocolo TORA que estaba enfocado a grandes redes en la cual se generaba una ruta y en caso de pérdida de un enlace intermedio buscaba soluciones entorno a esa perdida. En este caso se aprovecha la actuación de este entorno para realizar una comunicación según el posicionamiento, utilizando DAG para todo el grupo, esto se realiza enviando la información a cualquiera los nodos que los componen (geoanycast) y este será el encargado de realizar el flooding en la zona Geocast.

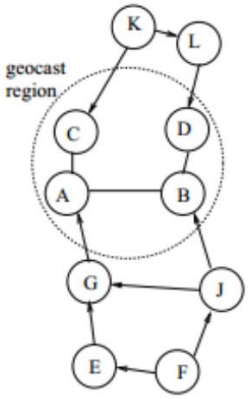


Ilustración 103 Representación del protocolo GeoTORA.

GeoGRID [28] este protocolo toma el espacio de transmisión y lo fragmenta en celdas de dimensiones (***m*** x ***n***) de donde los nodos encontrados dentro el más cercano al centro geográfico de la celda es el que actúa de nodo de puerta de enlace. Este nodo es el encargado de realizar las comunicaciones con los nodos de enlaces adyacentes lo que supone un descenso de sobrecarga de las comunicaciones al solo poder realizar comunicaciones externas dichos nodos (envíos y reenvíos). La

creación de un nodo en un nodo-Gateway comienza preguntando a través de un mensaje BID, si hay alguna puerta de enlace, este se reenvía por la zona Geocast y si no hay una contestación de otro nodo más centrado se convierte en Gateway (puerta de enlace), pero si otro nodo está más centrado es este el que automáticamente se convierte en Gateway, además el gateway cada 300 ms realiza una comprobación de la celda y si no es así comienza una nueva elección de puerta de enlace.

De este tipo de protocolo se diferencian dos formas de aplicar los enrutamientos y estos son *flooding-based* y *ticket-based*.

La utilización de flooding-base determina una zona de reenvío (rectángulo que contiene el nodo emisor y la región destino) en el que solo los nodos incluidos en esta, tiene capacidad de realizar el reenvío hasta llegar al nodo de puerta de enlace de la región Geocast, que se quiere transmitir y este realiza un flooding en su celda. Los nodos que no están en el interior de la zona de reenvío se descartan los mensajes, esto reduce la sobre carga de la red.

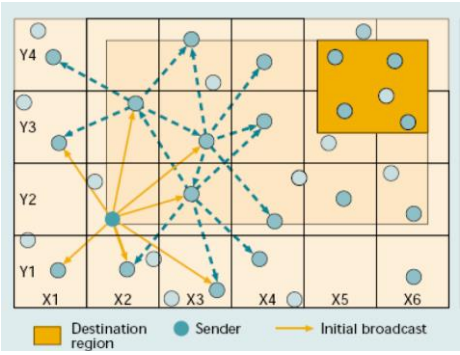


Ilustración 104 Representación del protocolo GeoGRID, por medio de flooding-base.

En la utilización de *ticket-based* también se basa en una zona de reenvío para limitar las conexiones, pero este además limita las conexiones a solo los nodos que se encuentre en la dirección de Geocast, controlando y distribuyendo desde el nodo origen los (***m*** + ***n***) tikets según la probabilidad, es decir que a un nodo que se le otorgue 2 tickets podrá reenviar el mensaje a dos nodos y cuando este mensaje llegue a la puerta de enlace de la zona Geocast se realizara un flooding en esa zona.

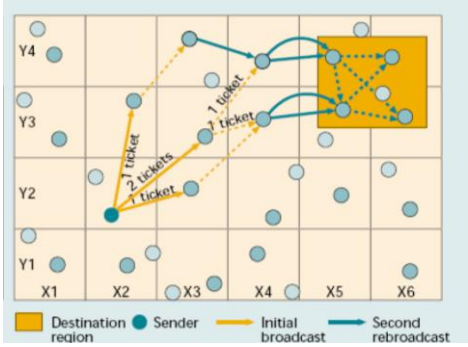


Ilustración 105 Representación del protocolo GeoGRID por medio ticket-based.

4.6.2.-PROTOCOLOS PROACTIVOS

DSDV (Destination-sequenced Distance-Vector Routing) [23] [27] es un protocolo proactivo por lo tanto este protocolo crea rutas sin la necesidad, esto proporciona que la comunicación entre dos nodos sea más rápidas en el envío del primer paquete que en los protocolos reactivo. A consecuencia del mantenimiento y actualización periódica con una cierta velocidad para tener una visión real de la red en cada determinado momento, genera una alta carga de red y hace que este protocolo no se implemente actualmente, pero que sirva como base a protocolo AODV ya visto. El protocolo DSDV es una adaptación del protocolo RIP al cual le añade un número de secuencia a cada entrada, para evitar los bucles de actualización en la tabla de encaminamiento permitiendo distinguir cual es la ruta actualizada. Para esto implementa un algoritmo de distribución de Bellman-Ford, que es un vector de distancia más eficiente y necesita menos espacio de almacenamiento que los protocolos basados en el estado de enlace. Las tablas que contienen los destinos del siguiente salto, métrica, número de secuencia de entrada del siguiente nodo, se enviaran en modo broadcast, cuando haya un cambio significante en la topología.

FSR (Fisheye State Routing) [23] [27] es un protocolo basado en el alcance multinivel, es decir diferencia la distancia de los nodos con respecto al nodo emisor y toma diferentes velocidades de actualización, dependiendo de esta distancia cuanto más cercano sea el nodo, más frecuente será la actualización del estado del enlace (alta calidad de información) y ocurrirá lo inverso cuando la distancia aumente de

forma progresiva y por tanto la información será más imprecisa. Esta actuación le aporta al protocolo sencillez, robustez y cambio parcial de actualización de enrutamiento con nodos vecinos los más usados en redes VANET. Este protocolo está enfocado a redes grandes y dinámicas ya que se basa en que las comunicaciones normalmente se realizan con los nodos cercanos lo que hace mantiene el overhead bajo, sin comprometer la exactitud de la computación y disminuir el ancho de banda.

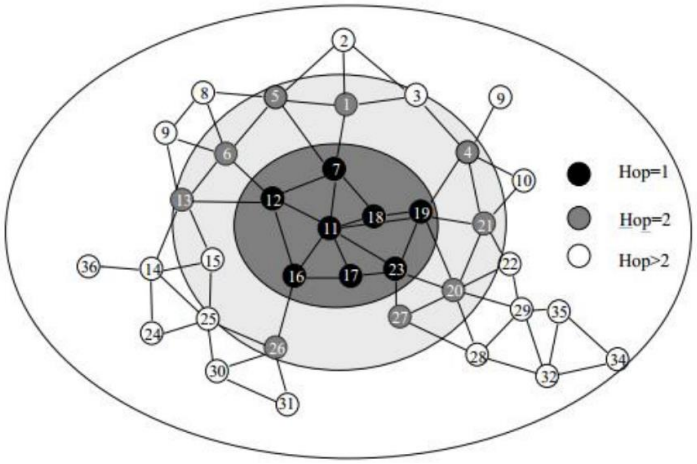


Ilustración 106 Representación del protocolo FSR.

OLSR (Optimized Link State Routing) [26] [27] es un protocolo reactivo por tanto mantendrá las rutas activas y en el que se centra en el estado del enlace aplicando una eficiencia aplicada sobre los dicho estados de enlace para aplicación de redes altamente dinámicas.

Este protocolo utiliza la retransmisión multipunto MPR (Multi-Point Relay Flooding), el cual un nodo MPR toma subconjuntos de nodos vecinos, que están a una distancia de 1 o 2 saltos, de estos, en los saltos intermedios hay unos nodos que se convierten en "*MPR selectores*" que propagan la transmisión otro salto (actualización del estado de enlace) y el resto de nodo que no pertenece al subconjunto ni "*MPR selectores*" solo procesa el paquete no lo transmite. El conjunto de MPR se le denomina MPRset y habrá un MPR cada dos saltos que permite una comunicación bidireccional ya que el cálculo de ruta solo se hace entre MPRset.

Esto reduce a la mitad los mensajes de control debido a que reduce los enlaces que transmiten dicha actualización. Por tanto cuanto menor sea el número de nodos del MPRset más eficiente será el protocolo.

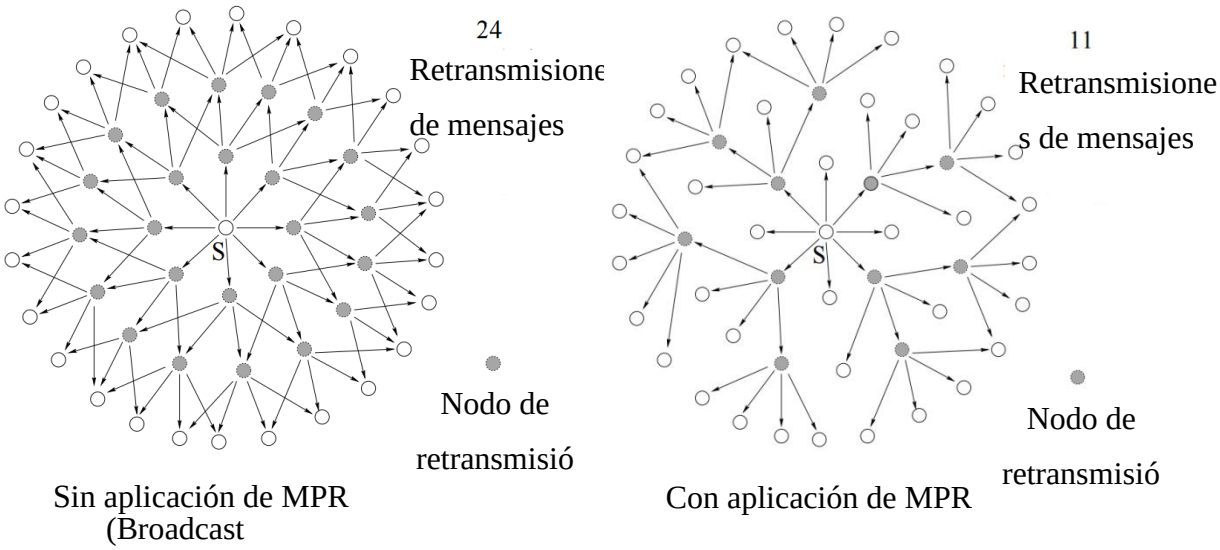


Ilustración 107 Fases de difusión del protocolo OLSR.

La actualizacion de la topologia de la red en dos saltos (conjunto de selectores a los MPR vecinos) para comprobar el estado de los dos nodos vecinos y la deteccion de nuevos vecinos, se realiza por medio de mensajes periodicos Hello, que contiene una lista de vecinos con comunicación bidireccional y una lista de vecinos que tuvieron una comunicación bidireccional, recientemente, y aun no ha sido confirmado.Po lo que diferencia entre una comunicación bidireccional, unidireccional y multipunto de difusion.

Otro tipo de mensaje que usa OLSR son los de control de topologia (TC), usados para atualizar la tabla de enrutamiento enviado de forma broadcast para informar del estado de la red o cuando se produce una ruptura, estos se basa en la tabla de entrada que contiene un tiempo de espera para chequear el estado del enlace y un numero de secuencia que identifica un conjunto MPR.

La optimización del protocolo OLSR está dirigida al tamaño de las tablas de enlaces intercambiadas y al número de transmisiones necesarias, es decir hacer la tabla de enlace se reducen lo máximo posible que permita, aportando, solo información parcial suficiente para calcular localmente el camino más corto, reduciendo de esta forma la sobrecarga de paquetes y el número de broadcast.

a) Protocolos de encaminamiento geográfico

En esta sección se describen los protocolos más destacables para redes VANET del tipo proactivo considerando la posición geográfica.

LAR (Location Aided Routing) este protocolo utiliza el mismo funcionamiento de descubrimiento de ruta que el protocolo DSDV que se basa en la tabla de enrutamiento para determinar la mejor elección posible, al que añade un número de secuencia para determinar el paquete más actualizado de los posibles bucles que se pudiesen crear. A esto el protocolo LAR que utiliza la información geográfica, normalmente dispone de un dispositivo GPS para mejorar el desempeño de la inundación de la información de una forma controlada limitando la búsqueda de nuevas rutas y así reducir el tráfico.

Para poner realizar este proceso se define dos zonas de actuación, una es la zona esperada, que es la zona geográfica donde se espera que el receptor del mensaje se encontrara debido a que se conoce el posicionamiento y la velocidad a la que se mueve. Por otro lado está la zona de pedido que es el área que incluye la zona esperada y el nodo emisor, esta zona sirve para delimitar las direcciones de propagación del mensaje, por lo que si el mensaje cae fuera de esta zona el nodo lo ignora

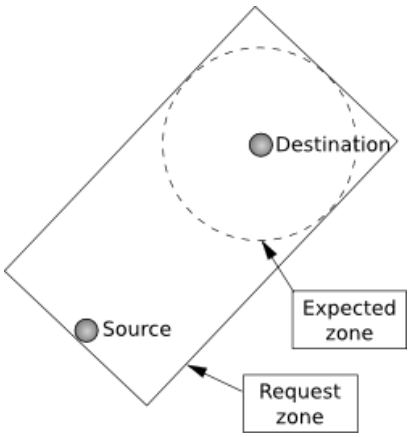


Ilustración 108Fase de difusión del protocolo LAR.

LBM (Location Based Multicast) es un protocolo basado en el anterior protocolo LAR pero a diferencia de este, no realiza una comunicación unicast, sino que se centra en un grupo de nodos situados localizados en una zona para realizar un geobroadcast o un multicast localizado. Para efectuar este enrutamiento determina las mismas zonas que el protocolo LAR, una zona de destinatarios en la que se encontraran los nodos destinatarios (según su posición y movimiento) y una zona de reenvío (contiene la zona de destinatarios y determina el área de retransmisión del mensaje), cuanto más grande sea la zona de reenvío más probabilidades hay que el mensaje llegue a la zona de destinatarios, pero también creara mayor sobrecarga, por tanto hay que encontrar el tamaño óptimo, una mejora de esto sería una zona de reenvío adaptativo, es decir que cada nodo que reenvíe la información adapte el tamaño con respecto a este nodo y no al inicial.

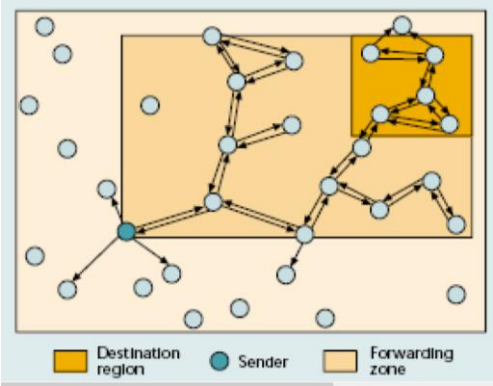


Ilustración 109 Representación de la fase de difusión del protocolo LBM.

Los nodos destinatarios que se encuentren en el límite de dicha regio pueden recibir los mensajes si la información por posicionamiento es inexacta, aunque estos estén bien situados, para evita esto se determina un umbral que expanda la zona para así albergar dichos nodos, esto no elimina el error que deberá corregirse en procesos anteriores.

GAMER (Geocast Adaptative Mesh Environment for Routing) es un protocolo que crea diferentes rutas redundantes estructurada de forma similar a la de malla, esto tiene como finalidad no perder la comunicación con la zona Geocast, ya se trata de un red muy dinámica y una sola ruta podría suponer una debilidad. Para realizar este

desempeño se definen tres puntos de actuación, el enrutamiento desde el origen, la estructura tipo malla y la zona de reenvío.

El enrutamiento desde el origen utiliza el funcionamiento del protocolo DSR (envía una petición de ruta y cuando llega al destino se devuelve la confirmación por ruta inversa) pero con la capacidad de posicionamiento que determina la zona de actuación del envido unicast, evitando la inundación de la red completa, además del uso de más de una ruta. Cada paquete lleva la lista de los nodos por lo que pasa en la cabecera por lo que no hace falta que los nodos mantengan el estado, pero por contra un encabezado tan pesado sobrecargará la red.

Estructura tipo maya sirve para crear camino alternativos dentro de la zona de reenvío que cambia de forma dinámica adaptándose en tiempo real produciendo mayor o menor densidad de maya según esta.

La zona de reenvío es como la ya utilizada en protocolos anteriores como LAR o LBM determinando el área de transmisión hacia el destinatario designado por una zona obtenida por su última ubicación y la velocidad a la que se mueve. Esta región se puede adaptar de forma dinámica a la topología de la red. Tres tipos de distribuciones de la zona de reenvío:

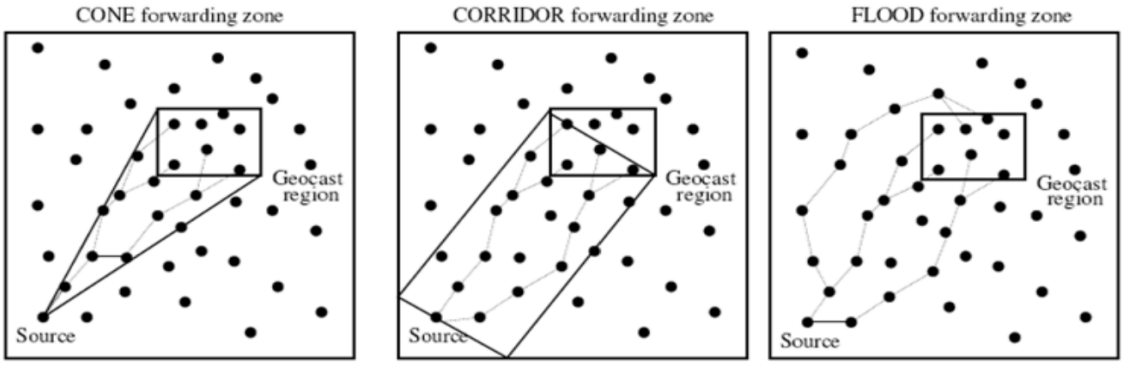


Ilustración 110 Métodos de actuación para difusión en una región Geocast mediante el protocolo GAMER.

4.6.3.-PROTOCOLOS HÍBRIDOS

Estos protocolos emergen como un punto intermedio entre los protocolos reactivos y los proactivos con el fin de aprovechar las mejores características de ambos grupos de protocolos. Estos se basan en la creación de grupos locales que utilizan las características de los protocolos proactivos (manteniendo rutas entre estos) y la conexión entre estos grupos se realice por medio de las características de los protocolos reactivos (creación de ruta bajo demanda).

ZRP (Zone Routing Protocol) [28] es un protocolo que busca solucionar la sobrecarga de los protocolos proactivos y la latencia de los protocolos reactivos, para ello determina zonas locales formadas por nodos vecinos en la que se realiza protocolos proactivos de nominado IARP (Intrazone Routing Protocol) en las que se crean tablas de encaminamiento de la zona. Sin embargo en comunicaciones a nivel global se usa mecanismos reactivos que encaminan los paquetes entre las distintas áreas locales, a este se le denomina IERP (Interzone Routing Protocol).

El sistema IERP está basado en el sistema de distribución de borde BRP (Bordercast Resolution Protocol) que permite dirigir consultas fuera de la red local, en vez de ir nodo por nodo, esto hace necesario un control de consultas para evitar mensajes redundantes, este control consulta la tabla de encaminamiento de cada zona hasta encontrar el destinatario.

La determinación del tamaño de la zona es un factor importante, el cual se tendrá que tomar en consonancia con el tipo de red que este dirigida o a que sección de esto está enfocado. La elección de un radio pequeño de la zona, es más recomendable para áreas de alta densidad ya que tendrá menos nodos y se moverán más lentamente, en cambio los radio grandes se enfocan a baja densidades ya que los nodos tendrán una velocidad más altas y cambiaran más de posición.

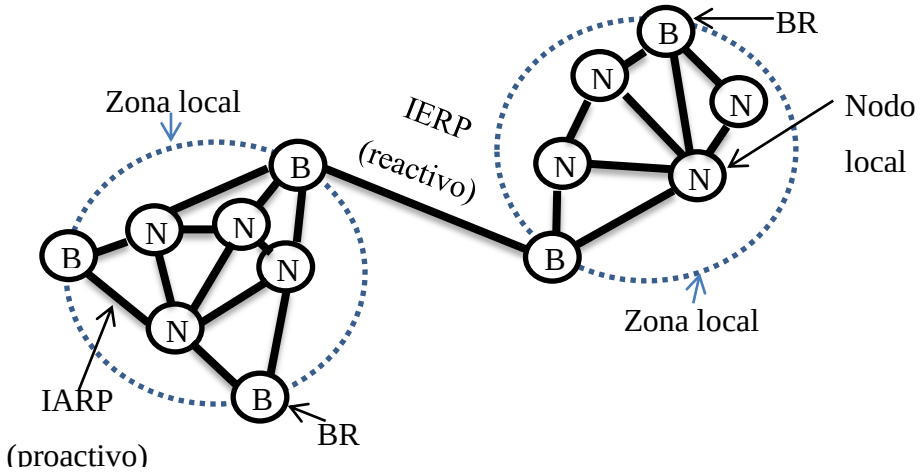


Ilustración 111 Representación del protocolo ZRP.

4.7.-CONCLUSIÓN

En este capítulo se estudia la red VANET, así como sus características. La red VANET es una variación de las redes MANET, debido a sus peculiaridades en cuestión de tiempos de conexiones complican los tipos de enrutamientos, especialmente entre OBUs. Mientras que la infraestructura es similar a la formada por la DGT, es decir distintos niveles que ejecutan distintos grados de actuación a partir de las diferentes informaciones recogidas o generadas por las RSUs u OBUs. Esta informaciones son completadas y suministradas a su vez a los OBUs que la recogen y las clasifican en distintas capas (datos estático y dinámicos), formando así el mapa dinámico local o LDM. La recepción de estas informaciones podrían verse deterioradas cuando la densidad de vehículos es muy cuantiosa, ya que se generaran una multitud de conexiones (cada vehículo realiza varias), por tanto en situaciones de atasco, por ejemplo, se hace necesario la creación de grupos para reducir dichas conexiones y que así no afecte a la operatividad de la red.

Otro de los temas estudiados en este capítulo es la conformación de los elementos que forman la red, es decir de la RSU y OBU, de los cuales se muestran los prototipos y como se conformarían. Además se indica como se realizaría las comunicaciones entre los elementos, entre los que se incluye la principal motivación de la red, la seguridad vial (advertencia en circunstancias fijas y móviles) y en

especial la captación del vehículo ante un accidente y el tipo de mensaje que se lanzaría para una mejor actuación por parte de la administración pública.

Otro punto de general interés es el tema de la seguridad, debido a que este es un punto clave en todos los tipos de redes del mundo, pero en especial en esta red se hace más acuciantes, debido a que la red VANET necesita de nodos terceros que permitan mantener y gestionar comunicaciones, por tanto pudiera ser un punto de posible debilidad. Para evitar incertidumbres se propone diversas aplicaciones de seguridad como son el uso de PKI y en caso de grupos la combinación de las PKI con un calve privada.

Otro apartado que se estudia en este capítulo es un estudio de los principales simuladores que se utilizan para estudiar las redes VANET y que son de gran importancia, debido a que estos suponen un considerable ahorro y herramientas de investigación. Dichos simuladores se componen de dos vertientes independientes, una de ella es la referente a la movilidad y la otra con respecto a la red.

Dentro de los simuladores de movilidad se distinguen dos planos de actuación dependiendo de la conformación del estudio, ya que pueden enfocarse de forma macroscópica, la cual permite una mayor visión de la red sin entrar en materia tan complejas y por tanto realizando una simulación más ligera, mientras que por el otro lado se encuentra la forma microscópica que actúa sobre cada vehículo como nodos independientes, por lo que incrementa su nivel computacional.

Posteriormente se realiza un análisis de los simuladores que existen actualmente, de entre estos simuladores se diferencian tres categorías diferenciadas, la primera son los simuladores aislados, que son los que la movilidad y la red actúan independientemente sin interconexión entre unos y otros. Los siguientes simuladores son los simuladores integrados, que unen ambos simuladores conformando uno solo, estos tienen rendimientos menores, ya que al unirse se restringe parámetros para hacerlo más fluido. Por último, se encuentran los simuladores híbridos que utilizan sistemas interface que permite la conexión entre los simuladores aislado, estos son los más aprovechamientos de ambos sectores.

Los simuladores más utilizados son los simuladores híbridos, por lo que en este capítulo se hace un análisis de los más destacados de esta categoría. El simulador que

finalmente reúne las mejores características para una simulación de redes VANET es el simulador VEINS que permite la unión de dos de los mejores simuladores aislados (SUMO y OMNET+) a través de la interface TRACI.

Por último, en este capítulo se estudian unas series de protocolos que pueden ser usados por las redes VANET. Este estudio es el más complejo de los estudiados, debido a las condiciones tan dificultosas que supone las conexiones de una red vehicular, por tanto es el mayor concentración de estudios que se están realizando hoy en día, ya que de este depende la exitosidad de la red. Estos protocolos tienen diversas variaciones realizadas por universidades, proyectos privados y públicos, por lo que una concreción de esto se hace complicada.

La utilización de los protocolos podrá variar de la zona a la que vaya dirigida buscando una mejor eficiencia en la distribución y transmisión de datos, por tanto se podría dar el uso de diferentes protocolos en una misma localización dependiendo de la época del año en al que se sitúe, de la misma forma no se tratara unos tramos de vías que otros como por ejemplo una autovía o un casco urbano.

Los protocolos se diferencian en protocolos reactivos (crean rutas bajo demandas), proactivos (conocen todos los nodos de la red), híbridos (utilizan los dos protocolos anteriores) y por último los protocolos geográficos que se encuentran en los incorporados en los protocolos anteriores (selecciona un área geográfica hacia la cual se realizará la comunicación). Para las redes VANET se necesita un protocolo que incluya todos los protocolos anteriores dependiendo del caso, aunque la mayoría de las veces la comunicaciones se generarán entre nodos vecinos, por lo que cobra mayor sentido los protocolos proactivos de corto alcance, ya de esta se mejora la comunicación al disponer de rutas paralelas, debido a que las conexiones son muy volátiles. En el caso de necesidad de envío de información a una zona desde la DGT, tendrá una mejor acogida un protocolo hibrido con la utilización con geolocalización como el protocolo ZRP ya que al distribuirse en un área alejada le protocolo de enrutamiento hasta la dicha área, es preferible que sea un protocolo reactivo ya que no sobrecarga la red con múltiples conexiones y una vez situado en dicha área gracias a la tecnología GPS, es decir al aplicar geolocalizacion, una vez en la zona se emplearían un protocolo proactivo por lo ya explicado anteriormente, por tanto el protocolo ZRP sería el más adecuado.

Actualmente no existe un protocolo referencia que sea el más usado, ya que como ya se ha mencionado este es el punto de más conflictividad de la red y la aparición y estudio de nuevos protocolo mejoran los resultados sobre los protocolos bases aquí explicadas.

5.-CAPÍTULO V: LEGISLACIÓN Y PROYECTOS EXISTENTES

5.1.-LEGISLACIÓN

La legislación son una serie de normas que permiten simplificar el desarrollo de productos, a la vez que se reduce los precios y que permite la comparación de estos. Estas diferentes normas se recogen en estandarizaciones de protocolos, modelos de arquitectura y tecnología, que permiten ofrecer cierta calidad demandada, entre otras la interconectividad e interoperabilidad. Las redes VANETs son un área de estudio dentro de las ITS (sistema inteligente de transporte) cuya mayor finalidad es la seguridad vial.

Los estándares son globales, es decir cualquier parte del mundo puede adoptarlo, pero su desarrollo es del tipo geolocal, es decir uno o varios estados o empresas pueden crear una normalización de una investigación nueva o una mejora de una existente. Por este caso se dan estándares distintos de una misma aplicación, cosa que sucede en el caso de la normalización de las redes VANETs, donde encontramos varios estándares de los cuales los más importantes son los que incumben a las grandes potencias como son Estados Unidos de América, Europa y Japón. Estos estándares no son iguales pero si similares, en cuanto a normas generales.

Tras el interés de dos potencias mundiales por la estandarización de las comunicaciones vehiculares se ce crea una iniciativa por parte de los EE.UU. DOT y CE DGINFSO para conformar unas directrices globales de C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems).

Estas directivas están enfocadas a la permisión de operabilidad entre los estándares centrándose en la evaluación dela comunicación y la seguridad en IEEE 1609 WG y la ISO TC204 WG16 respecto del conjuntos de protocolo para mensajería (WSMP y FNTP) y de anuncio de servicios de emergencia (WSA y FSAP) especificado en el estándar IEEE 1609.2, IEEE 1609.3, ISO 29281-1 e ISO 24102-5. [29]

Esta unificación se ha establecidos en ciertas partes de la arquitectura, por lo que se ha visto a revisar las normas FSAP ISO 24102-5, FNTP ISO 29281- 1, WSMP y WSA IEEE 1609.3 y IEEE 1609.2 referido a los elementos comunes recogido en la

norma ISO 16460 (formatos de mensaje) y el IEEE 1609.2 (seguridad) quedando de la siguiente forma:

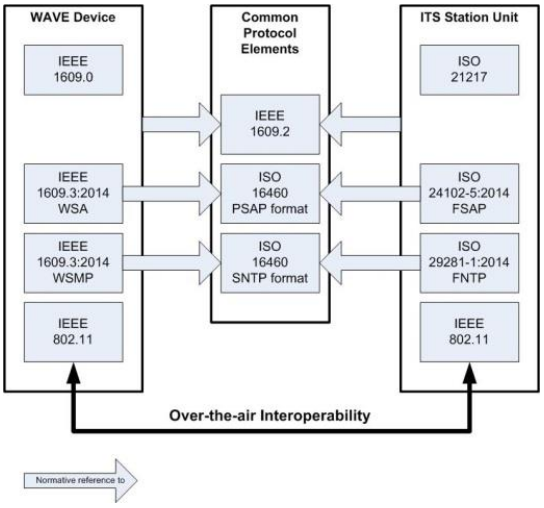


Ilustración 112 Representación de los estándares ISO e IEEE para redes VANET y normas de compatibilidad entre estas.

A estas directivas ya se han unido países como Japón, Australia y corea del sur.

5.1.1.-ESTANDARIZACIÓN DE USA

La agencia de estandarización de los Estados Unidos de América es la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Estados Unidos fue el pionero de la estandarización de la comunicación inalámbrica de los vehículos ya que en 1999 la FCC (Comisión Federal de Comunicación) elaboraron algunas líneas de actuación o marcos como [30] el ratificado en un congreso sobre los sistemas de transporte inteligente mundiales en Madrid en Noviembre del 2003, en el que se estableció el espectro de 75MHz entre las frecuencias de 5.855 y 5.925 GHz para a comunicaciones de corto alcance del tipo V2X llamadas DSRC con una pretensión de realizar una transferencia de datos alta y una baja latencia dentro de la pequeña zona de trasmisión.

En 2002 la ITSA (Intelligent Transportation Society of America) hace una adaptación de unas normas que determine la dirección de la capa de red y la capa de control de acceso al medio (MAC).

En 2003 La ATSM (The American Society for Testing and Materials) aprueba la ASTM-DSRC estándar el cual se basó en la capa física de IEEE 802.11a y en la capa MAC de 802.11 que fueron publicados como ASTM E2213-03.

En febrero de 2004 Se funda la IEEE TFp (Task Force p) que realiza definiciones referente a la arquitectura recogidas en el estándar IEEE 802.11p y especificaciones tanto en la red transporte como en la de aplicación, la cual es recogida en el estándar IEEE 1609. También se publican las normas gubernamentales a través del FCC que permite utilizar libremente este espectro, pero con la restricción en la forma de su utilización, con el fin de conseguir evoluciones en este campo.

La unión de los estándares 802.11p y 1609 forman el denominado WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments), es decir el WAVE es un conjunto de estándares desarrollado por el DOT (Department of Transportation) dedicado a comunicaciones de corto alcance (DSRC), el cual determina el acceso y soporte de las comunicaciones vehiculares.

a) Estándar IEEE 802.11p

El estándar 802.11p se centra en la definición de arquitectura en general y por ello es la encargada de la normalización de la capa física y la capa de control de acceso al medio. Para ello se centra en estandarizaciones anteriores proveniente de la IEEE 802.11.

La atribución de las reglas de DSRC que se recogieron en su mayor parte en IEEE 802.11a evolucionaron en el 802.11p que sirvió de adaptación a las redes VANETs. Estos estándares se basaba en la asignación de 75 MHz de ancho de banda desde 5.855 y 5.925 GHz lo que daba lugar a 7 canales de 10MHz de ancho de banda, de los cuales el canal central es el canal de control (CCH) encargado de la seguridad, seguidos hacia ambos lados, dos canales de servicio (SCH) que se pueden usar también para seguridad, y delimitando con estos un canales de uso reservados a su extremo, el primero de seguridad de vida critica está enfocado a salvamento , mientras que el ultimo canal de alto poder de seguridad publica utilizado para tener mejor rango, ya que se necesita un alto nivel de transmisión . Se muestra la asignación en la siguiente figura:

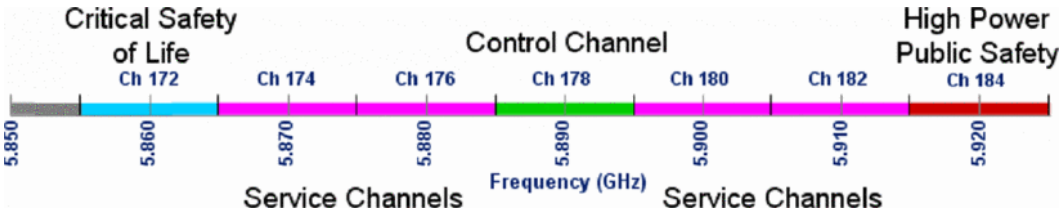


Ilustración 113 Distribución de los canales en el estándar IEEE 802.11p.

Debido a la características de las redes vehiculares la utilización de estándares anteriores 802.11a sufren al degradaciones, por lo que da lugar a tener que mejorar la capa de acceso al medio y también la física para permitir mejores eficiencias, en estas circunstancias, el escaneo de canales referencia como un punto de acceso para los múltiples handshake necesarios para establecer la comunicación. Esto hace que se incremente la complejidad y gastos indirectos altos (este es el caso de la conexión de dos vehículos que circulan en dirección opuesta, la duración entre estos es extremadamente corto).

Debido a esto la IEEE 802.11p mejora las siguientes dos capas:

- Capa física (PHY) la principal característica de esta capa es la utilización de modulación OFDM(Orthogonal Frequency Division Multplexing) de uso de multiportadora, con tasas de transmisiones que varían desde 3 Mbps hasta unos posibles 27 Mbps, que lejos queda de un estándar como es la rede wi-fi (802.11) de 54Mbps. Esta capa usa 52 portadoras (48portadoras+4pilotos) cada subportadora está separada por 156.25KHz moduladas desde BPSK, QPSK, 16-QAM hasta 64-QAM con tasa de codificaciones 1/2, 2/3, o 3/4. [31] Los intervalos de símbolos son de 8µs (GI, Guard Interval de 1,6 µs).

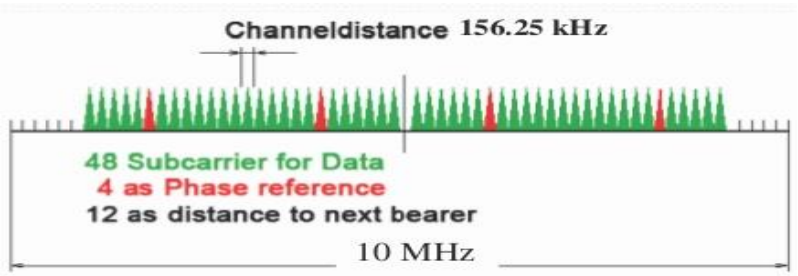


Ilustración 114 Distribución de la modulación utilizada en IEEE 802.11p.

Característica de Conexión de datos inalámbricos	WAVE (802.11p)
Tasa de Bit	3 – 27 Mbps
Rango de comunicación (cobertura)	<1000m
Potencia de trasmisión móvil (máximo)	760 mW (USA)
	2W (EU)
Ancho de banda de canal	10 MHz
Espectro permitido	75 MHz (USA)
	30 MHz (EU)
Bandas de frecuencias	5.86 – 5.92 GHz

Tabla 9 Resumes de las características mas importantes de WAVE.

- Capa de control de acceso al medio (MAC) esta capa utiliza un acceso eficiente como es la CSMA/CA (Detección de portadora de acceso múltiple con la prevención de colisiones), aunque también tiene la posibilidad de recepción, tiempo de acceso, control de gestión que son soportes de calidad QoS del tipo 802.11e que permite priorización de mensajes.

b) Estándar IEEE 1609

El estándar IEEE 1609 es una familia de Normas que permiten el acceso inalámbrico en entornos Vehicular (WAVE). Este aborda de manera plenamente esta última cuestión, y proporcionan una base suficiente sobre la organización de las funciones de gestión y modos de operación de los dispositivos de las capas de red, transporte y aplicaciones. [32]

La última actualización se realizó el 09 de abril de 2013 en la cual se mantiene la estructura de subnormas, las cuales son las siguientes:

- 1609.0 (arquitectura) Esta parte de la norma está basada en la arquitectura general (OBU y RSU) y los tipos de comunicaciones. Como los servicios son del tipo multicanal trabaja en la adaptación sobre las bases elaboradas por el DSRC.

- 1609.1 (Administrador de recursos) es el estándar que describe la administración de recursos (RM,resource manager “administrador de recursos”) con sus socios RCP (resource command processor “procesador de comandos de recursos”) que permite aplicaciones en lugares remotos RMA (resource manager application

"aplicación de administración de recursos"), se comuniquen con los dispositivos conocidos como unidades a bordo (OBU), a través de dispositivos conocidos como unidades de borde de la carretera (RSU).

La RM (o proveedor que puede residir en un RSU o OBU) envíe las órdenes recibidas de la RMA para la RCP (o usuario reside en un OBU). A su vez, la RCP ejecuta las órdenes que recibe y responde a la RMA a través de la RM. En este caso si se utilizase IEEE 1609.3 la RM podría ofrecer servicios del tipo en que la RMA accediera a memoria o interfaz de usuario propio o de otro OBU controlado por PCR, de esta forma el RM actuaría como RMA en la capa de aplicación. [33]

En general, las RMA se comunican con uno o más RMs por una red cableada segura, mientras que un RM comunica con una RCP sobre el enlace inalámbrico en el que la seguridad puede estar ausente.

La RM realiza una multiplicación de múltiples RMA de una manera que permite a cada RMA comunicarse de extremo a extremo con RCP.

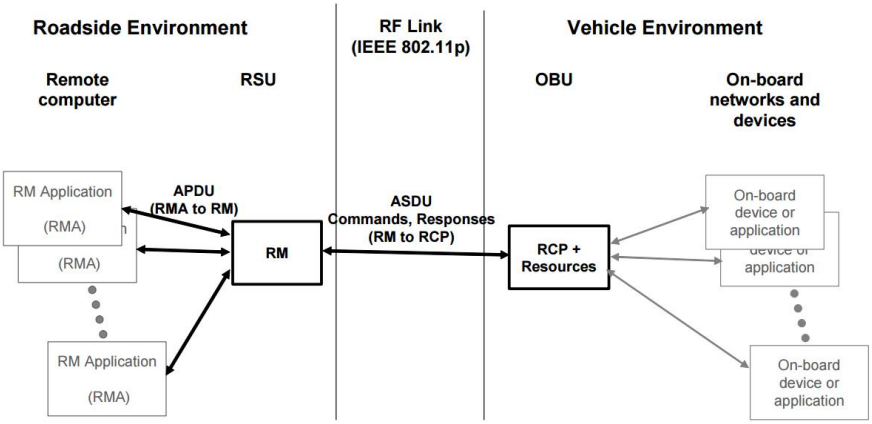


Ilustración 115 Representación de la gestión de las aplicaciones y recursos en el estándar IEEE 1609.

- 1609.2 (seguridad) la seguridad es la capa transversal que afectas al resto de capas y uno de los puntos claves de todas las redes. Para ellos se especificarán los servicios que se pueden utilizar para proteger los mensajes de ataques, tales como el espionaje, la suplantación, alteración de información... Además, el hecho de que se distribuya en vehículos particulares, cuyos propietarios tienen derecho a la privacidad, significa que en la medida de lo posible, los servicios de seguridad deben estar diseñados para respetar ese derecho y no tener brechas de seguridad en identificación o de información.

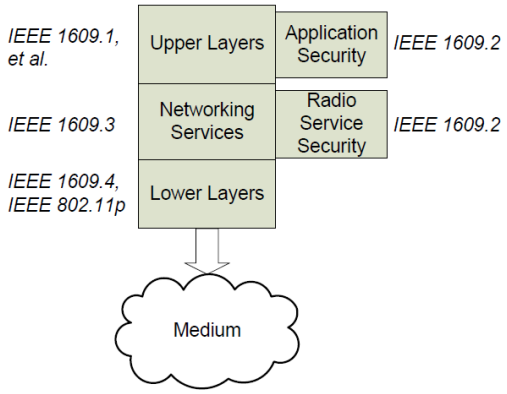


Ilustración 116 Representación sobre que capas se aplica el mayor esfuerzo de seguridad.

Aunque la capa de seguridad sea intrínseca en todos los niveles, los métodos de actuación de esta capa se centran en las dos capas superiores, es decir la capa de aplicación y la capa de red. En la última como se verá a continuación se divide en dos, en la pila WSMP (para difusión) y en la pila UDP/IP (transacción de aplicación del tipo unicast). Los órganos que se encargan de gestión de estos y por tanto los puntos a los que los atacantes se dirigirán son el notificador previsión de servicio WSA (detalla el servicio y porque canal se suministra), y por el otro lado esta entidad que lo gestiona WME (que actúa en la capa de aplicación generando la notificación y en la capa MAC generando el WSA) el cual utiliza WSIE para proteger los WSA.

Las principales amenazas vienen en la confidencialidad, la autenticidad y la integridad. Para que no se vea comprometido estos tres puntos se aplican un cifrado (solo conocido por el destinatario), con confirmación (entre origen-destino) y no manipulación del mensaje respectivamente.

Cifrado: estos se distinguen en tres formas algoritmos ya vistos en el apartado de seguridad del capítulo anterior y estos son el algoritmo de clave secreta o simétricas el emisor y el receptor conoce la palabras claves necesarias para descifrar el mensaje MIC (mensaje de comprobación de integridad) que contiene los códigos que sirven para decodificar el mensaje adjunto. El otro algoritmo utilizado es el de clave pública o algoritmos asimétricos que es una combinación matemática de un par de llaves una clave pública y una clave privada que actúa como un algoritmo simétrico, a la suma de comprobación criptográfica generada por una clave privada se conoce como firma digital. Por último, el tercer algoritmo usado para el cifrado del mensaje es la función Hash que asigna a una

entrada de longitud arbitraria en una salida de longitud fija (el valor hash) , tal que es computacionalmente imposible encontrar una entrada que se asigna a un valor hash específico ya que el valor hash varía.

En algoritmos asimétricos para certificar la autenticidad de una clave pública se puede hacer offline (llamada, mensaje…), al usar este método un usuario puede actuar como autoridad de certificación (CA) de terceros emitiendo certificados digitales siempre y cuando se conozca la entidad raíz emisora. Estos certificados no suelen ser de identidad, sino de permisos segundarios para aplicaciones. Esto le permite mayor flexibilidad a los algoritmos asimétricos frente a los simétricos, pero estos ultimo son más rápidos por lo que se suele utilizar es una combinación de ambos, para iniciar la sesiones se usan algoritmos asimétricos y posteriormente se usa algoritmos simétricos que permiten un mejor rendimiento.

- 1609.3 (servicio de red) describe los servicios en funciones de enrutamiento y direccionamiento en base a nivel 3 del modelo OSI, es decir actúa como función de control LLC (Logical Link Control) entre la capa de red y trasporte.

  Es sistema WAVE tiene dos pilas de protocolos que permiten una optimización diferenciando entre IPv6 (no aplicable IPv4) para internet que permite el uso de IP y otra pila de protocolo WSMP (WAVE short message protocol) que usa WSM que permite hasta que aplicaciones modifiquen la capa física o MAC como es la elección de número de canales o la dirección de difusión respectivamente.

  Como ya se había definido anteriormente en el estándar 802.11p se tiene dos tipos de canales, un canal de control CCH y 6 de servicios SCH, de forma predeterminada los dispositivos operan en de CCH que usa los protocolos WSMP y mensajes de alta prioridad que soporta altos ratio de transferencia y bajas latencias entre dispositivos WAVE que varían rápidamente de frecuencia, mientras que el canal de servicio se usa de forma general con mensajes WBSS (WAVE basic service set) que permite la utilización de IPv6.

  Las aplicaciones pueden elegir la forma de envío WBBS o por WSN. La primera opción se ha creado con miras a la adopción de aplicaciones de otros dispositivos compatible, por eso el uso de IP en SCH.

Este sistema diferencia dos planos.

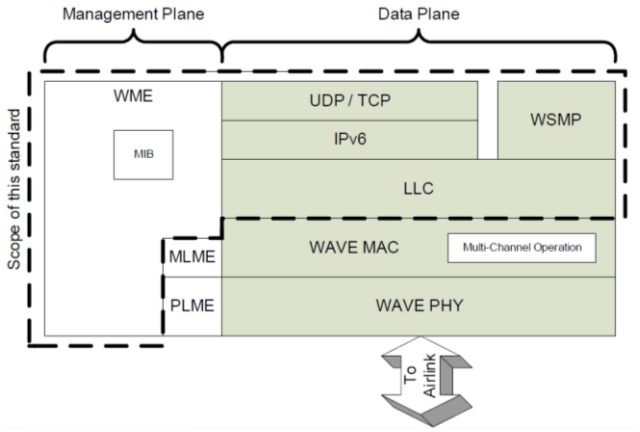


Ilustración 117 Representación de la capa de red diferenciando los planos de administración y datos.

El plano de datos son los protocolos y hardware usado para entrega de datos desde o para las aplicaciones de capas inferiores o de sistema de gestión. Estas son:

-Permite una conexión lógica de control (LLC).

-Soporta el protocolo de Internet versión 6 (IPv6).

-Soporta el protocolo de transmisión estándar como son UDP y TCP.

-Utilización de protocolo WSMP y sus WSM que gracias al el estándar 1609,2 puede reenviar WSM a múltiples si la aplicación toma la responsabilidad de firmar y transmitir el mensaje. Formado por:

1	4	Variable	1	2	Variable
Versión	**PSI**	**Campo Extensibl**	**WSMP ID del WAVE**	**Longitu**	**Dato WSM**

Ilustración 118 Estructuración de un mensaje gestionado por WSMP.

Versión: indica la versión WSMP.

PSID (Provider Service Identifier): se usa para la aprobación de destino a capa superiores de WSM (por octetos).

Campo extensible de cabecera de WSMP: lleva información sobre la cabecera WSMP como el número de canal, la potencia de transmisión de receptor y emisor, la localización de la información y el ratio.

Identidad de los dispositivos WAVE en WSMP: estos indica el tipo de información enviado por WSM.

Longitud: la longitud del campo de datos en octetos.

Datos WSM: Formado por la información de la capa superior a la que será transmitida.

El plano de gestión trata de la configuración y mantenimiento del sistema entre el plano de control y los dispositivos. Como la gestión es trasversal a todas las capas cada una tiene su entidad como en la capa MAC es MLME (Sublayer Management Entity) y en la física PLME (Physical Layer Management Entity), donde todas estas son controladas por WME (WAVE Management Entity). Estos Son:

-El registro de aplicaciones con el WME ya que una aplicación externa tiene que ser registrada para reenviar los datos WSM recibidos a la dirección IP y puerto correctos.

-Gestión de WBSS que determina que una aplicación quiere un servicio por el envío de solicitud WSA (local o remoto), al cual una WME (entidad) iniciará un solo WBSS (servicio).

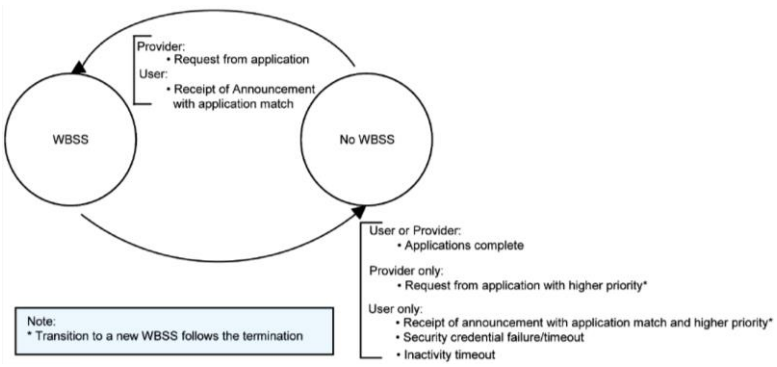


Ilustración 119 Diagrama de gestionde los dispositivos

-Supervisión el uso de canales por parte de WME (entidad) de los canales SCH cercanos y así elegir el WBSS menos congestionado

-Configuración de IPv6 donde la RSU le proporciona red el administrador de red, a la vez que la RSU opera con OBUs, estos tendrán una dirección local derivada de la dirección MAC. La información suministrada no solo será externa, sino que esa información también será local, donde cada OBU apoyara enlaces locales, globales y multicas tanto para la transmisión y recepción. De la misma forma la RSU los enlaces globales puede usar cualquier medio para su difusión (3G, LTE, WiMAX, satélite…)

-Monitoreo el recibo Canal Indicador de encendido (RCPI) donde una aplicación inicia una consulta sobre un dispositivo remoto de intensidad de señal y cálida de calidad, de la siguiente forma:

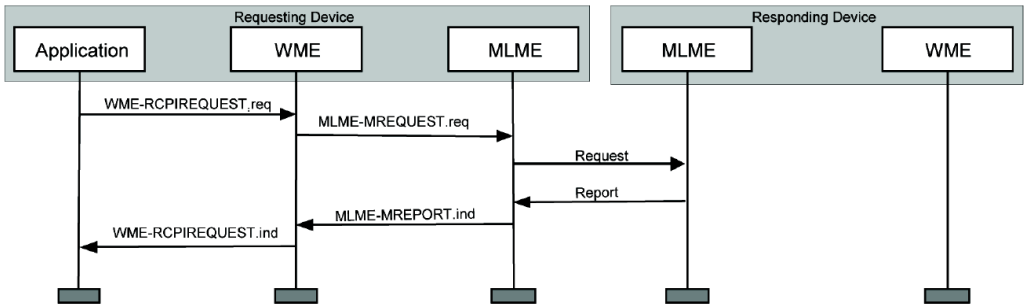


Ilustración 120 Diagrama de comunicación entre la aplicación y los diferentes gestores de control.

-Mantenimiento de la base de información administrada (MIB): se encuentra resumido en una tabla sobre los parámetros usados en el estándar ASN (Abstract Syntax Notation) que incluye canal de información y sincronización de información además de información del sistema de configuración e información de estado del sistema, la información de configuración del sistema incluyen número de canales soportados, anunciante Identificador, puerto de registro, y longitud máxima WMS.

- 1609.4 (Operación multicanal) describe las operaciones varios canales inalámbricos de capa física, por lo que hace falta una coordinación, temporalización, prioridad y comunicación entre canales. Este estándar es una complementación del 802.11 que no tenía en cuenta el uso de múltiples

canales. Este estándar actúa en una subcapa superior de MAC interactúa con el IEEE 802.2 LLC y IEEE 802.11 PHY en el plano de gestión WME mediante MLME (MAC sublayer management entity) y PLME (PHY sublayer management entity).

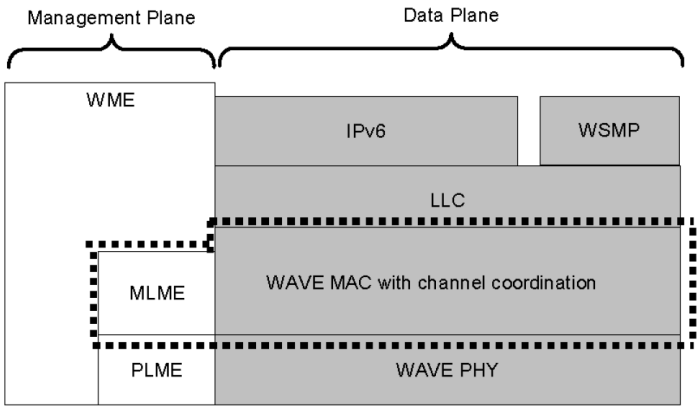


Ilustración 121 Sección de la capa de control que gestiona el acceso en la capa MAC

Ya se mencionó que se dispone de dos tipos de canales CCH (control) y múltiples de SCH (aplicaciones) de forma general se comienza emitiendo en CCH hasta que se reciba WSA que pasara a SCH, hay intervalo que se necesitara pasar por seguridad ha CCH o viceversa el CCH necesite transmisión por SCH. Para realizar estos salto se tiene un tiempo de referencia absoluta UTC (Coordinated Universal Time) proporcionado por GPS, además cada sistema tiene su propia sincronización que no tiene relación con la global.

El comienzo de un intervalo de sincronización se alinea con el inicio de la referencia de tiempo común UTC segundos. No habrá un número entero de intervalos de sincronización en 1 s.

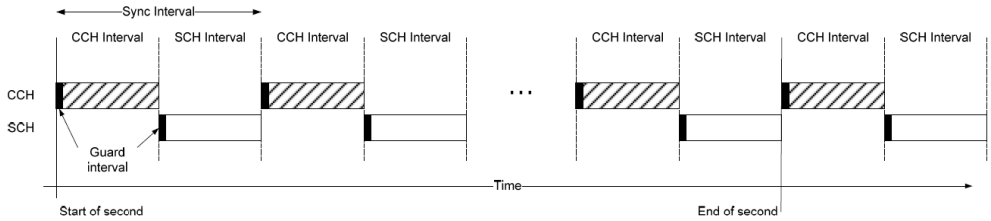


Ilustración 122 Representación de la sincronización de los planos de contro

Hay tres tipos intercambio de información: trama de gestión de datos, y de control. La trama de control puede ser utilizados por IEEE 802.11. Las tramas

de gestión entran en el plano de datos sobre la capa MAC. Las primeras tramas de gestión son la trama TA y la trama VSA especificada en IEEE 802.11, estas distribuyen la información de sincronización y gestión transmitido por cualquier canal. Como se usan múltiples protocolos es necesario una trama general de MSDU utilizando pasó de la LLC para la subcapa MAC que admita IP y WSMP

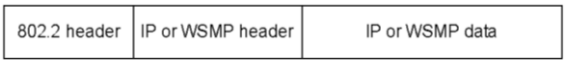


Ilustración 123 Estructuración de la trama MSDU.

Para permitir la coordinación de múltiples canales definidas en la capa física. Primero se categoriza los datos en el acceso con diferentes parámetros y diferencia se debe enviar por CCH (WSM) o por SCH (WSM o IP).

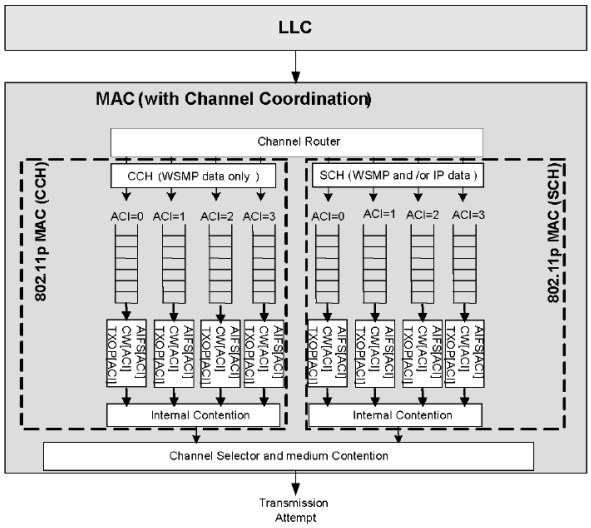


Ilustración 124 Esquema de organización de acceso multicanal.

- IEEE 1609.6 (Servicio de administración remota)
- IEEE 1609.11 (Protocolo de intercambio de dato ITS)
- IEEE 1609.12 (Identificador de asignaciones)

Un PSID (provider service identifier) es un campo de longitud variable según la autorización cuyo formato se especifica en IEEE 1609.3, donde en 2007 se pretendía una longitud fija pero se abandonó tendiendo a estándares similares a la ISO.Los valores son asignados a PSID como cadenas de octetos únicas de longitud uno, dos, tres, o cuatro octetos según los bits más significativos. Estos valores PSID se asignan como se especifica en la Tabla 10

Este tiene tres posibles usos, indicar el servicio ofrecido, un protocolo WSMP ofrece contenido de capa superiores en WSM y por último es la muestra de certificado de los PSID remitentes por temas de seguridad.

	PSID longitud: 1 octetos		
00	Sistema	ISO 15628	1
01	cobro electrónico	ISO 15628	1
02	Gestión de la flota de vehículos	ISO 15628	1
03	Transporte publico		
04	Información sobre conductores y trafico	ISO 15628	1
05	Control del tráfico	ISO 15628	1
06	Gestión de aparcamiento	ISO 15628	1
07	Base de datos geográfica de carreteras	ISO 15628	1
08	Avance informativo de medio alcance	ISO 15628	1
09	Interface humano maquina	ISO 15628	1
0A	Interface entre sistemas	ISO 15628	1
0B	Identificación automática e vehículos	ISO 15628	1
0C	Advertencia y emergencia	ISO 15628	1
0D	Privado	ISO 15628	1
0E	Pago multiplataforma	ISO 15628	1
0F	Gestor de recursos DSRC	ISO 15628	1
10	Sistema de seguimiento de robo	ISO 15628	1
11	Sistema de ayuda y crucero en autovías	ISO 15628	1
12	Sistema de información de usos multiples	ISO 15628	1
13	Sistema de información multi-movil	ISO 15628	1
14	Aplicaciones- testeo- reglamentación- comunicación	ISO TS 12813:2009	1
15	localización-aumentación -Comunicación-aplicaciones	ISO TS 13141:2010	1
16 a1C	Reservado a aplicaciones DSRC de ISO /CEN	ISO 15628	7
1D a 1E	Reservado para uso privado	ISO 15628	2
1f	Reservado a aplicaciones DSRC de ISO /CEN	ISO 15628	1
20	Conocimiento y seguridad V2V	SAE DSRC TC	1
21	Parte de sensores para conocimiento y seguridad V2V	SAE DSRC TC	1
22	Trayectoria conocida y segura del vehículo	SAE DSRC TC	1
23	Gestión de seguridad WAVE	IEEE 1609.2 WG	1
24 a 7E		No permitido	91
7F	Comprobaciones	IEEE 1609 WG	1

	PSID longitud: 2 octetos		
80-00	Corrección diferencial de GPS (comprimida)	SAE DSRC TC	1
80-01	Corrección diferencial de GPS (sin comprimir)	SAE DSRC TC	1
80-02	Seguridad y entornos de intersecciones	SAE DSRC TC	1
80-03	Información y señalización al viajero	SAE DSRC TC	1
80-04	Intercambio móvil de sensores	SAE DSRC TC	1
80-05	emergencia y vehículos especiales en la carretera	SAE DSRC TC	1
80-06 a BF-DF		No permitido	15866
BE-00 a BF-9F	Reservado	IEEE 1609 WG	416
BF-A0 a BF-DF	Uso privado	IEEE 1609 WG	64
BF-E0 a BF-FF	Comprobación	IEEE 1609 WG	32

	PSID longitud: 3 octetos		
C0-00-00 a DF-FF-FF		No permitido	2097152

	PSID longitud: 4 octetos		
E0-00-00 a EF-FF-FF		No permitido	268435456

	PSID longitud: ≥5 octetos		
	Reservado		

Tabla 10 Los servicios ofrecidos

Esta norma también identifica el gestor para controlar el acceso a MLME y así diferenciar funciones de gestión WAVE que pueden enviar o recibir información de gestión. Esta asignación se recoge en la siguiente tabla:

ID gestor (valor decimal)	Uso
0	Reservado
1	Reservado
2	Reservado
3	IEEE 1609.3
4	Reservado
5	Reservado
6	IEEE 1609.3
7	Reservado
8	Reservado
9	Reservado
10	Reservado
11	Reservado
12	Reservado
13	Reservado
14	Reservado
15	Código de expansión

Tabla 11 Los gestores para controlar el acceso a MLME

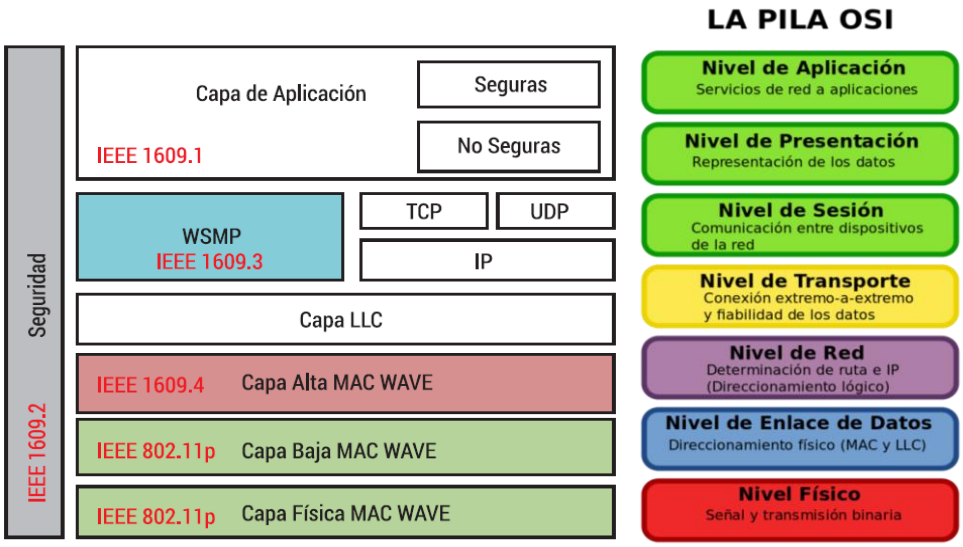


Ilustración 125 Representación comparativa entre la pila OSI y las capas usadas en las redes VANET.

Como se puede apreciar en la ilustración 125anterior, la norma 1609 complementa al estándar 802.11p, pero esta no utiliza todas sus subnormas, sino que solo son usadas las cuatro primeras subnormas pertenecientes a administrador de recursos, seguridad,

servicio de red y a operación multicanal respectivamente. Las demás subnormas son aplicaciones futuribles que podrán ser incluidas en un futuro o en otros tipos de tecnologías como la subnorma 1609.11 estandariza los protocolos de intercambio de datos ITS más enfocado a coches autónomos o a mundo interconectado.

5.1.2.-ESTANDARIZACIÓN DE EU

La estandarización de las redes vehiculares en Europa corre a cargo de la ETSI (European Telecommunications Standards Institute) que produce normas de aplicación mundial para la Información y Tecnologías de la Comunicación (TIC), reconocido oficialmente por la Unión Europea como una organización de estándares europeos. A diferencia del estándar Americano no opta solo a un enfoque del tipo VANET, sino que también tiene en cuenta otras posibilidades.

ETSI es una asociación independiente sin fines de lucro que tiene más de 700 empresas y organizaciones miembros, procedentes de 64 países de los cinco continentes en todo el mundo, determinar su programa y participar directamente en su trabajo.

En 2007 se formó un comité técnico (TC) con el fin de crear grupos que se encargase de las ITS (Intelligent Transport Systems). Esto dio lugar a la creación de 5 grupos de trabajos WG (work Group) que se encargan de distintos ámbitos de trabajos como se muestra en el siguiente esquema.

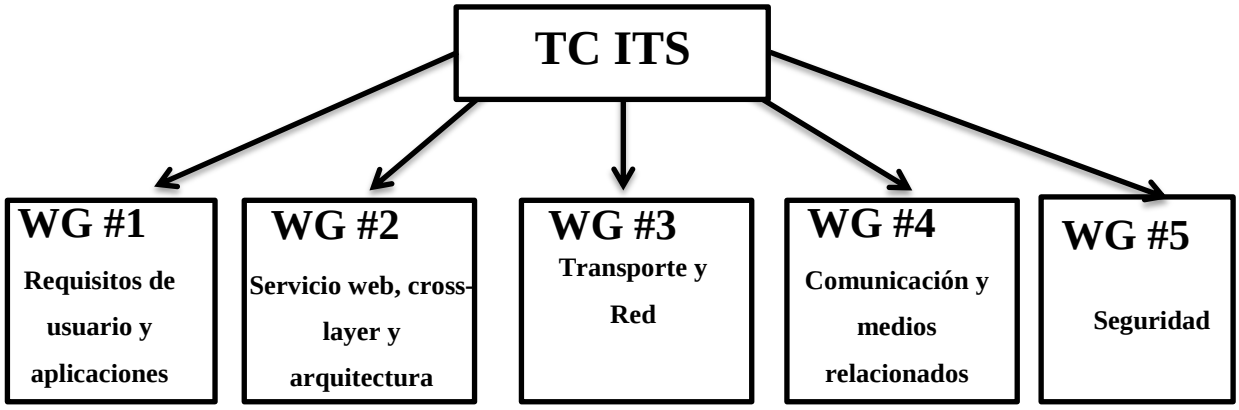


Ilustración 126 Esquema de distribución de labores en grupos de trabajo en el estándar europeo.

La arquitectura seguida por este estándar es la de 4 capa diferenciadas (aplicaciones, habilidades, red y transporte y tecnología de acceso), transversalmente a estas se tiene dos sistemas (seguridad y gestión), como se muestra en la figura siguiente.

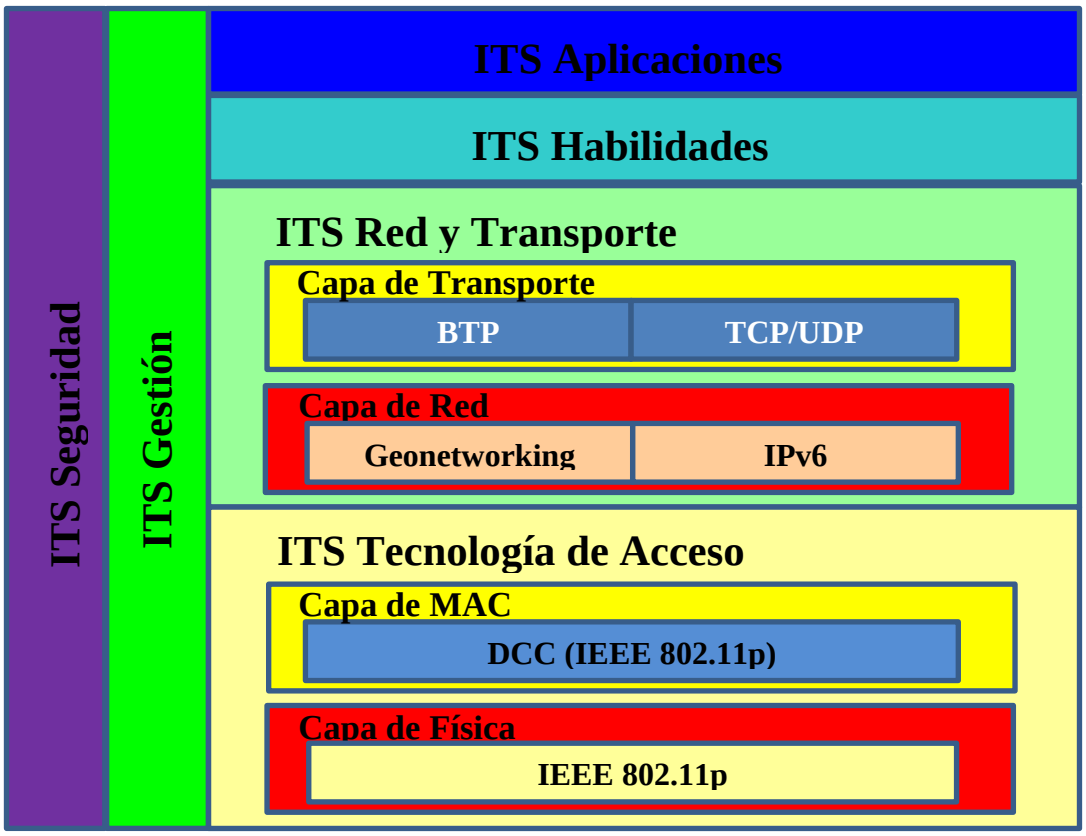


Ilustración 127 Esquema de la arquitectura propuesto por el estándar europeo.

a) ITS sección tecnología de acceso

De la sección de tecnología de acceso esta al cargo WG 4 que se recoge en el estándar ES 202 663 que se basa en el estándar IEEE 802.11p usado en estándar americano. Esta sección está compuesta por la capa de acceso al medio y la capa física, las cuales realizan una adaptación del modelo Americano, por tanto la arquitectura de la capa de acceso será de la siguiente forma.

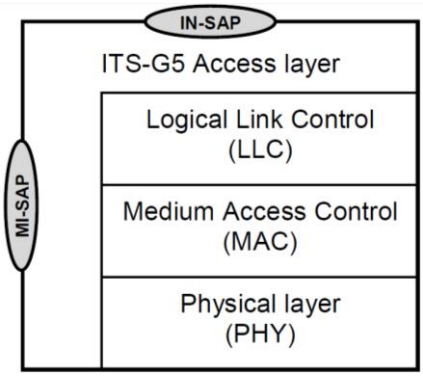


Ilustración 128 Descripción grafica de la distribución en la ITS de tecnología de acceso.

Capa física [34]

Como es una adaptación del versión Americana se usa un espectro de frecuencia parecido (5.855 y 5.925 GHz) fragmentado en tres apartados G5A, G5B, G5D al que se añade las frecuencias (5.470 -5.725 GHz) en el apartado G5C, a diferencia del IEEE 802.11p que estaba compuesto por siete canales de 10MHz este se compone solo por 5 canales. En las frecuencias más alta que pertenece al fragmento G5D que es el habilitado para aplicaciones futuras de ITS aún no se le ha asignado canales para estas labores, las frecuencias anteriores corresponden al fragmento G5A que soporta la seguridad vial de las ITS que está conformado por tres canales de un ancho de banda de 10 MHz que son un canal de control (180) y dos canales de servicio (178 y 176), el siguiente fragmento de frecuencia es el que soporta las aplicaciones de servicios (no seguridad) de las ITS con el mismo ancho de banda 10MHz para los dos canales que lo conforman donde ambos son de servicio (174 y 172). Por último se encuentra el fragmento G5C que tampoco tiene una asignación determinada de canales (ancho de banda variable) enfocados a servicios centrados en redes RLAN. Por lo que el espectro queda diferenciado en cuatro fragmentos, los cuales se recogen en el siguiente cuadro y representado en la siguiente figura:

	Rango de frecuencias	Utilización	Regulación	Estándar recogido
G5D	5 905 MHz a 5 925 MHz	Futura aplicaciones ITS	Decisión ECC	EN 302 571
G5A	5 875 MHz a 5 905 MHz	Seguridad vial ITS	Decisión ECC Comisión de decisión	
G5B	5 855 MHz a 5 875 MHz	Aplicación ITS de no seguridad	Recomendación ECC	
G5C	5 470 MHz a 5 725 MHz	RLAN (BRAN, WLAN)	Decisión ECC Comisión de decisión	EN 301 893

Tabla 12 Resumen delas características empleadas en la normas europeas.

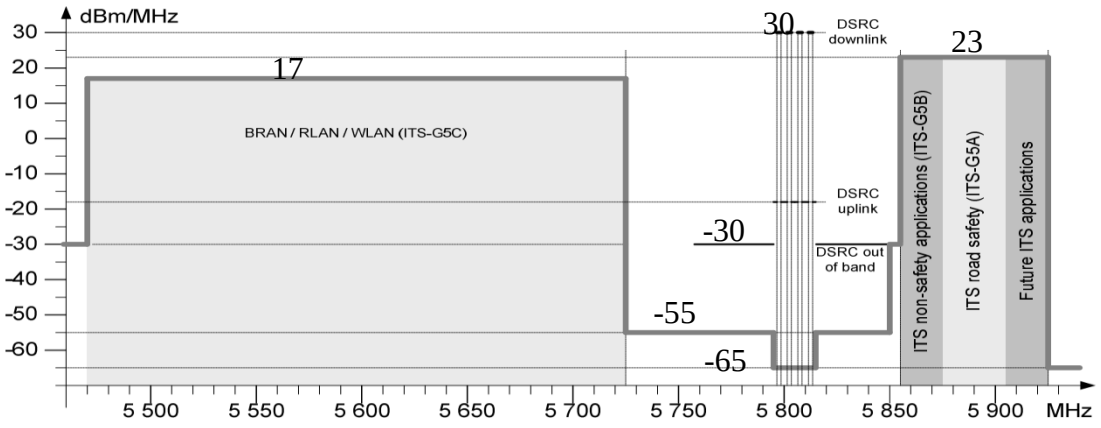


Ilustración 129 Grafico de distribución del espectro de frecuencia.

Esta adaptación hace posible la compatibilidad con los estándares IEEE debido a que utiliza la misma multiplexación OFDM y además de dividir el espectro en canales de 5, 10 y 20 Mbit/s y estos a su vez en 52 subportadoras (48 de datos y 4 de pilotos) que permiten una tasa de transmisión inferior al realizarse simultáneamente, junto a las diferente modulaciones y tasa de codificación, dan lugar a 8 posibles tasa de transmisión, de las cuales obligatorias solo son 3 Mbit/s, 6 Mbit/s, y 12 Mbit/s. Las diferentes relaciones posibles entre modulaciones y tasa de codificación y trasmisión se recogen en la siguiente tabla:

Tasa de trasferencia [Mbit/s]	Esquema de modulación	Tasa de codificación	Bit por símbolo OFDM	Codificación de bit por símbolo OFDM
3	BPSK	1/2	24	48
4.5	BPSK	3/4	36	48
6	QPSK	1/2	48	96
9	QPSK	3/4	72	96
12	16-QAM	1/2	96	192
18	16-QAM	3/4	144	192
24	64-QAM	2/3	192	288
27	64-QAM	3/4	216	288

Tabla 13 Resumen de las principales características usadas en la transmisión.

A modo de sincronización entre el emisor y receptor (incluidos la comunicación entre nodos intermediarios) su usa un preámbulo, que contiene la longitud del paquete y la tasa de trasmisión, este fija el uso de BPSK con una tasa de codificación de 1/2 en el que la duración de símbolo debe de ser de 8µs en OFDM, por lo que da lugar a una transmisión de 24 bit (emitido desde el emisor). En términos generales se puede resumir las características de la capa física en el siguiente cuadro:

Tipo de canal	Frecuencia central	Nº de canal en IEEE 802.11	Ancho de canal	Transmisión de datos	Potencia límite de TX	Potencia límite de TX del destinatario
CCH (G5A)	5900 MHz (5895-5905)	180	10 MHz	6 Mbit/s	33 dBm EIRP	23 dBm/MHz
SCH2 (G5A)	5890 MHz (5885-5895)	178	10 MHz	12 Mbit/s	23 dBm EIRP	13 dBm/MHz
SCH1 (G5A)	5880 MHz (5875-5885)	176	10 MHz	6 Mbit/s	33 dBm EIRP	23 dBm/MHz
SCH3 (G5B)	5870 MHz (5865-5875)	174	10 MHz	6 Mbit/s	23 dBm EIRP	13 dBm/MHz
SCH4 (G5B)	5860 MHz (5855-5 865)	172	10 MHz	6 Mbit/s	0 dBm EIRP	-10 dBm/MHz
SCH5 (G5C)	Descrito en EN 301 893 para (5470-5725MHz)		variable	Dependen del espaciado de canal	30 dBm EIRP(DFS master)	17 dBm/MHz
					23 dBm EIRP(DFS slave)	10 dBm/MHz

Tabla 14 Características de la capa física.

Capa de control de acceso al medio [35]

En la capa de acceso al medio se incluye tanto el control de acceso al medio MAC como el control de enlace lógico LLC. El primero de estos se basa igual que en la capa física en el IEEE 802.11 usando parámetro MIB que le comunica con el administrador general que gestiona el acceso, mientras que el LLC se basa en el estándar IEEE / ISO / IEC 8802-2-1998.

Al igual que el estándar americano cada capa tiene un elemento gestionador MLME (MAC Layer Management Entity) y PLME (Physical Layer Management entity) que depende de una entidad que interconexiona todas las secciones denominada SME (Station Management Entity).

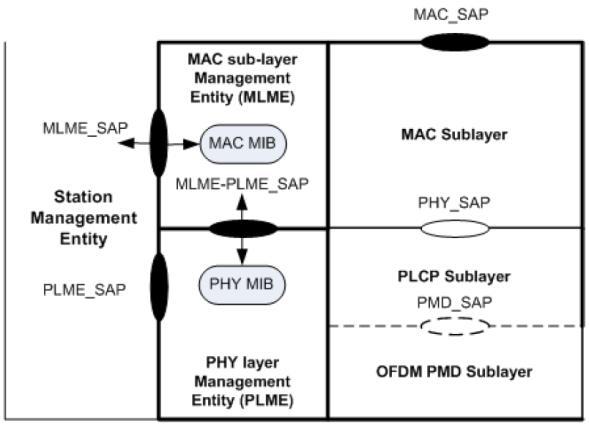


Ilustración 130 Representación de los métodos de control sobre las capa MAC y físicas del estándar europeo.

En cuanto al acceso a la estación fija se le denomina ITS-G5 STA pero no actúa como una BSS (Base Station Set), debido a que se trata igual desde la estación a las aplicaciones de seguridad y no seguridad referente a la conexión , es decir si se trata de fijos o móviles. En cuanto a las aplicaciones RLAN (Radio Local Area Network) si hay una diferenciación tomando la RSU como maestro (a cargo del servicio de publicidad, control de la transmisión y de la selección de la RLAN) y los OBUs como esclavo actuando como una sesión activa (no es posible en RLAN la comunicación V2V), para ello se necesita de un control de potencia de trasmisión TPC y una selección de frecuencia dinámica DFS (suponiendo una difusión uniforme). De esto se puede diferenciar algunas de las características del sistema que gestiona de mayor importancia como:

La adaptación de potencia de transmisión con el uso TPC (Transmision Power Control).

La regulación de generación de paquetes de cada nodo a través de TRC (Transmit Rate Control).

El ajuste de la velocidad de datos en el enlace inalámbrico.

Disminuye las colisiones de CSMA en la capa MAC que limitan el número de nodos, ya que el aumento de estos incrementa la complejidad e impidiendo la trasmisión de paquetes, a la vez que reduce el rendimiento de las aplicaciones de seguridad vial.

Este no solo afecta a esta sección, sino que también están incluida red y transporte y habilidades.

En cuanto a la parte que mayor afección tiene las aplicaciones más usuales se referencia a ITS G5A y a G5B que son las frecuencias que albergan las aplicaciones de seguridad y no seguridad respectivamente, así como los canales de mayor importancia (CCH, SCH1, SCH2).

CCH: se centra en la seguridad cooperativa y por defecto está transmitiendo pero también dispone de un estado de relax que no ocurren restricciones.

SCH1: por defecto anuncio y ofrece servicio de seguridad y eficiencia vial según el estado (activo o reactivo) para otros servicios se realizara respecto a restricciones.

SCH2: canal alternativo para seguridad vial y limitado por las posibles interferencia que pueda causar en los dos canales anteriores al ser adyacentes.

Las aplicaciones deben de tener mecanismo de seguridad que necesita una alta fiabilidad y poca latencia en transmisión de datos, pero se encuentran limitaciones como el ancho de banda como norma general y por lo que se pone en relevancia un control de distribución de congestión DCC para no exceder la capacidad disponible por carga de datos, de esta forma se mantiene la estabilidad de la red, eficiencia de producción y asignación de recursos. Este control de congestión DCC se implementa

en cada una de las secciones y coordinadas por las secciones transversales como la administración y la seguridad como se muestra en la siguiente figura:

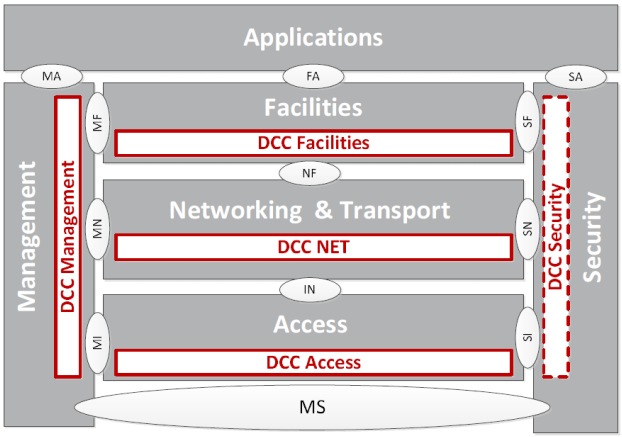


Ilustración 131 Representación de los métodos de acceso y gestión de todas las capas.

El acceso al medio físico consta de un conjunto de canales fijos distribuido por la sección de administración y DCC. Estos canales a su vez están conectados a una entidad de configuración de canal CCE (Channel Configuration Entity) que junto a los dos medios anteriormente mencionados en coordinación hace de puerta de enlace con las secciones superiores, como se muestra en la siguiente figura:

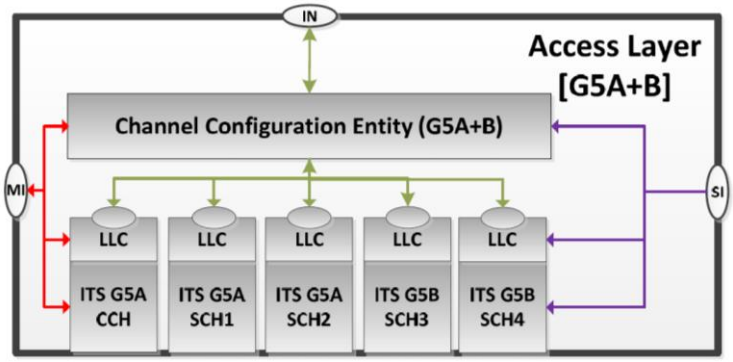


Ilustración 132 Representación de la configuración multicanal en el estándar europeo.

Por la parte de formación de la trama enviada por el medio físico estará formada por los siguientes parámetros:

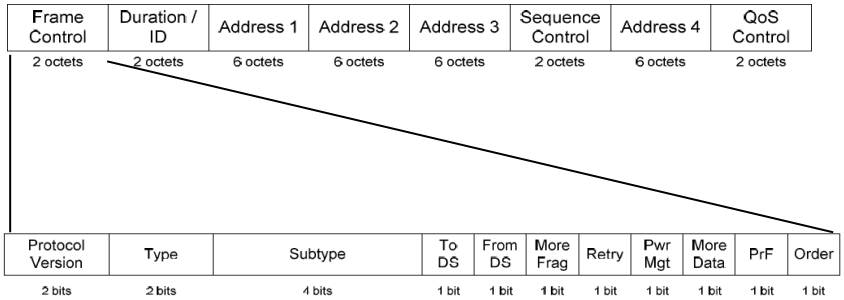


Ilustración 133 Representación de la trama enviada.

Los apartados más importantes de la trama de control se resumen en las tablas 15:

Tipo	Subtipo	Observaciones
Trama de administración	Action	Anuncia de cambio de canal
Trama de control	ACK	Parámetro de la clase de servicio que se ha solicitado
	RTS	El uso de RTS / CTS
	CTS	
Trama de datos	Datos QoS	Toda la ITS debe permitir los datos QoS sobre la dirección MAC (broadcast, multicast u unicast)

Tabla 15 Identificación de las tramas de control

Bit de posición	Elemento	Valor	Descripción
3 a 0	TID	0 a 7	Usuario prioritario (UP)
		8 a 15	Valores prohibidos por política de acceso
4	EOSP	1	Selecciona significado de las posiciones de bits 15-8
6 a 5	Política ACK	00 (ACK) 10 (no ACK)	Opcional. Para ser seleccionado mediante el parámetro clase de servicio
7	Reservado	0	Referenciado
15 a 8	Tamaño de la cola	múltiplos enteros de 256 bytes	Referenciado

Tabla 16 Identificación de las tramas de control

b) ITS sección Red y trasporte

Esta sección está conformada por dos capas que son de red y transporte y el grupo de trabajo que se ocupa de ello es WG#4 el cual hace las siguientes características.

En la capa de transporte [36] está formado por dos tipos protocolos, el primero es usado para propia utilización del sistema que presenta un protocolo básico de transporte (BTP, Basic Transport Protocol), diseñado por la ETSI para tráfico con bajo sobre-encabezamiento. Por otro lado hay la necesidad de dar servicio a aplicaciones externa o no de alta prioridad e importancia como es el caso de internet, al cual se le da servicio a través de TCP/UDP o IPv6, los cuales debes soportar el sistema.

El protocolo BTP se comporta como un servicio extremo a extremo salvo en las redes VANETs, por la características de estas, para ello multiplexa/demultiplexa en los puertos internos tomados como puntos de referencia de origen y destino para los servicios de la sección superior de habilidades como CAM (Cooperative Awareness Message) y DEN (decentralized environmental notificación), posteriormente pasa al medio de trasmisión (GeoNetWorking). El funcionamiento es como el usado en IP con dos etapas en la que la primera se realiza el enrutamiento por GeoNetworkin que es el que lo trasporta y el BTP lo multimpexa. Este protocolo es ligero (4 bits de cabecera) y asume que las entidades que utilizan el protocolo son o tolerantes contra el transporte de paquetes fiable o proporcionar mecanismos apropiados para la comunicación fiable en sus protocolos.

En cuanto a la capa de red [37] con el fin de divulgar una información rápida y directa se encuentra un nuevo concepto llamado Geonetworking, diseñado por la ETSI, que básicamente consiste en un conjunto de protocolos que describen la forma en la que se llevan a cabo las transmisiones de paquetes entre los nodos de la red de forma inalámbrica basado ad hoc que no necesidad de una infraestructura de coordinación.

GeoNetworking utiliza una difusión por posiciones geográficas efectuando múltiples saltos proporcionándole un determinado direccionamiento por medio de vehículos o redes fijas. Esta forma permite una flexibilidad que mejora aviso de emergencia (boadcast) y transporte de datos (unicast). Este medio de difusión realiza dos funcionalidades, la primera es el reenvío geográfico y la segunda es el

direccionamiento geográfico que le aporta a cada nodo la capacidad decisión autónoma según su posición, teniendo este una vista parcial de la topología cercana sin necesidad de instalación y mantenimiento de las tablas de enrutamiento de los nodos.

Vehículos intermedios sirven como repetidores de mensajes y sólo los vehículos ubicados dentro área del proceso objetivo que determina el mensaje. De esta manera, sólo los vehículos que están realmente afectados por una situación de peligro o una notificación de tráfico son advertidos, mientras que los vehículos no afectados por el evento no se les comunican. Esto da lugar a diferentes situaciones, como las siguientes:

GeoUnicast: Se trata de una comunicación de entre una comunicación V2V o V2I donde primero determina la posición del destino y luego reenvía hasta alcanza el destino.

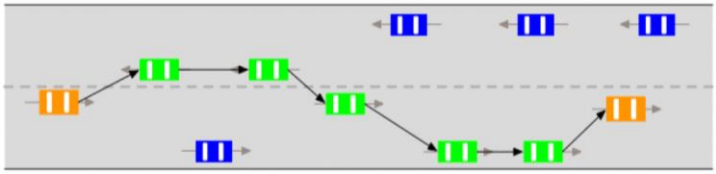


Ilustración 134 Representación del protocolo geounicast propuesto por el estándar europeo.

Geobroadcast: Es la comunicación enviada a una zona determinada, estos mensajes suele ser de advertencia de peligro, para no reproducir mensajes en esa zona de forma exponencial se usa una difusión GeoAnycast que no va a volver a transmitir los paquetes recibidos.

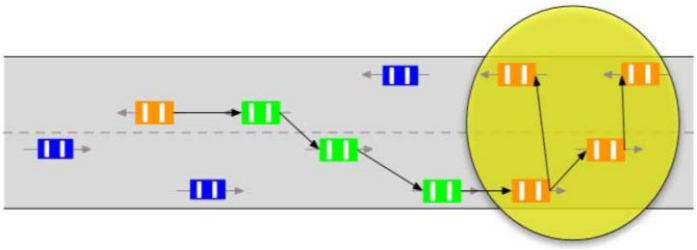


Ilustración 135 Representación del protocolo geobrodcast propuesto por el estándar europeo.

Difusión restringida: Son las comunicaciones circunstanciales que solo afectan a un número determinados de vehículos (relacionados en la acción), como pudiera ser un adelantamiento

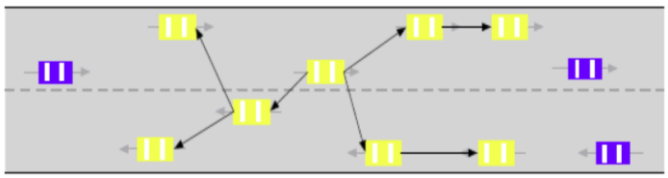


Ilustración 136 Representación de un adelantamiento.

c) ITS Habilidades

Esta sección de habilidades es una capa intermedia que actúa como un adaptador entre las secciones inferiores y la sección de aplicaciones [38], es decir que provee la información de apoyo, de comunicación y de otras aplicaciones así como mantiene actualizado todos los datos de estos recursos.

Esta sección se basa en el trabajo previo de realizado por el grupo de trabajo WG#1 que el encargado de la sección de aplicaciones el cual define un conjunto básico de aplicaciones funcionales y comunes BSA (Basic Set Applications) que están distribuidas por las RSU y estas son de fácil implantación.

La arquitectura de la capa de instalaciones está destinada a ser una arquitectura abierta, que está disponible para sus desarrolladores de aplicaciones para incorporar propiedad de las instalaciones avanzadas y diferentes tipos de redes de acceso tales como su G5 o redes celulares. Pese a esto hay tres diferenciaciones dentro de la sección, las cuales se muestran en la siguiente figura:

Ilustración 137 Composición de la ITS Habilidades.

En el apoyo a las comunicaciones se encuentran dos tipos de mensajes que esta parte usa, el primero de ellos son los mensajes cooperativos de concienciación CAM (Cooperative Awareness Messages) encargadas de la actualización periódica de

posicionamiento periódicamente mediante mensajes, por el otro lado encontramos los mensajes descentralizados que notifican peligros cercanos DENM (Decentralized Environmental Notification Messages) que advierte de riesgos basados en eventos.

CAM son mensajes usados por la RSU y OBUs de actualización de datos para apoyar la cooperación mediante un mensaje que identifica el creador y la información, en caso de emitirlo el OBU incluye el tiempo, posición, estado de movimiento, sistemas activados entre otros, mientras que en la información se incluye datos sobre las dimensiones, tipo de vehículo y su papel en el tráfico por carretera, etc. Estos datos serán estimados por los OBUs receptores en diversas aplicaciones que predicen futuros riesgos con sus consiguientes advertencias.

- V2V, CAM, en beacons de capa de red.
- I2V, CAM, en beacons de capa de red.
- V2I, CAM, en beacons de red balizas.

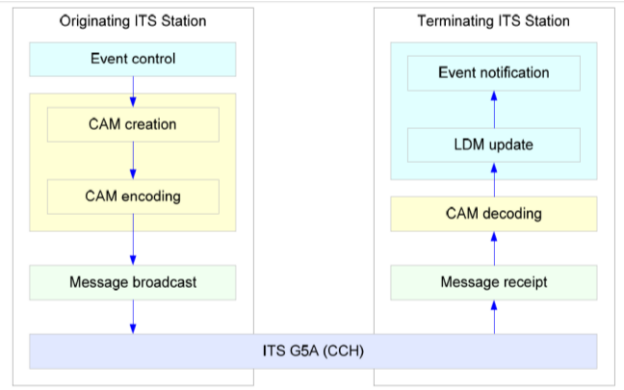


Ilustración 138 Comunicación de mensajes CAM por medio del CCH.

DENM [39] Es un sistema de apoyo en la sección de habilidades el cual crea, gestiona y procesa sus propios mensajes, que contiene información relacionada con un peligro o condiciones anormales de circulación, como su tipo y su posición. Este es un servicio descentralizado que complementa los mensajes de advertencias RHW (Road Hazard Warning) recogido en el conjunto de aplicaciones básicas BSA que informan al conductor de condiciones de peligro, para que adopte las consiguientes medidas.

- V2V, DNM, geo-dirigida.
- I2V, DNM, geo-dirigida.

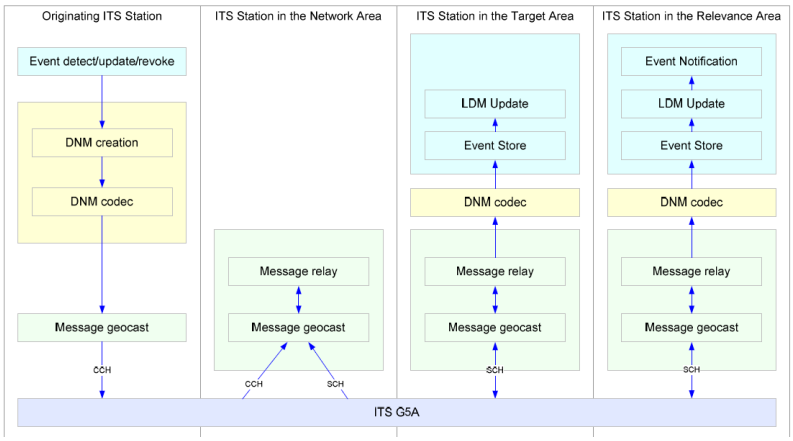


Ilustración 139 Comunicación de mensajes DENM por medio del CCH.

El soporte de información actúa como base de datos que forman o influyen para un buen funcionamiento del tráfico y de la capa de aplicaciones garantizando la implementación y la interoperabilidad de los sistemas y servicios de cooperación. Estos datos son aportados por CAM y DENM entre otros. Estos datos se diferencian en capas según su dinamismo lo cual permite un acceso eficiente de estos datos para aplicaciones como asistencia de conducción (RHW), control de la velocidad, navegación cooperativa, servicios basados en localización, servicios de comunidades, ITS gestión del ciclo de vida de la estación… Esta base de datos se le denomina LDM (Local Dynamic Map).

En el apoyo de comunicación se basa en el modo de direccionamiento, administración de movilidad, la capacidad de poder utilizar los datos y referencias de geonetworking además de poder soportar las sesiones.

d) ITS Aplicaciones

En la sección de aplicaciones [40] corre a cargo del grupo de trabajo WG#1 el cual decide aunar una serie de aplicaciones básicas que conforman la BSA, agrupadas en cuatro grandes grupos (seguridad vial activa, eficiencia cooperativa de tráfico, servicio locales cooperativos y servicio globales de internet) que se recogen en la siguiente tabla.

Applications Class	Application	Use case
Active road safety	Driving assistance - Co-operative awareness	Emergency vehicle warning
		Slow vehicle indication
		Intersection collision warning
		Motorcycle approaching indication
	Driving assistance - Road Hazard Warning	Emergency electronic brake lights
		Wrong way driving warning
		Stationary vehicle - accident
		Stationary vehicle - vehicle problem
		Traffic condition warning
		Signal violation warning
		Roadwork warning
		Collision risk warning
		Decentralized floating car data - Hazardous location
		Decentralized floating car data - Precipitations
		Decentralized floating car data - Road adhesion
		Decentralized floating car data - Visibility
		Decentralized floating car data - Wind
Cooperative traffic efficiency	Speed management	Regulatory / contextual speed limits notification
		Traffic light optimal speed advisory
	Co-operative navigation	Traffic information and recommended itinerary
		Enhanced route guidance and navigation
		Limited access warning and detour notification
		In-vehicle signage
Co-operative local services	Location based services	Point of Interest notification
		Automatic access control and parking management
		ITS local electronic commerce
		Media downloading
Global internet services	Communities services	Insurance and financial services
		Fleet management
		Loading zone management
	ITS station life cycle management	Vehicle software / data provisioning and update
		Vehicle and RSU data calibration.

Ilustración 140 Tabla de resumen de los mensajes generados específicamente.

Posteriores estandarizaciones se centran en la gestión de datos procedentes de mensajes de la sección ITS habilidades como DENM que complementa aplicaciones como RHW en materia de seguridad y en las comunicaciones en V2X y IV2 así como otras tecnologías que pueden dar apoyo a este sistema como telefonía móvil o radiodifusión. Así en este último caso también se considera un conjunto de criterios como los requisitos de estratégica, económicos, de actuaciones del sistema, de organización, legales, de normalización y certificación y funciones del sistema.

e) ITS Gestión

La sección de gestión [41] es una sección transversal a todas las secciones vista hasta ahora y es la encargada del intercambio entre dichas secciones haciendo uso de múltiples protocolos. Esta sección no tiene un grupo determinado dentro de la ETSI TC ITS ya que este se fundó en 2007 (en la categoría de ITS) por lo que ya tanto IEEE como ISO y CEN se había acordado realizar un trabajo conjunto entre el estándar propuesto por los americanos y el europeo, por lo que la ETSI trabaja conjuntamente en CEN TC278 WG16 y su comité internacional ISO TC204 WG18.

Para realizar la gestión de la red se decide agrupar tres puntos de actuación, los cuales son conjuntos de mensajes, aplicaciones y clases de las aplicaciones. De acuerdo a la relevancia de ITS cooperativos se puede identificar y expresar el seguimiento de los parámetros de las interfaces de comunicación, la gestión de los

servicios, de los permisos y las prioridades de transmisión y la implementación de mecanismos de control de congestión. Pero esto en esta agrupaciones no se han realizado de forma técnica, por lo tanto una formar concisa y técnica de afrontar esto es, mediante la diferenciación de requisitos de operaciones especificadas y procedimiento de gestión.

Las operaciones técnicas se pueden agrupar en dos grupos, compuesto a su vez por dos tipos de comunicaciones cada uno. En el primer grupo se encuentran las comunicaciones que usan tecnología ad hoc que son las transmisiones a destinatarios desconocidos (emisión o comunicaciones multicast) y las solicitudes y respuestas en una sesión entre dos de sus entidades estación pares (single-hop comunicaciones unicast). Por otro lado está el grupo compuesto por los que utilizan el protocolo de Internet IPv6, a través de cualquier tipo de tecnología de acceso, ad-hoc, redes celulares, estos tipos de comunicaciones necesitan un mensaje de servicio advertisement para iniciarse, y los tipos de comunicaciones englobadas en este grupo son específicas-ITS (multi-hop) y la de sistemas heredados (cualquier tipo de servicio de Internet existente, no contemplada por ITS).

En la parte de información de dirección es una parte importante, ya que debe ser capaz de indicar eficientemente a quien va dirigida por lo que el protocolo usado entere secciones (acceso, redes de transporte y habilidades) están contenida en la PDU y si esta se reenvía a otra secciones de le denomina SDU.

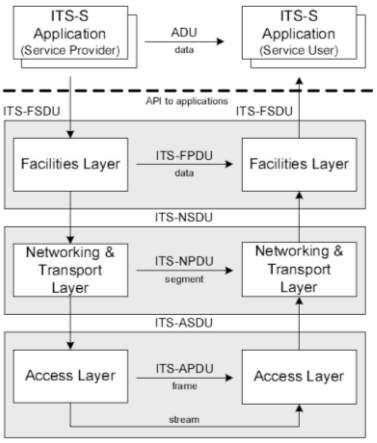


Ilustración 141 Diagrama de las operaciones técnicas de comunicación entre OBUS y RSUS.

Procedimiento de gestión diferencia dos tipos de procedimientos, el primero es el de las autoridades de registro y certificación englobadas en el sector off-line, mientras que el resto de aplicaciones utilizadas en las ITS se le denomina on-line. De esta forma se diferencia los estatus de gestión solo siendo posible la administración de seguridad y otras aplicaciones de alta prioridad por instituciones autorizadas por ITS-AID (application identifier).

Los procedimientos de "off-line" constituyen el marco de gestión global e incluyen especificaciones técnicas necesarias para llevar a cabo los procedimientos de "on-line".

f) ITS Seguridad

Este al igual que en el caso de la sección de gestión también es una sección de ámbito transversal el cual le afecta a todas las anteriores secciones. De esta sección de trabajo se encarga el grupo de trabajo WG#5 el cual desarrolla el apartado relacionado con privacidad y seguridad [42] basándose en los cuatro pilares de la seguridad, que son la autoridad, autenticidad, la confidencialidad y la integridad se la información.

Este realiza un análisis entre las comunicaciones entre vehículos como la de esto con la infraestructura viaria para realizar los servicios incluidos en BSA, es decir busca solventar Amenaza, Vulnerabilidad y Análisis de Riesgos TVRA (Threat, Vulnerability and Risk Analysis).

Para esto el método TVRA sigue siete pasos:

1) Identificar los objetivos de seguridad.

2) Identificar los requisitos de seguridad.

3) Elaborar un inventario de los activos del sistema.

4) Clasifique las vulnerabilidades del sistema y amenazas.

5) Cuantificar la probabilidad y el impacto de los ataques.

6) Determinar los riesgos involucrados.

7) Especificar los requisitos de seguridad detallados (contramedidas).

Los puntos clave de seguridad se recogen en la confidencialidad, integridad, disponibilidad, responsabilidad y autentificación. Estas etapas se desarrollan en los siguientes apartados:

Integridad

Se especifican los siguientes objetivos de seguridad relacionados con la integridad de almacenar y transmitir la información:

In1	Información creada por RSU/OBU y que no debe ser modificada o suprimida por usuarios no autentificados	Solo las aplicaciones autorizadas se le permite modificar o eliminar información de parámetros de seguridad y LDM
		Solo las aplicaciones autorizadas se le permiten modificar o eliminar la información del perfil de servicio.
In2	Evitar que la información sea modificada en la trasmisión por usuarios maliciosos	La implementación de métodos (si se desea) para detectar si se ha modificado la ruta o si se ha manipulado los datos recibido
		implementar métodos para la prevenir la modificación o manipulación de los datos transmitidos
In3	Evitar que la información sea modificada en la administración por usuarios maliciosos	Seguridad requerida en In1 realizada por In3
In4	Evitar que se manipule la administración de durante la trasmisión por usuarios maliciosos	Seguridad requerida en In2 realizada por In4

Tabla 17 Seguridad relacionada con la integridad.

Disponibilidad

Se especifican los siguientes objetivos de seguridad relacionados con la disponibilidad de los servicios de ITS:

Av1	El acceso y operaciones de sus servicios de los usuarios autorizados no se debe impedir maliciosamente el entorno de RSU/OBU	Capacidad de detectar patrones de reconocimiento y de denegar patrones de ataque a servicios

Tabla 18 Seguridad relacionada con la disponibilidad.

Confidencialidad

Se especifican los siguientes objetivos de seguridad relacionados con la confidencialidad de almacenar y transmitir la información:

Co1	Trato sobre información	La Información enviada hacia/desde un usuario autorizado no debe ser revelada a quien no sea el receptor/es	Un sistema designa cierta información como restringida
			autorizado se cifrará información restringida enviada hacia/desde un usuario
			Antes de transmitir (información restringida) se debe autenticarse al destinatario
			Antes de recibir (información restringida) se debe autentifique al remitente
Co2		Información generada por RSU/OBU debe ser protegido del acceso no autorizado.	OBU/RSU solo permite acceso a aplicaciones con parámetros de seguridad
			LA RSU(OBU solo permitirán acceso a información restringida a usuario restringidos
Co3		Informaciones relacionadas con identidad y capacidades de servicio de un usuario de no deben ser revelados a ninguna 3ª partes no autorizada.	Los requisitos funcionales de seguridad especificados para el objetivo Co2 debe satisfacer las necesidades el objetivo Co3
Co4	Trato sobre gestión	Gestión de la Información enviada hacia/desde RSU/OBU se debe proteger de acceso no autorizado.	Solo se permite autorización a usuarios de ITS para instalar un gestor de datos como perfil de servicio y actualizaciones de software
			RSU/OBU solo permite la gestión de una fuente autorizado
			Una RSU/OBU restrinja el acceso a información transmitida un OBU
Co5		Gestión de la Información interna OBU/RSU debe ser protegido del acceso no autorizado.	Una RSU/OBU puede restringir el acceso a información almacenada a OBUs autentificados
			Las RSU/OBU permite asignar acceso a información almacenada de gestión
CO6		No permitir la extracción de información sensible como la identidad o ubicación por usuario por los que pase la información mediante el análisis de las comunicaciones los flujos de tráfico.	Las RSU/OBU no mantendrán información de identidad y localización en direccionamiento multicast genérico
			Las RSU/OBU pueden mantener información de identidad y localización en direccionamiento multicast limitado y unicast
			Las RSU/OBU tendrán medios para proteger ubicación e identidad en una transmisión
CO7		No permitir el mapeo de un usuario por medio del análisis de información de usuario intermediario.	Las RSU/OBU puede utilizar varios identificadores
			Si se usa varios identificadores estos estarán relacionados matemáticamente o sintácticamente

Tabla 19 Seguridad relacionada con la confiablidad.

Responsabilidad

Se especifican los siguientes objetivos de seguridad relacionados con la rendición de cuentas de sus usuarios:

Ac1	Debería ser posible auditar todos los cambios en los parámetros de seguridad y aplicaciones (actualizaciones, adiciones y supresiones).	Los RSU/OBU llevarán un registro de todas las solicitudes de cambios en la información de parámetros de seguridad y sus aplicaciones.
		La RSU/OBU llevarán un registro de los resultados de todas las solicitudes de cambios de parámetros de seguridad y sus aplicaciones

Tabla 20 Seguridad relacionada con la responsabilidad

Autentificación

Se especifican los siguientes objetivos de seguridad relacionados con la autenticidad de sus usuarios y la información transmitida

Au1	No permitir que usuarios no identificados no actúen como OBUs	Solo RSU/OBU autentificados tiene acceso a servicio de emergencia
		Las RSU/OBU debe verificar la autentificación de vehículos de emergencia
		Posibilitar a OBUs de forma temporal considerarlo como vehículo de emergencia
		Los vehículos de emergencia (temporales y permanentes) facilitaran su identificación
		Denegación de mensajes de usuarios no identificados
Au2	No permisión de recepción de información de administración y configuración del proceso en usuario no identificados	Los requisitos funcionales de seguridad especificados para In1 tienen que satisfacer las necesidades de Au2
Au3	La restricción d servicios solo debe estar permitidos de RSU/OBU autorizados	permitir sólo ha usuarios actualmente identificados transmitir mensajes identificativos de un vehículo como de emergencia
		Permitir transmisión de mensajes de vehículos temporales de emergencia que puede ser limitado por el tiempo de caducidad o eliminación explícita

Tabla 21 Seguridad relacionada con la autentificación

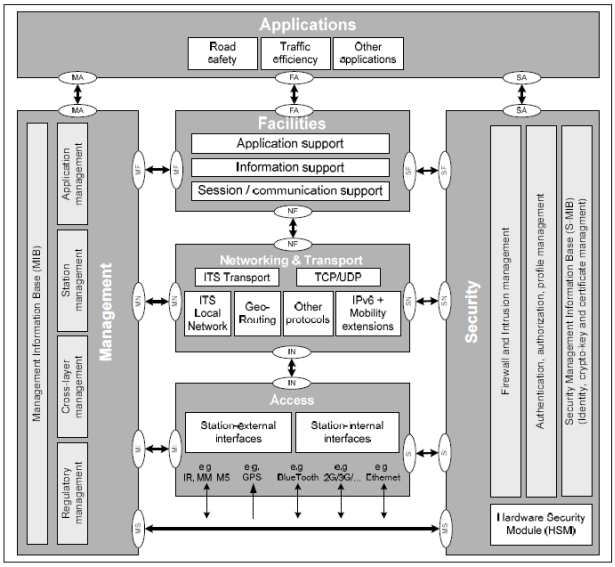


Ilustración 142 Diagrama delas diferentes comunicaciones y gestiones realizadas por las capas.

Use-case	*Mode of communication*	*Minimum transmission frequency*	*Required latency*
Intersection collision warning.	Periodic message broadcasting	Minimum frequency: 10Hz	Less than 100ms
Lane change Assistance	Co-operation awareness between vehicles	Minimum frequency: 10Hz	Less than 100ms
Overtaking vehicle warning	Broadcast of overtaking state	Minimum frequency: 10Hz	Less than 100ms
Head on collision warning	Broadcasting Messages	Minimum frequency: 10Hz	Less than 100ms
Co-operative forward collision warning	Co-operation awareness between vehicles associated to unicast	Minimum frequency: 10Hz	Less than 100ms
Emergency vehicle warning	Periodic permanent message broadcasting	Minimum frequency: 10Hz	Less than 100ms
Co-operative merging assistance	Co-operation awareness between vehicles associated to unicast	Minimum frequency: 10Hz	Less than 100ms
Collision risk warning	Time limited periodic messages on event	Minimum frequency: 10Hz	Less than 100ms

Ilustración 143 Cuadro resumen de las características mínimos de las comunicaciones en el estándar europeo.

5.2.-PROYECTOS

Diferentes países están o conjunto de naciones se unen para realizar grupos de trabajos que investiguen en el área de las comunicaciones vehiculares, dando lugar a grandes consorcios de entidades públicas y empresas privadas. Etas uniones dan como resultado diversas soluciones, de entre de las cuales surgen un grupos de indicaciones que final mente se convierten en estándares con la misma finalidad y en aspecto generales utilizan.

5.2.1.-EUROPA

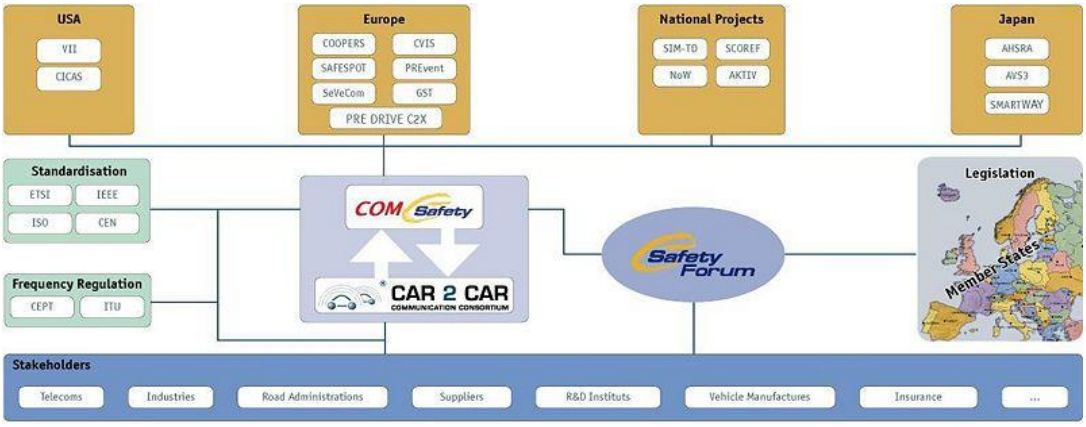


Ilustración 144 Esquema de los diferentes proyectos de diversos países.

En Europa dos organizaciones (TSI y CEN) son las encargadas realizar los estándar formado por un conjunto de pautas que permitan la conexión los vehículos para ello la unión europea invirtió 180 millones de euros en investigaciones realizadas por 40 proyecto diferentes desde 2002. [45]

El comienzo del objetivo de las ITS sucedió cuando se crea por la Comisión Europea el proyecto eSafety en abril del 2002, el cual supone el primer paso hacia la seguridad en las carreteras y una mejora en la coordinación para reducir la siniestralidad a la mitad en 2010. [46] Con esta finalidad se crea el Foro eSafety como método de canalización de los diversos proyectos involucrados en el desarrollo de ITS.

En junio de 2005, la Comisión Europea adoptó la iniciativa i2010 (la sociedad de la información europea 2010) que buscaba la iniciativa del vehículo inteligente (para apoyar el foro esafety), "Sensibilización sobre las TIC inteligentes, seguros y vehículos más limpios" (como solución de transporte y seguro).

Debido al sexto programa marco (6PM) [47] creado en 2006 (hasta 2012) por la comisión europea se producen grupos de trabajos entre los que destacan CVIS SAFESPOT COOPERS y CALM coordinados/gestionado por la plataforma COMeSafety que hace de intermediario entre dichos grupos intercambio información y la presentación de resultados que posteriormente se mostraran en el esafety fórum, además de mantener relaciones con otras agrupaciones como Car 2 Car.

En 2007 (hasta 2014) la comisión europea crea el séptimo programa marco (7FP) entre la que se encuentra la sección de transporte (7FP- Transport), pero este a no va de una forma fidedigna al sector de ITS sino que engloba todos los trasportes desde la aeronáutica hasta las "Smart citys" por tato hay grupos de trabajos como eCoMove que utiliza la tecnología ITS para aumentar la eficiencia, desarrollar coches eléctricos y reducir la contaminación.

En 2008 la Comisión Europea público un plan de acción así temas cooperativos bajo el mandato M/453 dirigido a CEN, CENELEC y ETSI en octubre de 2009 invitándoles a realizar un estándar y directrices hacia su despliegue, este mandato no lo acepto CENELEC no participando en su evolución. Estos se encargaran de realizar la normalización de las evoluciones obtenidas de los anteriores grupos.

En julio de 2010, el marco legal (Directiva 2010/40 / UE) adoptó para acelerar el despliegue de los ITS en toda Europa señalándolo como un área prioritario.

En el curso de 2013, ETSI y CEN / ISO finalizados los trabajos de normalización recogidos en el Release 1 anunciado en el 6º workshop ITS de Berlín.

El último programa realizado por la comunidad europea es el de "horizonte 2020" que es un tipo de continuación a los programas marcos 6º y 7º en el que la inversión ITS esta diseminada en la sección de transporte pero de un enfoque diferente al del FP6 que se centraba en las comunicaciones y en los equipos a implementar, en este programa como en FP7 se tiene la tecnología ITS como recurrente no como base de estudio principal.

Los proyectos europeos que más destacan son cuatros CVIS, SAFESPOT, COOPERS y CALM

a) CVIS

El proyecto CVIS (Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems) es un consorcio compuesto de 62 empresas y centros de investigación de 15 países europeo que recibió una financiación de unos 22millones de euros y un coste total de 40 millones [48]. El objetivo final de los socios era diseñar, desarrollar, y probar una serie de tecnologías fundamentales con las que producir «Internet para coches» integrado, de código abierto y comunicación bidireccional, es decir permitir que los coches que se comunican entre sí y con la infraestructura carretera cercana de forma continua y trasparente.

La arquitectura viene derivada del proyecto CALM planteado por la ISO, en la que usa su soporte físico y la estructura general. Este permite la conexión de varias tecnologías entre las que destacan la telefonía móvil, WiFi y DSRC entre otras, diseñando un middleware que permita el uso de estas de forma estándar abierto que permita el acceso a cualquier proveedor e independientemente de la zona.

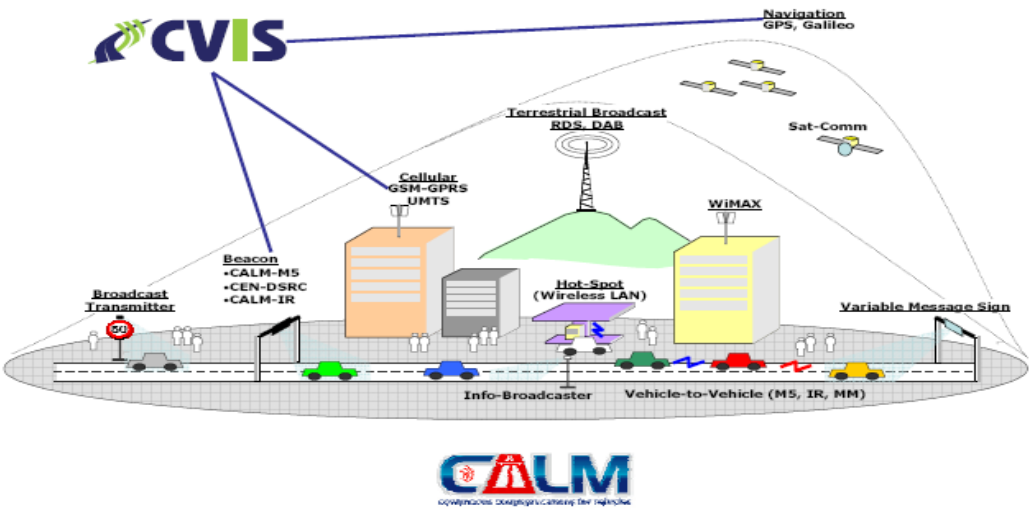


Ilustración 145 Esquema general de interconexión entre diversas tecnologías propuesto por CVIS

La tecnología que se basa la unidad del usuario OBU y la unidad de carretera RSU, en la que encontramos los siguientes módulos:

Módulos de usuario

Router móvil: se encarga de las comunicaciones internas y externa a la red, la cual se implementa usando Java y OSGi.

Host del vehículo: controla todos los elementos del vehículo (ordenador de abordo).

Gateway del vehículo: es la pasarela que conexiona el host con los elementos controlados y el cual aporta seguridad.

Interface humano vehículo: visualización y control de los parámetros de forma amable para el usuario.

Módulos de la unidad de carretera

Router: puerta de comunicación entre la red y servicios externos.

Unidad de control: Realiza el control de los servicios entregado por la unidad de carretera.

b) COOPERS

El proyecto Coopers (Co-operative Systems for Intelligent Road Safety) está formado por un consorcio de 37 entidades colaboradoras de 14 países distintos, los cuales obtienen una subvención de la comisión europea de cerca de 10 millones de euros de un coste total de casi 17 millones [49]. El objetivo de este grupo es proponer evoluciones en el lado de las infraestructuras públicas en las comunicaciones cooperativas, I2V [50]. Esto se centra en:

- Mejorar la infraestructura vial y el sensor de control de tráfico de aplicaciones para la información de tráfico más precisa situación basada y asesoramiento conductor en tiempo real e individual también basado en comunicaciones V2I verificando datos a través de los sensores de los vehículos que verificaran los

datos de control de tráfico. Gracias a la robustez y fiabilidad se consigue una mayor seguridad aprovechada por los sistemas de peaje de carreteras.

- Desarrollo de un concepto de comunicación y aplicaciones capaces de hacer frente a los requisitos I2V en términos de fiabilidad, capacidad de tiempo real y robustez y teniendo en cuenta las diferentes tecnologías (DAB/DVB-H, GSM/GPRS,WIMAX, CALM IR/CALM-M5).
- Demostrar resultados en importantes sectores de autopistas europeas con alta densidad de tráfico en Holanda, Alemania, Austria, Italia que poseen una alto riesgo de accidente y de atasco, también desarrollar estrategias de implementación para entornos mixtos.

La actuación que propone Coopers es la división de tramos en los cuales se le asigna dependiendo de las condiciones de circulación fragmentando la vía en tramos y estos portaran las directrices en esta sección, cambiando las señales de tráfico por señales dinámicas que tengan en cuenta las condiciones de la vía.[51]

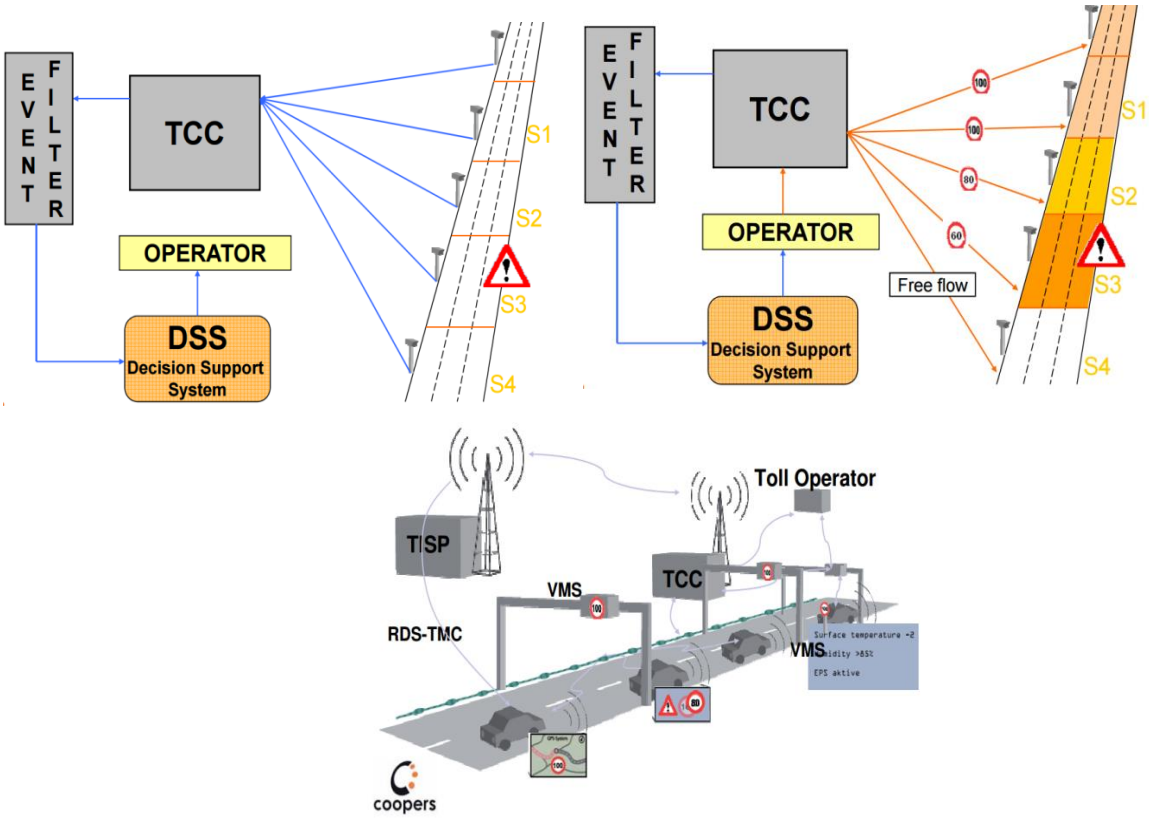


Ilustración 146 Esquema de seguridad diferenciado tramos, propuesto por Coopers.

Esto consta de las siguientes partes

- Adquisición de datos a través de RCU (Roadside control unit) u operadores de peajes (tool operator).
- TCC (Traffic control center) gestiona los datos recibidos de las RCU por aplicaciones.
- FCD (Floating Car Data) utiliza los sensores de los vehículos para contrastar la información.
- TISP (Traffic Information Service Provide) es en centro en el cual evalúa los eventos y realizan las decisiones a tomar y que se reenviaran a TCC para que propague dicha decisiones a los usuarios.
- RDS-TMC (Radio Data System - Traffic Message Channel) Es la comunicación que usan las infraestructura para comunicarse.

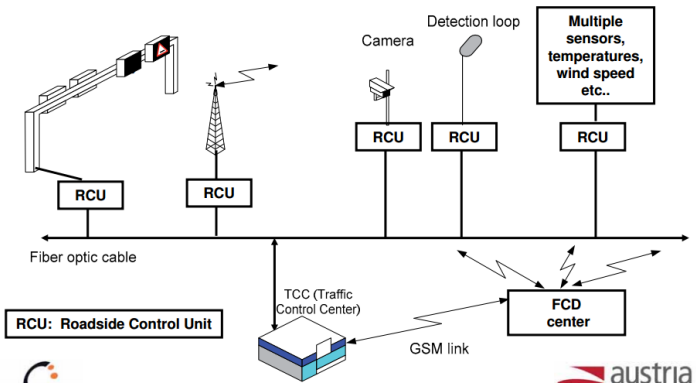


Ilustración 147 Distribución de los dispositivos de red según Coopers.

c) SAFESPOT

El proyecto SAESPOT es otro de los proyectos creados a partir del sexto programa marco de la comisión europea que asigno una subvención de 20 millones de euros de los 37 millones finales que costo la finalización del proyecto, este también es apoyado por EUROCAR Este proyecto es un consorcio de 52 socios de 12 países europeos y colaborando con el proyecto CVIS. La finalidad de este proyecto es mejorar la seguridad sobre todos en aquellos puntos proclives a situaciones críticas, es decir se centra en "los puntos negros" denominado asistente de seguridad marginal y extender tanto en el tiempo como en el espacio la información relevante. [52]

Este proyecto se basa en la tecnología desarrollada por el proyecto CVIS, la cual es usada para conseguir seguridad atreves del diseño cooperativo usando las comunicaciones V2V y V2I e ir más allá de la percepción solitario sistema pueda captar por su sensores ya está muy limitado.

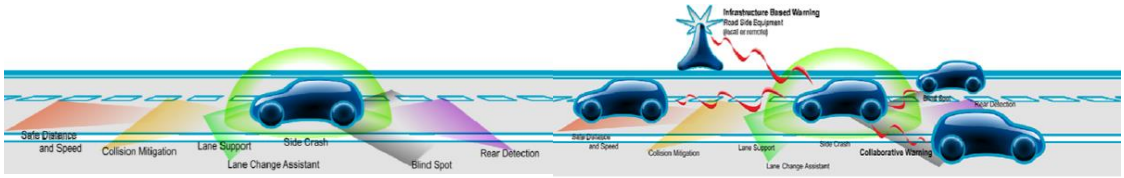


Ilustración 148 Representación de comunicaciones diferenciado por distancia según SAFESPOT.

Los objetivos que persigue SAFESPOT mediante el margen de seguridad auxiliar son

Utilizar vehículo e infraestructura como adquisición de datos y emisión de información de seguridad, para esto se necesita una arquitectura abierta flexible y modular.

Un desarrollo de tecnologías que afronten, localización recisa, soporte el dinamismo (redes ad-hoc), mapas de tráfico locales dinámicos (LDM)…

Técnicas de detecciones eficientes y ligeras para las infraestructuras.

Ampliar el alcance, mejorar la calidad y la fiabilidad de la información (cobertura) relacionada con la seguridad ofreciendo una amplia cooperación a todos los conductores.

Definir la aplicación práctica de este tipo de sistemas, sobre todo en el período de transición cuando no todos los vehículos estarán equipados;

Evaluar los aspectos de responsabilidad, los reglamentos y las cuestiones de normalización que pueden afectar a la ejecución: participación de las autoridades públicas de las primeras fases será un factor clave para el despliegue futuro.

d) C2C- CC

El grupo C2C-CC (Car 2 Car Communication Consortium) [53] es una asociación sin ánimo de lucro que busca un estándar universal (interfaces y protocolos) en las ITS referente a los utilitarios, es decir desarrollan la tecnología (hardware y software) necesaria para las comunicaciones V2V y V2I, infraestructura de tráfico, proveedores de servicios, seguridad vial, eficiencia del tráfico y conducción sostenible.

Como parte de los proyectos son financiados con fondos públicos hace que tengan una colaboración más acuciante ante objetivo de crear especificaciones, una visión general sobre el trabajo en curso y ayudar para en la creación de normas con los resultados obtenidos.

La finalidad de este consorcio es crea un marco para la aplicación armonizada y despliegue de los ITS cooperativas en Europa para el año 2015, integrando el sector público y/o el sector privado mediante la asociación público-privada, fomentando la cooperación entre los fabricantes de vehículos, proveedores de infraestructura (incluido autoridades de tráfico de las carreteras), los operadores de telecomunicaciones y de la CE, junto con otros socios industriales relevantes.

Con este fin el C2C-CC toma la banda de frecuencia libres en el 5.9 GHz para realizar los servicios a seguridad, que está alineado con una asignación semejante espectro en EE.UU., Canadá, México y Australia. Además este consorcio acuerda cuatro fases a modo de directriz [54]

Fase 1: Se trata de un sistema básico formado por un conjunto sostenible con un nivel manejable de complejidad

- Vehículos/Infraestructura se comunican por mensajes que permiten un conjunto de características.
- Permite el mercado masivo.
- Permite la advertencia/aplicaciones eficientes (no automatizadas).

Fase 2: casos de uso más complejas (sin o con menor nivel de automatización)

- Intersección con advertencia de colisión.
- Advertencia de aproximación de una motocicleta.

Fase 3 Sistemas de asistencia automatizada basada en una combinación de Car2X y de información de sensores de entorno.

Fase 4: La consecución de la visión general

- Autonomía 'combinación de todos los casos de uso'

Posteriormente al nivel de seguridad el sistema CAR 2 CAR se ofrecen las siguientes funciones de nivel superior:

- Rápida transmisión de datos automática entre vehículos y entre vehículos y unidades laterales de carreteras
- Transmisión de información sobre el tráfico, las advertencias de riesgo y el apoyo de datos de ocio de CAR 2 CAR por comunicaciones ad hoc, sin necesidad de una infraestructura de red preinstalada
- El sistema CAR 2CAR se basa en la tecnología de corto alcance de LAN inalámbrica y gratuita de los costos de transmisión

5.2.2.-NORTE AMÉRICA

El acta de sobre superficie de igualdad intermodal de transporte (ISTEA) en 1991 recogió la necesidad de promover un despliegue para tecnología ITS para esto hace falta una arquitectura, desarrollar un programa de normalización el cual fue dirigido por USDOT y este puso en marcha el ITS JPO (ITS Joint Program Office) obteniendo como resultados en 1996 la primera arquitectura de transporte inteligente y en 1999 ya se habían sido publicados más de 22 normas ITS

Debido al gran ascenso del acta de ISETEA-ITS el congreso aprobó el acta de equidad en el trasporte para el siglo 21 (TEA 21) en 1998 y con ello se renovaron los fondos además de sufrir una reorientación en materia de adopción y despliegue las cuales fueron recogidas por la administración federal de carretera FHWA en la norma 940 en 2001, junto a esto se complementó con la política emitida por la administración federal de tráfico que obliga a todos los proyectos ITS cumplan con la arquitectura y normas desarrolladas por USDOT .En 2004, 40 normas ITS se usaban en proyecto, aunque la ley no entro en vigor en 2005.

En 2005 se ceo un acta enfocada a los usuarios que modificaba el TEA 21 por el SAFETEA-LU que añadía Seguro, Responsable, Flexible y Eficiente, que fomentaba el uso de la tecnología ITS en los principales proyectos de transporte[56].

El 22 de mayo del 2012 [55] se definió el informe Visión y Concepto Operacional para la Habilitación avanzada viajero Servicios de Información “Vision and Operational Concept for Enabling Advanced Traveler Information Services” que suponía una evaluación de disponibilidad del Mercado. El planteamiento de este informe ha supuesto una facilitación del desarrollo transformando el mercado de aplicaciones de información al pasajero con dicha investigación desarrollando un conjunto de aplicaciones de movilidad dinámica DMA (Dynamic Mobility Application). A finales de 2012, EnableATIS (Enabling Advanced Traveler Information Systems) inició dos estudios básicos de investigación de prueba sobre métodos y tecnologías avanzadas para deducir datos dispersados del comportamiento de los viajeros.

En Noviebre de 2013 en Washington DC se evaluaron los esfuerzos empleados por EnableATIS y si los fines de estos seguían siendo, validos analizados por DMA programa USDOT. Esta reunión reviso además de los principios de esta investigación se busca nuevas tendencias surgidos por diversas causas como nuevos coches autónomos, proliferación de servicios y también la diferenciación del sector público y privado.

El plan estratégico de investigación de 2010-2014 investigó y facilitó a nivel nacional un sistema de transporte de superficie multi-modal (Integración y/o agregación de entre modos de transporte y de operaciones de datos para apoyar la mejora de la información en viaje) que ofrece un entorno conectado a todo tipo vehículos, infraestructura, y dispositivos al servicio del bien público de pasajeros aprovechando esta tecnología para maximizar la seguridad, la movilidad y rendimiento del entorno.

Bajo el apoyo de USDOT (US Department of Transportation's) la tecnología ITS lograr un amplio despliegue e implantación. La necesidad de coordinación hizo crear un grupo de trabajo dependiente de RITA (Research and Innovative Technology Administration), el ITS JPO (ITS Joint Program Office). El papel de la ITS JPO es administrar una asociación de colaboración entre los organismos diferenciado en módulos en el que cooperan seis de nueve agencias de USDOT.

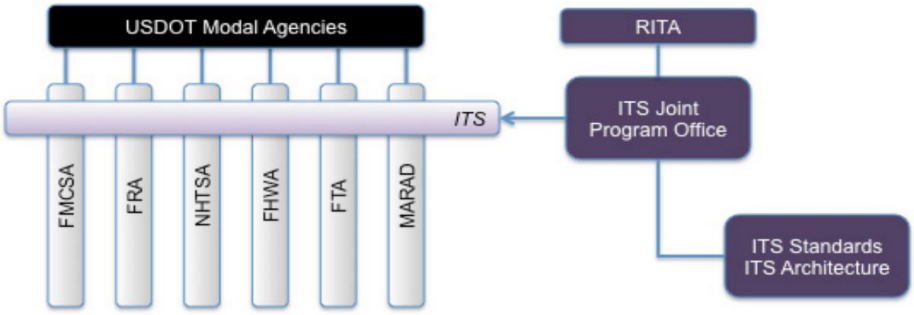


Ilustración 149 Diagrama de instituciones estudiosas de las redes vehiculares.

En el año 2014 se obtuvo una diversidad de proyectos basados en diferentes características del transporte inteligente.

V2I Safety	Environment	Mobility
Red Light Violation Warning Curve Speed Warning Stop Sign Gap Assist Spot Weather Impact Warning Reduced Speed/Work Zone Warning Pedestrian in Signalized Crosswalk Warning (Transit)	Eco-Approach and Departure at Signalized Intersections Eco-Traffic Signal Timing Eco-Traffic Signal Priority Connected Eco-Driving Wireless Inductive/Resonance Charging Eco-Lanes Management Eco-Speed Harmonization Eco-Cooperative Adaptive Cruise Control Eco-Traveler Information Eco-Ramp Metering Low Emissions Zone Management AFV Charging / Fueling Information Eco-Smart Parking Dynamic Eco-Routing (light vehicle, transit, freight) Eco-ICM Decision Support System	Advanced Traveler Information System Intelligent Traffic Signal System (I-SIG) Signal Priority (transit, freight) Mobile Accessible Pedestrian Signal System (PED-SIG) Emergency Vehicle Preemption (PREEMPT) Dynamic Speed Harmonization (SPD-HARM) Queue Warning (Q-WARN) Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) Incident Scene Pre-Arrival Staging Guidance for Emergency Responders (RESP-STG) Incident Scene Work Zone Alerts for Drivers and Workers (INC-ZONE) Emergency Communications and Evacuation (EVAC) Connection Protection (T-CONNECT) Dynamic Transit Operations (T-DISP) Dynamic Ridesharing (D-RIDE) Freight-Specific Dynamic Travel Planning and Performance Drayage Optimization
V2V Safety	**Road Weather**	**Smart Roadside**
Emergency Electronic Brake Lights (EEBL) Forward Collision Warning (FCW) Intersection Movement Assist (IMA) Left Turn Assist (LTA) Blind Spot/Lane Change Warning (BSW/LCW) Do Not Pass Warning (DNPW) Vehicle Turning Right in Front of Bus Warning (Transit)	Motorist Advisories and Warnings (MAW) Enhanced MDSS Vehicle Data Translator (VDT) Weather Response Traffic Information (WxTINFO)	Wireless Inspection Smart Truck Parking
Agency Data		
Probe-based Pavement Maintenance Probe-enabled Traffic Monitoring Vehicle Classification-based Traffic Studies CV-enabled Turning Movement & Intersection Analysis CV-enabled Origin-Destination Studies Work Zone Traveler Information		

Tabla 22 Servicios propuesto por la estandarización americana.

La conexión de la ITS con el entorno se muestra en la siguiente grafica

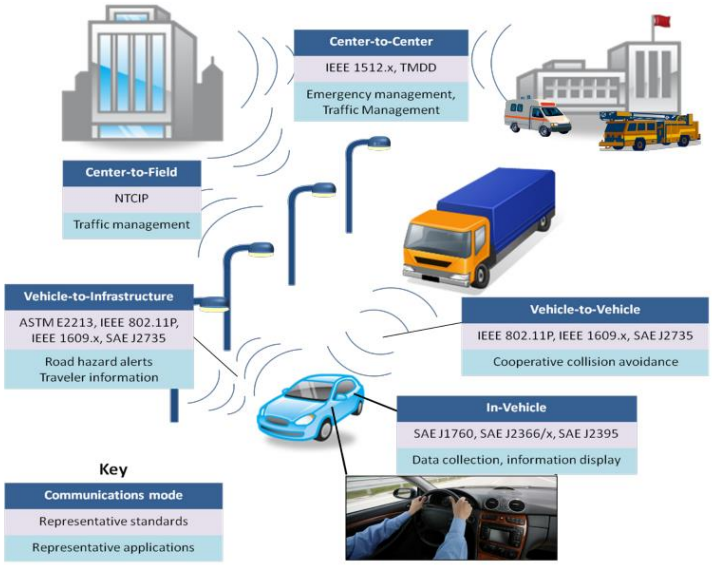


Ilustración 150 Representación de servicios inteligentes interconectados.

En diciembre de 2014 [57] se presentó la estrategia a seguir en los próximos años con el "plan estratégico 2015- 2019 USDOT's ITS" siendo parte continuista del programa homónimo de 2010-2014. Este documento recogió el conjunto de

prioridades, temas estratégicos, desarrollos, programas de investigación y actividades que tendrán lugar.

Hay dos prioridades principales, la primera es la realización de vehículos conectados (CV) y el segundo es la implementación y desarrollo de la automatización

Se distinguen distintas categorías separadas y preparadas para investigación, el desarrollo y adopción de tecnologías ITS. Estas categorías pueden recibir aportaciones tanto de otras categorías como de entidades externas

Breves descripciones de las categorías de programas se incluyen aquí

Vehículos conectados: El USDOT se centrará gran parte de sus actividades del programa CV en adopción y eventual despliegue. El NHTSA planea emitir una propuesta para el año 2016 mensajes de seguridad de vehículo a vehículo en (V2V).

Comunicaciones V2V basados en tecnología de comunicaciones de corto alcance dedicados (DSRC).

También se pueden utilizar otras tecnologías además de DSRC como redes móviles, Wi-Fi, o por satélite. Aunque el USDOT no está investigando las decisiones regulatorias relacionadas con estas otras tecnologías.

Automatización: se centrará en la investigación sobre sistemas autónomos y tecnologías que transfieren ciertas decisiones tomadas anteriormente por el conductor. Este sistema mejorará la seguridad, la movilidad y la ecología. Estos supones nuevos retos no solo tecnológicos, sino también políticos.

Datos empresariales: Con la creciente afluencia de datos de las aplicaciones se necesita una gestión eficaz de recopilar, transmitir/transportar, clasificar, almacenar, compartir, agregar y analizar además de proteger la privacidad y permitir la integración de datos de múltiples.

Interoperabilidad: centrados en capacitar la compatibilidad de los elementos en vehículos, dispositivos, infraestructura y aplicaciones para comunicarse eficazmente con otras partes del sistema independientemente de donde o cuando

se usen. Esto realiza un incremento de complejidad por lo que las normas y arquitecturas deben seguir evolucionando.

Aceleran el despliegue: Al ser una tecnología nueva de pasar fases de adaptación e implementación, pasando pruebas y posterior pasando a implantarse suavemente apoyado por los operadores y por las distintas fases de investigación.

a) Consorcio de integración de infraestructuras y vehículos ("Vehicle Infrastructure Integration Consortium" VIIC)

Es un consorcio en el que participan diez de los principales fabricante de vehículos ligeros y el apoyo de entidades públicas como USDOT, con el ánimo de realizar aportaciones son sin ánimo de lucro sobre el desarrollo de la comunicación entre vehículos, así como en asesorar en las normas que lo regulan, es decir centra la atención en políticas precompetitiva.

De los participantes por el sector privado se encuentran grupos como el BMW, Chrysler, compañía Ford Motor, General Motors, Honda, Mercedes-Benz, Nissan, Toyota y Volkswagen.

Esta unión identifica las metas comunes y diferencias, favoreciendo en unas directrices y planes de acción que incluyen mensajes y protocolos potenciales, que se expondrán en congresos futuros.

El VIIC se centra principalmente en el despliegue de aplicaciones de seguridad y movilidad de cooperación basado en DSRC a una frecuencia de 5.9 GHz que permite hablar con otros vehículos o infraestructura intercambiando información como señales de tráfico o intersecciones entre otros para evitar errores potenciales.

En el consorcio celebrado el 3 de diciembre de 2014 sobre el sistema de gestión credencial de seguridad Security Credential Management System (SCMS Manager Considerations).

En este congreso se afrontó las condiciones que debía cumplimentar la seguridad dentro de los vehículos conectados utilizando DSRC este requerimiento. Esta tecnología deberá aportar un plan a largo plazo como ya sucedió con internet o GPS, en el que debe prevalecer la seguridad y a su vez debe el sistema proporcionara flexibilidad a los usuarios.

Se comparó la diferencia de seguridad entre la infraestructura y los vehículos y si estos debían usar la misma tecnología ya que en caso diferenciado daría lugar a posibles dificultades de interoperabilidad y desarrollo divergente entre ambas partes y en caso de usar los mismos términos de seguridad mejoraría el desarrollo y el despliegue.

OBJETIVOS [58]

La misión prevista del Administrador SCMS es:

1.-Establecer la estructura organizativa SCMS (administrador SCMS)

Este órgano es el encargado de evaluar el riesgo de las distintas entidades posible por lo que se diferencia distintas entidades.

- Corporación o negocios (con fines de lucro).
- Sociedad de Responsabilidad Limitada (LLC).
- Asociación limitada (LP).
- Corporación Sin fines de lucro 501 (c).

2.-Establecer normas y procesos operativos.

El consejo de administración (BOD) supervisa y direcciona los participantes previstos que pertenecerán a fabricantes automovilísticos, órganos estatales y nacionales como AASHTO y USDOT. Además este consejo podrá pedir recomendación externa.

3.-Definir los medios para la separación de funciones.

Lo realizara un órgano de certificación (CMEs) implicando la parte política y la física y en las que se diferenciara criterios según la importancia en centrales y periféricos, dicha decisión debe estar de acuerdo tanto CME como la gestión SCMS.

4.-Asegurar que todos los elementos necesarios para su funcionamiento son proporcionados.

La supervisión por el CME la realiza la gestión SCMS y por tanto es responsables de realizar políticas métodos de actuación sobre circunstancia de emergencia o atípicas como son desastres naturales, violación de la seguridad o la pérdida de la funcionalidad de la red.

5.-Establecer mecanismos de financiación.

Los planes de financiación deben estar desde la creación y han de ser sostenibles, debido a los gastos ocasionados por la puesta en marcha que son seguidos de las distintas fases de actuación. Las primeras financiaciones provendrán del sector público (AASHTO y USDOT) y de algunos sectores involucrados, posteriormente, si las fases se cumplen con éxito, la financiación vendrá de inversores y préstamos comerciales.

6.-Proveer adecuada gestión del riesgo.

Se espera que la gestión SCMS administre el riesgo diario de las operaciones diarias de empresa a través de una función jurídica dedicada entre otras cosas a mantenerse como certificadora/revocadora de certificado, daños debidos a estos certificados y contra cambio de tecnología.

7.-Proporcionar un mecanismo para la certificación, auditoría, cumplimiento y adjudicación.

El Administrador de SCMS necesita para proporcionar una interfaz de certificación, auditoría, y la funcionalidad de enlace externo.

En la función de certificación se centra en buscar credenciales de seguridad obtenida en dispositivos y aplicaciones.

Las auditorias analizan los requisitos que deben cumplir para otorgarles credenciales de seguridad, y esto lo pueden otorgar tanto auditorías internas como externas.

El enlace en externó es el encargado de mostrar a l público general las condiciones sobre la que se ha basado SCMS, como método de transparencia.

8.-Tienes una capacidad para abordar las cuestiones transfronterizas.

Una segunda función clave es monitorear e identificar cualquier problema de interoperabilidad o del certificado de seguridad relacionados con el tráfico transfronterizo entre los EE.UU., Canadá y México.

b) Connected Vehicle Reference Implementation Architecture (CVRIA)

Este es un proyecto perteneciente al USDOT ITS JPO[59], bajo la gestión de la arquitectura y normas ITS y en colaborando con sistemas ingenieros y bancos de prueba. Este proyecto además de revisar arquitectura e información de anteriores proyecto, también desarrolla interfaces claves que permiten un mejor análisis de identificación y priorización, que a su vez influencian tanto en terrenos de políticas de normalización, como en sistemas y entornos de vehículos conectados.

Este proyecto basa sus objetivos en cuatro puntos de actuación, los cuales le proporciona una perspectiva de entendimiento diferente de la arquitectura. Esta arquitectura está basada en la norma ISO / IEC / IEEE 42010: 2011 utilizada en sistemas e ingeniería de software para descripción de arquitectura que no solo se centra en los mensajes y datos enviados, sino también de los intereses de cada sección, lo cual puede albergar varias capa del modelo OSI que son capa fijas por ejemplo la comunicación en modelo OSI utiliza las capas de 1-7, mientras que los puntos de actuación iría de 1-5 o el punto de actuación funcional y físico se centraría en la capa 7.

Empresa [60]: Este punto de actuación es el encargado de describe las relaciones entre las organizaciones o empresas y los servicios desempeñados por el entorno del vehículo conectado. Estos servicios interactúan e intercambian información gestiones y operaciones con datos recogidos del entorno o utilización de recursos por ambas partes. Esta sección esta as limitada por políticas y responsabilidades. La conexión de una aplicación con una empresa se trata como una subred

centrada en la identificación que relaciona la institución con el usuario que se le presta el servicio, para ello debe pasar cuatro fases (desarrollo/instalación, explotación mantenimiento y certificación).

Capa 0: Las personas y organismos que poseen y operan los objetos físicos

Capa 1: Las personas y organismos que poseen y operan los objetos físicos y los objetos de la aplicación

Funcional [61]: Describe elementos procesos (funciones abstractas que realiza un conjunto de acciones o de otros procesos para lograr un objetivo/s) y sus interacciones lógicas (flujos de datos) que satisfagan los requisitos del sistema, cómo protocolos, y método para ponerlos en práctica. La realización de los procesos implica recopilación, transformación, almacenamiento o generación de datos, necesarios para realizar dichas acciones. Estas acciones pueden ser del tipo de vigilancia y otros métodos de control activos que forman parte del funcionamiento del sistema. La metodología de análisis de la estructura se basa en modelado Hatley-Pirbhai (crea una jerarquía donde el nivel superior crea un diagrama de contexto estableciendo los sistemas que se han de implementar), aprovechando la arquitectura lógica de ITS nacional y diferenciando cada cada proceso de una forma específica.

Física [62]: Describe los objetos físicos (sistemas y dispositivos) que operan en el entorno móvil probados en condiciones extremas, para permitir un amplio rango de funcionamiento. También describen sus objetos de aplicación, así como las interfaces de alto nivel entre los objetos físicos que implementan la funcionalidad del vehículo conectado.

Capa 0: Los objetos físicos que participan, las interconexiones entre ellos

Capa 1: Las funciones específicas del proyecto realizadas por cada objeto físico, y los datos intercambiados entre ellos

Capa 2:-específica de la aplicación; muestra sólo los objetos que forman parte de la aplicación, con más detalle en el flujo de datos

Comunicaciones [63]: Describe los conjuntos de capas de protocolos de comunicaciones que se requieren para soportar las comunicaciones entre los

objetos físicos que participan en el entorno del vehículo conectado. Estos protocolos tiene que minimizarlas restricciones de anteriores puntos de actuación (sobretodo el físico) como de las condiciones ambientales, además de cumplir las normas impuestas (privacidad es la de mayor importancia) y asignar funcionalidades.

El protocolo de pila que implementan la funcionalidad necesaria para las comunicaciones efectivas, se recogen en la siguiente imagen:

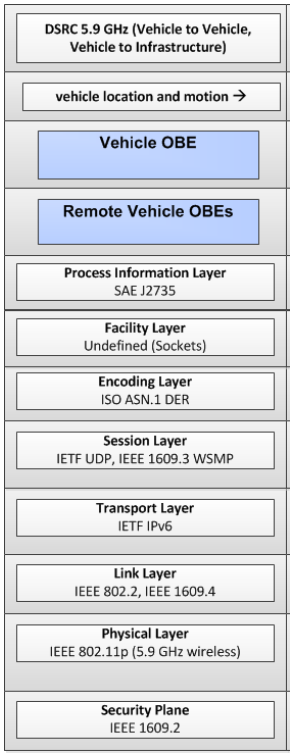


Ilustración 151 Tabla de premisas destacables por CVRIA

Una quinta perspectiva, única para CVRIA, es la perspectiva de la aplicación. Esto no es un punto de vista en sí, sino más bien una forma de ver subconjuntos de cada punto de vista centrado en una aplicación específica del vehículo conectado. Las aplicaciones se derivan de la documentación como, Requisitos del sistema, que son normas y otros documentos que se han escrito para describir las partes del entorno del vehículo conectado. Cabe señalar que esta no es una lista exhaustiva (con el tiempo se desarrollarán nuevas aplicaciones), pero éstos proporcionan una mirada comprensiva en el entorno del vehículo conectado.

c) Google Driverless car

Google

Self-Driving Car Project

El proyecto Google Driverless Car es creado por la empresa informática de Google tiene como finalidad la creación de coche autónomos, sin interacción humana. Este proyecto fue encabezado por el ingeniero Sebastián Thrun que fue el encargado del equipo de la universidad de Stanford que gano en la edición del 2005 de DARPA Grand Challenge que realizo una competición de vehículos autónomos, en la actualidad es dirigido por el doctor Chris Urmson, que gano la misma competición pero en el formato en entornos urbanos. Google empezó el proyecto por la alta siniestralidad de accidentes provocados por error humano (77-90%) por lo que eliminando el este factor este reducirá, de ahí el implantar un sistema autónomo en los vehículos.

Google presiono a los diferentes estaos para que permitiesen la conducción autónoma, donde nevada fue el primer estado en permitirlo el 1 marzo 2012, permitiendo que el Toyota Prius modificado por Google circulara por sus calles. En aquel momento Google poseía seis Toyota Prius, un Audi TT, y un Lexus RX450h modificado para este fin y probados en condiciones en carretera con mucho tráfico y montañosas, este último hizo falta la corrección human. Actualmente la compañía ha iniciado la construcción de una flota de 100 vehículos eléctricos que prescindir de todos los controles estándar y solo posee un botón “e-stop” que detiene el coche y un botón de arranque independiente. Su forma recuerda a la de un Fiat 500 como se muestra en la imagen:

Ilustración 152 Prototipos diseñados por Google de conducción autónoma.

Como Google posee la tienda de android se ha pensado en la llamada desde una aplicación desde el Smartphone, por lo que evitaría la conducción humana por completo.

En cuanto a la tecnología implementada en el vehículo que permite la detección del entono se centra en el láser detector de alcance formado por 64 láseres Velodyne, diseñado especialmente para navegación terrestre y marina. Este posee un alcance de hasta 600m que le otorga un campo de trescientos sesenta grados de visión y campo vertical 26.8 grados de visión, al que se le suma una velocidad de fotograma de 05/15 Hz seleccionable por el usuario y más de 1,3 millones de puntos por segundo tasa de salida que posibilita la creación de mapas 3D que se combinarán con los mapas de alta definición y detallados como los de Street View, permitiendo evitar obstáculos y obedecer las leyes de tránsito. Además, posee cuatro radares montados en el parachoques delantero y trasero, que permite "ver" lo suficiente como para ser capaz de lidiar con el tráfico rápido en las autopistas. Como complementación a lo anterior se suma una cámara cerca del espejo retrovisor que detecta los semáforos, un GPS, una unidad de medición inercial y un codificador de la rueda que determinan la ubicación del vehículo y realizar un seguimiento de sus movimientos

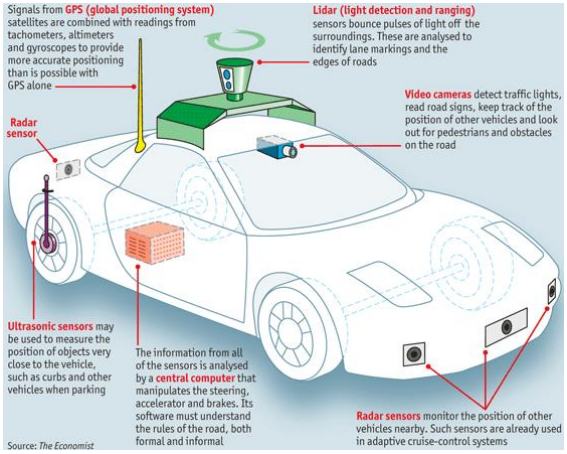


Ilustración 153 Dispositivos que conforman el vehículo autónomo de Google.

5.3. CONCLUSIÓN

En este capítulo se estudia las normativas Europeas y Americanas certificadas , las diferencias entre los sistemas americanos y europeos a pesar del que el europeo está basado en el americano es que este tiene una distribución de canales distintas además de las previsiones canales. De los siete canales de 10 MHz de los Americanos a los cinco canales de 10 MHz asignados por el estándar europeo, además de cambiar el canal de control (172 en IEEE, 180 en ISO). Esto se recoge gráficamente en la siguiente figura 154:

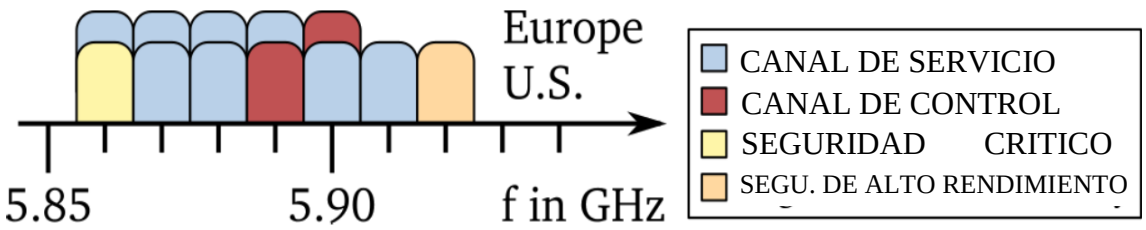


Ilustración 154 Esquema de diferenciación del espectro entre las normas europea y americanas.

Otra diferenciación entre ambos estándares, es que mientras en el estándar europeo se trata a los dos elementos que conforman la red con un nivel de jerarquía muy marcado (RSUs es el maestro mientras que las OBUs son esclavos), en la norma americana a pesar de dar mayor privilegios a las infraestructuras no hace una segregación tan categórica, ya que permite un enfoque hacia comunicaciones puras V2V, sin necesidad de RSUs.

En cuanto a la capa de transporte hay diferenciaciones pero las finalidades son las misma, la utilización de mensajes con mayores preferencias (WSM en IEEE o BTP en ISO) y el resto de transacciones de datos se realizan de la misma forma TCP/UDP o IPv6.

En el ámbito de la seguridad se actúan en todas las capas para conseguir la eliminación de puntos vulnerables. La diferencia estriba en el método de actuación, debido a que en el estándar americano se actúa de forma genérica para todos los casos sin hacer diferenciaciones, aunque si menciona la posibilidad de modificar el tipo de seguridad según la aplicación que se esté trabajando. En cambio el estándar

europeo se centra más en los tipos de aplicaciones a las cual irá dirigida la seguridad proponiendo soluciones concretas a casos más concentrados.

Por últimos se encuentran los proyectos más significativos enfocados hacia las aplicaciones VANET. En Europa estos son más destinados a las redes VANET, ya que en el sexto programa marco se incentivó esta tecnología y que posteriormente en el séptimo programa marco se amplió a todas las tecnologías ITS, mientras que por el lado Americano estas iniciativas se promueven desde la financiación privada, por lo que el número de proyectos son menores o son secretos, entre los que destaca el proyecto de Google, que aunque sea enfocado hacia la conducción autónoma necesita de la tecnología vehiculares para su desarrollo.

6.-CAPÍTULO VI: ESTUDIO DEL IMPACTO DE REDES VANET SOBRE VEHÍCULOS DE EMERGENCIA

Hoy en día se ha experimentado un alto crecimiento de vehículos en las carreteras a nivel mundial, lo que ha proporcionado situaciones de alta densidades, sobre todo en las ciudades. Un efecto colateral de tal crecimiento es las continuas retenciones que perturban los traslados de todos los vehículos y con ellos lo vehículos de emergencia. Dicho vehículos emergencia como ambulancia, dotación de policía, cuerpo de bomberos u otros servicios encargados de otras emergencias. Estos disponen de una normativa de circulación diferente a los vehículos estándar, como es la priorización en la circulación en situaciones de emergencia para permitir el acceso o la movilización de forma más rápida.

También el desplazamiento de estos vehículos de emergencia supone un riesgo de accidentes que se crean por el paso de este o por su cercanía, provocando en los conductores confusiones o haciéndoles tomar medidas contraproducentes, ya que muchas veces no se sabe la trayectoria de dichos vehículos de emergencia. Esto se traduce en un 60 % de errores provocados por el conductor del vehículo de emergencia y un 30% por el comportamiento incorrecto de los vehículos al paso de dichos vehículos de emergencia, este tanto por ciento se puede desglosar en un 44% de los comportamientos incorrectos son en intersecciones que son complejas o confusas.

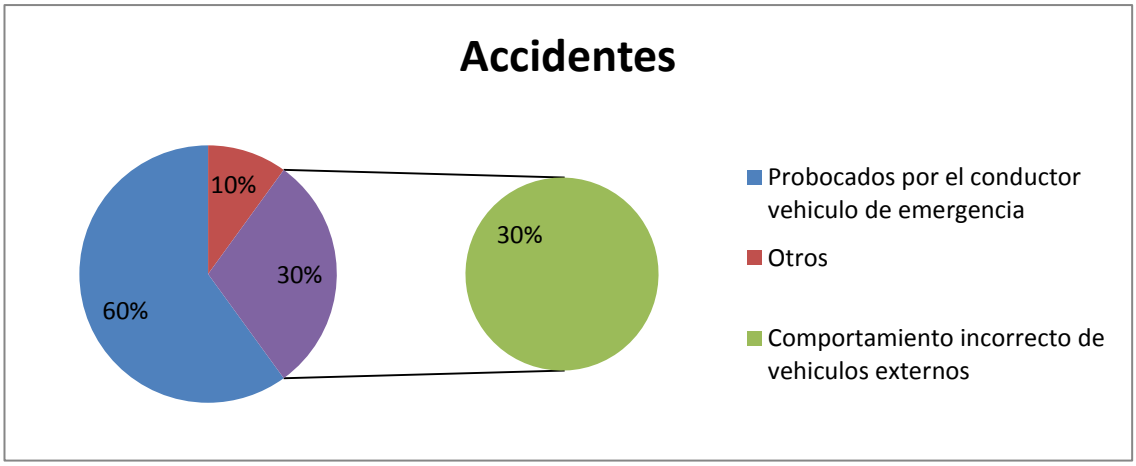


Ilustración 155 Grafico de accidentes relacionados con la aproximidad de un vehículo de emergencia.

En el caso de ambulancias el periodo de desplazamiento puede ser crucial para reducir la mortalidad o efectos de segundarios de situaciones críticas. Las medidas que realizan los servicios de emergencia se agrupan en tres vertientes:

- Tratamiento en el lugar como primera medida de actuación.
- Acondicionamiento asistencial en el transporte de soporte vital básico, de rescate o vital avanzado (UVI).
- Actuación de centro médico en zonas remotas o por acontecimientos eventuales por ausencia de centros de actuación local.

De estas medidas las relacionadas con la del desplazamiento hacia la zona afectada o su retorno al centro sanitario, es la más acuciante para el bienestar del afectado y la situación más descontrolada por este servicio, y, entre los cuales se encuentran los factores que afectan a dichas transiciones son los cuellos de botella y estado de los semáforos. Esto ha sido estimado por International Journal el impactos de las redes vehiculares con respecto al estado de los semáforos es entre 32,4% y 90,2%, por otro lado con respecto a la variación de la ruta la diferencia es de 14.1 % a 57.8% de relación de supervivencia

Un ejemplo de la necesidad de la rápida atención de los servicios sanitarios móviles es el paro cardiaco, donde la tasa de supervivencia es del 43%, cuando el soporte básico actúan dentro de los primeros 4 minutos y el soporte vital avanzado en los 8 primeros minutos y esta probabilidad se ve incrementada en 0,77 por cada minuto de anticipación. Por tanto, como recogió el estudio realizado por Andreas, Florian, Frank, y Michael Weber por la universidad alemana de Ulm [64, 66] determinó que tras un análisis de 21 viajes típicos, se presentó que los viajes con intersecciones controladas por semáforos, y las cuales se encontraban en prohibido el paso, se incrementaba entre 15-30 segundo por intersección, de los cuales en el 50 % de los viajes habían tenido al menos un semáforo en rojo. Otro valor obtenido de este estudio fue que el 2,5% de los conductores actuaron de forma incorrecta retardando 1 minuto, pero sobre todo las situaciones peligrosas proporcionadas.

En el caso concreto de Cáceres, estos valores son muy superiores a los recogidos por ambos estudios, debido a que la conformación viaria de Cáceres es muy comprometida, especialmente la zona que une el puente de San Francisco con la

avenida de la universidad, debido a que bordea el casco antiguo, protegido por ser patrimonio histórico y cultural, proporcionando una vía de acceso al hospital de San Pedro de Alcántara muy angosta y transitada, en el que a lo largo de su senda se encuentran cinco semáforos que aumenta su complejidad . Esta fisionomía viaria hace que los tiempos de desplazamiento se hagan más elevados, y aún mayores si estos tiempos se recogen en horas puntas o desviaciones de otras vías hacia estas, como las sucedidas en el campeonato de España de ciclismo realizado este presente año.

Otras vías de accesos hacia el hospital lo conforman más intersecciones y con más puntos controlados por semáforos, al que se le añade en algunas zonas las densidades de vehículos son superiores como la plaza América. Pero a diferencia del acceso desde la universidad las vías disponen de dos carriles en el mismo sentido (ilustración 163), por lo que este motivo hace más fácil ceder el paso al vehículo de emergencia de mayor prioridad. Esto se puede observar en las ilustraciones 156, 157, 158 y 159.

A todo lo anterior se suma que el centro hospitalario de Cáceres en el centro de referencia de toda la provincia, por lo que incrementa el tránsito de vehículos rodados. Las vías de acceso a Cáceres se aúnan en tres principales accesos (EX-100, A-66, A-58) y dos accesos segundarios (N-521, N-630) que se incorporan en las inmediaciones de la ciudad como se recoge en la ilustración 160.

Los desplazamientos dentro de la ciudad varían en función de la distancia y la densidad de vehículos rodados por los que ella circula, obteniendo el resultado actual de tiempos expuesto en la ilustración 161. Con la implantación de esta red se permitiría mejorar no solo la actuación en las intersecciones que son los puntos más conflictivos como se muestra en la ilustración 162 (la plaza América o la intersección entre Cánovas y la avenida de Virgen de la montaña, el puente de san francisco…), sino también en la transición a lo largo de la vía, ya que se creará un tráfico más fluido reduciendo los tiempos mostrados en la ilustración 161. Estas reducciones en dichos puntos no supondrán una mayor dificultad para ser transitado por los vehículos de emergencias debido a su categoría de vehículo de prioridad. [55]

A continuación se muestran los accesos más utilizados por las ambulancias en estado de emergencia, así como los semáforos que controlan el flujo automovilístico. Estas ambulancias tienen como destino el Hospital San Pedro de Alcántara.

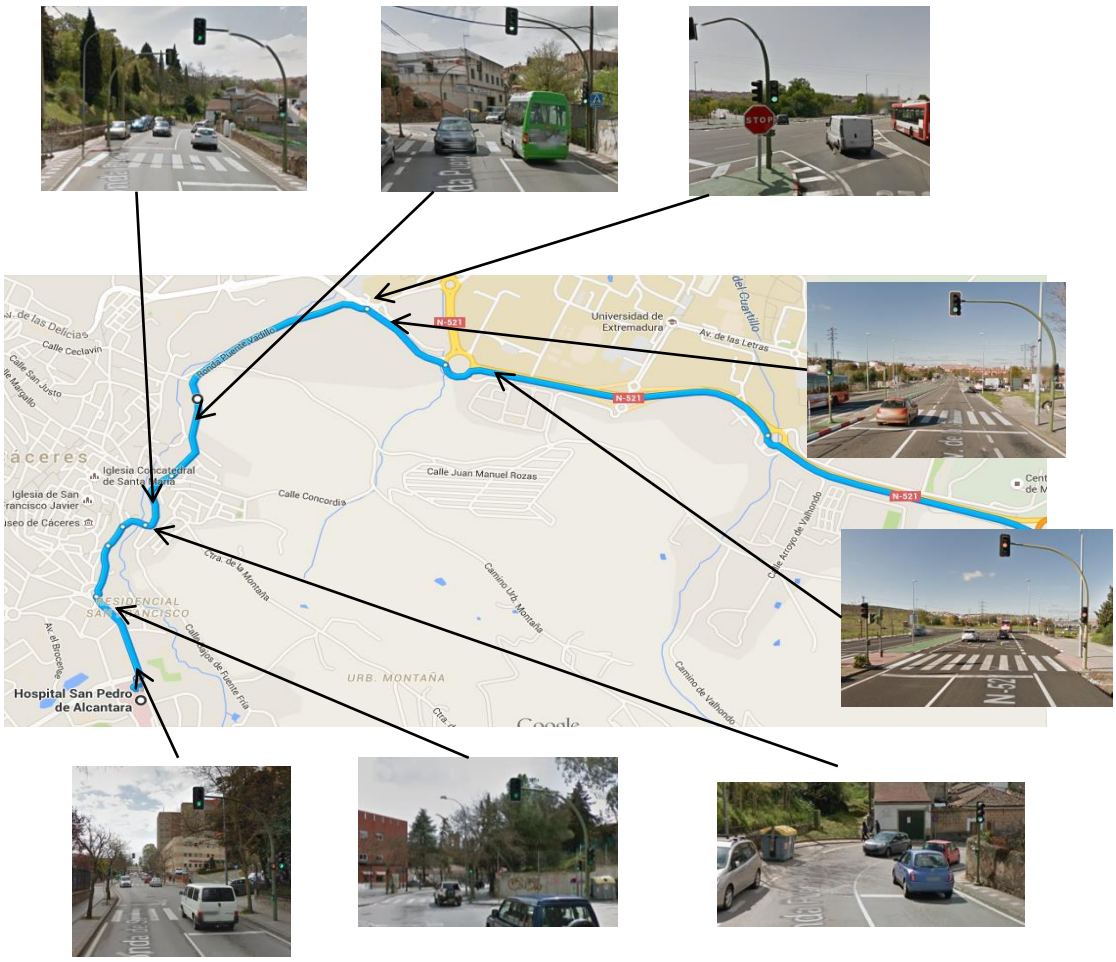


Ilustración 156 Representación de la ruta de acceso por la universidad realizada por un vehículo de emergencia hacia el hospital y las zonas controladas por semáforos.

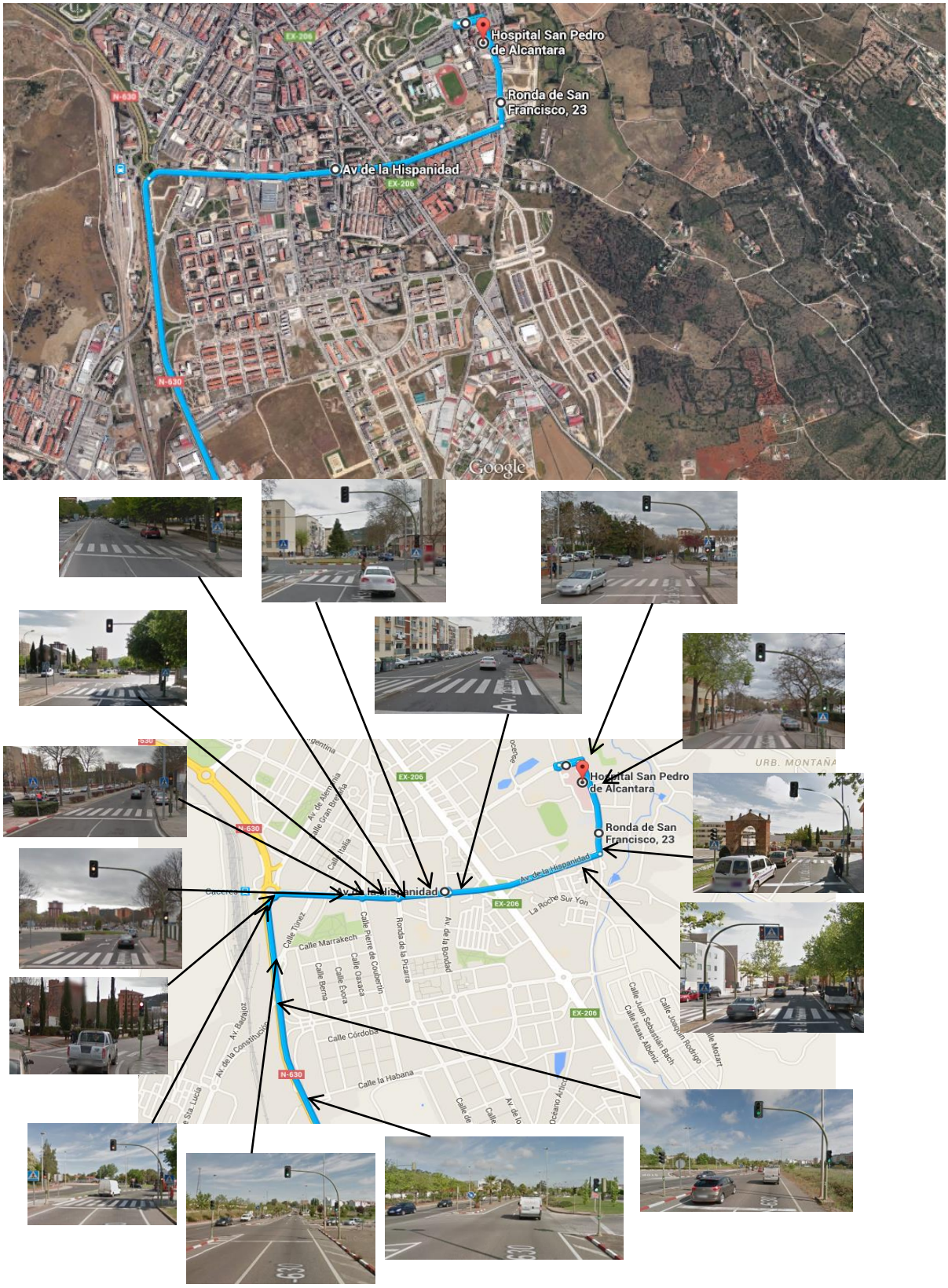


Ilustración 157 Representación de la ruta de acceso desde el recinto ferial realizada por un vehículo de emergencia hacia el hospital y las zonas controladas por semáforos.

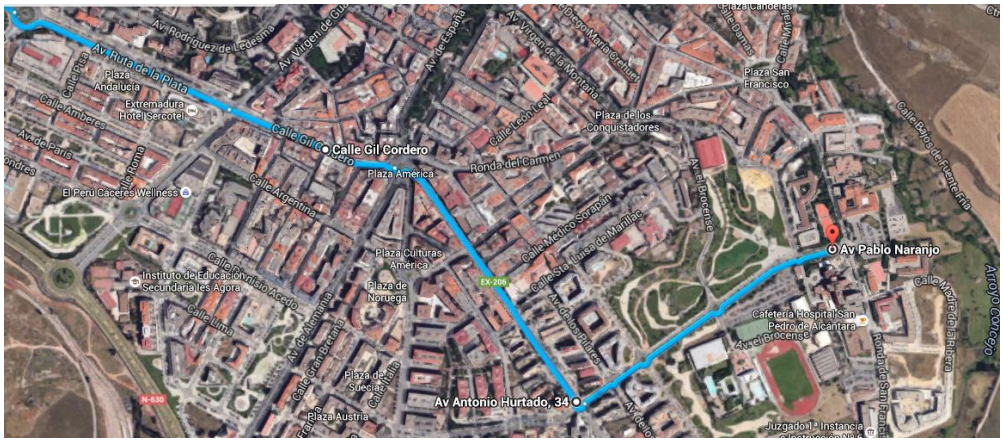


Ilustración 158 Representación de la ruta de acceso desde la avenida ruta de la plata realizada por un vehículo de emergencia hacia el hospital y las zonas controladas por semáforos.

Ilustración 159 Representación de la ruta de acceso desde la plaza de toros realizada por un vehículo de emergencia hacia el hospital y las zonas controladas por semáforos.

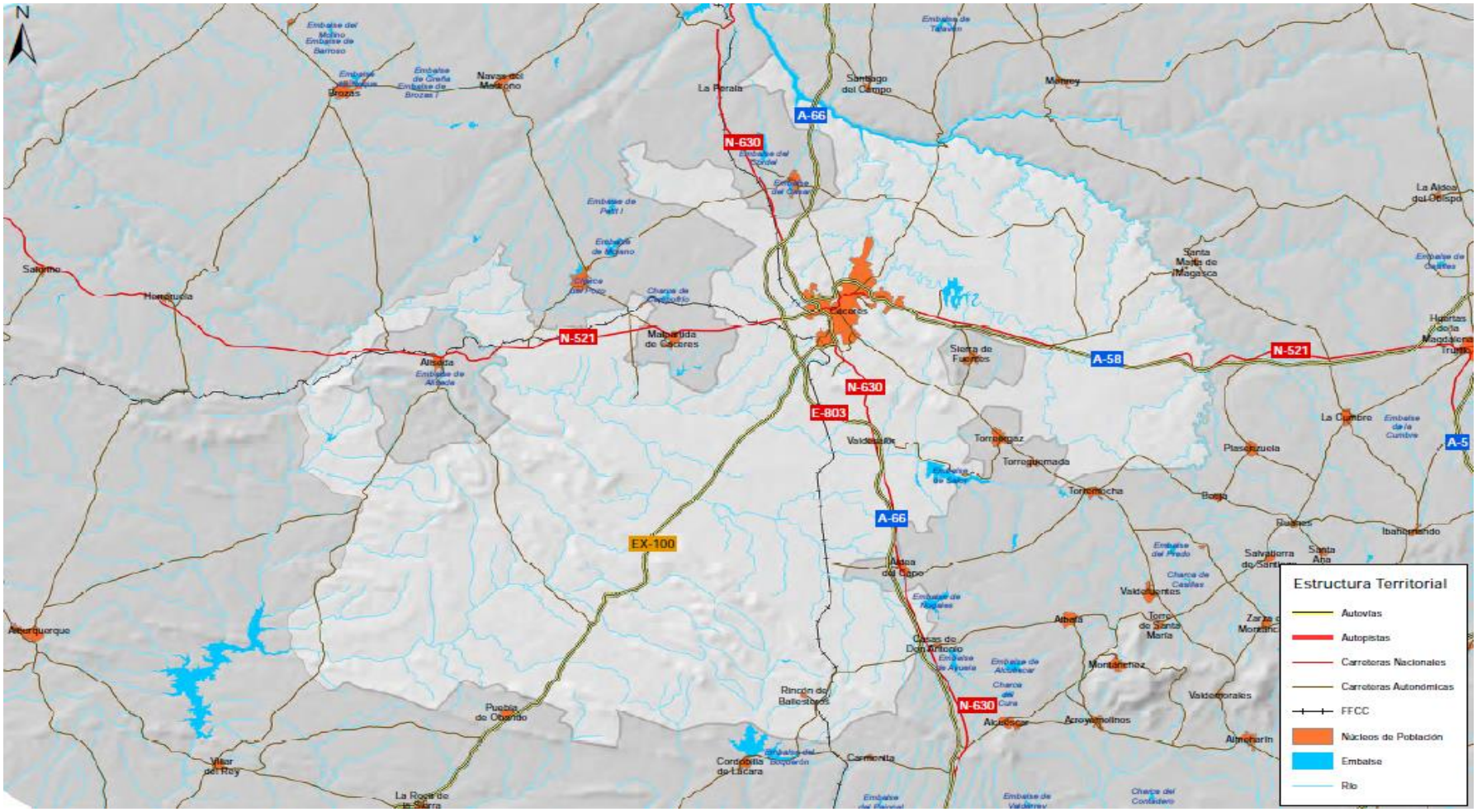


Ilustración 160 Rutas de acceso a Cáceres.

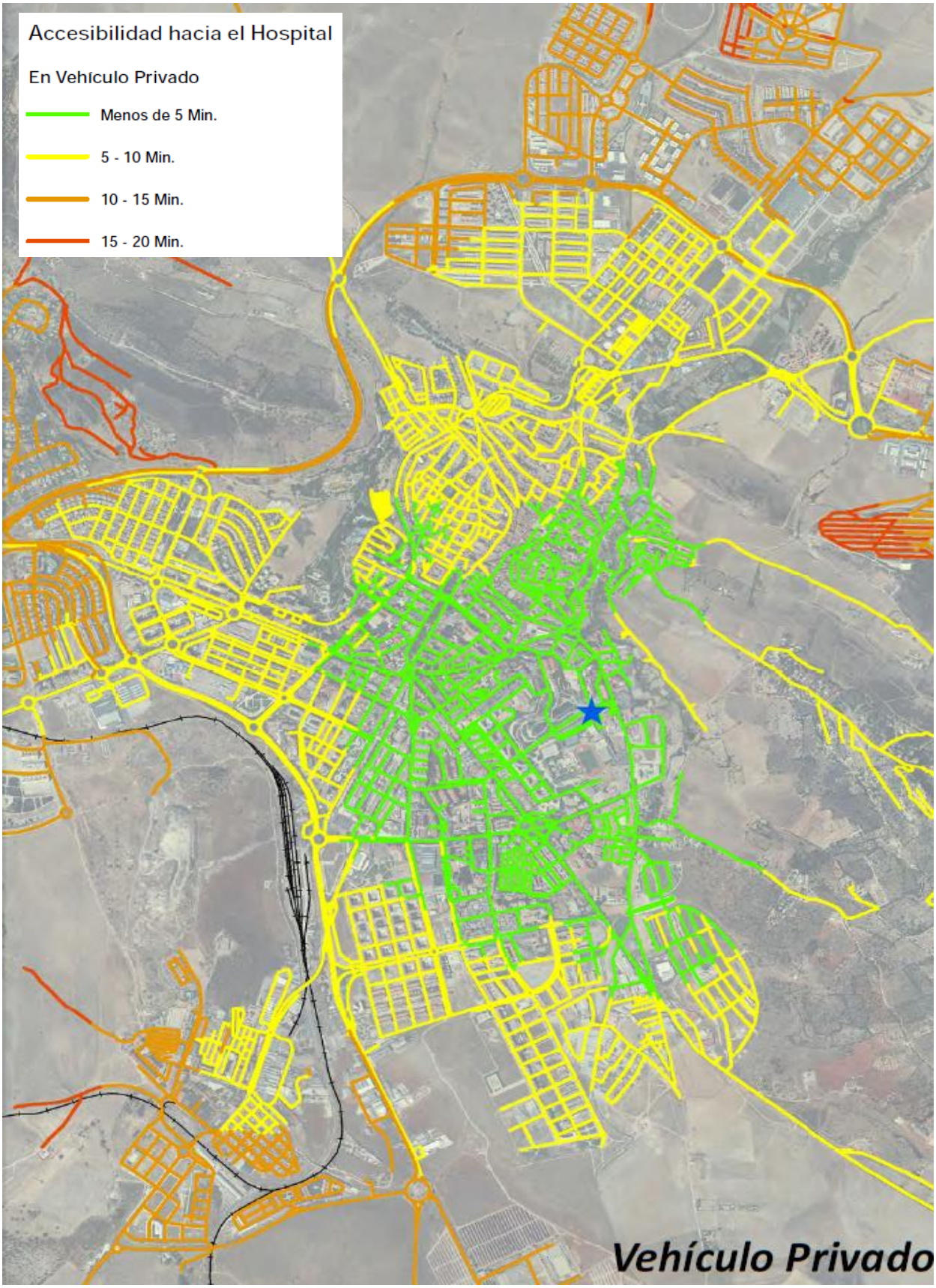


Ilustración 161 Mapa de tiempo de acceso al hospital San Pedro Alcántara de Cáceres.

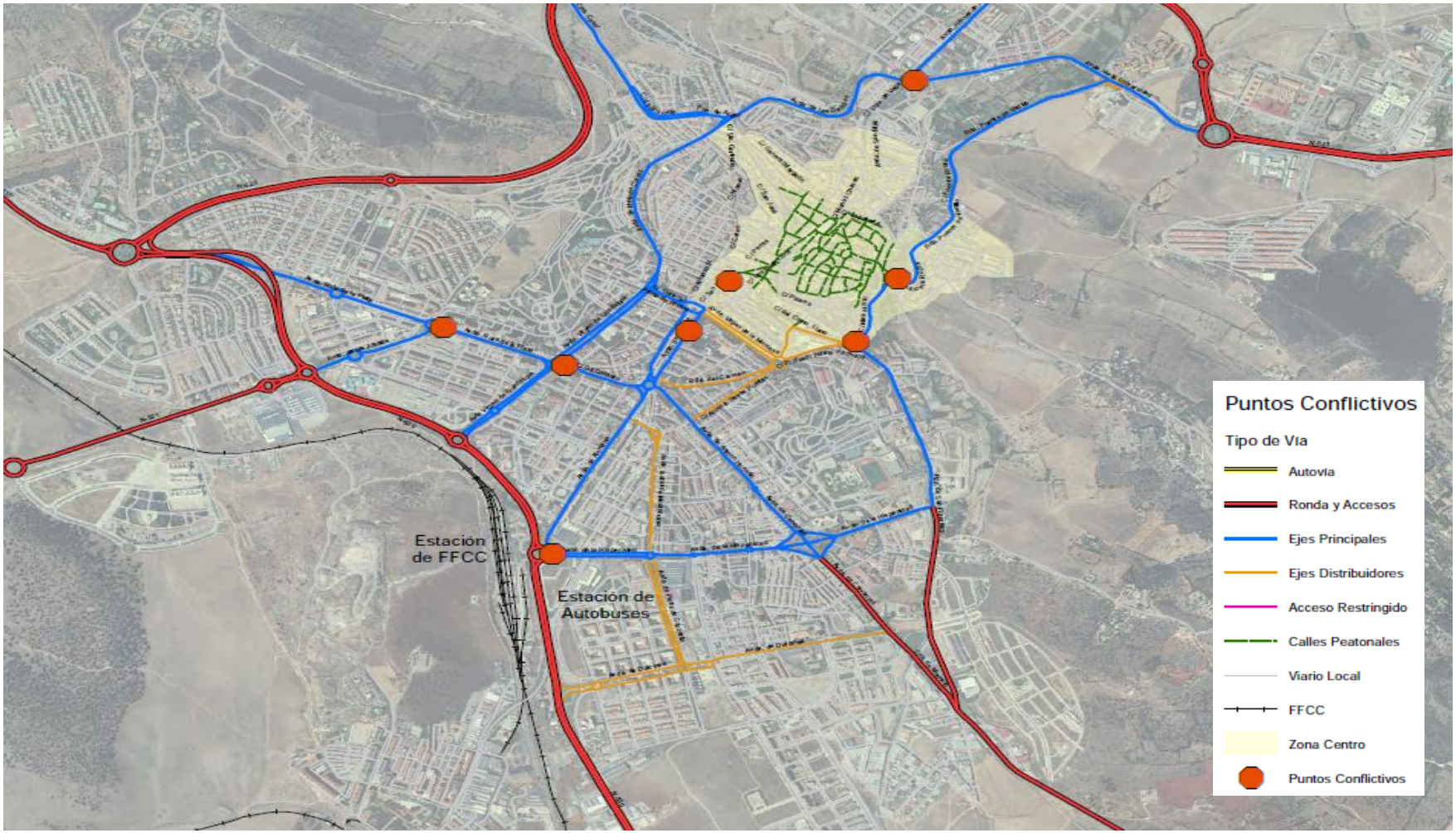


Ilustración 162 Puntos conflictivos de la ciudad de Cáceres.

El estudio sobre los beneficios de la rápida actuación de los medios ofrecidos por el estado se centra en la actuación sanitaria, debido a que son los casos más frecuentes y los que la rápida actuación dentro de la "hora de oro" se hace más acuciante. También como se ha mencionado anteriormente, el hospital de Cáceres es el centro de referencia de la provincia, por esto se darán multitud de caso que provengan de fuera del casco urbano. Dichos casos se les ha preferido otorgar una mayor prioridad, debido al ser los que más tiempo usan en sus traslados. Este estudio se puede ver en las figuras anteriores, ya que estas son las principales vías de acceso hacia el hospital (acceso por la Universidad A-58, acceso por la Plaza de Toros CC-38, acceso por la avenida Ruta de la PlataA-66 y por último el acceso por el Ferial EX-100).

En los casos de los cuerpos de seguridad del estado y de la dotación de prevención y extinción de incendios tienen una correlación con el caso anterior, distinguiendo diferentes grados de actuación, donde la actuación de emergencia extrema en la cual depende la vida de un ciudadano, es equivalente al caso estudiado por International Journal y la universidad Ulm. El hecho por el que no se estudia en este texto ambos cuerpos del estado se debe por la dispersión en su actuaciones, como incendios, rescates o robos, no están tan centralizados como en los casos de sistemas sanitarios, que tienen un objetivo común, por lo que una implantación parcial de esta red como la que se está realizando en este proyecto, sería ineficientes.

Por todo esto el estudio se centra en el sector sanitario con el fin de promover la implantación de una red, lo cual si se lleva a cabo, ambos cuerpos del estado realizarían operaciones exitosas y más efectivas, debido a que las actuaciones se encontrarían dentro del rango de actuación de dicha red.

Por lo anteriormente comentado, las redes vehiculares y en este caso las redes VANET, proporcionan una herramienta potencialmente de mejora para los vehículos de emergencia de un gran valor añadido con respecto a las medidas ya incorporadas como sirena y luces de emergencia. Estas redes, forman parte del sistema de transporte inteligente (ITS) y como ya se describió anteriormente permite la comunicación entre vehículos y también con infraestructuras de forma periódica en tiempo real, y así compartir información actualizada en un mundo global conectado.

Estas redes vehiculares están en fase de investigación, las cuales se centradas en el estudio de tecnologías y protocolos de comunicación, de diversos estudios centrados en el ámbito de vehículos de emergencia, tiene en común ciertos criterios de referentes a protocolos de comunicación en los que consiste en diferenciación de prioridades de mensajes, de estos, los mensajes de mayor priorización son los de seguridad (incluidos los mensajes de advertencia de vehículos de prioridad en acto de servicio), los cuales se van trasmitiendo al resto de vehículos de una determinada área con cierta periodicidad, en estos se indica la posición y velocidad del mismo. Dichos mensajes se podrían enviar a intersecciones controladas por medio de semáforos a través de V2I, o para advertir de la situación de emergencia al resto de usuarios en la que está actuando las dichas dotaciones mediante comunicación V2V. El método más utilizado para la trasmisión de estos mensajes se realiza por medio de multisalto, limitado por una región como ya se había mencionado (geobrodcast), para no inundar la red y sobrecargarla. El hecho de disponer de más de un salto permite una mayor área de dispersión, debido a que las comunicaciones one-hope son muy limitadas.

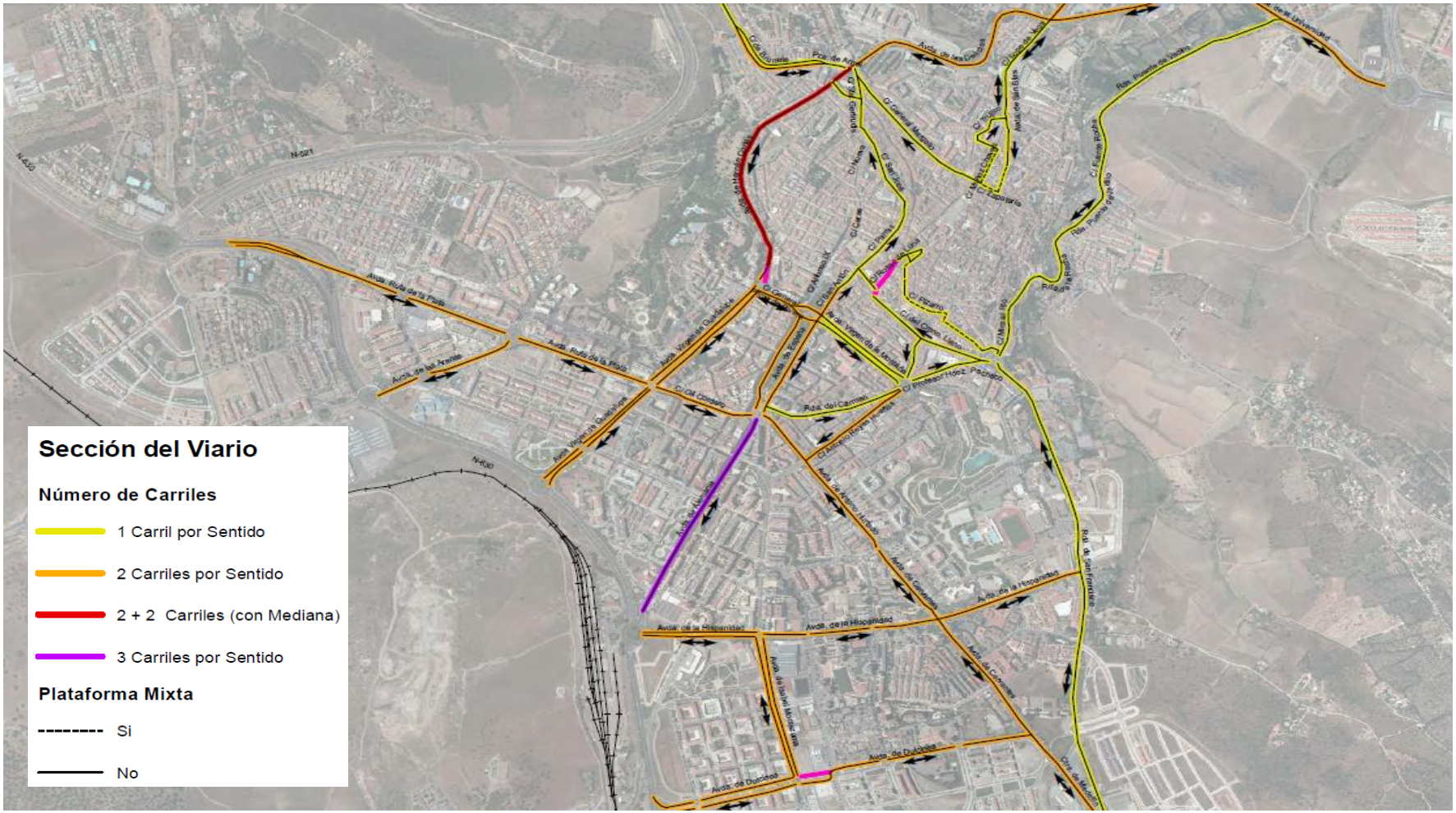


Ilustración 163 Mapa de las principales vías de Cáceres indicando el número de carriles.

6.1.-TECNOLOGÍA Y TÉCNICA UTILIZADA

El estándar que se utilizará en este despliegue de la red es el americano, debido a que este es el que más acogida está teniendo en el sector de la investigación, al ser pionero en esta red.

Como ya se mencionó en el apartado de legislación anterior y más concretamente en la norma IEEE 802.11p en el que permitía la interoperabilidad y compatibilidad de E2213-02, CALM M5 IEEE 802.11a y en las redes VANET en el acceso inalámbrico en entornos vehiculares (WAVE). Este estándar tenía dificultad en el acceso radio debido a su movilidad por lo que se adjuntó el estándar IEEE 1609 que mejoraba las comunicaciones V2V y V2I.

En cuanto a la hora de tratar la información por medio de estos estándares, se diferencian dos grupos de comunicaciones, que son las comunicaciones de seguridad, la cuales necesitan de una transmisión rápida y fiable, mientras que por el otro lado, están las transmisiones de no-seguridad que requieren de un mayor ancho de banda de bajada. Las comunicaciones de seguridad serán las utilizadas por los vehículos de emergencia al necesitar dicha comunicación rápida y fiable, además de disponer de una priorización de dicha comunicación.

Para una eficiencia es ambas comunicaciones se diferencian un canal de control (CCH) encargado de las comunicaciones de seguridad y seis canales de servicios (SCH) utilizados por la aplicaciones de no-seguridad, aunque en algunos casos se enviaran también mensajes de pseudoemergencia.

Para una buena eficiencia hace falta una buena sincronización de los canales, la cual es recogida en el IEEE 1609.4 que define los protocolos que se usan en la capa MAC. Este añade un tiempo universal de coordinación (UTC), además maneja un tiempo de sincronización de 50 ms de para los canales de CCH y SCH de forma eficiente como se muestra a continuación.

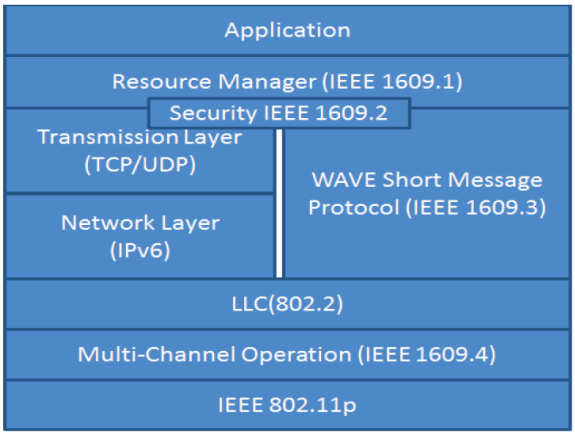


Ilustración 164 Arquitectura de la red referenciada a los estándares aplicados.

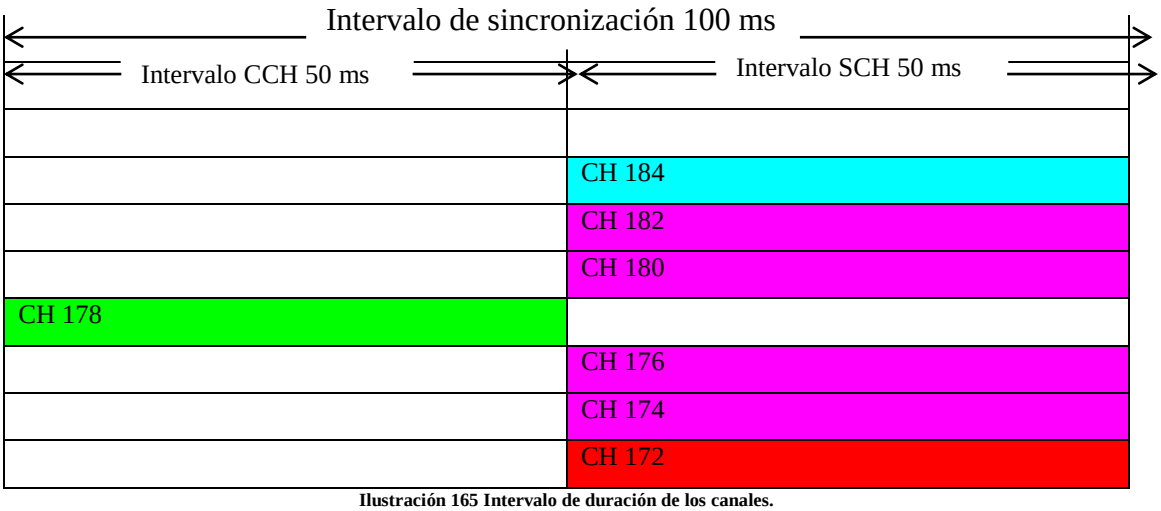


Ilustración 165 Intervalo de duración de los canales.

Basada en la capa MAC del IEEE 802.11 se tiene un protocolo fundamental DCF (función distributiva coordinada), que ofrece deficiencias cuando hay carga de tráficos por colisión de paquetes, impidiendo la reserva de SCH reduciendo el rendimiento.

La proposición de FCC (Federal Communications Commission) fue una coordinación multicanal de acceso múltiple (TDMA) asignando ranuras de tiempo a cada vehículos diferenciando, categorías de esquemas distribuidos y de coordinación centralizada que se pueden diferenciar en estos tres puntos

- Protocolo Vehicular de malla de red (VMESH), se centra en los estado de reposo o de carga de tráfico y asignación al azar, pero estos necesitan coordinadores que mantengan las mallas
- Protocolo de anillo, este se centra en proporcionar QoS, pero esto supone la utilización de dos sistemas uno para CCH y otro para los SCHs.
- Protocolo centralizado por RSU MAC (RAMC), estas RSU están en el borde de las vías y actúan de organizadoras, por lo que se necesitará RSU de forma de sumideros de información, pero de forma más acuciante para los SCH

De estos protocolos presentados anteriormente el decidido para usar es el referente al protocolo centralizado RSU MAC, en el cual se usan las RSUs como elementos aseguradores de información, ya que las condiciones de densidad de usuarios pueden hacer que las condiciones de transmisión de información no sean las adecuadas para poder permitir un protocolo vehicular de mallas. Se pueden dar casos que ambos protocolos convivan ya que estos no son excluyentes como se verá en apartados posteriores.

6.1.1.-PROTOCOLOS ESPECIFICOS PARA FINES DE EMERGENCIA

Debido a que unos de los campos que están en constantes estudios son los protocolos que se deben aplicar, se estudiara un protocolo diseñado específicamente para las situaciones de emergencia.

a) Sistema distributivo de asignación de canal (DCAS)

Unos de los problemas más acuciantes de las redes VANET son la saturación de mensajes en tramos de alta densidad de usuarios, por lo que se crearon cluster o grupos, enfocados a la reducción de mensajes en situaciones de conglomeración de vehículos, ya que el uso de un solo canal de mensaje le podría reducir la velocidad de transmisión, por lo que el uso de grupos comandados por un líder permite gestionar mensaje con sus componentes, asignando un canal SCH con el resto de líderes para reducir el tránsito de estos mensajes. [65]

Otro problema que también surge de estas redes es el alto dinamismo de las redes, que hacen que se pierda eficiencia y aparezcan problemas, por lo que han aparecido soluciones como la Distributed Channel Assignment Scheme (DCAS) basado en TDMA y usado para reducir mensajes determinándolos en una posición concreta a través de GPS o en el intercambio de información, que da lugar a la capacidad de elegir los canales de atención por cada vehículo reduciendo el tiempo.

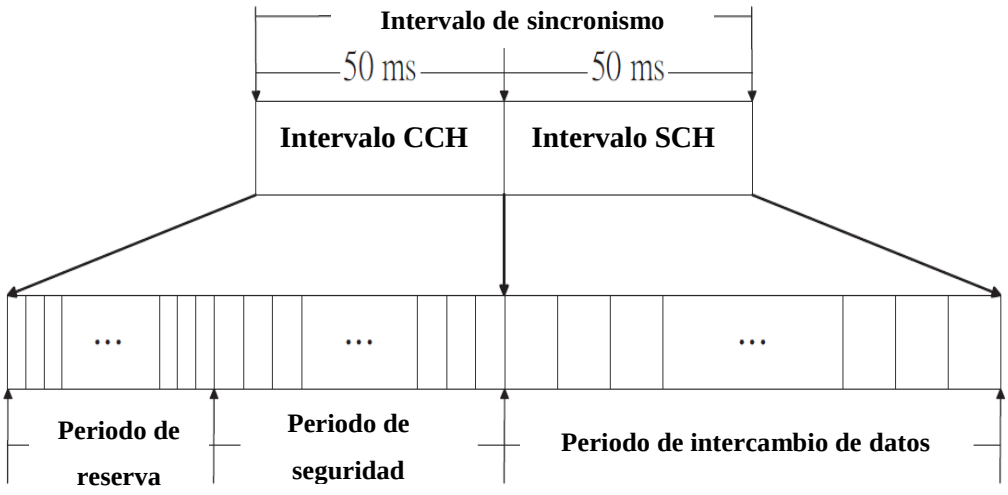


Ilustración 166 Esquema de distribución de los distintos periodos usados en DCAS.

En DCAS, el intervalo de sincronismo está dividido en dos subintervalos, de canal y servicios, en el que estos están ranurados por TDMA. En el caso de CCH se distinguen dos periodos, el de reserva, donde se asignan los servicios de SCH que se enviarán en el intervalo de SCH y el otro es el periodo de control, en el cual se transmiten los mensajes de control y seguridad, entre los que se encuentra los de vehículo de emergencia, por tantos estas ranuras serán de mayor tamaño (temporal).

Los vehículos almacenan dos tablas, una con los periodos de reserva y seguridad con distancia dos saltos (la incorporación de un nuevo vehículo tendrá las tablas vacías y serán rellenadas a través de CCH con los vecinos de distancia de un salto, a la vez que también incorpora la tabla de un salto de los vecinos de estos) y la otra tabla incorpora los slots SCH ocupados en intercambio.

En el intervalo de CCH que contiene los mensajes de reserva, seguridad y control de 500 byte y siendo la velocidad de transmisión 20 Mbps. Tomando como referencia que una distancia de dos salto es de 12,5 m, se obtiene que la densidad máxima en

atasco es de en torno a 80 vehículos/kilometro con un tiempo máximo de 2 segundo entre vehículos, ya que la velocidad máxima sería de unos 15 km/h se aproxima a 260 slots en el intervalo CCH.

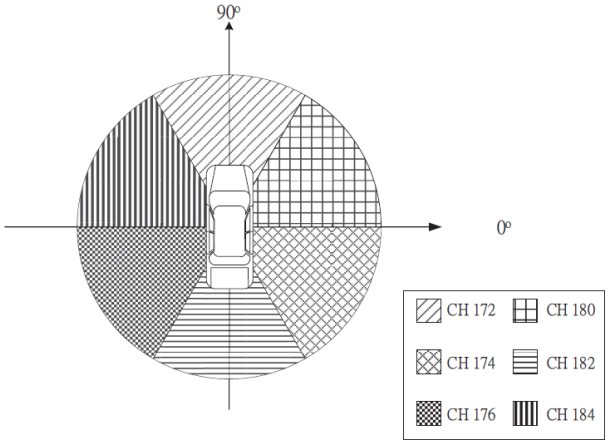


Ilustración 167 Representación del diagrama de gestión de canales del protocolo DAS.

La transmisión en SCH se dispone en un círculo entorno al vehículo dividido en seis porciones de 60 grados cada una como se muestra en la figura anterior. Se toma como el grado de referencia (0º) el que conforma el emisor y el remitente tras haber seleccionado el canal de servicio, tras comprobar en la tabla si hay ranuras libres elige una y se reserva en el periodo de reserva de CCH y espera al ACK del emisor, en caso de estar ocupada la ranura o no recibir el ACK se gira al siguiente SCH

Por esto los CCH son periódicos, para determinar la ocupación de las ranuras, las cuales quedaran libres si no se reciben mensajes durante tres periodos consecutivos

Mecanismo de Transición del Estado de Emergencia

En el caso de emergencia se realiza en función de tres estados con el fin de aumentar la eficiencia y reducir el tiempo de transmisión. Estos estados son *el normal* que realiza las situaciones normales descritas anteriormente y los *estados de emisor y receptor de emergencia* que operan cuando se detecta una situación de emergencia u ocurra un accidente, el mensaje de emergencia o seguridad en el periodo en CCH son de máxima prioridad y vienen indicado por una bandera que muestra el estado de emergencia e identificando el vehículo (ultima ranura del periodo de seguridad). Una

vez entrado en la dinámica de estado de emergencia los canales SCH pierden su funcionalidad actuando como CCH al igual que el periodo de reserva, con el fin de mejorar la eficiencia y reduciendo el intervalo de transmisión a menos de segundo.

6.1.2.-REQUISITOS NECESARIOS

Un sistema de comunicación inteligente basado en la red vehicular VANET debe de cumplir un especificaciones que permitan los siguientes puntos

- Versatilidad ante aplicaciones actuales como subyacentes.
- Tiempo de ejecución, ya que los mensajes deben ser transmitidos en tiempo real y transmitido con la menor latencia posible.
- Enfoque del objetivo, avisando solo a los elementos que interaccionara con los vehículos de emergencia
- Autodetección del sistema de alerta como autodetección del correcto funcionamiento del sistema
- Seguridad y autentificación mediante PKI para evitar suplantaciones de dichos vehículos. También cabe la capacidad de convertir un vehículo estándar como vehículo de emergencia de segunda clase durante un periodo determinado, con sus respectivas comprobaciones y limitaciones de normas respecto a los vehículos de emergencia de primer nivel.
- Privacidad sobre la ruta completa del vehículo como de tipo de emergencia o datos personales de posibles pacientes como la privacidad de los vehículos de segunda clase.
- Coordinación entre los vehículos de emergencia con los demás vehículos o con las distintas infraestructuras que pudieran estar asociadas a la intermediación con dicha ruta. También debe proporcionar la coordinación de varios vehículos de emergencias que cruzan rutas o siguen las mismas.
- La interfaz que proporciones el OBU de los vehículos debe de ser intuitiva y eficiente para que con la mayor claridad el usuario pueda optar a la información.

6.2.-MÉTODO DE ACTUACIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA

El sistema se compone de dos dispositivos que tratan de forma separada las comunicaciones con los vehículos (OBU) y las comunicaciones de las infraestructuras (RSU), estas a su vez comunican dicha información a la dirección general de tráfico que gestiona y supervisa dichas informaciones. Su representación gráfica se recoge en la siguiente ilustración.

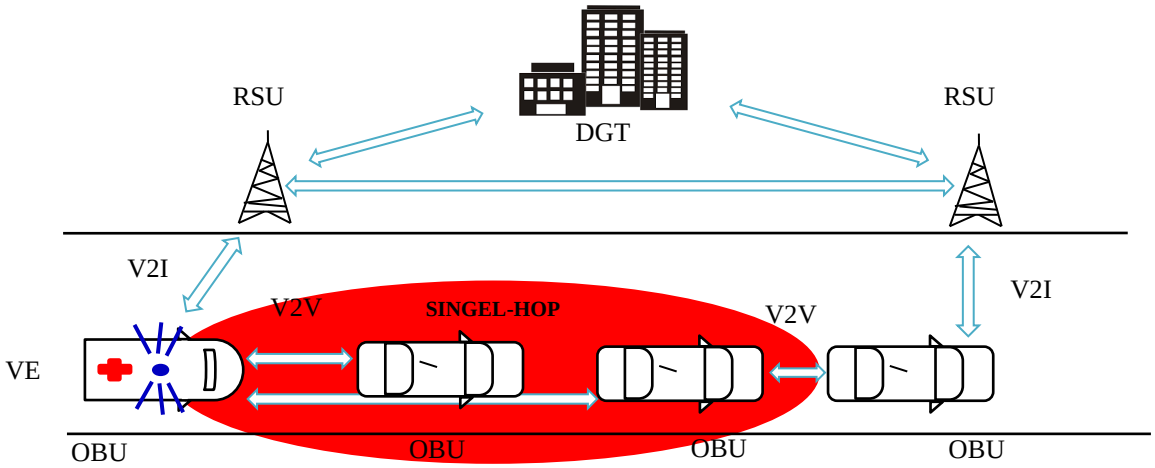


Ilustración 168 Diagrama de comunicaciones con un vehículo de emergencia.

6.2.1.-FASES GENERALES DE LA COMUNICACIÓN EN SITUACION DE EMERGENCIAS

En las redes VANET se puede diferenciar dos tipos de comunicaciones (V2V y V2I o I2V) pero las pautas seguidas por estas se conforman de la misma manera, pero variando su contenido. Dichos puntos se recogen en el siguiente esquema y que son expuestos a continuación.[64]

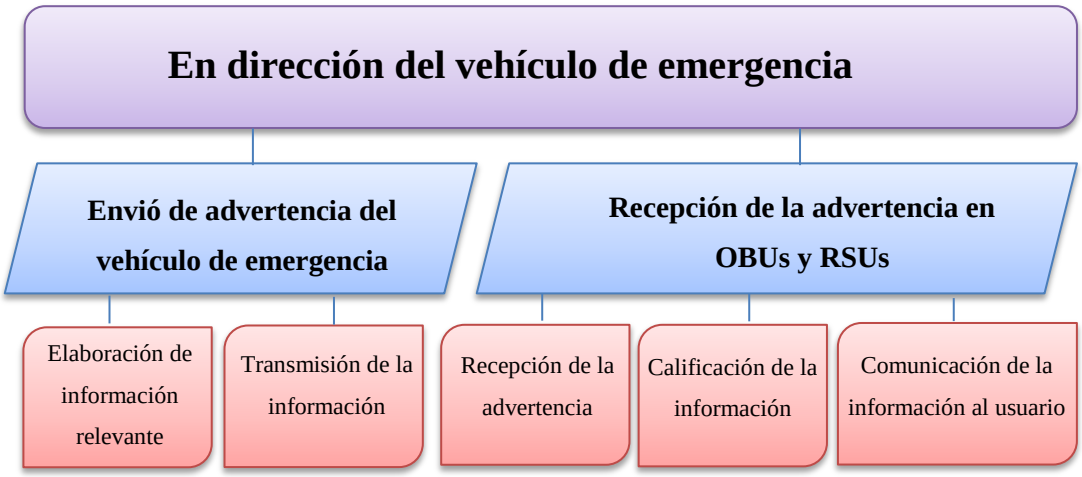


Ilustración 169 Esquema de fases realizadas en la comunicación.

a) Elaboración de la información relevante

Para tratar la información como relevante primero ha de pasar ciertos umbrales que pudieran variar respecto a diferentes estados, ciudades o dotaciones sobre la que se esté deliberando.

Cabría la posibilidad de diferenciar según estos umbrales la reacción del receptor con respecto al nivel de necesidad de tal vehículo de emergencia, por ejemplo dentro de la necesidad de traslado de un paciente por una rotura de un hueso de forma urgente, será de menor necesidad de urgencia que el traslado por hemorragia interna, por tanto se podría diferenciar dos tipos de información relevante.

Esta información debe ir acompañada o contrastada por el área por el que se circula, debido a que en el caso de transito por autovía tendría el mismo nivel de emergencia ambas situaciones anteriores, debido a que la repercusión en el transito viario es ínfima, pero en el caso de circulación por casco urbano, se hace más acuciante esta determinación de nivel de prioridad debido a su imposibilidad de ceder el paso al vehículo de emergencia, el cual lo realizará cuando tenga la oportunidad, de la misma forma que en este caso, se da en las intersecciones que son afectadas por el paso del vehículo de emergencia. Al igual que en los medio de traslado sanitarios pasaría con las demás dotaciones, ya que no se trataría igual un accidente leve que un tiroteo o el rescate de un gato al de un incendio.

Otro umbral de diferenciación viene por parte de los vehículos particulares que actúen de forma ocasional de vehículo de emergencia, es decir, al igual que ahora recoge la normativa de tráfico que en caso de traslado de forma de emergencia se señalizará con un pañuelo blanco. Esta funcionalidad deberá estar controlada de forma exhaustiva por la administración pública, a fin de evitar fraudes en la utilización de esta aplicación. Los métodos de posible implantación sería la detección de la entrada de la OBU dentro de la cobertura dispuesta en el centro de salud u Hospital, acompañado de una corroboración por parte del centro de urgencia al que ha acudido. En caso de tratarse de un fraude, esta infracción se anotaría en una tabla acumulativa asociada a la identificación de esta OBU concreta, a lo que se adjuntaría una sanción a definir por la administración pública. En caso de superar un umbral de suplantaciones de vehículo de emergencia se procedería a inhabilitar dicha funcionalidad.

Otra diferenciación de información relevante es el escenario entre los que se diferencia escenario urbano o rural, dicha diferencia estriba en la complejidad de la información necesaria, ya que en una carretera comarcal bastaría con la información de posición y velocidad para determinar el rumbo que influencia sobre los vehículos. En el caso urbano el rumbo no determina la dirección por tanto habría que añadir información de ruta fragmentada localmente, la cual debe ser recalculada dinámicamente (en torno a 30 segundos del vehículo de emergencia o unos 700 metros como mínimo, hasta un valor que conjugaría las dos anteriores al que habría que sumarle el doble de la velocidad del vehículo de emergencia) la actuación de forma local se debe a que podría haber condiciones que no se hayan podido prevenir y el conductor del vehículo considera la modificación de la ruta de forma espontánea. Otra información más acuciante en el entorno urbano es la información referente a la fisionomía del vehículo de emergencia como es el tipo de organización, el tipo de vehículo, dimensiones…

b) Transmisión de la información (envío)

Uno de los puntos fuertes de las redes vehiculares es la permisión de un traslado más rápido de lo vehículo de emergencia, esto se puede hacer gracias a un creación de una ruta específica y concreta en tiempo real para cada situación y así evitar tramos de carretera congestionada. Para esto la OBU del vehículo de emergencia envía la información del destino al cual se dirige por medio de la RSU a la DGT, la cual crea una ruta mejorada usando un algoritmo denominado algoritmo de aprendizaje de enrutamiento (LRA) en el que se utiliza el menor tiempo y teniendo en cuanta ruta alternativas con respecto a las ruta principal, para esto se basa en la distancia y velocidades medias.

En cuanto a la transmisión de advertencia de mensajes emitidos a los usuarios toman dos vertientes, la primera es en la que no se diferencia entre RSU y OBU, los cuales se compone por dos tipos de envíos y ambos se realizaran de forma periódica cada 30 segundos y por geobroadcast entorno al vehículo de emergencia.

Con el fin de reducir el ancho de banda se usan dos mensajes, en el primer mensaje contiene toda la información relevante descrita en el apartado anterior y que tendrá un radio de actuación mayor y posteriormente a este se emite otro mensaje de peso más ligero y más cercano al vehículo (one-hop) con información suficiente. Estos mensajes tendrán una prioridad superior y estarán autentificados.

Por otro lado la transmisión de información tras la creación de la información, esta diferencia entre OBU y RSU, por lo que puede ser de vehículo a vehículo, si están dentro de la cobertura del vehículo de emergencia o de dos saltos de este mediante la adquisición de tablas de vehículos vecinos. Otra forma de comunicación más formal es a través de RSU en la que cabe destacar dos tipos informaciones advertencia, de cercanía del vehículo de emergencia por ser la estación RSU adyacente a la informada por el propio vehículo de emergencia o también la advertencia de forma centralizada, es decir que pasa por la gestión de la DGT y esta información es menos urgente por estar en la ruta del vehículo pero es posible un modificación de esta.

Otra posibilidad con referencia a la utilización a la RSU de control de intersecciones, aunque según se vaya implantado progresivamente las redes VANET esta funcionalidad irá desapareciendo, ya que las gestiones de las intersecciones es uno de

los puntos más interesantes de la comunicación vehiculares, pero mientras que la implantación no sea total no se podrá prescindir de ellos.

En el diagrama siguiente se muestra como se actúa en la emisión de la información emitida por los vehículos de emergencia hasta conseguir el objetivo de llegar al hospital.

Ilustración 170 Fases de traslado de un vehículo de emergencia.

Casos de advertencias de vehículos de emergencias

A continuación se muestra unos ejemplos de la transmisión de información de forma general.

Inicio de un estado de emergencia

El vehículo de emergencia pertinente recibe la información ya sea por comunicación interna, en primera persona o por red VANET. El siguiente paso tomado por el vehículo de emergencia es el cambio de estado activando señales sonoras y luminosas, al mismo tiempo que se gestiona la ruta que se va a seguir mediante los datos recogidos de la RSUs que se encuentren entre el punto inicial y el objetivo final para ello se usan algoritmos que determinan el tiempo más corto de navegación. Una vez determinada la ruta a seguir (que puede variar según el estado de las vías,

actualizado en tiempo real) se comienza a emitir WSA periódicamente (en torno a 1 segundo) con la prioridad más alta (prioridad 1). La información contenida en los dichos mensajes especifica la posición del vehículo, tiempo en el que fue enviado el mensaje, la velocidad actual, ruta marcada, identificación de la emergencia la numeración de la WSA enviciada. La finalización de esta emisión se realizara al concluir dicha emergencia.

A partir de esto, en el periodo de traslado se obtienen distintos casos y que se estudiaran a continuación de forma genérica:

Traslado en Autovía o en vías de dobles de único sentido sin intersecciones.

El primer caso que se representa es el de actuación del vehículo de emergencia en una situación de prioridad y el entorno que le rodea.

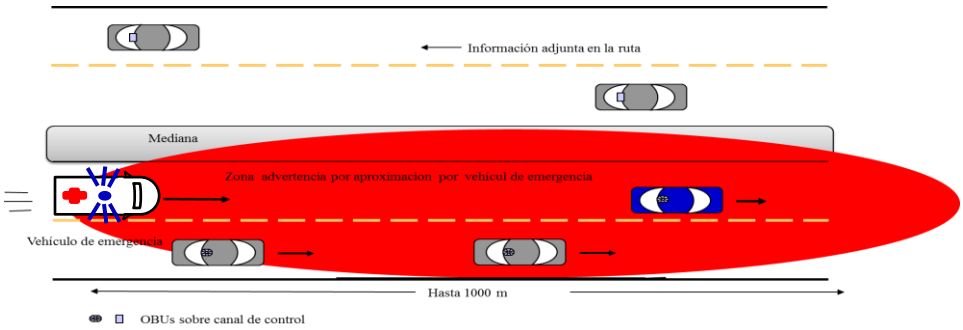


Ilustración 171 Representación de comunicaciones en un traslado en autovías.

Al tratarse de una autovía la posibilidad de los vehículos del entorno es más factible retirarse de la vía usada por el vehículo de emergencia. El haz de comunicación no será de forma tan directiva, sino que este presentara un mayor ancho de lóbulo, pero como se emitirá la posición y el sentido del desplazamiento los vehículos que circulan en sentido contrario por la carretera adyacente, solo les aparecerán la información de vehículo de emergencia de forma adjunta (no relevante). Mientras que los vehículos que si circulan en la misma dirección de desplazamiento se irán retirando de la vía utilizada por este.

Traslados en intersecciones

El siguiente caso es el paso de un vehículo de emergencia por intersecciones, donde primero se explica el funcionamiento de este, utilizando RSU y posteriormente usando la actuación del vehículo de emergencia en solitario y posteriormente con vehículos.

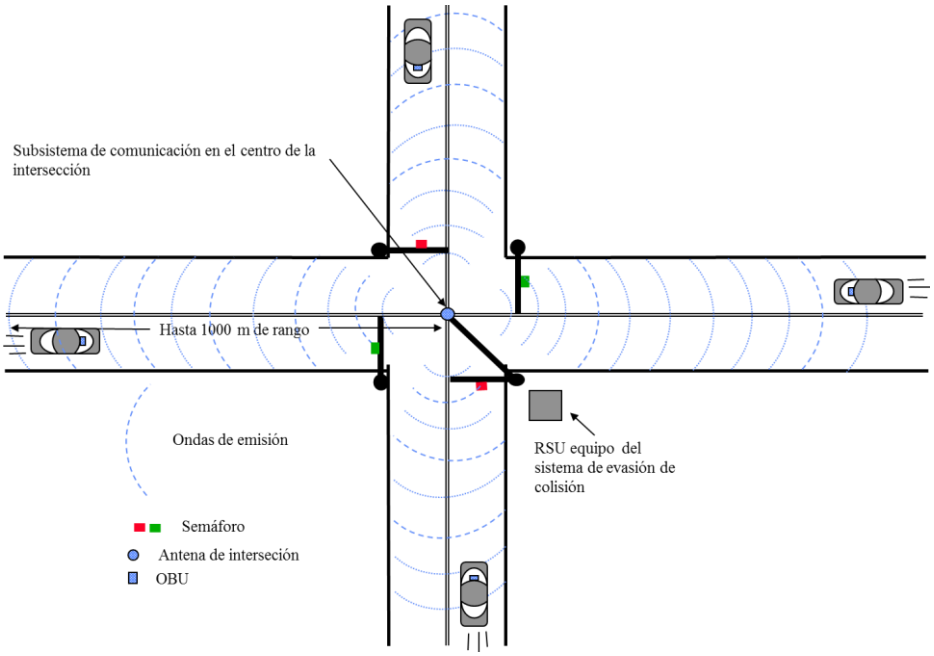


Ilustración 172 Representación de las comunicaciones gestionada por semáforos.

Uno de los puntos más complejos es el paso por intersecciones debido a la multitud de variantes posibles a tomar por el usuario, la cual se aumenta el número de carriles, por lo que se hace necesario un equipo que gestione la fluidez de los usuarios sin que ocurra ninguna colisión, este equipo puede ser una RSU dedicada solo a la gestión del cruce, o también actuar de forma genérica. Como ya se ha mencionado anterior mente como la implantación de la red vehicular no será de forma abrupta se ha de diseñar un plan de actuación que permita la progresiva implantación de esta tecnología, para ello cada país deberá crear un plan de actuación en este sentido. Ciertas directrices podrían ir indicando la instalación de una determinada centralitas, que aunque no convierta al vehículo en un OBU como tal, le permita comunicarse de forma limitada con los demás vehículos.

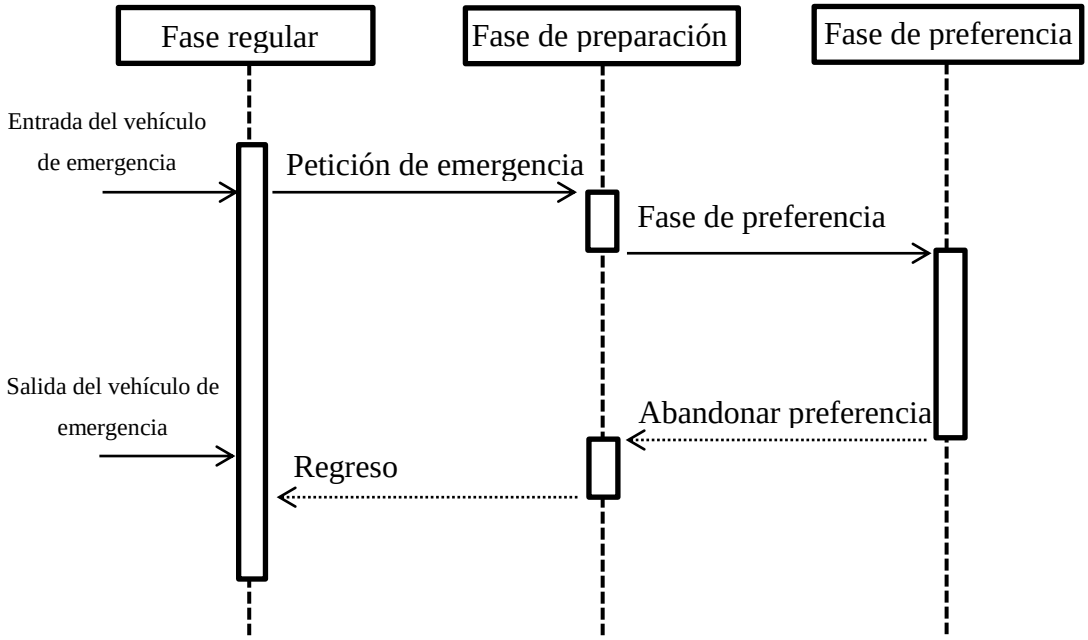


Ilustración 173 Diagrama de tiempo en preferencia de semáforos.

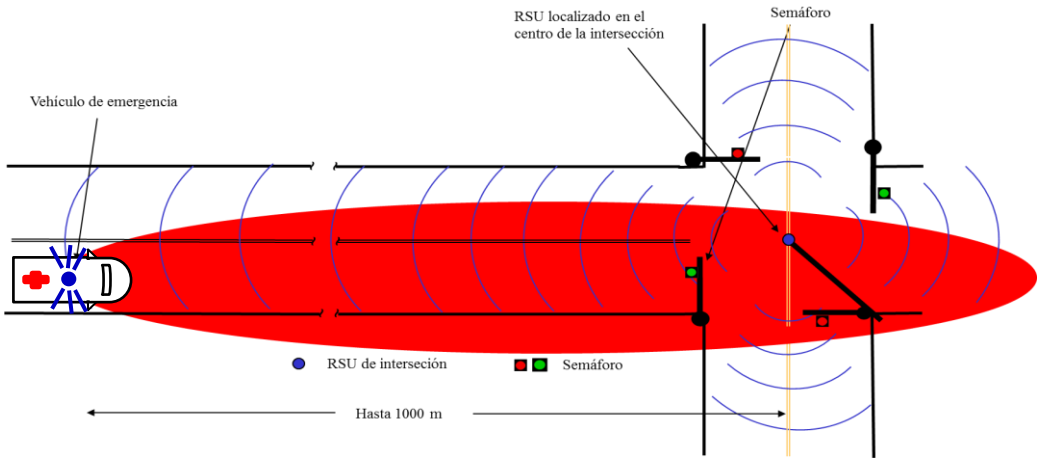


Ilustración 174 Representación de las comunicaciones gestionada por semáforos con un vehículo de emergencia.

Al aproximarse a la intersección un vehículo de emergencia la OBU de este y la RSU de la intersección establecen una comunicación que puede distar has de 1000 metros de distancia de la forma mostrada por ilustración 173, en el que el vehículo de emergencia le indica a la RSU que su ruta tiene como objetivo dicha intersección y esta se encarga de realizar la gestiones de administración de trafico variando los semáforos, para ello la información le debe llegar con una premura de al menos de 10 segundos para que tras el tiempo de compilación de la nueva señalización, tenga 5 segundos para el cambio de señalización y así permitir a los vehículos un reajuste de trayectoria.

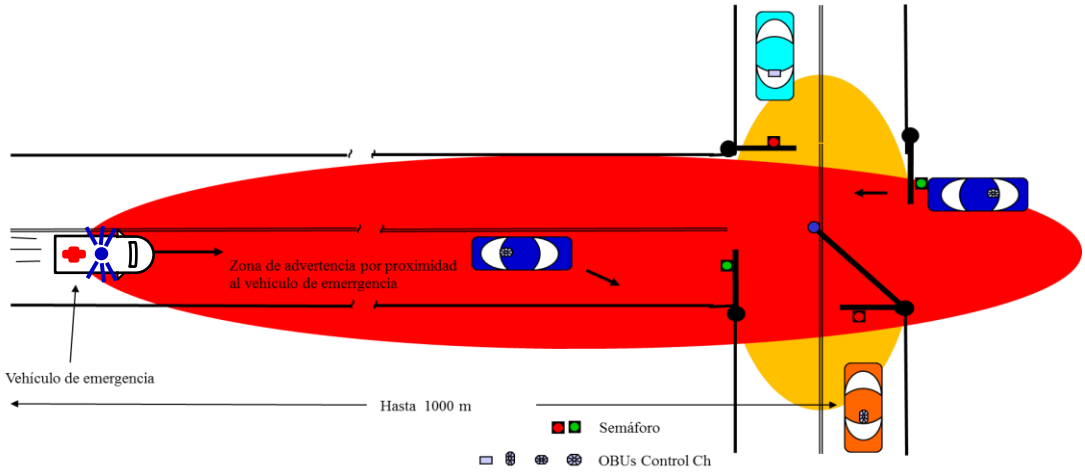


Ilustración 175 Representación de las comunicaciones gestionada por semáforos con tráfico y vehículo de emergencia.

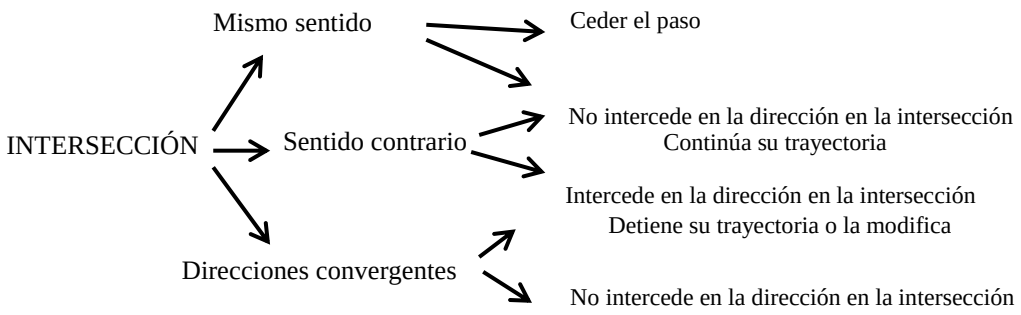
Si a la anterior variante, le sumamos el tráfico pertinente que le rodea, tendremos tres casos singulares, el primero es que el vehículo este circulando en el mismo sentido que circula el vehículo de emergencia, en este caso se le indica que debe ceder el paso orientándose hacia el exterior de la calzada.

En el caso opuesto es que el vehículo circule en dirección opuesta al del vehículo de emergencia, en este caso se ha de tener en cuenta dos parámetros, el primero es la dirección en la intersección del vehículo de emergencia con la posibilidad de cruzar la intersección sin interrumpir a dicho vehículo de emergencia, o parase en la intersección y en este caso lo indicaría la RSU cerrando el carril. El otro caso es que interrumpa o no la dirección en la intersección el vehículo debe desplazarse hacia el arcén para crear un carril central por el que pasará el vehículo de emergencia, este caso es necesario la comprobación mediante GPS de la posición y debe estar indicado en el trayecto como actuar en cada caso, ya que pudiera ser que hubiera posibilidad de dejar un carril central.

Por último se tiene el caso en el que el vehículo de emergencia no toma su dirección y este impediría el paso de dicho vehículo, por lo que la RSU indicaría mediante el semáforo y aviso propio la retención de este vehículo.

c) Transmisión de la información (recepción) y calificación de la información

Una vez que el nodo recibe al información del vehículo de emergencia ese debe actuar de forma local si estos datos son confluyentes con la posición, velocidad, rumbo y dirección, por lo que se darán tres posibles escenarios. Son direcciones opuestas y no convergentes, tienen la misma dirección pero sus movimientos divergieran sin llegar a ningún encuentro y por último la dirección y el movimiento convergen comenzando la advertencia y la reacción a seguir.



En el caso de la infraestructura esta información será enviada a las RSUs consecutivas en la ruta del vehículo de emergencia, a la vez se envía dicha información a la TCC o DGT de su área y en ella se realizara un seguimiento del traslado y gestionando la comunicaciones tales como avisando a las intersecciones por la que transcurra.

d) Comunicación de la información al usuario

Una vez comprobado que el nodo se encuentra en el camino del vehículo de emergencia se inicia la siguiente etapa que corresponde a la advertencia del conductor para que tome decisiones reactivas. Estos tipos de comunicación son más complejas que las realizadas con las RSUs, porque estos cambian progresivamente sin modificar las capacidades cognitivas del conductor. Por tanto encontramos que en la advertencia administrada por los OBUs hay dos fases, donde la primera forma parte de un mensaje de información que aparece como información adjunta a la información de la ruta, mientras que la siguiente fase tiene una finalidad más activa,

ya que debe ayudar al conductor a tomar una reacción especifica de forma visual y auditiva de formato genérico, que se compone de una imagen y de la circunstancia en la se encuentra acompañando por una señal de advertencia que parpadea de forma más continuada con el acercamiento del vehículo como se muestra a continuación. Estas se muestran en la ilustración 176.

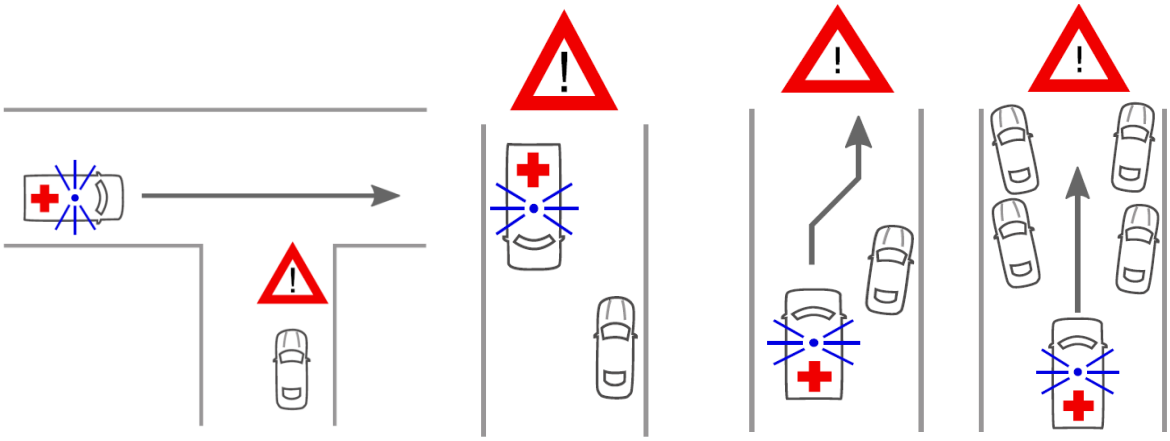


Ilustración 176 Ilustraciones presentadas en la interfaces de información de usuario.

7.2.2.-PROTOCOLO DE NOTIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE EMERGENCIA

Tras ver como se disocia las fases en una comunicación, el siguiente paso es la explicación de los pasos tomados en la recepción de mensajes de advertencia ante vehículos de emergencia

a) Recepción de un mensaje de advertencia

Un vehículo recibe un mensaje de emergencia WSA que puede provenir directamente del vehículo de emergencia que lo está emitiendo, desde un vehículo de un usuario por medio de multi-hop o por medio de la estructura RSU. Una vez que el vehículo que recepciona el mensaje, lo tramita de dos formas distintas, la primera compara por medio de la marca temporal y posicional, si el vehículo que emite el mensaje dista del vehículo receptor una distancia superior a 1000m o si el tiempo transcurrido desde el momento que se envió hasta el momento del receptor es mayor

de un segundo, el mensaje se descarta y no se remitirá por dicho vehículo. Este mensaje es el mensaje ligero, el cual indica los datos más relevantes y que se repite cada 30 segundos.

La segunda opción es el caso opuesto, es decir al recibir el mensaje se comprueba que la distancia y el tiempo de expiración son menores respecto al vehículo de emergencia. En este caso se siguen las siguientes pautas:

Si la distancia es superior a 300 metros, el mensaje es nuevo y no se ha recibido antes, se retransmite a vehículos vecinos, de esta forma se eliminar los mensajes redundantes que pudiesen limitar las capacidades de la red. La comprobación de si el mensaje se realiza mediante la identificación del mensaje denominado ESN (Número de secuencia de emergencia). Este número es genuino del vehículo de emergencia y va adjunto en el mensaje WSM.

Si el vehículo recibe un mensaje del vehículo de emergencia y se determina que la distancia es inferior a 250m con respecto a este vehículo y además se encuentra en la ruta seguida por el primero, se debe ceder el paso a dicho vehículo de emergencia, el cual puede ser especificado por el sistema si tanto las RSUs de la zona como los vehículos están equipado para ello. Este mensaje será el recibido por el mensaje más pesado, ya que contiene la información completa sobre el movimiento y de cesión al vehículo de emergencia. Posteriormente al paso del vehículo de emergencia el usuario continuara su ruta.

La capacidad de ceder el paso al vehículo variara dependiendo de la zona y con ello la distancia de advertencia. Esto es debido a como ya se mencionó anteriormente, las capacidades de la vía de acceso al hospital de Cáceres no reúne las mismas características en el caso del acceso por la universidad que al acceso por medio del ferial, por tanto estos valores variarán con respecto a los estudios aplicados sobre las distintas zonas.

En caso de que la emisión sea realizada sobre otro vehículo de emergencia se obtiene dos posibilidades, el primero es que el vehículo de emergencia receptor no esté en

estado de emergencia y por tanto este será tratado como un usuario más. Por el otro lado está el caso de que el otro vehículo de emergencia también este en un caso de prioridad viaria, por tanto se ha de realizar un protocolo de actuación basado en la categorización de prioridades.

Si ambos vehículos de emergencia se encuentran en el mismo nivel de prioridad, no habrá ninguna cesión de paso, ya que ambos realizan la misma ruta hacia el mismo lugar y por tanto actuará como un convoy. Sin embargo sí, si hay una diferenciación de niveles de prioridad primero se determina a la distancia que se encuentra el vehículo de mayor prioridad con respecto al segundo, si este valor es superior a 1000 metros o el mensaje tiene un tiempo superior a 1 segundo desde la recepción se descarta dicho mensaje y no se difundirá a partir de este (al igual que un vehículo normal) y seguirá su trayectoria. Cuando la distancia entre ambos vehículos es inferior a 1000 m y superior a 500 m, se retransmite la señal de emergencia cada 100ms procedente del vehículo sucesor y la OBU a su vez compara los siguientes tramos, si estos tramos son de difícil cesión de pasos, los vehículos continúan en la misma posición incrementando el nivel de prioridad del primer vehículo de emergencia. En caso de posibilitar el paso como pudiera ser una autovía y el grado de prioridad dista en más de dos puntos, a los 50 metros se cedería el paso, pero si la prioridad es similar se cedería el paso pero el segundo vehículo de emergencia seguiría en formato convoy al primero.

También hay tratos especiales a coches oficiales que presentan máxima seguridad como líderes políticos o casos de traslados de presos con un alto nivel de fuga. Estos se verán exentos de cesiones de pasos, salvo de los vehículos de emergencia.

7.3 CONCLUSIÓN

En este capítulo se realiza un análisis de las fases de comunicación de las comunicaciones ejercidas por los vehículos de emergencia diferenciando cinco fases las dos primeras son las referentes a la gestión de los vehículos de emergencia como son elaboración de la información y transmisión de la información. Posteriormente son las referenciadas a la recepción por parte de los OBUs o RSUs, entre la que se encuentra la recepción de la advertencia, la clasificación de la información y la comunicación de la información de usuarios. Dentro de estos apartados se encuentras casos que indican cómo se actúa en casos generales como son en autovías o en intersecciones controladas por semáforos, para obtener un buen rendimiento de la red.

También se analiza el protocolo de notificación sobre los vehículos, profundizando en niveles umbrales y distancias que configuran los métodos de actuación en cada posibles casos.

7.-CAPÍTULO VII: VIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE RSU EN LA CIUDAD DE CÁCERES

La implementación de la unidades de carreteras se realizaran conforme al estudio generado por la administración como se vio en el apartado RSU, y a partir de este estudio se determina la ubicación y diseminación de las RSUs, que es un punto de máxima importancia, ya que de la ubicación de estos dependerá el buen funcionamiento y una buena cobertura del servicio. Con el fin de llevar a cabo estas premisas se distinguen dos enfoques posibles colocar RSU de forma homogénea (uniforme) tratando de maximizar el área de cobertura, o siguiendo un enfoque de implementación no uniforme para reducir el coste. De estos enfoques se obtienen las siguientes políticas de implantación, que son: el despliegue de coste mínimo, despliegue de malla uniforme y por último el despliegue basado en Densidad (D-RSU). [67]

Despliegue de mínimo coste

Esta política de despliegue de coste mínimo tiene como principal objetivo la disminución económica del proyecto no teniendo en cuenta la buena funcionalidad, pudiendo provocar zonas sin coberturas, ni tampoco teniendo en cuenta la localización de la RSU es la más óptima, debido a que la instalación se realizara donde hay conexión existentes o por que el acceso a esta no entraña dificultad.

Despliegue de malla uniforme

Esta política de despliegue tiene como finalidad no tener zonas sin cobertura permitiendo tener la conectividad mínima en caso de emergencia. Para realizar esta finalidad se opta por una distribución uniforme en todo el área por lo que las RSU de las mismas condiciones se instalaran en función de la cobertura (distancia perimetral que abarca el rango de actuación de la RSU). Esta distribución uniforme no tiene en cuenta la densidad de usuarios que transitan por esa área por tanto se podría dar el

caso de desabastecimiento de aplicaciones de valor añadido, pero no de situaciones de emergencias.

Esta política es más costosa que la anterior, debido a que hay que suministrar conexión a todas las RSUs y la cuales han incrementado su conjunto de elementos.

Despliegue D-RSU

Esta política de despliegue tiene como finalidad una expansión distributiva en función de la densidad de usuarios que circula de forma genérica por dichas vías, para esto se apoya en las cualidades de las redes VANET.

En principio la funcionalidad más importante a la que está enfocada dicha distribución es a las señales de emergencias, ya que las aplicaciones de valor añadido requieren de mayor prestaciones que estas, lo cual multiplicado por el número de usuarios en altas de densidades de estos, puede producir saturación de comunicaciones, a pesar de usar formación en grupos de vehículos, debido a aplicaciones muy pesadas como videos en streaming en alta definición.

Las cualidades que usa de la redes VANET y que ninguna de las anteriores tiene en cuenta es que en altas densidades de usuarios las comunicaciones V2V permiten la trasmisión de mensajes hasta RSUs, por lo que esto permite diseminar a mayor distancia las diferentes estaciones RSU reduciendo considerablemente el coste de instalación de dichos elementos.

Por otro lado en zonas de poca densidad de usuarios se hace necesaria la ubicación de RSUs de forma más próximas para permitir una buena cobertura de los usuarios.

El coste generado por esta política de despliegue es superior al del despliegue de coste mínimo, pero cabe destacar la polaridad del enfoque dependiendo de la densidad, debido a que en grandes ciudades, donde la densidad de población es muy alta, la instalación de las RSUs se podría equiparar a las políticas de coste mínimo o incluso menos, ya que las instituciones públicas podrían albergar dichos elementos al que habría que adjuntar RSUs en aquellas ubicaciones que no pudiesen instalarse en tales complejos. Por otro lado se tendría las zonas de menos densidad, como podrían ser poblaciones medias o bajas o también autovías y carreteras provinciales. En este

segundo caso la inversión económica sería de mayor envergadura, debido a que las condiciones serian similares a las de despliegue de malla uniforme

	TIPO	Propósito	Densidad	Instalación
Diseminación RSU	Coste mínimo	Reducir la dotación económica	No tiene en cuenta la densidad de los nodos	Se realiza donde hay conexión o esta se realizaría de forma sencilla
	Malla uniforme	Eliminar la zona de sombra	No tiene en cuenta la densidad de los nodos	Se realiza todas con la misma distancia y especificaciones
	D-RSU	Dar la mayor cobertura aprovechando las características VANET	Tiene en cuenta la zonas de densidad de los nodos	Se realiza instalando más RSU donde la densidad es menor y viceversa para aprovechar las comunicaciones V2V

Tabla 23 Tipos de despliegue de la infraestructura.

Ejecución

Para este proyecto se ha determinado que la mejor política de despliegue de RSU es la referente a la implantación de D-RSU, debido a que el tema a tratar es la comunicación en situaciones de emergencia como son el paso de un vehículo de alta prioridad en acto de servicio o que se haya producido un accidente, donde los mensajes tiene un peso menor del que pudiera tener las aplicaciones de valor añadidos como es conexión a internet.

Otra de las características por las que se ha optado esta implantación ha sido la eficiencia en cuanto al escalado de las instalaciones en función de la densidad de usuarios, debido a que se aprovecha íntegramente la capacidades de las redes VANET vinculantes a las comunicaciones entre vehículos, permitiendo diseminar los diferentes mensajes según los protocolos de enrutamiento que más adelante se verán, además de continuar la advertencia hacia la RSU más cercana y así informar a TCC.

El punto negativo de esta diseminación viene dado por las zonas de menos densidad de usuarios, por lo que se crea una decadencia de las comunicaciones V2V, haciendose necesario la implantación de un número mayor de RSU dependiendo del tránsito de usuarios por determinadas zonas, de la que cabe diferenciar autovías,

carreteras segundarias y poblaciones medias o bajas, aunque estas últimas se tratan de forma diferentes.

Los datos de densidad serán los se hayan recogidos en el estudio previo de la administración donde para que estos datos sean fiables tendrán que recoger un periodo de muestreo bastante amplio entorno a un año, para así determinar las condiciones óptimas de implantación de las RSUs, estudiando los datos de estacionalidad a lo largo del año, debido a que no es el mismo el transito que se obtiene en periodo vacacional que el obtenido en periodos nocturnos. Se debe buscar un término medio de forma cuantificada, como también deberá estar cuantificado la densidad de RSU a implantar en función de la densidad de usuarios y en función del periodo de tiempo (en horario diurno por ser el más frecuentado de 6 a 22 en periodo invernal y de 6 a 00 en periodo veraniego) que se mantiene la densidad máxima, recogidos en una tabla que diferenciando los dos casos.

Densidad de usuario	Autovía	Vías segundarias
100-70%	1RSU/50km	1RSU/20Km
69-50%	1RSU/20Km	1RSU/15km
49-40%	1RSU/15km	1RSU/10km
39-20%	1RSU/10km	1RSU/5km
19-0%	1RSU/5km	

Tabla 24Velocidades utilizadas según la velocidad.

Los datos recogido en la anterior tabla se han estimado en función de la velocidad máxima de la autopista actualmente es de 120Km/h, donde 50 Km se recorrerían en 25 minutos y en una vía segundaria acotada a 90 Km/h los 20Km se recorrerían en 13 minutos y en caso de estar limitada a 100 km/h serian 12 minutos, no obstante al implantarse la redes VANET esto permitiría incrementar velocidades, ya que la seguridad de circulación se vería altamente mejoradas, por lo que se podría permitir velocidades a los 180 Km/h en autovías por lo que la distancia de los 50Km/h se reducían 16.6 minutos mientras que en vías segundarias no sería aconsejable superar los 120 Km/h debido al riego procedente de mal estado de la calzada animales sueltos etc.

En el caso de las poblaciones la cantidad de la RSU varía en función de la densidad de usuarios y como recoge el estudio realizado por la universidad de Valencia y Zaragoza dirigido por Javier Barrachina y Juan-Carlos Cano [53]. Estos comprueban la eficiencia de los mensajes de emergencia entregada así como su tiempo de emisión y recepción Estos valores se recogen en la tabla 25.

Vehículos/Km^2		25		50		75		100		125		150	
RSU		8	16	8	16	8	16	8	16	8	16	8	16
Malla uniforme	T. Mín. notificación (s)	0.273	0.230	0.125	0.333	0.272	0.241	0.265	0.295	0.360	0.272	0.302	0.228
	T. Máx. notificación (s)	11.25	15.75	10.94	21.28	10.11	10.46	1.762	1.712	6.112	5.751	6.207	3.736
	Media T de notificación (s)	3.222	2.935	2.640	1.922	1.931	1.328	1.081	0.946	1.581	1.433	1.551	1.227
	Notificación accidentes (s)	95	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
D-RSU	T. Mín. notificación (s)	0.234	0.268	0.238	0.197	0.400	0.471	0.480	0.372	0.381	0.190	0.385	0.251
	T. Máx. notificación (s)	11.16	11.04	17.40	20.52	6.282	6.263	1.832	2.061	1.723	1.800	3.459	3.339
	Media T de notificación (s)	3.268	3.333	3.491	3.071	1.609	1.091	0.783	0.771	0.720	0.688	1.145	1.100
	Notificación accidentes (s)	95	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 25 Valores en función del despliegue y el número de RSUs instaladas.

De esto se obtiene que si la densidad es inferior a 50 RSU/Km^2 el sistema de malla es más eficiente que el de D-RSU pero con valores superiores a este la situación se invierte. Por otro lado la estimación de RSU que se necesitaría para una buena

comunicación en el despliegue en malla uniforme es de 4 RSU/Km^2 mientras que en D-SRU es de 8 RSU/Km^2.

Por tanto se aplicará la como ya se había mencionado anteriormente una distribución uniforme en vías interurbanas, con diferenciación de autovía y vías segundarias, y en vías urbanas con densidades inferiores al 50 vehículos por kilómetro cuadrado. Mientras que para más de 50 vehículos en kilómetro en metros cuadrados se usará la política de distribución de RSU (D-RSU).

En apartados posteriores se definirá la situación de los elementos RSU necesarios para una cobertura de situaciones de emergencias en Cáceres, tras las definiciones necesarias para su entendimiento.

7.1.-ESTUDIO SOBRE VIABILIDAD

Para realizar la instalación de los terminales que actuarán como Gateway dando servicio a los vehículos hay que tener en consideración dos factores que son de vital importancia en cualquier proyecto y estos son el factor económico y el factor de ejecución. Para ello hay que realizar dos estudios independientes que recojan su viabilidad. El factor económico es el más importante de los dos factores a estudiar, ya que en caso de haber situaciones muy complejas requerirán de soluciones muy costosas.

7.1.1.-FACTOR ECONÓMICO

Es el factor económico es el factor que más limita las consecuciones del proyecto, por lo que se necesita un estudio de todas las fases de forma realista, para realizar un ajuste comedido, a la vez que se busca financiaciones públicas como privadas que permitan la implantación de la misma. En las redes VANET la financiación privada puede suponer un significativo importe, debido a que dicha red además de aplicar seguridad vial también supone un soporte de publicidad de gran potencialidad, ya que permite realizar ajustes de consumo de forma individual y por zonas, es decir un

vehículo que circule por un determinado área podrán buscar o ser sugeridos por establecimientos de la zona adjuntado con mapas o diversas informaciones, esto crea un grado más de acercamiento entre dichas partes que suponen una eliminación de barreras.

En cuanto a empresas multinacionales le supone un medio de comunicación directa entre el usuario y la empresa permitiendo mejorar la experiencia con los usuarios como con nueva actualizaciones de software, advertencias de mejoras…

En definitiva el factor económico se ve influenciado por la inversión de su instalación recogida en el factor de ejecución y la inversión de capital privado y público, que en este caso dispone de suficiente efectividad e interés con las aplicaciones de valor añadido.

7.1.2.-FACTOR DE EJECUCIÓN

El factor de ejecución es que relaciona la viabilidad del sistema según si es factible su instalación. En este caso al ser obra pública ha de cumplir las asignaciones por concurso público al presupuesto más bajo. Tras esto ha de cumplir con los pertinentes permisos de obras.

La principal situación adversa se encuentra en el caso de la ruta de acceso de la autovía A-58, se ve afectado por una zona de carácter protegido en la zona localizada en el entorno de la fuente Concejo, que se muestra en la ilustración 177.

Ilustración 177 Zona protegida por ser patrimonio histórico y cultural.

Los equipos a instalar en su mayoría se encuentran situados en semáforos, por lo que son de dominio público, al igual que las RSUs que se instalaran en ubicaciones cercanas a las vías públicas (por legislación de proporcionarse unos márgenes que varían en función de la carretera y de la zona por la que se surque).

La interconexión entre RSU se realizara mediante fibra óptica por lo que se hace necesario la utilización de canalizaciones de telecomunicaciones públicas, si las hubiese, o por medio de canalizaciones privadas, previo acuerdo de la administración con dicha empresa, pudiendo ceder funcionalidades de la red bajo ciertas pesquisas. En caso de imposibilidad se podría recurrir a tecnología inalámbrica como conexiones punto a punto.

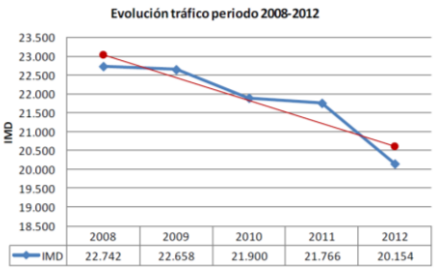
Por ultimo quedaría la central TCC provincial que configura o gestiona a nivel local dichos equipos, esta se situará en las inmediaciones del hospital y en concreto en el aparcamiento del complejo de San Francisco (público).

Por tanto la implantación de dicha red no supondría un gasto desmesurado e incluso podría suponer gasto cero con el capital privado.

7.2.-IMPLANTACIÓN EN CÁCERES

Para realizar la ubicación de las RSUs en la ciudad de Cáceres se ha estudiado “El plan de infraestructuras para la movilidad urbana sostenible” realizado en 2013 [66] y que estudia los sistemas de movilidad de dicha ciudad. En este proyecto se centra en los datos recogidos en cuestión de tráfico.

Como ya se mencionó anteriormente el método de implantación favorable para permitir la mejor explotación de dicha red es el despliegue D-RSU, en el que se tenía en cuenta la densidad de vehículos en un periodo amplio de tiempo, por tanto recurriendo a los datos oficiales ofrecidos por el ayuntamiento de Cáceres se obtienen que la tendencia marcada por la evolución de tráfico es negativa como se ilustra en la siguiente ilustración 178:



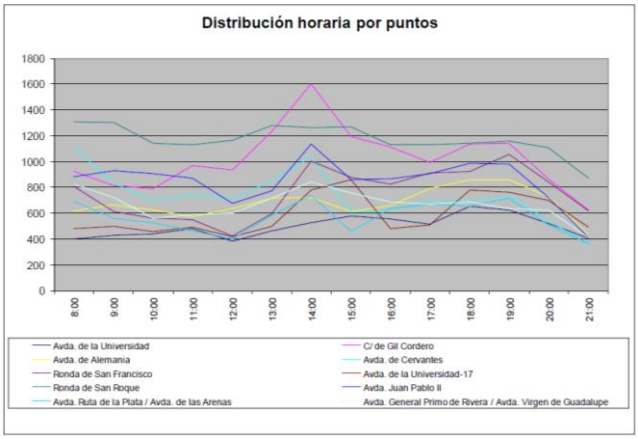


Ilustración 178 Evolución del tráfico en Cáceres entre2008-2012 **Ilustración 179 Distribución de tráfico horaria en vías de Cáceres.**

A pesar de esta evolución negativa la densidad de tráfico sigue siendo alta en las principales rutas transitadas hacia el hospital, para ello se ha recogido dos mapas de densidad de vehículos en dos periodos distintos, el primero se data de 2009 y toma los datos de densidades en hora punta, mientras que el segundo es del año 2013 los datos recogidos son el número de vehículos que transitan al día. Como se puede ver las ilustraciones 180 y 181 junto a la ilustración 162 que indica los puntos conflictivos, se puede apreciar que estos coinciden con las intersecciones controladas por semáforos más relevantes de las rutas marcadas como acceso al hospital.

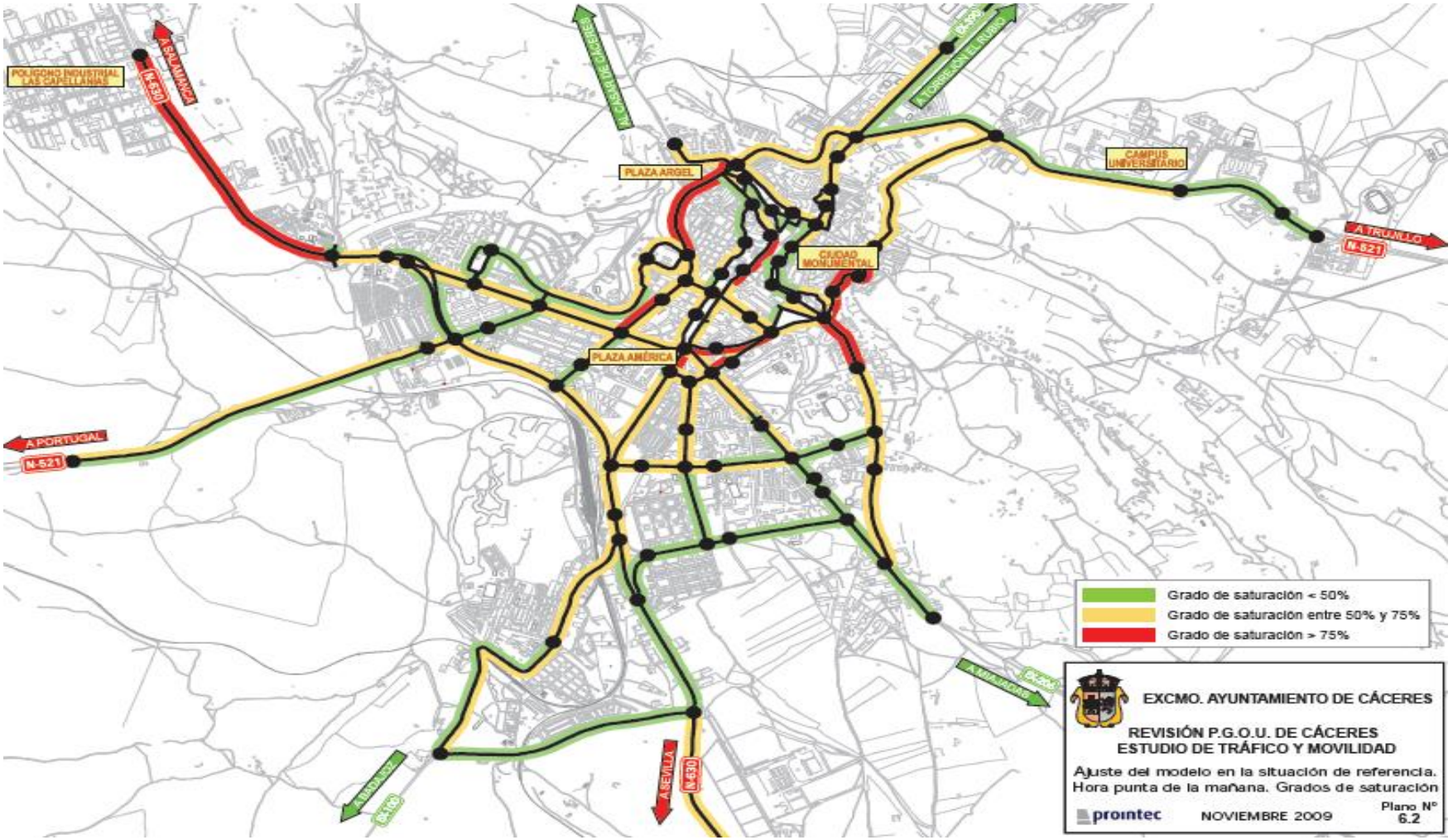


Ilustración 180 Densidad de vehículo localizada por tramos en hora punta en Noviembre de 2009.

Ilustración 181 Densidad de vehículo localizada por tramos en Noviembre de 2013.

Tras las premisas expuestas a lo largo de este apartado se deduce que en cada semáforo de control de intersecciones (viarias), por ser un gestor del tráfico, se implantarán RSUs, además de también implantarse en aquellas intersecciones que no lo posean, pero sean relevantes en la afectación del tránsito viario. Otro punto de instalación serán los puntos que disten en más de 1500 metros de la ubicación de una RSU, que en el caso especial de ciudades y en este caso, en Cáceres, no se darán habitualmente, debido a que la proximidad de los semáforos es muy cercana. Estos casos de amplia distancia se dan fundamentales en la entradas de grandes ciudades, ya que en las afuera se dan largas avenidas o polígonos sin ningún sistema de gestión de tráfico.

Las conexiones de los diferentes RSUs se realizarán mediante conexión de fibra óptica, pudiendo utilizarse las canalizaciones de los semáforos si esto poseyera conexión entre ellos. También hay casos en los que se producen intersecciones de grandes envergaduras donde confluyen varios ramales muy transitados, en estos casos se ha preferido implementar varias RSUs conectada a un mismo gestor central por medio de una red óptica, para que estos actúen como un único RSU. En casos de imposibilidad de conexión de la RSU con órgano de gestión al que estará conectado, (en este caso su ubicación optima se encontrara en las inmediaciones del hospital San Pedro de Alcántara), se podrán utilizar tecnologías inalámbricas (punto a punto).

Las señales diseñadas para la advertencia de los usuarios que transitan las vías colindantes a las usadas por el vehículo de emergencia se muestran a continuación.

<u>Señales de advertencia</u>

La advertencia de vehículo de emergencia que transita en la misma dirección (derecha). Es la señal más común dentro de todos los tramos que estudiados y esta determina que dependiendo a la distancia a la que se encuentre el vehículo emisor y los usuarios, tendrán que ir desplazándose al carril derecho (en caso de doble carril) y en sus inmediaciones tendrán que ceder el paso (en caso de no disponer doble carril). El color del itinerario en el que se utiliza esta advertencia es azul.

Color del itinerario usado

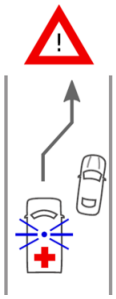


Ilustración 182 Advertencia de cesión de paso a la derecha.

La advertencia de vehículo de emergencia que transita en la misma dirección (izquierda). Esta señal se suele utilizar en salidas de autovías o centros urbanos con diversos carriles y esta determina que dependiendo a la distancia a la que se encuentre el vehículo emisor y los usuarios, tendrán que ir desplazándose al carril izquierdo (en caso de doble carril) y en sus inmediaciones tendrán que ceder el paso permitiendo el giro a la derecha (en caso de no disponer doble carril). El color del itinerario en el que se utiliza esta advertencia es verde.

Color del itinerario usado

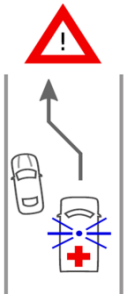


Ilustración 183 Advertencia de cesión de paso a la izquierda.

La advertencia de vehículo de emergencia que transita en la misma dirección (central). Esta señal se suele dar en autovía y en vías de dos o más carriles de alta densidad por lo que lanza mensajes dependiendo de la distancia, primero emitirá una de las dos advertencia anteriores, pero si estos no permiten el paso del vehículo se emitirá esta advertencia a todos los vehículos de la calzada con el fin de crear un carril central. El color del itinerario en el que se utiliza esta advertencia es amarillo.

Color del itinerario usado

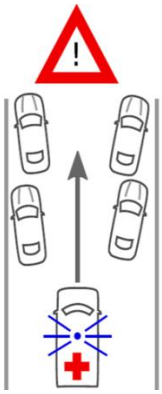


Ilustración 184 Advertencia de cesión por carril interno.

La advertencia de vehículo de emergencia que transita en dirección opuesta. Es la señal es una de las más comunes, ya son las que se dan en vías segundarias, zonas rurales y en centro de ciudades, que son zonas que se permiten el doble sentido y en caso de considerable saturación se puede recibir una señal de apartarse hacia la derecha con el fin de crear un carril central. El color del itinerario en el que se utiliza esta advertencia es naranja.

Color del itinerario usado

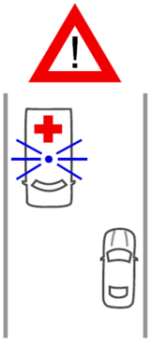


Ilustración 185 Advertencia de ambulancia en sentido opuesto.

La advertencia de vehículo de emergencia que transita en dirección perpendicular cortando el acceso. Es la señal se suele dar en entornos urbanos en el que las vías segundarias suelen converger en avenidas. El color del itinerario en el que se utiliza esta advertencia es rojo.

Color del itinerario usado

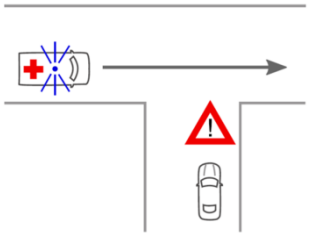


Ilustración 186 Advertencia de limitación de acceso por ambulancia en estado de emergencia.

7.2.1.-UBICACIÓN DE RSUS Y ESTUDIOS POR TRAMOS

a) Acceso desde la autovía A-58

En la ruta de acceso al hospital por medio de la avenida de la universidad comienza la primera ubicación de la RSU en el semáforo de ubicado enfrente de la universidad laboral, debido a que en periodos escolares se producen retenciones coincidentes con el inicio y el final de la jornada escolar, que podrían afectar a los vehículos de emergencia.

La siguiente ubicación se encuentra en la intersección producida en las inmediaciones de la facultad de ciencias económicas, este punto al ser una intersección de alta densidad se gestionará por medio de dos estaciones RSUs gobernadas por un gestor que coordinará, las decisiones a tomar.

Ascendiendo por la ronda puente vadillo se ha de instalar una RSU en la intersección de que regula el acceso a la urbanización Los Rosales y San Blas, en esta ubicación no existía el paso regulado por semáforo, pero como en este punto se encuentra en una zona de baja visibilidad, en dirección a la universidad, lo cual podría suponer un riesgo tanto para los conductores como para el vehículo de emergencia, por esto se estimado ubicar una RSU que reduzca estos peligros. Por motivos similares se ha instalado la siguiente estación en las inmediaciones del almacén de Iberdrola, ya que se encuentra un giro muy cerrado sin visión.

Las dos estaciones consecutivas se ubican en los semáforos existentes, donde el de mayor relevancia se encuentra en el puente que da acceso a la subida a la virgen de la montaña, debido a que en este punto, como mencionaba el estudio de movilidad realizado para el ayuntamiento, es un punto de conflictividad por ser una zona muy transitada, además unos de los ramales no disponer de una visión en el acceso a dicha intersección.

Una vez se llega a puente de San Francisco se desemboca en una rotonda de alta densidad y por ello se estima situar una estación que pueda gestionar dicha movilidad.

Por último, se encuentra las dos últimas RSUs ubicadas en los semáforos enfrente de la clínica San Francisco y en las inmediaciones de la entrada de urgencia del hospital. Todas ellas son conectadas por medio de conexión de fibra óptica, debido a su mayor velocidad de transmisión.

Todo esto se encuentra representado en la ilustración 187.

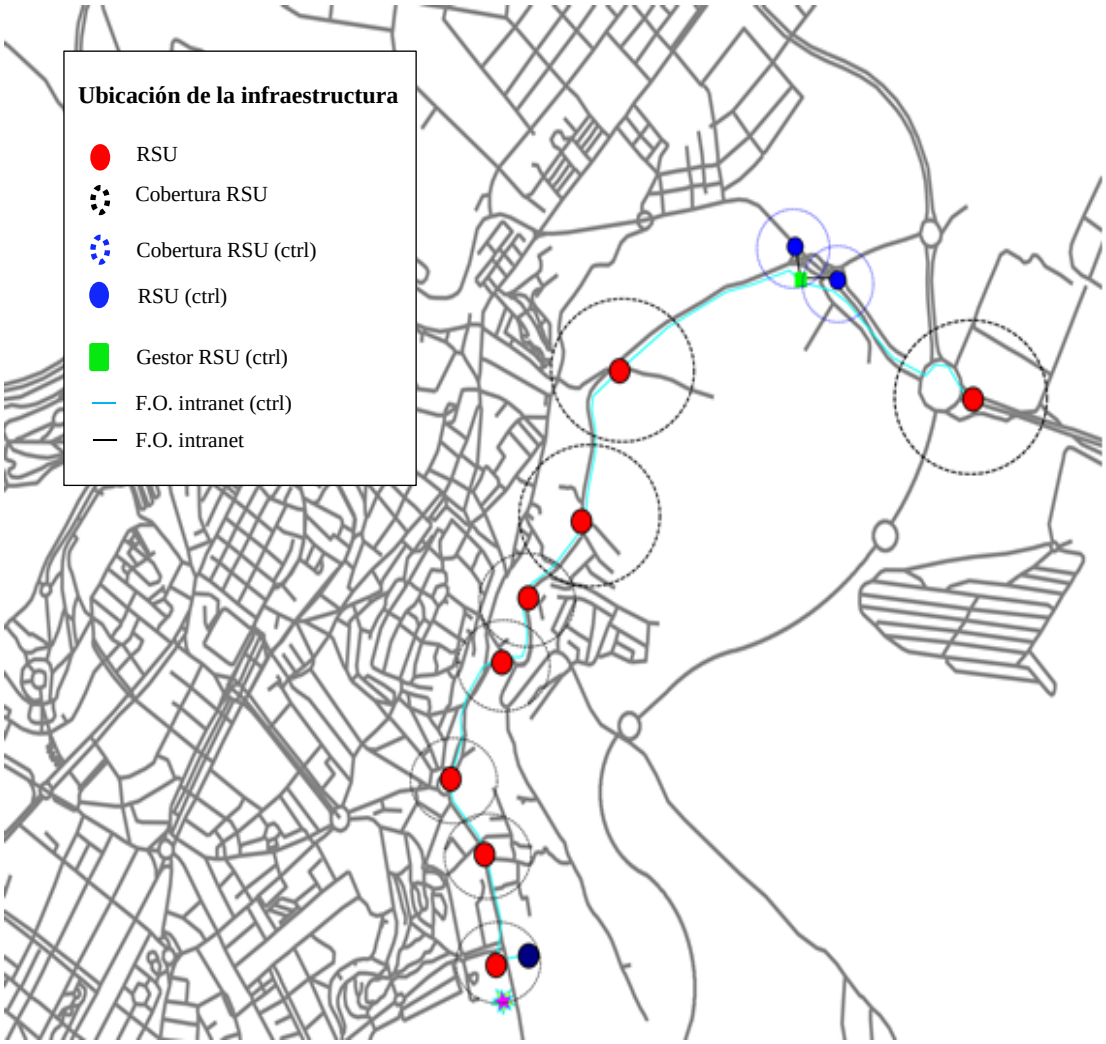


Ilustración 187 Ubicación de la infraestructura en el acceso de la universidad.

Señales de advertencia mostradas

Como se ha mencionado en la rotonda de acceso a la universidad laboral se crean embotellamientos en las principales horas punta, por lo que una vehículo de emergencia que cruce dicha rotonda ha de emitir advertencia a los vehículos que se encuentren en su trayectoria para que cedan el paso, a la vez que limita el acceso a la rotonda como se muestra en la ilustración 188.

Ilustración 188 Gestión de la rotonda frente a la universidad laboral.

En la intersección frente a la facultad de ciencias económicas se encuentra unas de las intersecciones más concurridas del trayecto, en el que la ruta de la ambulancia interfiere con cinco trayectorias distintas como se muestra en la ilustración 189.

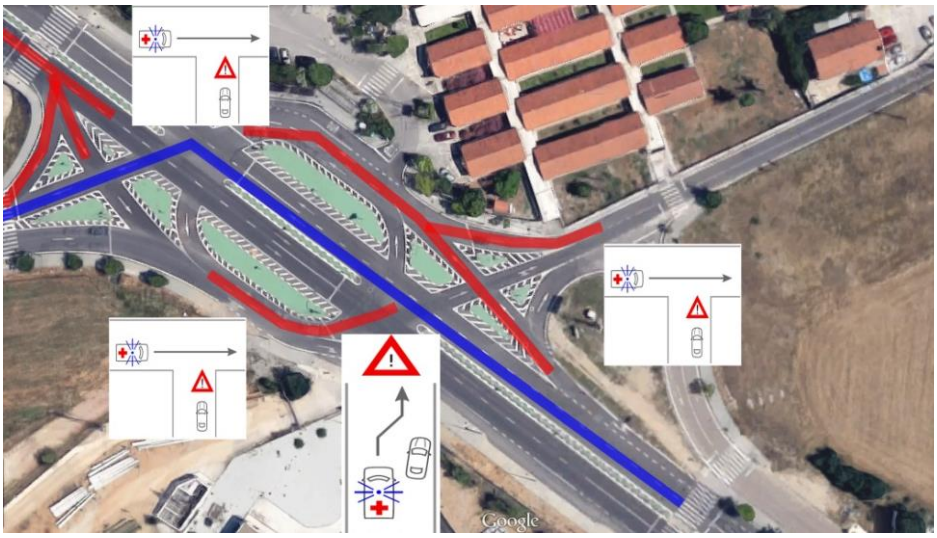


Ilustración 189 Gestión de la intersección frente a la facultad de ciencias económicas.

El siguiente tramo es la ascensión de randa puente vadillo, el cual es una vía de doble sentido con suficiente arcén como para crear un carril central o ceder el paso por los vehículos en la misma dirección, esto se recoge el ilustración 190.

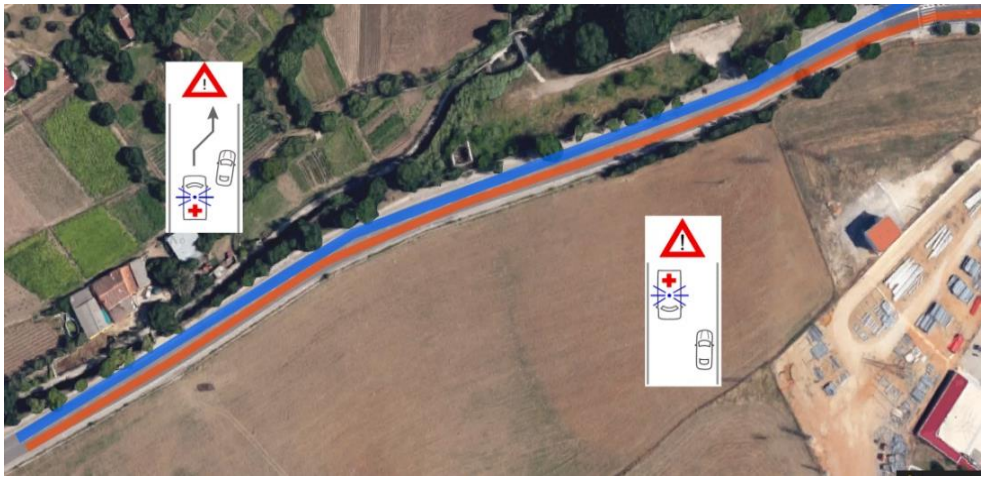


Ilustración 190 Gestión del tramo de ronda puente vadillo.

Al finalizar la Ronda Del Puente Vadilo se encuentra una intersección que la comunica con el barrio de San Blas, Los rosales y el residencial universitario, en esta intersección hay mala visibilidad por parte de los vehículo en sentido opuesto a la ambulancia, por lo que el aviso de ambulancia en sentido contrario es muy necesaria, además de esta se muestran las demás sendas en la ilustración 191.

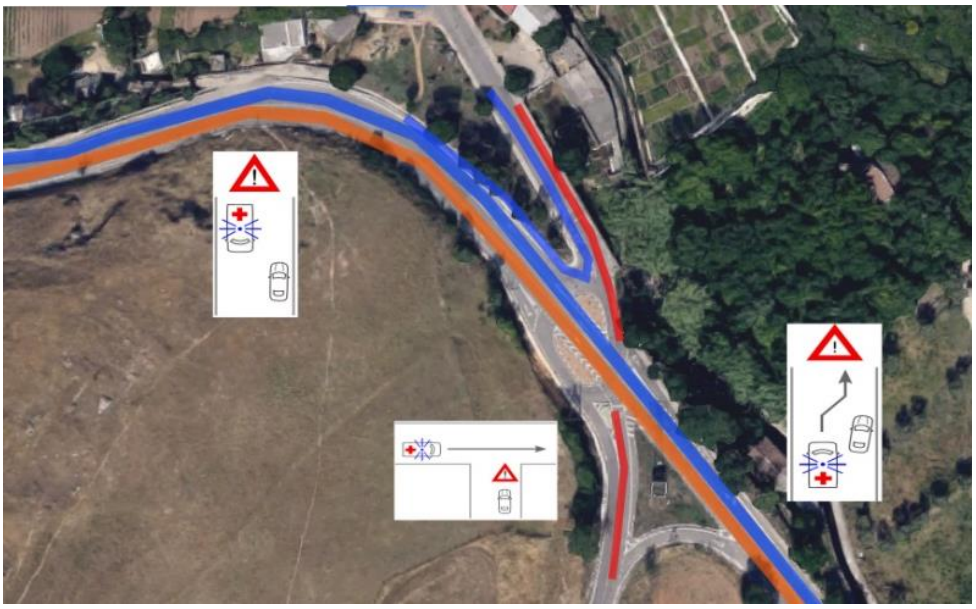


Ilustración 191 Gestión de la intersección Ronda Puente Vadillo.

El siguiente tramo hasta el almacén de Iberdrola se dan las mimas condiciones que en el tramo de la Ronda Puente Vadillo, recogida en la ilustración 192.

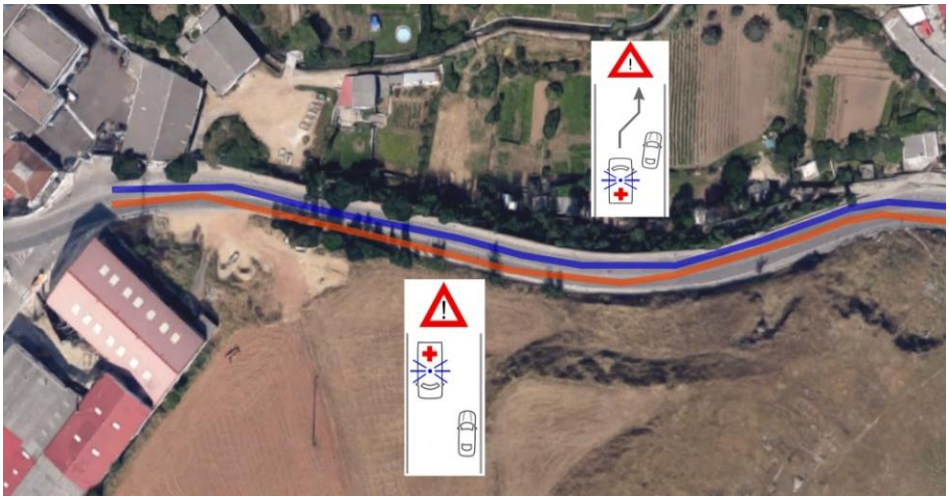


Ilustración 192 Gestión del tramo en las inmediaciones del almacén de Iberdrola.

En el siguiente tramo como se muestra en la ilustración 193, no es posible ninguna de las advertencias mostradas anteriormente, ya que se trata de una vía muy angosta y sin posibilidad de adelantamiento, por ello en este tramo no hay otra solución que la de realizar un tráfico más fluido con el uso de las RSUs dando más prioridad al tráfico con el sentido de la ambulancia.

Ilustración 193 Gestión del tramo comprendido entre el puente se San Francisco el almacén de Iberdrola.

En la ilustración 194 se muestra la gestión a seguir en la información de advertencia de la rotonda que supone un punto estratégico para la buena itinerancia de la ambulancia, en el que se limita el acceso a la rotonda si su ruta converge con la ruta marcada de la ambulancia.

Ilustración 194 Gestión del tramo del puente de San Francisco.

Por último se obtiene los tramos limitados por el paso de la ambulancia entre el puente San Francisco hasta la entrada de urgencia del hospital como se muestra en la ilustración 195.

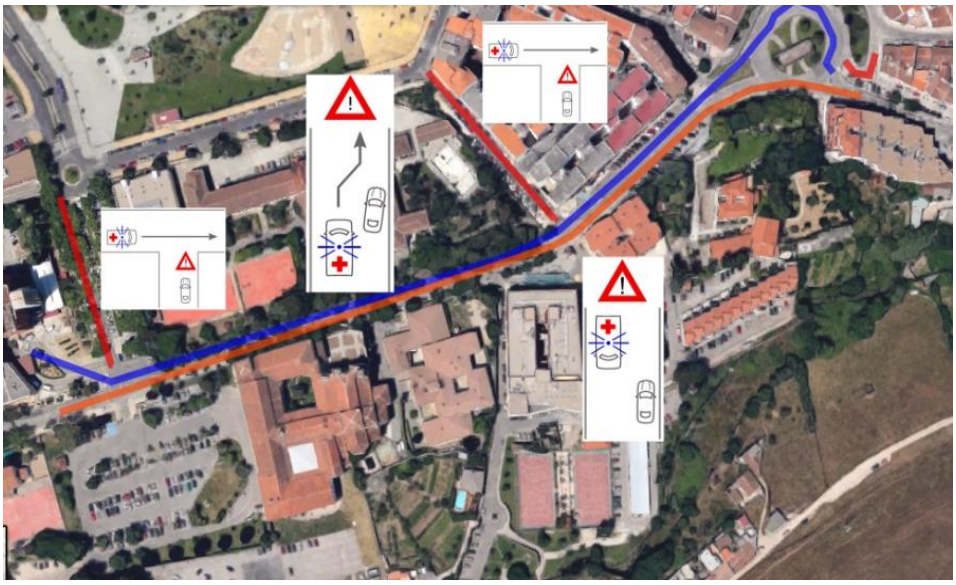


Ilustración 195 Gestión del tramo de la clínica San Francisco.

b) Acceso desde la Avenida ruta de la plata

En el acceso al hospital iniciando el trayecto en la avenida ruta de la plata comienza con la implantación del primer RSU en el semáforo situado en la rotonda "V centenario", ya que es en este donde comienza la aglomeración de vehículos que pudiesen interferenciar al vehículo de emergencia.

Las siguientes cuatro RSUs se encuentran aunadas bajo dos gestores que gestionarán las intersecciones provocadas por avenida ruta de la plata y la avenida virgen de Guadalupe y las vías convergentes en la plaza América, debido a que estos son los puntos de mayor conflictividad de dicha ruta por ser los puntos neurálgicos de la ciudad.

Posteriores a estos se encuentran dos RSUs ubicados en semáforos, donde destaca el primero, por gestionar dos vías importantes como son la avenida Antonio Hurtado y la calle Antonio Reyes Huertas. Por último se dispone de una RSU frente a la ciudad deportiva.

Todas las representaciones de ubicación de las RSUs se muestran en la ilustración 196.

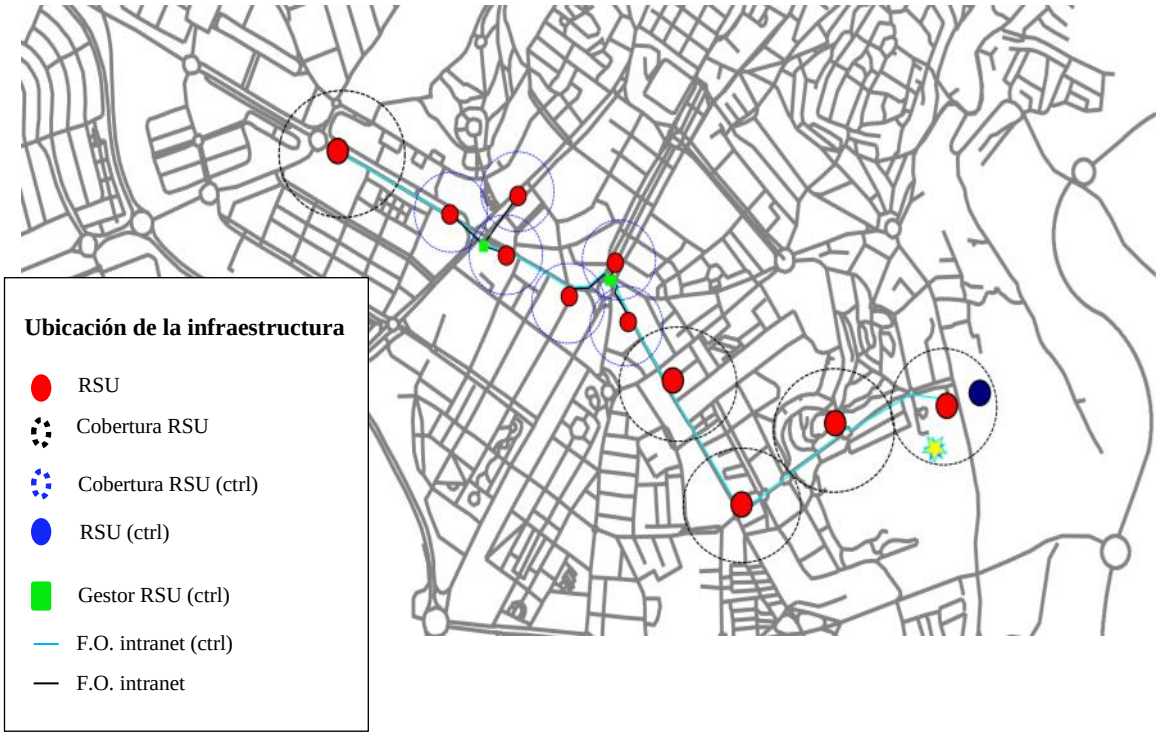


Ilustración 196 Ubicación de la infraestructura en el acceso de ruta de la plata.

Señales de advertencias mostradas

En el primer tramo referente a la avenida ruta de la Plata se conforma por una vía de dos carriles separada por una mediana de los vehículos que circulan en dirección opuesta, por lo que solo se hará efectivo la advertencia referente a la cesión de paso de los vehículos que circulan en la misma dirección. Por otro lado, solo hay un carril que con acceso a la avenida por los que los vehículos que se encuentren en esta vía recibirán la advertencia de no interceder a la vía, como así se muestra en la ilustración 197.

Ilustración 197 Gestión del tramo de la avenida Ruta De La Plata.

En la intersección en las inmediaciones de Hotel Extremadura se encuentra unos de los puntos más transitado de Cáceres. El paso de la ambulancia intercepta tres trayectorias posibles, a la vez a los vehículos vecinos que circulan en la misma dirección se les informa de la cesión de paso como así se muestra en la ilustración 198.

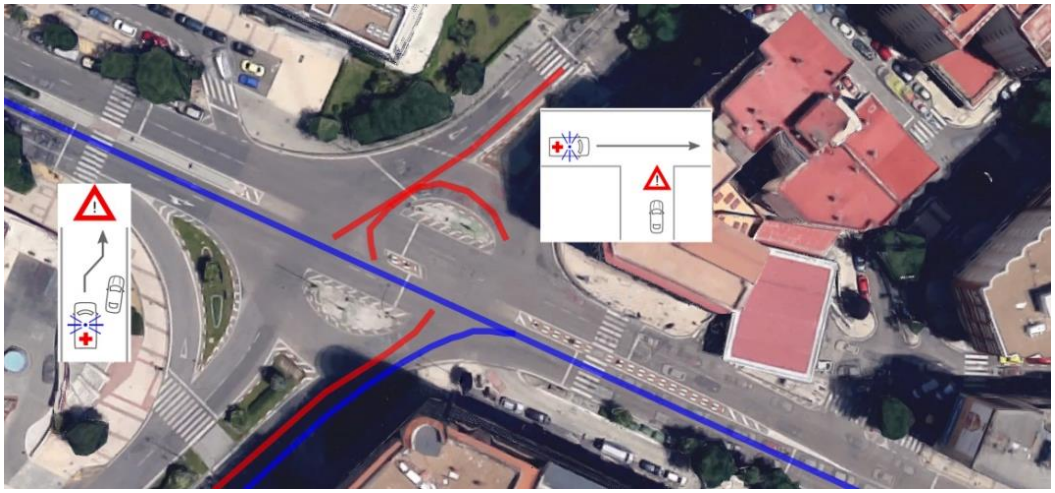


Ilustración 198 Gestión de la intersección en las inmediaciones del Hotel Extremadura.

En el tramo de la avenida Gil Cordero es un do los tramos con más retenciones de Cáceres debido a la gestión de los semáforos. Con la incorporación de las RSUs este problema se solventará dando soluciones individualizadas y cooperativas que harán del trafico más fluidos, aun así como se muestra en la ilustración 199 se mostrará la advertencia relacionada con la cesión de paso a los vehículos que circulen en la misma dirección y la denegación de acceso a la avenida hasta que haya pasado la ambulancia.

Ilustración 199 Gestión del tramo de la avenida Gil Cordero.

La siguiente intersección es la correspondiente a la Plaza América, la cual es en dimensiones y en tráfico la más mayuscula de dicha ciudad. La ruta de la ambulancia en esta intersección intercede cuatro trayectorias a la vez que modifica la de otras dos, estas dos últimas son las referentes al tipo de cesión de paso. Como la ambulancia transitará el carril central, ha de enviar la advertencia de creación de un carril central (ruta amarilla), a la vez que indica la cesión de paso tanto a los vehículos que se encuentran a la derecha como a la izquierda (ruta azul y verde respectivamente), para posteriormente seguir por el carril izquierdo por la avenida Antonio Hurtado enviado advertencia de cesión a las vehículos del mismo sentido de dirección. Esto se muestra en la siguiente ilustración.

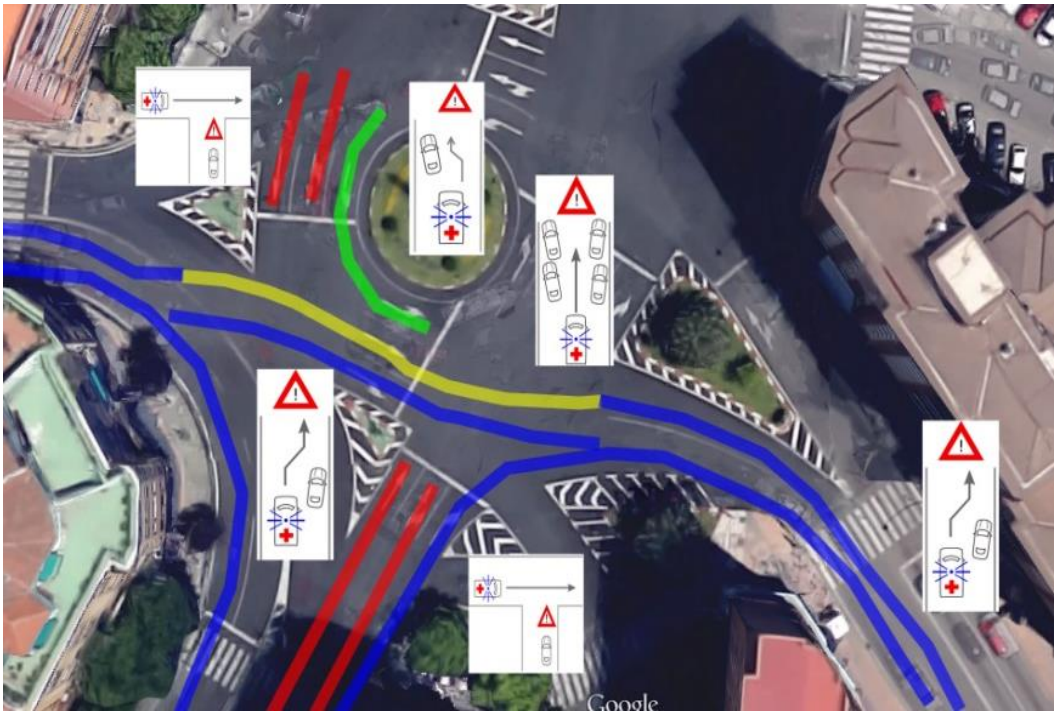


Ilustración 200 Gestión de la intersección en la Plaza América.

Al igual que en casos anteriores la ambularía circulará por la avenida enviando advertencia de cesión, a la vez que limita el acceso a las incorporaciones a dicha vía mientras dura su paso. Esto se muestra en la ilustración 201.

Ilustración 201 Gestión del tramo de la avenida Antonio Hurtado.

Al finaliza la avenida Antonio Hurtado se tomara la avenida Pablo Naranjo, tomando las misma preferencias que en el caso anterior como se muestra la siguiente ilustración 202.

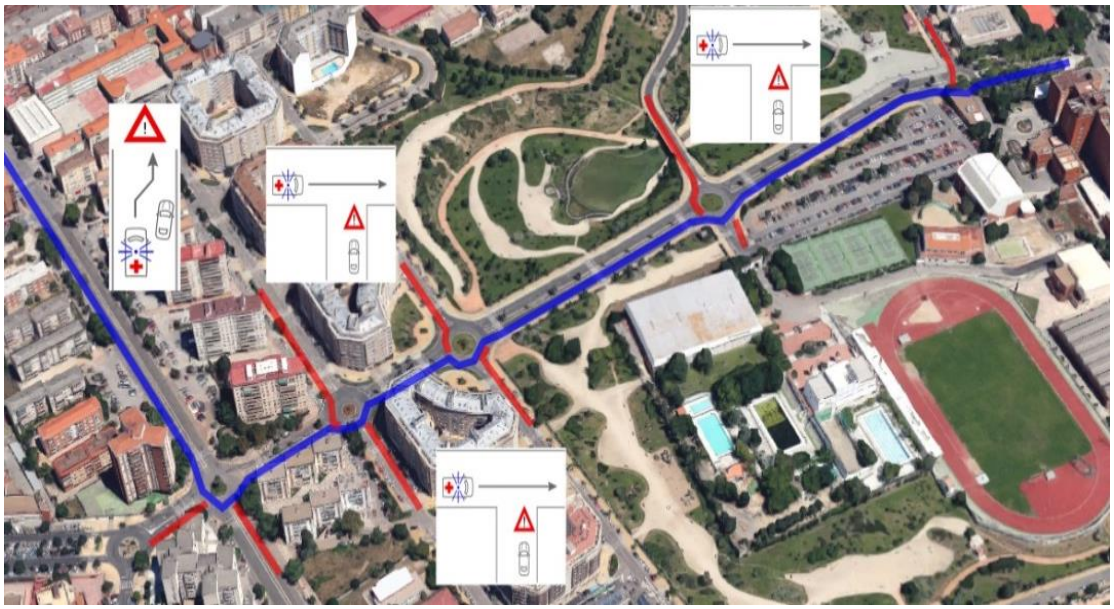


Ilustración 202 Gestión del tramo de la avenida Pablo Naranjo.

c) Acceso desde la avenida Juan Pablo II

El siguiente acceso se inicia desde la avenida Juan Pablo segundo, donde el primer establecimiento de la RSU se ubica en la rotonda que une la EX-100 y la N-630, ambas de alto tránsitos por situarse en polígonos y tener acceso a la autovía.

La siguiente RSU se encuentra en la incorporación de los vehículos procedentes de aldea Moret, la cual según el estudio de movilidad del 2013 es una de las vías más transitadas de Cáceres.

A continuación se ubica el punto más conflictivo de la ruta, debido a que este une vías importantes de Cáceres y circunvalaciones. Por ello se sitúa una RSU en el semáforo que la gestiona.

Seguido de esto se afronta la avenida de la Hispanidad en la se ubican cinco semáforos de gestión de tráfico, donde el más importante es el último ubicado en las inmediaciones de los juzgados.

Todas las representaciones de ubicación de las RSUs se muestran en la ilustración 203.

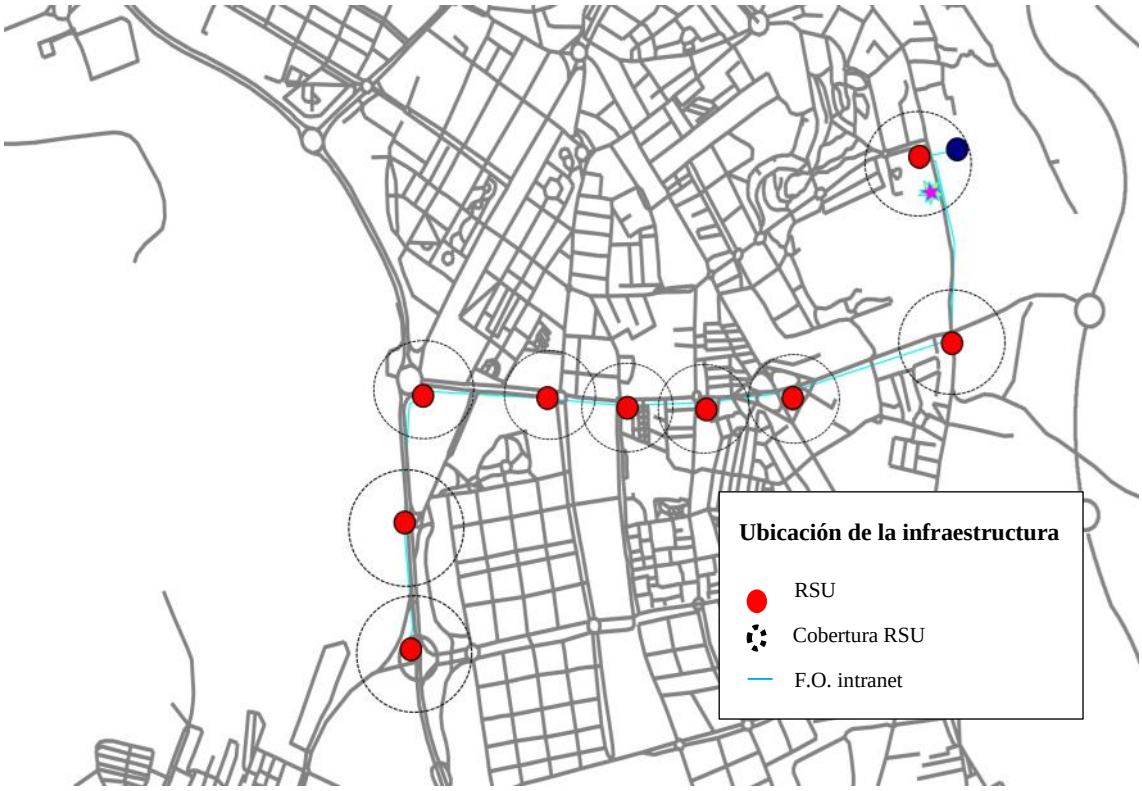


Ilustración 203 Ubicación de la infraestructura en el acceso del ferial.

Señales de advertencias mostradas

En la ilustración 204 se muestra la avenida Juan Pablo II que se compone de dos carriles para ambas direcciones separados por una mediana, por lo que solo se enviara advertencia de cesión de paso en este tramo (de derecha a izquierda).

Ilustración 204 Gestión del tramo de la avenida Juan Pablo II.

Entorno a la rotonda de la estación se encuentra el punto con más tráfico del todo el trayecto, aunque solo se generarán dos tipos de advertencias, ya que la arquitectura de la vía impide la convergencia de direcciones en solo dos puntos, en la incorporación de Aldea Moret a la avenida Juan Pablo II y en la rotonda, por los que en estos casos se utilizaran la limitación de acceso mientras sucede el paso de la ambulancia. También se genera la advertencia de cesión de paso a los vehículos que circulan en la misma dirección como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 205 Gestión de la rotonda de la Estación y sus inmediaciones.

El siguiente tramo es el compuesto por la avenida dela Hispanidad que actúa como eje de circulación entre otras avenidas de gran importancia, por ello se gestiona el tráfico de esta en función de la ambulancia, limitando el acceso cuando esta se encuentra en las inmediaciones, como así se muestra en la ilustración 206

Ilustración 206 Gestión del tramo de la avenida de la Hispanidad.

En el tramo intermedio de la avenida de la hispanidad se producen tres incorporaciones más, por lo que se actuará de forma igual que en los casos anteriores

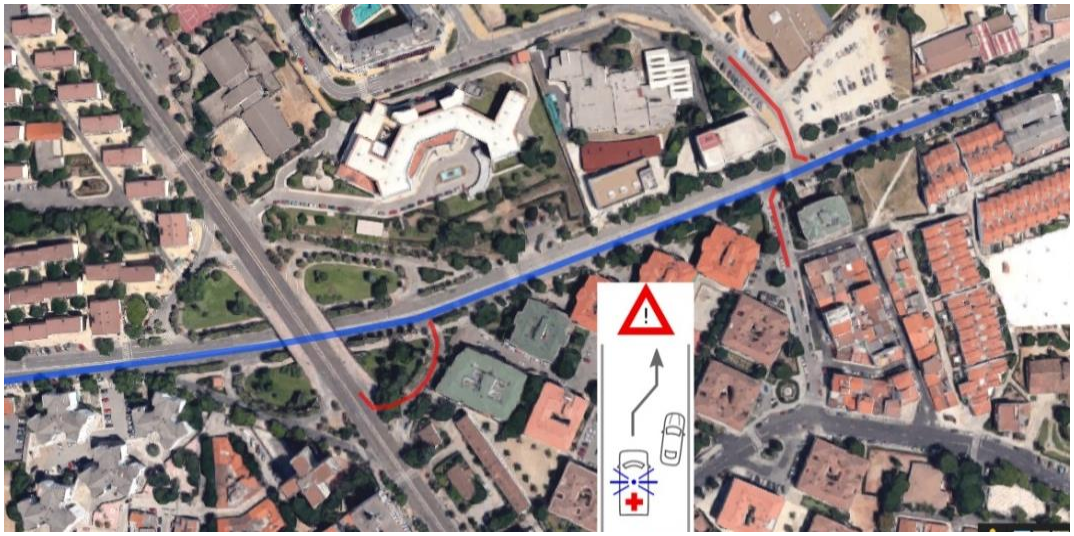


Ilustración 207 Gestión del tramo de la avenida de la Hispanidad.

En la ilustración 208 se muestra las dos advertencias generadas en esta zona y son las pertenecientes a la advertencia a los vehículos que circulan en dirección contraria de la presencia de una ambulancia y a los que circulan en la misma dirección la advertencia de cesión de paso.

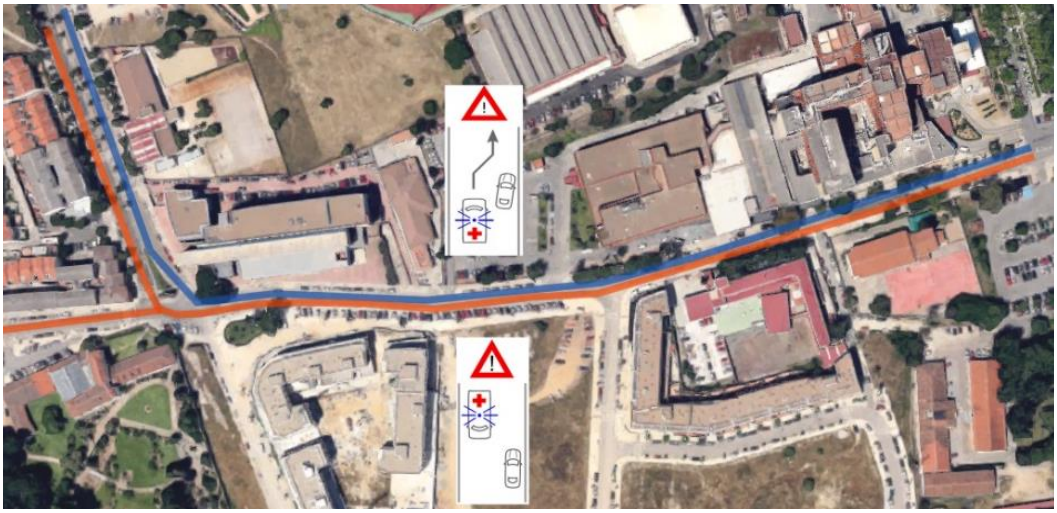


Ilustración 208 Gestión en la intersección frente al jugado y la Ronda de San Francisco.

d) ACCESO POR AVENIDA HERNÁN CORTES

El último acceso hacia el hospital es el que se inicia desde la plaza de toros, en el cual se ubica la primera RSU por ser el punto de unión del tráfico procedente de el Casar de Cáceres y la avenida muy transitada de Hernán Cortes, por lo que además se ubican otras dos RSUs a lo largo de ella, donde en la última gestiona mediante semáforo el acceso a la Madrila.

La siguiente RSUs son administras por dos gestores que gobiernan dos RSUs respectivamente situadas todas ellas en semáforos, estas se encuentran en la plaza Hernán Cortes y en la avenida España.

Por último también se implanta una RSU en la rotonda de conquistadores que permita gestionar el tráfico permitiendo posibles rutas al vehículo de emergencia (por el puente de San Francisco o por la ciudad deportiva).

Todas las representaciones de ubicación de las RSUs se muestran en la ilustración 209.

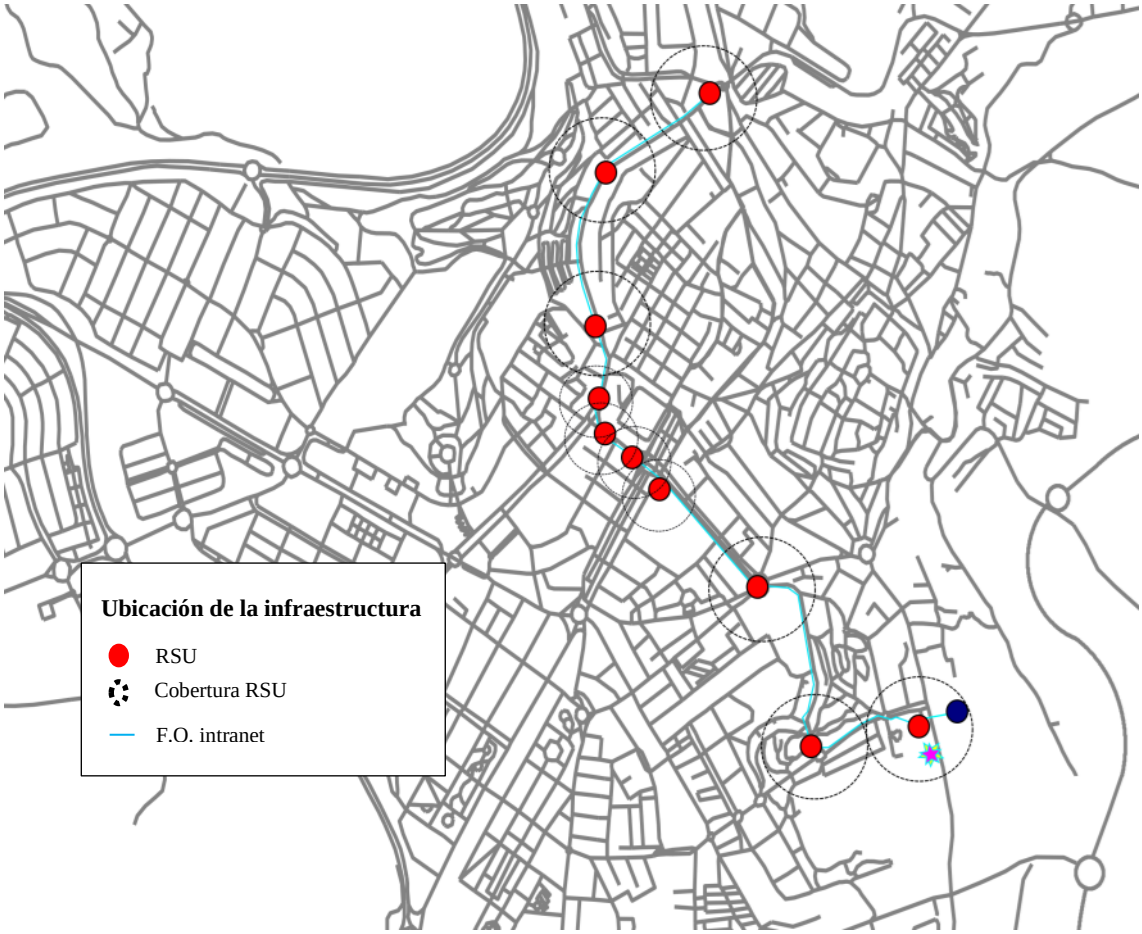


Ilustración 209 Ubicación de la infraestructura en el acceso por medio dela avenida Hernán Cortes.

Señales de advertencias mostradas

En la ilustración 210 se muestra las advertencias generadas por un vehículo de emergencia. Como dicha avenida se conforma de dos carriles en ambas direcciones y separada por una mediana, solo se transmitirán advertencia de cesión de paso indicando a los vehículos que por ella circula que se trasladen al carril derecho mientras dure el paso de la ambulancia, mientras que en la incorporaciones se limita el acceso de la misma forma y en este tramo solo son dos donde destaca la incorporación procedente de la Madrila por ser la de mayor trafico

Ilustración 210 Gestión del tramo de la avenida Hernán Cortes.

En las dos siguientes ilustraciones 211 y 212 se muestra las advertencias generadas por el paso de un vehículo de emergencia por dichas zonas, estas son de la más transitadas, aunque no supondrán un corte de rutas demasiado altas, ya que solo necesitara el carril exterior para realizar su paso dejando libre dos de los tres carriles disponible, aun así genera cinco cortes de rutas a su paso como se muestra en dichas ilustraciones.

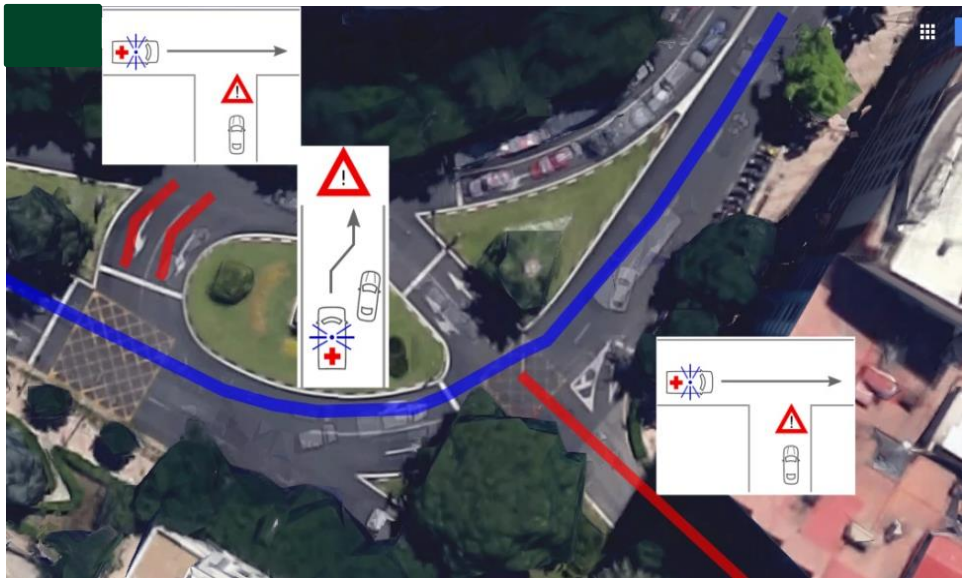


Ilustración 211 Gestión de la plaza Hernán Cortés.

Ilustración 212 Gestión del tramo de la avenida General Primo de Rivera.

A su paso por Cánovas se interceptan otros cuatro carriles para permitir el paso de la ambulancia, estos puntos son unos de los de mayor importancia por su nivel de trafico, pero debido a la incorporación de RSUs solo sufrirán micro cortes con el paso de la ambulancia, para ello se necesita las diferentes advertencias que se muestran en la ilustración 213.

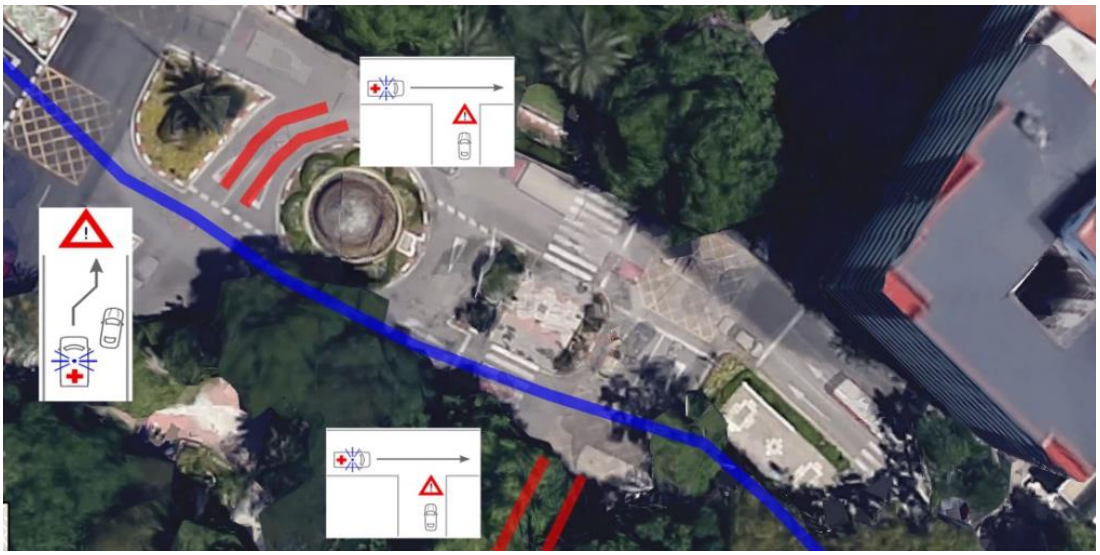


Ilustración 213 Gestión de la intersección entre el paseo de Cánovas y la avenida Virgen de la Montaña..

En el tramo mostrado en la ilustración 214 que corresponde al tramo de la avenida de virgen de la Montaña se muestran las dos advertencias generadas en dicho tramo.

Ilustración 214 Gestión del tramo de la avenida Virgen de la Montaña.

En la siguiente ilustración se muestra las advertencias generadas por el paso de una ambulancia por la rotonda de Conquistadores en la que se limita el acceso a las trayectorias que se cruzan con la de la ambulancia, a la vez que advierte a los vehículos que circulan en mismo sentido que deben ceder el paso. Por ultimo en la salida de rotonda también genera advertencia a los vehículos que circulan en sentido contrario, ya que en este caso se trata de un carril de doble sentido.

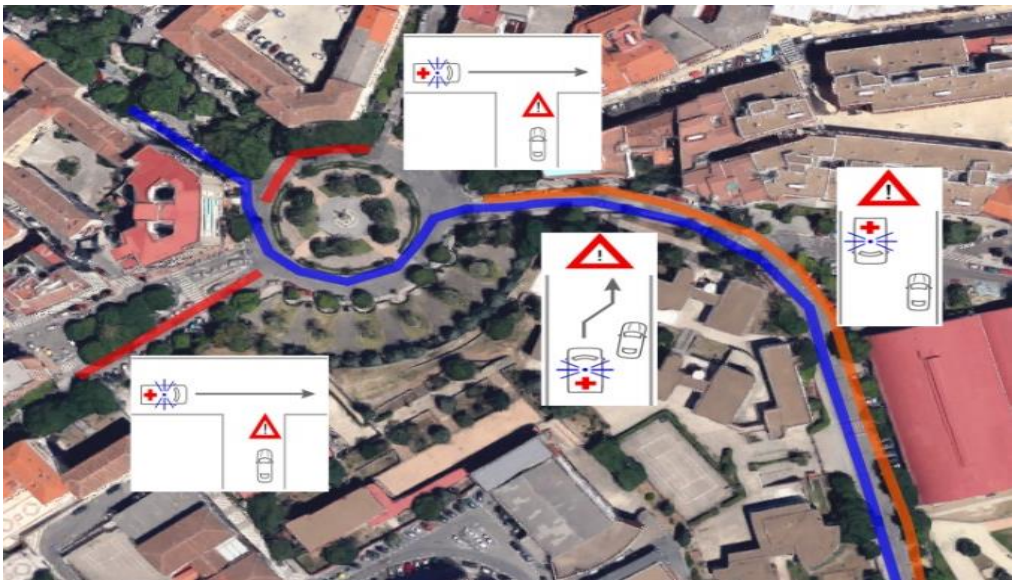


Ilustración 215 Gestión en la rotonda de los conquistadores.

El último trayecto realizado por la ambulancia se distinguen las tres mismas advertencias que en el caso anterior, las cuales están repartida de la forma que se muestra en la ilustración 216.

Ilustración 216 Gestión del tramo de la avenida el Brocense.

7.3-CONCLUSIÓN

En este capítulo se estudia la aplicación directa de las rede VANET sobre los vehículo de emergencia o de categorización exclusiva como son los vehículos sanitarios o los componentes por los cuerpos policiales o de bombero. Pero la mayor parte del capítulo se ha enfocado a los vehículos de traslado sanitarios, ya que el despliegue de la infraestructura aplicada para estos es más efectivo, debido a que tienen como punto convergente el destino final, el hospital. A diferencia de esto los cuerpos policiales y de bomberos son antagónicos, ya que parte de un punto inicial "la base" y se diseminan por el resto de la geografía.

El estudio se basa sobre el acceso al hospital de Cáceres que es el centro de referencia de la provincia y por ello tendrá un numero de traslados alto, junto a esto

se añade la necesidad de una rápida actuación de diversos casos categorizados en niveles de preferencia (estos niveles se realizaran por el personal sanitario). Para una buena sincronización se hace necesario la implantación de RSUs y por ellos se realiza previamente un estudio sobre el despliegue de estos, donde finalmente se obtiene como resultado que la mejor opción es D-RSU, es decir según la densidad de vehículos, debido a que este método permite un mejor uso del potencial de las redes VANET al tener en cuenta las comunicaciones V2V en situaciones de altas densidad de vehículo, ya que en estos casos no hay peligro de no disponer de vecinos para transmitir la información.

Basándonos en estudios que determinan el extravío de tiempo proporcionada en el traslado tanto por las intersecciones gestionadas por los semáforos, como por las situaciones acontecidas por las malas decisiones de los conductores colindantes. Esto se recogen en la siguiente tabla:

Tiempo en superar un semáforo	15-30 segundos
Mala reacción de un usuario	1 minutos
Velocidad media en hora punta (Sin RSUs)	22 Km/h
Velocidad media en hora punta (Sin RSUs)	50 Km/h

Tabla 26 Valores estimados de la implantación.

Tras esto se diferencia dos tipos de traslados, los traslados de servicios básicos que son las ambulancias con la equipación suficiente como para tratar daños leves o prevenciones hasta llegar al hospital. Por otro lado se dan los transportes de soporte vital avanzado que son más conocidas como UVI móvil que disponen de un equipamiento superior al de los servicios básicos y permiten más intervenciones sanitarias que disminuyen los tiempos.

Estos debido a su conformación dispondrán de tiempos distintos, a partir del cual se contabilizará el decremento de exitosidad, en el los servicios básicos serán a partir de los cuatro minutos a partir de los cuales se empezará a incrementar un 0,77% el riesgo de éxito. Por otro lado en caso de usar soporte vital avanzado se empezara a incrementar el riesgo de éxito en 0.77% por cada minuto a partir de los 8 minutos.

Para realizar esta comparación se supondrá los casos más desfavorables posibles, es decir que el paso por la intersecciones controladas por semáforos sean de 30 segundos y que las malas decisiones de usuarios externos se den en los principales puntos de conflictividad de la ruta, de esta manera se obtiene la siguiente tabla 27 con las cuotas de tiempos.

Acceso por:	Paso por semáforo	Mala decisión de conductores	Velocidad media en hora punta (Sin RSUs)	Velocidad media en hora punta (con RSUs)	Servicio Básico		Soporte vital avanzado	
					Incrementa 0.77%/ min.			
					Sin RSU	Con RSU	Sin RSU	Con RSU
A-58	8x30 240seg 4 min	4x1 4min	4.9Km 13.36 min	4.9Km 5.88min	13.36	1.44	10.28	0
Av. Juna Pablo II	15x30 450seg 7.5min	2x1 2min	5.5 km 15 min	5.5 km 6.6min	15.785	2	12.7	0
Av. Ruta de la Plata	16x30 480seg 8min	3x1 3min	2.8km 7.636min	2.8km 3.336min	11.269	0	8.11	0
Av. Hernán Cortés	15x30 450seg 7.5min	4x1 4 min	2.3 Km 6.27min	2.3 Km 2.76min	10.6	0	7.52	0

Tabla 27 Resultados obtenidos de la implantación de RSUs. Desde Cáceres

Como se puede apreciar los porcentajes de riesgo se decrementan enormemente en las situaciones más desfavorables e incluso en los tiempos menores que el tiempo umbral en el que los se empieza a incrementar el riesgo estos, son nulos, es decir el factor traslado no influirá en el porcentaje de salvación del paciente.

Esto datos son considerados como si la ambulancia iniciase su ruta desde el punto más alejado de la ruta establecidas, pero esta situaciones no son de tal certeza, debido a que los traslados, como ya se mencionó anteriormente, procederán de fuera de la ciudad de Cáceres, por lo que los tiempos de actuación de los servicios habrá que extraerlos quedando de la siguiente forma:

Acceso por:	Servicio Básico	Soporte vital avanzado	
	Incrementa 0.77%/ min.		
	Sin RSU	Sin RSU	Con RSU
A-58	13.36	10.28	4.52
Av. Juna Pablo II	15.785	12.70	5
Av. Ruta de la Plata	11.269	8.11	2.568
Av. Hernán Cortés	10.6	7.52	2.125

Tabla 28 Resultados obtenidos de la implantación de RSUs. Acceso desde fuera de Cáceres

Estos valores son referentes a la circulación por Cáceres y como se podría preveer siguen siendo bajos, pero estos no son los valores absolutos, ya que esto se conformarán por el traslado completo, aunque la mayor dificultad se centraba en el centro urbano, debido a que la cesión de paso en autovías de baja densidad, como son las de Cáceres, no suponen un mayor riesgo.

Por tanto estos valores son considerables buenos en especial, si lo que se tiene en cuenta es el riego de vidas humanas y en los que muchos casos esto valores permitirán el salvamento de numerosas de ellas.

8.-CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES

Este proyecto busca solventar la tasa de mortalidad provocada de los traslados en estados de emergencia, para ello se busca distintas forma de actuación sobre los que actuar de una forma económica pero eficaz.

Para sofocar dicha situación se realiza una búsqueda concienzuda de las soluciones, como el problema se ubica en el traslado, se producen dos posibles medidas, el primero es eliminar el traslado y el segundo es hacer un traslado más rápido, ya que los accidentes o situaciones de emergencia se producen en ubicaciones muy diversas, dificultosas y aleatorias no será viable la eliminación del traslado al no poder trasladar unas instalaciones al lugar de los hechos tampoco es viable la implantación de vías para los servicios de emergencias, ya que dichos actos supondría un gasto muy alto.

La mejor opción es la mejora del traslado. Los traslados muy urgente se suelen realizar por medio aéreo (helicópteros), pero estos en Extremadura son muy limitados además de en casos de tiempo adverso o periodos nocturno estos medios no están activos, por tanto el medio que se usará será el transporte de rodado.

La principal fuente de problemas que generarán incertidumbre sobre el periodo de traslados en vehículos de emergencia es la masificación de usuarios, pero sobretodo el comportamiento inesperado de vehículos vecinos o por malas decisiones (acentuadas por la toma de decisiones rápidas) que proporcionan situaciones de peligrosidad tanto para él, como para los que le rodean, lo cual se incrementa en zonas urbanas o puntos de atracción como son hospitales o lugares de trabajos.

Otro factor que también condiciona el traslado es la fisionomía de la vía, ya que una vía angosta proporciona dificultad de adelantamiento de los vehículos de prioridad, por lo que reduce su marcha.

Un escenario de atasco genera inmovilismo de todos los usuarios incluidos los vehículos de emergencia, estas situaciones se forman todos los días a las horas punta, proporcionado por estos dos factores anteriores. Esto muchas veces se produce por la

falta de comunicación con los vehículos vecinos, por lo que muchas colisiones y acciones peligrosas surgen del factor humano y la falta de información

Como solución se propone una comunicación intrevehicular y en especial las redes VANET que se han expuesto en este proyecto.

Las redes VANET definidas en el capítulo 5 muestran todas las características que la crean en el mejor medio de actuación ante dicho traslados, para ello necesita un infraestructura base para permitir una coordinación más eficaz en las situaciones de emergencias que afectan a zonas más amplias (varias RSUs) y las cuales necesitan una coordinación como son la rutas de los vehículos de emergencias, las cuales tramitan la información como se expone en el capítulo 7 diferenciándola en fases y actuando sobre diferentes intervalos.

Los parámetros a seguir para determinar una red VANET se sustentas de las normalizaciones generadas por las estandarizaciones de las principales potencias mundiales, entre las que están Europa y América del Norte. Esta red no solo esta apoyadas por entes públicos, sino que también despiertan admiración entre las empresas privadas de automoción y telecomunicaciones que están invirtiendo en investigación y colaborando en los principales grupos de trabajo como VIIC. Otros proyectos que se están realizando se muestran en el capítulo 6.

Tras todo lo visto anteriormente converge en la implantación de una infraestructura que permita llevar a cabo dichas ventajas. Como la estructura que se implantará de forma parcial no conviene diseminarla, ya que los resultados que se recogerían serían malos, por lo que en este proyecto solo se centrara en las situaciones de emergencias producidas por los vehículos sanitarios debido a su focalización a la hora de realizar los trayectos como se explica en el capítulo 8 (tienen un destino común), además en este capítulo se realiza un estudio centrado en los tramos que trascurren por Cáceres de forma individual y por los que circularán dichas ambulancias, permitiendo así una mejor ubicación de las RSUs.

Tras la implantación de las RSUs tal y como viene recogido en el capítulo 8, se realiza un comparación entre los tiempo que tarda la ambulancia en recorrer la rutas marcadas sin la infraestructura y con ella. Posteriormente a esto se aplica el factor de peligrosidad que repercute en función del tiempo. Dichos datos obtenidos y expuesto

en las tablas 27 y 28 del capítulo 8, denotan una importante mejora en dicho traslado según el tipo de servicio que se utilice.

Estas mismas condiciones se podrían aplicar a otras ciudades para que se fomente la aplicación de la red tomando reputación y así ejercer poder público con dicha finalidad, además del salvamento de vida que esto supondría

9.-CAPÍTULOS IX: TRABAJOS DE FUTURO

Tras el estudio de las características de las redes VANET y la implantación de la infraestructura de forma estratégica en Cáceres en los acceso al hospital se podría pensar que esta red solo serviría para este fin, pero la utilidad de dicha estructura no solo se centrará en cuestiones de seguridad y traslados según la prioridad, que serán las más importantes, sino que las posibilidades de esta red solo están limitadas por la falta de ingenio en su aplicación, ya que la mayoría de las aplicaciones existentes para otras plataformas como móviles, ordenadores, radio, televisión… se pueden aplicar a esta red. La dificultad de esta red es la realización de una implantación plena, pero como esta red se puede integrar con otras redes como la telefónica, llamándose CALM, u otras como la interacción de Wi-Fi de lugares públicos o redes privadas darían una envergadura de cobertura mayor y de mayor calidad.

En este proyecto se centra en la actuación de los servicios públicos de sanidad y en especial en el traslado de pacientes , pero este estudio se puede aplicar de la misma forma a los demás vehículos de emergencia (policía y bomberos), pero con la diferenciación que el radio de actuación de dichos servicios es más amplio, por consiguiente se necesitaría una implantación media de la estructura y una implantación alta de los vehículos, ya que como se recoge en este texto, en zona de alta densidades no es necesaria la utilización de la infraestructura, debido a que cada vehículo actúa de repetidor, a la vez que compara los datos recogidos con los suyos propios y la actuación de la zona para determinar el tipo de advertencia que le afecta (cesión de paso, limitación en la incorporación…).

La línea de futuro que más importancia está relacionada con el sector privado y con ello el factor de más importancia para el despliegue de la red, estas son las aplicaciones de publicidad y las comunicaciones personalizadas. Esto permitirá estudios más concisos que permitirán focalizar mejor el mercado y con ello los ingresos. Por parte de la publicidad se centrará en una comunicación dependiendo del área en el que se encuentre, fomentando el negocio de dicha área, como por ejemplo el de un restaurante rural con una especificación del tipo de cocina que elabora, se

encontrará dentro de un listado y en caso reservar mesa se mostrará seguidamente el mapa con la ruta de forma instantánea, lo mismo que sucederá con talleres, hoteles…

Otra línea de actuación intrínseca de estas redes son la desaparición de las intersecciones controladas por los semáforos, debido a que con una implantación total de dicha red se permitirá gestionar dichas intersecciones desde los propios vehículos reduciendo el tiempo de paso y obteniendo mayor efectividad de estas, al actuar individualmente sobre cada vehículo.

Otras líneas de futuro es la interacción entre las redes acercándose así más al mundo conectado. Pero el futuro más inmediato seguido de estas redes es la conducción autónoma en la que muchas empresas importantes como Google ya están trabajando.

BIBLIOGRAFÍA

[1] http://lasindias.com/indianopedia/topologias-de-red

[2]ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (2003) Road safety. Impact of new technologies. OECD

[3] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2006). Safety applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan. FHWA-PL-06-001

[3] PKI. Claves para entenderla; autor David Navarro Arnao; universidad de Valencia www.uv.es/~montanan/redes/trabajos/PKI.doc

[4] Monografía: Redes Móviles Ad-Hoc; autores: Juan Pablo Hernández, Daniel Márquez; Universidad Nacional de Rosario

Metaheurísticas avanzadas para problemas reales en redes de telecomunicaciones; autor: Francisco Luna Valero; universidad de Malaga.

Redes Ad-Hoc: El Próximo Reto; autores: CarIes Gómez i Montenegro, Josep Paradells Aspas Technical University ofCatalonia (UPC).

Gestion de Grupos en VANETs: Descripcion de Fases; Autores: C. Caballero-Gil, P. Caballero-Gil, J. Molina-Gil, C. Hern´andez-Goya; Universidad de la Laguna

[5] Estudio y simulación de los protocolos de enrutamiento más utilizados en redes VANETS; autor: Jarrison Leyton Garzón; Universidad Católica De Pereira.

Conectando los vehículos a Internet en el sistema de transporte inteligente estandarizado por el ETSI; Autor: Víctor Sandonís Consuegra Universidad Carlos II (Madrid)

[6] Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs): Current State, Challenges, Potentials and Way Forward, Elias C. Eze, Sijing Zhang and Enjie Liu, Department of Computer Science and Technology, University of Bedfordshire, September 2014

[7] Simulation of Realistic Mobility Model and Implementation of 802.11p (DSRC) for Vehicular Networks (VANET); autores: Saurabh D. Patil, D.V. Thombare y Vaishali D. Khairnar Associate Professor Terna Engineering College, Navi Mumbai, India

[8] Gestión de Grupos en VANETs: Descripción de Fases (2010) Ministerio de Educación y Ciencia y la fundación Europea FEDER, TIN2008-02236/TSI

[9] A RESTful Information Service Method in Hybrid Sensor and Vehicular Networks;Autores: Lu JianFeng, Huang Jianglong; University Siping (China)

[10] Standards: WAVE / DSRC / 802.11p; Autor: Dr. Michele Weigle; Old Dominion uneversity

Vehicle to Vehicle communications applied to Road Intersection Safety, Field Results ; Autores: Javier Ibanez-Guzman, Stephanie Lefevre, Abdelkader Mokkadem y Sylvain Rodhaim; Miembros de IEEE.

Evaluation of Signal Propagation in Vehicular Environments; Autores : Antoine Fossaluzza Massimo Montalto; Insa Lyon

[11] Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application; Autores: Harding, J., Powell, G., R., Yoon, R., Fikentscher, J., Doyle, C., Sade, D., Lukuc, M., Simons, J., y Wang, J.; National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)

[12] Estudio del simulador de redes vehiculares VEINS ;Autor: Pablo González-Ripoll Cerezo, Universidad Carlos III de Madrid.

[12]TACKing Together Efficient Authentication, Revocation, and Privacy in VANETs; Autores: Ahren Studer , Elaine Shi, Fan Bai & Adrian Perrig; Universidad Carnegie Mellon para General Motors

[13] Comunicaciones Privadas en Redes Ad-hoc Vehiculares; Autores: Alexandre Viejo, Francesc Sebé, Josep Domingo-Ferrer y Jesus Manjón; Universitat Rovira i Virgili

[14] Cooperation Enforcement Schemes in Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs); Autores: C. Hernández-Goya, P. Caballero-Gil, J. Molina-Gil and C. Caballero-Gil; Lecture Notes in Computer Science. EUROCAST 2009.

Journal of Universal Computer Science (2012)Countermeasures to Prevent Misbehaviour in VANETs (University of La Laguna, Tenerife, Spain)

Improvizing the Public Key Infrstructure to build trust Architecture for VANET by using shrt-time certificate management and Merkle signature Scheme; Autores Sanoop Mallissery, Manohara Pia M.M. ,Smitha A; Universidad de Manipal (India).

[15] Evaluación de herramientas de simulación de Redes Vehiculares; Autor: Rocío Murcia Hernández; Universidad Politécnica De Cartagena

[16] Implementación de un ambiente de simulación basado en software libre para el estudio de la provisión de servicios de comunicaciones en redes vehiculares Ad Hoc mediante el uso de nodos móviles virtuales; Autor Luis Alberto Caldas Calle; Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca

[17] Evaluación de herramientas de simulación de Redes Vehiculares; Autores: Rocío Murcia Hemández, Joan García Haro, Esteban Egea López; Universidad Politécnica De Cartagena

[18] http://www.isi.edu (NS2)

http://www.nsnam.org (NS3)

[19] Realistic Urban Traffic Simulation as Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) via Veins Framework, Hamed Noori Tampere University of Technology Tampere, Finland

[20] Wegener, A., Piórkowski, M., Raya, M., Hellbrück, H., Fischer, S., and Hubaux, J. P., 2008. TraCI: An Interface for Coupling Road Traffic and Network Simulators. In Proceedings of 11th Communications and Networking Simulation Symposium (Ottawa, Canada, April 14-17, 2008). CNS'08

[21] Karnadi, F.K., Zhi Hai Mo, Kun-chan Lan ; Sch. of Comput. Sci. & Eng., New South Wales Univ Sydney, NSW ; Rapid Generation of Realistic Mobility Models for VANET Wireless Communications and Networking Conference, 2007.

[22] TraNS: Realistic Joint Traffic and Network Simulator for VANETs; autores: M. Piórkowski M. Raya A. Lezama Lugo P. Papadimitratos M. Grossglauser J.-P. Hubaux; Laboratory for computer Communications and Applications, School of Computer and Communication Sciences, Switzerland.

[22] Estudio comparativo de protocolos de encaminamiento en redes VANET;Autor: Helene Doumenc; Universidad Politécnica De Madrid

Comunicacnion eficiente entre vehículos aplicando u algoritmo multi-objeto paralelo; Autor: Jamal Toutouh y Enrique Alba.z

[23] Comunicacion eficiente entre vehiculos aplicando un algoritmo multi-objetivo paralelo por Jamal Toutouh y Enrique Alba

[24] Simulación y análisis de desempeño de protocolos unicast para Redes VANET por Gonzalo Jiménez Pinto, Danilo López y Luis F. Pedraza de 4 de agosto de 2011

[25] Protocolos de encaminamiento para Redes malladas Inalámbricas: un estudio comparativo, por Eduardo Rodríguez, Claudia Deco, Luciana Burzacca, Mauro Petinari del 2000 por la Universidad Católica Argentina

[26] Análisis de los protocolos de enrutamiento y estudio de los parámetros y esquemas para proveer calidad de servicio (QoS) en redes móviles ad hoc, su operación y aplicaciones en los sistemas de telecomunicaciones por Fernandez Lindao Carlos Arturo Mena Toledo Soraya Azucena del 2004

[27] Estudio y simulación de los protocolos de enrutamiento más utilizados en redes VANETS por Jarrison Leyton Garzón en 2013 de la universidad Católica de Pereira

[28] The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks; autores: Zygmunt J. Haas, Marc R. Pearlman Prince Samar; Universidad de Cornell http://tools.ietf.org/pdf/draft-ietf-manet-zone-zrp-04.pdf

[31] Jiang, D., y Delgrossi, L. (2008). Ieee 802.11 p: Towards an international standard for wireless access in vehicular environments. En Vehicular technology conference, 2008. vtc spring 2008. ieee (pp. 2036–2040).

[32] IEEE 1609-Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE); ITS Standards Fact Sheets; IEEE http://www.standards.its.dot.gov/Factsheets/Factsheet/80#sthash.OGEyFWv8.dpuf

[33] IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)—Resource Manager; IEEE http://netlab.cs.ucla.edu/wiki/files/wave.pdf

[34] ETSI ES 202 663 European profile standard for the physical and medium access control layer of Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band 2009-11

[35]ETSI TS 102 687 Decentralized Congestion Control Mechanisms for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz range; Access layer part 2011-07

[36] ETSI EN 302 636-5-1 GeoNetworking; Part 5: Transport Protocols; Sub-part 1: Basic Transport Protocol 2013-10

[37] ETSI EN 302 636-X Vehicular Communications; GeoNetworking;

[38] ETSI TS 102 637-2 Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service

ETSI EN 302 637-2 Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service 2014-09

[39] ETSI EN 302 637-3Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service 2014-09

Methodology of harmonization WAVE / FAST

http://its-standards.eu/Feeds/2014/WAVE_FAST_Methodology.html

Harmonization IEEE WAVE (WSMP/WSA) with ISO FAST (FNTP/FSAP)

http://its-standards.eu/Feeds/2014/WAVE_FAST_WorkshopBerlin.html

[40] ETSI TR 102 638 Basic Set of Applications; Definitions 2009-06

ETSI EN 302 637-2 Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service 2014- 11

ETSI EN 302 637-3 Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service 2014-11

ETSI TS 102 860 Classification and management of ITS application objects 2011-05

[41] ETSI TS 102 860 Intelligent Transport Systems (ITS); Classification and management of ITS application objects 2011-05 [42] ETSI TR 102 893 Security; Threat, Vulnerability and Risk Analysis (TVRA) 2010-03

ETSI TS 102 165-1 Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Methods and protocols; Part 1: Method and proforma for Threat, Risk, Vulnerability Analysis 2011-03

[45]http://www.comesafety.org/fileadmin/user_upload/PDFs/IP_Connected_Cars_Final.pdf

[46]http://www.comesafety.org/uploads/media/COMeSafety_Project_Presentation_03.pdf

[48] Co-operative Vehicle-Infrastructure Systems

http://cordis.europa.eu/project/rcn/79316_en.html

[47] FP6-IST - Information Society Technologies: thematic priority under the specific programme "Integrating and strengthening the European research area"

http://cordis.europa.eu/programme/rcn/711_en.html

[49] Co-operative networks for intelligent road safety

http://cordis.europa.eu/project/rcn/79301_en.html

[50] Co-operative Networks for Intelligent Road Safety http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=45939

[51] Coopers – Co-operative Systems for Intelligent Road Safety

http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201305/20130513_140817_13628_D1A1100_COOPERS_Project_Presentation_052010.pdf

http://www.lespagesasfa.fr/fileadmin/pdf/2._Europe_International/2.2._Projets_europeens/COOPERS/IR6700_1_V1.0.pdf

[52] http://cordis.europa.eu/project/rcn/80569_en.html

[53]https://www.car-2-car.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1427222346&hash=41775f6d2c6b9d35a7d61281f13482ddd50dfcf4&file=fileadmin/downloads/C2C-CC_manifesto_v1.1.pdf

[54]https://www.car-2-car.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1427286686&hash=d3d0f0643eda7bc905c953b10eaba8be3fa7625d&file=fileadmin/downloads/PDFs/MoU_on_deployment-v40001.02_final.pdf

[55] EnableATIS Strategy Assessment

http://ntl.bts.gov/lib/52000/52600/52622/FHWA-JPO-14-113-v1.pdf

[56] Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991 - Summary

http://ntl.bts.gov/DOCS/ste.html

[34] USDOT's Intelligent Transportation Systems (ITS) ITS Strategic Plan 2015-2019

http://www.its.dot.gov/strategicplan.pdf

[57] Intelligent Transportation Systems (ITS) Standards Program Strategic Plan for 2011—2014

http://www.its.dot.gov/standards_strategic_plan/stds_strat_plan.pdf

[59] Connected Vehicle Reference Implementation Architecture

http://www.iteris.com/cvria/index.html

[60] Enterprise Viewpoint

http://www.iteris.com/cvria/html/about/enterpriseviewpoint.html

[61] Functional Viewpoint

http://www.iteris.com/cvria/html/about/functionalviewpoint.html

[62] Physical Viewpoint

http://www.iteris.com/cvria/html/about/physicalviewpoint.html

[63] Communications Viewpoint

http://www.iteris.com/cvria/html/about/communicationsviewpoint.html

[64] A VANET-based Emergency Vehicle Warning System; Autores: Andreas Buchenscheit, Florian Schaub, Frank Kargl, and Michael Weber; Ulm University, Germany

[65] An IEEE 802.11p based Distributed Channel Assignment Scheme Considering Emergency Message Dissemination; Autores: I-Chiao Chu, Po-Yu Chen, and Wen-Tsuen Chen; National Tsing Hua University (Taiwan)

[66] Impact of Vehicular Networks on Emergency Medical Services in Urban Areas; Autores: Chun-Liang Lee , Chung-Yuan Huang , Tzu-Chien Hsiao , Chun-Yen Wu ,Yaw-Chung Chen and I.-Cheng Wang; International Journal of Environmental Research and Public Health

[67] D-RSU: A Density-Based Approach for Road Side Unit Deployment in Urban Scenarios; Autores: Javier Barrachina, Piedad Garrido, Manuel Fogue, Francisco J. Martinez, Juan-Carlos Cano, Carlos T. Calafate, Pietro Manzoni; Universidad de Zaragoza y Politecnica de Valencia, España.

[68] Plan de infraestructuras para la movilidad urbana sostenible, análisis y diagnóstico realizados por Prointec en 2013.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tipos de redes existentes 4
Ilustración 2 Red jerárquica 5
Ilustración 3 Red descentralizada..... 5
Ilustración 4 Topología general de red celular..... 6
Ilustración 5 Topología inalámbrica Ad Hoc..... 7
Ilustración 6 Topología básica de redes VANET. 7
Ilustración 7 Reconocimiento de señales (Ford)..... 8
Ilustración 8 sensor de aparcamiento (Audi). 8
Ilustración 9 Visión nocturna (BMW). 8
Ilustración 10 Infraestructura de carretera 9
Ilustración 11 Evolución del parque automovilístico anual. Datos oficialas del Institutos Nacional de Estadística (INE) 9
Ilustración 12 Gráfico sobre la distribución del parque automovilístico. 10
Ilustración 13 Evolución de los fallecidos en accidentes de tráfico con víctimas entre 1960-2013 10
Ilustración 14Tasa de mortalidad por millón de habitantes. 10
Ilustración 15Tasa de Mortalidad diferentes a enfermedades..... 10
Ilustración 16 Esquema del ciclo de vida del proyecto..... 11
Ilustración 17 Comparación entre el modelo TCP/IP y el modelo aplicado en redes Ad Hoc. 24
Ilustración 18 Esquema de las vertientes derivadas de la redes Ad Hoc 25
Ilustración 19 Aplicaciones generales derivadas de la redes VANET..... 27
Ilustración 20 Esquema- resumen de las comunicaciones realizadas por l redes VANET. 29
Ilustración 21 Dispositivo de usuario o OBU (On Board Unit)..... 30
Ilustración 22 Dispositivo de carretera o RSU (Road Side Unit). 30
Ilustración 23 Ejemplo de los tipos de comunicación más realizadas en redes VANET. 31
Ilustración 24 Distribución de vehículos en grupos..... 32
Ilustración 25 Diagrama de flujo de la creación de grupos..... 32
Ilustración 26 Diagrama de flujo de elección de grupo. 33
Ilustración 27 Diagrama de flujo que determina si crea o se adhiere a un grupo. 34

Ilustración 28 Diagrama de flujo de actualización de grupo..... 35
Ilustración 29 Diagrama de flujo actualización en el caso de finalización del grupo.36
Ilustración 30 Estructuración de la información por medio de capas 38
Ilustración 31 Estructuración del órgano administrador de infraestructura. 39
Ilustración 32Interface implementada por Tesla en su vehículo Model S 43
Ilustración 33 Dispositivo OBU TS3306 V2X intercambiable..... 44
Ilustración 34 Dispositivo OBU TS3304/00 and /01 intercambiable 45
Ilustración 35 Equipación de un utilitario genérico. 46
Ilustración 36 Distribución de la equipación en un utilitario genérico. 47
Ilustración 37 Diagrama de los lóbulos de radiación de un utilitario genérico..... 47
Ilustración 38 Equipación de un vehículo policial genérico. 48
Ilustración 39 Distribución del equipamiento de un vehículo policial genérico..... 48
Ilustración 40 Distribución del equipamiento de un vehículo sanitario genérico..... 49
Ilustración 41 Diagrama de radiación de un vehículo policial genérico o vehículo de emergencia. 49
Ilustración 42 Distribución de vehículos genéricos de gran tonelaje..... 50
Ilustración 43 Distribución de equipamiento de vehículos públicos 50
Ilustración 44 Diagrama de comunicación V2I o I2V 51
Ilustración 45 Diagrama de comunicación V2V 52
Ilustración 46 Representación gráfica de aceleración según la velocidad en una colisión. 54
Ilustración 47 Fases de Seguridad introducidas las redes VANET..... 58
Ilustración 48 Representación de Advertencia de curva cerrada. 60
Ilustración 49 Representación de advertencia de intersección peligrosa 60
Ilustración 50 Representación de una intersección controlada por semáforos. 61
Ilustración 51 Representación de advertencia de malas condiciones en un determinado tramos 61
Ilustración 52 Representación de advertencia de carril cortado temporalmente..... 62
Ilustración 53 Representación de advertencia de salida de un vehículo. 62
Ilustración 54 Representación de advertencia de posible colisión..... 63
Ilustración 55 Representación de advertencia de vehículo lento o averiado en las proximidades. 63
Ilustración 56 Representación de advertencia por frenada de emergencia. 64
Ilustración 57 Representación de advertencia por cambio de carril. 64

Ilustración 58 Representación de advertencia por colisión cercana..... 65
Ilustración 59 Representación de advertencia de adelantamiento por el ángulo muerto. 66
Ilustración 60 Representación de advertencia por acercamiento de un vehículo de emergencia. 66
Ilustración 61 Representación de puntos críticos autoresuelto por vehículos..... 70
Ilustración 62 Representación de la comunicación de seguridad testigo-respuesta... 82
Ilustración 63 Árbol de tres niveles asociados por clave. Seguridad en comunicaciones VANET 83
Ilustración 64 Representación de los tipos de comunicación en la zona de grupos... 83
Ilustración 65 Esquema del cifrado Hash..... 85
Ilustración 66 Representación de la progresión de los simuladores. 88
Ilustración 67 Esquema de actuación de los simuladores. 88
Ilustración 68 Esquema de comportamiento de movilidad 89
Ilustración 69 Esquema de los distintos modelos de movilidad 90
Ilustración 70 Esquema de la taxonomía de los simuladores VANET 92
Ilustración 71 Comunicaciones entre simuladores aislados..... 93
Ilustración 73 Composición de los simuladores híbridos. 97
Ilustración 72 Simuladores que componen los diferentes simuladores híbridos. 97
Ilustración 74 Composición de módulos y los simuladores aislados que lo componen. 99
Ilustración 75 Conversión de los mapas reales para utilización en el simulador VEINS 100
Ilustración 76 Diagrama de comunicación de los simuladores y la trama usada en dicha comunicación..... 100
Ilustración 77 Grafica de relación de procesamiento en función de los nodos..... 101
Ilustración 78 Composición del simulador MOVE..... 102
Ilustración 79 Secuencia de procesos seguida por el simulador MOVE. 102
Ilustración 80 Interface del simulador MOVE..... 103
Ilustración 81 Parámetros de ajuste de la simulación 104
Ilustración 82 Parámetros de ajuste de la simulación VANET usando el simulador MOVE..... 104
Ilustración 83 Diferentes mapas de movilidad generados por el simulador MOVE. Mahanttan, aleatorio y anillo..... 105

Ilustración 84 Importación de mapas reales en el simulador MOVE. 105
Ilustración 85 Parámetros que modifican los modelos de movilidad. 106
Ilustración 86 Creación de nodos específicos en el simulador MOVE..... 106
Ilustración 87 Gestión de tiempo de los nodos que actúan como servicio público en el simulador MOVE. 107
Ilustración 88 Interface gráfica del simulador TRANS. 107
Ilustración 89 Parámetros de ajuste de red en el simulador TRANS. 108
Ilustración 90 Estructura del simulador TRANS. 108
Ilustración 91 Pasos seguidos en el simulador TRANS. 109
Ilustración 92 Comunicaciones generadas por el simulador TRANS..... 111
Ilustración 93 Interfaz de movilidad del simulador TRANS. 112
Ilustración 94 Cuadro resumen de comunicaciones V2V. 113
Ilustración 95 Protocolos según el envío. 115
Ilustración 96 Representación del protocolo AODV. 118
Ilustración 97 Representación de protocolo DSR de petición. 118
Ilustración 98 Representación de protocolo DSR de respuesta. 118
Ilustración 99 Representación de protocolo TORA de petición. 119
Ilustración 100 Representación de protocolo TORA de respuesta. 119
Ilustración 101 Representación de las fases de actuación del protocolo MAODV. 120
Ilustración 102 Representación de las fases de adhesión de un nodo árbol en el protocolo MAODV. 120
Ilustración 103 Representación del protocolo GeoTORA. 121
Ilustración 104 Representación del protocolo GeoGRID, por medio de flooding-base. 122
Ilustración 105 Representación del protocolo GeoGRID por medio ticket-based.. 123
Ilustración 106 Representación del protocolo FSR..... 124
Ilustración 107 Fases de difusión del protocolo OLSR. 125
Ilustración 108Fase de difusión del protocolo LAR. 126
Ilustración 109 Representación de la fase de difusión del protocolo LBM. 127
Ilustración 110 Métodos de actuación para difusión en una región Geocast mediante el protocolo GAMER. 128
Ilustración 111 Representación del protocolo ZRP. 130
Ilustración 112 Representación de los estándares ISO e IEEE para redes VANET y normas de compatibilidad entre estas. 135

Ilustración 113 Distribución de los canales en el estándar IEEE 802.11p. 137
Ilustración 114 Distribución de la modulación utilizada en IEEE 802.11p. 137
Ilustración 115 Representación de la gestión de las aplicaciones y recursos en el estándar IEEE 1609. 139
Ilustración 116 Representación sobre que capas se aplica el mayor esfuerzo de seguridad. 140
Ilustración 117 Representación de la capa de red diferenciando los planos de administración y datos 142
Ilustración 118 Estructuración de un mensaje gestionado por WSMP. 142
Ilustración 119 Diagrama de gestionde los dispositivos 143
Ilustración 120 Diagrama de comunicación entre la aplicación y los diferentes gestores de control 144
Ilustración 121 Sección de la capa de control que gestiona el acceso en la capa MAC 145
Ilustración 122 Representación de la sincronización de los planos de contro 145
Ilustración 123 Estructuración de la trama MSDU. 146
Ilustración 124 Esquema de organización de acceso multicanal. 146
Ilustración 125 Representación comparativa entre la pila OSI y las capas usadas en las redes VANET. 149
Ilustración 126 Esquema de distribución de labores en grupos de trabajo en el estándar europeo 150
Ilustración 127 Esquema de la arquitectura propuesto por el estándar europeo. 151
Ilustración 128 Descripción grafica de la distribución en la ITS de tecnología de acceso. 152
Ilustración 129 Grafico de distribución del espectro de frecuencia. 153
Ilustración 130 Representación de los métodos de control sobre las capa MAC y físicas del estándar europeo. 155
Ilustración 131 Representación de los métodos de acceso y gestión de todas las capas. 157
Ilustración 132 Representación de la configuración multicanal en el estándar europeo. 157
Ilustración 133 Representación de la trama enviada. 158
Ilustración 134 Representación del protocolo geounicast propuesto por el estándar europeo. 160

Ilustración 135 Representación del protocolo geobrodcast propuesto por el estándar europeo. 160
Ilustración 136 Representación de un adelantamiento. 161
Ilustración 137 Composición de la ITS Habilidades. 161
Ilustración 138 Comunicación de mensajes CAM por medio del CCH. 162
Ilustración 139 Comunicación de mensajes DENM por medio del CCH. 163
Ilustración 140 Tabla de resumen de los mensajes generados específicamente. 164
Ilustración 141 Diagrama de las operaciones técnicas de comunicación entre OBUS y RSUS. 165
Ilustración 142 Diagrama delas diferentes comunicaciones y gestiones realizadas por las capas. 170
Ilustración 143 Cuadro resumen de las características mínimos de las comunicaciones en el estándar europeo. 170
Ilustración 144 Esquema de los diferentes proyectos de diversos países. 171
Ilustración 145 Esquema general de interconexión entre diversas tecnologías propuesto por CVIS 173
Ilustración 146 Esquema de seguridad diferenciado tramos, propuesto por Coopers. 175
Ilustración 147 Distribución de los dispositivos de red según Coopers. 176
Ilustración 148 Representación de comunicaciones diferenciado por distancia según SAFESPOT. 177
Ilustración 149 Diagrama de instituciones estudiosas de las redes vehiculares. 181
Ilustración 150 Representación de servicios inteligentes interconectados. 182
Ilustración 151 Tabla de premisas destacables por CVRIA. 189
Ilustración 152 Prototipos diseñados por Google de conducción autónoma. 190
Ilustración 153 Dispositivos que conforman el vehículo autónomo de Google. 191
Ilustración 154 Esquema de diferenciación del espectro entre las normas europea y americanas. 192
Ilustración 155 Grafico de accidentes relacionados con la aproximidad de un vehículo de emergencia. 194
Ilustración 156 Representación de la ruta de acceso por la universidad realizada por un vehículo de emergencia hacia el hospital y las zonas controladas por semáforos. 197

Ilustración 157 Representación de la ruta de acceso desde el recinto ferial realizada por un vehículo de emergencia hacia el hospital y las zonas controladas por semáforos. 198
Ilustración 158 Representación de la ruta de acceso desde la avenida ruta de la plata realizada por un vehículo de emergencia hacia el hospital y las zonas controladas por semáforos. 199
Ilustración 159 Representación de la ruta de acceso desde la plaza de toros realizada por un vehículo de emergencia hacia el hospital y las zonas controladas por semáforos. 200
Ilustración 160 Rutas de acceso a Cáceres. 201
Ilustración 161 Mapa de tiempo de acceso al hospital San Pedro Alcántara de Cáceres. 202
Ilustración 162 Puntos conflictivos de la ciudad de Cáceres. 203
Ilustración 163 Mapa de las principales vías de Cáceres indicando el número de carriles. 206
Ilustración 164 Arquitectura de la red referenciada a los estándares aplicados. 208
Ilustración 166 Intervalo de duración de los canales. 208
Ilustración 166 Esquema de distribución de los distintos periodos usados en DCAS. 210
Ilustración 167 Representación del diagrama de gestión de canales del protocolo DAS. 211
Ilustración 168 Diagrama de comunicaciones con un vehículo de emergencia. 213
Ilustración 169 Esquema de fases realizadas en la comunicación. 214
Ilustración 170 Fases de traslado de un vehículo de emergencia. 217
Ilustración 171 Representación de comunicaciones en un traslado en autovías. 218
Ilustración 172 Representación de las comunicaciones gestionada por semáforos. 219
Ilustración 173 Diagrama de tiempo en preferencia de semáforos. 220
Ilustración 174 Representación de las comunicaciones gestionada por semáforos con un vehículo de emergencia. 220
Ilustración 175 Representación de las comunicaciones gestionada por semáforos con tráfico y vehículo de emergencia. 221
Ilustración 176 Ilustraciones presentadas en la interfaces de información de usuario. 223
Ilustración 177 Zona protegida por ser patrimonio histórico y cultural. 233

Ilustración 178 Evolución del tráfico en Cáceres entre2008-2012 235
Ilustración 179 Distribución de tráfico horaria en vías de Cáceres. 235
Ilustración 180 Densidad de vehículo localizada por tramos en hora punta en Noviembre de 2009. 236
Ilustración 181 Densidad de vehículo localizada por tramos en Noviembre de 2013. 237
Ilustración 183 Advertencia de cesión de paso a la derecha. 239
Ilustración 184 Advertencia de cesión de paso a la izquierda. 239
Ilustración 185 Advertencia de cesión por carril interno. 240
Ilustración 186 Advertencia de ambulancia en sentido opuesto. 240
Ilustración 187 Advertencia de limitación de acceso por ambulancia en estado de emergencia. 240
Ilustración 187 Ubicación de la infraestructura en el acceso de la universidad..... 242
Ilustración 188 Gestión de la rotonda frente a la universidad laboral..... 243
Ilustración 189 Gestión de la intersección frente a la facultad de ciencias económicas. 243
Ilustración 190 Gestión del tramo de ronda puente vadillo. 244
Ilustración 191 Gestión de la intersección Ronda Puente Vadillo. 244
Ilustración 192 Gestión del tramo en las inmediaciones del almacén de Iberdrola. 245
Ilustración 193 Gestión del tramo comprendido entre el puente se San Francisco el almacén de Iberdrola. 245
Ilustración 194 Gestión del tramo del puente de San Francisco. 246
Ilustración 195 Gestión del tramo de la clínica San Francisco. 246
Ilustración 196 Ubicación de la infraestructura en el acceso de ruta de la plata. 247
Ilustración 197 Gestión del tramo de la avenida Ruta De La Plata. 248
Ilustración 198 Gestión de la intersección en las inmediaciones del Hotel Extremadura. 249
Ilustración 199 Gestión del tramo de la avenida Gil Cordero..... 249
Ilustración 200 Gestión de la intersección en la Plaza América. 250
Ilustración 201 Gestión del tramo de la avenida Antonio Hurtado..... 251
Ilustración 202 Gestión del tramo de la avenida Pablo Naranjo. 251
Ilustración 203 Ubicación de la infraestructura en el acceso del ferial..... 252
Ilustración 204 Gestión del tramo de la avenida Juan Pablo II. 253
Ilustración 205 Gestión de la rotonda de la Estación y sus inmediaciones..... 253

Ilustración 206 Gestión del tramo de la avenida de la Hispanidad. 254
Ilustración 207 Gestión del tramo de la avenida de la Hispanidad. 254
Ilustración 208 Gestión en la intersección frente al jugado y la Ronda de San Francisco. 255
Ilustración 209 Ubicación de la infraestructura en el acceso por medio dela avenida Hernán Cortes..... 256
Ilustración 210 Gestión del tramo de la avenida Hernán Cortes..... 257
Ilustración 211 Gestión de la plaza Hernán Cortés. 257
Ilustración 212 Gestión del tramo de la avenida General Primo de Rivera. 258
Ilustración 213 Gestión de la intersección entre el paseo de Cánovas y la avenida Virgen de la Montaña.. 258
Ilustración 214 Gestión del tramo de la avenida Virgen de la Montaña. 259
Ilustración 215 Gestión en la rotonda de los conquistadores. 259
Ilustración 216 Gestión del tramo de la avenida el Brocense. 260

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipo de encaminamientos en las redes Ad- Hoc. 25
Tabla 2 Característica del OBU TS3306. 44
Tabla 3 Características del OBU TS3304/00 and /01 45
Tabla 4 Tipo de comunicaciones y gestiones de seguridad que aglutina. 67
Tabla 5 Tipo de comunicaciones y gestiones de tráfico que aglutina. 71
Tabla 6 Tipo de comunicaciones y gestiones de valor añadido que aglutina. 72
Tabla 7 Resumen de los tipos de análisis que realizan los estados de enlace y el vector distancia..... 114
Tabla 8 Resumen de los diferente protocolos estudiados con sus principales características. 117
Tabla 9 Resumes de las características mas importantes de WAVE. 138
Tabla 10 Los servicios ofrecidos..... 148
Tabla 11 Los gestores para controlar el acceso a MLME 149
Tabla 12 Resumen delas características empleadas en la normas europeas. 153
Tabla 13 Resumen de las principales características usadas en la transmisión. 154
Tabla 14 Características de la capa física. 154

Tabla 15 Identificación de las tramas de control 158
Tabla 16 Identificación de las tramas de control 158
Tabla 17 Seguridad relacionada con la confiablidad. 168
Tabla 18 Seguridad relacionada con la integridad. 167
Tabla 19 Seguridad relacionada con la disponibilidad. 167
Tabla 20 Seguridad relacionada con la responsabilidad 169
Tabla 21 Seguridad relacionada con la autentificación..... 169
Tabla 22 Servicios propuesto por la estandarización americana. 182
Tabla 23 Tipos de despliegue de la infraestructura..... 229
Tabla 24Velocidades utilizadas según la velocidad..... 230
Tabla 25 Valores en función del despliegue y el número de RSUs instaladas. 231
Tabla 26 Valores estimados de la implantación..... 261
Tabla 27 Resultados obtenidos de la implantación de RSUs. Desde Cáceres 262
Tabla 28 Resultados obtenidos de la implantación de RSUs. Acceso desde fuera de Cáceres 263