



Facultad de Ciencias

# **CONSTRUCCIÓN CIVIL**

## **EVALUACIÓN DEL SISTEMA “PLACA AMARILLA” COMO UNA SOLUCIÓN EFICAZ PARA LA VISIBILIDAD Y SEGURIDAD VIAL**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:

Nikolas Ilic Vigil

Profesor guía:

Francisco Lagos Peralta

Enero 2020

Santiago, Chile

## RESUMEN EJECUTIVO

Chile es un país en vías de desarrollo que posee más de 85 mil kilómetros de carreteras, los cuales se encuentran sometidos a la amplia variedad de situaciones climáticas. Lo anterior, refuerza la necesidad de que toda la infraestructura que se cree para uso civil perdure en el tiempo sin disminuir su desempeño debido al impacto que el ambiente tiene sobre estos caminos. Todos estos factores se deben tener en mente al minuto de querer mejorar la calidad de vida de los usuarios de dicha infraestructura a través de la mejora de la visibilidad de los implementos de seguridad y, en consecuencia, de la seguridad vial.

La solución actual para dar visibilidad a las carreteras y caminos que componen la Red Vial Nacional especificada en el Manual de Carreteras consta de la instalación de “ojos de gato” o “aletas reflectantes” sobre las barreras de contención. Estas aletas cuentan con elementos retrorreflectantes adheridos a ellas, los cuales son los responsables de reflejar la luz de los focos de los vehículos y permitir a los usuarios visualizarlas en condiciones nocturnas y/o climáticamente dificultosas. Además, los “ojos de gato” poseen una geometría tal que el ángulo de reflexión de la luz ayuda aún más a la visualización de las barreras con anticipación, otorgando mayor seguridad ante curvas y caminos peligrosos.

La motivación detrás de este Trabajo de Título es la evaluación de una nueva solución para la mejora de la seguridad vial, llamada PLACA AMARILLA, la cual fue creada y propuesta por Neven Ilic Vladislavic. Este producto pretende mejorar la seguridad vial de carreteras y caminos mediante una mejora en la visibilidad, lo cual se quiso demostrar el año 2008, en conjunto con el Ministerio de Obras Públicas, en un experimento que consistió en colocar PLACA AMARILLA en un tramo dentro de la Ruta K-40 del Maule. Por diversos motivos este experimento no llegó a una conclusión definitiva, por lo que este informe pretende levantar toda la información necesaria para entregar un diagnóstico y una respuesta definitiva a la interrogante: ¿Es PLACA AMARILLA una solución eficaz para mejorar la visibilidad en carreteras y caminos?

Para llevar a cabo de forma conceptualmente correcta este trabajo, se identificaron tres aristas fundamentales para contextualizar esta evaluación: la definición de obras civiles, las definiciones y conceptos de seguridad vial y la teoría física de la reflexión. En particular, las últimas dos aristas tienen directa relación con la Red Vial Nacional, ya que es aquí donde los fenómenos físicos de reflexión de la luz deberán ser manipulados de tal forma de minimizar las probabilidades de riesgo de los conductores, aplicando todas las medidas posibles de seguridad vial.

La solución propuesta es un producto de acero galvanizado color amarillo RAL1025 llamado PLACA AMARILLA la cual pretende ser una solución para mejorar la seguridad vial de carreteras y caminos a lo largo de la Red Vial Nacional. Además de proponer una mejora en la visibilidad de los caminos en que sea instalada, afirma tener una durabilidad superior a 20 años de uso, manteniendo su desempeño bajo cualquier situación ambiental. Por otro lado, a la fecha existen cuatro diseños distintos de PLACA AMARILLA, los cuales se ajustan a la realidad de cada uno de los tramos del camino: placa para barrera doble o triple onda, placa para nieve en barrera metálica doble o triple onda, placa para barrera de hormigón y placa para barrera metálica de puente.

Finalmente, después de un profundo análisis y comparación de PLACA AMARILLA con la solución empleada actualmente en carreteras y caminos de la Red Vial Nacional, se llegó a la conclusión de que la mejora de la visibilidad vial se puede dar a través de dos maneras: por contraste con el pavimento o por reflexión de la luz emitida por los focos de los vehículos o de los postes de luz. Dicho esto, gracias a la realización de un experimento en conjunto con un experto del MOP, se pudo comprobar que PLACA AMARILLA solamente aporta a la visibilidad por contraste con el pavimento, ya que su índice de retrorreflexión es  $1 \text{ cd}/(\text{lux} \cdot \text{m}^2)$ , muy por debajo de los elementos utilizados actualmente (entre 45 y  $170 \text{ cd}/(\text{lux} \cdot \text{m}^2)$ ). Además, se dilucidaron otros factores que impiden que PLACA AMARILLA sea utilizada, como lo es el hecho de que, al colocar un nuevo elemento sobre una barrera de contención, ésta pierde su certificación de calidad y ya no puede asegurar un correcto funcionamiento frente a impactos vehiculares.

Dado lo anterior, para aumentar la utilidad del producto, se recomienda evaluar la posibilidad de utilizar más colores en la fabricación de las placas, de forma de que puedan ser usadas como advertencias del estado o dificultad del camino, para luego estudiar el impacto de esto en la seguridad vial de carreteras y caminos.

## SUMMARY

Chile is a developing country that has more than 85 thousand kilometers of roads and highways constantly under a wide variety of weather. This last part reinforces the fact that all the infrastructure created for its civil use must endure through time without failing, without failing or collapsing. All this must be taken into consideration when the main goal is to improve the driver's quality of life using security elements that provide visibility and thus improve road safety.

The current solution to improve visibility to highways and roads that make up the National Road Network specified in the Road Manual consists of the installation of "cat eyes" or "reflective fins" on the containment barriers. These fins have retroreflective elements attached to them, which are responsible for reflecting the light of the vehicle's bulbs and allowing users to view them in nocturnal and / or weather-difficult conditions. In addition, the "cat eyes" triangular shape helps its angle of reflection further the visualization of the barriers in advance, giving greater security against curves and dangerous paths.

The motivation behind this Title Work is the evaluation of a new solution for the improvement of road safety, called YELLOW PLATE, which was created and proposed by Neven Ilic Vladislavic. This product aims to improve road safety through an improvement in visibility, which was intended to demonstrate the year 2008, together with the Ministry of Public Works, in an experiment that consisted of placing YELLOW PLATE on a stretch, within the K-40 Route of Maule. For various reasons this experiment did not reach a definitive conclusion, therefore, this report aims to raise all the information necessary to deliver a diagnosis and a definitive answer to the question: Is YELLOW PLATE an effective solution to improve visibility on roads and paths?

To carry out this work conceptually accurate, three fundamental edges were identified to contextualize this evaluation: the definition of civil works, the definitions and concepts of road safety and the physical theory of reflection. In particular, the last two edges are directly related to the National Road Network, since this is where the physical phenomena of light reflection should be manipulated in such a way as to minimize the drivers' risk probabilities, applying all possible measures road safety

The proposed solution is a RAL1025 yellow galvanized steel product called YELLOW PLATE which aims to be a solution to improve road and road safety along the National Road Network. In addition to proposing an improvement in the visibility of the roads on which it is installed, it claims to have a durability exceeding 20 years of use, maintaining its performance under any environmental situation. On the other hand, to date there are four different designs of YELLOW PLATE, which conform to the reality of each of the sections of the road: double or triple wave barrier plate, snow plate in double or triple wave metal barrier, concrete barrier plate and metal bridge barrier plate.

Finally, after a thorough analysis and comparison of PLACA AMARILLA with the solution currently used on roads and roads of the National Road Network, it was concluded that the improvement of road visibility can be given in two ways: contrast with the pavement or by reflection of the light emitted by the bulbs of the vehicles or the light poles. That said, thanks to the performance of an experiment in conjunction with an MOP

expert, it was found that YELLOW PLATE only contributes to visibility by contrast with the pavement, since its retroreflection index is  $1 \text{ cd} / (\text{lux} * \text{m}^2)$ , well below the elements currently used (between 45 and  $170 \text{ cd} / (\text{lux} * \text{m}^2)$ ). In addition, other factors that prevent YELLOW PLATE from being used were elucidated, as is the fact that, by placing a new element on a containment barrier, it loses its quality certification and can no longer ensure proper operation against impacts vehicular

Given the above, to increase the usefulness of the product, it is recommended to evaluate the possibility of using more colors in the manufacture of the plates, so that they can be used as warnings of the state or difficulty of the road, and then study the impact of this. in road and road safety

SOLO USO ACADÉMICO

## ÍNDICE

|       |                                                                                           |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | INTRODUCCIÓN .....                                                                        | 6  |
| 2.    | ANTECEDENTES GENERALES .....                                                              | 7  |
| 2.1   | CONTEXTO NACIONAL .....                                                                   | 7  |
| 2.2   | PROBLEMA .....                                                                            | 9  |
| 2.3   | SOLUCIÓN ACTUAL .....                                                                     | 9  |
| 2.4   | MOTIVACIÓN .....                                                                          | 9  |
| 3.    | OBJETIVOS .....                                                                           | 11 |
| 4.    | ALCANCE .....                                                                             | 12 |
| 5.    | MARCO TEÓRICO .....                                                                       | 13 |
| 5.1   | DEFINICION DE OBRAS CIVILES .....                                                         | 13 |
| 5.2   | SEGURIDAD VIAL .....                                                                      | 13 |
| 5.3   | TEORIA DE LA REFLEXIÓN .....                                                              | 14 |
| 6.    | ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ACTUAL .....                                                      | 15 |
| 7.    | DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....                                                | 17 |
| 7.1   | DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO .....                                                            | 17 |
| 7.2   | ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO .....                                                         | 17 |
| 7.2.1 | Placa para barrera metálica doble o triple onda .....                                     | 17 |
| 7.2.2 | Placa especial para nieve en barrera metálica doble o triple onda .....                   | 19 |
| 7.2.3 | Placa para barrera de hormigón .....                                                      | 20 |
| 7.2.4 | Placa para barrera metálica de puente .....                                               | 21 |
| 7.2.5 | Elementos Retrorreflectantes .....                                                        | 21 |
| 7.3   | LÍNEA DE PRODUCCIÓN .....                                                                 | 22 |
| 7.4   | IMPLEMENTACIÓN .....                                                                      | 22 |
| 7.4.1 | Control de Calidad .....                                                                  | 22 |
| 7.4.2 | Instalación de placa para barrera metálica doble o triple onda .....                      | 22 |
| 7.4.3 | Instalación de placa especial para nieve en barrera metálica doble o triple<br>onda ..... | 23 |
| 7.4.4 | Instalación de placa para barrera de hormigón .....                                       | 23 |
| 7.4.5 | Instalación de placa para barrera metálica de puente .....                                | 24 |
| 7.4.6 | Disposición del tránsito .....                                                            | 24 |
| 7.5   | PARTIDAS DEL PRESUPUESTO Y BASES DE MEDICIÓN .....                                        | 25 |
| 8.    | ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y COMPARACIÓN CON LA<br>SOLUCIÓN ACTUAL .....           | 26 |
| 9.    | CONCLUSIONES .....                                                                        | 29 |
| 10.   | BIBLIOGRAFÍA .....                                                                        | 30 |
| 11.   | ANEXOS .....                                                                              | 31 |
| 11.1  | Anexo 1: ENTREVISTA NEVEN ILIC VLADISLAVIC .....                                          | 31 |

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Constructores Civiles tienen diversos deberes, entre ellos, en lo que respecta a este trabajo de título, el más importante es principalmente el de crear la infraestructura que permita el desarrollo económico, cultural y social de un país. Esta infraestructura recibe el nombre de Obras Civiles y este último término se refiere a todas y cada una de las personas que conforman la sociedad actual. A su vez, esta infraestructura debe ser capaz de soportar el paso del tiempo hasta convertirse en patrimonio.

En Chile actualmente existen más de 85 mil kilómetros a lo largo de la Red Vial Nacional, en la cual casi el 50% son caminos no pavimentados. De lo anterior se puede inferir que todavía existe un gran potencial de desarrollo y, al mismo tiempo, un riesgo considerable en lo que respecta a la seguridad vial de carreteras y caminos de zonas rurales y/o remotas. Además, es relevante mencionar que la geografía del país es la causa de que a lo largo de éste existen una gran variedad de situaciones climáticas, algunas más adversas que otras, por lo que es imperativo que los elementos de seguridad vial sean capaces de mantener un desempeño óptimo bajo cualquier condición ambiental.

En este trabajo de título se abordará el tema de la seguridad vial desde la perspectiva de la Construcción Civil, analizando en profundidad el contexto nacional y diversos métodos que pretenden aportar a la seguridad de carreteras y caminos. Uno de estos métodos se conoce como PLACA AMARILLA el cual será el foco de la evaluación que permitirá determinar si es realmente una buena solución ante la baja visibilidad que se pueda presentar en caminos con mayores limitaciones de iluminación.

## 2. ANTECEDENTES GENERALES

### 2.1 CONTEXTO NACIONAL

Chile es un país que se caracteriza por innumerables diferencias climáticas a lo largo y ancho de su territorio. Esto se transforma en un importante desafío para la implementación de medidas de seguridad relacionadas con la vialidad del país. En este sentido, las condiciones climáticas y geográficas de una región como Arica y Parinacota no son las mismas que se observan en una región como la de Magallanes. El primero presenta 4 variedades de clima principalmente (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2019), estos son:

- **Clima desértico nubloso:** Presenta abundantes nieblas matinales, o "camanchacas", originadas principalmente por la influencia de la corriente fría de Humboldt.
- **Clima desértico interior:** Se caracteriza por ser de extrema aridez, donde las precipitaciones anuales son de 0mm. Característicos de este clima son los días con cielos despejados y mucha luminosidad, y más seco que el clima del desértico costero.
- **Clima marginal de altura:** En este subtipo aparecen las primeras lluvias que fluctúan entre 50 y 100 mm anuales, ellas se presentan en los meses de verano producto del invierno boliviano.
- **Clima de estepa de altura:** La principal característica es el aumento de las precipitaciones que alcanzan a 300 mm de agua caída en el año.

Por otro lado, el clima en la región de Magallanes (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2019):

- **Clima de estepa fría semiárido:** La presencia de lagos, valles cordilleranos, ventisqueros y ríos hacen variar el clima, permitiendo la existencia de microclimas con mayores temperaturas.
- **Clima trasandino:** Se presenta con bajas temperaturas y escasas precipitaciones. La Patagonia oriental se caracteriza por vientos secos locales de la pampa provenientes del Oriente y por temperaturas altas permitiendo de esta manera el asentamiento humano.
- **Clima frío de altura:** El clima frío de altura se registra en la zona Cordillerana de los Andes Patagónicos, presentando temperaturas bajo cero grados todo el año, sus precipitaciones son preferentemente sólidas y caen alrededor de 2.000 mm anuales
- **Clima templado frío y húmedo de tundra:** En la Zona Occidental Archipiélica el clima se presenta frío, húmedo y lluvioso, con precipitaciones de 3.500 mm anuales. Sus temperaturas son bajas y los vientos fuertes se presentan durante todo el año. En general las precipitaciones disminuyen de Occidente a Oriente y las temperaturas aumentan en la misma dirección.



Todos los factores mencionados anteriormente influyen de manera distinta en el desempeño de los implementos de seguridad vial. Puede ser en el desgaste de los implementos o simplemente que la situación climática imposibilite la visión de estos.

Paralelamente, los más de 4.270 kilómetros de largo y 445 km de ancho que caracterizan a Chile (Gobierno de Chile, 2019), han generado que una de las acciones mas definitivas en cuanto a su desarrollo como país sea la construcción de carreteras. Estas no solo han permitido unir los extremos y conectar a la población, sino que también ha sido clave en la distribución y comercialización de productos a lo largo del país. Lo anterior no ha estado exento de dificultades, ya que precisamente esa longitud es la que hace que existan muchas zonas remotas de difícil acceso, las cuales no cuentan con abastecimiento de electricidad -para iluminar los caminos-, ni con caminos pavimentados, elevando considerablemente la probabilidad de accidentes viales. A modo de ejemplo, el año 2018 de los casi 58 mil accidentes ocurridos a lo largo del país, 497 fueron causados por deficiencias viales (Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, 2019). Otro dato importante de destacar es que la cantidad de vehículos en circulación aumentó a una tasa de 5,1% anual entre los años 2013-2017 (Instituto Nacional de Estadísticas, 2017).

En lo que respecta a la red vial, de los de 85.220 kilómetros viales del país al año 2017, el 59 % corresponde a caminos no pavimentados, es decir, de ripio o de tierra, como se puede observar en el Grafico 1 (Dirección de Vialidad, 2017). Al respecto, el ex Ministro de Obras Públicas, Alberto Undurraga, señaló que buscaba aumentar el porcentaje de caminos pavimentados o con soluciones básicas a un 50%. (La Tercera, 2017)

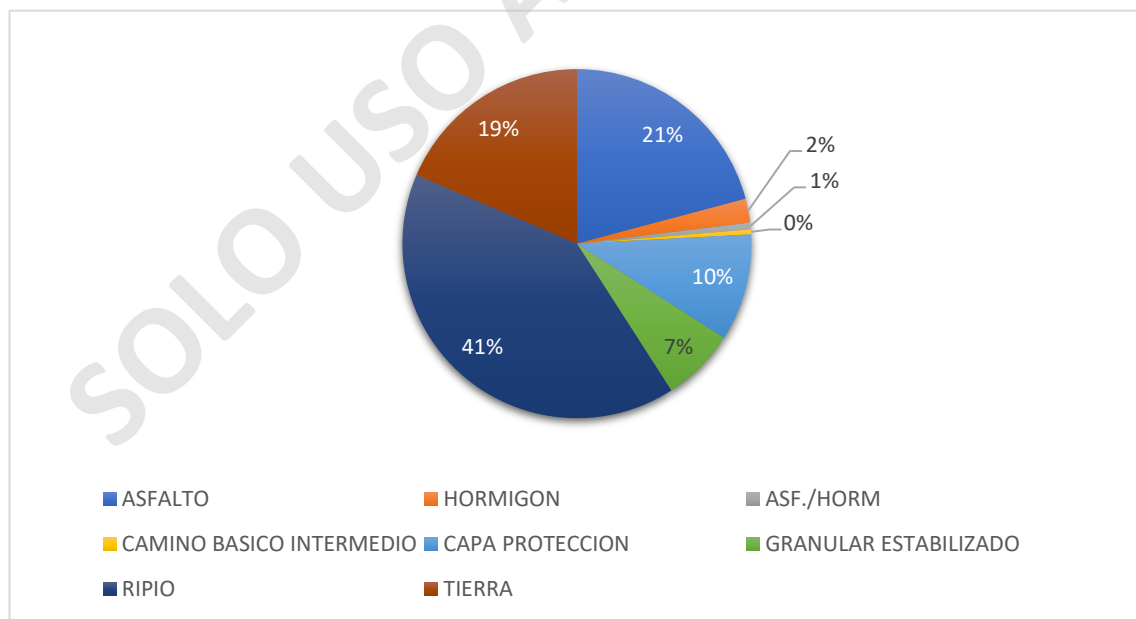


Gráfico 1: Distribución de la materialidad de los caminos de la Red Vial Nacional, 2017

## **Ministerio de Obras Públicas (MOP)**

Esta es la entidad encargada de proporcionar al país estructuras y proyectos pensados con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos mediante lo cual el país puede alcanzar niveles de desarrollo superior. (Ministerio de Obras Públicas, 2019)

### **2.2 PROBLEMA**

Como fue mencionado anteriormente, Chile es un país extenso con un clima variado, por lo que es necesario mantener equipadas las carreteras y caminos con materiales que puedan soportar todas condiciones climáticas y la oscuridad en la noche sin disminuir su rendimiento. Lo anterior es particularmente relevante ya que más de la mitad de la Red Vial Nacional, no está pavimentada, por lo tanto, sería correcto asumir que no cuentan con ninguna de las medidas de seguridad vial necesarias para proteger la integridad de los conductores.

### **2.3 SOLUCIÓN ACTUAL**

El método actual utilizado en caminos pavimentados consta de dos elementos: la barrera de contención y las aletas reflectantes u “Ojos de Gato”. Todas las especificaciones técnicas de estos implementos de seguridad vial deben ser respetadas según lo que dice el Manual de Carreteras, específicamente en la sección 5.707. (Dirección de Vialidad, 2019)

La barrera es una estructura metálica de acero galvanizado A240ES, de forma rectangular y con perfil W, la cual va instalada horizontalmente a ambos lados de la vía. Esta puede ser de color blanco o amarillo y es sostenida por postes metálicos hincados en fundaciones de hormigón H20 de a lo menos 0,75m de profundidad. La instalación de las barreras considera factores como altura, apriete de pernos, alineación del sistema, entre otros.

Los ojos de gato, aletas reflectantes o capta focos, que son pequeñas láminas de acero dobladas de forma triangular con pintura o cinta retro reflectante amarilla o blanca de alta densidad. Estas aletas deben ser situadas equidistantemente entre ellas, perpendiculares a la barrera de contención, a altura media, mirando en dirección a la vía de tal forma que puedan captar la luz de los faros en los vehículos.

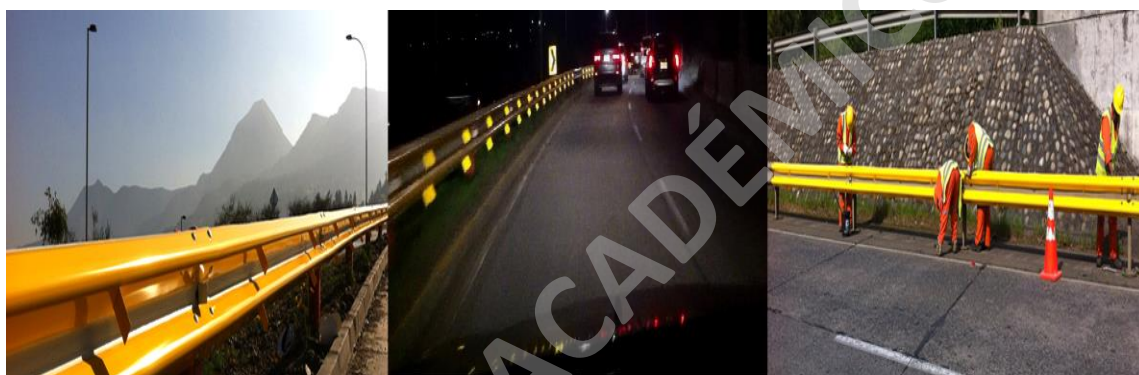
### **2.4 MOTIVACIÓN**

El deber de la construcción civil es otorgar seguridad a las personas que utilizaran la infraestructura construida, como son los caminos y carreteras, los cuales sistemáticamente conectan todas las demás obras civiles, tales como aeropuertos, minas, ferrocarriles y puertos. Lo anterior es especialmente importante en un país como Chile que actualmente se encuentra en vías de desarrollo, ya que gracias a estos caminos se logra la conexión entre los extremos, lo cual permite potenciar el desarrollo económico y cultural.

Por otro lado, existe una motivación generada por las características inherentes al producto, el cual pretende ser una herramienta para mejorar la seguridad vial mediante la mejora de la visibilidad y con ello, la calidad de vida de las personas. Este producto fue creado el año 2006 por Neven Ilic Vladislavic con las mismas motivaciones aquí mencionadas: la necesidad de dar una mayor seguridad al tráfico carretero

El año 2008, se decidió probar el producto en conjunto con el MOP, para lo cual se escogió un tramo en la ruta K40 en la Región del Maule, en la cual se colocaron 400 metros de PLACA AMARILLA. Lo anterior pretendía experimentar con el producto y verificar si podía solucionar de manera eficaz la visibilidad nocturna en la ruta K40 bajo condiciones normales y bajo lluvia. Este experimento, constó en situar estas placas a uno de los lados del camino de forma de poder comparar los grados de luminosidad que estas aportaban al pasar los autos de noche y con lluvia, versus el resultado sin las placas.

De forma preliminar el experimento pudo demostrar que las placas efectivamente aportaban en la visibilidad del camino, como se puede apreciar en la Ilustración 1, sin embargo, esto no permite sacar conclusiones generales de su eficacia bajo cualquier condición climática. Es por lo anterior que este trabajo de título pretende profundizar en el tema y llegar a una conclusión más robusta.



*Ilustración 1: PLACA AMARILLA instalada, vista durante el día y la noche*

### 3. OBJETIVOS

#### **Objetivo general:**

Evaluar “PLACA AMARILLA” como una solución eficaz ante la baja visibilidad en carreteras y caminos de zonas rurales bajo cualquier situación ambiental.

#### **Objetivos específicos:**

- Analizar la solución actual
- Analizar la solución propuesta (PLACA AMARILLA)
- Comparar ambas soluciones
- Realizar recomendaciones según las conclusiones obtenidas

SOLO USO ACADÉMICO

#### 4. ALCANCE

El alcance de este trabajo de título abarca un análisis de la solución actual, de la solución propuesta y su correspondiente comparación de atributos. Posterior a esta evaluación se llegará a una conclusión que definirá si la solución propuesta cumple o no con los requerimientos.

Es importante señalar que no se considerará dentro de los alcances la implementación del producto por temas de tiempo y recursos adicionales que se podrían requerir, sin embargo, sí se entregarán recomendaciones en base a las conclusiones obtenidas.

SOLO USO ACADÉMICO

## 5. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentarán los conceptos teóricos más relevantes para este trabajo de título, los cuales serán utilizados a lo largo de toda la evaluación, tanto de la solución actual como de la propuesta, y también permitirán al lector comprender de mejor manera el trabajo realizado.

### 5.1 DEFINICION DE OBRAS CIVILES

La palabra “civil” refiere a lo perteneciente a los ciudadanos o a la ciudad. En el ámbito del derecho, es lo que pertenece a las relaciones y los intereses privados (en oposición a lo público). La noción de obra civil está vinculada al desarrollo de infraestructuras para la población (Porto & Gardey, 2019). En este caso, podemos mencionar puertos, ferrocarriles, aeropuertos, carreteras y caminos, entre otros.

Las carreteras y caminos forman parte de la vida cotidiana diaria de los habitantes de cualquier ciudad en cualquier parte del mundo. Permiten el flujo de mercancías de exportación y el traslado vehicular mediante el cual los habitantes pueden llegar a sus diferentes destinos, ya sea camino al trabajo o de vuelta a sus hogares.

### 5.2 SEGURIDAD VIAL

La seguridad vial en las carreteras y caminos radica principalmente en tres aspectos: el pavimento, la señalética y las defensas camineras. El primero es importante ya que es por donde transitan los vehículos y este debe ser capaz de soportar el desgaste debido a los neumáticos. La segunda, corresponde a los letreros que hay en el camino, los cuales tienen por misión informar sobre condición del camino y las medidas o restricciones correspondientes. Por último, las defensas camineras tienen por función soportar impactos de vehículos y evitar desbarrancamientos.

Por otro lado, también son relevantes los siguientes conceptos (Ministerio de Fomento de España, 2012):

- **Visibilidad diurna:** Esta se consigue mediante marcas viales o señalética. Las marcas viales deben contrastar con el pavimento sobre el que están colocadas.
- **Visibilidad nocturna:** Se percibe cuando la iluminación de la marca vial y de la señalética se realiza desde los faros de un vehículo. Dentro de las direcciones de un haz correspondiente a un faro clásico, las intensidades luminosas se encuentran próximas a las 10.000cd (candelas)
- **Retrorreflexión:** Esta es la capacidad que tienen algunas superficies que por su estructura pueden reflejar la luz devuelta a la fuente, sin que importe el ángulo de incidencia original. Por ejemplo, a las marcas viales se les incorporan microesferas de vidrio que tienen por finalidad generar el fenómeno de la retrorreflexión mediante la luz de los faros de un vehículo, la cual es refractada y posteriormente reflejada haciéndola más fácil de visualizar para los conductores.

### 5.3 TEORIA DE LA REFLEXIÓN

La reflexión de la luz es el cambio en la dirección que experimenta un rayo cuando incide sobre una superficie opaca (Serway & Jewett, 2015).

#### **Reflexión difusa**

Ocurre cuando la luz incide en una superficie opaca que presenta una serie de irregularidades, haciendo que la luz se refleje en distintas direcciones.

#### **Reflexión especular**

Ocurre en superficies totalmente uniformes como es el caso de los espejos. En este caso, la reflexión se produce en una sola dirección y esto permite formar imágenes. Este tipo de fenómeno obedece a la ley de reflexión, por lo que ángulo de incidencia de los rayos es igual a ángulo en que se reflejan.

#### **Retroreflexión**

Es el fenómeno que ocurre cuando el haz reflejado regresa a su fuente paralelo a su trayectoria original, lo cual ocurre cuando el ángulo entre dos espejos es de 90 grados. Si se colocara un tercer espejo, perpendicular a los dos primeros (como la esquina de un cubo) la retroreflexión funcionaría en tres dimensiones, lo cual a veces es remplazado por pequeñas esferas, practica muy utilizada en las señales de tránsito.

#### **Refracción**

Es el cambio de dirección de los rayos de luz que ocurre cuando la luz pasa de un medio transparente a otro con distinta densidad, lo cual hace que cambie el ángulo en que se dirige el haz de luz. La diferencia entre el ángulo va a depender de los índices de refracción de cada uno de los medios. Vale la pena mencionar que el rayo incidente, el refractado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano al igual que los ángulos del fenómeno de la reflexión.

## 6. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ACTUAL

Actualmente, el método de instalación de elementos para mejorar la visibilidad especificado en el Manual de Carreteras consta en colocar aletas retrorreflectantes u ojos de gato, horizontal y equidistantemente entre ellas a lo largo de una barrera de contención vial previamente instalada. Estas aletas son láminas de acero galvanizado dobladas de forma triangular a las que posteriormente se les aplica una lámina retrorreflectante amarilla de alta densidad. Es importante señalar que la distancia entre estos elementos depende de la curvatura del tramo en que se estén colocando, como se puede ver en la Tabla 1, obtenida de la lámina 4.302.003 del Manual de Carreteras. (Dirección de Vialidad, 2019)

Tabla 1: Espaciamiento de los elementos retrorreflectantes

| Radio Curva Horizontal (m)            | Distancia Máxima (m) |
|---------------------------------------|----------------------|
| Radio < 100                           | 2                    |
| $100 \leq \text{Radio} < 200$         | 4                    |
| $200 \leq \text{Radio} < 300$         | 8                    |
| $300 \leq \text{Radio} < 500$         | 10                   |
| $500 \leq \text{Radio y tramo recto}$ | 12                   |

La característica principal de estas aletas es su capacidad de retrorreflejar la luz. El fenómeno de la retrorreflexión, en lo que respecta a la seguridad vial, ocurre cuando el haz emitido por los focos del auto regresa a su fuente paralelo a su trayectoria original, gracias a su interacción con las aletas reflectantes. Esto se debe a que los elementos retrorreflectantes, idénticos a los ocupados en la señalética, fueron diseñados para funcionar cuando la luz emitida se encuentra frente a dicho elemento ya que, al estar ubicados horizontalmente a lo largo de una barrera de contención, la forma triangular de estas aletas y su lámina reflectante de alta densidad son las que, mediante la refracción del haz de luz al entrar a la lámina, y su posterior retrorreflexión, permite al conductor percibir de mejor manera el tramo señalizado y reaccionar a tiempo.

La efectividad de las aletas retrorreflectantes es evaluada según aparece en la Tabla 2 tomando en consideración los ángulos de incidencia de los faros de un vehículo y cuánta luz debiera retrorreflejar según su color

Actualmente existen las aletas retrorreflectantes Tipo A y Tipo B, como se puede observar en las Ilustraciones 2 y 3, las que tienen un precio de 2.250 pesos y 1.890 pesos respectivamente.





Ilustración 2: Ojo de Gato Tipo A



Ilustración 3: Ojo de Gato Tipo B

Tabla 2: Niveles mínimos de retrorreflexión para señales Tipo III según Norma ASTM D4956 vigente

| Ángulo (°) |             | Retrorreflectancia mínima según color [cd/(lux*m²)] |          |       |      |      |      |
|------------|-------------|-----------------------------------------------------|----------|-------|------|------|------|
| Entrada    | Observación | Blanco                                              | Amarillo | Verde | Rojo | Azul | Café |
| -4         | 0,2         | 250                                                 | 170      | 45    | 45   | 20   | 12   |
| 30         | 0,2         | 150                                                 | 100      | 25    | 25   | 11   | 8,5  |
| -4         | 0,5         | 95                                                  | 62       | 15    | 15   | 7,5  | 5    |
| 30         | 0,5         | 65                                                  | 45       | 10    | 10   | 5    | 3,5  |

## 7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

### 7.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

PLACA AMARILLA es un producto con amplia variedad de diseño cuya principal función es dar visibilidad a carreteras y caminos. Pretende mejorar la visibilidad tanto de día como de noche, bajo cualquier situación climática ocupando solo la luz propia emitida por los focos de los vehículos. Lo anterior reduciría la probabilidad de riesgo de accidentes en zonas rurales que por diversos motivos no pueden abastecerse de electricidad.

Es resistente a la corrosión gracias a su método de pintado industrial que hornea las placas de las defensas, fundiendo la pintura a su superficie inoxidable. De perfil delgado para intentar no alterar la resistencia de la barrera existente sobre la cual se coloca PLACA AMARILLA, facilitando y economizando su producción industrializada. Además, este material de acero galvanizado inoxidable asegura que este producto tenga más de 30 años de vida útil, necesitando solo una limpieza superficial.

Por otro lado, esta placa fue diseñada para ser instalada sobre las barreras de contención ya existentes, ocupando los pernos instalados en ésta y así reducir el costo asociado a la instalación.

### 7.2 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

El producto corresponde a una pieza conformada en acero base según norma ASTM A 792, de 0,6 mm de espesor con un recubrimiento Aluzinc AIMING 27 KSI AZ 100 y otro recubrimiento G 60 Pintura Amarilla Regular Modified Poliester (RMP) de 5 micras, más 20 micras por la cara y 10 micras epoxy por la trascara, todo curado en horno a 220 °C. El color amarillo de la pintura, de acuerdo con el Sistema RAL, corresponde al código RAL 1025.

Otra alternativa de pintura para el acero en ambientes salinos más agresivos puede ser el polyvinylidene fluoride (PVDF). El espesor del esquema de pintura PDVF es igual al RMP, es decir, 5 micras más 20 micras PDVF por la cara y de 10 micras epoxy en la trascara, todo curado en horno a 220°C.

La pintura debe garantizar un mínimo de 20 años de duración sin mantención alguna, de manera que solamente se requiera de limpieza superficial para su conservación en el tiempo. Este certificado debe ser entregado por el proveedor de la pintura, y debe estar circunscrita a que ésta no pueda descascararse en términos generales. Cabe mencionar que la cara que da al tránsito debe estar cubierta de un *film* protector de 50 micras, para mantenerla protegida.

Dado que esta placa fue diseñada considerando que deben ser colocadas sobre una barrera de contención, sea cual sea el perfil que tenga, la placa puede ser modificada para replicar dichos perfiles y hacer que la pieza instalada encaje con la barrera. A continuación, se describen cuatro alternativas de diseño de PLACA AMARILLA.

#### 7.2.1 Placa para barrera metálica doble o triple onda

La placa tendrá la misma sección de la baranda de la barrera de contención, con una longitud total de 4.134 mm y de 200 mm de desarrollo, para así cubrir por separado la

sección curva superior de la baranda, como la sección curva inferior. Como se puede ver en la Ilustración 4, a un extremo de la placa hay cuatro perforaciones ovaladas de 28 mm (en gris) de diámetro y en el otro extremo solo dos. Estas perforaciones se ubican en el mismo lugar que las perforaciones de la barrera de contención sobre la que será ubicada la placa. Estas perforaciones están a 63mm del borde y la distancia horizontal entre ellas es de 217mm (en rojo).



*Ilustración 4: Representación gráfica de la placa, elaboración propia (no a escala)*

En la Ilustración 5 se puede apreciar la PLACA AMARILLA para barrera metálica doble o triple onda y como ésta se ve una vez instalada, y la Ilustración 6 las especificaciones del diseño.



*Ilustración 5: Elemento de seguridad vial de fácil instalación*

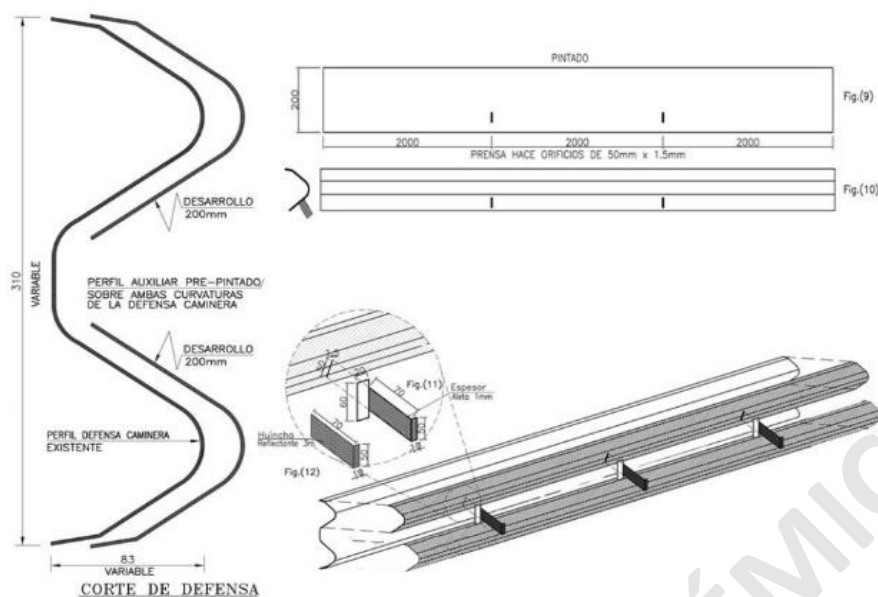


Ilustración 6: Especificaciones del diseño PLACA AMARILLA

### 7.2.2 Placa especial para nieve en barrera metálica doble o triple onda

En el caso que se requiera evitar la acumulación de la nieve sobre las barreras metálicas doble onda, debe disponerse de la PLACA AMARILLA diseñada con una pared vertical de 200 mm y el extremo superior e inferior igualando a la sección de los extremos de la misma barrera, como se puede ver en la Ilustración 7. En un extremo llevarán 4 orificios y en el otro extremo sólo 2 de igual sección y distanciamiento que el perfil de la barrera. Su fijación a la barrera de contención se ejecutará soltando y volviendo a apretar la placa contra la barrera con sus mismos pernos, golillas y tuercas. Respecto a la acumulación de nieve en caso de una barrera metálica triple onda, no se necesita especificar ningún recubrimiento en la tercera onda inferior, por lo que el perfil será el mismo que el usado para una barrera metálica doble onda. La especificación del diseño se puede apreciar en la Ilustración 8.



Ilustración 7: PLACA AMARILLA anti-nieve instalada

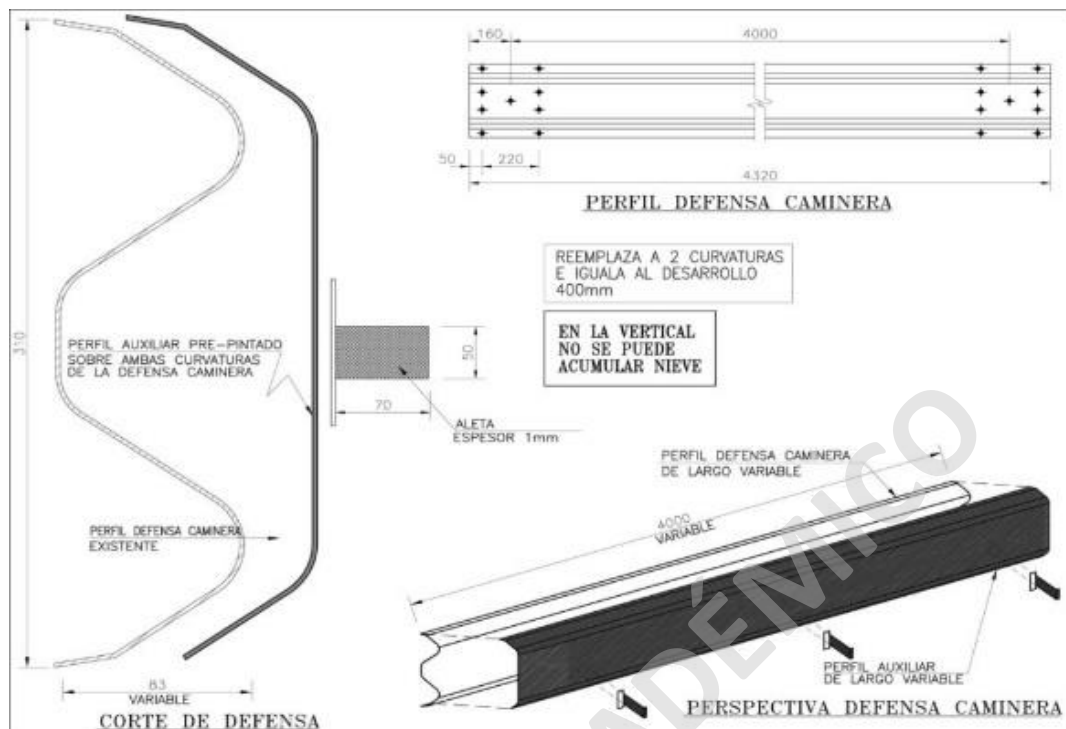


Ilustración 8: Especificación diseño que evita la acumulación de nieve

### 7.2.3 Placa para barrera de hormigón

Para las barreras de hormigón, correspondería dejar a lo largo de su longitud, a 15 cm de la parte superior, una hendidura de 92 o 142 mm de alto por 6 mm de profundidad fija. Lo anterior se ejecuta colocando una platina en el interior del moldaje metálico antes de concretar. En dicha hendidura se coloca la PLACA AMARILLA de la longitud de la barrera, pudiendo ser ésta de 3m por 90 o 140 mm de ancho, con 5 mm de profundidad, como se puede observar en la Ilustración 9.

En la longitud de 3m se dispondrá de dos aberturas de 55 mm de alto, donde se insertará la aleta retrorreflectiva de 60 mm x 50 mm. Las aletas se colocarán a la distancia solicitada por el proyectista y de requerirse mayor seguridad contra el agua y el viento, la placa debe sellarse con silicona en el largo superior de 3m.



*Ilustración 9: PLACA AMARILLA en defensa de hormigón*

#### **7.2.4 Placa para barrera metálica de puente**

La PLACA AMARILLA para puentes, es un perfil de acero aluzinc pre pintado de iguales características a la placa para barreras de doble o triple onda. Esta placa se debe instalar por encaje en el perfil tubular de 100mm x100mm del puente y no con golpes, ya que estos la pueden dañar y generar que la pieza ya no encaje. Estando el color amarillo por el exterior, dicho perfil encaja sobre cada uno de los perfiles rectangulares que conforman la estructura lateral del puente, como indica la Ilustración 10.



*Ilustración 10: PLACA AMARILLA en su versión defensa para puentes*

#### **7.2.5 Elementos Retrorreflectantes**

La placa, por el costado lateral, dispone de una abertura con una sección de 2 mm de ancho por 55 mm de alto y, en condiciones mínimas, posee dos aberturas por placa a una distancia de 2.047 mm entre sí. Esta abertura es fundamental para fijar la aleta que posee adherida a sus lados una cinta retrorreflectante de color amarillo o blanco según sea el caso, la cual puede ser colocada en terreno para optimizar su instalación sin estropear este material retrorreflectante. El número de aletas, y por consiguiente el número de aberturas,



será determinado por el proyectista de los caminos según sea su necesidad de exigencia vial.

### 7.3 LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Se desarrolló una maquina con distintas estaciones que toma el perfil de acero pintado en forma de rollo, lo secciona y lo dobla de manera precisa gracias a un tablero PLC, *Programmable Logic Controller*. Este tablero permite variabilidad de diseño y un flujo de producción coordinado y preciso.

La línea de producción de PLACA AMARILLA se inicia desenrollando y aplanando el perfil de acero para pasar a la primera perforación con cilindros neumáticos, cuya matriz de corte perfora los orificios donde irán las “aletas”. Luego, otra matriz de corte perfora los orificios donde van los pernos que sostendrán la placa a la barra de seguridad vial. Finalmente, plana y ya con todas sus perforaciones, se pasa a la última parte de la máquina llamada “*roll former*” la cual se encarga de doblar el perfil según sea especificado. Toda esta información es controlada por un tablero PLC, encargado de detener la línea de producción para perforar de manera precisa y ordenar el trabajo para que cada uno de sus motores actúen en simultáneo

### 7.4 IMPLEMENTACIÓN

#### 7.4.1 Control de Calidad

La instalación de las placas será realizada por una empresa externa, en la cual el contratista deberá presentar la certificación de la calidad de todas las herramientas empleadas. Se debe tener especial cuidado en el apriete de los pernos de la barrera a modificar, para que éste sea el mismo que tenía antes de la instalación de este elemento.

#### 7.4.2 Instalación de placa para barrera metálica doble o triple onda

La necesidad estricta que la placa tenga la misma longitud, sección, número de orificios y sección de los orificios, es que la fijación de ésta a la barrera caminera se ejecutará superponiendo la placa a la misma, utilizando los mismos pernos que la barrera ya tiene.

Las PLACAS AMARILLAS curvas deben mantener el mismo radio de curvatura de las defensas camineras existentes para cada proyecto. La placa convexa debe ser un producto liso en sus paredes, sin estrías generadas en el acero por el estiramiento en la parte interior de la curvatura. La placa cóncava, por sufrir el acero un encogimiento por su parte interior, debe tener una hendidura que recoja el exceso de material de entre 100 a 400 mm, dependiente del radio de curvatura. La fijación a la barrera se ejecutará de igual forma con sus mismos pernos, golillas y tuercas, como se puede observar en la Ilustración 11 y 12.



*Ilustración 11: PLACA AMARILLA y el uso de pernos existentes en la barrera*



*Ilustración 12: PLACA AMARILLA con los pernos instalados y apretados*

#### **7.4.3 Instalación de placa especial para nieve en barrera metálica doble o triple onda**

En este caso, dada la diferencia de circunstancias, la aleta tendrá el doble de altura normal, esto es 150 mm por un largo de 70 mm, con cinta retrorreflectante en ambas caras. Las aletas se fijarán con dos remaches pop de 6,2 mm de diámetro y a la distancia que el proyectista del camino especifique. Cabe destacar que este remache tiene un vástago de 10 a 12 mm, de tal manera que la solución solamente se aplica para estos casos en que se permite un espacio para el vástago.

#### **7.4.4 Instalación de placa para barrera de hormigón**

Independiente de si se proyecta una o dos barreras de hormigón, se dispondrán de dos placas, una en cada costado de la barrera dispuesta al tránsito. Las placas podrán ser continuas o alternadas según lo indique el proyectista. Como ya se mencionó, según la importancia del camino, puede ser de 90 o 140 mm de ancho.



La placa se fija al hormigón colocando un clavo tipo Hilti en la zona de las aletas, consiguiendo el doble propósito de fijar la placa y la aleta a la barrera. Al terminar la colocación de la placa, debe ser indispensable retirar el folio plástico protector, de lo contrario, se corre el riesgo de no poder extraerla al adherirse con el calor del medio ambiente.

#### 7.4.5 Instalación de placa para barrera metálica de puente

La fijación de la PLACA AMARILLA, como se puede observar en la Ilustración 13, al perfil rectangular de la barrera del puente, es a través de tres ganchos por la parte interior y dos remaches pop de 6,2 mm, colocando tres ganchos de fijación por placa de 3 metros. El empalme se ejecuta traslapando 5 cm una sobre otra placa, siempre en el sentido del tránsito vehicular.

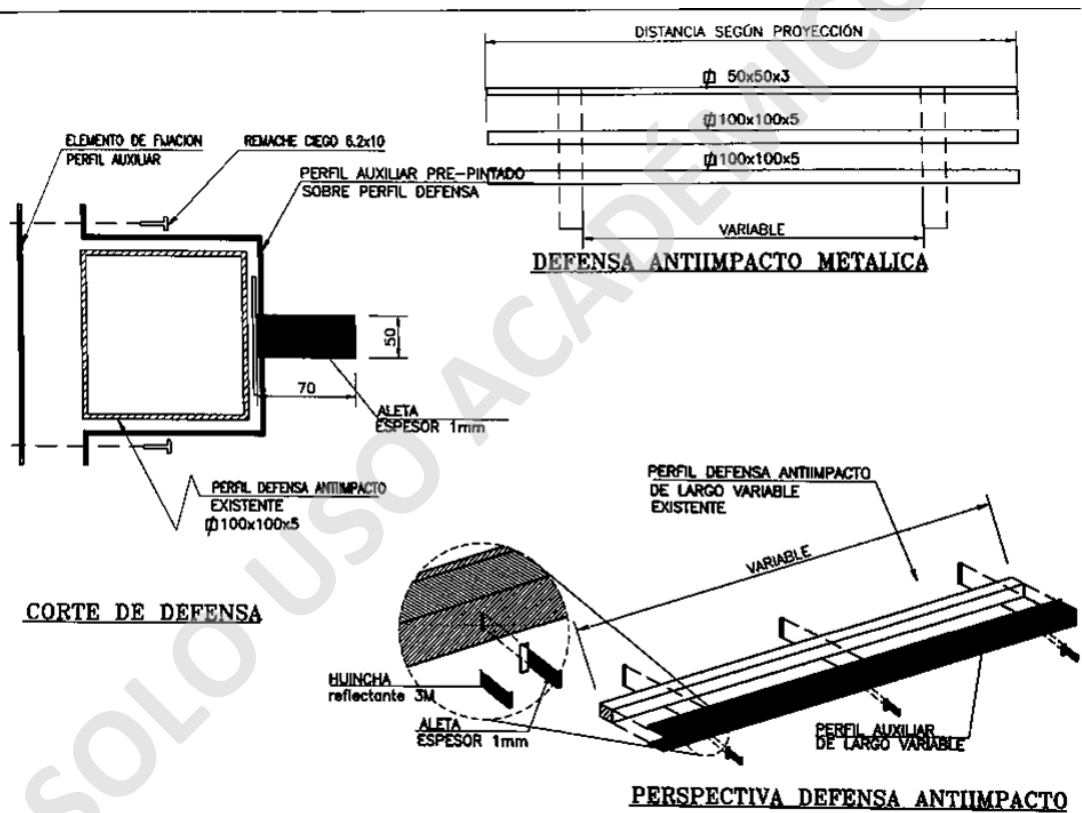


Ilustración 13: Especificaciones de diseño placa para puentes

#### 7.4.6 Disposición del tránsito

Durante el transcurso de los trabajos, el contratista deberá mantener la señalización de faena adecuada, en conformidad con lo dispuesto en la Sección 5.004 y 6.400 del Manual de Carreteras, considerando la zona de advertencia, zona de transición, zona de seguridad, zona de trabajo y zona de fin de trabajos. (Dirección de Vialidad, 2019)

## 7.5 PARTIDAS DEL PRESUPUESTO Y BASES DE MEDICIÓN

Las partidas del presupuesto de instalación incluyen el suministro, transporte y colocación de PLACA AMARILLA para barandas metálicas y de hormigón, con sus respectivos elementos reflectantes.

Se cuantificará por metro (m) de PLACA AMARILLA colocada y la medición se efectuará según las longitudes requeridas por el proyecto y aprobadas por el Inspector Fiscal. Deberá considerarse, además, si la disposición será simple continua, simple alternada, doble continua o doble alternada.

SOLO USO ACADÉMICO

## 8. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y COMPARACIÓN CON LA SOLUCIÓN ACTUAL

Esta solución dice mejorar la visibilidad en caminos y carreteras. Las formas en que PLACA AMARILLA podría aportar en la visibilidad son dos: por contraste o por retrorreflexión.

Los colores amarillo y blanco son los especificados por el manual de carreteras como los colores que mejor contrastan con el pavimento, haciéndolos más visibles para los conductores. La placa utiliza este mismo color amarillo RAL 1025 por lo que técnicamente si aporta a la visibilidad por contraste.

Por otro lado, se quiso evaluar si es que la PLACA AMARILLA aporta la visibilidad mediante la retrorreflectancia. para lograr esto se consideró relevante realizar un experimento que midiera empíricamente la retrorreflectancia de la pintura de la placa. Este experimento se hizo en conjunto con un Especialista de Seguridad Vial perteneciente al MOP (Juan José Sánchez Alegría) en el cual, se midió la retrorreflectancia de esta placa mediante el uso de un reflectómetro calibrado, marca RetroSign. A modo de referencia una lámina tipo III según la norma ASTM D4956 presenta valores entre 45 y 170  $\text{cd}/(\text{lux} \cdot \text{m}^2)$ , dependiendo de la geometría de medición. En todas las mediciones de este experimento, independiente del punto elegido para tomar la medida, el valor entregado por el instrumento fue de 1  $\text{cd}/(\text{lux} \cdot \text{m}^2)$ . Lo anterior demuestra que el material medido no es retrorreflectante, por lo que se puede concluir que este producto no aporta a la visibilidad mediante la retrorreflexión.

Sin perjuicio del análisis anterior se procedió a realizar una comparación entre la solución actual y la solución propuesta utilizando la metodología descrita en la Ilustración 14, la cual considera seis elementos, siendo la funcionalidad la base de la comparación. Esta comparación se resume en la tabla tres a continuación.

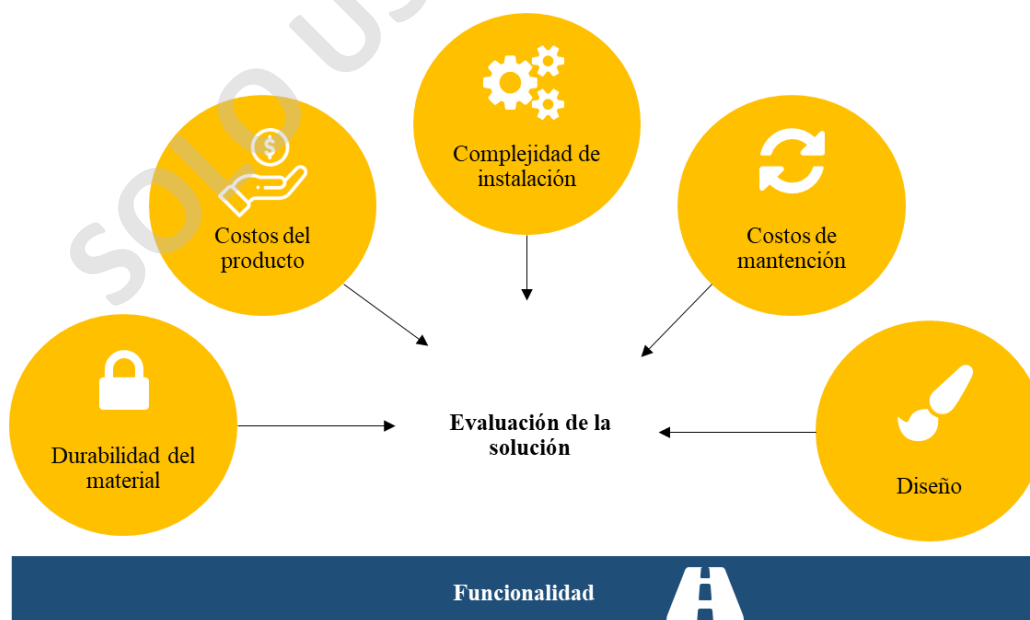


Ilustración 14: Framework de evaluación, elaboración propia

Tabla 3: Comparación entre las soluciones

| Características            | Solución actual (ojos de gato)                                                                                                                         | Solución propuesta (placa amarilla)                                                                                                            |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Funcionalidad              | Si, su forma triangular y la lámina reflectante permiten una mejor visibilidad del camino                                                              | Depende, su pintura no es retrorreflectante, pero su color amarillo la hace más perceptible durante el día                                     |
| Durabilidad del material   | Durabilidad de más de 20 años                                                                                                                          | Durabilidad de más de 20 años                                                                                                                  |
| Costo producto             | Promedio Aleta Tipo A y B: 2.070 pesos<br><br>Dependiendo del radio de curvatura el costo varía entre 173 y 1.035 pesos por metro lineal (ver Tabla 1) | 4.860 pesos por metro lineal                                                                                                                   |
| Complejidad de instalación | Fácil, son apornados por el lado anverso la barrera de contención con sus propios pernos                                                               | Más compleja, ya que no es posible ocupar los pernos ya existentes en la barra como pretende el producto debido a la situación cultural actual |
| Costo mantención           | Bajo, al ser de pequeña dimensión y de acero inoxidable, solo requiere mantención luego de una colisión contra la barrera                              | Bajo, solo requiere de una mantención luego de una colisión contra la barrera                                                                  |
| Diseño                     | Gracias a su forma triangular permite dar mejor visibilidad del camino                                                                                 | Tiene variedad de diseño para situaciones ambientales más severas como nieve, para evitar que ésta se acumule sobre la barrera                 |

Considerando lo descrito en la Tabla 3, en primera instancia se puede concluir que la instalación de la solución propuesta resulta más compleja de lo que se pensó

originalmente, ya que no se tomó en consideración que PLACA AMARILLA, si bien fue diseñada con la intención de ocupar los pernos ya existentes, actualmente no se pueden ocupar estos pernos ya que deben quedar irremovibles para evitar su hurto.

También es necesario resaltar que cualquier elemento colocado sobre una barrera de contención provocará que dicha barrera pierda su certificación debido a esta modificación, ya que no se puede asegurar que el rendimiento de la barrera modificada se mantenga. Cualquier elemento que se instale sobre una barrera de contención deberá pasar por el proceso de certificación correspondiente.

Por otro lado, la solución actual cumple de mejor manera la función de mejorar la visibilidad de carreteras y caminos no solo gracias a su pintura retrorreflectante de alta densidad, sino también a su forma geométrica que, como se mencionó anteriormente, es la que permite que el ángulo de incidencia de la luz sea retrorreflejado hacia el conductor. No es el caso de la solución propuesta ya que el ángulo de incidencia no permite que la luz vuelva al conductor y visualice la barrera. Sumado a lo anterior, la pintura de la placa no es retrorreflectante, por lo que en ningún caso la solución propuesta es capaz de retrorreflejar la luz de los focos de los vehículos.

## 9. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de título se evaluó la capacidad de PLACA AMARILLA de mejorar la seguridad vial de carreteras y caminos mediante un aumento en la visibilidad bajo cualquier situación ambiental. La investigación detrás de esta evaluación buscó dar respuesta a una interrogante que tiene más de 10 años, la cual se origina de un experimento aparentemente exitoso en el cual se probó la eficacia del producto y, sin embargo, aún así no fue incluido dentro del Manual de Carreteras para su uso civil.

Para cumplir con los objetivos planteados se realizaron diversos análisis. En primer lugar, se estudió la solución que se ocupa actualmente para mejorar la visibilidad en carreteras y caminos de la Red Vial Nacional en las cuales existe una barrera de contención de acero, al igual que la que se utilizaría en conjunto con la solución propuesta. Posteriormente, se estudió y analizó en profundidad las virtudes y falencias del producto propuesto como solución ante la baja visibilidad apoyado de un experimento realizado en colaboración con el Ministerio de Obras Públicas. Finalmente, se realizó una comparación entre ambas soluciones para determinar las ventajas, desventajas y similitudes de cada una con el fin de aportar claridad a la interrogante mencionada anteriormente.

Gracias a los múltiples análisis realizados, se pudo concluir, en primer lugar, que PLACA AMARILLA aporta a la visibilidad de carreteras y caminos gracias al contraste de su pintura RAL 1025. Sin embargo, se comprobó que su índice de retrorreflectancia es de 1 cd/(lux\*m<sup>2</sup>), lo cual implica que no aporta a la visibilidad mediante la retrorreflexión, por lo tanto, no es una solución que funcione eficazmente bajo todas las situaciones climáticas (neblina, lluvia, nieve, oscuridad nocturna y combinaciones).

Por otro lado, la solución propuesta, hoy en día, no puede ser colocada sobre la barrera de contención, ya que ésta, al ser modificada, no puede asegurar el rendimiento esperado y debe pasar nuevamente por un proceso de certificación. En caso de que se obtuviera esta certificación, el método de implementación utilizado no es factible debido a las condiciones socioculturales del país, ya que el método plantea utilizar los pernos ya existentes en la barrera de contención, sin embargo, estos no pueden ser removidos ya que son sellados para evitar su robo.

Finalmente, se considera relevante mencionar que uno de los deberes que abarca la Construcción Civil es entregar una mejor calidad de vida, mediante el desarrollo de infraestructura que perdure en el tiempo y fomente el crecimiento económico y social del país. Es por esto que, no basta con solo evaluar esta propuesta, sino que también es necesario dar recomendaciones al respecto. En sintonía con lo anterior y con las conclusiones obtenidas, se recomienda evaluar la posibilidad de utilizar más colores en la fabricación de las placas, de forma de que puedan ser usadas como advertencias del estado o dificultad del camino, para luego estudiar el impacto de esto en la seguridad vial de carreteras y caminos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (16 de diciembre de 2019). *Clima y Vegetación Región Arica y Parinacota*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region15/clima.htm>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (16 de diciembre de 2019). *Clima y vegetación Región de Magallanes*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region12/clima.htm#>
- Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. (16 de diciembre de 2019). *Estadísticas Generales*. Obtenido de <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales/>
- CONASET. (23 de noviembre de 2019). *Estadísticas generales*. Obtenido de <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales/>
- Dirección de Vialidad. (2017). *Red Vial Nacional Dimensionamiento y Características*. Santiago: Ministerio de Obras Públicas.
- Dirección de Vialidad. (diciembre de 2019). *Manual de Carreteras*. Obtenido de <https://mc.mop.gob.cl/Cliente/Index/>
- FísicaLab. (19 de diciembre de 2019). *Reflexión y Refracción de la Luz*. Obtenido de <https://www.fisicalab.com/apartado/reflexion-refraccion-luz#contenidos>
- Gobierno de Chile. (16 de diciembre de 2019). *Nuestro País*. Obtenido de <https://www.gob.cl/nuestro-pais/>
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2017). *Encuesta Anual de Vehículos en circulación*.
- La Tercera. (8 de enero de 2017). El 60% de los caminos en Chile no está pavimentado y regiones VIII y IX lideran déficit. *La Tercera*.
- Ministerio de Fomento de España. (2012). *Guía para el proyecto y la ejecución de obras de señalización horizontal*. Madrid: Centro de publicaciones Secretaria General Técnica.
- Ministerio de Obras Públicas. (7 de diciembre de 2019). *Acerca del MOP*. Obtenido de <https://www.mop.cl/acercadelmop/Paginas/default.aspx>
- Porto, J. P., & Gardey, A. (18 de diciembre de 2019). *Definicion.de*. Obtenido de Definición de obra civil: <https://definicion.de/obra-civil/>
- Serway, R., & Jewett, J. (18 de 12 de 2015). *Física para ciencias e ingeniería Vol.2*. Mexico D.F: Ediciones OVA. Obtenido de <https://www.fisic.ch/contenidos/optica/reflexi%C3%B3n-de-la-luz-y-espejos-planos/>

## 11. ANEXOS

### 11.1 Anexo 1: ENTREVISTA NEVEN ILIC VLADISLAVIC

#### - **¿Qué son las barreras camineras?**

Es una protección para los automovilistas. Normalmente se pone en aquellas partes peligrosas del camino. La seguridad vial ha diseñado, por ejemplo, una defensa lateral ante el volcamiento por accidente. Ante eso hay 2 alternativas. Metálico y con bloques de hormigón. “proteger y dar máxima visibilidad al conductor” esta es la segunda función de la placa que cumplen sus elementos retrorreflectantes. Lo importante es salvar la mayor cantidad de vidas posible.

#### - **¿Cuál es la ventaja de ocupar el nuevo producto?**

La principal ventaja es que cumple dos funciones. Proteger y dar visibilidad. Además de tener una durabilidad superior a los métodos ocupados hoy en día, se puede colocar directamente encima de barreras ya existentes, ocupando los mismos pernos.

#### - **¿Cómo surgió la idea?**

Dentro de las obras civiles, siempre me llamo la atención lo poco eficiente y poco práctico de los métodos ocupados hoy en día como la pintura aplicada. Ya que además de durar a lo más 3 años, requiere comprar la pintura, el equipo para aplicar la pintura, la camioneta, conductor, el que aplica la pintura, durante varios kilómetros. Y pensaba que debía haber alguna solución practica para este dilema, fue entonces cuando mientras iba de hornitos a Antofagasta bajando la quebrada de Tal Tal por la ruta 5. Una ruta con muchas curvas.

Todos los años veía que las barreras de este camino se oxidaban por la brisa marina por lo que después de solo 3 años ya tenían que volver a pintar dichas barreras de nuevo, lo que me parece que termina siendo una gran inversión por parte del MOP y pensé que debía haber alguna manera de crear una solución que durara mucho más como Instapanel pero con una pintura retrorreflectante especial

#### - **¿Sé ha efectuado su producción en chile sin la importación de China?**

Si, la placa en si es un invento chileno. La materia prima se importó desde china con las especificaciones que nosotros consideramos, pero hoy en día podemos generar esa materia prima nosotros mismos

#### - **¿Como se gestó el periodo de pruebas?**

Primero el periodo de investigación que abarco no solo las especificaciones técnicas optimas del producto sino, además, crear la máquina que doblara los perfiles de acero según sea requerido. Hubo dos pruebas, la primera es la que uno hace en silencio en el patio de su casa para ver si todo funciona bien de una manera más artesanal, para luego hacer la segunda prueba junto a la presencia del MOP, recibir el *feedback* y finalmente convencerse de que este proyecto era posible y factible

#### - **Se produjeron en una planta de perfiles. Si, 50 toneladas**



- **¿Cómo es el proceso productivo?**

Se torno muy simple. Fue concordante con el diseño de la parte mecánica con los rodillos especiales que conformarían la placa. Todas las distancias calzaron perfectamente y todo el proceso fue expedito y sin errores

- **¿Qué maquinas se ocupan?**

Específicamente, la conformadora o *roll former* en la cual, estando la materia prima lisa conforma la misma curvatura que tiene el perfil de la defensa, exactamente el mismo ya que esa es la gracia del diseño, para poder acoplar o empalmar sobre las barreras ya existentes, fijándose con los mismos pernos

- **¿Dónde se efectuaron estas pruebas?**

En la Ruta K40 en Maule y en Los Libertadores

- **¿Qué opina de instalarlas en el camino a farellones?**

Estamos viendo eso y sería ideal. Se que, dentro del plan regulador comunal, se está proyectando urbanizar de mejor manera la zona cordillera para así convertirla en un centro turístico de mayor provecho. Mas turismo implica mayor tránsito vehicular y si se quieren evitar accidentes durante el año, es necesario tener algún método que permita visibilidad bajo cualquier situación climática

- **¿Existe donde instalarlas en ese camino?**

Creo que lo más lógico sería ocupar PLACA AMARILLA en las curvas. Tengo entendido que, dentro del plan comunal de Lo Barnechea, existe la idea de mejorar la zona de farellones dentro de los próximos años y creo que estas barreras aportarían significativamente no solo a la visibilidad sino también a entregar un estar de seguridad mejor.