

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**Uso de la metodología iRAP para evaluar la seguridad vial en un tramo de  
la avenida Angamos Este en la ciudad de Lima**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTOR**

Soraya Bouby Rodriguez

**ASESOR:**

Félix Israel Cabrera Vega

Lima, septiembre, 2023

## Informe de Similitud

Yo, Felix Cabrera Vega docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada "Uso de la metodología iRAP para evaluar la seguridad vial en un tramo de la avenida Angamos Este en la ciudad de Lima", de la autora Soraya Bouby Rodriguez, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 10 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 21/09/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 21 de agosto 2023

|  |   |
|--|---|
| Apellidos y nombres del asesor<br>Cabrera Vega Felix Israel                                      |   |
| DNI: 22309049  | Firma<br> |
| ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1917-9840">https://orcid.org/0000-0003-1917-9840</a> |   |

## RESUMEN

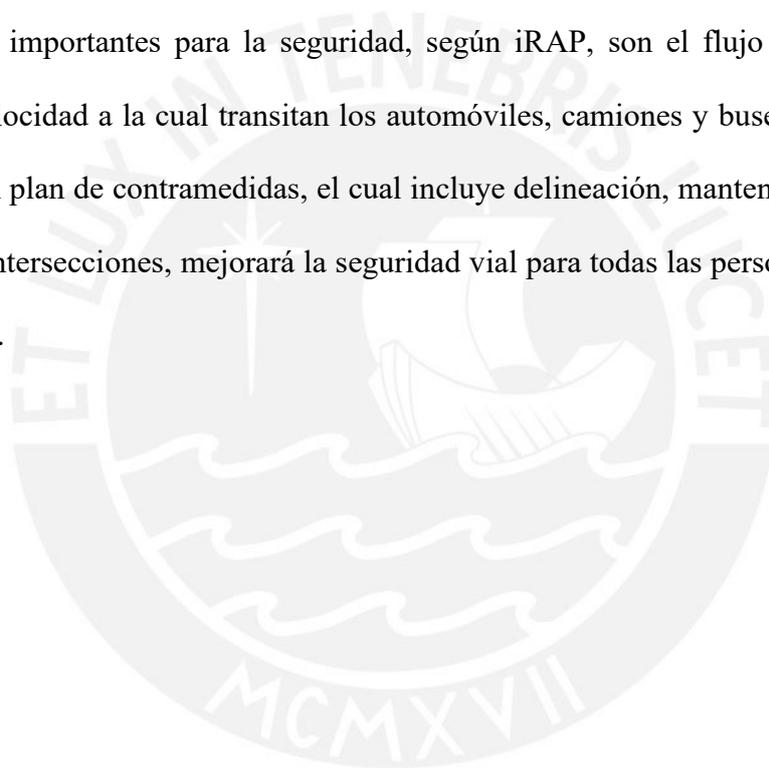
Los accidentes de tránsito están presentes en todo el Perú y durante el último año 2022, se incrementaron en cantidad incluso más que antes de la pandemia, es decir más que en el 2019. Durante solo el primer semestre de dicho año se registraron 47 000 accidentes entre leves y fatales registrando un incremento respecto al periodo 2018-2019 donde el total de cada año era 90 000 accidentes (Defensoría del Pueblo, 2022). Debido a esto, se debe evaluar constantemente la seguridad vial existente y realizar modificaciones con la finalidad de mejorar las vías y asegurar el bienestar de las personas que transiten. Existen diversos métodos para evaluar la seguridad vial, uno de ellos es el Programa Internacional de Evaluación de Carreteras conocido como iRAP, este está enfocado en países de ingresos medios y bajos como es el Perú. Además, en este programa se estudia la seguridad vial para 4 tipos de usuarios que son ocupante del vehículo, motociclistas, peatones y ciclistas.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar la seguridad vial en un tramo de la avenida Angamos Este, ubicado entre los distritos de San Borja y Surquillo, mediante el programa iRAP. Se evaluó si este método de evaluación es adecuado para la zona elegida, cuáles son los parámetros que más influencia en la clasificación y se propuso contramedidas para mejorar la calidad de las vías en lo que respecta a la seguridad vial.

La metodología que se siguió para la inspección de la avenida Angamos Este constó de un registro fotográfico y formatos para evaluar todas las características que son requeridas para iRAP. Luego de recopilar los datos, se procedió a procesarlos y obtener los resultados. Lo que se obtuvo fue la clasificación por estrellas, que va de 1 a 5 estrellas donde 1 estrella significa una sección bastante peligrosa y 5 estrellas una vía con poca probabilidad de accidentes fatales. Con la clasificación se realizó un mapa de riesgo para cada uno de los usuarios con lo cual se

pudo proponer contramedidas que se pueden implementar para obtener una vía más segura respecto a lo que existe actualmente en la vía.

De la investigación se concluyó que esta metodología si puede ser utilizada en una vía urbana en la ciudad de Lima, Perú, por lo que se podría extender a más avenidas. En el caso de la avenida Angamos Este, la vía resultó con clasificación entre 1 y 3 estrellas, lo que quiere decir que no es segura respecto al objetivo que propuso iRAP de que todos los tramos deben tener mínimo 5 estrellas para evitar accidentes fatales. Además, se determinó que los parámetros más importantes para la seguridad, según iRAP, son el flujo de los diferentes usuarios y la velocidad a la cual transitan los automóviles, camiones y buses. Finalmente, se concluyó que un plan de contramedidas, el cual incluye delineación, mantenimiento de la vía, mejoras en las intersecciones, mejorará la seguridad vial para todas las personas que transiten por esta avenida.



## AGRADECIMIENTOS

A mi madre por su apoyo y motivación incondicional a lo largo de todo el proceso universitario y siempre.

A mi padre por ayudarme a seguir creciendo cada día más que ahora está conmigo desde el cielo.

A la universidad, asesor y demás profesores por brindarme los conocimientos que han sido necesarios para la carrera profesional.

A mis amigos de la universidad por compartir los buenos y malos momentos durante toda esta época.

Finalmente a mis perros Petit y Dusky por de los días y noches de estudio.

Gracias

## TABLA DE CONTENIDOS

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Introducción.....  | 1  |
| 1.1.   | Preguntas de investigación.....                                | 2  |
| 1.2.   | Objetivos .....  | 3  |
| 1.1.1. | Objetivo General.....  | 3  |
| 1.1.2. | Objetivos Específicos .....                                    | 3  |
| 1.3.   | Hipótesis.....   | 3  |
| 1.4.   | Justificación.....   | 4  |
| 2.     | Marco teórico.....   | 5  |
| 2.1.   | Seguridad Vial en Latinoamérica.....                           | 5  |
| 2.2.   | Programas de Evaluación de Carreteras.....                     | 8  |
| 2.2.1. | EuroRAP, AusRAP, KiwiRAP, iRAP.....                            | 8  |
| 2.3.   | Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP)..... | 10 |
| 2.3.1. | Proceso de evaluación de una vía .....                         | 12 |
| 2.3.2. | Parámetros .....   | 14 |
| 2.3.3. | Sistema de clasificación por estrellas .....                   | 16 |
| 2.3.4. | Software ViDA-iRAP .....                                       | 24 |
| 2.3.5. | Mapas de riesgo .....  | 26 |
| 2.4.   | Antecedentes .....   | 30 |
| 3.     | Metodología de la investigación.....                           | 33 |
| 3.1.   | Diseño de la investigación.....                                | 33 |
| 3.2.   | Enfoque de la investigación .....                              | 33 |
| 3.3.   | Zona de estudio .....  | 33 |
| 3.4.   | Población.....   | 36 |
| 3.5.   | Técnica o instrumento de recolección de datos.....             | 36 |
| 3.6.   | Herramientas para el procesamiento de datos .....              | 37 |
| 4.     | Caso práctico: avenida angamos este .....                      | 38 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 4.1.    | Recolección de datos .....                                 | 38 |
| 4.2.    | Resultados .....   | 42 |
| 4.2.1.  | Clasificación por estrellas .....                          | 42 |
| 4.2.2.  | Mapas de riesgo .....                                      | 46 |
| 4.2.3.  | Mapa de riesgo para ocupante del vehículo .....            | 47 |
| 4.2.4.  | Mapa de riesgo para motociclistas .....                    | 49 |
| 4.2.5.  | Mapa de riesgo para el peatón .....                        | 51 |
| 4.2.6.  | Mapa de riesgo para ciclista .....                         | 53 |
| 4.2.7.  | Posibles escenarios en caso de choques .....               | 54 |
| 4.2.8.  | Accidentes relacionados a los ocupantes del vehículo ..... | 55 |
| 4.2.9.  | Accidentes relacionados a las motocicletas .....           | 56 |
| 4.2.10. | Accidentes relacionados a los peatones .....               | 57 |
| 4.2.11. | Accidentes relacionados a los ciclistas .....              | 58 |
| 4.2.12. | Contramedidas recomendadas .....                           | 59 |
| 5.      | Conclusiones y recomendaciones .....                       | 70 |
| 5.1.    | Conclusiones .....   | 70 |
| 5.2.    | Recomendaciones .....                                      | 74 |
| 6.      | Referencias .....  | 76 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1: Porcentaje de población, muertes causadas por el tránsito y vehículos motorizados registrados en América por nivel de ingreso. (Adaptado de PAHO, 2015)..... | 5  |
| Figura 2.2: Tasa estimada de mortalidad causada por el tránsito por cada 100 000 habitantes por subregión de América en el 2016. (Adaptado de PAHO, 2019) .....          | 6  |
| Figura 2.3: Proceso de clasificación por estrellas iRAP (Adaptado de iRAP, 2019b) .....  | 12 |
| Figura 2.4: Vía de 2 estrellas (izquierda) y de 5 estrellas (derecha) para peatones (iRAP, 2018b) .....  | 18 |
| Figura 2.5: Costo por accidentes mortales y graves por kilómetro recorrido diferenciado por estrellas. (Fuente: McInerney y Fletcher, 2013) .....                        | 19 |
| Figura 2.6: Vía de 4 estrellas para vehículo (Fuente: iRAP, 2009b) .....   | 21 |
| Figura 2.7: Vía de 3 estrellas para vehículo (Fuente: iRAP, 2009b) .....   | 21 |
| Figura 2.8: Vía de 2 estrellas para vehículo (Fuente: iRAP, 2009c) .....   | 21 |
| Figura 2.9: Vía de 1 estrella para vehículo (Fuente: iRAP, 2009b).....   | 21 |
| Figura 2.10: Vía de 4 estrellas para ciclistas (Fuente: iRAP, 2009b) .....   | 22 |
| Figura 2.11: Vía de 3 estrellas para ciclistas (Fuente: iRAP, 2009b) .....   | 22 |
| Figura 2.12: Vía de 2 estrellas para ciclistas (Fuente: iRAP, 2009b) .....   | 22 |
| Figura 2.13: Vía de 1 estrella para ciclistas (Fuente: iRAP, 2009c).....   | 22 |
| Figura 2.14: Vía de 4 estrellas para peatones (Fuente: iRAP, 2009b).....   | 23 |
| Figura 2.15: Vía de 3 estrellas para peatones (Fuente: iRAP, 2009b).....   | 23 |
| Figura 2.16: Vía de 2 estrellas para peatones (Fuente: iRAP, 2009c) .....  | 24 |
| Figura 2.17: Vía de 1 estrella para peatones (Fuente: iRAP, 2009b) .....   | 24 |
| Figura 2.18: Simulador de clasificación (Fuente: vida.irap.org, 2020) .....  | 25 |
| Figura 2.19: Visualizador de tipos de choque (Fuente: vida.irap.org, 2020).....  | 25 |
| Figura 2.20: Suavizado de puntaje (Fuente: iRAP, 2013c) .....  | 27 |
| Figura 2.21: Mapa de riesgo de Polonia (Fuente: iRAP, 2014).....   | 27 |
| Figura 2.22: Código de colores (Adaptado de EuroRAP (2017)).....   | 29 |
| Figura 2.23: Mapa de riesgo de densidad alta (EuroRAP, 2017) .....   | 30 |
| Figura 2.24: Mapa de riesgo de densidad baja (EuroRAP, 2017) .....   | 30 |
| Figura 3.1: Ubicación de la zona de estudio (Fuente: Google Maps, 2021).....   | 34 |
| Figura 3.2: Fotografía de la avenida Angamos Este (Fuente: Google Maps, 2020).....   | 35 |
| Figura 3.3: División de sentidos (Fuente: Google Maps, 2021) .....   | 36 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4.1: Defectos en los laterales del tramo inspeccionado (Fuente: Propia).....                                     | 39 |
| Figura 4.2: Delineación en el tramo inspeccionado (Fuente: Propia).....   | 39 |
| Figura 4.3: Peatones y bicicleta cruzando la vía (Fuente: Propia).....  | 40 |
| Figura 4.4: Peatón cruzando la vía (Fuente: Propia).....  | 40 |
| Figura 4.5: Taxi invadiendo el cruce peatonal (Fuente: Propia).....   | 41 |
| Figura 4.6: Leyenda para Mapa de Riesgo (Fuente: Propia) .....  | 46 |
| Figura 4.7: Mapa de riesgo para ocupante del vehículo (Fuente: Propia) .....  | 48 |
| Figura 4.8: Semaforización en la intersección de la avenida Angamos Este con la avenida Principal (Fuente: Propia)..... | 48 |
| Figura 4.9: Objetos cercanos al lado del conductor (Fuente: Propia).....  | 49 |
| Figura 4.10: Mapa de riesgo para motociclista (Fuente: Propia).....   | 50 |
| Figura 4.11: Motocicletas circulando por la misma calzada que automóviles (Fuente: Propia) .....                        | 51 |
| Figura 4.12: Mapa de riesgo para peatones (Fuente: Propia) .....  | 52 |
| Figura 4.13: La Divina Providencia en el Sentido 1. (Fuente: Propia).....   | 52 |
| Figura 4.14: Mapa de riesgo para ciclistas (Fuente: Propia) .....   | 53 |
| Figura 4.15: Ciclista en la intersección de la avenida Angamos Este con la avenida Principal (Fuente: Propia) .....     | 54 |
| Figura 4.16: Tipos de accidentes en la sección 03 del sentido 1 (Fuente: Propia) .....                                  | 54 |
| Figura 4.17: Posibles choques relacionados a los ocupantes del vehículo (Fuente: Propia) ...                            | 55 |
| Figura 4.18: Posibles choques relacionados a los motociclistas (Fuente: Propia).....                                    | 56 |
| Figura 4.19: Posibles choques relacionados a los peatones (Fuente: Propia).....   | 57 |
| Figura 4.20: Posibles choques para los ciclistas (Fuente: Propia).....  | 58 |
| Figura 4.21: Cruces peligrosos (Adaptado de Google Maps, 2023).....   | 60 |
| Figura 4.22: Cruces sin tranquilizador o señalización (Adaptado de Google Maps, 2023) ....                              | 62 |
| Figura 4.23: Señalética de cruce peatonal (Fuente: mtc.gob.pe) .....  | 64 |
| Figura 4.24: Vallas peatonales utilizados en la avenida Angamos Este (Fuente: Propia).....                              | 65 |
| Figura 4.25: Vía auxiliar a la avenida Angamos Este (Fuente: Google Maps, 2020) .....                                   | 66 |
| Figura 4.26: Ciclovía de dos sentidos con carril auxiliar (Adaptado de NACTO, 2011).....                                | 66 |
| Figura 4.27: Ubicación de colegios (Adaptado de Google Maps, 2023).....   | 67 |
| Figura 4.28: Delineación de Zona Escolar (Fuente: Nitro, 2014).....   | 68 |
| Figura 4.29: Señalética de zona escolar (Fuente: mtc.gob.pe) .....  | 68 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1: Comparación de los programas de evaluación de carretera (Fuente: propia).....  | 9  |
| Tabla 2.2: Modo de inicio de accidentes y tipos de accidentes. (Fuente: iRAP, 2013b).....   | 14 |
| Tabla 2.3: Parámetros de estudios (Fuente: propia).....   | 15 |
| Tabla 2.4: Bandas de la clasificación por estrellas. (Fuente: iRAP, 2015).....  | 19 |
| Tabla 3.1: Coordenadas de los puntos de referencia (Fuente: Propia) .....   | 33 |
| Tabla 4.1: Puntaje del sentido 1 (De vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes a la avenida Aviación) (Fuente: Propia) .....                       | 43 |
| Tabla 4.2: Puntaje del sentido 1 (De la avenida Aviación a la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes) (Fuente: Propia) .....                    | 44 |
| Tabla 4.3: Clasificación por estrellas del sentido 1 (De vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes a la avenida Aviación) (Fuente: Propia) .....   | 45 |
| Tabla 4.4: Clasificación por estrellas del sentido 2 (De la avenida Aviación a la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes) (Fuente: Propia)..... | 45 |
| Tabla 4.5: Resumen de contramedidas (Fuente: Propia) .....  | 69 |

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Ecuaciones para el puntaje de clasificación por estrellas

ANEXO B: Formato para la toma de datos

ANEXO C: Resultados obtenidos por sección en ViDA-iRAP



## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los accidentes de tránsito han sido prioridad en múltiples países, especialmente los de economía media y baja, debido a que representan una de las primeras causas de muertes. Diariamente, a nivel mundial, mueren 1.3 millones de personas en el mundo como resultado de diversos accidentes de tránsito especialmente en países de ingresos medios y bajos, además de que estos le cuestan al estado aproximadamente 3% del PBI en promedio (WHO, 2022). En el Perú, más del 60% de accidentes tiene como víctimas usuarios vulnerables como son los peatones, motociclistas y ciclistas (MTC, 2022).

Por esta razón, desde hace algunos años se crearon diversos programas de evaluación de riesgo, RAP por sus siglas en inglés (Road Assessment Programme). Entre los principales RAP creados mundialmente se encuentran EuroRAP, AusRAP, usRAP y KiwiRAP; sin embargo, el que es utilizado internacionalmente y agrupa los parámetros considerados en cada uno de ellos es iRAP (International Road Assessment Programme).

El iRAP lanzó su primera versión en el 2006 como un sistema de evaluación enfocado a países de ingresos medios y bajos (iRAP, 2013a). Su objetivo era crear un sistema que pueda cuantificar el riesgo que representaba la infraestructura de la vía para los diferentes grupos que transitan, como son los peatones, motocicletas, bicicletas y vehículos.

En el 2011, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas asignó los años entre el 2011 y 2020 como el periodo para mejorar la seguridad vial (iRAP, 2013a), en este se creó un plan de acción propuesto por ellos para poder llegar a sus objetivos. Además, el periodo 2021-2030 está considerado como el segundo decenio de acción con la prioridad principal de reducir en un 50% las muertes causadas debido a los accidentes de tránsito que ocurren en todo el mundo (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2020).

El análisis realizado por iRAP ayuda a llegar a los objetivos propuestos por la ONU, en los objetivos de sostenibilidad propuestos antes del 2030, estableciendo como meta de su

proyecto llegar a que todas las vías tengan una calificación de 3 estrellas mínimo. Esto quiere decir que en un rango de 1 a 5, donde 1 significa una vía riesgosa y 5 una vía completamente segura, 3 estrellas es un intermedio el cual si se puede llegar a cumplir con el tiempo (iRAP, 2018a).

En esta investigación se conocerá respecto del sistema de evaluación de vías iRAP y su posible aplicación en las vías urbanas de Lima con todas las consideraciones correspondientes. Se escogió este sistema ya que actualmente es utilizado en más de 100 países diferentes. Mediante la utilización del iRAP se puede llegar a tener vías más seguras para todos los usuarios existentes en las vías urbanas.

### **1.1. Preguntas de investigación**

- ¿Se podría aplicar el sistema de calificación iRAP en el tramo de la avenida Angamos Este seleccionado obteniendo resultados que puedan mejorar la seguridad en las vías?  
Se deberá evaluar si dicho sistema se puede emplear en las vías urbanas de Lima, como la Avenida Angamos Este, y como se podría implementar para que tenga mejores resultados en el medio.
- ¿Cuáles son los parámetros que tienen más influencia en cuanto a la seguridad de una vía en la zona a evaluar?  
Al analizar la zona, se debe reconocer los factores que más afectan en el incremento de accidentes de tránsito
- ¿El tramo de la avenida Angamos Este seleccionado es considerado una vía segura respecto a la metodología iRAP?  
Se debe conocer en qué estado se encuentran las vías y la señalización con la que se cuenta respecto al ámbito de la seguridad, ya que desde este punto se puede evaluar una mejoría.
- ¿Se puede tener un plan de mejora en la seguridad vial en la Avenida Angamos Este en base a la evaluación?

Se deberá determinar si el plan de mejora propuesto, en base a los atributos de iRAP, es un plan viable en la zona de estudio.

## **1.2. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General**

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la seguridad vial mediante el sistema de calificación iRAP en un tramo de la Avenida Angamos Este de los distritos de San Borja y Surquillo en la ciudad de Lima, Perú. Esto consistirá en entender dicho sistema y analizar si las consideraciones que esta toma pueden ser aplicadas en la zona de estudio. Además, de implementar un plan para modificar las vías y volverlas más seguras.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar si el sistema de calificación iRAP se puede utilizar en el análisis de la zona de estudio en base a los parámetros que incluye dicho sistema
- Explorar cuales son los parámetros del sistema iRAP que tienen más influencia en la evaluación de la seguridad vial en la zona de estudio.
- Conocer la situación actual de la infraestructura vial del tramo de la avenida seleccionada, e identificar todas las características físicas que se encuentren en la zona
- Proponer contramedidas y evaluar su viabilidad en la zona de estudio para poder tener una vía considerada segura por la metodología iRAP.

## **1.3. Hipótesis**

- El sistema iRAP sí es aplicable en el área de estudio debido a que los parámetros que se utilizan son clasificables en las vías evaluadas.
- La señalización y el estado del pavimento en las vías existentes son los factores que más influyen en la evaluación de la seguridad vial del sistema iRAP.
- La infraestructura presente en la vía, o la falta de esta en algunos casos, no es la adecuada para llegar a los estándares propuestos por iRAP.

- Se puede implementar un plan sencillo de mejoramiento vial modificando algunos atributos que influyen más para aumentar la seguridad y mejorar la clasificación de la vía, cumpliendo así los objetivos de iRAP.

#### **1.4. Justificación**

Durante muchos años, en especial en estos últimos, el incremento del parque automotor en la ciudad de Lima y la poca organización de este, ha provocado que se implementen vías ineficientes de manera rápida, las cuales ponen en peligro la seguridad de los habitantes sin importar el medio de transporte que utilicen. Las entidades responsables no se han hecho cargo desde el inicio de la seguridad vial como es la señalización para los diferentes grupos existentes, control de la calidad del pavimento, carriles preferenciales, entre otros factores. Esto es importante dado que es vital salvaguardar a los transeúntes de una manera práctica y económica por lo que se debe utilizar alguna metodología buscando estos propósitos.

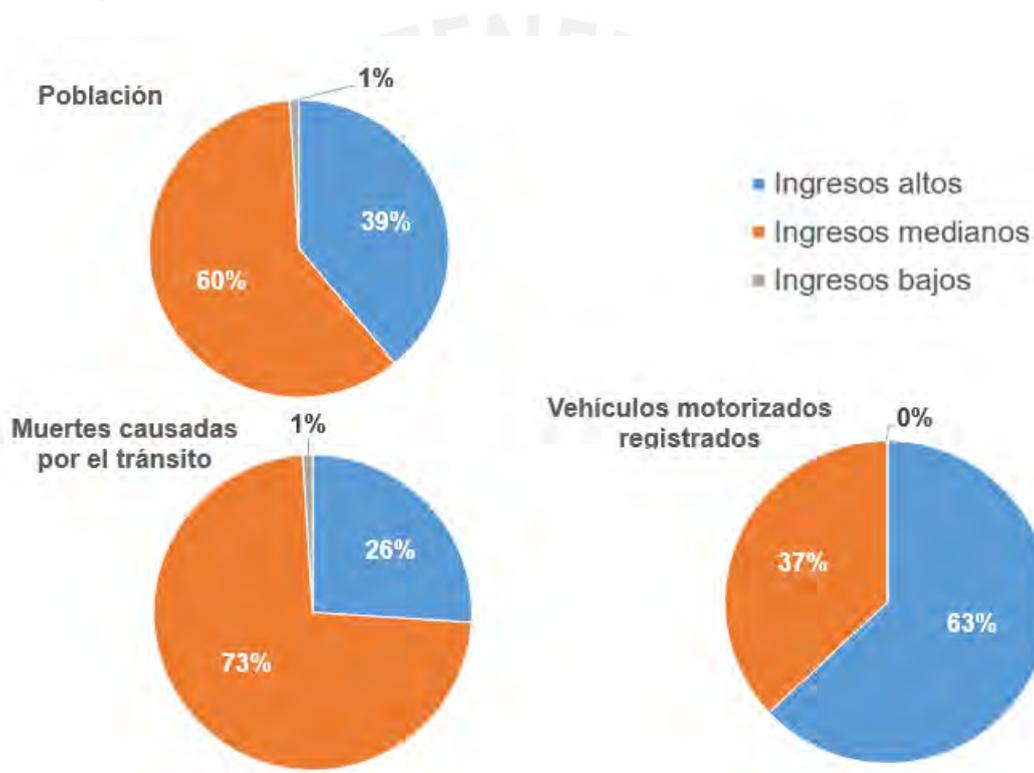
En diversas partes del mundo ya se han empleado diferentes sistemas de calificación para evaluar las diversas vías existentes en los países. Lo que se busca es adecuar el sistema iRAP, utilizado en más de 96 países actualmente (iRAP, 2018a) al entorno limeño para poder sistematizar la evaluación y promover cambios positivos en el área de seguridad. De esta manera, se puede evitar que muchos accidentes ocurran o aminorar el riesgo que puede existir para los diversos grupos sociales.

Partiendo de la calificación de la vía, se puede comenzar a implementar un plan de acción en el cual se modifiquen el aspecto de las pistas asegurando la integridad de los transeúntes. Asimismo, a medida que se va evaluando las diferentes pistas, se puede tener un mapa de riesgo dividido por distritos y posteriormente ir aumentando la zona calificada hasta tener un mapeo completo. Por otro lado, se puede tener en consideración las medidas tomadas para mejorar el diseño de vías que aún no se han ejecutado primando la seguridad ante todos los demás aspectos de las pistas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Seguridad Vial en Latinoamérica

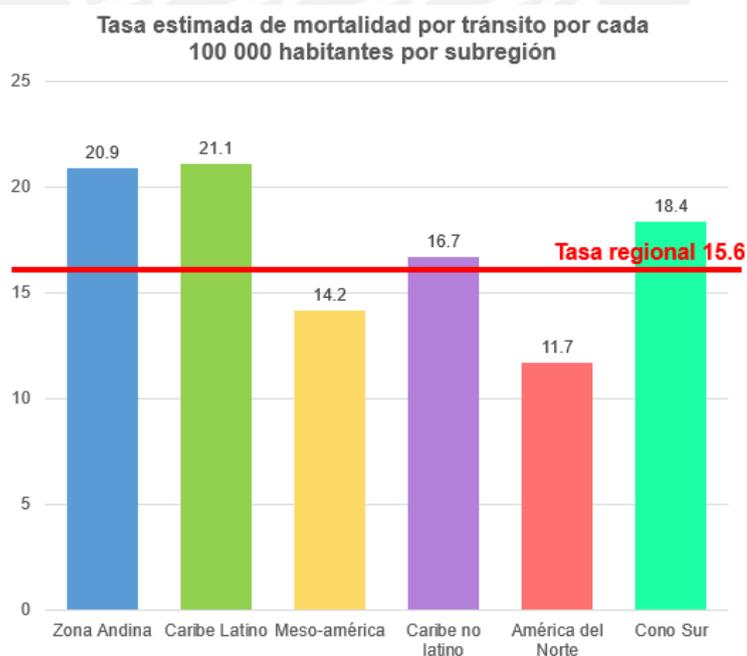
Según el estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2015, el 73% de los accidentes de tránsito fatales ocurrieron en países de ingresos medios en América. Si se toma en cuenta la cantidad de vehículos motorizados registrados, existe un mayor número en países de ingresos altos, esto se puede observar en la **Figura 2.1**. Debido a esto no se puede decir que, a mayor cantidad de vehículos, existen más accidentes.



**Figura 2.1: Porcentaje de población, muertes causadas por el tránsito y vehículos motorizados registrados en América por nivel de ingreso. (Adaptado de PAHO, 2015)**

Los países son clasificados en base a su nivel de ingresos por el Banco Mundial, de toda la región de América, los únicos países considerados como “de ingresos altos” son: Estados Unidos, Canadá, Trinidad y Tobago, Barbados, Uruguay, Chile y Panamá, por ende, se podría considerar América Latina como de ingreso medio dado que la mayoría se encuentra en ese grupo a excepción de los países nombrados anteriormente. Cada año la Organización

Panamericana de la Salud realiza estudios en los cuales evalúa el estado actual de la seguridad vial en base a datos estadísticos proporcionados por cada país. En el 2017, 13 de los 20 países clasificados como “de ingresos medios” aumentaron su tasa de mortalidad respecto al 2013 (PAHO, 2019). Si bien la tasa de mortalidad de la región de las Américas se encuentra debajo de la media mundial, 15.6 por cada 100 000 habitantes respecto a 18.2 por cada 100 000 habitantes (OMS, 2017), se debe a que se encuentran juntas las estadísticas de las diferentes subregiones de América. Cuando divide América en 6 zonas, como lo realizó la Organización Panamericana de la Salud para especificar más la clasificación, se obtiene un gráfico más representativo como la **Figura 2.2** en el cual se puede observar que las únicas zonas que se encuentran debajo de la media de la región América son América del Norte (Canadá, Estados Unidos y el norte de México) y Mesoamérica (sur de México, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica y Nicaragua). Además, se puede observar que si bien la media en América es más baja respecto a la tasa mundial, en la Zona Andina y Caribe Latino, la tasa supera significativamente la media mundial.



**Figura 2.2: Tasa estimada de mortalidad causada por el tránsito por cada 100 000 habitantes por subregión de América en el 2016. (Adaptado de PAHO, 2019)**

La mayoría de las víctimas de los accidentes de tránsito son los peatones, ciclistas y motociclistas, el cual representa al menos el 50% del total de muertes debido a los accidentes de tránsito (OMS, 2022) esto se divide en diferente proporción respecto a la cantidad de cada uno de ellos que exista en cada país. Esto es principalmente porque las entidades encargadas de realizar las vías y de verificar su seguridad se enfocan en el desplazamiento de los automóviles en lugar de centrarse en la seguridad de los usuarios vulnerables.

En el 2011, la Organización de las Naciones Unidas declaró el periodo entre el 2011 al 2020 como el decenio para la seguridad vial, en donde se busca que en todos los países del mundo se mejore dicho aspecto con la finalidad de disminuir el riesgo que significa transportarse de un lugar a otro. Para seguir implementando más medidas y mejoras en el sector, los años 2021-2030 también han sido designados como el segundo decenio para la seguridad vial (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2020). Además, esta organización tiene 17 objetivos que cumplir hasta el 2030, en los cuales la seguridad vial entra en dos de ellos. Primero en el objetivo 3 el cual es de la salud, si se mejora las vías, habrá menos accidentes. El segundo objetivo en el cual influye es en el 11, el cual habla de ciudades sostenibles; para poder lograr que las personas utilicen otros medios de transporte como son la bicicleta o caminar, se debe proporcionar medidas de seguridad garantizando el bienestar de los usuarios (Naciones Unidas, s.f.).

Algunos países han tenido como iniciativa, desde hace algunos años, la creación de programas que evalúen la seguridad en las calles conocidos como RAP por sus siglas en inglés, *Road Assessment Programmes*. Entre los más conocidos se encuentran AusRAP de Australia, KiwiRAP de Nueva Zelanda, EuroRAP de Europa, y usRAP de Estados Unidos. En el 2006 se juntó la metodología de estos programas y se implementó iRAP (iRAP, 2013a) el cual es la versión internacional de los RAP y se busca utilizar cada vez en más países para unificar el índice de evaluación.

Sin embargo, en Latinoamérica no se tiene un programa que junte a todos los países a pesar de que estos comparten diversos factores del tráfico. Debido a esto, con el pasar de los años se han ido implementando poco a poco en los diferentes países de la región el programa iRAP.

Asimismo, con la ayuda de estos programas, las entidades encargadas de cada país pueden obtener planes de acción específicos en los cuales pueden atacar directamente los factores más importantes involucrados en la seguridad vial.

## **2.2. Programas de Evaluación de Carreteras**

Desde hace muchos años se han creado varios sistemas de evaluación como son EuroRAP (Unión Europea), KiwiRAP (Nueva Zelanda) y AusRAP (Australia). Cada uno de ellos estaba enfocado principalmente a la seguridad vial en su respectivo país, considerando los atributos más importantes y la población en cada zona.

Estos sistemas de evaluación con conocidos como RAP, por sus siglas en inglés *Road Assessment Programme*, son herramientas objetivas e influyentes para evaluar las diferentes vías existentes (ERSO, 2018). En cada uno de ellos se valoran los parámetros que consideran importante respecto a la seguridad y clasifican a la vía como una manera de identificar, incentivar y promover mejoras en la seguridad vial. Esto le sirve como información a un amplio número de personas interesadas, como son las autoridades gubernamentales, diseñadores y usuarios.

### **2.2.1. EuroRAP, AusRAP, KiwiRAP, iRAP**

EuroRAP es un programa de evaluación de carreteras de la Unión Europea creada en el 2001 y que hasta el 2022 se encontraba en uso en más de 29 países. Esta metodología se basa en la protección de los ocupantes del vehículo en pista inter – urbanas, donde el 30% de los

accidentes de tránsito son fatales (ERSO, 2018). No considera a los demás usuarios de las vías, omitiendo los peligros a los que se encuentran expuestos.

Este programa trabaja en conjunto con EuroNCAP (*European New Car Assessment Programme*), el cual clasifica la seguridad que brinda cada automóvil dependiendo de su modelo y marca.

Por otro lado, AusRAP es un programa similar al EuroRAP, desarrollado en Australia ajustando los parámetros a los diseños de sus carreteras (Austroads, 2010). Lo mismo ocurre para KiwiRAP pero para Nueva Zelanda. Estos últimos trabajan con ANCAP (*Australiasian New Car Assessment Programme*) y buscan la mayor seguridad de los ocupantes de los vehículos.

El programa iRAP es utilizado internacionalmente en especial en países que se encuentran en vías de desarrollo. A diferencia de los anteriores, este se puede considerar más completo en comparación a los mencionados anteriormente por tener un enfoque más amplio en el cual se considera a los usuarios vulnerables como son los peatones, ciclistas y motociclistas. Se explicará con más detalle en el siguiente acápite.

A continuación, se presenta la **Tabla 2.1** de los diferentes programas donde estarán las metodologías utilizadas y los usuarios que evalúan.

**Tabla 2.1: Comparación de los programas de evaluación de carretera (Fuente: propia)**

| Atributo  | Programa |        |         |      |
|---|----------|--------|---------|------|
|   | EuroRAP  | AusRAP | KiwiRAP | iRAP |
| Clasificación por estrellas                           | Si       | Si     | Si      | Si   |
| Mapas de Riesgo                                       | Si       | Si     | Si      | Si   |
| Ocupante del vehículo                                 | Si       | Si     | Si      | Si   |
| Usuarios vulnerables (peatón, ciclista, motociclista) | No       | No     | No      | Si   |

### 2.3. Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP)

En un reporte publicado por la Organización Mundial de la Salud en el 2004, se ubicó una necesidad vital la cual era tener un sistema de evaluación enfocado en países de ingresos medios y bajos (iRAP, 2013a). Exactamente por este motivo y con este grupo de países en mente, se creó la metodología iRAP (*International Road Assessment Programme*) implementada desde el 2006; la cual se enfoca en las necesidades de dichos países, ya que estos son diferentes a lo que podría ser considerado necesario en países de ingresos altos que suelen contar con mayor seguridad, en términos generales. Normalmente se suele asociar los ingresos de un país directamente a la seguridad que proporciona en la vida diaria de las personas, y esto se debe a que en países desarrollados se suele tener una base de datos más completa con estadísticas y más investigación respecto a los países subdesarrollados, o en vías de desarrollo, con ingresos medios y bajos.

Este sistema integró los diferentes parámetros en cada uno de los RAP existentes y los adaptó a la realidad de los países de economía media y baja creando una amplia gama de atributos donde cada uno de ellos tiene diferentes valoraciones. Debido a esto, existen un gran número de variables que afectan la clasificación en dicha metodología que van desde líneas pintadas en la vía, calidad del pavimento, flujo de cada tipo de usuario existente, entre otros. Algo que caracteriza a este grupo de países, que los hace diferente de los países de ingresos altos, es que la información recolectada acerca de accidentes de tránsito es poca y muy general, es decir, que no se puede realizar un estudio detallado de los parámetros que afectan la seguridad en base a dichas estadísticas. Además, esta no suele ser de fácil acceso para los diseñadores de vías y demás interesados (ERSO, 2018). Por esto, se necesitaba un método donde se pueda evaluar una sección sin la necesidad de tener información previa.

La metodología iRAP se basa en la clasificación por estrellas en un rango de 1 a 5 donde 1 significa una vía completamente insegura y 5 es una vía completamente segura para el grupo

de usuarios evaluados (iRAP, 2019a). La meta que tiene iRAP es que todas las vías sean de 5 estrellas, pero como este es un objetivo utópico, se ha trazado un objetivo más realista el cual es que las todas las vías sean de 3 estrellas para los diferentes usuarios. Esto va de acorde al plan la Organización de las Naciones Unidas (ONU) con sus objetivos para el 2030. Con vías de 3 estrellas se puede mitigar muchos de los factores que representan peligro para el ser humano ya sea caminando, en automóvil, bicicleta o motocicleta.

Este sistema se basa en un análisis visual de toda la infraestructura vial presente en un tramo de una vía. Mediante imágenes, recolección de información en el lugar de estudio y referencias geográficas, se va clasificando la vía. Para esto, todos los atributos que se consideran, especiales para cada tipo de usuario, se van clasificando con un puntaje respecto a la existencia de dicho parámetro y el riesgo que representa mediante ecuaciones y fórmulas, esto se explicará con más detalles en el inciso del Sistema de Clasificación por Estrellas. Cada sección que se evaluará debe ser de 100 metros para contar con un análisis detallado de la condición de seguridad de la vía. Luego, se pueden integrar creando mapas de riesgo de diferentes redes viales en una ciudad.

Una de las diferencias de este sistema, que lo hace más completo respecto a las demás metodologías, es la inclusión de todos los tipos de usuarios. En los otros programas de evaluación de vías, la evaluación es centrada en la seguridad para los pasajeros dentro de vehículos motorizados de cuatro llantas. Lo que hace el iRAP es dividir los usuarios de una vía en cuatro grupos principales: peatones, motocicletas, bicicletas y automóviles (ERSO, 2018).

La finalidad de esta metodología es tener un sistema integral, el cual se enfoque en todos los usuarios velando por mejorar la seguridad y buscando que transportarse de cualquier forma sea seguro. Estos usuarios se encuentran presentes en todos los países en diferentes proporciones, asimismo, en lugares donde se pudieran encontrar otros medios de transporte

como son patines, patinetas, motos eléctricas, entre otros, se pueden adaptar al grupo que tenga necesidades similares.

Los objetivos principales de iRAP son los siguientes (iRAP, 2019a):

- Inspeccionar las vías, en especial las que se encuentren menos seguras y crear clasificaciones por estrellas, mapas de riesgos y planes de inversión para vías.
- Dar capacitaciones y asesorías a diferentes entidades gubernamentales para poder ayudar a mejorar la seguridad vial
- Realizar seguimientos periódicos a las vías implementadas para evaluar las mejoras que se pudieron realizar y como estas impactaron a la disminución de accidentes

Para esto, iRAP trabaja junto a las entidades responsables en cada uno de los países donde se han realizado estudios, además de organizaciones mundiales que velan por crear un mundo con vías más seguras como es la fundación FIA (*Fundation Internationale de l'Automobile*), FedEx, Bloomberg, entre otros.

### 2.3.1. Proceso de evaluación de una vía

El proceso que se sigue como base para toda evaluación de vía se muestra en la **Figura**

2.3.



**Figura 2.3: Proceso de clasificación por estrellas iRAP (Adaptado de iRAP, 2019b)**

Primero, en la fase de inspección, se recolecta toda la información requerida, es decir todos los parámetros que se mencionarán luego. Para esto se puede tomar datos de forma presencial en la misma zona de estudio o se puede hacer mediante material digital como es fotos o videos. Se debe tener en cuenta que estos deben ser de alta calidad y tener herramientas para medir el ancho del carril, velocidad y otros atributos.

En la mayoría de los estudios realizados en conjunto iRAP con las entidades gubernamentales se han utilizado vehículos debidamente equipados para poder registrar videos e información vital de manera eficaz y veloz en tramos más largos.

Luego, está la valoración, en este paso se procede a tomar toda la información importante de los datos tomados y se los codifica mediante las fichas de iRAP. Para cada atributo existe un valor predeterminado, el cual salió de diversos estudios, con el cual se le da la relevancia necesaria respecto al peligro que representan para los diferentes usuarios.

A continuación, de los valores para cada atributo, mediante una fórmula que incluye multiplicación y suma de factores se obtiene la puntuación total. Para cada uno de los usuarios se genera la clasificación de estrellas dependiendo del puntaje obtenido. Por ejemplo, para una vía respecto a los ciclistas, se considera de 5 estrellas si tiene de 0 a 5 puntos y de 1 estrella si tiene más de 60 puntos. Esto se explicará con detalle más adelante.

Una vez que se tiene todos lo que podría significar un peligro en la vía, se procede a evaluar como estos podrían ser mitigados. Para esto, iRAP propone diversas medidas como son barreras, medianas, delimitaciones más marcadas, entre otros. Esto también se debe controlar con la cantidad de dinero que se puede invertir ya que algunas soluciones pueden ser caras en tramos largos.

Con las medidas adoptadas para mejorar la situación de la vía se procede a realizar un diseño en el cual se puedan ubicar las soluciones. Finalmente, se procede a implementar la infraestructura planteada para poder mejorar la seguridad de la vía.

La organización encargada de iRAP creó un software llamado ViDA-iRAP en el cual se puede colocar todas las características de la vía y da como resultado inmediatamente el puntaje y la cantidad de estrellas asignadas (iRAP, 2019b). Este es de acceso gratuito al público con una interfaz sencilla. Acerca de este software se explicará en el inciso respectivo.

### 2.3.2. Parámetros

Los parámetros se van adaptando, ya van en la versión 3 del 2013, la revisión se hizo desde el 2009. Estos se fueron consolidando luego de investigaciones de diferentes autores a lo largo de diferentes años.

Para poder evaluar la gravedad de los choques, se presentan los tipos de accidentes como muestra la **Tabla 2.2**.

**Tabla 2.2: Modo de inicio de accidentes y tipos de accidentes. (Fuente: iRAP, 2013b)**

| Modo de inicio  | Factor contribuyente   | Tipo de accidente  |
|---|--|--|
| Un vehículo o motocicleta se sale del carril (pérdida de control) | Si el vehículo o motocicleta se sale del lado del conductor, no hay un vehículo presente en la dirección opuesta | Salida del camino  |
|   | Si el vehículo o motocicleta se sale del lado del conductor y hay vehículo presente en dirección opuesta         | Accidente frontal  |
|   | No hay vehículo presente en dirección opuesta y el peatón o ciclista se encuentra al lado de la vía              | Peatón o ciclista que se desplaza a lo largo de la vía o acera |
| Un vehículo o motocicleta se sale del carril (adelantamiento)     | Hay un vehículo presente en dirección opuesta  | Accidente frontal  |
| Un vehículo o motocicleta hace una maniobra de giro               | Un vehículo que se desplaza en la misma dirección o hay un vehículo presente en la dirección opuesta             | Intersección o punto de acceso (frontal o posterior)           |
|   | Un vehículo se encuentra haciendo una maniobra de giro   | Intersección o punto de acceso (impacto lateral)               |
|   | Hay un ciclista presente   | Ciclista en la intersección                                    |

| Modo de inicio  | Factor contribuyente   | Tipo de accidente  |
|---|--|--|
| Una motocicleta se desplaza a lo largo de la vía                        | Un vehículo de desplaza en la misma dirección (aunque esto también puede ser un accidente de un solo vehículo) | Movimiento a lo largo del camino (caída o choque de costado) |
| Un peatón o ciclista se desplaza a lo largo de la vía (en el pavimento) | Hay un vehículo presente   | Peatón o ciclista a lo largo del camino                      |
| Un peatón está cruzando la calle  | Hay un vehículo presente   | Cruce peatonal (vía analizada o camino lateral)              |

Por otro lado, los parámetros que se van a considerar se pueden separar en grupos, cada uno de estos incluye una cierta cantidad de parámetros correspondientes que se deben analizar y cada uno de ellos tiene un valor que afecta en cierta proporción a su calificación. En la **Tabla 2.3** se muestran todos los parámetros a considerar en el uso de la metodología iRAP.

**Tabla 2.3: Parámetros de estudios (Fuente: propia)**

| GRUPO                            | PARÁMETROS                |                     |                              |                      |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|
| <b>Flujo</b>                     | Motocicletas              | Bicicletas          | Peatones cruzando            | Peatones a los lados |
| <b>Velocidad</b>                 | Diseño                    | Diferencial         | Control de velocidad         |                      |
| <b>Características de la vía</b> | Número de carriles        | Ancho               | Curva                        | Costo de mejoras     |
|                                  | Mediana                   | Bandas alertadoras  | Condición de superficie      | Pendiente            |
|                                  | Estacionamiento           | Obras               | Distancia de visibilidad     | Delineación          |
|                                  | Alumbrado público         | Calles laterales    | Resistencia al deslizamiento |                      |
| <b>Atributos laterales</b>       | Distancia hacia los lados | Objetos a los lados | Bandas alertadoras           | Bermas               |
| <b>Intersecciones</b>            | Tipo                      | Calidad             | Canalización                 |                      |
|                                  | Volumen de tránsito       |                     | Acceso a propiedades         |                      |
| <b>Vías para UVV</b>             | Uso del suelo             | Tipo de área        | Cruces peatonales            | Vallas peatonales    |
|                                  | Aceras disponibles        | Motovías            | Ciclovías                    | Zona escolar         |

### 2.3.3. Sistema de clasificación por estrellas

En la metodología iRAP, a diferencia de las otras como EuroRAP o AusRAP, la clasificación de estrellas se separa por tipo de usuario. Esto se debe a que la cantidad y tipo de usuario entre países es diferente. En países de ingresos altos, suelen ser predominantes los autos y camionetas, mientras que en países de ingresos medios o bajos existe una mayor cantidad de peatones, bicicletas y motos, los cuales son usuarios vulnerables (OMS, 2018).

En base a los valores para cada parámetro, se debe tener un puntaje para cada tramo de 100m y cada tipo de usuario de la vía. Para esto, iRAP propone una fórmula para cada tipo de usuario considerando los parámetros pertinentes como se muestra en el **Anexo A**.

Actualmente iRAP se encuentra en la versión 3 de su clasificación por estrellas, en cada actualización se van realizando ajustes para que los resultados sean más significativos.

Con el puntaje obtenido se procede a calificar a la vía dependiendo del puntaje. Se establecieron las estrellas en base a pruebas realizadas 5 temas que se encuentran relacionados entre ellos, se explicarán a continuación (iRAP, 2015).

#### 1. El rol de la velocidad en el sistema seguro

La velocidad es uno de los factores con más influencia en la seguridad vial, principalmente, porque es difícil que un peatón sobreviva a un impacto donde la velocidad sea mayor a 30 km/h (iRAP, 2015). Además, a pesar de toda la infraestructura que puede tener una vía, se debe considerar que cualquier persona puede cometer un error o descuidar un momento la concentración, lo que ocasionaría un accidente.

A mayor velocidad, mayor posibilidad de que ocurra un accidente fatal. Debido a esto, mientras la velocidad de manejo sea mayor en una vía, la calificación por estrellas irá disminuyendo.

## 2. La severidad de los accidentes

Un accidente es el resultado de muchos factores tanto humanos, de infraestructura y ambientales, por este motivo, la evaluación es un poco subjetiva. Para esto, se consideró la Escala Máxima Abreviada de Lesiones, en la cual se considera a partir de grave como una posibilidad de 10% de muerte (OCDE, 2010).

## 3. Objetivos planteados

Lo que se debería buscar es tener todas las vías con una clasificación de 5 estrellas, pero esto es considerado como utópico. Dado que, iRAP se centra en países en vías de desarrollo, se debe establecer objetivos realistas. Junto con los objetivos planteados para antes del 2030 con la ONU, se estableció tener vías con una calificación no menor a 3 estrellas. Esto se puede lograr con la ayuda de elementos de la infraestructura vial.

Para un peatón, una vía de 1 estrella significa que hay una gran probabilidad de que en caso ocurra un accidente en el que se ve involucrado, este puede ser fatal o terminar lesionado permanentemente; puede deberse a la falta de cruces peatonales, la mala calidad de ellos, las altas velocidades y otros factores. En cambio, una vía de 5 estrellas para el mismo tipo de usuario da como resultado un lugar idóneo para cruzar en los cuales los accidentes se disminuyen considerablemente, o en todo caso no son fatales.

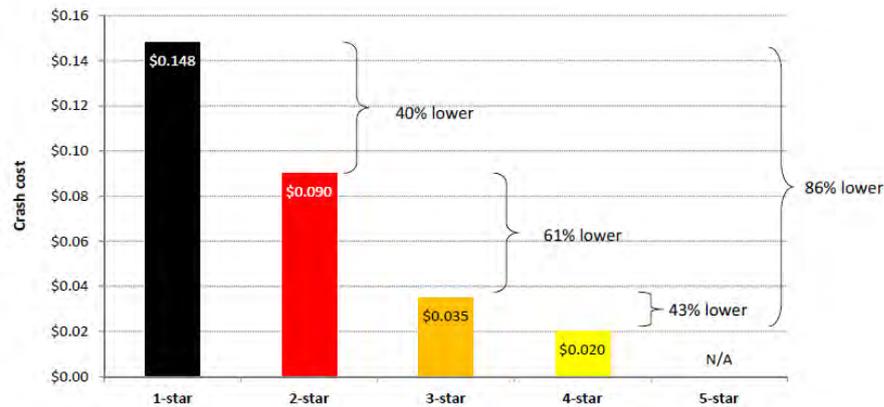
En la **Figura 2.4** se muestra la diferencia entre ambos casos donde se puede apreciar la misma avenida con dos diseños diferentes. En el de la izquierda se puede ver como priorizan a los vehículos sobre los peatones mientras que en la derecha lo contrario



**Figura 2.4: Vía de 2 estrellas (izquierda) y de 5 estrellas (derecha) para peatones (iRAP, 2018b)**

#### 4. Relación entre los accidentes y la clasificación por estrellas

Una forma de medir la seguridad en la incidencia de accidentes es mediante los costos de los accidentes por distancia recorrida. Esto fue realizado para cada una de las versiones de iRAP. Respecto a la versión 3, se llevaron a cabo modelos respecto a los ocupantes del vehículo, para poder cuantificar el “ahorro” para cada una de las estrellas, esto fue realizado por McInerney y Fletcher en una carretera en Australia en el 2013. En la **Figura 2.5** se presenta el costo por accidente mortal y grave por kilómetro recorrido diferenciado por estrella. De este estudio, se pudo concluir que una vía de 4 estrellas es 86% menor en cuanto a los costos de accidentes respecto a una vía de 1 estrella.



**Figura 2.5: Costo por accidentes mortales y graves por kilómetro recorrido diferenciado por estrellas. (Fuente: McInerney y Fletcher, 2013)**

### 5. Distribución de la clasificación por una red vial

La clasificación por estrellas debe ser integral, por lo que, si dentro de una vía evaluada existe solo un tramo de 1 estrella y los demás son de 4 o 5 estrellas, no se podría considerar completamente inseguro. Para esto se utiliza la suavización de la clasificación por estrellas al generar el mapa de riesgo de una vía, esto se realiza con el objetivo de obtener resultados más significativos (iRAP, 2013c) en comparación a evaluar cada tramo aislado.

En la versión 3 de iRAP, se propone los puntajes para cada tipo de usuario como se muestra en la **Tabla 2.4**.

**Tabla 2.4: Bandas de la clasificación por estrellas. (Fuente: iRAP, 2015)**

| Clasificación por estrellas | Puntaje de la clasificación por estrellas |              |              |             |              |
|-----------------------------|---|--------------|--------------|-------------|--------------|
|                             | Ocupantes de vehículos y motociclistas    | Ciclistas    | Peatones     |             |              |
|                             |   |              | Total        | A lo largo  | Cruces       |
| 5                           | 0.0 a <2.5                                | 0.0 a <5.0   | 0.0 a <5.0   | 0 a <0.2    | 0 a <4.8     |
| 4                           | 2.5 a <5.0                                | 5.0 a <10.0  | 5.0 a <15.0  | 0.2 a <1.0  | 4.8 a <14.0  |
| 3                           | 5.0 a <12.5                               | 10.0 a <30.0 | 15.0 a <40.0 | 1.0 a <7.5  | 14.0 a <32.5 |
| 2                           | 12.5 a <22.5                              | 30.0 a <60.0 | 40.0 a <90.0 | 7.5 a <15.0 | 32.5 a <75.0 |
| 1                           | más de 22.5                               | más de 60.0  | más de 90.0  | más de 15   | más de 75.0  |

Para cada uno de la clasificación por estrellas se ha asignado un color como se muestra a continuación:

- 1 estrella – color negro
- 2 estrellas – color rojo
- 3 estrellas – color naranja
- 4 estrellas – color amarillo
- 5 estrellas – color verde

Esto sirve para poder identificar visualmente los tramos más peligrosos y los más seguros en un mapa. Acerca de esto se explicará con mayor detalle en el inciso **Mapas de Riesgo** más adelante dentro de este capítulo.

Dependiendo del tipo de usuario, existen ciertas características combinadas las cuales generan clasificaciones diferentes (iRAP, 2009b). A continuación, se mostrará ejemplos de vías para ocupantes del vehículo, ciclistas y peatones con descripción y figuras.

- **Ocupantes de vehículos**

Una vía de cinco estrellas para este tipo de usuario cuenta con una delineación, resistencia al deslizamiento y condición de vía adecuados evitando posibles accidentes por características de la vía como desgaste del pavimento y baches. También considera intersecciones bien diseñadas con canalización adecuada y velocidades de diseño idóneas para el tipo de vía. Esta clasificación es difícil de encontrar por lo que es un ideal a lo que se debería llegar, pero poco probable en especial en países en vía de desarrollo.

A partir de esta clasificación, se va disminuyendo la cantidad de estrellas dependiendo de cómo vayan variando los atributos. La **Figura 2.6** muestra una vía de 4 estrellas la cual cuenta con calzada dividida, separador de concreto, buena delineación y una berma adecuada. La **Figura 2.7** muestra una vía de 3 estrellas de 1 solo sentido,

la diferencia radica en que existe un desnivel al costado de la berma pudiendo ocasionar un accidente en caso de pérdida del control y tiene una berma más angosta. La **Figura 2.8** muestra una vía de 2 estrellas con calzada no dividida en dos sentidos sin berma, con curvas presentes y ancho del carril angosto; finalmente, la **Figura 2.9** muestra una vía de 1 estrella con calzada no dividida, estacionamiento a los costados y postes resultando en un tipo de vía de alto riesgo.



**Figura 2.6:** Vía de 4 estrellas para vehículo (Fuente: iRAP, 2009b)



**Figura 2.8:** Vía de 2 estrellas para vehículo (Fuente: iRAP, 2009c)



**Figura 2.7:** Vía de 3 estrellas para vehículo (Fuente: iRAP, 2009b)



**Figura 2.9:** Vía de 1 estrella para vehículo (Fuente: iRAP, 2009b)

- **Ciclistas**

En el caso de las vías para ciclistas, una vía de 5 estrellas incluye principalmente una ciclovía diseñada para ellos separada de la calzada y con una división que proteja de accidentes con vehículos. La **Figura 2.10**, la **Figura 2.11**, la **Figura 2.12** y la **Figura 2.13** muestran vías con 4, 3, 2 y 1 estrellas respectivamente. La diferencia radica en el lugar por donde transita la bicicleta. En la vía de 4 estrellas, existe un carril separado, pero no un elemento de protección mientras que, a medida que disminuye la clasificación, se vuelve más pequeño el lugar por donde transitan.



**Figura 2.10: Vía de 4 estrellas para ciclistas (Fuente: iRAP, 2009b)**



**Figura 2.12: Vía de 2 estrellas para ciclistas (Fuente: iRAP, 2009b)**



**Figura 2.11: Vía de 3 estrellas para ciclistas (Fuente: iRAP, 2009b)**



**Figura 2.13: Vía de 1 estrella para ciclistas (Fuente: iRAP, 2009c)**

- **Peatones**

Una vía de 5 estrellas para peatones incluye un área peatonal completamente separada de la vía para vehículos con protección física y con señalización adecuada como semáforos, crucesos peatonales con refugio y elevados para asegurar el bienestar de los peatones. Por otro lado, la **Figura 2.14**, la **Figura 2.15**, la **Figura 2.16** y la **Figura 2.17** muestran secciones para peatones de clasificación 4, 3, 2 y 1 estrellas respectivamente. Las vías de 4 y 3 estrellas cuentan con espacios separados para peatones, la de 4 estrellas incluye barrera, pero no delineación mientras que la de 3 no cuenta con ninguna barrera y es un espacio más reducido. Por otro lado, las vías de 3 y 2 estrellas no son espacios separados, sino parte de la calzada; la de 3 estrellas tiene una separación no física al lado de la berma por donde deben transitar los peatones y la de 1 estrella no tiene ni separación poniendo a los peatones en el caso de peligro máximo. Las últimas 2 se suelen dar en carreteras rurales debido al poco tránsito de peatones que existe (iRAP, 2009c).



**Figura 2.14: Vía de 4 estrellas para peatones (Fuente: iRAP, 2009b)**



**Figura 2.15: Vía de 3 estrellas para peatones (Fuente: iRAP, 2009b)**



**Figura 2.16: Vía de 2 estrellas para peatones (Fuente: iRAP, 2009c)**



**Figura 2.17: Vía de 1 estrella para peatones (Fuente: iRAP, 2009b)**

#### 2.3.4. Software ViDA-iRAP

El Software ViDA-iRAP es un programa en línea gratuito el cual agiliza y hace más eficiente el proceso de calificación de una vía (Hurtado et al., 2015). Lo que reemplaza este programa es la etapa de codificación que previamente se realizaba utilizando todas las hojas de atributos y Excel.

En la página web se va ingresando todos los datos tomados en campo en cada uno de los grupos como son costado de la vía, características de la vía, intersecciones, flujo, infraestructura para usuarios vulnerables y uso del suelo y velocidades. Dado que todos los valores están relacionados, cada vez que se cambie un atributo, automáticamente va cambiando el puntaje y la clasificación de estrellas en el programa volviendo el software más didáctico y simple de entender. Otra ayuda que brinda ViDA-iRAP, en comparación con Excel, es que acá se puede colocar un mismo atributo y lo relaciona directamente a todos los usuarios, mientras que, en Excel, la persona al momento de codificar tiene que ir colocando los valores uno por uno aumentando la posibilidad de error humano.

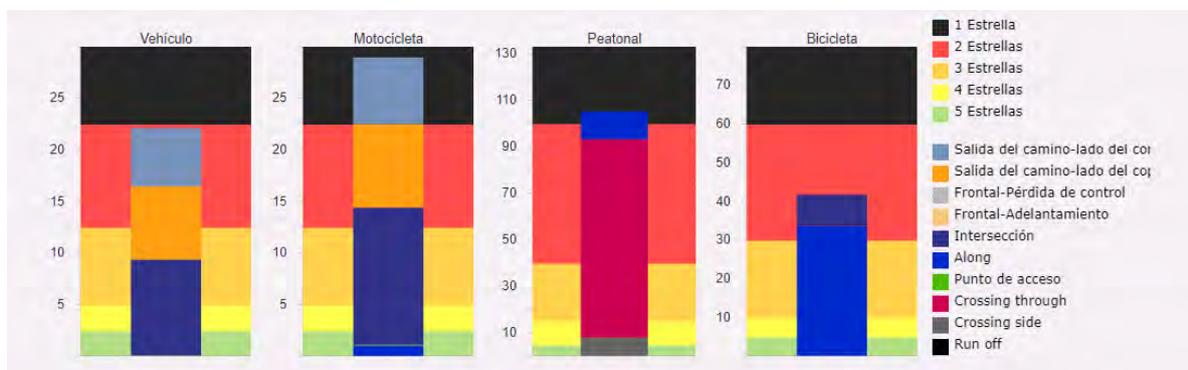
La forma cómo se presentan los resultados se muestra en la **Figura 2.18**. Se puede observar que presenta tanto el puntaje como la cantidad de estrellas según los atributos

asignados. Además, se encuentra dividido por tipo de usuario convirtiendo la interfaz fácil de utilizar y entender.



**Figura 2.18: Simulador de clasificación (Fuente: vida.irap.org, 2020)**

Mediante este simulador, se puede ir variando las diferentes características de la vía para ir analizando el efecto que puede tener cada atributo en la seguridad. Además, el programa permite visualizar los tipos de accidentes que pueden ocurrir respecto a las características existentes, como se muestra en la **Figura 2.19**. Esto sirve de ayuda para el momento de poder implementar medidas de protección se identifique los choques más probables y se buscan contramedidas para mitigar los accidentes fatales.



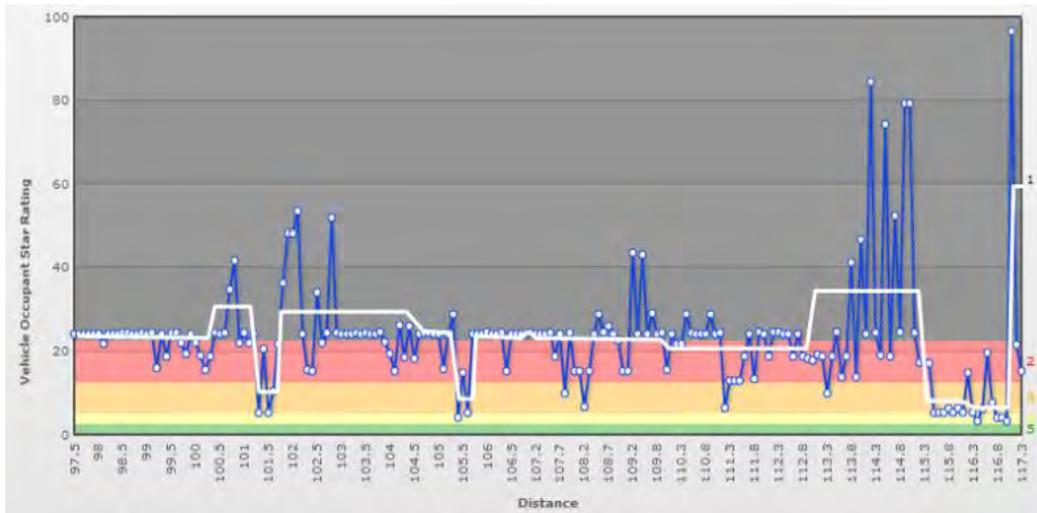
**Figura 2.19: Visualizador de tipos de choque (Fuente: vida.irap.org, 2020)**

Cada evaluación se realiza por sección de 100 metros máximo al igual que la codificación manual (iRAP, 2013). ViDA-RAP permite guardar cada sección dentro del usuario del codificador para luego poder exportar un archivo con todos los tramos evaluados y los valores que se utilizaron para poder corroborar los datos de entrada en el software.

### **2.3.5. Mapas de riesgo**

En países donde se ha trabajado con la metodología iRAP durante un periodo prolongado de tiempo y se tiene información de diversas vías, se puede armar Mapas de Riesgo mediante la superposición de la clasificación de estrellas cada 100m. Esta herramienta ayuda a identificar las secciones críticas de las rutas viales de manera visual con la finalidad de poder implementar medidas en las zonas donde más se necesite (ERSO, 2018). Además, con la ayuda de estos mapas, se puede llevar un control periódico y ver la evolución de la vía en el tiempo. Para cada tipo de usuario se tiene un mapa distinto.

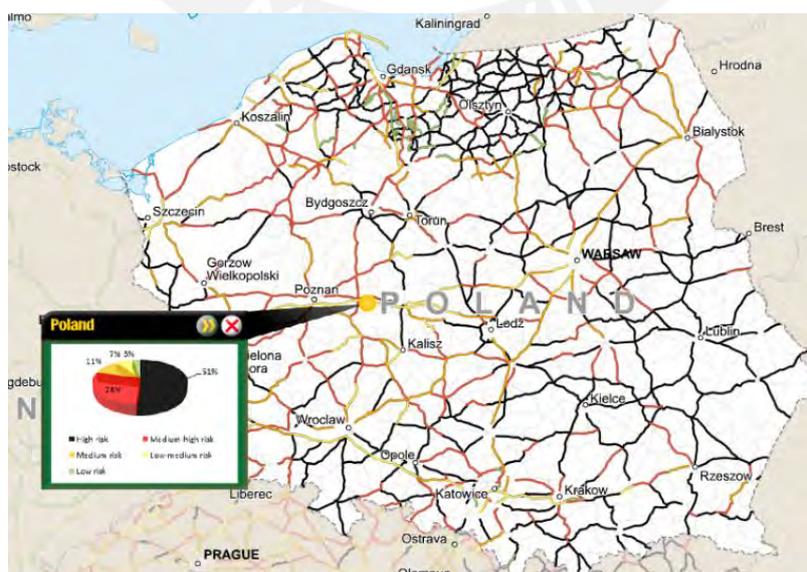
Estos mapas son una manera práctica y eficiente para poder comunicar los resultados a las personas encargadas de diseñar las vías y cualquier persona interesada en general (iRAP, 2017). En tramos largos donde se tiene mucha información, lo que se realiza es una suavización de Clasificación por Estrellas. En esta lo que se busca es agrupar por segmentos por tramos de la vía principal o por longitud para obtener resultados más significativos por segmentos más grandes que cada 100 metros (iRAP, 2013c). En cada grupo se utiliza el valor obtenido por puntajes. En la **Figura 2.20** se muestra un gráfico donde se ha suavizado el puntaje para colocarse posteriormente en un mapa.



**Figura 2.20: Suavizado de puntaje (Fuente: iRAP, 2013c)**

La línea azul es el puntaje obtenido cada tramo de 100m. Para realizar el suavizado se agrupó por características similares de la vía y se utilizó el valor promedio obteniendo la línea blanca.

En países donde las carreteras principales se han evaluado en su totalidad, se tendrá como resultado un mapa de riesgo completo, como en el caso de Polonia (Figura 2.21). Esto puede servir para que las entidades responsables del transporte de dicho lugar tomen medidas al respecto con la finalidad de evitar más accidentes graves o fatales.



**Figura 2.21: Mapa de riesgo de Polonia (Fuente: iRAP, 2014)**

Para la ejecución este mapa existe ciertas reglas generales para que sea válido internacionalmente, esto se encuentra detallado en el Manual de Especificaciones para crear Mapas de Riesgo realizado por EuroRAP en el 2013 y actualizado en el 2017. Las características que deben seguir se dividen en 2 grupos: codificación de colores y componentes cartográficas.

- **Codificación por colores**

En la clasificación por estrellas, cada valor tiene un color asignado como se detalló anteriormente, pero se debe unificar los colores para que cuando diferentes personas realicen un mapa en cualquier parte del mundo que se encuentren, estos puedan conectarse sin ningún problema. Esta estandarización de colores permite entender los mapas en todo el mundo (EuroRAP, 2017).

Los colores utilizados están relacionados con el impacto que generan en las personas, es decir, la clasificación 1 es de color negro asociado con muertes y con peligro, las vías de 2 estrellas son de color rojo asociado con peligro y la mejor clasificación de 5 estrellas es de color verde relacionado con seguridad. Esto es un factor importante que se consideró al asignar un determinado tono a cada una de las estrellas.

Cuando se realiza un mapa, los colores se pueden asignar en diferentes paletas, como son RGB, CYMK, Pantone y html. EuroRAP estandarizó los tonos para que sean iguales en cualquier paleta utilizada, estos códigos se muestran en la **Figura 2.22**.

| Paleta RGB |   |     |     |     |     |
|------------|---|-----|-----|-----|-----|
| Estrellas: | 1 | 2   | 3   | 4   | 5   |
| R          | 0 | 232 | 238 | 255 | 148 |
| G          | 0 | 82  | 164 | 241 | 194 |
| B          | 0 | 54  | 7   | 92  | 96  |

| Paleta CYMK |     |    |    |    |    |
|-------------|-----|----|----|----|----|
| Estrellas:  | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  |
| C           | 0   | 0  | 0  | 0  | 50 |
| Y           | 0   | 80 | 39 | 0  | 0  |
| M           | 0   | 80 | 95 | 73 | 75 |
| K           | 100 | 0  | 5  | 0  | 0  |

| Paleta Pantone |               |               |               |              |              |
|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Estrellas:     | 1             | 2             | 3             | 4            | 5            |
| Código         | Pantone Black | Pantone 7417C | Pantone 7409C | Pantone 106C | Pantone 367C |

| Paleta html (web) |   |    |    |    |    |
|-------------------|---|----|----|----|----|
| Estrellas:        | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  |
| R                 | 0 | E8 | EE | FF | 94 |
| G                 | 0 | 52 | A4 | F1 | C2 |
| B                 | 0 | 36 | 7  | 5C | 60 |

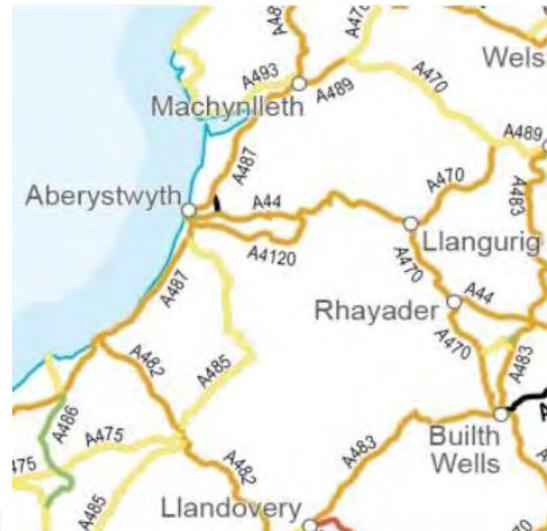
**Figura 2.22: Código de colores (Adaptado de EuroRAP (2017))**

- **Componentes cartográficas**

Las características que se incluyan en los mapas de riesgo dependen principalmente de la densidad de la red existente. En una red más congestionada, las líneas de colores deben ser más delgadas con la finalidad de que se pueda visualizar mejor mientras que es una red simple estas pueden ser más gruesas, esto se puede observar mejor en la **Figura 2.23** y **Figura 2.24** donde se comparan 2 redes. En la figura de la izquierda puede llegar a ser difícil de identificar cada una de las vías a pesar de tener un código especificado mientras que, en la figura de la derecha, todo se puede ver más claro y sin ningún problema de identificación de secciones.



**Figura 2.23: Mapa de riesgo de densidad alta (EuroRAP, 2017)**



**Figura 2.24: Mapa de riesgo de densidad baja (EuroRAP, 2017)**

Además del grosor de las líneas, en mapas de riesgo amplios, es necesario designar un código para cada vía con la finalidad de evitar colocar el nombre completo, esto generaría un mapa difícil de leer. Estas dos características, el grosor de línea y el nombre de la vía deben ir variando, dependiendo el formato de impresión que se utilizará; es decir, se debe ir iterando para tener finalmente un producto fácil de entender tanto para la persona que lo realizó como para el lector.

Los mapas más completos que cuenten con elementos como océano, borde costero, límites internacionales, ciudades importantes, deben seguir las especificaciones mostradas en manual de EuroRAP obtenido de la página web de iRAP.

#### **2.4. Antecedentes**

Lima es una ciudad la cual ha ido creciendo a gran velocidad debido a múltiples razones. Dado que el Perú es un país centralizado, todas las entidades, comercio, transporte y lugares recreacionales se encuentran en Lima; muchos habitantes de otros departamentos han migrado a la capital con la idea de tener más opciones de trabajo, vivienda, etc. El crecimiento acelerado

es similar al de muchas ciudades en otros países en donde se vieron los efectos negativos colaterales que existen. Entre los principales se encuentran la infraestructura inadecuada, congestión vehicular y desarrollo informal. La principal razón es la falta de planeamiento previo del crecimiento de las ciudades (Hatamzadeh, Habibian y Khodaii, 2019).

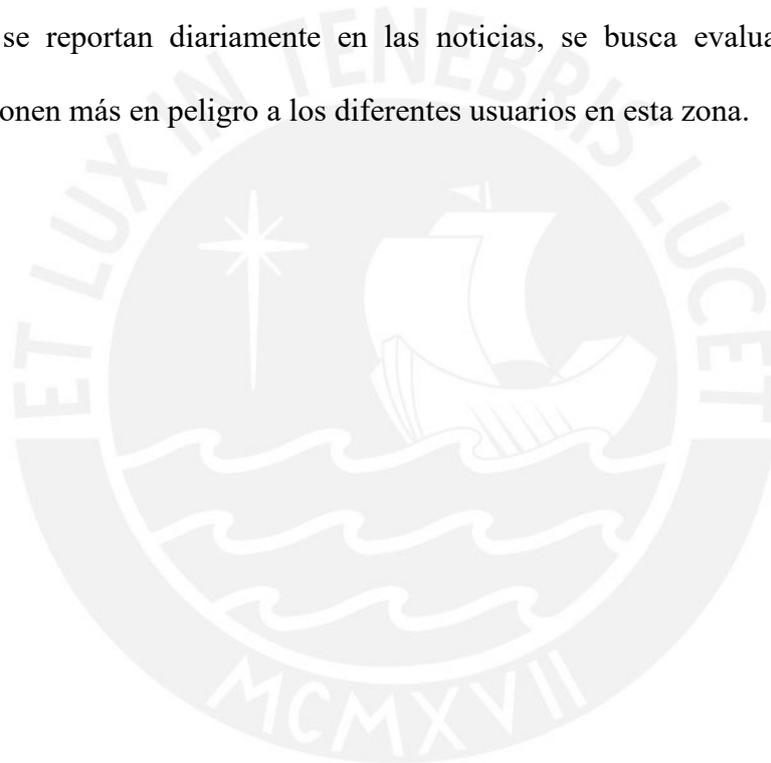
A lo largo de las últimas décadas, con el proceso de industrialización, el cual incluye principalmente el aumento de vehículos motorizados en las calles, se ha perdido la importancia que tiene la caminata como medio de transporte (Gehl y Svarre, 2013). Debido a los efectos negativos que tienen los medios de transporte motorizados, como buses, taxis, vehículos particulares, en la contaminación y tráfico, se ha venido dando una mayor importancia a la caminata, bicicletas y motos para trasladarse de un lugar a otro.

En el mundo se tienen diferentes Sistemas de Seguridad, principalmente enfocados en los ocupantes del vehículo. Para ellos existen dos tipos de evaluaciones, respecto a la infraestructura de la vía, como es EuroRAP o AusRAP, y otro que se enfoca en la seguridad del vehículo como es NCAPs (New Car Assessment Programmes) donde evalúan el comportamiento de los vehículos en diferentes posibilidades de choques (ERSO, 2018). Estos programas no tomaban en consideración los otros tipos de usuarios que son lo más vulnerables, como son los peatones, motociclistas y ciclistas. La metodología iRAP tiene un enfoque completo e integral en el cual toma a todos los usuarios y se ha ido implementando poco a poco hasta llegar a más de 100 países en julio del 2019 (iRAP, 2019d).

En el 2009 se realizó el primer estudio en Perú concentrándose en las carreteras hacia el centro, el norte y el sur; en total con 3063 km de las cuales solo 94 km fueron realizados en el área metropolitana de Lima (iRAP, 2009a). Esta metodología se comenzó a utilizar mediante un programa Piloto en Perú en el 2006 pero no se publicó el resultado de dicha evaluación. En abril del 2009, se publicó un reporte “iRAP Perú” realizado por iRAP con ayuda del Fondo Global para la Seguridad Vial y la fundación FIA, en el cual se detalla y da los resultados de

una inspección que realizaron a algunas vías principales en el Perú, en especial carreteras (iRAP, 2009a).

Posteriormente, en junio del 2019 se comenzó a trabajar en la Autopista del Norte conocida como AUNOR en el tramo entre Pativilca a Trujillo para implementar medidas de infraestructura que aumenten la seguridad (iRAP, 2019c) pero se desconoce si se aplicaron las medidas de seguridad que se propusieron. Acerca de la zona urbana de Lima, no se tiene mucha información detallada de lo encontrado en el 2009. Sin embargo, debido a la gran cantidad de accidentes que se reportan diariamente en las noticias, se busca evaluar cuáles son los elementos que ponen más en peligro a los diferentes usuarios en esta zona.



### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, debido a que durante todo el estudio no se alteraran las variables, sino que se observaran los fenómenos en el contexto actual (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Este tipo de diseño puede ser transversal o longitudinal, en este caso será transversal porque se analizarán los datos en un único momento y no a lo largo de un periodo de tiempo. Por último, será de tipo descriptivo ya que se investigará acerca de cada variable y la relevancia en el problema de estudio.

#### 3.2. Enfoque de la investigación

Se eligió un enfoque cuantitativo debido a que la clasificación se realiza en base a la realidad en la cual se encuentra una vía. Este es un conjunto de procesos que se deben seguir en un orden establecido sin la posibilidad de saltarse pasos y tiene la finalidad de verificar las hipótesis mediante parámetros junto con estudios estadísticos (Hernández et al., 2014).

#### 3.3. Zona de estudio

La zona de estudio definida es un tramo de 2.70km la avenida Angamos Este y su prolongación la avenida Primavera, específicamente desde antes del cruce con la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes en el distrito de Surquillo hasta antes del ingreso del cruce con la Avenida Aviación. En la **Tabla 3.1** se encuentra las coordenadas referenciales y en la **Figura 3.1** se muestra el tramo descrito

**Tabla 3.1: Coordenadas de los puntos de referencia (Fuente: Propia)**

| Punto de referencia | Latitud       | Longitud      |
|---------------------|---------------|---------------|
| A                   | 12° 6'48.43"S | 77° 1'31.02"O |
| B                   | 12° 6'42.56"S | 77° 0'1.94"O  |



**Figura 3.1: Ubicación de la zona de estudio (Fuente: Google Maps, 2021)**

Se optó por esta vía ya que es considerada una de las avenidas más importantes de Lima Metropolitana y cuenta con un flujo considerable de los diferentes usuarios a lo largo de todo el día. Además, existen constantemente varios accidentes entre autos, buses, camiones, bicicletas, motos y peatones. Si bien muchos de estos no son reportados por los medios de comunicación, los últimos 3 que fueron más conocidos datan de agosto de 2019, mayo de 2020 y el tercero de octubre del 2021. El primero fue entre un motociclista y un automóvil en la avenida Angamos Este en Surquillo (Perú 21, 2019), el segundo entre una ambulancia y un automóvil en el cruce de la avenida Angamos Este con la avenida Principal (Canal N, 2020) y el último en el cruce de la avenida Angamos con la calle San Pedro en Surquillo (La República, 2021). Asimismo, a pesar de que muchos accidentes no se registran en medios de noticias, los vecinos señalan que los accidentes son constantes debido al exceso de velocidad, inconvenientes con los semáforos y otros factores.

Asimismo, si bien existen reglas de tránsito establecidas, muchos usuarios no la cumplen como el exceso de velocidad y los semáforos. También se puede apreciar que no existen facilidades para ciclistas, lo cual los pone en alto riesgo. Esto se muestra en la **Figura 3.2** en

la cual se ve peatones caminando por la mediana, falta de cruces peatonales y falta de facilidades para usuarios vulnerables.



**Figura 3.2: Fotografía de la avenida Angamos Este (Fuente: Google Maps, 2020)**

Parte del tramo seleccionado cuenta con una vía auxiliar a la principal. En esta investigación se enfocará a la vía principal donde circulan una mayor cantidad de vehículos respecto a las vías auxiliares.

Las actividades que se llevarán a cabo para esta investigación son: conteo, registro visual y mediciones. Para el conteo y las mediciones, se tendrá un formato como el que se encuentra en el **Anexo B**, el cual cuenta con las características a evaluar de la vía. Este formato está hecho específicamente para este tramo donde previamente se realizó una visita de campo para considerar los obstáculos que se pueden encontrar en la zona de estudio y no incluir los demás como son cercanía al precipicio o talud cercano, entre otros.

El registro visual será a través de las fotos y videos que se tomarán para poder tener un historial y poder verificar algunos datos que se hayan omitido.

La población será los 5000 metros de la avenida Angamos Este ya que se tomará para el análisis todo el tramo. Los 2 sentidos se muestran en la **Figura 3.3**. Por cada 100m se realizará la valoración como es indicado por el manual de codificación de iRAP. La división de los

tramos serán como los mostrados será tomando como referencia lugares distintivos ya sean tiendas u oficinas o cruces que se encuentran en la zona. El sentido 1 será de oeste a este y el sentido 2 será el contrario del punto B al punto A.



**Figura 3.3: División de sentidos (Fuente: Google Maps, 2021)**

### 3.4. Población

El conteo de peatones, ciclistas, motociclistas, camiones y automóviles para tener registro del flujo de los usuarios se hará en las horas pico tanto en la mañana como en la tarde. Para poder tener un registro más exacto, se tomará 3 horas en la mañana y 3 horas en la tarde durante 5 días.

### 3.5. Técnica o instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizará el formato mostrado en el **Anexo B** el cual se llenará para cada tramo de 100 metros medidos mediante Google Earth. Asimismo, se incluirá un registro fotográfico con la finalidad de tener un modo de verificación tratando de omitir los detalles que se pudieron olvidar en el momento de medir en campo.

### **3.6. Herramientas para el procesamiento de datos**

Las herramientas que se utilizarán para el procesamiento de datos son Excel, ViDA-iRAP y Google Maps con Google Earth.

En primer lugar, Excel servirá para el registro de todos los parámetros junto con el valor asignado para cada uno de ellos. Además, se utilizará para la realización de gráficos que se presentarán en los resultados.

En segundo lugar, el software ViDA-iRAP, se utilizará para obtener la calificación por estrellas de una manera más eficiente y rápida junto con los posibles accidentes que se podría tener en cada uno de los tramos ya que el programa permite esto. También brindará posibles soluciones que luego serán evaluadas y la posibilidad de implementación.

Cuando se tenga todos los tramos, se podrá realizar un pequeño mapa de riesgos respecto a la vía elegida donde se podrá observar los tramos más peligrosos para cada usuario. Para esto se utilizará Google Maps y Google Earth. De la misma manera servirá para evaluar los puntos que requieren más atención y ubicar las medidas más apropiadas con las cuales se podrían mitigar algunos riesgos y tener una vía más segura.

A lo largo de todo el procesamiento de datos se utilizará la última versión del Manual de Codificación de iRAP del 2019, el Manual de inspección para Argentina y Perú hecho por iRAP en el 2008 y las especificaciones para la creación de mapas de riesgos de los diferentes programas de evaluación de carreteras realizado por EuroRAP en octubre del 2017.

## 4. CASO PRÁCTICO: AVENIDA ANGAMOS ESTE

### 4.1. Recolección de datos

El tramo de la avenida Angamos Este seleccionado cuenta con gran afluencia de automóviles, buses, motocicletas, bicicletas y peatones debido a que es zona comercial, existen 3 colegios en la misma vía y 1 hospital, el Hospital de la Solidaridad. Para poder identificar todos los aspectos requeridos para la metodología iRAP, se realizó visitas al lugar y registro fotográfico. Se explicarán algunos aspectos importantes que se pudieron observar en la zona

Respecto a este aspecto, se apreció tres características permanentes a lo largo de todo el tramo inspeccionado: la condición de la superficie, resistencia al deslizamiento y la delineación. Respecto a la condición de la vía, esta es pavimentada, pero cuenta con defectos que podrían tener impacto al momento de conducir. Las fallas encontradas son los baches dentro de la calzada e irregularidades en la parte lateral como se muestra en la **Figura 4.1**. Estos defectos fueron encontrados a lo largo de la mayoría de las secciones generando un peligro para los diferentes usuarios que transiten por la vía. En la misma figura se puede ver que el pavimento tiene bastante desgaste por lo que su resistencia al deslizamiento se ha visto afectada por el paso del tiempo y alto flujo de vehículo. Esto se identificó porque se veía suave y brillante.

La delineación en la avenida Angamos Este es casi inexistente por la falta de mantenimiento de parte de las entidades encargadas, esto se puede observar en la **Figura 4.2**. No existen las líneas divisoras de carril ni bermas laterales las cuales contribuyen al desorden.



**Figura 4.1: Defectos en los laterales del tramo inspeccionado (Fuente: Propia)**



**Figura 4.2: Delineación en el tramo inspeccionado (Fuente: Propia)**

Aparte de la observación de la infraestructura vial, se notó que el comportamiento de las personas al transitar, independientemente del tipo de medio utilizado, no era adecuado incluso en tramos donde se contaba con los atributos necesarios. Un caso es cuando los peatones cruzan por cualquier parte de la vía y no por los cruces peatonales a pesar de estar a unos metros de distancia, esto se puede ver en la **Figura 4.3** y la **Figura 4.4**. Esto aumenta el desorden y caos que ya existe en la zona especialmente en horas pico donde el flujo de vehículos es mayor.



**Figura 4.3: Peatones y bicicleta cruzando la vía (Fuente: Propia)**

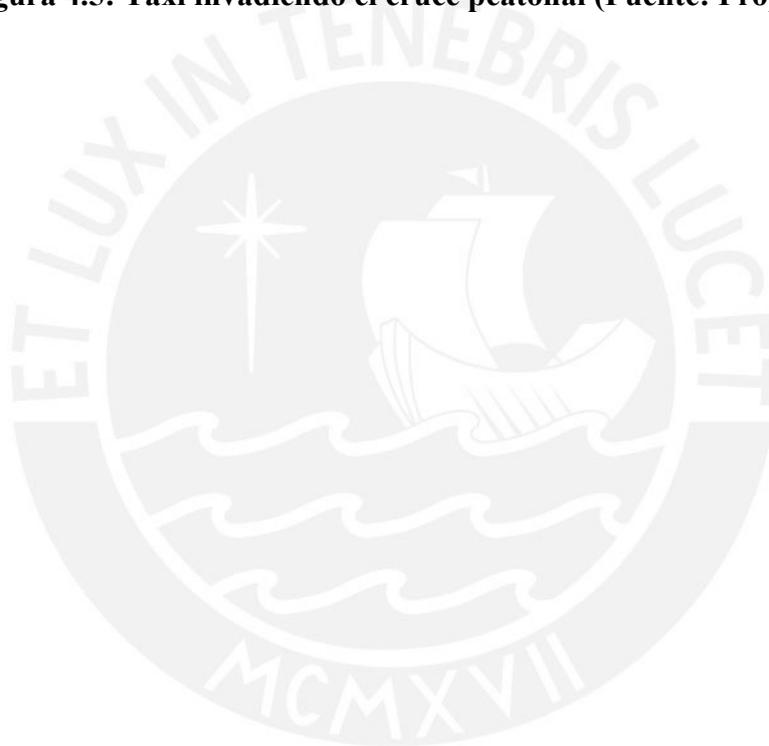


**Figura 4.4: Peatón cruzando la vía (Fuente: Propia)**

Además, se observó que los conductores de automóviles no respetan los cruces peatonales ni los semáforos. En el cruce de la avenida Angamos con la avenida Malachowsky, un conductor de taxi se pasó el semáforo en rojo pudiendo ocasionar un accidente con otro automóvil o si algún peatón cruzaba. También se pudo tomar foto a otro taxista que se quedó encima del cruce peatonal mientras el semáforo estaba en rojo como se muestra en la **Figura 4.5**, se añadió una flecha mostrando donde se encuentra el cruce peatonal.



**Figura 4.5: Taxi invadiendo el cruce peatonal (Fuente: Propia)**



## 4.2. Resultados

Luego del análisis de cada una de las secciones evaluadas se obtiene la clasificación por estrellas y posteriormente el mapa de riesgo del tramo seleccionado para el estudio de la avenida Angamos este. Luego, se presentarán las contramedidas recomendadas.

Cabe resaltar que estos resultados son para un periodo específico de tiempo donde se inspeccionó la vía, en este caso para el periodo del 2023. Cualquier alteración en la infraestructura vial respecto al evaluado necesitaría una nueva evaluación por más insignificante que pueda parecer un cambio, este puede tener un impacto significativo en el análisis.

A continuación, se explicará y analizará todos los resultados obtenidos mediante tablas, gráficos y figuras. Los resultados completos y detallados de cada tramo se encuentran en el **Anexo C**.

### 4.2.1. Clasificación por estrellas

Para poder realizar la clasificación por estrellas de cada una de las secciones, se debe obtener previamente el puntaje respecto a los parámetros solicitados en el Manual de Clasificación de la metodología iRAP. En esta parte se tuvo en total 216 valores entre las secciones en cada sentido y dividido por cada uno de los usuarios que se encontraron en la vía como ocupante del vehículo, motociclistas, peatones y ciclistas

Para la obtención de los puntajes se utilizó el programa en línea ViDA-iRAP, el cual agiliza el procesamiento de datos. Aquí se colocó sección por sección los atributos encontrados en el momento de la inspección. A continuación, se muestra la **Tabla 4.1** donde se encuentran los resultados divididos por sección y por tipo de usuario encontrado en la vía del sentido de la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes hacia la avenida Aviación.

De la misma manera se muestra la **Tabla 4.2** con la misma división de la tabla anterior, pero esta es del sentido contrario, del cruce de la avenida Angamos Este con la avenida Aviación hacia el cruce con la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes.

**Tabla 4.1: Puntaje del sentido 1 (De vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes a la avenida Aviación) (Fuente: Propia)**

| Tramo | Usuario   |             |        |          |
|-------|-----------|-------------|--------|----------|
|       | Automóvil | Motocicleta | Peatón | Ciclista |
| S1-01 | 4.90      | 5.78        | 34.13  | 7.47     |
| S1-02 | 7.72      | 10.21       | 44.32  | 9.84     |
| S1-03 | 13.39     | 16.16       | 30.89  | 19.34    |
| S1-04 | 10.24     | 12.90       | 36.73  | 11.77    |
| S1-05 | 7.72      | 10.21       | 60.12  | 9.84     |
| S1-06 | 10.94     | 13.70       | 63.80  | 11.77    |
| S1-07 | 7.72      | 10.21       | 59.28  | 9.84     |
| S1-08 | 22.13     | 26.81       | 19.93  | 28.80    |
| S1-09 | 4.65      | 5.50        | 27.56  | 5.61     |
| S1-10 | 11.93     | 14.38       | 19.68  | 17.24    |
| S1-11 | 4.65      | 5.50        | 27.56  | 5.61     |
| S1-12 | 4.67      | 5.53        | 27.58  | 5.61     |
| S1-13 | 4.65      | 5.50        | 27.56  | 5.61     |
| S1-14 | 8.88      | 11.54       | 36.94  | 8.73     |
| S1-15 | 20.83     | 25.33       | 23.52  | 28.79    |
| S1-16 | 4.73      | 5.59        | 27.24  | 5.66     |
| S1-17 | 3.41      | 4.08        | 32.69  | 6.77     |
| S1-18 | 7.56      | 10.03       | 14.93  | 8.72     |
| S1-19 | 7.56      | 10.03       | 14.93  | 8.72     |
| S1-20 | 13.39     | 16.16       | 17.94  | 19.34    |
| S1-21 | 4.19      | 4.97        | 20.21  | 5.60     |
| S1-22 | 6.51      | 8.83        | 35.55  | 8.72     |
| S1-23 | 4.19      | 4.97        | 20.21  | 5.60     |
| S1-24 | 12.93     | 15.62       | 18.86  | 19.24    |
| S1-25 | 3.88      | 4.61        | 18.89  | 4.67     |
| S1-26 | 8.10      | 10.66       | 34.22  | 7.80     |
| S1-27 | 3.88      | 4.61        | 22.66  | 5.60     |

**Tabla 4.2: Puntaje del sentido 1 (De la avenida Aviación a la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes) (Fuente: Propia)**

| Tramo | Usuario   |             |        |          |
|-------|-----------|-------------|--------|----------|
|       | Automóvil | Motocicleta | Peatón | Ciclista |
| S2-01 | 1.94      | 2.40        | 25.48  | 4.66     |
| S2-02 | 3.49      | 4.17        | 18.89  | 4.67     |
| S2-03 | 3.49      | 4.17        | 22.66  | 5.60     |
| S2-04 | 12.23     | 14.83       | 13.56  | 18.22    |
| S2-05 | 3.10      | 3.73        | 22.66  | 5.60     |
| S2-06 | 3.10      | 3.73        | 18.89  | 4.67     |
| S2-07 | 3.10      | 3.73        | 16.67  | 4.67     |
| S2-08 | 21.36     | 25.93       | 10.60  | 26.75    |
| S2-09 | 17.12     | 21.75       | 45.79  | 25.78    |
| S2-10 | 8.88      | 11.54       | 26.88  | 5.66     |
| S2-11 | 4.73      | 5.59        | 27.24  | 5.66     |
| S2-12 | 4.73      | 5.59        | 24.36  | 5.66     |
| S2-13 | 21.67     | 26.28       | 8.39   | 27.68    |
| S2-14 | 5.70      | 7.10        | 32.39  | 9.64     |
| S2-15 | 4.65      | 5.50        | 17.34  | 5.61     |
| S2-16 | 4.65      | 5.50        | 14.68  | 5.61     |
| S2-17 | 4.65      | 5.50        | 17.34  | 5.61     |
| S2-18 | 13.39     | 16.16       | 8.41   | 19.34    |
| S2-19 | 4.65      | 5.50        | 17.34  | 5.61     |
| S2-20 | 22.13     | 26.81       | 14.36  | 28.80    |
| S2-21 | 8.41      | 11.01       | 16.48  | 8.73     |
| S2-22 | 11.41     | 14.23       | 17.52  | 10.65    |
| S2-23 | 8.88      | 11.54       | 38.99  | 9.85     |
| S2-24 | 11.41     | 14.23       | 42.00  | 11.77    |
| S2-25 | 13.43     | 16.19       | 12.08  | 19.34    |
| S2-26 | 8.88      | 11.54       | 38.99  | 9.85     |
| S2-27 | 4.65      | 5.50        | 20.58  | 6.73     |

Con los puntajes obtenidos de las tablas anteriores, se clasificó por estrellas la vía en un rango de 1 a 5 estrellas como lo explicado en el inciso **2.3.3** de Clasificación por Estrellas y según los rangos establecidos por iRAP mostrados en la **Tabla 2.4**. De la misma manera que en el puntaje, se obtuvo 216 valores los cuales serán presentados en la **Tabla 4.3** del sentido de la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes hacia la avenida Aviación, y la **Tabla 4.4** en el sentido contrario.

**Tabla 4.3: Clasificación por estrellas del sentido 1 (De vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes a la avenida Aviación) (Fuente: Propia)**

| Tramo | Usuario   |             |        |          |
|-------|-----------|-------------|--------|----------|
|       | Automóvil | Motocicleta | Peatón | Ciclista |
| S1-01 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S1-02 | 3         | 3           | 2      | 4        |
| S1-03 | 2         | 2           | 3      | 3        |
| S1-04 | 3         | 2           | 3      | 3        |
| S1-05 | 3         | 3           | 2      | 4        |
| S1-06 | 3         | 2           | 2      | 3        |
| S1-07 | 3         | 3           | 2      | 4        |
| S1-08 | 2         | 1           | 3      | 3        |
| S1-09 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S1-10 | 3         | 2           | 3      | 3        |
| S1-11 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S1-12 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S1-13 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S1-14 | 3         | 3           | 3      | 4        |
| S1-15 | 2         | 5           | 3      | 3        |
| S1-16 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S1-17 | 4         | 4           | 3      | 4        |
| S1-18 | 3         | 3           | 4      | 4        |
| S1-19 | 3         | 3           | 4      | 4        |
| S1-20 | 2         | 2           | 3      | 3        |
| S1-21 | 4         | 4           | 3      | 4        |
| S1-22 | 3         | 3           | 3      | 4        |
| S1-23 | 4         | 4           | 3      | 4        |
| S1-24 | 2         | 2           | 3      | 3        |
| S1-25 | 4         | 4           | 3      | 5        |
| S1-26 | 3         | 3           | 3      | 4        |
| S1-27 | 4         | 4           | 3      | 4        |

**Tabla 4.4: Clasificación por estrellas del sentido 2 (De la avenida Aviación a la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes) (Fuente: Propia)**

| Tramo | Usuario   |             |        |          |
|-------|-----------|-------------|--------|----------|
|       | Automóvil | Motocicleta | Peatón | Ciclista |
| S2-01 | 5         | 5           | 3      | 5        |
| S2-02 | 4         | 4           | 3      | 5        |
| S2-03 | 4         | 4           | 3      | 4        |
| S2-04 | 3         | 2           | 4      | 3        |
| S2-05 | 4         | 4           | 3      | 4        |
| S2-06 | 4         | 4           | 3      | 5        |
| S2-07 | 4         | 4           | 3      | 5        |
| S2-08 | 2         | 1           | 4      | 3        |
| S2-09 | 2         | 2           | 2      | 3        |
| S2-10 | 4         | 3           | 3      | 4        |

| Tramo | Usuario   |             |        |          |
|-------|-----------|-------------|--------|----------|
|       | Automóvil | Motocicleta | Peatón | Ciclista |
| S2-11 | 4         | 4           | 3      | 4        |
| S2-12 | 4         | 4           | 3      | 4        |
| S2-13 | 2         | 1           | 4      | 3        |
| S2-14 | 3         | 3           | 3      | 4        |
| S2-15 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S2-16 | 4         | 3           | 4      | 4        |
| S2-17 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S2-18 | 2         | 2           | 4      | 3        |
| S2-19 | 4         | 3           | 3      | 4        |
| S2-20 | 2         | 1           | 4      | 3        |
| S2-21 | 3         | 3           | 3      | 4        |
| S2-22 | 3         | 2           | 3      | 3        |
| S2-23 | 3         | 3           | 3      | 4        |
| S2-24 | 3         | 2           | 2      | 3        |
| S2-25 | 2         | 2           | 4      | 3        |
| S2-26 | 3         | 3           | 3      | 4        |
| S2-27 | 4         | 3           | 3      | 4        |

#### 4.2.2. Mapas de riesgo

Con los resultados de la clasificación por estrellas, se obtuvieron mapas de riesgo, uno para cada tipo de usuario. En estos se puede visualizar el riesgo que presenta cada tramo mediante la utilización de colores asociados a la cantidad de estrellas como se especifica en el Manual de Mapas de Riesgo elaborado por EuroRAP. La muestra **Figura 4.6** la leyenda que se utilizó en cada uno de los mapas con los colores respectivos, además en la **Figura 2.22** se encuentran los códigos según el sistema de colores utilizado.

| LEYENDA |                       |
|---------|-----------------------|
| Color   | Cantidad de estrellas |
| ■       | 1                     |
| ■       | 2                     |
| ■       | 3                     |
| ■       | 4                     |
| ■       | 5                     |

**Figura 4.6: Leyenda para Mapa de Riesgo (Fuente: Propia)**

Dentro de cada mapa de riesgo se muestra cómo va cambiando el peligro a lo largo de la vía dependiendo de los elementos que se encuentren y como estos vayan apareciendo o desapareciendo. Además, se incluyeron los rótulos de los sentidos para una mejor visualización y comparación con las tablas de resultados. A continuación, se mostrarán y explicarán los mapas de riesgo realizados.

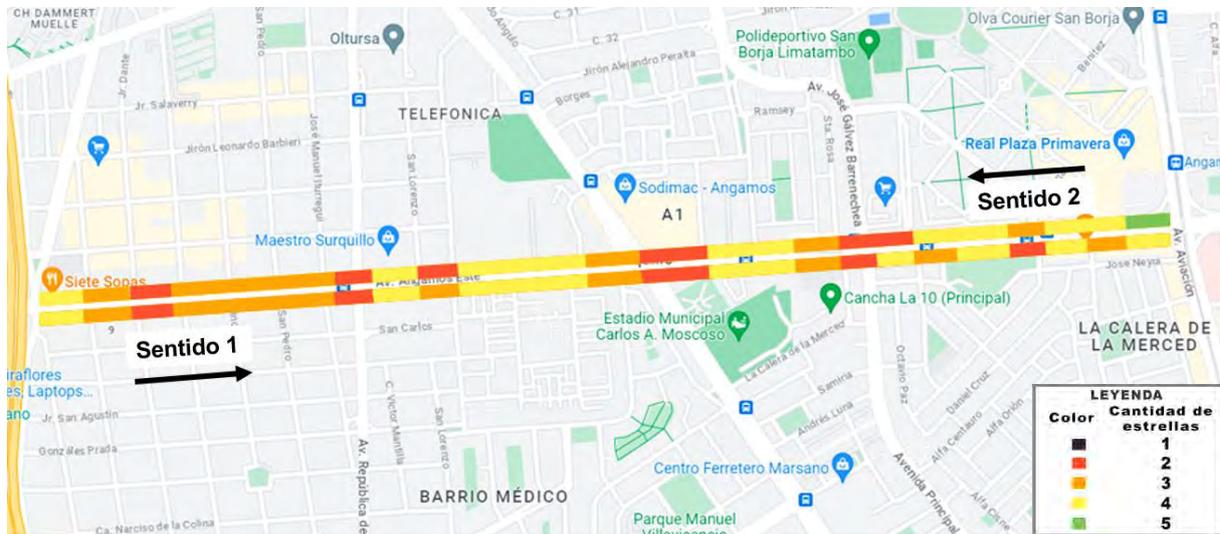
#### 4.2.3. Mapa de riesgo para ocupante del vehículo

La **Figura 4.7** muestra el mapa de riesgo obtenido para el ocupante del vehículo. En este se observa que se consiguieron clasificaciones entre 2 y 3 estrellas excepto en un solo tramo donde se obtuvo 5 estrellas. En las intersecciones con avenidas es donde se puede observar mayor peligro con una clasificación de 2 estrellas de color rojo.

En el sentido 1, de la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes hacia la avenida Aviación, las secciones más peligrosas con 2 estrella son las intersecciones de la avenida República de Panamá (S1-08), con la avenida Tomás Marsano (S1-15) y con la avenida Principal (S1-20). Esto se debe a la semaforización ineficiente que se encuentra en dichas intersecciones donde se puede girar, pero no se tiene un semáforo específico con tiempo designado o un carril de giro para aminorar el peligro generando choques como se muestra en la **Figura 4.8**. Además, existe un gran volumen de vehículos que circulan por la vía intersecada lo que aumenta la probabilidad de accidentes.

En el sentido 2, de la avenida Aviación hacia la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes, las secciones que presentan más riesgo son las intersecciones de la avenida Angamos Este con la avenida José Gálvez Barrenechea (S2-08 a S2-10), el cruce con la avenida Tomás Marsano (S2-13) y el cruce con la avenida República de Panamá (S2-20) . Esto es principalmente por el volumen de carros que transitan en la vía contraria y el choque más probable ocurre justo en la

intersección. Esto se debe a que, igual que en el sentido 1, no existe semaforización adecuada ni carril específico para giro.



**Figura 4.7: Mapa de riesgo para ocupante del vehículo (Fuente: Propia)**



**Figura 4.8: Semaforización en la intersección de la avenida Angamos Este con la avenida Principal (Fuente: Propia)**

Se tiene que considerar que en el sentido 2 existe una vía auxiliar o vía de servicio por lo cual el riesgo se disipa al no tener ingresos directo a estacionamientos y solo se debe considerar los paraderos de bus que se encuentran a lo largo de la vía principal.

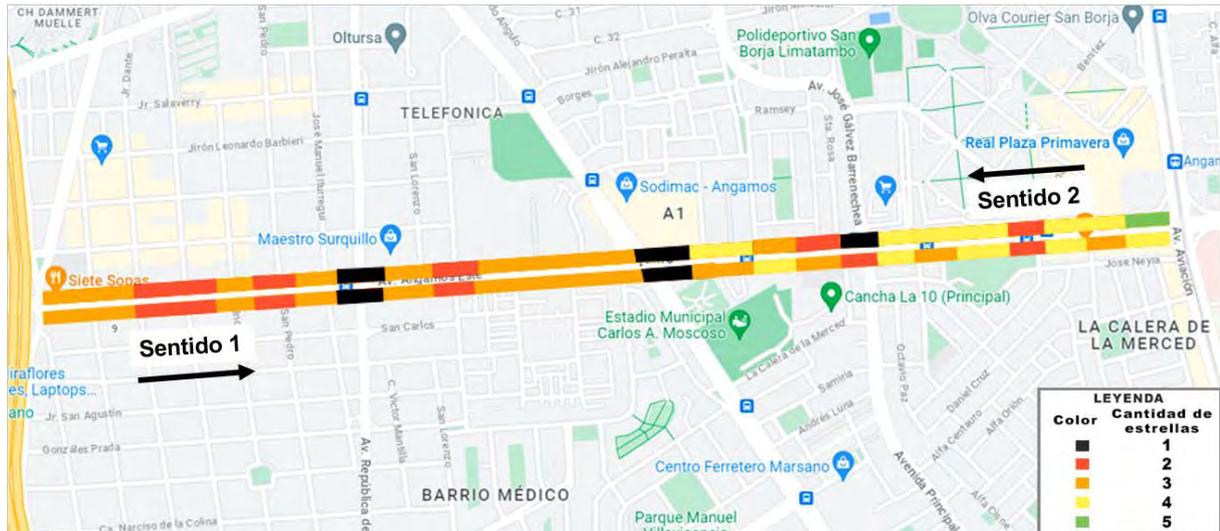
Del análisis se puede observar principal diferencia que existe entre las secciones con 2 estrellas y las de 3 estrellas es la existencia de los postes con estructura de concreto de más de 10 cm de diámetro como se muestra en la **Figura 4.9**. En caso de un descarrilamiento, el vehículo puede impactar la estructura provocando un accidente fatal a velocidades altas. En las secciones con 2 estrellas, entre las avenidas José Gálvez Barrenechea y Aviación, donde se cuenta con una protección de vallas metálicas, estas soportan el impacto por lo que el riesgo se ve reducido,



**Figura 4.9: Objetos cercanos al lado del conductor (Fuente: Propia)**

#### **4.2.4. Mapa de riesgo para motociclistas**

La **Figura 4.10** muestra el mapa de riesgo realizado para los usuarios de motocicletas. En este caso se obtuvo que gran parte de las secciones evaluadas en ambos sentidos son de 3 estrellas a lo largo de todo el tramo evaluado. En este caso se debe considerar que no existe ninguna vía especialmente destinada a las motocicletas por lo que se debe compartir con los vehículos lo cual genera que se encuentren en mayor riesgo especialmente en las intersecciones donde se puede dificultar la visibilidad.



**Figura 4.10: Mapa de riesgo para motociclista (Fuente: Propia)**

En ambos sentidos existe entre 2 y 3 secciones clasificadas con 1 estrella, especialmente en los cruces con las avenidas República de Panamá, Tomás Marsano y José Gálvez Barrenechea o su continuación la avenida Principal. Si tomamos como división la avenida Tomás Marsano, se puede ver que hacia el este existe mayor cantidad de secciones con 4 estrellas en comparación al otro tramo, esto se debe a que al existir una vía auxiliar en ambos sentidos existe menos riesgo de accidentes para las motocicletas ya que pueden transitar por dicha vía.

Los problemas en las motocicletas son los mismos que los de ocupante del vehículo, esto se debe a que transitan por la misma vía al no contar con infraestructura específica para este tipo de usuario como se muestra en la **Figura 4.11**. Entre los tipos de choques más probables a ocurrir, según los resultados de ViDA-iRAP, son los accidentes en las intersecciones y la salida del camino tanto al lado del copiloto como al lado del conductor



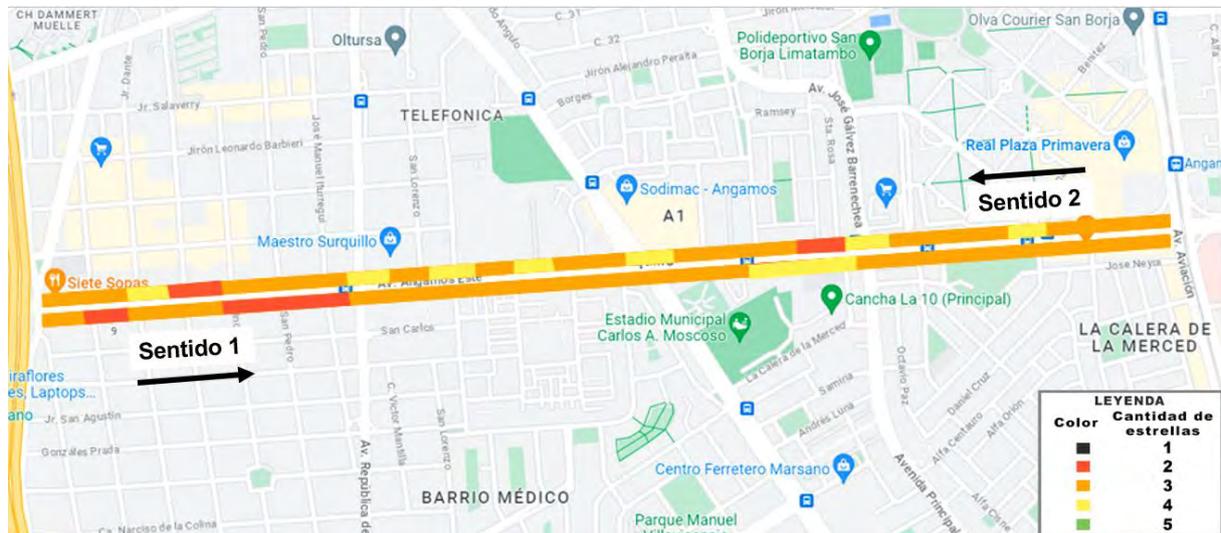
**Figura 4.11: Motocicletas circulando por la misma calzada que automóviles (Fuente: Propia)**

#### **4.2.5. Mapa de riesgo para el peatón**

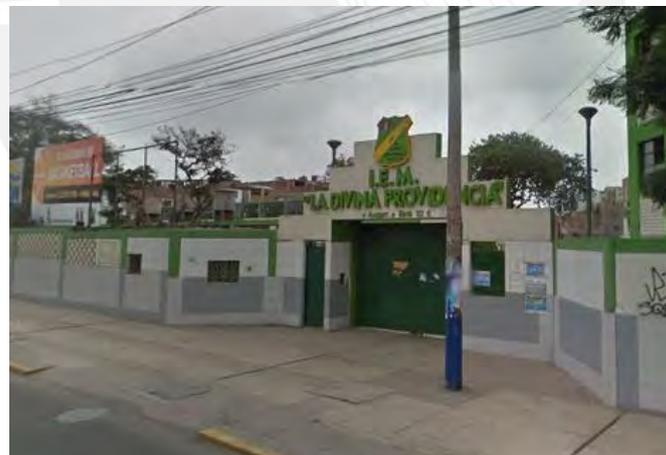
El mapa de riesgo que se obtuvo de los resultados de peatones se muestra en la **Figura 4.12**. Al igual que en el caso del ocupante del vehículo y motociclistas, la mayoría de los tramos se encuentra entre 2 y 4 estrellas. Se puede observar que en el sentido 2 se tienen más tramos con 4 estrellas en comparación al sentido contrario, esto se debe a la existencia de la vía auxiliar lo cual protegería al peatón en caso de que alguno de los otros 2 usuarios mencionados anteriormente se salga del carril.

En la mayoría de los usuarios mencionados no se ven tramos con 1 estrella y esto es debido a que la velocidad máxima según el reglamento de tránsito peruano en avenidas es 50 km/h reduciendo la peligrosidad de las vías especialmente para los peatones, ya que reduciría la probabilidad de accidentes fatales. A lo largo de la evaluación se encuentran 2 colegios, como se muestra en la **Figura 4.13**, y un pequeño hospital, el Hospital de la Solidaridad, debido a que tienen cruces demarcados no se presenta alta peligrosidad para los peatones en dichas zonas.

A pesar de que en algunas zonas existe vallas para la restricción de cruce de los peatones de un lado de la vía al otro, estos no se respetan como se hizo mención en la sección 4.1 de recolección de datos.



**Figura 4.12: Mapa de riesgo para peatones (Fuente: Propia)**

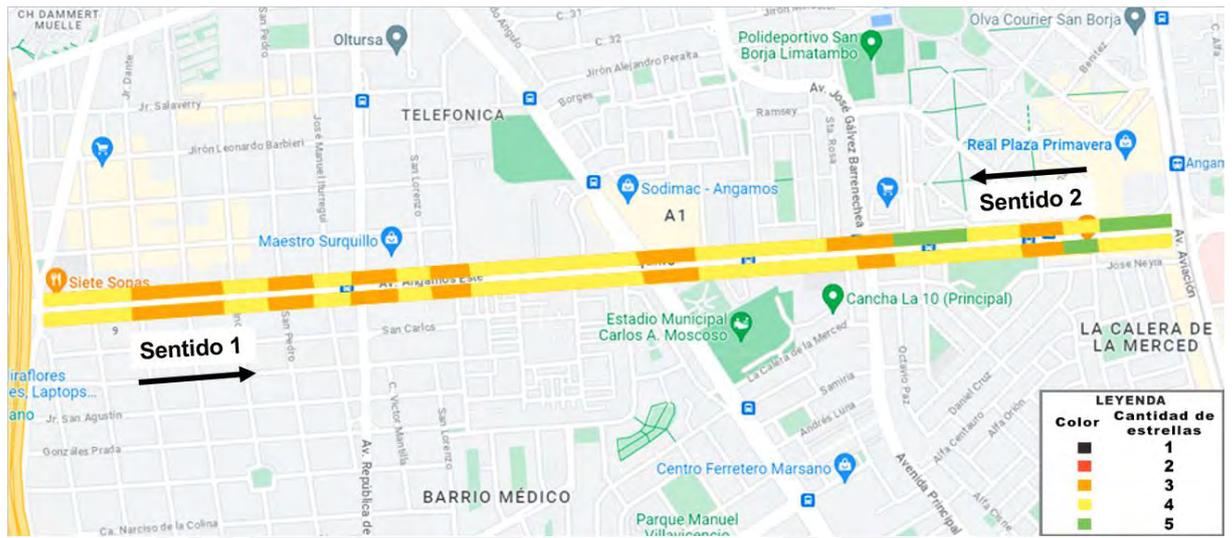


**Figura 4.13: La Divina Providencia en el Sentido 1. (Fuente: Propia)**

Las secciones más peligrosas de 2 estrellas, las secciones rojas, son porque existen paraderos e intersecciones las cuales generan mayor posibilidad de que exista algún accidente donde la víctima serían los peatones.

#### 4.2.6. Mapa de riesgo para ciclista

Por último, la **Figura 4.14** muestra el mapa de riesgos para ciclistas en el tramo de la avenida Angamos Este inspeccionado. En esta figura se puede observar que predominan las secciones de 2 y 3 estrellas en ambos sentidos. Además, a diferencia de los demás mapas de riesgo se puede observar algunos tramos verdes con 5 estrellas.



**Figura 4.14: Mapa de riesgo para ciclistas (Fuente: Propia)**

En ninguno de los dos sentidos se cuenta con ciclovía en la vía principal por lo que las personas que utilicen bicicletas deben transitar por la misma calzada de los automóviles y las motocicletas, aumentando el riesgo presente. Al no tener una vía específica por donde transitar, los ciclistas se desplazan aleatoriamente como lo mostrado en la **Figura 4.15** donde el ciclista ingresó al lado del carril contrario con la finalidad de poder voltear hacia la izquierda, sin considerar que un carro podría chocarlo frontalmente.

En el caso de los ciclistas, ellos pueden hacer uso de las vías auxiliares para trasladarse por lo cual el riesgo disminuye considerablemente. Además, en comparación a años anteriores, entre el 2020 y 2022, se observa menos ciclistas por lo cual el flujo es menor mejorando la clasificación por estrellas.



**Figura 4.15: Ciclista en la intersección de la avenida Angamos Este con la avenida Principal (Fuente: Propia)**

#### 4.2.7. Posibles escenarios en caso de choques

A partir del programa ViDA-iRAP, además de la clasificación por estrellas mostrada en el inciso anterior, da como resultado los posibles tipos de choques que hay más probabilidad que ocurran entre los mostrados en la **Tabla 2.2** . Este tipo de resultado se presenta en forma de barras dentro del programa como se muestra en la **Figura 4.16**.

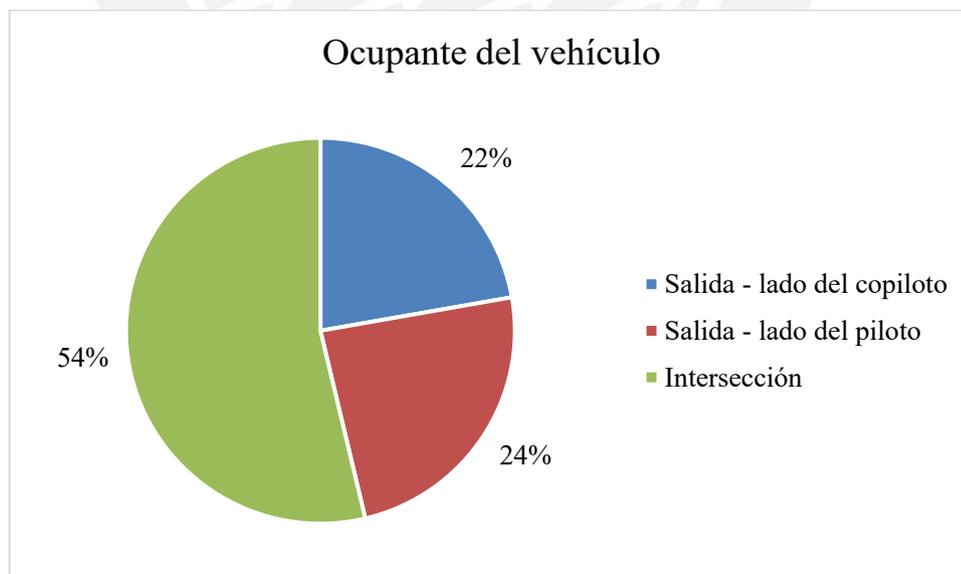


**Figura 4.16: Tipos de accidentes en la sección 03 del sentido 1 (Fuente: Propia)**

Para poder mostrar cuales son los tipos de choque más probables por cada tipo de usuario se realizó un gráfico para cada uno de ellos donde se ingresó el choque más probable en cada sección y se obtuvo finalmente el porcentaje de que ocurra cada uno de los accidentes.

#### 4.2.8. Accidentes relacionados a los ocupantes del vehículo

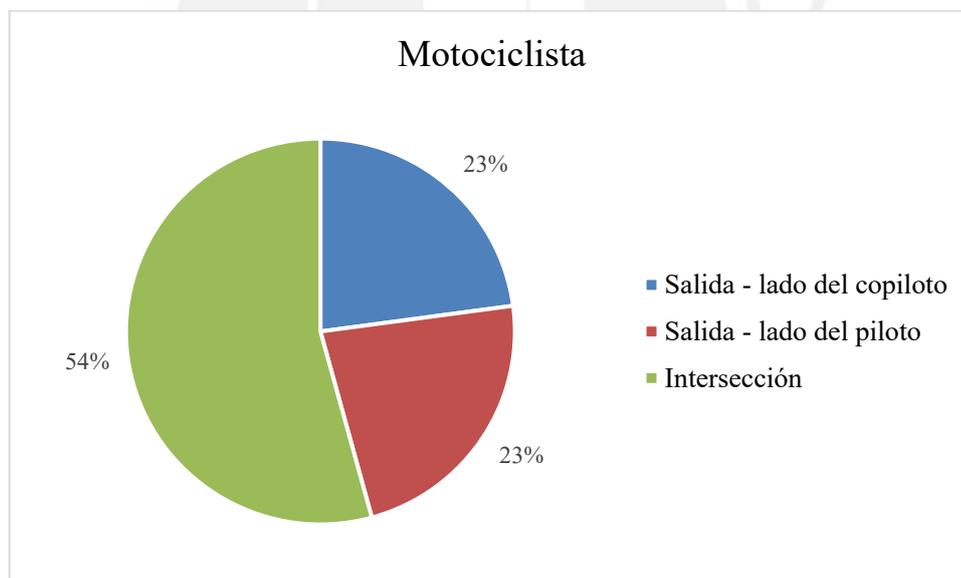
Para el caso de los ocupantes del vehículo se obtuvo el gráfico mostrado en la **Figura 4.17**, donde se puede observar que más del 50% de posibles choques que pueden ocurrir son en las intersecciones. Esto se puede relacionar con el mapa de riesgo del mismo tipo de usuario donde se muestra en estos cruces la clasificación es entre 2 y 3 estrellas representando más peligro en dichas secciones. Esto se debe a la deficiencia en los semáforos que no cuentan con la señalización adecuada al momento de girar. En segundo lugar, se encuentran los accidentes por salida del camino tanto por el lado del copiloto como del lado del piloto, que también se ven presentes por los objetos como postes y árboles que se encuentran en los laterales de la vía.



**Figura 4.17: Posibles choques relacionados a los ocupantes del vehículo (Fuente: Propia)**

#### 4.2.9. Accidentes relacionados a las motocicletas

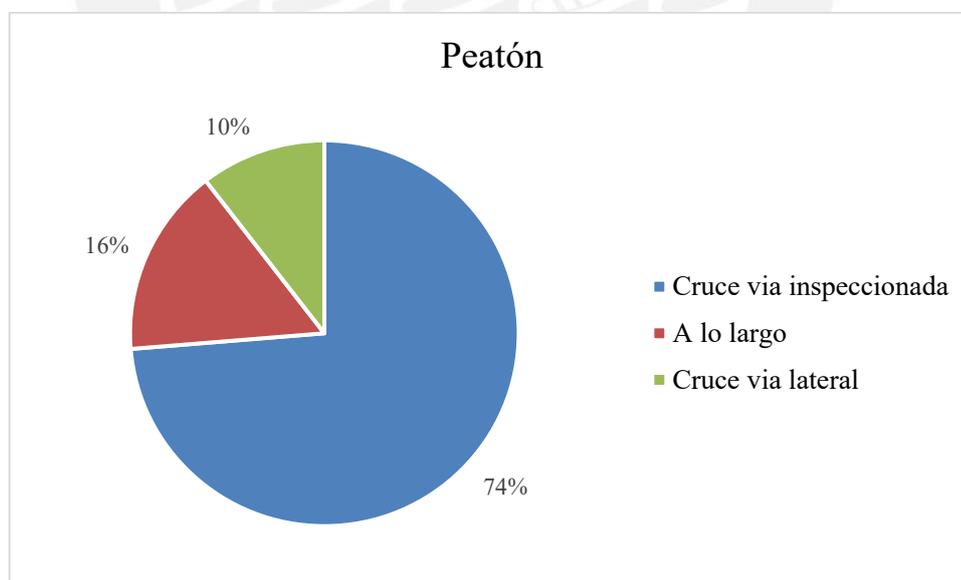
Del análisis de los resultados de los usuarios de motocicletas, se obtuvo los resultados mostrados en el gráfico de la **Figura 4.18**. Se puede observar que este presenta los mismos valores que el caso de los ocupantes del vehículo. Esto ocurre debido a que utilizan la misma vía para transitar por lo que cuentan con los mismos atributos en la infraestructura vial que los automóviles. La gran diferencia radica en que un choque para un motociclista podría resultar en un accidente más grave que si la persona se encuentra dentro de un vehículo. Debido a esto, si bien los valores son iguales, el impacto en los usuarios con motocicletas es mayor. Además, en el mapa de riesgo de este usuario se puede ver que las intersecciones presentan clasificación de 1 estrella lo cual aumenta la probabilidad de riesgo en caso de un accidente.



**Figura 4.18: Posibles choques relacionados a los motociclistas (Fuente: Propia)**

#### 4.2.10. Accidentes relacionados a los peatones

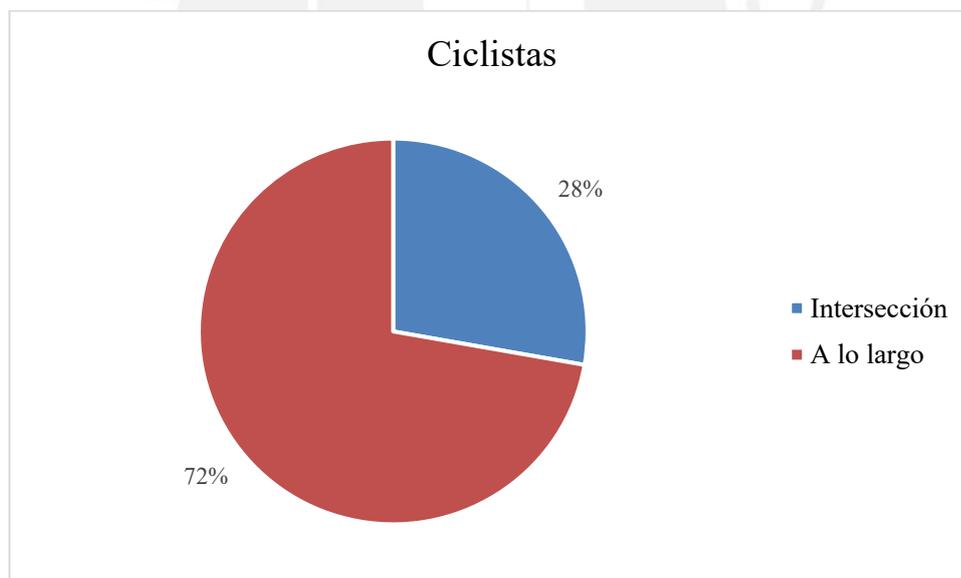
En el caso de accidentes de peatones no se puede evaluar los posibles accidentes que puede generar el peatón, pero si los escenarios donde este puede resultar en fatalidad. En el gráfico mostrado en la **Figura 4.19** se muestra los accidentes más probables que son cuando la persona cruza la vía y cuando se encuentra caminando a lo largo ya sea en el lado del conductor o del copiloto. Según los resultados obtenidos de ViDA-iRAP, cruzando la vía inspeccionada es donde existe mayor probabilidad de que existan accidentes. Esto se debe a que los cruces no se cuentan con la infraestructura adecuada, incluso en algunos casos no se cuenta con ningún tipo de señalización ni pintura. Por otro lado, a lo largo de la vía también existen accidentes dado que existe personas caminando a ambos lados de las vías incluso cuando no se cuenta con vereda y solo está la mediana. Asimismo, se debe aclarar que en un tramo existe vallas para evitar que las personas crucen, pero optan por esquivarlas para poder seguir con su camino.



**Figura 4.19: Posibles choques relacionados a los peatones (Fuente: Propia)**

#### 4.2.11. Accidentes relacionados a los ciclistas

En el caso de los ciclistas, los resultados obtenidos de la inspección muestran dos tipos de choques importantes como se presenta en el gráfico de la **Figura 4.20** que son accidentes en intersecciones y a lo largo de la vía. Se debe resaltar que no se cuenta con ningún tipo de infraestructura vial para ciclistas a lo largo de toda la vía seleccionada lo cual influye significativamente en los accidentes que pueden ocurrir. Además, se debe considerar que el impacto generado por un choque en el ciclista es mucho mayor respecto al de un ocupante de un vehículo o uno en motocicleta. Esto es por la protección que significa el chasis y otros implementos de seguridad como son los cinturones de seguridad y los mecanismos de desfogue de energía con la que cuentan los vehículos.



**Figura 4.20: Posibles choques para los ciclistas (Fuente: Propia)**

En primer lugar, se encuentran los accidentes a lo largo de la vía. Como se mencionó anteriormente, no existen ciclovías por lo que los ciclistas deben desplazarse por la misma calzada que los vehículos y motocicletas. Esto representa un riesgo alto para este tipo de usuario

considerando la velocidad de uso (50 km/h a 60 km/h) y el flujo que representan los automóviles, buses y camiones respecto a los ciclistas.

En segundo lugar, los accidentes en las intersecciones se deben a que no existe un carril de giro específico para los ciclistas, por lo tanto, para poder girar estos pueden chocar con algún otro vehículo generando accidentes. En algunas secciones de la vía inspeccionada se encuentran vías auxiliares por donde los ciclistas pueden circular reduciendo su riesgo de sufrir un accidente, pero en el caso de las intersecciones se ponen en riesgo porque tienen que cruzar entre 6 y 8 carriles dependiendo de en que parte de la avenida Angamos se encuentren.

#### **4.2.12. Contramedidas recomendadas**

Por los resultados obtenidos, se puede observar que el tramo seleccionado es medianamente peligroso con un promedio de clasificación de 3 estrellas con secciones de mayor peligrosidad con 1 o 2 estrellas. Según lo propuesto por iRAP en conjunto con la ONU, se debería llegar a un estándar mínimo de 3 estrellas en todas las secciones para evitar la mayor cantidad de accidentes fatales. Entonces, lo que se busca es un plan de contramedidas para llegar a este objetivo propuesto mediante la disminución del puntaje y aumento de estrellas.

Para proponer contramedidas que se podrían implementar en la zona de estudio, se consideró estudios previos realizados en países de Latinoamérica en el 2009, en especial en Perú, Chile y Costa Rica. En estos informes se evaluaron vías urbanas y carreteras y los resultados obtenidos de la clasificación por estrellas fueron similares a los de este estudio, entre 1 y 3 estrellas en las vías urbanas.

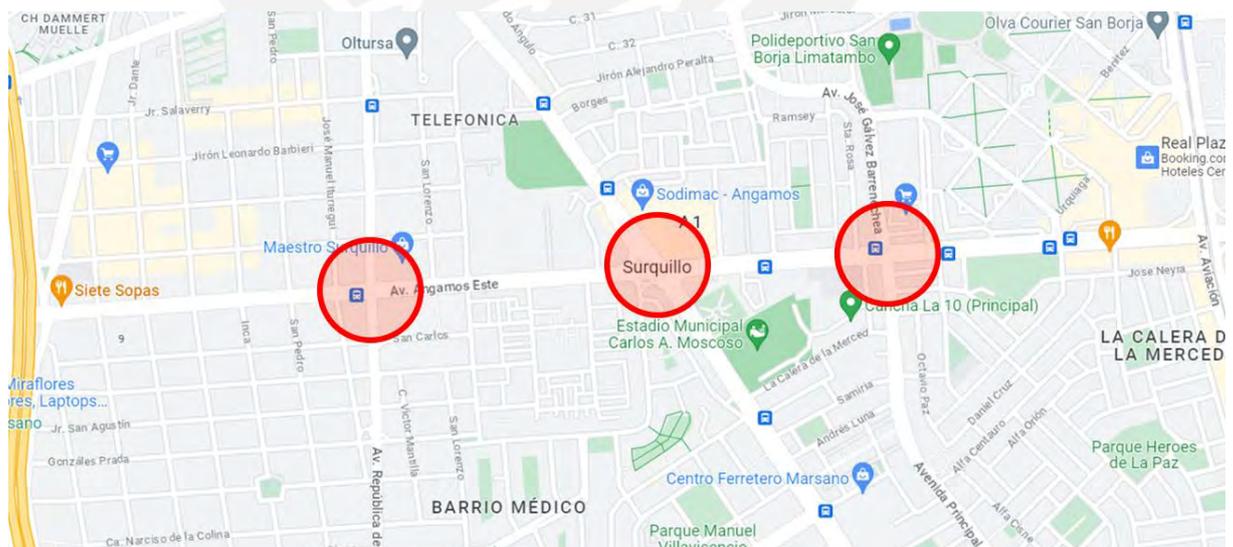
Las contramedidas que existen son diversas, pero depende de la situación en la cual se encuentre cada tramo evaluado. Por ejemplo, no se puede ampliar el ancho del carril, a pesar de ser mediano en todo el tramo evaluado, porque el área lateral ya es comercial y no existe espacio para ser utilizado. El costo de mejora es alto y no se está considerando mover los

comercios o residencias ya que tomaría demasiado tiempo y crearía problemas con los propietarios de los predios. Otra contramedida que no sería eficiente dada la realidad evaluada sería crear una vía exclusiva para los motociclistas porque el porcentaje de motocicletas encontradas a lo largo de la evaluación no lo amerita (10-20%). Además, al igual que en el caso anterior, no se cuenta con espacio suficiente para aumentar una vía y el flujo de carros es alto como para reducir carriles.

En el caso de la avenida Angamos Este, las contramedidas propuestas son las siguientes:

- **Mejora de las intersecciones**

De los gráficos de accidentes y de los mapas de riesgo, se puede observar que se encuentra mayor peligro en las intersecciones, en especial en los cruces con la avenida República de Panamá (círculo de la izquierda), la avenida Tomás Marsano (círculo del medio) y la avenida José Gálvez Barrenechea y su continuación la avenida Principal (círculo de la derecha) como se muestra en la **Figura 4.21**.



**Figura 4.21: Cruces peligrosos (Adaptado de Google Maps, 2023)**

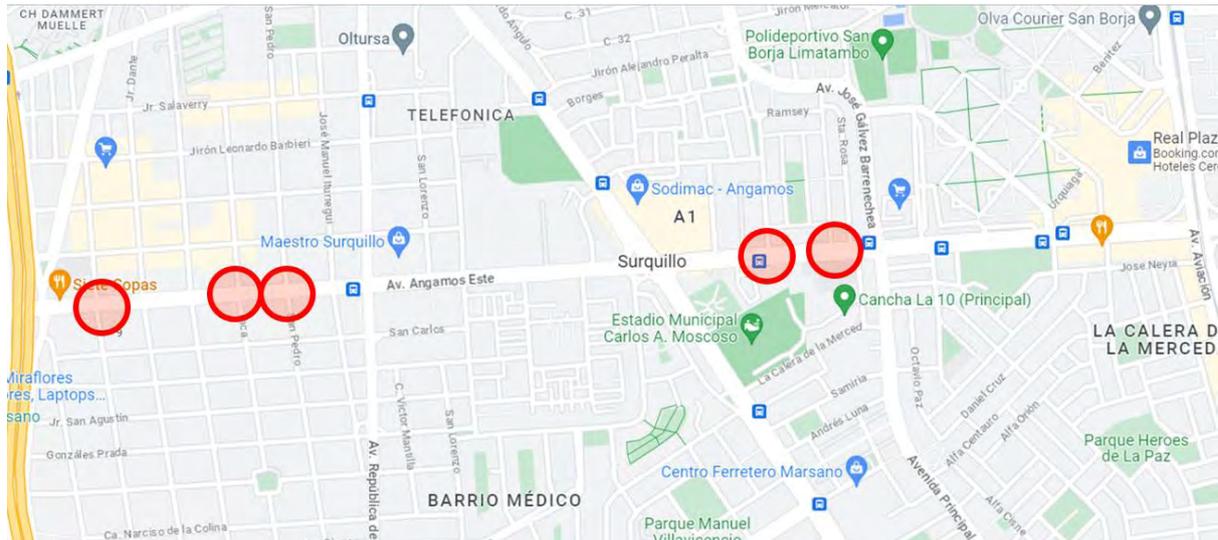
Para mejorar la seguridad en esta vía se recomiendan cambiar la semaforización en todas las ramas de las intersecciones mediante dos modificaciones. En primer lugar, aumentar una luz debajo de la luz verde destinada para los giros evitando que se congestione en plena intersección y evitando confusiones que podrían crear accidentes al cambiar de vía. Esto ayudaría a los peatones al momento de cruzar y a los vehículos, motocicletas y bicicletas cuando transitan por la calzada. Además, en algún momento cuando se vea aumento en el flujo de ciclistas como una constante se debería incluir un semáforo destinado para el cruce de los ciclistas en las intersecciones.

La mejora de las intersecciones disminuirá el puntaje para el ocupante del vehículo, motocicleta, ciclista y peatón.

- **Gestión de la velocidad**

Durante la inspección se encontró puntos en los cuales existen cruces peatonales no señalizados con y sin refugio, pero la mayoría de estos no contaban con ningún tipo de tranquilizador de tránsito poniendo en peligro la vida de los peatones, estos son señalados en la **Figura 4.22**. En estos puntos se recomienda poner un rompemuelleres u otro tipo de tranquilizador para que los vehículos puedan disminuir su velocidad sin la necesidad de colocar semáforos ya que el flujo de personas no es constante.

Esta mejora disminuirá el puntaje del ocupante del vehículo, motocicleta, peatón y ciclista pudiendo aumentar la clasificación.



**Figura 4.22: Cruces sin tranquilizador o señalización (Adaptado de Google Maps, 2023)**

- **Condición de la vía**

Como se mencionó en la observación, se logró ver que existen defectos en la vía debido al paso del tiempo y la falta de mantenimiento de parte de las municipalidades. Entre estos defectos se encontró baches, pérdida de agarre ante el deslizamiento y desgaste del pavimento especialmente en los laterales. Para este problema, se recomienda hacer un mantenimiento para reparar los defectos y que se realicen periódicamente con la finalidad de conservar sus características con el paso de los vehículos.

Mejorando la calidad de la vía, disminuirá el puntaje para los 4 tipos de usuario presentes en la vía.

- **Delineación**

La falta de delineación fue una constante a lo largo de todo el tramo inspeccionado en ambos sentidos. Al no existir, o no notarse en especial en la noche, se genera caos y desorden porque los vehículos que transitan por la calzada

no saben la distribución de carriles ni donde comienza los cruces peatonales. Debido a esto, se necesita delimitar todos los aspectos necesarios como son los cruces peatonales tipo cebra en el pavimento, las líneas divisoras de carril y de berma, y las flechas donde indica si se puede girar o no. Con la ayuda de esta delineación realizada adecuadamente, se puede mejorar la seguridad de la vía aumentando la calidad de la infraestructura vial.

De la misma manera que las contramedidas anteriores, esta disminuirá el puntaje para los 4 usuarios

- **Cruces peatonales**

Si bien las intersecciones principales con las avenidas principales (República de Panamá, Tomás Marsano, José Gálvez Barrenechea, Aviación) cuentan con señalización adecuada respecto a semáforos y cruce tipo cebra; las intersecciones secundarias con las calles más pequeñas como Daniel Alcides Carrión o la avenida Miguel Iglesias no cuentan con ningún tipo de señalización. Estos cruces no son tan concurridos como los mencionados anteriormente por lo que no es necesario colocar semáforos, pero, si debiese existir señales para que los peatones sepan donde se ubiquen y no estén cruzando aleatoriamente por cualquier punto y los conductores sepan donde parar. Las señales recomendadas son la delineación de los cruces tipo cebra sobre el pavimento y señalética referida al cruce de peatones como se muestra en la **Figura 4.23**.

Al colocar esta señalización donde se ubican los cruces peatonales, se disminuirá el puntaje para los peatones volviendo la vía más segura para este usuario vulnerable.



**Figura 4.23: Señalética de cruce peatonal (Fuente: mtc.gob.pe)**

- **Cercas de protección para los peatones**

Una forma de evitar el comportamiento aleatorio de los peatones es colocando objetos de protección a lo largo del camino, de esta manera, las personas se ven obligadas a ir hasta los cruces peatonales señalizados. Una forma de realizar esto es mediante el uso de vallas metálicas. Se recomienda este tipo de objeto debido a que algunas secciones del tramo inspeccionado ya cuentan con estos como se observa en la **Figura 4.24**.

Si bien no se evitará que todas las personas no crucen por cualquier punto de la calzada, la cantidad de personas que tengan este comportamiento disminuirá e incentivará a utilizar los puntos destinados a eso (Retting, Ferguson y McCartt, 2003). Esto se debe ir evaluando con el tiempo porque podría pasar que los peatones, por utilizar una vía más directa, corten las vallas o salten sobre ellas (OMS, 2013).

Esta contramedida disminuiría el puntaje en los peatones aumentando la seguridad.



**Figura 4.24: Vallas peatonales utilizados en la avenida Angamos Este (Fuente: Propia)**

- **Ciclovía**

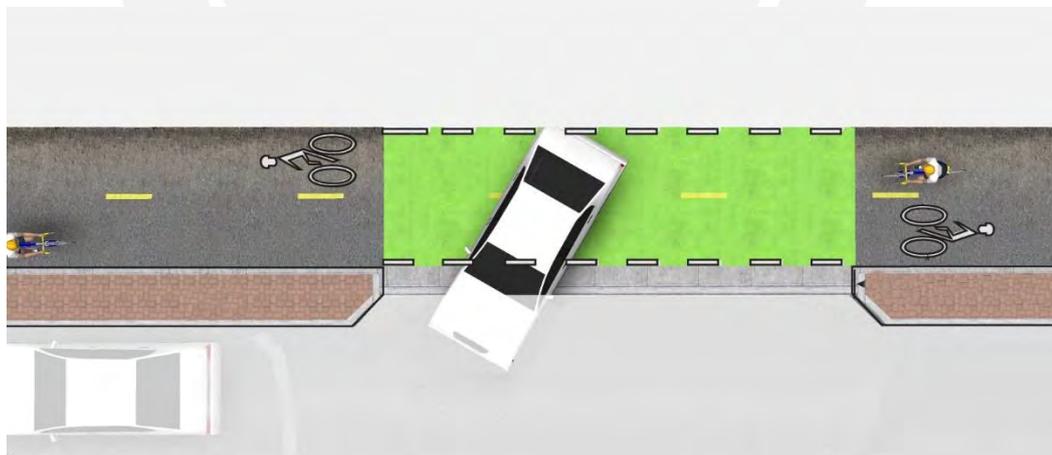
Durante la inspección de la vía se observó que las bicicletas usaban el carril de la derecha en ambos sentidos. Esto ocasionaba que los vehículos tengan que ir hacia la izquierda para poder esquivarlos creando la posibilidad de que exista un choque entre vehículos o algún accidente donde el afectado sea el ciclista. Si bien en la calzada principal existen 3 carriles los cuales se mantienen congestionados durante gran parte del día, al costado de la avenida Angamos Este en sentido de la avenida Aviación hacia Tomás Marsano, existe una vía auxiliar con 2 carriles como se puede ver en la **Figura 4.25**. Esta vía es poco transitada por los automóviles y prohibida para buses, la utilizan en su mayoría para acceder a las pequeñas tiendas y residencias que existen.

Debido a su poco uso y que esta vía existe a lo largo de todo el tramo evaluado, una contramedida eficaz, sería colocar un carril como ciclovía de ambos sentidos y dejar el otro carril para el tránsito de vehículos.



**Figura 4.25: Vía auxiliar a la avenida Angamos Este (Fuente: Google Maps, 2020)**

Para el diseño de la ciclovía se podría ver como la **Figura 4.26** y obtenido del manual para ciclovías urbana de la NACTO y con las especificaciones vigentes en Perú según el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista hecho por la Municipalidad de Lima, en la cual especifica que el ancho mínimo de la ciclovía de 2 sentidos debe ser 2.80 metros.



**Figura 4.26: Ciclovía de dos sentidos con carril auxiliar (Adaptado de NACTO, 2011)**

Con esta implementación, el usuario que disminuiría su puntaje es el ciclista incrementando la seguridad mas no tendría efecto en los otros tipos de usuarios.

- **Delimitación de zona escolar**

A lo largo del tramo inspeccionado se encontraron 2 colegios: I.E. La Divina Providencia y el Colegio Nuestra Señora de Lourdes como se muestra en la **Figura 4.27** en el sentido 1 de la zona de estudio. A pesar de ser zona escolar, no existe ningún tipo de señalización que lo indique en la calzada pudiendo crear un accidente fatal con algún niño o adolescente al no tener cuidado al cruzar.



**Figura 4.27: Ubicación de colegios (Adaptado de Google Maps, 2023)**

Para evitar este tipo de situaciones, se recomienda colocar marcas en el pavimento como se muestra en la **Figura 4.28** y tener señalización según la norma del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) como se puede ver en la **Figura 4.29**.

Mediante el uso de estas mejoras, además de incluir un guardia que pueda asegurar el bienestar de los alumnos a la hora de entrada y salida del colegio, se puede disminuir el puntaje de los peatones creando un ambiente más seguro para los escolares.



**Figura 4.28: Delineación de Zona Escolar (Fuente: Nitro, 2014)**



**Figura 4.29: Señalética de zona escolar (Fuente: mtc.gob.pe)**

La **Tabla 4.5** presenta un cuadro resumen de las contramedidas y a qué tipo de usuarios le disminuirá el puntaje para que sea considerada una vía más segura a la que existe actualmente. Esto es válido respecto a la evaluación hecha durante el periodo de tiempo del 2023, si luego se realizaran cambios en el tramo inspeccionado, las contramedidas pueden cambiar junto con todos los resultados ya presentados

**Tabla 4.5: Resumen de contramedidas (Fuente: Propia)**

| Contramedida             | Usuarios             |              |        |          |
|--------------------------|----------------------|--------------|--------|----------|
|                          | Ocupante de vehículo | Motociclista | Peatón | Ciclista |
| Mejora de intersecciones | SI                   | SI           | SI     | SI       |
| Gestión de la velocidad  | SI                   | SI           | SI     | SI       |
| Condición de la vía      | SI                   | SI           | SI     | SI       |
| Delineación              | SI                   | SI           | SI     | SI       |
| Cruces peatonales        | NO                   | NO           | SI     | NO       |
| Cerca de protección      | NO                   | NO           | SI     | NO       |
| Ciclovía                 | NO                   | NO           | NO     | SI       |
| Zona Escolar             | NO                   | NO           | SI     | NO       |



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

El primer objetivo de la investigación fue evaluar si la metodología iRAP puede ser utilizado en el tramo de la avenida Angamos Este seleccionado. Luego de haber realizado la inspección, procesamiento de datos y resultados, se puede concluir sí se puede utilizar esta metodología para evaluar la seguridad del tramo seleccionado. Esto se debe a que la infraestructura vial existente sí es clasificable y no se encontró alguna otra característica en la zona de estudio que no esté incluida en los atributos a clasificar. Además, los tramos considerados más peligrosos, como son las intersecciones por el caos que existe, si son identificadas correctamente mediante la clasificación por estrellas y posteriormente por los mapas de riesgo de cada uno de los usuarios. No se encontró algún parámetro, respecto a la infraestructura vial, que no haya sido incluido en la clasificación

Si bien ya se había hecho un estudio corto acerca de la metodología iRAP en Perú en el 2009 con la versión 2 de la clasificación por estrellas, con esta investigación se pudo verificar que este programa de evaluación de carreteras es idóneo para la situación actual y también funciona con la versión 3 que se utilizó. Por lo tanto, la metodología iRAP, y todo lo que incluye como la clasificación por estrellas y mapas de riesgo, pueden utilizarse en el entorno urbano y rural, todo depende de la valoración que se le atribuya a cada una de las características.

El segundo objetivo de esta investigación fue examinar cuales eran los parámetros que tenían más influencia al momento de clasificar las secciones. Del procesamiento de datos para obtener los resultados y análisis de estos, se concluyó que los atributos que influyen más en la clasificación por estrellas, y por lo tanto en la seguridad de una vía, es el flujo y la velocidad y no la señalización y estado del pavimento como fue la hipótesis inicial. En primer lugar, el flujo es vital ya que, si no pasan suficientes vehículos por una vía, la probabilidad de que ocurra un accidente es baja. A medida que este aumenta, las posibilidades de choques aumentan

exponencialmente porque no solo existe un tipo de choque y se vuelve un escenario más complicado donde existen muchos resultados. Además, entran en el problema los diferentes tipos de usuario que pueden ser incluidos en algún accidente. Por ejemplo, si solo existen ciclistas en una vía, solo puede haber accidentes entre ellos; pero, si a este escenario le aumentamos vehículos, motocicletas y peatones, los choques que pueden existir entre diferentes usuarios se vuelve complejo y en ese momento, es donde la infraestructura vial que existe tiene un rol importante evitando que los usuarios más vulnerables se vean afectados.

En segundo lugar, la velocidad es otro parámetro con gran importancia al momento de realizar las evaluaciones. En países de ingresos medios, como el Perú, el riesgo de sufrir un accidente no está relacionado solo con los elementos físicos de la vía, sino por determinantes sociales donde entra el exceso de velocidad al conducir (PAHO, 2016). El rol que cumple la velocidad a la que manejan los conductores de automóviles, camiones y buses es importante dado que son los que pueden ocasionar los accidentes más fatales en comparación a los peatones y a los ciclistas. El diseño geométrico se diseña bajo una velocidad de diseño, la cual obedece a normas técnicas dependiendo el tipo de vía que se tendrá. Cuando las personas conducen a una velocidad mayor a esta, como ocurre en muchos casos en Lima, la seguridad que brinda la infraestructura vial hecha pierde valor. Por ejemplo, si diseñan una calzada dividida de dos sentidos, con una velocidad de 50 km/h y con una mediana de 3 metros, la probabilidad de que un conductor pierda el control y llegue a chocar a otro automóvil que va en el sentido contrario es baja; mientras que, si el conductor va manejando a 100 km/h en la misma vía diseñada para la mitad de velocidad, es posible que sí cruce la mediana por lo que se necesitaría un diseño diferente.

Existe un factor que no incluye en todo el programa de evaluación de carreteras, este es el comportamiento humano. Como se pudo observar en fotos del capítulo del caso práctico, existen conductas de los usuarios que no van acorde a la infraestructura existente; esto hace

referencia a los peatones cruzando por puntos aleatorios de la calzada o vehículos y motos no respetando la delineación de la calzada o semáforos. Este es un parámetro no considerado en la evaluación y que no se puede eliminar ya que no se puede predecir a la perfección el comportamiento de los humanos, por lo que se tiene que buscar mitigar estos comportamientos con la ayuda de elementos físicos.

El tercer objetivo de la investigación fue conocer si el tramo de la avenida Angamos Este inspeccionado puede ser considerado seguro respecto a los estándares que propone esta metodología. Según iRAP, una vía completamente segura cuenta con clasificación 5 estrellas, pero es un ideal poco posible en especial en países de ingresos medios o bajos; debido a esto se definió un punto medio, entre la ONU y iRAP, donde las vías de 3 estrellas ya eran lo suficientemente seguras como para evitar accidentes y era el objetivo del decenio de la seguridad vial (2011-2020). Respecto a este criterio, se concluye que el tramo de la avenida Angamos Este evaluado, es medianamente seguro para los tipos de usuarios, pero con secciones donde aun representan un peligro alto para todos los tipos de usuario. De la clasificación de estrellas y de los mapas de riesgo creados, se puede observar que no existe una uniformidad en los tramos y que, si bien algunos si llegan a la clasificación mínima de 3 estrellas, en las intersecciones es reducirá a 1 estrella volviendo al tramo inseguro, especialmente en las intersecciones.

La baja clasificación del tramo evaluado se ve influenciado principalmente por el flujo y la velocidad a la que manejan las personas, pero también por la infraestructura vial existente. Respecto a este último punto, la vía no se encontraba en estado óptimo debido a la falta de mantenimiento del pavimento y las delineaciones existentes. Asimismo, no existían elementos de protección para los peatones y ciclistas, por lo que un vehículo que pierde el control podría impactar fácilmente con uno de estos usuarios vulnerables generando un accidente fatal.

El cuarto y último objetivo que se planteó en esta investigación fue proponer contramedidas para mejorar la seguridad vial del tramo inspeccionado. De lo evaluado y el análisis de los resultados, se concluye que sí existe un plan de inversión con contramedidas que aumentan la seguridad vial de todos los usuarios. Dentro de este plan se incluye delineación adecuada, mantenimiento del pavimento, implementación de una ciclo vía por medio de un carril de una vía auxiliar, señalización y cambios en la semaforización en las intersecciones. Este plan de inversión para aumentar la seguridad de los usuarios puede variar dependiendo de cada persona y principalmente de los costos que estos generan a la municipalidad correspondiente. Para esto se debe hacer un análisis que determine la posibilidad económica de la entidad responsable del mantenimiento de las vías.

Existen muchas opciones para aumentar la seguridad en una vía, pero hay algunas que se deben eliminar desde el inicio. Por ejemplo, en una zona comercial como es la avenida Angamos Este, es demasiado costoso retirar las edificaciones existentes para construir calzadas más amplias con bermas y ancho del carril mayor por lo que estas opciones no son viables. También se debe considerar el flujo existente de un tipo de usuario. Otro ejemplo es si en una vía no transitan bicicletas, no tendría sentido colocar una ciclo vía y se debe priorizar a los otros usuarios existentes en la vía.

Todo plan de inversión se debe ir monitoreando con el tiempo para evaluar la efectividad de las medidas elegidas y buscar otras formas de aumentar la seguridad vial. Además, de este modo se va creando un registro que pueden servir en el futuro. Asimismo, se debe considerar a todos los tipos de usuarios y crear un plan que pueda servir en el presente, así como en el futuro considerando incrementos de algunos usuarios.

## 5.2. Recomendaciones

Para poder tener un resultado no focalizado, se debería realizar este estudio a lo largo de vías importantes en la ciudad de Lima con la finalidad de obtener los puntos donde se deberían producir más accidentes por la infraestructura vial y compararlos con la información existente de los lugares donde más accidentes ocurren. Cuando se logre hacer esto, se tendrá un mapa de riesgo completo por distritos y luego por ciudades, en el cual se pueda focalizar los lugares que requieren atención y nuevos diseños. Con esta información accesible, se puede ir implementando planes de inversión por tramos y medir el impacto que tienen en el país mediante evaluaciones periódicas. Mientras más información se vaya recolectando, no solo de la clasificación de las vías sino de los accidentes ocurridos, se puede ir formando una base de datos donde se puede contrastar el efecto que tuvieron las contramedidas y su nivel de eficacia.

Otra recomendación, sería evaluar la influencia que tiene, sobre el puntaje de cada sección luego de la evaluación, el comportamiento humano y lo aleatorio que este puede ser. A partir de esta información, se deberían crear factores de ajuste dependiendo de la realidad de cada ciudad o distrito existente ya que este puede ir variando, dependiendo de la educación vial existente por lugar. Lo más relevante que se pudo observar en este tramo respecto al comportamiento fue la forma aleatoria en la cual los peatones eligen cruzar por la mitad de una vía a pesar de tener cruces peatonales señalizados a unos metros, la manera en cómo los automóviles y buses paran a recoger y dejar pasajeros en cualquier parte de la vía, incluso donde hay señalización de “prohibido paradero”, y la falta de educación vial al no respetar la señalización en el pavimento y de los semáforos.

Algo que ayudaría a la realidad peruana, sería incorporar un parámetro que incluya los paraderos formales e informales que existen a lo largo de las diferentes calles existentes. En Perú existen los paraderos señalizados donde es correcto tomar un bus o taxi y paraderos no autorizados creados por los choferes y usuarios del servicio público. Esto se debería investigar

su relevancia respecto a la seguridad vial y cuál es la influencia que tiene. De esta manera se puede obtener resultados más acordes a la realidad en la que se transita.

Respecto a la investigación realizada, se debería analizar la factibilidad de construir una rotonda en el cruce de la avenida Angamos Este con la avenida José Gálvez Barrenechea o con Principal y cuál sería el efecto en el flujo de las vías. Esto es importante ya que son intersecciones donde existe una gran cantidad de vehículos, motocicletas, ciclistas y peatones generando desorden, en especial cuando buscan girar.

Otro plan que ayudaría a aumentar la seguridad vial y el transporte intermodal sería realizar una red de ciclovías con las calles aledañas al tramo de la avenida Angamos Este evaluada en esta investigación. A partir de la ciclovía recomendada como parte de las contramedidas, se podría generar una red amplia la cual conecte los diferentes medios de transporte que existen cerca como la estación Angamos de la Línea 1 del Metro de Lima hacia el lado de la avenida Aviación o hacia la estación Angamos del Metropolitano que se encuentra al otro extremo en la continuación de la avenida Angamos con sentido hacia la avenida Tomás Marsano.

## 6. REFERENCIAS

- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2020). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 31 de agosto de 2020*. Documentos de las Naciones Unidas. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N20/226/34/PDF/N2022634.pdf?OpenElement>
- Austrroads (2010). *Road safety engineering risk assessment: part 1: relationships between crash risk and the standards of geometric design elements*, AP-T146-10, Austrroads, Sydney, NSW
- Canal N. (2020). *Ambulancia que iba a atender emergencia impactó con vehículo en Surquillo*. Retrieved from <https://canaln.pe/actualidad/surquillo-ambulancia-que-iba-atender-emergencia-impacto-vehiculo-n414912>
- Defensoría del Pueblo. (2022). *Defensoría del Pueblo: Cifra de Accidentes de Tránsito en 2022 Alcanza Niveles registrados antes de la Pandemia*. Defensoría del Pueblo - Perú. <https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-cifra-de-accidentes-de-transito-en-2022-alcanza-niveles-registrados-antes-de-la-pandemia/>
- European Road Assessment Program (EuroRAP) (2017), *RAP Risk Mapping Design Specification*. Recuperado de: [irap.org](http://irap.org)
- European Road Safety Observatory (ERSO) (2018). *Safety Ratings 2018*. Disponible en: [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-safetyratings.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-safetyratings.pdf)
- Gehl, J. y Svarre, B. (2013). *How to study public life*. Washington, DC: Island Press
- Hatamzadeh, Y., Habibian, M., y Khodaii, A. (2019). *Walking mode choice across genders for purposes of work and shopping: A case study of an Iranian city*. *International Journal Of Sustainable Transportation*, 1-14. doi: 10.1080/15568318.2019.1570404
- Hernández, R., Fernández, C. and Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Hurtado, A., Serna, M. and Chavez, J., (2015). Aplicación de la metodología iRAP y el software ViDA-iRAP en un tramo de autopista en México. *Infraestructura Vial*, (29), pp.05-12.

International Road Assessment Program (iRAP) (2009a) *iRAP Peru Resultados 2009*.

International Road Assessment Program (iRAP) (2009b) *iRAP Chile Resultados 2009*.

International Road Assessment Program (iRAP) (2009c) *iRAP Peru Costa Rica 2009*.

International Road Assessment Program (iRAP) (2013a). *iRap Methodology Fact Sheet #2, Development History*. Basingstoke Hampshire, UK.

International Road Assessment Program (iRAP) (2013b). *iRap Methodology Fact Sheet #4, Crash types*. Basingstoke Hampshire, UK.

International Road Assessment Program (iRAP) (2013c). *iRap Methodology Fact Sheet #8, Smoothed Star Ratings*. Basingstoke Hampshire, UK.

International Road Assessment Program (iRAP) (2014). *Risk Maps Assessment February 2014*. Disponible en: <https://www.irap.org/2014/02/risk-maps/>

International Road Assessment Program (iRAP) (2015). *iRap Methodology Fact Sheet #7, Star Rating bands*. Basingstoke Hampshire, UK.

International Road Assessment Program (iRAP) (2017). *iRap Star Rating and Investment Plan Implementation Support Guide*. Basingstoke Hampshire, UK.

International Road Assessment Program (iRAP) (2018a). *Targets 3 & 4: What They Mean for Safer Roads Globally - iRAP*. [página web] iRAP. Available at: <https://www.irap.org/2018/04/targets-3-4-what-they-mean-for-safer-roads-globally/>

International Road Assessment Program (iRAP) (2018b). *iRAP Vision*.

International Road Assessment Program (iRAP) (2019a). *Manual de codificación iRAP versión 3.0*. Basingstoke Hampshire, UK.

International Road Assessment Program (iRAP) (2019b). *Introduction to iRAP video*. Publicado el 21 de mayo del 2019. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=Wd8Yq0nstnQ&feature=youtu.be>

International Road Assessment Program (iRAP) (2019c). *iRAP ayudará a evaluar y mejorar la seguridad vial en Perú*. Publicado el 17 de junio del 2019. Basingstoke Hampshire, UK.

International Road Assessment Program (iRAP) (2019d). *iRAP reaches a milestone – saving lives in 100 countries*. Publicado el 21 de julio del 2019. Disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=XNFfOupwPVM&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?v=XNFfOupwPVM&feature=emb_title)

La República. (2021). *Surquillo: Conductores Protagonizan accidente de tránsito*. Últimas Noticias del Perú y el Mundo en [larepublica.pe](http://larepublica.pe). <https://larepublica.pe/sociedad/2021/10/24/surquillo-conductores-protagonizan-accidente-de-transito-plcs>

McInerney R. y Fletcher M. (2013) Relationship between Star Ratings and crash cost per kilometer travelled: the Bruce Highway, Australia.

Ministerio de Transporte, Comunicaciones Vivienda y Construcción (MTC) (2016). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en las Calles y Carreteras*. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Dispositivos%20de%20Control%20del%20Transito%20FINALIZADO\\_24%20Mayo\\_2016.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Dispositivos%20de%20Control%20del%20Transito%20FINALIZADO_24%20Mayo_2016.pdf)

Naciones Unidas (NU). (s.f.). *Sustainable development goals: United Nations Development Programme*. UNDP. [https://www.undp.org/sustainable-development-goals/no-poverty?gclid=CjwKCAjwpuajBhBpEiwA\\_ZtfhaGwBShZ4WB6\\_DtY7kH9Ii2DmHyv-TJ1Fcj27I9tYCTWJXFAwbe9qRoCjqwQAvD\\_BwE](https://www.undp.org/sustainable-development-goals/no-poverty?gclid=CjwKCAjwpuajBhBpEiwA_ZtfhaGwBShZ4WB6_DtY7kH9Ii2DmHyv-TJ1Fcj27I9tYCTWJXFAwbe9qRoCjqwQAvD_BwE)

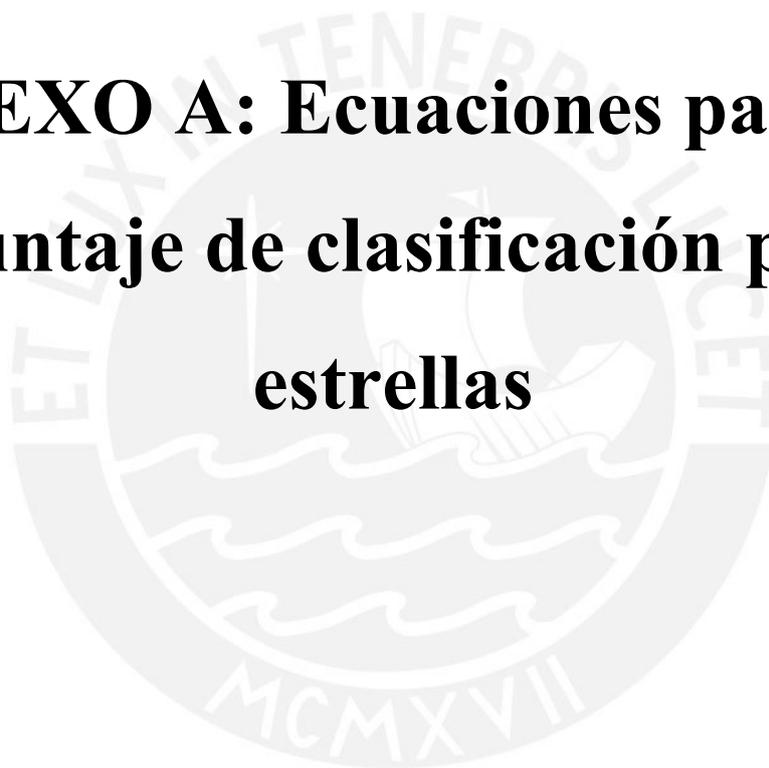
National Association of City Transportation Officials (NACTO) (2011) *Urban Bikeway Design Guide*. Disponible en: <https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/>

- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015). *La seguridad Vial en la región de las Américas*. Available at: [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/Road\\_Safety\\_PAHO\\_Spanish.pdf](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Road_Safety_PAHO_Spanish.pdf)
- Organización Mundial de la Salud (2018). *Global Status on road safety 2018*. Ginebra: OMS; 2018. Disponible en: <https://www.who.int/publications-detail/global-status-report-on-road-safety-2018>
- Organización Panamericana de la Salud (PAHO) (2016). *La seguridad Vial en la región de las Américas*. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/28565/9789275319123-spa.pdf?sequence=6>
- Organización Panamericana de la Salud (PAHO) (2019). *Estado de la seguridad vial en la Región de las Américas*. Washington, D.C.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2010). *Reporting on Serious Road Traffic Casualties*. Paris, Francia.
- Perú 21. (2019). *Motociclista herido tras choque provocado por conductor que se dio a la fuga en Surquillo*. Retrieved from <https://peru21.pe/lima/surquillo-motociclista-herido-choque-provocado-conductor-dio-fuga-nndc-498159-noticia/>
- Retting, R., Ferguson, S., & McCartt, A. (2003). A Review of Evidence-Based Traffic Engineering Measures Designed to Reduce Pedestrian–Motor Vehicle Crashes. *American Journal Of Public Health*, 93(9), 1456-1463. doi: 10.2105/ajph.93.9.1456
- World Health Organization. (2022). *Road traffic injuries*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

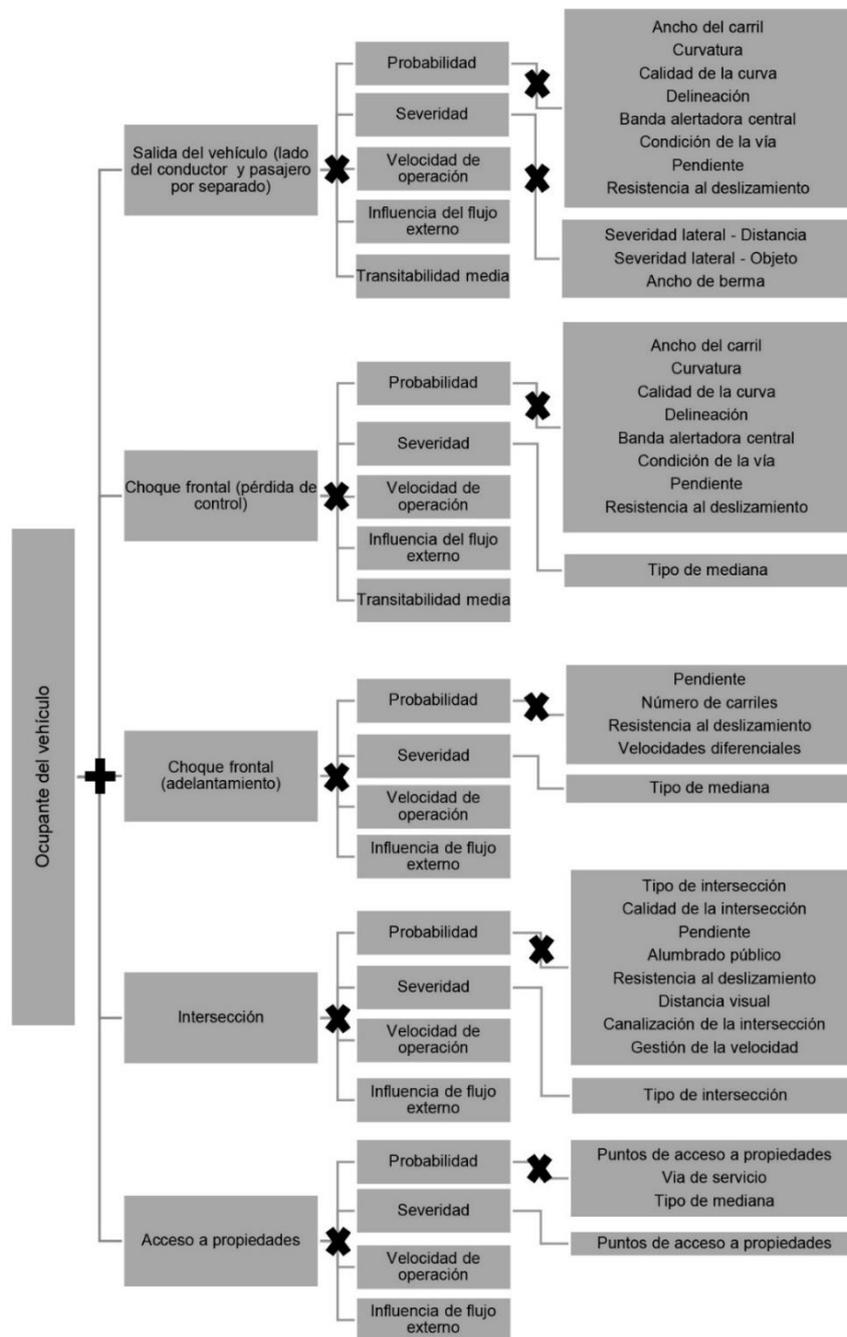


# **ANEXOS**

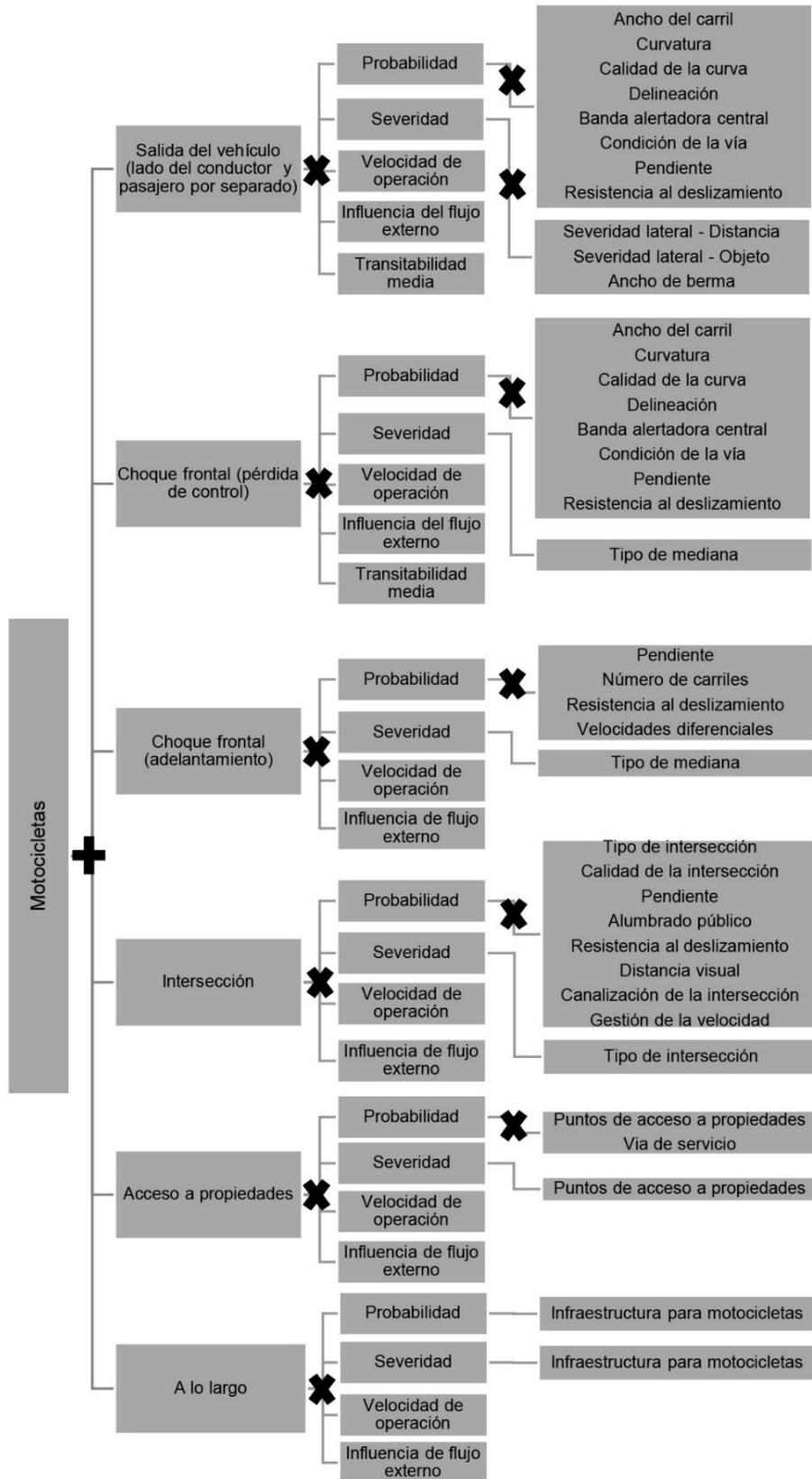
**ANEXO A: Ecuaciones para el  
puntaje de clasificación por  
estrellas**



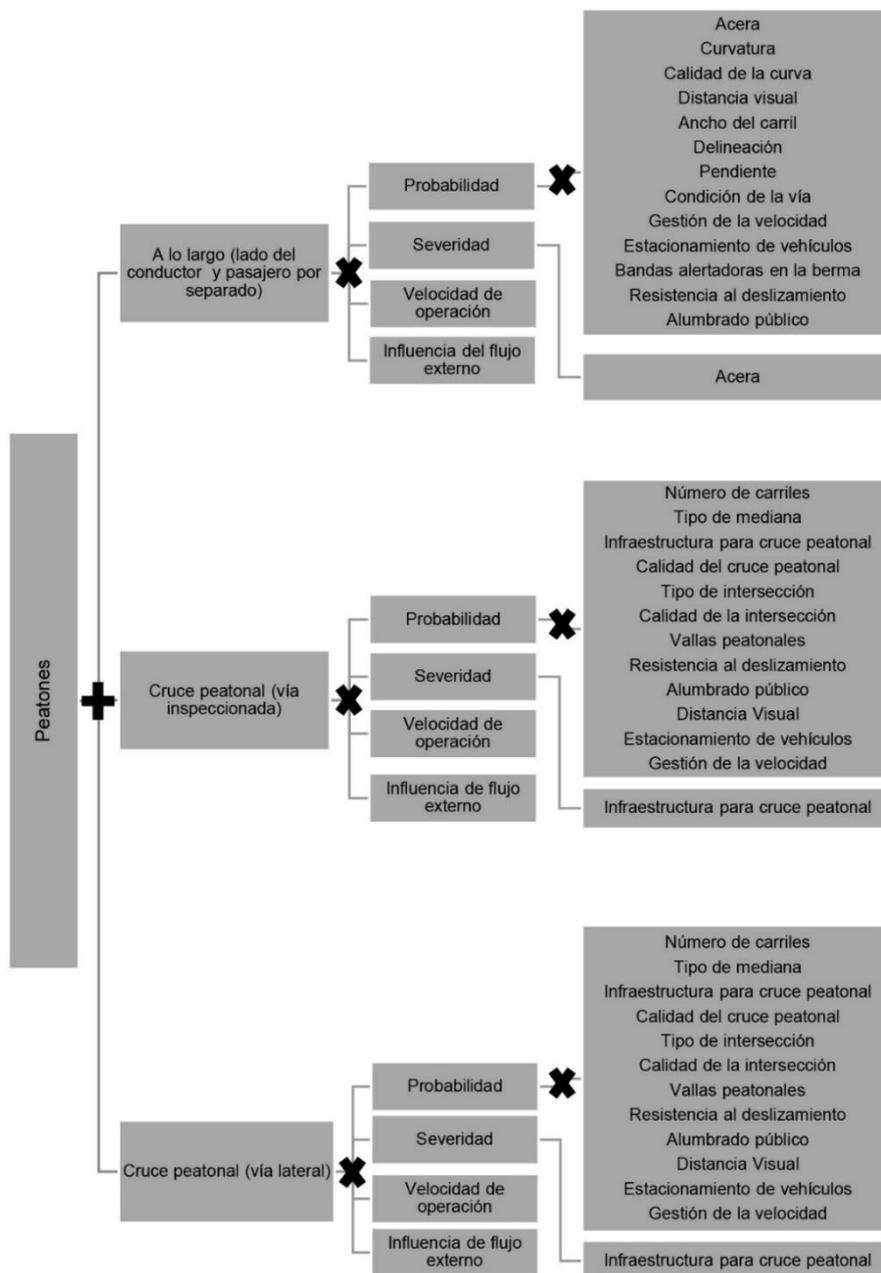
## Ecuaciones para la obtención del puntaje total de la clasificación por estrellas para ocupantes del vehículo. (IRAP, 2013)



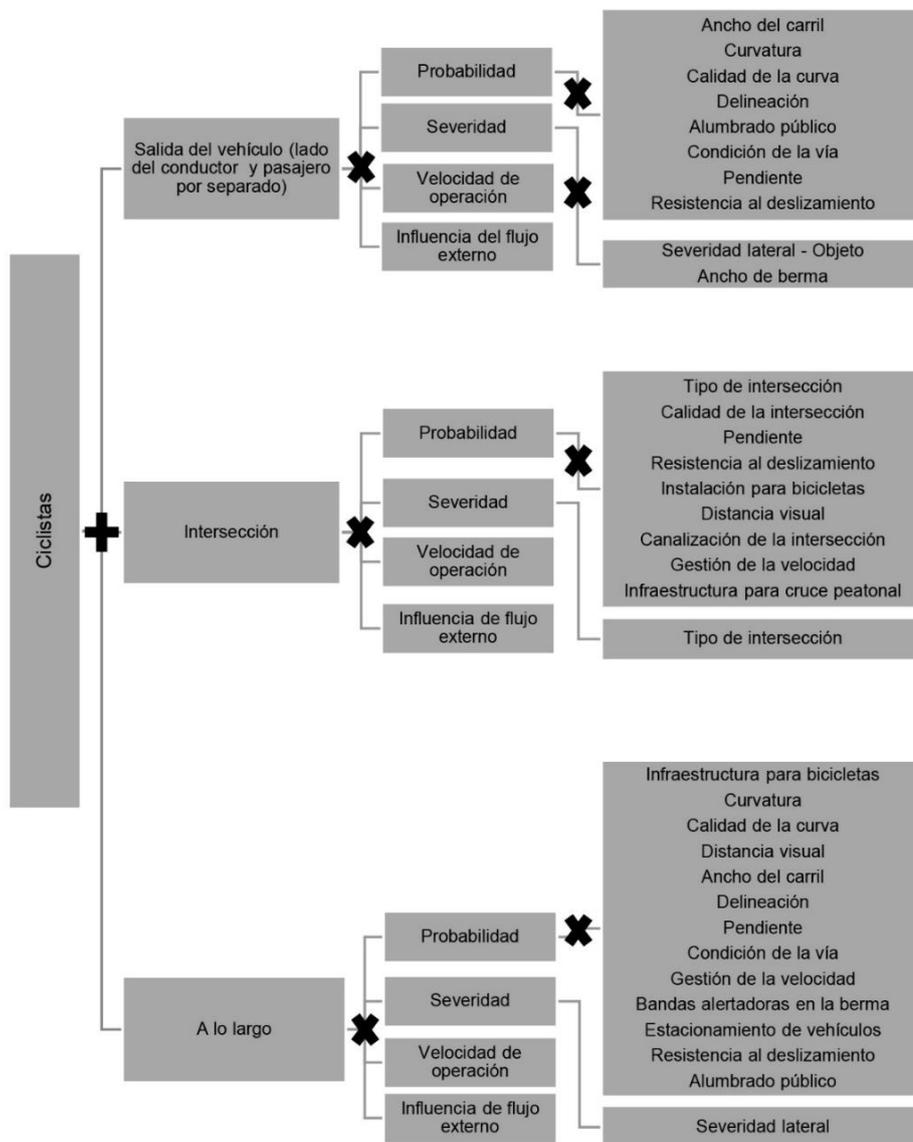
## Ecuaciones para la obtención del puntaje total de la clasificación por estrellas para motocicletas. (IRAP, 2013)



## Ecuaciones para la obtención del puntaje total de la clasificación por estrellas para peatones. (IRAP, 2013)



## Ecuaciones para la obtención del puntaje total de la clasificación por estrellas para ciclistas. (IRAP, 2013)



## REFERENCIAS

International Road Assessment Program (iRAP) (2013). *iRAP Methodology Fact Sheet #6, Star Rating Score Equations*. Basingstoke Hampshire, UK

**ANEXO B: Formato para la toma  
de datos**



## Formato para la toma de datos en campo

(Fuente: Propia)

|                             |                    |                    |             |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| <b>Fecha</b>                |                    |                    |             |
| <b>Nombre de la vía</b>     | Angamos Este       | <b>Tramo</b>       |             |
| <b>Referencia</b>           |                    |                    |             |
| <b>Distancia</b>            |                    |                    |             |
| <b>Etiqueta de calzada</b>  | Dividida sentido 1 | Dividida sentido 2 | No dividida |
| <b>Uso del suelo (Cond)</b> | Educacional        | Comercial          | Residencial |
| <b>Uso del suelo (Pas)</b>  | Educacional        | Comercial          | Residencial |
| <b>Tipo de área</b>         | Urbana             | Rural              |             |

| Características de la vía    |                |                 |                   |               |
|------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|---------------|
| Número de carriles           |                | Ancho de carril |                   |               |
| Radio de curvatura (m)       | 0-200          | 200-500         | 500-900           | +900 (recto)  |
| Calidad de curva             | Mala           | Media           | No aplica (recto) |               |
| Costo de mejoras             | Bajo           | Medio           | Alto              |               |
| Tipo de mediana              | Línea          | Demarcación     | Poster            | Ancho físico  |
|                              | Concreto       | Metal           | Un solo sentido   | <b>Ancho:</b> |
| Resistencia al deslizamiento | Sin pavimentar | Deficiente      | Adecuado          |               |
|                              | Pavimentado    | Deficiente      | Regular           | Adecuado      |
| Condición superficie         | Deficiente     | Regular         | Buena             |               |
| Estacionamiento              | No existe      | Un lado         | Ambos lados       |               |
| Pendiente (%)                | 0-7.5          | 7.5-10          | +10               |               |
| Obras existentes             | No existe      | Pequeñas        | Grandes           |               |
| Distancia de visibilidad     | Deficiente     |                 | Adecuada          |               |
| Delineación                  | Deficiente     |                 | Adecuada          |               |
| Alumbrado público            | Presente       |                 | No presente       |               |
| Calle lateral                | Presente       |                 | No presente       |               |
| Band. alertas centrales      | Presente       |                 | No presente       |               |

| Intersección                           |                 |                |                    |              |
|--|-----------------|----------------|--------------------|--------------|
| Tipo                                   | <b>4 brazos</b> | Solo           | Con carril de giro | Con semáforo |
|  | <b>3 brazos</b> | Solo           | Con carril de giro | Con semáforo |
| Calidad                                | Deficiente      |                | Adecuada           |              |
| Canalización                           | Presente        |                | No presente        |              |
| Acceso a propiedades                   | Comercial       | Residencial <3 | Residencial >3     | No aplica    |
| Volumen de tránsito vía que intersecta | 1-100           | 100-1000       | 1000-5000          | 5000-10000   |
|  | 1000-15000      | >15000         | No aplica          |              |

| Atributos laterales                  |                    |
|--------------------------------------|--------------------|
| Lado conductor                       | Distancia          |
| Árbol >10cm                          |                    |
| Poste >10cm                          |                    |
| Terminal de barrera de seguridad     |                    |
| Cara vertical peligrosa              |                    |
| Cuneta profunda                      |                    |
| Objeto bajo y rígido >20cm           |                    |
| Estructura o edificación rígida      |                    |
| Estructura o edificación semirrígida |                    |
| Barrera de seguridad - concreto      |                    |
| Barrera de seguridad - metal         |                    |
| Barrera de seguridad - cable         |                    |
| No objetos                           |                    |
| Lado pasajero                        | Distancia          |
| Árbol >10cm                          |                    |
| Poste >10cm                          |                    |
| Terminal de barrera de seguridad     |                    |
| Cara vertical peligrosa              |                    |
| Cuneta profunda                      |                    |
| Objeto bajo y rígido >20cm           |                    |
| Estructura o edificación rígida      |                    |
| Estructura o edificación semirrígida |                    |
| Barrera de seguridad - concreto      |                    |
| Barrera de seguridad - metal         |                    |
| Barrera de seguridad - cable         |                    |
| No objetos                           |                    |
| Bandas alertadoras laterales         |                    |
| Berma (m)                            | Lado del conductor |
|                                      | Lado del pasajero  |

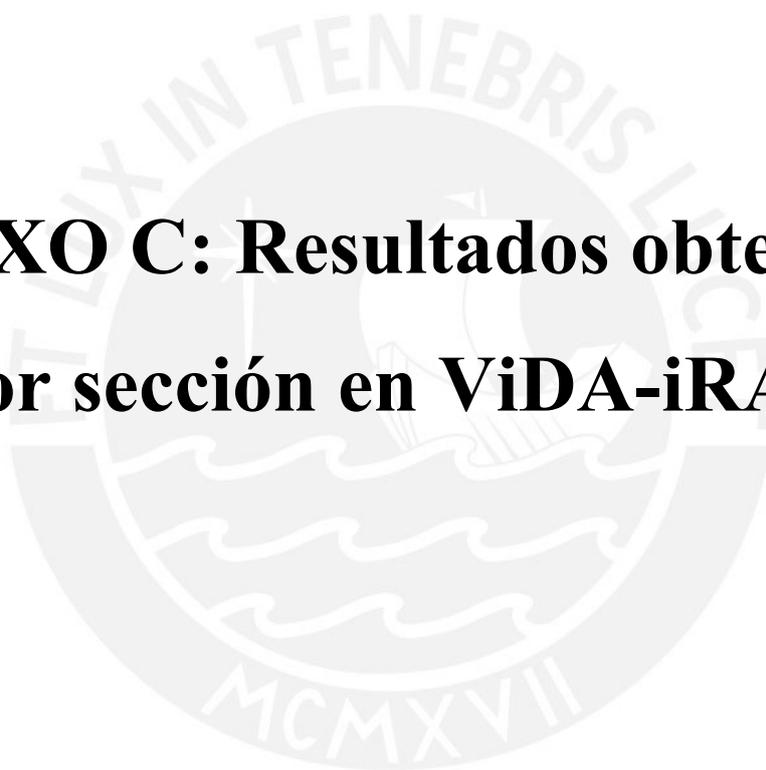
(Colocar X si no aplica)

(Colocar X si no aplica)

| Cruce peatonal                           |                 |                 |           |
|--|-----------------|-----------------|-----------|
| Vía inspeccionada                        |                 |                 |           |
| Tipo (marcar todos los que correspondan) | Isla de refugio | Cruce demarcado | Elevado   |
|  | Con semáforo    | A desnivel      | No existe |
| Calidad                                  | Deficiente      | Adecuada        | No aplica |
| Vía lateral                              |                 |                 |           |
| Tipo (marcar todos los que correspondan) | Isla de refugio | Cruce demarcado | Elevado   |
|  | Con semáforo    | A desnivel      | No existe |
| Calidad                                  | Deficiente      | Adecuada        | No aplica |

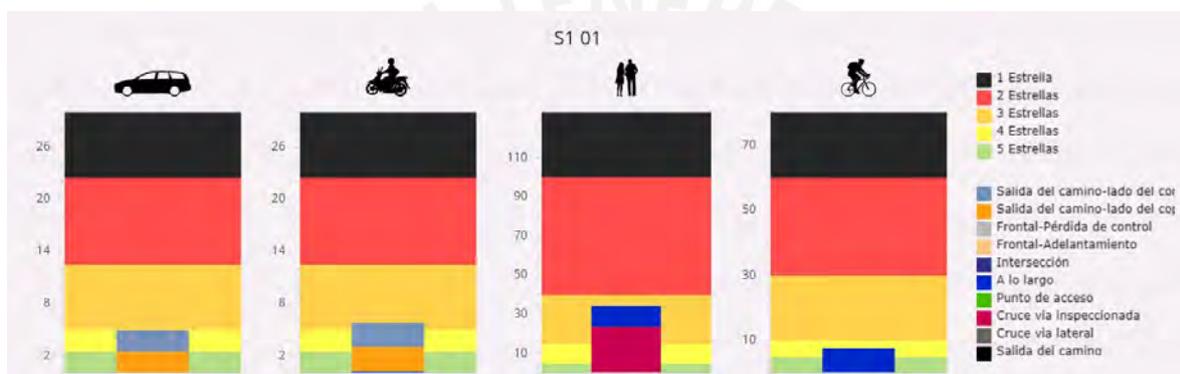
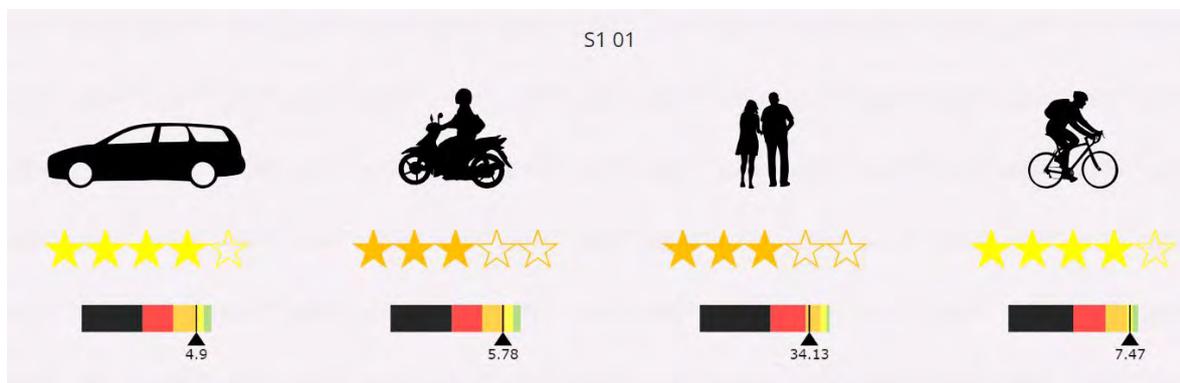
| Provisión de acera |    |    |           |  |
|--------------------|----|----|-----------|--|
| Lado conductor     | Si | No | Ancho (m) |  |
| Lado pasajero      | Si | No | Ancho (m) |  |

**ANEXO C: Resultados obtenidos  
por sección en ViDA-iRAP**

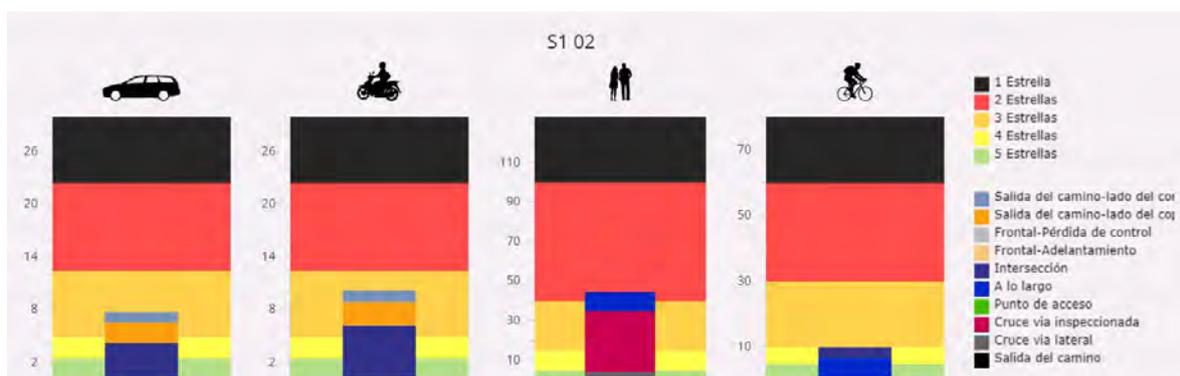
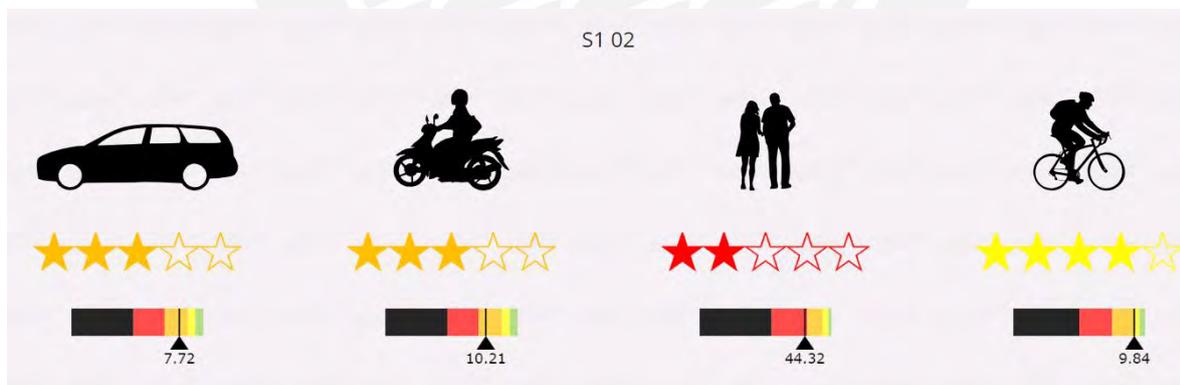


**SENTIDO 01:** De la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes hacia la avenida Aviación

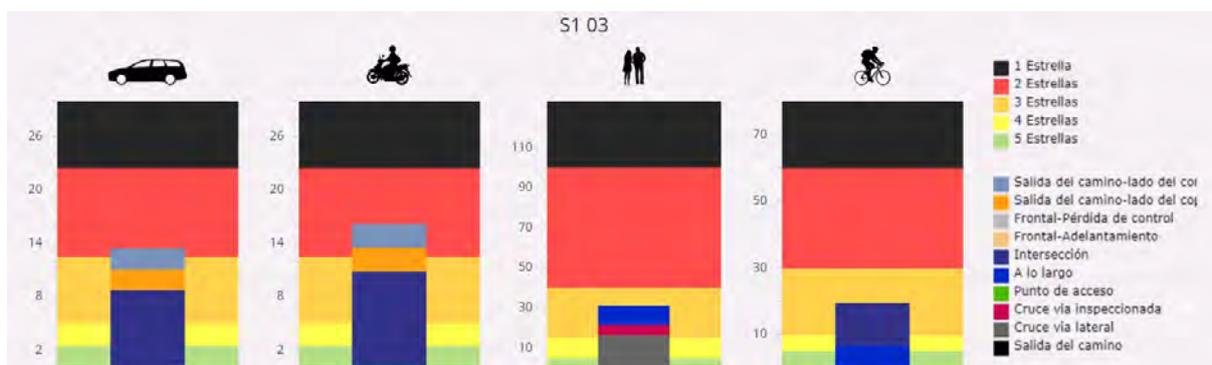
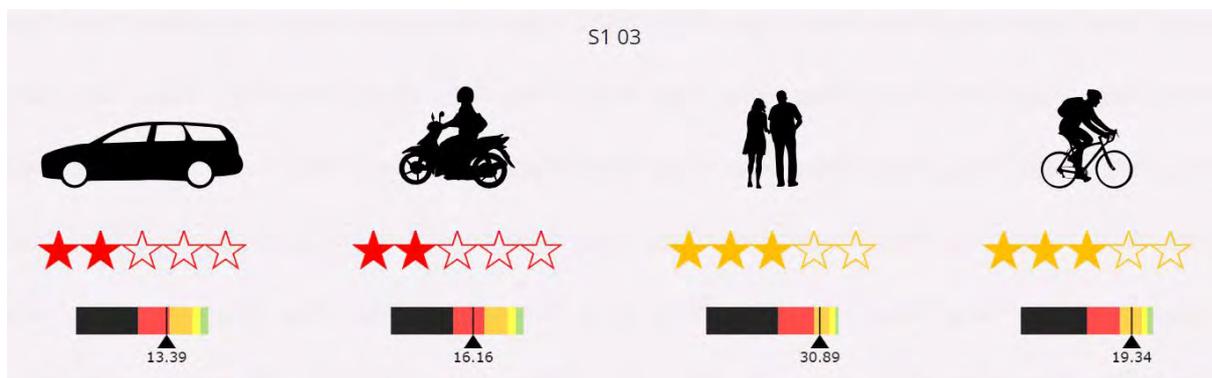
S1-01



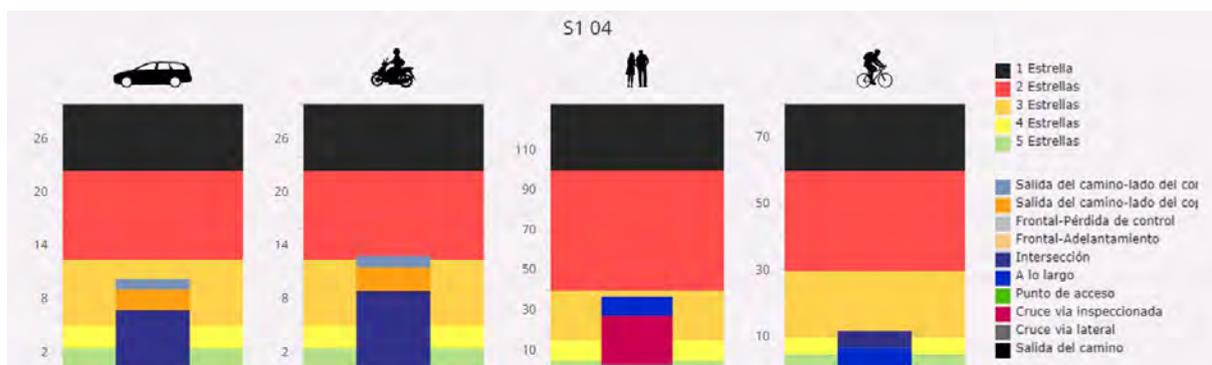
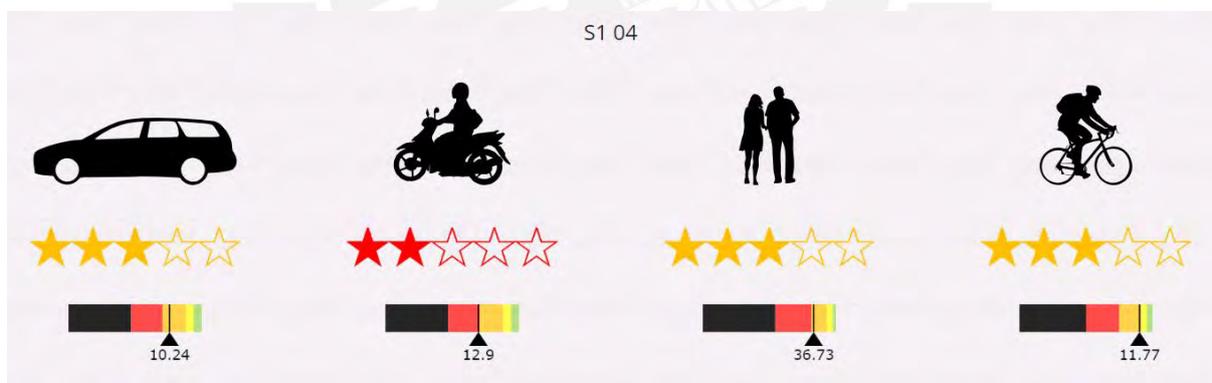
S1-02



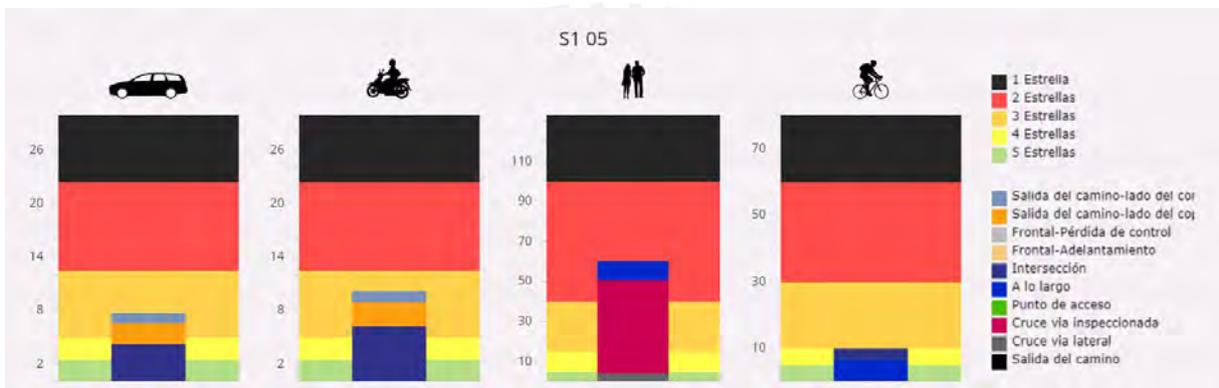
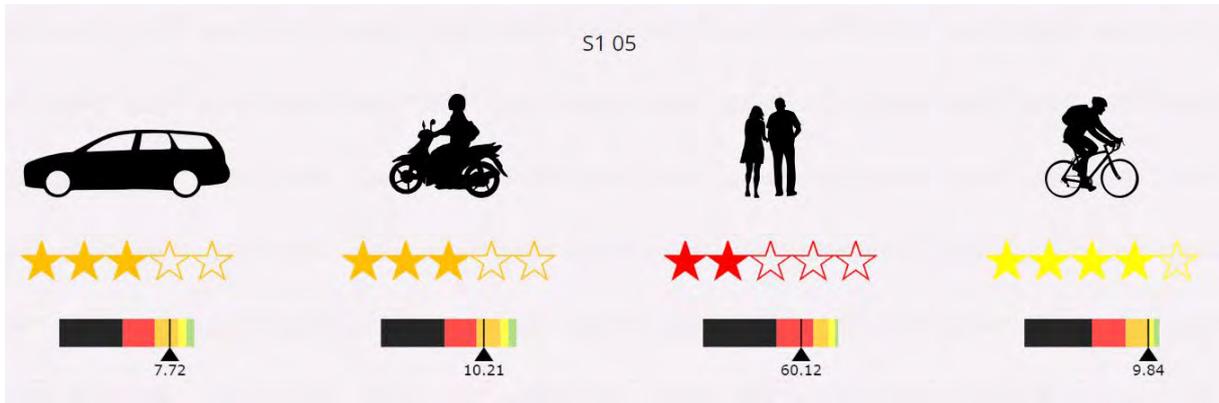
S1-03



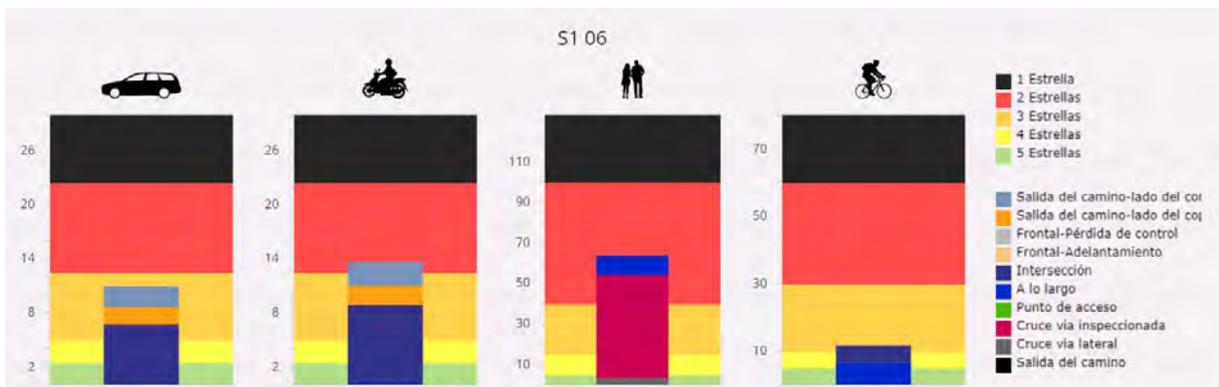
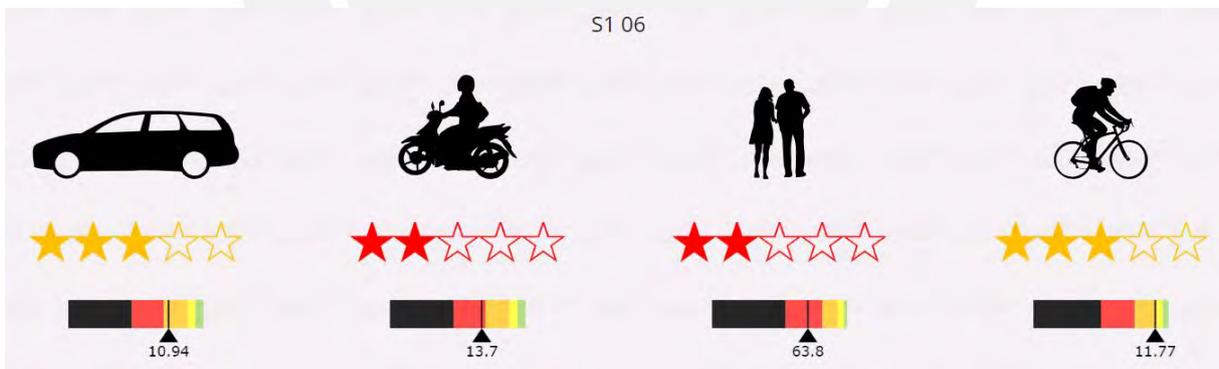
S1-04



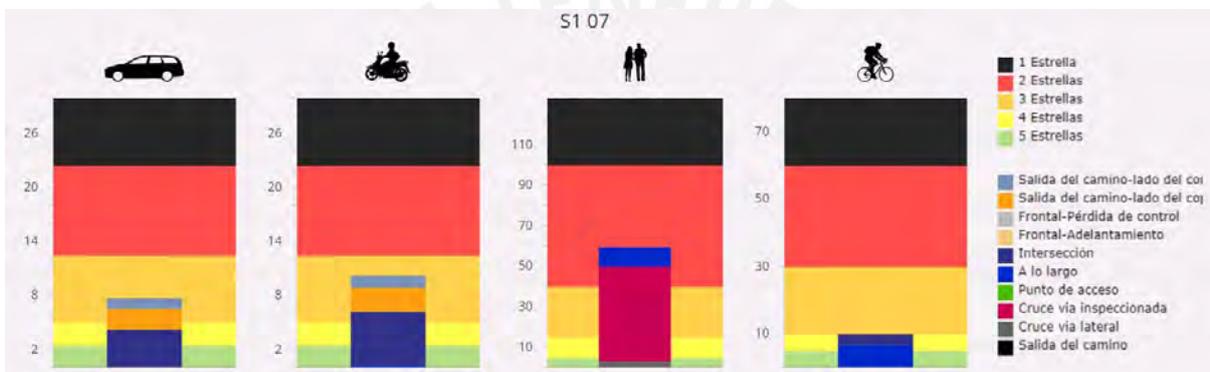
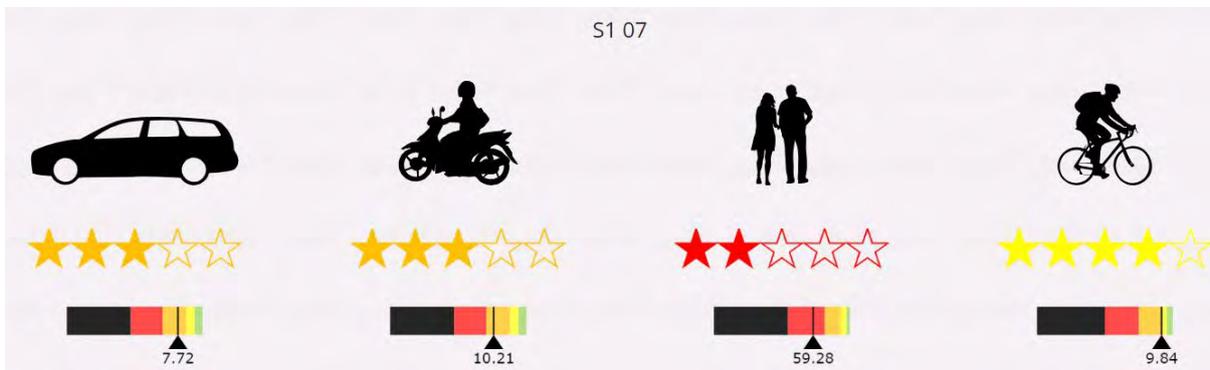
S1-05



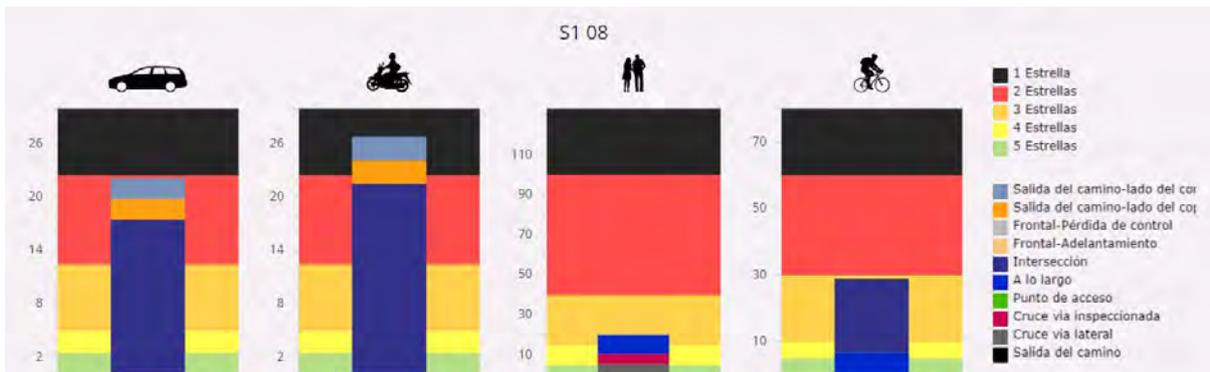
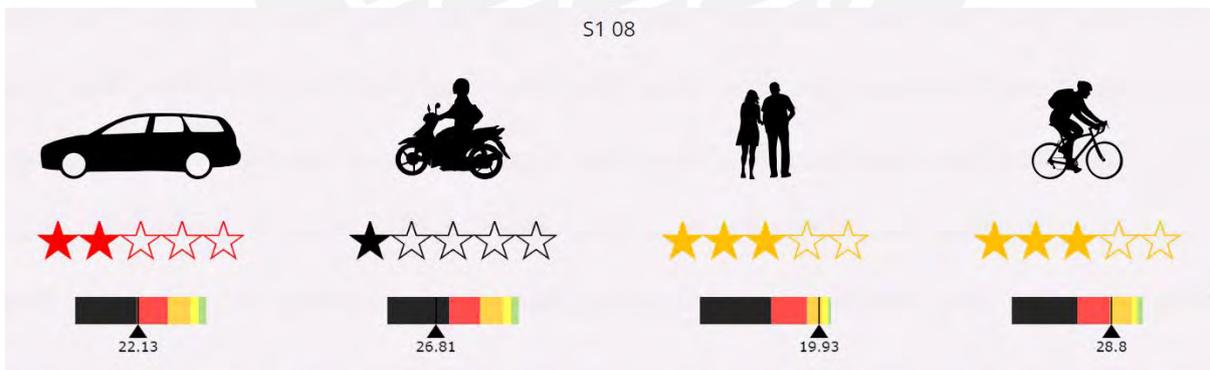
S1-06



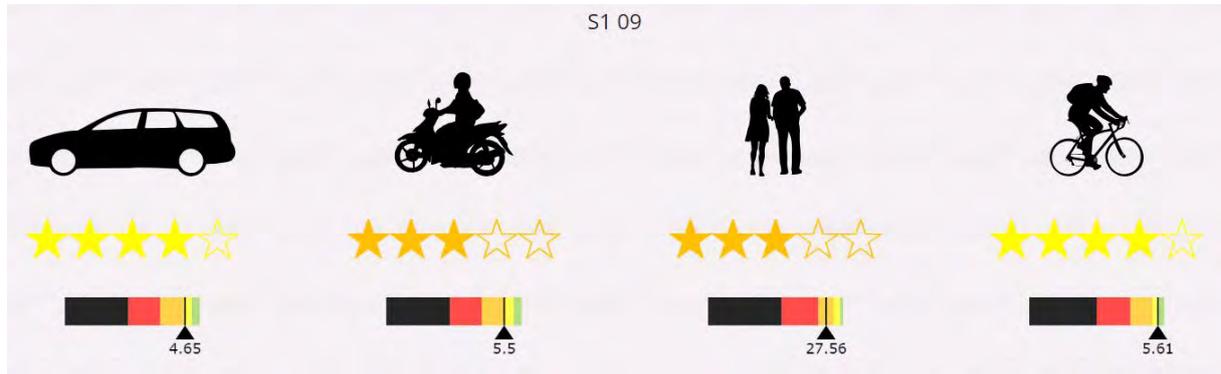
S1-07



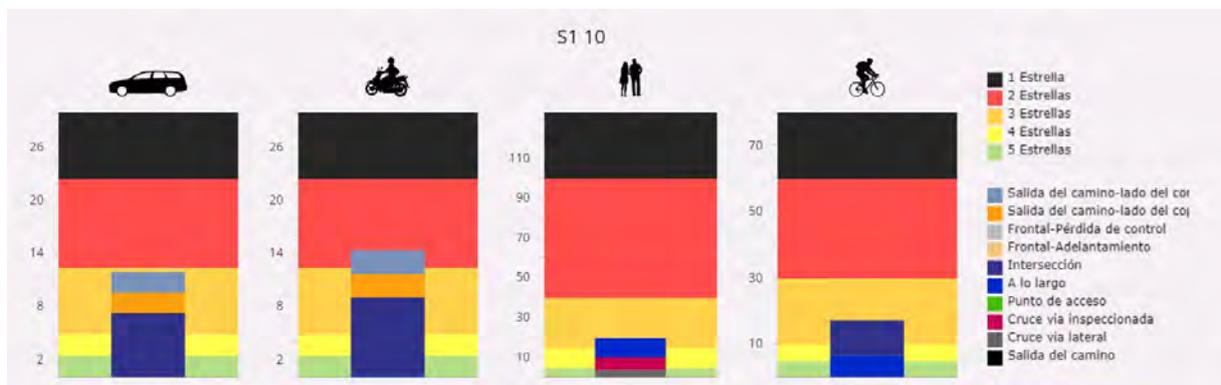
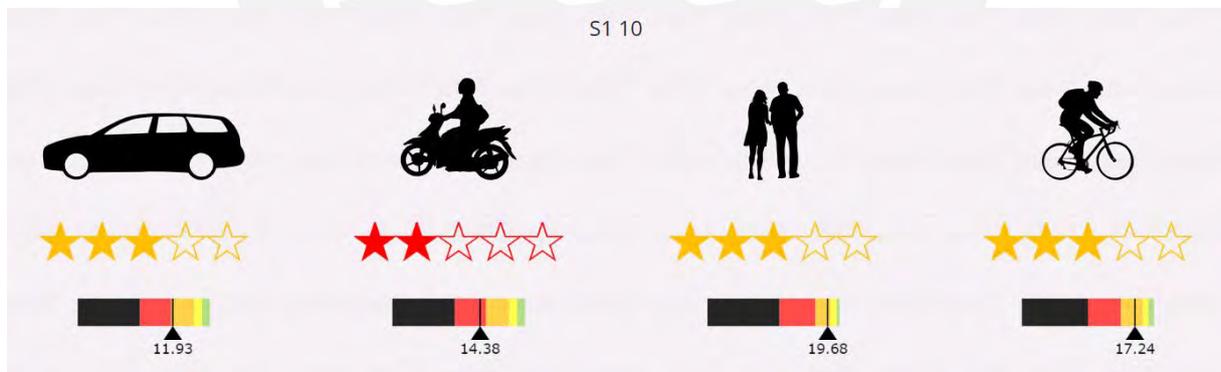
S1-08



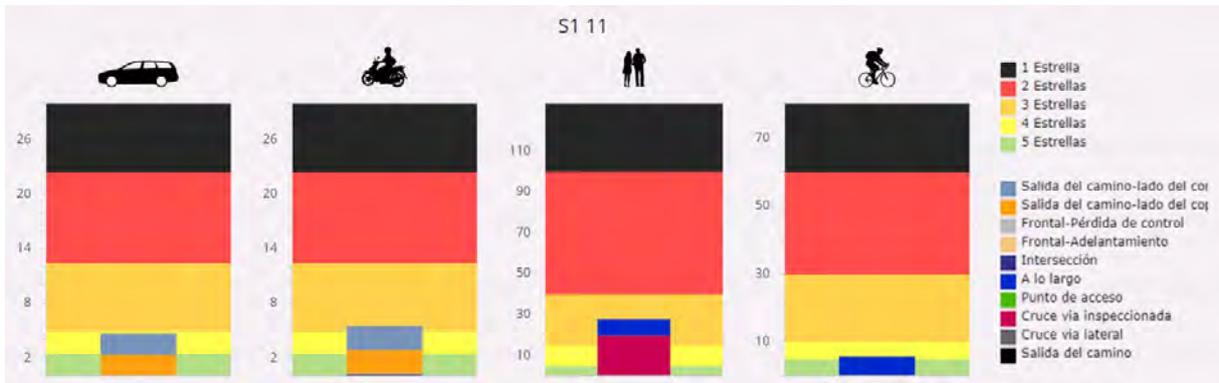
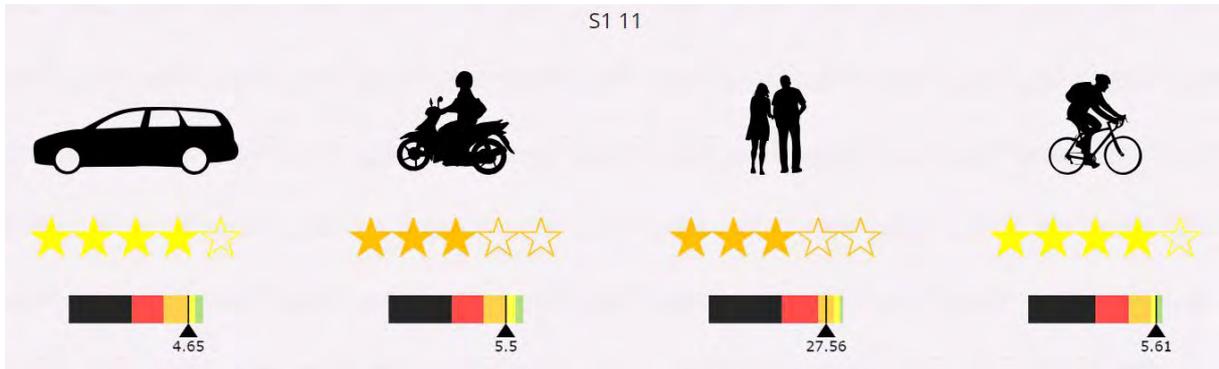
S1-09



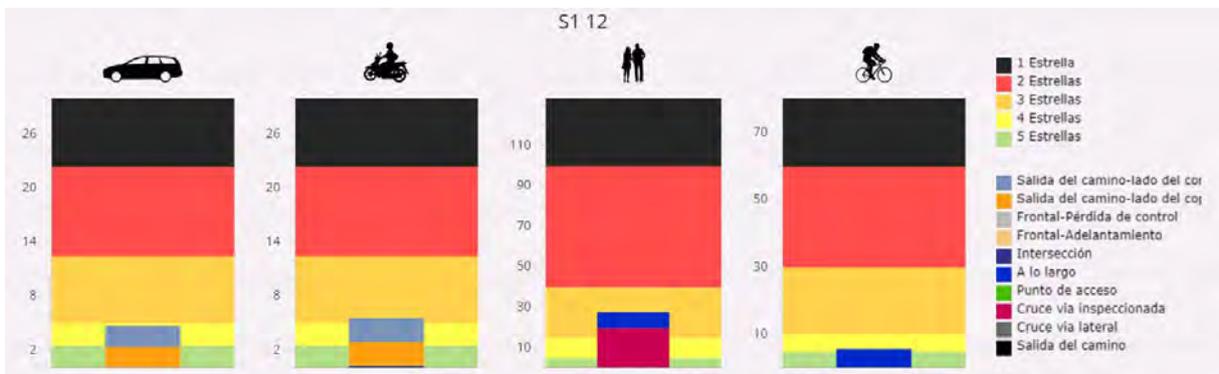
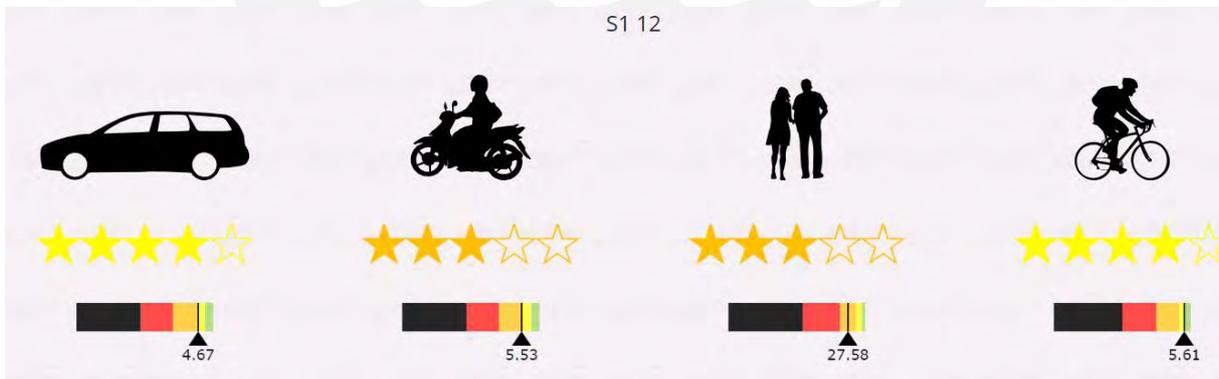
S1-10



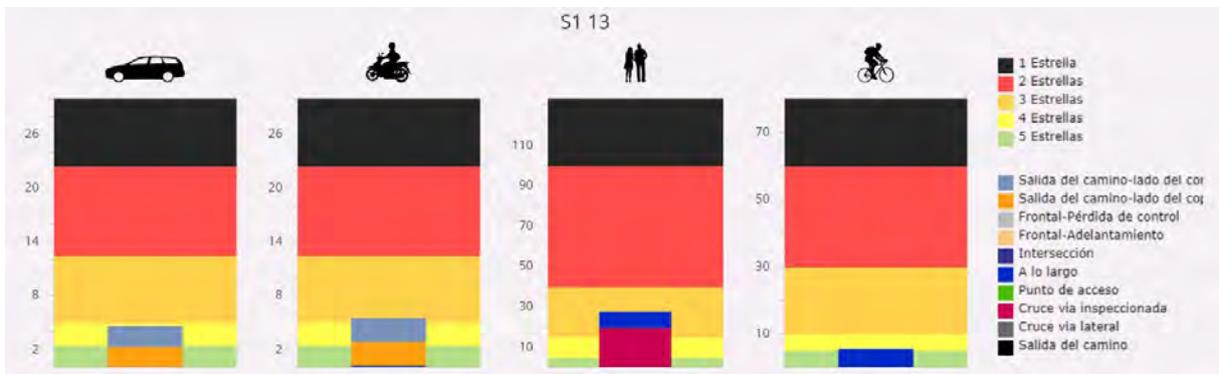
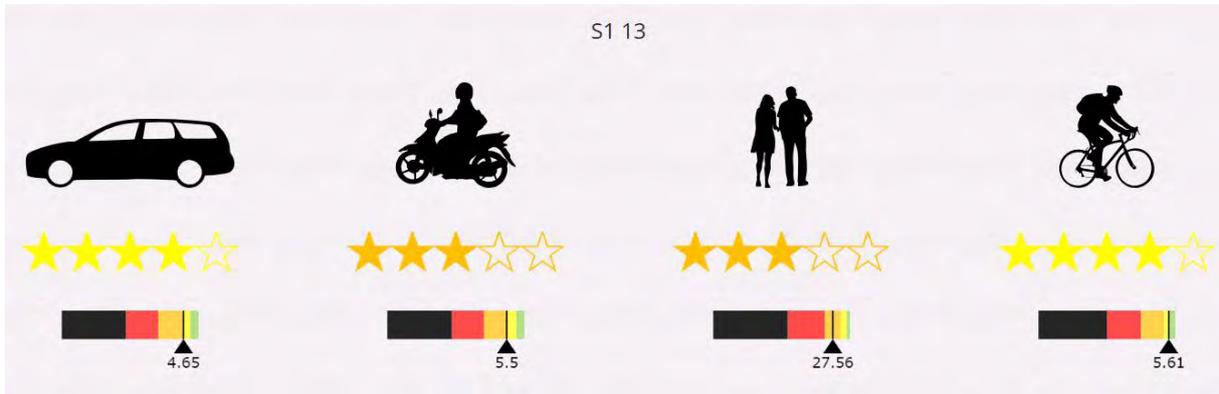
S1-11



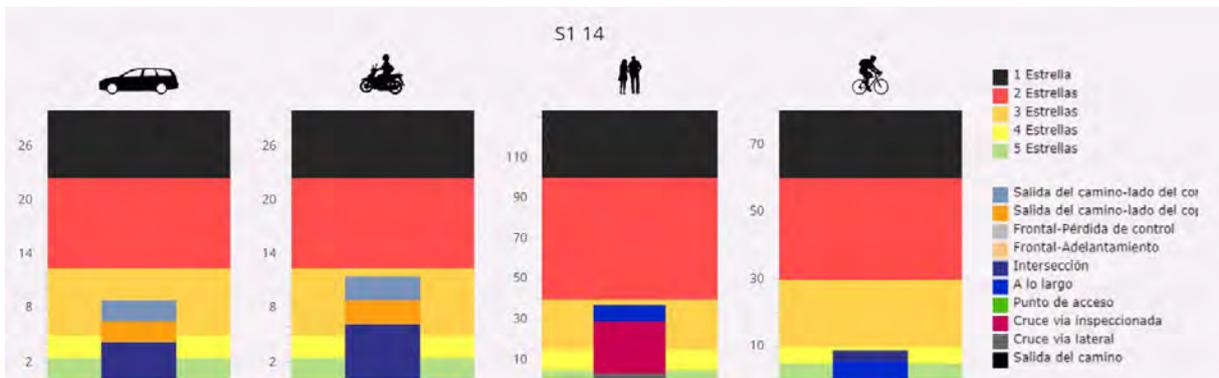
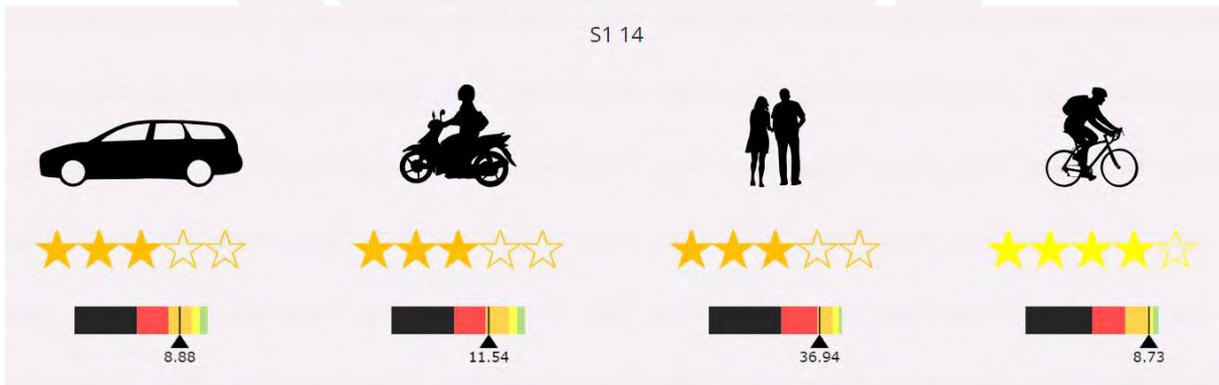
S1-12



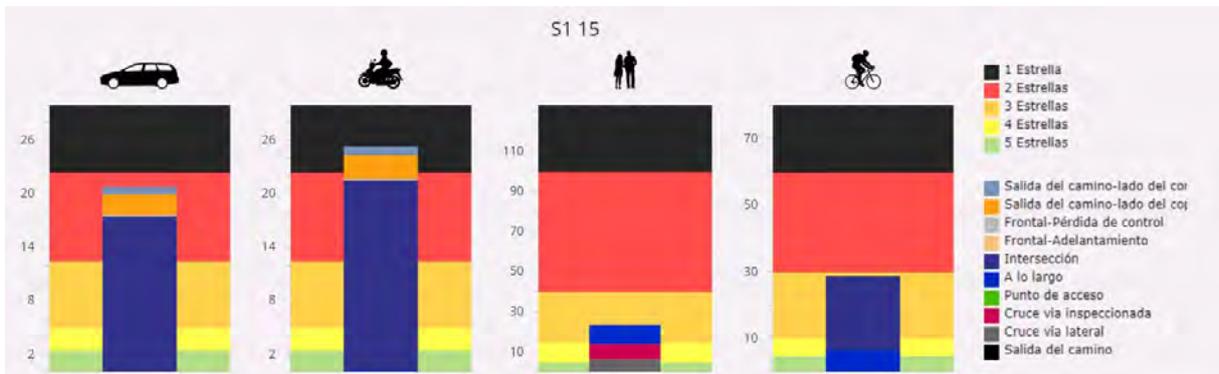
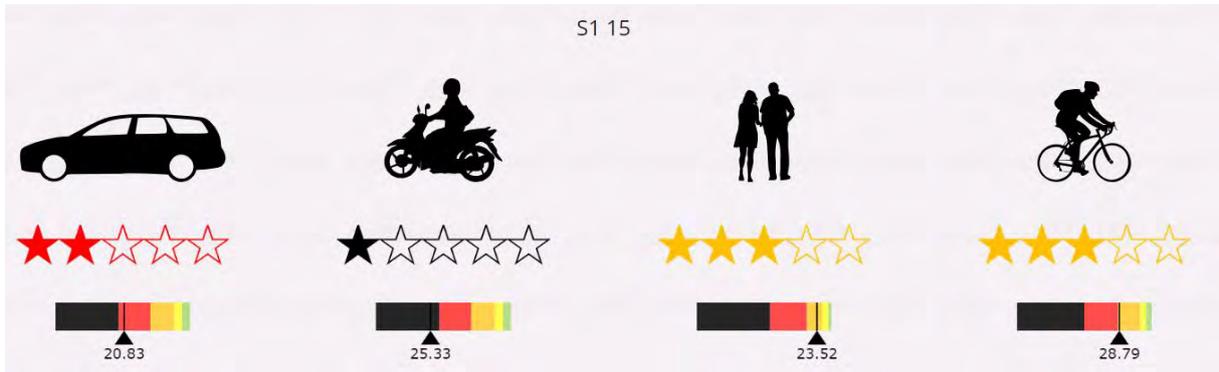
S1-13



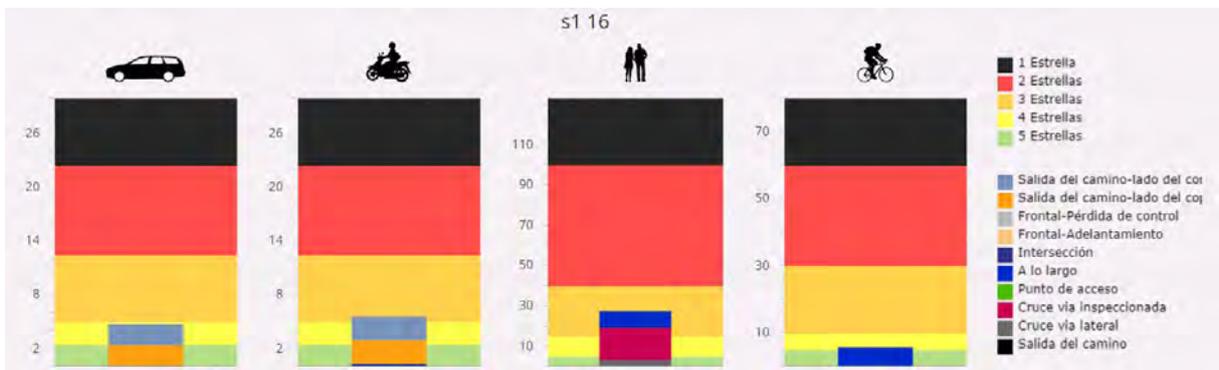
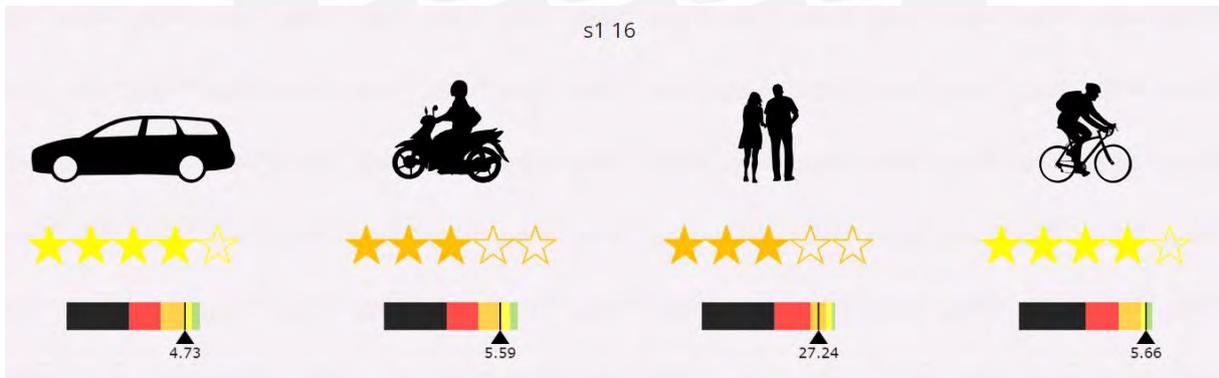
S1-14



S1-15

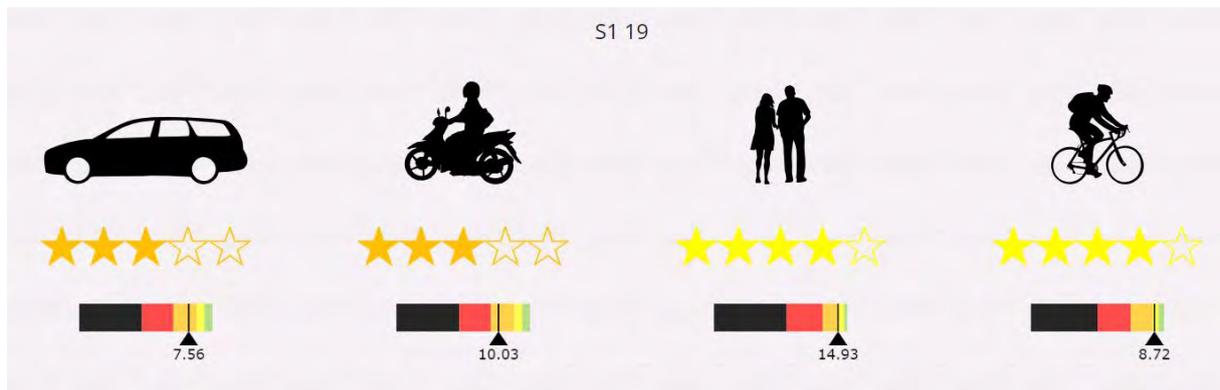


S1-16

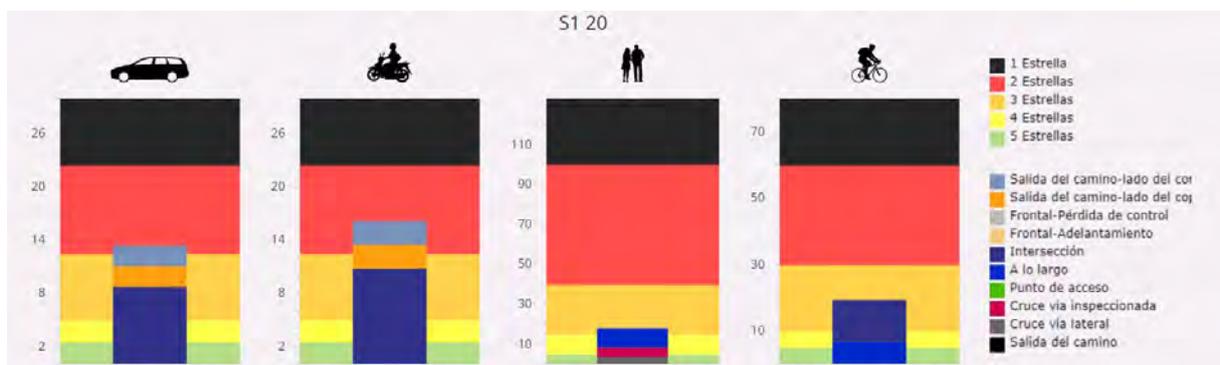
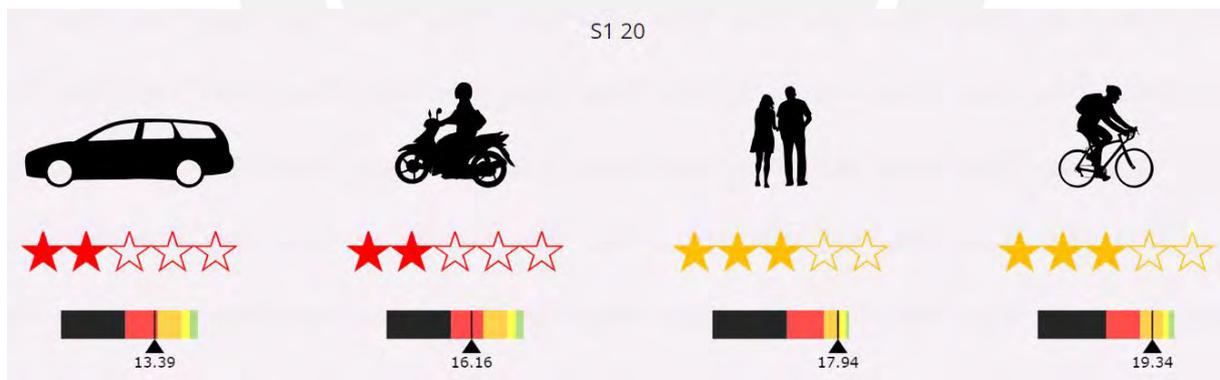




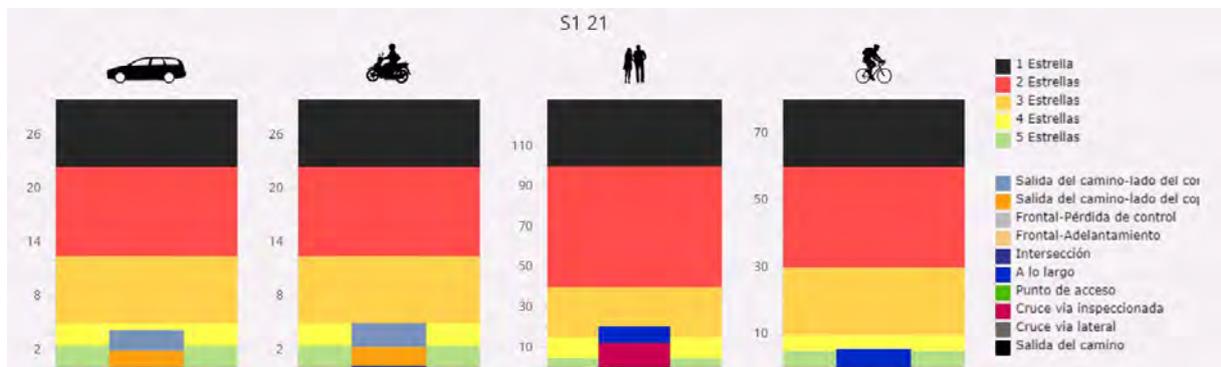
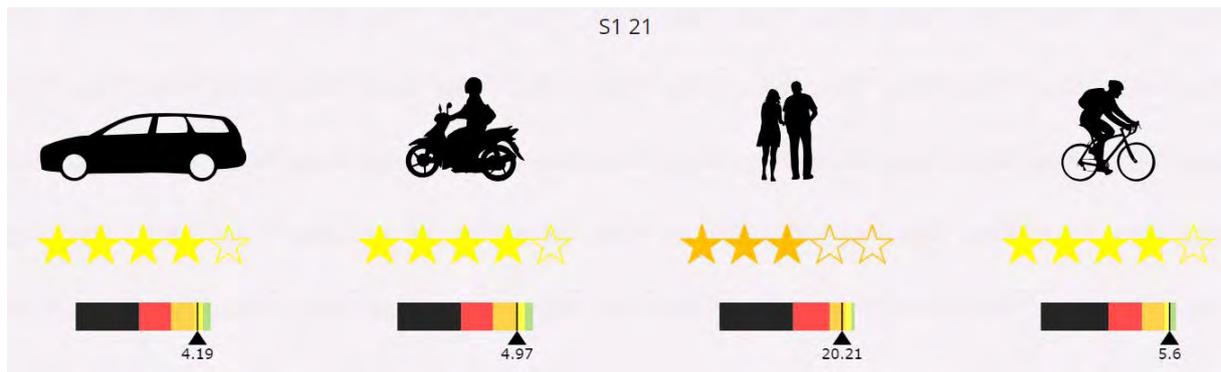
S1-19



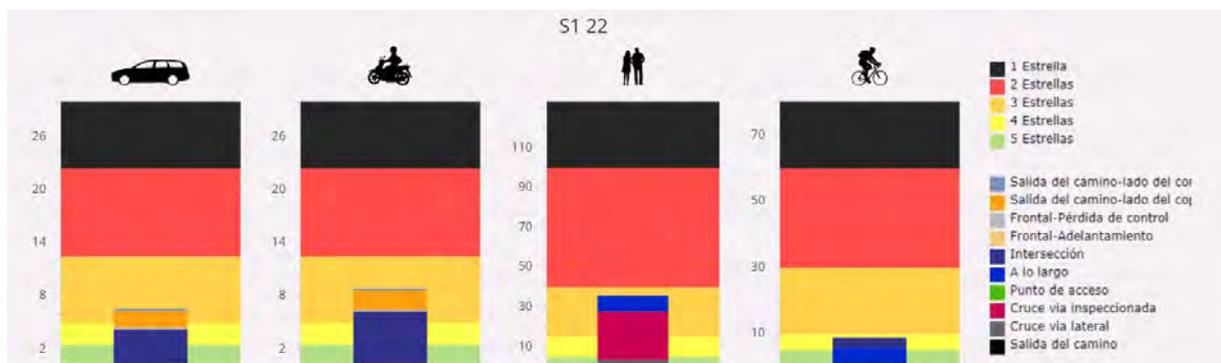
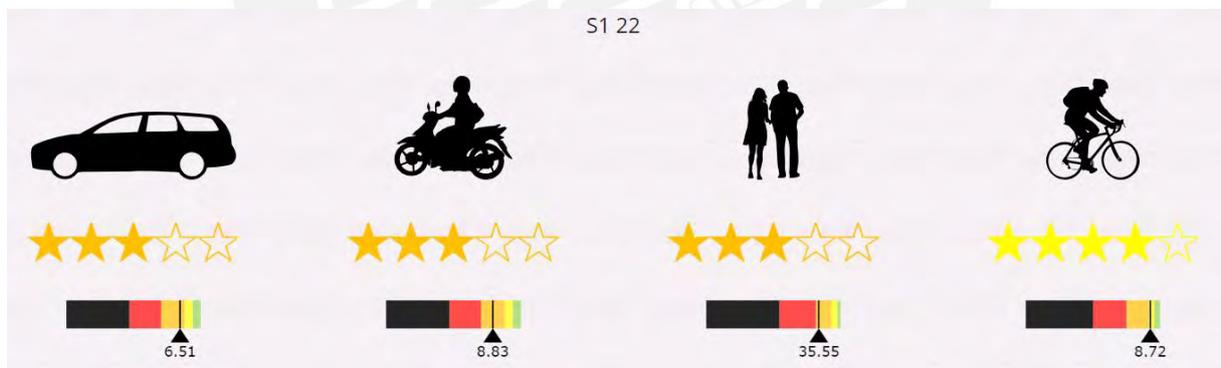
S1-20



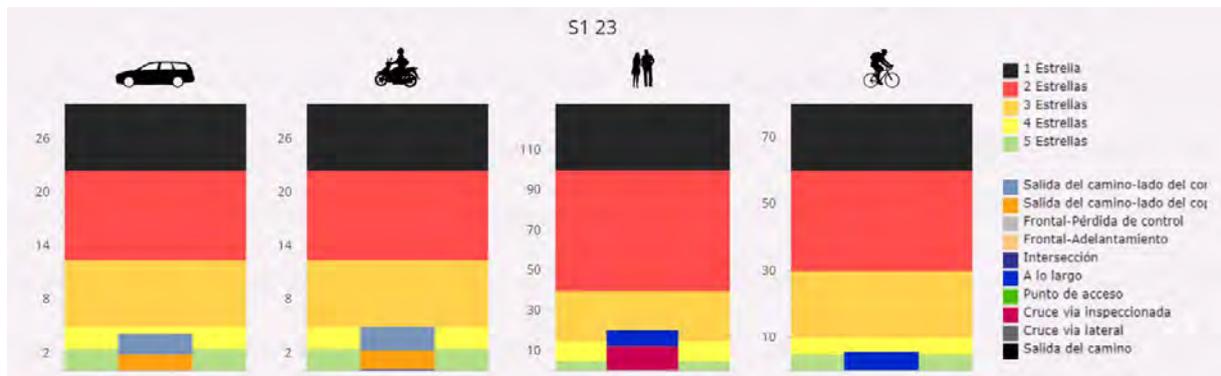
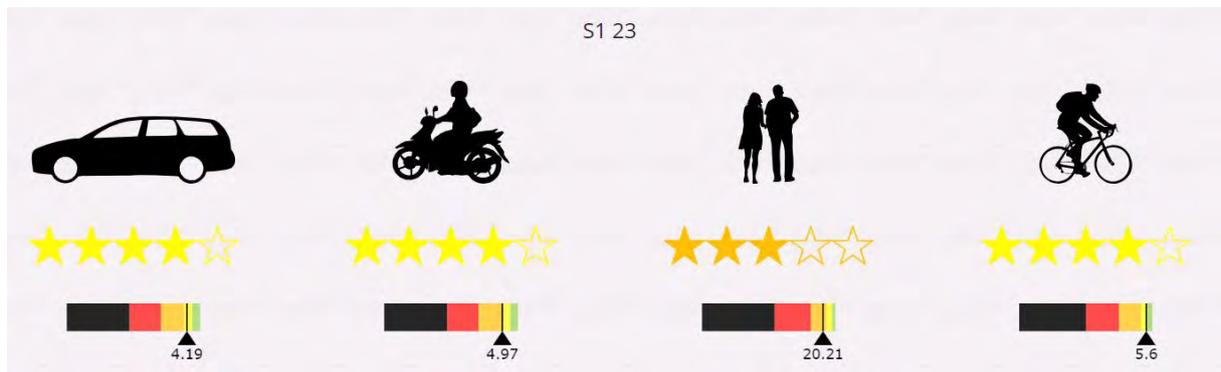
S1-21



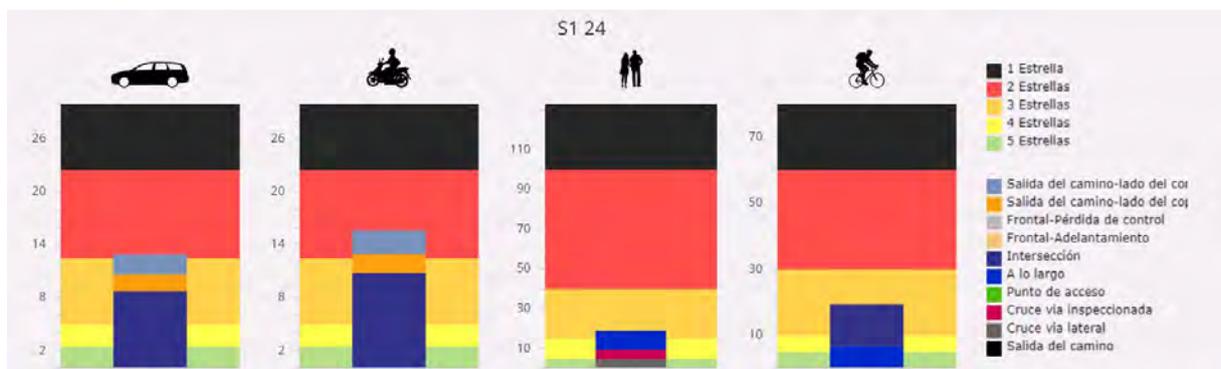
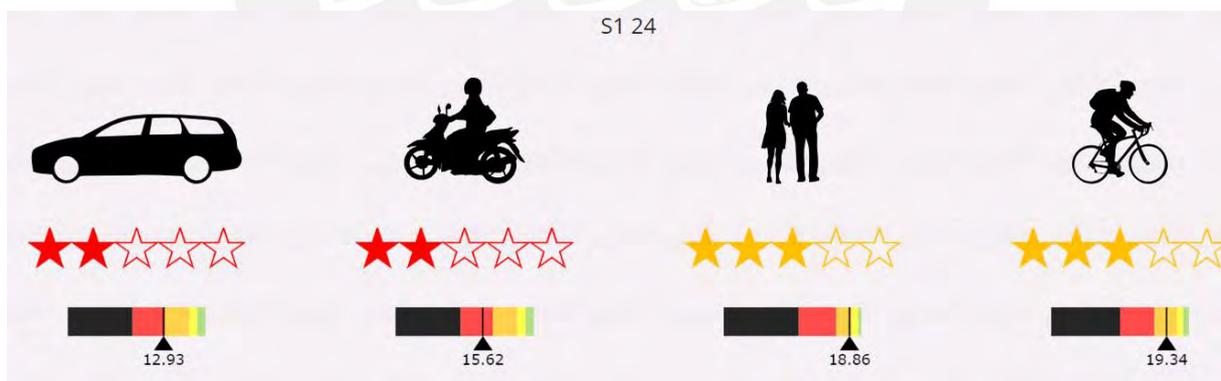
S1-22



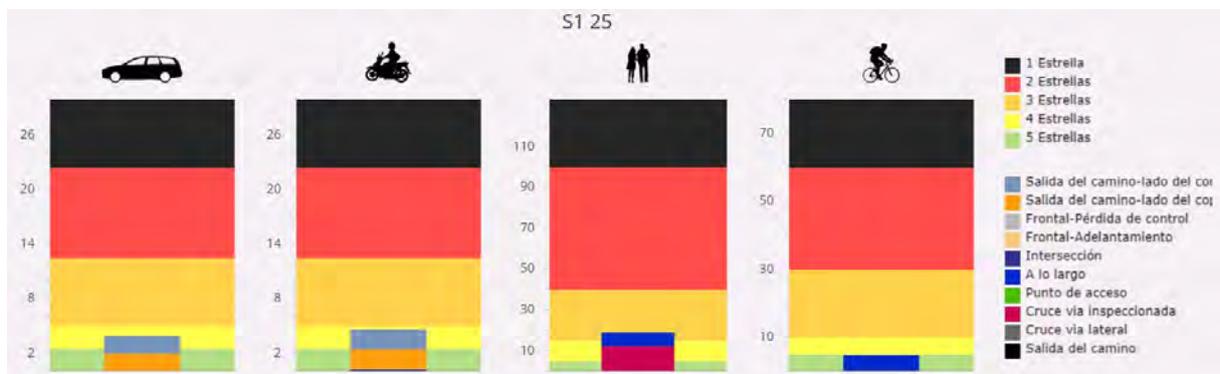
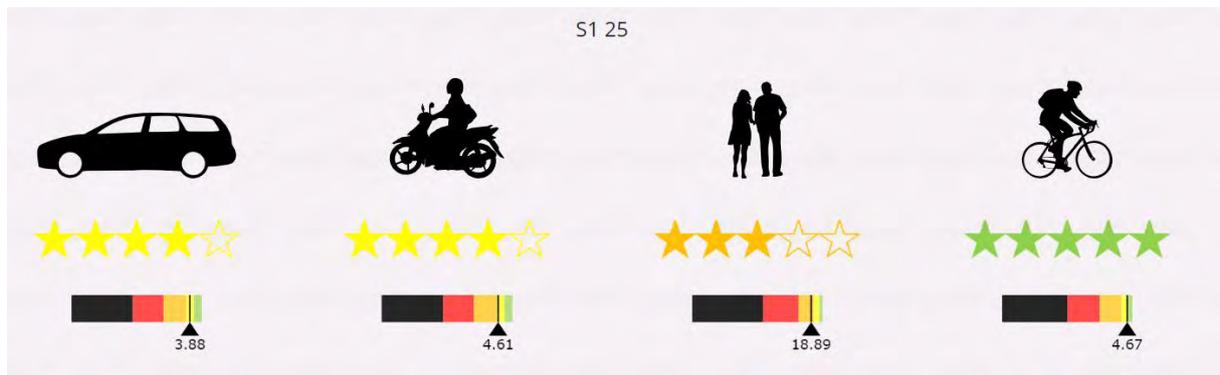
S1-23



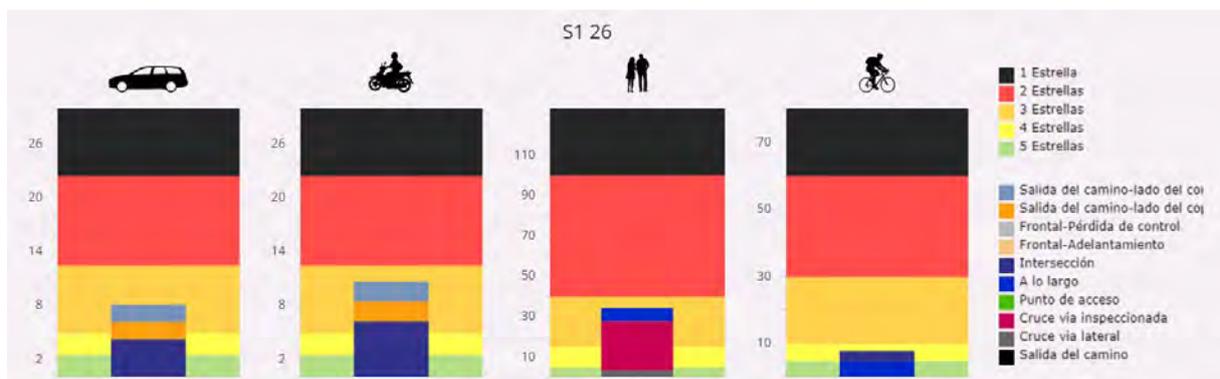
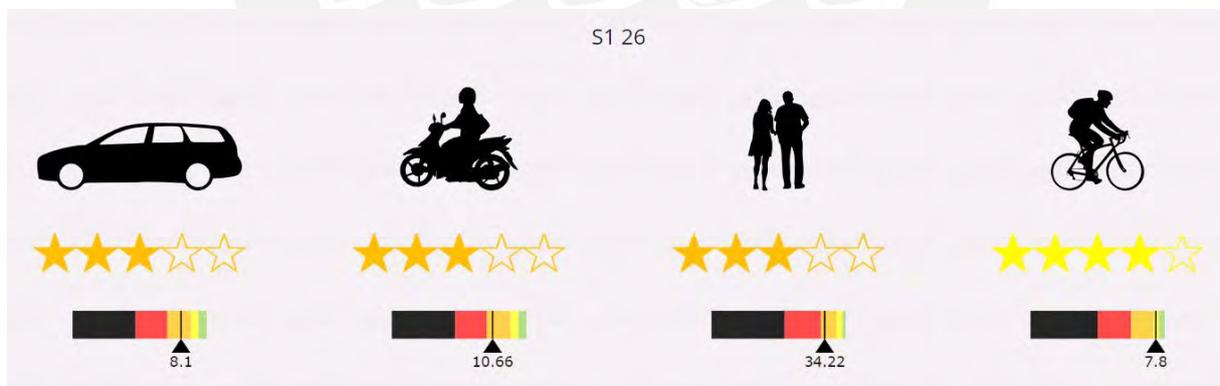
S1-24



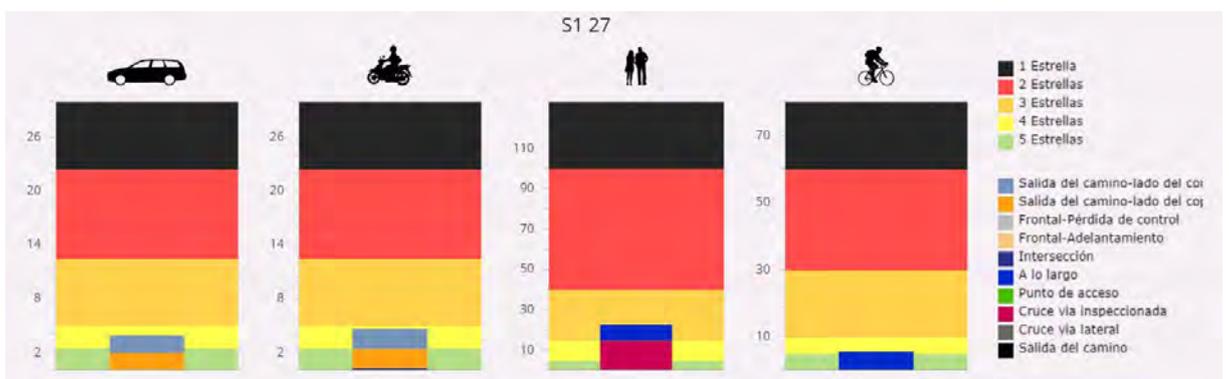
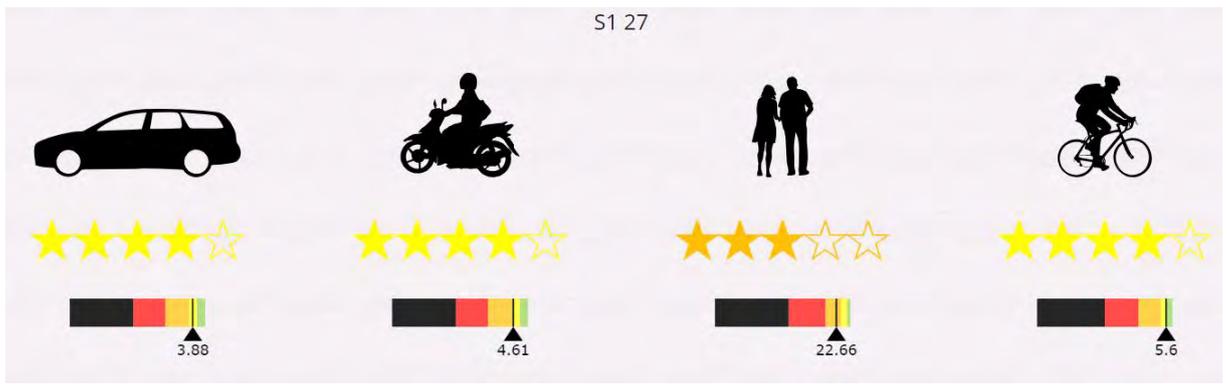
S1-25



S1-26

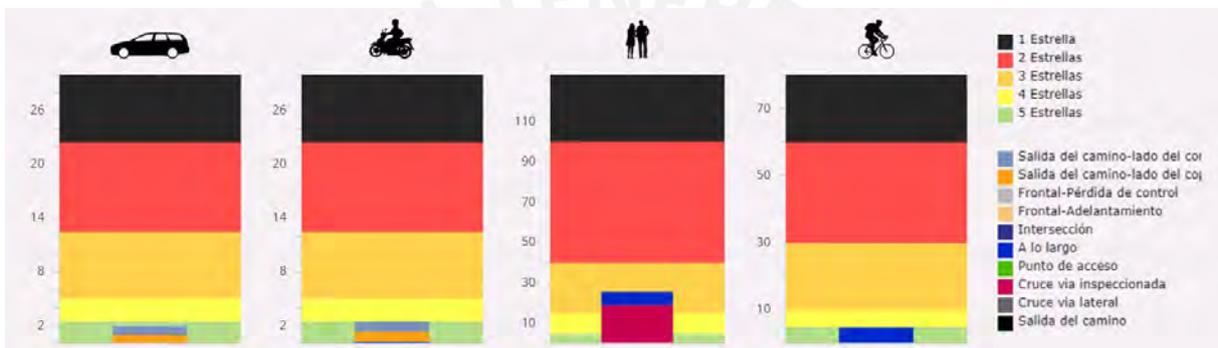
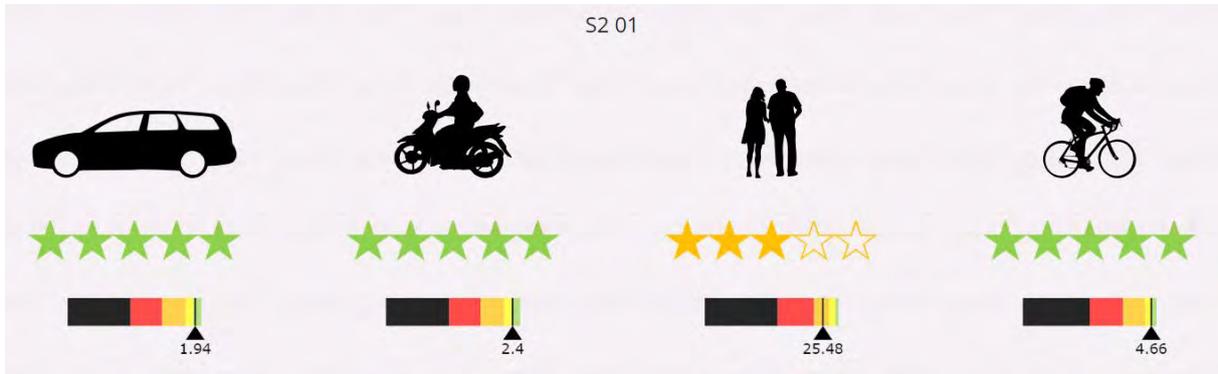


S1-27

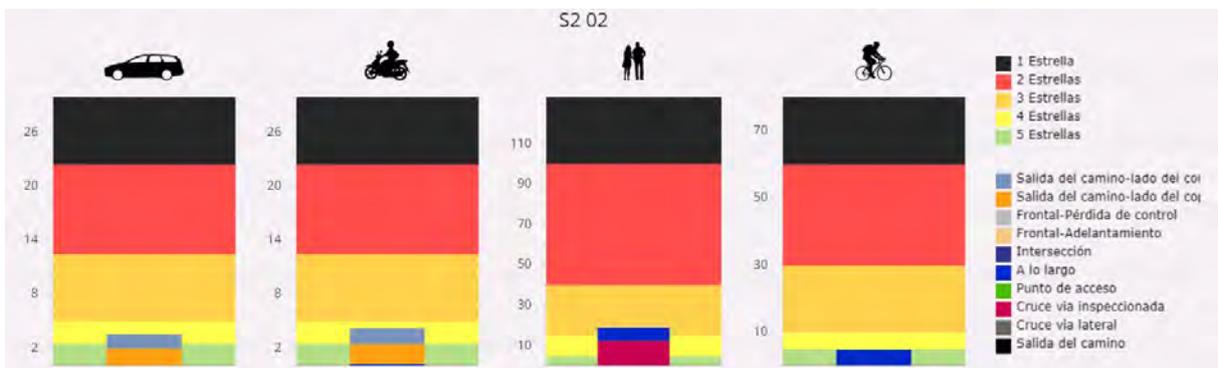
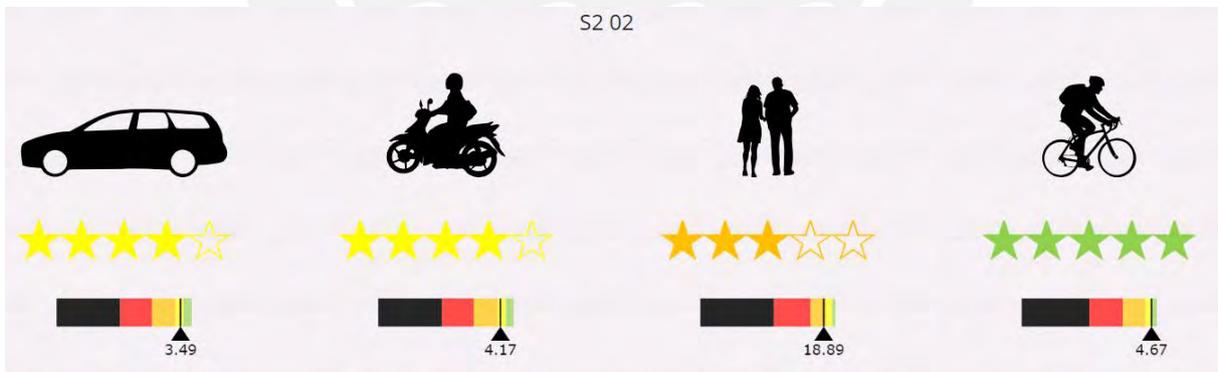


**SENTIDO 02: De la avenida Aviación hacia la vía Expresa Luis Fernán Bedoya Reyes**

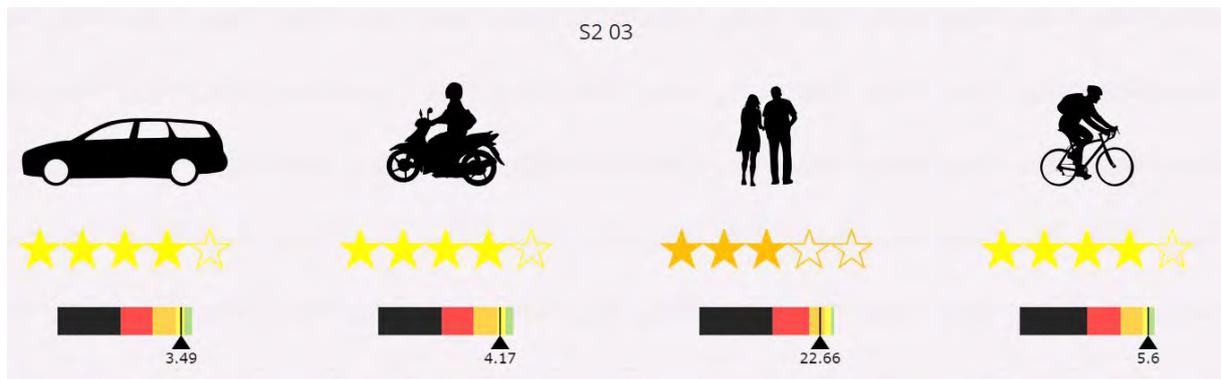
S2-01



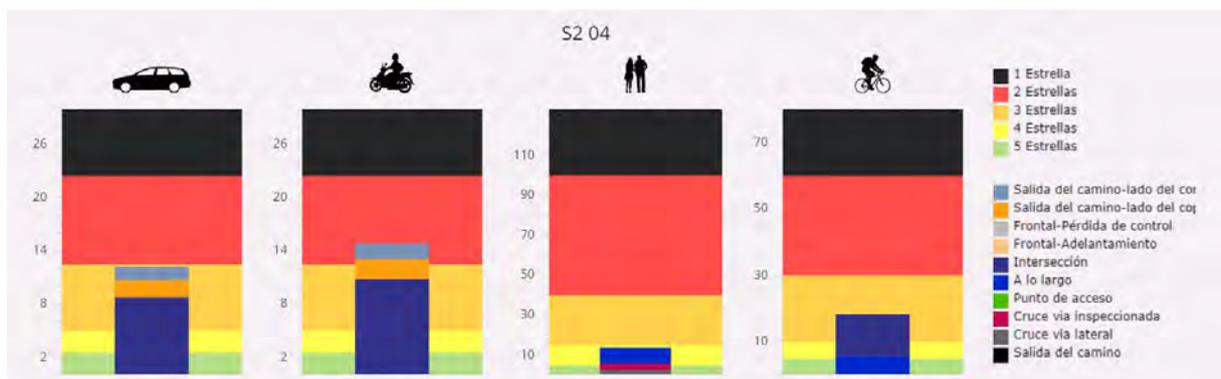
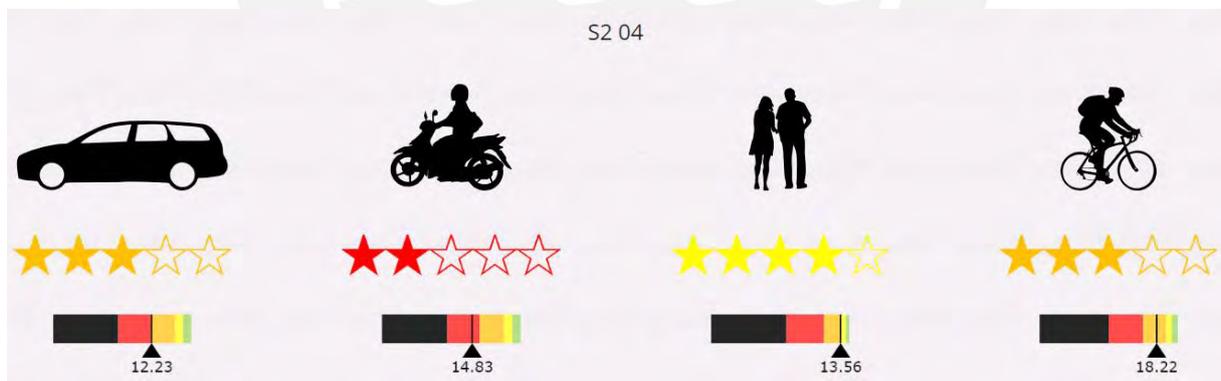
S2-02



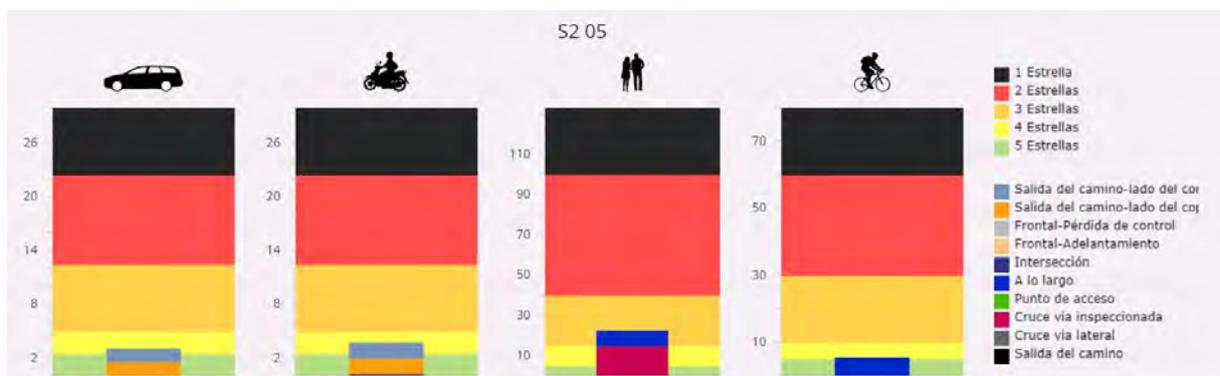
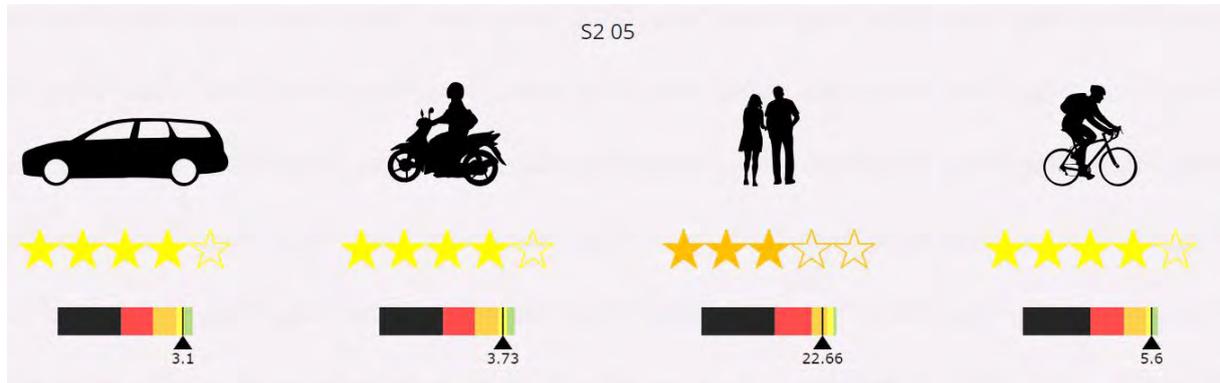
S2-03



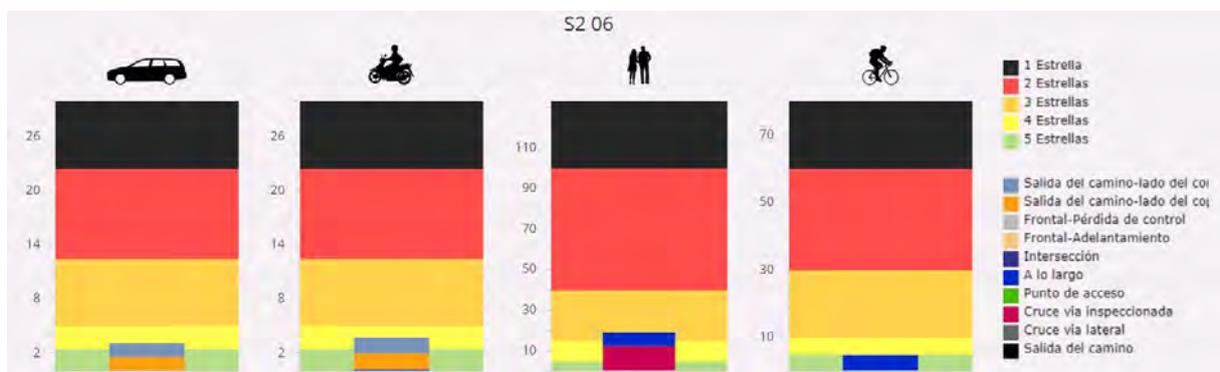
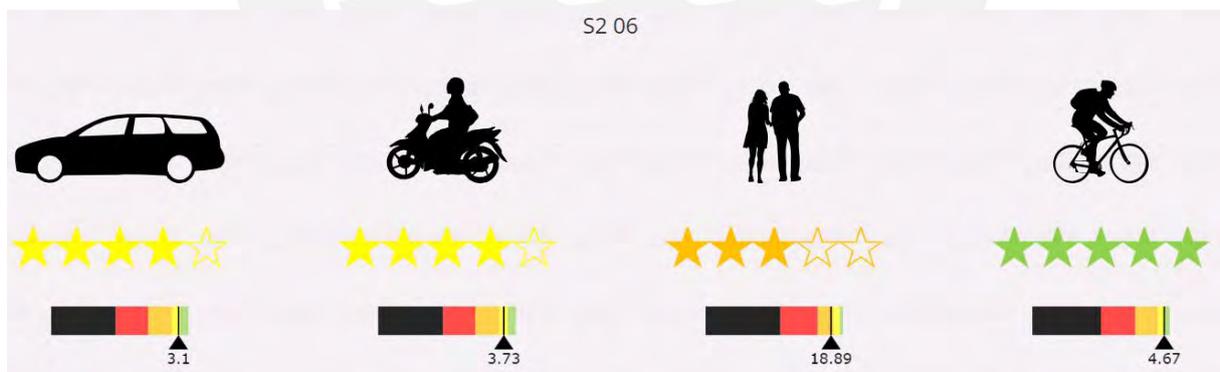
S2-04



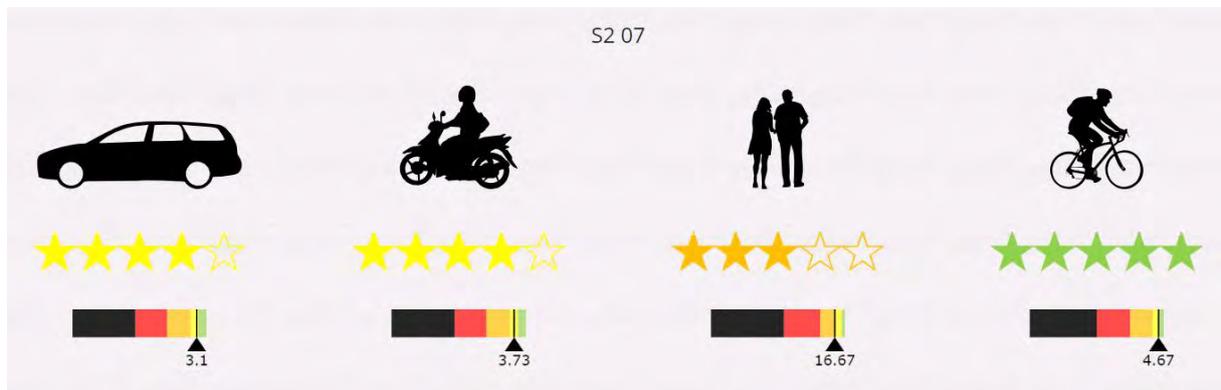
S2-05



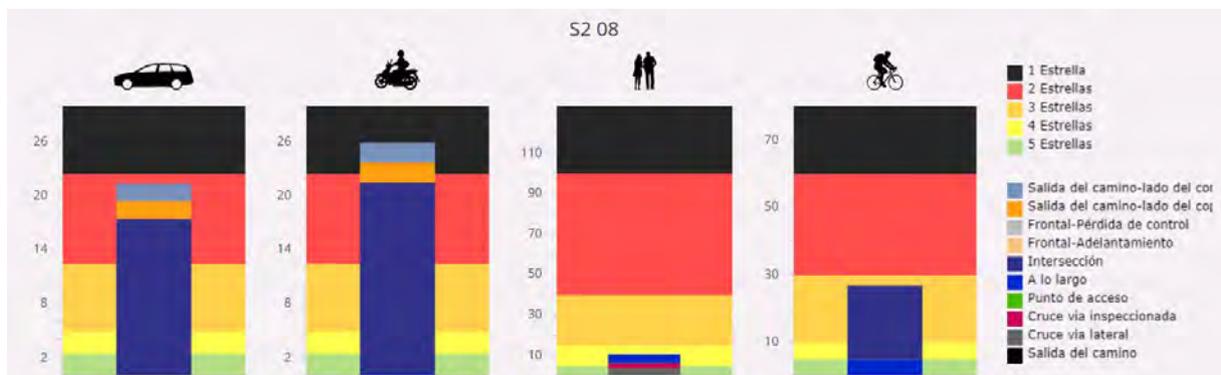
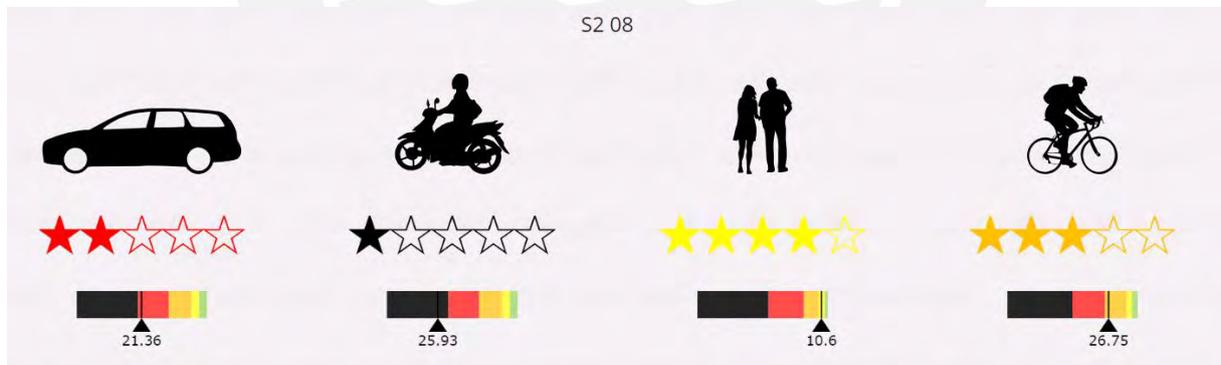
S2-06



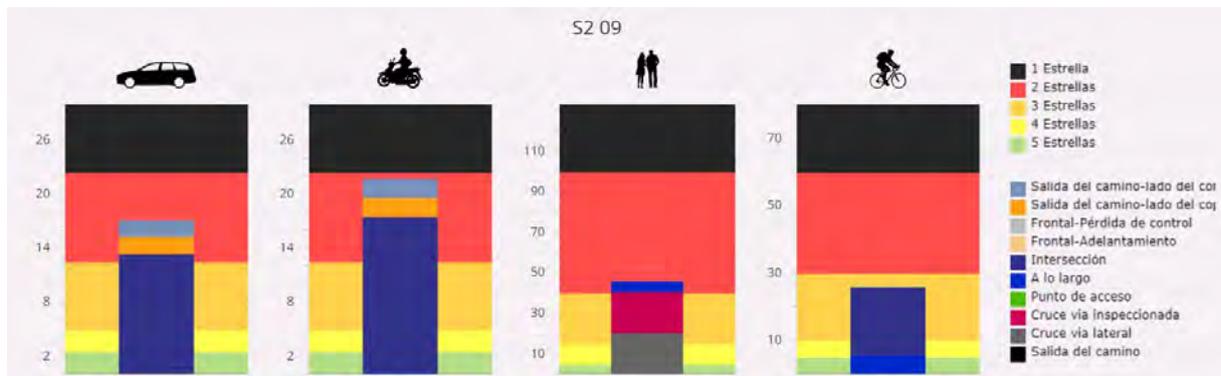
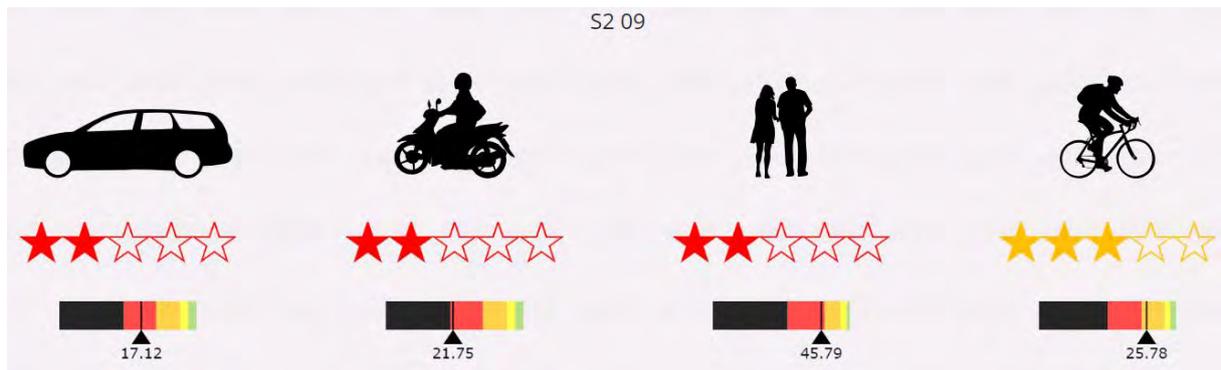
S2-07



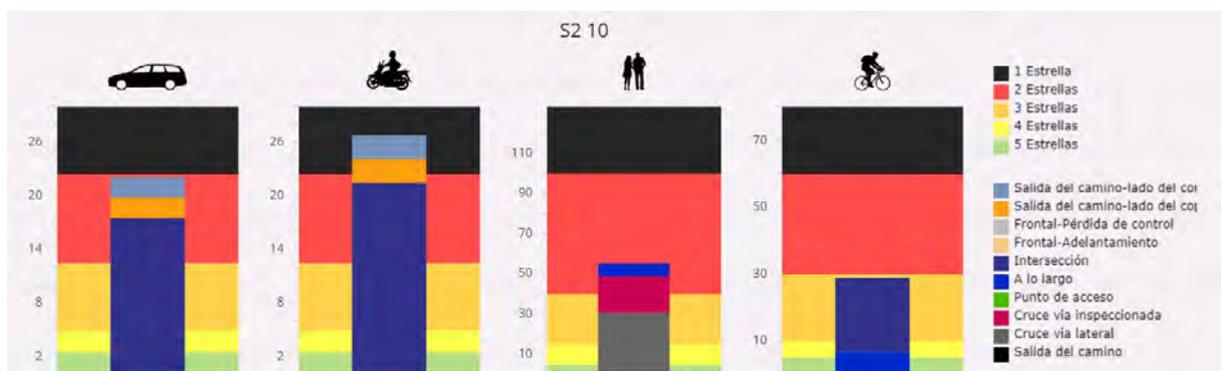
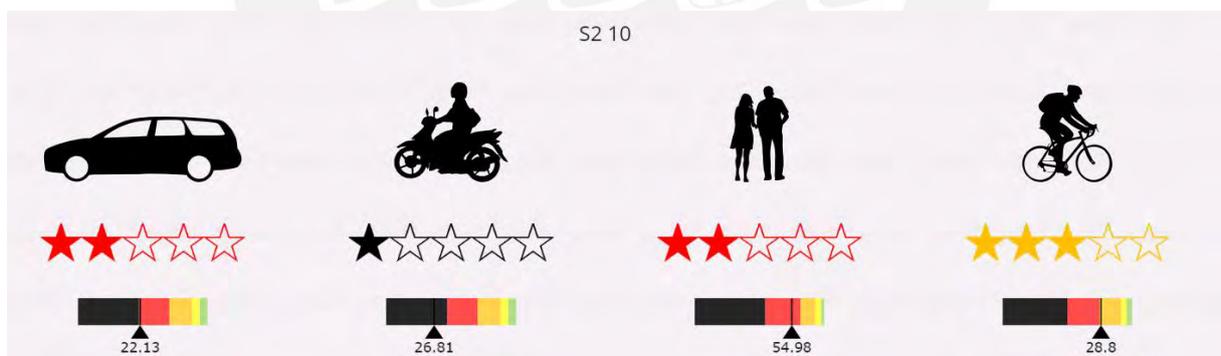
S2-08



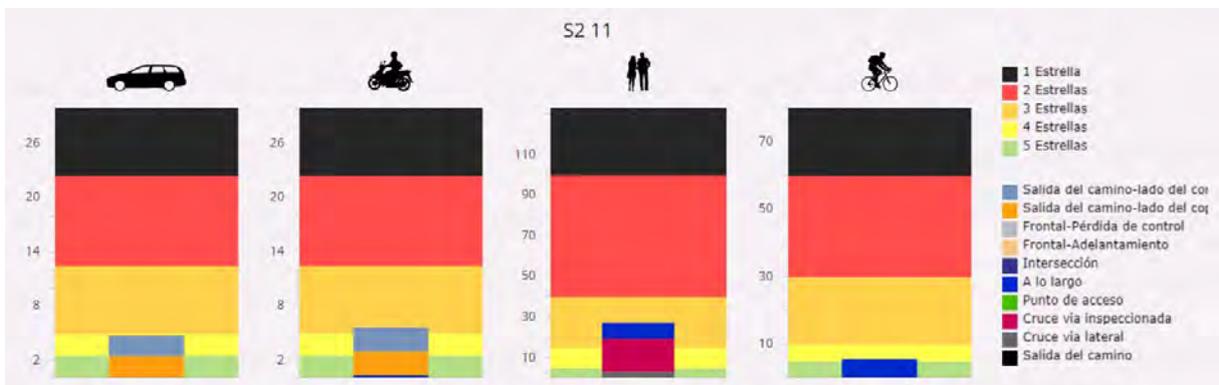
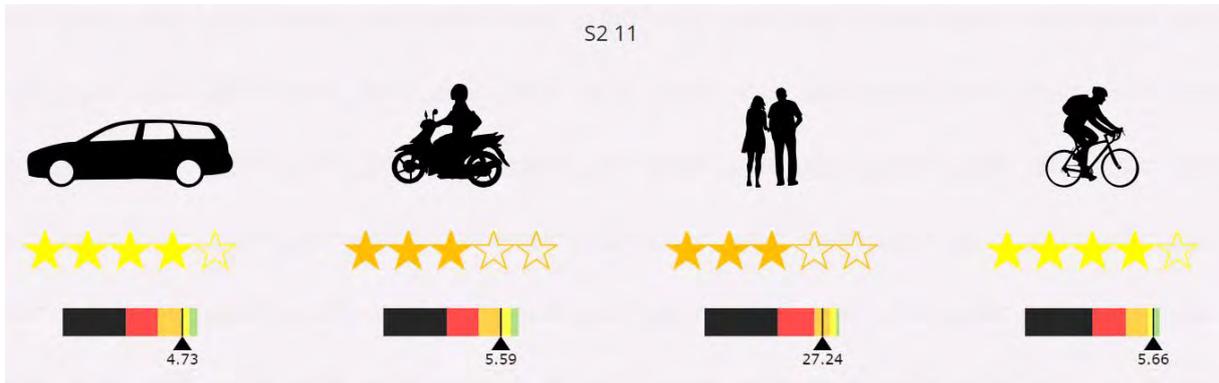
S2-09



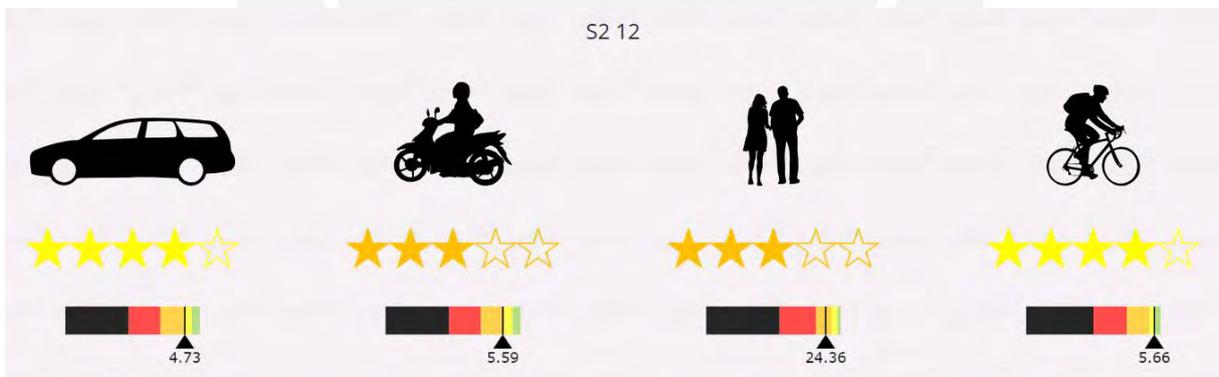
S2-10



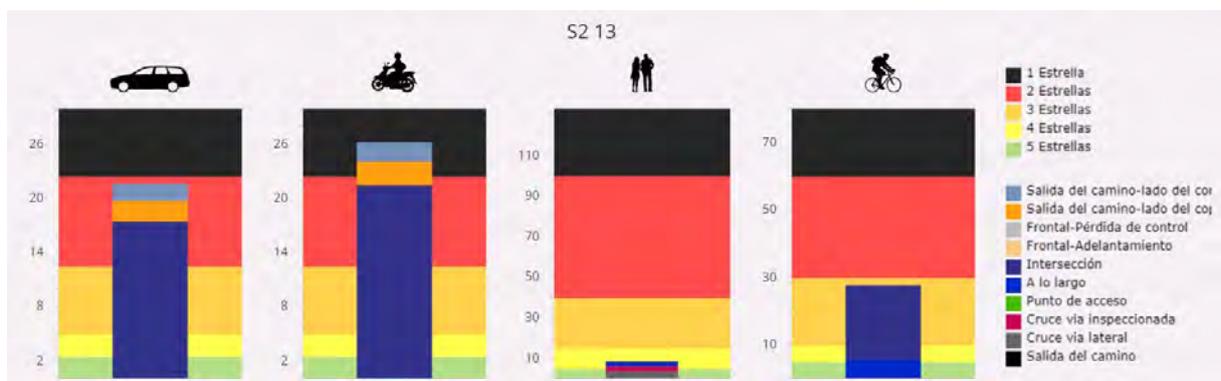
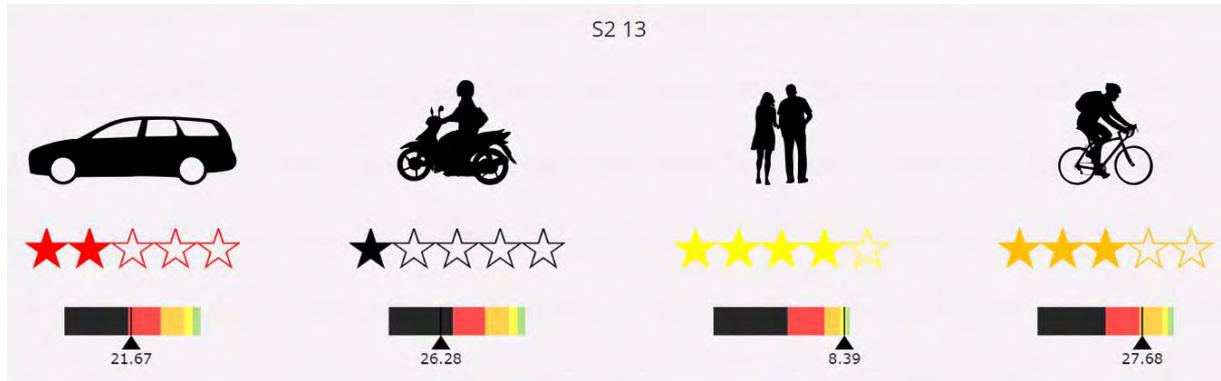
S2-11



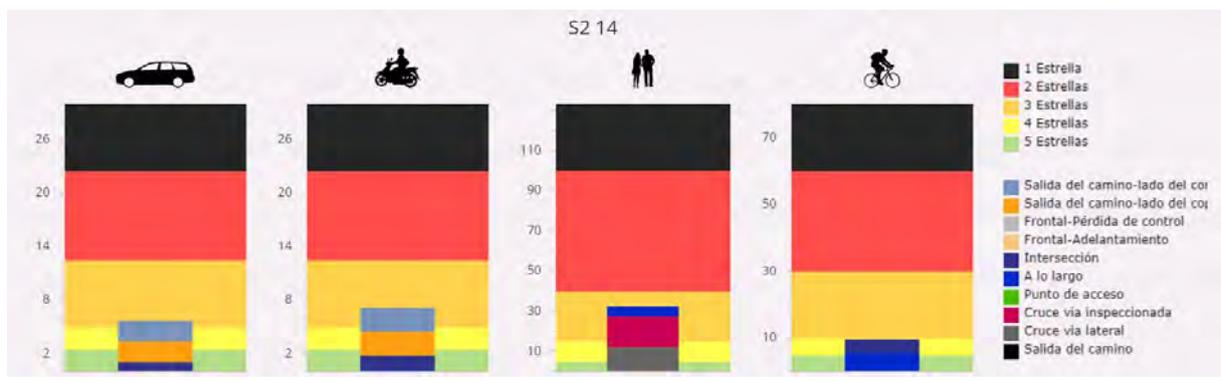
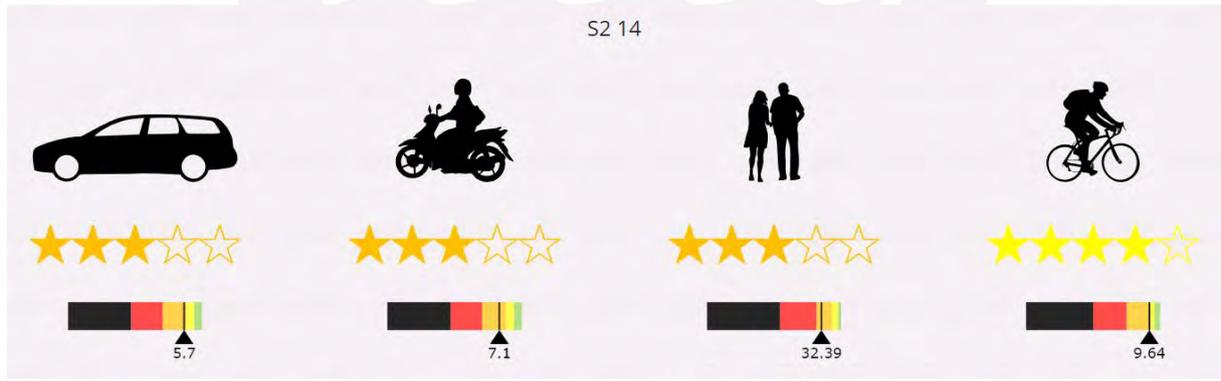
S2-12



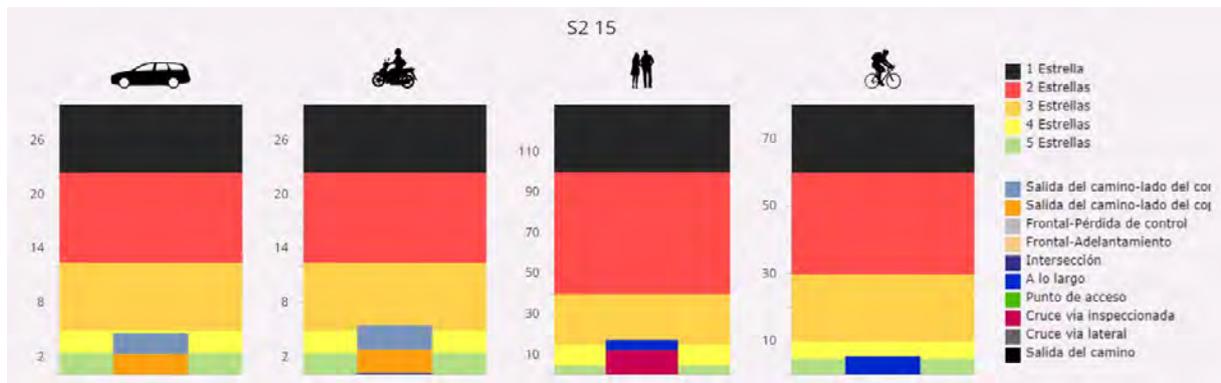
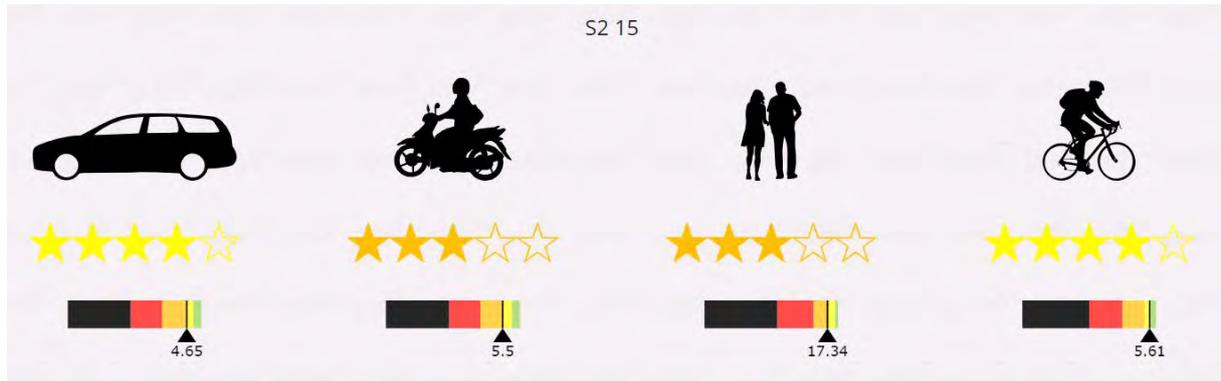
S2-13



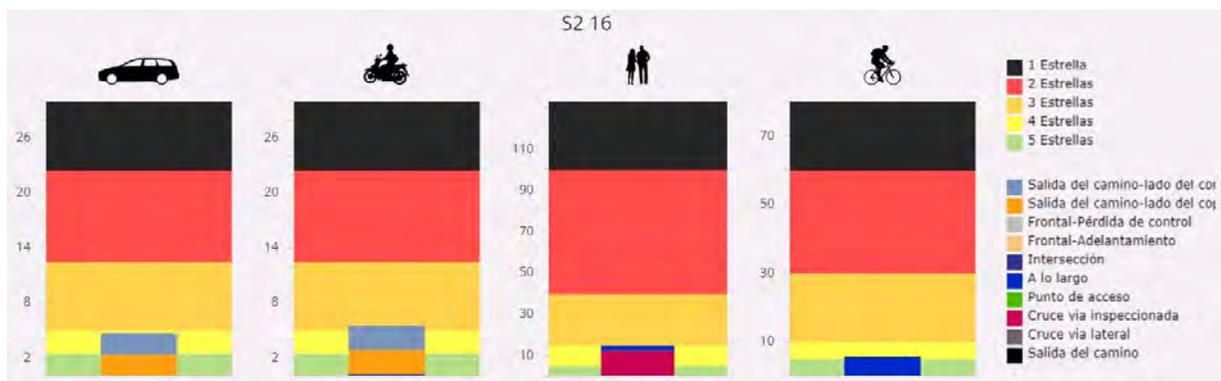
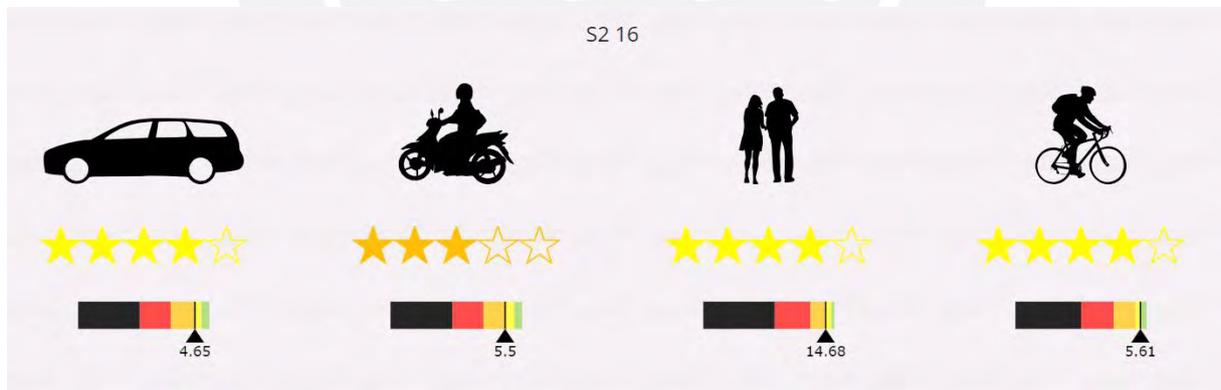
S2-14



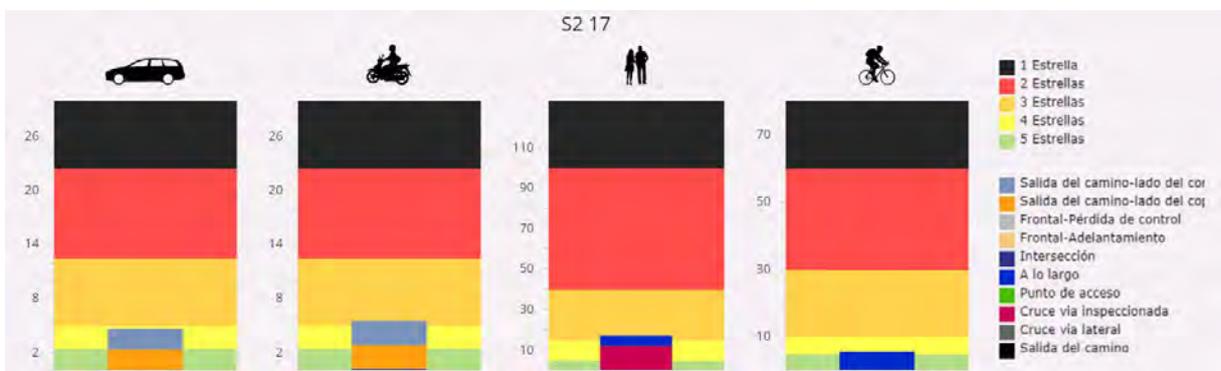
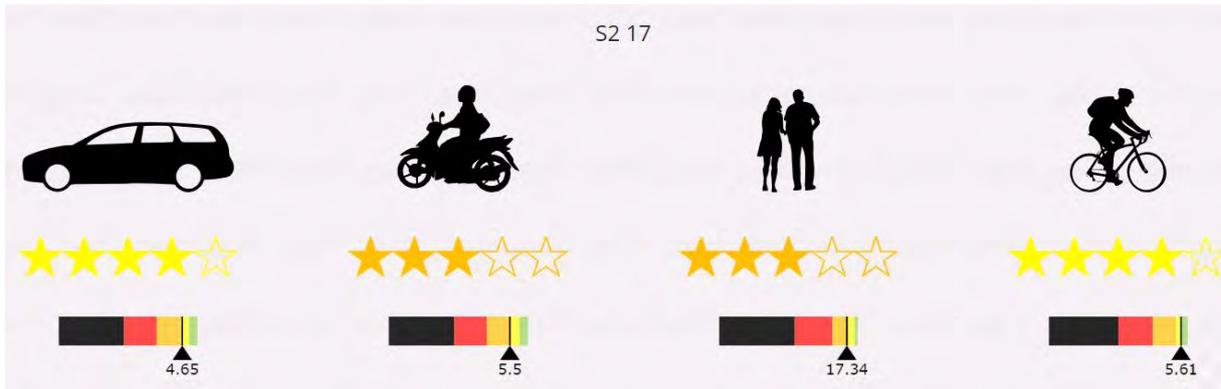
S2-15



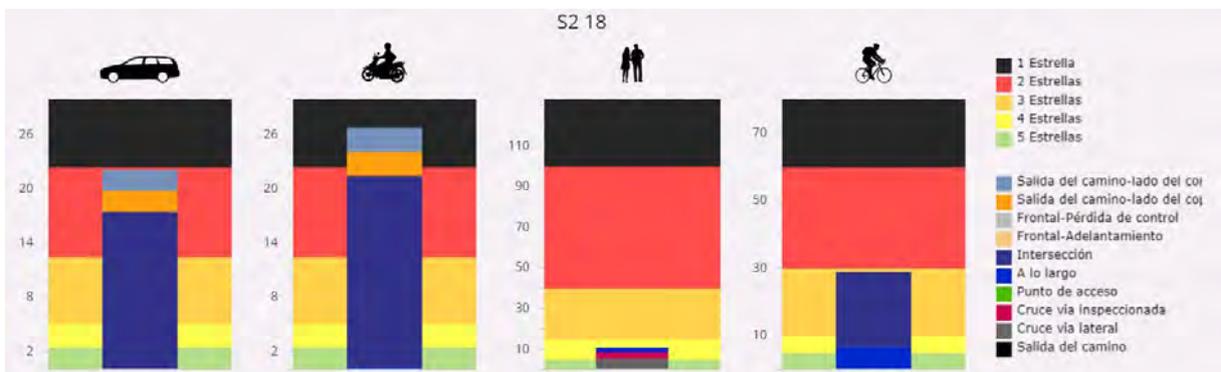
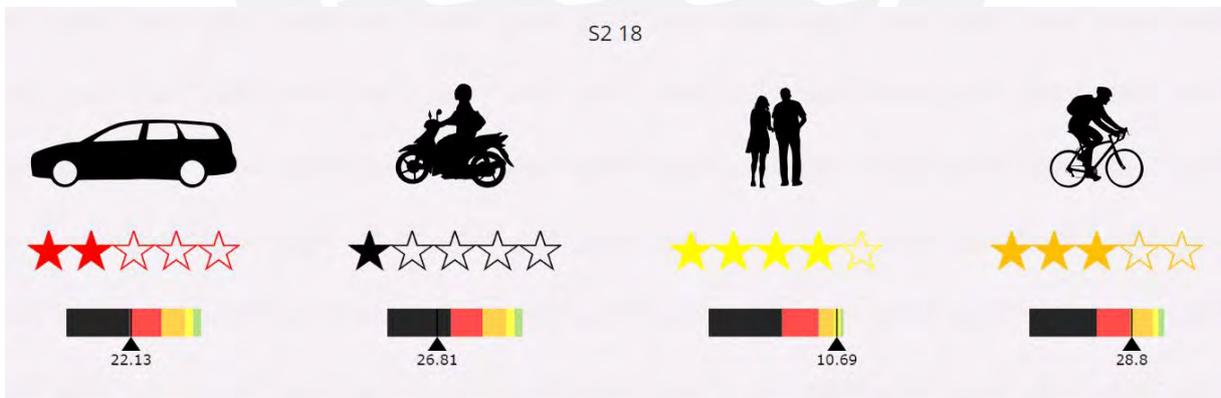
S2-16



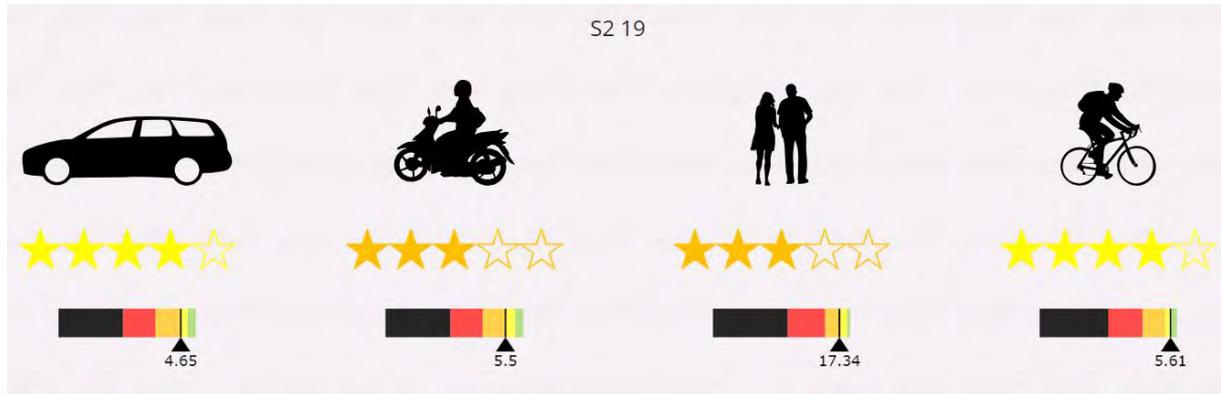
S2-17



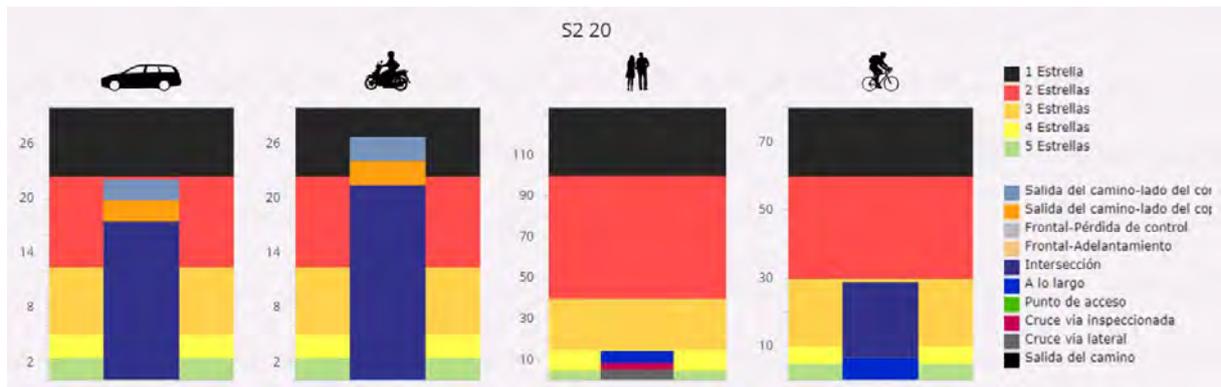
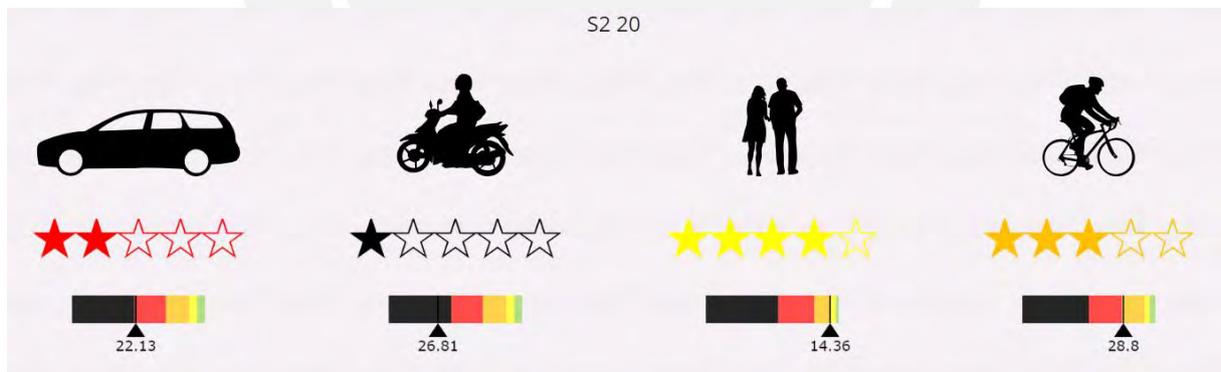
S2-18



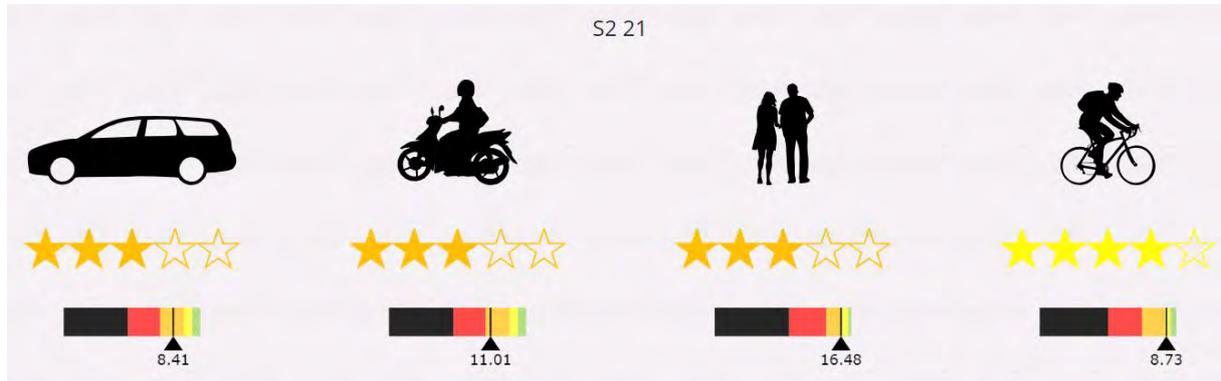
S2-19



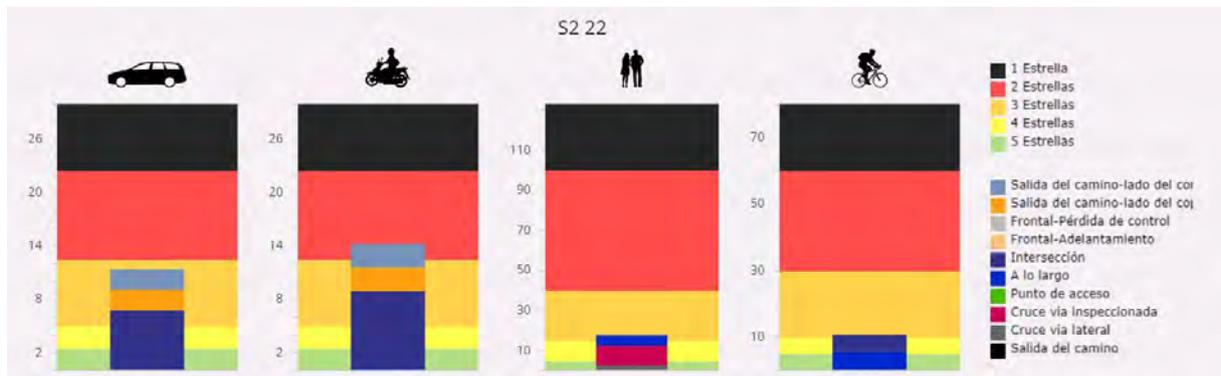
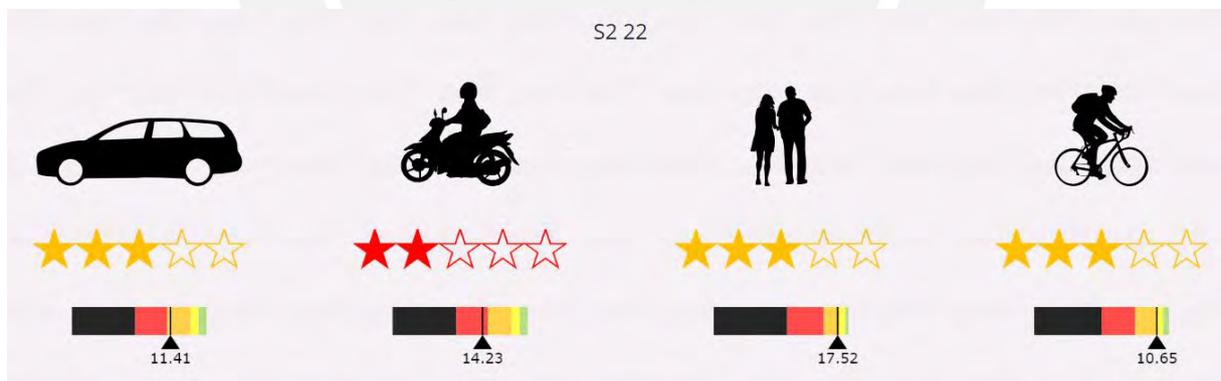
S2-20



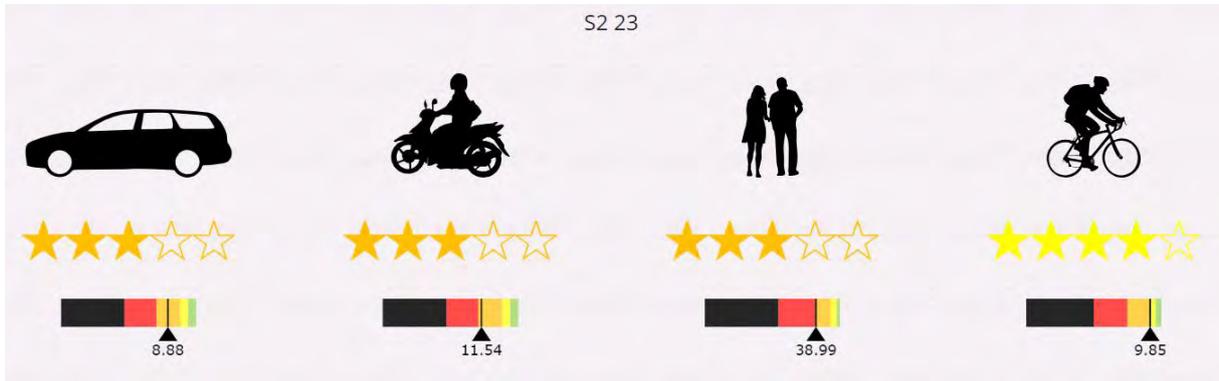
S2-21



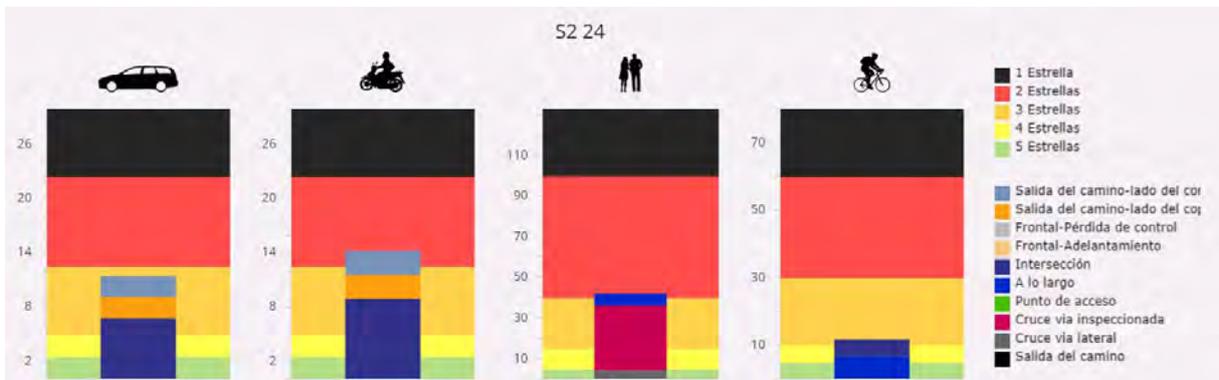
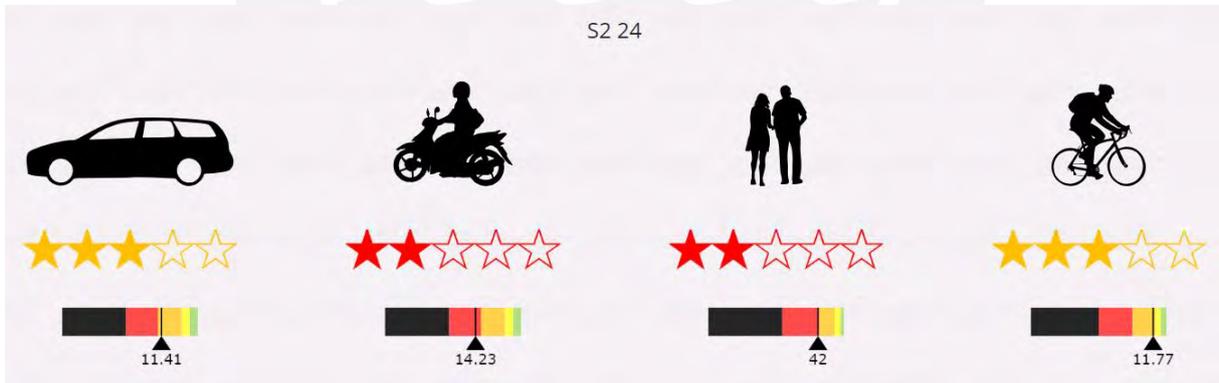
S2-22



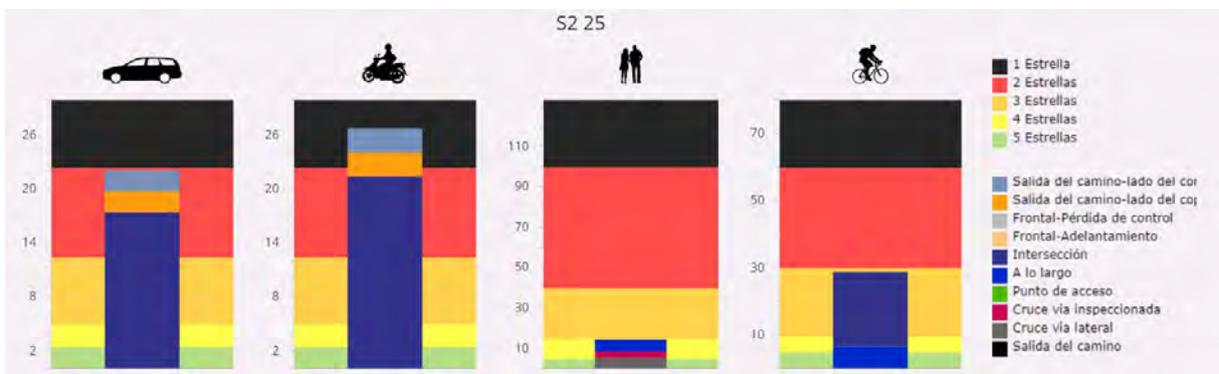
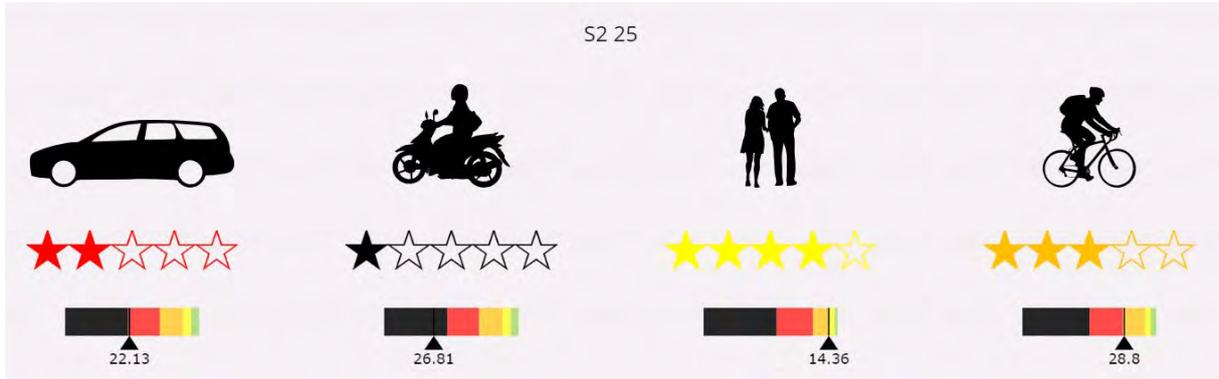
S2-23



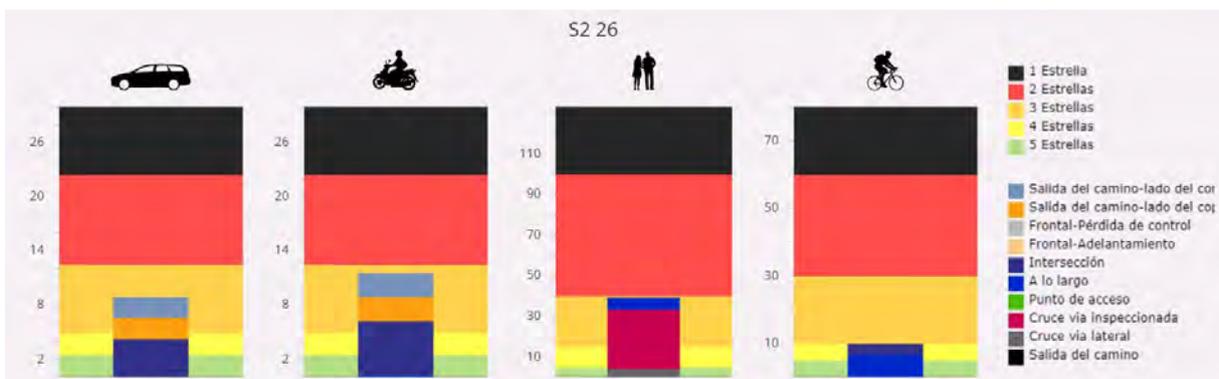
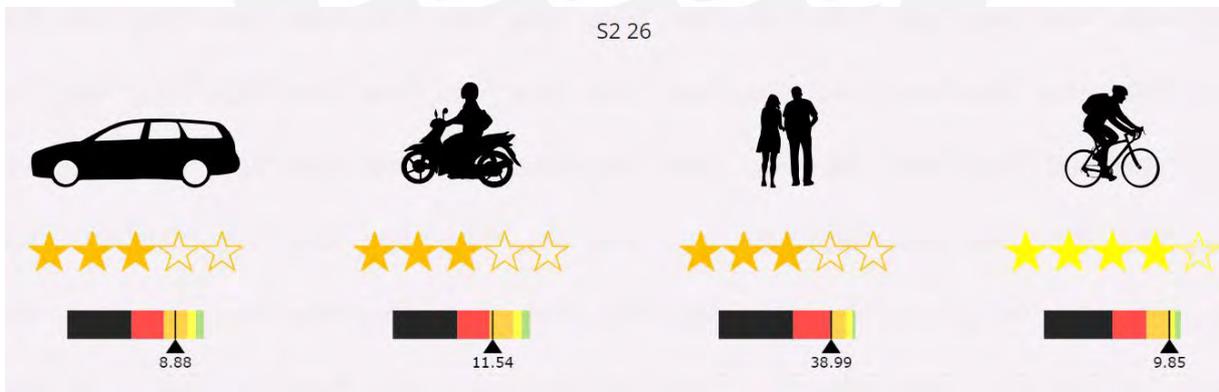
S2-24



S2-25



S2-26



S2-27

