

# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

## ESCUELA DE POSGRADO



### TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN GERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

---

**“Sistema de Transporte Inteligente (ITS) basado en una Arquitectura ARC-IT para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en avenidas del centro histórico de la ciudad de Trujillo”**

---

**Área de Investigación:**  
Sistemas Inteligentes

**Autor:**  
Br. Leiva Calvanapón, Omar José

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Ms. José Antonio Calderón Sedano  
**Secretario:** Ms. Oscar Miguel De La Cruz Rodríguez  
**Vocal:** Ms. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

**Asesor:**  
Ms. Filiberto Melchor Azabache Fernández.  
**Código Orcid:** 0000-0003-2833-0493

**TRUJILLO – PERU  
2022**

**Fecha de sustentación:** 2022/ 02/ 24



# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

## ESCUELA DE POSGRADO



### TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN GERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

---

**“Sistema de Transporte Inteligente (ITS) basado en una Arquitectura ARC-IT para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en avenidas del centro histórico de la ciudad de Trujillo”**

---

**Área de Investigación:**  
Sistemas Inteligentes

**Autor:**  
Br. Leiva Calvanapón, Omar José

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Ms. José Antonio Calderón Sedano  
**Secretario:** Ms. Oscar Miguel De La Cruz Rodríguez  
**Vocal:** Ms. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

**Asesor:**  
Ms. Filiberto Melchor Azabache Fernández.  
**Código Orcid:** 0000-0003-2833-0493

**TRUJILLO – PERU  
2022**

**Fecha de sustentación:** 2022/ 02/ 24

## ***DEDICATORIA***

***Esta tesis se la dedico a mis padres por haberme forjado como la persona que soy y a mi familia por estar siempre apoyándome.***

## ***AGRADECIMIENTOS***

Agradezco a Dios por permitirme terminar una etapa más en mis estudios, gracias a mi familia, a mis maestros y amigos que siempre estuvieron ahí para apoyarme en todo momento.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar un Sistema de Transporte Inteligente (ITS) basado en una arquitectura ARC-IT para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en avenidas del centro histórico de la ciudad de Trujillo. Es de tipo descriptiva, en el que se predice la mejora de la transitabilidad como beneficio de este trabajo a través del ITS propuesto.

Como resultados, se logró identificar la transitabilidad vehicular y peatonal en la intersección de la Av. España y Av. Manuel Vera Enrique del centro histórico de la ciudad de Trujillo, para ello se simuló en el software PTV VISSIM. Se encontraron 5 causas de mayor impacto en la transitabilidad (Accidentes de tránsito, Rutas de Transporte Público, Red Semafórica, Dispositivos de Gestión de Tráfico y Paraderos en las Vías). Se logró diseñar la arquitectura ITS para la Ciudad de Trujillo, identificando todos sus componentes mediante el Software RAD-IT (Estrategias, Objetivos, Grupos de Interés, Inventario, Servicios, Necesidades, Roles, Responsabilidades, Funciones, Interfaces y Comunicaciones). Y finalmente se evaluaron y seleccionaron las Tecnologías que solucionen las causas de la congestión vehicular basándose en criterios como precios, conectividad y compatibilidad obteniéndose un sistema que consiste dispositivos de geolocalización VT-200L por vehículo comunicadas con tecnología celular 4G, un Sistema de cámaras iDS-TCV907 e infraestructuras comunicadas mediante Ethernet.

**Palabras Clave:** Arquitectura ACR-IT, Sistema de Transporte Inteligente (ITS), Transitabilidad.

## **ABSTRACT**

The present research aimed to develop an Intelligent Transportation System (ITS) based on an ARC-IT architecture to improve vehicular and pedestrian traffic on avenues in the historic center of the city of Trujillo. It is descriptive, in which the improvement of walkability is predicted as a benefit of this work through the proposed ITS.

As a result, it was possible to identify vehicular and pedestrian traffic at the intersection of Av. España and Av. Manuel Vera Enrique in the historic center of the city of Trujillo, for this it was simulated in the PTV VISSIM software. Five causes of greatest impact on traffic were found (Traffic Accidents, Public Transport Routes, Traffic Light Network, Traffic Management Devices and Stops on the Roads). It was possible to design the ITS architecture for the City of Trujillo, identifying all its components through the RAD-IT Software (Strategies, Objectives, Interest Groups, Inventory, Services, Needs, Roles, Responsibilities, Functions, Interfaces and Communications). And finally, the Technologies that solve the causes of traffic congestion were evaluated and selected based on criteria such as prices, connectivity and compatibility, obtaining a system consisting of a VT-200L geolocation device per vehicle communicated with 4G cellular technology, a Camera System iDS-TCV907 and infrastructures communicated via Ethernet

**Keywords:** ACR-IT Architecture, Intelligent Transportation System (ITS), Passability.

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>15</b>
<b>1.4. JUSTIFICACION</b> .....	<b>15</b>
<b>1.5. HIPÓTESIS</b> .....	<b>16</b>
<b>CAPITULO II: FUNDAMENTACION TEORICA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2. MARCO TEORICO</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2.1. PROGRAMA NACIONAL DE TRANSPORTE URBANO SOSTENIBLE</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2.2. PLAN DE MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE (PMUS) DE LA CIUDAD DE TRUJILLO</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3. TRANSITABILIDAD</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.4. SERVICIO ITS</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.5. ARQUITECTURA</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2.6. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.7. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA IOT</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2.8. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA VEHÍCULOS</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2.9. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y NAVEGACIÓN</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2.10. OTRAS TECNOLOGÍAS</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.10.1. Detectores de Volúmenes de Tráfico</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.10.2. Detección de Velocidad por Tramos</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2.10.3. Señales de Mensajería Variable</b> .....	<b>38</b>
<b>2.2.11. REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS PARA TRANSPORTE PÚBLICO EN TRUJILLO</b>	<b>39</b>
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>41</b>
<b>CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>45</b>
<b>3.2. DISEÑO DE ESTUDIO</b> .....	<b>45</b>

<b>3.3.</b>	<b>POBLACIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>3.4.</b>	<b>MUESTRA .....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.</b>	<b>VARIABLES .....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.1.</b>	<b>DEFINICIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.2.</b>	<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>46</b>
<b>3.6.</b>	<b>PROCEDIMIENTOS .....</b>	<b>46</b>
<b>3.6.1.</b>	<b>PROCEDIMIENTO GENERAL .....</b>	<b>46</b>
<b>3.6.2.</b>	<b>PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA DETERMINAR LA TRANSITABILIDAD.....</b>	<b>47</b>
<b>3.6.2.1.</b>	<b>Procedimiento.....</b>	<b>47</b>
<b>3.6.2.2.</b>	<b>Técnicas de Procesamiento .....</b>	<b>47</b>
<b>3.6.2.3.</b>	<b>Análisis de Datos .....</b>	<b>52</b>
<b>3.6.3.</b>	<b>PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA IDENTIFICAR LAS CAUSAS QUE GENERAN LA CONGESTIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>3.6.3.1.</b>	<b>Procedimiento.....</b>	<b>55</b>
<b>3.6.3.2.</b>	<b>Técnicas .....</b>	<b>55</b>
<b>3.6.3.3.</b>	<b>Análisis de Datos .....</b>	<b>58</b>
<b>3.6.4.</b>	<b>PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA DISEÑAR LA ARQUITECTURA ITS BASADA EN LA ARC-IT.....</b>	<b>59</b>
<b>3.6.4.1.</b>	<b>Procedimiento.....</b>	<b>59</b>
<b>3.6.4.2.</b>	<b>Técnicas .....</b>	<b>60</b>
<b>3.6.4.2.1.</b>	<b>Identificación de Estrategias y Objetivos.....</b>	<b>62</b>
<b>3.6.4.2.2.</b>	<b>Identificación de los Grupos de Interés.....</b>	<b>64</b>
<b>3.6.4.2.3.</b>	<b>Identificación del Inventario .....</b>	<b>66</b>
<b>3.6.4.2.4.</b>	<b>Evaluación de servicios, y necesidades.....</b>	<b>72</b>
<b>3.6.4.2.5.</b>	<b>Identificación de Roles y responsabilidades.....</b>	<b>77</b>
<b>3.6.4.2.6.</b>	<b>Identificación de Funciones .....</b>	<b>80</b>
<b>3.6.4.2.7.</b>	<b>Identificación de Interfaces .....</b>	<b>95</b>
<b>3.6.4.2.8.</b>	<b>Identificación de comunicaciones.....</b>	<b>103</b>
<b>3.6.4.3.</b>	<b>Análisis de Datos .....</b>	<b>111</b>
<b>3.6.5.</b>	<b>PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA SELECCIONAR Y EVALUAR EL ITS .....</b>	<b>113</b>
<b>3.6.5.1.</b>	<b>Procedimiento.....</b>	<b>113</b>
<b>3.6.5.2.</b>	<b>Técnicas .....</b>	<b>113</b>
<b>3.6.5.2.1.</b>	<b>Alternativas de Tecnologías de Posicionamiento y Geolocalización .....</b>	<b>114</b>
<b>3.6.5.2.2.</b>	<b>Alternativas de Tecnologías para Cámaras de Vigilancia del Tránsito.....</b>	<b>116</b>
<b>3.6.5.2.3.</b>	<b>Alternativas de Conjunto de Soluciones Tecnológicas .....</b>	<b>118</b>
<b>3.6.5.3.</b>	<b>Análisis de Datos .....</b>	<b>122</b>

3.6.5.3.1.	Evaluación de alternativas por costo.....	122
3.6.5.3.2.	Selección de alternativa ITS .....	125
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>		<b>127</b>
4.1.	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>127</b>
4.2.	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>129</b>
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>132</b>
5.1.	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>132</b>
5.2.	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>133</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>		<b>134</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>138</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Proyección Urbana al 2037 en Trujillo</i> .....	4
<b>Figura 2</b> <i>Proyección de tasa de mortalidad</i> .....	5
<b>Figura 3</b> <i>Proyección de la tasa de Heridos</i> .....	6
<b>Figura 4</b> <i>Proyección del tiempo perdido y costo para el 2030</i> .....	7
<b>Figura 5</b> <i>Viajes motorizados al 2030</i> .....	8
<b>Figura 6</b> <i>Rutas de Transporte Público en Trujillo Metropolitano-2017</i> .....	9
<b>Figura 7</b> <i>Condiciones de la Red Vial de Trujillo Metropolitano - 2018</i> .....	12
<b>Figura 8</b> <i>Parque Automotor Nacional por clase de vehículo por departamento en el 2020</i> .....	13
<b>Figura 9</b> <i>Equipo para monitoreo instalado en microbuses de Trujillo</i> .....	14
<b>Figura 10</b> <i>Esquemático de la Arquitectura ARC-IT</i> .....	23
<b>Figura 11</b> <i>Arquitectura FRAME</i> .....	24
<b>Figura 12</b> <i>Elementos para Arquitectura ARC-IT</i> .....	25
<b>Figura 13</b> <i>Esquema ZigBee</i> .....	28
<b>Figura 14</b> <i>Iniciativa CALM</i> .....	30
<b>Figura 15</b> <i>Detectores IDL y de radar de microondas</i> .....	33
<b>Figura 16</b> <i>Detectores de microonda</i> .....	34
<b>Figura 17</b> <i>Esquema de movimiento de vehículo</i> .....	36
<b>Figura 18</b> <i>Cobertura de comunicaciones V2X</i> .....	37
<b>Figura 19</b> <i>Sistema de Control de Señal de Tráfico</i> .....	38
<b>Figura 20</b> <i>Procedimiento General de la Investigación</i> .....	47
<b>Figura 21</b> <i>Procedimiento para Determinar la Transitabilidad</i> .....	47
<b>Figura 22</b> <i>Intersección de la Av. España y Av. Manuel Vera Enriquez</i> .....	48
<b>Figura 23</b> <i>Mediciones de Tiempos de Semáforos</i> .....	50
<b>Figura 24</b> <i>Rutas de Vehículo Circular</i> .....	51
<b>Figura 25</b> <i>Datos Recolectados de Vehículos y Peatones</i> .....	52
<b>Figura 26</b> <i>Flujo y Distribución Vehicular y peatonal por hora</i> .....	53
<b>Figura 27</b> <i>Simulación del Tráfico en Software PTV-VISIM</i> .....	54
<b>Figura 28</b> <i>Proceso para Identificación de Causas que Afectan la Transitabilidad Vehicular</i> .....	55
<b>Figura 29</b> <i>Diagrama de Pareto</i> .....	58
<b>Figura 30</b> <i>Proceso para Identificación de Componentes de Arquitectura ARC-IT</i> .....	60
<b>Figura 31</b> <i>Diagrama de Interconexión de Interfaces</i> .....	95
<b>Figura 32</b> <i>Arquitectura en Software RAD-IT</i> .....	111
<b>Figura 33</b> <i>Procedimiento para Seleccionar y Evaluar el ITS</i> .....	113
<b>Figura 34</b> <i>Relaciones de alternativas tecnológicas y comunicaciones</i> .....	118
<b>Figura 35</b> <i>Análisis de transitabilidad con el software PTV-VISSIM</i> .....	127

## LISTAS DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Evolución de las tecnologías de comunicación .....	26
<b>Tabla 2</b> Tecnologías Inalámbricas para IOT.....	27
<b>Tabla 3</b> Tecnologías para vehículos .....	29
<b>Tabla 4</b> Sistemas de Posicionamiento.....	31
<b>Tabla 5</b> Soluciones Tecnológicas .....	32
<b>Tabla 6</b> Características Técnicas Mínimas del Dispositivo AVL/GPS .....	40
<b>Tabla 7</b> Características del Sistema y del Módulo de Monitoreo .....	40
<b>Tabla 8</b> Diseño del Estudio .....	45
<b>Tabla 9</b> Operacionalización de Variables .....	46
<b>Tabla 10</b> Nomenclatura de Rutas .....	49
<b>Tabla 11</b> Herramientas para medición.....	50
<b>Tabla 12</b> Clasificación de Vehículos Motorizados y No Motorizados.....	51
<b>Tabla 13</b> Causas que influyen en la Transitabilidad a evaluar.....	56
<b>Tabla 14</b> Caracterización de la Valoración por Prioridades .....	56
<b>Tabla 15</b> Valoración de las Causas según la Metodología ABC.....	57
<b>Tabla 16</b> Criterios de Valoración .....	58
<b>Tabla 17</b> Causas que generan mayor impacto en la transitabilidad vehicular y peatonal .....	59
<b>Tabla 18</b> Identificación de Estrategias y Objetivos.....	62
<b>Tabla 19</b> Grupos de Interés .....	64
<b>Tabla 20</b> Inventario por Grupo de Interés.....	66
<b>Tabla 21</b> Definición de Servicios por cada Esfera .....	72
<b>Tabla 22</b> Roles y Responsabilidades por cada Servicio .....	78
<b>Tabla 23</b> Funciones identificadas en Software RAD-IT.....	81
<b>Tabla 24</b> Elementos interconectados identificadas en el Software RAD-IT .....	96
<b>Tabla 25</b> Comunicaciones necesarias identificadas en Software RAD-IT .....	104
<b>Tabla 26</b> Traducción de los subsistemas contenidas en la figura 32.....	112
<b>Tabla 27</b> Alternativas para selección de tecnología de posicionamiento y geolocalización .....	114
<b>Tabla 28</b> Características de las alternativas a Cámaras de Vigilancia de Tránsito .....	116
<b>Tabla 29</b> Alternativas de Conjunto de Soluciones Tecnológicas .....	120
<b>Tabla 31</b> Calificación de las características de las Soluciones propuestas .....	122
<b>Tabla 32</b> Calificación Total de los costos en las Alternativas de Solución Propuestas.....	124
<b>Tabla 33</b> Caracterización de Criterios de Selección de Alternativa de Solución.....	125
<b>Tabla 34</b> Calificación final para Selección de Alternativa de Solución .....	126

## **INTRODUCCION**

El avance tecnológico ha dado opciones de mejoras en muchos campos y no siendo ajeno a esto, el creciente problema de la gestión del tránsito en ciudades de todo el mundo ya tiene opciones de mejoras. Sin embargo, en Perú no se ha tomado la debida importancia a buscar soluciones integradas y de vanguardia para solucionar este problema; y tomando a la ciudad de Trujillo como ejemplo, se evidencia que el sistema no garantiza una buena transitabilidad en todo Trujillo Metropolitano.

Por todo esto, este trabajo pretende dar una propuesta de solución ITS, que permita mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal, con ayuda de un simulador, estudios recientes, y bajo los estándares americanos para el diseño de una arquitectura.

El desarrollo de este trabajo se ha organizado en 5 capítulos:

El capítulo I, describe el origen de la investigación partiendo de la realidad problemática, formulando el problema, estableciendo los objetivos y la hipótesis de solución.

El capítulo II contiene la fundamentación teórica que sustenta el trabajo, partiendo de los trabajos previos encontrados, siguiendo con las teorías de desarrollo y terminando con los conceptos más relevantes que permiten entender este trabajo.

El capítulo III presenta el enfoque de la investigación, describiendo el diseño de la investigación, las variables de estudio y su debida operacionalización.

El capítulo IV, presenta los resultados del trabajo en relación a los antecedentes.

El capítulo V, muestra las conclusiones del trabajo, de acuerdo a los resultados y antecedentes.

Además, al final del trabajo se presentan las referencias bibliográficas que ayudaron al desarrollo de este trabajo y los anexos con información de posible interés al lector.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Estudios estiman que el transporte terrestre de pasajeros para el 2050 crecerá del 120% al 230%, además el volumen de pasajeros crecerá entre el 240% y 250%, 230%, y que dependerá de los precios futuros del combustible y de las políticas de transporte crecimiento conducido por economías que no forman parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), este crecimiento conllevaría a nuestra sociedad a crear nuevas estrategias de gestión vehicular, muchos países ya han venido trabajando en esto, especialmente países desarrollados que tienen arquitecturas definidas e implementadas. (OECD/ITF, 2015)

El Manual de Sistemas Inteligentes de Transporte para la Infraestructura Vial, propuesto por la Dirección General de Políticas y Regulación en Transporte Multimodal del Ministerio de Transportes y Comunicaciones(MTC), describe que, para abordar el diseño o implementación de soluciones ITS en Perú, se debe desarrollar teniendo en cuenta la Metodología en V, metodología que está definida en normas internacionales y que propone la homogenización de prestación de servicios ITS, además quedó determinado un conjunto de subsistemas que abarcan una serie de servicios que servirían como referente para que de acuerdo a las necesidades de cada región se determine la pertinencia del servicio ITS que se desea implementar. (MTC, 2019)

Los índices de flujo vehicular en el Perú de acuerdo a los informes técnico del INEI hasta el año 2019 fueron en aumento con respecto al año anterior, por ejemplo, durante el 2017 el índice Nacional de flujo vehicular aumentó en 2%, durante el 2018 el índice aumentó en 5.7%, durante el 2019 el índice aumentó en 4.1%, y que a diferencia

del 2020 donde el índice bajó al 18.6% debido a la emergencia sanitaria; pero que a la actualidad este indicador presenta una recuperación gradual debido a la reanudación de las actividades económicas en las fases 1,2,3 y4 en el marco del Estado de Emergencia Nacional. (INEI, 2020)

En el año 2016 la región La Libertad estuvo en el tercer lugar con mayor índice de accidentes con 5 909 de un total de 116 659 accidentes de tránsito de todo el Perú. En la Libertad las vías con mayor ocurrencia fueron en avenidas con un 44.4%, otro 18.9% en autopistas un 17% en carreteras y un 15.6% en calles. De acuerdo al tipo de accidente 29.1% fueron por choque, 14.3% por colisión, un 16.8% por atropello y un 12.7 por despiste. Y respecto al transporte involucrado el 65.6% fue particular y un 34.4% público. Del total de vehículos mayores involucrados el 46% fueron automóviles, otro 17.7% camionetas rurales y el resto en otros y del total de vehículos menores involucrados el 52.5% fueron motos lineales y un 43.8% fueron motocar, mototaxi y similares. (INEI, 2016)

Para el año 2017, de acuerdo con el MTC la cantidad de accidentes de tránsito fue de 88 168, de los cuales 4 604 se registraron en la región La Libertad que corresponden al 5.2% del total, de este las causas de accidente de tráfico fueron por imprudencia del conductor 4604, por exceso de velocidad 1335, por ebriedad del conductor 368, por imprudencia del peatón 276, por desacato del sentido de tráfico 92, por falla mecánica 92, por señalización defectuosa 46 y por otros 875. De los 4604 accidentes, 3756 fueron de la ciudad de Trujillo.

En el informe de Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la Ciudad de Trujillo (PMUS), se encontró que, respecto a accidentes en el año 2017, de 151 puntos de

siniestralidad, 130 corresponden solo al distrito de Trujillo, y que los causantes son los automóviles con un 50%, las motos lineales con 23% y los micros y camionetas con el 10%; además casi el 50% corresponden a tres vías principales: Av. América, Av. España y el eje vial Cesar Vallejo. Respecto a la flota de transporte público encontraron que el 50% de vehículos de transporte público tiene más de 15 años de antigüedad, aspecto que conllevaría a mayores costes en mantenimiento de los vehículos, mayores índices de accidentes por causas mecánicas, entre otros. (PACT, GITEC, & RUPPRECHT, 2019)

La capacidad en las pistas, la demanda excesiva en las vías, podría incrementar si no se consideran nuevas políticas y enfoques para mejorar la densidad y desconcentrar el equipamiento de transporte, PMUS (2019) citó a PLANDET para referirse a una proyección al 2037 sobre el área requerida en expansión por distritos en la ciudad de Trujillo, describiendo también la población adicional a esos años, como se señala en la Figura 1.

**Figura 1**

*Proyección Urbana al 2037 en Trujillo.*

Distritos	Pob 2019	Area Ocup. (has)	DP (Pob/has)	Pob adic. 2027	Densidad Propuesta (hab /has)	Area requerida (has)	Pob adic. 2037	Densidad Propuesta (hab /has)	Area requerida (has)	Has requeridas en 20 años
Trujillo	319,108	2486.47	128	17,233	200	129	22,856	200	116	245
El Porvenir	202,408	1703.1	119	55,767	180	466	91,788	180	542	1008
Florencia de Mora	36,735	249.98	147	-2,035	180	-17	-2,386	180	-13	-30
Huanchaco	74,451	1455.38	51	29,995	100	453	55,020	100	599	1052
La Esperanza	197,716	1929.08	102	38,044	140	408	58,008	140	433	841
Laredo	38,150	394.46	97	4,022	140	43	5,628	140	41	84
Moche	39,203	364.06	108	7,941	140	85	12,226	140	91	176
Salaverry	20,156	710.73	28	5,677	80	107	9,395	80	125	232
Víctor Larco Herrera	71,380	688.18	104	12,754	140	137	19,193	140	14	151
<b>TRUJILLO METROPOLITANO</b>	<b>999,306</b>	<b>9,981</b>	<b>884</b>	<b>169,397</b>	<b>144</b>	<b>1,811</b>	<b>271,728</b>	<b>144</b>	<b>1,948</b>	<b>3,759</b>

*Nota.* Reproducida de *Proyección al 2037 de la Expansión Urbana y Población Adicional en Trujillo* [Tabla], por MTC, 2019, PMUS.

De acuerdo a la proyección realizada por PLANDET, se evidencia una creciente densidad poblacional al 2037 que asciende a más de los 20 mil habitantes adicionales y un requerimiento de aproximadamente del 10 % del valor ocupado en hectáreas en el año 2019, para el distrito de Trujillo. Por lo tanto, la capacidad en las pistas y la demanda excesiva en las vías se considera como un factor importante que genera la congestión de tráfico. También, en el informe “Perú: crecimiento distribución de la población, 2017” la densidad poblacional en Hab/Km2, la región la libertad es una las regiones con mayor índice con 68.7 Hab./Km2 y que desde 1940 hasta el 2017 éste índice ha aumentado 4.6 veces; En cuanto a población censada, al 2017 el número de habitantes fue de 1 78 080 y que desde 1940 hasta el 2017 este número aumentó 4.64 veces. (INEI, 2018)

En cuanto a los índices de accidentes en la ciudad de Trujillo, se estimó que irán desde 7.6 muertes por cada 100 000 habitantes en el 2019, hasta los 9.9 muertes por cada 100 000 habitantes para el 2030 según Figura 2, proyección que fue realizado por con un modelo de regresión lineal.

**Figura 2**

*Proyección de tasa de mortalidad.*



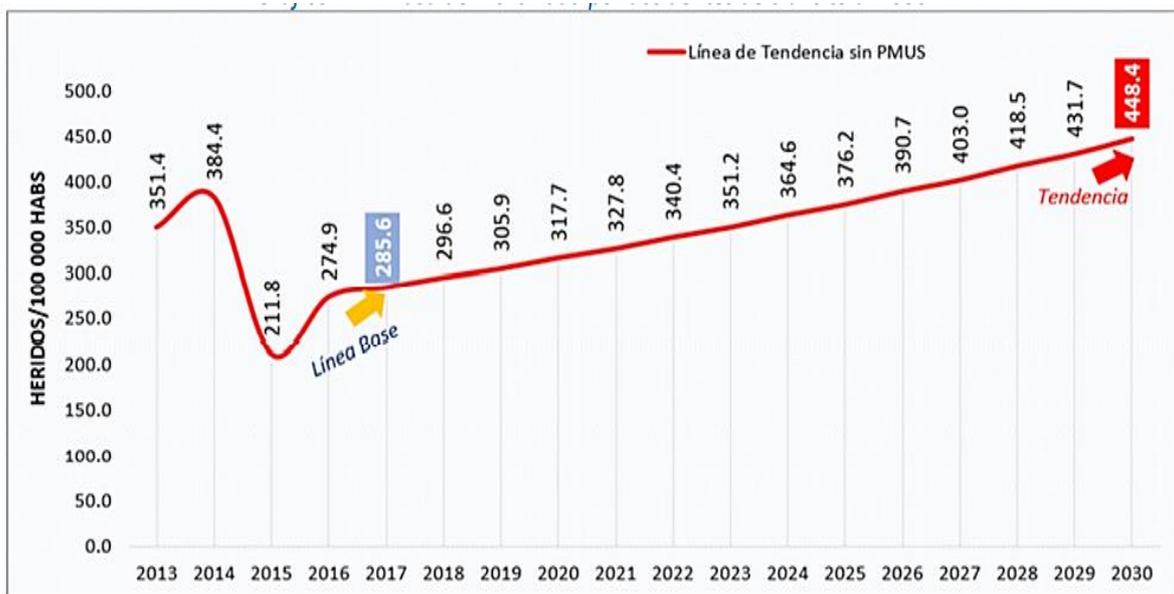
*Nota.* Reproducida de *Proyección de la Tasa de Mortalidad por Accidentes de tránsito al 2030* [gráfico], por GITEC-RUPPRECHT-PACT, 2019, PMUS.

De acuerdo a las proyecciones al 2030 como se ve en la Figura 2, la cantidad de heridos por accidentes de tránsito por cada 100 mil habitantes se aproxima a casi el doble de la línea base en el 2017, y como puede verse en la Figura 3, la cantidad de muertes por accidentes de tránsito por cada 100 mil habitantes aumentaría 35.6% del período 2017 al 2030.

De igual forma como se proyectó la tasa de mortalidad por accidente de tránsito, para el caso de la morbilidad, se estimó que irán desde 285.6 heridos por cada 100 000 habitantes en el 2019, hasta los 448 heridos por cada 100 000 habitantes para el 2030 según Figura 3.

**Figura 3**

*Proyección de la tasa de Heridos.*



*Nota.* Reproducida de *Proyección de la tasa de heridos por accidentes de tránsito al 2030* [gráfico], por GITEC-RUPPRECHT-PACT. 2019, PMUS.

En un análisis sobre el costo social en la ciudad de Trujillo, debido al tiempo de viaje en transporte público (Figura 4), se encontró que para el 2018 fue de S/1.5 millones

por día, generado solo por tres horas punta del día, y que la proyección del costo por lo menos se duplicaría hacia el 2030, si la gestión municipal actual y futura no realiza mejoras o cambios significativos en el modelo de transporte urbano. (PACT, GITEC, & RUPPRECHT, 2019)

#### Figura 4

*Proyección del tiempo perdido y costo para el 2030.*

CONDICIÓN	KILOMETROS AL CHT	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)	TIEMPO DE VIAJE (min)	TIEMPO DE VIAJE DESEABLE A VELOCIDAD >20 km/h (min)	TIEMPO PERDIDO POR PASAJERO (min)	NUMERO DE VIAJES DIARIOS	TOTAL DE HORAS PÉRDIDAS EN HORA PUNTA	VALOR DEL TIEMPO (SOLES/HORA PASAJERO)	COSTO SOCIAL
Actual (2018)	9.5	12.00	45.00	20.00	25.00	717,797.00	0.42	5.14	S/.1,549,580
Tendencia (2030)	9.5	7.00	77.00	20.00	57.00	717,797.00	0.95	5.14	S/.3,505,003

*Nota.* Reproducida de *Proyección al 2030 del tiempo perdido por pasajero y el costo social que generaría* [Tabla], por GITEC-RUPPRECHT-PACT, 2019, PMUS.

La distribución modal (Figura 5) mostró que en el año 2018 los viajes motorizados en microbús + camioneta rural fueron de 38.90%, en auto colectivo de 10.40%, en taxis de 31.50%, en transporte privado 19.20%; y que, si no se hace un cambio estructural en el transporte público, para el 2030 los viajes motorizados serán en microbús + camioneta rural de 36.40%, en auto colectivo de 11.30%, en taxis de 32.40%, en transporte privado 19.90% observándose una predominancia del transporte de baja capacidad, generando saturación en las vías. (PACT, GITEC, & RUPPRECHT, 2019)

**Figura 5**

*Viajes motorizados al 2030*



*Nota.* Reproducida de *Distribución modal de los viajes motorizados al 2030* [gráfico], por GITEC-RUPPRECHT-PACT, 2019, PMUS.

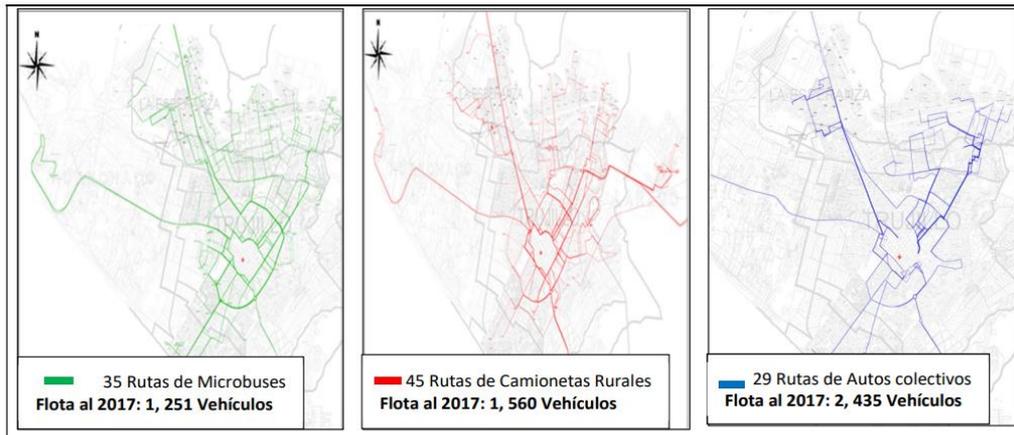
En un diagnóstico sobre la existencia de rutas sobrepuestas y de recorrido largo se encontró que un 40% de las rutas de transporte público se concentran en 10 ejes viales, los cuales además están centralizados en el distrito de Trujillo y generan una alta saturación de las vías y congestión, con mayor pérdida de tiempo en especial en las horas punta. (PACT, GITEC, & RUPPRECHT, 2019)

También se encontró que el distrito de Trujillo atrae el 76.5% de los viajes en transporte público y genera más del 50% de los viajes en la hora punta de la mañana. Asimismo, los distritos de La Esperanza, Víctor Larco, Florencia de Mora y Porvenir son los que generan la mayor cantidad de viajes hacia el distrito de Trujillo. Esto demuestra la centralización de la movilidad en y hacia el distrito de Trujillo, debido a la concentración de los grandes equipamientos comerciales, de salud, educación, entre otros. (PACT, GITEC, & RUPPRECHT, 2019)

Evidenciando esto en la cantidad de rutas para transporte público existentes que circulan en el Área Metropolitana de Trujillo tal como se muestra en la Figura 6.

### Figura 6

#### *Rutas de Transporte Público en Trujillo Metropolitano-2017*



Nota. Reproducida de *109 rutas de Transporte Público regular al año 2017 en Trujillo Metropolitano* [Mapa], por ITEC-RUPPRECHT-PACT, 2019, PMUS.

Existe un débil modelo organizacional de las empresas de transporte debido a: sólo el 30 % de los propietarios de los vehículos son socios de las empresas, el 70% restante es sólo “afiliado de las rutas” y las empresas tienen serias debilidades en la gestión organizacional, económica y financiera; El 50% de la flota vehicular del transporte público tiene más 15 años de antigüedad y ya cumplió el plazo máximo para su retiro o renovación, teniendo como consecuencias mayores costos en la operación del mantenimiento, elevado consumo de combustible de baja calidad y mayores riesgos de accidentes por causa de fallas mecánicas. También se estimó un mínimo del 15% de informalidad en el servicio de transporte público regular de pasajeros en camionetas rurales y microbuses, y para los taxis autos colectivos sugirió que podría ser casi doble de los operadores formales; todo esto aumentaría la problemática del transporte urbano,

dado que compite con ventaja sobre los servicios formales, promueve la sobreoferta de transporte, opera vehículos sin cumplir con las exigencias técnicas y de seguridad para el servicio y no cumple con frecuencias las rutas definidas. (PACT, GITEC, & RUPPRECHT, 2019)

La mayor parte de la red vial principal se encuentra en mal o regular estado de conservación. La planificación local no ha priorizado recursos para la conservación de las vías y su progresivo deterioro está afectando gravemente la circulación y a la congestión, en especial en el transporte público. (TMT, 2015)

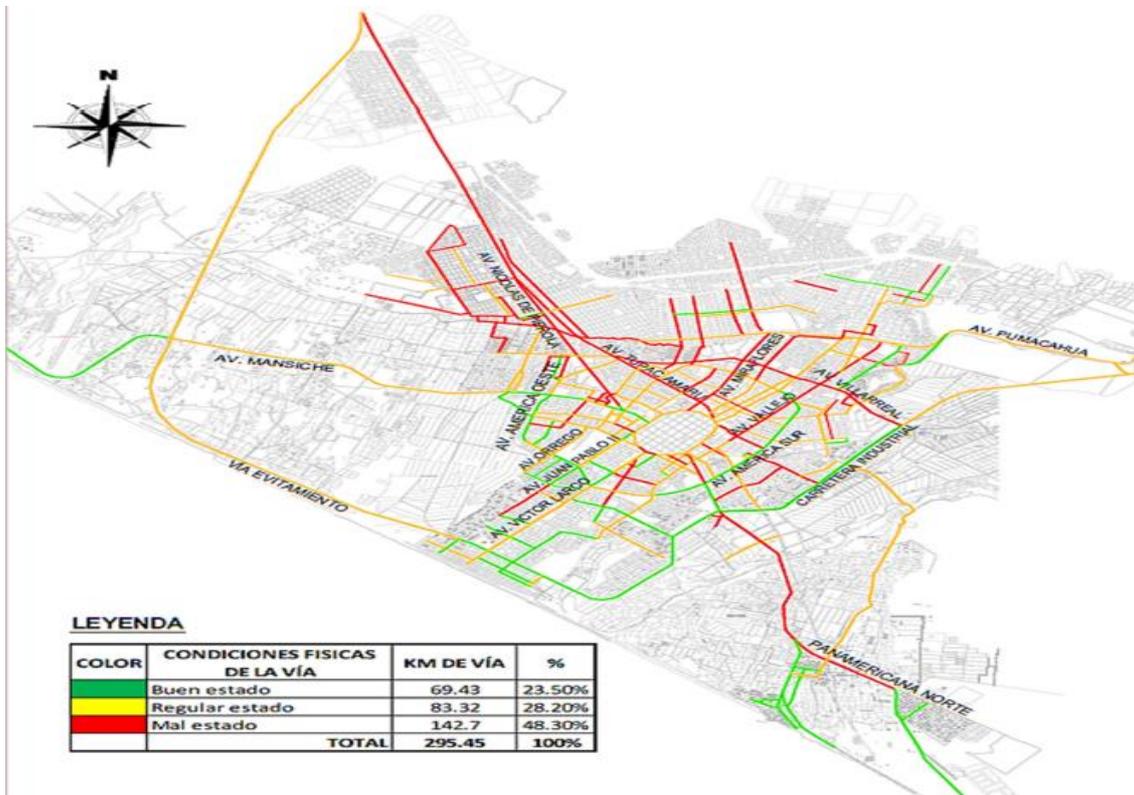
GITEC-RUPPRECHT-PACT (2019) elaboró un mapa que muestra las condiciones en las que se encontraba la Red Vial de Trujillo en el año 2018, como se muestra en la Figura 7. Además, hizo un diagnóstico, sobre la red semafórica, sobre movilidad peatonal, movilidad en bicicleta, las condiciones del parque automotor, la gobernabilidad entre otros, encontrando que:

- La red semafórica es insuficiente tanto para vehicular como peatonal, plataforma tecnológica limitada, mantenimiento preventivo y correctivo limitado, problemas de sincronización semafórica, personal sin capacitación, equipamiento de control y gestión de tránsito desfasado y sin mecanismos de fiscalización oportuno.
- Sobre la movilidad peatonal, hay condiciones limitadas para la transitabilidad de los peatones, insuficiente infraestructura peatonal y poca conservación, infraestructura sin accesibilidad peatonal, no cuenta con condiciones para el desplazamiento seguro de peatones de grupos vulnerables, los comercios usan de manera arbitraria e ilegal los espacios de tránsito de los peatones.

- Ausencia de instancias especializadas para la gestión del transporte no motorizado (peatonal y en bicicleta), a pesar de que los viajes en modos no motorizados son importantes (19.48%) e incluso mayores a los viajes en el transporte privado (15.50%), las inversiones del MPT para este modo representa menos del 5% de las inversiones en vialidad en el periodo 2016-2018.
- Sobre la movilidad en bicicleta, de acuerdo al diagnóstico realizado, en Trujillo no existen condiciones favorables para promover el uso sostenible de la bicicleta: hay poca infraestructura de ciclo vías y de parqueaderos y limitaciones en sus condiciones funcionales, debido a la poca prioridad en las inversiones públicas, inexistencia de planes y programas para promover un mayor uso de la bicicleta, así como la falta de unidades de gestión especializada a nivel de los municipios.
- Baja gobernabilidad, ausencia de planificación y gestión técnica especializada en los temas de transporte y movilidad urbana, insuficientes recursos financieros para proyectos de inversión, falta de plataformas tecnológicas y de información, procesos de gestión y operación que no se cumplen o que son poco eficientes, y recursos profesionales y técnicos con baja especialización.

**Figura 7**

*Condiciones de la Red Vial de Trujillo Metropolitano - 2018*



*Nota.* Reproducida de *Condiciones Físicas de las Vías de Trujillo Metropolitano* [mapa], por GITEC-RUPPRECHT-PACT, 2019, PMUS.

Sobre el parque automotor, al terminar el año 2020, la cantidad de vehículos circundantes del país incrementó un 2.2% con respecto al año 2019, además el total registrado fue de 3070704 vehículos de los cuales 97.5% son motorizados y el 2.5% son de arrastre. El detalle del parque automotor del 2020 por clase de vehículo en cada departamento se muestra en la Figura 8. (MTC, 2020)

**Figura 8**

*Parque Automotor Nacional por clase de vehículo por departamento en el 2020.*

Departamento	TOTAL	Clase de Vehículo								
		Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Ómnibus	Camión	Remolcador	Remolque Semiremolque
				Pick Up	Rural	Panel				
<b>TOTAL</b>	<b>3 070 704</b>	<b>1 295 519</b>	<b>539 881</b>	<b>334 791</b>	<b>409 156</b>	<b>45 971</b>	<b>98 253</b>	<b>221 891</b>	<b>49 092</b>	<b>76 150</b>
Amazonas	2 119	245	646	392	326	24	60	282	54	90
Ancash	38 725	17 231	6 918	4 645	5 883	271	975	2 341	221	240
Apurímac	3 975	767	1 381	353	679	56	142	564	18	15
Arequipa	229 266	102 285	25 523	27 878	31 513	2 326	7 232	18 028	5 268	9 213
Ayacucho	5 686	1 903	945	689	767	62	243	969	53	55
Cajamarca	30 014	7 901	5 979	5 603	6 076	431	878	2 227	266	653
Cuzco	91 802	38 069	16 034	11 061	13 569	761	3 438	8 293	427	150
Huancavelica	1 186	199	379	150	147	21	85	172	29	4
Huánuco	18 075	7 837	1 916	3 150	2 109	104	497	1 961	138	363
Ica	27 923	13 979	4 061	3 154	2 558	286	1 049	2 204	330	302
Junín	76 284	24 900	14 966	9 915	12 052	465	2 405	9 002	978	1 601
<b>La Libertad</b>	<b>213 166</b>	<b>85 371</b>	<b>27 649</b>	<b>27 678</b>	<b>19 736</b>	<b>1 506</b>	<b>8 681</b>	<b>21 905</b>	<b>5 130</b>	<b>15 510</b>
Lambayeque	78 677	34 972	9 064	10 470	10 389	1 081	1 680	7 947	661	2 413
Lima <sup>1/</sup>	2 025 227	884 965	382 925	196 133	265 763	32 761	62 549	124 340	33 395	42 396
Loreto	5 469	1 978	627	924	833	69	323	689	12	14
Madre de Dios	1 407	378	365	221	207	24	28	168	12	4
Moquegua	14 535	4 766	3 423	1 846	2 471	387	530	938	104	70
Pasco	6 790	1 226	1 963	449	815	88	415	1 481	162	191
Piura	64 836	27 951	8 307	11 638	8 425	464	1 618	5 481	603	349
Puno	53 692	11 049	10 392	5 654	15 050	3 118	2 879	4 869	345	336
San Martín	13 957	3 023	1 642	4 519	2 156	84	315	1 882	170	166
Tacna	53 978	20 143	12 551	5 633	5 793	1 485	1 924	4 792	640	1 017
Tumbes	3 246	1 154	463	462	535	58	79	430	23	42
Ucayali	10 669	3 227	1 762	2 174	1 304	39	228	926	53	956

*Nota.* Reproducida de *Parque Automotor Nacional estimado por clase de vehículo según departamento* [Tabla], por MTC, 2020, Anuario Estadístico 2020.

En la ciudad de Trujillo las empresas de transporte de pasajeros (microbuses y combis) han ido incorporando paulatinamente un receptor GPS para conocer la posición geográfica del vehículo y controlar sus unidades en las frecuencias que se les son asignadas (Sistema de Marcación).

Es así que para el año 2018 en las unidades conocidas como combis solo el 7% contaba con este sistema, mientras que en los microbuses el 90% ya había implementado este sistema. (Ascoy & Ruiz, 2018)

Las empresas de transporte Trujillanas han implementado equipos para monitoreo de la marca Telcom IP que les ha permitido modernizar su sistema de marcación como se muestra en la Figura 9. (Ascoy & Ruiz, 2018)

### **Figura 9**

*Equipo para monitoreo instalado en microbuses de Trujillo*



*Nota.* Reproducido de *Equipo para monitoreo de microbús de E.T. Virgen de la Puerta S.A.* [Fotografía], por Ascoy & Ruiz, 2018, Diseño e implementación de un prototipo electrónico basado en tecnología GPS para el control de marcación de vehículos de transporte público de la ciudad de Trujillo.

Las especificaciones Técnicas de los 2 principales dispositivos que han implementado las empresas de Buses y Combis en la ciudad de Trujillo se muestran en el Anexo 1.

## **1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

¿Cómo desarrollar un Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) bajo la arquitectura ARC-IT para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en avenidas del centro histórico de Trujillo?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un Sistema de Transporte Inteligente (ITS) basado en una arquitectura ARC-IT para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en avenidas del centro histórico de Trujillo.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la transitabilidad vehicular y peatonal, así como caracterizar el lugar geográfico identificando tiempos de semáforo, aforo vehicular entre otros.
- Identificar las causas que generan la congestión vehicular en el centro histórico de Trujillo, basado en registros históricos y levantamiento de información en campo.
- Diseñar el Sistema de Transporte Inteligente basada en la ARC-IT.
- Evaluar y seleccionar el Sistema de Transporte Inteligente (ITS), desde el punto de vista tecnológico, que permitan mitigar las causas que generan la congestión vehicular.

### **1.4.JUSTIFICACION**

Para el contexto en que esta investigación se realiza, en donde hay una preocupación sobre la movilidad urbana, y donde las autoridades regionales y locales han tomado acciones al respecto, es que se cree conveniente proponer ITS con la finalidad de mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal, haciéndolos más seguros, eficientes y confiables.

En el ámbito social, esta investigación podría sumarse a los esfuerzos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para determinar proyectos ITS que atiendan a las necesidades de los peruanos y sirva como referente para el despliegue e implementación en una región, así como para todo el país. En el ámbito Regional, esta investigación podría usarse como antecedente para el Plan de Movilidad Urbana Sostenible al momento de hacer estudios de control de tráfico y proponer ITS basados en arquitecturas estándares, para el centro histórico de la ciudad de Trujillo.

De implementarse soluciones tecnológicas como ésta, mejoraría la transitabilidad vehicular y peatonal, en donde se beneficiarían tanto el sector público como privado en cuestiones como la optimización en el control de tránsito, optimización en los gastos de mantenimiento entre otros, y en lo ambiental se generarían menos residuos contaminantes y un mayor y efectivo uso de los sistemas inteligentes de transporte para reducir la contaminación ambiental.

El presente estudio tiene por finalidad proponer un sistema ITS bajo una arquitectura ARC-IT que permitiría mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en una avenida del centro histórico de Trujillo, la importancia de esta investigación radica en que esta podría sumarse a los esfuerzos del Plan de Movilidad Urbana Sostenible al momento de hacer estudios de control de tráfico y proponer ITS basados en arquitecturas estándares.

## **1.5. HIPÓTESIS**

El desarrollo de un Sistema de Transporte Inteligente basado en una arquitectura ARC-IT permite mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en avenidas principales del centro histórico de la ciudad de Trujillo

## **CAPITULO II: FUNDAMENTACION TEORICA**

### **2.1. ANTECEDENTES**

Alcala (2016) en su investigación “Microsimulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolivar, Córdoba y calle Andalucía empleando el software VISSIM 6” tuvo por objetivo evaluar las condiciones de los usuarios en la intersección de Pueblo Libre y presentar propuestas de mejoras a la situación actual, para ello utilizó un programa computacional Vissim 6.0 y para la construcción del modelo utilizó 5 etapas: recolección de datos de campo, procesamiento de datos, construcción del modelo microscópico, calibración del modelo y validación de este. En uno de sus resultados señala que, un correcto estudio del diseño vial puede evitar potenciales rediseños y congestionamiento. Para la presente investigación se tomará en cuenta la utilidad del software y como esta puede replicar situaciones reales.

Nawaf, Ahmad & Aws (2018), en su estudio titulado “Técnicas de minería de datos y aprendizaje automático en sistemas inteligentes de control de transporte”, tuvo por objetivo explorar y revisar mediante minería de datos, tecnologías adoptadas en investigaciones e industria para solucionar problemas directos o indirectos de tráfico, mediante un método descriptivo y documental hicieron una revisión de 165 investigaciones. En uno de sus resultados señala que, hay diversas causas de la congestión de tráfico, como la insuficiente capacidad en las vías, demanda excesiva, tiempo muy prolongado de luz roja en el semáforo, obstáculos en las carreteras como los accidentes, estacionamiento doble, trabajos en las carreteras, entre otros.

Salazar & Pachón (2018), en el estudio “Metodología para el Diseño de una Arquitectura de un Sistema Inteligente de Transporte para una Ciudad Intermedia Colombiana”, tuvieron por objetivo desarrollar una metodología para el diseño de una arquitectura ITS para la ciudad de Popayán en Colombia. En sus resultados comparan las arquitecturas, Europea (FRAME), Americana (ARC-IT), el estándar ISO 14813 y la arquitectura Colombiana, considerando además en la comparación aspectos relevantes del contexto de la ciudad como, caso omiso a las normas de tránsito por parte de peatones y conductores, limitada infraestructura vial de la ciudad y el alto nivel de accidentalidad; todo esto se hizo con la finalidad de identificar cuál de éstas arquitecturas cubre más áreas de servicios, quedando que la arquitectura ITS más adecuada para la Ciudad es la ARC-IT; luego de hacer un análisis del contexto de la ciudad y determinar los componentes de la arquitectura, pudo diseñar la vista de su arquitectura ITS, quedando que: el subsistema campo comprende equipamiento ITS de carretera, equipamiento de mantenimiento, sistema de gestión de aparcamiento y equipo de vigilancia de seguridad; el subsistema de centro comprende un centro de información de transporte, Centro de administración de pagos, Centro de gestión de mantenimiento y construcción, Centro de gestión de emergencias, centro de gestión de tránsito y tráfico, Centro de gestión del rendimiento y Centro de gestión de cumplimiento de la ley; el subsistema de soporte que comprende un sistema de distribución de datos, sistema de difusión de información, sistema de actualización de mapas y el sistema de datos archivados; el subsistema vehicular que comprende vehículos comerciales con OBE, Vehículo de tránsito con OBE, Vehículo de emergencia con OBE y Vehículo de construcción OBE; finalmente un subsistema de pasajeros que comprende Dispositivos ITS personales y equipo de soporte al pasajero.

Del Aguila (2017), en su investigación “Propuesta de implementación de un sistema inteligente de transporte para la mejora de las condiciones viales en el tramo del panamericano norte entre Av. Los Alisos y Av, Abancay”, tuvieron por objetivo proponer un sistema de transporte inteligente (ITS) para mejorar las condiciones viales, en el que primero hace un estudio de tráfico en diferentes puntos de la Panamericana Norte, a continuación, analiza la congestión vehicular, luego determinar el sistema ITS más adecuado y finalmente hace un análisis de costo beneficio. En uno de sus resultados propone que en cuanto a los sistemas de comunicaciones aún se debe optar por una red de comunicación por medio físico, es decir mediante protocolos TCP/IP, argumentando que a pesar que requiere mayores costes de inversión, el sistema brinda mayores prestaciones de seguridad, robustez y fiabilidad. En otro resultado previó que las cámaras será de tipo CCTV, tipo DEMO marca DAHUA, con una visión de 360°.

Salazar & Pachón (2018), en su investigación “Servicio de seguimiento de vehículos de transporte público para ciudades intermedias de países en desarrollo, basado en arquitecturas ITS utilizando Internet de las cosas (IoT)”, tuvieron por objetivo desarrollar una prueba piloto conceptual para verificar la viabilidad de un servicio de rastreo de vehículos de transporte público, por lo cual hizo la identificación de una arquitectura ITS, logrando seleccionar la ARC-IT; luego se identificó metodología IoT logrando seleccionar la propuesta del libro ‘Internet of things’ (de la serie "A Hands-On-Approach"), y finalmente construyó el diseño conceptual como prueba piloto. Como resultados obtuvo que la información del sistema es enviada cada 10 segundos, el sistema OLED da mensajes de alerta y de bienvenida, y está conectado a wifi y datos del vehículo, el costo de la plataforma contratada SaaS es 60 dólares y las herramientas, así como la

plataforma son libre, sin costo de licencia. Además, usó un módulo GPS U-blox 6M-0-001 de bajo costo compatible con la tarjeta del microcontrolador y otros dispositivos que permitieron su funcionamiento.

## **2.2. MARCO TEORICO**

### **2.2.1. PROGRAMA NACIONAL DE TRANSPORTE URBANO SOSTENIBLE**

El Programa Nacional de Transporte Urbano Sostenible (PROMOVILIDAD), tiene por finalidad reducir los tiempos de viaje, incrementar la seguridad vial, mejorar el acceso de la población a las áreas de empleo y servicios, así como también reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes de aire locales, mediante Sistemas Integrados de Transporte. En este sentido la presente investigación planteará tecnologías ITS en el marco a los aspectos que PROMOVILIDAD tiene por finalidad. (DS-027-2019-MTC, 2019)

### **2.2.2. PLAN DE MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE (PMUS) DE LA CIUDAD DE TRUJILLO**

El informe Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la Ciudad de Trujillo, plantea 4 fases metodológicas que son: preparación y análisis, desarrollo de estrategias, planificación de las medidas, e implementación y monitoreo del plan que se podrán en marcha entre los periodos 2019-2030, teniendo por finalidad satisfacer las necesidades de movilidad de las personas y empresas en la ciudad y sus alrededores, y como objetivo mejorar la accesibilidad y calidad de vida de las personas. Siguiendo esta política, se requeriría una arquitectura ITS que esté alineado al plan estratégico PMUS. (MPT, 2020)

### **2.2.3. TRANSITABILIDAD**

De acuerdo con la resolución directoral N° 02-2018-MTC/14, sobre glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial del Perú, define a la transitabilidad como el Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

### **2.2.4. SERVICIO ITS**

En la actualidad se vienen realizando una serie de investigaciones para dar solución a la congestión vehicular desde simulaciones, experimentos hasta planteamiento descriptivos que proponen innovadoras prácticas, como por ejemplo: (Nawaf O, Ahmad F., & Aws, 2018) usando minería de datos y aprendizaje automático lograron determinar parámetros de tráfico, métodos para identificar rutas de viaje, métodos para el control señalización y control de tráfico, Aarón et al (2019) haciendo uso de simulación analiza la movilidad vehicular, determinando que la congestión vehicular se genera por la alta influencia de vehículos y la poca influencia de las normas al momento de regular el tráfico, Quintero (2015) haciendo un análisis descriptivo en su investigación le permitió determinar la importancia, la operación de los sistemas de transporte y determinar los ITS así como las nuevas tecnologías para el control y administración del transporte

De acuerdo con Bob (2008), los Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) se usan para describir los sistemas de transporte donde los vehículos interactúan con el medio ambiente y entre sí para proporcionar una experiencia de conducción mejorada y donde la infraestructura inteligente mejora la seguridad y la capacidad de los sistemas viales.

Las esferas de servicio ITS establecidos para el Perú de acuerdo con el MTC son 9: información al viajero, gestión y operación del tránsito, vehículo, transporte de carga, transporte público de pasajeros, gestión de emergencias, pago electrónico relacionado con

el transporte, seguridad en el transporte carretero, monitoreo de las condiciones climatológicas y ambientales (MTC, 2019)

En la ARC-IT de los estados unidos, se establecen paquetes de servicios en diversos campos, para operar vehículos comerciales, para la gestión del mantenimiento y construcción, para la gestión de datos, gestión de aparcamientos, seguridad pública, transporte público, información al pasajero, gestión de tráfico, seguridad vehicular entre otros; cada uno de estos paquetes componen una diversidad de servicios codificados con letras y números. (DOT, 2021)

### **2.2.5. ARQUITECTURA**

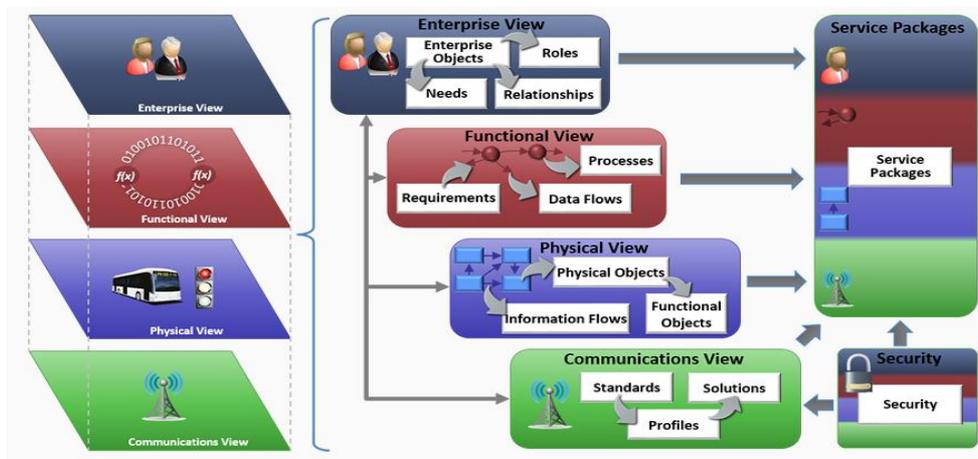
De acuerdo a la norma internacional ISO/IEC/IEEE 42010, citado por (MTC, 2019), nos dice que las arquitecturas se definen como conceptos fundamentales de un sistema o propiedades de un sistema en su propio ambiente, en donde se toma en cuenta, sus relaciones, sus elementos sus principios de diseño y evolución.

De acuerdo con The United State Department of Transportation (DOT), la ARC-IT versión 9.0 (Figura 10), está basada en ISO/IEC/IEEE 42010:2011, y la metodología V. Se describen cuatro puntos de vista: el empresarial, funcional, físico y de comunicación; así como un modelo para cada una de las vistas, con diagramas definidos para cada una de ellas. Una quinta perspectiva se define como paquete de servicios, y que se derivan de requisitos del sistema, estándares. La arquitectura además aborda de manera integral en las cuatro vistas a la seguridad como primordial en el desarrollo de los ITS. La vista empresarial está relacionada con organizaciones de partes interesadas que planifican, desarrollan, operan, mantienen y utilizan ITS; en la vista funcional define los requisitos funcionales y apoyan las necesidades de los usuarios; en la vista física se

definen los sistemas y dispositivos que proporcionan la funcionalidad; y finalmente en la vista de comunicaciones se definen los estándares y perfiles para compartir información de manera segura y confiable. (DOT, 2021)

**Figura 10**

*Esquemático de la Arquitectura ARC-IT.*



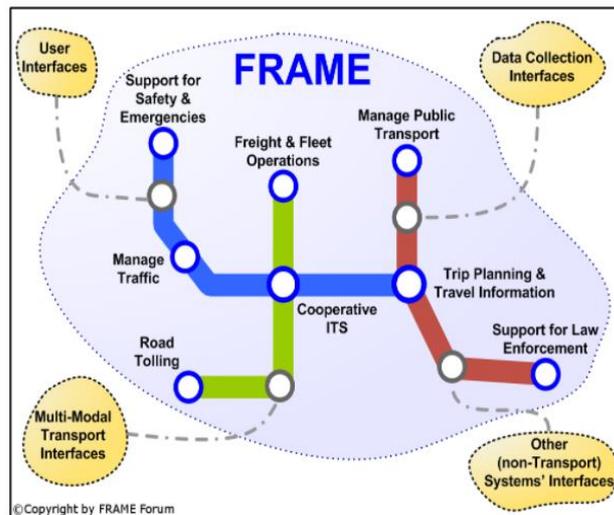
*Nota.* Reproducida de *Architecture Overview* [Esquema], por United States of Transportation (DOT), 2021, ARC-IT (<https://www.arc-it.net>)

La Arquitectura FRAME (Figura 11), describe lo que se requiere y no cómo hacerlo, la metodología que se utiliza consiste en una serie de pasos: el primero expresa las expectativas de los interesados, el segundo expresa las necesidades de los usuarios de manera consistente y clara, el tercero expresa la funcionalidad a requerir por parte de los usuarios, el cuarto se encarga de la ubicación de los subsistemas y módulos en puntos de vista físicos específicos y finalmente el punto de vista de comunicaciones que será para el paso de datos de un subsistema a otro. El término “Puntos de vista” en los nombres de las partes que componen la Arquitectura FRAME, sigue las recomendaciones de IEEE

1471. Adicionalmente el uso de tecnologías o productos de proveedores particulares no está incluido en la Arquitectura. (FRAME, 2021)

### Figura 11

Arquitectura FRAME



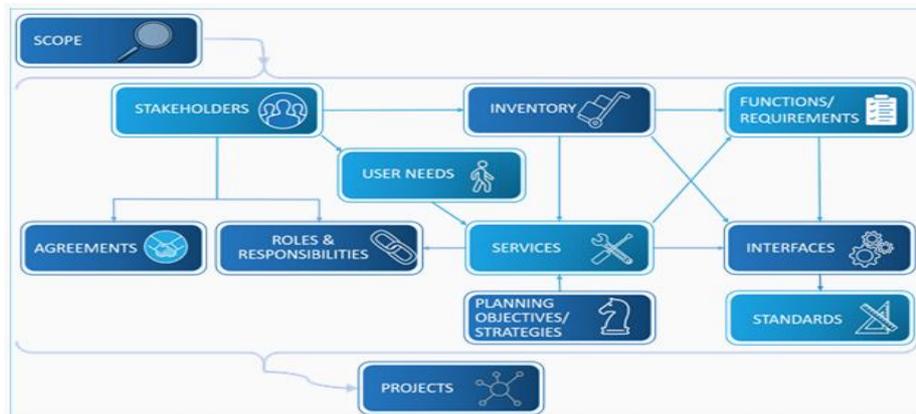
Nota. Reproducida de *Arquitectura FRAME* [Esquema], por FRAME fórum, 2021

La ARC-IT, se basa en la metodología V, metodología que el MTC recomienda a seguir para implementar ITS en regiones del Perú, esta arquitectura cuenta con dos herramientas, la RAD-IT y SET-IT que facilitan el trabajo para el desarrollo de una arquitectura regional ITS. La RAD-IT que se enfoca en la planificación regional, en el desarrollo de conceptos operacionales, la vista corporativa y la vista física de alto nivel, ITS, mientras que el SET-IT es una herramienta gráfica que da al usuario una retroalimentación visual, y herramientas necesarias para manipular diagramas corporativos y físicos del paquete de servicios (DOT, 2021).

Los elementos que deberá tener en cuenta un diseñador de arquitecturas están descritos en la Figura 12.

**Figura 12**

*Elementos para Arquitectura ARC-IT*



*Nota.* Reproducida de *Elementos para Arquitectura ARC-IT* [Esquema], por United States of Transportation (DOT), 2021, ARC-IT (<https://www.arc-it.net>)

De la Figura 12 se puede extraer que para la sección interesados, los actores involucrados son tanto de los que dan el servicio como se los que reciben; en la sección de planificación se describirán los objetivos y estrategias existentes y planificadas; en la sección inventario se describen tanto los elementos existentes, y planificados que soportarían a diversos paquetes de servicios, éstos elementos son de clase campo, vehículo, centro, soporte y de personal; en la sección servicios, se darán en función de las necesidades de la región; en las secciones roles, necesidades y funciones se asignarían en función del requerimiento y alcance que abarcaría una región; y finalmente en las secciones interfaces, acuerdos y comunicaciones, se daría de manera automática con algunos ajustes específicos.

Para generar una Arquitectura ARC-IT se puede usar el Software RAD-IT siguiendo los pasos de la interfaz tal como se muestra en el Anexo 2.

## 2.2.6. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN

Las tecnologías de comunicación han ido evolucionando tal como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Evolución de las tecnologías de comunicación*

GENERACIÓN	Velocidad y frecuencias	Tecnologías	Características generales	Año de apertura
1G	2.4 Kbps	AMPS, NMT, TACS	Menor capacidad de llamadas, Menor privacidad	1980-1990
2G	64 Kbps	TDMA, CDMA	Primer envío mensajes- SMS Primer mensaje EMAIL	1981
3G	21.6Mbps	WCDAMA /CDMA	Habilitado para videoconferencia Soporte de internet y TV Mas número de torres Ancho de banda grande	2000
4G	<20Mbps-100Mbps> <2Ghz-8Ghz)	-	Mayor calidad Mayor seguridad Más número de torres Mayor duración de baterías,	2010
5G	10Gbps -<2-300GHz>	MILLIMETER WAVES, SMALL CELL, MASSIVE MIMO, BEANMFORMING	Cobertura hasta el 100% Apertura a IOT (internet de las cosas) Latencia de hasta 1 milisegundo	2018

*Nota.* Adaptada de *Evolution of Generation and their Feaoture* [Tabla], por Kolli & Mile & Shetty &Dixit, 2016, Review On 5G Wireless Technology

Los autores (Patel, Purohit, Shah, 2018), describen los avances entre generación y generación, también hacen énfasis en cómo hoy en día aún se está trabajando para tener mejores prestaciones de servicio en la 5G (Tabla 1), conforme pasa el tiempo las

tecnologías van evolucionando, haciéndolos más seguros, de mayor calidad y de menor latencia, también se aprecia que a mayor frecuencia más tasas de velocidad de transmisión de información en bits por segundo.

(Leyva y Beltrán, 2016), señalan que la interferencia entre dispositivos se reduce de manera significativa, para las tecnologías de 5G con banda de 60GHz, aumentando el número de usuarios en cada punto de acceso, pero con la desventaja de usarse en interiores, debido a las pérdidas de la señal en espacios libres por los gases del exterior.

### 2.2.7. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA IOT

Las opciones de Tecnologías Inalámbricas se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Tecnologías Inalámbricas para IOT*

TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA IOT				
	BLUETOOTH 802-15-1	WIFE 802.11b/g/n	WiMAX 802.16	Zigbee 805.15.4
<b>Banda de operación</b>	2.4 GHz	2.4 GHz	2 GHz/66GHz	2.4GHz/915MHz /868 MHz
<b>Velocidad</b>	720Kbps -1Mbps -3Mpbs	11Mbps/54Mbps / 108Mbps	30-135 Mbps	250 Kbps /2Mpps (Nuevo IEEE802.15.4.a)
<b>Distancias</b>	0-10m / -100m / Bluetooth 2	60-100m	50-80Km	100m/ 900m (Nuevo IEEE802.15.4.a)
<b>Vida de la batería (días)</b>	0-7	0.5-5	NA	0-1000 / 0-3650 (Nuevo IEEE802.15.4.a)
<b>Nodos</b>	7	20-250 nodos		65536
<b>Costo</b>	(10-15 )\$	Alto		Aprox. \$3

*Nota.* Adaptada de *Tecnologías inalámbricas para IOT* [Tabla], por MTC, 2019, Manual

de sistemas inteligentes de transporte del MTC

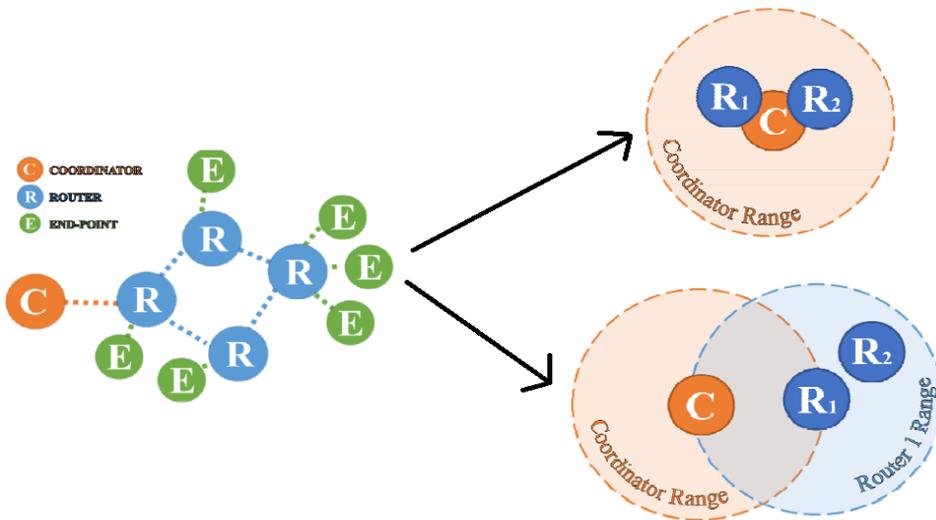
De acuerdo con (Baronti et al., 2007), citado por el (MTC, 2019) la tecnología Zigbee es usada en mayor medida en redes de sensores, esto es porque, como puede

apreciarse en la Tabla 2 tiene larga vida, mayor seguridad, mejores costos, altas tasas de velocidad y es usado en redes inalámbricas de área personal WPAN (Wireless Personal Area networks), capaz de ser desplegadas sobre esquemas con fines de monitoreo y control a nivel industrial.

(Cunha, Cardeira, Batita y Melício 2016), diseñaron y construyeron un prototipo de control de tráfico, el desarrollo del proyecto consistió en implementar un sistema con tres componentes: el coordinador, el enrutador y los puntos finales, tal como se muestra en la Figura 13 los resultados mostraron que, en cuanto a la comunicación, ZigBee garantiza buena la comunicación entre módulos a pesar de llevarlo a situaciones extremas de distancias.

**Figura 13**

*Esquema ZigBee*



*Nota.* Reproducida de *Esquema Zigbee* [Esquema], por Cuhna, 2016, Esquema ZigBee aplicado y casos desarrollados.

## 2.2.8. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA VEHÍCULOS

La Tabla 3 muestra las alternativas de conexiones inalámbricas de vehículos.

**Tabla 3**

*Tecnologías para vehículos*

VEHÍCULO INTERCONECTADO				
Característica	V2V	V2I	I2V/D2V	I2I
<b>Funcionalidad</b>	Intercambiar información entre vehículos	Comunicación entre v el vehículo e infraestructura	Similar al V2I	La infraestructura se comunica consigo misma
<b>Estándar</b>	IEEE 802.11p	IEEE 802.11p / IEEE 805.15.4	IEEE 802.11p / IEEE 805.15.4	IEEE 802.11p / IEEE 805.15.5
<b>Tecnología</b>	VANET bajo el esquema WAVE	Las más usadas son RFID	Wi-Fi, Wi-Max, WAVE, DVB, RFID, CALM M5, CALM IR, CEN, DSRC, UMTS/ HSPA,G SM/ GPRS/EDGE, LTE, RDS, DAB, DVB, RFID, 6lowpan, CoAP y Zigbee	Wi-Fi, Ethernet, Fibra óptica, enlaces redundantes mediante GSM

*Nota.* Adaptada de *Tecnologías inalámbricas para Vehículos* [Tabla], por MTC, 2019, Manual de sistemas inteligentes de transporte del MTC

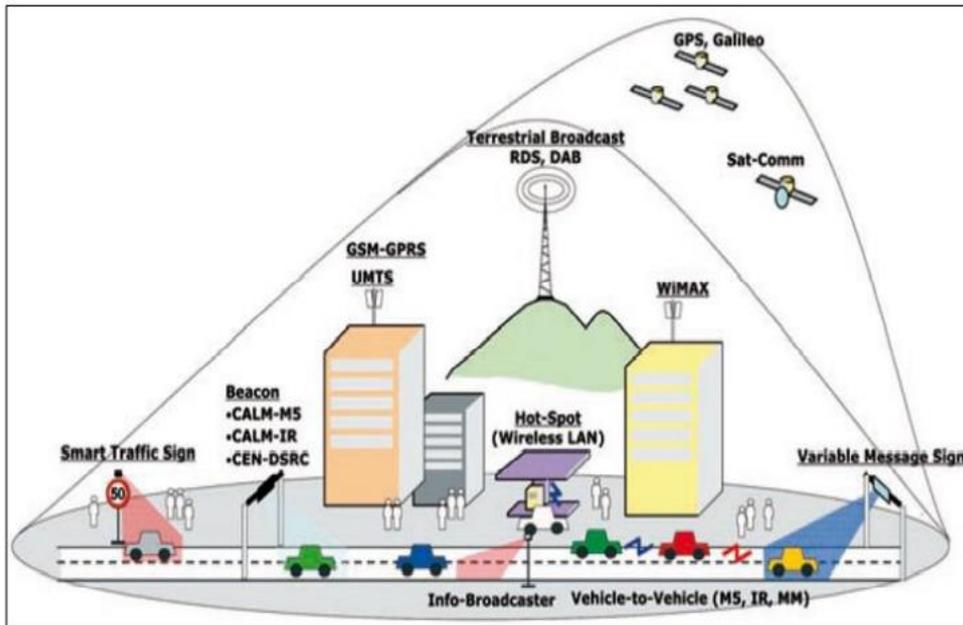
La Tabla 3 muestra las características necesarias para que un vehículo se conecte de manera inalámbrica, estas son: funcionalidades, estándares, y las tecnologías asociadas a distintos escenarios V2V, V2I, I2V e I2I; también los autores señalen que cada una de estas tecnologías apuntan a una estandarización, conocida como CALM (Communications Access for Land Mobiles) como se muestra en la Figura 14, que busca una convergencia de estándares, de servicios, de seguridad y eficiencia de los ITS. (MTC, 2019).

Todo esto posible gracias a la unidad a bordo del vehículo (OBU), y la unidad de carreteras (RSU), ambas normalizadas bajo los estándares IEEE 802.11p, IEEE 1609.XX

(WAVE), y la ISO 19091:2017 que se encargan de la comunicación entre el vehículo y la infraestructura y viceversa.

**Figura 14**

*Iniciativa CALM*



*Nota.* Reproducida de *Iniciativa CALM del TC 204* [Esquema gráfico], por MTC, 2019, Manual de sistemas inteligentes de transporte del MTC

## 2.2.9. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y NAVEGACIÓN

El sistema GALILEO integra una diversidad de servicios, a diferencia de los otros que solo se enfocan en posicionamiento, como se evidencia en la Tabla 4, además si se compara en términos de precisión los sistemas GALILEO tienen la ventaja (MTC, 2019). En general, los sistemas de posicionamiento presentan limitaciones, generalmente debido a la baja calidad de información cuando el vehículo se está moviendo, es por ello que estos sistemas usan tecnologías de radio que apoyan en la mejora y provisión de servicios, como, por ejemplo: HD radio, DAB, RDS-TMC.

Kiliszek y Krzysztof, (2020), realizaron un análisis del posicionamiento preciso de puntos entre los sistemas GPS, GLONASS y GALILEO, teniendo como resultados una alta precisión de posición en cualquier lugar de la tierra para el sistema GALILEO, y que esta precisión viene mejorando constantemente, pero que aún el sistema GPS tiene mayor precisión teniendo mayor impacto en la precisión de posicionamiento de múltiples GNSS. También se demostró que para el año 2019 el uso de satélites GALILEO + GPS + GLONASS mejoró la precisión, así como el tiempo de convergencia.

**Tabla 4**

*Sistemas de Posicionamiento*

<b>SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y NAVEGACIÓN</b>				
	<b>GPS</b>	<b>GALILEO</b>	<b>CNSS COMPAS</b>	<b>RUSO GLONASS</b>
<b>Enfoque</b>	Servicios de posicionamiento de alta y bajas prestaciones	servicios: de posicionamiento, de seguridad, comerciales, públicos de búsqueda y rescate	Enfocado en rastreo de servicios de flotas, de producción petrolera, prevención de incendios y más	Similar al GPS, que posee dos niveles de servicios: para usuarios civiles y usuarios autorizados
<b>Respuesta</b>		-	1 a 5 seg	-
<b>Precisión</b>	Precisión menor a los 15 metros	Con el sistema de aumentación EGNOS podría alcanzar una precisión menos de 2 metros	Menor de 100 Metros	Precisión horizontal de 60 metros precisión vertical de 75 metros

*Nota.* Adaptada de *Sistemas de posicionamiento* [Tabla], por MTC, 2019, Manual de sistemas inteligentes de transporte del MTC

## 2.2.10. OTRAS TECNOLOGÍAS

Además, existen otras tecnologías (Tabla 5) que se usan en el control de Tráfico pero que dependen de la realidad de cada localidad.

**Tabla 5**

*Soluciones Tecnológicas*

	<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>PRINCIPIO</b>
<b>DETECTORES DE VOLÚMENES DE TRÁFICO</b>	Espiras electromagnéticas	Por deformación de campo electromagnético
	Procesamiento de video	Vizualización de tráfico
	Radar y microonda	Análisis por reflexión de onda
<b>DETECTORES DE VELOCIDAD</b>	Sensore Bluetooth	Realiza un muestreo para detectar la dirección MAC
	Sensore WIFI	Mismo principio de los sensores bluetooth
	LPR	Mismo principio de los sensores bluetooth
	Cámara CCTV	Orientación, enfoque, y área de vizualización no cambia
<b>SEÑALES DE MENSAJERÍA VARIABLE</b>	Señales fijas	Informar las condiciones de la vía y manejar el tráfico
	Señales móviles	Informar las condiciones de la vía y manejar el tráfico
	Señales de velocidad variable	Informar las condiciones de la vía y manejar el tráfico

*Nota.* Adaptada de *Otras Soluciones Tecnológicas* [Tabla], por MTC, 2019, Manual de sistemas inteligentes de transporte del MTC

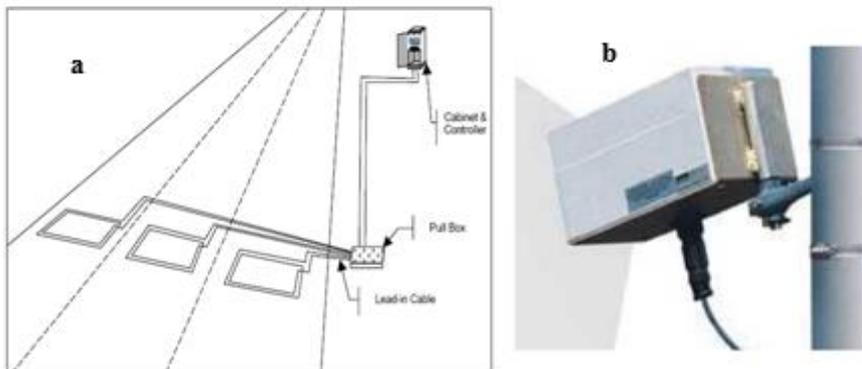
### 2.2.10.1. Detectores de Volúmenes de Tráfico

Los detectores de espiras inductivas (ILD), tienen como función el monitoreo de tránsito, detección de incidentes y detección de velocidad, dentro de sus limitaciones está en que para su instalación y mantenimiento se requiere de cierre del carril y modificación

del pavimento, en la Figura 15 parte a, se muestra una instalación con detectores ILD. Los detectores radar de microondas, a diferencia de los anteriores en cuanto a su instalación y mantenimiento no requiere del cierre de carriles ni de la modificación del pavimento, más bien éstos se instalan a un lado del camino en una estructura elevada, y pueden medir la presencia como la velocidad del vehículo, también se usan para detectar el paso de peatones, teniendo como ventajas la capacidad de funcionar en situaciones climatológicas diversas. Respecto al procesamiento de video para la detección de volúmenes de tráfico se usa procesamiento de imágenes de video (VIP), imágenes generadas de las cámaras CCTV, que por lo general se da cuando hay un gran número de cámaras y el operador no puede procesar tanta información. PIARC, (2021)

### **Figura 15**

#### *Detectores IDL y de radar de microondas*



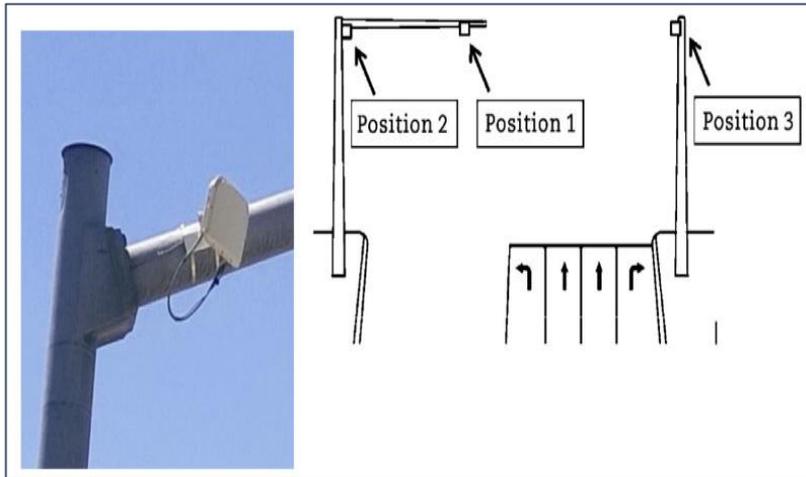
*Nota.* Detectores ILD (a), detectores de radar de microondas (b). Adaptada de Detectores de Volumen de Tráfico, por PIARC, 2021.

En cuanto a los sensores de microonda, los autores Chang, Saito, Schultz y Eggett (2017) en su estudio por determinar la precisión de recuentos de volumen de giro detectados por sensores de microondas, determinaron que la precisión de estos sensores

satisfaría a los especialistas en control de tráfico respecto al recuento de volúmenes de tráfico.

### Figura 16

#### *Detectores de microonda*



*Nota.* Reproducida de *Detectores de microonda* [Fotografía], por Chang, 2017.

Como se puede ver en la Figura 16 el autor Chang (2017), concluyó que la posición de los sensores no tiene un efecto significativo sobre la precisión de los recuentos de volúmenes de tráfico, más bien señalaron que la precisión disminuye a medida que las intersecciones se hacen más grandes y aumenta el volumen de aproximación.

Con procesamiento de imágenes los autores Busarin, Mahasak y Narumol (2007), pudieron detectar las condiciones de tráfico con cámaras CCTV, pudieron determinar cuántos vehículos hay en la carretera y llevar estos resultados al sistema de tráfico para una respectiva planificación de transporte, como por ejemplo la de controlar una intersección semafórica.

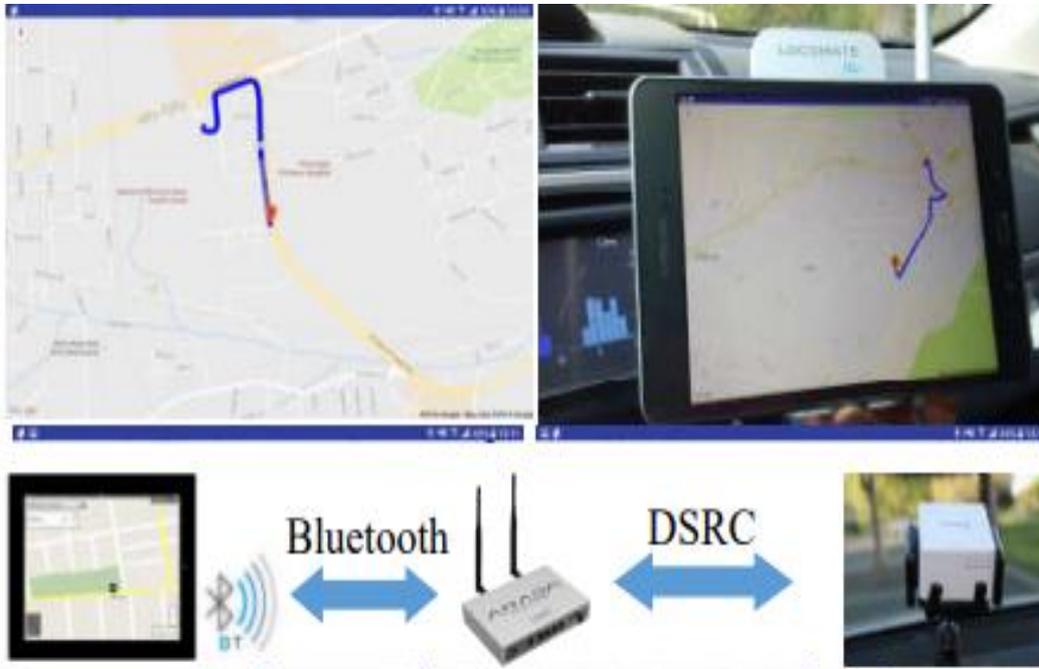
### **2.2.10.2. Detección de Velocidad por Tramos**

Se hace necesario tecnologías de detección a lo largo de las vías, y para que esto sea posible los vehículos deben tener un número de identificación, un dispositivo TAG de radiofrecuencia o vehículos con teléfono celular, sistema de navegación, computadoras o dispositivos multimedia con transeptor bluetooth para su detección. Las tecnologías que se usan son: módulos de radio Bluetooth integrados en celulares y reproductores multimedia, módulos WIFE integrados en dispositivos multimedia dentro de una red vehicular (VAN), módulos de radio frecuencia (RFID) o sistemas de comunicación dedicada de corto alcance (DSRC). Con respecto al reconocimiento de matrículas se tiene los ANPR, ALPR y LPR, que se basan en el reconocimiento de óptico de caracteres. (PIARC, 2021)

La investigación de Mohammad y Khattak (2016), lograron identificar la velocidad, dirección e historial de ruta de vehículos en tiempo real en Google Maps con ayuda de la comunicación DSCR y Bluetooth, además señaló que gran parte de los dispositivos DSRC en el mercado de los Estados Unidos no brindan el soporte SDK o API relacionado con la comunicación V2X de múltiples saltos, fue porque ello que uno de los logros más resaltantes de la investigación desarrolló aplicación de transmisión OBU, encargada de transmitir las trayectorias GPS, en la Figura 17 se muestra un esquema general así como el movimiento en tiempo real del vehículo.

**Figura 17**

*Esquema de movimiento de vehículo*



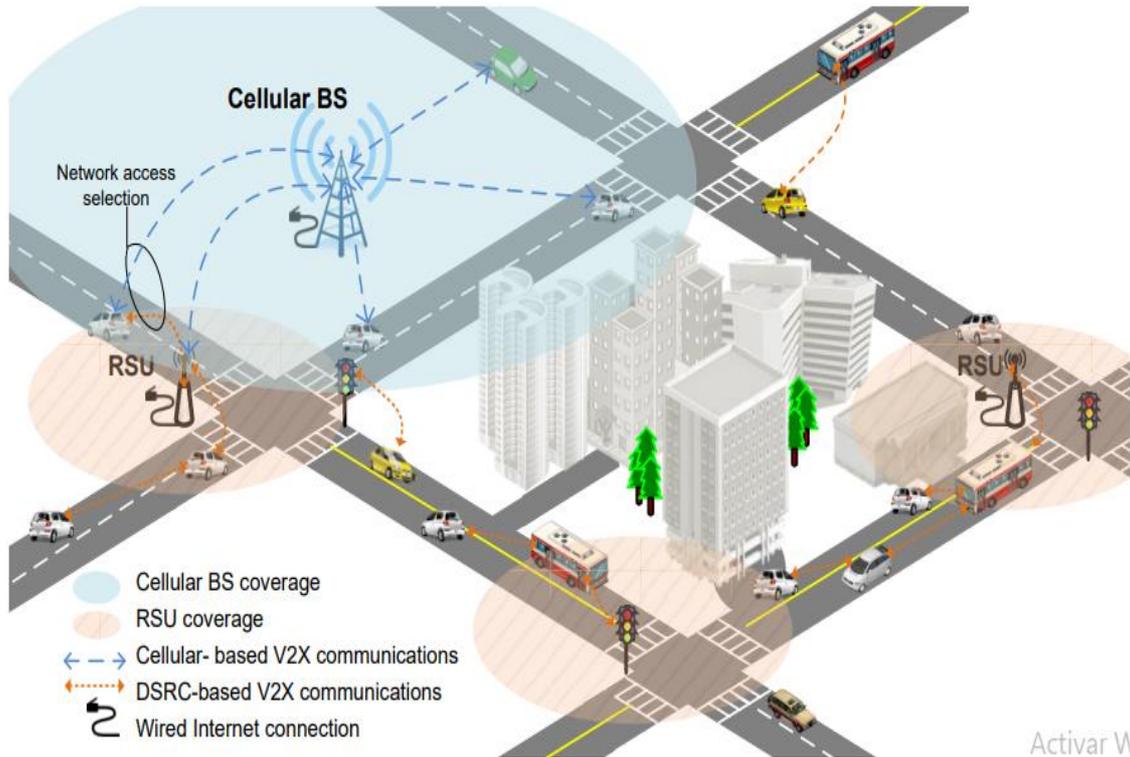
*Nota.* Reproducida de *Comunicación entre Bluetooth y DSRC, aplicación en y el movimiento en tiempo real*, por Mohammad & Khattak, 2016.

Últimamente se está investigando sobre las soluciones que trae DSRC V2X por diversas razones, la primera porque permite aplicaciones de alta demanda de ancho de banda, la segunda por el amplio rango de cobertura celular y tercero porque es una tecnología que facilita y acelera el despliegue de comunicaciones V2X, sin embargo a pesar de todas estas ventajas hay diversos desafíos que enfrenta la tecnología celular para contar con comunicaciones V2X confiables, como por ejemplo información irrelevante y procesamiento innecesario que reciben y procesan los vehículos, otro desafío son los retardos que al pasar por la BS, limita su aplicabilidad en las comunicaciones en especial para aplicaciones de seguridad. Khadige, hassan y Weihua (2016) En la Figura 18 se

ilustra una representación de la cobertura de las comunicaciones V2X, en un escenario DSCR celular híbrido.

**Figura 18**

*Cobertura de comunicaciones V2X*



*Nota.* Reproducida de Cobertura de Comunicaciones V2X, por Khadige, Hassan y Weihua (2016).

La instalación de cámaras CCTV en puntos estratégicos y automatizar todos los puntos de intersección para el control de tráfico se vuelve una solución más rentable, garantizando además en situaciones donde alguna de las cámaras fallara su operación normal. Gupta, Purohit (2012). También es posible detectar la velocidad de los vehículos a una precisión del 97,01%, así como determinar si es automóvil o motocicleta con una precisión del 89,62%, esto gracias al método de transformación proyectada según un

estudio sobre monitoreo de velocidad para múltiples vehículos, Kurniawan, Ramadlan y Yuniarno, (2018).

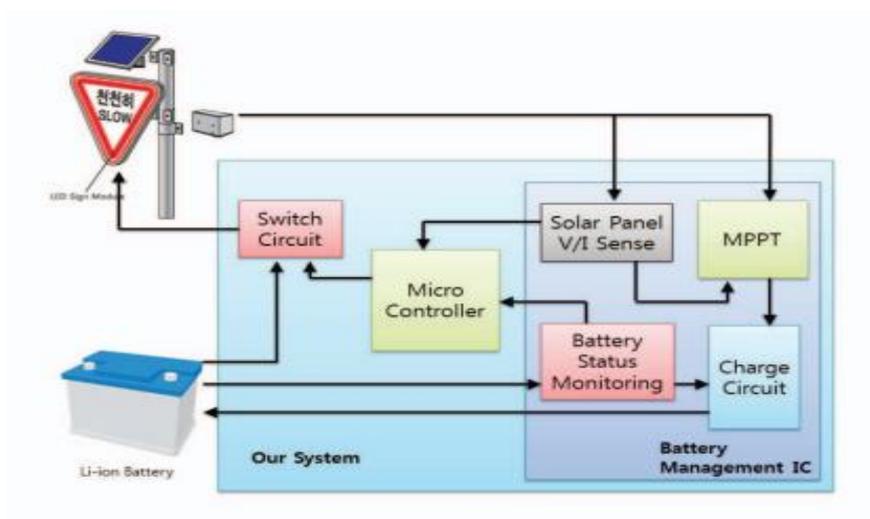
### 2.2.10.3. Señales de Mensajería Variable

Estas señales podrán informar eventos en las pistas de manera oportuna y brindar información sobre las velocidades recomendables, como, por ejemplo, paneles de mensajería variable, señal de velocidad electrónica, señal de retroalimentación de conductores con alimentación eléctrica, con indicador gráfico entre otros. (MTC, 2019)

Los sistemas de control de señales de tráfico LED, basados en energía solar son una solución recomendable cuando se utilice en campo y haya carencia de energía eléctrica, de acuerdo a Jeon, Park, S Lee y Y Lee, (2015), ellos lograron una conversión de energía solar del 94% para un consumo de 2W, manteniendo una reserva de energía de 8.8mW. El diseño que implementaron se muestra en la Figura 19, detallando cada una de las partes del sistema desde la conversión de la energía hasta iluminar la señal de tráfico.

**Figura 19**

*Sistema de Control de Señal de Tráfico*



*Nota.* Reproducida de Sistemas de Control de Tráfico [Esquema], por Jeon, Park, S Lee & Y Lee, 2015.

Con el control de luces en los semáforos en intersecciones consecutivas, se podría controlar la densidad de automóviles, manipulando los tiempos de duración de la luz verde a partir del flujo de cada vía, también este enfoque arroja mejores resultados con respecto al enfoque de procesamiento de video y tiempo fijo. A. Ngaosai y J. Chawachat, (2018)

#### **2.2.11. REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS PARA TRANSPORTE PÚBLICO EN TRUJILLO**

Según el Decreto de Alcaldía 014-2019-MPT (2019) se dio como plazo máximo hasta el 31 de Diciembre del 2019 para la instalación de cámaras de seguridad y GPS en las unidades que brindan servicio de transporte público. (MPT,2019)

De acuerdo al Decreto Supremo N°015-2017-MTC (2017) da la antigüedad de las unidades vehiculares para acceder al servicio de transporte público no debe ser mayor a 20 años que son contados a partir del 01 de enero del año siguiente de su fabricación. (MTC,2017)

La Ordenanza Municipal N°014-2018-MPT (2018) en su artículo 19 establece que las empresas de transporte público en las modalidades de Taxi Individual y Taxi Empresa deben instalar de manera Obligatoria una plataforma GPS incluyendo el chip de transmisión de datos, debiendo contar con los medios e instrumentos para el control y monitoreo inalámbrico, con un dispositivo con las características de la Tabla 6 y un Sistema con las de la Tabla 7. (MTP,2018)

**Tabla 6***Características Técnicas Mínimas del Dispositivo AVL/GPS*

<b>Item</b>	<b>Característica Principal</b>	<b>Característica Adicional</b>
<b>Consumo de energía</b>	Bajo consumo	Largo tiempo de stand by
<b>Envío de datos</b>	GSM/GPRS	Cuatri-banda 824/849/1850/1910 MHz
<b>Interfaces</b>	Múltiples de Entrada y Salida	Aplicado a monitoreo y control
<b>Antena</b>	GSM/GPS	-
<b>Transmisión</b>	Protocolo UDP, TCP	-
<b>Potencia de Transmisión</b>	0.604W(850 MHz); 0.647W(1900 MHz)	-
<b>Monitoreo y Alerta</b>	De batería interna del Dispositivo	De fuente de Alimentación externa
<b>Voltaje de Operación</b>	De 8 a 32V DC	-
<b>Temperatura de Funcionamiento</b>	De -20° a 65°C	-

*Nota:* Datos adaptados del Artículo 19 de la Ordenanza Municipal N°014-2018-MPT (2018)

**Tabla 7***Características del Sistema y del Módulo de Monitoreo*

<b>Item</b>	<b>Característica Principal</b>	<b>Característica Adicional</b>
<b>Muestreo</b>	Cada 1 minuto	En tiempo real
<b>Credenciales</b>	Usuario, administrador y clave para el acceso	-
<b>Cartografía</b>	Google Maps licenciada	Vista de mapa, satélite y relieve.
<b>Herramientas</b>	Street View, capa de tráfico y clima	Sujeto a la disponibilidad del servicio de Google
<b>Monitoreo</b>	Con grilla opcional y editable	Leyenda de colores configurable
<b>Funciones de seguimiento</b>	Hasta 8 ventanas emergentes	Hasta 30 vehículos por ventana
<b>Cobertura</b>	De acuerdo a la red GPS	-
<b>Análisis</b>	Tiempo mínimo de parada	De velocidad máxima permitida
<b>Permisividad de división</b>	División en subflotas y flotas	-
<b>Gestión de Vehículos</b>	Para asociar vehículos a flotas	Para cambiar parámetros básicos

<b>Geocercas</b>	Conocer y controlar salida y entrada a áreas geográficas	-
<b>Creación de zonas bases</b>	Para control de permanencias	Para controlar entradas y salida
<b>Creación de eventos</b>	Como exceso de velocidad, motor encendido, etc.	-
<b>Módulos</b>	Kilometraje y programación de alertas de mantenimiento	De clasificación de conducción
<b>Reportes</b>	Información histórica de 3 meses	Alarmas, eventos, recorridos, zonas base, Ultima Posición, Velocidad, Paradas
<b>Información</b>	De reportes exportables a Excel, PDF, CSV, KML y USB	Reportes automáticos
<b>Acceso</b>	Posibilidad de restricción horaria y de IPs	-
<b>Auditoría</b>	Logística de auditoría de uso del Sistema	-
<b>Alertas</b>	Por violación de Geocercas	Por Activación de Eventos
<b>Selección de usuarios</b>	Configuración para alertas a usuarios específicos	-
<b>Gestión de Alarmas</b>	De fácil uso para control	Posibilidad de ventanas emergentes

*Nota.* Datos adaptados del Artículo 19 de la Ordenanza Municipal N°014-2018-MPT (2018)

### 2.3.MARCO CONCEPTUAL

- OBU (On Board Unit): Son canales de comunicación inalámbricos unidireccionales o bidireccionales de corto a medio alcance diseñados específicamente para uso automotriz (Harvey J & Shih-Lung, 2001, pág. 316)
- RSU (Road Side Unit): Son llamados unidades de carretera, capaces establecer una comunicación con el vehículo, además de interactuar con los sistemas de monitorización desplegados a lo largo de las vías y monitoreados fuera de ella (Williams, 2008, pág. 204)
- DSRC (dedicated short range communication): Es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance que permite una comunicación directa

entre el vehículo e infraestructura permitiendo aplicaciones de seguridad de transporte inteligente, por ejemplo, detecta y evalúa situaciones peligrosas incluso antes de que puedan notarse visualmente, enviando hasta 10 veces por segundo la velocidad, ubicación y rumbo. (Williams, 2008, pág. 203)

- C-V2X, Es un protocolo de comunicación vehicular, que permite una comunicación tanto directa como indirecta, en el C-V2X directo, los vehículos se comunican con otros vehículos V2V y con unidades de carretera V2I, de la misma forma que el DSRC, y en el C-V2X indirecto, los vehículos se comunican con otras entidades de forma indirecta a través de la red V2N. (Williams, 2008, pág. 225)
- Congestión Vehicular. “La congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás” (Thomson & Bull, 2001, pág. 8)
- Control de Velocidad: “El control de la velocidad es la acción que abarca una variedad de medidas cuyo objetivo es alcanzar un equilibrio entre la seguridad y la eficiencia de las velocidades de los vehículos en una red de carreteras” (GRFS-Ginebra, Sociedad Global de Seguridad Vial, 2008, pág. 12)
- Ancho de Banda. “El ancho de banda es el rango de frecuencias en el que hay mayor concentración de potencia de la señal” (Leyva & Beltran, 2016, pág. 89)
- SDK (kit de desarrollo de software), Es un conjunto de herramientas que ayudan a desarrollar aplicaciones para hardware o software específicos o en un lenguaje de programación concretos. (IONOS, 2019)

- API (Application Programming Interface): Hace referencia a los procesos, las funciones y los métodos que brinda una determinada biblioteca de programación a modo de capa de abstracción para que sea empleada por otro programa informático. (IBM, 2019)
- Bluetooth: Es una tecnología inalámbrica de corto alcance que permite la comunicación inalámbrica de datos entre dispositivos y soportado por un grupo de interés de la industria privada sin fines de lucro que fue fundada en septiembre de 1998. (Williams, 2008)
- Zigbee: “Es una tecnología de control inalámbrico diseñada para ofrecer originales fabricantes de equipos (OEM) y Desarrolladores la capacidad de construir confiables, rentables, productos de control inalámbrico de baja potencia utilizados en residencias, comercios y aplicaciones industriales” (Williams, 2008, pág. 94)
- GNSS (GPS, Galileo, GLONASS): “Es el medio más preciso para identificar ubicación, sin embargo, un punto de acceso con el que un vehículo está realizando transacciones puede proporcionar datos de ubicación adecuados para proporcionar u ofrecer un servicio, o puede ser proporcionada por trilateración” (Williams, 2008, pág. 282)
- Sistema de Radar: Es una tecnología que utiliza escaneo mecánico de alto rendimiento, sensor de radar de largo alcance para ayudar al conductor a detectar objetos de hasta 150 m en la trayectoria de avance del vehículo, pero que esencialmente son unidireccionales. (Williams, 2008)

- Sistemas Ultrasónicos: Es una tecnología que implica hacer rebotar las ondas acústicas de los objetos y determinar sus distancias midiendo el tiempo de retorno de los Ecos y que originalmente fue ideada para los submarinos. (Williams, 2008)
- Sistemas de Infrarrojo: Son una tecnología de comunicación bidireccional que pueden usarse para la detección de obstáculos más capaces, como mediante la recopilación de datos de un montaje frontal y una cámara estéreo de infrarrojos de dos lentes en el borde superior del parabrisas que capta la radiación infrarroja emitida por los faros y reflejados en objetos hasta 25 m (Williams, 2008)

## CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

#### 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto de Ingeniería.

#### 3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación Descriptiva.

### 3.2. DISEÑO DE ESTUDIO

Los detalles del estudio se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Diseño del Estudio*

Investigación no experimental		
Transversal		
Descriptivo		
Objetivo: Desarrollar un Sistema de Transporte Inteligente (ITS) basado en una arquitectura ARC-IT para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en avenidas del centro histórico de Trujillo.		
RECOPILOACIÓN	PROCESAMIENTO	ANÁLISIS DE DATOS
Se levantará información de avenidas del centro histórico, y se analizarán documentación de registros históricos de estudios recientes.	La variable que se tomarán para procesar es Transitabilidad vehicular y peatonal en del centro histórico de la ciudad de Trujillo.	Para el análisis de información mediante el promedio aritmético, acumulados y diagramas.

### 3.3. POBLACIÓN

Grado de transitabilidad por el tráfico vehicular y peatonal generado en las avenidas del centro histórico de Trujillo.

### 3.4. MUESTRA

Transitabilidad de una intersección en la avenida España del centro histórico de Trujillo.

### 3.5. VARIABLES

#### 3.5.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Transitabilidad vehicular y peatonal en del centro histórico de la ciudad de Trujillo

#### 3.5.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de la variable establecida se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Operacionalización de Variables*

<b>Variable:</b> Transitabilidad vehicular y peatonal en del centro histórico de la ciudad de Trujillo			
<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Instrumento de Investigación</b>
Congestión de tráfico	Aforo vehicular	Número de vehículos permitido	Registros históricos
	Flujo vehicular	Número de vehículos por minuto	Registro filmico
	Tiempos de semaforización	Segundos	Guion de observación
	Longitud de cola	metros	Guion de observación

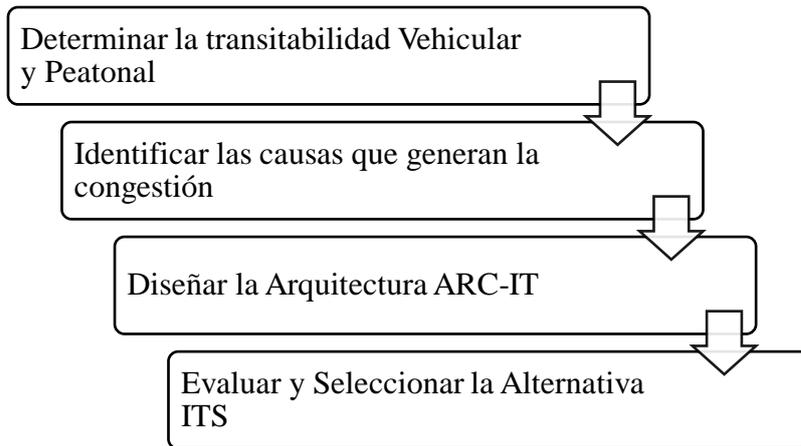
### 3.6. PROCEDIMIENTOS

#### 3.6.1. PROCEDIMIENTO GENERAL

Para lograr los objetivos trazados, la investigación seguirá el procedimiento que se muestra en la Figura 20.

**Figura 20**

*Procedimiento General de la Investigación*



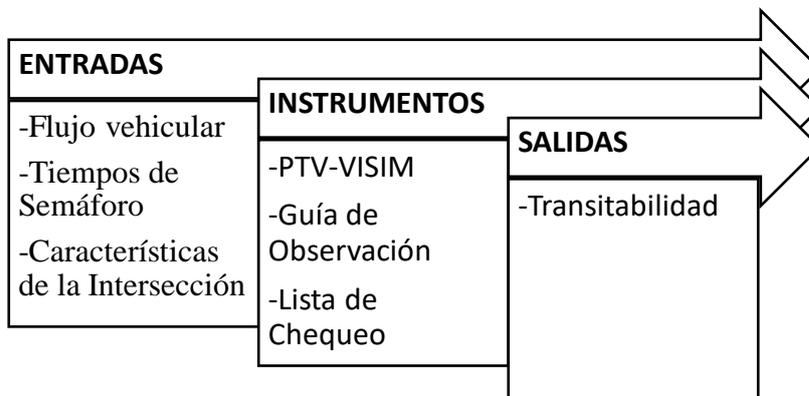
**3.6.2. PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA DETERMINAR LA TRANSITABILIDAD**

**3.6.2.1. Procedimiento**

Para identificar la transitabilidad se ha establecido un proceso en el que se han definido las entradas, instrumentos y salidas como se ve en la Figura 21.

**Figura 21**

*Procedimiento para Determinar la Transitabilidad*



**3.6.2.2. Técnicas de Procesamiento**

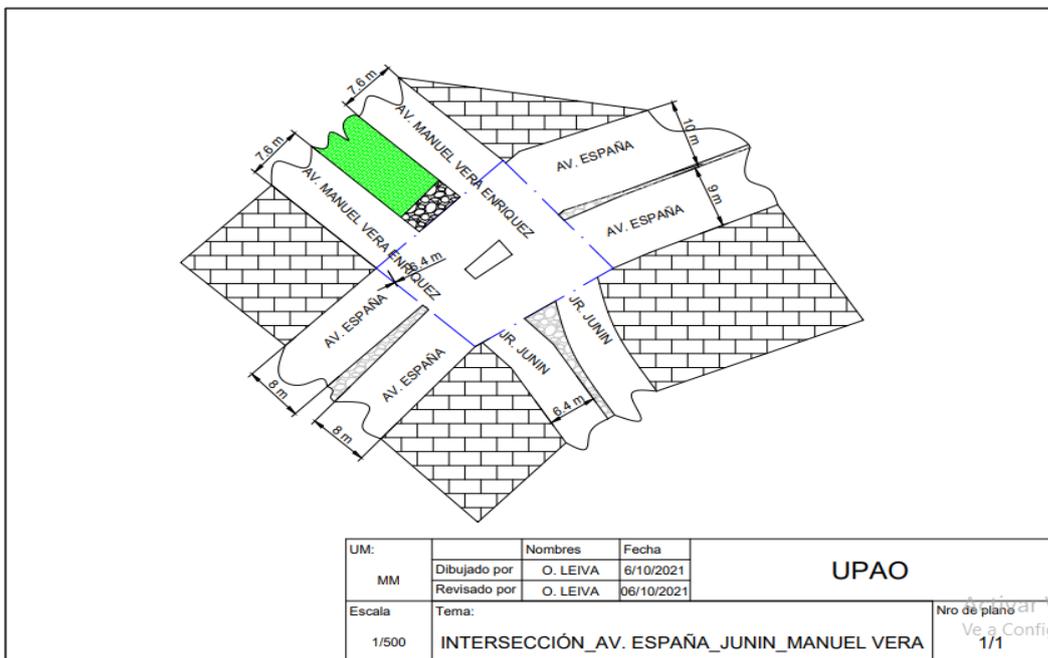
La caracterización de tráfico se realizará con ayuda de dos instrumentos, el primero 'F1-formato de composición vehicular y peatonal' que se encuentra en el Anexo 3, y el segundo una lista de chequeo para identificar el estado de la

infraestructura en una intersección, que se encuentra en el Anexo 4. Estos dos formatos serán utilizados para simular la transitabilidad vehicular y peatonal con ayuda del software PTV-VISIM

Se realizó la recolección de datos de campo (Anexo 4) en el cruce de la avenida España con la avenida Manuel Vera Enrique, en el que se identificaron el estado de las vías, tanto de infraestructura de control de tráfico, como de infraestructura civil; además de dar la ubicación de la intersección con su respectiva dimensión y etiqueta, como se ilustra en la Figura 22.

**Figura 22**

*Intersección de la Av. España y Av. Manuel Vera Enrique.*



*Nota.* Se muestra la intersección tomada con sus respectivas dimensiones y cuya ubicación en Trujillo se muestra en el Anexo 5.

También se procedió a etiquetar a cada una de las avenidas para simplificar el análisis como se observa la Tabla 10.

**Tabla 10**

## Nomenclatura de Rutas

<b>E9-E8</b>	Avenida España 9 hacia la Avenida España 8
<b>E9-CJ</b>	Avenida España 9 hacia la calle Junín cuadra 1
<b>E9-VR</b>	Avenida España 9 hacia la avenida Manuel Vera Enriquez
<b>CJ-VR</b>	calle Junín cuadra 1 hacia la avenida Manuel Vera Enriquez
<b>CJ-E8</b>	calle Junín cuadra 1 hacia la Avenida España 8
<b>CJ-E9</b>	calle Junín cuadra 1 hacia la Avenida España 9
<b>VR-E8</b>	avenida Manuel Vera Enriquez hacia la Avenida España 8
<b>VR-CJ</b>	avenida Manuel Vera Enriquez hacia calle Junín cuadra 1
<b>VR-E9</b>	avenida Manuel Vera Enriquez hacia la Avenida España 9
<b>E8-E9</b>	Avenida España 8 hacia la Avenida España 9
<b>E8-CJ</b>	Avenida España 8 hacia calle Junín cuadra 1
<b>E8-VR</b>	Avenida España 8 hacia la avenida Manuel Vera Enriquez

Se hicieron mediciones directas en la intersección entre la avenida España y la avenida Manuel Vera Enrique, entre las 5pm y 6pm del día 14 de octubre del 2021. Se usó el formato del Anexo 3, como instrumento de recolección de datos de los tiempos de semáforos, el flujo vehicular y su distribución.

Además, para completar la información del anexo 3 fueron necesarias las herramientas descritas en la Tabla 11.

**Tabla 11**

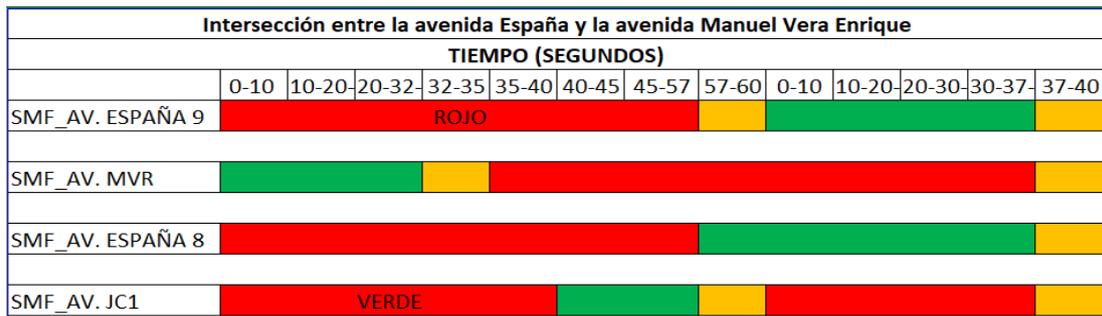
*Herramientas para medición*

Herramientas		
Cant.	Denominación	Foto
01	Cinta métrica de 50 mts	
01	Cronómetro (celular) Aquí en la imagen se muestra un ciclo completo (100 seg) en la intersección	
01	Tabla de apuntes de madera	

Se pudo ver que existen cuatro controles de semáforo uno para cada avenida, y los tiempos de semáforo extraídos fueron los de la Figura 23, notándose que la avenida España tiene un tiempo de 40 segundos en verde, mientras que las otras avenidas tienen 32 y 17 segundos en un período de 100 segundos, también se evidencia que hay carencia de semáforos peatonales.

**Figura 23**

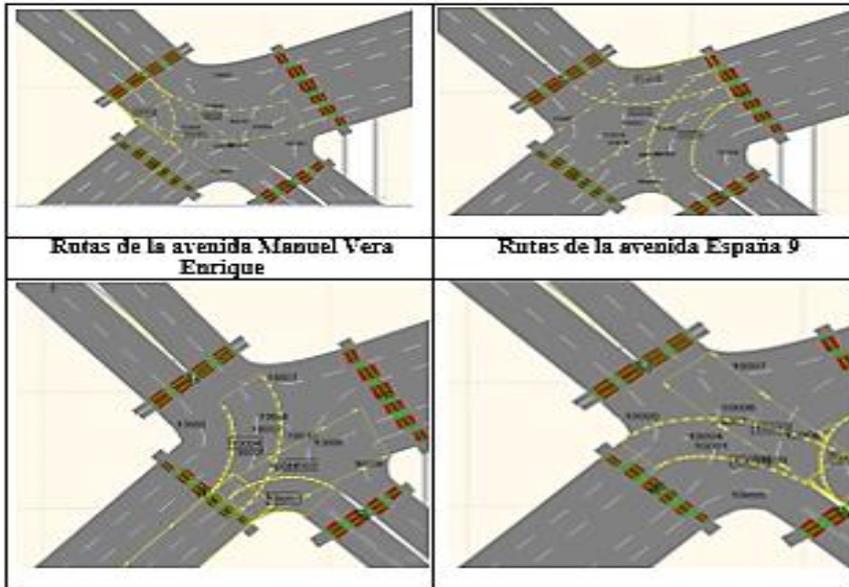
*Mediciones de Tiempos de Semáforos*



Se constató además que hay 12 rutas por las cuales los vehículos podrían circular, y son como se aprecia en la Figura 24.

**Figura 24**

*Rutas de Vehículo Circular*



Se obtuvo la cantidad de vehículos que pasan de una vía a la otra durante un período. Los períodos consisten en tiempos de 100 segundos, períodos que permiten al menos una vez poner en verde a cada una de las vías.

Para simplificar la simulación se clasificó a los vehículos motorizados y no motorizados por su tamaño tal como se ve en la Tabla 12, así también a los peatones de igual forma similar.

**Tabla 12**

*Clasificación de Vehículos Motorizados y No Motorizados*

<b>Vehic_car</b>	Incluye a combis, taxis, colectivos, y vehículos medianos
<b>Micro_bus</b>	Incluye a microbús, y vehículos de gran tamaño
<b>Bike</b>	Incluye bicicletas y motos lineales
<b>Peatón</b>	Conformado por hombres, mujeres, niños y ancianos

Luego, en la Figura 25, se muestran los datos recolectados tanto de los vehículos como de los peatones, durante los periodos en verde para cada una de las vías.

**Figura 25**

*Datos Recolectados de Vehículos y Peatones*

F1_FORMATO DE COMPOSICIÓN VEHICULAR Y PEATONAL											GUÍA DE OBERVACIÓN		
PUNTO DE CONTROL		Intersección entre la avenida España y la avenida Manuel Vera Enrique									FUENTE	DATOS DE CAMPO	
PROVINCIA / DISTRITO		La Libertad / Trujillo											
OBJETIVO		Determinar la transitabilidad vehicular y peatonal											
FECHA		14/10/2021				HORA			5:00-6:00 pm				
VOLUMEN VEHICULAR													
Ciclos de (100seg)		VERDE-40 seg			VERDE-17 seg			VERDE-32 seg			VERDE-40 seg		
		E9-E8	E9-CJ	E9-VR	CJ-VR	CJ-E8	CJ-E9	VR-E8	VR-CJ	VR-E9	E8-E9	E8-CJ	E8-VR
1 ciclo	(#de vehículos por ciclo)	13	2	18	12	0	0	1	2	21	27	1	2
	%vehic_car	83%			74%			92%			90%		
	%micros_bus	7%			0%			10%			0%		
	%Bike	9%			16%			3%			15%		
2 ciclo	(#de vehículos por ciclo)	26	2	7	12	1	1	1	4	24	24	2	7
	%vehic_car	82%			83%			86%			82%		
	%micros_bus	3%			0%			4%			0%		
	%Bike	12%			9%			3%			8%		
3 ciclo	(#de vehículos por ciclo)	9	2	2	9	0	0	0	3	17	13	0	10
	%vehic_car	90%			74%			86%			89%		
	%micros_bus	8%			0%			10%			0%		
	%Bike	6%			20%			6%			16%		
		33			12			24			30		
VOLUMEN PEATONAL													
TOTAL DE PEATONES		CVR-NS	CVR-SN	CE9-EO	CE9-OE	CJ1-NS	CJ1-SN	CE8-EO	CE8-OE				
1 ciclo	Número de peatones	5	1	3	2	2	5	4	1				
2 ciclo	Número de peatones	6	4	2	1	0	3	3	1				
3 ciclo	Número de peatones	1	1	1	3	1	1	2	1				

### 3.6.2.3. Análisis de Datos

Para el cálculo del flujo vehicular y peatonal, se usó el promedio aritmético de las tres muestras tomadas de la Figura 25, luego con el promedio obtenido por ciclos de 100 segundos, se estimó el flujo vehicular por hora, tal como puede verse en la Figura 26. También de manera similar se calculó la composición vehicular, para cada una de las rutas.

**Figura 26**

*Flujo y Distribución Vehicular y peatonal por hora*

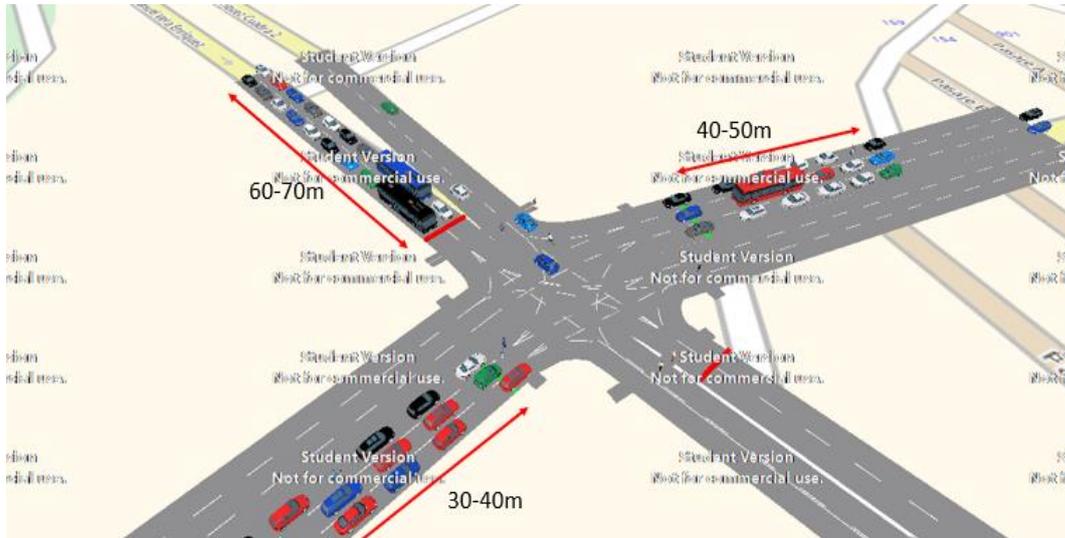
PROMEDIO VEHICULAR POR CICLO													
PROMEDIO		E9-E8	E9-CJ	E9-VR	CJ-VR	CJ-E8	CJ-E9	VR-E8	VR-CJ	VR-E9	E8-E9	E8-CJ	E8-VR
	PROM. de vehículos por ciclo (100 seg)	16	2	9	11	0	1	1	3	21	21	1	6
	PROM_vehic_car por ciclo	85%			85%			88%			87%		
	PROM micros_bus por ciclo	6%			0%			8%			0%		
	PROM_Bike por ciclo	9%			15%			4%			13%		
TOTAL DE VEHÍCULOS POR HORA													
FLUJO VEHICULAR		E9-E8	E9-CJ	E9-VR	CJ-VR	CJ-E8	CJ-E9	VR-E8	VR-CJ	VR-E9	E8-E9	E8-CJ	E8-VR
	VOLUMEN de vehículos por hora (3600 seg)	576	72	324	396	12	24	24	108	744	768	36	228
	TATAL POR CADA AVENIDA	972			432			876			1032		
VOLUMEN PEATONAL POR CICLO													
TOTAL DE PEATONES		CVR-NS	CVR-SN	CE9-EO	CE9-OE	CJ1-NS	CJ1-SN	CE8-EO	CE8-OE				
PROM_peatones por ciclo		4	2	2	2	1	3	3	1				
VOLUMEN PEATONAL POR HORA													
TOTAL DE PEATONES		CVR-NS	CVR-SN	CE9-EO	CE9-OE	CJ1-NS	CJ1-SN	CE8-EO	CE8-OE				
Número de peatones por hora		144	72	72	72	36	108	108	36				

Se usó el software PTV-VISIM para simular la transitabilidad vehicular y peatonal, tal como se ve en el Anexo 6. Los pasos que se siguieron fueron:

- **Paso 1:** Primero se crearon los ‘link’ que sirven para la generación de vías, para esto se usó la Figura 22.
- **Paso 2:** Luego se configuró la composición vehicular, para esto se necesitó de la cantidad de vehículos que circulan en cada una de las rutas por hora, así como del porcentaje del tipo de vehículos que circulan por una avenida o calle específica, para esto se usaron los datos de la Figura 26.
- **Paso 3:** Después se configuró los semáforos para controlar el tráfico de acuerdo a los tiempos reales extraídos de la vía, de acuerdo con la Figura 23
- **Paso 4.** Finalmente se simuló la situación real de tráfico tal como puede verse en la Figura 27

**Figura 27**

*Simulación del Tráfico en Software PTV-VISIM*



Al hacer el levantamiento de información y luego simulación de la intersección en estudio, se constató que la transitabilidad vehicular, se ve sobrecargada debido a: el exceso de rutas de transporte público, carencia de un sistema inteligente para controlar los tiempos de semaforización, mal estado de las vías y por uso inadecuado de las mismas, es decir se utilizan como paraderos; todo esto ocasiona colas de hasta 60 y 70 metros.

En cuanto a la transitabilidad peatonal, se observó que en la intersección no garantiza seguridad a los peatones al cruzar las vías, debido a: carencia de semáforos peatonales, imprudencia del conductor, imprudencia del peatón, insuficiente señalización, limitada infraestructura peatonal y mal estado de las vías debida a la falta de mantenimiento.

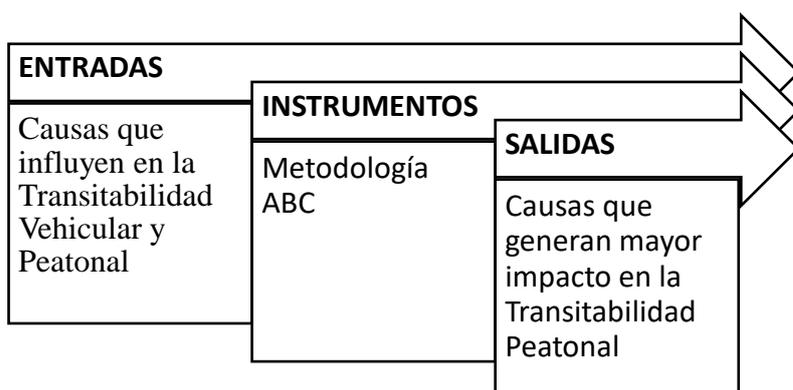
### 3.6.3. PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA IDENTIFICAR LAS CAUSAS QUE GENERAN LA CONGESTIÓN

#### 3.6.3.1.Procedimiento

Para identificar las causas que afectan la transitabilidad se ha establecido un proceso en el que se han definido las entradas, instrumentos y salidas como se ve en la Figura 28.

**Figura 28**

*Proceso para Identificación de Causas que Afectan la Transitabilidad Vehicular*



Las causas que influyen en la transitabilidad han sido tomadas del PMUS, y del levantamiento de información en campo. Con la metodología ABC se procederá a dar una valoración a las causas en el cual se construirá un diagrama de Pareto, que dará como resultado la identificación de las causas más importantes para mejorar.

#### 3.6.3.2.Técnicas

Para Determinar las causas que más influyen en la congestión de tráfico se usará la lista de cotejo del Anexo 7, en el que se valorarían cada una de las causas de la Tabla 13.

**Tabla 13***Causas que influyen en la Transitabilidad a evaluar*

<b>CODIGO</b>	<b>CAUSAS</b>
<b>AT</b>	Accidentes de tránsito
<b>MOT</b>	Modelo organizacional de las empresas de transporte
<b>ERV</b>	Estado de la red vial
<b>DP</b>	Densidad poblacional
<b>DMV</b>	Distribución modal vehicular
<b>RDT</b>	Red semafórica
<b>RTP</b>	Rutas de transporte público
<b>GT</b>	Gobernabilidad
<b>TNM</b>	Transporte peatonal
<b>TB</b>	Transporte en bicicleta
<b>PL</b>	Políticas locales
<b>TV</b>	Dispositivos de gestión de tráfico
<b>FV</b>	Fallas vehículos
<b>PQ</b>	Uso inadecuado de las vías
<b>IC</b>	Imprudencia del conductor
<b>IP</b>	Imprudencia del peatón
<b>PV</b>	Paraderos en las vías

En la Tabla 14, se presenta la valoración de acuerdo al nivel de prioridad.

**Tabla 14***Caracterización de la Valoración por Prioridades*

<b>PRIORIDAD</b>	<b>VALORACIÓN</b>
ALTA	15
MEDIA ALTA	5
MEDIA	1

Luego se ha construido la tabla de valoraciones (Tabla 15) de las causas que generan la congestión vehicular en el Centro Histórico de Trujillo, extraídas de un estudio situacional de Trujillo Metropolitano y de información de campo.

**Tabla 15**

*Valoración de las Causas según la Metodología ABC*

VALORACIÓN DE CAUSAS POR PRIORIDAD QUE GENERAN LA CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE TRUJILLO																	
CAUSAS FUENTES	(AT)	(MOT)	(ERV)	(DP)	(DMV)	(RDT)	(RTP)	(TNM)	(GT)	(TB)	(PL)	(TV)	(FV)	(PQ)	(IC)	(IP)	(PV)
PMUS	15	1	5	1	1	15	15	5	5	1	1	15	1	5	1	1	5
DATOS DE CAMPO	15	1	1	1	1	15	15	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5
TOTAL	30	2	6	2	2	30	30	6	6	2	2	20	2	6	2	2	10

*Nota.* La valoración de prioritario es de acuerdo a una proyección a mediano plazo 2023-2026

### 3.6.3.3. Análisis de Datos

Luego se ordenaron los criterios en orden descendente en la Tabla 16 y se construyó el Diagrama de Pareto de la Figura 29.

**Tabla 16**

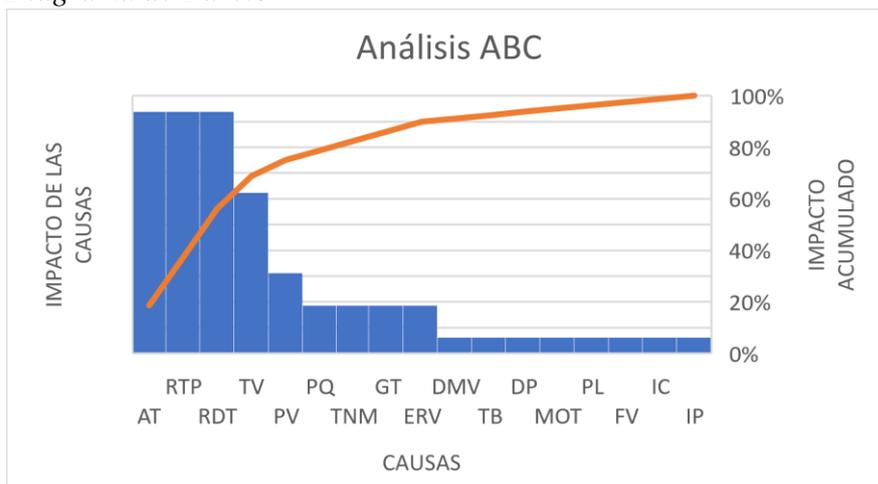
*Criterios de Valoración*

CRITERIO	VALORACIÓN DE CAUSAS	PORCENTAJE (%)	ACUMULADO (%)
AT	30	19	19
RTP	30	19	38
RDT	30	19	56
TV	20	13	69
PV	10	6	75
PQ	6	4	79
TNM	6	4	83
GT	6	4	86
ERV	6	4	90
DMV	2	1	91
TB	2	1	93
DP	2	1	94
MOT	2	1	95
PL	2	1	96
FV	2	1	98
IC	2	1	99
IP	2	1	100%
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>	

*Nota.* Los valores mostrados están ordenados de forma ascendente

**Figura 29**

*Diagrama de Pareto*



Como puede verse en la Figura 29 existe una diferencia marcada en el impacto de las causas que afectan la transitabilidad, por lo que siguiendo la metodología ABC, se categorizaron en tres clases, la clase A contiene entre el 75% y 100% e involucra las causas con los códigos (AT, RTP, RDT, TV y PV), la clase B contiene la diferencia que son los otros 25 % de causas restantes. Finalmente, de acuerdo a la metodología ABC se ha dado prioridad a la clase A como las causas que deben atenderse de manera prioritaria para reducir la congestión de tráfico, y se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Causas que generan mayor impacto en la transitabilidad vehicular y peatonal*

<b>CODIGO</b>	<b>CAUSAS</b>
<b>AT</b>	Accidentes de tránsito
<b>RTP</b>	Rutas de transporte público
<b>RDT</b>	Red semafórica
<b>TV</b>	Dispositivos de gestión de tráfico
<b>PV</b>	Paraderos en las vías

Nota. Causas que generan en mayor medida la congestión vehicular en el Centro

Histórico de Trujillo

### **3.6.4. PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA DISEÑAR LA ARQUITECTURA ITS BASADA EN LA ARC-IT**

#### **3.6.4.1. Procedimiento**

De acuerdo a los lineamientos del MTC, para el desarrollo de ITS se deberá considerar la metodología V, metodología a la cual el ARC-IT está alineado. Para diseñar la arquitectura ITS, se ha establecido un proceso en el que se han definido las entradas, instrumentos y salidas como se ve en la Figura 30.

**Figura 30**

*Proceso para Identificación de Componentes de Arquitectura ARC-IT*



#### **3.6.4.2. Técnicas**

Se diseñará una propuesta conceptual de la arquitectura ITS, por tanto, se hará uso del software RAD-IT para generar la arquitectura regional para la ciudad de Trujillo. Se tomará en cuenta el instrumento de 'F3-formato de identificación de componentes de la arquitectura', que se encuentra en el Anexo 8, identificando los componentes que luego se ingresaran al software RAD-IT a través de las siguientes etapas:

- **Etapa 1:** Identificación de objetivos para mitigar las causas más influyentes que generan la congestión
- **Etapa 2:** Identificación de grupos de interés que respaldaría los objetivos
- **Etapa 3:** Mapeo del inventario para soportar los ITS
- **Etapa 4:** Identificación de servicios de acuerdo al ARC-IT y al MTC
- **Etapa 5:** Identificación de roles y responsabilidades
- **Etapa 6:** Identificación de funciones
- **Etapa 7:** Identificación de interfaces
- **Etapa 8:** identificación de comunicaciones

En la tabla 18, se proponen los objetivos y estrategias que tendrían que plasmarse en la arquitectura para mitigar las causas que generan la congestión vehicular y peatonal, en la avenida en estudio; en la tabla 19, gracias a estudios como el PMUS y la recolección de campo de esta investigación, se identificaron los grupos de interés que se encargarían de garantizar la operatividad y continuidad de la arquitectura, en el cual se hizo un match para identificar el objetivo al que respaldaría; en la tabla 20, se identificaron los sistemas de acuerdo a la arquitectura ARC-IT, para el cual se creyó conveniente agruparlos en aspecto relacionado a mantenimiento, en aspectos relacionados a mejoramiento de infraestructura, en aspectos relacionados a comunicaciones y en aspectos referidos a gestión. En la tabla 21, se hizo un mapeo de los servicios y objetivos a los que estarían alineados, así como también la necesidad de implementación de cada uno. En la tabla 22, se identificaron cada uno de los roles y responsabilidades que cada participante interesado debe asumir, identificando el servicio al que prestaría atención. En la tabla 23, se identificaron las funciones que debe realizar cada sistema ITS, para que a medida que se implementen proyectos y asignen requisitos se puedan obtenga el conjunto de funciones requeridas. En la tabla 24, se establecen las conexiones entre sistemas con la finalidad de intercambiar información y coordinar servicios de transporte. En la tabla 25, se establecieron los estándares para el intercambio de información entre sistemas ITS.

### 3.6.4.2.1. Identificación de Estrategias y Objetivos

En la Tabla 18 se describe cada objetivo y estrategia, así como su indicador respectivo, mapeando a cada uno de ellos las causas más influyentes de congestión a las que tendría que dar solución.

**Tabla 18**

*Identificación de Estrategias y Objetivos*

<b>Causas influyentes</b>	<b>Objetivo/ estrategia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Indicador</b>
Por los Accidentes de Tránsito	Objetivo OB1	Incrementar la seguridad del sistema de transporte para usuarios motorizados y no motorizados	Con reducción de la tasa del número de fallecidos y número de incidentes
	Estrategia	Reducción de las muertes por accidentes de tránsito y lesiones graves	Número de muertes por accidentes de tráfico
	Estrategia	Incremento de sistemas de seguridad en los vehículos motorizados y no motorizados contra obstáculos potenciales	Número de incidentes con en la red vehicular y peatonal
Rutas de Transporte Público	Objetivo OB2	Mejorar la integración y conectividad del sistema de transporte y mejorar los servicios de acceso a la información.	Con una mayor facilidad al acceso a la información
	Estrategia	Mejorar la capacidad de comunicación entre las diferentes agencias de gestión de tráfico y de emergencia.	Tiempo de demora en la respuesta de atención a emergencias
	Estrategia	Mayor acceso a la información debido al equipamiento vehicular.	Incremento del número de vehículos con tecnologías ITS
	Estrategia	Mejorar los servicios de los pasajeros y transeúntes	Nivel de satisfacción de pasajeros y transeúntes en cuanto a los servicios de transporte

Por carencia de Dispositivos de gestión de tráfico	Objetivo OB3	Mejorar la Transitabilidad peatonal y vehicular en el centro histórico de Trujillo, implementando mayor cantidad de semáforos peatonales, cámaras, y dispositivos que interactúen con los conductores para advertirles se situaciones de congestión vehicular	Con reducción de la congestión vehicular
	Estrategia	Mejorar la interacción entre vehículos y la infraestructura	Retardos de tiempos de viaje
	Estrategia	Implementación de sistemas ITS tanto vehicular peatonal en las vías	Reducción de las colas
	Objetivo OB4	Mejorar el nivel de hardware y software, con actualizaciones que cumplan el requisito mínimo por el estándar y las políticas	Actualizaciones de software y hardware
	Estrategia	Actualizaciones de hardware y software en el sistema de gestión de tráfico	Porcentaje del número de actualizaciones
Por deficiencias en la red semafórica / Por paraderos en la avenida España	Objetivo OB5	Mejorar el mantenimiento de equipos ITS en campo	Con el porcentaje de equipos operativos y en buen estado
	Estrategia	Mantenimiento de sistemas de pago, equipos de apoyo al pasajero y de verificación de vehículos comerciales	Porcentaje de equipos en buen estado
	Estrategia	Mantenimiento de señales de tráfico, controladores de tráfico, CCTV y otros	Porcentaje de avance del mantenimiento de acuerdo al plan
Para mejorar las comunicaciones entre los Dispositivos de gestión de tráfico	Estrategia	Supervisión, control y gestión de la configuración de la infraestructura, y la corrección de los problemas del servicio de infraestructura	Porcentaje de avance del mantenimiento de acuerdo al plan
	Objetivo OB6	Mejorar las comunicaciones ITS seguras y confiables entre dispositivos.	Con la tasa de errores en las comunicaciones
	Estrategia	Mejorar los protocolos de comunicación	Porcentaje de errores debido a las comunicaciones ITS

La forma de cómo se identificaron estas estrategias y objetivos en el Softwares RAD-IT se muestra en el Anexo 9.

### 3.6.4.2.2. Identificación de los Grupos de Interés

En la Tabla 19 se identificó una propuesta de los grupos de interés que estarían encargados del ITS para garantizar la operatividad y continuidad en el tiempo.

**Tabla 19**

*Grupos de Interés*

Grupo de interesados							
Grupos de interés de acuerdo al PMUS	Propuesta de grupos de interés	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6
Autoridad de Transporte de Trujillo, Autoridad de transporte privado, Autoridad de transporte público, Representante de la Sociedad civil	GR1-Centro de mantenimiento y construcción ITS de Trujillo					X	
	GR2-Centro de mejoramiento de la infraestructura ITS de Trujillo			X	X		
	GR3-Centro de comunicaciones y soporte tecnológico de los sistemas ITS de Trujillo						X
	GR4-Centro gestión de sistemas ITS de transporte de Trujillo Centro	X	X				

*Nota.* Los objetivos OB1, OB2, OB3, OB4, OB5 y OB6 han sido detallados en la Tabla 18.

La tabla 19, presenta una propuesta de quienes estarían involucrados en el sistema de transporte inteligente de Trujillo, conformado por: el GR1(Centro de mantenimiento y construcción ITS de Trujillo), que atenderían directamente al objetivo OB5; el GR2(Centro de mejoramiento de la infraestructura ITS de Trujillo) que atendería los objetivos OB3 y OB4; el GR3(Centro de comunicaciones y

soporte tecnológico de Trujillo), que atendería al objetivo OB6 y el GR4(Centro gestión de sistemas ITS de transporte de Trujillo Centro), que atendería a los objetivos OB1 y OB2. Todo esto ha sido estudiado también en el software RAD-IT como se muestra en el Anexo 10.

### 3.6.4.2.3. Identificación del Inventario

Una vez definido los interesados con los grupos de objetivos que debe respaldar, se presentó una propuesta de los sistemas que deben planificarse para soportar a los servicios que conlleva, de acuerdo a los objetos físicos de la ARC-IT. A continuación, en la Tabla 20 se ha creído conveniente agrupar al inventario en cuatro aspectos: CM (relacionados a elementos de mantenimiento), IM (relacionado a elementos de mejoramiento de la infraestructura), CC (relacionado a elementos de comunicaciones) y CG (referidos a elementos de gestión).

**Tabla 20**

*Inventario por Grupo de Interés*

Interesados	Inventario	Clase	descripción
GR1-Centro de mantenimiento y construcción ITS de Trujillo	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Centro	Supervisa y gestiona las actividades de mantenimiento y construcción de la infraestructura vial.
	CM-Operador de vehículos Mantenimiento y Construcción	Personal	El operador proporciona información específica para las operaciones de mantenimiento y construcción de vehículos, incluido el estado de las acciones de mantenimiento.
	CM-Operadores del centro de mantenimiento -	Personal	Las personas que interactúan directamente con un Centro de Gestión de Construcción y Mantenimiento.
	CM-personal de mantenimiento y construcción	Personal	Representa a las personas que realizan actividades de campo de mantenimiento y construcción
	CM-Sistema administrativos de Mantenimiento y Construcción	Centro	Representa los diversos sistemas administrativos que apoyan la operación de los sistemas ITS para operaciones de mantenimiento y construcción.
	CM-Vehículo básico de Mantenimiento y Construcción	Vehículo	Incluye el bus de datos, actuadores y otros puntos de acceso que utilizan los equipos de a bordo para supervisar y controlar los sistemas del vehículo anfitrión.

	CM-Vehículo OBE de Mantenimiento y Construcción	Vehículo	En este vehículo reside en un equipo de mantenimiento, construcción u otro servicio especializado y proporciona las funciones de procesamiento, almacenamiento y comunicaciones necesarias para apoyar el mantenimiento y la construcción de carreteras.
GR2-Centro de mejoramiento de la infraestructura ITS de Trujillo	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	Campo	Dispositivos de carretera de vehículos conectados que se utilizan para enviar mensajes y recibir mensajes de vehículos cercanos mediante comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) u otras tecnologías de comunicaciones inalámbricas alternativas.
	IM-Campo	Campo	Se utiliza para modelar las capacidades centrales que son comunes a cualquier equipo de campo
	IM-Centro	Centro	Se utiliza para modelar las capacidades centrales que son comunes a cualquier centro
	IM-Centro de administración de pagos	Centro	Proporciona capacidades generales de administración de pagos y respalda la transferencia electrónica de fondos del cliente al operador del sistema de transporte u otro proveedor de servicios.
	IM-Centro de distribución y logística de carga	Centro	Proporciona apoyo logístico intermodal y apoyo para la distribución eficiente de la carga en los sistemas y modos de transporte.
	IM-Dispositivo de información personal	Personal	Representa los dispositivos utilizados por el personal de emergencia o el personal de mantenimiento y construcción en el campo.
	IM-Dispositivos de pago	Personal	Permite la transferencia electrónica de fondos del usuario de un servicio al proveedor del servicio.
	IM-El equipo de a bordo del vehículo de emergencia (OBE)	Vehículo	Es el que reside en un vehículo de emergencia y proporciona las funciones de procesamiento, almacenamiento y comunicaciones que admiten las aplicaciones de vehículos conectados relacionadas con la seguridad pública.
	IM-Equipamiento básico en los vehículos	Vehículo	Incluye la plataforma del vehículo que interactúa y aloja la electrónica de ITS y todos los sistemas de entretenimiento y comodidad del conductor, y otros dispositivos electrónicos que no son de ITS a bordo del vehículo.

GR2-Centro de mejoramiento de la infraestructura ITS de Trujillo	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo	Campo	Representa el equipo portátil utilizado por el personal de campo para solucionar problemas, inicializar, reprogramar y probar localmente el equipo de infraestructura.
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras	Campo	Representa el equipo ITS que se distribuye en y a lo largo de la calzada que monitorea y controla el tráfico y monitorea y administra la calzada.
	IM-Equipo a bordo del vehículo	Vehículo	Proporciona las funciones sensoriales, de procesamiento, de almacenamiento y de comunicaciones basadas en el vehículo que respaldan un viaje eficiente, seguro y conveniente.
	IM-Equipo a bordo del vehículo de tránsito (OBE)	Vehículo	El equipo a bordo del vehículo de tránsito (OBE) reside en un vehículo de tránsito y proporciona las funciones sensoriales, de procesamiento, almacenamiento y comunicaciones necesarias para apoyar el movimiento seguro y eficiente de los pasajeros.
	IM-equipo de comunicaciones ITS	Soporte	El "equipo de comunicaciones ITS" incluye el hardware y el software de comunicaciones que admite comunicaciones seguras y fiables.
	IM-OBE de vehículos comerciales	Vehículo	reside en un vehículo comercial y proporciona las funciones sensoriales, de procesamiento, almacenamiento y comunicaciones necesarias para respaldar las operaciones seguras y eficientes.
	IM-Servicio meteorológico de transporte	Centro	Representa a los proveedores de servicios meteorológicos específicos del sector de valor añadido.
	IM-Sistema de adquisición de datos de instalaciones de almacenamiento	Centro	Representa sistemas que supervisan e informan del estado actual de las instalaciones que proporcionan almacenamiento y almacenamiento provisional para equipos y materiales utilizados en operaciones de mantenimiento y construcción.
	IM-Sistema de monitoreo de servicio	Soporte	Representa uno o más sistemas basados en el centro que proporcionan servicios de monitoreo, gestión y control necesarios para otras aplicaciones que operan dentro del entorno del vehículo conectado
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico	Centro	Proporciona información meteorológica, hidrológica, climática y advertencias de clima peligroso, incluyendo tormentas eléctricas, inundaciones y eventos climáticos.

	IM-Vehículo de tránsito básico	Vehículo	Representa el vehículo de tránsito que aloja el equipo de a bordo que proporciona funciones ITS
GR3-Centro de comunicaciones y soporte tecnológico de los sistemas ITS de Trujillo	CC-Medios comunicación	Centro	Representa los sistemas de información que proporcionan informes de tráfico, condiciones de viaje y otros servicios de noticias relacionados con el transporte al público pasajero a través de la radio, la televisión y otros medios.
	CC-Sistema de difusión de información de área amplia	Soporte	representa los sistemas basados en el centro y el equipo de comunicaciones que se utiliza para enviar mensajes a los vehículos equipados mediante comunicaciones inalámbricas de área amplia, como radio satelital, subportadora de transmisión de FM terrestre o redes de datos celulares.
	CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	Centro	Representa los sistemas utilizados por los proveedores de comunicaciones inalámbricas para proporcionar servicios de voz y datos que atienden colectivamente a miles de millones de usuarios móviles en todo el mundo.
	CC-Unidad de Comunicaciones en Carretera	Campo	Proporciona comunicaciones inalámbricas entre la infraestructura de carretera y los vehículos equipados cercanos.
	IM-Objeto físico ITS	Soporte	Los objetos ITS incluye las capacidades e interfaces centrales que pueden incluirse en cualquier sistema o dispositivo ITS.
GR4-Centro gestión de sistemas ITS de transporte de Trujillo Centro	CG- Personal de operaciones de tráfico	Personal	Representa a las personas que operan un centro de gestión de tráfico.
	CG-Centro de Administración de Vehículos Comerciales	Centro	Realiza funciones administrativas de apoyo a las credenciales, impuestos y regulaciones de seguridad asociadas con los vehículos comerciales.
	CG-Centro de gestión de emergencias	Centro	Representa los sistemas que apoyan la gestión de incidentes, la respuesta y evacuación ante desastres, el monitoreo de la seguridad y otras aplicaciones ITS orientadas a la seguridad y la seguridad pública.
	CG-Centro de gestión de flotas y mercancías	Centro	Proporciona la capacidad para que los conductores comerciales y los administradores de flotas de fletes reciban información de rutas en tiempo real y accedan a bases de datos que se encuentran ubicaciones de vehículos y / o equipos de carga.
	CG-Centro de gestión de la Información de transporte	Centro	Recopila, procesa, almacena y difunde información de transporte a los operadores del sistema y al público pasajero.

GR4-Centro gestión de sistemas ITS de transporte de Trujillo Centro	CG-Centro de gestión de tránsito	Centro	Gestiona flotas de vehículos de tránsito y se coordina con otros modos y servicios de transporte.
	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro	Supervisa y controla el tráfico y la red de carreteras. Representa a los centros que administran una amplia gama de instalaciones de transporte,
	CG-Ciclista del centro histórico	Personal	Representando a aquellos que utilizan modos de viaje no motorizados, y en particular a los ciclistas que a veces comparten carriles de vehículos motorizados.
	CG-Conductores de Trujillo centro	Personal	El 'Conductor' representa a la persona que opera un vehículo en la calzada.
	CG-Controlador de calidad de datos	Personal	Representa al operador humano que proporciona tareas generales de gestión, administración y supervisión de datos para el archivo de datos ITS.
	CG-Operador de sistema de campo	Personal	Representa a los operadores de equipos de campo, como sistemas de gestión de aparcamientos, terminales intermodales y otros equipos de campo que cuentan con el apoyo de un operador local.
	CG-Operador de Vehículos de tránsito	Personal	Representa a la persona que recibe y proporciona información adicional que es específica para operar las funciones de ITS en todos los tipos de vehículos de tránsito.
	CG-Operador del sistema de emergencia	Personal	Representa al personal de seguridad pública que monitorea las solicitudes de emergencia y configura respuestas predefinidas para ser ejecutadas por un sistema de gestión de emergencias.
	CG-Operador del sistema de supervisión de servicios	Personal	Representa a la persona o personas que supervisan y administran el sistema de supervisión de servicios.
	CG-Operadores del servicio de información al pasajero	Personal	Este "Operador TIC" representa a la persona o personas que monitorean y administran los servicios de información al pasajero proporcionados por el Centro de Información de Transporte.
	CG-Pasajeros del centro de Trujillo	Personal	Representa a cualquier individuo que utiliza los servicios de transporte
	CG-Peatonos del centro de trujillo	Personal	Participa en los servicios ITS que apoyan el uso seguro y compartido de la red de transporte mediante modos de transporte motorizados y no motorizados.

GR4-Centro gestión de sistemas ITS de transporte de Trujillo Centro	CG-Personal de emergencia	Personal	Personal está asociado con el Vehículo de Emergencia durante el envío al sitio del incidente, pero a menudo trabaja independientemente del Vehículo de Emergencia mientras proporciona sus servicios de respuesta a incidentes.
	CG-Personal de Operaciones de Tránsito	Personal	Representa a las personas que son responsables de la gestión de la flota, las operaciones de mantenimiento y las actividades de programación del sistema de tránsito.
	CG-Sistema de gestión de activos	Centro	Representa los sistemas que apoyan la toma de decisiones para el mantenimiento, la actualización y la operación de activos de transporte físico.
	CG-Sistema de gestión de eventos	Centro	Representa a los patrocinadores de eventos especiales que tienen conocimiento de eventos que pueden afectar los viajes en las carreteras u otros medios modales.
	IM-Sistema de usuario de datos archivados	Centro	Representa los sistemas que los usuarios emplean para acceder a los datos archivados.

De la tabla anterior se resume que, se debe planificar una de infraestructura de gestión de tráfico para poder abarcar el objetivo 3 que es Mejorar la Transitabilidad peatonal y vehicular en el centro histórico de Trujillo, implementando mayor cantidad de semáforos peatonales, cámaras, y dispositivos que interactúen con los conductores para advertirles de situaciones de congestión vehicular; también para abarcar el objetivo 1 que es Incrementar la seguridad del sistema de transporte para usuarios motorizados y no motorizados se debe también planificar centros de gestión de tráfico, de emergencia, de gestión de información, todo relacionado a sistemas inteligentes de transporte. Y de manera similar se debe planificar la gestión del mantenimiento y las comunicaciones para garantizar la operatividad de los servicios.

Con la información anteriormente clasificada y ordenada se procedió a configurar el programa en la sección inventario en el software RAD-IT como se muestra en el Anexo 11.

### 3.6.4.2.4. Evaluación de servicios, y necesidades

Habiendo ya definido el inventario, los interesados y los objetivos, se seleccionaron los servicios respectivos (mostrado en la Tabla 21) para responder a cada uno de los objetivos, se hará un mapeo de los servicios y los objetivos que cubriría, identificando también a manera de resumen las necesidades de cada uno de los servicios.

**Tabla 21**

*Definición de Servicios por cada Esfera*

Esfera del servicio según el MTC	SERVICIOS ARC-IT	Servicio ITS según el MTC	NECESIDAD -EXTRAÍDO DE LA ARC-IT	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6
Información al pasajero	TI 05: INFORMACIÓN Y RESERVAS DE SERVICIOS DE VIAJE	Información vial y de tránsito Información transporte público de pasajeros Información a un lado del camino Información a bordo del vehículo	Los pasajeros deben ubicar rápidamente las instalaciones de apoyo cercanas, como estaciones de servicio / reparación de automóviles, hospitales o comisarías de policía, etc., para sentirse más seguros y confiados al viajar a nuevas áreas.		X		X		
Gestión y Operación del tránsito	TM07_TM03: Control de señales de tráfico	Monitoreo del tráfico Gestión de la distribución de las vías Gestión de la velocidad de las vías	Las operaciones de tráfico deben poder controlar de forma remota las señales de tráfico en las intersecciones bajo su jurisdicción, también poder administrar e implementar planes de control para			X	X		

	Preferencia a vehículos específicos Gestión de la ocupación en las vías por trabajo Gestión del estacionamiento	coordinar las intersecciones señalizadas, así como poder monitorear y controlar los aspectos de los cruces de peatones de las señales de tráfico para facilitar los cruces de peatones seguros en la intersección.							
<b>TM07_TM08:</b> Sistema de gestión de incidentes de tráfico	Detección de accidentes	Las operaciones de tráfico deben detectar y verificar incidentes en las carreteras mediante CCTV y sensores de campo, también compartir información sobre incidentes con otros centros ITS, así como poder coordinar las solicitudes de recursos con los centros de emergencia y mantenimiento para respaldar la limpieza después del incidente	X	X	X	X			
<b>TM07_TM04:</b> Sistema de señales de tráfico para vehículos conectados	Servicio de comunicación con el usuario en vía	Las operaciones de tráfico deben poder utilizar tanto la información de los vehículos conectados como la medición de la infraestructura de los vehículos no equipados para mejorar las operaciones de los sistemas de control de señales de tráfico, así como deben poder monitorear y controlar los aspectos de los cruces de peatones de las señales de tráfico para facilitar los cruces de peatones seguros en la intersección, incluidos aquellos que difunden la fase de la señal y los datos de tiempo a los vehículos conectados.							
	Asistencia en carretera								
	Control de acceso		X	X	X				
<b>SU01_SU11_MC05:</b> Mantenimiento de equipos de campo	Evaluación e inventario de la infraestructura	Las operaciones de mantenimiento y construcción deben poder programar el mantenimiento y la construcción en una vía, también deben poder monitorear el estado del equipo de campo ITS							
	Gestión de actuaciones de mantenimiento					X	X		

	<b>TM07_TM01:</b> Vigilancia de tráfico basada en infraestructura	Localización de flotas	Las operaciones de tráfico deben poder monitorear la red de carreteras utilizando dispositivos de infraestructura para detectar y verificar incidentes y respaldar la implementación de estrategias operativas de tráfico.	X	X	X	X		
		Control del límite de velocidad							
		Control de estacionamiento indebido							
		Control de paso de semáforo en rojo							
		Control de giro indebido							
		Control de sentido de circulación							
		Control de uso de vías preferentes							
		Vehículo de alta ocupación							
<b>Vehículo</b>	<b>TM07_TM02:</b> Vigilancia de tráfico basada en vehículos	Gestión de la percepción del conductor	Los proveedores de información para viajeros y operaciones de tráfico deben poder monitorear la red de carreteras utilizando información de vehículos conectados para detectar y verificar incidentes.	X	X	X	X		
		Control de velocidad							
		Velocidad de cruce							
		Asistencia al estacionamiento							
		Agrupación de vehículos							
		Prevención de colisiones longitudinales							
	Prevención de colisiones transversales								
	<b>TM07_TM05:</b> Medición de tráfico	Sonorización del vehículo	Las operaciones de tráfico deben poder monitorear y controlar los equipos de medición del tráfico para regular el flujo del tráfico en las rampas, los intercambios y la línea principal.			X	X		
		Sonorización del estado de la vía							
Dispositivos de seguridad antes del choque									
<b>Transporte de carga</b>	<b>CVO02:</b> Administración de carga	Registro automático de permisos y licencias	La gestión de flotas y cargas debe determinar el estado operativo de su equipo de carga, incluidos camiones, remolques, contenedores y chasis a sus						
		Aduanas							

		Pesaje Dinámico Control de carga Localización y seguimiento de flotas Intercambio de información sobre carga y vehículo Acceso a la información de la carga para el cliente Información de mercancías peligrosas Seguimiento y control de trayectorias	operadores de vehículos comerciales, servicios de carga intermodal y otros agentes autorizados.							
<b>Transporte público de pasajeros</b>	<b>PT03:</b> Operaciones de tránsito dinámico	Monitoreo del vehículo Gestión de la planificación del servicio Gestión del cumplimiento del servicio Planificación de servicio según demanda de usuario	Las operaciones de tránsito deben poder realizar reservas para viajes, programar vehículos de tránsito en respuesta a la demanda que incluyan el origen, el destino y la hora de salida de los viajeros para poder realizar la programación de respuesta a la demanda.		X					
<b>Gestión de emergencias</b>	<b>PS02:</b> Respuesta a emergencias	Comunicación automática de emergencias o incidentes Seguimiento de flota de vehículos de emergencias Gestión de la atención de emergencias Intercambio de información de incidentes y emergencias	La gestión de emergencias debe poder obtener información de la escena del incidente para respaldar la respuesta al incidente.	X	X	X				

		Coordinación de planes de actuación								
<b>Pago electrónico relacionado con el transporte</b>	<b>TM02:</b> Vigilancia basada en vehículos	Pago electrónico de tickets de transporte	Las operaciones de tráfico deben poder monitorear la red de carreteras utilizando datos de sondeo de los sistemas de tránsito o de peaje.	X	X	X	X	X	X	X
		Peaje electrónico								
		Pago electrónico de estacionamiento								
<b>Seguridad en el transporte carretero</b>	<b>VS02:</b> Seguridad básica V2V	Alerta silenciosa	El vehículo conectado debe poder enviar y recibir datos de otros vehículos conectados para proporcionar advertencias de seguridad al conductor o acciones de control del vehículo. El conductor debe recibir advertencias del vehículo para evitar situaciones que comprometan la seguridad con vehículos remotos cercanos.	X	X	X	X	X	X	X
		Videovigilancia a bordo de los vehículos								
		Alarma presencia de peatones y obstáculos en la vía								
		Alarma exceso de velocidad								
		Alarma conducción en sentido contrario								
Aviso temprano de aproximación a cruces										
<b>Monitoreo de las condiciones climatológicas y ambientales</b>	<b>WX01:</b> Recopilación de datos meteorológicos	Monitoreo de parámetros climatológicas: temperatura, viento, humedad, precipitación	Las operaciones de tráfico o las operaciones de mantenimiento y construcción deben poder recopilar las condiciones de la carretera y los datos meteorológicos de los sensores ambientales en o en las proximidades de la carretera y de los sensores a bordo del vehículo.							X
		Monitoreo de alertas sísmicas								
		Monitoreo de alertas por inundación								
		Monitoreo de niveles de contaminación								

Con el software RAD-IT, se establecieron los servicios, que fueron ya previamente mapeados en las etapas anteriores, tal como puede verse en el Anexo 12 y una vez definido los servicios, con la opción ‘AUTOSELECT’ en la sección de necesidades de usuario, se procedió a configurar de forma automática Anexo 13.

#### **3.6.4.2.5. Identificación de Roles y responsabilidades**

Cada área participante debe asumir roles y responsabilidades para brindar los servicios ITS incluidos en la Arquitectura ITS. Pueden surgir necesidades cambiantes que requieran la formación de un acuerdo entre todas las partes afectadas que defina roles nuevos o adicionales. Definir los roles y responsabilidades de los actores participantes en la región y la voluntad de las agencias para aceptar sus roles y responsabilidades es un paso importante para lograr el objetivo común de un sistema ITS interoperable en toda la región. Para la identificación de roles, responsabilidades y funciones, también se hizo oprimiendo ‘Autoselect’ (Anexo 14), obteniendo los resultados de la Tabla 22.

**Tabla 22***Roles y Responsabilidades por cada Servicio*

<b>ROL Y ÁREA DE RESPONSABILIDADES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SERVICIOS</b>
Rol de centro de recopilación de datos meteorológicos	Las operaciones de tráfico o las operaciones de mantenimiento y construcción deben poder recopilar las condiciones de la carretera y los datos meteorológicos de los sensores ambientales en o en las proximidades de la carretera. También deben poder recopilar las condiciones de la carretera y los datos meteorológicos de los sensores a bordo del vehículo, así como compartir los datos ambientales recopilados entre sí	WX01
Rol de equipo de carretera de vehículo conectado	representa los dispositivos de carretera de vehículo conectado que se utilizan para enviar mensajes y recibir mensajes de vehículos cercanos mediante comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) u otras tecnologías de comunicaciones inalámbricas alternativas.	SU01
Rol de los dispositivos de información personal	Ofrece a los pasajeros la capacidad de recibir información formateada de pasajeros donde quiera que se encuentren. Las capacidades incluyen información del pasajero, planificación de viajes y guía de ruta. Con frecuencia, un teléfono inteligente, el Dispositivo de información personal brinda a los pasajeros la capacidad de recibir planificación de rutas y otros servicios de transporte enfocados personalmente desde la infraestructura en el campo, en el hogar, en el trabajo o mientras están en ruta.	TI05
Rol de los Dispositivos personales	representa los dispositivos utilizados por el personal de emergencia o el personal de mantenimiento y construcción en el campo, como dispositivos que incluirían cámaras corporales o teléfonos inteligentes	PS02
Rol de Vehículo de emergencia OBE	proporciona las funciones de procesamiento, almacenamiento y comunicaciones que respaldan las aplicaciones de vehículos conectados relacionados con la seguridad pública que incluye los operados por la policía, los bomberos y los servicios médicos de emergencia	PS02
Rol del área central	para modelar las capacidades centrales que son comunes a cualquier centro.	SU11
Rol del área de campo	para modelar las capacidades centrales que son comunes a cualquier equipo de campo	SU11

Rol del centro de gestión de emergencias	Representará los sistemas que apoyan la gestión de incidentes, la respuesta a desastres y la evacuación, el monitoreo de la seguridad y otras aplicaciones de ITS orientadas a la seguridad y la seguridad pública. Incluye las funciones asociadas con los centros de comunicaciones de seguridad pública fijos y móviles, incluidos los centros de recepción y despacho de llamadas de seguridad pública operados por la policía (incluida la policía de tránsito), bomberos y servicios médicos de emergencia.	TM08
Rol del Centro de gestión de tráfico	Representa a los centros que administran una amplia gama de instalaciones de transporte, se diferentes servicios para monitorear y administrar el flujo de tráfico y monitorear la condición de la carretera, las condiciones ambientales circundantes y el estado del equipo de campo	TM01 TM03 TM04 TM05
Rol del centro de gestión de tránsito	Gestiona flotas de vehículos de tránsito y se coordina con otros modos y servicios de transporte. Proporciona funciones de operaciones, mantenimiento, información del cliente, planificación y gestión para la propiedad de tránsito	PT03
Rol del Centro de información de transporte	Proporciona una función de recolección, fusión y reempaquetado de datos, recolectando información de los operadores del sistema de transporte y redistribuyendo esta información a otros operadores del sistema en la región y otros TIC	TM2
Rol del equipo de carreteras ITS	Representa el equipo ITS que se distribuye en y a lo largo de la calzada que monitorea y controla el tráfico y monitorea y administra la calzada. Este objeto físico incluye detectores de tráfico, sensores ambientales, señales de tráfico, radios de advertencia de carreteras, letreros de mensajes dinámicos, cámaras CCTV y sistemas de procesamiento de imágenes de video	DM01 TM03 TM04
Rol del equipo de mantenimiento de campo	representa el equipo portátil utilizado por el personal de campo para solucionar problemas, inicializar, reprogramar y probar equipos de infraestructura localmente. Puede incluir una computadora portátil, herramientas de diagnóstico especializadas o cualquier otro equipo de uso general o especializado que se interconecte localmente con el equipo de infraestructura para respaldar el mantenimiento y la reparación.	SU01
Rol de los Vehículos a bordo del vehículo	El equipo a bordo del vehículo (OBE) proporciona las funciones sensoriales, de procesamiento, de almacenamiento y de comunicaciones basadas en el vehículo que respaldan un viaje eficiente, seguro y conveniente. El OBE del vehículo incluye capacidades generales que se aplican a automóviles de pasajeros, camiones y motocicletas.	TM02 TM04
Rol del servicio de Gestión de	Supervisa y gestiona las actividades de construcción y mantenimiento de la infraestructura vial y de equipos ITS y no ITS como los controladores de tráfico, detectores, señales de mensajes dinámicos, señales y otros	TM08

mantenimiento y construcción	equipos asociados con la infraestructura vial. Además, participa en la respuesta a incidentes mediante el despliegue de recursos de mantenimiento y construcción en la escena del incidente	
Rol del sistema de vigilancia de tráfico basada en vehículos conectados	representará los dispositivos de carretera de vehículo conectado que se utilizan para enviar mensajes y recibir mensajes de vehículos cercanos mediante comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) u otras tecnologías de comunicaciones inalámbricas alternativas.	TM02 TM04
Rol del Vehículo de tránsito OBE	Los tipos de vehículos de tránsito que contienen este objeto físico incluyen autobuses, vehículos de para tránsito, otros vehículos diseñados para transportar pasajeros y vehículos de supervisión. Recopila los niveles de pasajeros y admite el cobro electrónico de tarifas. Admite una función de priorización de señales de tráfico que se comunica con el objeto físico del borde de la carretera para mejorar el rendimiento según lo programado.	PT03
Rol Sistema de monitorización de servicios	Representa uno o más sistemas basados en el centro que proporcionan servicios de monitorización, gestión y control necesarios para otras aplicaciones y / o dispositivos que operan dentro del Entorno del vehículo conectado.	SU01
Surface Street Management for Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO		TM01 TM02 TM04 TM07

#### 3.6.4.2.6. Identificación de Funciones

Cada sistema ITS operado por las partes interesadas debe realizar ciertas funciones para entregar de manera efectiva las capacidades previstas del proyecto. Las funciones primarias que cada sistema necesita realizar están ampliamente definidas en la arquitectura regional ITS TRUJILLO-CENTRO como un conjunto de Objetos Funcionales que componen los elementos físicos de la arquitectura. A medida que se implementen los proyectos, será necesario escribir requisitos para determinar qué debe hacer cada elemento para lograr su conjunto de

funciones dado. Esos requisitos se remontan a las necesidades de las partes interesadas para el proyecto. Las funciones fueron identificadas y se muestran en la Tabla 23

**Tabla 23**

*Funciones identificadas en Software RAD-IT*

Inventario	Nombre de Objeto Físico	Objeto Funcional	Descripción del Objeto Funcional
CC-Unidad de Comunicaciones en Carretera	Unidad de Comunicaciones en Carretera	RCU Comunicaciones por radio	Proporciona comunicaciones de radio básicas entre la infraestructura de la carretera y los vehículos y dispositivos móviles equipados cercanos. También se admiten las comunicaciones con el equipo de campo adyacente (incluidas otras RCU) y los centros de back office que supervisan y controlan la RCU. Es compatible con las capas inferiores de la pila OSI, específicamente las capas TransNet y SubNet del modelo de comunicaciones ARC-IT. También se incluyen capacidades de retransmisión de mensajes para mejorar el alcance, la fiabilidad y el rendimiento de las comunicaciones por radio.
CG-Centro de gestión de emergencias	Centro de manejo de emergencias	Recopilación de datos de emergencia	Recopila y almacena información de emergencia que el Centro de gestión de emergencias recopila en el curso de las operaciones. Estos datos pueden ser utilizados directamente por el personal de operaciones o pueden estar disponibles para otros usuarios y archivos de datos en la región.
CG-Centro de gestión de emergencias	Centro de manejo de emergencias	Comando de incidentes de emergencia	Brinda apoyo a la toma de decisiones tácticas, coordinación de recursos e integración de comunicaciones para los Comandos de Incidentes establecidos por los primeros en responder en o cerca de la escena del incidente para apoyar la gestión local de un incidente. Apoya las comunicaciones con la seguridad pública, la gestión de emergencias, el transporte y otros centros de agencias de respuesta aliadas, rastrea y mantiene la información de recursos, los planes de acción y la propia organización de comando de incidentes. La información se comparte con los

			centros de la agencia, incluido el estado de implementación de recursos, información sobre materiales peligrosos, tráfico, carreteras y condiciones climáticas, consejos de evacuación y otra información que permite al personal de emergencia o mantenimiento en el campo implementar una respuesta a incidentes efectiva y segura. Es compatible con las funciones e interfaces que comúnmente admite un centro de comando móvil.
CG-Centro de gestión de emergencias	Centro de manejo de emergencias	Gestión de respuesta a emergencias	Proporciona las capacidades estratégicas de respuesta a emergencias y amplias interfaces interinstitucionales que se implementan para incidentes y desastres extraordinarios que requieren una respuesta desde fuera de la comunidad local. Proporciona las capacidades e interfaces funcionales comúnmente asociadas con los centros de operaciones de emergencia. Desarrolla y almacena planes de respuesta a emergencias y gestiona la respuesta coordinada general a emergencias. Supervisa información en tiempo real sobre el estado del sistema de transporte regional, incluido el tráfico actual y las condiciones de la carretera, las condiciones meteorológicas, eventos especiales e información sobre incidentes. Realiza un seguimiento de la disponibilidad de recursos y ayuda en la asignación adecuada de estos recursos para una respuesta de emergencia en particular. También proporciona coordinación entre múltiples agencias aliadas antes y durante las emergencias para implementar planes de respuesta de emergencia y rastrear el progreso a través del incidente. También se coordina con el público a través de los sistemas de telecomunicaciones de emergencia (por ejemplo, 911 inverso). Se coordina con los sistemas de salud pública para brindar la respuesta más adecuada a las emergencias que involucran peligros biológicos o médicos.
CG-Centro de gestión de flotas y mercancías	Centro de gestión de flotas y fletes	Administración de flotas	Proporciona capacidades de seguimiento, despacho y generación de informes de vehículos al personal de gestión de flotas. Reúne las condiciones actuales de la carretera, el tráfico específico de vehículos comerciales y la información de estacionamiento, prepara las rutas de los vehículos y proporciona una interfaz de flota para el cobro de peajes. También proporciona información del plan de ruta para la evaluación del rendimiento de la red. Como parte de la función de rastreo, monitorea la ubicación de los vehículos comerciales, los compara con la ruta conocida y notifica al Centro de Manejo de Emergencias y al Gerente de Fleet-Freight de cualquier desviación, incluidas las violaciones de restricciones de ruta HAZMAT. Apoya la participación del operador en los programas de inspección en carretera inalámbricos, monitoreando áreas geográficas de

			activación y proporcionando datos de seguridad actuales en nombre de los vehículos comerciales que administra. Admite controles previos a la contratación de conductores potenciales y supervisa el desempeño de cada conductor contratado. También respalda el monitoreo continuo del desempeño de seguridad de la empresa.
CG-Centro de gestión de flotas y mercancías	Centro de gestión de flotas y fletes	Administración y gestión de carga	Gestiona el movimiento de la carga desde el origen hasta el destino. Interactúa con los clientes intermodales para configurar y programar el transporte y se coordina con las terminales intermodales y las estaciones de consolidación de carga para coordinar el envío. Se coordina con las agencias gubernamentales apropiadas para acelerar el movimiento de camiones, sus conductores y su carga a través de las fronteras internacionales. La aplicación monitorea el estado del flete y el equipo de flete (contenedor, remolque o chasis) y monitorea la ubicación del flete y lo compara con la ruta planificada.
CG-Centro de gestión de la Información de transporte	Centro de información de transporte	Recopilación de datos TIC	Recopila datos relacionados con el transporte de otros centros, realiza controles de calidad de los datos recopilados y luego consolida, verifica y refina los datos y los pone a disposición en un formato coherente para las aplicaciones que admiten el intercambio de datos operativos entre centros y entregar información del viajero a los usuarios finales. Se recopila una amplia gama de datos, incluidos el tráfico y las condiciones de la carretera, datos de tránsito, información y avisos de emergencia, datos meteorológicos, información de eventos especiales, servicios para viajeros, estacionamiento, datos multimodales y datos de peajes / precios. También comparte datos con otros centros de información de transporte.
CG-Centro de gestión de la Información de transporte	Centro de información de transporte	Recopilación de datos de operaciones TIC	Recopila y almacena información que se recopila sobre el servicio de información de transporte, incluidos datos sobre la cantidad de clientes atendidos y los servicios prestados. Estos datos pueden ser utilizados directamente por el personal de operaciones o pueden estar disponibles para otros usuarios y archivos de datos en la región.
CG-Centro de gestión de la Información de transporte	Centro de información de transporte	Gestión de datos de situación TIC	Gestiona la recopilación, los controles de calidad, el filtrado, la agregación y el almacenamiento de datos de la situación del vehículo conectado. A través de este proceso, los datos sin procesar reportados por los vehículos conectados se transforman en productos de información a los que se puede acceder y utilizar para respaldar las operaciones de transporte y la información del viajero. La distribución de los productos de información derivados de vehículos conectados se gestiona mediante otros objetos funcionales.

CG-Centro de gestión de la Información de transporte	Centro de información de transporte	Información y reserva de TIC Travel Services	Difunde información sobre servicios para viajeros como alojamiento, restaurantes y estaciones de servicio. Se proporciona información personalizada sobre el servicio al viajero a pedido que cumple con las restricciones y preferencias especificadas por el viajero. Esta aplicación también admite reservas y pagos por adelantado de servicios para viajeros, incluido el estacionamiento y el uso de la zona de carga.
CG-Centro de gestión de la Información de transporte	Centro de información de transporte	Planificación de viajes TIC	Proporciona servicios de planificación de viajes previos al viaje y en ruta para los viajeros. Recibe origen, destino, restricciones y preferencias y devuelve planes de viaje que cumplen con los criterios proporcionados. Los planes de viaje pueden basarse en el tráfico actual y las condiciones de la carretera, la información del horario de tránsito y otra información del viajero en tiempo real. Los planes de viaje candidatos son multimodales y pueden incluir segmentos de vehículos, tránsito y modos alternativos (por ejemplo, ferrocarril, ferry, rutas para bicicletas y pasarelas) según las preferencias de los viajeros. También confirma el plan de viaje para el viajero y respalda las reservas y el pago por adelantado de partes del viaje. El plan de viaje incluye información e instrucciones de enrutamiento específicas para cada segmento del viaje y también puede incluir información y reservas para servicios adicionales (por ejemplo, estacionamiento) a lo largo de la ruta.
CG-Centro de gestión de tránsito	Centro de gestión de tránsito	Asignación de operador del centro de tránsito	Automatiza y respalda la asignación de operadores de vehículos de tránsito a los recorridos. Asigna operadores a carreras de manera justa mientras minimiza la mano de obra y los servicios de horas extra, considerando las preferencias y calificaciones del operador, y rastrea y valida automáticamente la cantidad de horas de trabajo realizadas por cada operador individual. También proporciona un proceso de manejo de excepciones para que la función de asignación de operador genere asignaciones de operador suplementarias cuando lo requieran los cambios durante el día de operación.
CG-Centro de gestión de tránsito	Centro de gestión de tránsito	Operaciones de paratransito del centro de tránsito	Administra los servicios de tránsito que responden a la demanda, incluidos los servicios de paratransito. Apoya la planificación y programación de estos servicios, lo que permite que el paratransito y otros servicios de tránsito de respuesta a la demanda planifiquen rutas eficientes y estimen mejor los tiempos de llegada. También admite el envío automático de vehículos de paratransito y realiza un seguimiento de las recogidas y devoluciones de pasajeros. Los sistemas

			de operador de servicio al cliente se actualizan con la información de programación más actualizada.
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Vigilancia básica TMC	Monitorea y controla de forma remota los sistemas de sensores de tráfico y los equipos de vigilancia (por ejemplo, CCTV), y recopila, procesa y almacena los datos de tráfico recopilados. La información de tráfico actual y otra información de transporte en tiempo real también se recopila de otros centros. La información recopilada se proporciona al personal de operaciones de tráfico y se pone a disposición de otros centros.
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Recopilación de datos TMC	Recopila y almacena información que se crea en el curso de las operaciones de tráfico realizadas por el Traffic Management Center. Estos datos pueden ser utilizados directamente por el personal de operaciones o pueden estar disponibles para otros usuarios y archivos de datos en la región.
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Detección de incidentes TMC	Identifica e informa incidentes al personal de operaciones de tráfico. Supervisa y controla de forma remota los sensores de tráfico y los sistemas de vigilancia que respaldan la detección y verificación de incidentes. Analiza y reduce los datos recopilados de sensores y vigilancia, los sistemas de notificación de incidentes y alertas externas, la información de demanda anticipada de los depósitos de carga intermodal, los cruces fronterizos, la información de eventos especiales e identifica y reporta incidentes y condiciones peligrosas.
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Gestión de tráfico regional TMC	Apoya la coordinación entre los centros de gestión del tráfico con el fin de compartir la información del tráfico entre los centros, así como el control de los equipos de campo de gestión del tráfico. Esta coordinación apoya la optimización de un área amplia y la coordinación regional que abarca los límites jurisdiccionales; por ejemplo, control coordinado de señales en un área metropolitana o coordinación entre operaciones de autopistas y control de señales arteriales dentro de un corredor.
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Monitoreo de equipos de carreteras TMC	Monitorea el estado operativo de los equipos de campo y detecta fallas. Presenta el estado del equipo de campo al personal de operaciones de tráfico e informa las fallas al centro de gestión de mantenimiento y construcción. Realiza un seguimiento de la reparación o sustitución del equipo averiado. Se puede monitorear toda la gama de equipos de campo ITS, incluidos sensores (tráfico, infraestructura, medio ambiente, seguridad, velocidad, etc.) y dispositivos (radio de advertencia de carreteras, señales de mensajes dinámicos, sistemas automatizados de tratamiento de

			carreteras, sistemas de barreras y salvaguardas, cámaras, tráfico señales y equipos de anulación, medidores de rampa, balizas, equipos de vigilancia de seguridad, etc.).
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Control de señal TMC	Proporciona la capacidad para que los administradores de tráfico monitoreen y administren el flujo de tráfico en las intersecciones señalizadas. Esta capacidad incluye analizar y reducir los datos recopilados del equipo de vigilancia del tráfico y desarrollar e implementar planes de control para intersecciones señalizadas. Se pueden desarrollar e implementar planes de control que coordinen las señales en muchas intersecciones bajo el dominio de un solo Centro de Gestión del Tráfico y que respondan a las condiciones del tráfico y se adapten a incidentes de apoyo, solicitudes de prioridad y preferencia, llamadas de cruce de peatones, etc.
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Gestión de datos de situación TMC	Recopila, asimila y difunde datos de sondeo de vehículos recopilados de equipos y centros de comunicaciones de corto alcance en la carretera que controlan los vehículos de tránsito, los puntos de cobro de peajes y los vehículos guiados por ruta. Calcula el tráfico y las condiciones de las carreteras basándose en los datos agregados de la sonda y difunde esta información a otros centros.
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Difusión de información de tráfico TMC	Difunde el tráfico y las condiciones de la carretera, información sobre cierres y desvíos, información sobre incidentes, avisos al conductor y otros datos relacionados con el tráfico a otros centros, los medios de comunicación y los sistemas de información al conductor. Supervisa y controla el equipo de campo del sistema de información del conductor, incluidos los letreros de mensajes dinámicos y la radio de advertencia de carreteras, gestionando la difusión de la información del conductor a través de estos sistemas.
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Centro de gestión de tráfico	Medición de tráfico TMC	Proporciona monitoreo y control central de los sistemas de medición del tráfico, incluso en rampas, a través de intercambiadores y en la carretera principal. Se cubren todos los tipos de medición, incluidas las estrategias de medición de tiempo pre-temporizado / fijo, basadas en el tiempo, dinámicas y adaptativas y derivaciones especiales. Las tasas de medición se pueden calcular en función de los datos históricos o las condiciones actuales, incluido el tráfico, la calidad del aire, etc.

CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Recopilación de datos de MCM	Recopila y almacena información de mantenimiento y construcción que es recopilada en el curso de las operaciones por el Centro de Gestión de Mantenimiento y Construcción. Estos datos pueden ser utilizados directamente por el personal de operaciones o pueden estar disponibles para otros usuarios y archivos de datos en la región.
CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Mantenimiento de equipos de campo de MCM	Proporciona administración y soporte generales para el mantenimiento de equipos de campo en un sistema de carreteras, derechos de paso, áreas de estacionamiento, paradas de tránsito u otras áreas donde existan equipos de campo. Los servicios incluyen reparación y mantenimiento de equipos de campo ITS en estas áreas (por ejemplo, detectores y otros sensores, cámaras, letreros de mensajes dinámicos, equipo de cobro de peaje electrónico, equipo de autorización electrónica, sensores de pesaje en movimiento, etc.).
CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Gestión de incidentes de MCM	Apoya la participación de mantenimiento y construcción en la respuesta coordinada a incidentes. Las notificaciones de incidentes se comparten, los recursos de respuesta a incidentes se gestionan y la situación general del incidente y el estado de respuesta a incidentes se coordinan entre las organizaciones de respuesta aliadas.
IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	Equipo de carretera para vehículos conectados	Gestión de dispositivos RSE	Proporciona control ejecutivo y monitoreo del hardware RSE y las aplicaciones de software instaladas. Supervisa el estado operativo del hardware y otros dispositivos de campo conectados y detecta e informa sobre las condiciones de falla. Una interfaz de back office admite la instalación, actualización y configuración de aplicaciones, así como el control remoto del modo de funcionamiento y los ajustes de configuración del hardware y el inicio de diagnósticos remotos. Se proporciona una interfaz local al personal de campo para la supervisión y el diagnóstico locales, lo que respalda el mantenimiento, la reparación y el reemplazo de campo.
IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	Equipo de carretera para vehículos conectados	Gestión de intersecciones RSE	Utiliza comunicaciones de corto alcance para admitir aplicaciones de vehículos conectados que gestionan intersecciones señalizadas. Se comunica con los vehículos que se aproximan y la infraestructura ITS (por ejemplo, el controlador de señales de tráfico) para mejorar las operaciones de las señales de tráfico. La coordinación con la infraestructura ITS también respalda el monitoreo de conflictos para garantizar que la salida de RSE y la salida de control de señales de tráfico sean consistentes y se degraden de manera a prueba de fallas.

IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	Equipo de carretera para vehículos conectados	Monitoreo de situación RSE	Es un objeto funcional general que respalda la recopilación de datos de tráfico, ambientales y de emisiones de los vehículos que pasan. Los datos se recopilan, filtran y envían en función de los parámetros proporcionados por el back office. Los parámetros se proporcionan a los vehículos que pasan que están equipados para recopilar y enviar datos de situación a la infraestructura en instantáneas. Además, este objeto recopila información sobre el estado actual de los dispositivos de campo locales, incluido el estado de la intersección, los datos de los sensores y los datos de señalización, lo que proporciona un monitoreo completo y configurable de la situación para el sistema de transporte local en las cercanías del RSE.
IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	Equipo de carretera para vehículos conectados	Monitoreo de tráfico RSE	Monitorea los mensajes de seguridad básicos que se comparten entre vehículos conectados y destila estos datos en medidas de flujo de tráfico que se pueden usar para administrar la red en combinación con o en lugar de los datos de tráfico recopilados por sensores basados en infraestructura. A medida que aumentan las tasas de penetración de vehículos conectados, las medidas proporcionadas por esta aplicación pueden expandirse más allá de las velocidades de los vehículos que son informadas directamente por los vehículos para incluir el volumen estimado, la ocupación y otras medidas. Este objeto también admite la detección de incidentes mediante la supervisión de cambios en la velocidad y los eventos de control del vehículo que indican un incidente potencial.
IM-Campo	Campo	Ejecutivo de sistemas de campo	Incluye el kernel del sistema operativo y las funciones ejecutivas que administran la configuración y operación general del software del dispositivo y respaldan la administración de la configuración, la administración de recursos informáticos y gobiernan la instalación y actualización del software.
IM-Campo	Campo	Monitoreo y diagnóstico del sistema de campo	Incluye autopruebas en segundo plano, diagnósticos, temporizadores de vigilancia y otro hardware y software que monitorea el estado operativo del equipo de campo. El estado del equipo y la información de diagnóstico se proporciona al personal de mantenimiento local y al centro de operaciones.
IM-Centro	Centro	Vehículo conectado al centro de Gestión de Infraestructura	Es la aplicación de back office que respalda la supervisión y el mantenimiento de la infraestructura del vehículo conectado (RSE, sistemas de soporte y enlaces de comunicaciones asociados). Supervisa el rendimiento y la configuración de la parte de infraestructura del entorno del vehículo conectado. Esto incluye el seguimiento y la gestión de la configuración de la infraestructura, así como la detección, el aislamiento y la corrección de los problemas del servicio de la

			infraestructura. La aplicación también incluye el seguimiento del rendimiento de los equipos de infraestructura, incluidos los RSE y los enlaces de comunicaciones.
IM-Centro	Centrar	Gestión de equipos de campo central	Es la aplicación de back office que respalda la supervisión y el mantenimiento de los equipos de campo. Supervisa el rendimiento y la configuración del equipo de campo. Esto incluye la gestión de la configuración de la infraestructura, así como la detección, el aislamiento y la corrección de los problemas del equipo de campo. La aplicación también incluye la supervisión del rendimiento del equipo de campo, incluidos los enlaces de comunicaciones.
IM-Centro de distribución y logística de carga	Centro de distribución y logística de carga	Servicios de carga FDLC	Proporciona la funcionalidad central de distribución de carga y centro logístico, incluida la gestión y coordinación de los arreglos de envío intermodal, incluida la consolidación de carga y los servicios de almacenamiento.
IM-Dispositivo de personal	Dispositivo personal	Monitoreo y diagnóstico del sistema de dispositivos de personal	Incluye autopruebas en segundo plano, software de diagnóstico y otro hardware y software que monitorea el estado operativo de un dispositivo de personal. El estado del dispositivo y la información de diagnóstico se proporciona al usuario y al centro asociado.
IM-El equipo de a bordo del vehículo de emergencia (OBE)	Vehículo de emergencia OBE	Comunicación de gestión de incidentes a bordo de vehículos eléctricos	Proporciona soporte de comunicaciones a los socorristas. Se proporciona información sobre el incidente, información sobre los recursos enviados e información auxiliar, como las condiciones de la carretera y del clima, al personal de emergencia. El personal de emergencia transmite información sobre el incidente, como la identificación de vehículos y personas involucradas, el alcance de las lesiones, material peligroso, recursos en el sitio, estrategias de gestión del sitio en vigor y estado actual de autorización. El personal de emergencia también puede enviar mensajes de firmas dentro del vehículo al tráfico que se aproxima mediante comunicaciones de corto alcance.
IM-Equipamiento de mantenimiento de campo	Equipo de mantenimiento de campo	Gestión de dispositivos RSE	El dispositivo será capaz de modificar el estado operativo del equipo de carretera del vehículo conectado, como instalar aplicaciones de software en el equipo de carretera del vehículo conectado

IM- Equipamiento ITS en las carreteras	ITS equipo de carreteras	Vigilancia básica de carreteras	Monitorea las condiciones del tráfico utilizando equipos fijos como detectores de bucle y cámaras CCTV.
IM- Equipamiento ITS en las carreteras	ITS equipo de carreteras	Recopilación de datos de carreteras	Recopila información sobre el tráfico, las carreteras y las condiciones ambientales para su uso en la planificación del transporte, la investigación y otras aplicaciones fuera de línea donde la calidad y la integridad de los datos tienen prioridad sobre el rendimiento en tiempo real. Incluye los sensores, la infraestructura vial de apoyo y el equipo de comunicaciones que recopila y transfiere información a un centro de archivo.
IM- Equipamiento ITS en las carreteras	ITS equipo de carreteras	Operación de la estación de administración de campo de carreteras	Admite las comunicaciones directas entre las estaciones de administración de campo y el equipo de campo local bajo su control.
IM- Equipamiento ITS en las carreteras	ITS equipo de carreteras	Detección de incidentes en carreteras	Proporciona detección de incidentes mediante detectores de tráfico y equipos de vigilancia. Supervisa las condiciones de tráfico inusuales que pueden indicar un incidente o procesa imágenes de vigilancia para detectar posibles incidentes. Proporciona información sobre posibles incidentes, así como el flujo de tráfico y las imágenes al centro para su procesamiento y presentación al personal de operaciones de tráfico.

IM- Equipamiento ITS en las carreteras	ITS equipo de carreteras	Control de señales viales	<p>Incluye los elementos de campo que monitorean y controlan las intersecciones señalizadas. Incluye los controladores de señales de tráfico, detectores, monitores de conflictos, cabezales de señales y otros equipos auxiliares que apoyan el control de señales de tráfico. También incluye maestros de campo y equipo que admite comunicaciones con un sistema central de monitoreo y / o control, según corresponda. El enlace de comunicaciones admite la carga y descarga de los tiempos de las señales y otros parámetros y los informes del estado actual de la intersección. Representa el equipo de campo utilizado en todos los niveles de control de señales de tráfico desde sistemas activados básicos que operan en planes de temporización fijos a través de sistemas adaptativos. También es compatible con todas las configuraciones de intersecciones señalizadas, incluidas las que se adaptan a los peatones. En implementaciones futuras avanzadas, los datos ambientales se pueden monitorear y usar para respaldar el procesamiento de la zona del dilema y otros aspectos del control de señales que son sensibles a las condiciones ambientales locales.</p>
IM- Equipamiento ITS en las carreteras	ITS equipo de carreteras	Difusión de información sobre el tráfico en las carreteras	<p>Incluye elementos de campo que brindan información a los conductores, incluidas señales de mensajes dinámicos y radios de advertencia de carreteras.</p>
IM- Equipamiento ITS en las carreteras	ITS equipo de carreteras	Medición del tráfico vial	<p>Incluye el equipo de campo que se utiliza para medir el tráfico en las rampas, a través de los intercambiadores y en la vía principal. El equipo incluye letreros de mensajes dinámicos para proporcionar orientación e información a los conductores que se encuentran en el parquímetro y que se acercan a él, incluida información para carriles de derivación especiales.</p>

IM-Equipo a bordo del vehículo	OBE del vehículo	Comunicación de seguridad básica del vehículo	<p>Intercambia la ubicación actual del vehículo y la información de movimiento con otros vehículos en las cercanías, usa esa información para calcular las trayectorias del vehículo y advierte al conductor cuando se detecta la posibilidad de una colisión inminente. Si están disponibles, los datos del mapa se utilizan para filtrar e interpretar la ubicación relativa y el movimiento de los vehículos en las cercanías. La información de los sensores a bordo (por ejemplo, radares y procesamiento de imágenes) también se usa, si está disponible, en combinación con las comunicaciones V2V para detectar vehículos no equipados y corroborar los datos del vehículo conectado. Las transmisiones de ubicación y movimiento de vehículos también son recibidas por la infraestructura y utilizadas por la infraestructura para respaldar una amplia gama de aplicaciones de movilidad y seguridad en las carreteras. Este objeto representa una amplia gama de implementaciones que van desde dispositivos básicos de detección de vehículos que solo transmiten la ubicación y el movimiento del vehículo y no brindan advertencias al conductor hasta sistemas de seguridad integrados avanzados que pueden, además de advertir al conductor, brindar información de advertencia de colisión para respaldar las funciones de control automatizado. que puede apoyar la intervención de control.</p>
IM-Equipo a bordo del vehículo	OBE del vehículo	Automatización de control de vehículos	<p>Proporciona control lateral y / o longitudinal de un vehículo para permitir la conducción 'sin manos' y / o 'pies fuera', automatizando las funciones de control de dirección, acelerador y freno. Se basa en los sensores incluidos en "Monitoreo de seguridad del vehículo" y "Advertencia de control del vehículo" y utiliza la información sobre el área que rodea el vehículo para controlarlo de manera segura. Cubre la gama de capacidades de control incremental desde los sistemas de asistencia al conductor que se hacen cargo de la dirección o la aceleración / desaceleración en escenarios limitados con monitoreo directo por parte del conductor hasta la automatización total donde todos los aspectos de la conducción están automatizados en todas las carreteras y condiciones ambientales.</p>

IM-Equipo a bordo del vehículo	OBE del vehículo	Información interactiva para el viajero del vehículo	Proporciona a los conductores información personalizada sobre el viajero que incluye el tráfico y las condiciones de la carretera, información sobre el tránsito, información sobre mantenimiento y construcción, información multimodal, información sobre eventos e información meteorológica. La información proporcionada se adapta a las solicitudes de los conductores. Se admiten tanto las solicitudes únicas de información como los flujos de información continua basados en el perfil y las preferencias de un viajero enviado.
IM-Equipo a bordo del vehículo	OBE del vehículo	Monitoreo de datos de situación del vehículo	Es la representación de más alto nivel de la funcionalidad requerida para recopilar datos de situación ambiental y de tráfico mediante el monitoreo y almacenamiento de la experiencia del vehículo mientras viaja a través de la red de carreteras. Los datos recopilados se agregan en instantáneas que se informan cuando las comunicaciones están disponibles y con control de flujo según los parámetros proporcionados por la infraestructura. Tenga en cuenta que este objeto funcional admite la recopilación de datos para áreas remotas de RSE u otra infraestructura de comunicaciones.
IM-Equipo a bordo del vehículo de tránsito (OBE)	Vehículo de tránsito OBE	Operaciones de paratransito a bordo de vehículos de tránsito	Remiten las solicitudes de despacho de paratransito y rutas flexibles al operador y reenvían los reconocimientos al centro. Se coordina con el operador y lo ayuda a administrar recorridos de varias paradas asociados con los servicios de tránsito que responden a la demanda, incluido el paratransito. Recopila datos de pasajeros de vehículos en tránsito y los pone a disposición del centro.
IM-equipo de comunicaciones ITS	Equipo de comunicaciones ITS	Protección de privacidad de comunicaciones de ITS	Funciona como un proxy, oscureciendo la dirección de red del remitente y etiquetando el mensaje para que pueda devolver respuestas al remitente.
IM-equipo de comunicaciones ITS	Equipo de comunicaciones ITS	Servicios de comunicaciones ITS	Admite comunicaciones de datos seguras y confiables entre dispositivos conectados. Incluye los dispositivos de red, así como cualquier cableado físico requerido y hardware de soporte que representa la infraestructura de comunicaciones que origina, enruta y termina las comunicaciones de datos entre una fuente y un destino. Los protocolos específicos de las aplicaciones se superponen a los protocolos de comunicaciones más generales para respaldar las comunicaciones. La administración de la red mantiene la red configurada y funcionando de

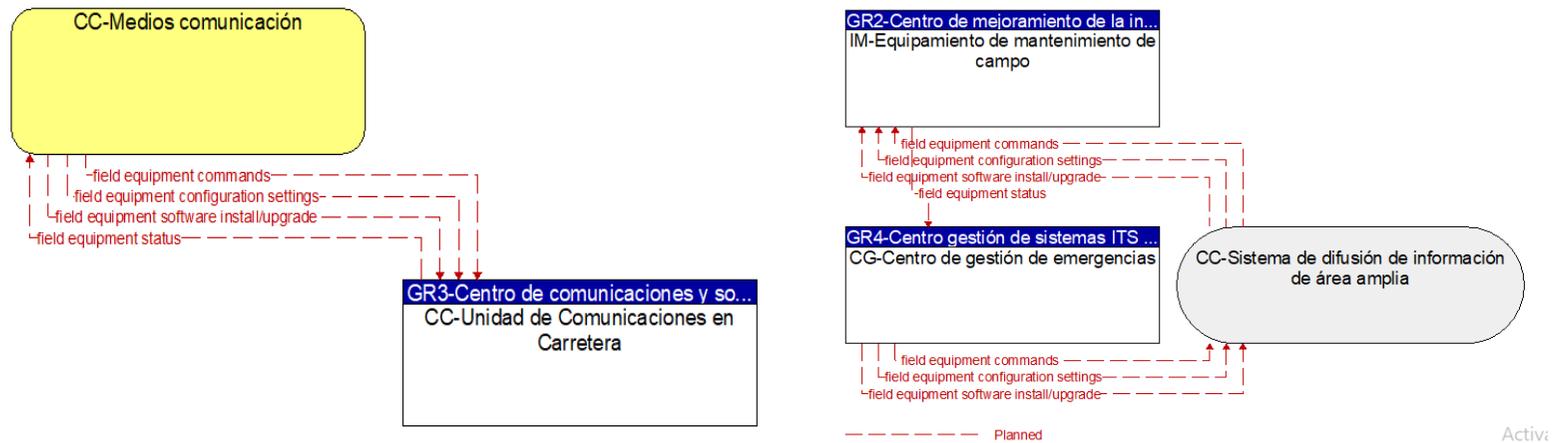
			manera confiable. Los servicios de seguridad garantizan que los datos recibidos sean correctos y de una fuente auténtica.
IM-OBE de vehículos comerciales	OBE de vehículos comerciales	CV On-Board Cargo Monitoring	Monitorea la ubicación y el estado del vehículo comercial y su carga. Envía los datos recopilados a los centros e instalaciones de carretera apropiados, incluida la gestión de emergencias en el caso de incidentes HAZMAT. Dependiendo de la naturaleza de la carga, puede incluir sensores que midan la temperatura, la presión, la nivelación de la carga, la aceleración y otros atributos de la carga.
IM-OBE de vehículos comerciales	OBE de vehículos comerciales	Monitoreo de viaje a bordo de CV	Proporciona las capacidades para respaldar la gestión de la flota con la ubicación automática del vehículo y los informes y auditorías automatizados de kilometraje y combustible. Además, este equipo se utiliza para monitorear la ruta planificada y notificar al Centro de Gestión de Flota y Carga de cualquier desviación.
IM-Sistema de monitoreo de servicio	Service Monitor System	SM Device Management	'SM Device Management' provides the functions necessary to manage devices, including network management, operational status monitoring, and application performance monitoring.

### 3.6.4.2.7. Identificación de Interfaces

En esta sección se describen cómo estos sistemas están y estarán conectados entre sí para que se pueda intercambiar información y coordinar los servicios de transporte. Las partes interesadas pueden utilizar estos diagramas para identificar oportunidades de integración. En cada diagrama de contexto de interconexión hay una serie de diagramas de interfaz que muestran el movimiento de la información (es decir, los flujos de información) entre los diversos sistemas. Un extracto de los diagramas se muestra en la Figura 31 y los diagramas adicionales los encontraremos en el Anexo 16, y que son extraídos del software RAD-IT

**Figura 31**

*Diagrama de Interconexión de Interfaces*



Así se identificaron las interfaces usando el software RAD-IT (Todas con el tipo de comunicación de Sistema de Información de difusión amplia) como se muestra en el Anexo 15, obteniéndose los elementos que se interconectan en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Elementos interconectados identificadas en el Software RAD-IT*

<b>Elemento 1</b>	<b>Elemento 2</b>
CC-Medios comunicación	CC-Unidad de Comunicaciones en Carretera
	CG-Centro de gestión de emergencias
	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro
	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CC-Sistema de difusión de información de área amplia	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	CC-Unidad de Comunicaciones en Carretera
	CG-Centro de gestión de la Información de transporte
	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro
	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CC-Unidad de Comunicaciones en Carretera	CG-Centro de Administración de Vehículos Comerciales
	CG-Centro de gestión de emergencias
	CG-Centro de gestión de la Información de transporte
	CG-Centro de gestión de tránsito

	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro
	CG-Operador de sistema de campo
	CG-Sistema de gestión de activos
	CG-Sistema de gestión de eventos
	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	CM-personal de mantenimiento y construcción
	CM-Sistema administrativos de Mantenimiento y Construcción
	IM-Centro
	IM-Centro de administración de pagos
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Servicio meteorológico de transporte
	IM-Sistema de adquisición de datos de instalaciones de almacenamiento
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
CG- Personal de operaciones de tráfico	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro
CG-Centro de Administración de Vehículos Comerciales	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
IM-Sistema de monitoreo de servicio	
CG-Centro de gestión de emergencias	CG-Centro de gestión de la Información de transporte
	CG-Centro de gestión de tránsito
	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro
	CG-Sistema de gestión de eventos
	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Dispositivo de personal
	IM-El equipo de a bordo del vehículo de emergencia (OBE)
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados

	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CG-Centro de gestión de la Información de transporte	CG-Centro de gestión de tránsito
	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro
	CG-Operadores del servicio de información al pasajero
	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Centro de administración de pagos
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Equipo a bordo del vehículo
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	CG-Centro de gestión de tránsito
CG-Operador de Vehículos de tránsito	
CG-Personal de Operaciones de Tránsito	
CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción	
IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	
IM-Equipamiento de mantenimiento de campo	
IM-Equipamiento ITS en las carreteras	
IM-Equipo a bordo del vehículo de tránsito (OBE)	
IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados	
IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos	
IM-Sistema de monitoreo de servicio	
CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	CG-Sistema de gestión de eventos
	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Centro de administración de pagos
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CG-Ciclista del centro histórico	IM-Equipamiento ITS en las carreteras

CG-Conductores de Trujillo centro	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Equipo a bordo del vehículo
CG-Controlador de calidad de datos	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
CG-Operador de sistema de campo	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
CG-Operador de Vehículos de tránsito	IM-Equipo a bordo del vehículo de tránsito (OBE)
CG-Operador del sistema de emergencia	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
CG-Operador del sistema de supervisión de servicios	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CG-Peatones del centro de Trujillo	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
CG-Personal de emergencia	IM-Dispositivo de personal
	IM-El equipo de a bordo del vehículo de emergencia (OBE)
CG-Sistema de gestión de activos de gestión de activos	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CG-Sistema de gestión de eventos	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción	CM-Operadores del centro de mantenimiento -
	CM-Sistema administrativos de Mantenimiento y Construcción
	CM-Vehículo OBE de Mantenimiento y Construcción
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados

	IM-Campo
	IM-Centro
	IM-Centro de administración de pagos
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Servicio meteorológico de transporte
	IM-Sistema de adquisición de datos de instalaciones de almacenamiento
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
CM-Operador de vehículos Mantenimiento y Construcción	CM-Vehículo OBE de Mantenimiento y Construcción
CM-personal de mantenimiento y construcción	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados
	IM-Campo
CM-Sistema administrativos de Mantenimiento y Construcción	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CM-Vehículo básico de Mantenimiento y Construcción	CM-Vehículo OBE de Mantenimiento y Construcción
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
CM-Vehículo OBE de Mantenimiento y Construcción	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	IM-Centro
IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	IM-Centro de administración de pagos
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Equipo a bordo del vehículo

	IM-Servicio meteorológico de transporte
	IM-Sistema de adquisición de datos de instalaciones de almacenamiento
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
IM-Campo	IM-Centro de administración de pagos
	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Servicio meteorológico de transporte
	IM-Sistema de adquisición de datos de instalaciones de almacenamiento
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
IM-Centro	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Centro de administración de pagos	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo
	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Dispositivo de personal	IM-El equipo de a bordo del vehículo de emergencia (OBE)
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Dispositivos de pago	IM-Equipo a bordo del vehículo
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-El equipo de a bordo del vehículo de emergencia (OBE)	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Equipamiento básico en los vehículos.	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Equipo a bordo del vehículo
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Equipamiento de mantenimiento de campo	IM-Equipamiento ITS en las carreteras
	IM-Servicio meteorológico de transporte
	IM-Sistema de adquisición de datos de instalaciones de almacenamiento
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos

	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
IM-Equipamiento ITS en las carreteras	IM-Servicio meteorológico de transporte
	IM-Sistema de adquisición de datos de instalaciones de almacenamiento
	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
IM-Equipo a bordo del vehículo	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Vehículos
IM-Equipo a bordo del vehículo de tránsito (OBE)	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Vehículo de tránsito básico
IM-equipo de comunicaciones ITS	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Objeto físico ITS	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Servicio meteorológico de transporte	IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados
	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Sistema de adquisición de datos de instalaciones de almacenamiento	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos
	IM-Sistema de monitoreo de servicio
IM-Sistema de almacenamiento de datos archivados	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos	IM-Sistema de monitoreo de servicio
	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
IM-Sistema de monitoreo de servicio	IM-Sistema de Servicio Meteorológico
	IM-Sistema de usuario de datos archivados
	IM-Vehículo de tránsito básico

#### **3.6.4.2.8. Identificación de comunicaciones.**

En el ámbito de las comunicaciones, los estándares ITS son fundamentales para el establecimiento de un entorno ITS abierto que logre el objetivo de interoperabilidad para ITS. Los estándares facilitan el despliegue de sistemas interoperables a nivel local, regional, nacional e internacional sin obstaculizar la innovación a medida que avanza la tecnología y evolucionan nuevos enfoques.

El establecimiento de estándares de comunicaciones para el intercambio de información entre sistemas ITS es importante no solo desde el punto de vista de la interoperabilidad; también proporciona intercambiabilidad y capacidad de expansión, lo que reduce el riesgo y el costo. Dado que una agencia que utiliza interfaces estandarizadas puede seleccionar entre varios proveedores de productos y aplicaciones, la competencia se mantiene y los precios son más bajos a largo plazo. Las comunicaciones identificadas se muestran resumidas en la Tabla 25.

**Tabla 25***Comunicaciones necesarias identificadas en Software RAD-IT*

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
(No se necesitan datos) - Bluetooth	Esta solución se utiliza en Australia, Canadá, la UE y los EE. UU. Combina los estándares asociados con (Datos no necesarios) con los de Bluetooth. Los estándares (Datos no necesarios) incluyen un conjunto vacío de estándares de capa superior. Los estándares de Bluetooth incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones inalámbricas a través de una red de área personal de hasta aproximadamente 100 metros.
Internet Seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en Australia, la UE. y USA. Combina los estándares asociados con los de I-I: Internet Seguro (ITS). Los estándares (sin datos) incluyen un conjunto de estándares no especificados en las capas superiores. Los estándares I-I: Internet Seguro (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre equipos ITS mediante certificados de seguridad X.509 o IEEE 1609.2.
Uptane - Internet inalámbrico seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en Canadá y EE. UU. Combina los estándares asociados con Uptane con los de IM: Internet Seguro Inalámbrico (ITS). Los estándares de Uptane incluyen estándares de capa superior necesarios para actualizar el software en un vehículo de acuerdo con los estándares de Uptane. Los estándares de IM: Internet Seguro Inalámbrico (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre dos entidades, cualquiera o ambos pueden ser dispositivos móviles, pero deben estar estacionarios o solo moverse dentro del alcance inalámbrico de un solo punto de acceso inalámbrico (por ejemplo, un automóvil estacionado). La seguridad se basa en certificados X.509 o IEEE 1609.2. Un punto final que no sea móvil (si lo hubiera) puede conectarse al proveedor de servicios mediante cualquier método de conexión a Internet.
TUF - Internet Seguro Garantizado (ITS)	This solution is used within Australia, the E.U. and the U.S. It combines standards associated with TUF with those for I-I: Guaranteed Secure Internet (ITS). The TUF standards include upper-layer standards required to install and update application software. The I-I: Guaranteed Secure Internet (ITS) standards include lower-layer standards that support secure communications with guaranteed delivery between ITS equipment using X.509 or IEEE 1609.2 security certificates.

TUF - Internet seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en Australia, la UE. y EE. UU. Combina los estándares asociados con TUF con los de I-I: Internet Seguro (ITS). Los estándares TUF incluyen estándares de capa superior necesarios para instalar y actualizar el software de la aplicación. Los estándares I-I: Internet Seguro (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre equipos ITS mediante certificados de seguridad X.509 o IEEE 1609.2.
US: ADMS - Internet Seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en Canadá y EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: ADMS con los de I-I: Internet Seguro (ITS). EE. UU.: Los estándares ADMS incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar interfaces con un sistema de gestión de datos archivados. Los estándares I-I: Internet Seguro (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre equipos ITS mediante certificados de seguridad X.509 o IEEE 1609.2.
EE. UU: ATIS - Internet seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU: ATIS con los de I-I: Internet seguro (ITS). EE. UU: Los estándares ATIS incluyen estándares de nivel superior requeridos para implementar comunicaciones de información al viajero. Los estándares I-I: Internet Seguro (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre equipos ITS mediante certificados de seguridad X.509 o IEEE 1609.2.
EE. UU.: ATIS - Internet inalámbrico seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU: ATIS con los de I-M: Internet Seguro Inalámbrico (ITS). EE. UU: Los estándares ATIS incluyen estándares de nivel superior requeridos para implementar comunicaciones de información al viajero. Los estándares de IM: Internet Seguro Inalámbrico (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre dos entidades, cualquiera o ambos pueden ser dispositivos móviles, pero deben estar estacionarios o solo moverse dentro del alcance inalámbrico de un solo punto de acceso inalámbrico (por ejemplo, un automóvil estacionado). La seguridad se basa en certificados X.509 o IEEE 1609.2. Un punto final que no sea móvil (si lo hubiera) puede conectarse al proveedor de servicios mediante cualquier método de conexión a Internet.
EE. UU.: GTFS en tiempo real: Internet seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: GTFS en tiempo real con los de I-I: Internet seguro (ITS). EE. UU.: Los estándares en tiempo real de GTFS incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones públicas relacionadas con el tránsito en tiempo real. Los estándares I-I: Internet Seguro (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre equipos ITS mediante certificados de seguridad X.509 o IEEE 1609.2.

EE. UU.: GTFSS estático - Internet seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: GTFSS estático con los de I-I: Internet Seguro (ITS). EE. UU.: Los estándares estáticos de GTFSS incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones estáticas, públicas y relacionadas con el tránsito. Los estándares I-I: Internet Seguro (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre equipos ITS mediante certificados de seguridad X.509 o IEEE 1609.2.
EE. UU.: Recopilación de datos NTCIP - SNMPv3 / TLS	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: NTCIP Colección de Datos con los de I-F: SNMPv3 / TLS. Los estándares de recopilación de datos de EE. UU.: NTCIP incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones de centro a campo para la recopilación de datos y el monitoreo de las características del tráfico (por ejemplo, datos en tiempo no real). Los estándares I-F: SNMPv3 / TLS incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras de centro a campo y de campo a campo utilizando un protocolo de administración de red simple (SNMPv3); Se recomienda encarecidamente a las implementaciones que utilicen la opción de seguridad TLS para SNMP para esta solución a fin de garantizar una seguridad adecuada.
EE. UU.: Sensores ambientales NTCIP - SNMPv3 / TLS inalámbricos	Esta solución se utiliza en los EE. UU. Combina los estándares asociados con los sensores ambientales NTCIP de EE. UU. Con los de I-M: Wireless SNMPv3 / TLS. Los estándares de sensores ambientales de EE. UU.: NTCIP incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones de sensores ambientales y meteorológicos de centro a campo. Los estándares I-M: Wireless SNMPv3 / TLS incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras de infraestructura a dispositivos móviles mediante un protocolo de administración de red simple (SNMPv3).
EE. UU.: Dispositivo genérico NTCIP - SNMPv3 / TLS	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: Dispositivo genérico NTCIP con los de I-F: SNMPv3 / TLS. Los estándares de dispositivos genéricos de EE. UU.: NTCIP incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones de centro a campo para cualquier funcionalidad de dispositivo. Los estándares I-F: SNMPv3 / TLS incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras de centro a campo y de campo a campo utilizando un protocolo de administración de red simple (SNMPv3); Se recomienda encarecidamente a las implementaciones que utilicen la opción de seguridad TLS para SNMP para esta solución a fin de garantizar una seguridad adecuada.

EE. UU.: Unidad de carretera NTCIP - SNMPv3 / TLS	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: NTCIP Unidad de Carretera con los de I-F: SNMPv3 / TLS. Los estándares de la Unidad de Carretera de EE. UU.: NTCIP incluyen estándares de capa superior requeridos para implementar comunicaciones de unidad de carretera de centro a campo. Los estándares I-F: SNMPv3 / TLS incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras de centro a campo y de campo a campo utilizando un protocolo de administración de red simple (SNMPv3); Se recomienda encarecidamente a las implementaciones que utilicen la opción de seguridad TLS para SNMP para esta solución a fin de garantizar una seguridad adecuada.
EE. UU.: Prioridad de señal NTCIP - SNMPv3 / TLS	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: Prioridad de señal NTCIP con los de I-F: SNMPv3 / TLS. Los estándares de prioridad de señal de EE. UU.: NTCIP incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones prioritarias de control de señales de tráfico de centro a campo (por ejemplo, para autobuses y vehículos de emergencia). Los estándares I-F: SNMPv3 / TLS incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras de centro a campo y de campo a campo utilizando un protocolo de administración de red simple (SNMPv3); Se recomienda encarecidamente a las implementaciones que utilicen la opción de seguridad TLS para SNMP para esta solución a fin de garantizar una seguridad adecuada.
EE. UU.: Señal de tráfico NTCIP - SNMPv3 / TLS	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: señal de tráfico NTCIP con los de I-F: SNMPv3 / TLS. Los estándares de señales de tráfico de EE. UU.: NTCIP incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones de señales de tráfico de centro a campo. Los estándares I-F: SNMPv3 / TLS incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras de centro a campo y de campo a campo utilizando un protocolo de administración de red simple (SNMPv3); Se recomienda encarecidamente a las implementaciones que utilicen la opción de seguridad TLS para SNMP para esta solución a fin de garantizar una seguridad adecuada.
EE. UU.: Sensores de transporte NTCIP - SNMPv3 / TLS	Esta solución se utiliza en los EE. UU. Combina los estándares asociados con los sensores de transporte NTCIP de EE. UU. Con los de I-F: SNMPv3 / TLS. Los estándares de sensores de transporte de EE. UU.: NTCIP incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones de sensores de transporte de centro a campo (por ejemplo, detectores de vehículos) (por ejemplo, en tiempo real). Los estándares I-F: SNMPv3 / TLS incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras de centro a campo y de campo a campo utilizando un protocolo de administración de red simple (SNMPv3); Se recomienda encarecidamente a las implementaciones que utilicen la opción de seguridad TLS para SNMP para esta solución a fin de garantizar una seguridad adecuada.

EE. UU: Mensajes de seguridad básicos de SAE - WAVE WSMP	Esta solución se utiliza en los EE. UU. Combina los estándares asociados con los mensajes de seguridad básicos de EE. UU.: SAE con los de V-X: WAVE WSMP. Los estándares de mensajes de seguridad básicos de EE. UU.: SAE incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar los flujos de información de seguridad V2V. Los estándares V-X: WAVE WSMP incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones sin conexión, casi constantes y de latencia ultrabaja de vehículo a cualquier dentro de ~ 300 m utilizando el Protocolo de mensajería corta WAVE (WSMP) sobre IEEE WAVE en el espectro de 5.9GHz. El modo de transmisión es interoperable con M5 FNTF.
EE. UU.: SAE Otro J2735 - Internet seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: SAE Otro J2735 con los de I-I: Internet seguro (ITS). EE. UU.: SAE Otros estándares J2735 incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar flujos de información V2X que aún no tienen características de funcionalidad y rendimiento completamente especificadas. Los estándares I-I: Internet Seguro (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre equipos ITS mediante certificados de seguridad X.509 o IEEE 1609.2.
EE. UU.: SAE Otro J2735 - Internet inalámbrico seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: SAE Otro J2735 con los de I-M: Internet inalámbrico seguro (ITS). EE. UU.: SAE Otros estándares J2735 incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar flujos de información V2X que aún no tienen características de funcionalidad y rendimiento completamente especificadas. Los estándares de IM: Internet Seguro Inalámbrico (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre dos entidades, cualquiera o ambos pueden ser dispositivos móviles, pero deben estar estacionarios o solo moverse dentro del alcance inalámbrico de un solo punto de acceso inalámbrico (por ejemplo, un automóvil estacionado). La seguridad se basa en certificados X.509 o IEEE 1609.2. Un punto final que no sea móvil (si lo hubiera) puede conectarse al proveedor de servicios mediante cualquier método de conexión a Internet.
EE. UU.: SAE Otra J2735 - WAVE TCP	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: SAE Otro J2735 con los de V-X: WAVE TCP. EE. UU.: SAE Otros estándares J2735 incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar flujos de información V2X que aún no tienen características de funcionalidad y rendimiento completamente especificadas. Los estándares V-X: WAVE TCP incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones de vehículo a cualquier orientadas a la conexión dentro de ~ 300 m utilizando el Protocolo de control de transmisión (TCP) sobre el Protocolo de Internet versión 6 (IPv6) sobre IEEE WAVE en el espectro de 5.9GHz.

EE. UU.: SAE Otro J2735 - WAVE WSMP	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: SAE Otro J2735 con los de V-X: WAVE WSMP. EE. UU.: SAE Otros estándares J2735 incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar flujos de información V2X que aún no tienen características de funcionalidad y rendimiento completamente especificadas. Los estándares V-X: WAVE WSMP incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones sin conexión, casi constantes y de latencia ultrabaja de vehículo a cualquier dentro de ~ 300 m utilizando el Protocolo de mensajería corta WAVE (WSMP) sobre IEEE WAVE en el espectro de 5.9GHz. El modo de transmisión es interoperable con M5 FNTF.
EE. UU.: SAE Otro J2735 - Difusión de área amplia	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: SAE Otro J2735 con los de C-X: Difusión de área amplia. EE. UU.: SAE Otros estándares J2735 incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar flujos de información V2X que aún no tienen características de funcionalidad y rendimiento completamente especificadas. Los estándares C-X: Difusión de Área Amplia incluyen estándares de capa inferior que admiten una entidad que transmite información a todos los dispositivos inalámbricos en un área que cubre al menos un área metropolitana sin ninguna expectativa de reconocimiento o respuesta; la seguridad es proporcionada por las capas superiores.
EE. UU.: Mensajes de control de señal SAE - WAVE WSMP	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con los mensajes de control de señal SAE de EE. UU. Con los de V-X: WAVE WSMP. Los estándares de mensajes de control de señales SAE de EE. UU. Incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar flujos de información de control de señales. Los estándares V-X: WAVE WSMP incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones sin conexión, casi constantes y de latencia ultrabaja de vehículo a cualquier dentro de ~ 300 m utilizando el Protocolo de mensajería corta WAVE (WSMP) sobre IEEE WAVE en el espectro de 5.9GHz. El modo de transmisión es interoperable con M5 FNTF.
EE. UU.: TCIP - Internet seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: TCIP con los de I-I: Internet Seguro (ITS). Los estándares de EE. UU.: TCIP incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones relacionadas con el tránsito. Los estándares I-I: Internet Seguro (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre equipos ITS mediante certificados de seguridad X.509 o IEEE 1609.2.

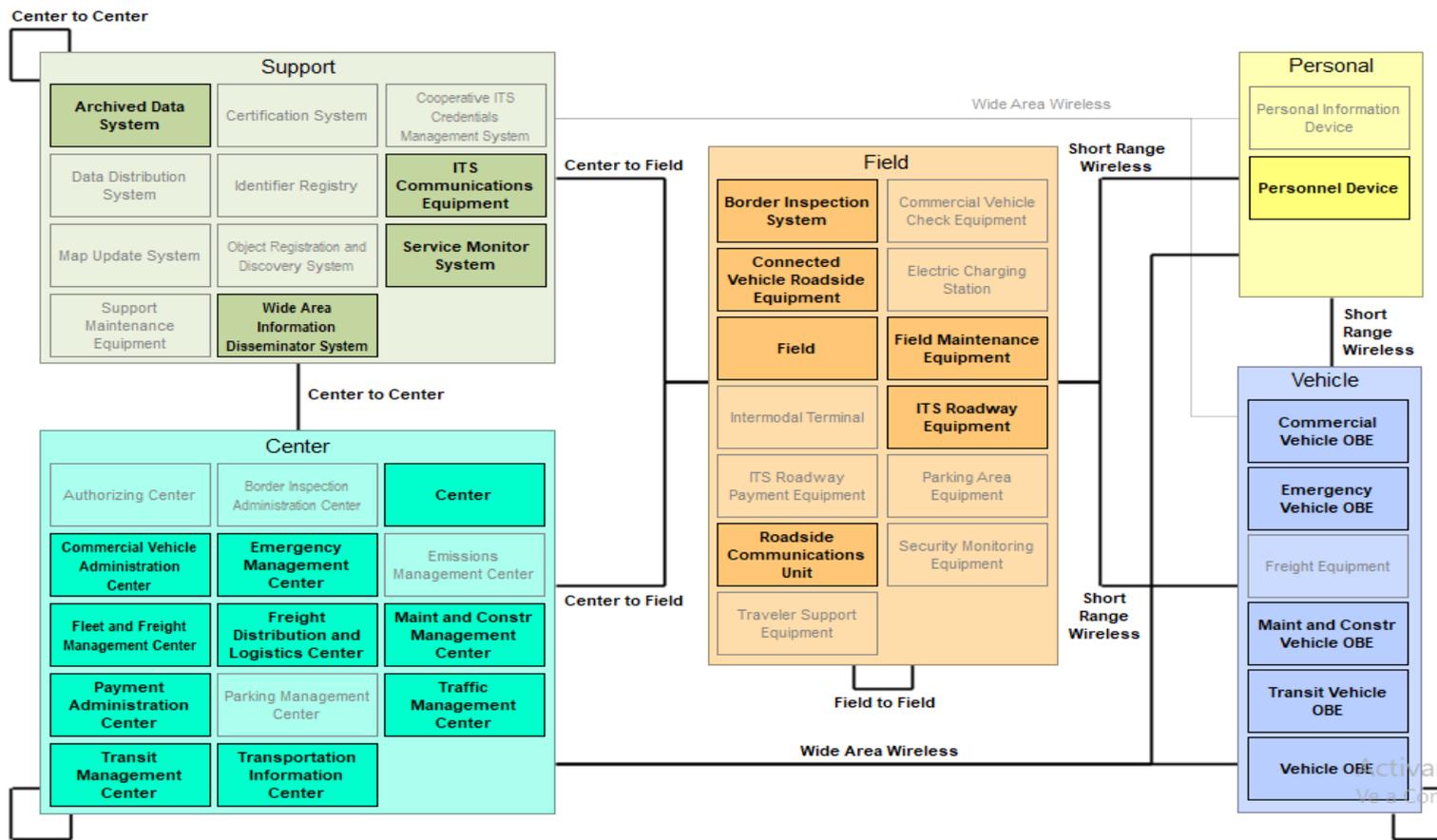
EE. UU.: TCIP - Internet inalámbrico seguro (ITS)	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina los estándares asociados con EE. UU.: TCIP con los de I-M: Internet Seguro Inalámbrico (ITS). Los estándares de EE. UU.: TCIP incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones relacionadas con el tránsito. Los estándares de IM: Internet Seguro Inalámbrico (ITS) incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones seguras entre dos entidades, cualquiera o ambos pueden ser dispositivos móviles, pero deben estar estacionarios o solo moverse dentro del alcance inalámbrico de un solo punto de acceso inalámbrico (por ejemplo, un automóvil estacionado). La seguridad se basa en certificados X.509 o IEEE 1609.2. Un punto final que no sea móvil (si lo hubiera) puede conectarse al proveedor de servicios mediante cualquier método de conexión a Internet.
EE. UU: TMDD - Mensajería NTCIP	Esta solución se utiliza en EE. UU. Combina estándares asociados con EE. UU.: TMDD con los de C-C: NTCIP Mensajería. Los estándares de EE. UU.: TMDD incluyen estándares de capa superior necesarios para implementar comunicaciones de centro a centro con sistemas de gestión de tráfico. Los estándares de mensajería C-C: NTCIP incluyen estándares de capa inferior que admiten comunicaciones parcialmente seguras entre dos centros, como se usa comúnmente en los EE. UU.
US: WZDx – Internet Seguro (ITS)	This solution is used within the U.S. It combines standards associated with US: WZDx with those for I-I: Secure Internet (ITS). The US: WZDx standards include upper-layer standards required to implement work zone information data exchanges. The I-I: Secure Internet (ITS) standards include lower-layer standards that support secure communications between ITS equipment using X.509 or IEEE 1609.2 security certificates.

### 3.6.4.3. Análisis de Datos

Como resultado, el software RAD-IT arroja una arquitectura para la gestión de tráfico, tal como se ve en la Figura 32.

**Figura 32**

*Arquitectura en Software RAD-I*



En la figura 32, se ilustra cómo los subsistemas (soporte, centro, vehículos, personal y campo) estarían interconectados. Los colores más resaltados corresponden a los elementos que deben implementarse para dar respuesta a la situación de tráfico en la ciudad de Trujillo, en la tabla 26, se traduce cada uno de esos subsistemas agrupándolos a la columna que corresponde.

**Tabla 26**

*Traducción de los subsistemas contenidas en la figura 32*

<b>Clase</b>	<b>Centro</b>	<b>Soporte</b>	<b>Campo</b>	<b>Personal</b>	<b>Vehículo</b>
<b>Subsistema</b>	-Centro de administración de vehículos comerciales - Centro de gestión de flotas y mercancías -Centro de administración de pagos - Centro de gestión de tránsito - Centro de manejo de emergencias distribución de mercancías un centro logístico -Centro de información de transporte centro de gestión de mantenimiento y construcción -Centro de gestión de tráfico	-Sistema de datos de archivo -Equipo de comunicación -Sistema de monitorización de servicios -Sistema de difusión de información de área amplia	-Sistema de inspección fronteriza -Equipo de carretera de vehículo conectado -Equipo de mantenimiento de campo -Equipamiento vial - Unidad de comunicación en carretera	Dispositivos ITS personales	-OBE de vehículos comerciales -Vehículo de emergencia OBE -Vehículo de mantenimiento y construcción OBE -Vehículo de tránsito OBE Vehículo OBE

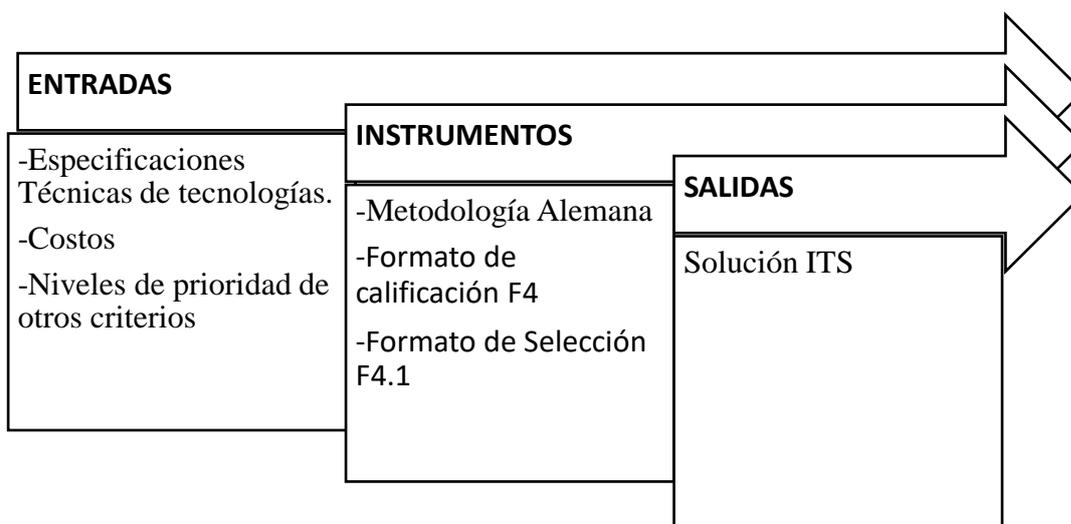
### 3.6.5. PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA SELECCIONAR Y EVALUAR EL ITS

#### 3.6.5.1.Procedimiento

Para identificar las alternativas de solución ITS, se ha establecido un proceso en el que se han definido las entradas, instrumentos y salidas como se ve en la Figura 33.

**Figura 33**

*Procedimiento para Seleccionar y Evaluar el ITS*



#### 3.6.5.2.Técnicas

Para la calificación de alternativas ITS se tendrá en cuenta el instrumento denominado ‘Formato de calificación de alternativas ITS en función del costo’, que se encuentra en el Anexo 17.

Para seleccionar la alternativa, se tendrá en cuenta el instrumento denominado ‘Formato de selección de alternativas ITS’, que se encuentra en el Anexo 18.

### 3.6.5.2.1. Alternativas de Tecnologías de Posicionamiento y Geolocalización

Para los Buses y Combis es posible mantener las tecnologías ya implementadas (Anexo 1) dado que puede ser fácilmente acoplada a la comunicación del resto de tecnologías a implementar.

Sin embargo, para los taxis y resto de vehículos se debe seleccionar una alternativa de acuerdo al cuadro de características relevante de las tecnologías más accesibles (Tabla 27), basándonos en las especificaciones técnicas del Anexo 19.

**Tabla 27**

*Alternativas para selección de tecnología de posicionamiento y geolocalización*

Característica	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6
Marca	SinoTrack	Teltonika	Qiu Tu Xing	Eelink	iStartek	iStartek
Modelo	ST-905	FMB-120	303FG 3G	TK119-3G	VT200L 4G	VT900 L – 4G
Dimensiones	112x78x45 mm	65x 57x19 mm	60x40x20 mm	87x42x12 mm	99x54x20 mm	65x61x26 mm
Peso	500 g	55 g	100 g	50 g	106 g	106 g
Comunicación	GPRS/GSM	GPRS/GSM/GNSS/Bluetooth	GPRS/GSM	GPRS/GSM/WCDMA/LBS	GSM/GPRS/WCDMA	GSM/GPRS/WCDMA
Bandas (Mhz)	(2G) 850/900/1800/1900	(3G) 850/900/1800/1900	(3G) 850/900/1800/1900	(3G) 850/900/1800/1900	(4G) 850/900/1800/1900	(4G) 850/900/1800/1900
Sensibilidad GPS	-159 dBm	-165 dBm	-160 dBm	-160 dBm	-167 dBm	-165 dBm

Precisión GPS	5 m	3 m	5m	5m	2.5m	2.5m
Precisión LBS	No Tiene	No Tiene	No Tiene	200 m	No Tiene	No Tiene
Batería	20800 mAh	No Tiene	No Tiene	60 mAh	500 mAh	500 mAh
Temp. Operación	-20 a 55 °C	-40 a 85 °C	-20 a 65 °C	-20 a 70 °C	-20 a 75°C	-20 a 55°C
Sensores	No tiene	Acelerómetro	Micrófono	Acelerómetro	Acelerómetro 3D	Acelerómetro 3D
Alarmas	Desconexión, batería baja	Desconexión, exceso de velocidad, accidentes, detección de remolque	Desconexión, exceso de velocidad	De vibración, desconexión, exceso de velocidad, de colisión	Desconexión, exceso de velocidad, vibración, colisión	Desconexión, exceso de velocidad, vibración, colisión
Funciones	Geocerca	Geocerca, Contador de combustible	Geocerca, botón de pánico	Geocerca, rastreo, historial de rutas	Geocerca, rastreo en tiempo real	Geocerca, rastreo en tiempo real
Costo (Soles)	350	320	330	320	220	420

### 3.6.5.2.2. Alternativas de Tecnologías para Cámaras de Vigilancia del Tránsito

En el Anexo 20 han descrito 5 alternativas accesibles para las cámaras de vigilancia que monitorearán el tráfico en la Ciudad de Trujillo por lo que se muestra el resumen comparativo de sus características en la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Características de las alternativas a Cámaras de Vigilancia de Tránsito*

Característica	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Marca	FLIR	FLIR	FLIR	FLIR	HikVision
Modelo	Térmica PT/FC Serie	Thermicam AI-325	TrafiOne 195	TrafiBot HD	iDS-TCV907-BIR
Dimensiones	No especifica	45x16x12 cm	No especifica	64 x 64 x 150 mm	375 x 372 x 141 mm
Peso	2.2 Kg	No especifica	No especifica	390 g	7.2 Kg
Resolución	640 x 480	320 x 240	1080 x 1920	1080 x 1920	4096 x 2160
Sensibilidad Térmica	35 mK	No especifica	No especifica	No especifica	Hasta 40m de alcance
Comunicación	Ethernet	PoE, BPL, Wi-Fi	PoE, Ethernet, Wi-Fi	Ethernet	1 interfaz Ethernet autoadaptable RJ45 10M / 100M / 1000M, 1 interfaz RS-485
Ancho de Banda	No especifica	80 Mbps en BPL	10/100 Mbps en Ethernet	No especifica	No especifica
Temp. De Operación	-50 a 70 °C	-34 a 74 °C	-40 a 65 °C	-30 a 50 °C	-30 a 70 °C

Protección Ambiental	IP 67	IP 67	IP 67	IP 67	IP 65
WI-Fi	No tiene	IEEE 802.11 tipo b,g,n EIRP < 100 mW	IEEE 802.11	No tiene	No tiene
Funciones	Análisis para detección de intrusiones humanas y de vehículos, medición de temperatura, notificaciones de alarma por correo, o VMS, configuración de cámara a través de aplicación	Detección de vehículos, bicicletas y peatones, recopilación de datos de tráfico, supervisión de longitud de colas. 24 bucles virtuales para detección de presencia, 8 zonas de datos de tráfico para clasificación y recuento, 8 zonas de detección de bicicletas y peatones, configuración en página web de forma remota.	Detección de vehículos, bicicletas y peatones, supervisión de longitud de colas, 8 zonas de datos de tráfico para detección de vehículos, peatones y bicicletas, configuración en página web de forma remota.	Solapado personalizable Detección de movimiento por vídeo Monitor de imagen Detección de manipulación Máscaras de privacidad Detección de incidencias (vehículos parados, velocidad excesiva, tráfico congestionado, humo en túneles, intento de sabotaje)	Almacenamiento en Red Micro SD / TF (128 GB), almacenamiento local y CVR, NVR, ANR, con 16 luces de 850 nm con 40 m de rango
Costo (Soles)	450	350	520	500	650

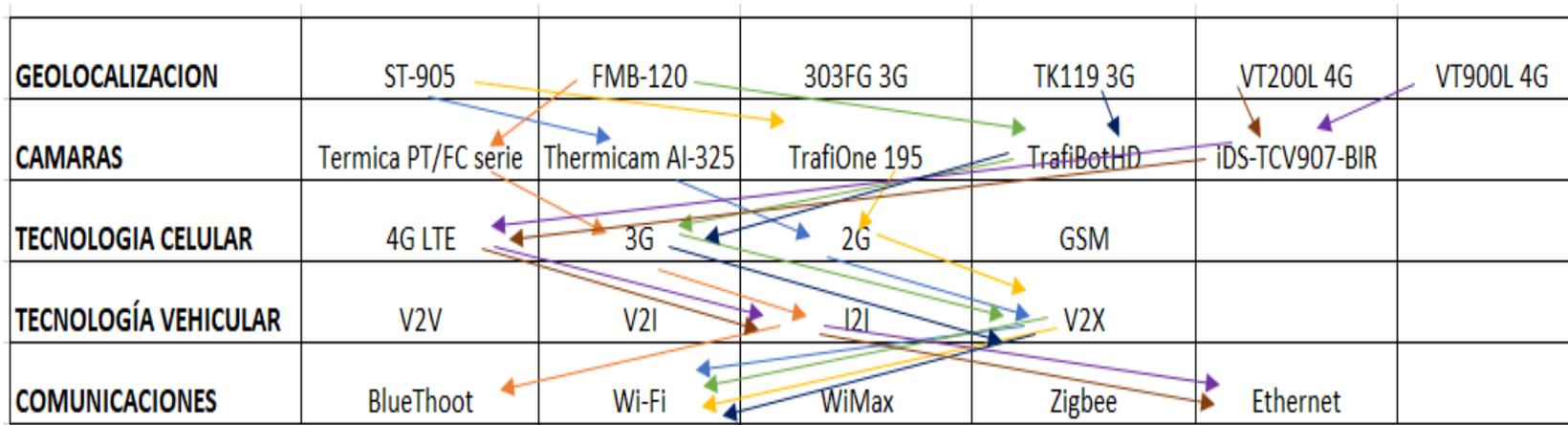
### 3.6.5.2.3. Alternativas de Conjunto de Soluciones Tecnológicas

La tecnología a seleccionar debe complementarse entre sí y no debe generar conflictos en cuanto a comunicación, por lo que primero se han encontrado las opciones de solución de acuerdo a la relación posible de las alternativas mostradas en la Tabla 27 y en la Tabla 28 y las tecnologías de comunicación.

De esta forma se muestran estas posibles relaciones de manera gráfica en la Figura 34.

**Figura 34**

*Relaciones de alternativas tecnológicas y comunicaciones*



Además, es necesario aclarar los criterios que llevaron a determinar dichas relaciones:

- Tomando las características de los dispositivos de geolocalización presentado en la Tabla 27, sabemos que el modelo ST-905 solo puede comunicarse por tecnología celular 2G, el dispositivo FMB-120 puede hacerlo con tecnología 3G y por BlueThoot, el dispositivo 303FG puede hacerlo por tecnología celular 3G, el dispositivo TK119 puede hacerlo por tecnología celular 3G además de tener tecnología LBS, y los dispositivos VT200L y VT900L pueden hacerlo mediante tecnología celular 4G.
- Tomando las características de las cámaras de seguridad presentadas en la Tabla 28, sabemos que los modelos Térmica PT/FC, TrafiBotHD y iDs-TCV907 solo pueden comunicarse por ethernet, mientras que las cámaras TrafiOne 195 puede comunicarse por Ethernet y Wi-Fi, y el modelo Thermicam AI-325 solo se comunica por Wi-Fi.
- Las tecnologías celulares consideradas van desde la más básica (GSM – 1G) hasta la 4G-LTE.
- La tecnología vehicular descrita en la Tabla 3, nos indica que todas las tecnologías posibles (V2V-V2I-V2X-I2I) pueden comunicarse por Wi-Fi (IEE 802.11p), sin embargo, la tecnología I2I puede comunicarse además mediante Ethernet.
- Para las comunicaciones se han considerado 4 tecnologías de gran capacidad y velocidad (BlueThoot, Wi-Fi, WiMax, Zigbee, Ethernet), sin embargo, no se han propuesto tecnologías compatibles con la comunicación WiMax y Zigbee por no ser muy comerciales.

De esta forma se han obtenido 7 alternativas de solución como se muestra en la Tabla 29.

**Tabla 29**

*Alternativas de Conjunto de Soluciones Tecnológicas*

Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	Opción 7
ST-905	ST-905	FMB-120	FMB-120	TK119 3G	VT200L 4G	VT900I 4G
Thermicam AI-325	TrafiOne 195	Termica PT/FC Serie	TrafiBot HD	TrafiBotHD	iDS-TCV907-BIR	iDS-TCV907-BIR
2G	2G	3G	3G	3G	4G LTE	4G LTE
V2X	V2X	I2I	V2X	V2X	I2I	I2I
Wi-Fi	Wi-Fi	BlueThoot, Ethernet	Wi-Fi	Wi-Fi	Ethernet	Ethernet

Detallando estas soluciones a continuación:

- **Opción 1:** El dispositivo de geolocalización ST-905 se comunica con la tecnología celular 2G, mientras que la cámara Thermicam AI-325 y los vehículos con tecnología V2X se comunican mediante Wi-Fi.
- **Opción 2:** El dispositivo de geolocalización ST-905 se comunica con la tecnología celular 2G, mientras que la cámara TrafiOne 195 y los vehículos con tecnología V2X se comunican mediante Wi-Fi.
- **Opción 3:** El dispositivo de geolocalización FMB-120 se comunica con la tecnología celular 3G y/o por BlueThoot, mientras que la cámara Térmica PT/FC Serie y las infraestructuras con tecnología I2I se comunican mediante Ethernet.

- **Opción 4:** El dispositivo de geolocalización FMB-120 se comunica con la tecnología celular 3G, mientras que la cámara TrafiBotHD y los vehículos con tecnología V2X se comunican mediante Wi-Fi.
- **Opción 5:** El dispositivo de geolocalización TK-119 se comunica con la tecnología celular 3G, mientras que la cámara TrafiBotHD y los vehículos con tecnología V2X se comunican mediante Wi-Fi.
- **Opción 6:** El dispositivo de geolocalización VT-200L se comunica con la tecnología celular 4G, mientras que la cámara iDS-TCV907 y las infraestructuras se comunican mediante Ethernet.
- **Opción 7:** El dispositivo de geolocalización VT-900L se comunica con la tecnología celular 4G, mientras que la cámara iDS-TCV907 y las infraestructuras se comunican mediante Ethernet.

### 3.6.5.3. Análisis de Datos

#### 3.6.5.3.1. Evaluación de alternativas por costo

Se hizo la evaluación de costos de las alternativas, por lo que primero se asignó una calificación (Tabla 31) a cada una de sus características.

**Tabla 30**

*Calificación de las características de las Soluciones propuestas*

Tipo	Característica	Abreviatura	Costo Monetario	Calificación
Geolocalizador	ST-905	G-ST905	S/. 350	2
	FMB-120	G-FMB120	S/. 320	3
	TK-119-3G	G-TK119	S/. 320	3
	VT200L-4G	G-VT200L	S/. 220	4
	VT900I-4G	G-VT900L	S/. 420	1
Cámara	Thermicam AI-325	C-TAI325	S/. 350	5
	TrafiOne 195	C-TO195	S/. 520	2
	Termica PT/FC	C-TPTFC	S/. 450	4
	TrafiBotHD	C-TBHD	S/. 500	3
	iDS-TCV907-BIR	C-TCV907	S/. 650	1
Tecnología Celular	4G-LTE	TC-4G	0.78 \$/segundo	1
	3G	TC-3G	0.28 \$/segundo	2
	2G	TC-2G	0.0008 \$/segundo	3
	GSM	TC-GSM	0.0004 \$/segundo	4
Tecnología Vehicular	V2X	TV-V2X	1.5Y	1
	I2I	TC-I2I	Y*	2
Comunicación	Wi-Fi	CC-WF	4.7 Z	1
	Bluetooth	CC-BT	Z*	3
	Ethernet	CC-ET	23.5 Z	2

*Nota.* \*(Y & Z) son valores no determinados numericamente pero comparativos

Los precios de las Tecnologías de Transmisión de datos han sido calculados tomando en cuenta el menor precio ofrecido en Perú que es de 0.013 dolares por Megabite. (OSIPTTEL, 2019)

Entonces considerando las velocidades de transmisión de la Tabla 1, la velocidad promedio de transmisión GSM es de 30 Kbps, de tecnología 2G de 60 Kbps, de 3G de 21.6 Mbps y de 4G de 60Mbps, por lo que multiplicando estos valores se obtuvieron los datos de la sección de Tecnología Celular de la Tabla 30.

Para los precios de las tecnologías de Comunicación se hizo una comparación de acuerdo al estudio hecho por la página ComputerWeekly.es, en el que se determinó que por cada mil usuarios el costo por instalación de una red Ethernet es de \$235,000 y por una red Wi-Fi es de \$46,700. (Phifer, 2016)

Por otro lado los transmisores BlueThoot para cada vehículo son actualmente baratos rondando los \$10 y en mil usuarios sería de un costos de \$10,000, por lo que la red Wifi representa un costo de 4.7 veces la red BlueThoot y la red Ethernet representa 23.5 veces el costo de la red BlueThoot.

En cuanto a la tecnología vehicular, (National Cable & Telecommunications Association, 2016) nos dice que La Administración Nacional de Seguridad de Tráfico en las carreteras estima que los equipos V2V, la seguridad y los sistemas de administración de información costarán alrededor de \$ 350 por vehículo en 2020.

Por lo que tomando que la comunicación Ethernet se usará en la comunicación de infraestructuras (I2I), por cada habitante se tendrá un costo de \$ 235 y tomando un usuario por vehículo, la tecnología V2X costaría \$350 por habitante, entonces se tendría que el costo de V2X es aproximadamente 1.5 veces el costo de I2I.

Después se obtuvo la calificación total de acuerdo a los costos en cada una de las 7 alternativas de solución, como se muestra en la Tabla 32.

**Tabla 31**

*Calificación Total de los costos en las Alternativas de Solución Propuestas*

<b>Tipo de Característica</b>	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>	<b>Opción 4</b>	<b>Opción 5</b>	<b>Opción 6</b>	<b>Opción 7</b>
Geolocalizador	2	2	3	3	3	4	1
Cámara	5	2	4	3	3	1	1
Tecnología Celular	3	3	2	2	2	1	1
Tecnología Vehicular	1	1	2	1	1	2	2
Comunicaciones	1	1	1	1	1	2	2
<b>Total</b>	12	9	12	10	10	10	7

*Nota.* Las calificaciones mayores significan menores costos y las menores calificaciones significan mayor costo de implementación.

De acuerdo a lo obtenido en la Tabla 26, las Opciones 1 y 3 son las más baratas y la Opción 7 es la más costosa.

### 3.6.5.3.2. Selección de alternativa ITS

A pesar que la evaluación económica de la Tabla 32 tiene gran relevancia, no es el único criterio a tener en cuenta para la selección final de la alternativa de solución, por lo que en la Tabla 33 se han propuesto 4 criterios adicionales a tener en cuenta, caracterizándolos y otorgándoles una puntuación.

**Tabla 32**

*Caracterización de Criterios de Selección de Alternativa de Solución*

<b>Criterio</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Puntuación</b>
Vigencia de la tecnología	La alternativa se mantendrá vigente al menos 2 años	1
	La alternativa se mantendrá vigente al menos 5 años	2
	La alternativa se mantendrá vigente al menos 8 años	3
	La alternativa se mantendrá vigente al menos 12 años	4
	La alternativa se mantendrá vigente al menos 20 años	5
Tiempo de Implementación	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 10 años	1
	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 8 años	2
	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 6 años	3
	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 4 años	4
	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 2 años	5
Casos de Implementación	Nunca se ha implementado una alternativa similar en el mundo	1
	Al menos se ha implementado 1 alternativa similar en el mundo	2
	Se han implementado entre 2 y 10 alternativas similares	3
	Se han implementado entre 11 y 20 alternativas similares	4
	Se han implementado más de 20 alternativas similares	5
Evaluación de Costo	La alternativa tiene calificación total de costos menor o igual a 7	1
	La alternativa tiene calificación total de costos igual a 8	2
	La alternativa tiene calificación total de costos igual a 9	3
	La alternativa tiene calificación total de costos igual a 10	4
	La alternativa tiene calificación total de costos mayor o igual a 11	5
Antigüedad de la tecnología	La alternativa tiene tecnología con antigüedad mayor a 20 años	1
	La alternativa tiene tecnología con antigüedad entre 15 y 20 años	2
	La alternativa tiene tecnología con antigüedad entre 10 y 15 años	3
	La alternativa tiene tecnología con antigüedad entre 5 y 10 años	4
	La alternativa tiene tecnología con antigüedad menor a 5 años	5

Además, se determinó que todos estos criterios tienen la misma importancia por lo que su ponderación es igual. Finalmente se hizo la calificación para la selección de la alternativa en la Tabla 34.

**Tabla 33**

*Calificación final para Selección de Alternativa de Solución*

<b>Criterio</b>	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>	<b>Opción 4</b>	<b>Opción 5</b>	<b>Opción 6</b>	<b>Opción 7</b>
Vigencia de la Tecnología	1	1	3	3	3	4	5
Tiempo de Implementación	4	4	4	3	3	2	3
Casos de Implementación	4	4	2	2	2	4	4
Evaluación de Costos	5	3	5	4	4	4	1
Antigüedad de la Tecnología	1	1	3	3	3	5	5
<b>Total</b>	15	13	17	15	15	19	18

Así finalmente queda como la mejor alternativa la Opción 6 con una calificación de 19 puntos por lo que ha quedado seleccionada.

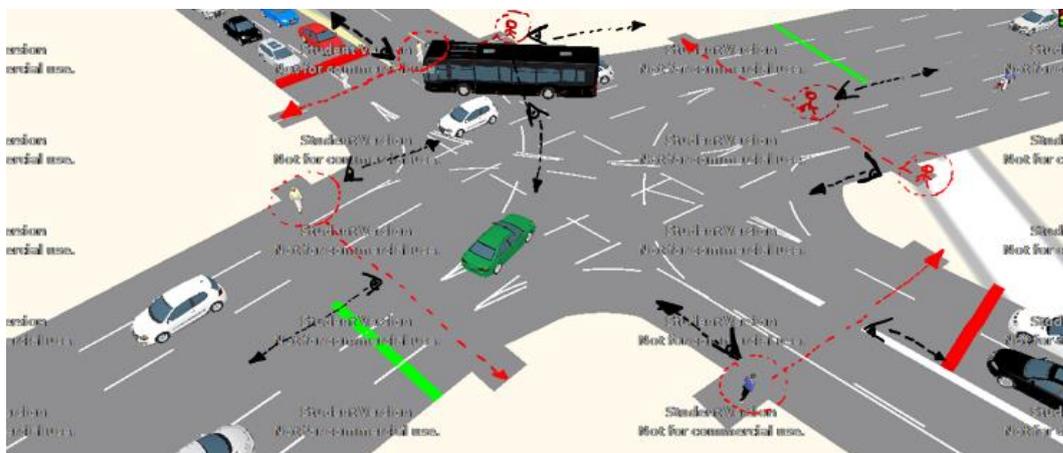
## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1.RESULTADOS

La transitabilidad vehicular y peatonal se simuló gracias al levantamiento de información en campo en el cruce de la avenida España con la avenida Manuel Vera Enrique con el software PT-VISSIM, constatando que la transitabilidad vehicular y peatonal se ve obstaculizada. En la figura 35 se observa que los peatones al cruzar de una vía a la otra, deben estar siempre atentos al movimiento vehicular, y esto es debido a: el exceso de rutas de transporte público, carencia de un sistema inteligente para controlar los tiempos de semaforización, inadecuado de las vías, carencia de semáforos peatonales, imprudencia del conductor, imprudencia del peatón, insuficiente señalización, limitada infraestructura peatonal y mal estado de las vías debida a la falta de mantenimiento.

**Figura 35**

*Análisis de transitabilidad con el software PTV-VISSIM*



Para determinar las causas más influyentes que afectan la transitabilidad vehicular y peatonal, se tomaron como elementos de entrada información levantada en campo, y el estudio Plan de Movilidad urbana Sostenible de la Ciudad de Trujillo. Se consideró una lista de cotejo para valorar cada una de las causas y la metodología ABC para seleccionar la causa más influyente, encontrando que, los accidentes de tránsito, el exceso de rutas de transporte público, la carencia de dispositivos de gestión de tráfico, la limitada red semafórica y paraderos en las vías son las causas más influyentes para la transitabilidad.

Se diseñó el sistema de transporte inteligente, basado en la ARC-IT con ayuda del software especializado en sistemas inteligentes de gestión de tráfico RAD-IT. Se consideró como elementos de entrada, las causas que más influyen en la transitabilidad vehicular y peatonal encontradas en el apartado anterior, los servicios extraídos del MTC y de la ARC-IT e interesados extraídos del PMUS.

Se evaluaron y seleccionaron las Tecnologías que solucionen las causas de la congestión vehicular basándose en criterios como precios, conectividad y compatibilidad obteniéndose un sistema que consiste en un dispositivo de geolocalización VT-200L por vehículo comunicadas con tecnología celular 4G, un Sistema de cámaras iDS-TCV907 e infraestructuras comunicadas mediante Ethernet.

## 4.2.DISCUSIÓN

La transitabilidad vehicular se pudo apreciar en la simulación con ayuda del software PTV-VISSIM, con el que se constató las deficiencias de la intersección tanto de infraestructura vial, como de infraestructura de gestión de tráfico; de forma similar, en un estudio de microsimulación de tráfico en la intersección de las avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía, se constató que un estudio de red vial con el mismo software, brinda detalles del tráfico como: deficiencias en los tiempos de semaforización, deficiencias en la redistribución de flujo vehicular, entre otros, pudiendo evitar estudios de alta demanda si se compara con estudios in situ.

En cuanto a las causas que más influyen en la congestión de tráfico, se puede verificar que hay una gran similitud de las causas encontradas entre la investigación titulada técnicas de minería de datos y aprendizaje automático en sistemas inteligentes de control de transporte, y la investigación propuesta en esta tesis; a pesar de poseer metodologías diferentes para determinarlas, la mayoría de las causas se relacionan como: demanda excesiva se relacionaría con exceso de rutas, tiempo muy prolongado de luz roja en el semáforo se relacionaría problemas en la red semafórica, insuficiente capacidad en las vías se relacionaría con paraderos en las vías y los accidentes debido a obstáculos se relacionaría con carencia de dispositivos de gestión de tráfico.

El diseño de la arquitectura ITS de esta investigación, se basó en la ARC-IT por estar alineada a los requerimiento del MTC, que sugiere que los sistemas ITS en el Perú, se deben desplegar teniendo en cuenta la metodología V; de forma similar, en un contexto como el de la Ciudad de Trujillo, donde las normas de tránsito se infringen, donde hay limitada infraestructura vial y donde hay alto índice

de accidentalidad, en el estudio Metodología para el Diseño de una Arquitectura de un Sistema Inteligente de Transporte para una Ciudad Intermedia Colombiana, consideró a la arquitectura americana ARC-IT como la mejor opción luego de hacer una comparativa entre diversas arquitecturas. Las semejanzas de ambas propuestas de arquitecturas, la colombiana y trujillana radica en: respecto al subsistema de campo ambas poseen equipamiento ITS de carretera y equipamiento de mantenimiento; respecto al subsistema de centro ambas comprenden centro de información de transporte, Centro de gestión de mantenimiento y construcción, Centro de administración de pagos, Centro de gestión de emergencias, Centro de gestión de tránsito y tráfico; respecto al subsistema de soporte ambas comprenden, sistema de difusión de información, y sistema de datos archivados; respecto al subsistema vehicular ambas comprenden vehículos comerciales con OBE, Vehículo de tránsito con OBE, Vehículo de emergencia con OBE y Vehículo de construcción OBE; y finalmente respecto al subsistema de pasajeros ambas comprenden Dispositivos ITS personales.

En cuanto a las cámaras, el presente estudio propone a las cámaras iDS-TCV907 como alternativa de solución para mitigar las causas que afectan la transitabilidad, de manera similar en otras regiones del Perú, un estudio denominado, Propuesta de implementación de un sistema inteligente de transporte para la mejora de las condiciones viales en el tramo del panamericano norte entre Av. Los Alisos y Av, Abancay, propone cámaras CCTV, tipo DEMO de la marca DAHUA, con comunicación ethernet, coincidiendo ambas propuestas en cámaras CCTV con el mismo sistema de comunicación. En cuanto a las tecnologías de geolocalización en la presente se propone VT-200L por vehículo comunicadas con

tecnología celular 4G, principalmente por su bajo coste y por la tecnología celular 4G, que hoy en día para el contexto de Trujillo es una de las más utilizadas, si se compara con otro estudio sobre Servicio de seguimiento de vehículos de transporte público para ciudades intermedias de países en desarrollo, se puede ver que la tecnología de posicionamiento es GPS U-blox 6M-0-001, siendo el coste un factor clave para esta elección, además de la compatibilidad con tarjetas de microcontrolador.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1.CONCLUSIONES**

- 1) La transitabilidad en el cruce de la avenida España con la avenida Manuel Vera Enrique fue determinada gracias a la microsimulación con el PTV-VISSIM, software que permite simular con alta exactitud situaciones reales y de tráfico, detallando situaciones que in situ no se podrían constatar; por lo tanto, se puede afirmar que la avenida en estudio es poco transitable, es decir no permite un flujo regular durante un periodo dado.
- 2) De acuerdo a estudios recientes, se encontró que las causas que generan la congestión del tráfico son: insuficiente capacidad en las vías, demanda excesiva, tiempo muy prolongado de luz roja en el semáforo, obstáculos en las carreteras como los accidentes, estacionamiento doble, trabajos en las carreteras, entre otros. Al verificar las causas de estos estudios con los de esta tesis se pudo ver que hay una semejanza de las causas encontradas; por lo tanto, se concluye que: los accidentes de tránsito, el exceso de rutas de transporte público, la carencia de dispositivos de gestión de tráfico, la limitada red semafórica y paraderos en las vías, son las causas que generan mayor impacto en la congestión.
- 3) En Ciudades intermedias como las de Popayán en Colombia, se sugiere que para diseñar una arquitectura ITS debe basarse en la ARC-IT; por lo tanto, siendo Trujillo una ciudad con características similares a Popayán se concluye que para desarrollar arquitecturas ITS en Trujillo

debe tener en cuenta la ARC-IT, y no sólo por eso, sino también para estar alineado con la metodología V, metodología que sugiere el MTC.

- 4) Al seleccionar y evaluar los ITS, se constató que las cámaras con comunicación Ethernet resuelven parte del problema de bajo nivel de servicio (poca transitabilidad) en contextos similares a las de Trujillo; por lo tanto, se concluye que un Sistema de cámaras iDS-TCV907 e infraestructuras comunicadas mediante Ethernet, resuelve parte del problema de transitabilidad. Adicionalmente, se constató que la tecnología celular 4G para sistemas de posicionamiento son las más sugeridas y solicitadas, por lo tanto, se concluye que los dispositivos de geolocalización VT-200L comunicadas con tecnología celular 4G permitiría buenas prestaciones de servicio, compatibilidad y bajos costos.

## **5.2.RECOMENDACIONES**

- 1) Se recomienda que se haga una simulación más extensa en todas las avenidas principales del centro histórico de la ciudad de Trujillo, con la finalidad de encontrar otras posibles causas y proponer nuevas alternativas ITS.
- 2) También se recomienda que se construya un prototipo a escala de alguna de las alternativas propuestas, con la finalidad de obtener resultados de pruebas reales en campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcala, M. (2016). *Microsimulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolivar, Córdova y calle Andalucía empleando el software VISSIM 6*.  
Lima.
- Ascoy, M., & Ruiz, M. (2018). *Diseño e implementación de un prototipo electrónico basado en tecnología GPS para el control de marcación de vehículos de transporte público de la ciudad de Trujillo*. Trujillo.
- Del Aguila, P., & Rodolfo, M. (2017). *Propuesta de implementación de un sistema inteligente de transporte para la mejora de las condiciones viales en el tramo del panamericano norte entre Av. Los Alisos y Av. Abancay*.  
Lima.
- DOT. (2021). *ARC-IT V9*.  
<https://www.arc-it.net/>
- DS-027-2019-MTC. (2019). *Decreto Supremo N°027-2019-MTC*.
- FRAME. (2021). *Foro FRAME*.  
<https://frame-online.eu/>
- Gonzales, Q., Rodrigo, J., Vaca, P., & Fernanda, L. (2015). *Sistemas Inteligentes de Transporte y Nuevas Tecnologías en el Control y Administración del Transporte*. Medellín.
- GRFS-Ginebra, Sociedad Global de Seguridad Vial. (2008). *Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomar decisiones*. Suiza.

- Harvey J, M., & Shih-Lung, S. (2001). *Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications*. New York.
- IBM. (2019, Junio). *ibm.com*.  
<https://www.ibm.com/docs/es/api-connect/2018.x?topic=definitions-creating-api-definition>
- INEI. (2016). *Análisis de los accidentes de tránsito ocurridos en el año 2016*.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaless/Lib1528/cap03.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Lib1528/cap03.pdf)
- INEI. (2018). *Perú: crecimiento , distribución de la población, 2017*.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaless/Lib1530/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Lib1530/libro.pdf)
- INEI. (2020). *Informe técnico de flujo vehicular por unidades de peaje*. Perú.  
<https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/flujo-vehicular/4/>
- IONOS. (2019, Setiembre). *ionos.es*.  
<https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/software-development-kit/>
- Leyva, B., & Beltran, C. (2016). *La comunicación inalámbrica a través de la banda de los 60GHZ*. Santa Clara: Revista Universidad y Sociedad.
- MPT. (2020). *Plan de movilidad urbana sostenible (PMUS)*. Trujillo.
- MTC. (2019). *Manual de Sistemas Inteligentes de transporte para la infraestructura vial*. Lima.
- MTC. (2020). *Anuario Estadístico 2020*.

- National Cable & Telecommunications Association. (2016, Mayo 2). *The Economic Costs and Benefits of a Federal Mandate that All Light Vehicles Employ 5.9 GHz DSRC Technology*.
- Nawaf O, A., Ahmad F., K., & Aws, M. (2018, Octubre). *Intelligent Transportation and Control Systems Using Data Mining and Machine Learning Techniques: A Comprehensive Study*.
- OECD/ITF. (2015). *ITF Transport Outlook 2015*. OECD Publishing/ITF.
- OSIPTEL. (2019). *Servicios Móviles: Comparación nacional e internacional de servicio de internet movil prepago*. Lima.
- Pachon, A., & Salazar, R. (2018). *Methodology for Design of an Intelligent Transport System (ITS) Architecture for Intermediate Colombian City*.
- PACT, GITEC, & RUPPRECHT. (2019). *PMUS - Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la Ciudad de Trujillo*. Trujillo.
- Pauro y Asociados. (2021). *Pauro & Asociados*. Retrieved from <https://www.pauro.com/que-es-iso-55000.html>
- Phifer, L. (2016, Julio). *ComputerWeekly.es*.  
<https://www.computerweekly.com/es/consejo/LAN-inalambrica-o-Ethernet-Una-comparacion-de-costos-de-manzanas-con-manzanas>
- PIARC. (2021). *Sitio del Asociación Mundial de la Carretera*.  
<https://rno-its.piarc.org/es>
- Rodriguez, P., & Turias, I. (2016). *Una comparativa entre redes neuronales artificiales y métodos clásicos para la predicción de la movilidad entre zonas de transporte. Aplicación práctica en el Campo de Gibraltar, España*. Cádiz.

- Salzar, R., & Pachon, A. (2018). *Public Transport Vehicle Tracking Service for Intermediate Cities of Developing Countries based on ITS Architecture using Internet of Things (IOT)*.
- Telcom IP. (2013). *Patrol Scan Version 4 Manual de Instalacion*. Trujillo.
- Telcom IP. (2014). *Patrol Scan V5 Manual de Instalacion*. Trujillo.
- Thomson, I., & Bull, A. (2001). *La congestión de tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Santiago de Chile.
- TMT. (2015). *Evaluación de área Saturada de la Red Vial Metropolitana de Trujillo*. Trujillo.
- Williams, B. (2008). *Intelligent Transport Systems Standards*. Norwood.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Especificaciones Técnicas de Equipos de Rastreo GPS para marcación automática en Buses y Combis de la ciudad de Trujillo.

### Dispositivo: Patrol Scan Versión 4 – Telcom IP

Especificaciones Técnicas (Telcom IP, 2013)

Característica	Detalle
Tamaño	130 mm X 90 mm X 40 mm
Alimentación Exterior	DC 9V – 50 V (Nominales)
Batería de Respaldo	DC 3.7V - 4.2V a 1000 mAh
Antena GSM Exterior	2.15 dBi a 2 metros de Cable RG174
Antena GPS Exterior	LNA 27dB a 5 metros cable RG174
Micrófono Exterior	Opcional Piezoeléctrico
Pantalla Externa	Opcional 1 pantalla LCD 16x2
Consumo a 12 voltios	Transmisión continua a 10 segundos < 100mA; Reposo < 24mA
Temperatura de Trabajo	-15°C hasta +60°C
Módulo GSM	Tres Bandas GSM 850/1800/1900
Módulo GPS	Venus 3, 65 Canales SiRFatLas IV
Memoria de Grabado	40000 puntos aprox.
Precisión	10 a 20 metros de vista al cielo directa sin obstáculos ni interferencia estando detenido. 5 a 10 metros vista al cielo directa sin obstáculos ni interferencias estando en movimiento.
Caja	Moldeada en inyección de plástico Alto Impacto

*Nota.* Datos tomados del Manual de Instalación Patrol Scan Versión 4, 2013, de Telcom IP



## Funciones Características (Telcom IP, 2013)

<b>Función</b>
Acople a alarma convencional del vehículo para avisar cuando se activa
Activación a sistema anti-asalto de alarma convencional del vehículo
Alerta de Botón de Pánico
Alerta de entrada a Zona Ciega
Alerta de exceso de velocidad
Alerta de Geocerca
Alerta de Retiro de batería
Batería de Respaldo
Conexión a pantalla externa
Conexión automática a Servidor de Respaldo (Backup)
Configuración de tiempo de transmisión
Configuración de tiempo de intervalo de transmisión de datos guardados
Consulta de Saldo
Control de apertura de pestillos eléctricos
Control de corte de encendido del vehículo
Control de encendido de claxon
Control de Micrófono Exterior
Control vía mensaje de texto
Control vía Web
Envío de Datos vía IP fijo o DNS
Envío de mensajes a pantalla externa
Envío de SMS de alerta a más de un usuario
informe de estado de banderas vía web
Memoria de Respaldo
Monitoreo de encendido de Chapa
Opción de Giro
Rastreo vía mensaje de texto
Rastreo vía Web (INTERNET)
Reseteo remoto
Transmisión de datos UDP / TCP
Voltaje de Trabajo de 9v-50v

*Nota. Datos tomados del Manual de Instalación Patrol Scan Versión 4, 2013, de Telcom IP*

## Dispositivo: Patrol Scan Versión 5 – Telcom IP

Especificaciones Técnicas (Telcom IP, 2013)

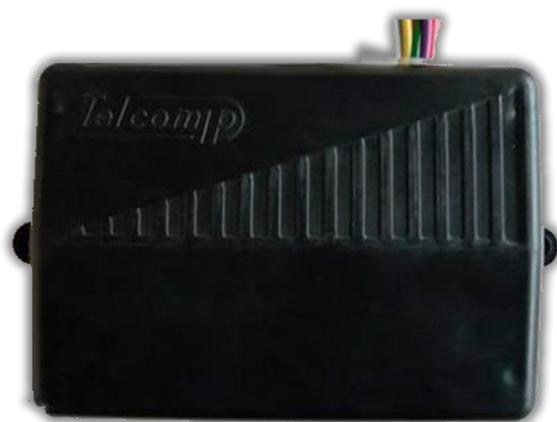
Característica	Detalle
Tamaño	100 mm X 75 mm X 25 mm
Alimentación Exterior	DC 9V – 60 V (Nominales)
Batería de Respaldo	DC 3.7V - 4.2V a 1000 mAh
Antena GPS Exterior	LNA 27dB a 5 metros cable RG174
Consumo a 12 voltios	Transmisión continua a 10 segundos < 70mA; Reposo < 24mA
Temperatura de Trabajo	-15°C hasta +60°C
Módulo GSM	Tres Bandas GSM 850/1800/1900
Módulo GPS	Venus 3, 65 Canales SiRFatLas IV
Memoria de Grabado	10000 puntos aprox.
Precisión	10 a 20 metros de vista al cielo directa sin obstáculos ni interferencia estando detenido. 5 a 10 metros vista al cielo directa sin obstáculos ni interferencias estando en movimiento.
Caja	Moldeada en inyección de plástico Alto Impacto
Comunicación	Envío de datos Binarios y ASCII
Protocolos	TCP/UDP
Programación Remota/Serial	SMS y/o FTP Bluetooth
Puertos Digitales	3 puertos
Tiempo de Transmisión	Desde 5 segundos hasta 9 minutos
Homologado MTC	TRFM20084
Garantía	De 1 año por defectos de fabricación, soporte local y fabricación local

*Nota.* Datos tomados del Manual de Instalación Patrol Scan Versión 5, 2014, de Telcom IP

Funciones Características (Telcom IP, 2014)

Función	Función
Acople a alarma convencional del vehículo para avisar cuando se activa	Conexión automática a Servidor de Respaldo (Backup)
Configuración de tiempo de intervalo de transmisión de datos guardados	Configuración de tiempo de transmisión en movimiento y detenido
Manejo de hasta 200 Geozonas	Batería de Respaldo
Alerta de exceso de velocidad	Opción de Giro
Alerta de Geocerca	Envío de Datos vía IP fijo o DNS
Alerta de Retiro de batería	Envío de SMS de alerta a más de un usuario
Alerta de Botón de Pánico	Informe de estado de banderas vía web
Alerta de Corte de antena GPS	Memoria de Respaldo Incorporada
Control de corte de encendido del vehículo	Monitoreo de encendido de Chapa
Apagado de motor modo seguro	Rastreo vía mensaje de texto
Control de apertura de pestillos eléctricos	Rastreo vía Web (INTERNET)
Control de encendido de claxon	Transmisión de datos UDP / TCP
Control de Micrófono Exterior	Reseteo remoto
Control vía mensaje de texto	Control vía Web
Configuración mediante aplicativo Android vía Bluetooth	Voltaje de Trabajo de 9v-60v
Conexión a pantalla externa	Guardado de datos en memoria SD

*Nota.* Datos tomados del Manual de Instalación Patrol Scan Versión 5, 2014, de Telcom IP



## Anexo 2: Pasos para Arquitectura ARC-IT en software RAD-IT

The screenshot displays the RAD-IT software interface with the following components:

- Menu Bar:** File, Home, Output.
- Clipboard:** Copy, Cut, Paste.
- Tools:** Synchronize Elements, Update Status, Add Physical Objects, Add Flows.
- Review:** Check Flows, Spelling, Architecture.
- Navigation Bar:** Start, Planning, Stakeholders, Inventory, Services, User Needs, R & R, Functions, Interfaces, Communications, Agreements.
- Current Region:** Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO.
- Architectures Panel:**
  - Regional:** List containing 'Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO'. Buttons: Region to Project, New, Delete.
  - Project:** Empty text area. Buttons: Project to Region, New, Delete.
  - Related:** Empty list area.
- Regional Architecture Attributes Panel:**
  - Name:** Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO
  - Description:** Esta arquitectura forma parte del logro de uno de los objetivos de la Tesis titulada "Sistema de Transporte inteligente basado en una arquitectura ARC-IT para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en avenidas del centro histórico de la Ciudad de Trujillo". Describe la arquitectura en que estaría soportado el ITS, principalmente los principales servicios que estarían inmersos, los interesados, los dispositivos que se necesitarían y como todos estos estarían interconectados en un solo sistema teniendo como objetivos principales: reducir la congestión vehicular y reducir el número de accidentes de tráfico.
  - Timeframe:** Proyección al 2030
  - Geographic Scope:** La región de transporte abarca el Centro Histórico de la Ciudad de Trujillo, teniendo como límite fronterizo la Avenida España. La población regional total de 675.000 habitantes con el 45% en actividades comerciales y más del 50% de los habitantes de la región están en industrias de tecnología.
  - Service Scope:** El sistema de transporte inteligente para el Centro Histórico de Trujillo consistiría en una reducción significativa de la congestión vehicular, también en mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal, así como reducir el número de accidentes de tránsito.
  - Developer:** Omar Leiva
  - Maintainer:** (Empty field)
  - Version:** 1
  - Date/Time:** 9/06/2021 00:00:00

**Anexo 3: Formato de Composición Vehicular y Peatonal**

F1_FORMATO DE COMPOSICIÓN VEHICULAR Y PEATONAL											GUÍA DE OBSERVACIÓN			
PUNTO DE CONTROL		Intersección entre la avenida España y la avenida Manuel Vera Enrique									FUENTE	DATOS DE CAMPO		
PROVINCIA / DISTRITO		La Libertad / Trujillo												
OBJETIVO		Determinar la transitabilidad vehicular y peatonal												
FECHA		14/10/2021					HORA				5:00-6:00 pm			
<b>VOLUMEN VEHICULAR</b>														
Ciclos de (100seg)		VERDE-40 seg			VERDE-17 seg			VERDE-32 seg			VERDE-40 seg			
		E9-E8	E9-CJ	E9-VR	CJ-VR	CJ-E8	CJ-E9	VR-E8	VR-CJ	VR-E9	E8-E9	E8-CJ	E8-VR	
1 ciclo	(#de vehículos por ciclo)	13	2	18	12	0	1	1	2	21	27	1	2	
	%vehic_car													
	%micros_bus													
	%Bike													
2 ciclo	(#de vehículos por ciclo)													
	%vehic_car													
	%micros_bus													
	%Bike													
3 ciclo	(#de vehículos por ciclo)													
	%vehic_car													
	%micros_bus													
	%Bike													
<b>VOLUMEN PEATONAL POR CICLO</b>														
	<b>TOTAL DE PEATONES</b>	CVR-NS	CVR-SN	CE9-EO	CE9-OE	CJ1-NS	CJ1-SN	CE8-EO	CE8-OE					
1 ciclo	Número de peatones													
2 ciclo	Número de peatones													
3 ciclo	Número de peatones													

**Anexo 4:** Lista de Chequeo de diagnóstico de la Avenida Manuel Vera Enrique –  
Centro Histórico de Trujillo.

<b>Lista de chequeo</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
1. ¿Existe una advertencia anticipada de la intersección semaforizada?	x		Las advertencias, son limitadas, y en muchos de los casos se encuentran obstaculizadas por árboles.
2. ¿EL ángulo de entrada a la intersección es el adecuado en todos los accesos?		x	Se evidencia que en el acceso vehicular de la avenida España 8 a la avenida Vera Enrique, el ángulo y espaciado de la avenida genera ligera congestión.
3. ¿Es la superficie de calzada adecuada para las velocidades, con suficiente textura y adherencia para impedir patinazos	x		Si, pero se encuentra deteriorada.
4. ¿Los pavimentos están deteriorados?	x		Se observa que fuera de la avenida España el deterioro es mayor.
5. ¿Existen las demarcaciones requeridas, líneas de detención, flechas de dirección, pistas...?	x		La demarcación peatonal y vehicular está deteriorada, además hay insuficiente demarcación en las pistas
6. ¿Los anchos de las pistas y de las calzadas son adecuados para el volumen y composición del tránsito?		x	Se observa que en el cruce no es lo suficientemente amplia, porque se evidencia congestión, especialmente al cruzar de la avenida España 8 a la avenida Vera Enrique
7. ¿El diseño de la intersección es obvio para todos los usuarios?		x	No existe un claro mensaje en la intersección
8. ¿Son los radios de giro tan amplios que alargan las distancias de los cruceros peatonales e incentivan las velocidades altas en los giros a la derecha?		x	No existe evidencia con que los radios de giro sean amplios, todo lo contrario, los radios de giro son muy estrechos
9. ¿La intersección distrae a los conductores y estos no ven a los peatones cruzando?	x		Es muy probable dado que los giros de los conductores se dan de manera muy rápida debido a que no hay suficiente espacio
10. ¿Los movimientos en las diferentes fases son claras para los conductores al cambiar las luces del semáforo?	x		Si son claras, pero se podría mejorar si se consideran visores digitales que marque el tiempo de semáforo
		x	

11. ¿Son los tiempos de las fases de los semáforos apropiadas para la cantidad y movimientos de alto riesgo?		Se evidencia que existe al menos 12 posibles direcciones en toda la intersección, si consideramos el peor de los escenarios donde los conductores tengan que ir a direcciones comunes, entonces la congestión aumentaría hasta llegar al caos vehicular, por lo tanto, para la demanda vehicular en una hora punta los tiempos de semáforo no son las apropiadas.
12. ¿Puede la programación ser modificada para evitar que los conductores realicen movimientos de alto riesgo?	x	Para programar una avenida en función del nivel de riesgo, se necesitaría que el semáforo interactúe con la avenida y el nivel de flujo vehicular, para lo cual el sistema actual está lejos de llegar a ese nivel.
13. ¿Las señales verticales muestran mensajes claros?	x	Se recomienda pueda haber mayor cantidad de señales verticales
14. ¿Es el tiempo de la fase verde suficiente para que crucen los peatones, especialmente los de tercera edad, discapacitados y niños puedan pasar?	x	Las personas mayores y con discapacidades podrían tener problemas la avenida España 9, dado que en la mayor parte del tiempo esa avenida se encuentra transitada.
15. ¿Hay posibilidad de atropellos por los vehículos que giran?	x	La posibilidad de que esto ocurra es alta dado que en los cruces no hay suficiente espacio para advertir a los peatones
16. ¿Los semáforos son visibles con facilidad para todos los conductores?	x	
17. ¿Los semáforos se encuentran en buen estado?	x	Los semáforos se ven en buen estado y en general son a modo ON-OFF, se recomendaría añadir un visor digital para advertirnos del cambio y además agregar semáforos peatonales en todos los sentidos
18. ¿Hay señales apropiadas y marcas en el pavimento para los paraderos?	x	Las marcas se encuentran deterioradas
19. ¿los cruceros peatonales presentan obstáculos?	x	En la avenida Manuel Vera Enriquez, no se logra distinguir los cruces peatonales, debido a la falta de mantenimiento de las vías.
20. ¿Hay rampas para discapacitados?	x	Si lo hay, pero requieren de mantenimiento
21. ¿La ubicación de las rampas para discapacitados brinda continuidad y seguridad en su desplazamiento?		En la calle Andalucía y en la avenida Córdoba las rampas no están alineadas. Se recomienda que estas sean del ancho del crucero. En la Av. Bolívar se debe asegurar la continuidad del crucero peatonal. Se recomienda que la rampa sea del ancho del crucero y la mediana este a nivel de la calzada. Se debe implementar orejas en dichas medianas.
22. ¿Hay facilidades para ciclistas?	x	Se observa una limitada demarcación para facilitar el transporte de los ciclistas

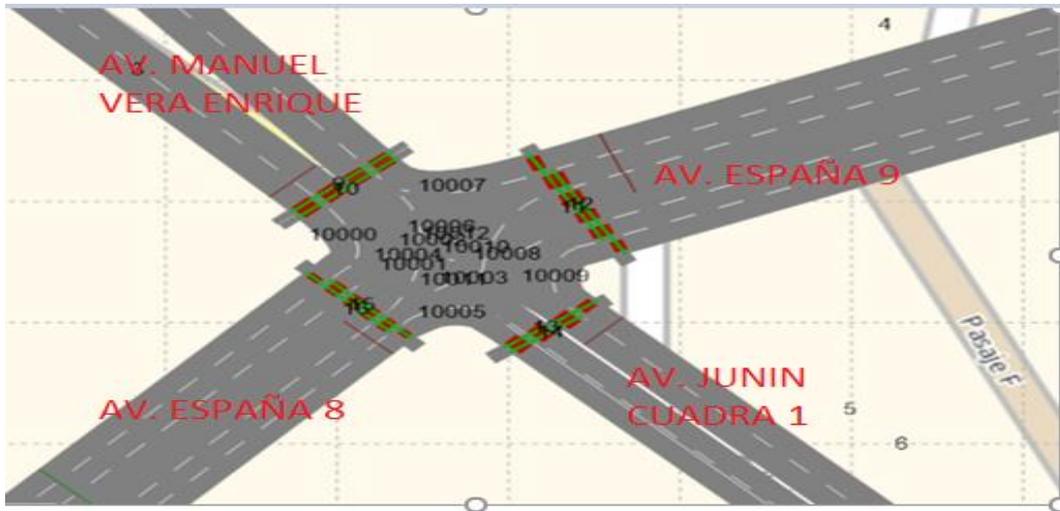
Anexo 5: Ubicación de la intersección de estudio en la ciudad de Trujillo. Fuente: Google Maps.



## Anexo 6: Procedimiento para la configuración del simulador de tráfico PTV Vissim

### Configuración de Simulador PTV Vissim

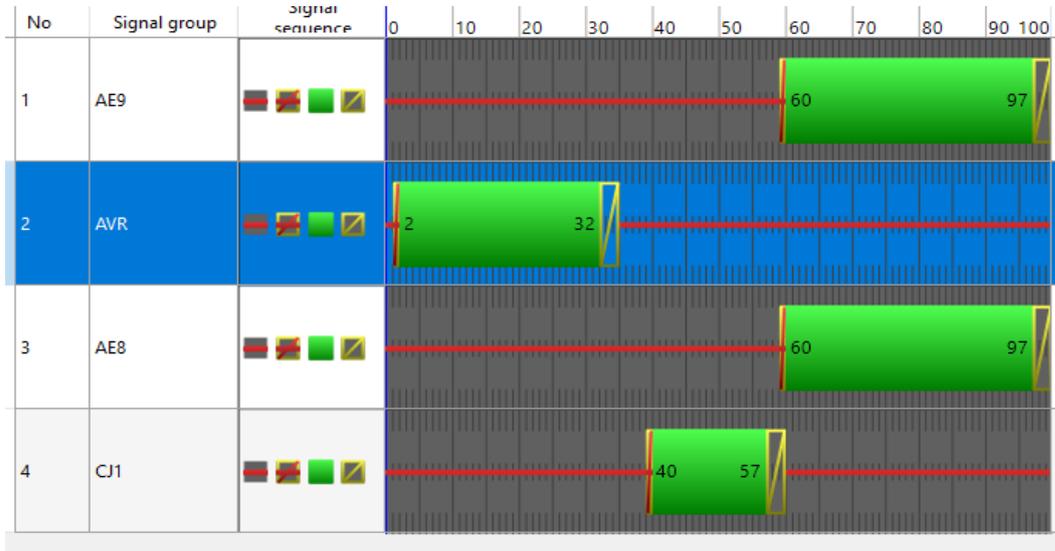
**Paso 1:** Primero se crearon los ‘link’ que sirven para la generación de vías como se muestra a continuación:



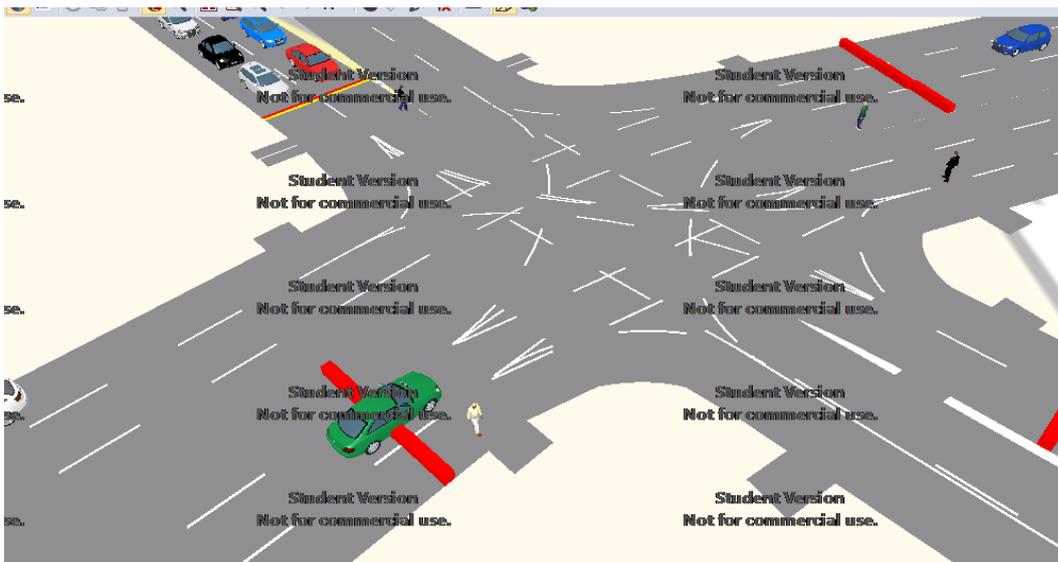
**Paso 2:** Luego se configuró la composición vehicular, para esto se necesitó de la cantidad de vehículos que circulan en cada una de las rutas por hora, así como del porcentaje del tipo de vehículos que circulan por una avenida o calle específica. Por ejemplo, a continuación, se visualiza el porcentaje de Bus, moto lineal, y taxis que pasan por la avenida España 9, así como la velocidad promedio en la que circulan.

Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	30: 30 km/h	0.850
2	300: Bus	30: 30 km/h	0.060
3	610: Bike Man	30: 30 km/h	0.090

**Paso 3:** Después se configuró los semáforos para controlar el tráfico de acuerdo a los tiempos reales extraídos de la vía



**Paso 4.** Finalmente se simuló la situación real de tráfico tal como puede verse a continuación



**Anexo 7:** Formato de Valoración de Causas que Generan Congestión de Tráfico

F2_FORMATO DE VALORACIÓN DE CAUSAS QUE GENERAN LA CONGESTIÓN DE TRÁFICO													LISTA DE COTEJO				
PUNTO DE CONTROL		Intersección entre la avenida España y la avenida Manuel Vera Enrique											FUENTES		DATOS DE CAMPO / PMUS		
PROVINCIA / DISTRITO		La Libertad / Trujillo															
OBJETIVO		Determinar las causas que más influyen en la congestión de tráfico															
VALORACIÓN		ALTA	15					MEDIA ALTA	5					MEDIA	1		
CAUSAS	(AT)	(MOT)	(ERV)	(DP)	(DMV)	(RDT)	(RTP)	(TNM)	(GT)	(TB)	(PL)	(TV)	(FV)	(PQ)	(IC)	(IP)	(PV)
FUENTES																	
PMUS																	
DATOS DE CAMPO																	
TOTAL																	

## Anexo 8: Formato de Identificación de Componentes de la Arquitectura

F3_FORMATO DE IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES DE LA ARQUITECTURA				GUÍA DE IDENTIFICACIÓN																																																											
PUNTO DE CONTROL	Intersección entre la avenida España y la avenida Manuel Vera Enrique			FUENTES	ARC-IT / PMUS / DATOS DE CAMPO																																																										
PROVINCIA / DISTRITO	La Libertad / Trujillo																																																														
OBJETIVO	Determinación de arquitectura ITS para la Ciudad de Trujillo, basada en ARC-IT																																																														
<b>ETAPA 1- IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS PARA MITIGAR LAS CAUSAS QUE GENERAN LA CONGESTIÓN</b>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Causas influyentes que generan congestión</th> <th>Objetivos/estrategias</th> <th>Descripción</th> <th>Indicador</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Causa 1 - De acuerdo al formato 2 (F2)</td> <td>Objetivos 1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estrategia 1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estrategia 2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Causa 2 - De acuerdo al formato 2 (F2)</td> <td>Objetivos 2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estrategia 1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estrategia 2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Causas influyentes que generan congestión	Objetivos/estrategias	Descripción	Indicador	Causa 1 - De acuerdo al formato 2 (F2)	Objetivos 1			Estrategia 1			Estrategia 2			Causa 2 - De acuerdo al formato 2 (F2)	Objetivos 2			Estrategia 1			Estrategia 2																																				
Causas influyentes que generan congestión	Objetivos/estrategias	Descripción	Indicador																																																												
Causa 1 - De acuerdo al formato 2 (F2)	Objetivos 1																																																														
	Estrategia 1																																																														
	Estrategia 2																																																														
Causa 2 - De acuerdo al formato 2 (F2)	Objetivos 2																																																														
	Estrategia 1																																																														
	Estrategia 2																																																														
<b>ETAPA 2- IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS DE INTERÉS DE ACUERDO A CADA OBJETIVO OBTENIDO</b>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Grupos de interés</th> <th rowspan="2">Grupos de interés</th> <th colspan="6">OBJETIVOS</th> </tr> <tr> <th>OB1</th> <th>OB2</th> <th>OB3</th> <th>OB4</th> <th>OB5</th> <th>OB6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">De acuerdo al PMUS</td> <td>GR1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GR2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GR3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GR4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Grupos de interés	Grupos de interés	OBJETIVOS						OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6	De acuerdo al PMUS	GR1							GR2							GR3							GR4																					
Grupos de interés	Grupos de interés	OBJETIVOS																																																													
		OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6																																																								
De acuerdo al PMUS	GR1																																																														
	GR2																																																														
	GR3																																																														
	GR4																																																														
<b>ETAPA 3- MAPEO DEL INVENTARIO DE ACUERDO AL ARC-IT</b>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Interesados</th> <th colspan="4">Inventario</th> <th colspan="4">Clase</th> <th rowspan="2">Descripción</th> </tr> <tr> <th>IM</th> <th>CM</th> <th>CC</th> <th>CG</th> <th>Personal</th> <th>Centro</th> <th>Campo</th> <th>Vehículo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GR1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GR2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GR3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GR4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Interesados	Inventario				Clase				Descripción	IM	CM	CC	CG	Personal	Centro	Campo	Vehículo	GR1										GR2										GR3										GR4									
Interesados	Inventario				Clase				Descripción																																																						
	IM	CM	CC	CG	Personal	Centro	Campo	Vehículo																																																							
GR1																																																															
GR2																																																															
GR3																																																															
GR4																																																															
<b>ETAPA 4- IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS Y NECESIDADES DE ACUERDO AL ARC-IT Y EL MTC</b>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfera de servicio según el MTC</th> <th>Servicios ITS según el ARC-IT</th> <th>Servicios ITS según el MTC</th> <th>Necesidades extraídas del ARC-IT</th> <th>OB1</th> <th>OB2</th> <th>OB3</th> <th>OB4</th> <th>OB5</th> <th>OB6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Esfera de servicio según el MTC	Servicios ITS según el ARC-IT	Servicios ITS según el MTC	Necesidades extraídas del ARC-IT	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6																																																
Esfera de servicio según el MTC	Servicios ITS según el ARC-IT	Servicios ITS según el MTC	Necesidades extraídas del ARC-IT	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6																																																						
<b>ETAPA 5- IDENTIFICACIÓN DE ROLES Y RESPONSABILIDADES DE ACUERDO AL ARC-IT Y EL MTC</b>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Roles y responsabilidades</th> <th>Descripción</th> <th>Servicios ITS según el ARC-IT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Roles y responsabilidades	Descripción	Servicios ITS según el ARC-IT																																																							
Roles y responsabilidades	Descripción	Servicios ITS según el ARC-IT																																																													
<b>ETAPA 6- IDENTIFICACIÓN DE FUNCIONES</b>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sistema</th> <th>Nombre de objeto físico</th> <th>Objeto funcional</th> <th>Descripción del objeto funcional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Sistema	Nombre de objeto físico	Objeto funcional	Descripción del objeto funcional																																																						
Sistema	Nombre de objeto físico	Objeto funcional	Descripción del objeto funcional																																																												
<b>ETAPA 7- IDENTIFICACIÓN DE INTERFACES</b>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elementos del inventario 1</th> <th>Elementos del inventario 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Elementos del inventario 1	Elementos del inventario 2																																																								
Elementos del inventario 1	Elementos del inventario 2																																																														
<b>ETAPA 8- IDENTIFICACIÓN DE COMUNICACIONES</b>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Identificación de comunicaciones</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Identificación de comunicaciones	Descripción																																																								
Identificación de comunicaciones	Descripción																																																														

## Anexo 9: Identificación de Estrategias y Objetivos en Software RAD-IT

The screenshot displays the 'Planning' tab of the RAD-IT software. The current region is 'Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO'. The interface is divided into two main sections: 'Objectives and Strategies' on the left and 'Objective/Strategy Attributes' on the right.

**Objectives and Strategies:**

- Objectives:**  Regional  All Customize
- 1. Incrementar la seguridad del sistema de transporte para usuarios motorizados y no motorizados**
  - 1.1. Reducción de las muertes por accidentes de tránsito y lesiones graves
  - 1.2. Incremento de sistemas de seguridad en los vehículos motorizados y no motorizados contra obstáculos potenciales
- 2. Mejorar la integración y conectividad del sistema de transporte y mejorar los servicios de acceso a la información.**
  - 2.1. Mejorar la capacidad de comunicación entre las diferentes agencias de gestión de tráfico y de emergencia.
  - 2.2. Mayor acceso a la información debido al equipamiento vehicular.
  - 2.3. Mejorar los servicios de los pasajeros y transeúntes
- 3. Mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular en el centro histórico de Trujillo, implementando mayor cantidad de semáforos**
  - 3.1. Mayor interacción entre vehículos y la infraestructura
  - 3.2. Implementación de sistemas ITS tanto vehicular peatonal en las vías
- 4. Mejorar el nivel de hardware y software, con actualizaciones que cumplan el requisito mínimo por el estándar y las políticas**
  - 4.1. Actualizaciones de hardware y software en el sistema de gestión de tráfico
- 5. Mejorar el mantenimiento de equipos ITS en campo**
  - 5.1. Mantenimiento de sistemas de pago, equipos de apoyo al pasajero y de verificación de vehículos comerciales
  - 5.2. Mantenimiento de señales de tráfico, controladores de tráfico, CCTV y otros
  - 5.3. Supervisión, control y gestión de la configuración de la infraestructura, y la corrección de los problemas del servicio
- 6. Mejorar las comunicaciones ITS seguras y confiables entre dispositivos.**
  - 6.1. Mejorar los protocolos de comunicación

**Objective/Strategy Attributes:**

- Type:** Objective
- Number:** 1
- Name:** Incrementar la seguridad del sistema de transporte para usuarios
- Description:** Con reducción de la tasa del número de fallecidos y número de incidentes
- Source:**
- Performance Measures:**  Selected  All
- Service Packages:**  PS02: Emergency Response  TM08: Traffic Incident Management System
- Projects:**  Selected  All

**Anexo 10:** Identificación de los Grupos de Interés en Software RAD-IT

Start Planning **Stakeholders** Inventory Services User Needs R & R Functions Interfaces Communications Agreements

Current Region: Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO

Stakeholders:  Regional  All Autoselect

- GR1-Centro de mantenimiento y construcción ITS de Trujillo
- GR2-Centro de mejoramiento de la infraestructura ITS de Trujillo**
- GR3-Centro de comunicaciones y soporte tecnologico de IIS
- GR4-Centro gestión de sistemas ITS de transporte de Trujillo Centro

**Stakeholder Attributes**

Name

GR2-Centro de mejoramiento de la infraestructura ITS de Trujillo

**Description**

Encargados de controlar de forma remota las señales de tráfico en las intersecciones bajo su jurisdicción, también poder administrar e implementar planes de control para coordinar las intersecciones señalizadas, así como poder monitorear y controlar los aspectos de los cruces de peatones de las señales de tráfico para facilitar los cruces de peatones seguros en la intersección.

Encargados de monitorear la red de carreteras utilizando dispositivos de infraestructura para detectar y verificar incidentes y respaldar la implementación de estrategias operativas de tráfico.

## Anexo 11: Configuración de los Inventarios en Software RAD-IT

The screenshot displays the RAD-IT software interface for configuring an inventory element. The top menu bar includes options like Copy, Cut, Paste, Synchronize Elements, Update Status, Add Physical Objects, Add Flows, Check Flows, Spelling, and Architecture. Below the menu is a navigation pane with tabs for Start, Planning, Stakeholders, Inventory (selected), Services, User Needs, R & R, Functions, Interfaces, Communications, and Agreements. The current region is set to "Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO".

The main workspace is divided into two panes. The left pane, titled "Elements", shows a tree view of the inventory structure. The selected element is "CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción". Other elements in the tree include "GR1-Centro de mantenimiento y construcción ITS de Trujillo", "CM-Operador de vehículos Mantenimiento y Construcción", "CM-Operadores del centro de mantenimiento -", "CM-personal de mantenimiento y construcción", "CM-Sistema administrativos de Mantenimiento y Construcción", "CM-Vehículo básico de Mantenimiento y Construcción", "CM-Vehículo OBE de Mantenimiento y Construcción", "GR2-Centro de mejoramiento de la infraestructura ITS de Trujillo", "GR3-Centro de comunicaciones y soporte tecnológico de ITS", and "GR4-Centro gestión de sistemas ITS de transporte de Trujillo Centro".

The right pane, titled "Element Attributes", shows the configuration for the selected element. The "Name" field is "CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción". The "Type" is "Transportation (Normal)" and the "Class" is "Center". The "Status (Region)" is "Planned". The "Stakeholder (Owner)" is "GR1-Centro de mantenimiento y construcción ITS de Trujillo". The "Description" field contains the text: "Supervisa y gestiona las actividades de mantenimiento y construcción de la infraestructura vial. Este objeto físico, que representan tanto a las agencias públicas como a los contratistas privados que brindan estas funciones, administra flotas de vehículos de".

At the bottom of the right pane, there are radio buttons for "Physical Objects": "Selected", "Related" (selected), and "All". A checkbox at the bottom left of the right pane is checked, labeled "Maint and Constr Management Center (Subsystem)".

## Anexo 12: Identificación de los Servicios en Software RAD-IT

The screenshot displays the RAD-IT software interface with the 'Services' tab selected. The current region is 'Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO'. The 'Service Packages' list on the left includes various services, with several highlighted by red boxes. The 'Autoselect' button is also highlighted. The 'Service Package Attributes' panel on the right shows details for 'CVO02: Freight Administration', including its ID, status, name, description, and a list of elements.

**Service Packages:**  Region  All **Autoselect** Search

**Service Packages:**

- CVO02: Freight Administration
- DM01: ITS Data Warehouse
- MC05: Roadway Maintenance and Construction
- PS02: Emergency Response
- PT03: Dynamic Transit Operations
- SU01: Connected Vehicle System Monitoring and Management
- SU11: Field Equipment Maintenance
- TI05: Travel Services Information and Reservation
- TM01: Infrastructure-Based Traffic Surveillance
- TM02: Vehicle-Based Traffic Surveillance
- TM03: Traffic Signal Control
- TM04: Connected Vehicle Traffic Signal System
- TM05: Traffic Metering
- TM07: Regional Traffic Management
- TM08: Traffic Incident Management System
- VS02: V2V Basic Safety
- WX01: Weather Data Collection

**Service Package Attributes**

ID: CVO02 Status (Region): Planned

Name: Freight Administration

Description: This service package tracks the movement of cargo and monitors the cargo condition. Interconnections are provided to intern...

Elements:  Selected  Regional  All

CG-Centro de gestión de flotas y mercancías

IM-Centro de distribución y logística de carga

IM-OBE de vehículos comerciales

Projects:  Selected  All

**Anexo 13:** Configuración de los Servicios en Software RAD-IT

The screenshot displays the 'User Needs' configuration interface in the RAD-IT software. The 'User Needs' tab is highlighted in red. The 'Needs' list on the left includes 'Control de señales de tráfico' which is selected. The 'Need Area Attributes' panel on the right shows details for 'Control de señales de tráfico', including its name, order (0), type (Regulatory), and service package (TM03: Traffic Signal Control).

**Need Area Attributes**

Name	
Control de señales de tráfico	
Order	Type
0	Regulatory
Service Package	
TM03: Traffic Signal Control	
Description	
Este paquete de servicios proporciona el equipo de control y monitoreo central, los enlaces de comunicación de señales que respaldan el control del tráfico en las intersecciones señalizadas. Este paquete de servicios de sistemas de control de señales de tráfico que van desde sistemas de control de horario fijo hasta sistemas sensibles al tráfico que ajustan dinámicamente los planes y estrategias de control en función de las condiciones de tráfico y las solicitudes de prioridad. Este paquete de servicios es generalmente un paquete intrajurisdiccional que logra la coordinación entre jurisdicciones mediante el uso de una base de tiempo común u otras estrategias de coordinación en tiempo real también estarían representados por este paquete.	

### Anexo 14: Identificación de los Roles en Software RAD-IT

Role and Responsibility Areas

Regional Areas:  Included  All Autoselect

- Rol de centro de recopilación de datos metereológicos
- Rol de equipo de carretera de vehículo conectado
- Rol de los dispositivos de información personal
- Rol de los Dispositivos personales
- Rol de Vehículo de emergencia OBE
- Rol del área central
- Rol del área de campo
- Rol del centro de gestión de emergencias
- Rol del Centro de gestión de tráfico
- Rol del centro de gestion de tránsito
- Rol del Centro de información de transporte
- Rol del equipo de carreteras ITS
- Rol del equipo de mantenimiento de campo
- Rol del los Vehículos a bordo del vehículo
- Rol del servicio de Gestión de mantenimiento y construcción
- Rol del sistema de vigilancia de tráfico basada en vehiculos conectados
- Rol del Vehículo de tránsito OBE
- Rol Sistema de monitorización de servicios
- Surface Street Management for Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO

Functional Objects

Elements  Functional Objects

- Archived Data System
- Border Inspection System
- Center
- Commercial Vehicle Administration Center
- Commercial Vehicle OBE
- Connected Vehicle Roadside Equipment
- Emergency Management Center
- Emergency Vehicle OBE
- Field
- Field Maintenance Equipment
- Fleet and Freight Management Center
- Freight Distribution and Logistics Center
- ITS Communications Equipment
- ITS Object
- ITS Roadway Equipment
- Maint and Constr Management Center
- Maint and Constr Vehicle OBE
- Payment Administration Center
- Personal Information Device
- Personnel Device
- Roadside Communications Unit
- Service Monitor System
- Traffic Management Center

**Anexo 15:** Identificación de las Interfaces de Configuración en Software RAD-IT

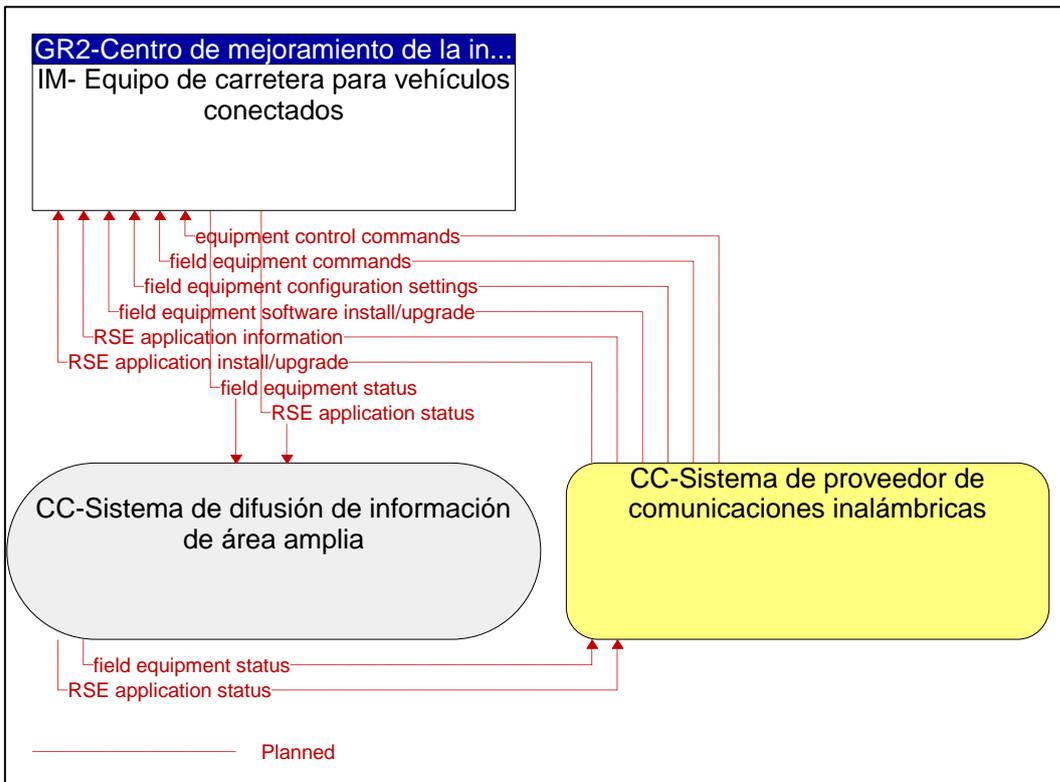
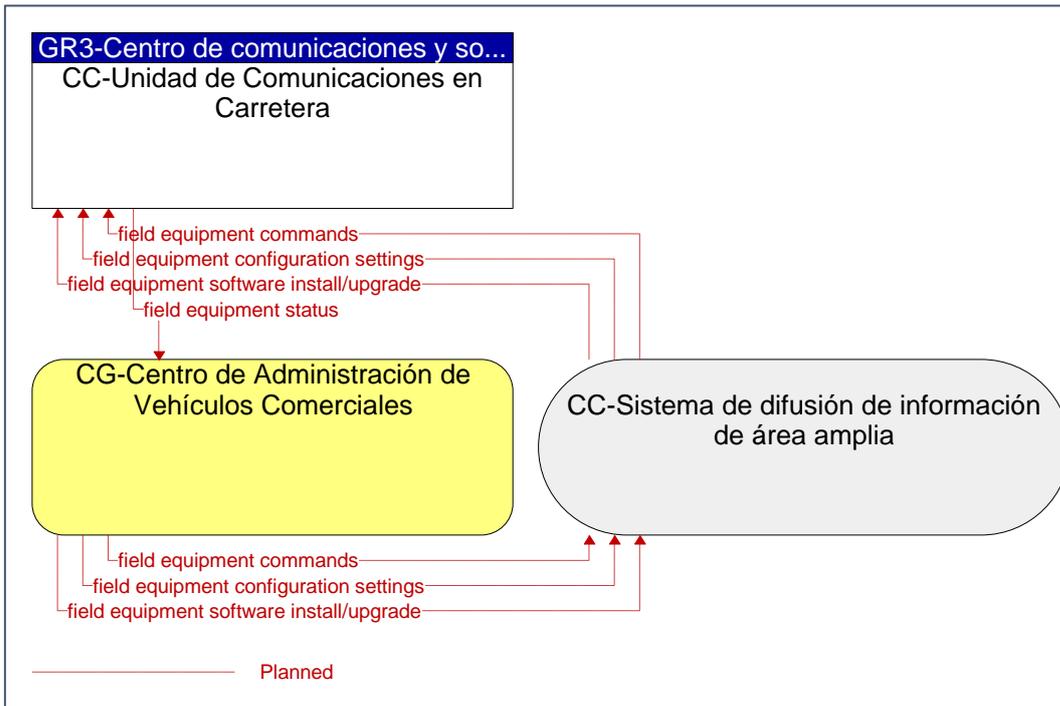
**Para la configuración de las interfaces, también se puede hacer de manera manual en el ícono desplegable**

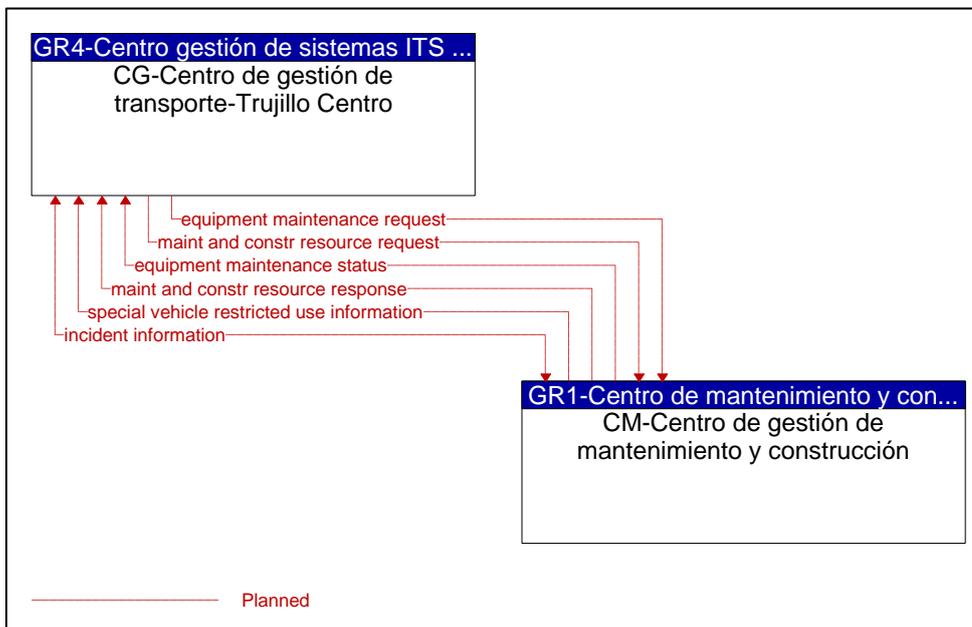
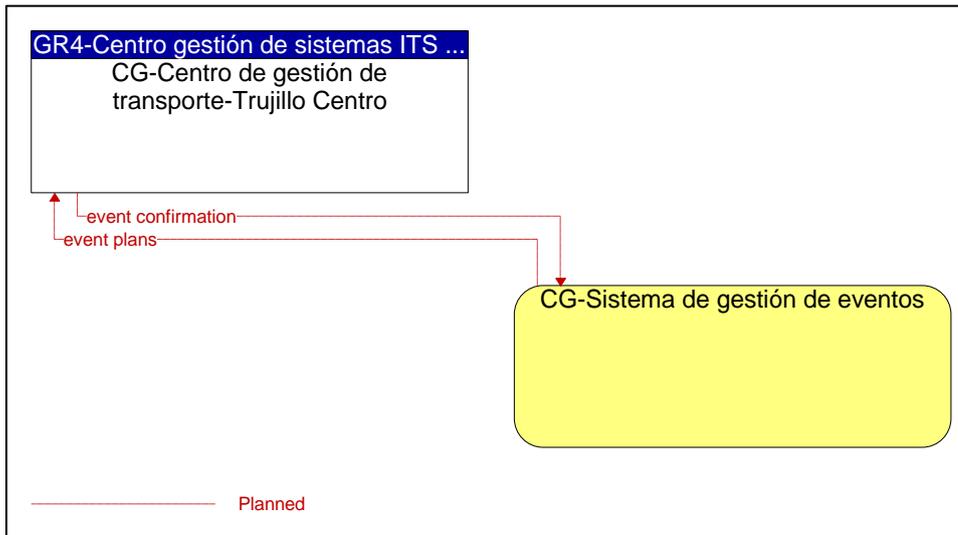
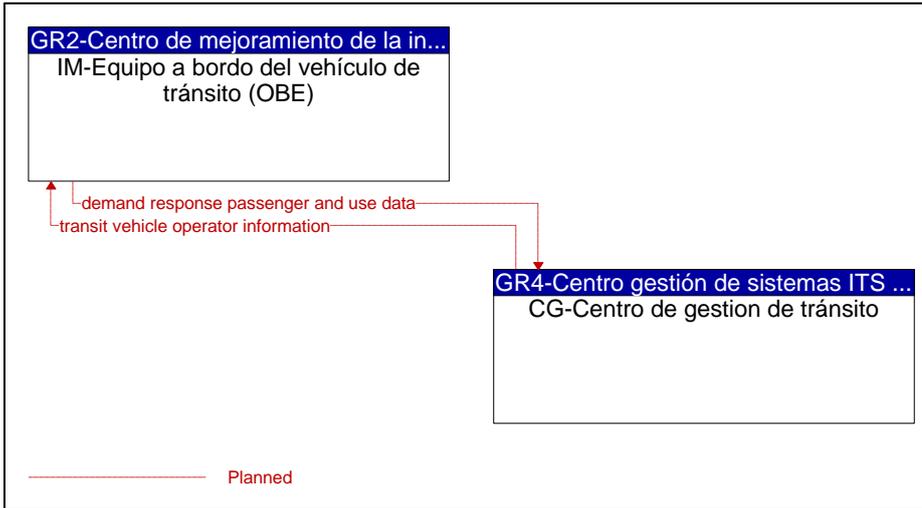
Start	Planning	Stakeholders	Inventory	Services	User Needs	R & R	Functions	Interfaces	Communications	Agreements
<b>Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO: All Interconnects ( 226 Entries)</b>										
Element	Element	Communications	Include							
CC-Medios comunicación	CC-Unidad de Comunicaciones en Carretera	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	CG-Centro de gestión de emergencias	CC-Sistema de difusión de información de área amplia	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	CC-Sistema de difusión de información de área amplia	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	IM-Campo	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	IM-Equipamiento ITS en las carreteras	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	IM-Sistema de inspección en los límites fronterizos	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Medios comunicación	IM-Sistema de monitoreo de servicio	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de difusión de información de área amplia	IM-Sistema de monitoreo de servicio	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	CC-Unidad de Comunicaciones en Carretera	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	CG-Centro de gestión de la información de transporte	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	CG-Centro de gestión de transporte-Trujillo Centro	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	CM-Centro de gestión de mantenimiento y construcción	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	IM- Equipo de carretera para vehículos conectados	CC-Sistema de difusión de información de área amplia	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	IM-Campo	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	IM-Equipamiento de mantenimiento de campo	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							
CC-Sistema de proveedor de comunicaciones inalámbricas	IM-Equipamiento ITS en las carreteras	Not Identified	<input checked="" type="checkbox"/>							

Para la configuración de las comunicaciones, se tiene las soluciones a la izquierda de la figura

Start	Planning	Stakeholders	Inventory	Services	User Needs	R & R	Functions	Interfaces	Communications	Agreements
Arquitectura Regional ITS TRUJILLO-CENTRO Solutions (28 Entries-Read Only)										
Solution	Description	#Triples	In Arch	Readiness	Use Def					
(Data Not Needed) - Bluetooth	This solution is used within Australia, Canada, the E.U. and the U.S.. It combines standards associated with (Data Not Needed) with those for ...	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Highest	<input type="checkbox"/>					
(None-Data) - Secure Internet (ITS)	This solution is used within Australia, the E.U. and the U.S.. It combines standards associated with (None-Data) with those for I-I: Secure Inter...	148	<input checked="" type="checkbox"/>	Lowest	<input type="checkbox"/>					
(None-Data) - Secure Wireless Internet (ITS)	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with (None-Data) with those for I-M: Secure Wireless Internet (ITS). Th...	7	<input checked="" type="checkbox"/>	Lowest	<input type="checkbox"/>					
TUF - Guaranteed Secure Internet (ITS)	This solution is used within Australia, the E.U. and the U.S.. It combines standards associated with TUF with those for I-I: Guaranteed Secure I...	8	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
TUF - Secure Internet (ITS)	This solution is used within Australia, the E.U. and the U.S.. It combines standards associated with TUF with those for I-I: Secure Internet (ITS)...	116	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: ADMS - Secure Internet (ITS)	This solution is used within Canada and the U.S.. It combines standards associated with US: ADMS with those for I-I: Secure Internet (ITS). Th...	18	<input checked="" type="checkbox"/>	Lowest	<input type="checkbox"/>					
US: ATIS - Secure Internet (ITS)	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: ATIS with those for I-I: Secure Internet (ITS). The US: ATIS sta...	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Low	<input type="checkbox"/>					
US: ATIS - Secure Wireless Internet (ITS)	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: ATIS with those for I-M: Secure Wireless Internet (ITS). The U...	6	<input checked="" type="checkbox"/>	Low	<input type="checkbox"/>					
US: GTFS real-time - Secure Internet (ITS)	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: GTFS real-time with those for I-I: Secure Internet (ITS). The U...	1	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: GTFS static - Secure Internet (ITS)	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: GTFS static with those for I-I: Secure Internet (ITS). The US: ...	1	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: NTCP Data Collection - SNMPv3/TLS	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: NTCP Data Collection with those for I-F: SNMPv3/TLS. The US...	2	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: NTCP Environmental Sensors - Wireless SNMPv3/TLS	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: NTCP Environmental Sensors with those for I-M: Wireless SN...	2	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: NTCP Generic Device - SNMPv3/TLS	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: NTCP Generic Device with those for I-F: SNMPv3/TLS. The U...	319	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: NTCP Roadside Unit - SNMPv3/TLS	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: NTCP Roadside Unit with those for I-F: SNMPv3/TLS. The US:...	21	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: NTCP Signal Priority - SNMPv3/TLS	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: NTCP Signal Priority with those for I-F: SNMPv3/TLS. The US: ...	3	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: NTCP Traffic Signal - SNMPv3/TLS	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: NTCP Traffic Signal with those for I-F: SNMPv3/TLS. The US: ...	3	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: NTCP Transportation Sensors - SNMPv3/TLS	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: NTCP Transportation Sensors with those for I-F: SNMPv3/TL...	3	<input checked="" type="checkbox"/>	High-Mod...	<input type="checkbox"/>					
US: SAE Basic Safety Messages - WAVE WSMP	This solution is used within the U.S.. It combines standards associated with US: SAE Basic Safety Messages with those for V-X: WAVE WSM...	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderate	<input type="checkbox"/>					

**Anexo 16:** Diagramas de Interconexiones de Interfaces





**Anexo 17: Formato de Calificación de Alternativas en Función del Costo**

F4_FORMATO DE CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS ITS EN FUNCIÓN DEL COSTO					Lista de cotejo	
PUNTO DE CONTROL	Intersección entre la avenida España y la avenida Manuel Vera Enrique				FUENTES	revisión bibliográfica
PROVINCIA / DISTRITO	La Libertad / Trujillo					
OBJETIVO	Calificación de soluciones ITS, para el Centro Histórico de Trujillo					
CALIFICACIÓN	1	2	3	4	5	
COSTO	Mayor	Entre mayor y medio	Medio	Entre menor y medio	Menor	
<b>Tipo</b>	<b>Característica</b>	<b>Abrebiatura</b>	<b>Costo monetario</b>	<b>Calificación</b>		
Geolocalizador	ST-905	G-ST905	S/. 350	2		
	FMB-120	G-FMB120	S/. 320	3		
	TK-119-3G	G-TK119	S/. 320	3		
	VT200L-4G	G-VT200L	S/. 220	4		
	VT900I-4G	G-VT900L	S/. 420	1		
Cámara	Thermicam AI-325	C-TAI325	S/. 350	5		
	TrafiOne 195	C-TO195	S/. 520	2		
	Termica PT/FC	C-TPTFC	S/. 450	4		
	TrafiBotHD	C-TBHD	S/. 500	3		
	iDS-TCV907-BIR	C-TCV907	S/. 650	1		
Tecnología Celular	4G-LTE	TC-4G	0.78 \$/segundo	1		
	3G	TC-3G	0.28 \$/segundo	2		
	2G	TC-2G	0.0008 \$/segundo	3		
	GSM	TC-GSM	0.0004 \$/segundo	4		
Tecnología Vehicular	V2X	TV-V2X	1.5Y	1		
	I2I	TC-I2I	Y*	2		
Comunicación	Wi-Fi	CC-WF	4.7Z	1		
	Bluetooth	CC-BT	Z*	3		
	Ethernet	CC-ET	23.5Z	2		

**Anexo 18:** Formato de Selección de Alternativa ITS

F4.1_FORMATO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVA ITS					Lista de cotejo	
PUNTO DE CONTROL	Intersección entre la avenida España y la avenida Manuel Vera Enrique				FUENTES	revisión bibliográfica
PROVINCIA / DISTRITO	La Libertad / Trujillo					
OBJETIVO	Selección alternativa ITS, para el Centro Histórico de Trujillo					
PRIORIDAD	1	2	3	4	5	
CARACTERÍSTICA	Baja prioridad	Baja media prioridad	Media prioridad	Alta media prioridad	Alta prioridad	
<b>Criterio</b>	<b>Caracterización</b>				<b>Prioridad</b>	
Vigencia de la tecnología	La alternativa se mantendrá vigente al menos 2 años					
	La alternativa se mantendrá vigente al menos 5 años					
	La alternativa se mantendrá vigente al menos 8 años					
	La alternativa se mantendrá vigente al menos 12 años					
	La alternativa se mantendrá vigente al menos 20 años					
Tiempo de Implementación	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 10 años					
	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 8 años					
	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 6 años					
	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 4 años					
	La implementación de la alternativa tomará alrededor de 2 años					
Casos de Implementación	Nunca se ha implementado una alternativa similar en el mundo					
	Al menos se ha implementado 1 alternativa similar en el mundo					
	Se han implementado entre 2 y 10 alternativas similares					
	Se han implementado entre 11 y 20 alternativas similares					
	Se han implementado más de 20 alternativas similares					
Evaluación de Costo	La alternativa tiene calificación total de costos menor o igual a 7					
	La alternativa tiene calificación total de costos igual a 8					
	La alternativa tiene calificación total de costos igual a 9					
	La alternativa tiene calificación total de costos igual a 10					
	La alternativa tiene calificación total de costos mayor o igual a 11					
Antigüedad de la tecnología	La alternativa tiene tecnología con antigüedad mayor a 20 años					
	La alternativa tiene tecnología con antigüedad entre 15 y 20 años					
	La alternativa tiene tecnología con antigüedad entre 10 y 15 años					
	La alternativa tiene tecnología con antigüedad entre 5 y 10 años					
	La alternativa tiene tecnología con antigüedad menor a 5 años					

## Anexo 19: Alternativas tecnológicas de posicionamiento y geolocalización

### Alternativa 1: Sino Track GPS/ ST—905



<b>Marca</b>	Sino Track GPS
<b>Modelo</b>	ST-905
<b>Dimensiones</b>	80*68*22mm/112*78*28mm/112*78*45mm
<b>Peso</b>	150g, 300g, 500g
<b>Network</b>	GSM/GPRS
<b>Bandas</b>	850/900/1800/1900Mhz
<b>GPS Sensibilidad</b>	-159 dBm
<b>GSP Precisión</b>	5m
<b>Carga de Entrada</b>	DC 5v a 1 Amp
<b>Bateria</b>	3.7V 5000mAh/3.7V 10400mAh/20800mAh
<b>Stand by</b>	60 dias,/120 dias/240 dias
<b>Temperatura de Almacenamiento</b>	-40°C a +85°C
<b>Temperatura de Operación</b>	-20°C a 55°C
<b>Costo Aproximado</b>	S/. 350

## Alternativa 2: Teltonika/FMB-120



<b>Marca</b>	Teltonika
<b>Modelo</b>	FMB-120
<b>Dimensiones</b>	65 x 56.6 x 18.9 mm
<b>Peso</b>	55 g
<b>Network</b>	GSM/GRPS/GNSS/Bluetooth
<b>GSM Bandas</b>	3G - 850/900/1800/1900Mhz
<b>GPS Sensibilidad</b>	-165 dBm
<b>GNSS</b>	GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU, SBAS, QZSS, DGPS, AGPS
<b>Recepción GNSS</b>	33 canales
<b>GPS Precisión</b>	3 m
<b>Carga de Entrada</b>	DC 10v-30 v con 35 mA
<b>Bateria</b>	Sin bateria interna
<b>Sensores</b>	Acelerometro
<b>Temperatura de Almacenamiento</b>	-40°C a +85°C
<b>Temperatura de Operación</b>	-40°C a 85°C
<b>Escenarios</b>	Conducción ecológica, exceso de velocidad, detección de interferencias, contador de combustible, detección de desconexión, detección de remolque, detección de accidentes, geocerca automática, geocerca manual
<b>Costo Aproximado</b>	S/. 320

### Alternativa 3: Qiu Tu Xing /303-FG



<b>Marca</b>	Qiu Tu Xing
<b>Modelo</b>	303FG 3G
<b>Dimensiones</b>	60 x 40 x 20 mm
<b>Peso</b>	100 g
<b>Network</b>	GSM/GPRS
<b>GSM Bandas</b>	3G - 850/900/1800/1900Mhz
<b>GPS Sensibilidad</b>	-160 dBm
<b>GNSS</b>	GPS
<b>GPS Precisión</b>	5 m
<b>Carga de Entrada</b>	DC 9v-30 v con 20 mA
<b>Bateria</b>	Sin bateria interna
<b>Sensores</b>	Micrófono
<b>Temperatura de Almacenamiento</b>	-40°C a +85°C
<b>Temperatura de Operación</b>	-20°C a +65°C
<b>Escenarios</b>	Alarma por batería baja, por batería desconectada, botón de pánico, control de velocidad, límite de perímetro (geocerca)
<b>Costo Aproximado</b>	S/. 330

#### Alternativa 4: Eelink/ TK119-3G



<b>Marca</b>	Eelink
<b>Modelo</b>	TK119-3G
<b>Dimensiones</b>	87 x 42 x 12 mm
<b>Peso</b>	50 g
<b>Network</b>	GSM/GPRS/WCDMA/LBS
<b>GSM Bandas</b>	3G - 850/900/1800/1900Mhz
<b>GPS Sensibilidad</b>	-160 dBm
<b>GNSS</b>	GPS
<b>GPS Precisión</b>	5 m
<b>GPS Frecuencia</b>	1575 Mhz
<b>LBS Precision</b>	200 m
<b>Carga de Entrada</b>	DC 6v-36 v con 30 mA
<b>Batería</b>	60 mAh
<b>Sensores</b>	Acelerometro
<b>Temperatura de Almacenamiento</b>	-40°C a +85°C
<b>Temperatura de Operación</b>	-20°C a 70°C
<b>Escenarios</b>	Rastreo en tiempo real, historial de rutas, alarma de vibración, alarma de colisión o falla, alarma de velocidad, alarma de geocerca. Alarma de desconexión de batería y de batería baja.
<b>Costo Aproximado</b>	S/. 320

### Alternativa 5: iStartek/ VT200 L 4G



<b>Marca</b>	iStartek
<b>Modelo</b>	VT200 L – 4G
<b>Dimensiones</b>	99 x 54 x 19.5 mm
<b>Peso</b>	106 g
<b>Memoria Interna</b>	128M bit
<b>Network</b>	GSM/GPRS/WCDMA
<b>WCDMA</b>	B1/B2/B4/B5/B8
<b>GSM Bandas</b>	4G - 850/900/1800/1900Mhz
<b>GSM transmission</b>	Max. 10Mbps
<b>GPS Sensibilidad</b>	-167 dBm
<b>GNSS</b>	GPS
<b>GPS Precisión</b>	2.5 m
<b>Carga de Entrada</b>	DC 9v-100 v con 50 mA
<b>Batería</b>	500 mAh
<b>Sensores</b>	Acelerometro 3D
<b>Temperatura de Almacenamiento</b>	-40°C a +80°C
<b>Temperatura de Operación</b>	-20°C a 75°C
<b>Escenarios</b>	Rastreo en tiempo real, historial de rutas, de vibración, de colisión, de velocidad, de geocerca, de conducción agresiva, de aceite, alarma de desconexión de batería y de batería baja.
<b>Costo Aproximado</b>	S/. 220

### Alternativa 6: iStartek/ VT900 L 4G



<b>Marca</b>	iStartek
<b>Modelo</b>	VT900 L – 4G
<b>Dimensiones</b>	65 x 61 x 26 mm
<b>Peso</b>	106 g
<b>Memoria Flash</b>	8MB
<b>Network</b>	GSM/GPRS/WCDMA
<b>WCDMA</b>	B2/B4/B5
<b>GSM Bandas</b>	4G - 850/900/1800/1900Mhz
<b>GSM transmission</b>	Max. 10Mbps
<b>GPS Sensibilidad</b>	-165 dBm
<b>GNSS</b>	GPS
<b>GPS Precisión</b>	2.5 m
<b>Carga de Entrada</b>	DC 9v-36 v
<b>Bateria</b>	500 mAh
<b>Sensores</b>	Acelerometro 3D
<b>Temperatura de Almacenamiento</b>	-40°C a +80°C
<b>Temperatura de Operación</b>	-20°C a 55°C
<b>Escenarios</b>	Rastreo en tiempo real, historial de rutas, de vibración, de colisión, de velocidad, de geocerca, de conducción agresiva, de aceite, alarma de antena, alarma de desconexión de batería y de batería baja.
<b>Costo Aproximado</b>	S/. 420

## Anexo 20: Alternativas tecnológicas de Cámaras para Control de Tránsito

### Alternativa 1: FLIR/ FC-Series



<b>Marca</b>	FLIR
<b>Modelo</b>	Térmica PT/FC-Series
<b>Dimensiones</b>	25.9*11.4*10.6 cm/28.2*12.9*11.5 cm
<b>Peso</b>	1.8 Kg / 2.2 Kg
<b>Resolución Térmica</b>	640 x 480
<b>Resolución Máxima</b>	76800 pixeles
<b>Sensibilidad</b>	Hasta 35 mK
<b>Conexión</b>	Ethernet de 10/100 Mbps
<b>Temperatura de Operación</b>	Entre -50°C a +70°C
<b>Protección Ambiental</b>	IP67
<b>Funciones</b>	Analisis para detección de intrusiones humanas y de vehículos. Medición de Temperatura Notificaciones de alarma por correo, o VMS Configuración de cámara a través de aplicación
<b>Costo Aproximado</b>	S/.450

## Alternativa 2: FLIR/ Thermicam AI-325



<b>Marca</b>	FLIR
<b>Modelo</b>	Thermicam AI-325
<b>Dimensiones</b>	45*16*12 cm/41*18*12 cm
<b>Detección de Vehículos</b>	De 75 a 150m
<b>Resolución</b>	QVGA (320 x 240)
<b>Frecuencia de Imagen</b>	30 FPS
<b>Compresión</b>	H.264, MPJEG
<b>Transmisión de Video</b>	RTSP
<b>Protección Ambiental</b>	IP67
<b>Comunicación</b>	PoE, BPL, Wi-Fi
<b>Ancho de Banda</b>	80 Mbps en BPL
<b>Temperatura de Operación</b>	De -34 a 74 °C
<b>Potencia de Consumo</b>	10.5 W promedio, 15 W Pico
<b>Potencia de Entrada</b>	24 - 42 V CA / 24 - 48 V CC
<b>Wi-Fi</b>	IEEE 802.11 tipo b,g,n EIRP < 100 mW
<b>Funciones</b>	Detección de vehículos, bicicletas y peatones. Recopilación de datos de tráfico. Supervisión de longitud de colas. 24 bucles virtuales para detección de presencia 8 zonas de datos de tráfico para clasificación y recuento 8 zonas de detección de bicicletas y peatones Configuración en página web de forma remota.
<b>Costo Aproximado</b>	S/.350

**Alternativa 3: FLIR/ TrafiOne 195**



<b>Marca</b>	FLIR
<b>Modelo</b>	TrafiOne 195
<b>Detección de Vehículos</b>	A 15 m
<b>Resolución</b>	1080 x 1920 HD Color CMOS
<b>Frecuencia de Imagen</b>	30 FPS
<b>Compresión</b>	MJPEG, MPEG-4, H.264
<b>Transmisión de Video</b>	RTSP
<b>Protección Ambiental</b>	IP67
<b>Comunicación</b>	PoE, Ethernet, Wi-Fi
<b>Ancho de Banda</b>	10/100 Mbps en Ethernet
<b>Temperatura de Operación</b>	De -40 a 65 °C
<b>Potencia de Consumo</b>	3 W promedio
<b>Potencia de Entrada</b>	12 – 42 V AC/DC
<b>Wi-Fi</b>	IEEE 802.11
<b>Funciones</b>	Detección de vehículos, bicicletas y peatones. Supervisión de longitud de colas. 8 zonas de datos de tráfico para detección de vehículos, peatones y bicicletas. Configuración en página web de forma remota.
<b>Costo Aproximado</b>	S/.520

#### Alternativa 4: FLIR/ TrafiBot HD



<b>Marca</b>	FLIR
<b>Modelo</b>	TrafiBot HD
<b>Dimensiones</b>	64 x 64 x 150 mm
<b>Detección de Vehículos</b>	A 15 m
<b>Resolución</b>	1080 x 1920 HD Color CMOS
<b>Frecuencia de Imagen</b>	30 FPS
<b>Transmisiones</b>	Máximo 20 transmisiones con transmisión de audio
<b>Conector LAN</b>	10/100 Mbps RJ45 o SFP para fibra o IP por cable coaxial (ECO)
<b>Datos</b>	RS232 + RS422/485
<b>Protección Ambiental</b>	IP67
<b>Comunicación</b>	Ethernet
<b>Temperatura de Operación</b>	De -30 a 50 °C
<b>Potencia de Consumo</b>	7 W promedio
<b>Potencia de Entrada</b>	12 V CC o 24 V CA
<b>Funciones</b>	Solapado personalizable Detección de movimiento por vídeo Monitor de imagen Detección de manipulación Máscaras de privacidad Detección de incidencias (vehículos parados, velocidad excesiva, tráfico congestionado, humo en túneles, intento de sabotaje)
<b>Peso</b>	390 g
<b>Costo Aproximado</b>	S/.500

### Alternativa 5: HikVision/ iDS-TCV907-BIR



<b>Marca</b>	HikVision
<b>Modelo</b>	iDS-TCV907-BIR
<b>Sensor de Imagen</b>	9 MP (1" GMOS)
<b>Velocidad de Obturación</b>	De 50 a 20000 $\mu$ s
<b>SNR</b>	60 dB
<b>Luz Infrarroja</b>	16 luces de 850 nm con 40 m de rango
<b>Frecuencia de Radar</b>	De 24.05 a 24.25 GHz
<b>Precisión de Radar</b>	De -4 a 0 Km/h
<b>Rango de Radar</b>	De 10 a 300 Km/h
<b>Cantidad de Objetivos</b>	Hasta 32
<b>Compresión de Video</b>	H.265 / H.264 / MJPEG
<b>Tasa de Información</b>	De 32 Kbps a 16 Mbps
<b>Resolución Máxima</b>	4096 $\times$ 2160
<b>Almacenamiento en Red</b>	Tarjeta Micro SD / TF (128 GB), almacenamiento local y CVR, NVR, ANR
<b>Protocolos</b>	TCP/IP, HTTP, HTTPS, FTP, DNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, IPv6, UDP
<b>Comunicación</b>	1 interfaz Ethernet autoadaptable RJ45 10M / 100M / 1000M, 1 interfaz RS-485
<b>Protección Ambiental</b>	IP65
<b>Temperatura de Operación</b>	De -30 a 70 $^{\circ}$ C
<b>Potencia de Consumo</b>	70 W máximo
<b>Potencia de Entrada</b>	100 to 240 VAC/ 36 VDC $\pm$ 20%
<b>Dimensiones</b>	375 x 372 x 141 mm
<b>Peso</b>	7.2 Kg
<b>Costo Aproximado</b>	S/.650