



**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES**

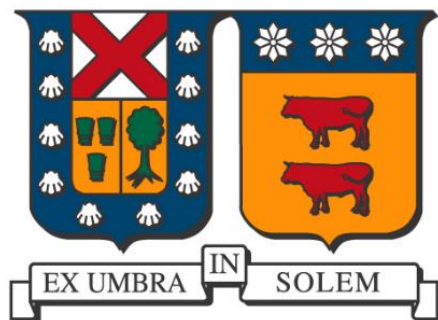
**COMPARACIÓN DE PRECISIÓN Y EXACTITUD ENTRE EL  
MODELO DE VALORIZACIÓN DE ACTIVOS VIALES  
CONCESIONADOS Y LA ACTUAL METODOLOGÍA DE  
VALORIZACIÓN UTILIZADA EN LOS CONTRATOS DE  
CONCESIONES VIALES EN CHILE**

**DIEGO GABRIEL EDUARDO UMAÑA ULLOA**

Ingeniero Civil  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería Civil

Enero de 2024





**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES**

**COMPARACIÓN DE PRECISIÓN Y EXACTITUD ENTRE EL  
MODELO DE VALORIZACIÓN DE ACTIVOS VIALES  
CONCESIONADOS Y LA ACTUAL METODOLOGÍA DE  
VALORIZACIÓN UTILIZADA EN LOS CONTRATOS DE  
CONCESIONES VIALES EN CHILE**

Memoria de Título y Tesis de Grado presentada por  
**DIEGO GABRIEL EDUARDO UMAÑA ULLOA**

Como requisito parcial para optar al título de  
**Ingeniero Civil**  
y el grado de  
**Magíster en Ciencias de la Ingeniería Civil**

Profesor Guía  
**Rodrigo Andrés Delgadillo Sturla**

Enero de 2024



TÍTULO DE LA TESIS

**COMPARACIÓN DE PRECISIÓN Y EXACTITUD ENTRE EL MODELO DE VALORIZACIÓN DE ACTIVOS VIALES CONCESIONADOS Y LA ACTUAL METODOLOGÍA DE VALORIZACIÓN UTILIZADA EN LOS CONTRATOS DE CONCESIONES VIALES EN CHILE**

AUTOR

**DIEGO GABRIEL EDUARDO UMAÑA ULLOA**

TRABAJO DE TESIS, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el título de Ingeniero Civil y el grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Rodrigo Delgadillo Sturla

.....

Felipe Araya Araya

.....

Ricardo Muñoz Bustos

.....

Valparaíso, Chile, enero de 2024.



# Agradecimientos

# Dedicatoria

*A mis padres, Marcia y Miguel.*

*A mi lela, Carlina.*

*Por su no-valorizable amor, apoyo y paciencia.*

# Resumen

La valorización desempeña un rol clave en la gestión de activos viales, contribuyendo a la supervisión de fondos públicos, evaluación de estrategias de inversión, gestión de riesgos, justificación de financiamiento y optimización de inversiones en mantenimiento. Su importancia se ha reflejado en su incorporación legal en distintos países, pero sin consensos en cuál es el mejor método de valorización, ya que la adopción de un método depende del objetivo de la valorización y de las características particulares de cada activo. De los métodos de valorización existentes, y de acuerdo con el tipo de valor considerado por cada método, estos pueden agruparse en métodos basados en los costos, en los beneficios y en el valor de mercado. En el ámbito contable internacional, la valorización de activos viales ha sido incorporada en diversos países, como Sudáfrica, China, Corea del Sur, Alemania, Bélgica, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Chile. En el contexto de concesiones viales la valorización de activos es más bien escasa, pero algunos países latinoamericanos, como Perú y Costa Rica, han incorporado estos conceptos en contratos de concesión, como el uso del “valor contable neto del intangible” y valorización por extinción anticipada de la concesión que omite el valor de las obras, respectivamente. En contratos estadounidenses, se establece el valor de la infraestructura para la indemnización por término de contrato.

En Chile, la valorización de activos ha sido utilizada con fines contables y de gestión en la Red Vial Nacional no concesionada, y últimamente ha sido incorporada en las bases de licitación de carreteras concesionadas interurbanas para determinar el Valor Residual de las obras al final del periodo de concesión, en función de lo cual se establece el Pago Final que el Estado debe hacer a la Sociedad Concesionaria u operador de la carretera. En ambos casos, la metodología de valorización utilizada es la desarrollada por la Dirección de Vialidad para determinar el valor del Patrimonio Vial de la Red Vial Nacional. Esta metodología funda sus bases en una metodología propuesta en la década del noventa para países de la CEPAL que no contaban con grandes inventarios de sus caminos, y ha sido actualizada para las condiciones de inventario, climáticas, orográficas y de tránsito de la Red Vial chilena.

Por otra parte, la gestión de carreteras en el mundo ha transitado desde un enfoque basado en las obras mismas hacia uno basado en objetivos estratégicos. También, los tres principales objetivos estratégicos corresponden al servicio a los usuarios que transitan por la carretera, la preservación del patrimonio vial y el beneficio a las comunidades y medio ambiente aledaños a la infraestructura. En cuanto a las más recientes bases de licitación de carreteras concesionadas interurbanas chilenas, estas exigen, además de una conservación programada para algunos activos como pavimentos, elementos de seguridad y puentes, entre otros, una conservación de los activos por niveles de servicio. En ese sentido, en el proyecto FONDEF IT16I10008 se desarrolló un modelo para evaluar el nivel de servicio prestado a los usuarios motorizados de una carrera concesionada interurbana chilena, el cual se encuentra en proceso implementación por parte de la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGC) del Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP). Sin embargo, este modelo requiere ser complementado con una metodología que facilite la evaluación de la conservación del patrimonio vial o de la infraestructura concesionada, en línea con el segundo objetivo estratégico en la gestión de carreteras. Esto permite evaluar el nivel de gestión del operador de una carretera concesionada interurbana en la preservación de la infraestructura mediante cambios en su valor monetario.

De ahí es donde nace la necesidad de contar con un modelo de valorización particular para activos viales concesionados que permita su incorporación en bases de licitación. En ese contexto, durante el proyecto FONDEF ID20I10072 *Metodología de Valorización del Patrimonio Vial Compatible con el Nivel de Servicio a los Usuarios* se desarrolló un modelo de valorización para catorce activos viales pertenecientes a carreteras concesionadas interurbanas chilenas que permite evaluar el desempeño del operador de la carretera en la preservación de la infraestructura concesionada. Para esto, se definieron las condiciones que los modelos de valorización deben cumplir para su aplicación a concesiones viales, teniendo en cuenta la naturaleza impuesta por los contratos de concesión. Estos modelos fueron desarrollados y calibrados de

manera desagregada a las condiciones de operación y de servicio de carreteras concesionadas. Sin embargo, aún no se ha evaluado su utilización de manera agregada para un conjunto de activos viales pertenecientes a carreteras concesionadas interurbanas. Por esto es que se presenta la necesidad de hacer una comparación entre los dos modelos de valorización para proponer su uso en bases de licitación de carreteras concesionadas interurbanas.

Para realizar una comparación justa entre el propuesto Modelo de Valorización de Activos Viales Concesionados (MVAVC) y la actual metodología de la Dirección de Vialidad, se definieron los términos bajo los cuales se aplican ambos modelos de valorización. En primer lugar, la cantidad de obra valorizada con ambos modelos de valorización fue la misma, y correspondió a seis carreteras tipo representativas de carreteras interurbanas concesionadas chilenas. Estas seis carreteras son representativas de la Zona Norte, Centro y Sur de Chile, y fueron definidas en base a información histórica proporcionada por la DGC del MOP, quedando definidas por los activos existentes en el tramo interurbano de cada carretera.

Por otra parte, debido a que en la práctica se ha observado que la actual metodología de la Dirección de Vialidad puede aplicarse con distintos criterios para la valorización de los caminos pavimentados, se definieron tres modelos de valorización basados en la actual metodología. El modelo Actual DV que corresponde al modelo de valorización actual propiamente tal, es decir, con los criterios establecidos en el Estudio básico donde se desarrolló la metodología. El modelo Estudios Integrales (EI) que considera los supuestos utilizados en la valorización de las carreteras interurbanas concesionadas en etapa de relicitación, basado en los Estudios Integrales realizados en una carretera durante la preparación de sus bases de licitación. Y el modelo BALI, que corresponde al modelo de valorización que debe ser utilizado para la determinación del Valor Residual de una concesión vial, según se indica en los actuales contratos de concesión, es decir, considerando una evaluación estructural de los pavimentos en adición a lo establecido en el Estudio Básico.

Para analizar la variabilidad y sensibilidad de los distintos modelos de valorización presentados, tanto el propuesto MVAVC como los derivados de la actual metodología, en base a la información histórica disponible y a las exigencias de las actuales bases de licitación se definieron tres escenarios de gestión de la conservación para las carreteras tipo: Escenario Pesimista, Realista y Optimista. El escenario Pesimista representa la peor condición de los activos y se asocia a una gestión deficiente por parte del operador de la carretera en cuanto a las exigencias de las bases de licitación, el escenario Realista al nivel de gestión esperado de acuerdo con las actuales bases de licitación, y el escenario Optimista a una gestión favorable con respecto a las bases de licitación actuales. Para los activos en que se contó con información histórica de condición, su asignación a los escenarios se realizó según las exigencias de las bases de licitación de cada carretera. Si la información histórica responde a las exigencias de bases de licitación menos exigentes que las actuales en cuanto a la conservación de los activos, entonces la información es adoptada para el escenario Pesimista, mientras que, si las exigencias en las bases de licitación no presentan variaciones los datos son utilizados en el escenario Realista. Para los activos con los que no se contó con información histórica los escenarios de condición se definieron solo en función de las exigencias de las bases de licitación para dichos activos.

Establecidas las bases sobre las cuales se comparan los modelos presentados, la valorización de las carreteras tipo consistió en integrar las valorizaciones desagregadas de los distintos activos viales existentes en cada carretera. El valor de las carreteras fue determinado en seis cortes temporales, el costo histórico (CH) o de construcción de la carretera, en el año 0 o bien en el año de puesta en servicio de las obras, y en los años 5, 10 15 y 20 de concesión. En cada uno de estos instantes se determinó cuánto y a qué se debe la pérdida de valor de las carreteras, y se examinaron las diferencias de valor resultantes de la aplicación de cada modelo de valorización considerado.

De la aplicación de los modelos de valorización a las carreteras tipo se obtuvieron diferencias tanto cualitativas como cuantitativas. Respecto a las primeras, los modelos comparados presentan una diferencia en su concepción y en sus bases de cálculo. Mientras la actual metodología fue desarrollada para dar un

sustento técnico a los requerimientos presupuestarios para la conservación de la Red Vial Nacional, el propuesto MVAVC busca evaluar el desempeño del operador de una carretera concesionada interurbana en la conservación de la infraestructura y poder implementarse en bases de licitación. Esto conlleva a que con la actual metodología se presenten caídas del valor de una carretera independiente del estado de los activos, ya que el método de Depreciación Lineal considerado solo es función del tiempo de explotación del activo y de su valor residual, a diferencia del propuesto MVAVC, en que, solo producto de las acciones u omisiones del operador de la carretera esta puede perder su valor. Esta diferencia conceptual se tradujo en que con el modelo actual en el año 0 las carreteras tipo perdieran entre un 1,1 y 2,1% del costo histórico, según estas tuvieran una menor o mayor cantidad de caminos pavimentados, respectivamente.

Por otra parte, el modelo propuesto MVAVC cuenta con un modelo de valorización para una mayor cantidad de activos viales, por lo que es más preciso en la determinación del valor de los activos viales que forman parte de una concesión, y en consecuencia, más exacto en el valor de la infraestructura administrada por el operador de la carretera. Contar con un modelo de valorización para una mayor cantidad de activos significó que el valor de las carreteras analizadas aumente su valor entre un 8,2 y 50,0% de su costo inicial de construcción, según las carreteras tuvieran una menor o mayor cantidad de caminos pavimentados, respectivamente. También, fue posible verificar la importancia de la ubicación de las carreteras concesionadas en la cantidad de activos presentes en cada una de ellas, siendo esto último una función de la geografía y demografía de la zona de emplazamiento de la carretera, notándose que la diferencias entre el costo histórico de ambos modelos aumenta en la medida que las carreteras cuentan con una mayor cantidad de pavimentos.

Además, el modelo propuesto cuenta con una mayor cantidad de activos valorizados con métodos que asocian la condición de los activos con su valor, no solo con el tiempo en servicio y el valor residual de los activos como en la metodología actual, lo que significa que el MVAVC permite evaluar de forma más precisa el nivel de preservación de las carreteras mediante el valor de las mismas. Se obtuvo que, transcurridos los 20 años de concesión analizados, en el caso de la Ruta I, entre el escenario Pesimista y Optimista, con el modelo propuesto hay una variación del 18,8% del costo histórico, mientras que con el modelo actual de solo un 1,9% del costo histórico. Respecto al modelo actual, esta diferencia se debe exclusivamente a cambios en la condición de las plataformas viales, ya que en los demás activos se utiliza una depreciación lineal que es invariante a la condición de los activos.

Basado en lo anterior, se concluye que el modelo propuesto MVAVC es una mejor herramienta para la valorización de activos viales pertenecientes a carreteras concesionadas interurbanas chilenas, en comparación con la metodología de valorización de la Dirección de Vialidad, ya que permite evaluar el desempeño del operador de la carretera en la preservación de la infraestructura concesionada mediante cambios en el valor de las obras, y cuenta con mayores niveles de precisión y exactitud. Por una parte, presenta metodologías precisas, claras y objetivas que disminuyen el espacio a interpretaciones que a posteriori puedan generar controversias entre el Estado y el operador de la carretera, disminuyendo los niveles de incertidumbre de los contratos de concesión y en consecuencia los costos de la aplicación de las bases de licitación. Además, al contar con una mayor cantidad de métodos de valorización desarrollados especialmente para activos viales concesionados, y facilitar la asociación estado-valor de los activos, el modelo propuesto entrega un valor más exacto de la infraestructura que es administrada por el operador de la carretera, favoreciendo su utilización para evaluar el nivel de gestión del operador en la preservación de los activos.

Por último, es importante destacar que los resultados obtenidos en este trabajo están sujetos al nivel de información disponible para los distintos activos en las carreteras analizadas. En el caso de los activos pasos de fauna, pantallas acústicas, ciclovías, y cercos y portones, no fue posible incluirlos en el análisis precedente debido a que no se contó con información histórica. Así, un próximo paso en la dirección seguida en este trabajo es extender el análisis incluyendo estos activos y comparar el uso de ambos modelos en la Zona Norte y Zona Austral, en las que solo se pudo determinar el costo inicial de las carreteras o bien no se contó con ningún tipo de información, respectivamente.

# Abstract

Valuation plays a key role in road assets' management, contributing to the supervision of public funding, evaluation of investment strategies, risk management, justification of financing, and the optimization of maintenance investment. Its importance has been reflected in its incorporation in many countries' legal frameworks, but without a common consensus on what is the best valuation method, as a method's adoption depends on the valuation objective and the asset's specific characteristics. Among existing valuation methods, and according to the type of value considered for each method, they can be categorized into cost-based, benefits-based, and market value-based. In the international accounting context, valuation of road assets has been incorporated in varied countries such as South Africa, China, South Korea, Germany, Belgium, Australia, New Zealand, United States and Chile. In the context of highway concessions, road asset's valuation is somewhat scarce, but some Latin American countries, such as Peru and Costa Rica, have incorporated these concepts in concession contracts: the "net book value of the intangible" and valuation of the early termination of the concession, excluding the value of the work's value, respectively. In U.S. contracts, the value of the infrastructure is established for compensation of the contract's termination.

In Chile, asset valuation has been used for accounting and management purposes in the non-concessioned National Road Network. Lately, it has been incorporated into the bidding bases for concessioned interurban highways to determine the residual value of the works at the end of the concession period. Based on this, the Final Payment that the Chilean State must make to the Concessionaire or highway operator is determined. In both cases, the used valuation method is developed by the Road Directorate to determine the value of the National Road Network's Road Heritage. This method is based on a methodology proposed in the 1990s for ECLAC countries that did not have large inventories of their roads, and has been updated for the inventory, climatic, orographic and traffic conditions of the Chilean Road Network.

On the other hand, highway management worldwide has transitioned from a focus on the works themselves to one based on strategic objectives. The three main strategic objectives correspond to serving users traveling on the highway, preserving the road heritage, and benefiting the communities and the environment around the infrastructure. In the most recent bidding bases for concessioned interurban highways in Chile it's been required, besides scheduled maintenance for assets such as pavements, safety elements, and bridges, among others, assets maintenance according to service levels. In this context, the project FONDEF IT16I10008 developed a model to assess the service level provided to motorized users of a concessioned interurban highway in Chile, which is currently being implemented by the General Concessions Directorate (DGC) of the Ministry of Public Works of Chile (MOP). However, this model needs to be complemented with a methodology that facilitates the evaluation of the conservation of road heritage or concessioned infrastructure, in line with the second strategic objective in highway management. This allows evaluating the management level of the operator of a concessioned interurban highway in preserving the infrastructure through changes in its monetary value.

Hence arises the need for a specific valuation model for concessioned highway assets that allows its incorporation into bidding bases. In this context, the FONDEF ID20I10072 *Metodología de Valorización del Patrimonio Vial Compatible con el Nivel de Servicio a los Usuarios* project developed a valuation model for fourteen road assets belonging to concessioned interurban highways in Chile. This model allows evaluating the performance of the highway operator in preserving the concessioned infrastructure. The conditions that valuation models must meet for their application to highway concessions were defined, considering the nature imposed by concession contracts. These models were developed and calibrated separately for the operating and service conditions of concessioned highways. However, their use has not yet been evaluated in the aggregate for a set of highway assets belonging to concessioned interurban highways. Thus, the need for a comparison between the two valuation models to propose their use in bidding bases for concessioned interurban highways.

To make a fair comparison between the proposed Concessioned Highway Assets Valuation Model (MVAVC) and the current methodology of the Road Directorate, the terms under which both valuation models are applied were defined. First, the quantity of work valued with both valuation models was the same and corresponded to six representative types of interurban highways in Chile. These six highways are representative of the North, Central, and South zones of Chile and were defined based on historical information provided by the MOP's DGC, being defined by the assets existing in the interurban section of each highway.

On the other hand, since it has been observed in practice that the current methodology of the Road Directorate can be applied with different criteria for the valuation of paved highways, three valuation models based on the current methodology were defined. The "Actual DV" model corresponds to the current valuation model itself, i.e., with the criteria established in the Basic Study where the methodology was developed. The Comprehensive Studies (EI) model considers the assumptions used in the valuation of interurban highways in the rebidding stage, based on the Comprehensive Studies conducted on a highway during the preparation of its bidding bases. And the BALI model corresponds to the valuation model that must be used for determining the residual value of a highway concession, as indicated in current concession contracts. This is, considering a structural evaluation of the pavements in addition to what is established in the Basic Study.

To analyze the variability and sensitivity of the different valuation models presented, both the proposed MVAVC and those derived from the current methodology, three conservation management scenarios were defined for the representative highways: Pessimistic, Realistic, and Optimistic. The Pessimistic scenario represents the worst condition of the assets and is associated with poor management by the highway operator in terms of bidding base requirements. The Realistic scenario represents the expected management level according to the current bidding bases, and the Optimistic scenario represents favorable management with respect to the current bidding bases. For assets with historical condition information, their assignment to scenarios was based on the bidding base requirements of each highway. If historical information meets less demanding bidding base requirements than current ones regarding asset conservation, then the information is adopted for the Pessimistic scenario. If the bidding base requirements do not show variations, the data is used in the Realistic scenario. For assets without historical information, condition scenarios were defined only based on the bidding base requirements for those assets.

With the defined bases for comparing the presented models, the valuation of the representative highways consisted of integrating the disaggregated valuations of the different highway assets existing on each highway. The value of the highways was determined at six time points: historical cost (HC) or construction cost of the highway, at year 0 or the year the works were put into service, and at years 5, 10, 15, and 20 of the concession. At each of these moments, it was determined how much and to what the loss of value of the highways is due, and the resulting value differences from the application of each considered valuation model were examined.

From the application of the valuation models to the representative highways, both qualitative and quantitative differences were obtained. Regarding the qualitative differences, the compared models present a difference in their conception and calculation bases. While the current methodology was developed to provide technical support to budgetary requirements for the conservation of the National Road Network, the proposed MVAVC seeks to evaluate the performance of the operator of an interurban concessioned highway in preserving the infrastructure and to be implementable in bidding bases. With the current methodology, there are decreases in the value of a highway regardless of the state of the asset, since the considered Linear Depreciation method is only a function of the asset's exploitation time and its residual value, unlike the proposed MVAVC, in which only due to the actions or omissions of the highway operator can it lose its value. This conceptual difference resulted in the fact that with the current model, in year 0, the representative highways lost between 1,1% and 2,1% of the historical cost, depending on whether they had a lower or higher amount of paved highways, respectively.

On the other hand, the proposed MVAVC model has a valuation model for a greater number of highway assets, making it more accurate in determining the value of the highway assets that are part of a concession and, consequently, more accurate in the value of the infrastructure managed by the highway operator. Having a valuation model for a greater number of assets meant that the value of the analyzed highways increased between 8,2% and 50,0% of their initial construction cost, depending on whether the highways had a lower or higher amount of paved highways, respectively. It was also possible to verify the importance of the location of concessioned highways in the number of assets present in each of them, with this being a function of the geography and demography of the highways' location area. It was noticed that the differences between the historical cost of both models increase as the highways have a greater amount of pavements.

The proposed model has a greater number of assets valued with methods that associate the condition of the assets with their value, not only with the time in service and the residual value of the assets as in the current methodology. This means that MVAVC allows evaluating the level of preservation of highways more precisely through their value. It was found that, after 20 years of analyzed concession, for Route I, between the Pessimistic and Optimistic scenarios, there is a variation of 18,8% of the historical cost with the proposed model, while with the current model, there is only a 1,9% variation of the historical cost. Regarding the current model, this difference is exclusively due to changes in the condition of the highway platforms since the other assets use linear depreciation that is invariant to the condition of the assets.

Based on the above, it is concluded that the proposed MVAVC model is a better tool for the valuation of highway assets belonging to concessioned interurban highways in Chile, compared to the valuation methodology of the Road Directorate. It allows evaluating the performance of the highway operator in preserving the concessioned infrastructure through changes in the value of the works, and it has higher levels of precision and accuracy. On one hand, it presents precise, clear, and objective methodologies that reduce the space for interpretations that could later generate controversies between the State and the highway operator, decreasing the levels of uncertainty in concession contracts, and, consequently, the costs of applying the bidding bases. In addition, by having a greater number of valuation methods developed specifically for concessioned highway assets and facilitating the association of the condition-value of the assets, the proposed model provides a more accurate value of the infrastructure managed by the highway operator, favoring its use to evaluate the operator's management level in preserving the assets.

It is important to note that the results obtained in this work are subject to the level of information available for different assets on the analyzed highways. In the case of assets such as wildlife crossings, sound barriers, cycle paths, and fences and gates, it was not possible to include them in the previous analysis due to a lack of historical information. Thus, a next step in the direction followed in this work is to extend the analysis by including these assets and comparing the use of both models in the North and Southern zones, where only the initial cost of the highways could be determined or no information was available, respectively.

# Índice de contenidos

|   |       |
|---|-------|
| Agradecimientos .....   | VII   |
| Dedicatoria .....   | VIII  |
| Resumen.....  | IX    |
| Abstract .....  | XII   |
| Índice de contenidos .....  | XV    |
| Índice de figuras.....  | XVIII |
| Índice de tablas .....  | XX    |
| Introducción .....  | 1     |
| Hipótesis .....   | 4     |
| Objetivos.....  | 5     |
| 1. Estado del arte y de la práctica en valorización de activos viales .....               | 6     |
| 1.1. Prácticas de valorización con fines contables .....                                  | 6     |
| 1.2. Prácticas de valorización en concesiones viales .....                                | 7     |
| 2. Metodología para la Determinación del Patrimonio Vial de la Dirección de Vialidad..... | 9     |
| 2.1. Contexto de la metodología.....  | 9     |
| 2.2. Bases conceptuales de la metodología .....   | 10    |
| 2.3. Activos viales considerados de la metodología.....                                   | 12    |
| 2.3.1. Caminos pavimentados .....   | 12    |
| 2.3.2. Caminos no pavimentados .....  | 14    |
| 2.3.3. Túneles.....   | 15    |
| 2.3.4. Puentes y viaductos.....   | 15    |
| 2.3.5. Otros activos viales: ciclovías y pasarelas .....                                  | 16    |
| 2.3.6. Caminos concesionados .....  | 16    |
| 3. Modelo de Valorización de Activos Viales Concesionados.....                            | 17    |
| 3.1. Contexto de la metodología.....  | 17    |
| 3.2. Bases conceptuales de la metodología .....   | 17    |
| 3.3. Activos viales considerados en la metodología.....                                   | 19    |
| 3.3.1. Plataforma de la vía principal .....   | 20    |
| 3.3.2. Túneles.....   | 21    |
| 3.3.3. Puentes y pasos superiores.....  | 22    |
| 3.3.4. Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial .....                        | 23    |
| 3.3.5. Saneamiento y drenaje .....  | 23    |
| 3.3.6. Plataforma de vías de servicio .....   | 24    |
| 3.3.7. Áreas de servicios y emergencias .....   | 24    |
| 3.3.8. Sistema de iluminación.....  | 25    |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.3.9.  | Pasarela peatonal, paradero de bus y acera .....             | 25 |
| 3.3.10. | Pasos de fauna .....   | 26 |
| 3.3.11. | Pantallas acústicas .....                                    | 26 |
| 3.3.12. | Ciclovías.....   | 27 |
| 3.3.13. | Cercos y portones .....                                      | 27 |
| 3.3.14. | Barreras de contención .....                                 | 27 |
| 4.      | Definición del caso de estudio.....                          | 28 |
| 4.1.    | Definición de carreteras concesionadas tipo .....            | 30 |
| 4.2.    | Definición de los modelos de valorización considerados ..... | 31 |
| 4.3.    | Escenarios de conservación de las carreteras .....           | 32 |
| 5.      | Valorización de carreteras tipo .....                        | 34 |
| 5.1.    | Ruta I.....  | 34 |
| 5.1.1.  | Costo histórico .....  | 34 |
| 5.1.2.  | Escenarios de progresión de la condición.....                | 37 |
| 5.1.3.  | Valorización con modelo propuesto .....                      | 38 |
| 5.1.4.  | Valorización con modelo actual.....                          | 45 |
| 5.2.    | Ruta I más activo Túnel Ruta II .....                        | 48 |
| 5.2.1.  | Costo histórico .....  | 48 |
| 5.2.2.  | Escenarios de progresión de la condición.....                | 50 |
| 5.2.3.  | Valorización con modelo propuesto .....                      | 50 |
| 5.2.4.  | Valorización con modelo actual.....                          | 54 |
| 5.3.    | Ruta III .....   | 57 |
| 5.3.1.  | Costo histórico .....  | 57 |
| 5.3.2.  | Escenarios de progresión de la condición.....                | 59 |
| 5.3.3.  | Valorización con modelo propuesto .....                      | 60 |
| 5.3.4.  | Valorización con modelo actual.....                          | 66 |
| 5.4.    | Ruta IV .....  | 69 |
| 5.4.1.  | Costo histórico .....  | 69 |
| 5.4.2.  | Escenarios de progresión de la condición.....                | 71 |
| 5.4.3.  | Valorización con modelo propuesto .....                      | 72 |
| 5.4.4.  | Valorización con modelo actual.....                          | 77 |
| 5.5.    | Ruta V y Ruta VI.....  | 81 |
| 5.5.1.  | Costos históricos para Ruta V y Ruta VI.....                 | 83 |
| 6.      | Análisis y comparación de resultados .....                   | 85 |
| 6.1.    | Contexto y Objetivos de los modelos.....                     | 85 |
| 6.2.    | Activos considerados por cada modelo .....                   | 85 |
| 6.3.    | Costo histórico o de construcción de los activos.....        | 87 |
| 6.4.    | Asociación estado-valor de los activos .....                 | 90 |
| 6.4.1.  | Valorización inicial de la carretera .....                   | 90 |
| 6.4.2.  | Valorización al final del periodo de análisis.....           | 91 |

|  |     |
|--|-----|
| 7. Conclusiones y recomendaciones .....                  | 96  |
| 7.1. Conclusiones por objetivos .....                    | 96  |
| 7.2. Comentarios generales .....                         | 98  |
| 7.3. Investigaciones futuras .....                       | 99  |
| Referencias.....   | 100 |
| Anexo.....   | 105 |
| A.    Métodos de valorización basados en los costos..... | 105 |

# Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Esquema general de los activos para el cálculo del Patrimonio Vial .....  | 11 |
| Figura 2. Distribución nacional de precipitaciones acumulada en los años 2017, 2018, 2019 y 2020 (DGAC, 2018; 2019; 2020; 2021), y distribución de la población nacional según Censo 2017 (INE, 2023).<br>..... | 29 |
| Figura 3. Costo Histórico Ruta I según modelo propuesto, en UF. ....  | 35 |
| Figura 4. Composición del Costo Histórico Ruta I según modelo de valorización, en UF. ....  | 36 |
| Figura 5. Valorización Ruta I según modelo propuesto, en UF. ....   | 38 |
| Figura 6. Valorización Ruta I según modelo propuesto para escenario Pesimista, en UF. ....  | 39 |
| Figura 7. Valorización Ruta I según modelo propuesto para escenario Realista, en UF. ....   | 41 |
| Figura 8. Valorización Ruta I según modelo propuesto para escenario Optimista, en UF. ....  | 42 |
| Figura 9. Valor perdido Ruta I para los años 0, 5, 10, 15 y 20 según modelo propuesto, en UF. ....  | 44 |
| Figura 10. Valorización Ruta I según modelo Estudios Integrales, en UF. ....  | 45 |
| Figura 11. Valor perdido Ruta I según modelo Estudios Integrales. ....  | 46 |
| Figura 12. Costo Histórico Ruta I más túnel Ruta II según modelo propuesto, en UF. ....   | 48 |
| Figura 13. Composición del Costo Histórico Ruta I más túnel Ruta II según modelo de valorización, en UF. ....   | 49 |
| Figura 14. Valorización Ruta I según modelo propuesto, en UF. ....  | 51 |
| Figura 15. Valor perdido Ruta I más túnel Ruta II para los años 0, 5, 10, 15 y 20 según modelo propuesto, en UF. ....   | 54 |
| Figura 16. Valorización Ruta I más túnel Ruta II según modelo Estudios Integrales, en UF. ....  | 55 |
| Figura 17. Valor perdido Ruta I según modelo Estudios Integrales, en UF. ....   | 56 |
| Figura 18. Costo Histórico Ruta III según modelo propuesto, en UF. ....   | 57 |
| Figura 19. Composición del Costo Histórico Ruta III según modelo de valorización, en UF. ....   | 59 |
| Figura 20. Valorización Ruta III según modelo propuesto, en UF. ....  | 60 |
| Figura 21. Valorización Ruta III según modelo propuesto para escenario Pesimista, en UF. ....   | 61 |
| Figura 22. Valorización Ruta III según modelo propuesto para escenario Realista, en UF. ....  | 62 |
| Figura 23. Valorización Ruta III según modelo propuesto para escenario Optimista, en UF. ....   | 64 |
| Figura 24. Valor perdido Ruta III para los años 0, 5, 10, 15 y 20 según modelo propuesto, en UF. ....   | 65 |
| Figura 25. Valorización Ruta III según modelo Estudios Integrales, en UF. ....  | 66 |
| Figura 26. Valor perdido Ruta III según modelo Estudios Integrales, en UF. ....   | 67 |
| Figura 27. Costo Histórico Ruta IV según modelo propuesto, en UF. ....  | 69 |
| Figura 28. Composición del Costo Histórico Ruta IV según modelo de valorización, en UF. ....  | 71 |
| Figura 29. Valorización Ruta IV según modelo propuesto, en UF. ....   | 72 |
| Figura 30. Valorización Ruta IV según modelo propuesto para escenario Pesimista, en UF. ....  | 73 |
| Figura 31. Valorización Ruta IV según modelo propuesto para escenario Realista, en UF. ....   | 74 |
| Figura 32. Valorización Ruta IV según modelo propuesto para escenario Optimista, en UF. ....  | 76 |
| Figura 33. Valor perdido Ruta IV para los años 0, 5, 10, 15 y 20 según modelo propuesto, en UF. ....  | 77 |
| Figura 34. Valorización Ruta IV según modelo Estudios Integrales, en UF. ....   | 78 |
| Figura 35. Valor perdido Ruta IV según modelo Estudios Integrales, en UF. ....  | 79 |
| Figura 36. Costo Histórico Ruta V según modelo propuesto, en UF. ....   | 81 |
| Figura 37. Costo Histórico Ruta VI según modelo propuesto, en UF. ....  | 82 |
| Figura 38. Composición del Costo Histórico Ruta V y VI según modelo de valorización, en UF. ....  | 83 |
| Figura 39. Aumento del costo histórico de cada Ruta al considerar los activos del MVAVC, según modelo propuesto, en UF. ....  | 87 |
| Figura 40. Composición del costo inicial de la Ruta I según modelo de valorización, en UF. ....   | 88 |
| Figura 41. Costo Histórico en Rutas analizadas, según modelo propuesto y modelo Estudios Integrales, en UF. ....  | 89 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Figura 42. Valor mantenido por las plataformas viales en el año 0, según modelo Estudios Integrales, en UF.</i> .....  | 91 |
| <i>Figura 43. Valorización Ruta I en UF según escenario de condición en modelo propuesto. Indica porcentaje del costo histórico mantenido por la Ruta I y por los activos Puentes, Plataforma vía principal y Barreras de contención.</i> .....                     | 92 |
| <i>Figura 44. Valorización Ruta I en UF según escenario de condición en modelo Estudios Integrales. Indica porcentaje del costo histórico mantenido por la Ruta I y por los activos Puentes y pasos superiores, y Plataforma vía principal y de servicio.</i> ..... | 92 |
| <i>Figura 45. Valorización al año 20 como porcentaje del Costo Histórico en Rutas valorizadas, según modelo propuesto y modelo actual para escenario Pesimista, Realista y Optimista.</i> .....   | 94 |

# Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Zonas climáticas de Chile (Almonte, 1999; MOP, 2014).....   | 13 |
| Tabla 2. Niveles de tránsito según TMDA (Adaptado de MOP, 2014).....   | 13 |
| Tabla 3. Estructura caminos de asfalto según zona climática y nivel de tránsito (Adaptado de MOP, 2014)<br>.....   | 13 |
| Tabla 4. Actividades de rehabilitación para camino de hormigón (Adaptado de MOP, 2014) .....   | 14 |
| Tabla 5. Activos viales con modelo de valorización en el MVAVC (Delgadillo et al., 2022a) .....  | 19 |
| Tabla 6. Ejemplos de partidas involucradas en el cálculo del costo de rehabilitación de la calzada de asfalto (Marzal, 2021). .....                                  | 20 |
| Tabla 7. Actividades de rehabilitación por indicador técnico para la componente calzada de asfalto (Marzal, 2021). .....   | 21 |
| Tabla 8. Umbrales por nivel de desempeño a emplear en la valorización de calzadas de asfalto (Marzal, 2021). .....   | 21 |
| Tabla 9. Concesiones de infraestructura vial interurbana según zona climática (Almonte, 1999) y etapa (MOP, 2023d). .....  | 28 |
| Tabla 10. Activos viales considerados en cada carretera interurbana tipo. ....   | 30 |
| Tabla 11. Valor en UF y composición del costo histórico Ruta I según modelo de valorización. ....  | 36 |
| Tabla 12. Valorización Ruta I en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo propuesto. ....  | 38 |
| Tabla 13. Valorización Ruta I en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Pesimista, según modelo propuesto. ....                            | 40 |
| Tabla 14. Valorización Ruta I en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Realista, según modelo propuesto. ....                             | 41 |
| Tabla 15. Valorización Ruta I en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista, según modelo propuesto. ....                            | 43 |
| Tabla 16. Valorización Ruta I en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo Estudios Integrales. ....  | 45 |
| Tabla 17. Valorización Ruta I en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo Estudios Integrales. ....                   | 46 |
| Tabla 18. Costo histórico, valorización al año 20 y valor perdido como porcentaje del costo histórico de cada modelo para escenario Pesimista en Ruta I, en UF. .... | 47 |
| Tabla 19. Valor y composición del Costo Histórico Ruta I más túnel Ruta II según modelo de valorización, en UF. ....   | 50 |
| Tabla 20. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo propuesto. ....  | 50 |
| Tabla 21. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Pesimista según modelo propuesto. ....           | 52 |
| Tabla 22. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Realista según modelo propuesto. ....            | 52 |
| Tabla 23. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo propuesto. ....           | 53 |
| Tabla 24. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo Estudios Integrales. ....                                  | 54 |
| Tabla 25. Valor y composición del Costo Histórico Ruta III según modelo de valorización, en UF. ....   | 58 |
| Tabla 26. Valorización Ruta III en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo propuesto. ....  | 60 |
| Tabla 27. Valorización Ruta III en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Pesimista según modelo propuesto. ....                           | 62 |
| Tabla 28. Valorización Ruta III en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Realista según modelo propuesto. ....                            | 63 |

|  |            |
|--|------------|
| <i>Tabla 29. Valorización Ruta III en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo propuesto.....</i>   | <i>64</i>  |
| <i>Tabla 30. Valorización Ruta III en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo Estudios Integrales. ....</i>   | <i>66</i>  |
| <i>Tabla 31. Valorización Ruta III en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo Estudios Integrales.....</i>                                 | <i>67</i>  |
| <i>Tabla 32. Costo histórico, valorización al año 20 y valor perdido como porcentaje del costo histórico de cada modelo para escenario Pesimista en Ruta III, en UF. ....</i>              | <i>68</i>  |
| <i>Tabla 33. Valor en UF y composición del Costo Histórico Ruta IV según modelo de valorización. ....</i>  | <i>70</i>  |
| <i>Tabla 34. Valorización Ruta IV en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo propuesto. ....</i>  | <i>72</i>  |
| <i>Tabla 35. Valorización Ruta IV en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Pesimista según modelo propuesto. ....</i>   | <i>74</i>  |
| <i>Tabla 36. Valorización Ruta IV en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Realista según modelo propuesto. ....</i>  | <i>75</i>  |
| <i>Tabla 37. Valorización Ruta IV en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo propuesto.....</i>  | <i>76</i>  |
| <i>Tabla 38. Valorización Ruta IV en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo Estudios Integrales. ....</i>  | <i>77</i>  |
| <i>Tabla 39. Valorización Ruta IV en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo Estudios Integrales.....</i>                                  | <i>79</i>  |
| <i>Tabla 40. Costo histórico, valorización al año 20 y valor perdido como porcentaje del costo histórico de cada modelo para escenario Pesimista en Ruta IV, en UF. ....</i>               | <i>80</i>  |
| <i>Tabla 41. Composición del Costo Histórico Ruta V y Ruta VI según modelo de valorización propuesto y Actual DV, en UF.....</i>   | <i>84</i>  |
| <i>Tabla 42. Activos viales a incluir en los Estudios de Peritaje según bases de licitación, y activos que cuentan con modelo de valorización en el modelo propuesto y el actual. ....</i> | <i>86</i>  |
| <i>Tabla 43. Comparación de valorización al año 20 entre modelo propuesto y Estudios Integrales como porcentaje del costo histórico de la Ruta I, según escenario de condición. ....</i>   | <i>93</i>  |
| <i>Tabla 44. Porcentaje del costo histórico mantenido por cada carretera según modelo de valorización y escenario de condición. ....</i>   | <i>95</i>  |
| <i>Tabla 45: Métodos de valorización basados en los costos (Delgadillo et al., 2021; Arce, 2022).....</i>  | <i>105</i> |

---

# Introducción

La longitud total de la Red Vial Nacional es de casi 88.211 kilómetros, de los cuales aproximadamente 21.797 kilómetros se encuentran pavimentados y cerca de 3.400 kilómetros corresponden a concesiones en etapa de explotación (Ministerio de Obras Públicas de Chile [MOP], 2023a). Si bien la longitud concesionada no representa una parte considerable de la red vial total, esta alcanza más del 15% del total pavimentado (MOP, 2023a; 2023d). Actualmente, la Dirección General Concesiones de Obras Públicas (DGC) del Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP) es la entidad encargada del estudio, licitación y supervisión de los proyectos de infraestructura concesionada (MOP, 2017). Al segundo trimestre de 2023, la DGC ha comprometido y materializado inversiones por un total de USD 25.665 millones, de los cuales un 76,5% corresponde a infraestructura vial urbana e interurbana (MOP, 2023b).

La estrategia de asociación público-privada (APP) o de concesiones para el desarrollo de infraestructura pública, impulsada y puesta en marcha por el MOP en la década de los noventa, ha permitido al estado liberar recursos para favorecer otras obras públicas que hubiera tardado años en realizar, optimizar sus inversiones y potenciar el desarrollo productivo del país (MOP, 2023c). Así, por su importante aporte al desarrollo social y económico al país, impera contar con herramientas que permitan evaluar cómo la infraestructura vial está siendo administrada.

A nivel mundial, la gestión de las carreteras ha tendido a cambiar su enfoque en las obras mismas hacia un enfoque basado en objetivos estratégicos (De Solminihac et al., 2018). Además, la literatura coincide en que tres importantes objetivos estratégicos son el servicio a los usuarios que transitan por la vía, la preservación del valor físico de la infraestructura vial, y el beneficio a las comunidades y medio ambiente aledaños a la infraestructura (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos [CICCP], 2005; Delgadillo et al., 2018; Muñoz, 2020; Organization for Economic and Cooperation and Development [OECD], 1997), los cuales deben evaluarse independientemente ya que las necesidades de las distintas partes interesadas en la infraestructura son las mismas para todas (Dojutrek et al., 2012; Zhang y Peters, 2014).

En este contexto, la valoración de activos emerge como un componente esencial en la gestión de carreteras, resultando clave para verificar la correcta utilización de los fondos de los contribuyentes y para justificar las necesidades de financiamiento en infraestructura (Alyami y Tighe, 2016). Además, puede ser incorporada en la gestión de activos como una medida de desempeño que traduce la condición de la infraestructura a términos monetarios, los que pueden ser fácilmente comunicados y entendidos por distintas partes interesadas en la infraestructura, como los encargados de formular políticas, agencias viales, los usuarios de la carretera y el público general (Alyami, 2017; Pornchokchai, 2006; Turnbull, 2015).

Con ciertos matices, la literatura coincide en que la valorización de activos es definida como el proceso de estimar el valor monetario de un activo específico (Acharya, 2014; Alyami, 2017; Alyami y Tighe, 2016, 2018; Falls et al., 2004; Herabat, 2002; Marston, 1970; Turnbull, 2015; Weldemicael et al., 2018). Por otra parte, también es considerada ambigua en el sentido de que tiene significados diferentes para disciplinas diferentes. Por ejemplo, para un economista el valor de un activo depende de su contribución a la actividad económica, mientras que para un empresario dependerá del potencial del activo para generar nuevos ingresos (Federal Highway Administration [FHWA], 2016).

Respecto a los métodos de valorización existentes, estos pueden clasificarse según el tipo de valor considerado en métodos basados en los costos, basados en los beneficios o basados en el valor de mercado (Alyami y Tighe, 2016; Amekudzi et al., 2002; Dojutrek et al., 2014; OECD, 2001; Stone, 2014; Weldemicael et al., 2018; Yuan y Li, 2018; Zhu et al., 2020). Sin embargo, de todos los métodos existentes, no hay uno universalmente aceptado para la determinación del valor de cada activo (Alyami y Tighe, 2016; Austroads, 2018).

---

La selección de un método y el desarrollo de un modelo de valorización apropiado para cada activo depende del objetivo de la valorización, de las partes interesadas en la valorización y del activo mismo (Amekudzi et al., 2002). Se ha indicado que los basados en los costos, que además consideran la condición del activo, muestran cómo ha sido protegido el valor del activo a través de la preservación de la infraestructura (Amekudzi et al., 2019), por lo que serían adecuados para evaluar el desempeño del operador de una carretera en la conservación de los activos.

A nivel mundial, la valorización de activos ha sido utilizada principalmente con fines contables (Acharya, 2014; Alyami y Tighe, 2018; Chartered Institute of Public Finance and Accountancy [CIPFA], 2016; Do y Jung, 2018; FHWA, 2016; Hogg y Reid, 2017; London Bridges Engineering Group [LoBEG], 2012; Opara, 2012; Roux et al., 2018; Zhu et al., 2020) y de gestión a nivel de red por parte de la agencia pública responsable de las carreteras (Amekudzi et al., 2019; Deng et al., 2020; FHWA, 2016; Snaith y Orr, 2006).

En asociaciones público-privadas para la explotación de infraestructura vial pública, o concesiones viales, la valorización de activos puede utilizarse como medida de desempeño para evaluar la gestión de los proyectos y el mantenimiento de los activos (Turnbull, 2015). Si bien en este contexto su uso es más bien escaso, en Estados Unidos los contratos de concesión de Chicago e Indiana exigen determinar el valor de la infraestructura al momento del término del contrato, considerando métodos de valorización que incluyen los costos y beneficios de la concesión (Chicago Department of Transportation [ChDOT], 2004; Indiana Department of Transportation [INDOT], 2017). En Australia, estos contratos exigen un reporte de la valorización de los activos y del crecimiento anual de su valor (Alyami, 2017; Alyami y Tighe, 2016). En Latinoamérica, se han ido incorporando conceptos de valorización de activos en Perú (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú [MTC], 2010; 2013) y Costa Rica (Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica [MOPT], 2011). En ninguno de estos casos el valor de los activos es utilizado como una medida de desempeño del nivel de gestión del operador de la carretera en la conservación de los activos.

En Chile, se ha incorporado la valorización de activos en los más recientes contratos de concesión para determinar el Valor Residual de las obras al final de la concesión, tanto para infraestructura vial interurbana (MOP, 2019; 2021a; 2021b; 2021c; 2021d) como urbana (MOP, 2022). Este valor debe determinarse mediante peritajes utilizando la metodología de valorización de la Dirección de Vialidad (DV) del MOP (MOP, 2014), la cual fue desarrollada para cumplir con compromisos de contabilidad internacionales (Contraloría General de la República de Chile [CGR], 2015; Schliessler y Bull, 1994) y para justificar los requerimientos presupuestarios para la conservación de la Red Vial Nacional.

Debido a los objetivos particulares con los que esta metodología fue desarrollada, se encuentra calibrada a las condiciones de la Red Vial Nacional no concesionada (MOP, 2012), cuyo estándar de operación y de niveles de servicio a los usuarios se encuentran generalmente por debajo de lo exigido para carreteras concesionadas interurbanas chilenas. Por otra parte, esta metodología cuenta con un modelo de valorización para caminos, túneles, puentes y viaductos, paraderos y ciclovías, dejando fuera otros activos presentes en carreteras concesionadas chilenas que deben incluirse en el Valor Residual de las obras (MOP, 2019; 2021a; 2021b; 2021c; 2021d; 2022). Además, solo en el modelo de valorización de los caminos se considera la condición funcional del activo, mientras que para los demás el valor se determina por simple Depreciación Lineal del costo de construcción.

Por lo tanto, el valor de residual de la infraestructura al final de un periodo de concesión está siendo determinado con una metodología que no se encuentra adaptada al estándar de operación de las carreteras concesionadas chilenas y que cuenta con un modelo de valorización solo para algunos activos viales. Además, los actuales contratos de concesión no hacen del todo uso de la valorización de activos como herramienta de gestión de infraestructura en el control de la preservación de los activos por parte del operador de la carretera, la cual solo es considerada para determinar el Valor Residual de la infraestructura al final del periodo de concesión con objeto de establecer un Pago Final del Estado al operador de la carretera.

---

De esta forma, con el objetivo de contar con un modelo de valorización de activos que pudiera ser implementado en los futuros contratos de concesiones viales y que permitiera la evaluación del desempeño del operador de una carretera en la preservación de los activos, durante el proyecto FONDEF ID20I10072 *Metodología de Valorización del Patrimonio Vial Compatible con el Nivel de Servicio a los Usuarios* se desarrollaron modelos de valorización para distintos activos viales presentes en carreteras concesionadas interurbanas chilenas. Estos activos viales corresponden a: Plataforma de la vía principal; Túneles; Estructuras tipo puente; Estructuras geotécnicas y Obras de protección fluvial; Sistema de saneamiento y drenaje; Plataforma de vías de servicio; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; Pasarelas peatonal, paraderos de buses y acera peatonal; Pasos de Fauna; Ciclovías; Cercos y portones; y Barreras de contención.

Cada uno de estos modelos de valorización fue desarrollado tomando en consideración las condiciones en que operan las carreteras concesionadas, las cuales quedan regidas por el contrato de concesión. Además, cada modelo fue calibrado a los estándares de operación de las carreteras concesionadas interurbanas chilenas, de acuerdo con el nivel de servicio que los activos prestan a los usuarios motorizados de las mismas. El modelo de valorización integrado, que considera la valorización de todos los activos viales antes mencionados, fue denominado Modelo de Valorización de Activos Viales Concesionados (MVAVC), y aún no se ha evaluado su aplicación en carreteras concesionadas interurbanas que presenten variadas condiciones en cuanto a los tipos y cuantías de activos existentes en cada una de ellas.

De acuerdo con los objetivos con que fue desarrollado el MVAVC propuesto en el proyecto FONDEF ID20I10072, este debe permitir su implementación en bases de licitación de carreteras concesionadas interurbanas chilenas. Por lo tanto, antes de proponer su utilización en estos tipos de contratos viales, impera realizar una verificación de la precisión y exactitud del MVAVC en la valorización de activos viales concesionados. Para esto, en base a información histórica de la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGC), se deberá comparar la aplicación del MVAVC y de la metodología de la Dirección de Vialidad, actualmente en uso en contratos de concesiones viales, para un conjunto de activos viales pertenecientes a diferentes carreteras, sometidas a condiciones geográficas, climáticas y demográficas dispares.

Los contenidos del presente trabajo de investigación fueron organizados en los siguientes capítulos. En el Capítulo 1 se muestra una revisión del estado del arte y de la práctica en la valorización de activos viales, tanto para fines contables como de gestión en concesiones viales. En el Capítulo 2 y 3 se presenta el contexto en que fue desarrollada la metodología de valorización de la Dirección de Vialidad y el propuesto MVAVC, respectivamente, estableciéndose, además, las bases conceptuales de cada metodología de valorización y una descripción del modelo de valorización de los activos viales considerados en cada metodología. En el Capítulo 4 se define el caso de estudio utilizado para la comparación de la precisión y exactitud de las metodologías de valorización, definiéndose seis carreteras concesionadas tipo valorizadas, los modelos de valorización analizados y los tres escenarios de gestión de la conservación de las carreteras definidas. Luego, en el Capítulo 5 se muestran los resultados de la valorización de las seis carreteras definidas, presentándose en costo inicial de cada carretera y cómo varía su valor en los distintos escenarios de conservación, tanto con el propuesto MVAVC como con la metodología actual. En el Capítulo 6 se presenta un análisis de los resultados obtenidos de la valorización de las carreteras definidas, tanto cualitativa como cuantitativamente. Finalmente, en el Capítulo 7 se entregan las principales conclusiones desprendidas de la aplicación de los modelos de valorización descritos, organizadas según los objetivos con que fue desarrollado este trabajo.

---

# Hipótesis

El Modelo de Valorización de Activos Viales Concesionados (MVAVC) tiene mayores niveles de precisión y exactitud que la actual metodología de valorización utilizada en Chile, por lo tanto, es una mejor herramienta para la valorización de activos en concesiones viales interurbanas chilenas.

---

# Objetivos

## Objetivo general

Comparar la precisión y exactitud entre el modelo de valorización de activos viales concesionados y la actual metodología de valorización utilizada en Chile, mediante la aplicación de ambos modelos a carreteras tipo representativas de distintas zonas geográficas, climáticas y demográficas del país.

## Objetivos específicos

- Definir seis carreteras concesionadas interurbanas representativas de la infraestructura existente en las Zonas Norte, Centro y Sur del país, en función de la información histórica proporcionada por la Dirección General de Concesiones.
- Proponer escenarios de gestión de la conservación para las carreteras previamente definidas, que permitan sensibilizar los modelos ante distintos desempeños del operador de la carretera.
- Comparar las valorizaciones realizadas con el modelo propuesto y con la actual metodología de la Dirección de Vialidad para las carreteras y escenarios definidos anteriormente, analizando precisión y exactitud para ambos modelos.

---

# 1. Estado del arte y de la práctica en valorización de activos viales

En la literatura es posible encontrar diversas definiciones de la valoración de activos, dependiendo de los objetivos que se tengan para esta y de quién realice la valoración. Marston (1970) la describe como el arte de estimar la medida monetaria justa de la conveniencia de la posesión de propiedades específicas para un propósito específico (Acharya, 2014; Falls et al., 2004). También se ha definido como el proceso de estimar el valor de un activo en una fecha dada, midiendo su valor relativo a lo largo del tiempo (Alyami y Tighe, 2016; Alyami, 2017; Alyami y Tighe, 2018). Algunos la consideran como el proceso de estimar el valor monetario de un activo físico basado en su costo histórico, edad, condición y valor depreciado (FHWA, 2016; Weldemicael et al., 2018).

La valoración de activos desempeña un papel clave en la gestión de activos viales al contribuir en varios aspectos. Ayuda en la supervisión de alto nivel para verificar el correcto uso de los fondos públicos (Alyami, 2017; Alyami y Tighe, 2016; Alyami y Tighe, 2018; Dojutrek et al., 2014) y en la evaluación del impacto de las estrategias de inversión en el valor futuro de los activos (Austroads, 2018; Turnbull, 2015). Además, se utiliza para evaluar el riesgo y la resiliencia de la infraestructura (CDOT, 2016), justificar necesidades de financiamiento (Alyami, 2017; CDOT, 2016; Dewan y Smith, 2005), y optimizar inversiones en mantenimiento y rehabilitación vial (Acharya, 2014; Do y Jung, 2018).

Además, la valoración de activos contribuye a la formulación de políticas gubernamentales (Austroads, 2018; Weldemicael et al., 2018), así como a la vinculación entre la planificación de inversiones y la contabilidad financiera (Austroads, 2018; FHWA, 2016). Además, se destaca que el valor de activos puede incorporarse en la gestión de activos como una medida de desempeño, traduciendo la condición de la infraestructura en términos monetarios comprensibles para diversas partes interesadas (Alyami, 2017; Turnbull, 2015).

Dada su importancia, la valoración de activos ha sido incorporada en distintos países mediante requerimientos legales de contabilidad, como el Government Accounting Standards Board's Statement 34 (GASB 34) en Estados Unidos, Public Sector Accounting and Auditing Board (PSAAB) en Canadá, European System of Account (ESA) en Europa y el Australian Accounting Standards Board (AASB) en Australia (Alyami, 2017; Falls et al., 2004; Falls et al., 2005; Weldemicael et al., 2018).

Respecto a los métodos de valoración existentes, estos pueden ser clasificados según su valor considerado en métodos basados en los costos, en los beneficios y en el valor de mercado. De estos, se ha señalado que los métodos basados en los costos son los más adecuados para activos de infraestructura pública, debido a que su principal contribución es a la economía nacional y no son construidos con el propósito de generar ganancias (Yuan y Li, 2018). En la Tabla 45 del Anexo A se muestran algunos de los métodos basados en los costos encontrados en la literatura y que han sido utilizados para la valoración de activos viales.

## 1.1. Prácticas de valoración con fines contables

La valoración de activos viales con fines contables a nivel internacional se revela como un desafío complejo y diverso, donde la adaptación de estándares internacionales a las particularidades locales se vuelve esencial. Aunque la International Public Sector Accounting Standards Board (IPSASB) establece Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público (NICSP), la realidad de cada país presenta diferencias significativas. Según la IPSASB, estas normas se basan en valores devengados para el uso de gobiernos y entidades del sector público en todo el mundo (OECD, 2014).

---

En Sudáfrica, la Ley de Gestión de Finanzas Públicas (PFMA) impone la preparación de estados financieros según prácticas de contabilidad generalmente reconocidas, como se indica en la Modified Cash Standard (MCS). Esto se traduce en la valorización de activos de infraestructura por su costo, utilizando un enfoque de costo de reemplazo depreciado (Roux et al., 2018). La depreciación resulta de la combinación del deterioro físico y funcional en Ghana, según las Guidance Notes del Ghana Institution of Surveyors (Gyamfi-Yeboah y Ayitey, 2009).

En China, la valorización de activos de propiedad estatal incluye métodos como el costo de reemplazo depreciado y el valor presente de los ingresos (Zhu et al., 2020). Corea del Sur, según los requerimientos del Ministerio de Estrategia y Finanzas, informa la valorización de activos viales con métodos enfocados en costos y depreciación, como el costo de reemplazo escrito y la depreciación lineal (Do y Jung, 2018).

En Europa, la Unión Europea, a través del marco contable European System of National and Regional Accounts (ESA 2010), destaca la necesidad de calcular la depreciación de activos de "larga vida" (Luburic, 2012; OECD, 2014). Alemania emplea el modelo HELLER Engineering para valorizar carreteras, considerando la edad y condición de la carretera (Opara, 2012). Bélgica, según la Commission for Standardisation of Public Service Accounting (CSPSA), recomienda la valorización de activos de infraestructura mediante un enfoque de costo considerando el costo de reemplazo (Acharya, 2014; OECD, 2001).

En Oceanía, Australia, a través de las Australian Accounting Standards Board (AASB), establece que los activos deben valorizarse mediante el costo de reemplazo depreciado, considerando la depreciación lineal y el "asset consumption ratio" (Austroads, 2018). Nueva Zelanda sigue los requerimientos de New Zealand International Financial Reporting Standards (NZ IFRS) para la contabilidad de activos tangibles.

En Estados Unidos, el enfoque de GASB 34 permite informar anualmente el valor de activos mediante métodos de depreciación o modificado (Acharya, 2014; FHWA, 2016). Canadá, a través del Public Sector Accounting and Auditing Board (PSAAB), requiere la presentación anual del valor de activos tangibles con informes que reflejen costos históricos, pero permite estimaciones más Realistas (Alyami, 2017; Alyami y Tighe 2016; Alyami y Tighe 2018).

En Chile, la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas cuenta con una metodología para la determinación del Patrimonio Vial de la Red Vial Nacional, la cual se describe más adelante en el Capítulo 2. Esta corresponde a una adaptación de la metodología propuesta por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) (Schliessler y Bull, 1994). La propuesta fue aplicada y llevada a las condiciones de la vialidad chilena por Almonte (1999) y Fernández (2002), en concordancia con los niveles de inventario de activos de la Dirección de Vialidad. Las adaptaciones de Almonte (1999) y Fernández (2002) fueron actualizadas y automatizadas en conjunto con la opinión de expertos durante el Estudio Básico Metodología para la Determinación del Patrimonio Vial, siendo esta la versión actual de la metodología utilizada en Chile para la valorización de la Red Vial Nacional (MOP, 2014). Esta metodología ha sido utilizada para determinar el valor Patrimonial de los años 2007, 2009, 2014 (MOP, 2014) y 2013 (MOP, 2016).

## **1.2. Prácticas de valorización en concesiones viales**

En asociaciones público-privadas o concesiones de obras públicas, el uso de la valorización de activos es más bien escaso. En Latinoamérica, se han incorporado algunos conceptos relacionados con la valorización de obras en contratos de concesión. En Perú, desde 2009, se ha definido el término "valor contable neto del intangible" en contratos de concesión, que incluye amortizaciones acumuladas, estudio de ingeniería, gastos financieros y otros gastos del balance general, pero excluye el valor de las obras (MTC, 2009a; 2009b; 2010; 2013). En Costa Rica, existe una valorización para indemnización por extinción anticipada de la concesión, considerando amortización y depreciación devengada de las inversiones según la vida útil dispuesta en el contrato (MOPT, 2011). En Paraguay, se establecen vidas útiles para algunos activos con la

---

obligación de reposición parcial o total al cumplirse esos años (MOPC, 2017). No se encontró evidencia de metodologías de valorización en contratos de concesión vial en Argentina, Bolivia, Colombia y México.

En contratos de concesión en carreteras estadounidenses, como en Chicago e Indiana, se establece el valor de la infraestructura mediante peritajes para la indemnización por término de contrato, considerando costos y beneficios futuros de la concesión (INDOT, 2017; ChDOT, 2004). En Texas, aunque no hay una metodología formal de valoración, se establece una vida residual para los activos al final de la concesión, con el concesionario responsable de preparar un plan aprobado por el Departamento de Transportes de Texas (TxDOT, 2014). En Nueva Gales del Sur (Australia), se ha utilizado el método costo de reemplazo escrito (WDRC) en contratos de asociación público-privada para la valorización de activos, con la especificación de un crecimiento anual del valor de activo superior al 4% (Alyami, 2017; Alyami y Tighe, 2016).

En Chile, los nuevos contratos de licitación de concesiones viales incluyen un Pago Final que el Estado debe realizar a la Sociedad Concesionaria u operador de la carretera al final del periodo de concesión, el cual depende del Valor Residual de las obras en dicho instante (MOP, 2019; 2021a; 2021b; 2021c; 2021d; 2022). Este valor se determina mediante Estudios de Peritaje en los cuales el operador de la carretera debe encargar una valorización de los activos de la concesión, indicados en el respectivo contrato de concesión, para lo cual se debe utilizar la Metodología para la Determinación del Patrimonio Vial de la Red Vial Nacional de la Dirección de Vialidad (MOP, 2014), e incluyendo, además, una evaluación estructural de los pavimentos. También, esta metodología ha sido utilizada en los Estudios Integrales de las carreteras interurbanas concesionadas que entran en su etapa de relicitación (MOP, 2021e; 2021f). Sin embargo, esta metodología no se encuentra adaptada a las condiciones funcionales o niveles de servicio exigidos para las carreteras concesionadas chilenas, sino que para activos con un menor estándar técnico exigido.

---

## **2. Metodología para la Determinación del Patrimonio Vial de la Dirección de Vialidad**

### **2.1. Contexto de la metodología**

A mediados de la década del noventa, Schliessler y Bull (1994) a través de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y de la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ) advirtieron que, debido a la conservación deficiente de los caminos, las inversiones realizadas en la construcción de las grandes redes viales en los países de América Latina y el Caribe apuntaban hacia un deterioro acelerado, llegando incluso al fin de su vida de diseño antes de tiempo. Además, identificaron que las principales causas de la conservación deficiente de los caminos son la falta crónica de financiamiento y la escasa eficacia y eficiencia de los organismos encargados de los caminos.

Partiendo por reconocer que el Patrimonio Vial constituye una inversión de los países que debe preservarse mediante una política de preservación inteligente, Schliessler y Bull (1994) presentaron un nuevo enfoque para la gestión y conservación de los caminos de países de América Latina y el Caribe. Dentro de sus propuestas, está el adoptar métodos y herramientas similares a las que emplean las empresas privadas, como la evaluación periódica de sus activos. En el caso particular de la gestión de caminos, esto corresponde a la evaluación periódica del Patrimonio Vial.

Respecto a este último, los mismos autores definen el Patrimonio Vial como el conjunto de toda la infraestructura vial de la cual se esperan beneficios para las generaciones actuales y futuras. Además, el valor del Patrimonio Vial puede ser calculado en términos monetarios. Así, Schliessler y Bull (1994) propusieron un método para determinar el valor monetario del Patrimonio Vial, con el objeto de que un ingeniero o un economista pueda efectuar y completar el cálculo del valor del Patrimonio Vial de un país de la CEPAL en un tiempo reducido, siempre y cuando estos cuenten con datos básicos sobre el sistema vial.

Uno de los motivos para determinar el valor del Patrimonio Vial es la posibilidad de destinar recursos para la conservación de este Patrimonio. En ese sentido, resulta fundamental no solo conocer el valor del Patrimonio Vial en un momento determinado, sino también comprender cómo varía dicho valor a lo largo del tiempo, de manera de poder estimar la magnitud y velocidad de la pérdida o ganancia de Patrimonio. Por lo tanto, es necesario hacer una evaluación periódica del valor del Patrimonio Vial que permita comparar entre distintos instantes de tiempo. Esta evaluación debe incluir, además, el estado de los caminos en el valor del Patrimonio, para así poder estimar los recursos requeridos para su conservación.

En Chile, Almonte (1999) desarrolló una metodología de cálculo del valor del Patrimonio Vial en base a la propuesta de Schliessler y Bull (1994). Para esto, adaptó el método propuesto a las características de la Red Vial de la Región de Valparaíso y a los recursos de información disponibles en la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile, encargados de la administración y conservación de la Red Vial Nacional.

Más tarde, Fernández (2002) ajustó la metodología propuesta por Almonte (1999) para mejorar la representatividad de la evaluación del estado de la Red Vial Nacional, proponiendo una manera de extrapolar la información disponible en la Dirección de Vialidad a secciones o tramos de carreteras sin información de inspección. Además, incorporó un análisis de la evolución del patrimonio vial en base al valor de los caminos pavimentados que no han cambiado su categoría ni longitud, conocido como análisis del punto medio. Por último, desarrolló un programa computacional capaz de automatizar el cálculo del valor del Patrimonio Vial, el que puede ser utilizado en cualquier región del país.

---

Una actualización de la metodología propuesta por Almonte (1999) y Fernández (2002) fue desarrollada en el Estudio Básico Metodología para la Determinación del Patrimonio Vial, contratado a la empresa consultora Dusan Dujisin y Compañía Limitada por del Departamento de Gestión Vial de la Dirección de Vialidad (MOP, 2014). En este estudio, se actualizaron los métodos de cálculo y las bases de datos utilizadas por la Dirección de Vialidad, se incorporaron nuevos activos viales y se determinaron métodos de depreciación que tienen en cuenta variables climáticas, condiciones de tránsito y el estado de conservación de los activos (MOP, 2016).

Esta última actualización corresponde a la metodología actualmente en uso por la Dirección de Vialidad para determinar el valor Patrimonial de la Red Vial Nacional (MOP, 2016), y ha sido incorporada por la Dirección General de Concesiones en los más recientes contratos de concesión para determinar el Valor Residual de la infraestructura vial al final del periodo de concesión (MOP, 2019; 2021a; 2021b; 2021c; 2021d; 2022).

## 2.2. Bases conceptuales de la metodología

De acuerdo con lo indicado en la sección 2.1, la actual metodología de valorización de la Red Vial Nacional se funda por sobre los conceptos establecidos por la CEPAL y la GTZ (Schliessler y Bull, 1994), ajustada a las condiciones de la Red Vial Nacional de acuerdo con las adaptaciones de Almonte (1999) y Fernández (2002), y actualizada en el estudio básico encargado por la Dirección de Vialidad (MOP, 2014).

Para comprender mejor el concepto de Patrimonio Vial y qué debe considerar su valor monetario, es útil definir ciertos elementos técnicos de los caminos y qué funciones cumplen dentro del Patrimonio Vial (MOP, 2014; 2016; Schliessler y Bull, 1994).

- **Terreno:** espacio físico en que se construye el camino. Antes de construir un camino es necesario asegurar el derecho de vía o de paso, lo que supone la destinación o adquisición de una franja de terreno con dicho motivo. Si el terreno no pertenece al Estado y este lo compra a un privado mediante una transacción de carácter legal, se constituye un traspaso del sector privado al público que no supone cambio alguno en el valor del Patrimonio Vial. Es más, el terreno no se desgasta y no dejará de ser un bien con potencial para albergar alguna otra construcción. Por lo tanto, el valor del terreno no debe incorporarse dentro del valor del Patrimonio Vial.
- **Obras básicas:** constituyen la base o plataforma sobre la cual se construyen las capas de rodadura. Corresponden a aquellas obras destinadas a asegurar un viaje cómodo, rápido, seguro y económico, por lo que deben dotar al camino con, entre otras características, pendientes suaves, curvas amplias y buena visibilidad. En general, estas obras alteran el terreno natural y dependen de las condiciones de tránsito, clima y orografía con las que esté solicitado el camino. Además, requieren de actividades de conservación rutinarias o de reemplazos periódicos que aseguren una buena experiencia de viaje. Las obras básicas corresponden a cortes de cerros, rellenos de quebradas y depresiones, puentes, obras de drenaje y túneles, y su valor debe estar considerado dentro del Patrimonio Vial.
- **Capas de rodadura:** permiten que la superficie del camino sea firme y plana, de modo que los vehículos puedan desplazarse en forma cómoda y rápida. Corresponden al conjunto de estratos especialmente diseñados para satisfacer los requisitos específicos de los caminos. Su capa superior es generalmente la única visible, y puede ser de hormigón, asfalto, tratamiento asfáltico, grava o tierra. El conjunto de capas suele ser la parte más costosa del camino, y la que más rápidamente se deteriora si no se efectúa una conservación adecuada, por lo tanto, su valor debe estar incluido en el valor del Patrimonio Vial.

De acuerdo con lo anterior, en el valor del Patrimonio Vial debe incluirse el valor de las obras básicas y de las capas de rodadura, ya que estos son los elementos principales de un camino que requieren de una

conservación adecuada. Además, Schliessler y Bull (1994) recomiendan que el cálculo del valor del Patrimonio Vial debe realizarse cada dos o tres años, de forma tal de poder evaluar la efectividad de las políticas de conservación empleadas. Sin embargo, en la práctica no siempre se cuenta con los datos actualizados del estado de los caminos.

Tres tipos de datos son requeridos para el cálculo del valor del Patrimonio Vial, los que permitirán hacer el análisis de la evolución de Patrimonio (MOP, 2014):

- **Información de inventario:** constituido por información de sectorización e inventario, tal como un catastro de todos los caminos existentes y de los diversos tramos que los componen, su longitud, las características físicas que definen el tipo de camino y el volumen aproximado de tránsito diario. Además, características físicas y ubicación de los distintos activos presentes en el camino.
- **Información de costos:** constituido por información relativa al costo de construcción de un camino nuevo y al costo de diversos trabajos de mantenimiento rutinario, de renovación de superficie, y de rehabilitación y reconstrucción de las diferentes categorías de caminos existentes en el país. Para el caso de las obras básicas es necesario, además, conocer cuál es la vida útil de los activos y su valor residual.
- **Información del estado de los caminos:** constituido por información del estado actual de los caminos y las necesidades de conservación que requieren para mejorar su condición actual.

El esquema general de la Figura 1 muestra los activos viales que forman parte del Patrimonio Vial de la Red Vial Nacional, y que son considerados en la metodología de valorización de la Dirección de Vialidad (MOP, 2014). Dentro de los Caminos se consideran aquellos pavimentados y no pavimentados, en Concesiones aquellos caminos que se encuentran en etapa de explotación por algún operador privado, en Puentes las estructuras elevadas como viaductos y pasos sobre o bajo nivel, en Túneles las obras soterradas, y en Otros activos viales las pasarelas y ciclovías. Los modelos de valorización de estos activos se describen más adelante en la sección 2.3.

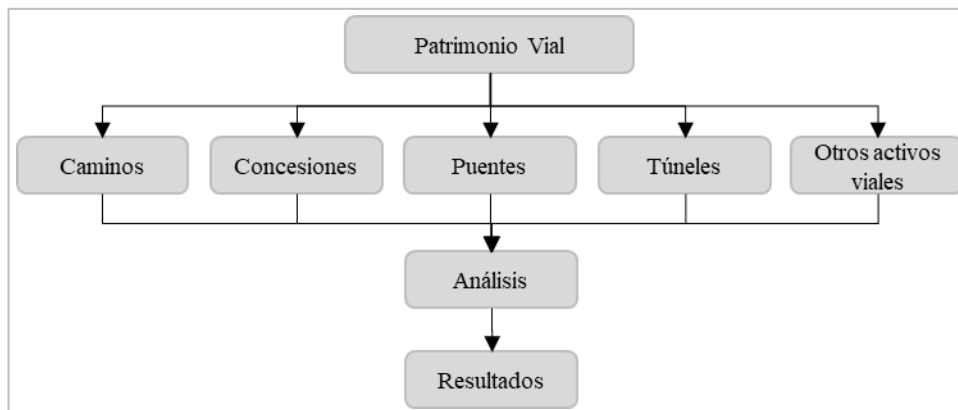


Figura 1. Esquema general de los activos para el cálculo del Patrimonio Vial  
Fuente: Adaptado de (MOP, 2014)

El proceso de cálculo para la determinación del Patrimonio Vial se encuentra implementado en el software computacional PATVIAL 2.0, el que administra las bases de datos requeridas para la evaluación, determina el valor del Patrimonio Vial, y realiza los análisis contemplados en la metodología. Los análisis propuestos en la metodología son tres (MOP, 2014; 2016):

---

➤ **Análisis Globales**

- **Patrimonio vial total:** resumen por región del valor patrimonial para cada uno de los activos viales considerados en el periodo de evaluación. El valor total será la suma del valor individual de cada activo.
- **Resumen red comparable:** la red vial comparable hace referencia a los tramos de camino cuya superficie de rodadura no se modificó. Este análisis podrá determinar la efectividad de las acciones tomadas y revisar el efecto de la inversión en el estado de la red vial producto de su conservación.

➤ **Análisis Red Pavimentada**

- **Valor máximo:** valor que podría tener la red vial si todos los tramos estuvieran en su condición como nuevo.
- **Valor mínimo:** valor que tendría la red vial si cada tramo estuviera en el peor estado que, conforme a criterios técnicos, fuera admisible. Dicha condición corresponde, en general, a los caminos que se encuentran en estado regular o aceptable, con la sola excepción de aquellos que tienen muy poco tránsito, para los cuales el estado mínimo permisible equivale a su peor condición posible.
- **Porcentaje de la red que se haya en peor estado que el mínimo admisible:** corresponde a aquellos caminos que se han deteriorado hasta el extremo de que los trabajos normales de conservación (mantenimiento rutinario y renovación de superficie) resultan insuficientes para recuperarlos, de modo que es preciso rehabilitarlos o reconstruirlos. Para dicho cálculo se identifican también todos los tramos individuales que se encuentran en esa condición.

➤ **Análisis Gestión Vial**

- **Análisis de Punto Medio:** se determina el valor patrimonial para cada tramo de camino, considerando el estado en que se encuentra y el estado correspondiente al punto medio. Idealmente, el valor del Patrimonio Vial debería estar situado cerca del punto medio.
- **Impacto del presupuesto de conservación en el valor del Patrimonio Vial:** necesario ingresar los montos en conservación que se han designado para cada una de las regiones en los años de evaluación. De esta manera, el software permite comparar el efecto de estos montos sobre el valor del Patrimonio Vial.

## 2.3. Activos viales considerados de la metodología

La metodología cuenta con modelos de valorización para cinco tipos de activos de la Red Vial Nacional: caminos pavimentados y no pavimentados, puentes y viaductos, túneles, pasarelas, y ciclovías. Además, presenta una adaptación para la valorización de caminos de concesiones viales en etapa de explotación.

A continuación, se describe independientemente cada uno de los modelos de valorización incluidos en la metodología de la Dirección de Vialidad.

### 2.3.1. Caminos pavimentados

Se considera como caminos pavimentados aquellos cuya carpeta de rodadura está conformada por mezclas asfálticas, tratamiento superficial o losas de hormigón. El valor de estos caminos se determina a partir del método Valor Neto Residual (NSV) mostrado en la Ecuación (2.3.1).

$$V_C = CR - CRehab_t \quad (2.3.1)$$

Donde:

- $V_C$  : Valor del camino en el momento de la evaluación del Patrimonio Vial.  
 $CR$  : Costo de reemplazo (camino nuevo).  
 $CRehab_t$  : Costo necesario para llevar al activo a la condición inicial como nuevo en el tiempo  $t$ .

Para la determinación del costo del camino nuevo, se utilizan paquetes estructurales establecidos en función de la zona climática y nivel de tránsito de cada camino, definidos según se indica en la Tabla 1 y Tabla 2, respectivamente.

Tabla 1. Zonas climáticas de Chile (Almonte, 1999; MOP, 2014)

| Zona climática | Descripción   |
|----------------|---|
| Norte (N)      | Desde la I hasta la III Región, incluyendo la XV Región desde 2007.   |
| Centro (C)     | Desde la IV hasta la VII Región, incluyendo la Región Metropolitana.  |
| Sur (S)        | Desde la VIII hasta la X Región, incluyendo la XIV Región desde 2007. |
| Austral (A)    | Desde la XI hasta la XII Región.                                      |

Tabla 2. Niveles de tránsito según TMDA (Adaptado de MOP, 2014).

| Niveles de tránsito | TMDA [veh/día]               |
|---------------------|------------------------------|
| Bajo (B)            | < 1.200                      |
| Centro (C)          | $1.200 \leq TMDA \leq 3.000$ |
| Alto (A)            | > 3.000                      |

A modo de ejemplo, en la Tabla 3 se indican las posibles estructuras de un camino de asfalto de la Zona Norte o Zona Centro del país, según su nivel de tránsito.

Tabla 3. Estructura caminos de asfalto según zona climática y nivel de tránsito (Adaptado de MOP, 2014)

| Zonas | TMDA | Capas [mm] |     |     |     | Dimensión de calzadas y bermas [m] |             |
|-------|------|------------|-----|-----|-----|------------------------------------|-------------|
|       |      | ECR        | ECI | EBG | SBG | Ancho Pista                        | Ancho Berma |
| N     | A    | 60         | 75  | 150 | 160 | 3,7                                | 1,8         |
|       | M    | 55         | 55  | 150 | 130 | 3,7                                | 1,6         |
|       | B    | 60         |     | 160 | 120 | 3,8                                | 1,6         |
| C     | A    | 55         | 50  | 160 | 130 | 3,5                                | 1,5         |
|       | M    | 50         | 50  | 170 | 120 | 3,7                                | 1,0         |
|       | B    | 60         |     | 170 | 130 | 3,7                                | 1,1         |

El costo de rehabilitación del camino ( $CRehab_t$ ) está dado por la metodología de determinación de estado denominada Índice de Condición del Pavimento (ICP), la que permite relacionar el estado del camino con su valor. De acuerdo con el valor del ICP, el estado de un camino puede clasificarse en Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo o Muy Malo, y en función de esta clasificación se determina cuál es la actividad de mantenimiento o rehabilitación necesaria para llevar al camino a su condición Muy Bueno. Estas actividades de mantenimiento y rehabilitación se encuentran definidas para los caminos con superficie de asfalto, hormigón y tratamiento superficial, como se muestra en la Tabla 4 para los caminos de hormigón. Luego, el costo de rehabilitación será el asociado a la actividad de rehabilitación necesaria para llevar el camino a su condición Muy Bueno.

Tabla 4. Actividades de rehabilitación para camino de hormigón (Adaptado de MOP, 2014)

| Estado del camino | Actividad de rehabilitación             |
|-------------------|---|
| Muy Bueno         | Conservación rutinaria.                 |
| Bueno             | Sello de juntas.                        |
| Regular           | Cepillado y Sello de juntas.            |
| Malo              | Reemplazo de losas y Sello de juntas.   |
| Muy Malo          | Recapado, Pulverizado o Reconstrucción. |

Para los caminos, o tramos de caminos, en los que no se cuente con información completa para la valorización, la metodología propone extrapolar los datos existentes según la región en que se encuentre el camino y el tipo de superficie de rodadura. Además, en caso de que un camino no presente necesidades de mantenimiento de acuerdo con el ICP (Muy Bueno), se asume que este de todas formas pierde su valor. Esta pérdida de valor se determina según las actividades de conservación registradas en el ICP de los caminos cercanos inspeccionados, para lo cual se determina un costo de conservación por kilómetro en función de la zona en que está el camino, el tránsito (TMDA) y la zona climática.

### 2.3.2. Caminos no pavimentados

Se considera como caminos no pavimentados aquellos cuya carpeta de rodadura está conformada por tierra, ripio o alguna solución básica, como capas de protección (CAPRO) de asfalto o tratamiento superficial, o como caminos estabilizados.

En el caso de los caminos de tierra su valor se mantendrá constante, según muestra la Ecuación (2.3.2), siendo su valor como nuevo igual al correspondiente a las partidas de Movimiento de Tierra y Preparación de la Faja o subrasante.

Para los caminos de ripio y los caminos estabilizados (solución básica), el valor actual se obtiene sustrayendo del costo del camino nuevo el costo asociado al material perdido debido a las condiciones de tránsito y clima, según muestra la Ecuación (2.3.3) y Ecuación (2.3.4), respectivamente. La pérdida de material de estos caminos depende de la zona climática en que se encuentre. En el caso de los caminos de ripio, se asume una pérdida lineal del material durante la vida del camino, mientras que para el estabilizado se asume una pérdida lineal más tenue los primeros años y una pérdida lineal más acentuada al avanzar los años.

Por último, para caminos con capas de protección (CAPRO) de asfalto o tratamiento superficial, el valor actual se determina descontando del valor del camino nuevo el costo de asociado a la progresión del IRI y del agrietamiento, según muestra la Ecuación (2.3.5). Los costos asociados a cada uno de estos dos deterioros se obtienen como una proporción del costo de aplicar un recapado de 5 centímetros al camino.

$$V_{Actual\ Tierra} = V_{Nuevo\ Tierra} \quad (2.3.2)$$

$$V_{Actual\ Ripio} = V_{Nuevo\ Ripio} - (V_{Inicial\ Ripio} - V_{Ripio_t}) \quad (2.3.3)$$

$$V_{Actual\ Estab} = V_{Nuevo\ Estab} - (V_{Inicial\ Estab} - V_{Estab_t}) \quad (2.3.4)$$

$$V_{Actual\ CAPRO} = V_{Nuevo\ CAPRO} - V_{IRI} - V_{Grietas} \quad (2.3.5)$$

Donde:

- $V_{Actual\ Tierra}$  : Valor monetario actual del camino de tierra.
- $V_{Nuevo\ Tierra}$  : Valor monetario que representa al camino de tierra en condición como nuevo.
- $V_{Actual\ Ripio}$  : Valor monetario actual del camino de ripio.
- $V_{Nuevo\ Ripio}$  : Valor monetario que representa al camino de ripio en condición como nuevo.

---

|                      |   |
|----------------------|---|
| $V_{Inicial\ Ripio}$ | : Valor monetario que representa la cantidad inicial de ripio del camino.             |
| $V_{Ripio_t}$        | : Valor monetario que representa la cantidad actual de ripio del camino.              |
| $V_{Actual\ Estab}$  | : Valor monetario actual del camino estabilizado.                                     |
| $V_{Nuevo\ Estab}$   | : Valor monetario que representa al camino estabilizado en condición como nuevo.      |
| $V_{Inicial\ Estab}$ | : Valor monetario que representa la cantidad inicial estabilizado del camino.         |
| $V_{Estab_t}$        | : Valor monetario que representa la cantidad actual estabilizado del camino.          |
| $V_{Actual\ CAPRO}$  | : Valor monetario actual del camino con solución básica CAPRO.                        |
| $V_{Nuevo\ CAPRO}$   | : Valor monetario que representa al camino CAPRO en condición como nuevo.             |
| $V_{IRI}$            | : Valor monetario que ha perdido el camino CAPRO por la progresión del IRI.           |
| $V_{Grietas}$        | : Valor monetario que ha perdido el camino CAPRO por la progresión del agrietamiento. |

### 2.3.3. Túneles

La metodología considera los tres tipos de secciones transversales más comunes presentes en los túneles de la Red Vial Nacional. Estos son: sección tipo herradura de fondo plano, cuadrada y de punto medio. El costo de construcción de cada túnel ( $CH$ ) se obtendrá de acuerdo con las partidas de Excavación, Revestimientos, Pavimentos y Equipamiento, mientras que el valor actual del activo se obtiene por medio del método de Depreciación Lineal (SLD), según muestra la Ecuación (2.3.6).

$$V_T = CH - \frac{CH - VR}{t_s} \cdot (t - t_c) \quad (2.3.6)$$

Donde:

|       |  |
|-------|--|
| $V_T$ | : Valor actual del activo.   |
| $CH$  | : Costo de construcción del activo.  |
| $VR$  | : Valor residual del activo. Se supone igual al costo de excavación del túnel. |
| $t_s$ | : Vida útil del activo. Se supone un valor de 100 años.                        |
| $t_c$ | : Año de construcción del activo.  |
| $t$   | : Año actual en que se realiza la valorización.                                |

Para este y los próximos activos categorizados como Obras básicas no se considera una evaluación de la condición. En este caso, se estableció una vida útil y un valor residual por defecto para el activo, independientemente de su zona climática y tránsito.

### 2.3.4. Puentes y viaductos

El valor actúa de este activo se determina mediante el método de Depreciación Lineal (SLD), como se muestra en la Ecuación (2.3.7). A diferencia de los túneles, las estructuras tipo puentes y viaductos no conservan nada de su valor inicial al finalizar su vida útil y deben reconstruirse. La vida útil de cada estructura depende de la materialidad de la infraestructura, vigas y tablero, existiendo 27 posibles combinaciones según estos elementos sean de hormigón, acero o madera.

$$V_P = CH - \frac{CH}{t_s} \cdot (t - t_c) \quad (2.3.7)$$

Donde:

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| $V_P$ | : Valor actual del activo.          |
| $CH$  | : Costo de construcción del activo. |

- 
- $t_s$  : Vida útil del activo según su tipología.  
 $t_c$  : Año de construcción del activo.  
 $t$  : Año actual en que se realiza la valorización.

### 2.3.5. Otros activos viales: ciclovías y pasarelas

La valorización de los activos viales anexos a la carpeta de rodadura como ciclovías y pasarelas, y al igual que para túneles y puentes, se realiza con el método de Depreciación Lineal (SLD), como se indica en la Ecuación (2.3.8). En este caso, queda a criterio de quien realiza la valorización establecer una vida útil para estos activos y su valor residual.

$$VL_t = CH - \frac{CH - VR}{t_s} \cdot (t - t_c) \quad (2.3.8)$$

Donde:

- $VL_t$  : Valor actual del activo.  
 $CH$  : Costo de construcción del activo.  
 $VR$  : Valor residual del activo.  
 $t_s$  : Vida útil del activo.  
 $t_c$  : Año de construcción del activo.  
 $t$  : Año actual en que se realiza la valorización.

### 2.3.6. Caminos concesionados

La valorización de estos caminos se desagrega de lo descrito en los tópicos 2.3.1 y 2.3.2. Esto, debido a que los caminos concesionados cuentan con sus propios planes de conservación de acuerdo con las exigencias mínimas de las bases de licitación, lo cual garantiza una condición funcional y estructural del camino. De esta forma, se espera que el valor de los caminos concesionados se mantenga relativamente constante en el tiempo, con caídas de valor fundamentalmente por el agotamiento estructural de la carpeta de rodado. Además, en estos caminos se capitalizan todas las inversiones que impliquen un aumento del valor del camino, según los contratos complementarios de la concesión.

De esta forma, a lo descrito para caminos pavimentados debe adicionarse al valor actual el costo de todas las inversiones adicionales que impliquen un aumento del valor del camino, como se muestra en la Ecuación (2.3.9)

$$V_{CC} = CNuevo - CRehab + CInver \quad (2.3.9)$$

Donde:

- $V_{CC}$  : Valor del camino concesionado en el momento de la evaluación del Patrimonio Vial.  
 $CNuevo$  : Costo del camino nuevo según inversión materializada.  
 $CRehab$  : Costo de rehabilitación de la carpeta de rodado.  
 $CInver$  : Costo de inversiones materializadas adicionales durante la explotación.

---

## 3. Modelo de Valorización de Activos Viales Concesionados

### 3.1. Contexto de la metodología

La gestión de carreteras en el mundo ha ido avanzando desde un enfoque en las obras mismas hacia un enfoque basado en objetivos estratégicos (De Solminihaç et al. 2018). Hay coincidencia en que los principales objetivos estratégicos pueden identificarse como el servicio a los usuarios que transitan por la vía, la preservación del patrimonio vial, y el beneficio al medioambiente y comunidad aledaña a la vía (Delgadillo et al., 2018; Muñoz, 2020). Por ejemplo, la infraestructura vial debe contar con las condiciones funcionales y estructurales que permitan, al usuario de la vía, minimizar los riesgos para su salud en la experiencia de viaje (Delgadillo et al., 2020). Así como los usuarios de la vía existen otras partes interesadas en la infraestructura vial, como el operador privado de la carretera en caso de obras concesionadas, la comunidad y medio ambiente aledaño a la carretera, la agencia gubernamental encargada de la infraestructura, y el Estado o contribuyentes del país. Como cada uno de estos tiene objetivos distintos para con las carreteras, los objetivos estratégicos de la gestión de carreteras deben evaluarse de manera independiente (Dojutrek et al., 2012; Zhang & Peters, 2014) mediante indicadores técnicos y medidas de desempeño claras y objetivas.

En ese sentido, durante el proyecto FONDEF IT16I10008 *Modelo para evaluar los niveles de servicio de carreteras en Chile, implementable en bases de licitación para nuevas concesiones* (Delgadillo et al., 2020), se identificó la necesidad de continuar con el desarrollo de herramientas que permitan la evaluación de carreteras concesionadas en etapa de operación, y que puedan ser utilizadas complementariamente a este modelo. De esta forma, el mismo equipo de trabajo del proyecto anterior, conformado por investigadores de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) y Universidad de Concepción (UdeC), y por profesionales de las Dirección General de Concesiones (DGC) y Consejo de Políticas de Infraestructura (CPI), tuvieron por propósito el desarrollo de un modelo de valorización de activos viales concesionados (MVAVC) que permita evaluar la conservación del valor de la infraestructura concesionada. El desarrollo de este modelo se llevó a cabo en el proyecto FONDEF ID20I10072 *Metodología de Valorización del Patrimonio Vial Compatible con el Nivel de Servicio a los Usuarios* (Delgadillo et al., 2023).

Si bien actualmente hay una metodología para la valorización de activos viales en Chile, esta fue desarrollada con objetivos distintos a los de evaluar la conservación del valor de infraestructura concesionada, por lo que es de interés contar con una herramienta específica que permita la evaluación de este objetivo estratégico. De esta manera, el objetivo general del proyecto FONDEF ID20I10072 fue llevar a nivel de prototipo un modelo de valorización de activos viales concesionados que sea compatible con el modelo de evaluación de los niveles de servicio a los usuarios motorizados de la carretera y que sea implementable en bases de licitación de concesiones viales.

### 3.2. Bases conceptuales de la metodología

Dado que el MVAVC debe poder implementarse en bases de licitación de carreteras interurbanas chilenas, este debe cumplir con una serie de condiciones impuestas por la naturaleza de los contratos de concesión chilenos y por los objetivos particulares del modelo de valorización.

Una primera condición para el MVAVC se relaciona con la gestión de riesgos de la licitación. Usualmente los contratos de concesión tienen una modalidad DCFOM (diseño, construcción, financiamiento, operación y mantenimiento de las obras) (Yuan y Li, 2018), en la que una parte significativa de los riesgos en las distintas etapas del proyecto son asumidos por el operador de la carretera. Un aumento en los riesgos del contrato

---

puede derivar mayores costos, los que podrían ser traspasados al Estado y/o a los usuarios de las carreteras. Por tanto, los modelos de valorización de cada uno de los activos no deben aumentar innecesariamente los riesgos de la concesión y en consecuencia los costos del proyecto. Esto implica que los modelos deben contar con mayor precisión y exactitud que los modelos utilizados actualmente, minimizando los espacios de interpretación subjetiva en las valorizaciones, reduciendo así la incertidumbre y en consecuencia los riesgos asociados a la valorización.

En términos generales, la precisión se refiere a la consistencia y reproducibilidad de las mediciones, evaluando cuán cercanos están entre sí los resultados de mediciones repetidas. Por su parte, la exactitud se centra en la cercanía de dichas mediciones al valor verdadero. Es decir, la precisión se relaciona con la dispersión de los resultados y la exactitud se enfoca en su proximidad al valor correcto. Una ventaja de lograr tanto precisión como exactitud en mediciones es que proporciona confianza y validez a los resultados obtenidos, los que no son solo consistentes entre sí, sino también cercanos al valor real.

Por otra parte, como uno de los objetivos del MVAVC es evaluar el desempeño del operador de la carretera en cuanto a la preservación del valor físico de la infraestructura, la metodología debe considerar solo los aspectos que están bajo el control o dependen de la gestión del concesionario, dejando fuera el resto, como demandas de tránsito, factores financieros u obsolescencia tecnológica de los activos (Yuan y Li, 2018). Esta condición conlleva a que los modelos de los activos deben fundarse sobre métodos de valorización basados en los costos, descartando aquellos que consideran los beneficios y los valores de mercado.

Otro aspecto por considerar en el desarrollo de los modelos de valorización es la rigidez que presentan los contratos de concesión. Si bien estos contratos pueden tener duraciones de 20 o 30 años (Yuan y Li, 2018), o incluso poder alcanzar los 50 años según la Ley de Concesiones de Obras Públicas de Chile (MOP, 1996), las condiciones del contrato deben quedar definidas al momento de la licitación, y en consecuencia, también el valor inicial de la infraestructura y la forma en que esta pierde su valor durante la operación del contrato.

Adicionalmente, como ya se mencionó antes, el MVAVC debe ser compatible con el modelo de evaluación del nivel de servicio a los usuarios motorizados de la carretera (Delgadillo et al., 2020), el cual se encuentra desarrollado y en etapa de implementación por parte de la Dirección General de Concesiones. De esta forma, caídas del nivel de servicio que prestan los activos deben reflejarse en caídas en el valor de estos.

Una última condición es que los costos de operación del contrato no deben aumentar innecesariamente. Como los métodos de valorización existentes requieren de distintos niveles de información para ser aplicados (Do y Jung, 2018; LoBEG, 2012), la utilización de cada uno debe ser evaluado en conjunto con los beneficios que estos tengan (Falls et al., 2005; OECD, 2001). Esto indica que los modelos de valorización de cada activo del MVAVC deben ser consistentes con el aporte monetario de cada activo al valor de una carretera, de manera que no se empleen métodos de valorización demasiado costosos para activos cuyo valor no lo justifique.

De esta manera, para la aplicación del modelo de valorización en el contexto de proyecto de concesiones viales, se requieren tres tipos de datos. Estos son:

- **Información de inventario:** constituido por información de sectorización e inventario de los activos. Esto vendrá dado principalmente por los planos de construcción o As-Built de cada proyecto. De esta manera, el valor determinado corresponde al de la infraestructura efectivamente construida en terreno.
- **Información de costos:** constituido por información relativa al costo de construcción y de rehabilitación de los activos, en Unidades de Fomento (UF). Esto vendrá dado por los precios unitarios indicados en las respectivas bases de licitación de cada proyecto.
- **Información del estado de los activos:** constituido por información del estado actual los activos. Esto dependerá del tipo de evaluación particular de cada activo. En ese sentido, para cada activo se desarrollaron fichas técnicas que guían la determinación de su estado mediante indicadores

técnicos. La ficha técnica de cada indicador técnico presenta información precisa de la frecuencia de medida del indicador, la normativa de referencia, los equipos de medición requeridos, la metodología de medición y el protocolo para la calificación de estado en cinco niveles de desempeño: Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo o Muy Malo.

### 3.3. Activos viales considerados en la metodología

El MVAVC cuenta con modelos de valorización para catorce activos viales presentes en carreteras concesionadas interurbanas chilenas, indicados en la Tabla 5 y descritos en los apartados siguientes. Cada activo vial se descompone los componentes indicados en la misma tabla, siendo estos aquellos que aportan un mayor valor a cada activo vial.

Dentro de los análisis realizados en el desarrollo del MVAVC, fueron omitidos los componentes viales que presentaban un bajo valor respecto del valor total, y aquellos activos que no presentan mayor impacto en el valor de la carretera (Delgadillo et al., 2022a).

Tabla 5. Activos viales con modelo de valorización en el MVAVC (Delgadillo et al., 2022a)

| Activo  | Componente  | Método de valorización |
|---|---|------------------------|
| Plataforma de la vía principal                              | Calzadas de asfalto   | NSV                    |
|   | Calzadas de hormigón  |                        |
|   | Bermas  |                        |
| Túneles   | Sistema de iluminación  | FVRTC - SLD            |
|   | Sistema de ventilación  | SLD                    |
|   | Sistema electromecánico   | FVRTC                  |
|   | Sistema contra incendios y seguridad                              |                        |
|   | Sistema de saneamiento y drenaje                                  |                        |
| Puentes y pasos superiores                                  | Sistema estructural interno                                       | EDMC                   |
|   | Estribos  |                        |
|   | Cepas   |                        |
|   | Tablero   |                        |
| Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial (OPF) | Accesos   | FVRTC                  |
|   | Terraplenes   |                        |
|   | Muros de contención tipo cantiléver                               |                        |
|   | Enrocados de protección   |                        |
| Saneamiento y drenaje                                       | Espigones   | AVRTC                  |
|   | Alcantarillas   | FVRTC                  |
|   | Fosos y contrafosos   |                        |
|   | Descargas de agua   |                        |
|   | Cunetas   |                        |
|   | Soleras   |                        |
| Sumideros   |   |                        |
| Plataformas de vías de servicio                             | Calzadas de asfalto   | NSV                    |
|   | Calzadas de DTS   |                        |
|   | Bermas  |                        |
| Áreas de servicios y emergencias                            | Edificaciones   | SLD                    |
|   | Pavimentos de estacionamientos                                    | NSV                    |
|   | Sistema de iluminación  | FVRTC                  |
| Sistema de iluminación                                      | Postes, luminarias y lámparas                                     | FVRTC                  |
|   | Cableado, canalizaciones, cámaras eléctricas, empalmes y tableros | HC                     |
| Pasarela peatonal, paraderos de buses y aceras peatonales   | Estructura de pasarelas peatonales                                | AVRTC                  |
|   | Accesorios de pasarelas peatonales                                | FVRTC                  |

| Activo                 | Componente   | Método de valorización |
|------------------------|--|------------------------|
|                        | Iluminación de pasarelas peatonales<br>Estructura de paraderos de buses<br>Accesorios de paraderos de buses<br>Aceras peatonales |                        |
| Pasos de fauna         | Superestructura<br>Infraestructura<br>Corredor biológico   | AVRTC                  |
| Pantallas acústicas    | Pantallas acústicas  | FVRTC                  |
|                        | Paquete estructural  | WDRC                   |
| Ciclovías              | Soleras<br>Señalización vertical<br>Demarcaciones planas<br>Segregación física   | FVRTC                  |
|                        | Iluminación  | FVRTC - HC             |
| Cercos y portones      | Cercos<br>Portones<br>Vallas   | FVRTC                  |
| Barreras de contención | Barreras de contención   | HC                     |

### 3.3.1. Plataforma de la vía principal

Este activo lo conforman las calzadas de asfalto, calzadas de hormigón y las bermas. El valor del activo se determina como la suma del valor de sus componentes, a partir del método Valor Neto Residual (NSV) mostrado en la Ecuación (3.3.1).

$$V_{P_t} = CH_P - CRehab_t \quad (3.3.1)$$

Donde:

- $V_{P_t}$  : Valor cada sección de 50 metros de pavimento en el tiempo  $t$ , en UF.  
 $CH_P$  : Costo histórico de la sección de pavimento, en UF  
 $CRehab_t$  : Costo para llevar la sección de pavimento a su condición inicial en el tiempo  $t$ , en UF.

Para la determinación del costo del camino nuevo o costo histórico, como se mencionó en la Sección anterior, se deben considerar los planos de construcción o As-Built de la plataforma. Es decir, se debe contar con las capas y espesores que efectivamente fueron construidas en terreno, y no estructuraciones estándar. Luego, el costo histórico se determina en base a la información de inventario obtenida de los planos As-Built y las partidas implicadas en su construcción, algunas de las cuales se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Ejemplos de partidas involucradas en el cálculo del costo de rehabilitación de la calzada de asfalto (Marzal, 2021).

| Descripción                                     | Unidad |
|---|--------|
| <b>Movimiento De Tierras</b>                    |        |
| Preparación de la Subrasante                    | $m^2$  |
| <b>Capas Granulares</b>                         |        |
| Sub-base Granular, CBR $\geq$ 50%               | $m^3$  |
| Base Granular, CBR $\geq$ 100%                  | $m^3$  |
| <b>Revestimientos Y Pavimentos</b>              |        |
| Imprimación                                     | $m^2$  |
| Riego de Liga                                   | $m^2$  |
| Concreto Asfáltico de Rodadura                  | $m^3$  |
| Concreto Asfáltico Capa Intermedia              | $m^3$  |
| Base Asfáltica en Caliente de Graduación Gruesa | $m^3$  |

Por su parte, los costos considerados en la valorización del activo, tanto los de construcción como los de rehabilitación, corresponden a los precios unitarios en Unidad de Fomento (UF) indicados en las respectivas bases de licitación del proyecto en valorización. Respecto de este último, el costo de rehabilitación del camino ( $CRehab_t$ ) está dado por el desempeño que presente el pavimento en los indicadores técnicos definidos para cada componente. Por ejemplo, en la Tabla 7 se muestran las actividades de rehabilitación consideradas en la valorización de las calzadas de asfalto, las cuales permiten llevar a la calzada a su condición como nueva. Este costo dependerá del nivel de desempeño que presente la calzada en cada indicador técnico.

Tabla 7. Actividades de rehabilitación por indicador técnico para la componente calzada de asfalto (Marzal, 2021).

| Indicador técnico                               | Actividad de rehabilitación                             |
|---|---|
| SFC equivalente (SFC)                           | Microaglomerado discontinuo en caliente, espesor 10 mm  |
| Overall A-weighted Sound Intensity Level (OASI) | Microaglomerado discontinuo en caliente, espesor 35 mm  |
| Mean Roughness Index (MRI)                      | Fresado y recapado, espesor de 60 mm                    |
| Rut Depth (RD)                                  | Fresado y recapado, espesor de 60 mm                    |
| Número estructural efectivo (NE efectivo)       | Fresado y recapado, espesor $h_{rec_t}$                 |
| Porcentaje de agrietamiento (AGR)               | Fresado y recapado de espesor total de capas asfálticas |
| Baches (abiertos o cerrados)                    | Reconstrucción del pavimento                            |

Por otro lado, los porcentajes de pérdida de valor asociados a los indicadores tienen valores de 0, 25, 50, 100 y 200% si sus niveles de desempeño son Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo y Muy Malo, respectivamente, de acuerdo con los umbrales definidos para cada indicador técnico, los cuales son mostrados en la Tabla 8 para el caso de calzadas de asfalto.

Tabla 8. Umbrales por nivel de desempeño a emplear en la valorización de calzadas de asfalto (Marzal, 2021).

| Nivel de desempeño | SFC equiv. (50m) [-] | OASI (200m) [dBA] | MRI (50m) [m/km] | RD (50m) [mm] | Agrietamiento (50m) [%] |
|--------------------|----------------------|-------------------|------------------|---------------|-------------------------|
| Muy Bueno          | (0,65 ; 1,00]        | $\leq 100$        | [0,0 ; 1,5)      | [0,0 ; 4,0)   | [0,0 ; 4,0)             |
| Bueno              | (0,55 ; 0,65]        | (100 ; 102]       | [1,5 ; 2,5)      | [4,0 ; 7,0)   | [4,0 ; 7,0)             |
| Regular            | (0,40 ; 0,55]        | (102 ; 104]       | [2,5 ; 3,5)      | [7,0 ; 10,0]  | [7,0 ; 10,0)            |
| Malo               | (0,20 ; 0,40]        | (104 ; 106]       | [3,5 ; 5,0)      | (10,0 ; 15,0] | [10,0 ; 15,0]           |
| Muy Malo           | [0,00 ; 0,20]        | $> 106$           | $\geq 5,0$       | $> 15,0$      | $> 15,0$                |

### 3.3.2. Túneles

Este activo está compuesto por los sistemas de iluminación, ventilación, electromecánico, contra incendios y seguridad, saneamiento y drenaje, y estructural. En el caso de las luminarias del sistema de iluminación y para los sistemas contra incendios y seguridad, y saneamiento y drenaje, sus elementos se valorizan con el método de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC), como se muestra en la Ecuación (3.3.2). Por su parte, los elementos del sistema estructural interno se valorizan con igual método, salvo que su valor residual luego que sus elementos caigan bajo la condición límite es el costo de excavación del túnel, como muestra la Ecuación (3.3.3). Los elementos de los demás sistemas del activo se valorizan con el método de Depreciación Lineal (SLD), indicado en la Ecuación (3.3.4), siempre que el tiempo de operación de los elementos de estos sistemas se encuentren por debajo de sus vidas útiles.

$$V_t = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{\text{lim}} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{\text{lim}} \end{cases} \quad (3.3.2)$$

$$V_{t,EI} = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{\text{lim}} \\ CE & \text{si } P_t < P_{\text{lim}} \end{cases} \quad (3.3.3)$$

$$V_t = CH - \left( \frac{CH}{V_u} \right) \cdot t \quad (3.3.4)$$

Donde:

- $V_t$  : Valor de un elemento en el instante  $t$ , en UF.
- $CH$  : Costo histórico de un elemento o componente del túnel, en UF.
- $P_t$  : Condición del elemento en el instante  $t$ .
- Para luminarias este indicador corresponde al nivel de desempeño más bajo asociado a los indicadores de Uniformidad Global y Uniformidad Longitudinal (Delgadillo et al., 2020).
  - Para los elementos del sistema contra incendios y seguridad este indicador corresponde a la verificación de existencia u operatividad.
  - Para los elementos del sistema de saneamiento y drenaje este indicador se determina mediante inspección visual (Arriagada y Echaveguren, 2015).
  - Para el sistema estructural interno se determina con un índice de condición cualitativo (Delgadillo et al., 2023).
- $P_{\text{lim}}$  : Condición límite del elemento.
- Para luminarias el límite corresponde al nivel de desempeño Regular.
  - Para los elementos del sistema contra incendios y seguridad el límite será la correcta existencia u operatividad del elemento.
  - Para los elementos del sistema de saneamiento y drenaje el límite corresponde al nivel de desempeño Regular.
  - Para el sistema estructural interno el límite corresponde al nivel de desempeño Regular.
- $CE$  : Costo de excavación del túnel, en UF.
- $V_u$  : Vida útil de las estructuras metálicas del sistema de iluminación (50 años), de los ventiladores y detectores de gases del sistema de ventilación (18 años), y de los elementos del sistema electromecánico (Delgadillo et al., 2023), en años.
- $t$  : Tiempo desde la construcción del activo, en años.

Luego, el costo del activo túnel viene dado por la suma del valor de sus elementos y componentes o sistemas.

### 3.3.3. Puentes y pasos superiores

Este activo lo componen el tablero, estribos, cepas y accesos al puente. Cada uno de estos componentes se valoriza independientemente mediante un método de Descomposición Elemental y Multicriterios (EDMC), mostrado en la Ecuación (3.3.5).

$$V_t = w_1 \cdot \left( CH \cdot \frac{P_t - P_{\text{peor}}}{P_{\text{mejor}} - P_{\text{peor}}} \right) + w_2 \cdot \left( CH - CH \cdot \frac{t \cdot (t + 1)}{V_u(V_u + 1)} \right) \quad (3.3.5)$$

Donde:

---

|             |  |
|-------------|--|
| $V_t$       | : Valor de un componente en el instante $t$ , en UF.   |
| $CH$        | : Costo histórico del componente del puente, en UF.  |
| $P_t$       | : Condición del componente en el instante $t$ , obtenida mediante inspección visual con INSPECTOR de I3MOP (Delgadillo et al., 2023).                                    |
| $w_1; w_2$  | : Ponderadores de importancia relativa de la condición y la edad de cada activo, que depende de la macrozona en que se encuentra el activo, de su edad y de su longitud. |
| $P_{mejor}$ | : Mejor condición del activo (Delgadillo et al., 2023).  |
| $P_{peor}$  | : Peor condición del activo (Delgadillo et al., 2023).   |
| $V_u$       | : Vida útil del activo (Delgadillo et al., 2023).  |
| $t$         | : Tiempo desde la construcción del activo.   |

Notar que para este activo el valor de cada componente está compuesto por el aporte de la condición del componente y del valor depreciado por edad, y el valor de cada puente o paso superior corresponde a la suma del valor de sus componentes.

### 3.3.4. Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial

Este activo lo componen terraplenes, muros de contención, enrocados de protección y espigones, cada uno de los cuales se valoriza con el método de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite, según se muestra en la Ecuación (3.3.6).

$$V_t = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.6)$$

Donde:

|           |   |
|-----------|---|
| $V_t$     | : Valor de un elemento en el instante $t$ , en UF.  |
| $CH$      | : Costo histórico de un elemento o componente del túnel, en UF.   |
| $P_t$     | : Condición del componente en el instante $t$ .   |
| $P_{lím}$ | : Condición límite para los componentes (Delgadillo et al., 2023). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para terraplenes el indicador IGETC puede ser a lo más 300 puntos.</li> <li>• Para muros de contención la condición límite está para grietas de 3,2mm.</li> <li>• Para enrocados de protección y espigones la condición límite se presenta para desplazamientos evidentes a ojo desnudo.</li> </ul> |

### 3.3.5. Saneamiento y drenaje

Este activo lo componen alcantarillas, fosos y contrafosos, los cuales se valorizan con el método de Valor Ajustado Respecto a la Condición Límite (AVRTC), según muestra la Ecuación (3.3.7); y por los componentes descargas de agua, cunetas, soleras y sumideros, valorizado con el de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC), como se muestra en la Ecuación (3.3.8).

$$V_t = CH \cdot \frac{P_t - P_{peor}}{P_{mejor} - P_{peor}} \quad (3.3.7)$$

$$V_t = \begin{cases} \alpha \cdot CH & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.8)$$

Donde:

|       |  |
|-------|--|
| $V_t$ | : Valor de un elemento en el instante $t$ , en UF. |
|-------|--|

- 
- $CH$  : Costo histórico de un elemento, en UF.  
 $P_t$  : Condición del elemento en el instante  $t$ , corresponde al Índice de Condición del Sistema de Saneamiento y Drenaje (ICSD) (Delgadillo et al., 2023).  
 $P_{mejor}$  : Mejor condición del ICSD para alcantarillas y fosos y contrafosos.  
 $P_{peor}$  : Peor condición del ICSD para alcantarillas y fosos y contrafosos.  
 $P_{lím}$  : Condición límite del elemento.
  - Para descargas de agua, cunetas, soleras y sumideros corresponde al nivel de desempeño Malo o Muy Malo del indicador ICSD. $\alpha$  : Ponderador del costo histórico de los elementos de cada componente.
  - Para descargas de agua toma el valor de 0,85, 0,65 y 0,5 cuando el ICSD alcanza los niveles de desempeño Muy Bueno, Bueno y Regular, respectivamente.

### 3.3.6. Plataforma de vías de servicio

Este activo lo conforman las calzadas de asfalto, calzadas de doble tratamiento superficial y las bermas. El valor del activo se determina como la suma del valor de sus componentes, a partir del método Valor Neto Residual (NSV) mostrado en la Ecuación (3.3.9).

$$V_{P_t} = CH_P - CRehab_t \quad (3.3.9)$$

Donde:

- $V_{P_t}$  : Valor cada sección de 50 metros de pavimento en el tiempo  $t$ , en UF.  
 $CH_P$  : Costo histórico de la sección de pavimento, en UF  
 $CRehab_t$  : Costo para llevar la sección de pavimento a su condición inicial en el tiempo  $t$ , en UF.

La valorización de este activo sigue la misma lógica que el modelo presentado para la plataforma de la vía principal en Apartado 3.3.1, pero sin considerar todos los indicadores de desempeño ahí indicados, y con umbrales de desempeño menos exigentes.

### 3.3.7. Áreas de servicios y emergencias

Este activo lo componen las edificaciones, valorizados con el método de Depreciación Lineal (SLD), siempre que no se haya excedido la vida útil del componente, mostrado en la Ecuación (3.3.10); el pavimento de los estacionamientos valorizado con el método de Valor Neto Residual (NSV) de la Ecuación (3.3.11); y el sistema de iluminación, valorizado con el método Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC) de la Ecuación (3.3.12).

$$V_t = CH - \left( \frac{CH - V_r}{V_u} \right) \cdot t \quad (3.3.10)$$

$$V_t = CH - CRehab_t \quad (3.3.11)$$

$$V_t = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.12)$$

Donde:

- $V_t$  : Valor de un elemento o componente en el instante  $t$ , en UF.  
 $CH$  : Costo histórico de un elemento o componente, en UF.  
 $V_u$  : Vida útil de las edificaciones según su materialidad, entre 30 y 80 años.  
 $V_r$  : Valor residual de las edificaciones, asumido como 0 UF.

- 
- $t$  : Tiempo desde la construcción del elemento o componente, en años.  
 $CRehab_t$  : Costo para llevar al pavimento a su condición inicial en el tiempo  $t$ , en UF.  
 $P_t$  : Condición del elemento del sistema de iluminación en el instante  $t$ .  
 $P_{lím}$  : Condición límite del elemento, determinado para el conjunto poste y luminaria. Valor nulo si el conjunto de elementos está en evidente mal estado, no está en su ubicación original, ha perdido material o requiere de reemplazo.

Luego, el valor de este activo se obtiene mediante la suma lineal del valor de sus tres componentes.

### 3.3.8. Sistema de iluminación

Este activo lo componen los postes, luminarias y lámparas, valorizados con el método de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC) de la Ecuación (3.3.13); y el cableado, canalizaciones, cámaras eléctricas, empalmes y tableros, valorizados con el método Costo Histórico (HC) de la Ecuación (3.3.14), en que por la dificultad de auscultar estos elementos no se definieron indicadores de condición.

$$V_t = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.13)$$

$$V_t = CH \quad (3.3.14)$$

Donde:

- $V_t$  : Valor de un elemento en el instante  $t$ , en UF.  
 $CH$  : Costo histórico de un elemento, en UF.  
 $P_t$  : Condición del elemento en el instante  $t$ .
  - Para luminarias este indicador corresponde al nivel de desempeño más bajo asociado a los indicadores de Uniformidad Global, Uniformidad Longitudinal, condición de postes y luminarias, y Luminancia Media (Delgado et al., 2023). $P_{lím}$  : Condición límite del elemento.
  - Para luminarias el límite corresponde al nivel de desempeño Malo.

### 3.3.9. Pasarela peatonal, paradero de bus y acera

Los componentes de este grupo de activos corresponden a la estructura de la pasarela, valorizada con el método de Valor Ajustado Respecto a la Condición Límite (AVRTC), según la Ecuación (3.3.15); los accesorios de la pasarela y la estructura de los paraderos valorizados con una combinación de AVRTC y Depreciación Lineal (SLD como indica la Ecuación (3.3.16); y la iluminación de la pasarela, accesorios de los paraderos y la acera peatonal valorizadas con el método de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC), como muestra la Ecuación (3.3.17);

$$V_t = CH \cdot \frac{P_t - P_{peor}}{P_{mejor} - P_{peor}} \quad (3.3.15)$$

$$V_t = \begin{cases} CH - \frac{CH \cdot t}{V_u} & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.16)$$

$$V_t = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.17)$$

Donde:

---

|            |  |
|------------|--|
| $V_t$      | : Valor de un elemento o componente en el instante $t$ , en UF.  |
| $CH$       | : Costo histórico de un elemento o componente, en UF.  |
| $V_u$      | : Vida útil de los accesorios de las pasarelas y de la estructura de los paraderos, en años.   |
| $t$        | : Tiempo desde la construcción del elemento o componente, en años.   |
| $CRehab_t$ | : Costo para llevar al pavimento a su condición inicial en el tiempo $t$ , en UF.  |
| $P_t$      | : Condición del elemento en el instante $t$ (Delgadillo et al., 2023). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la estructura y accesorios de la pasarela y de los paraderos, y acera peatonal, se verifican condiciones de cumplimiento e integridad en base a inspección visual.</li> <li>• Para iluminación condiciones de integridad y desempeño de indicador técnico de luminancia.</li> </ul> |
| $P_{lím}$  | : Condición límite del elemento.   |

### 3.3.10. Pasos de fauna

Los componentes de este activo corresponden a la superestructura, infraestructura y corredor biológico, siendo todos valorizados con el de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC), como se muestra en la Ecuación (3.3.18).

$$V_t = CH \cdot \frac{P_t - P_{peor}}{P_{mejor} - P_{peor}} \quad (3.3.18)$$

Donde:

|             |   |
|-------------|---|
| $V_t$       | : Valor de un componente en el instante $t$ , en UF.  |
| $CH$        | : Costo histórico del componente, en UF.  |
| $P_t$       | : Condición del componente en el instante $t$ (Delgadillo et al., 2022a). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el corredor biológico se evalúa la integridad de las barreras antideslumbrantes y el acondicionamiento del corredor.</li> <li>• Para los componentes superestructura e infraestructura se evalúan la componente estructural.</li> </ul> |
| $P_{mejor}$ | : Mejor condición de cada componente.   |
| $P_{peor}$  | : Peor condición de cada componente.  |

### 3.3.11. Pantallas acústicas

Para este activo se considera la valorización por elemento utilizando el método de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC) mostrado en la Ecuación (3.3.19).

$$V_t = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.19)$$

Donde:

|           |  |
|-----------|--|
| $V_t$     | : Valor de un elemento en el instante $t$ , en UF.   |
| $CH$      | : Costo histórico de un elemento, en UF.   |
| $P_t$     | : Condición del elemento en el instante $t$  |
| $P_{lím}$ | : Condición límite del elemento. Solo se considera como indicador de condición la existencia de cada pantalla y que estas estén libres de grietas y huecos (Delgadillo et al., 2022a). |

---

### 3.3.12. Ciclovías

Aun cuando no hay evidencia de este activo en concesiones viales interurbanas chilenas, se propone la valorización de su paquete estructural con el método de Costo de Reemplazo Escrito (WDRC), mostrado en la Ecuación (3.3.20); de soleras, señalización vertical, demarcaciones planas, elementos de segregación física, y postes y luminarias de la iluminación con el método de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC), como se muestra en la Ecuación (3.3.21); y los demás elementos de la iluminación con el método del Costo Histórico (HC), según muestra la Ecuación (3.3.22).

$$V_t = CH \cdot \frac{P_t}{P_{mejor}} \quad (3.3.20)$$

$$V_t = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.21)$$

$$V_t = CH \quad (3.3.22)$$

Donde:

- $V_t$  : Valor de un componente en el instante  $t$ , en UF.
- $CH$  : Costo histórico del componente, en UF.
- $P_t$  : Condición del componente en el instante  $t$  (Delgadillo et al., 2022a).
- $P_{mejor}$  : Mejor condición de cada componente.
- $P_{lím}$  : Condición límite del componente.

### 3.3.13. Cercos y portones

Este activo lo componen cercos, portones y vallas, los que se valorizan independientemente con el método de Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC), mostrado en la Ecuación (3.3.23).

$$V_t = \begin{cases} CH & \text{si } P_t \geq P_{lím} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{lím} \end{cases} \quad (3.3.23)$$

Donde:

- $V_t$  : Valor de un componente en el instante  $t$ , en UF.
- $CH$  : Costo histórico del componente, en UF.
- $P_t$  : Condición del componente en el instante  $t$  (Delgadillo et al., 2022a).
- $P_{lím}$  : Condición límite del componente.

### 3.3.14. Barreras de contención

Este activo lo componen los distintos tipos de barreras de contención, valorizadas con el método costo Histórico (HC) de la Ecuación (3.3.24), en el cual no se establecieron indicadores de condición de los componentes más que su existencia en terreno.

$$V_t = CH \quad (3.3.24)$$

Donde:

- $V_t$  : Valor de componente o elemento en el instante  $t$ , en UF.
- $CH$  : Costo histórico de un componente o elemento del activo, en UF.

## 4. Definición del caso de estudio

Para realizar una comparación justa de precisión y exactitud entre el Modelo de Valorización de Activos Viales Concesionados (MVAVC) y la actual Metodología para la Valorización del Patrimonio Vial (MVPV), descritos en los capítulos anteriores, primero es necesario definir los términos bajo los cuales se aplicarán ambos modelos y qué se evaluará de cada uno de ellos.

En primer lugar, dentro de los objetivos del MVAVC está su utilización en carreteras concesionadas interurbanas chilenas en etapa de operación, por lo que es necesario definir carreteras tipo que sean representativas de estas clases de caminos. En Chile, las carreteras concesionadas interurbanas se clasifican en longitudinales y transversales, siendo las primeras aquellas que se emplazan por sobre la Ruta Panamericana o Ruta 5 y las segundas aquellas que están por fuera de esta Ruta, y es posible encontrarlas a lo largo y ancho de gran parte del país.

De acuerdo con Almonte (1999), en Chile existen cuatro distintas zonas climáticas, indicadas en la Tabla 1 del Capítulo 2. Basado en esta clasificación y en el nivel de tránsito de cada camino (Tabla 2), la actual metodología (MVPV) define cuales son las estructuras de los caminos del país, mientras que en el modelo propuesto (MVAVC) las estructuras de cada camino son determinadas según sus planos de construcción o As-Built. Por esto último, las carreteras tipo a definir deben ser de distintas zonas climáticas del país, para así poder ver cuánto varía el valor de una carretera al utilizar estructuraciones estándar o las dadas por los planos As-Built.

Las carreteras concesionadas interurbanas chilenas que actualmente se encuentran en etapa de operación o en etapa de operación y construcción, se distribuyen en las distintas zonas climáticas del país según se muestra en la Tabla 9. De estas carreteras, cuyos proyectos suman un total de 3.287 kilómetros, el 21% de los kilómetros concesionados se encuentran en proyectos de la Zona Norte, un 49% en la Zona Centro y un 30% en la Zona Sur, aproximadamente, no existiendo hasta la fecha en la Zona Austral (MOP, 2023d). Por lo tanto, como un requisito para la aplicación del MVAVC es contar con planos As-Built de los proyectos, las carreteras tipo a definir podrán ser de la Zona Norte, Centro y Sur del país.

Tabla 9. Concesiones de infraestructura vial interurbana según zona climática (Almonte, 1999) y etapa (MOP, 2023d).

| Zona climática | Etapa de la concesión                           | Nombre concesión   |
|----------------|---|--|
| Norte          | Operación                                       | Concesión Alternativas de Acceso a Iquique                                 |
|                |   | Concesión Autopista de la Región de Antofagasta                            |
|                |   | Concesión Ruta 5 Tramo La Serena - Vallenar                                |
|                |   | Concesión Ruta 5 Tramo Vallenar - Caldera                                  |
| Centro         | Operación y construcción                        | Segunda Concesión Autopista Santiago - San Antonio, Ruta 78                |
|                |   | Segunda Concesión Camino Nogales - Puchuncaví                              |
|                |   | Segunda Concesión Ruta 5 Tramo Los Vilos - La Serena + Conurbación         |
|                |   | Segunda Concesión Ruta 5 Tramo Talca - Chillán                             |
|                | Operación                                       | Concesión Camino Internacional Ruta 60 CH                                  |
|                |   | Concesión Interconexión Vial Santiago - Valparaíso - Viña del Mar, Ruta 68 |
|                |   | Concesión Mejoramiento y Conservación de la Ruta 43 Región de Coquimbo     |
|                |   | Concesión Red Vial Litoral Central   |
|                |   | Concesión Ruta 5 Tramo Santiago - Los Vilos                                |
|                |   | Concesión Ruta 5 Tramo Santiago - Talca y Acceso Sur a Santiago            |
| Operación      | Concesión Ruta 57 Santiago - Colina - Los Andes |  |
|                | Concesión Variante Melipilla                    |  |
| Sur            | Operación y construcción                        | Segunda Concesión Ruta 5 Tramo Chillán - Collipulli                        |
|                | Operación                                       | Concesión Acceso Norte a Concepción  |

| Zona climática | Etapa de la concesión | Nombre concesión   |
|----------------|-----------------------|--|
|                |                       | Concesión Autopista Concepción - Cabrero                     |
|                |                       | Concesión Ruta 160 Tramo Tres Pinos - Acceso Norte a Coronel |
|                |                       | Concesión Ruta 5 Tramo Collipulli - Temuco                   |
|                |                       | Concesión Ruta 5 Tramo Puerto Montt - Parga                  |
|                |                       | Concesión Ruta 5 Tramo Río Bueno - Puerto Montt              |
|                |                       | Concesión Ruta 5 Tramo Temuco - Río Bueno                    |
|                |                       | Concesión Ruta Interportuaria Talcahuano - Penco             |

Considerando las zonas climáticas antes mencionadas, es posible notar que existe una disparidad en la distribución de la población a lo largo del país. Como se puede observar en la Figura 2, por un lado, las mayores precipitaciones acumuladas anuales se concentran en la Zona Sur del país (DGAC, 2018; 2019; 2020; 2021), mientras que la población nacional se encuentra principalmente en la Zona Centro (INE, 2023).

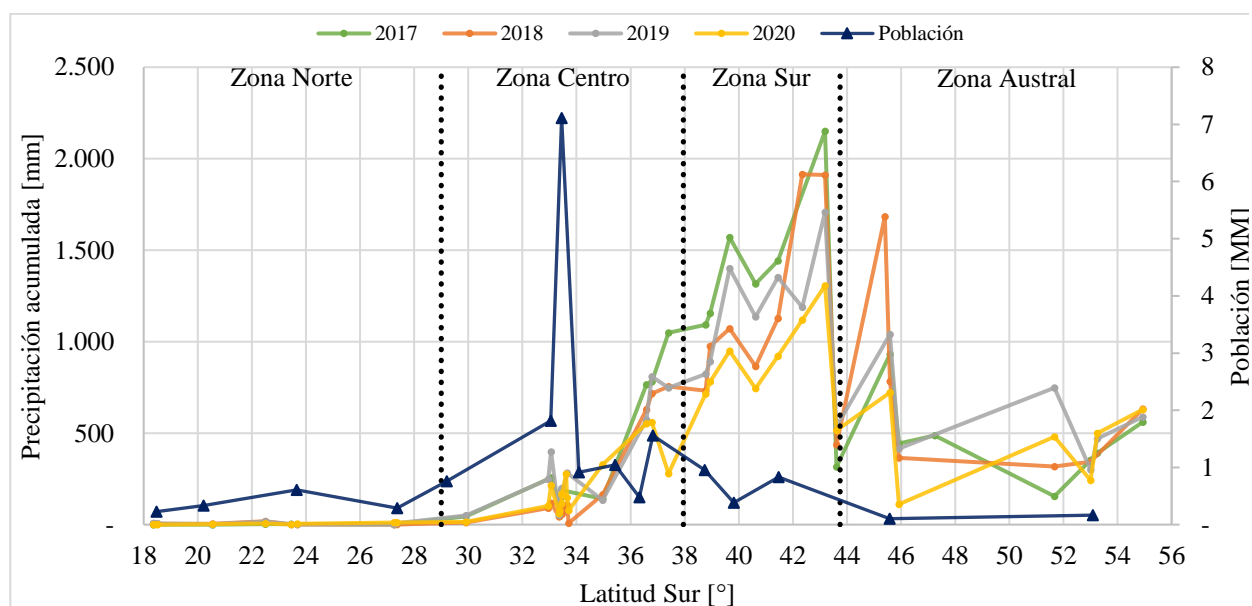


Figura 2. Distribución nacional de precipitaciones acumulada en los años 2017, 2018, 2019 y 2020 (DGAC, 2018; 2019; 2020; 2021), y distribución de la población nacional según Censo 2017 (INE, 2023).

Adicionalmente, Chile presenta una geografía diversa y variada en sus distintas zonas climáticas. La Corporación de Fomento de la Producción (CORFO, 1950) establece cuatro zonas geográficas para Chile: Norte Grande, Norte Chico, Zona Centro, Zona Sur y Zona Austral, cada una de las cuales presenta características particulares, especialmente para su orografía, lo que condiciona principalmente la cantidad de corte y rellenos de terraplenes, viaductos, puentes y túneles presentes en las carreteras del país.

Por lo tanto, las carreteras presentes a lo largo del país están afectas a las condiciones climáticas, demográficas y geográficas de donde están emplazadas. Por ejemplo, dada la mayor cantidad de precipitación de la Zona Sur es esperable que la cantidad de obras de saneamiento y drenaje de esta zona se encuentre por encima de lo esperado para zonas más desérticas como la Zona Norte. De igual manera, debido a la concentración de población en la Zona Centro y Sur, es razonable que ahí se encuentre una mayor cantidad de obras dispuestas para la comunidad aledaña a la infraestructura, como por ejemplo pasarelas, paraderos y ciclovías, y también estructuraciones de los pavimentos que permitan mayores flujos vehiculares.

Así, la definición de las carreteras tipo debe tener en consideración la existencia, densidad y calidad de cada uno de los activos presentes en ellas, de acuerdo con las condiciones climáticas, demográficas y geográficas de su emplazamiento. Esto permitirá ver la influencia de la cuantía de los distintos activos en las carreteras y cómo influyen en el valor de estas el uso de alguno de los dos modelos de valorización (MVAVC y MVPV).

Por otra parte, otro de los objetivos del MVAVC es su utilización como herramienta para evaluar la gestión del operador de la carretera en la preservación de la infraestructura. Como se menciona anteriormente, las carreteras interurbanas concesionadas chilenas pueden verse solicitadas por variadas condiciones geográficas, climáticas y demográficas o de tránsito, por lo que es esperable que estas presenten variados niveles de preservación o de condición de los activos, en función de las variables antes mencionadas. Considerando que los modelos de valorización de activos viales, tanto del MVAVC como del MVPV, consideran en distinta medida la condición funcional y/o estructural de los activos, es de interés analizar cómo el uso de los distintos modelos de valorización de los activos influye en el valor de la carretera. Por esta razón, es necesario someter a cada una de las carreteras definidas a distintos escenarios de conservación de los activos, y de esta manera, cuantificar cómo el nivel de conservación de una carretera influye en la valorización de la misma.

## 4.1. Definición de carreteras concesionadas tipo

Los dos modelos de valorización descritos en los en los Capítulos anteriores, el propuesto MVAVC y la actual MVPV, requieren de tres tipos de datos para su aplicación: datos de inventario, datos de costos de construcción y conservación, y datos del estado de los activos. Sin embargo, una diferencia importante entre ambos modelos es qué tipo de información de inventario se utiliza para calcular el costo de construcción inicial de los activos. Mientras la metodología actual considera estructuraciones estándar para los activos, que dependen de su zona climática, niveles orográficos y demanda de tránsito, el modelo MVAVC propone la utilización de los planos As-Built del proyecto. De esta manera, para la utilización de este último, y su correcta comparación con la actual MVPV, es necesario contar con información real de los activos, principalmente para los activos Plataforma de la vía principal, Plataforma de las vías de servicio y Puentes, activos para los que la actual metodología preestablece una estructuración.

Por lo tanto, para definir las carreteras tipo representativas de carreteras interurbanas chilenas, se utilizará información principalmente facilitada por la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGC) del MOP. En la Tabla 10 se presenta la información de inventario proporcionada por la DGC para la evaluación de los modelos de valorización, correspondiente a seis Rutas de las tres zonas climáticas en que actualmente hay concesiones viales en etapa de operación, las cuales son numeradas desde Ruta I a Ruta VI.

Tabla 10. Activos viales considerados en cada carretera interurbana tipo.

| Activo vial  | Unid.    | Zona Centro |         | Zona Sur |         | Zona Norte |         |
|--|----------|-------------|---------|----------|---------|------------|---------|
|  |          | Ruta I      | Ruta II | Ruta III | Ruta IV | Ruta V     | Ruta VI |
| Plataforma vía principal                               | km-pista | 444         | -       | 468      | 562     | 644        | 823     |
| Túnel  | km       | -           | 4       | -        | -       | -          | -       |
| Puentes y pasos superiores                             | ml       | 3.095       | 3.781   | 9.572    | 5.468   | 455        | 867     |
| Estructuras geotécnicas y OPF                          | gl       | 1           | 1       | 1        | -       | 1          | -       |
| Saneamiento y drenaje                                  | km       | 228         | 232     | 302      | -       | 400        | 454     |
| Plataforma vías de servicio                            | km-pista | 170         | -       | 130      | 81      | 23         | 19      |
| Áreas de servicios y de emergencias                    | un       | 2           | 3       | 6        | 6       | 2          | 4       |
| Sistema de iluminación                                 | un       | 1.877       | 4.169   | 213      | -       | 2.463      | 488     |
| Pasarela peatonal, paraderos de buses y acera peatonal | un       | 15          | 23      | 52       | 21      | 9          | 10      |

| Activo vial            | Unid. | Zona Centro |         | Zona Sur |         | Zona Norte |         |
|------------------------|-------|-------------|---------|----------|---------|------------|---------|
|                        |       | Ruta I      | Ruta II | Ruta III | Ruta IV | Ruta V     | Ruta VI |
| Pasos de fauna         | un    | -           | -       | -        | -       | -          | -       |
| Pantallas acústicas    | km    | -           | -       | -        | -       | -          | -       |
| Ciclovías              | km    | -           | -       | -        | -       | -          | -       |
| Cercos y portones      | km    | -           | -       | -        | -       | -          | -       |
| Barreras de contención | km    | 74          | 104     | 526      | 432     | 311        | 60      |

Luego, con el objeto de que las carreteras tipo sean representativas de carreteras interurbanas, en este análisis las carreteras tipo quedan definidas por los activos presentes en el tronco principal o tramo interurbano de cada concesión, obviándose aquellos activos que se encuentren en sectores urbanos o que sean parte de las conexiones con la vialidad urbana, en los cuales, no siempre es posible contar con información histórica de la condición de los activos. El único activo fuera del tronco principal considerado corresponde a las Plataformas de las vías de servicios. Esta simplificación facilita la completa aplicación de los modelos de valorización, disminuyendo la brecha entre la información requerida y disponible de cada modelo de valorización.

De la información disponible, no fue posible inventariar en ninguna de las Rutas los activos Pasos de fauna, Pantallas acústicas, Ciclovías, y Cercos y portones. En el caso particular de las Ciclovías, si bien este es un activo que presenta un modelo de valorización en la actual MVPV, no hay presencias de estas en carreteras concesionadas interurbanas chilenas, por lo que no se incluyen en esta comparación.

En el caso de la Ruta II, no se cuenta con información para los activos Plataforma de la vía principal y Plataforma de las vías de servicio, por lo que esta Ruta no se valorizará propiamente tal. Sin embargo, como el único Túnel existente se encuentra en esta Ruta, se definirá una carretera tipo que considera los activos de la Ruta I más el Túnel de la Ruta II, de esta manera se podrá estimar cuánto influye la presencia de este activo en el valor total de la carretera. El ejercicio es útil debido a que tanto Ruta I como Ruta II se encuentran en una misma zona climática y, además, ambas corresponden a carreteras interurbanas transversales de estándares de servicio similares. Es más, salvo por el Sistema de iluminación, ambas tienen cuantías de activos comparables.

En el caso de las Rutas de la Zona Norte, solo será posible la determinación del costo histórico o de construcción de cada Ruta, ya que no se cuenta con información de condición de los activos. Por lo tanto, no se podrá determinar cómo varía el valor de las carreteras tipo de la Zona Norte ante distintos estados de los activos. Sin embargo, si podrá compararse el valor de inicial de estas rutas con las de las otras zonas climáticas, de forma tal de ver cuánto influye en el costo inicial de una carretera la presencia y cuantía de los activos inventariados en cada una de ellas.

## 4.2. Definición de los modelos de valorización considerados

La práctica de valorización de activos viales en Chile, tanto de infraestructura concesionada como de la Red Vial Nacional en tutela de la Dirección de Vialidad, se ha realizado con la actual MVPV descrita en el Capítulo 2 (MOP, 2014). Sin embargo, su utilización ha evidenciado que la metodología puede ser interpretada y aplicada de variadas maneras, principalmente en la valorización del activo Caminos Pavimentados, que incluye a los activos Plataforma de la vía principal y Plataforma de las vías de servicio del propuesto MVAVC.

Es por lo anterior que, con el objeto de comparar la valorización de las carreteras tipo con el modelo propuesto MVAVC y la actual MVPV, se utilizarán las distintas variantes de la actual metodología vistas en la práctica. A continuación, se describen los cuatro modelos analizados en el caso de estudio.

- **Modelo Propuesto (MVAVC):** corresponde al modelo de valorización de activos propuesto, desarrollado en el proyecto FONDEF ID20110072 y descrito en el Capítulo 3.
- **Modelo Actual DV:** corresponde a la actual metodología de valorización de la Red Vial Nacional, descrita en el Capítulo 2 (MOP, 2014).
- **Modelo Estudios Integrales (EI):** corresponde al modelo de valorización utilizado en los Estudios Integrales de las carreteras concesionadas en etapa de relicitación, cuyos resultados han sido aceptados por la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGC). Una de las diferencias con la actual MVPV se presenta para el activo Caminos Pavimentados, para los cuales se consideran umbrales menos exigentes para los indicadores técnicos de los pavimentos en comparación con la metodología original, considerándose, además, una evaluación estructural de los Caminos mediante Deflectómetro de Impacto (FWD) que no está incorporada en la actual metodología (Arce, 2023). Además, en estos Estudios se ha valorizado infraestructura que no cuenta con un modelo de valorización en la actual MVPV, considerando una Depreciación Lineal (SLD) del costo de construcción de cada activo en el cálculo.
- **Modelo BALI:** corresponde al modelo de valorización que debe ser utilizado para la determinación del Valor Residual de una concesión vial, según se indica en los actuales contratos de concesión. Es decir, utilización de la actual MVPV, pero adicionando una evaluación estructural de los Caminos mediante Deflectómetro de Impacto (FWD). A diferencia del modelo anterior (EI), en este caso los umbrales para los indicadores técnicos de los pavimentos son los de la metodología original MVPV.

Para cada una de las carreteras tipo descritas en la Sección 4.1, los activos serán valorizados según los modelos de valorización descritos en los Capítulos 2 y 3, además de las consideraciones descritas anteriormente. En el caso de que alguno de los activos viales no cuente con un modelo de valorización en la actual MVPV, se asumirá que este activo se valoriza mediante el método de Depreciación Lineal (SLD) de su costo de construcción, tal como se ha visto en los Estudios Integrales.

Según lo descrito en el Capítulo 2 para el propuesto MVAVC y en el Capítulo 3 de la actual MVPV, el valor en el tiempo de una carretera se obtendrá como la suma lineal del valor de los activos presentes en la carretera, según muestra la Ecuación (4.2.1).

$$V_{C_t} = \sum_i V_{i_t} \quad (4.2.1)$$

Donde:

- $V_{C_t}$  : Valor de la carretera en el tiempo  $t$ .  
 $V_{i_t}$  : Valor del activo  $i$ -ésimo activo de la carretera en el tiempo  $t$ .

### 4.3. Escenarios de conservación de las carreteras

Para analizar cómo varía el valor de la carretera en el tiempo con el MVAVC y con el modelo actual, se definen tres escenarios de gestión del operador de la carretera en la conservación de la carretera: Pesimista, Realista y Optimista. Estos escenarios se definen a partir de los datos históricos de condición de los activos, proporcionados por la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas del MOP.

En primer lugar, como se mencionó en la Sección 3.2, los contratos viales de asociación público-privada suelen tener una duración de 20 a 30 años, sin perjuicio de que las condiciones de suspensión y extinción de cada concesión se establecen en su respectivo contrato de concesión. De esta manera, los modelos de valorización considerados en este análisis se evalúan en un periodo de 20 años, considerando, además, que

---

en el año 0 comienza la concesión y la explotación de la carretera, estando todos los activos en su condición como nuevo.

Luego, los escenarios de condición se definieron para cada activo de la carretera de acuerdo con los siguientes supuestos:

- **Escenario Pesimista:** representa la peor condición de los activos, y se asocia a una gestión deficiente por parte del operador de la carretera en la conservación de la infraestructura, es decir, una gestión por debajo de las exigencias de bases de licitación actuales en cuanto a la condición de los activos.
- **Escenario Realista:** representa un nivel de gestión esperado en operador de la carretera en la conservación de la infraestructura, de acuerdo con las exigencias de actuales bases de licitación.
- **Escenario Optimista:** representa la mejor condición de los activos, y se asocia a una buena gestión por parte del operador de la carretera en la conservación de la infraestructura concesionada, es decir, una gestión por sobre las exigencias de bases de licitación actuales en cuanto a la condición de los activos.

En el caso de los caminos pavimentados o plataformas de la vía principal y de servicio, se cuenta con información histórica de su condición en la Ruta I, Ruta III y Ruta IV. En estas tres rutas, la información de condición disponible fue registrada durante la aplicación de bases de licitación antiguas o menos exigentes que las actuales en cuanto a la conservación del activo. Además, considerando que, en general, el desempeño de los operadores de estas rutas cumple con las exigencias mínimas de las bases de licitación respectivas, es esperable que su desempeño en la conservación del activo se ajuste a las mayores exigencias de las nuevas bases de licitación, lo que representaría el escenario Realista. Por lo tanto, en este caso la información histórica de la condición de las plataformas viales es adoptada para el escenario Pesimista. La información histórica se percibe como una condición mínima que el operador de la carretera ya ha demostrado cumplir, lo que fundamenta la suposición de que esto representa el peor escenario de desempeño.

Los otros activos con los que se cuenta con información histórica de su condición son puentes y pasos superiores, sistema de saneamiento y drenaje, y pasarelas peatonales, la cual fue medida en el año 2020 en la Ruta I. Si bien las antiguas bases de licitación de la ruta exigían un reporte del nivel y tipo conservación de estos activos, estas no exigían el cumplimiento de un nivel mínimo de conservación en base a la medición de indicadores de condición de los activos. Así, en estos casos se sume que la información histórica de condición de los activos corresponde al escenario Realista.

Por otra parte, para los activos con los que no se cuenta con información histórica de su condición, se definieron los escenarios en función de las exigencias de las bases de licitación, en que para el Escenario Realista exista un cumplimiento de las actuales bases de licitación. Por último, para activos sin información histórica y con elevadas exigencias en las actuales bases de licitación, se opta por definir solo dos escenarios de condición, uno Pesimista y otro Optimista, asumiendo que la condición del activo es similar para los Escenarios Realista y Optimista, lo que en términos prácticos implica considerar un mismo valor del activo en el tiempo para estos dos últimos escenarios.

---

## 5. Valorización de carreteras tipo

En este capítulo se presenta la valorización de las seis carreteras tipo representativas de carreteras concesionadas interurbanas chilenas, de acuerdo con lo indicado en la definición del caso de estudio del Capítulo 4.

Durante el proyecto FONDEF ID20I10072, en base a la revisión del estado del arte y de la práctica en metodologías de valorización de activos viales (Delgadillo et al., 2021), de manera desagregada se desarrollaron y calibraron los modelos de valorización para activos viales concesionados (Delgadillo et al., 2022a). En el ejercicio desarrollado en este trabajo, y en consecuencia con los objetivos de esta investigación, corresponde analizar de manera agregada la valorización de carreteras concesionadas tipo, las cuales quedaron definidas en la Sección 4.1. En este caso, se analiza cómo y cuánto varía el valor de las carreteras tipo al utilizar el propuesto MVAVC y la actual metodología de la Dirección de Vialidad, desde la construcción o puesta en servicio de las carreteras tipo hasta un instante 20 años posterior, para tres distintos escenarios de conservación de las carreteras y sujeto a la disponibilidad de información en las carreteras tipo definidas.

Para las Rutas de la Zona Centro (Ruta I y Ruta I más Túnel Ruta II) y Zona Sur (Ruta III y Ruta IV), la valorización se organiza en cinco Apartados. El primero corresponde a la determinación del costo histórico o de construcción de cada una de estas Rutas, tanto para el propuesto MVAVC como para la actual MVPV. Luego, se detalla cuál fue la información de condición de los activos utilizada para la definición de los escenarios de condición. Un tercer Apartado en que se presentan los resultados de la valorización de cada carretera con el modelo propuesto MVAVC para los tres escenarios de condición establecidos. A continuación, se presenta la valorización de las carreteras con la actual MVPV en que se incluye una comparación entre las distintas variantes de la metodología.

En el caso de las Rutas de la Zona Norte (Ruta V y Ruta VI) solo se presenta la determinación del costo inicial de cada Ruta, para finalmente mostrar una comparación de sus costos de construcción o históricos.

### 5.1. Ruta I

Como ya fue indicado en la Sección 4.1, los activos valorizados en esta Ruta corresponden a Plataforma vía principal; Puentes y pasos superiores; Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial (OPF); Saneamiento y drenaje; Plataforma vía de servicio; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; Pasarela peatonal, paradero de bus y aceras; y Barreras de contención.

#### 5.1.1. Costo histórico

Al integrar el costo histórico de los activos de esta Ruta, se obtiene un costo histórico de **UF 7.226.547** con el modelo propuesto. De este costo histórico o de construcción de la carretera, los activos que más aportan a este costo son Puentes y pasos superiores y Plataforma vía principal, representado un 43,8 y 34,6% del costo histórico total de la carretera, respectivamente. Es decir, solo estos dos activos representan un 78,4% del costo histórico total de la Ruta I.

Por su parte, los activos que afectan en menor medida al costo histórico de la Ruta I son las Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial, y las Áreas de servicios y emergencias, aportando un 1,0 y 0,4% al costo histórico de la carretera. Además, en este grupo de activos, se tiene que el costo histórico de las Barreras de contención son 73,2% superiores al costo de la Plataforma vía de servicio, siendo tercer activo de mayor relevancia, en términos monetarios, en la Ruta I, con un 7,8% del costo histórico total de la carretera.

El costo histórico de cada activo y su aporte al costo histórico de la Ruta I de la Zona Centro se muestra en la Figura 3 y en la Tabla 11.

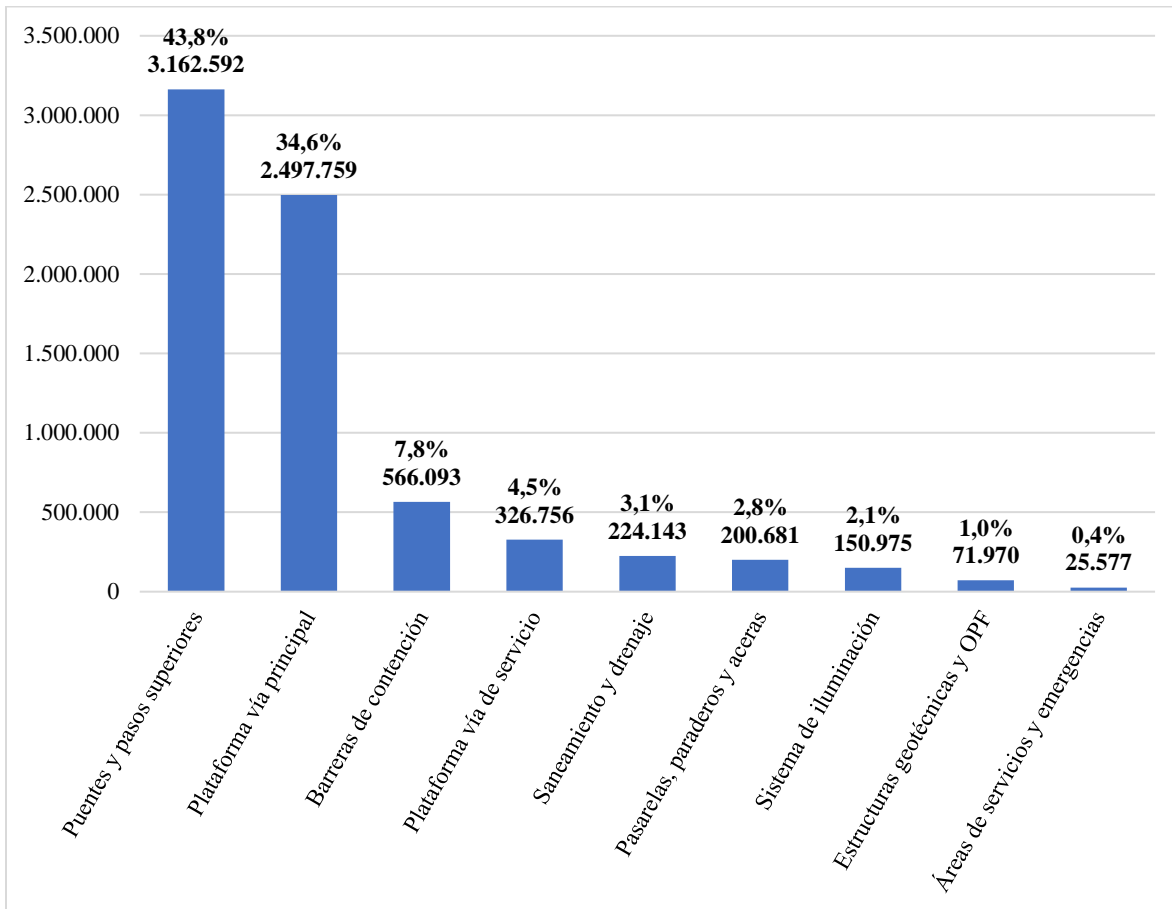


Figura 3. Costo Histórico Ruta I según modelo propuesto, en UF.

Al comparar el costo histórico obtenido con el modelo propuesto respecto al de los modelos derivados de la actual metodología de valorización de la Red Vial Nacional, se presentan diferencias para la Plataforma de la vía principal y de servicio, y para Puentes y pasos superiores.

En primer lugar, la diferencia en el costo histórico entre los modelos derivados del modelo Actual DV se debe exclusivamente al paquete estructural utilizado para la valorización de la Plataforma vía principal y de servicio. Si bien en los tres modelos el paquete estructural de estos activos está definido a priori por el emplazamiento del camino, su importancia, cantidad de carriles, topografía y tipo de superficie de rodado, los espesores considerados en los modelos Estudios Integrales y BALI son generalmente mayores que los del modelo Actual DV (Delgadillo et al., 2022b). Así, el costo histórico de la Ruta I obtenido con el modelo Estudios Integrales y BALI corresponde a **UF 8.755.561**, idéntico en ambos ya que utilizan los parámetros de diseño de pavimentos indicados en el informe de valorización de la Ruta I. Por su parte, con el modelo Actual DV se obtiene un costo histórico para la Ruta I de **UF 7.023.594**, en el que se utilizan los parámetros de diseño de pavimentos establecidos en la actual metodología. De esta forma, con el modelo propuesto se obtiene un costo histórico 17,5% inferior que el del modelo Estudios Integrales y BALI, y un 2,9% superior que el modelo Actual DV.

Respecto a las diferencias entre el modelo propuesto y los actuales, utilizar los espesores reales del pavimento, como lo hace el modelo propuesto, implica obtener un costo histórico para la Plataforma vía principal y de servicio que es un 35,5% inferior al del modelo Estudios Integrales y BALI, y un 6,6% superior al del modelo Actual DV, los cuales consideran configuraciones estándar que dependen de la

ubicación de la carretera, su importancia, la cantidad de carriles, la topografía y el tipo de superficie de rodado. Por otra parte, la otra diferencia se encuentra para Puentes y pasos superiores, en que el modelo propuesto incorpora un costo para los accesos de estas estructuras, lo que implica un aumento en el costo histórico del activo de un 0,9%.

En la Figura 4 y Tabla 11 se muestra el costo histórico de la Ruta I obtenido con el modelo Propuesto, Estudios Integrales (EI) y Actual DV, indicándose, además, el aporte al costo histórico de la carretera de los cuatro activos de mayor valor, es decir, Plataforma vía principal, Puentes y pasos superiores, Barreras de contención, y Plataforma vía de servicio.

Tabla 11. Valor en UF y composición del costo histórico Ruta I según modelo de valorización.

| Activo                              | Modelo propuesto |             | Modelo EI-BALI   |             | Modelo Actual DV |             |
|-------------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                     | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal            | 2.497.759        | 34,6%       | 3.627.230        | 41,4%       | 2.170.942        | 30,9%       |
| Puentes y pasos superiores          | 3.162.592        | 43,8%       | 3.134.926        | 35,8%       | 3.134.926        | 44,6%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF       | 71.970           | 1,0%        | 71.970           | 0,8%        | 71.970           | 1,0%        |
| Saneamiento y Drenaje               | 224.143          | 3,1%        | 224.143          | 2,6%        | 224.143          | 3,2%        |
| Plataforma vía de servicio          | 326.756          | 4,5%        | 753.966          | 8,6%        | 478.286          | 6,8%        |
| Áreas de servicios y emergencias    | 25.577           | 0,4%        | 25.577           | 0,3%        | 25.577           | 0,4%        |
| Sistema de iluminación              | 150.975          | 2,1%        | 150.975          | 1,7%        | 150.975          | 2,1%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras       | 200.681          | 2,8%        | 200.681          | 2,3%        | 200.681          | 2,9%        |
| Barreras de contención              | 566.093          | 7,8%        | 566.093          | 6,5%        | 566.093          | 8,1%        |
| <b>Costo histórico total Ruta I</b> | <b>7.226.547</b> | <b>100%</b> | <b>8.755.561</b> | <b>100%</b> | <b>7.023.594</b> | <b>100%</b> |

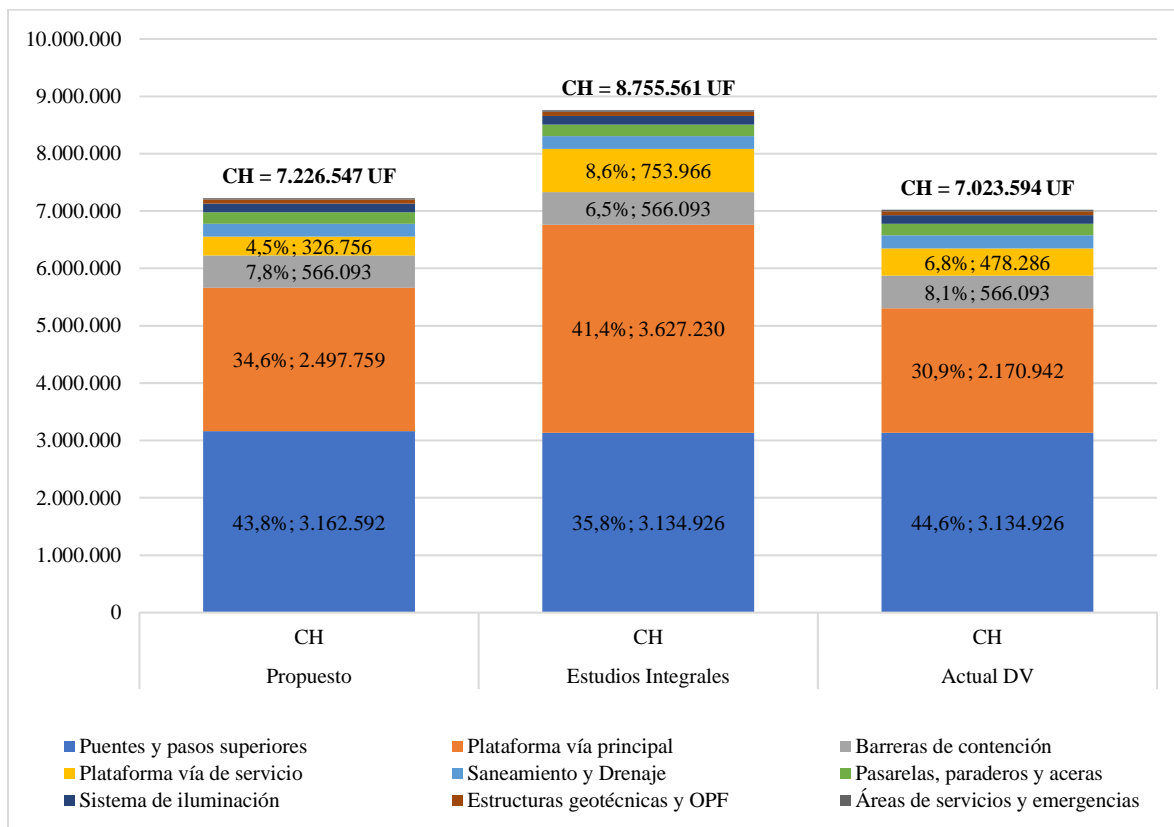


Figura 4. Composición del Costo Histórico Ruta I según modelo de valorización, en UF.

---

### 5.1.2. Escenarios de progresión de la condición

En esta Ruta se cuenta con información histórica de la condición de los activos Plataforma vía principal y de servicio; Puentes y pasos superiores; Saneamiento y drenaje; y Pasarela peatonal, paradero de bus y acera:

- Para la plataforma vía principal y de servicio se dispone de la evaluación funcional y estructural de los pavimentos entre los años 2007 y 2020. Esta información es utilizada para los últimos 20 años de concesión del escenario Pesimista, ya que las actuales bases de licitación de la Ruta I presentan mayores exigencias para los indicadores de IRI y agrietamiento. Es decir, los datos históricos son el resultado de la aplicación de bases de licitación menos exigentes que las actuales, por lo que es razonable asumir que el operador de la carretera puede mantener un desempeño que sea, al menos, igual que el histórico. En ese sentido, si el operador de la carretera ya pudo mantener un nivel de conservación de acuerdo con las bases menos exigentes, se asume que puede volver a cumplir con las exigencias mínimas de conservación de las nuevas bases de licitación. Por lo tanto, respecto de las exigencias de las actuales bases de licitación, la información histórica representa una gestión deficiente y esta es asumida en el escenario Pesimista. Los escenarios Realista y Optimista se determinan a partir de los datos históricos, en que para el escenario Realista se considera que el operador de la carretera conserva el activo de acuerdo con los niveles de servicio de las actuales bases de licitación, y para el Optimista que el activo se conserva para entregar un nivel de servicio por sobre las exigencias mínimas de nivel de servicio.
- Para puentes y pasos superiores se dispone de un informe del estado de las estructuras tipo puente para el año 2020. Esta información histórica se presenta para estructuras cuyas edades varían entre los 17 y 25 años de edad, la cual es asumida para el año 20 de concesión del escenario Realista. El escenario Optimista considera una condición “como nueva” para las estructuras al término de la concesión, y el escenario Pesimista se determina a partir del escenario Realista, considerando una peor condición en el activo durante los 20 años.
- Para el saneamiento y drenaje se dispone de información histórica de condición proveniente del estudio integral de la Ruta I, la cual es adoptada para el año 20 de concesión en el escenario Realista. El escenario Optimista considera una condición “como nueva” del activo al término de la concesión, y el escenario Pesimista se determina a partir del escenario Realista, considerando una peor condición en el activo durante los 20 años.
- Para pasarela peatonal, paradero de bus y acera, se dispone de un informe del estado de las pasarelas para el año 2020. Esta información histórica se presenta para estructuras de aproximadamente 10 años de edad, por lo que es adoptada para el año 10 de concesión del escenario Realista. El escenario Pesimista y Optimista se determinan a partir de los niveles de desempeño del modelo de nivel de servicio a los usuarios (Delgadillo et al., 2020), esperándose un desempeño Muy Malo y Regular para cada estructura de pasarela al año 20 de concesión, respectivamente.

Los activos de esta Ruta con los que no se dispone de información histórica de condición son Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; y Barreras de contención. Para estos activos se definieron los escenarios de condición en función de las exigencias de las bases de licitación para cada uno de ellos y los niveles de desempeño del modelo de nivel de servicio a los usuarios (Delgadillo et al., 2020).

### 5.1.3. Valorización con modelo propuesto

Los resultados de la valorización de la Ruta I en el tiempo, para los tres escenarios de condición, se muestran en la Tabla 12. En la misma tabla se indica el porcentaje del costo histórico que mantiene la Ruta en cada año de análisis. Puede observarse que la Ruta I mantiene un 75,3%, 90,7% y 94,1% de su costo histórico en el año 20 para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Tabla 12. Valorización Ruta I en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo propuesto.

| Año | E. Pesimista |        | E. Realista |        | E. Optimista |        |
|-----|--------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
|     | [UF]         | [%]    | [UF]        | [%]    | [UF]         | [%]    |
| CH  | 7.226.547    | 100,0% | 7.226.547   | 100,0% | 7.226.547    | 100,0% |
| 0   | 7.226.547    | 100,0% | 7.226.547   | 100,0% | 7.226.547    | 100,0% |
| 5   | 6.642.779    | 91,9%  | 6.872.352   | 95,1%  | 6.976.198    | 96,5%  |
| 10  | 6.179.847    | 85,5%  | 6.748.006   | 93,4%  | 6.953.509    | 96,2%  |
| 15  | 5.720.737    | 79,2%  | 6.672.358   | 92,3%  | 6.838.819    | 94,6%  |
| 20  | 5.438.227    | 75,3%  | 6.557.062   | 90,7%  | 6.799.921    | 94,1%  |

La Figura 5 muestra el aporte de cada activo al valor total de la Ruta I, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico mantenido por los dos activos que más aportan al valor de la carretera, es decir, Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores. Estos dos activos son los que más valor aportan tanto al costo histórico de la Ruta I como a la valorización de esta, en cualquier año y escenario de condición, representando, entre ambos, en promedio un 78,5% del valor de la carretera.

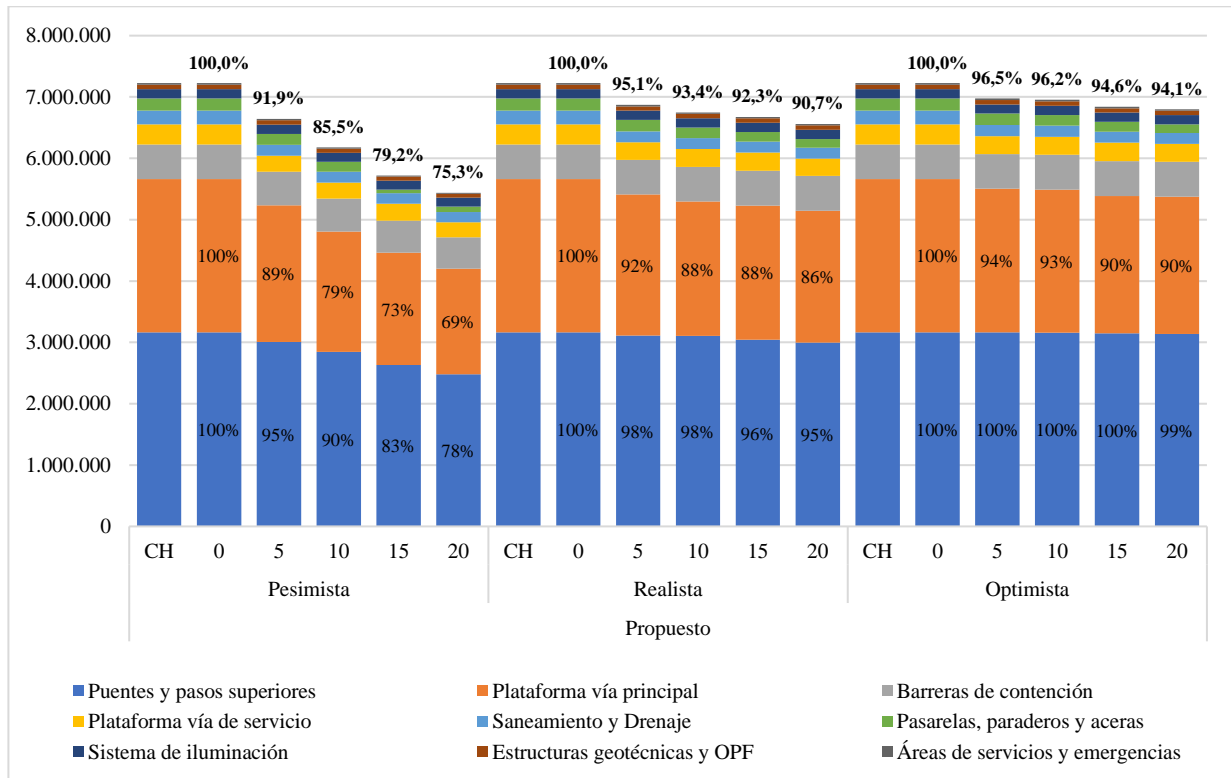


Figura 5. Valorización Ruta I según modelo propuesto, en UF.

### 5.1.3.1. Escenario Pesimista

En primer lugar, puede observarse que el valor de la Ruta I en el año 0 es idéntico al costo histórico de la carretera, no habiendo pérdidas de valor en ninguno de los activos. Como se describe más adelante, esta es una diferencia entre el modelo propuesto y el actual debido a la naturaleza misma de los modelos, en que el modelo propuesto tiene por objetivo evaluar la gestión del operador privado de la carretera en la conservación de la infraestructura y el actual la determinación de requerimientos presupuestarios con sustento técnico.

La Figura 6 muestra la valorización de la Ruta I para el escenario Pesimista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los cuatro activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

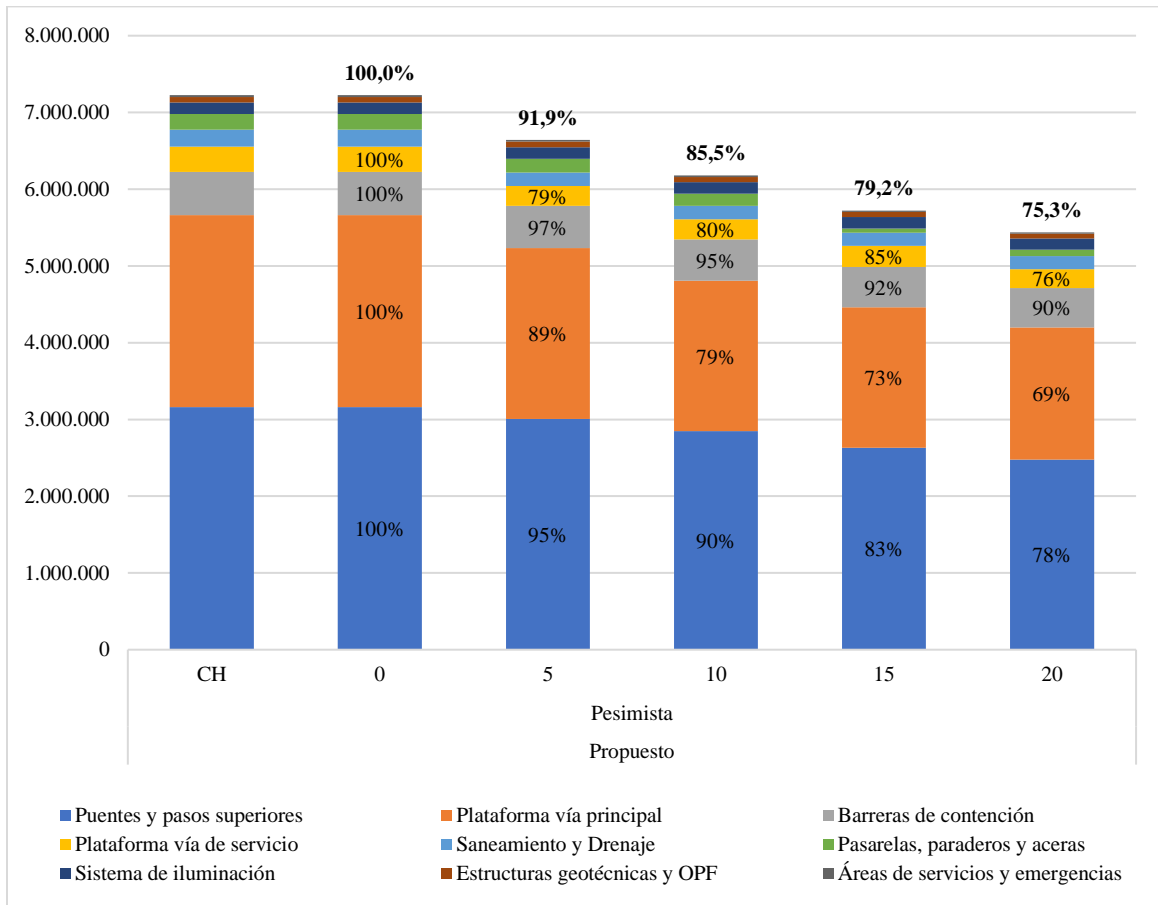


Figura 6. Valorización Ruta I según modelo propuesto para escenario Pesimista, en UF.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 0 y el 5, disminuyendo un 8,1% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 46,4% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 26,8% a Puentes y pasos superiores, un 12,3% a la Plataforma vía de servicio, y el 14,5% restante a los demás activos.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal y a Puentes y pasos superiores, alcanzando, entre ambos, un 90,8% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía de servicio es el único activo que presenta un leve aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de doble tratamiento superficial, equivalente al 0,9% de su costo histórico (Delgadillo et al., 2022b).

Entre el año 10 y 15 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal, y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre los tres, un 95,2% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía de servicio es el único activo que presenta un aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de asfalto, de doble tratamiento superficial y en bermas, equivalente al 5,5% del costo histórico del activo.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal, y a la Plataforma vía de servicio, alcanzando, entre los tres, un 92,3% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, Pasarela peatonal, paradero de bus y acera es el único activo que presenta un aumento en su valor debido a la reposición de elementos accesorios de la pasarela que alcanzan su vida útil durante estos años, equivalente al 15,1% del costo histórico del activo.

En la Tabla 13 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta I, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 77,3 y 78,8% del valor total de la carretera durante los años de análisis.

Tabla 13. Valorización Ruta I en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Pesimista, según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 2.225.748        | 33,5%       | 1.962.243        | 31,8%       | 1.830.094        | 32,0%       | 1.722.225        | 31,7%       |
| Puentes y pasos superiores       | 3.005.811        | 45,2%       | 2.845.898        | 46,1%       | 2.631.220        | 46,0%       | 2.478.470        | 45,6%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 71.970           | 1,1%        | 68.371           | 1,1%        | 66.618           | 1,2%        | 63.202           | 1,2%        |
| Saneamiento y Drenaje            | 178.149          | 2,7%        | 174.858          | 2,8%        | 171.566          | 3,0%        | 168.275          | 3,1%        |
| Plataforma vía de servicio       | 256.963          | 3,9%        | 260.557          | 4,2%        | 276.251          | 4,8%        | 248.366          | 4,6%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 23.200           | 0,3%        | 20.883           | 0,3%        | 18.566           | 0,3%        | 16.396           | 0,3%        |
| Sistema de iluminación           | 149.650          | 2,3%        | 148.325          | 2,4%        | 147.000          | 2,6%        | 145.676          | 2,7%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 179.348          | 2,7%        | 160.925          | 2,6%        | 55.786           | 1,0%        | 86.135           | 1,6%        |
| Barreras de contención           | 551.940          | 8,3%        | 537.788          | 8,7%        | 523.636          | 9,2%        | 509.483          | 9,4%        |
| <b>Total Ruta I</b>              | <b>6.642.779</b> | <b>100%</b> | <b>6.179.847</b> | <b>100%</b> | <b>5.720.737</b> | <b>100%</b> | <b>5.438.227</b> | <b>100%</b> |

### 5.1.3.2. Escenario Realista

La Figura 7 muestra la valorización de la Ruta I para el escenario Realista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los cuatro activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 0 y el 5, disminuyendo un 4,9% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 55,8% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 15,1% a Puentes y pasos superiores, un 12,3% al Saneamiento y drenaje, un 11,8% a la Plataforma vía de servicio, y el 5,1% restante a los demás activos.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 94,5% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía de servicio es el único activo que presenta un leve aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de doble tratamiento superficial, equivalente al 0,4% de su costo histórico (Delgadillo et al., 2022b).

Entre el año 10 y 15 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 91,6% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía de servicio es el único activo que presenta un

aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de asfalto y de doble tratamiento superficial, equivalente al 3,0% del costo histórico del activo.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal y de servicio, y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre los cuatro activos, un 98,3% del valor perdido de la carretera.

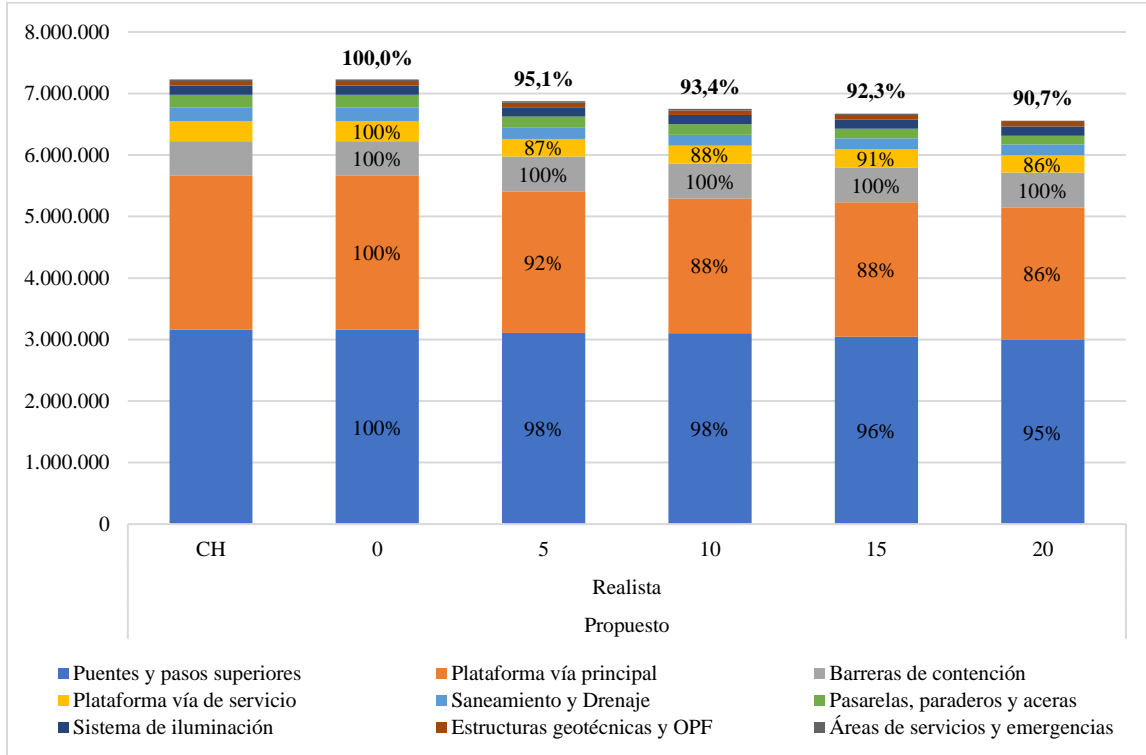


Figura 7. Valorización Ruta I según modelo propuesto para escenario Realista, en UF.

En la Tabla 14 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta I, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 78,4 y 78,7% del valor total de la carretera durante los años de análisis.

Tabla 14. Valorización Ruta I en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Realista, según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 2.300.096        | 33,5%       | 2.190.602        | 32,5%       | 2.185.600        | 32,8%       | 2.152.755        | 32,8%       |
| Puentes y pasos superiores       | 3.109.079        | 45,2%       | 3.104.069        | 46,0%       | 3.044.294        | 45,6%       | 2.994.812        | 45,7%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 71.970           | 1,0%        | 71.970           | 1,1%        | 71.970           | 1,1%        | 71.970           | 1,1%        |
| Saneamiento y Drenaje            | 180.871          | 2,6%        | 180.301          | 2,7%        | 179.732          | 2,7%        | 179.163          | 2,7%        |
| Plataforma vía de servicio       | 285.021          | 4,1%        | 288.785          | 4,3%        | 296.548          | 4,4%        | 282.215          | 4,3%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 24.279           | 0,4%        | 22.980           | 0,3%        | 21.682           | 0,3%        | 20.383           | 0,3%        |
| Sistema de iluminación           | 150.877          | 2,2%        | 150.673          | 2,2%        | 150.522          | 2,3%        | 150.371          | 2,3%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 184.065          | 2,7%        | 172.533          | 2,6%        | 155.917          | 2,3%        | 139.301          | 2,1%        |
| Barreras de contención           | 566.093          | 8,2%        | 566.093          | 8,4%        | 566.093          | 8,5%        | 566.093          | 8,6%        |
| <b>Total Ruta I</b>              | <b>6.872.352</b> | <b>100%</b> | <b>6.748.006</b> | <b>100%</b> | <b>6.672.358</b> | <b>100%</b> | <b>6.557.062</b> | <b>100%</b> |

### 5.1.3.3. Escenario Optimista

La Figura 8 muestra la valorización de la Ruta I para el escenario Optimista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los cuatro activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 0 y el 5, disminuyendo un 3,5% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 61,5% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 17,1% al Saneamiento y drenaje, un 13,7% a la Plataforma vía de servicio, y el 7,8% restante a los demás activos.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, a la Plataforma vía principal, y a Puentes y pasos superiores, alcanzando, entre los tres activos, un 96,1% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía de servicio es el único activo que presenta un leve aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de doble tratamiento superficial, equivalente al 0,9% de su costo histórico (Delgado et al., 2022b).

Entre el año 10 y 15 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Plataforma vía principal y a la Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 92,5% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía de servicio es el único activo que presenta un aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de asfalto y de doble tratamiento superficial, equivalente al 2,2% del costo histórico del activo.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, a Puentes y pasos superiores, y a la Plataforma vía de servicio, alcanzando, entre los tres activos, un 97,6% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía principal es el único activo que presenta un leve aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de asfalto, equivalente al 0,1% del costo histórico del activo.

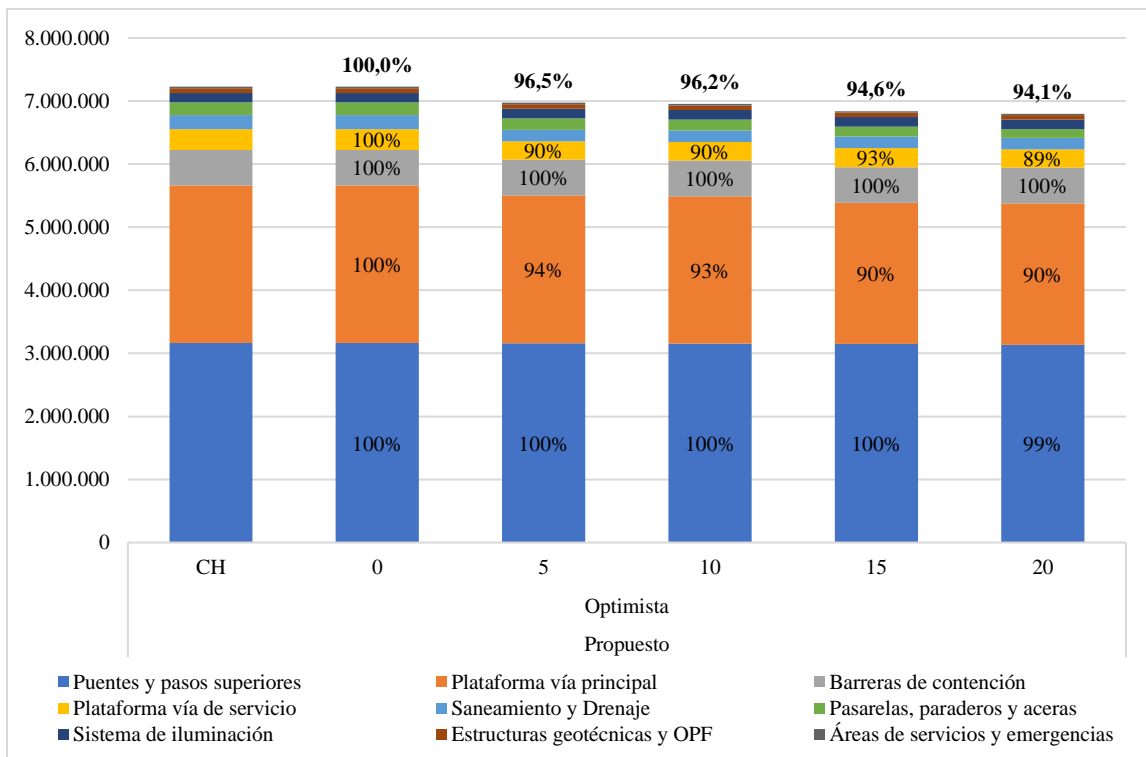


Figura 8. Valorización Ruta I según modelo propuesto para escenario Optimista, en UF.

En la Tabla 15 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta I, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 78,8 y 79,1% del valor total de la carretera durante los años de análisis.

Tabla 15. Valorización Ruta I en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista, según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 2.343.846        | 33,6%       | 2.334.293        | 33,6%       | 2.238.250        | 32,7%       | 2.241.158        | 33,0%       |
| Puentes y pasos superiores       | 3.160.713        | 45,3%       | 3.155.703        | 45,4%       | 3.147.562        | 46,0%       | 3.136.289        | 46,1%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 71.970           | 1,0%        | 71.970           | 1,0%        | 71.970           | 1,1%        | 71.970           | 1,1%        |
| Saneamiento y Drenaje            | 181.440          | 2,6%        | 181.440          | 2,6%        | 181.440          | 2,7%        | 181.440          | 2,7%        |
| Plataforma vía de servicio       | 292.511          | 4,2%        | 295.403          | 4,2%        | 302.505          | 4,4%        | 289.581          | 4,3%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 24.585           | 0,4%        | 23.594           | 0,3%        | 22.602           | 0,3%        | 21.610           | 0,3%        |
| Sistema de iluminación           | 150.975          | 2,2%        | 150.975          | 2,2%        | 150.975          | 2,2%        | 150.975          | 2,2%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 184.065          | 2,6%        | 174.038          | 2,5%        | 157.421          | 2,3%        | 140.805          | 2,1%        |
| Barreras de contención           | 566.093          | 8,1%        | 566.093          | 8,1%        | 566.093          | 8,3%        | 566.093          | 8,3%        |
| <b>Total Ruta I</b>              | <b>6.976.198</b> | <b>100%</b> | <b>6.953.509</b> | <b>100%</b> | <b>6.838.819</b> | <b>100%</b> | <b>6.799.921</b> | <b>100%</b> |

#### 5.1.3.4. Valor perdido en Ruta I con modelo propuesto

En la Figura 9 se muestra el valor perdido en la Ruta I como porcentaje del costo histórico de la carretera, indicándose, además, para la Plataforma vía principal, para Puentes y pasos superiores, y para Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, el porcentaje de su costo histórico perdido en cada año y escenario. Se tiene que en el año 20 de valorización la carretera ha perdido un 24,8%, 9,3% y 5,9% de su costo histórico en el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Además, independiente del año y escenario considerado, la Plataforma vía principal es el activo que más influye en el valor perdido de la carretera, siendo altamente sensible al escenario de condición, especialmente para el escenario Pesimista, en que esta pierde un 31% de su costo histórico. De igual forma, Puentes y pasos superiores es el segundo activo que más influye en la pérdida de valor de la carretera para el escenario Pesimista y Realista, mientras que para el escenario Optimista el segundo activo de mayor incidencia en el valor perdido de la Ruta I es Pasarela peatonal, paradero de bus y acera.

Por otra parte, el único aumento de valor entre años consecutivos de análisis se presenta para el activo Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, aumentando de valor en un 15% de su costo histórico debido a la reposición de los elementos accesorios de la pasarela (Delgadillo et al., 2022b).

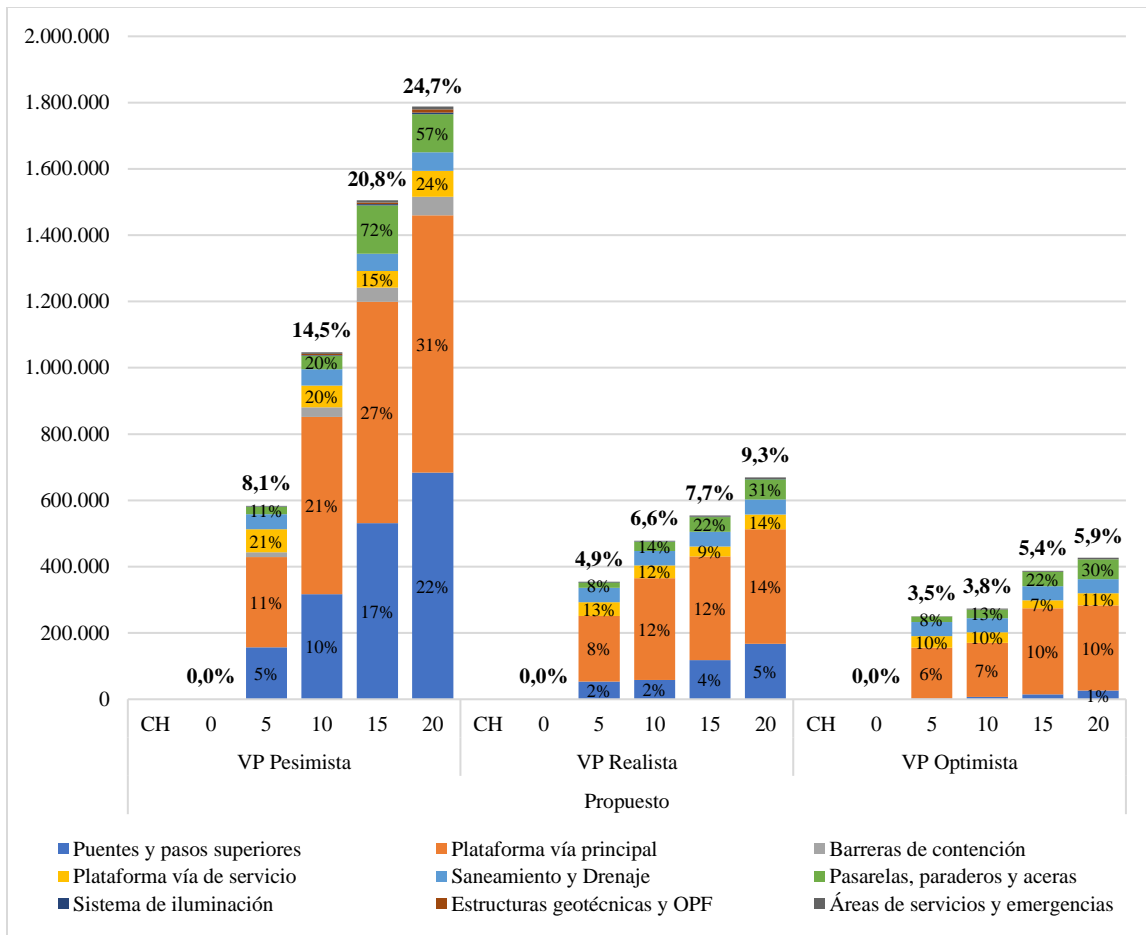


Figura 9. Valor perdido Ruta I para los años 0, 5, 10, 15 y 20 según modelo propuesto, en UF.

### 5.1.4. Valorización con modelo actual

Los resultados de la valorización de la Ruta I en el tiempo, para los tres escenarios de condición con el modelo Estudios Integrales, se muestran en la Tabla 16. En la misma tabla se indica el porcentaje del costo histórico que mantiene la Ruta en cada año de análisis. Puede observarse que la carretera mantiene un 73,3%, 74,3% y 75,2% de su costo histórico en el año 20 para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Tabla 16. Valorización Ruta I en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo Estudios Integrales.

| Año | E. Pesimista |        | E. Realista |        | E. Optimista |        |
|-----|--------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
|     | [UF]         | [%]    | [UF]        | [%]    | [UF]         | [%]    |
| CH  | 8.755.561    | 100,0% | 8.755.561   | 100,0% | 8.755.561    | 100,0% |
| 0   | 8.605.683    | 98,3%  | 8.605.683   | 98,3%  | 8.605.683    | 98,3%  |
| 5   | 7.965.514    | 91,0%  | 8.011.608   | 91,5%  | 8.076.344    | 92,2%  |
| 10  | 7.369.255    | 84,2%  | 7.452.995   | 85,1%  | 7.579.834    | 86,6%  |
| 15  | 6.945.061    | 79,3%  | 7.003.765   | 80,0%  | 7.086.327    | 80,9%  |
| 20  | 6.414.932    | 73,3%  | 6.505.050   | 74,3%  | 6.582.324    | 75,2%  |

La Figura 10 muestra el aporte de cada activo al valor total de la Ruta I, indicándose, además, el porcentaje de su costo histórico mantenido por la Plataforma vía principal y Plataforma vía de servicio. Estos dos activos son los únicos que presentan variaciones en su valorización entre los distintos escenarios de condición, ya que el método Valor Neto Residual (NSV) utilizado para la valorización de plataformas viales, tanto en el modelo propuesto como en los actuales, es función de la condición del activo.

Por otra parte, para activos distintos a las plataformas viales, el valor permanece constante al fijar un año de análisis y variar entre escenarios de condición, ya que estos se valorizan mediante una depreciación lineal en la que la condición del activo no es considerada, solo siendo relevante el año de construcción, año de valorización y el valor residual considerado para cada uno.

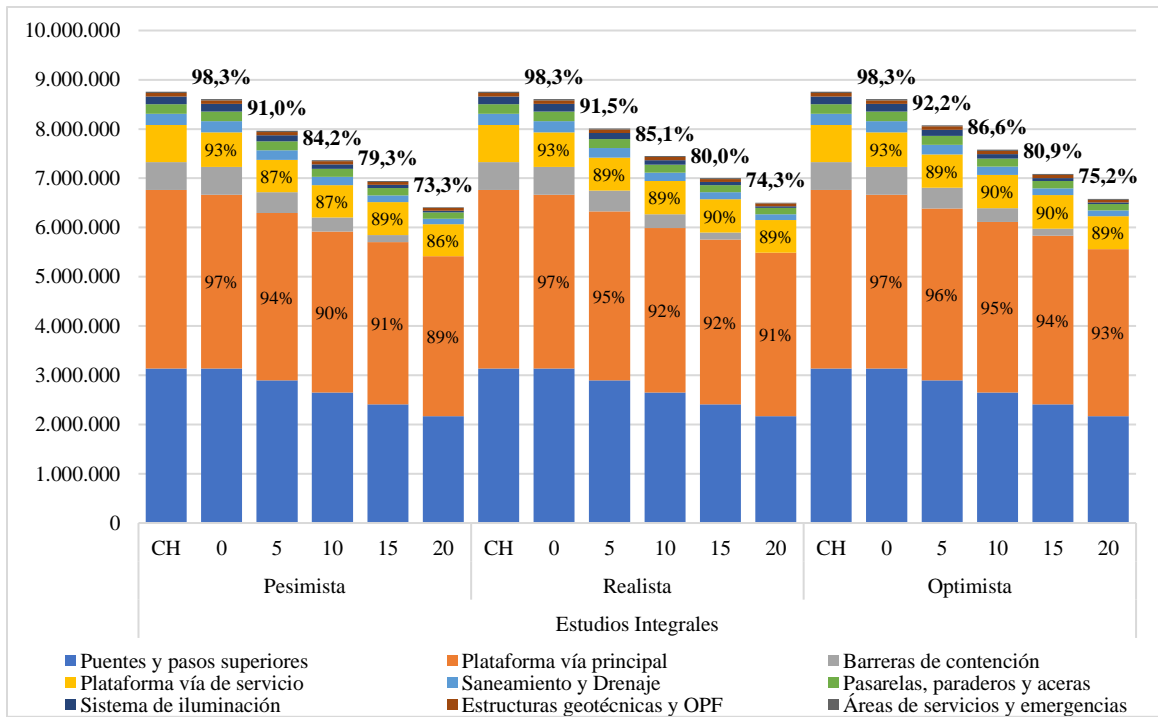


Figura 10. Valorización Ruta I según modelo Estudios Integrales, en UF.

Otro aspecto a destacar es la pérdida de valor de la carretera al año 0 de valorización. Esto se debe exclusivamente al costo de conservación rutinario de las plataformas viales, tanto de la vía principal como de servicio, en que se descuenta parte del valor de estos activos independientemente de su estado o condición. Esta pérdida de valor inicial en la carretera puede observarse en la Figura 11 para los tres escenarios de condición analizados, alcanzando un 1,7% del costo histórico de la Ruta I, en que la Plataforma de la vía principal pierde un 3% de su costo histórico y la Plataforma de las vías de servicio un 7% de su costo histórico.

Por su parte, las Barreras de contención son el único de los activos que pierden la totalidad de su costo histórico en el año 20 debido a que estas se caracterizaron con una vida útil de 20 años (Delgadillo et al., 2022b).

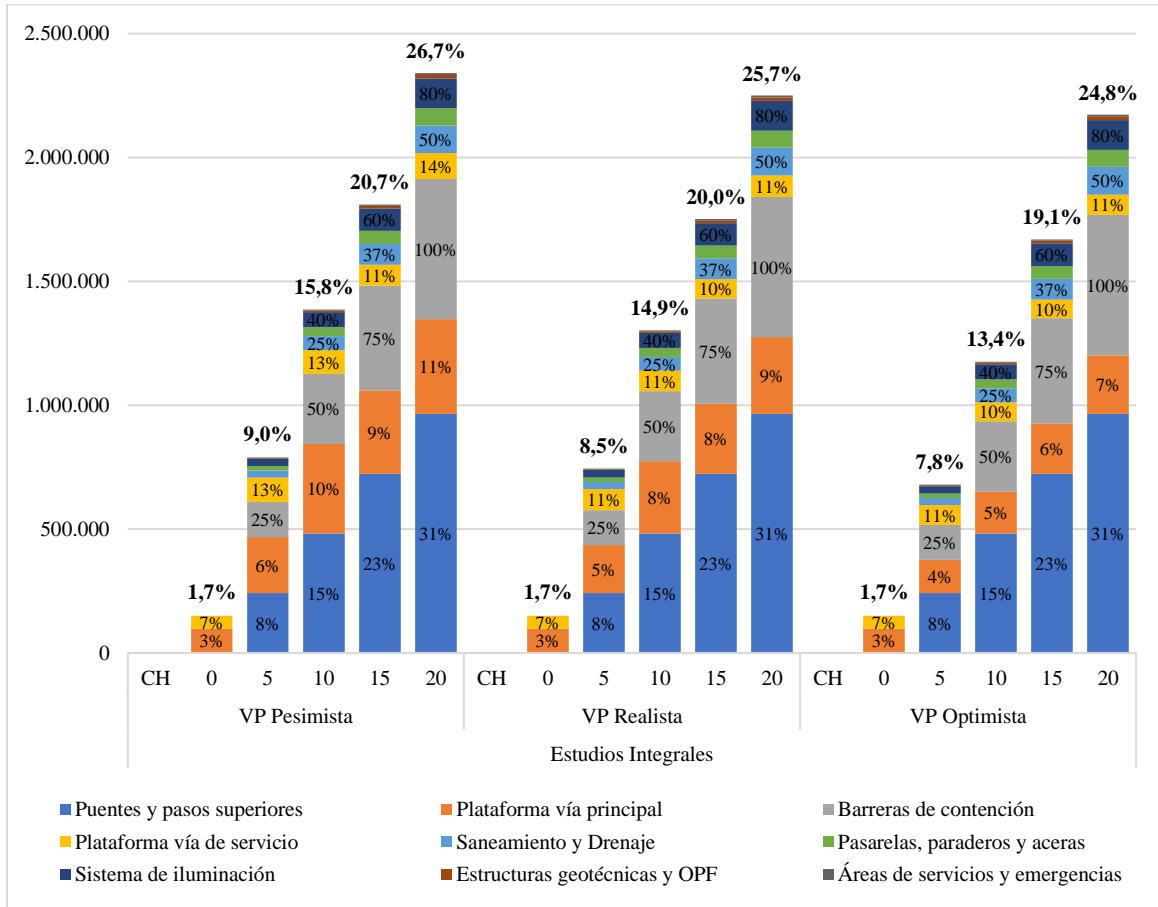


Figura 11. Valor perdido Ruta I según modelo Estudios Integrales.

En la Tabla 17 se puede notar que Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores son los activos que más valor aportan a la valorización de la Ruta I, en cualquier año de análisis, representando, entre ambos, entre un 77,4% y 84,4% del valor total de la carretera entre el año 0 y 20, respectivamente.

Tabla 17. Valorización Ruta I en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo Estudios Integrales.

| Activo                        | Año 0     |       | Año 5     |       | Año 10    |       | Año 15    |       | Año 20    |       |
|-------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|                               | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   |
| Plataforma vía principal      | 3.528.339 | 41,0% | 3.400.553 | 42,7% | 3.265.380 | 44,3% | 3.291.594 | 47,4% | 3.244.468 | 50,6% |
| Puentes y pasos superiores    | 3.134.926 | 36,4% | 2.893.778 | 36,3% | 2.652.630 | 36,0% | 2.411.482 | 34,7% | 2.170.333 | 33,8% |
| Estructuras geotécnicas y OPF | 71.970    | 0,8%  | 68.371    | 0,9%  | 64.773    | 0,9%  | 61.174    | 0,9%  | 57.576    | 0,9%  |

| Activo                           | Año 0            |             | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Saneamiento y Drenaje            | 224.143          | 2,6%        | 196.125          | 2,5%        | 168.107          | 2,3%        | 140.090          | 2,0%        | 112.072          | 1,7%        |
| Plataforma vía de servicio       | 702.979          | 8,2%        | 655.039          | 8,2%        | 658.394          | 8,9%        | 670.557          | 9,7%        | 650.128          | 10,1%       |
| Áreas de servicios y emergencias | 25.577           | 0,3%        | 23.750           | 0,3%        | 21.923           | 0,3%        | 20.097           | 0,3%        | 18.270           | 0,3%        |
| Sistema de iluminación           | 150.975          | 1,8%        | 120.780          | 1,5%        | 90.585           | 1,2%        | 60.390           | 0,9%        | 30.195           | 0,5%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 200.681          | 2,3%        | 182.549          | 2,3%        | 164.417          | 2,2%        | 148.154          | 2,1%        | 131.891          | 2,1%        |
| Barreras de contención           | 566.093          | 6,6%        | 424.569          | 5,3%        | 283.046          | 3,8%        | 141.523          | 2,0%        | 0                | 0,0%        |
| <b>Total Ruta I</b>              | <b>8.605.683</b> | <b>100%</b> | <b>7.965.514</b> | <b>100%</b> | <b>7.369.255</b> | <b>100%</b> | <b>6.945.061</b> | <b>100%</b> | <b>6.414.932</b> | <b>100%</b> |

#### 5.1.4.1. Comparación entre modelos actuales

Ahora, al incorporar al análisis los resultados de la valorización en la Ruta I con el modelo Actual DV y BALI, las diferencias se encuentran únicamente en la valorización de la Plataforma vía principal y Plataforma vía de servicio.

Respecto al costo histórico, los paquetes estructurales definidos en el modelo Actual DV, tanto para la plataforma vía principal como de servicio, implican que el costo de este modelo sea aproximadamente un 20% inferior al del modelo Estudios Integrales y BALI, siendo estos dos últimos idénticos en cuanto a la estructuración de los pavimentos.

Por otra parte, de estos tres modelos, el modelo Actual DV es el que mayor valor pierde de su costo histórico, con un 33,5%. Esto se explica en términos globales por dos razones. En primer lugar, como el costo histórico con modelo Actual DV es menor que el obtenido con el modelo Estudios Integrales y BALI, explicado únicamente por diferencias de valor en las plataformas viales, el costo de Puentes y pasos superiores, Saneamiento y drenaje, Sistema de iluminación, Pasarela peatonal, y Barreras de contención representan una mayor fracción del valor total de la Ruta I en el modelo Actual DV, por lo que, ante una misma pérdida de valor de estos activos en los tres modelos, en el Actual DV se presentará una mayor disminución en el valor porcentualmente. Y en segundo lugar, las plataformas viales el modelo Actual DV presenta una mayor pérdida de valor en términos porcentuales en comparación con el modelo Estudios Integrales (EI) y BALI, debido a que los límites de ICP utilizados para definir las actividades de rehabilitación son más exigentes en el modelo Actual DV y a que este último no considera la capacidad estructural de los pavimentos, de manera que todo el costo de rehabilitación se debe a la recuperación de las capacidades funcionales, las que son de mayor relevancia en términos monetarios en comparación con la rehabilitación estructural.

Tabla 18. Costo histórico, valorización al año 20 y valor perdido como porcentaje del costo histórico de cada modelo para escenario Pesimista en Ruta I, en UF.

| Activo                           | CH [UF]          |                  |                  | Año 20 [UF]      |                  |                  | Valor perdido [%CH] |               |               |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|---------------|
|                                  | EI               | Actual DV        | BALI             | EI               | Actual DV        | BALI             | EI                  | Actual DV     | BALI          |
| Plataforma vía principal         | 3.627.230        | 2.170.942        | 3.627.230        | 3.244.468        | 1.774.822        | 3.092.901        | -4,4%               | -5,6%         | -6,1%         |
| Puentes y pasos superiores       | 3.134.926        | 3.134.926        | 3.134.926        | 2.170.333        | 2.170.333        | 2.170.333        | -11,0%              | -13,7%        | -11,0%        |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 71.970           | 71.970           | 71.970           | 57.576           | 57.576           | 57.576           | -0,2%               | -0,2%         | -0,2%         |
| Saneamiento y Drenaje            | 224.143          | 224.143          | 224.143          | 112.072          | 112.072          | 112.072          | -1,3%               | -1,6%         | -1,3%         |
| Plataforma vía de servicio       | 753.966          | 478.286          | 753.966          | 650.128          | 374.752          | 650.128          | -1,2%               | -1,5%         | -1,2%         |
| Áreas de servicios y emergencias | 25.577           | 25.577           | 25.577           | 18.270           | 18.270           | 18.270           | -0,1%               | -0,1%         | -0,1%         |
| Sistema de iluminación           | 150.975          | 150.975          | 150.975          | 30.195           | 30.195           | 30.195           | -1,4%               | -1,7%         | -1,4%         |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 200.681          | 200.681          | 200.681          | 131.891          | 131.891          | 131.891          | -0,8%               | -1,0%         | -0,8%         |
| Barreras de contención           | 566.093          | 566.093          | 566.093          | 0                | 0                | 0                | -6,5%               | -8,1%         | -6,5%         |
| <b>Total Ruta I</b>              | <b>8.755.561</b> | <b>7.023.594</b> | <b>8.755.561</b> | <b>6.414.932</b> | <b>4.669.911</b> | <b>6.263.366</b> | <b>-26,7%</b>       | <b>-33,5%</b> | <b>-28,5%</b> |

## 5.2. Ruta I más activo Túnel Ruta II

Los activos valorizados en esta Ruta corresponden a Plataforma vía principal; Túnel; Puentes y pasos superiores; Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial (OPF); Saneamiento y drenaje; Plataforma vía de servicio; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; Pasarela peatonal, paradero de bus y aceras; y Barreras de contención.

### 5.2.1. Costo histórico

Al integrar el costo histórico de los activos de esta carretera, se obtiene un costo histórico de **UF 11.545.103** con el modelo propuesto. De este costo histórico o de construcción de la carretera, los activos que más aportan a este costo son Túnel, Puentes y pasos superiores, y Plataforma vía principal, representado un 37,4, 27,4 y 21,6% del costo histórico total de la carretera, respectivamente. Es decir, solo estos tres activos representan un 86,4% del costo histórico total de la Ruta I más el túnel de la Ruta II.

Por su parte, los activos que afectan en menor medida al costo histórico de la carretera son las Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial, y las Áreas de servicios y emergencias, aportando un 0,6 y 0,2% al costo histórico de la carretera. Además, en este grupo de activos, se tiene que el costo histórico de las Barreras de contención son 73,2% superiores al costo de la Plataforma vía de servicio, siendo tercer activo de mayor relevancia, en términos monetarios, en la Ruta I más túnel, con un 4,9% del costo histórico total de la carretera.

El costo histórico de cada activo y su aporte al costo histórico de la Ruta I de la Zona Centro incluyendo el Túnel de la Ruta II se muestra en la Figura 12 y en la Tabla 19.

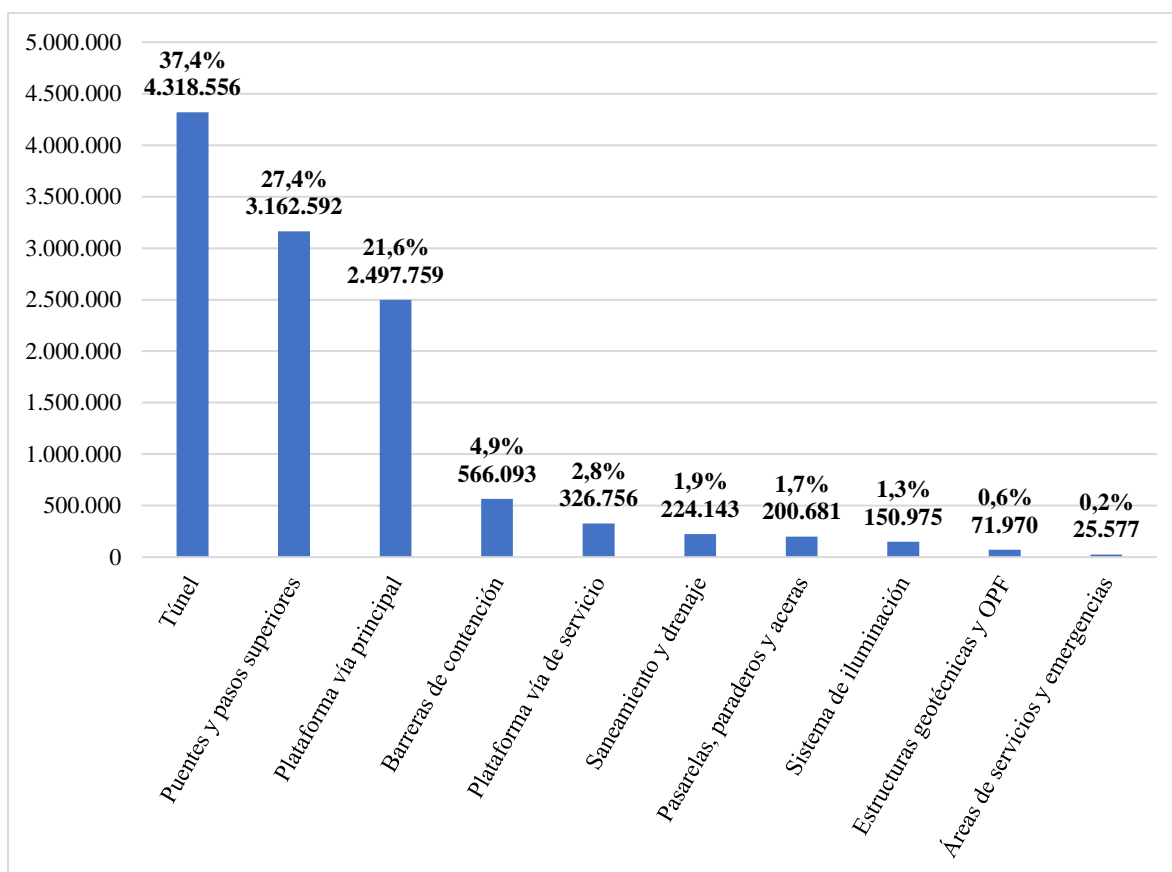


Figura 12. Costo Histórico Ruta I más túnel Ruta II según modelo propuesto, en UF.

Al igual que para la Ruta I, al comparar el costo histórico obtenido con el modelo propuesto respecto al de los modelos derivados de la actual metodología de valorización de la Red Vial Nacional, se presentan diferencias para la Plataforma vía principal y de servicio, y para Puentes y pasos superiores.

En primer lugar, la diferencia en el costo histórico entre los modelos derivados del Actual DV se debe exclusivamente al paquete estructural utilizado para la valorización de la Plataforma vía principal y de servicio. Si bien en los tres modelos el paquete estructural de estos activos está definido a priori por el emplazamiento del camino, su importancia, cantidad de carriles, topografía y tipo de superficie de rodado, los espesores considerados en los modelos Estudios Integrales y BALI son generalmente mayores que los del modelo Actual DV (Delgadillo et al., 2022b). Así, el costo histórico de la Ruta I obtenido con el modelo Estudios Integrales y BALI corresponde a **UF 13.074.117**, idéntico en ambos ya que utilizan los parámetros de diseño de pavimentos indicados en el informe de valorización de la Ruta I. Por su parte, con el modelo Actual DV se obtiene un costo histórico para la Ruta I más túnel de la Ruta II de **UF 11.342.150**, en el que se utilizan los parámetros de diseño de pavimentos establecidos en la actual metodología. De esta forma, con el modelo propuesto se obtiene un costo histórico 11,7% inferior que el del modelo Estudios Integrales y BALI, y un 1,8% superior que el modelo Actual DV.

En la Figura 13 y Tabla 19 se muestra el costo histórico de la Ruta I más el túnel de la Ruta II obtenido con el modelo Propuesto, Estudios Integrales y Actual DV, indicándose, además, el aporte al costo histórico de la carretera de los cuatro activos de mayor valor, es decir, Túnel, Plataforma vía principal, Puentes y pasos superiores, y Barreras de contención.

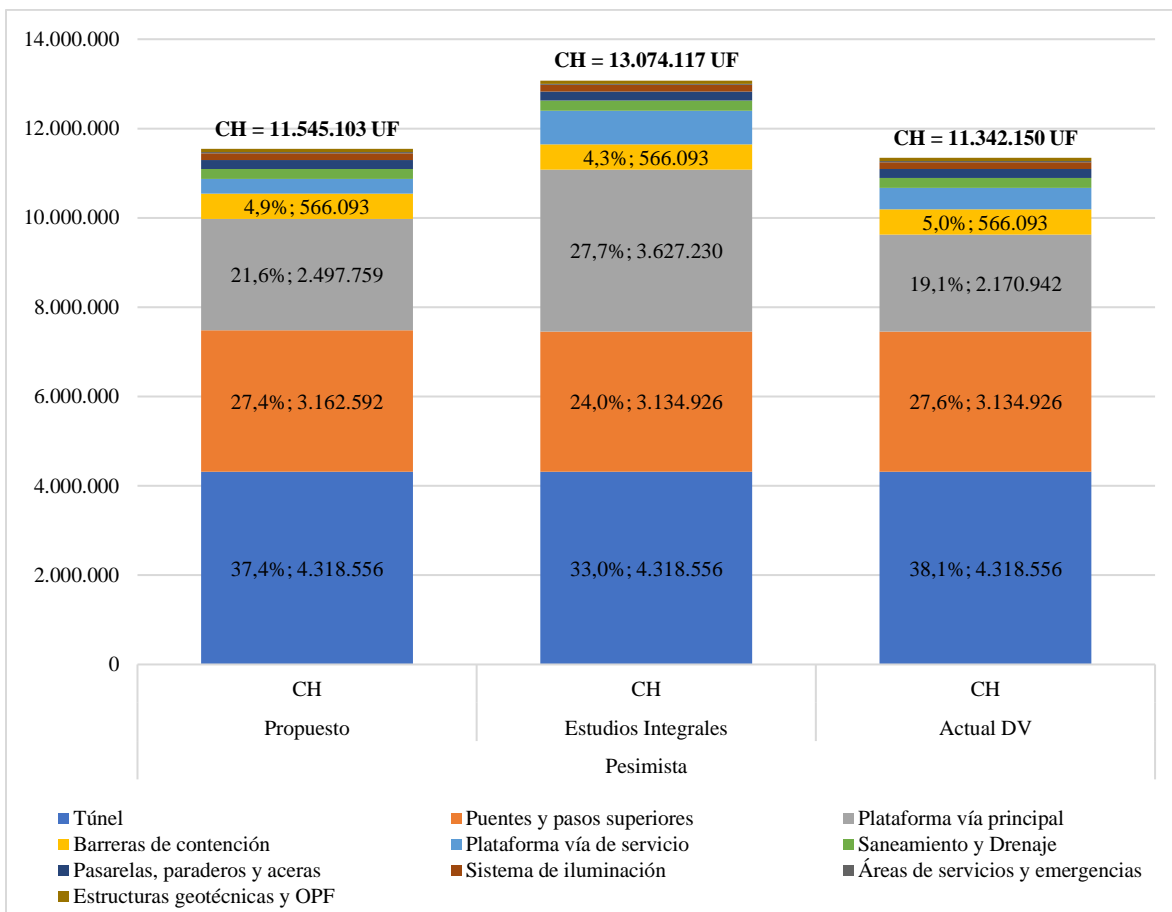


Figura 13. Composición del Costo Histórico Ruta I más túnel Ruta II según modelo de valorización, en UF.

Tabla 19. Valor y composición del Costo Histórico Ruta I más túnel Ruta II según modelo de valorización, en UF.

| Activo                                  | Modelo propuesto  |             | Modelo EI-BALI    |             | Modelo Actual DV  |             |
|---|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
|   | [UF]              | [%]         | [UF]              | [%]         | [UF]              | [%]         |
| Plataforma vía principal                | 2.497.759         | 21,6%       | 3.627.230         | 27,7%       | 2.170.942         | 19,1%       |
| Túnel                                   | 4.318.556         | 37,4%       | 4.318.556         | 33,0%       | 4.318.556         | 38,1%       |
| Puentes y pasos superiores              | 3.162.592         | 27,4%       | 3.134.926         | 24,0%       | 3.134.926         | 27,6%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF           | 71.970            | 0,6%        | 71.970            | 0,6%        | 71.970            | 0,6%        |
| Saneamiento y Drenaje                   | 224.143           | 1,9%        | 224.143           | 1,7%        | 224.143           | 2,0%        |
| Plataforma vía de servicio              | 326.756           | 2,8%        | 753.966           | 5,8%        | 478.286           | 4,2%        |
| Áreas de servicios y emergencias        | 25.577            | 0,2%        | 25.577            | 0,2%        | 25.577            | 0,2%        |
| Sistema de iluminación                  | 150.975           | 1,3%        | 150.975           | 1,2%        | 150.975           | 1,3%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras           | 200.681           | 1,7%        | 200.681           | 1,5%        | 200.681           | 1,8%        |
| Barreras de contención                  | 566.093           | 4,9%        | 566.093           | 4,3%        | 566.093           | 5,0%        |
| <b>Costo histórico Ruta I más túnel</b> | <b>11.545.103</b> | <b>100%</b> | <b>13.074.117</b> | <b>100%</b> | <b>11.342.150</b> | <b>100%</b> |

### 5.2.2. Escenarios de progresión de la condición

En esta carretera, al igual que en la Ruta I, se cuenta con información histórica de la condición de los activos Plataforma vía principal y de servicio; Puentes y pasos superiores; Saneamiento y drenaje; y Pasarela peatonal, paradero de bus y acera; la que fue descrita en la Sección 5.1.2.

Los activos de esta Ruta con los que no se dispone de información histórica de condición son Túnel, Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; y Barreras de contención. Para estos activos se definieron los escenarios de condición en función de las exigencias de las bases de licitación para cada uno de ellos y los niveles de desempeño del modelo de nivel de servicio a los usuarios (Delgadillo et al., 2020).

### 5.2.3. Valorización con modelo propuesto

Los resultados de la valorización de la Ruta I más túnel Ruta II en el tiempo, para los tres escenarios de condición, se muestran en la Tabla 20. En la misma tabla se indica el porcentaje del costo histórico que mantiene la Ruta en cada año de análisis. Puede observarse que la carretera mantiene un 78,4%, 92,0% y 95,7% de su costo histórico en el año 20 para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Tabla 20. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo propuesto.

| Año | E. Pesimista |        | E. Realista |        | E. Optimista |        |
|-----|--------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
|     | [UF]         | [%]    | [UF]        | [%]    | [UF]         | [%]    |
| CH  | 11.545.103   | 100,0% | 11.545.103  | 100,0% | 11.545.103   | 100,0% |
| 0   | 11.545.103   | 100,0% | 11.545.103  | 100,0% | 11.545.103   | 100,0% |
| 5   | 10.282.670   | 89,1%  | 10.955.283  | 94,9%  | 11.251.693   | 97,5%  |
| 10  | 9.786.194    | 84,8%  | 10.797.393  | 93,5%  | 11.195.460   | 97,0%  |
| 15  | 9.286.570    | 80,4%  | 10.681.232  | 92,5%  | 11.040.257   | 95,6%  |
| 20  | 9.056.432    | 78,4%  | 10.618.307  | 92,0%  | 11.053.730   | 95,7%  |

La Figura 14 muestra el aporte de cada activo al valor total de la carretera, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico mantenido por los tres activos que más aportan al valor de la carretera, es decir, Túnel, Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores. Estos tres activos son los que más valor aportan tanto al costo histórico de la Ruta como a la valorización de esta, en cualquier año y escenario de condición, representando en promedio un 87,2% del valor de la carretera.

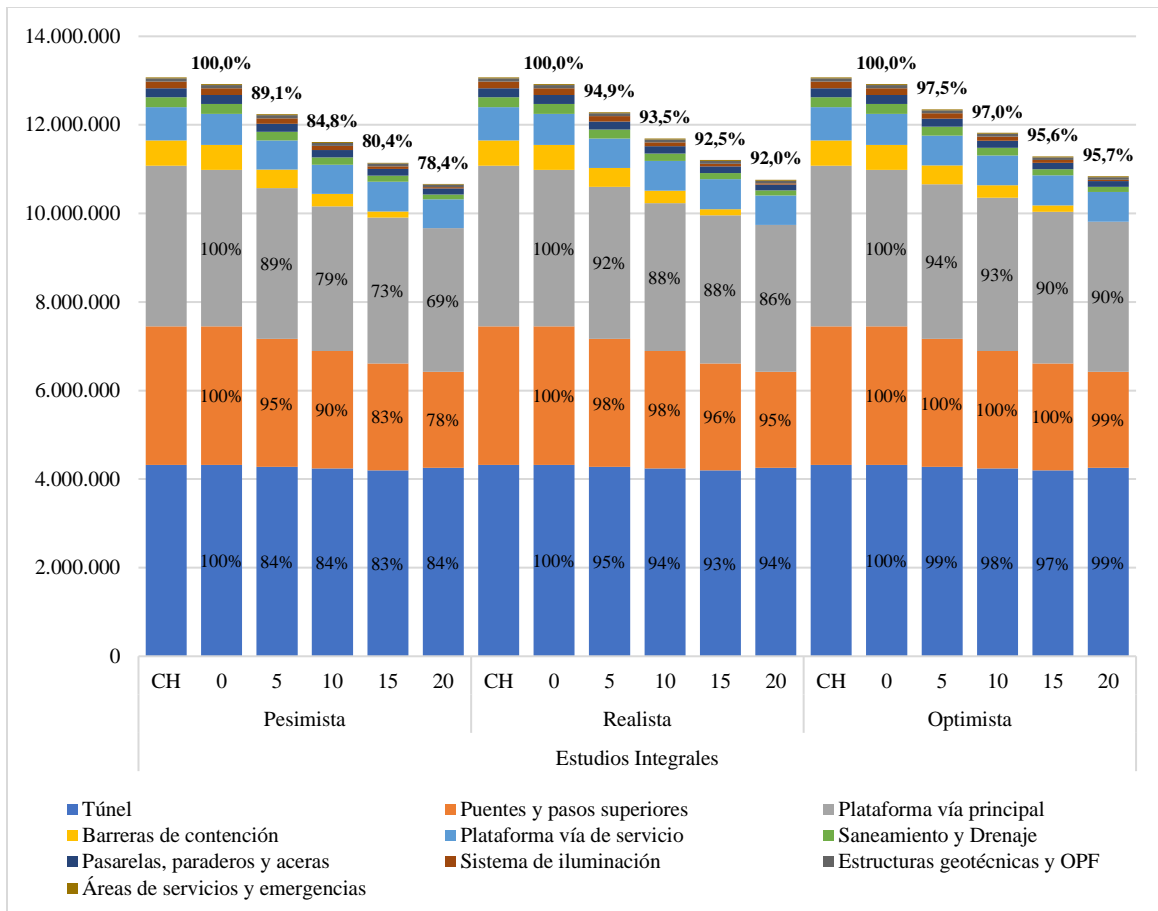


Figura 14. Valorización Ruta I según modelo propuesto, en UF.

### 5.2.3.1. Escenario Pesimista

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 0 y el 5, disminuyendo un 10,9% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 53,7% se debe a una baja en el valor del Túnel, un 21,5% a la Plataforma vía principal, un 12,4% a Puentes y pasos superiores, y el 12,4% restante a los demás activos.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal y a Puentes y pasos superiores, alcanzando, entre ambos, un 84,7% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía de servicio es el único activo que presenta un leve aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de doble tratamiento superficial, equivalente al 1,1% de su costo histórico.

Entre el año 10 y 15 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal, y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre los tres, un 87,7% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, la Plataforma vía de servicio es el único activo que presenta un aumento en su valor debido a rehabilitaciones en la calzada de asfalto, de doble tratamiento superficial y en bermas, equivalente al 4,8% del costo histórico del activo.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal, y a la Plataforma vía de servicio, alcanzando, entre los tres, un 92,3% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, Túnel y Pasarela peatonal, paradero de bus y acera son los únicos activos que presentan un aumento en su valor, en ambos casos por la reposición de elementos que alcanzaron su vida útil entre el año 15 y 20.

En la Tabla 21 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta I más el túnel de la Ruta II, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Túnel, Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan aproximadamente un 86,3% del valor total de la carretera.

Tabla 21. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Pesimista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5             |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]              | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 2.497.759         | 21,6%       | 1.962.243        | 20,1%       | 1.830.094        | 19,7%       | 1.722.225        | 19,0%       |
| Túnel                            | 4.318.556         | 37,4%       | 3.606.347        | 36,9%       | 3.565.834        | 38,4%       | 3.618.204        | 40,0%       |
| Puentes y pasos superiores       | 3.162.592         | 27,4%       | 2.845.898        | 29,1%       | 2.631.220        | 28,3%       | 2.478.470        | 27,4%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 71.970            | 0,6%        | 68.371           | 0,7%        | 66.618           | 0,7%        | 63.202           | 0,7%        |
| Saneamiento y Drenaje            | 224.143           | 1,9%        | 174.858          | 1,8%        | 171.566          | 1,8%        | 168.275          | 1,9%        |
| Plataforma vía de servicio       | 326.756           | 2,8%        | 260.557          | 2,7%        | 276.251          | 3,0%        | 248.366          | 2,7%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 25.577            | 0,2%        | 20.883           | 0,2%        | 18.566           | 0,2%        | 16.396           | 0,2%        |
| Sistema de iluminación           | 150.975           | 1,3%        | 148.325          | 1,5%        | 147.000          | 1,6%        | 145.676          | 1,6%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 200.681           | 1,7%        | 160.925          | 1,6%        | 55.786           | 0,6%        | 86.135           | 1,0%        |
| Barreras de contención           | 566.093           | 4,9%        | 537.788          | 5,5%        | 523.636          | 5,6%        | 509.483          | 5,6%        |
| <b>Total Ruta I más túnel</b>    | <b>11.545.103</b> | <b>100%</b> | <b>9.786.194</b> | <b>100%</b> | <b>9.286.570</b> | <b>100%</b> | <b>9.056.432</b> | <b>100%</b> |

### 5.2.3.2. Escenario Realista y Optimista

La Tabla 22 y Tabla 23 muestra la valorización de la Ruta I más túnel Ruta II para el escenario Realista y Optimista con el modelo propuesto, respectivamente, indicándose, además, el porcentaje del valor de la carretera que aporta cada uno de los activos.

En ambos escenarios, Realista y Optimista, e independiente del año analizado, el Túnel es el activo que mayor valor representa de la carretera, alcanzando casi el doble del valor del activo Plataforma vía principal. Al mismo tiempo, activos como Áreas de servicios y emergencia, o Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial, disminuyen su aporte al valor de la carretera debido a que el solo sistema estructural del túnel posee mayor relevancia que estos activos.

Entre el año 15 y 20 del escenario Realista y Optimista, el activo Túnel presenta un aumento en su valor debido a la reposición de accesorios del sistema de protección contra incendios, recuperando parte del valor perdido durante los primeros años.

Tabla 22. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Realista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5     |       | Año 10    |       | Año 15    |       | Año 20    |       |
|----------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|                                  | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   |
| Plataforma vía principal         | 2.300.096 | 21,0% | 2.190.602 | 20,3% | 2.185.600 | 20,5% | 2.152.755 | 20,3% |
| Túnel                            | 4.082.931 | 37,3% | 4.049.387 | 37,5% | 4.008.874 | 37,5% | 4.061.245 | 38,2% |
| Puentes y pasos superiores       | 3.109.079 | 28,4% | 3.104.069 | 28,7% | 3.044.294 | 28,5% | 2.994.812 | 28,2% |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 71.970    | 0,7%  | 71.970    | 0,7%  | 71.970    | 0,7%  | 71.970    | 0,7%  |
| Saneamiento y Drenaje            | 180.871   | 1,7%  | 180.301   | 1,7%  | 179.732   | 1,7%  | 179.163   | 1,7%  |
| Plataforma vía de servicio       | 285.021   | 2,6%  | 288.785   | 2,7%  | 296.548   | 2,8%  | 282.215   | 2,7%  |
| Áreas de servicios y emergencias | 24.279    | 0,2%  | 22.980    | 0,2%  | 21.682    | 0,2%  | 20.383    | 0,2%  |
| Sistema de iluminación           | 150.877   | 1,4%  | 150.673   | 1,4%  | 150.522   | 1,4%  | 150.371   | 1,4%  |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 184.065   | 1,7%  | 172.533   | 1,6%  | 155.917   | 1,5%  | 139.301   | 1,3%  |
| Barreras de contención           | 566.093   | 5,2%  | 566.093   | 5,2%  | 566.093   | 5,3%  | 566.093   | 5,3%  |

| Activo                        | Año 5             |             | Año 10            |             | Año 15            |             | Año 20            |             |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
|                               | [UF]              | [%]         | [UF]              | [%]         | [UF]              | [%]         | [UF]              | [%]         |
| <b>Total Ruta I más túnel</b> | <b>10.955.283</b> | <b>100%</b> | <b>10.797.393</b> | <b>100%</b> | <b>10.681.232</b> | <b>100%</b> | <b>10.618.307</b> | <b>100%</b> |

Tabla 23. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5             |             | Año 10            |             | Año 15            |             | Año 20            |             |
|----------------------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
|                                  | [UF]              | [%]         | [UF]              | [%]         | [UF]              | [%]         | [UF]              | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 2.343.846         | 20,8%       | 2.334.293         | 20,9%       | 2.238.250         | 20,3%       | 2.241.158         | 20,3%       |
| Túnel                            | 4.275.495         | 38,0%       | 4.241.952         | 37,9%       | 4.201.439         | 38,1%       | 4.253.809         | 38,5%       |
| Puentes y pasos superiores       | 3.160.713         | 28,1%       | 3.155.703         | 28,2%       | 3.147.562         | 28,5%       | 3.136.289         | 28,4%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 71.970            | 0,6%        | 71.970            | 0,6%        | 71.970            | 0,7%        | 71.970            | 0,7%        |
| Saneamiento y Drenaje            | 181.440           | 1,6%        | 181.440           | 1,6%        | 181.440           | 1,6%        | 181.440           | 1,6%        |
| Plataforma vía de servicio       | 292.511           | 2,6%        | 295.403           | 2,6%        | 302.505           | 2,7%        | 289.581           | 2,6%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 24.585            | 0,2%        | 23.594            | 0,2%        | 22.602            | 0,2%        | 21.610            | 0,2%        |
| Sistema de iluminación           | 150.975           | 1,3%        | 150.975           | 1,3%        | 150.975           | 1,4%        | 150.975           | 1,4%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 184.065           | 1,6%        | 174.038           | 1,6%        | 157.421           | 1,4%        | 140.805           | 1,3%        |
| Barreras de contención           | 566.093           | 5,0%        | 566.093           | 5,1%        | 566.093           | 5,1%        | 566.093           | 5,1%        |
| <b>Total Ruta I más túnel</b>    | <b>11.251.693</b> | <b>100%</b> | <b>11.195.460</b> | <b>100%</b> | <b>11.040.257</b> | <b>100%</b> | <b>11.053.730</b> | <b>100%</b> |

### 5.2.3.3. Valor perdido en Ruta I más túnel con modelo propuesto

En la Figura 15 se muestra el valor perdido en la Ruta I más el túnel de la Ruta II como porcentaje del costo histórico de la carretera, indicándose, además, para el Túnel el porcentaje de su costo histórico perdido en cada año y escenario. Se obtiene que en el año 20 de valorización la carretera ha perdido un 21,6%, 8,0% y 4,3% de su costo histórico en el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Al igual que en la Ruta I, la Plataforma vía principal es el activo que más influye en el valor perdido de la carretera, siendo altamente sensible al escenario de condición, especialmente para el escenario Pesimista, en que esta pierde un 31% de su costo histórico. De igual forma, Túnel es el segundo activo que más influye en la pérdida de valor de la carretera para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, presentando un 18% de valor perdido en el año 20 del escenario Realista.

Es importante destacar que el túnel no presenta pérdidas de valor por sobre el 20% de su costo histórico, ya que al presentar métodos de valorización que dependen de la condición de sus componentes, estos no pierden valor por el solo hecho de transcurrir el tiempo, como ocurre con los modelos actuales.

En el caso del escenario Realista y Optimista, al haber una mejor condición tanto para Plataformas como para Puentes, la pérdida de valor de la carretera se explica en mayor medida por la pérdida de valor del Túnel, sin embargo, el valor perdido por la carretera en estos escenarios, porcentualmente, sigue siendo inferior a las caídas de valor de la Ruta I.

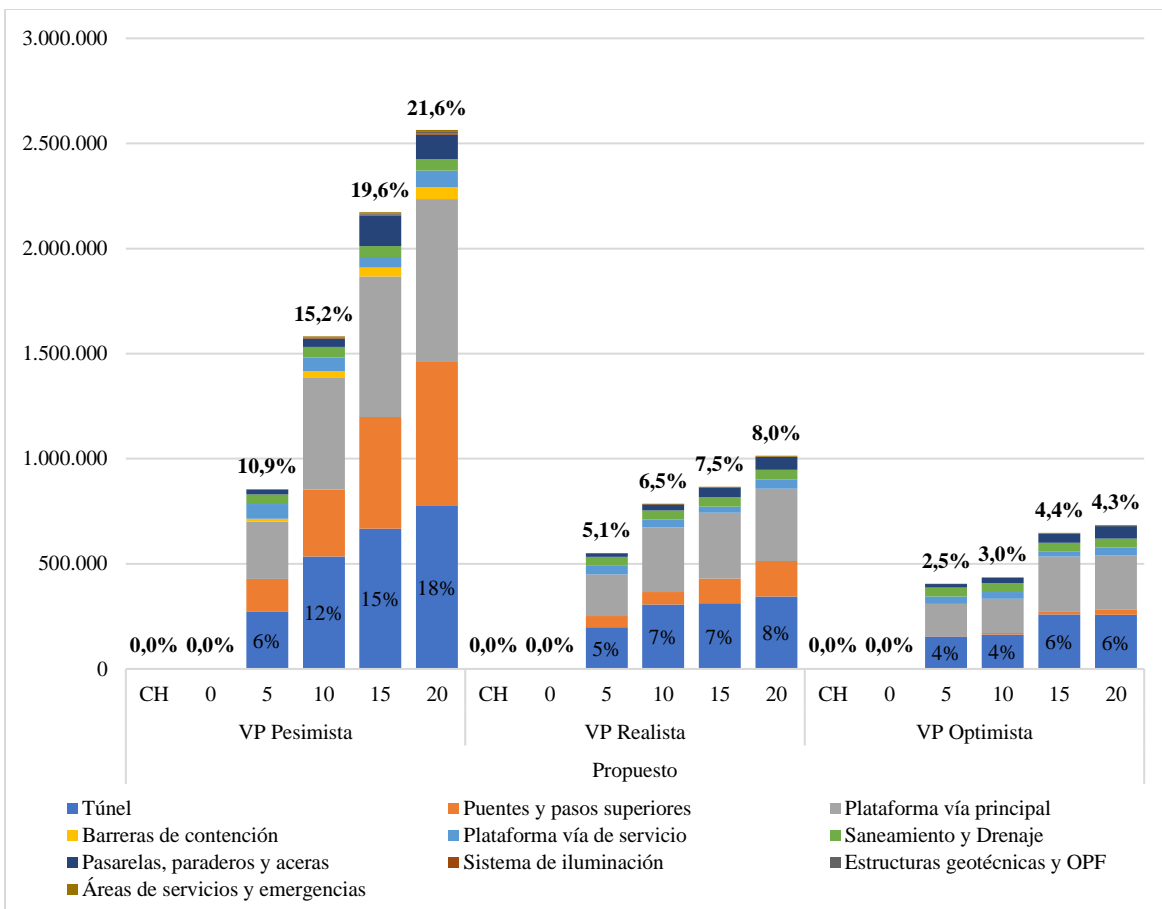


Figura 15. Valor perdido Ruta I más túnel Ruta II para los años 0, 5, 10, 15 y 20 según modelo propuesto, en UF.

## 5.2.4. Valorización con modelo actual

Los resultados de la valorización de la Ruta I más el túnel de la Ruta II en el tiempo, para los tres escenarios de condición con el modelo Estudios Integrales, se muestran en la Tabla 24. En la misma tabla se indica el porcentaje del costo histórico que mantiene la Ruta en cada año de análisis. Puede observarse que la carretera mantiene un 81,6%, 82,3% y 82,9% de su costo histórico en el año 20 para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Tabla 24. Valorización Ruta I más túnel Ruta II en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo Estudios Integrales.

| Año | E. Pesimista |        | E. Realista |        | E. Optimista |        |
|-----|--------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
|     | [UF]         | [%]    | [UF]        | [%]    | [UF]         | [%]    |
| CH  | 13.074.117   | 100,0% | 13.074.117  | 100,0% | 13.074.117   | 100,0% |
| 0   | 12.924.239   | 98,9%  | 12.924.239  | 98,9%  | 12.924.239   | 98,9%  |
| 5   | 12.241.010   | 93,6%  | 12.287.103  | 94,0%  | 11.821.785   | 90,4%  |
| 10  | 11.611.206   | 88,8%  | 11.694.947  | 89,5%  | 11.821.785   | 90,4%  |
| 15  | 11.146.500   | 85,3%  | 11.205.203  | 85,7%  | 11.287.765   | 86,3%  |
| 20  | 10.668.742   | 81,6%  | 10.758.860  | 82,3%  | 10.836.133   | 82,9%  |

La Figura 16 muestra el aporte de cada activo al valor total de la Ruta I más el túnel de la Ruta II, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico mantenido por el Túnel. Puede notarse que en el peor de los escenarios el túnel mantiene el 99% de su costo histórico al año 20 de valorización, aproximadamente, lo que se refleja en los otros dos escenarios.

Lo anterior se condice con el método de valorización de la actual metodología para determinar el valor de estructuras tipo túnel, las que se devalúan con una depreciación lineal que no depende de la condición del activo.

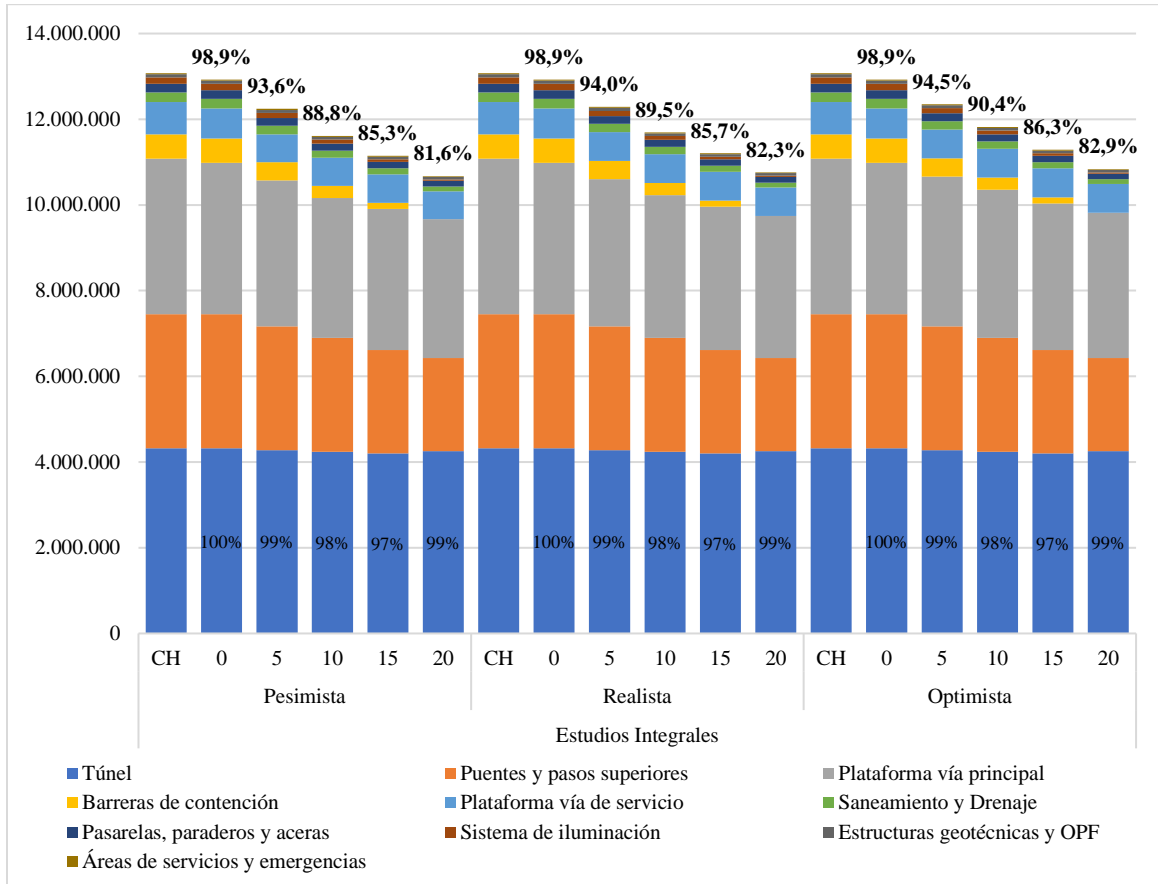


Figura 16. Valorización Ruta I más túnel Ruta II según modelo Estudios Integrales, en UF.

Otro aspecto a destacar es la pérdida de valor de la carretera al año 0 de valorización. Al igual que en el análisis de la Ruta I, esto se debe exclusivamente al costo de conservación rutinario de las plataformas viales, tanto principal como de servicio. Esta pérdida de valor inicial en la carretera puede observarse en la Figura 17 para los tres escenarios de condición analizados, alcanzando un 1,1% del costo histórico de la carretera. En este caso el valor perdido es inferior al de la Ruta I, ya que el túnel no se devalúa al año 0, por lo tanto, disminuye la proporción de conservación rutinaria de pavimentos respecto al valor total de la carretera.

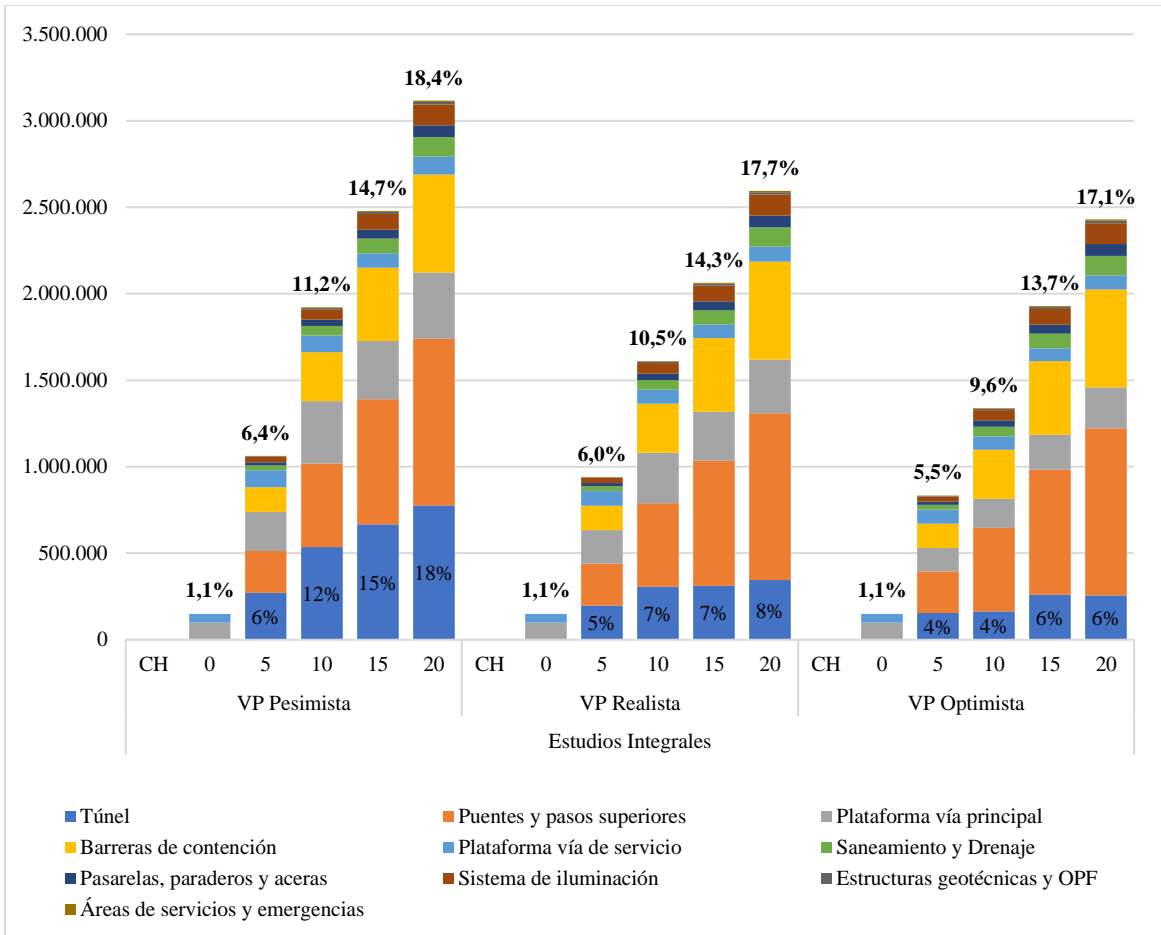


Figura 17. Valor perdido Ruta I según modelo Estudios Integrales, en UF.

## 5.3. Ruta III

Los activos valorizados en esta Ruta corresponden a Plataforma vía principal; Puentes y pasos superiores; Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial (OPF); Saneamiento y drenaje; Plataforma vía de servicio; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; Pasarela peatonal, paradero de bus y aceras; y Barreras de contención.

### 5.3.1. Costo histórico

Al integrar el costo histórico de los activos de esta Ruta, se obtiene un costo histórico de **UF 9.298.112** con el modelo propuesto. De este costo histórico o de construcción de la carretera, los activos que más aportan a este costo son Puentes y pasos superiores y Plataforma vía principal, representado un 52,5 y 23,9% del costo histórico total de la carretera, respectivamente. Es decir, solo estos dos activos representan un 76,4% del costo histórico total de la Ruta III.

Por su parte, los activos que afectan en menor medida al costo histórico de la Ruta III son las Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial, y el Sistema de iluminación, aportando un 0,0 y 0,2% al costo histórico de la carretera. Además, en este grupo de activos, se tiene que el costo histórico de las Barreras de contención son 51,1% superiores al costo de la Pasarela peatonal, paradero de bus y acera peatonal, siendo el tercer activo de mayor relevancia, en términos monetarios, en la Ruta III, con un 9,1% del costo histórico total de la carretera.

El costo histórico de cada activo y su aporte al costo histórico de la Ruta III de la Zona Sur se muestra en la Figura 18 y en la Tabla 25.

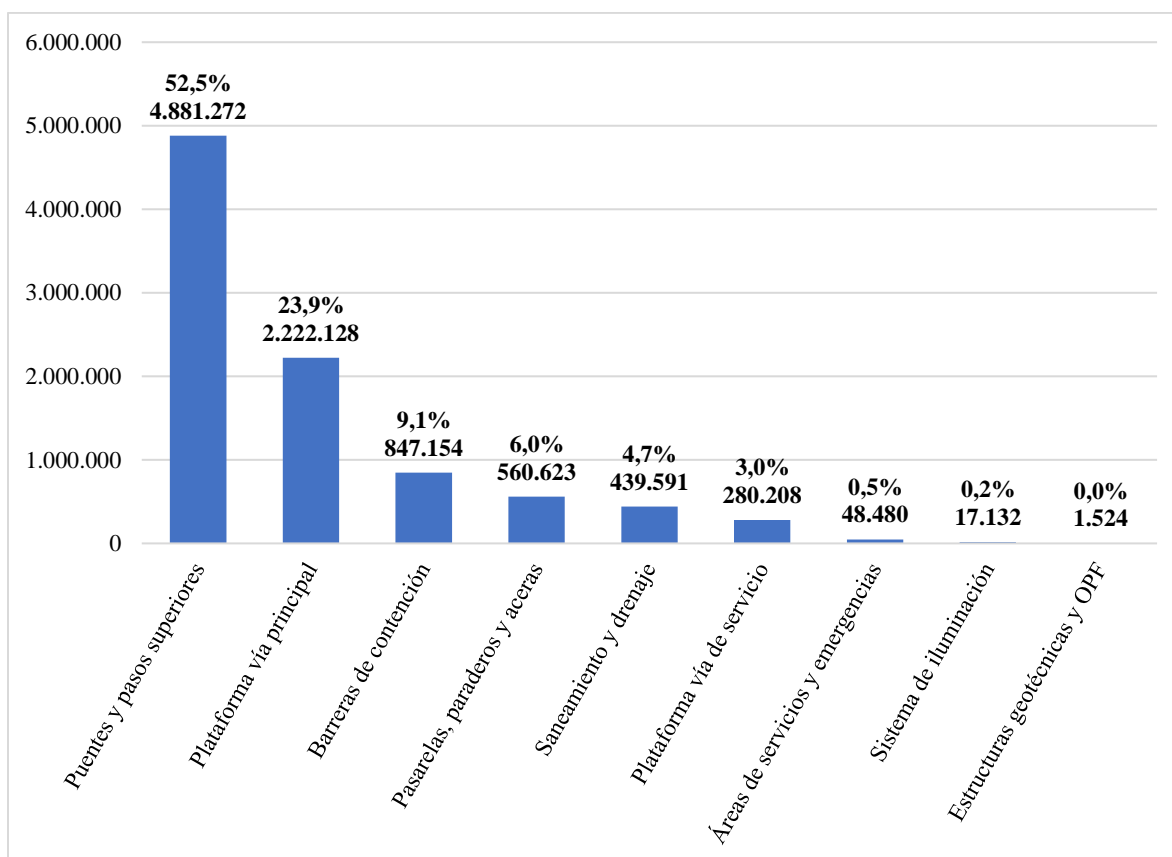


Figura 18. Costo Histórico Ruta III según modelo propuesto, en UF.

Al comparar el costo histórico obtenido con el modelo propuesto respecto al de los modelos derivados de la actual metodología de valorización de la Red Vial Nacional, se presentan diferencias para la Plataforma vía principal y de servicio, y para Puentes y pasos superiores.

En primer lugar, la diferencia en el costo histórico entre los modelos derivados del Actual DV se debe exclusivamente al paquete estructural utilizado para la valorización de la Plataforma vía principal y de servicio. Si bien en los tres modelos el paquete estructural de estos activos está definido a priori por el emplazamiento del camino, su importancia, cantidad de carriles, topografía y tipo de superficie de rodado, los espesores considerados en los modelos Estudios Integrales y BALI son generalmente mayores que los del modelo Actual DV (Delgadillo et al., 2022b). Así, el costo histórico de la Ruta III obtenido con el modelo Estudios Integrales y BALI corresponde a **UF 10.902.172**, idéntico en ambos ya que utilizan los parámetros de diseño de pavimentos indicados en el informe de valorización de la Ruta III. Por su parte, con el modelo Actual DV se obtiene un costo histórico para la Ruta III de **UF 9.131.982**, en el que se utilizan los parámetros de diseño de pavimentos establecidos en la actual metodología. De esta forma, con el modelo propuesto se obtiene un costo histórico 14,7% inferior que el del modelo Estudios Integrales y BALI, y un 1,8% superior que el modelo Actual DV.

Respecto a las diferencias entre el modelo propuesto y los actuales, utilizar los espesores reales del pavimento, como lo hace el modelo propuesto, implica obtener un costo histórico para la Plataforma vía principal y de servicio que es un 40,0% inferior al del modelo Estudios Integrales y BALI, y un 4,1% superior al del modelo Actual DV, los cuales consideran configuraciones estándar que dependen de la ubicación de la carretera, su importancia, la cantidad de carriles, la topografía y el tipo de superficie de rodado. Por otra parte, la otra diferencia se encuentra para Puentes y pasos superiores, en que el modelo propuesto incorpora un costo para los accesos de estas estructuras, lo que implica un aumento en el costo histórico del activo de un 1,4%.

En la Figura 19 y Tabla 25 se muestra el costo histórico de la Ruta III obtenido con el modelo Propuesto, Estudios Integrales (EI) y Actual DV, indicándose, además, el aporte al costo histórico de la carretera de los cuatro activos de mayor valor, es decir, Plataforma vía principal, Puentes y pasos superiores, Barreras de contención, y Pasarelas, paraderos y aceras.

*Tabla 25. Valor y composición del Costo Histórico Ruta III según modelo de valorización, en UF.*

| Activo                                | Modelo propuesto |             | Modelo EI-BALI    |             | Modelo Actual DV |             |
|---------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                       | [UF]             | [%]         | [UF]              | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal              | 2.222.128        | 23,9%       | 3.661.930         | 33,6%       | 2.044.431        | 22,4%       |
| Puentes y pasos superiores            | 4.881.272        | 52,5%       | 4.814.480         | 44,2%       | 4.814.480        | 52,7%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF         | 1.524            | 0,0%        | 1.524             | 0,0%        | 1.524            | 0,0%        |
| Saneamiento y Drenaje                 | 439.591          | 4,7%        | 439.591           | 4,0%        | 439.591          | 4,8%        |
| Plataforma vía de servicio            | 280.208          | 3,0%        | 511.258           | 4,7%        | 358.566          | 3,9%        |
| Áreas de servicios y emergencias      | 48.480           | 0,5%        | 48.480            | 0,4%        | 48.480           | 0,5%        |
| Sistema de iluminación                | 17.132           | 0,2%        | 17.132            | 0,2%        | 17.132           | 0,2%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras         | 560.623          | 6,0%        | 560.623           | 5,1%        | 560.623          | 6,1%        |
| Barreras de contención                | 847.154          | 9,1%        | 847.154           | 7,8%        | 847.154          | 9,3%        |
| <b>Costo histórico total Ruta III</b> | <b>9.298.112</b> | <b>100%</b> | <b>10.902.172</b> | <b>100%</b> | <b>9.131.982</b> | <b>100%</b> |

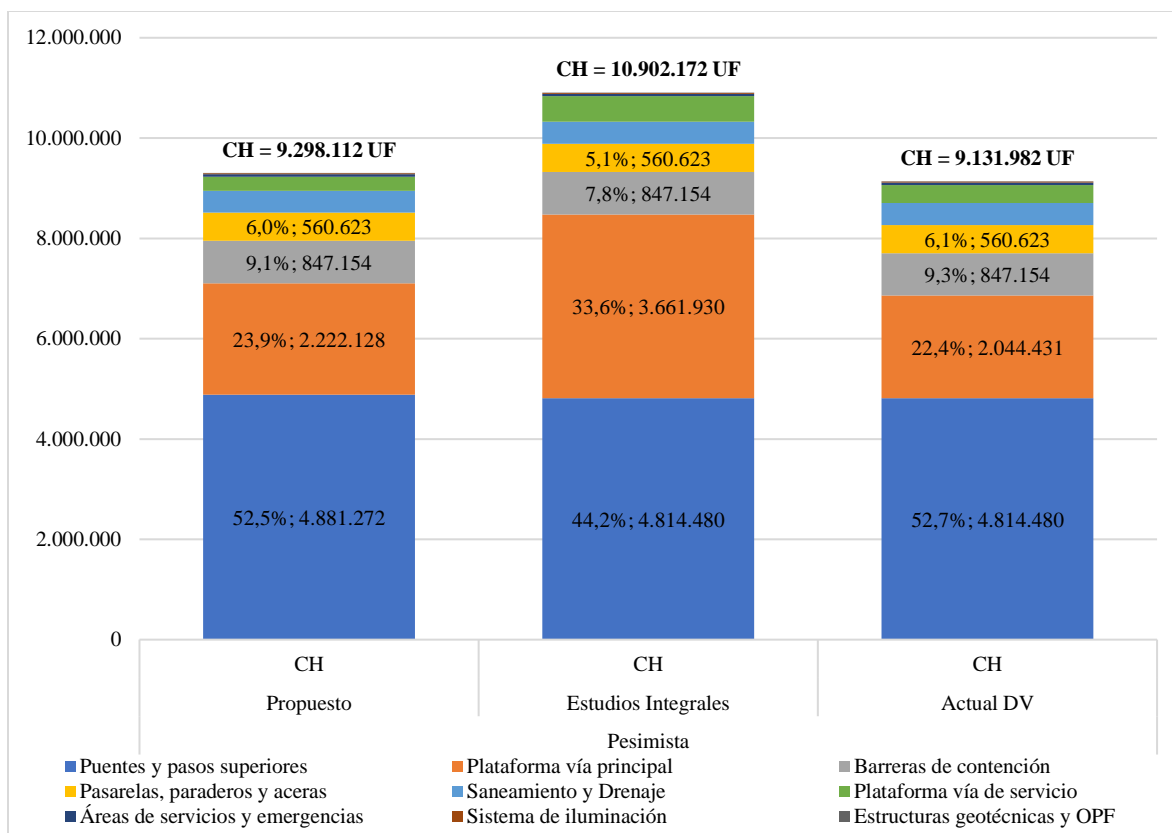


Figura 19. Composición del Costo Histórico Ruta III según modelo de valorización, en UF.

### 5.3.2. Escenarios de progresión de la condición

En esta Ruta se cuenta con información histórica de la condición de las plataformas viales:

- Para la plataforma vía principal y de servicio se dispone de la evaluación funcional y estructural del año 2018, y la evaluación funcional de año 2020, obtenida de informes de estudio de rehabilitación, plan de conservación y de seguimiento de pavimentos. Esta información es utilizada para el año 20 de concesión del escenario Pesimista, ya que las actuales bases de licitación de la Ruta III presentan mayores exigencias para los indicadores de IRI y agrietamiento en comparación con las bases de licitación anteriores. Es decir, los datos históricos son el resultado de menores exigencias presentes en las bases de concesión antiguas de la Ruta, por lo que es razonable que el operador de la carretera puede mantener un desempeño que sea, al menos, igual que el histórico. Entre el año inicial y el año 20 se establece una caída lineal de la condición de cada uno de los indicadores técnicos que definen el valor del activo. Los escenarios Realista y Optimista se determinan a partir de los datos históricos, en que para el escenario Realista se considera que el operador de la carretera conserva el activo de acuerdo con los niveles de servicio de las actuales bases de licitación, y para el Optimista que el activo se conserva para entregar un nivel de servicio por sobre las exigencias mínimas de nivel de servicio.

Los activos de esta Ruta con los que no se dispone de información histórica de condición son Puentes y pasos superiores; Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial; Saneamiento y drenaje; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; Pasarelas, paraderos y aceras; y Barreras de contención. Para estos activos se definieron los escenarios de condición en función de las exigencias de las bases de licitación para cada uno de ellos y los niveles de desempeño del modelo de nivel de servicio a los usuarios (Delgadillo et al., 2020)

Además, en el caso de Puentes y pasos superiores; Saneamiento y drenaje; y Pasarelas, paraderos y aceras, se utilizaron los escenarios de condición definidos para la Ruta I de Zona Centro de la Sección 5.1, ya que en esta carretera se contaba con información real de la condición de estos activos.

### 5.3.3. Valorización con modelo propuesto

Los resultados de la valorización de la Ruta III en el tiempo, para los tres escenarios de condición, se muestran en la Tabla 26. En la misma tabla se indica el porcentaje del costo histórico que mantiene la Ruta en cada año de análisis. Puede observarse que la Ruta III mantiene un 75,5%, 91,2% y 95,1% de su costo histórico en el año 20 para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Tabla 26. Valorización Ruta III en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo propuesto.

| Año | E. Pesimista |        | E. Realista |        | E. Optimista |        |
|-----|--------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
|     | [UF]         | [%]    | [UF]        | [%]    | [UF]         | [%]    |
| CH  | 9.298.112    | 100,0% | 9.298.112   | 100,0% | 9.298.112    | 100,0% |
| 0   | 9.298.112    | 100,0% | 9.298.112   | 100,0% | 9.298.112    | 100,0% |
| 5   | 8.680.790    | 93,4%  | 8.934.766   | 96,1%  | 9.059.819    | 97,4%  |
| 10  | 8.157.170    | 87,7%  | 8.858.777   | 95,3%  | 9.008.098    | 96,9%  |
| 15  | 7.330.994    | 78,8%  | 8.681.817   | 93,4%  | 8.917.239    | 95,9%  |
| 20  | 7.018.165    | 75,5%  | 8.476.238   | 91,2%  | 8.841.037    | 95,1%  |

La Figura 20 muestra el aporte de cada activo al valor total de la Ruta III, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico mantenido por los dos activos que más aportan al valor de la carretera, es decir, Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores. Estos dos activos son los que más valor aportan tanto al costo histórico de la Ruta III como a la valorización de esta, en cualquier año y escenario de condición, representando, entre ambos, en promedio un 77,6% del valor de la carretera.

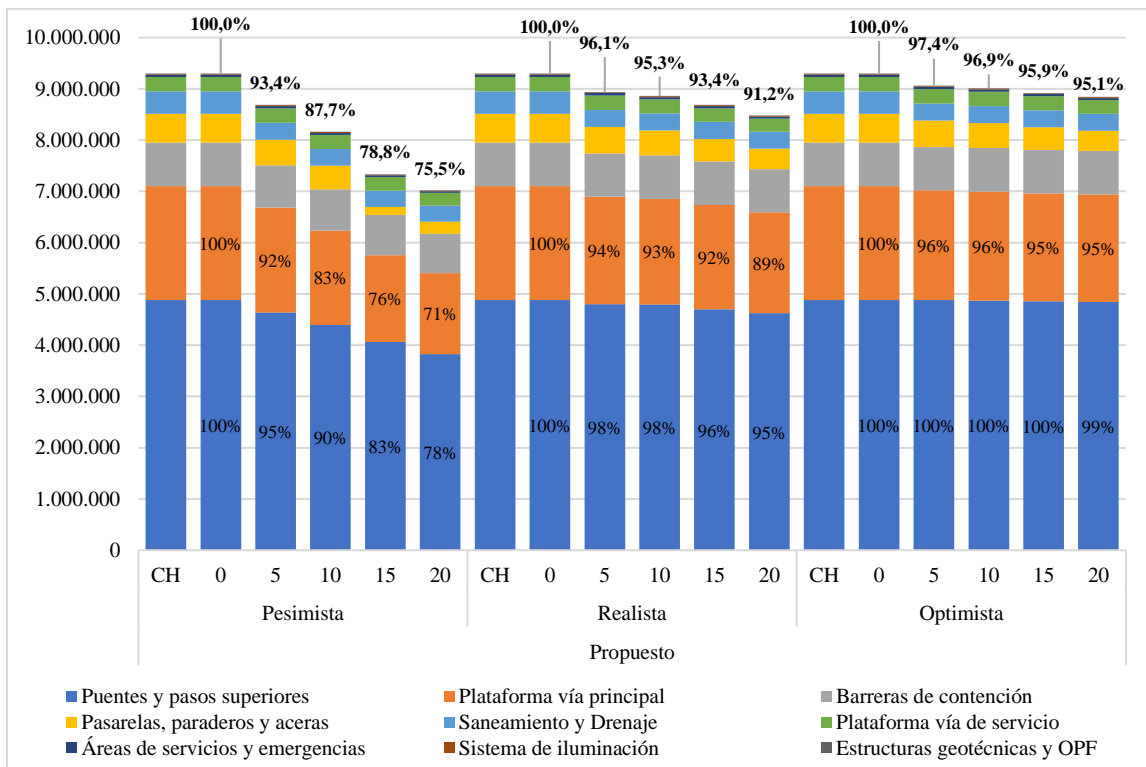


Figura 20. Valorización Ruta III según modelo propuesto, en UF.

### 5.3.3.1. Escenario Pesimista

En primer lugar, puede observarse que el valor de la Ruta III en el año 0 es idéntico al costo histórico de la carretera, no habiendo pérdidas de valor en ninguno de los activos. Como se describe más adelante, esta es una diferencia entre el modelo propuesto y el actual, debido a la naturaleza misma de los modelos, en que el modelo propuesto tiene por objetivo evaluar la gestión del operador privado de la carretera en la conservación de la infraestructura y el actual la determinación de requerimientos presupuestarios con sustento técnico.

La Figura 21 muestra la valorización de la Ruta III para el escenario Pesimista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los cuatro activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

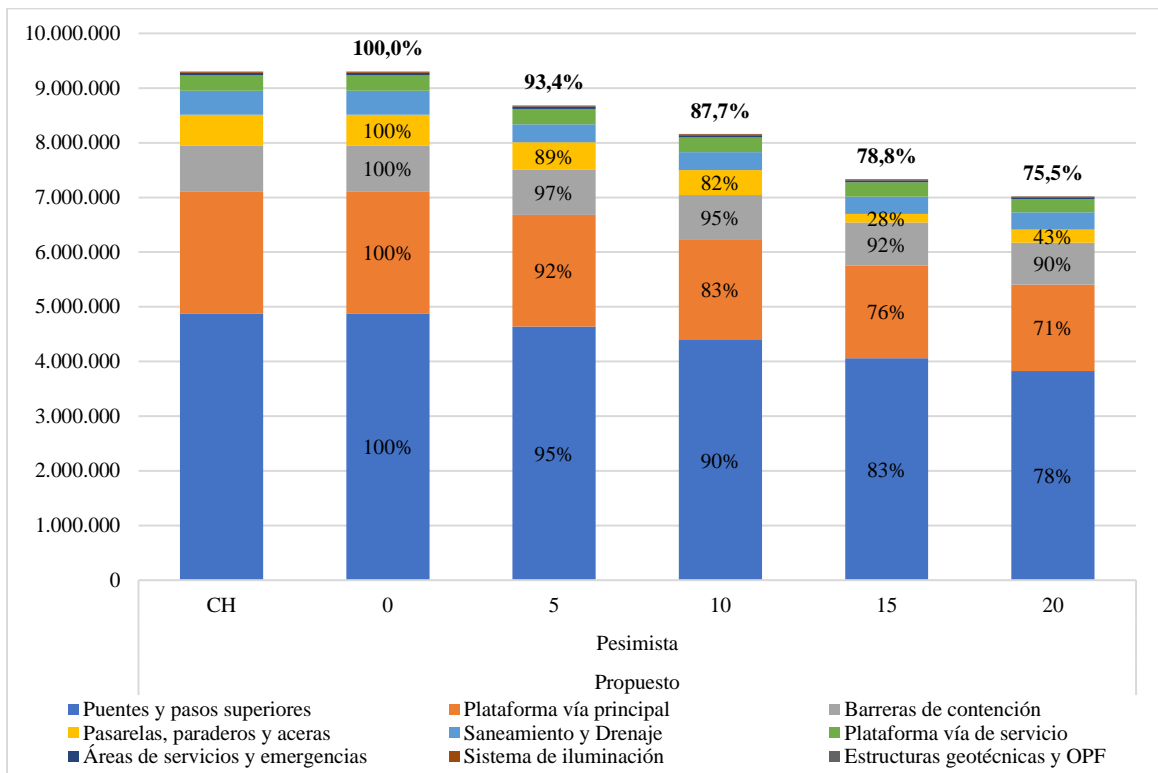


Figura 21. Valorización Ruta III según modelo propuesto para escenario Pesimista, en UF.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 10 y el 15, disminuyendo un 8,9% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 18,2% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 40,1% a Puentes y pasos superiores, un 36,4% a Pasarelas, paraderos y aceras, y el 5,3% restante a los demás activos.

Entre el año 0 y 5 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal, Puentes y pasos superiores, y Saneamiento y drenaje, alcanzando, entre los tres, un 86,0% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal, y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre los tres, un 92,9% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal, y a Barreras de contención, alcanzando, entre los tres, un 93,4% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, Pasarela peatonal, paradero de bus y acera es el

único activo que presenta un aumento en su valor debido a la reposición de elementos accesorios de la pasarela que alcanzan su vida útil durante estos años, equivalente al 14,8% del costo histórico del activo.

En la Tabla 27 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta I, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 76,5 y 78,5% del valor total de la carretera.

Tabla 27. Valorización Ruta III en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Pesimista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 2.044.198        | 23,5%       | 1.845.763        | 22,6%       | 1.695.639        | 23,1%       | 1.582.560        | 22,5%       |
| Puentes y pasos superiores       | 4.639.289        | 53,4%       | 4.392.474        | 53,8%       | 4.061.131        | 55,4%       | 3.825.371        | 54,5%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 1.463            | 0,0%        | 1.418            | 0,0%        | 1.372            | 0,0%        | 1.326            | 0,0%        |
| Saneamiento y Drenaje            | 328.477          | 3,8%        | 323.165          | 4,0%        | 317.854          | 4,3%        | 312.543          | 4,5%        |
| Plataforma vía de servicio       | 279.374          | 3,2%        | 273.121          | 3,3%        | 260.138          | 3,5%        | 243.827          | 3,5%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 43.855           | 0,5%        | 39.687           | 0,5%        | 35.519           | 0,5%        | 31.351           | 0,4%        |
| Sistema de iluminación           | 16.982           | 0,2%        | 16.832           | 0,2%        | 16.681           | 0,2%        | 16.531           | 0,2%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 501.177          | 5,8%        | 459.914          | 5,6%        | 159.042          | 2,2%        | 242.216          | 3,5%        |
| Barreras de contención           | 825.975          | 9,5%        | 804.796          | 9,9%        | 783.617          | 10,7%       | 762.439          | 10,9%       |
| <b>Total Ruta III</b>            | <b>8.680.790</b> | <b>100%</b> | <b>8.157.170</b> | <b>100%</b> | <b>7.330.994</b> | <b>100%</b> | <b>7.018.165</b> | <b>100%</b> |

### 5.3.3.2. Escenario Realista

La Figura 22 muestra la valorización de la Ruta III para el escenario Realista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los cuatro activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

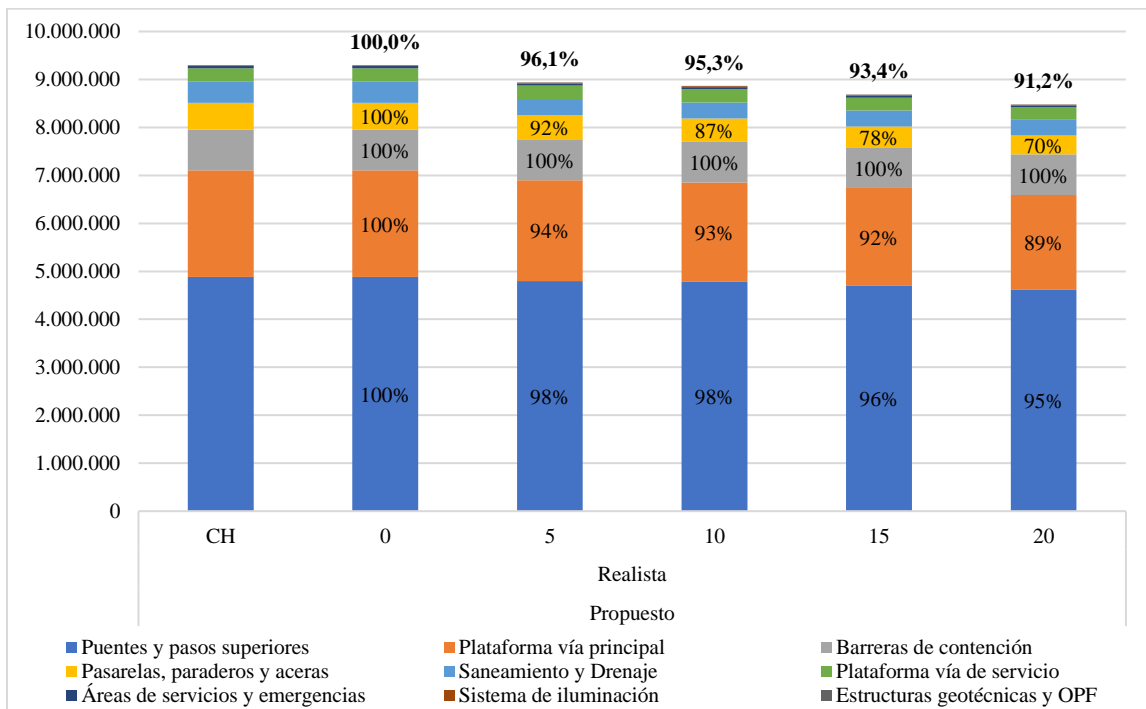


Figura 22. Valorización Ruta III según modelo propuesto para escenario Realista, en UF.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 0 y el 5, disminuyendo un 3,9% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 34,6% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 22,7% a Puentes y pasos superiores, un 29,3% al Saneamiento y drenaje, un 12,7% a la Pasarela peatonal, paraderos de bus y acera, y el 0,7% restante a los demás activos.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 80,4% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 10 y 15 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 78,3% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal y de servicio, y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre los cuatro activos, un 98,5% del valor perdido de la carretera.

En la Tabla 28 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta I, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 77,2 y 77,7% del valor total de la carretera.

Tabla 28. Valorización Ruta III en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Realista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 2.096.530        | 23,5%       | 2.063.526        | 23,3%       | 2.036.768        | 23,5%       | 1.966.991        | 23,2%       |
| Puentes y pasos superiores       | 4.798.678        | 53,7%       | 4.790.945        | 54,1%       | 4.698.685        | 54,1%       | 4.622.313        | 54,5%       |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 1.524            | 0,0%        | 1.524            | 0,0%        | 1.524            | 0,0%        | 1.524            | 0,0%        |
| Saneamiento y Drenaje            | 333.259          | 3,7%        | 332.730          | 3,8%        | 332.201          | 3,8%        | 331.672          | 3,9%        |
| Plataforma vía de servicio       | 280.208          | 3,1%        | 276.134          | 3,1%        | 267.550          | 3,1%        | 257.476          | 3,0%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 45.942           | 0,5%        | 43.403           | 0,5%        | 40.865           | 0,5%        | 38.327           | 0,5%        |
| Sistema de iluminación           | 17.121           | 0,2%        | 17.098           | 0,2%        | 17.081           | 0,2%        | 17.064           | 0,2%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 514.351          | 5,8%        | 486.262          | 5,5%        | 439.990          | 5,1%        | 393.718          | 4,6%        |
| Barreras de contención           | 847.154          | 9,5%        | 847.154          | 9,6%        | 847.154          | 9,8%        | 847.154          | 10,0%       |
| <b>Total Ruta III</b>            | <b>8.934.766</b> | <b>100%</b> | <b>8.858.777</b> | <b>100%</b> | <b>8.681.817</b> | <b>100%</b> | <b>8.476.238</b> | <b>100%</b> |

### 5.3.3.3. Escenario Optimista

La Figura 23 muestra la valorización de la Ruta III para el escenario Optimista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los cuatro activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 0 y el 5, disminuyendo un 2,6% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 34,2% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 44,4% al Saneamiento y drenaje, un 19,4% a la Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, y el 2,0% restante a los demás activos.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, a la Plataforma vía principal, y a Puentes y pasos superiores, alcanzando, entre los tres activos, un 92,9% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 10 y 15 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Plataforma vía principal y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 78,4% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, a Puentes y pasos superiores, y a la Plataforma vía de servicio, alcanzando, entre los tres activos, un 93,5% del valor perdido de la carretera.

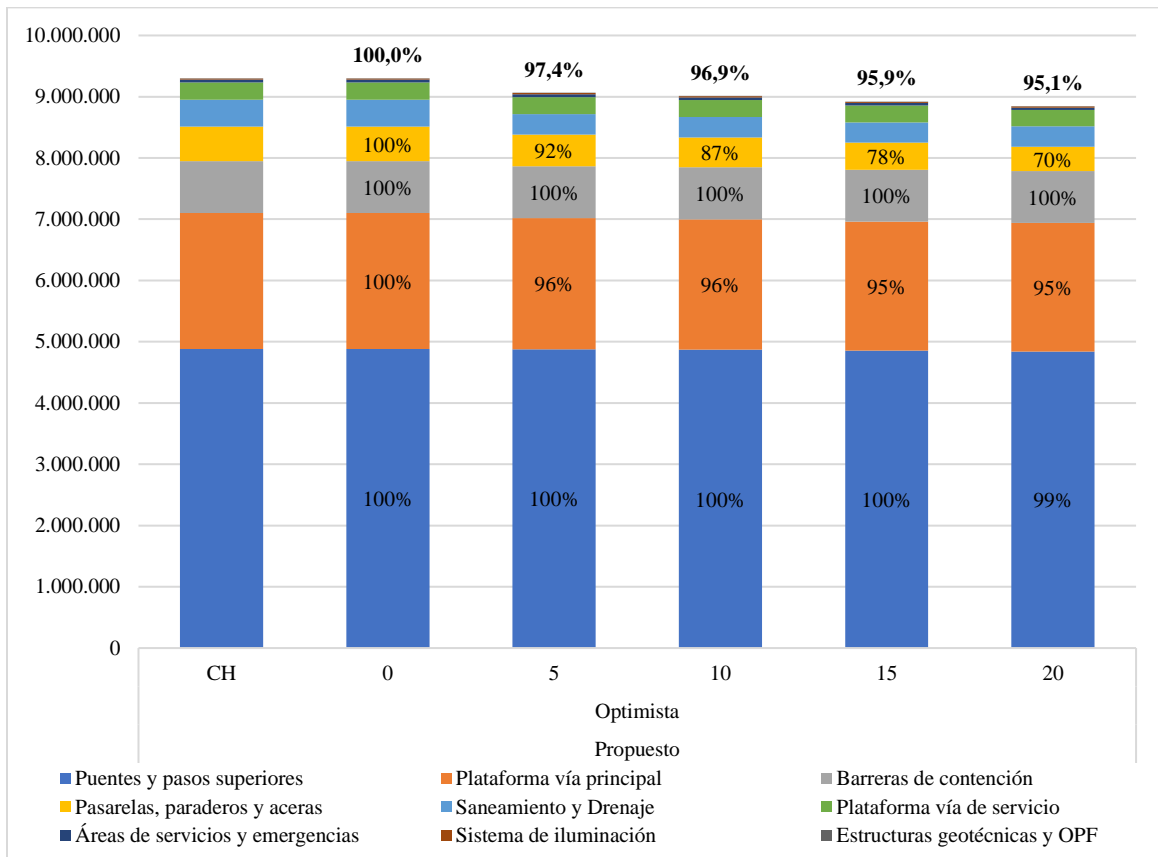


Figura 23. Valorización Ruta III según modelo propuesto para escenario Optimista, en UF.

En la Tabla 29 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta I, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 77,5 y 78,5% del valor total de la carretera.

Tabla 29. Valorización Ruta III en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5     |       | Año 10    |       | Año 15    |       | Año 20    |       |
|----------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|                                  | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   |
| Plataforma vía principal         | 2.140.674 | 23,6% | 2.128.450 | 23,6% | 2.103.508 | 23,6% | 2.100.400 | 23,8% |
| Puentes y pasos superiores       | 4.878.372 | 53,8% | 4.870.639 | 54,1% | 4.858.074 | 54,5% | 4.840.675 | 54,8% |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 1.524     | 0,0%  | 1.524     | 0,0%  | 1.524     | 0,0%  | 1.524     | 0,0%  |
| Saneamiento y Drenaje            | 333.788   | 3,7%  | 333.788   | 3,7%  | 333.788   | 3,7%  | 333.788   | 3,8%  |
| Plataforma vía de servicio       | 280.208   | 3,1%  | 278.396   | 3,1%  | 273.181   | 3,1%  | 265.622   | 3,0%  |
| Áreas de servicios y emergencias | 46.616    | 0,5%  | 44.752    | 0,5%  | 42.888    | 0,5%  | 41.024    | 0,5%  |
| Sistema de iluminación           | 17.132    | 0,2%  | 17.132    | 0,2%  | 17.132    | 0,2%  | 17.132    | 0,2%  |

| Activo                        | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|-------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                               | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Pasarelas, paraderos y aceras | 514.351          | 5,7%        | 486.262          | 5,4%        | 439.990          | 4,9%        | 393.718          | 4,5%        |
| Barreras de contención        | 847.154          | 9,4%        | 847.154          | 9,4%        | 847.154          | 9,5%        | 847.154          | 9,6%        |
| <b>Total Ruta III</b>         | <b>9.059.819</b> | <b>100%</b> | <b>9.008.098</b> | <b>100%</b> | <b>8.917.239</b> | <b>100%</b> | <b>8.841.037</b> | <b>100%</b> |

### 5.3.3.4. Valor perdido en Ruta III con modelo propuesto

En la Figura 24 se muestra el valor perdido en la Ruta III como porcentaje del costo histórico de la carretera, indicándose, además, para la Plataforma vía principal, para Puentes y pasos superiores, y para Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, el porcentaje de su costo histórico perdido en cada año y escenario. Se obtiene que en el año 20 de valorización la carretera ha perdido un 24,5%, 8,8% y 4,9% de su costo histórico en el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

En el escenario Pesimista, Puentes y pasos superiores es el activo que más valor aporta al valor perdido de la carretera, alcanzando un 46,3% del total en el año 20. En el escenario Realista, Plataforma vía principal es el activo que controla la caída de valor de la carretera, alcanzando un 36.1% del total en el año 10 de concesión. Por último, en el escenario Optimista, el Sistema de saneamiento y drenaje es el activo que más representa del valor perdido de la carretera para los años 5 y 10, mientras que para los años 15 y 20 es Pasarela peatonal, paradero de bus y acera peatonal el activo que más valor aporta al valor perdido de la carretera.

Por otra parte, el único aumento de valor entre años consecutivos de análisis se presenta para el activo Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, aumentando de valor en un 15% de su costo histórico debido a la reposición de los elementos accesorios de la pasarela, tal como se menciona en secciones anteriores.

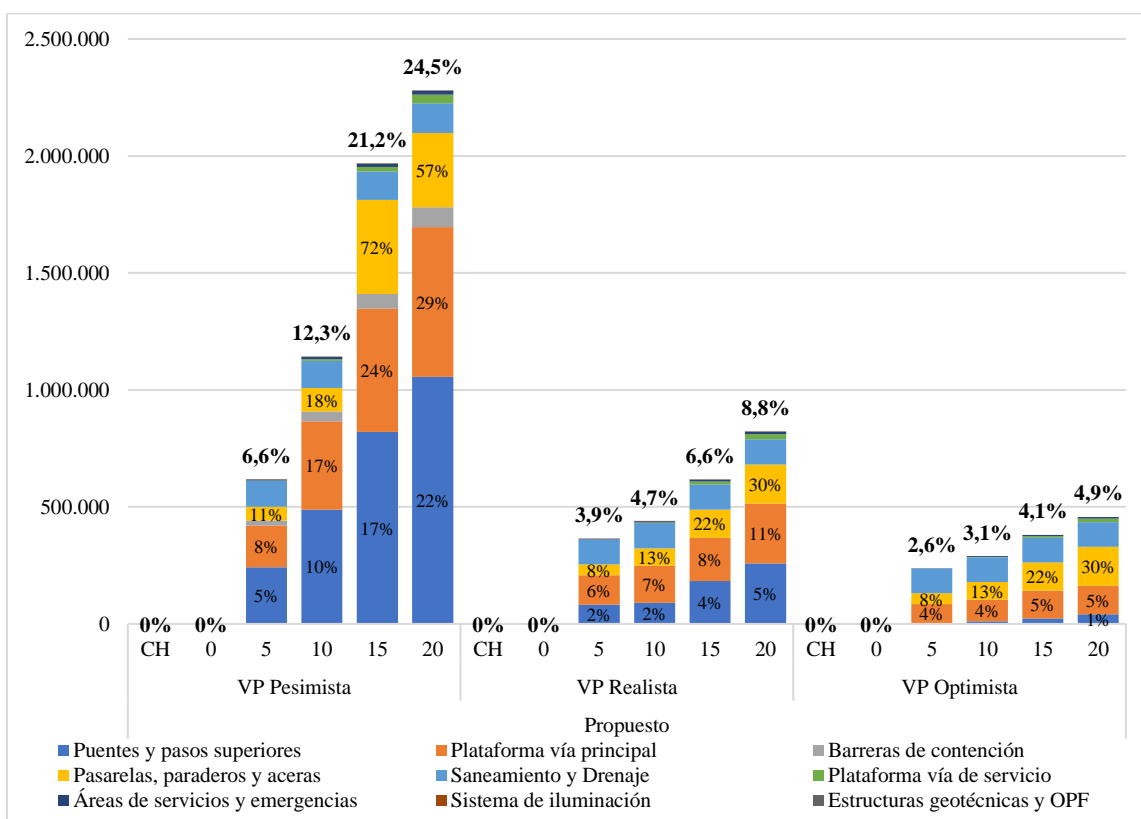


Figura 24. Valor perdido Ruta III para los años 0, 5, 10, 15 y 20 según modelo propuesto, en UF.

### 5.3.4. Valorización con modelo actual

Los resultados de la valorización de la Ruta III en el tiempo, para los tres escenarios de condición con el modelo Estudios Integrales, se muestran en la Tabla 30. En la misma tabla se indica el porcentaje del costo histórico que mantiene la Ruta en cada año de análisis. Puede observarse que la carretera mantiene un 70,4%, 71,0% y 71,4% de su costo histórico en el año 20 para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Tabla 30. Valorización Ruta III en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo Estudios Integrales.

| Año | E. Pesimista |        | E. Realista |        | E. Optimista |        |
|-----|--------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
|     | [UF]         | [%]    | [UF]        | [%]    | [UF]         | [%]    |
| CH  | 10.902.172   | 100,0% | 10.902.172  | 100,0% | 10.902.172   | 100,0% |
| 0   | 10.698.904   | 98,1%  | 10.698.904  | 98,1%  | 10.698.904   | 98,1%  |
| 5   | 9.913.144    | 90,9%  | 9.940.868   | 91,2%  | 9.974.521    | 91,5%  |
| 10  | 9.176.485    | 84,2%  | 9.214.697   | 84,5%  | 9.248.746    | 84,8%  |
| 15  | 8.432.640    | 77,3%  | 8.480.409   | 77,8%  | 8.519.454    | 78,1%  |
| 20  | 7.679.212    | 70,4%  | 7.737.380   | 71,0%  | 7.780.274    | 71,4%  |

La Figura 25 muestra el aporte de cada activo al valor total de la Ruta III, indicándose, además, el porcentaje su costo histórico mantenido por la Plataforma vía principal y Plataforma vía de servicio. Estos dos activos son los únicos que presentan variaciones en su valorización entre los distintos escenarios de condición, ya que el método Valor Neto Residual, utilizado para la valorización de plataformas viales tanto en el modelo propuesto como en los actuales, es función de la condición del activo.

Por otra parte, para activos distintos a las plataformas viales, el valor permanece constante al fijar un año de análisis y variar entre escenarios de condición, ya que estos se valorizan mediante una depreciación lineal en la que la condición del activo no es considerada, solo siendo relevante el año de construcción, año de valorización y el valor residual considerado para cada uno.

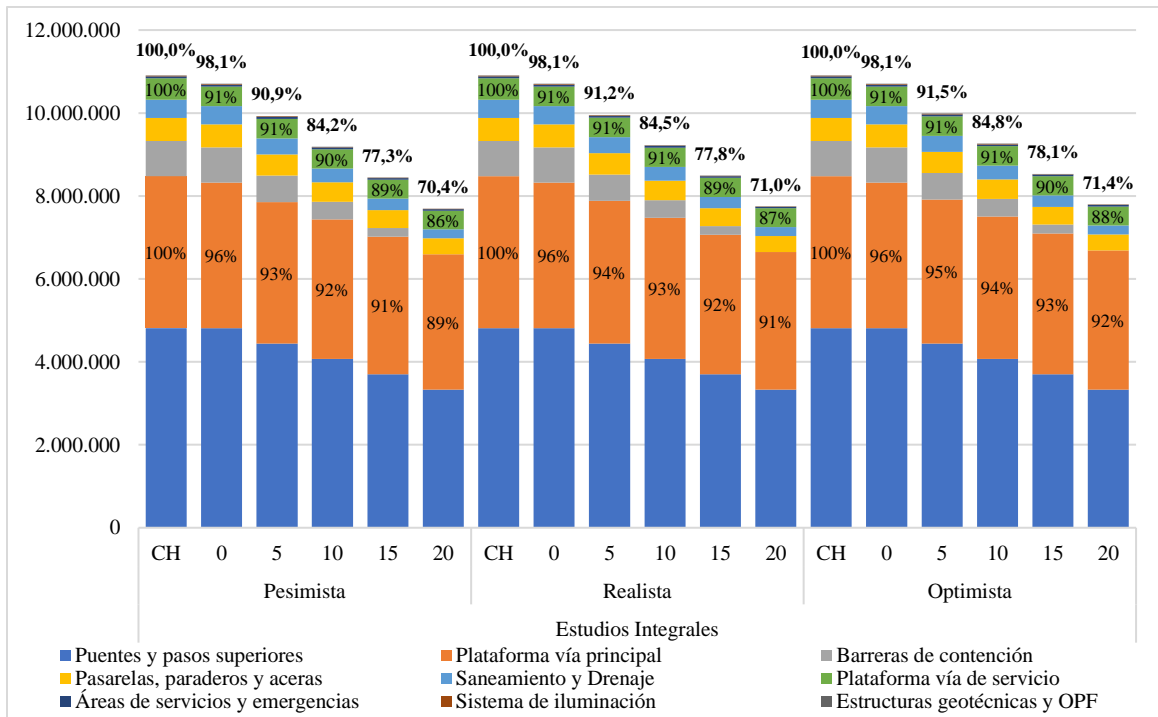


Figura 25. Valorización Ruta III según modelo Estudios Integrales, en UF.

Otro aspecto a destacar es la pérdida de valor de la carretera al año 0 de valorización. Esto se debe exclusivamente al costo de conservación rutinario de las plataformas viales, tanto principal como de servicio, en que se descuenta parte del valor de estos activos independientemente de su estado o condición. Esta pérdida de valor inicial en la carretera puede observarse en la Figura 26 para los tres escenarios de condición analizados, alcanzando un 1,9% del costo histórico de la Ruta III, donde la Plataforma vía principal pierde un 4% de su costo histórico y la Plataforma vía de servicio un 9% de su costo histórico.

Por su parte, las Barreras de contención son el único de los activos que pierden la totalidad de su costo histórico en el año 20 debido a que estas se caracterizaron con una vida útil de 20 años.

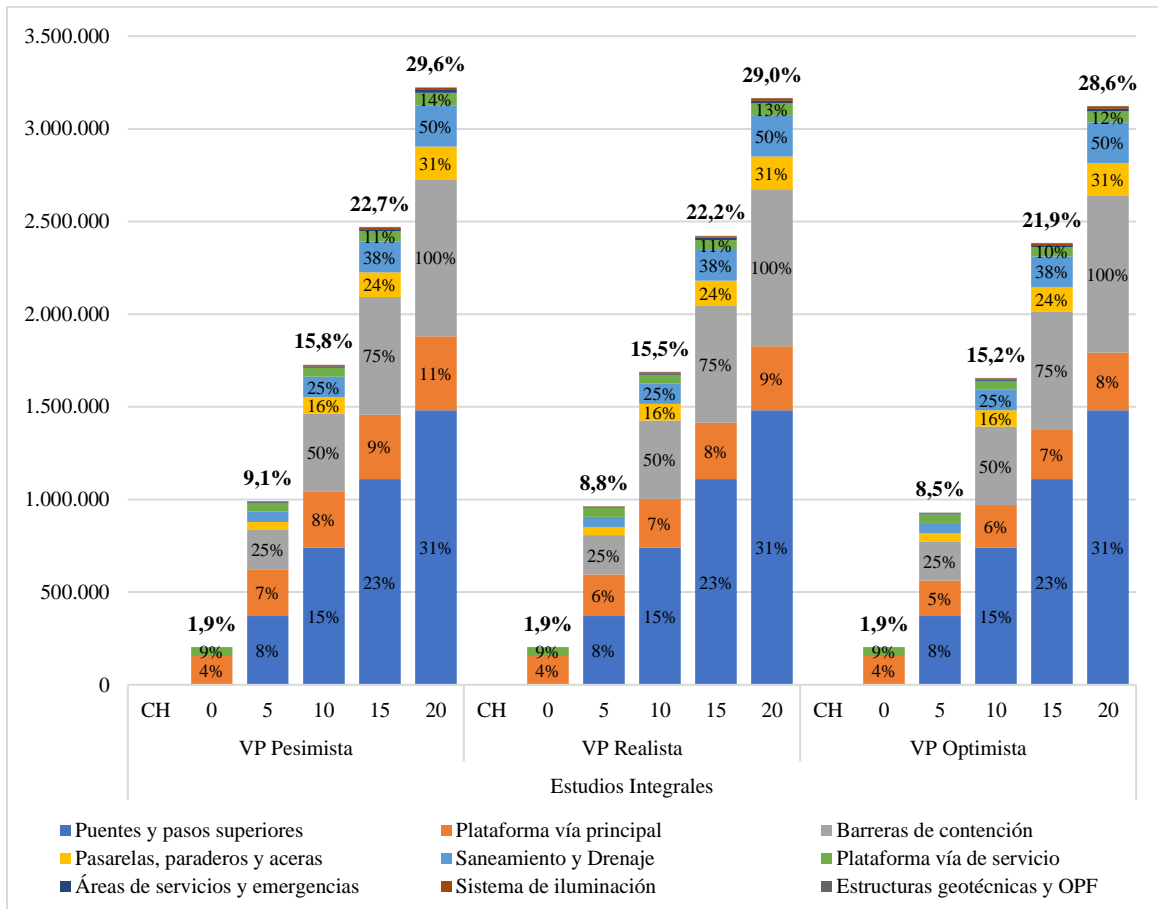


Figura 26. Valor perdido Ruta III según modelo Estudios Integrales, en UF.

En la Tabla 31 se puede notar que Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores son los activos que más valor aportan a la valorización de la Ruta III, en cualquier año de análisis, representando, entre ambos, entre un 77,8% y 85,8% del valor total de la carretera entre el año 0 y 20, respectivamente.

Tabla 31. Valorización Ruta III en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo Estudios Integrales.

| Activo                        | Año 0     |       | Año 5     |       | Año 10    |       | Año 15    |       | Año 20    |       |
|-------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|                               | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   | [UF]      | [%]   |
| Plataforma vía principal      | 3.506.335 | 32,8% | 3.470.133 | 34,8% | 3.432.871 | 37,1% | 3.393.927 | 39,8% | 3.351.761 | 43,1% |
| Puentes y pasos superiores    | 4.814.480 | 45,0% | 4.444.135 | 44,6% | 4.073.790 | 44,0% | 3.703.446 | 43,5% | 3.333.101 | 42,8% |
| Estructuras geotécnicas y OPF | 1.524     | 0,0%  | 1.448     | 0,0%  | 1.372     | 0,0%  | 1.296     | 0,0%  | 1.220     | 0,0%  |
| Saneamiento y Drenaje         | 439.591   | 4,1%  | 384.642   | 3,9%  | 329.693   | 3,6%  | 274.745   | 3,2%  | 219.796   | 2,8%  |
| Plataforma vía de servicio    | 463.585   | 4,3%  | 463.585   | 4,6%  | 463.255   | 5,0%  | 461.088   | 5,4%  | 452.257   | 5,8%  |

| Activo                           | Año 0             |             | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]              | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Áreas de servicios y emergencias | 48.480            | 0,5%        | 45.017           | 0,5%        | 41.554           | 0,4%        | 38.092           | 0,4%        | 34.629           | 0,4%        |
| Sistema de iluminación           | 17.132            | 0,2%        | 13.706           | 0,1%        | 10.279           | 0,1%        | 6.853            | 0,1%        | 3.426            | 0,0%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 560.623           | 5,2%        | 516.488          | 5,2%        | 472.354          | 5,1%        | 428.219          | 5,0%        | 384.084          | 4,9%        |
| Barreras de contención           | 847.154           | 7,9%        | 635.366          | 6,4%        | 423.577          | 4,6%        | 211.789          | 2,5%        | 0                | 0,0%        |
| <b>Total Ruta III</b>            | <b>10.698.904</b> | <b>100%</b> | <b>9.974.521</b> | <b>100%</b> | <b>9.248.746</b> | <b>100%</b> | <b>8.519.454</b> | <b>100%</b> | <b>7.780.274</b> | <b>100%</b> |

### 5.3.4.1. Comparación entre modelos actuales

Ahora, al incorporar al análisis los resultados de la valorización en la Ruta III con el modelo Actual DV y BALI, las diferencias se encuentran únicamente en la valorización de la Plataforma vía principal y Plataforma vía de servicio.

Respecto al costo histórico, los paquetes estructurales definidos en el modelo Actual DV, tanto para la plataforma vía principal como de servicio, implican que el costo de este modelo sea aproximadamente un 42% inferior al del modelo Estudios Integrales (EI) y BALI, siendo estos dos últimos idénticos en cuanto a la estructuración de los pavimentos.

Por otra parte, de estos tres modelos, el modelo Actual DV es el que mayor valor pierde de su costo histórico, con un 38,6%. Esto se explica en términos globales por dos razones. En primer lugar, como el costo histórico con modelo Actual DV es menor que el obtenido con el modelo Estudios Integrales y BALI, explicado únicamente por diferencias de valor en las plataformas viales, el costo de Puentes y pasos superiores, Saneamiento y drenaje, Sistema de iluminación, Pasarela peatonal, y Barreras de contención representan una mayor fracción del valor total de la Ruta III en el modelo Actual DV, por lo que, ante una misma pérdida de valor de estos activos en los tres modelos, en el Actual DV se presentará una mayor disminución en el valor porcentualmente. Y en segundo lugar, las plataformas viales el modelo Actual DV presenta una mayor pérdida de valor en términos porcentuales en comparación con el modelo Estudios Integrales y BALI, debido a que los límites de ICP utilizados para definir las actividades de rehabilitación son más exigentes en el modelo Actual DV y a que este último no considera la capacidad estructural de los pavimentos, de manera que todo el costo de rehabilitación se debe a la recuperación de las capacidades funcionales, las que son de mayor relevancia en términos monetarios en comparación con la rehabilitación estructural.

Tabla 32. Costo histórico, valorización al año 20 y valor perdido como porcentaje del costo histórico de cada modelo para escenario Pesimista en Ruta III, en UF.

| Activo                           | CH [UF]           |                  |                   | Año 20 [UF]      |                  |                  | Valor perdido [%CH] |               |               |
|----------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|---------------|
|                                  | EI                | Actual DV        | BALI              | EI               | Actual DV        | BALI             | EI                  | Actual DV     | BALI          |
| Plataforma vía principal         | 3.661.930         | 2.044.431        | 3.661.930         | 3.262.264        | 1.348.417        | 3.045.873        | -3,7%               | -7,6%         | -5,7%         |
| Puentes y pasos superiores       | 4.814.480         | 4.814.480        | 4.814.480         | 3.333.101        | 3.333.101        | 3.333.101        | -13,6%              | -16,2%        | -13,6%        |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 1.524             | 1.524            | 1.524             | 1.220            | 1.220            | 1.220            | 0,0%                | 0,0%          | 0,0%          |
| Saneamiento y Drenaje            | 439.591           | 439.591          | 439.591           | 219.796          | 219.796          | 219.796          | -2,0%               | -2,4%         | -2,0%         |
| Plataforma vía de servicio       | 511.258           | 358.566          | 511.258           | 440.692          | 286.031          | 440.692          | -0,6%               | -0,8%         | -0,6%         |
| Áreas de servicios y emergencias | 48.480            | 48.480           | 48.480            | 34.629           | 34.629           | 34.629           | -0,1%               | -0,2%         | -0,1%         |
| Sistema de iluminación           | 17.132            | 17.132           | 17.132            | 3.426            | 3.426            | 3.426            | -0,1%               | -0,2%         | -0,1%         |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 560.623           | 560.623          | 560.623           | 384.084          | 384.084          | 384.084          | -1,6%               | -1,9%         | -1,6%         |
| Barreras de contención           | 847.154           | 847.154          | 847.154           | 0                | 0                | 0                | -7,8%               | -9,3%         | -7,8%         |
| <b>Total Ruta III</b>            | <b>10.902.172</b> | <b>9.131.982</b> | <b>10.902.172</b> | <b>7.679.212</b> | <b>5.610.704</b> | <b>7.462.820</b> | <b>-29,6%</b>       | <b>-38,6%</b> | <b>-31,5%</b> |

## 5.4. Ruta IV

Los activos valorizados en esta Ruta corresponden a Plataforma vía principal; Puentes y pasos superiores; Plataforma vía de servicio; Áreas de servicios y emergencias; Pasarela peatonal, paradero de bus y aceras; y Barreras de contención.

### 5.4.1. Costo histórico

Al integrar el costo histórico de los activos de esta Ruta, se obtiene un costo histórico de **UF 7.879.588** con el modelo propuesto. De este costo histórico o de construcción de la carretera, los activos que más aportan a este costo son Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores, representado un 50,2 y 33,5% del costo histórico total de la carretera, respectivamente. Es decir, solo estos dos activos representan un 83,7% del costo histórico total de la Ruta IV.

Por su parte, los activos que afectan en menor medida al costo histórico de la Ruta IV son las Áreas de servicios y emergencias, y Plataforma vía de servicio, aportando un 0,7 y 2,1% al costo histórico de la carretera. Además, en este grupo de activos, se tiene que el costo histórico de las Barreras de contención son 231,4% superiores al costo de la Pasarela peatonal, paradero de bus y acera peatonal, siendo el tercer activo de mayor relevancia, en términos monetarios, en la Ruta IV, con un 10,3% del costo histórico total de la carretera.

El costo histórico de cada activo y su aporte al costo histórico de la Ruta IV de la Zona Sur se muestra en la Figura 27 y en la Tabla 33.

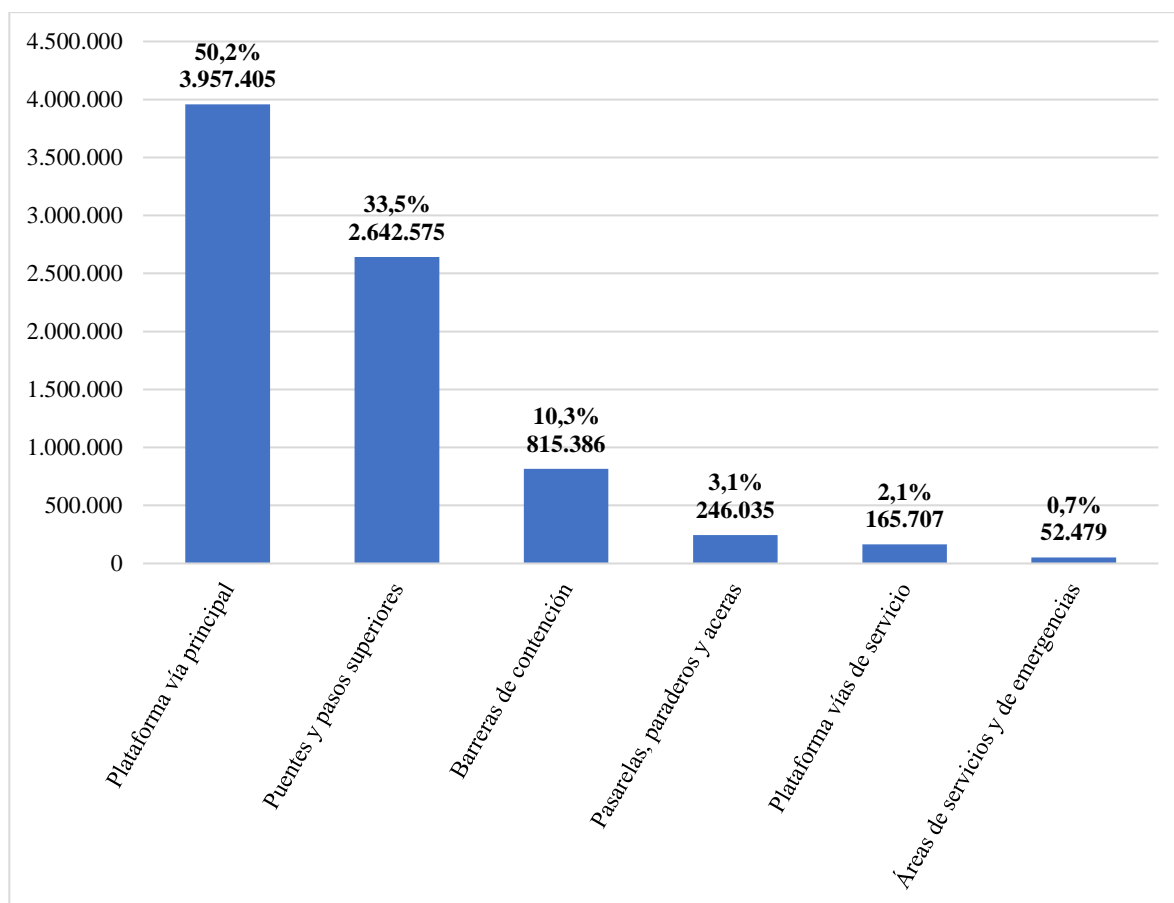


Figura 27. Costo Histórico Ruta IV según modelo propuesto, en UF.

Al comparar el costo histórico obtenido con el modelo propuesto respecto al de los modelos derivados de la actual metodología de valorización de la Red Vial Nacional, se presentan diferencias para la Plataforma vía principal y de servicio, y para Puentes y pasos superiores.

En primer lugar, la diferencia en el costo histórico entre los modelos derivados del Actual DV se debe exclusivamente al paquete estructural utilizado para la valorización de la Plataforma vía principal y de servicio. Si bien en los tres modelos el paquete estructural de estos activos está definido a priori por el emplazamiento del camino, su importancia, cantidad de carriles, topografía y tipo de superficie de rodado, los espesores considerados en los modelos Estudios Integrales y BALI son generalmente mayores que los del modelo Actual DV (Delgadillo et al., 2022b). Así, el costo histórico de la Ruta IV obtenido con el modelo Estudios Integrales (EI) y BALI corresponde a **UF 8.927.466**, idéntico en ambos ya que utilizan los parámetros de diseño de pavimentos indicados en el informe de valorización de la Ruta IV. Por su parte, con el modelo Actual DV se obtiene un costo histórico para la Ruta IV de **UF 6.458.872**, en el que se utilizan los parámetros de diseño de pavimentos establecidos en la actual metodología. De esta forma, con el modelo propuesto se obtiene un costo histórico 11,7% inferior que el del modelo Estudios Integrales y BALI, y un 22,0% superior que el modelo Actual DV.

Respecto a las diferencias entre el modelo propuesto y los actuales, utilizar los espesores reales del pavimento, como lo hace el modelo propuesto, implica obtener un costo histórico para la Plataforma vía principal y de servicio que es un 21,3% inferior al del modelo Estudios Integrales y BALI, y un 48,9% superior al del modelo Actual DV, los cuales consideran configuraciones estándar que dependen de la ubicación de la carretera, su importancia, la cantidad de carriles, la topografía y el tipo de superficie de rodado. Por otra parte, la otra diferencia se encuentra para Puentes y pasos superiores, en que el modelo propuesto incorpora un costo para los accesos de estas estructuras, lo que implica un aumento en el costo histórico del activo de un 2,6%.

En la Figura 28 y Tabla 33 se muestra el costo histórico de la Ruta IV obtenido con el modelo Propuesto, Estudios Integrales (EI) y Actual DV, indicándose, además, el aporte al costo histórico de la carretera de los tres activos de mayor valor, es decir, Plataforma vía principal, Puentes y pasos superiores, y Barreras de contención.

*Tabla 33. Valor en UF y composición del Costo Histórico Ruta IV según modelo de valorización.*

| Activo                               | Modelo propuesto |             | Modelo EI-BALI   |             | Modelo Actual DV |             |
|--------------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                      | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal             | 3.957.405        | 50,2%       | 4.992.874        | 55,9%       | 2.572.092        | 39,8%       |
| Puentes y pasos superiores           | 2.642.575        | 33,5%       | 2.575.249        | 28,8%       | 2.575.249        | 39,9%       |
| Plataforma vía de servicio           | 165.707          | 2,1%        | 245.443          | 2,7%        | 197.631          | 3,1%        |
| Áreas de servicios y emergencias     | 52.479           | 0,7%        | 52.479           | 0,6%        | 52.479           | 0,8%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras        | 246.035          | 3,1%        | 246.035          | 2,8%        | 246.035          | 3,8%        |
| Barreras de contención               | 815.386          | 10,3%       | 815.386          | 9,1%        | 815.386          | 12,6%       |
| <b>Costo histórico total Ruta IV</b> | <b>7.879.588</b> | <b>100%</b> | <b>8.927.466</b> | <b>100%</b> | <b>6.458.872</b> | <b>100%</b> |

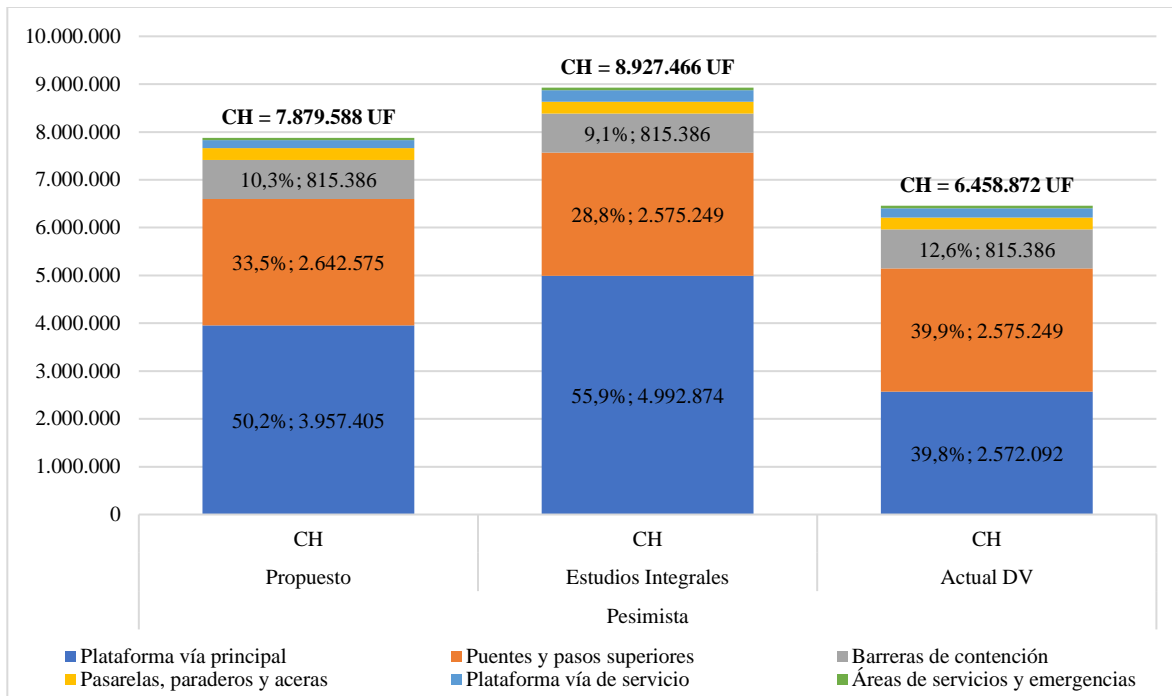


Figura 28. Composición del Costo Histórico Ruta IV según modelo de valorización, en UF.

#### 5.4.2. Escenarios de progresión de la condición

En esta Ruta se cuenta con información histórica de la condición de los activos Plataforma vía principal y de servicio:

- Para la plataforma vía principal y de servicio se dispone de la evaluación funcional y estructural del año 2018, y la evaluación funcional de año 2020, obtenida de informes de estudio de rehabilitación, plan de conservación y de seguimiento de pavimentos. Esta información es utilizada para el año 20 de concesión del escenario Pesimista, ya que las actuales bases de licitación de la Ruta IV presentan mayores exigencias para los indicadores de IRI y agrietamiento en comparación con las bases de licitación anteriores de la Ruta. Es decir, los datos históricos son el resultado de menores exigencias presentes en las bases de concesión antiguas de la Ruta, por lo que es razonable que el operador de la carretera puede mantener un desempeño que sea, al menos, igual que el histórico. Entre el año inicial y el año 20 se establece una caída lineal de la condición de cada uno de los indicadores técnicos que definen el valor del activo. Los escenarios Realista y Optimista se determinan a partir de los datos históricos, en que para el escenario Realista se considera que el operador de la carretera conserva el activo de acuerdo con los niveles de servicio de las actuales bases de licitación, y para el Optimista que el activo se conserva para entregar un nivel de servicio por sobre las exigencias mínimas de nivel de servicio.

Los activos de esta Ruta con los que no se dispone de información histórica de condición son Puentes y pasos superiores; Áreas de servicios y emergencias; Pasarelas, paraderos y aceras; y Barreras de contención. Para estos activos se definieron los escenarios de condición en función de las exigencias de las bases de licitación para cada uno de ellos y los niveles de desempeño del modelo de nivel de servicio a los usuarios (Delgadillo et al., 2020).

Además, en el caso de Puentes y pasos superiores; y Pasarelas, paraderos y aceras se utilizaron los escenarios de condición definidos para la Ruta I de Zona Centro de la Sección 5.1, ya que en esta carretera se contaba con información real de la condición de estos activos.

### 5.4.3. Valorización con modelo propuesto

Los resultados de la valorización de la Ruta IV en el tiempo, para los tres escenarios de condición, se muestran en la Tabla 34. En la misma tabla se indica el porcentaje del costo histórico que mantiene la Ruta en cada año de análisis. Puede observarse que la Ruta IV mantiene un 74,8%, 89,6% y 94,0% de su costo histórico en el año 20 para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Tabla 34. Valorización Ruta IV en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo propuesto.

| Año | E. Pesimista |        | E. Realista |        | E. Optimista |        |
|-----|--------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
|     | [UF]         | [%]    | [UF]        | [%]    | [UF]         | [%]    |
| CH  | 7.879.588    | 100,0% | 7.879.588   | 100,0% | 7.879.588    | 100,0% |
| 0   | 7.879.588    | 100,0% | 7.879.588   | 100,0% | 7.879.588    | 100,0% |
| 5   | 7.507.436    | 95,3%  | 7.668.663   | 97,3%  | 7.753.991    | 98,4%  |
| 10  | 6.995.307    | 88,8%  | 7.533.146   | 95,6%  | 7.666.468    | 97,3%  |
| 15  | 6.322.339    | 80,2%  | 7.303.392   | 92,7%  | 7.529.838    | 95,6%  |
| 20  | 5.895.238    | 74,8%  | 7.062.964   | 89,6%  | 7.406.301    | 94,0%  |

La Figura 29 muestra el aporte de cada activo al valor total de la Ruta IV, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico mantenido por los tres activos que más aportan al valor de la carretera, es decir, Plataforma vía principal, Puentes y pasos superiores, y Barreras de contención. Estos tres activos son los que más valor aportan tanto al costo histórico de la Ruta IV como a la valorización de esta, en cualquier año y escenario de condición, representando, entre ambos, en promedio un 94,8% del valor de la carretera.

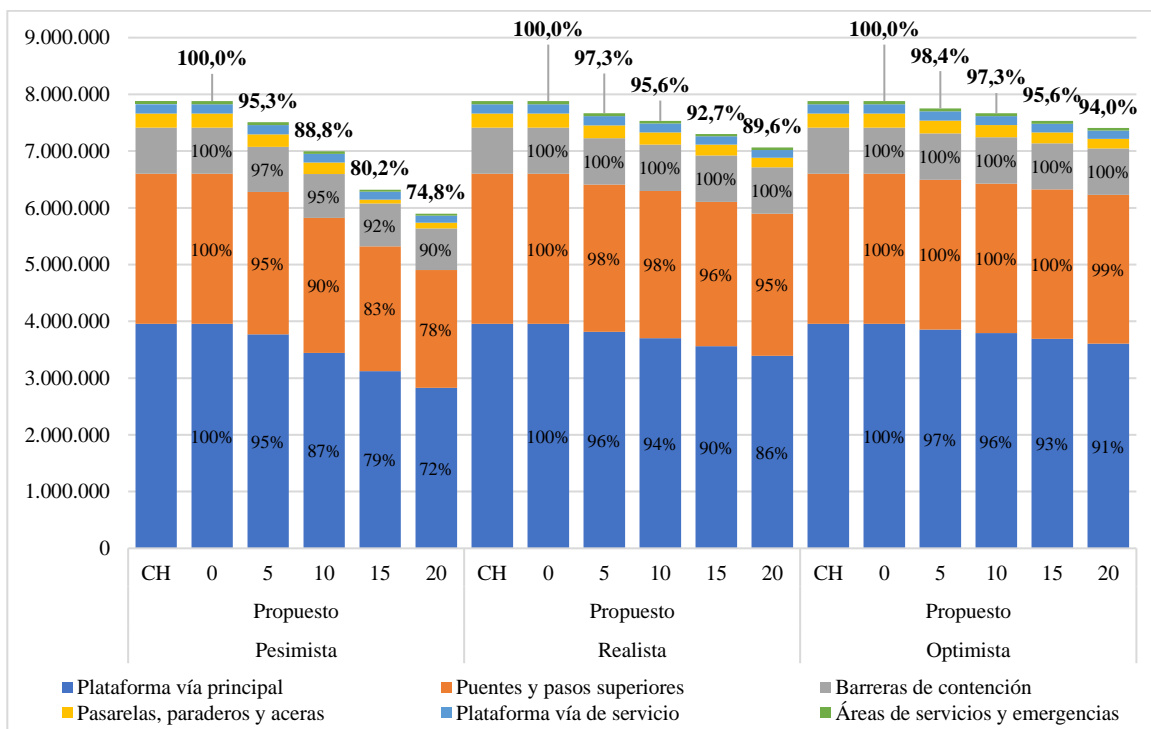


Figura 29. Valorización Ruta IV según modelo propuesto, en UF.

### 5.4.3.1. Escenario Pesimista

En primer lugar, puede observarse que el valor de la Ruta IV en el año 0 es idéntico al costo histórico de la carretera, no habiendo pérdidas de valor en ninguno de los activos. Como se describe más adelante, esta es una diferencia entre el modelo propuesto y el actual, debido a la naturaleza misma de los modelos, en que el modelo propuesto tiene por objetivo evaluar la gestión del operador privado de la carretera en la conservación de la infraestructura y el actual la determinación de requerimientos presupuestarios con sustento técnico.

La Figura 30 muestra la valorización de la Ruta IV para el escenario Pesimista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los tres activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

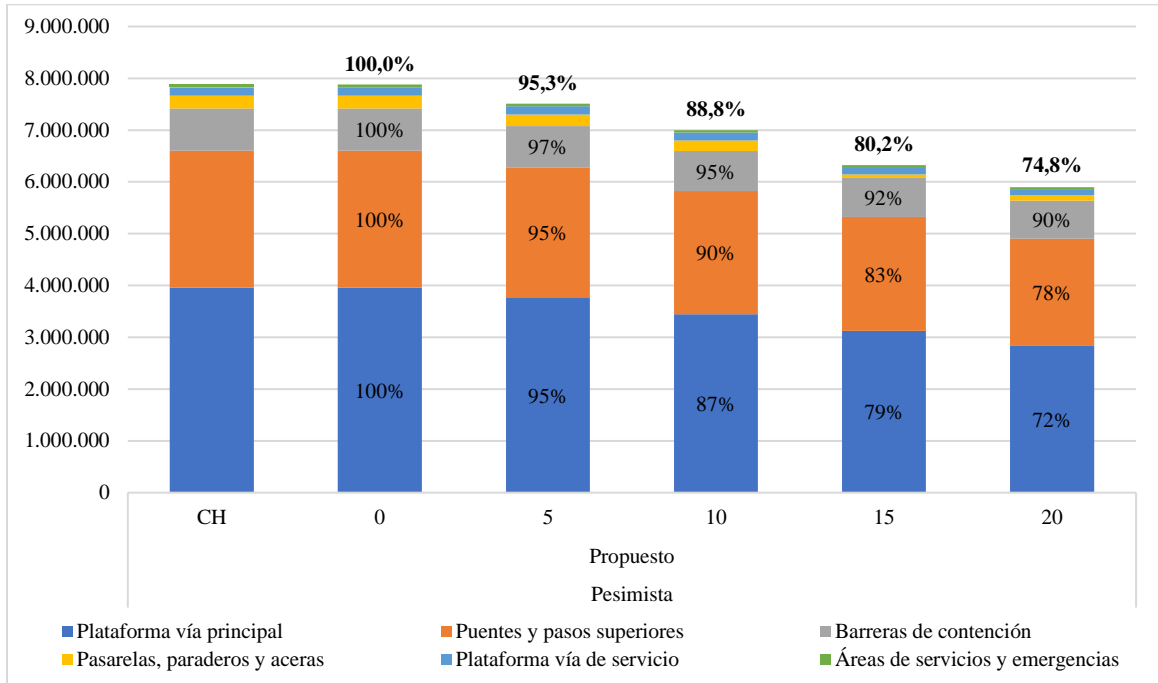


Figura 30. Valorización Ruta IV según modelo propuesto para escenario Pesimista, en UF.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 10 y el 15, disminuyendo un 8,6% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 47,6% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 26,7% a Puentes y pasos superiores, un 19,7% a Pasarelas, paraderos y aceras, y el 6,0% restante a los demás activos.

Entre el año 0 y 5 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal, Puentes y pasos superiores, y Pasarelas, paraderos y aceras, alcanzando, entre los tres, un 92,3% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal, y a Barreras de contención, alcanzando, entre los tres, un 93,3% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Puentes y pasos superiores, a la Plataforma vía principal, y a Barreras de contención, alcanzando, entre los tres, un 95,2% del valor perdido de la carretera. Además, en este mismo periodo, Pasarela peatonal, paradero de bus y acera es el único activo que presenta un aumento en su valor debido a la reposición de elementos accesorios de la pasarela que alcanzan su vida útil durante estos años, equivalente al 15,0% del costo histórico del activo.

En la Tabla 35 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta IV, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 83,1 y 84,2% del valor total de la carretera.

Tabla 35. Valorización Ruta IV en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Pesimista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 3.770.860        | 50,2%       | 3.444.634        | 49,2%       | 3.124.235        | 49,4%       | 2.830.454        | 48,0%       |
| Puentes y pasos superiores       | 2.511.573        | 33,5%       | 2.377.954        | 34,0%       | 2.198.575        | 34,8%       | 2.070.941        | 35,1%       |
| Plataforma vía de servicio       | 162.619          | 2,2%        | 153.373          | 2,2%        | 137.729          | 2,2%        | 120.195          | 2,0%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 47.463           | 0,6%        | 42.905           | 0,6%        | 38.347           | 0,6%        | 33.789           | 0,6%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 219.920          | 2,9%        | 201.824          | 2,9%        | 69.221           | 1,1%        | 106.012          | 1,8%        |
| Barreras de contención           | 795.001          | 10,6%       | 774.617          | 11,1%       | 754.232          | 11,9%       | 733.847          | 12,4%       |
| <b>Total Ruta IV</b>             | <b>7.507.436</b> | <b>100%</b> | <b>6.995.307</b> | <b>100%</b> | <b>6.322.339</b> | <b>100%</b> | <b>5.895.238</b> | <b>100%</b> |

### 5.4.3.2. Escenario Realista

La Figura 31 muestra la valorización de la Ruta IV para el escenario Realista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los cuatro activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

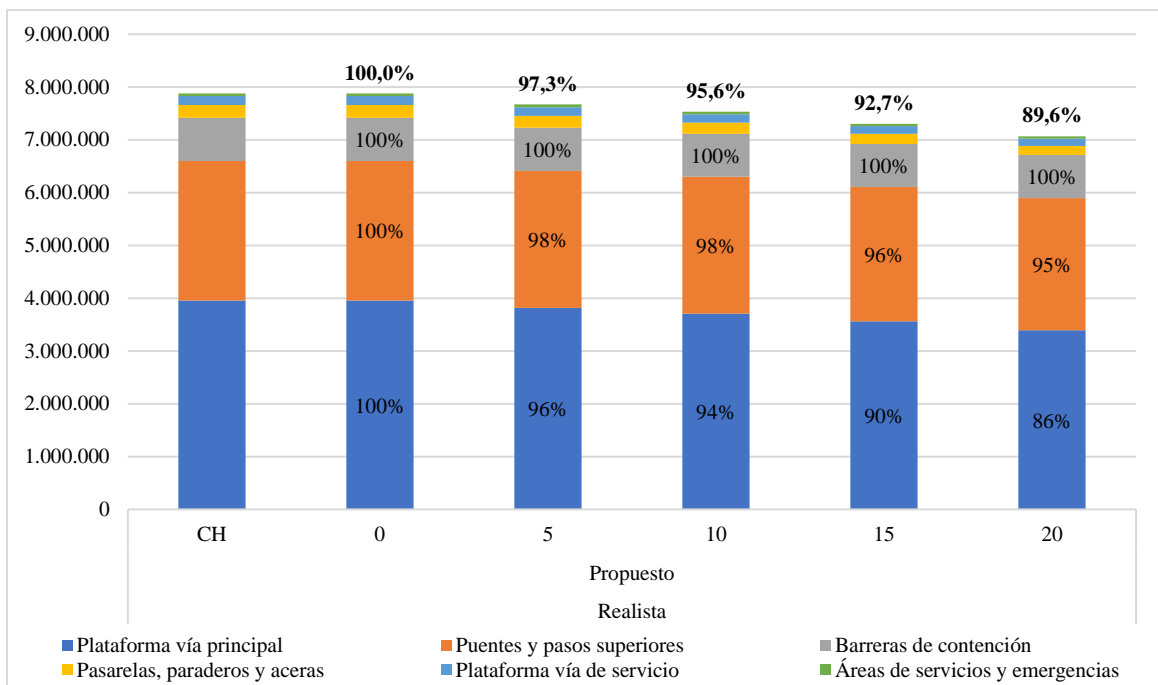


Figura 31. Valorización Ruta IV según modelo propuesto para escenario Realista, en UF.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 15 y el 20, disminuyendo un 3,1% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 69,6% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 17,2% a Puentes y pasos superiores, un 8,5% a Pasarelas, paraderos y aceras, un 3,6% a Plataforma vía de servicio, y el 1,1% restante a los demás activos.

Entre el año 0 y 5 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal, a Puentes y pasos superiores y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre los tres, un 98,7% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal y a Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 89,3% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 10 y 15 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a Plataforma vía principal y a Puentes y pasos superiores, alcanzando, entre ambos, un 84,2% del valor perdido de la carretera.

En la Tabla 36 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta IV, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 83,5 y 83,6% del valor total de la carretera.

Tabla 36. Valorización Ruta IV en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Realista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 3.814.271        | 49,7%       | 3.705.549        | 49,2%       | 3.561.984        | 48,8%       | 3.394.588        | 48,1%       |
| Puentes y pasos superiores       | 2.597.861        | 33,9%       | 2.593.675        | 34,4%       | 2.543.728        | 34,8%       | 2.502.382        | 35,4%       |
| Plataforma vía de servicio       | 165.707          | 2,2%        | 158.154          | 2,1%        | 144.988          | 2,0%        | 136.378          | 1,9%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 49.736           | 0,6%        | 46.994           | 0,6%        | 44.251           | 0,6%        | 41.509           | 0,6%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 225.702          | 2,9%        | 213.388          | 2,8%        | 193.055          | 2,6%        | 172.721          | 2,4%        |
| Barreras de contención           | 815.386          | 10,6%       | 815.386          | 10,8%       | 815.386          | 11,2%       | 815.386          | 11,5%       |
| <b>Total Ruta IV</b>             | <b>7.668.663</b> | <b>100%</b> | <b>7.533.146</b> | <b>100%</b> | <b>7.303.392</b> | <b>100%</b> | <b>7.062.964</b> | <b>100%</b> |

### 5.4.3.3. Escenario Optimista

La Figura 32 muestra la valorización de la Ruta IV para el escenario Optimista con el modelo propuesto, indicándose, además, el porcentaje del costo histórico que mantiene tanto la carretera completa como los tres activos de mayor relevancia en el valor de la Ruta.

De los años analizados en la valorización, la mayor pérdida de valor se produce entre el año 10 y el 15, disminuyendo un 1,7% del costo histórico de la Ruta. De este valor perdido, un 72,8% se debe a una baja en el valor de la Plataforma vía principal, un 14,9% a Pasarelas, paraderos y aceras, un 5,9% a la Plataforma vía de servicio, y el 6,4% restante a los demás activos.

Entre el año 0 y 5 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal y a Pasarelas, paraderos y aceras, alcanzando, entre ambos, un 97,2% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 5 y 10 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal y a la Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 86,9% del valor perdido de la carretera.

Entre el año 15 y 20 la pérdida de valor de la carretera se debe, principalmente, a la Plataforma vía principal y a la Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, alcanzando, entre ambos, un 83,9% del valor perdido de la carretera.

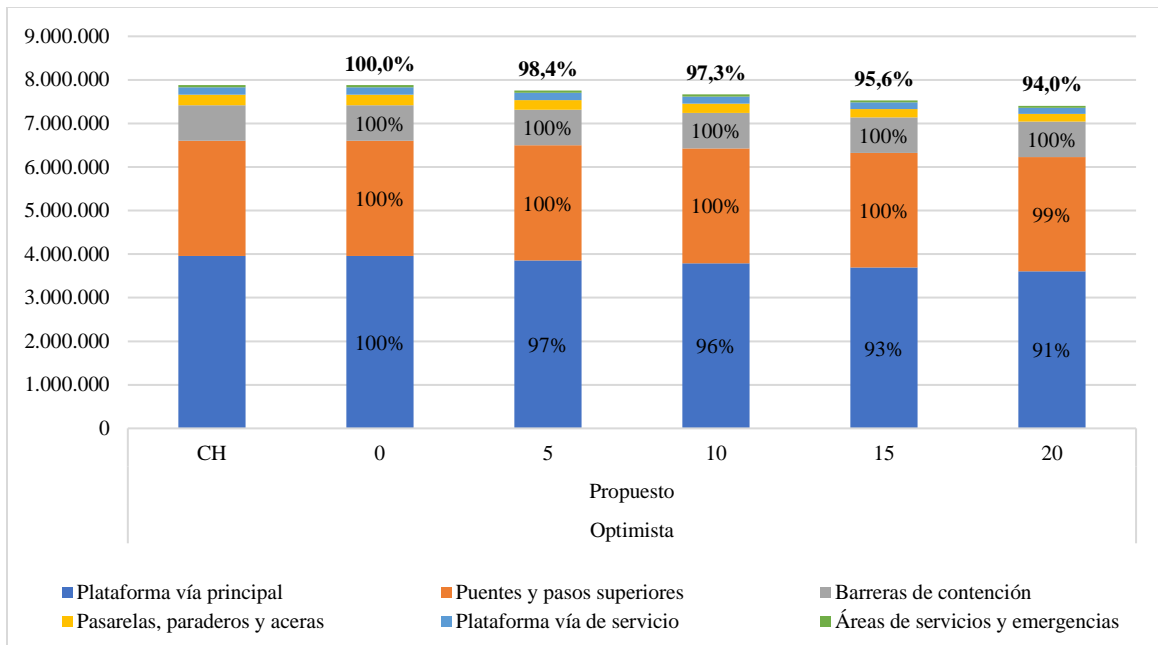


Figura 32. Valorización Ruta IV según modelo propuesto para escenario Optimista, en UF.

En la Tabla 37 se resume la valorización con modelo propuesto para los activos de la Ruta IV, para los años 5, 10, 15 y 20, indicándose, además, el aporte de cada activo al valor de la carretera. Es posible determinar que, con el modelo propuesto, los activos Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores representan entre un 83,8 y 84,1% del valor total de la carretera.

Tabla 37. Valorización Ruta IV en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo propuesto.

| Activo                           | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 3.855.682        | 49,7%       | 3.791.983        | 49,5%       | 3.692.526        | 49,0%       | 3.609.190        | 48,7%       |
| Puentes y pasos superiores       | 2.641.005        | 34,1%       | 2.636.819        | 34,4%       | 2.630.016        | 34,9%       | 2.620.597        | 35,4%       |
| Plataforma vía de servicio       | 165.707          | 2,1%        | 160.353          | 2,1%        | 152.286          | 2,0%        | 143.807          | 1,9%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 50.509           | 0,7%        | 48.539           | 0,6%        | 46.569           | 0,6%        | 44.599           | 0,6%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 225.702          | 2,9%        | 213.388          | 2,8%        | 193.055          | 2,6%        | 172.721          | 2,3%        |
| Barreras de contención           | 815.386          | 10,5%       | 815.386          | 10,6%       | 815.386          | 10,8%       | 815.386          | 11,0%       |
| <b>Total Ruta IV</b>             | <b>7.753.991</b> | <b>100%</b> | <b>7.666.468</b> | <b>100%</b> | <b>7.529.838</b> | <b>100%</b> | <b>7.406.301</b> | <b>100%</b> |

#### 5.4.3.4. Valor perdido en Ruta IV con modelo propuesto

En la Figura 33 se muestra el valor perdido en la Ruta IV como porcentaje del costo histórico de la carretera, indicándose, además, para la Plataforma vía principal, para Puentes y pasos superiores, y para Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, el porcentaje de su costo histórico perdido en cada año y escenario. Se obtiene que en el año 20 de valorización la carretera ha perdido un 25,2%, 10,4% y 6,0% de su costo histórico en el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Además, independiente del año y escenario considerado, la Plataforma vía principal es el activo que más influye en el valor perdido de la carretera, siendo altamente sensible al escenario de condición, especialmente para el escenario Pesimista, en que esta pierde un 28% de su costo histórico en el año 20. De igual forma, Puentes y pasos superiores es el segundo activo que más influye en la pérdida de valor de la

carretera para el escenario Pesimista y Realista, mientras que para el escenario Optimista el segundo activo de mayor incidencia en el valor perdido de la Ruta IV es Pasarela peatonal, paradero de bus y acera.

Por otra parte, el único aumento de valor entre años consecutivos de análisis se presenta para el activo Pasarela peatonal, paradero de bus y acera, aumentando de valor en un 15% de su costo histórico debido a la reposición de los elementos accesorios de la pasarela, tal como se menciona en secciones anteriores.

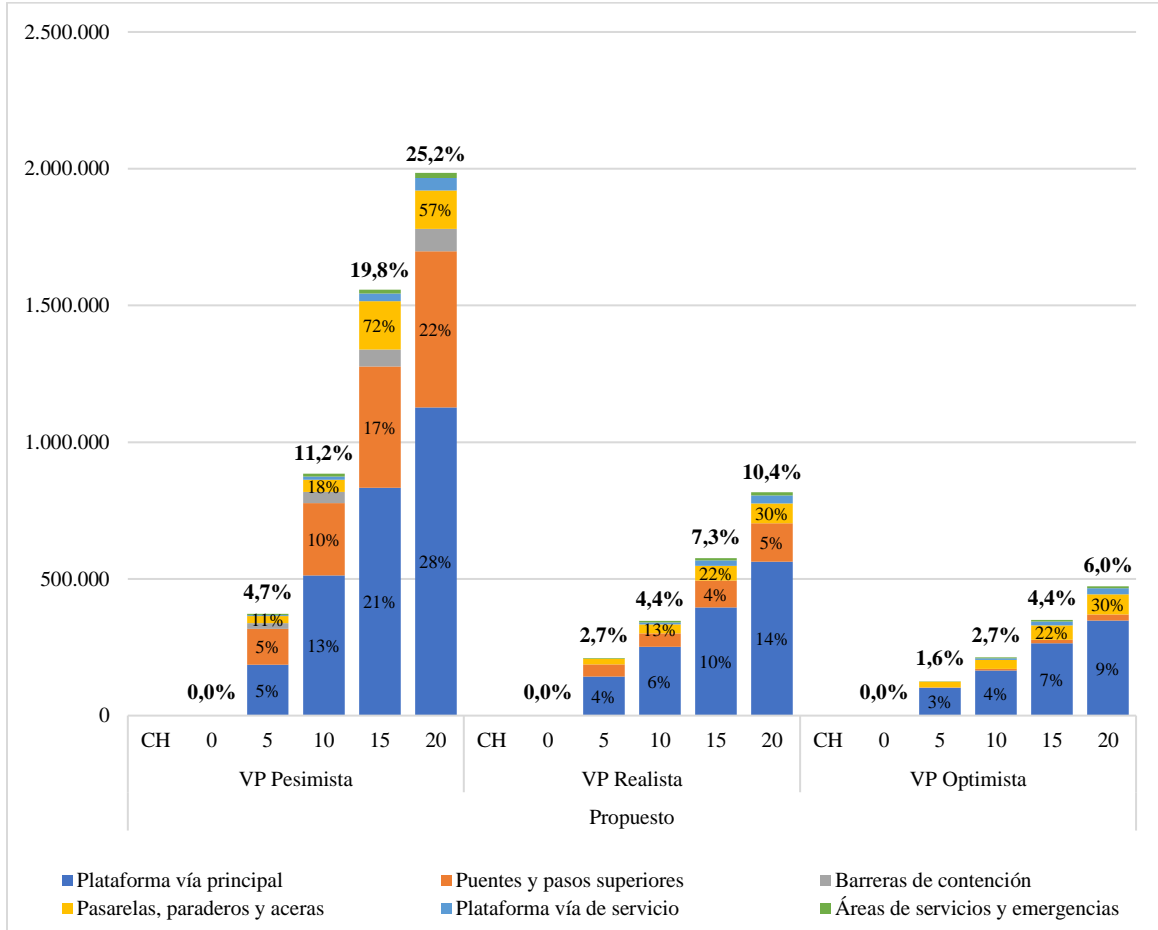


Figura 33. Valor perdido Ruta IV para los años 0, 5, 10, 15 y 20 según modelo propuesto, en UF.

#### 5.4.4. Valorización con modelo actual

Los resultados de la valorización de la Ruta IV en el tiempo, para los tres escenarios de condición con el modelo Estudios Integrales, se muestran en la Tabla 38. En la misma tabla se indica el porcentaje del costo histórico que mantiene la Ruta en cada año de análisis. Puede observarse que la carretera mantiene un 74,3%, 75,9 y 76,7% de su costo histórico en el año 20 para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente.

Tabla 38. Valorización Ruta IV en UF y como porcentaje del costo histórico, según modelo Estudios Integrales.

| Año | E. Pesimista |        | E. Realista |        | E. Optimista |        |
|-----|--------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
|     | [UF]         | [%]    | [UF]        | [%]    | [UF]         | [%]    |
| CH  | 8.927.466    | 100,0% | 8.927.466   | 100,0% | 8.927.466    | 100,0% |
| 0   | 8.742.423    | 97,9%  | 8.742.423   | 97,9%  | 8.742.423    | 97,9%  |
| 5   | 8.229.819    | 92,2%  | 8.246.328   | 92,4%  | 8.264.302    | 92,6%  |
| 10  | 7.706.479    | 86,3%  | 7.761.565   | 86,9%  | 7.796.048    | 87,3%  |

| Año | E. Pesimista |       | E. Realista |       | E. Optimista |       |
|-----|--------------|-------|-------------|-------|--------------|-------|
|     | [UF]         | [%]   | [UF]        | [%]   | [UF]         | [%]   |
| 15  | 7.173.040    | 80,3% | 7.272.547   | 81,5% | 7.325.172    | 82,1% |
| 20  | 6.631.597    | 74,3% | 6.777.443   | 75,9% | 6.850.569    | 76,7% |

La Figura 34 muestra el aporte de cada activo al valor total de la Ruta IV, indicándose, además, el porcentaje su costo histórico mantenido por la Plataforma vía principal. Este activo, en adición a la Plataforma vía de servicio, son los únicos que presentan variaciones en su valorización entre los distintos escenarios de condición, ya que el método Valor Neto Residual, utilizado para la valorización de plataformas viales tanto en el modelo propuesto como en los actuales, es función de la condición del activo.

Por otra parte, para activos distintos a las plataformas viales, el valor permanece constante al fijar un año de análisis y variar entre escenarios de condición, ya que estos se valorizan mediante una depreciación lineal en la que la condición del activo no es considerada, solo siendo relevante el año de construcción, año de valorización y el valor residual considerado para cada uno.

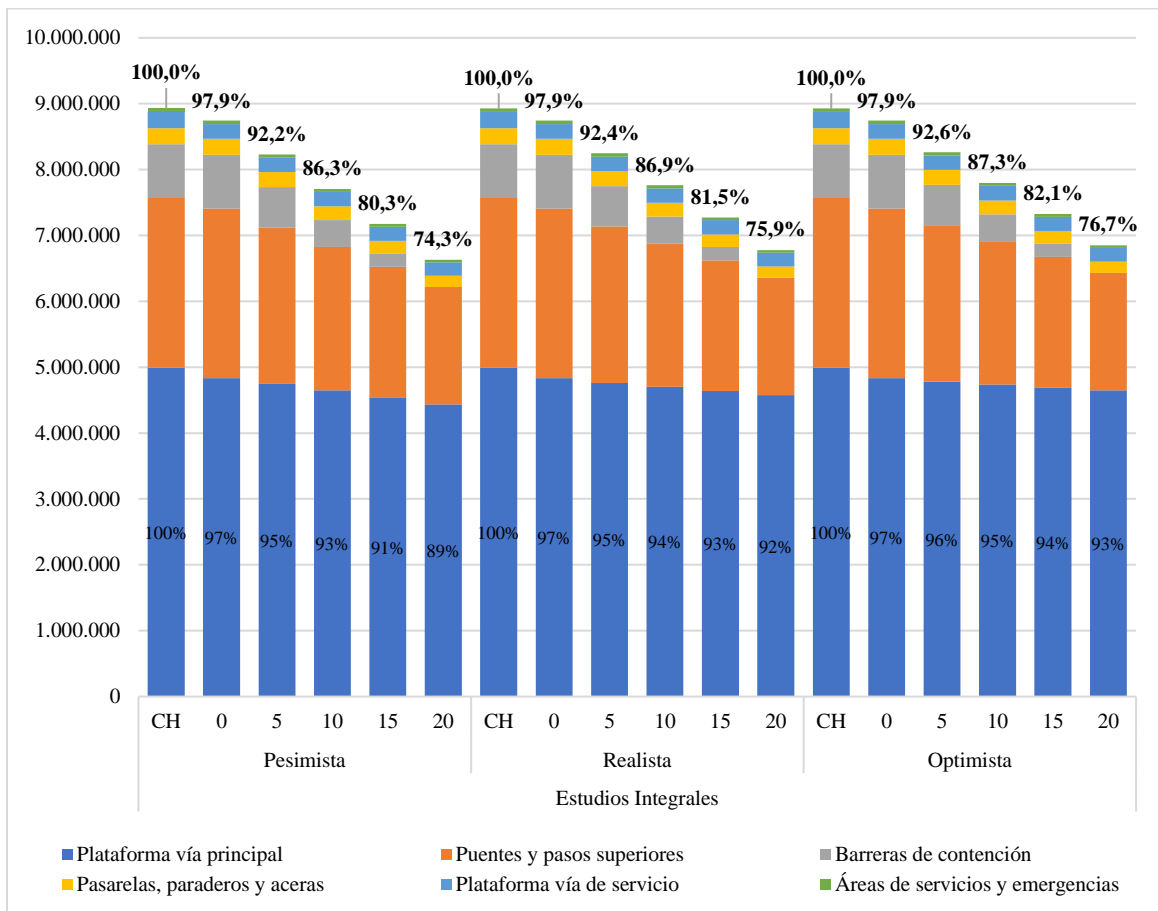


Figura 34. Valorización Ruta IV según modelo Estudios Integrales, en UF.

Otro aspecto a destacar es la pérdida de valor de la carretera al año 0 de valorización. Esto se debe exclusivamente al costo de conservación rutinario de las plataformas viales, tanto principal como de servicio, en que se descuenta parte del valor de estos activos independientemente de su estado o condición. Esta pérdida de valor inicial en la carretera puede observarse en la Figura 35 para los tres escenarios de condición analizados, alcanzando un 2,1% del costo histórico de la Ruta IV, donde la Plataforma vía

principal pierde un 3% de su costo histórico y la Plataforma vía de servicio un valor inferior al 10% de su costo histórico.

Por su parte, las Barreras de contención son el único de los activos que pierden la totalidad de su costo histórico en el año 20 debido a que estas se caracterizaron con una vida útil de 20 años.

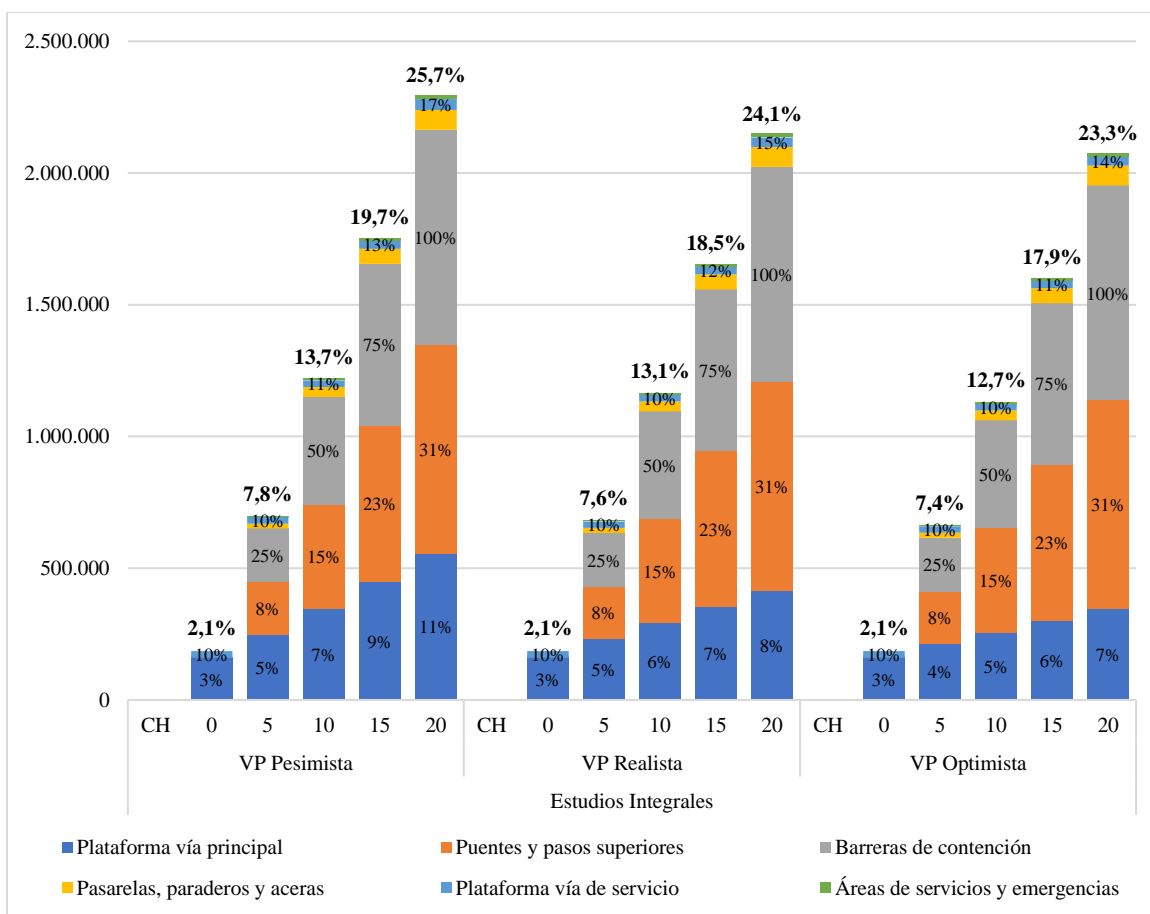


Figura 35. Valor perdido Ruta IV según modelo Estudios Integrales, en UF.

En la Tabla 39 se puede notar que Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores son los activos que más valor aportan a la valorización de la Ruta IV, en cualquier año de análisis, representando, entre ambos, entre un 84,8 y 93,8% del valor total de la carretera entre el año 0 y 20, respectivamente.

Tabla 39. Valorización Ruta IV en UF y aporte de cada activo al valor de la carretera en escenario Optimista según modelo Estudios Integrales.

| Activo                           | Año 0            |             | Año 5            |             | Año 10           |             | Año 15           |             | Año 20           |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|                                  | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         | [UF]             | [%]         |
| Plataforma vía principal         | 4.832.521        | 55,3%       | 4.779.016        | 57,8%       | 4.735.901        | 60,7%       | 4.692.525        | 64,1%       | 4.648.109        | 67,8%       |
| Puentes y pasos superiores       | 2.575.249        | 29,5%       | 2.377.153        | 28,8%       | 2.179.057        | 28,0%       | 1.980.961        | 27,0%       | 1.782.865        | 26,0%       |
| Plataforma vía de servicio       | 220.753          | 2,5%        | 220.753          | 2,7%        | 220.232          | 2,8%        | 217.348          | 3,0%        | 211.778          | 3,1%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 52.479           | 0,6%        | 48.730           | 0,6%        | 44.982           | 0,6%        | 41.233           | 0,6%        | 37.485           | 0,5%        |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 246.035          | 2,8%        | 227.109          | 2,7%        | 208.184          | 2,7%        | 189.258          | 2,6%        | 170.332          | 2,5%        |
| Barreras de contención           | 815.386          | 9,3%        | 611.540          | 7,4%        | 407.693          | 5,2%        | 203.847          | 2,8%        | 0                | 0,0%        |
| <b>Total Ruta IV</b>             | <b>8.742.423</b> | <b>100%</b> | <b>8.264.302</b> | <b>100%</b> | <b>7.796.048</b> | <b>100%</b> | <b>7.325.172</b> | <b>100%</b> | <b>6.850.569</b> | <b>100%</b> |

#### 5.4.4.1. Comparación entre modelos actuales

Ahora, al incorporar al análisis los resultados de la valorización en la Ruta IV con el modelo Actual DV y BALI, las diferencias se encuentran únicamente en la valorización de la Plataforma vía principal y Plataforma vía de servicio.

Respecto al costo histórico, los paquetes estructurales definidos en el modelo Actual DV, tanto para la plataforma vía principal como de servicio, implican que el costo de este modelo sea aproximadamente un 47,1% inferior al del modelo Estudios Integrales (EI) y BALI, siendo estos dos últimos idénticos en cuanto a la estructuración de los pavimentos.

Por otra parte, de estos tres modelos, el modelo Actual DV es el que mayor valor pierde de su costo histórico, con un 36,4%. Esto se explica en términos globales por dos razones. En primer lugar, como el costo histórico con modelo Actual DV es menor que el obtenido con el modelo Estudios Integrales y BALI, explicado únicamente por diferencias de valor en las plataformas viales, el costo de Puentes y pasos superiores, Saneamiento y drenaje, Sistema de iluminación, Pasarela peatonal, y Barreras de contención representan una mayor fracción del valor total de la Ruta IV en el modelo Actual DV, por lo que, ante una misma pérdida de valor de estos activos en los tres modelos, en el Actual DV se presentará una mayor disminución en el valor porcentualmente. Y en segundo lugar, las plataformas viales el modelo Actual DV presenta una mayor pérdida de valor en términos porcentuales en comparación con el modelo Estudios Integrales y BALI, debido a que los límites de ICP utilizados para definir las actividades de rehabilitación son más exigentes en el modelo Actual DV y a que este último no considera la capacidad estructural de los pavimentos, de manera que todo el costo de rehabilitación se debe a la recuperación de las capacidades funcionales, las que son de mayor relevancia en términos monetarios en comparación con la rehabilitación estructural.

Tabla 40. Costo histórico, valorización al año 20 y valor perdido como porcentaje del costo histórico de cada modelo para escenario Pesimista en Ruta IV, en UF.

| Activo                           | CH [UF]          |                  |                  | Año 20 [UF]      |                  |                  | Valor perdido [%CH] |               |               |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|---------------|
|                                  | EI               | Actual DV        | BALI             | EI               | Actual DV        | BALI             | EI                  | Actual DV     | BALI          |
| Plataforma vía principal         | 4.992.874        | 2.572.092        | 4.992.874        | 4.436.967        | 1.962.601        | 4.180.959        | -6,2%               | -9,4%         | -9,1%         |
| Puentes y pasos superiores       | 2.575.249        | 2.575.249        | 2.575.249        | 1.782.865        | 1.782.865        | 1.782.865        | -8,9%               | -12,3%        | -8,9%         |
| Plataforma vía de servicio       | 245.443          | 197.631          | 245.443          | 203.948          | 153.584          | 203.948          | -0,5%               | -0,7%         | -0,5%         |
| Áreas de servicios y emergencias | 52.479           | 52.479           | 52.479           | 37.485           | 37.485           | 37.485           | -0,2%               | -0,2%         | -0,2%         |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 246.035          | 246.035          | 246.035          | 170.332          | 170.332          | 170.332          | -0,8%               | -1,2%         | -0,8%         |
| Barreras de contención           | 815.386          | 815.386          | 815.386          | 0                | 0                | 0                | -9,1%               | -12,6%        | -9,1%         |
| <b>Total Ruta IV</b>             | <b>8.927.466</b> | <b>6.458.872</b> | <b>8.927.466</b> | <b>6.631.597</b> | <b>4.106.867</b> | <b>6.375.589</b> | <b>-25,7%</b>       | <b>-36,4%</b> | <b>-28,6%</b> |

## 5.5. Ruta V y Ruta VI

En el caso de la Ruta V, los activos inventariados corresponden a Plataforma vía principal; Puentes y pasos superiores; Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial (OPF); Saneamiento y drenaje; Plataforma vía de servicio; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; Pasarela peatonal, paradero de bus y aceras; y Barreras de contención.

Al integrar el costo histórico de los activos de esta Ruta, se obtiene un costo histórico de **UF 5.259.732** con el modelo propuesto. De este costo histórico o de construcción de la carretera, los activos que más aportan a este costo son Plataforma vía principal y Estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial (OPF), representado un 55,5 y 16,7% del costo histórico total de la carretera, respectivamente. Es decir, solo estos dos activos representan un 72,2% del costo histórico total de la Ruta V.

Por su parte, los activos que afectan en menor medida al costo histórico de la Ruta V son Plataforma vías de servicio, Áreas de servicios y emergencias, y Saneamiento y drenaje, aportando, entre los tres, un 1,3% del costo histórico de la carretera. Además, en este grupo de activos, Puentes y pasos superiores, y Barreras de contención representan un 10,3 y 10,2% del costo histórico de la Ruta V.

El costo histórico de cada activo y su aporte al costo histórico de la Ruta V de la Zona Norte se muestra en la Figura 36.

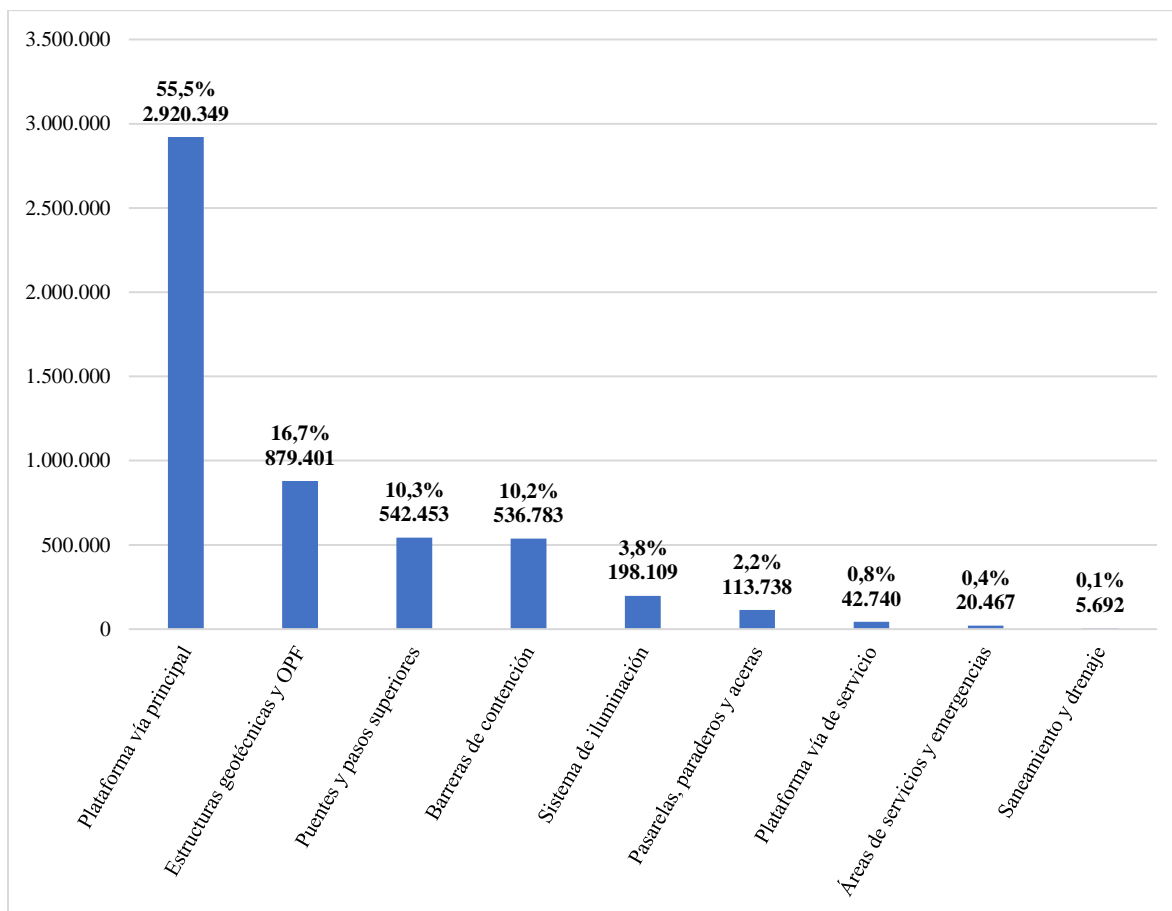


Figura 36. Costo Histórico Ruta V según modelo propuesto, en UF.

En el caso de la Ruta VI, los activos inventariados corresponden a Plataforma vía principal; Puentes y pasos superiores; Saneamiento y drenaje; Plataforma vía de servicio; Áreas de servicios y emergencias; Sistema de iluminación; Pasarela peatonal, paradero de bus y aceras; y Barreras de contención.

Al integrar el costo histórico de los activos de esta Ruta, se obtiene un costo histórico de **UF 5.111.228** con el modelo propuesto. De este costo histórico o de construcción de la carretera, los activos que más aportan a este costo son Plataforma vía principal y Puentes y pasos superiores, representado un 74,5 y 16,8% del costo histórico total de la carretera, respectivamente. Es decir, solo estos dos activos representan un 91,3% del costo histórico total de la Ruta VI.

Por su parte, los activos que afectan en menor medida al costo histórico de la Ruta VI no superan el 8,7% del costo total de la Ruta VI, no alcanzando más allá del 2,2% del costo histórico de la carretera cada uno.

El costo histórico de cada activo y su aporte al costo histórico de la Ruta V de la Zona Norte se muestra en la Figura 37.

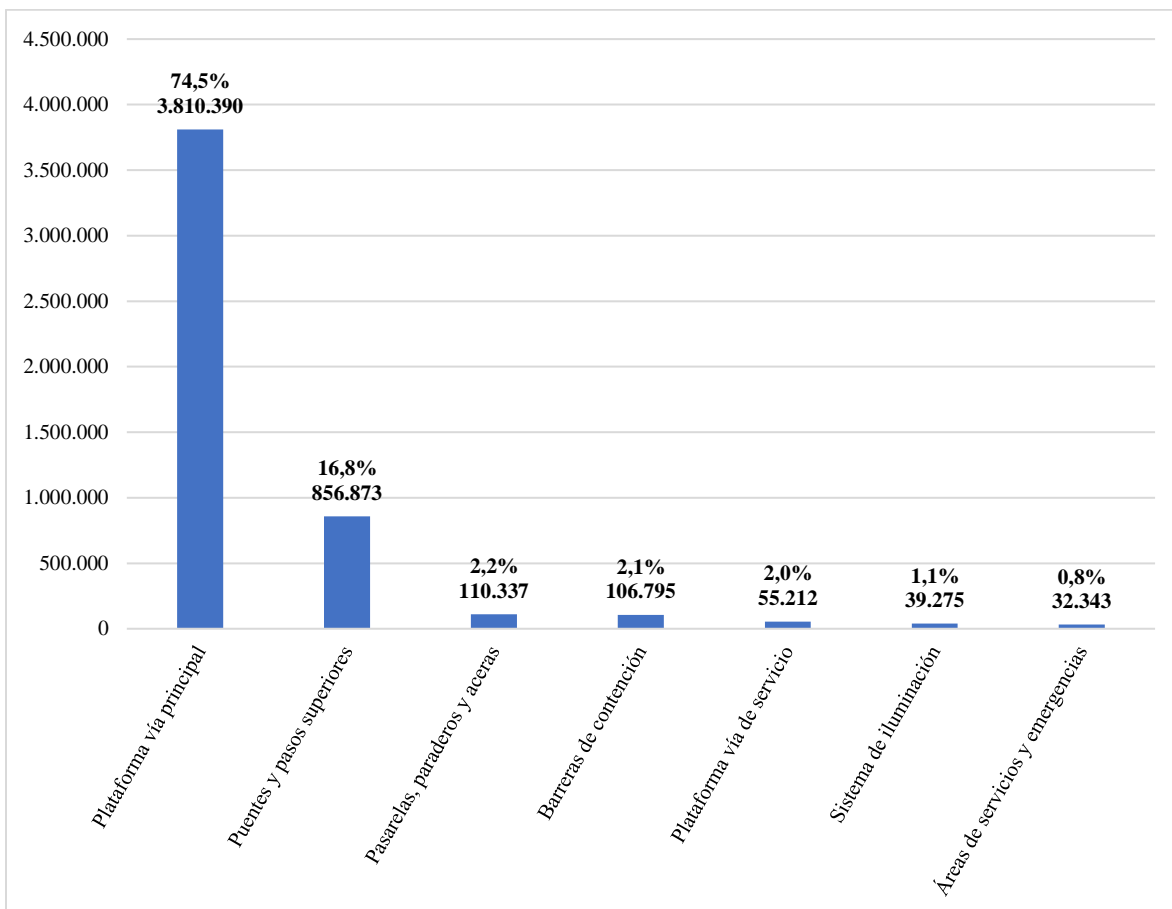


Figura 37. Costo Histórico Ruta VI según modelo propuesto, en UF.

### 5.5.1. Costos históricos para Ruta V y Ruta VI

Al comparar el costo histórico obtenido con el modelo propuesto respecto al modelo Actual, se presentan diferencias para la Plataforma vía principal y de servicio, y para Puentes y pasos superiores, tanto para la Ruta V como Ruta VI.

En primer lugar, la diferencia en el costo histórico entre los modelos se debe exclusivamente al paquete estructural utilizado para la Plataforma vía principal y de servicio, y a la adición del costo de los accesos a las estructuras tipo puente en el modelo propuesto. Así, el costo histórico de la Ruta V obtenido con el modelo Actual DV corresponde a **UF 6.305.291**, un 16,6% superior a lo obtenido para la misma Ruta con el modelo propuesto, según muestra la Figura 38. En el caso de la Plataforma vía principal y de servicio, con el modelo propuesto se obtiene un costo 25,2 y 61,9% inferior al del Actual DV, debido a que este último utiliza estructuraciones estándar para los caminos, dependientes de su ubicación y categoría, mientras que el propuesto considera la infraestructura propiamente tal de la Ruta.

De forma análoga para la Ruta VI, la diferencia en el costo histórico entre los modelos se debe exclusivamente al paquete estructural utilizado para la Plataforma vía principal y de servicio, y a la adición del costo de los accesos a las estructuras tipo puente en el modelo propuesto. Así, el costo histórico de la Ruta VI obtenido con el modelo Actual DV corresponde a **UF 6.568.736**, un 22,2% superior a lo obtenido para la misma Ruta con el modelo propuesto, según la Figura 38. En el caso de la Plataforma vía principal y de servicio, con el modelo propuesto se obtiene un costo 27,2 y 44,5% inferior al del Actual DV, debido a que este último utiliza estructuraciones estándar para los caminos, dependientes de su ubicación y categoría, mientras que el propuesto considera la infraestructura propiamente tal de la Ruta.

En la Tabla 41 y Figura 38 muestran el costo histórico obtenido para cada activo y la diferencia entre el modelo propuesto y el Actual DV, y el aporte de cada activo al costo histórico de la carretera, respectivamente.

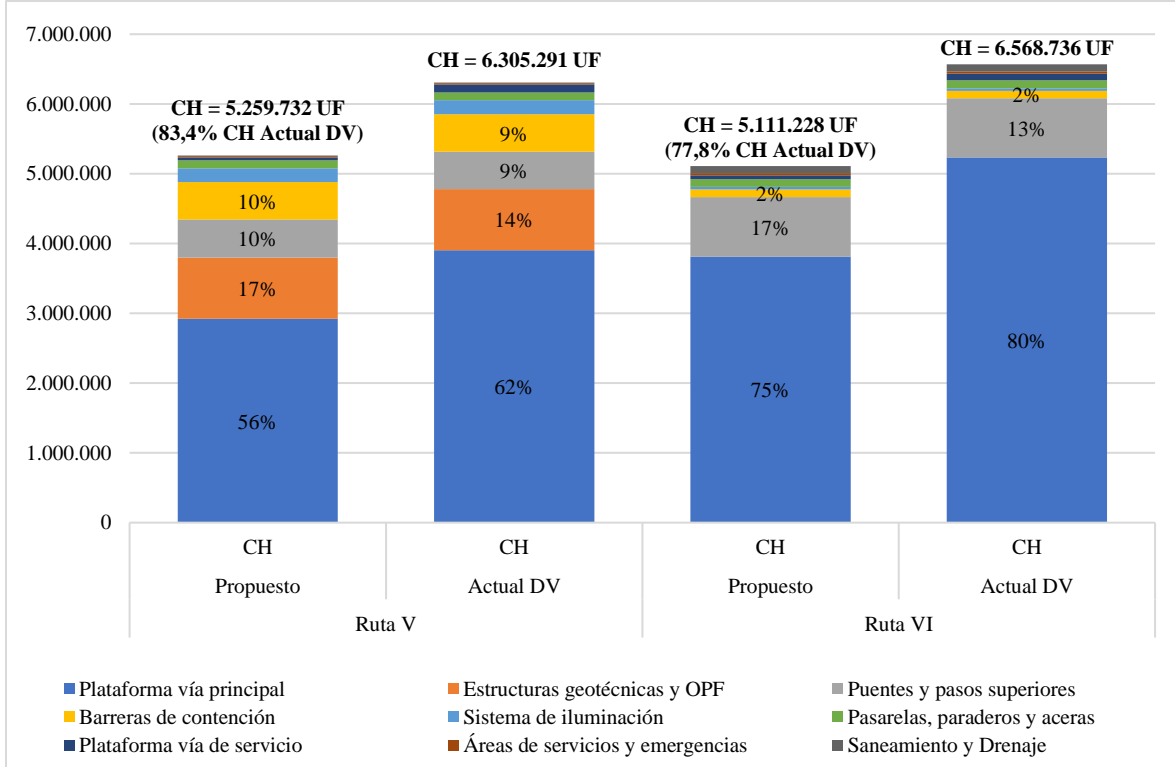


Figura 38. Composición del Costo Histórico Ruta V y VI según modelo de valorización, en UF.

Tabla 41. Composición del Costo Histórico Ruta V y Ruta VI según modelo de valorización propuesto y Actual DV, en UF.

| Activo                           | Ruta V           |                  |               | Ruta VI          |                  |               |
|----------------------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|---------------|
|                                  | Propuesto        | Actual DV        | Diferencia    | Propuesto        | Actual DV        | Diferencia    |
| Plataforma vía principal         | 2.920.349        | 3.902.497        | -25,2%        | 3.810.390        | 5.235.277        | -27,2%        |
| Puentes y pasos superiores       | 542.453          | 536.365          | 1,1%          | 856.873          | 845.225          | 1,4%          |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 879.401          | 879.401          | 0,0%          | -                | -                | -             |
| Saneamiento y Drenaje            | 5.692            | 5.692            | 0,0%          | 100.003          | 100.003          | 0,0%          |
| Plataforma vía de servicio       | 42.740           | 112.239          | -61,9%        | 55.212           | 99.481           | -44,5%        |
| Áreas de servicios y emergencias | 20.467           | 20.467           | 0,0%          | 32.343           | 32.343           | 0,0%          |
| Sistema de iluminación           | 198.109          | 198.109          | 0,0%          | 39.275           | 39.275           | 0,0%          |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 113.738          | 113.738          | 0,0%          | 110.337          | 110.337          | 0,0%          |
| Barreras de contención           | 536.783          | 536.783          | 0,0%          | 106.795          | 106.795          | 0,0%          |
| <b>Costo Histórico Total</b>     | <b>5.259.732</b> | <b>6.305.291</b> | <b>-16,6%</b> | <b>5.111.228</b> | <b>6.568.736</b> | <b>-22,2%</b> |

---

## 6. Análisis y comparación de resultados

### 6.1. Contexto y Objetivos de los modelos

De acuerdo con lo descrito en los Capítulos 2 y 3, los modelos de valorización presentados en este informe fueron desarrollados bajo distintos contextos y objetivos.

Primeramente, el modelo actual funda sus bases sobre una propuesta metodológica desarrollada en la década del noventa para países de la CEPAL, los cuales generalmente no contaban con grandes inventarios de sus activos viales. Así, en el modelo actual solo se considera el estado de los pavimentos mediante el Índice de Condición del Pavimento (ICP), sin considerarse el estado de los demás activos. Por lo tanto, bajo este enfoque de gestión basado en la condición de los pavimentos, el modelo actual permite evaluar la conservación del Patrimonio Vial por medio del valor, sin embargo, pasa por alto los demás activos para los cuales actualmente se cuenta con mayores niveles de información.

Luego, el modelo propuesto (MVAVC) adopta otro enfoque para la gestión de las carreteras, ya no enfocado solo en la condición misma del pavimento, sino que en el servicio que los activos prestan a los usuarios de una carretera concesionada. Además, este modelo recoge los avances del estado del arte y la práctica en la inspección y auscultación de los activos, incorporando indicadores de desempeño para una buena parte de los activos presentes en carreteras concesionadas interurbanas.

Si bien ambos modelos pueden enfocarse en evaluar el desempeño del operador de una carretera en la conservación de los activos, el modelo propuesto es más completo en cuanto a esta evaluación, permitiendo evaluar la conservación de más activos, lo que a nivel de carretera o proyecto significaría contar con una relación estado-valor más exacta de una carretera.

Por otra parte, los objetivos de ambos modelos también difieren. En el caso del modelo actual, este fue desarrollado con el objetivo de determinar el valor de la Red Vial Nacional para cumplir con compromisos internacionales, y para determinar los requerimientos presupuestarios para la conservación de la Red. En el caso del modelo propuesto, su objetivo es permitir evaluar el desempeño del operador de una carretera interurbana concesionada en la preservación de la infraestructura, y poder implementarse en las bases de licitación de estos tipos de camino. En ese sentido, es directo que el modelo propuesto es mejor para evaluar el desempeño del operador de una carretera, ya que es uno de los objetivos con que fue desarrollado.

Por todo lo anterior, el modelo propuesto resulta ser una mejor herramienta para evaluar la conservación de una obra concesionada, contando con modelos de valorización que permiten evaluar el desempeño del operador de la carretera mediante el valor monetario de los activos o de la carretera. Si bien esto igual podría realizarse con el modelo actual, el estándar de servicio exigido para los activos concesionados está generalmente por sobre lo esperado para la Red Vial Nacional, por lo que los indicadores técnicos desarrollados y/o considerados en el modelo propuesto se ajusta de mejor forma a los estándares de carreteras interurbanas concesionadas, además de permitir la evaluación de un mayor número de activos, como se detallará a continuación.

### 6.2. Activos considerados por cada modelo

Como se indicó anteriormente, el modelo propuesto MVAVC posee un modelo de valorización para un mayor número de activos viales. En ese sentido, la actual metodología solo presenta un modelo de valorización para caminos pavimentados y no pavimentados, mediante la utilización del método de Valor Neto Residual (NSV), y para estructuras túneles, puentes, ciclovías y pasarelas mediante Depreciación Lineal (SLD). Por su parte, el modelo propuesto, además de los activos anteriores, incluye un modelo de valorización para estructuras geotécnicas y obras de protección fluvial, áreas de servicios y emergencias,

saneamiento y drenaje, sistema de iluminación, paradero de bus y acera, pasos de fauna, pantallas acústicas, cercos y portones, y barreras de contención.

De acuerdo con los requerimientos de las actuales bases de licitación que exigen determinar del Valor Residual de la concesión (MOP, 2019; 2021a; 2021b; 2021c; 2021d), en la Tabla 42 se muestran los activos viales que deben incluirse en los Estudios de Peritajes mediante los cuales se determina el Valor Residual. Puede notarse que el MVAVC cuenta modelos de valorización para un mayor número de activos viales en relación con la actual metodología de la Dirección de Vialidad (MOP, 2014).

Por lo tanto, al considerar más activos viales en la valorización de una carretera, se tendrá un valor más exacto de la infraestructura administrada por su operador. De esta manera, la evaluación del desempeño del operador es más objetiva al utilizar el modelo propuesto, permitiendo evaluar más íntegramente su nivel de gestión en base a una mayor cantidad de infraestructura concesionada evaluada.

Tabla 42. Activos viales a incluir en los Estudios de Peritaje según bases de licitación, y activos que cuentan con modelo de valorización en el modelo propuesto y el actual.

| Activos viales                       | Ruta 68 | Ruta 78 | Talca - Chillán | Chillán - Collipulli | Chacao - Chonchi | Modelo Propuesto | Modelo Actual |
|--------------------------------------|---------|---------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|---------------|
| Vía expresa                          | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | SI            |
| Calles de servicio                   | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | SI            |
| Túneles                              | SI      | *       | *               | *                    | *                | SI               | SI            |
| Estructuras a desnivel               | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | SI            |
| Puentes                              | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | SI            |
| Viaductos                            | *       | SI      | *               | NO                   | *                | SI               | SI            |
| Paraderos                            | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | SI            |
| Trincheras                           | SI      | SI      | NO              | NO                   | *                | SI               | SI            |
| Excavaciones de trincheras y túneles | NO      | NO      | *               | *                    | *                | SI               | SI            |
| Fosos y contrafosos                  | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | NO            |
| Obras de arte transversales          | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | NO            |
| Obras de arte longitudinales         | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | NO            |
| Áreas de servicio                    | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | NO            |
| Áreas de emergencia                  | SI      | *       | *               | *                    | *                | SI               | NO            |
| Bajadas de agua                      | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | NO            |
| Cunetas                              | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | NO            |
| Demarcación vial                     | NO      | NO      | SI              | SI                   | SI               | SI               | NO            |
| Edificios                            | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | SI               | NO            |
| Cortes y rellenos para terraplenes   | NO      | NO      | NO              | NO                   | *                | NO               | NO            |
| Señalización vertical                | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | NO               | NO            |
| Señalización                         | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | NO               | NO            |
| Plazas de peaje                      | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | NO               | NO            |
| Pórticos                             | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | NO               | NO            |
| Paisajismo                           | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | NO               | NO            |
| Postes SOS                           | SI      | SI      | SI              | SI                   | SI               | NO               | NO            |

(\*) No son nombrados en la base de licitación.

Respeto a los casos de estudio, que el MVAVC considere más activos que la actual metodología implica que, según el modelo propuesto, para la Ruta I se valoriza un 20,7% más del costo histórico de la carretera, mientras que para la Ruta III y Ruta IV se valoriza un 25,9% y 16,5% más del costo histórico de la carretera, respectivamente. En el caso de la Ruta V y Ruta VI, considerar todos los activos del MVAVC implica valorizar un 50,0% y 8,2% más del costo inicial de cada carretera, respectivamente. En la Figura 39 se muestra el aumento en el costo histórico de cada Ruta al incluir los activos del MVAVC en el valor de la carretera, indicándose el porcentaje del costo histórico que significa la inclusión de estos activos.

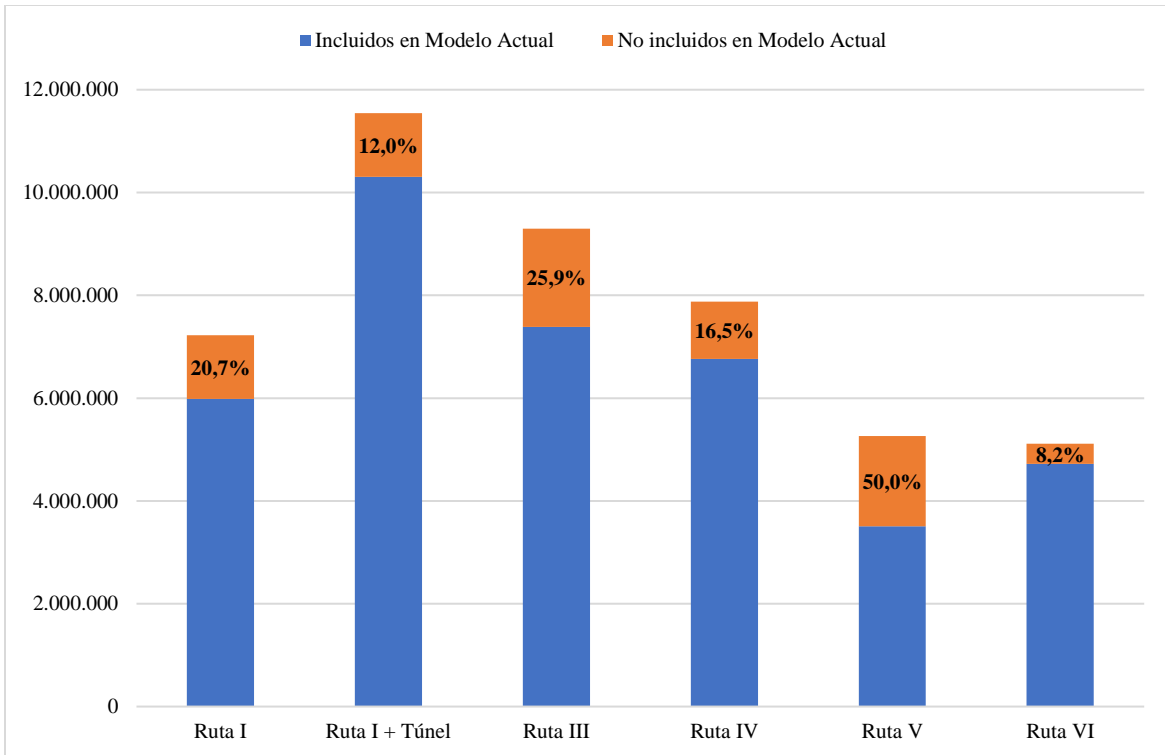


Figura 39. Aumento del costo histórico de cada Ruta al considerar los activos del MVAVC, según modelo propuesto, en UF.

La incorporación de nuevos activos en el valor inicial de cada Ruta es más significativa en el MVAVC que en el modelo actual, debido a que el costo de las plataformas viales en este último es mayor, por lo que adicionar un mismo costo en ambos modelos tiene un mayor efecto en el MVAVC. Así, si todos los nuevos activos del MVAVC se valorizaran con Depreciación Lineal en la metodología actual, el valor inicial de las carreteras con el modelo actual sería entre un 6,3% y 38,5% superior, según estas tengan una mayor o menor cantidad de pavimentos y estructuras tipo puentes, respectivamente.

### 6.3. Costo histórico o de construcción de los activos

En cuanto a la determinación del costo histórico o inicial de una carretera, la utilización del MVAVC recoge de forma más exacta el valor de la infraestructura que es administrada por el operador de la carretera, ya que este valoriza los activos según sus planos de construcción o As-Built, a diferencia de la actual metodología que considera estructuraciones estándar que dependen de la categoría y ubicación de los activos. Si bien el uso del modelo actual podría ser suficiente para valorizar la Red Vial Nacional, debido a su extensión y la proporción de caminos no pavimentados, en los proyectos concesionados la tendencia ha sido exigir la incorporación de sistemas de información integrados (Building Information Modeling [BIM]) en los cuales los planos de construcción están incluidos. De esta manera, en concesiones viales, cuya extensión y magnitud es inferior a la de la Red Vial Nacional, la información de inventario requerida por el modelo propuesto debe estar disponible y no debiese presenta un inconveniente para su aplicación.

En ese sentido, las diferencias en el costo histórico o de construcción de una carretera se explican únicamente por las diferencias en la valorización de las plataformas viales y puentes. En el caso de los pavimentos, el modelo propuesto considera el paquete estructural real de los pavimentos, de acuerdo con los planos A-Built del proyecto, mientras que en los modelos actuales se utilizan estructuraciones estándar que dependen de la categoría del camino y su nivel de tránsito. Por lo tanto, al valorizar con el modelo actual se podría estar sub o sobreestimando el valor de las plataformas viales, según la construcción posea

un paquete estructural de mayor o menor envergadura respecto a la estructuración estándar, respectivamente.

Por su parte, en el caso de puentes y pasos superiores el costo histórico con el modelo propuesto es levemente superior al del modelo actual, ya que en este último solo se valoriza la infraestructura, tablero y vigas de la estructura, mientras que en el propuesto se adiciona el costo de los accesos a los puentes.

Respecto del caso de estudio realizado, en la Figura 40 se muestra como ejemplo el costo histórico o de construcción de la Ruta I, tanto con el modelo propuesto como con los derivados de la actual metodología. Puede notarse que con el modelo propuesto se obtiene un costo inicial que es un 17,5% inferior al del modelo Estudios Integrales y un 2,9% superior que el del modelo Actual DV, con diferencias únicamente en el valor de plataformas viales y puentes. En este caso, y al igual que en las demás Rutas valorizadas, el costo histórico con el modelo propuesto se encuentra en medio de lo resultante con el modelo Estudios Integrales y el modelo Actual DV. Como se indicó en la Sección 4.1, la metodología actual ha sido aplicada con otros criterios en los Estudios Integrales realizados en las carreteras en etapa de relicitación, no siguiendo necesariamente las estructuraciones estándar que la metodología indica (Arce, 2023; MOP, 2021e; 2021f).

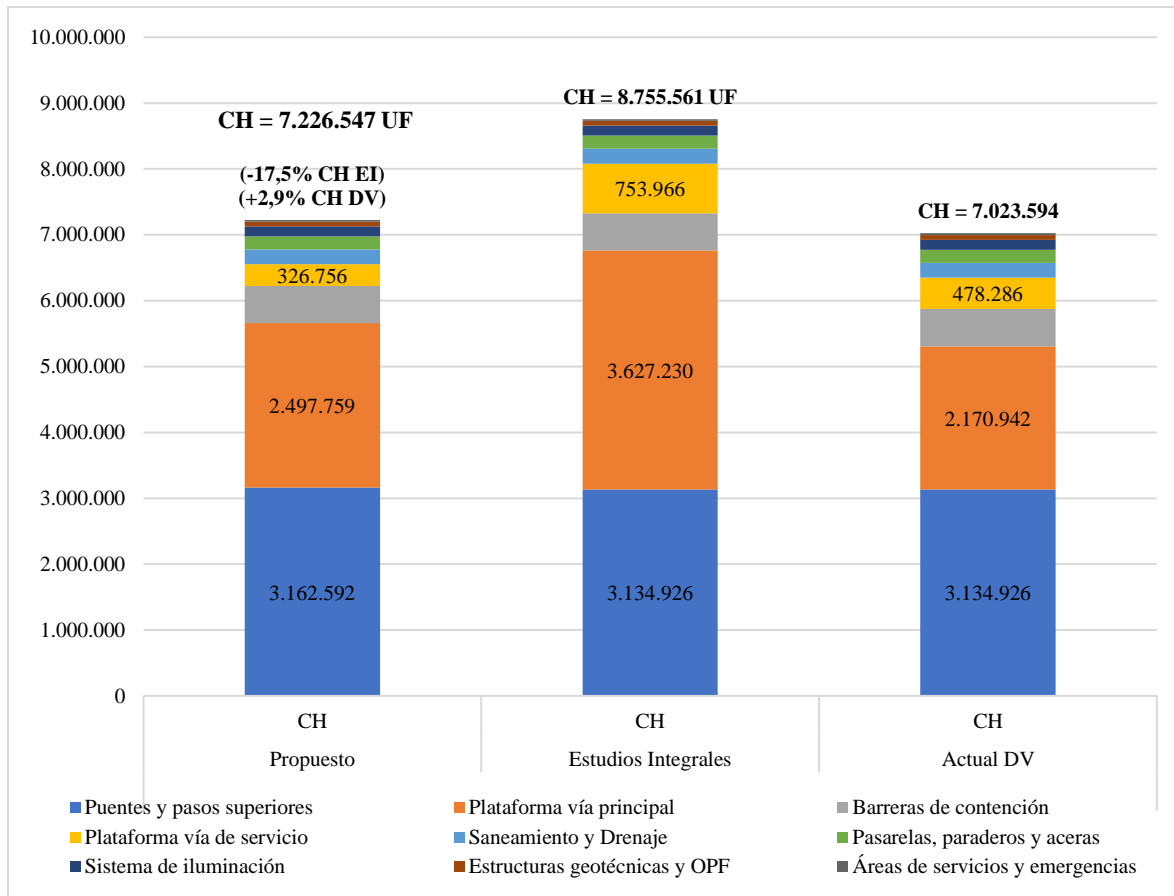


Figura 40. Composición del costo inicial de la Ruta I según modelo de valorización, en UF.

Esto muestra que el nivel de interpretabilidad de la metodología actual puede provocar una sub o sobreestimación del costo histórico de la carretera. En el caso del modelo propuesto, en este se indican cuáles son las partidas de construcción involucradas en el valor de cada componente y activo del modelo, siendo más preciso en el cómo determinar el valor de una carretera y más exacto en el valor de la infraestructura que es administrada por el operador de la carretera.

En la Figura 41 es posible notar que en todas las carreteras analizadas el costo histórico es menor en el modelo propuesto que en el Estudios Integrales, entre un 11,7% para la Ruta IV y un 22,2% para la Ruta VI. La mayor diferencia en el costo histórico se presenta en la Ruta VI, la cual es la que presenta, porcentualmente, un mayor aporte de los pavimentos al costo histórico, con un 74,5% del total. Las diferencias en el costo histórico de una carretera por la utilización de distintos paquetes estructurales para los pavimentos se acentúan en la medida que aumenta la proporción de pavimentos en la Ruta.

En el caso inverso, la menor diferencia de costo histórico se produce para la Ruta I más el Túnel de la Ruta II, y para la Ruta IV. Para la Ruta de la Zona Centro, los pavimentos representan solo el 24,4% del total de la carretera, siendo el Túnel el activo que más aporta a la misma, y cuyo costo histórico no varía entre modelos. De esta forma, al tener menor influencia los pavimentos en el costo total de la Ruta, las diferencias debido a los paquetes estructurales de los pavimentos se atenúan al considerar la carretera completa. En el caso de la Ruta IV, si bien los pavimentos poseen un 50,2% del costo histórico total de la carretera, las diferencias generadas por los paquetes estructurales de los pavimentos de la Zona Sur no son igual de significativas como en las otras Zonas.

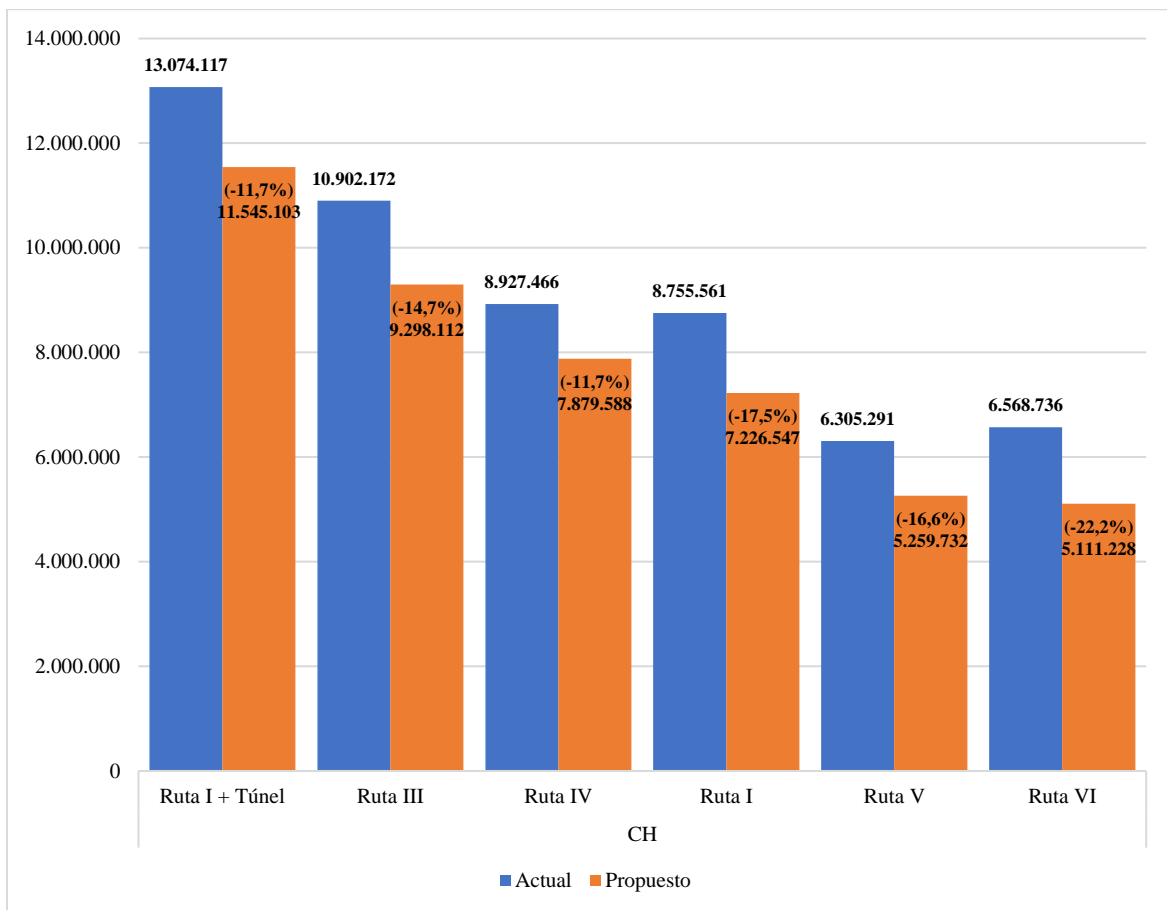


Figura 41. Costo Histórico en Rutas analizadas, según modelo propuesto y modelo Estudios Integrales, en UF.

En base a lo anterior, el modelo propuesto tiene mayores niveles de precisión en la determinación del valor de una carretera, ya que considera la infraestructura efectivamente construida en terreno y no asume su estructura. Además, es más objetiva al establecer a priori cómo se debe determinar el valor inicial de cada activo, no prestándose a interpretaciones. Ambos aspectos son relevantes cuando se quiere incorporar la valorización en concesiones viales, ya que aumenta la certeza de cómo se determina el Valor Residual de la concesión bajo supuesto del nivel de conservación de los activos, lo cual puede realizarse con softwares de gestión como PATVIAL o HDM-4, lo que finalmente podría reducir los riesgos y costos de los contratos.

---

## 6.4. Asociación estado-valor de los activos

En línea con los objetivos con que fue desarrollado el modelo propuesto, este considera una mayor cantidad de métodos que asocian la condición del activo en el tiempo con su valor, a diferencia del método de Depreciación Lineal de la actual metodología, que depende solo del costo de construcción, vida útil del activo y su valor residual al final de la vida útil. Esta cualidad del modelo propuesto permite evaluar de mejor manera el nivel de gestión del operador de la carretera en la conservación de los activos, o de una concesión vial, mediante cambios en el valor económico de la carretera.

En el caso del modelo actual, utilizar Depreciación Lineal resulta en tener valores invariantes ante la condición los activos, salvo para los caminos o plataformas viales, como puede notarse en la Figura 42 y Figura 44 del Apartado 6.4.1 y 6.4.2, respectivamente. Además, como se resume en la Tabla 43, solo en el caso de las plataformas viales existe una diferencia de valor entre distintos escenarios de conservación, alcanzando una diferencia del 4% del costo histórico de la vía principal entre el escenario Pesimista y Optimista, y un 3% en el caso de la vía de servicio. Por lo tanto, si bien igual se puede considerar este modelo para evaluar los niveles de conservación de la infraestructura, esta evaluación sería parcial. En ese sentido, la asociación estado-valor del modelo propuesto favorece su uso como herramienta de gestión de infraestructura, pudiendo ser incorporado en bases de licitación de carreteras concesionadas como una métrica del nivel de conservación de la concesión por parte de su operador.

### 6.4.1. Valorización inicial de la carretera

En relación con los casos de estudios presentados, una de las diferencias entre los modelos considerados se observa en el año 0 de valorización, respondiendo cada modelo a sus objetivos particulares. En el caso del modelo actual, uno de sus objetivos es la justificación técnica de las solicitudes presupuestarias a las arcas fiscales por concepto de mantenimiento de la Red Vial Nacional. Por esta razón, independiente de cuál sea el estado de los caminos de la red, siempre se requerirá una cantidad monetaria para realizar su mantenimiento, en línea con la actividad de Conservación Rutinaria indicada en la Tabla 4 del Apartado 2.3.1 para un camino de hormigón en estado Muy Bueno.

El costo de la Conservación Rutinaria se aplica como un costo de rehabilitación en el método de Valor Neto Residual, aun cuando el pavimento no presente deterioro alguno. De acuerdo con los casos de estudio presentados, para la Ruta I este costo produce que la valorización al año 0 sea inferior al costo histórico del pavimento en los modelos actuales, reduciendo un 3% y 7% del costo histórico de la plataforma vía principal y plataforma de las vías de servicio, respectivamente. A nivel de carretera o Ruta, este costo de Conservación Rutinaria implica una disminución del 1,7% del costo histórico total de la carretera, según se muestra en la Figura 42. Respecto a las demás Rutas valorizadas, este costo produce que las carreteras pierdan en el año 0 de valorización entre un 1,1 y 2,1% del su costo histórico.

Por su parte, el modelo propuesto tiene por objetivo evaluar la gestión del operador de la carretera en la conservación de la infraestructura concesionada, por lo que un activo presenta disminuciones en su valor solo cuando sea la gestión su operador la involucrada en la caída de la condición de la carretera, lo que puede observarse en la valorización al año 0 con el modelo propuesto, en que las Rutas valorizadas conservan todo su costo histórico.

De esta manera, y en línea con el objetivo con que fue desarrollado cada modelo, el propuesto es una mejor herramienta para incorporarse en bases de licitación como indicador del desempeño en la preservación de infraestructura, siendo más preciso en asociar caídas en la condición de los activos con caídas en el valor de los mismos o de la carretera.

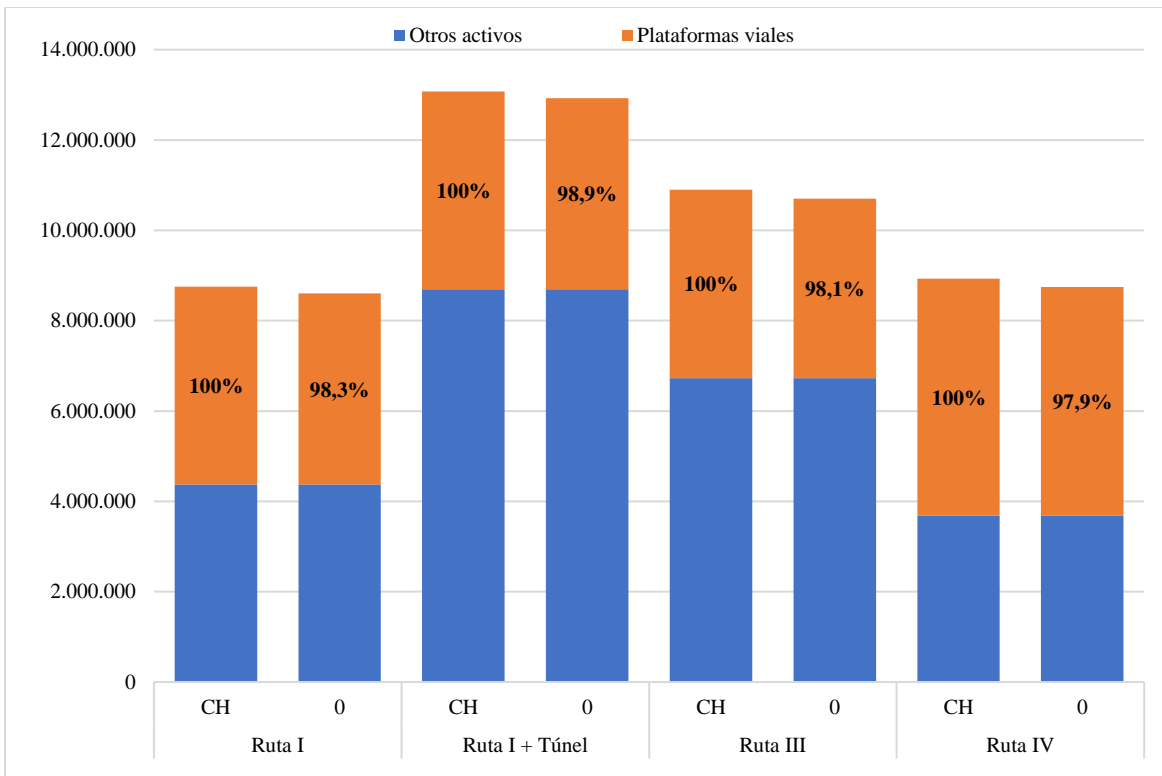


Figura 42. Valor mantenido por las plataformas viales en el año 0, según modelo Estudios Integrales, en UF.

### 6.4.2. Valorización al final del periodo de análisis

Al analizar las diferencias entre la valorización al año 20, se obtiene que la Ruta I mantiene un 75,3%, 90,7% y 94,1% de su costo histórico con el modelo propuesto para el escenario Pesimista, Realista y Optimista, respectivamente, mientras que con el modelo Estudios Integrales se mantiene un 73,3%, 74,3% y 75,2% de su costo histórico, respectivamente, según se muestra en la Figura 43 y Figura 44, respectivamente. Esto indica que, según los escenarios de condición definidos para cada activo, el modelo propuesto mantiene en mayor medida el valor inicial de la carretera en comparación con el modelo actual. Es más, salvo la Plataforma vía principal y de servicio, para Áreas de servicios y de emergencias, y Pasarelas peatonales, en el escenario Pesimista, para todos los demás activos el valor al año 20 con el modelo propuesto se conserva por sobre lo resultante con el modelo actual.

En el caso de las plataformas viales, esto se presenta porque el modelo propuesto es más sensible a los distintos escenarios de condición, especialmente al escenario Pesimista, en que los costos de rehabilitación de la componente calzada de hormigón alcanzan a ser el doble de los costos del modelo actual (Arce, 2023). Para áreas de servicios y emergencias y pasarelas, esto se presenta exclusivamente por la naturaleza de los métodos de valorización del modelo propuesto y por la condición asignada en el escenario Pesimista para estos activos.

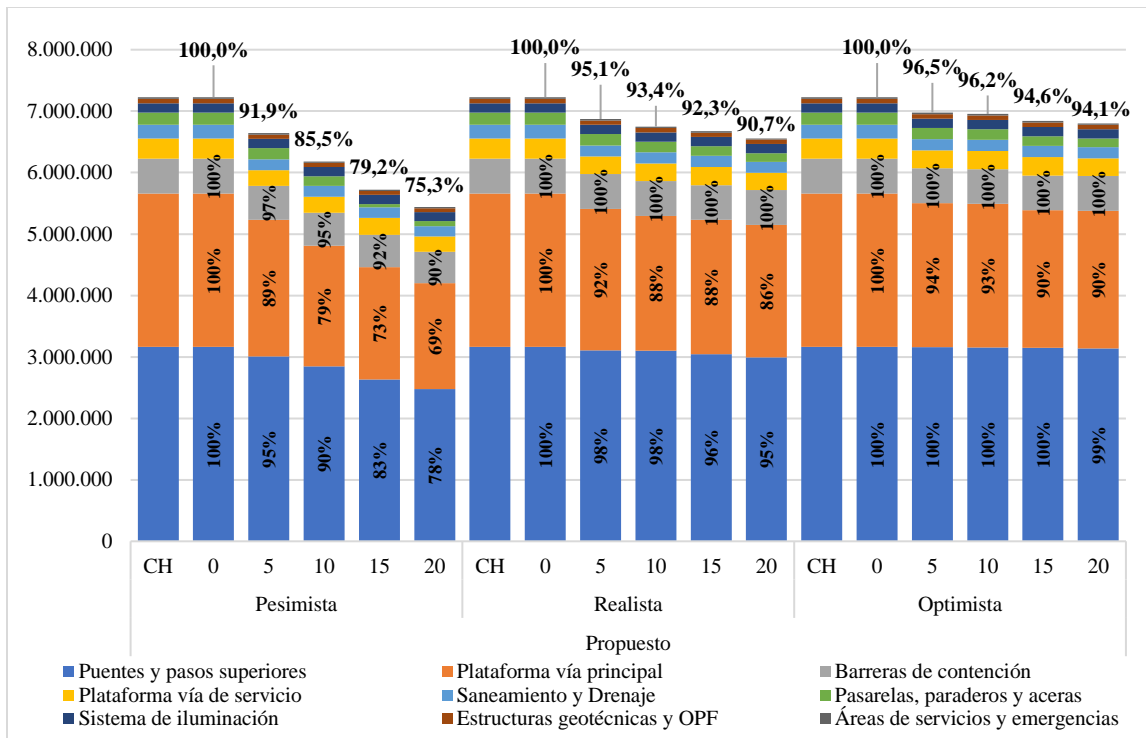


Figura 43. Valorización Ruta I en UF según escenario de condición en modelo propuesto. Indica porcentaje del costo histórico mantenido por la Ruta I y por los activos Puentes, Plataforma vía principal y Barreras de contención.

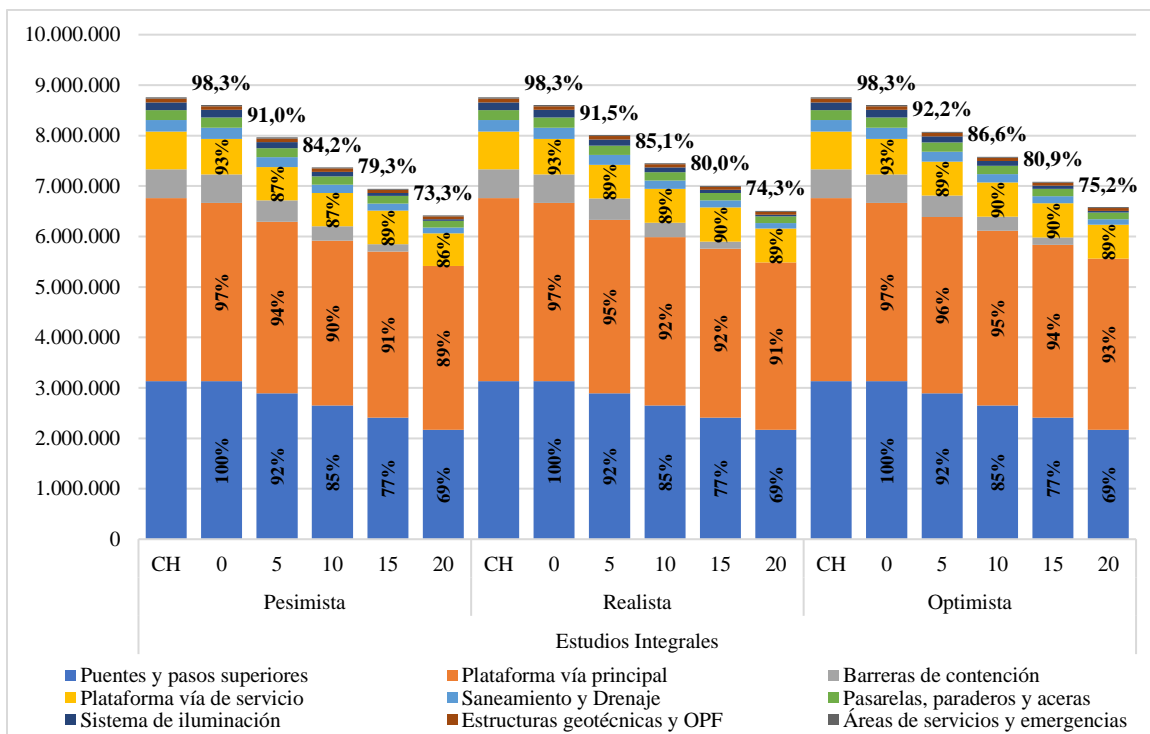


Figura 44. Valorización Ruta I en UF según escenario de condición en modelo Estudios Integrales. Indica porcentaje del costo histórico mantenido por la Ruta I y por los activos Puentes y pasos superiores, y Plataforma vía principal y de servicio.

En términos globales, la Tabla 43 muestra que la diferencia entre el modelo propuesto y el actual se acentúa al analizar la variación de valor entre el escenario Pesimista y Optimista. Mientras el modelo actual Estudios Integrales solo presenta variación entre estos escenarios para la Plataforma vía principal, equivalente al 4% de su costo histórico, y del 3% del costo histórico de la plataforma vía de servicio, el modelo propuesto presenta variaciones entre los mismos escenarios que alcanzan un valor cercano al 21% del costo histórico de la Plataforma vía principal y de Puentes y pasos superiores, y hasta un 27% del costo histórico en el caso de Pasarela, paraderos y acera. A nivel de carretera, entre el escenario Pesimista y Optimista, con el modelo propuesto el valor al año 20 presenta variaciones del 18,8% del costo histórico, mientras en el modelo actual de solo un 1,9%.

Tabla 43. Comparación de valorización al año 20 entre modelo propuesto y Estudios Integrales como porcentaje del costo histórico de la Ruta I, según escenario de condición.

| Activo                           | E. Pesimista |              | E. Realista  |              | E. Optimista |              | Diferencia O-P |             |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-------------|
|                                  | Propuesto    | EI           | Propuesto    | EI           | Propuesto    | EI           | Propuesto      | EI          |
| Plataforma vía principal         | 69%          | 89%          | 86%          | 91%          | 90%          | 93%          | 21%            | 4%          |
| Puentes y pasos superiores       | 78%          | 69%          | 95%          | 69%          | 99%          | 69%          | 21%            | 0%          |
| Estructuras geotécnicas y OPF    | 88%          | 80%          | 100%         | 80%          | 100%         | 80%          | 12%            | 0%          |
| Saneamiento y Drenaje            | 75%          | 50%          | 80%          | 50%          | 81%          | 50%          | 6%             | 0%          |
| Plataforma vía de servicio       | 76%          | 86%          | 86%          | 89%          | 89%          | 89%          | 13%            | 3%          |
| Áreas de servicios y emergencias | 64%          | 71%          | 80%          | 71%          | 84%          | 71%          | 20%            | 0%          |
| Sistema de iluminación           | 96%          | 20%          | 100%         | 20%          | 100%         | 20%          | 4%             | 0%          |
| Pasarelas, paraderos y aceras    | 43%          | 66%          | 69%          | 66%          | 70%          | 66%          | 27%            | 0%          |
| Barreras de contención           | 90%          | 0%           | 100%         | 0%           | 100%         | 0%           | 10%            | 0%          |
| <b>Total Ruta I</b>              | <b>75,3%</b> | <b>73,3%</b> | <b>90,7%</b> | <b>74,3%</b> | <b>94,1%</b> | <b>75,2%</b> | <b>18,8%</b>   | <b>1,9%</b> |

Esto muestra que el modelo de valorización propuesto es capaz de reflejar de mejor manera los cambios de condición de los activos en el valor de los mismos, a diferencias de los modelos actuales, en que solo las plataformas varían de valor ante distintos escenarios de condición o estado del activo.

En el contexto de concesiones viales, esto presenta una ventaja del modelo propuesto en relación al actual, en el sentido de que su uso, además de poder servir para determinar el valor de la infraestructura concesionada, puede utilizarse para evaluar la gestión del operador de la carretera en la conservación de la misma. Por su parte, el modelo actual es útil para determinar el valor de la infraestructura concesionada, aunque con menores niveles de exactitud y precisión que el modelo propuesto, pero no así como herramienta para evaluar la gestión, ya que el método de Depreciación Lineal considerado en la mayoría de los activos controla el valor de la carretera, existiendo diferencias mínimas entre los distintos escenarios de condición de los activos.

Esta tendencia en la valorización de la Ruta I se mantiene para las demás Rutas valorizadas, según se muestra en la Figura 45. Puede notarse que con el modelo propuesto existe una notoria diferencia entre los distintos escenarios, especialmente entre el Pesimista y los otros, mientras que en el modelo actual estas diferencias son prácticamente marginales.

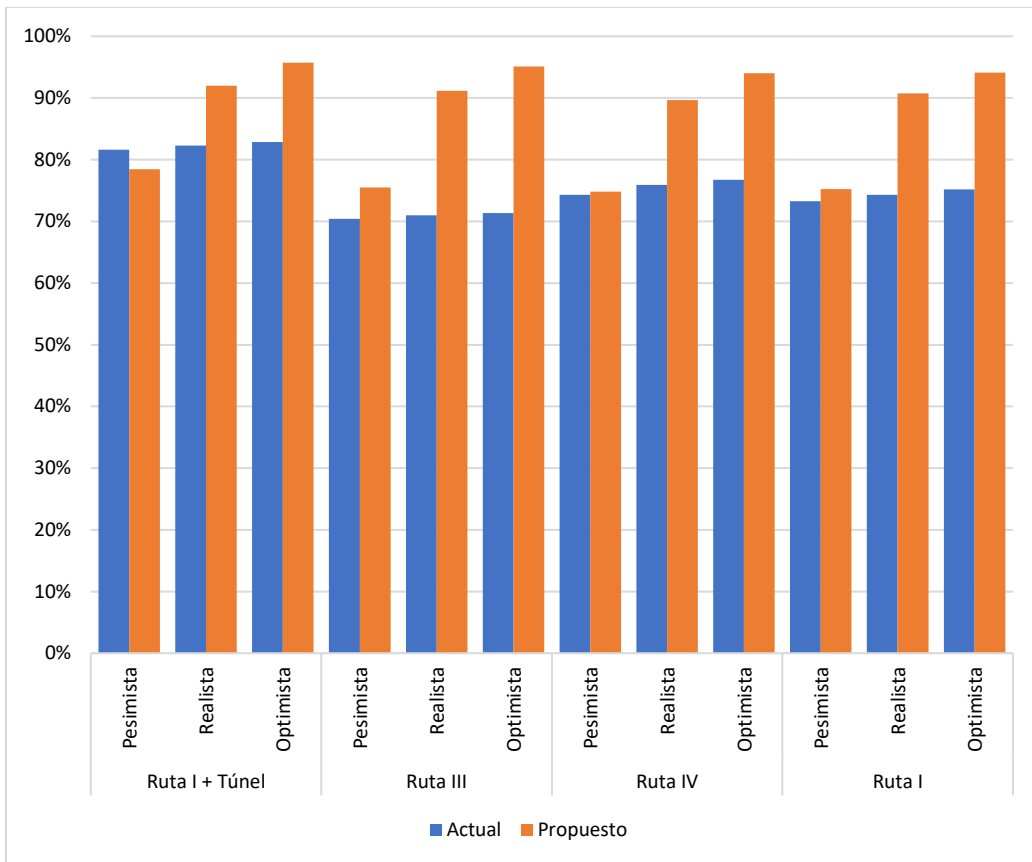


Figura 45. Valorización al año 20 como porcentaje del Costo Histórico en Rutas valorizadas, según modelo propuesto y modelo actual para escenario Pesimista, Realista y Optimista.

La única particularidad se puede ver para el escenario Pesimista en la Ruta I considerando el activo Túnel de la Ruta II, en que, el alto valor aportado por el Túnel y su poca pérdida de valor en el modelo actual, hacen que esta valorización esté por sobre la del modelo propuesto. Así, en este caso, mantener en condiciones inadecuadas el Túnel puede provocar que el valor obtenido con el modelo propuesto se vea más disminuido que con la Depreciación Lineal del modelo actual, lo que hace más exacto al modelo propuesto.

En la Tabla 44 se resumen los valores mantenidos por cada carretera en el año 20 en el escenario Pesimista, Realista y Optimista, para el modelo propuesto y el actual. Además, también se indica el valor promedio, mínimo y máximo obtenido en cada escenario según el modelo de valorización. Como ya se menciona anteriormente, con el modelo propuesto las carreteras analizadas mantienen en promedio entre un 76,0% y 94,7% de su costo histórico, mientras que con el modelo actual entre un 74,9% y 76,7%, lo que muestra la capacidad del modelo propuesto de entregar un valor de acuerdo con el nivel de gestión que tenga el operador de la carretera en la conservación de la infraestructura.

Si bien con ambos modelos se conserva un parte similar del costo histórico en el escenario Pesimista, no ocurre lo mismo para los escenarios Realista y Optimista. Esto es un indicador de que el método contable de Depreciación Lineal podría estar subestimando el valor de las carreteras en los casos en que el estado de las carreteras se mantenga ajustado a los requerimientos de las respectivas bases de licitación, o por sobre estas.

Tabla 44. Porcentaje del costo histórico mantenido por cada carretera según modelo de valorización y escenario de condición.

| Carretera      | Modelo Propuesto |          |           | Modelo Actual |          |           |
|----------------|------------------|----------|-----------|---------------|----------|-----------|
|                | Pesimista        | Realista | Optimista | Pesimista     | Realista | Optimista |
| Ruta I         | 75,3%            | 90,7%    | 94,1%     | 73,3%         | 74,3%    | 75,2%     |
| Ruta I + Túnel | 78,4%            | 92,0%    | 95,7%     | 81,6%         | 82,3%    | 82,9%     |
| Ruta III       | 75,5%            | 91,2%    | 95,1%     | 70,4%         | 71,0%    | 71,4%     |
| Ruta IV        | 74,8%            | 89,6%    | 94,0%     | 74,3%         | 75,9%    | 76,7%     |
| Promedio       | 76,0%            | 90,9%    | 94,7%     | 74,9%         | 75,9%    | 76,5%     |
| Mínimo         | 74,8%            | 89,6%    | 94,0%     | 70,4%         | 71,0%    | 71,4%     |
| Máximo         | 78,4%            | 92,0%    | 95,7%     | 81,6%         | 82,3%    | 82,9%     |

---

# 7. Conclusiones y recomendaciones

## 7.1. Conclusiones por objetivos

**Objetivo específico N°1: Definir seis carreteras concesionadas interurbanas representativas de la infraestructura existente en las Zonas Norte, Centro y Sur del país, en función de la información histórica proporcionada por la Dirección General de Concesiones.**

Para la aplicación de los modelos de valorización de activos viales concesionados (MVAVC) se utilizaron carreteras tipo representativas de carreteras concesionadas interurbanas chilenas, con las que mostraron distintas condiciones climáticas, geográficas y demográficas a las que se pueden ver solicitadas estas carreteras. Para esto se requirió información histórica de variables como cantidad de obra, precios unitarios de construcción y rehabilitación de los activos, y condición de los activos en el tiempo, la que fue provista por la Dirección General de Concesiones (DGC).

La información proporcionada fue suficiente para determinar las seis carreteras tipo, dos en cada una de las Zonas Climáticas consideradas. Sin embargo, esta no fue suficiente para evaluar todos los modelos de valorización desarrollados. En ninguna de las seis carreteras tipo definidas se contó con información que permitiera evaluar los modelos de valorización de los activos Pasos de fauna, Pantallas acústicas, Ciclovías, y Cercos y portones. En el caso de las Ciclovías, no hay hasta la fecha carreteras concesionadas interurbanas que cuenten con este activo. Para los otros activos no inventariados, no fue posible determinar cuánto influye su presencia y cuantía en las carreteras definidas, ni cómo las condiciones climáticas, geográficas y demográficas afectan su cuantía.

Por lo tanto, el nivel de información disponible para esta comparación condicionó la definición de las carreteras tipo, pudiendo evaluarse la gran mayoría de los modelos de valorización desarrollados, más no todos, lo que finalmente repercutió en los resultados de la valorización y en la comparación realizada en este trabajo.

**Objetivo específico N°2: Proponer escenarios de gestión de la conservación para las carreteras previamente definidas, que permitan sensibilizar los modelos ante distintos desempeños del operador de la carretera.**

Al igual que para el Objetivo específico N°1, el nivel de información disponible condicionó la definición de los escenarios de gestión de la conservación de las carreteras. En esta definición en particular, fue especialmente crítico el uso de la información histórica, ya que solo se pudo evaluar los tres escenarios de condición en las carreteras de la Zona Centro y Zona Sur.

Para las plataformas viales fue el único activo en el que se pudo utilizar directamente la información disponible. Sin embargo, aun cuando el nivel de información fue mayor que para los demás activos, no se contó con datos para todas las variables involucradas en la valorización de las plataformas viales con el modelo propuesto. Esto debido a que no se exige en las actuales bases de licitación la medición de todas las variables del modelo, como es el caso del indicador del nivel de ruido (OASI) de las calzadas de asfalto y hormigón.

Para los demás activos, la definición de los escenarios de condición debió realizarse en base a supuestos que podrían no ser representativos de sus estados funcionales y estructurales ante distintos escenarios de gestión por parte del operador de la carretera. Si bien en algunos casos se consideraron las exigencias de las actuales bases de licitación para la definición de los escenarios, no hay certeza de que estas exigencias contractuales sean homologables a algún tipo de condición en los activos. Por otra parte, cuando los escenarios de gestión se definieron en base a la información histórica, de esta última se consideraron solamente algunas variables. Respecto a esto último, para los activos Puentes y pasos superiores, y Pasarela

---

peatonal, se tomó como base los informes del estado de las estructuras. Sin embargo, la consideración de nuevos indicadores técnicos para estos activos en el modelo propuesto no permitió que la información histórica pudiera ser utilizada a cabalidad.

Por otra parte, debido a cómo está formulado el modelo actual, la información histórica disponible no presentó inconvenientes para poder ser utilizada en este modelo. En el caso de las plataformas viales, los datos disponibles permitieron su aplicación directa, mientras que para los demás activos no fue necesario, ya que sus modelos de valorización no dependen de estado funcional ni estructural de los activos.

Por lo tanto, si bien la información histórica proporcionada por la Dirección General de Concesiones, en adición a las exigencias de las bases de licitación, permitió establecer los tres escenarios de gestión de la conservación de las carreteras, es necesario contar con un mayor nivel de información histórica de la condición de los activos para poder generar escenarios de gestión más representativos de la condición que pudieran alcanzar los activos.

**Objetivo específico N°3: Comparar las valorizaciones realizadas con el modelo propuesto y con la actual metodología de la Dirección de Vialidad para las carreteras y escenarios definidos anteriormente, analizando precisión y exactitud para ambos modelos.**

El costo histórico del modelo propuesto (MVAVC) se determina según las cantidades de obra y precios unitarios de las respectivas bases de licitación de la carretera, a diferencia de la actual metodología de valorización para la Red Vial Nacional, que considera estructuraciones y costos estándar para algunos activos. En ese sentido, con el MVAVC se determina un valor más exacto de la infraestructura vial concesionada.

Además, el costo histórico del MVAVC es idéntico al de la actual metodología de valorización para todos los activos salvo Plataforma vía principal, Plataforma vía de servicio, y Puentes y pasos superiores. En el caso de las plataformas viales, el MVAVC valoriza la infraestructura propiamente tal de la carretera, mientras que la actual metodología considera estructuraciones y materiales estándar que dependen de la ubicación y tránsito del camino, lo que podría sub o sobreestimar los costos. Por otra parte, la actual metodología considera como parte del valor de los caminos el costo de los movimientos de tierra, aspecto que no es considerado en el MVAVC y que no fue incluido en los análisis de este informe debido a la distorsión que se produce en los resultados al considerar estas partidas solo en los modelos derivados de la actual metodología. En el caso de Puentes y pasos superiores, en el MVAVC se incorpora el costo de los accesos a estas estructuras sobre nivel, por lo que el costo obtenido con el modelo propuesto es superior al de la actual metodología.

Por otra parte, el MVAVC cuenta con modelos de valorización que depende de la condición de los activos, valorizándolos con los métodos Valor Fijo Respecto a Condición Límite, Valor Ajustado Respecto a Condición Límite, Depreciación Lineal, Valor Neto Residual para pavimentos, Costo Histórico, Costo de Reemplazo Escrito, y Descomposición Elemental y Multicriterio. Por su parte, la actual metodología de valorización solo utiliza el método Valor Neto Residual para los pavimentos y una Depreciación Lineal para estructuras tipo puentes, tipo túnel, pasarelas y ciclovías. De esta forma, el MVAVC cuenta con un modelo para más activos que la actual metodología y, además, considera la condición de los activos en la mayoría de los casos salvo Barreras de Contención y otros elementos menores, por lo que, además de ser más exacto en la determinación del valor de la infraestructura administrada por el operador de la carreta, facilita la evaluación del nivel de gestión del operador de la carretera en la conservación de la infraestructura concesionada, presentando mayores niveles de precisión en la relación estado-valor de los activos.

Los resultados mostraron que el MVAVC es más sensible que la actual metodología de valorización ante la condición de los activos, por lo que el modelo propuesto permite evaluar de mejor manera la gestión del operador de la carretera en la conservación de la infraestructura concesionada. Esto pudo notarse en las valorizaciones al año 20 de cada Ruta, en que la diferencia de valor en este año entre los distintos escenarios

---

de condición alcanza un 2% costo histórico de la carretera con el modelo actual, y cercano a un 20% en el MVAVC.

Por último, el MVAVC tiene una definición precisa de los activos considerados y de los componentes y elementos que son incluidos en la valorización, mientras que la actual metodología posee distintas interpretaciones que vuelven inexactos los resultados de la valorización, como se ha observado en informes de valorización y Estudios Integrales de las rutas existentes. De esta manera, utilizar una metodología precisa y más exacta que la actualmente exigida para la valorización de activos en concesiones viales chilenas, permitiría avanzar en una disminución de las controversias entre la Sociedad Concesionario u operador de la carretera y el Estado en cuanto a la aplicación de las bases de licitación. Por lo tanto, dadas las características que tienen estos contratos de asociación público-privada en Chile, el MVAVC es una mejor herramienta para incluir en estos contratos, ya que disminuye los niveles de incerteza del contrato y en consecuencia los costos del proyecto.

## **7.2. Comentarios generales**

Existe una diferencia conceptual entre los modelos de valorización comparados. Mientras la actual metodología tiene por objetivo determinar el valor patrimonial de la Red Vial Nacional y dar un sustento técnico a las solicitudes presupuestarias del Ministerio de Obras Públicas al Ministerio de Hacienda, el objetivo del MVAVC es evaluar el desempeño del operador privado de la carretera en la conservación de la infraestructura concesionada durante un contrato de concesión. Lo anterior se puede observar en la valorización en el año 0 de cada Ruta, ya que, mientras que en el modelo actual existe una pérdida en el valor de las plataformas viales independiente de su condición, en el MVAVC esta pérdida se materializa solo cuando alguno de los indicadores técnicos del pavimento cae por debajo del nivel de desempeño a los usuarios “Muy Bueno”. Por lo tanto, con el modelo propuesto es posible evaluar de mejor forma el nivel de gestión del operador de la carretera en la conservación de la infraestructura.

Por otra parte, el MVAVC requiere la recopilación de datos de condición de los activos de forma periódica, toda la cual no es registrada y/o exigida actualmente en las bases de licitación, como es el caso del nivel de ruido de los pavimentos. Esto presenta un desafío en la valorización con este modelo y una brecha para su futura implementación en bases de licitación. En ese sentido, para la correcta utilización del MVAVC en bases de licitación es necesario que estas exijan la medición y utilización de los indicadores técnicos propuestos para la valorización de cada activo, ya que la tecnología actualmente disponible permite la medición de todos los parámetros requeridos por el MVAVC.

Se comprueba la importancia de la geografía y demografía en la participación que tienen los distintos activos en el valor de la carretera. Si bien el nivel de los resultados para el costo inicial de las Rutas está condicionado al inventario disponible de cada carretera, activos como Plataforma vía de servicio, y Pasarelas, paraderos y aceras tienen una mayor participación en las rutas de la Zona Centro y Zona Sur, en consecuencia, con la mayor cantidad de ciudades y comunidades aledañas a la carretera, en comparación con las carreteras de la Zona Norte. De igual forma, las condiciones hidrográficas y pluviales de la Zona Centro y Zona Sur traen consigo un mayor costo para los activos Puentes y pasos superiores, y Saneamiento y drenaje. En el caso de Puentes, estos alcanzan a tener hasta el doble del costo por metro lineal de Paso superior o inferior, y poseen su mayor participación dentro del costo total de estas estructuras en la Zona Sur. La Plataforma de la vía principal posee una mayor participación en las Rutas de la Zona Norte ya que el inventario de Puentes y pasos superiores es considerablemente inferior al de la Zona Centro y Zona Sur. Sin embargo, en línea con los mayores niveles de tránsito y pluviales de la Zona Centro y Zona Sur, los pavimentos poseen paquetes estructurales de mayor espesor y en consecuencia costos de construcción más elevados que en la Zona Norte.

---

De acuerdo con la comparación realizada en este trabajo, es posible validar la hipótesis investigativa planteada, siendo el modelo propuesto una metodología más precisa y exacta que la utilizada actualmente, por lo que es una mejor herramienta para ser incorporada en la valorización de activos viales concesionados.

- **Precisión:** el MVAVC tiene procedimientos claros y objetivos que minimizan el espacio de interpretaciones por parte de quién realiza la valorización de los activos. En el caso del modelo actual, los Estudios Integrales de las rutas en relicitación y los informes de valorización muestran que la metodología puede resultar en valorizaciones distintas dependiendo de quién la aplica. En el ámbito de concesiones viales esto es un problema que puede resultar en mayores niveles de incertidumbre y en consecuencia mayores costos en los proyectos.
- **Exactitud:** el MVAVC cuenta con un modelo de valorización para una mayor cantidad de activos viales, de forma tal que se aproxima de manera más exacta al valor de la infraestructura administrada por el operador de la carretera.

### 7.3. Investigaciones futuras

Las carreteras concesionadas tipo definidas están condicionadas por el nivel de información histórica disponible y proporcionada para este trabajo, las que no necesariamente son representativas de todas las carreteras interurbanas concesionadas chilenas. Por lo tanto, se requiere una continua evaluación de los modelos, incorporando resultados de valorizaciones en otras zonas climáticas, geográficas y demográficas, de manera de ampliar la validación de los resultados. Se debe incluir también una continua actualización de los umbrales de condición de los modelos y de las características de los activos valorizados, de acuerdo con la evolución y contexto del estándar de la carretera donde se aplique. Por ejemplo, en el caso de los pavimentos los umbrales de los indicadores de condición fueron definidos en función de las demandas de servicio de la ciudadanía, las cuales pueden volverse más exigentes con el tiempo y requerir que el modelo sea actualizado. De igual forma, la incorporación de nuevas tecnologías en la construcción y rehabilitación de los activos ha favorecido a su durabilidad y al servicio que estos prestan a los usuarios, lo cual podría requerir de la actualización de vidas útiles del modelo propuesto y de los indicadores de condición funcional y/o estructural.

Si bien el modelo de valorización de activos viales concesionados (MVAVC) fue desarrollado particularmente para implementarse en bases de licitación de carreteras interurbanas chilenas y para evaluar la gestión del operador de la carretera en la preservación de la infraestructura concesionada, el modelo es susceptible de ser adaptado a las condiciones de la Red Vial Nacional. De esta manera, sería posible actualizar la forma en que se determina el valor del Patrimonio Vial, incorporando, además, métricas de la condición presente de los activos que actualmente ya son medidas. Por ejemplo, en el caso de los caminos pavimentados, el modelo actual solo considera una evaluación del estado mediante el ICP. Sin embargo, este índice no es capaz de representar la condición estructural del camino, a diferencia de lo propuesto para este activo en el MVAVC, donde la capacidad estructural de los pavimentos, medida con Deflectómetro de Impacto (FWD) y representada por el Número Estructural Efectivo (NE), está explícitamente considerada como una variable del modelo. Si bien esto significaría un aumento en los costos de auscultación de los pavimentos, ya que debería aplicarse a toda la Red Vial Nacional pavimentada, podría ser un aspecto a considerar. De igual manera, para los demás activos viales podrían explorarse nuevas formas de incorporar la condición funcional y/o estructural en la valorización del modelo actual, o bien, adoptar las propuestas del MVAVC.

---

# Referencias

- Acharya, D. (2014). *Transportation Asset Valuation* [Tesis de Magíster, The University of Toledo]. [http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=toledo1418387965](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=toledo1418387965)
- Alyami, Z. (2017). *Asset Valuation: A Performance Measure for Comprehensive Infrastructure Asset Management* [Tesis de Doctorado, University of Waterloo]. <https://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/12727>
- Alyami, Z., y Tighe, S. (2016). A Methodology for Integrating Asset Valuation in Transportation Asset Management. *Resilient Infrastructure, Canadian Society for Civil Engineering (CSCE) Proc.*
- Alyami, Z., y Tighe, S. (2018). Incorporating Asset Value in Life Cycle Cost Analysis for Transportation Infrastructure Assets. *Conference: Canadian Society for Civil Engineering (CSCE).*
- Almonte, L. (1999). *Valorización del Patrimonio Vial*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Santiago, Chile.
- Amekudzi, A., Herabat, P., Wang, S., y Lancaster, C. (2002). Multipurpose Asset Valuation for Civil Infrastructure: Aligning Valuation Approaches with Asset Management Objectives and Stakeholder Interests. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1812(1), 211–218. <https://doi.org/10.3141/1812-26>
- Amekudzi, A., Labi, S., y Singh, P. (2019). Transportation Asset Valuation: Pre-, Peri- and Post-Fourth Industrial Revolution. *Journal of the Transportation Research Board*, 2673(12), 163–172. <https://doi.org/10.1177/0361198119846470>
- Arce, L. (2023). *Desarrollo de un modelo de valorización de pavimentos de hormigón de carreteras concesionadas interurbanas compatible con el nivel de servicio a los usuarios* [Tesis de Magíster, Universidad Técnica Federico Santa María]. Valparaíso, Chile.
- Austroroads. (2018). *Guide to Asset Management – Processes Part 8: Financial Management* (Publication No. AGAM08-18). AustRoads Incorporated.
- Chartered Institute of Public Finance and Accountancy. (CIPFA). (2016). *Code of practice on the highways network asset*.
- Chicago Department of Transportation. (ChDOT). (2004). *Authorization for Execution of Concession and Lease Agreement for Operation of Chicago Skyway Toll Bridge System*. Estados Unidos.
- Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (CICCP). (2005). *Libro Verde de Indicadores de Calidad de Servicio de Carreteras*. Comisión de Transportes, Madrid, España.
- Contraloría General de la República de Chile. (2015). *Normativa del Sistema de Contabilidad General de la Nación NICSP – CGR Chile*. (2017a ed.). Santiago, Chile.
- Corporación de Fomento de la Producción. (CORFO). (1950). *Geografía Económica de Chile*. R. Sagredo (Ed.). (Vol. 1). Cámara Chilena de la Construcción; Pontificia Universidad Católica de Chile; Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. Chile.
- De Solminihac, H., Echaveguren, T., y Chamorro, A. (2018). *Gestión de Infraestructura Vial* (Tercera Edición). Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Delgadillo, R., Echaveguren, T., Wahr, C., Muñoz, R., Gómez, J., y Jiménez, G. (2018). Estado del Arte y de la Práctica en Evaluación de Carreteras por Nivel de Servicio. *13th Chilean Maintenance Conference (PROVIAL)*. 6 – 10 August, Arica, Chile.

- 
- Delgadillo, R., Echaveguren, T., Wahr, C., Muñoz, R., Gómez, J., Jiménez, G., y Ebensperger, M. (2020). *Manual Técnico para Licitación de Concesiones Viales por Nivel de Servicio* (Documento Técnico DT-06-2020; Proyecto FONDEF IT16I10008). Universidad Técnica Federico Santa María y Universidad de Concepción.
- Delgadillo, R., Osorio, A., Echaveguren, T., Wahr, C., Araya, F., Marzal, I., Arce, L., Umaña, D., Jiménez, G., Cartes, P., y Flores, N. (2021). *Hito N°1: Estado del Arte y de la Práctica en Metodologías de Valorización de Activos Viales* (Documento Técnico DT-H1-2021; Proyecto FONDEF ID20I10072). Universidad Técnica Federico Santa María y Universidad de Concepción.
- Delgadillo, R., Osorio, A., Echaveguren, T., Wahr, C., Araya, F., Marzal, I., Arce, L., Umaña, D., Jiménez, G., Cartes, P., y Flores, N. (2022a). *Hito N°2: Desarrollo de Modelo de Valorización de Activos Viales Concesionados* (Documento Técnico DT-H2-2022; Proyecto FONDEF ID20I10072). Universidad Técnica Federico Santa María y Universidad de Concepción.
- Delgadillo, R., Osorio, A., Echaveguren, T., Wahr, C., Araya, F., Marzal, I., Arce, L., Umaña, D., Jiménez, G., Cartes, P., y Flores, N. (2022b). *Hito N°3: Verificación y sensibilización del modelo de valorización del patrimonio* (Documento Técnico DT-H3-2022; Proyecto FONDEF ID20I10072). Universidad Técnica Federico Santa María y Universidad de Concepción.
- Delgadillo, R., Osorio, A., Echaveguren, T., Wahr, C., Araya, F., Marzal, I., Arce, L., Umaña, D., Jiménez, G., Cartes, P., y Flores, N. (2023). *Manual Técnico para la Valorización de Activos Viales Concesionados Compatible con el Nivel de Servicio a los Usuarios* (Documento Técnico DT-H4-2023; Proyecto FONDEF ID20I10072). Universidad Técnica Federico Santa María y Universidad de Concepción.
- Deng, J., Han, X., Pan, Z., Wang, J., Zhang, H., Geng, G., y Ling, C. (2020). Research on Physical Depreciation Methods of Non-Toll Road Assets. *CICTP 2020*, 1011–1021. <https://doi.org/10.1061/9780784482933.088>
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (DGAC). (2018). *Anuario meteorológico 2018*. Subdepartamento de Climatología y Meteorología Aplicada, Dirección Meteorológica de Chile, Santiago, Chile.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (DGAC). (2019). *Anuario meteorológico 2019*. Subdepartamento de Climatología y Meteorología Aplicada, Dirección Meteorológica de Chile, Santiago, Chile.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (DGAC). (2020). *Anuario meteorológico 2020*. Subdepartamento de Climatología y Meteorología Aplicada, Dirección Meteorológica de Chile, Santiago, Chile.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (DGAC). (2021). *Anuario meteorológico 2021*. Subdepartamento de Climatología y Meteorología Aplicada, Dirección Meteorológica de Chile, Santiago, Chile.
- Do, M., y Jung, H. (2018). Enhancing Road Network Resilience by Considering the Performance Loss and Asset Value. *Sustainability*, 10(11), 4188. <https://doi.org/10.3390/su10114188>
- Dojutrek, M., Makwana, P., y Labi, S. (2012). *A Methodology for Highway Asset Valuation in Indiana* (Final Report FHWA/IN/JTRP-2012/31). Joint Transportation Research Program and Purdue University. <https://doi.org/10.5703/1288284315035>
- Dojutrek, M., Volovski, M., y Labi, S. (2014). Elemental Decomposition and Multicriteria Method for Valuing Transportation Infrastructure. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2460(1), 137–145. <https://doi.org/10.3141/2460-15>
- Falls, L. C., Haas, R., y Tighe, S. (2004). A comparison of asset valuation methods for civil infrastructure. *6th International Conference on Managing Pavements: The Lessons, The Challenges, The Way Ahead*, Brisbane, Queensland, Australia.

- 
- Federal Highway Administration. (FHWA). (2016). *Incorporating Asset Valuation into Transportation Asset Management Financial Plans* (FHWA-HIF-16-009). United States Department of Transportation. <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/42719>
- Fernández, S. (2002). *Análisis de la Evolución del Valor del Patrimonio Vial, Aplicado a la V Región de Chile, para el período 1995-2001*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Santiago, Chile.
- Herabat, P., Amekudzi, A. A., y Sirirangsi, P. (2002). Application of Cost Approach for Pavement Valuation and Asset Management. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1812(1), 219–227. <https://doi.org/10.3141/1812-27>
- Hogg, E., y Reid, D. (2016). *Road Asset Management Planning - Asset Valuation Report 2015-2016* (Version 3.0). Falkirk Council.
- Indiana Department of Transportation. (INDOT). (2017). *Amended and Restated Indiana Toll Road Concession and Lease Agreement*. Estados Unidos.
- Instituto Nacional de Estadística. (INE). (2023). *Población total por sexo y área urbana-rural, según edad simple*. Recuperado de <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>.
- London Bridges Engineering Group. (LoBEG). (2012). *Asset Valuation for Highway Structures* (LoBEG Technical Note Version3.0).
- Martin, T., Gleeson, B., Chau, P., Ai, U., Thoresen, T. and Marzouk, S. (2016). *Defining asset management level of service requirements for freight on rural arterial roads*. Austroads Publication N° AP-T306-16. Austroads Ltd. Australia.
- Marzal, I. (2021). *Desarrollo de un método de valorización para el activo pavimentos asfálticos, compatible con el nivel de servicio a usuarios, aplicable a carreteras interurbanas concesionadas* [Tesis de Magíster, Universidad Técnica Federico Santa María]. Valparaíso, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (1996). Decreto 900: Fija texto refundido, coordinado y sistematizado del DFL MOP N° 164, de 1991, Ley de Concesiones de Obras Públicas, Artículo N°25. <https://bcn.cl/2l0rs>
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2012). *Proposiciones de Acciones de Mantenimiento (PAM) y Estado de la Calzada y Bermas Para Caminos Pavimentados de la Red Vial Nacional*. Departamento de Gestión Vial, Subdirección de Desarrollo. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2014). *Estudio Básico Metodología para la Determinación del Patrimonio Vial (Informe N°6)*. Departamento de Gestión Vial, Dirección de Vialidad. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2016). *Valor del Patrimonio Vial de la Red Vial Nacional - Año 2013. Actualización septiembre 2016*. Subdirección de Desarrollo, Departamento de Gestión Vial, Dirección de Vialidad. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2017). Ley N°21.044 Crea la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas. <https://bcn.cl/3hftth>
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2019). *Bases de Licitación: Segunda Concesión Ruta 5 Tramo Talca-Chillán*. Dirección General de Concesiones. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2021a). *Bases de Licitación: Segunda Concesión Ruta 5 Tramo Chillán – Collipulli*. Dirección General de Concesiones. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2021b). *Bases de Licitación: Segunda Concesión Autopista Santiago - San Antonio, Ruta 78*. Dirección General de Concesiones. Santiago, Chile.
-

- 
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2021c). *Bases de Licitación: Concesión Ruta 5 Tramo Chacao - Chonchi*. Dirección General de Concesiones. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2021d). *Bases de Licitación: Segunda Concesión interconexión Vial Santiago-Valparaíso-Viña del Mar, Ruta 68*. Dirección General de Concesiones. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2021e). *Informe valor patrimonial de las obras del proyecto tramo Chillán-Collipulli* (Informe RyQ Revisión A abril 2021; Estudio Integral concesión Ruta 5: Tramo Chillán - Collipulli y tramo Temuco - Río Bueno). Dirección General de Concesiones, Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2021f). *Informe valorización patrimonial-Item pavimentos tramo Santiago - San Antonio* (Informe Final DDQ 19-D09-1-R78-A4-PV-ING-INF-001-C; Estudio Integral concesión Ruta 78: Tramo Santiago - San Antonio y tramo acceso vial a puertos). Dirección General de Concesiones, Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2022). *Bases de Licitación: Concesión Orbital Sur Santiago*. Dirección General de Concesiones. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2023a). *Dimensionamiento y Características Red Vial Nacional 2023*. Subdirección de Desarrollo, Departamento de Gestión Vial, Dirección de Vialidad. Santiago, Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2023b). *Informe Trimestral, abril-junio 2023*. Dirección General de Concesiones de Obras Públicas, Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2023c). *Quiénes Somos*. Recuperado de: [https://concesiones.mop.gob.cl/quienes\\_somos/Paginas/default.aspx](https://concesiones.mop.gob.cl/quienes_somos/Paginas/default.aspx).
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (MOP). (2023d). *Concesiones*. Recuperado de: <https://concesiones.mop.gob.cl/proyectos/Paginas/default.aspx>.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica. (MOPT). (2011). *Contrato de Concesión de Obra Pública con servicios públicos de la carretera San José – Caldera*. Costa Rica.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (MTC). (2010). *Contrato de Concesión del Tramo 2 de IIRSA Centro: Puente Ricardo Palma-La Oroya-Huancayo Y La Oroya-DV Cerro De Pasco*. Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (MTC). (2013). *Contrato de Concesión del Tramo Vial Desvío Quilca-Desvío Arequipa (Repartición) – Desvío Matarani – Desvío Moquegua – Desvío Ilo – Tacna – La Concordia*. Perú.
- Muñoz, R. (2020). *Desarrollo de un modelo para evaluar el nivel de servicio de carreteras interurbanas concesionadas desde el punto de vista del usuario* [Tesis de Magíster, Universidad Técnica Federico Santa María]. Valparaíso, Chile.
- Opara, K. (2012). Road asset evaluation models. *4th European Pavement and Asset Management Conference*, Malmö, Suiza. <https://trid.trb.org/view/1240112>
- Organization for Economic and Cooperation and Development. (OECD). (2001). *Asset Management for the Roads Sector*. OECD Publication Service. <https://doi.org/10.1787/9789264193208-en>
- Organization for Economic and Cooperation and Development. (OECD). (1997). *Performance Indicators for the Road Sector*, Road Transport and Intermodal Linkage Research Programme, Paris, Francia.
- Pornchokchai, S. (2006). A Road Map for the Development of Valuation Infrastructure in Developing Countries. *The World Valuation Congress XI*, Kuala Lumpur, Malasia.
-

- 
- Roux, M., Sallie, I., y Kemp, M. (2018). Proposed Method to Calculate Asset Values for Road Structures. *4th International Conference on Transportation Infrastructure*. <http://hdl.handle.net/10204/10348>
- Schliessler, A., y Bull, A. (1994). *Caminos: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe de la ONU (CEPAL) y Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Santiago, Chile.
- Snaith, M., y Orr, D. (2006). Condition-based capital valuation of a road network. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer*, 159(2), 91–95. <https://doi.org/10.1680/muen.2006.159.2.91>
- Stone, C. D. (2014). *A Methodological Framework for Economic Evaluation of Existing Roadway Assets* [Tesis de Magíster, The University of Texas at Austin]. Estados Unidos. <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/25856>
- Turnbull, K. (2015). *Data and Statistics for Valuing Transportation Infrastructure and Transportation's Contribution to the Economy* (Transportation Research Circular Number E-C192). <http://www.trb.org/Main/Blurbs/172046.aspx>
- Weldemicael, E., Li, S., y Redd, L. (2018). Asset Valuation of Transportation Infrastructure: Proof of Concept in Colorado. *Transportation Research Board 97th Annual Meeting*, Washington DC, Estados Unidos.
- Yuan, X., y Li, Y. (2018). Residual Value Risks of Highway Pavements in Public–Private Partnerships. *Journal of Infrastructure Systems*, 24(3), 04018020. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000438](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000438)
- Zhang, Z., y Peters, D. (2014). *Productivity-based Approach to Valuation of Transportation Infrastructure* (Final Report SWUTC/14/600451-00089-1). Center for Transportation Research and University of Texas at Austin. <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/29375>
- Zhu, J., Chen, M., y Lei, Q. (2020). Study on Evaluation Method of the Total Asset Value of National and Provincial Highway Infrastructure. *International Conference on Construction and Real Estate Management 2020: Intelligent Construction and Sustainable Buildings*, 793–803. <https://doi.org/10.1061/9780784483237.091>

# Anexo

## A. Métodos de valorización basados en los costos

La Tabla 45 muestra algunos de los métodos de valorización basados en los costos que fueron considerados para el desarrollo de los modelos de valorización de activos del modelo propuesto MVAVC. En el caso del método Valor Neto Residual (NSV), no hay evidencia de su utilización con costos históricos, solo con costos de reemplazo.

Tabla 45: Métodos de valorización basados en los costos (Delgadillo et al., 2021; Arce, 2022)

| Nombre del método                  | Valor del activo en el tiempo   | Parámetros y variables del método   |
|------------------------------------|---|---|
| Depreciación Lineal (SLD)          | $V_t = CH - \left( \frac{CH - V_r}{V_u} \right) \cdot t$                  | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$V_r$ : Valor residual del activo.<br>$V_u$ : Vida útil del activo.<br>$t$ : Tiempo desde la construcción del activo. |
| Depreciación Sigmoidal (SD)        | $V_t = CH - \frac{A}{B + C \cdot t^D}$                                    | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$t$ : Tiempo desde la construcción del activo.<br>$A, B, C, D$ : Coeficientes calibrados para un activo.              |
| Suma de Dígitos Anuales (SOYD)     | $V_t = CH - \frac{CH - V_r}{V_u \cdot (V_u - 1) / 2} \cdot (V_u - t + 1)$ | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$V_r$ : Valor residual del activo.<br>$V_u$ : Vida útil del activo.<br>$t$ : Tiempo desde la construcción del activo. |
| Balance de Declinación (DB)        | $V_t = V_{t-1} \cdot \left( 1 - \frac{1}{V_u} \right)$                    | $V_{t-1}$ : Valor libro del activo en el periodo anterior.<br>$V_u$ : Vida útil del activo.   |
| Costo Histórico (HC)               | $V_t = CH$  | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.  |
| Costo de Reemplazo Ajustado (RCaj) | $V_t = CH \cdot \left( \frac{CPI_t}{CPI_0} \right)$                       | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$CPI_t$ : Índice de precios de construcción en el año t.  |

| Nombre del método                                     | Valor del activo en el tiempo  | Parámetros y variables del método  |
|---|--|--|
|   |  | $CPI_0$ : Índice de precios de construcción en el año de construcción.   |
| Costo de Reemplazo Escrito (WDRC)                     | $V_t = CH \cdot \left( \frac{P_t}{P_{mejor}} \right)$  | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$P_t$ : Condición del activo en el tiempo t.<br>$P_{mejor}$ : Mejor condición del activo.  |
| Valor Ajustado Respecto a la Condición Límite (AVRTC) | $V_t = CH \cdot \left( \frac{P_t - P_{peor}}{P_{mejor} - P_{peor}} \right)$  | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$P_t$ : Condición del activo en el tiempo t.<br>$P_{mejor}$ : Mejor condición del activo.<br>$P_{peor}$ : Peor condición del activo.   |
| Valor Fijo Respecto a la Condición Límite (FVRTC)     | $V_t = \begin{cases} \alpha \cdot CH & \text{si } P_t \geq P_{límite} \\ 0 & \text{si } P_t < P_{límite} \end{cases}$  | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$P_t$ : Condición del activo en el tiempo t.<br>$P_{límite}$ : Condición límite del activo.<br>$\alpha$ : Constante.   |
| Valor Neto Residual (NSV)                             | $V_t = \begin{cases} CH - CRehab_t & \text{si } CH \geq CRehab_t \\ 0 & \text{si } CH < CRehab_t \end{cases}$  | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$CRehab_t$ : Costo de llevar el activo a su condición como nueva en el tiempo t.   |
| Descomposición Elemental y Multicriterios (EDMC)      | $V_t = w_1 \cdot \left( CH \cdot \frac{P_t - P_{peor}}{P_{mejor} - P_{peor}} \right) + \dots$<br>$\dots + w_2 \cdot \left( CH - CH \cdot \frac{t \cdot (t + 1)}{V_u(V_u + 1)} \right)$ | $CH$ : Costo histórico o de construcción del activo.<br>$w_1; w_2$ : Ponderadores de importancia relativa<br>$P_t$ : Condición del activo en el tiempo t.<br>$P_{mejor}$ : Mejor condición del activo.<br>$P_{peor}$ : Peor condición del activo.<br>$V_u$ : Vida útil del activo.<br>$t$ : Tiempo desde la construcción del activo. |