

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE DESARROLLO LOGÍSTICO

# GUÍA METODOLÓGICA

---

## METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CAPACIDAD FERROVIARIA TEÓRICA DE SEGMENTO DE VÍA

Versión 1.1

JUNIO 2020

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
<b>3. ALCANCE DE LA METODOLOGÍA</b> .....	<b>4</b>
<b>4. CONSIDERACIONES PREVIAS</b> .....	<b>4</b>
<b>5. FORMULACIÓN DE LA METODOLOGÍA</b> .....	<b>7</b>
5.1. METODOLOGÍA USRA .....	8
5.2. METODOLOGÍA PROPUESTA .....	9
<b>6. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS</b> .....	<b>11</b>
<b>7. EJEMPLO DE APLICACIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>20</b>
<b>10. ANEXOS</b> .....	<b>21</b>
10.1. ANEXO N°1 – CÁLCULO DE CAPACIDAD RAMAL ALAMEDA-BARRANCAS .....	21
10.2. ANEXO N°2 – SISTEMAS DE MOVILIZACIÓN FERROVIARIA .....	23
10.3. ANEXO N° 3 - GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	25

## FIGURAS

Figura 1 Esquemas de vía simple y vía doble .....	6
Figura 2 Esquema de Desvío de Cruzamiento .....	6
Figura 3 Esquema Operación Doble Vía .....	8
Figura 4 Esquema Operativo de un Desvío de Cruzamiento.....	13
Figura 5 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 1 .....	14
Figura 6 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 2 .....	15
Figura 7 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 3 .....	16
Figura 8 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 4 .....	17
Figura 9 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 5 .....	17
Figura 10 Gráfica Ramal Alameda - Barrancas .....	21

## TABLAS

Tabla 1: Velocidad Máxima Admisible .....	5
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de Carga Bruta Teórica - EFE .....	7
<b>Tabla 3:</b> Factores de Eficiencia por Sistema de Movilización .....	12
<b>Tabla 4:</b> Características de los Sub - Tramos – Ejemplo 1.....	13
<b>Tabla 5:</b> Resultados Ejemplo de Aplicación – Ejemplo 1.....	15
<b>Tabla 6:</b> Características de los Sub – Tramos – Ejemplo 2 .....	15

<b>Tabla 7:</b> Características de los Sub – Tramos – Ejemplo 3 .....	16
<b>Tabla 8:</b> Características de los Sub – Tramos – Ejemplo 4 .....	16
<b>Tabla 9:</b> Características de los Sub – Tramos – Ejemplo 5 .....	17
Tabla 10 Resumen de los ejemplos .....	18
<b>Tabla 11:</b> Características de los Sub - Tramos Ramal Alameda - Barrancas .....	21
<b>Tabla 12:</b> Resultados Ejemplo de Aplicación .....	22
Tabla 13: Sistemas de Movilización Red EFE.....	24

## 1. INTRODUCCIÓN

Como parte de una de las líneas de acción que lleva adelante el Observatorio Logístico del Programa de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, relacionada con el establecimiento de metodologías estándar que permitan definir parámetros de medición de los diferentes modos de transporte, se ha desarrollado un trabajo colaborativo entre el Programa de Desarrollo Logístico y las empresas ferroviarias nacionales<sup>1</sup>, relacionada con adoptar una metodología analítica homogénea para el cálculo referencial de la capacidad teórica del tráfico de trenes de carga<sup>2</sup>.

Es así como, utilizando una fórmula matemática o expresión algebraica, es posible obtener directamente capacidades teóricas, pudiendo comparar distintas opciones de solución de aumento de capacidad sólo modificando las variables que la componen. Así, es posible orientar esta metodología a ser utilizada para la exploración de ideas o evaluaciones iniciales de alternativas de crecimiento de tráfico ferroviario, incluyendo estudios de perfil o prefactibilidad, facilitando por ejemplo, determinar beneficios y costos asociados a estas modificaciones.

Un mayor nivel de profundidad de análisis, que incluya disponer de capacidad de terminales en origen o destino, itinerarios, u otros aspectos de infraestructura u operación ferroviaria, requerirá de modelos de cálculo de capacidad más complejos<sup>3</sup>, principalmente relacionados con software de simulación dinámica de operaciones, como por ejemplo Opentrack<sup>4</sup>. Con la finalidad de que esta metodología pueda ser utilizada tanto por las empresas ferroviarias como por otros actores de la cadena logística, como puertos y generadores de carga, en este documento se incluyen ejemplos de supuestos, variables y aspectos específicos que permiten entender esta herramienta metodológica.

---

<sup>1</sup>Esta metodología fue presentada a todas las empresas ferroviarias como parte de los trabajos desarrollados por la denominada “Mesa Técnica Nacional”, instancia colaborativa liderada por el Departamento de Transporte Terrestre de la Coordinación de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

<sup>2</sup>G. Longo, R. Stok. Estimation of railway capacity using stochastic differential equations. Capacidad teórica: es el número máximo de trenes que podrían operar sobre la ruta en condiciones ideales, durante un intervalo de tiempo dado. Las condiciones ideales, generadas matemáticamente, dispone para la evaluación trenes idénticos, espaciados uniformemente, que funcionan permanentemente a la mínima distancia temporal posible entre ellos, definiendo un límite superior de capacidad que, es teórica, porque no es posible ejecutar esa circulación de trenes en la realidad. A partir de estimar capacidad teórica es posible estimar por ejemplo capacidades prácticas mediante la inclusión de márgenes de regularidad o definiendo un porcentaje de la capacidad teórica analizada. Disponible en: [https://www.openstarts.units.it/bitstream/10077/2753/1/STOK\\_thesis\\_EN.pdf](https://www.openstarts.units.it/bitstream/10077/2753/1/STOK_thesis_EN.pdf)

<sup>3</sup>Además de las metodologías analíticas, están las metodologías de simulación y las metodologías de optimización de tráfico ferroviario.

<sup>4</sup>OpenTrack puede: Determinar necesidades de infraestructura ferroviaria analizando capacidad de infraestructura y estaciones; Estudios de reservas de material rodante; Construcción de horarios, analizar la solidez de los horarios (simulaciones simples o múltiples, Simulación “Monte – Carlo”; Análisis de varios sistemas de señales, como el sistema de cantones discretos, cantones cortos, LZB, ETCS, nivel 1, ETCS nivel 2, ETCS nivel 3 (cantones móviles) o el ERTMS; Analizar los efectos de fallos del sistema (como fallos de infraestructura o de trenes) y retrasos; Calcular el consumo de potencia necesario para los servicios ferroviarios; Simulación de sistemas de levitación magnética (como el Transrapid). Disponible en: [http://www.opentrack.ch/opentrack/opentrack\\_s/opentrack\\_s.html](http://www.opentrack.ch/opentrack/opentrack_s/opentrack_s.html)

## 2. OBJETIVO

El objetivo de este documento es establecer una metodología de cálculo referencial de la capacidad de tráfico de un tramo ferroviario en simple vía, infraestructura en la que deben circular en forma segura trenes en ambos sentidos, operación que sólo es posible realizar en forma segura a partir de coordinaciones y elementos específicos de señalización y desvíos de cruzamiento ferroviarios.

Esta metodología permite estandarizar y homogeneizar variables generales que determinan la circulación de trenes, definiendo ciertos supuestos y aproximaciones asociadas a factores de corrección. Estos factores dependen de las condiciones de operación y se asocian a la velocidad de diseño de la vía (utiliza sólo el 67%) y al tiempo requerido para maniobras entre desvíos de cruzamiento (0,17 [h] para ingresar, esperar y retomar la vía principal), siendo aplicable al desarrollo de nuevas vías o la ampliación de tramos ferroviarios existentes.

En este sentido, existiendo otras metodologías disponibles con enfoques y herramientas de características similares<sup>5</sup> y dada su facilidad de uso e composición, se consideró importante presentar esta forma de analizar capacidad ferroviaria a través de dicha metodología como una alternativa para abordar el problema de la falta de oferta de infraestructura ferroviaria necesaria para el crecimiento del transporte de carga en tren, por ejemplo, en sectores de redes ferroviarias del norte del país, u otras vías que deben compartir infraestructura con servicios ferroviarios de pasajeros.

Es así como, el presente documento utilizará un modelo paramétrico desarrollado por la *United States Railroad Administration (USRA)*<sup>6</sup>, el que permite identificar los tramos de vía en los que se encuentra la mayor restricción de capacidad (cuello de botella), distinguiendo aquellos puntos donde se requiera un análisis con un mayor nivel de detalle y así poder anticipar necesidades de inversión.

El modelo, además de aportar un enfoque simplificado al cálculo de la capacidad de tráfico (C), estimado a partir de la disponibilidad de la vía, el tiempo de viaje en el tramo analizado (T), y la eficiencia operativa de la línea (F), su utilización es posible asemejarla al patrón de operaciones actual en la red ferroviaria nacional, en el sentido de poder adecuar los supuestos que la componen a una estructura de horarios y rutas existente.

---

<sup>5</sup>Pouryousef Hamed, Lautala Pasi, White Thomas. *Railroad capacity tools and methodologies in the U.S. and Europe*. (2015). Las diferencias de configuración entre los sistemas ferroviarios europeos y estadounidenses pueden dar lugar a diferentes metodologías, técnicas y herramientas para medir y evaluar los niveles de capacidad. Hay corredores de alta utilización en Europa donde los servicios de pasajeros interurbanos, pasajeros, carga e incluso pasajeros de alta velocidad operan en vías compartidas, y todos los movimientos del tren siguen su horario predefinido en horarios diarios altamente estructurados que pueden planificarse con un año completo de anticipación. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40534-015-0069-z.pdf>

<sup>6</sup>Registros de la Asociación de Ferrocarriles de EE. UU. [USRA]. Enero de 1974. Disponible en: <https://www.archives.gov/research/guide-fed-records/groups/464.html>

### 3. ALCANCE DE LA METODOLOGÍA

Genéricamente la capacidad del tráfico ferroviario obtenido a partir de la metodología presentada en este documento, entrega una aproximación de la capacidad disponible de un tramo específico de vía férrea, de acuerdo con sus características y a ciertos supuestos operacionales predefinidos, pudiendo para la evaluación, utilizar otros supuestos u otras aproximaciones que sean consideradas más adecuadas. Es importante precisar que la metodología propuesta **sólo considera medir capacidad ferroviaria en vía simple y en plena vía, sin incluir la capacidad que pudiesen tener terminales ferroviarios en sus extremos**, incluyendo sistemas de transferencia y tipologías específicas de carga (contenedores, concentrados de cobre, etc.), o espacios destinados a maniobras, estacionamiento, fraccionamiento y armado de trenes.

### 4. CONSIDERACIONES PREVIAS

En primer término, es importante precisar que el concepto de “Capacidad Ferroviaria” analizado en este documento está referido a:

- A. Cantidad de trenes que pueden circular en un tramo determinado de vía férrea, dentro de un período de tiempo, por día y sentido, bajo determinadas condiciones de explotación.<sup>7</sup>

Los factores que intervienen en la definición de ésta metodología, son los siguientes:

- a. **Disponibilidad de Uso de Vía Férrea:** Cantidad de horas efectivas (horas disponibles) al día en que la vía férrea se encuentra disponible para la circulación de trenes de carga. Se excluyen las horas destinadas al mantenimiento, circulación de trenes de pasajeros u otras interrupciones del servicio. Se recomienda utilizar el promedio de horas efectivas identificadas en los últimos 12 meses. Disponibilidad de uso de vía férrea es distinto al tiempo de recorrido de un tren, siendo este último el tiempo que transcurre entre que un tren inicia su trayecto y llega a su destino final, incluyendo todas las paradas realizadas. Si la distancia recorrida se divide entre el tiempo de recorrido, se obtiene la velocidad comercial del tren.
- b. **Velocidad promedio de circulación [km/h]:** Velocidad promedio definida para la circulación de los trenes en el tramo de vía analizado. Si bien la velocidad de circulación dependerá del tipo de tren y sus características (por ejemplo, su longitud), la principal característica técnica que define su velocidad máxima está establecida en el diseño de la vía férrea.<sup>8</sup> La siguiente Tabla resume la clasificación según velocidad máxima admisible de operación y tipo de tren (carga o pasajero), definida para la red de la Empresa de Los Ferrocarriles del Estado (EFE).

---

<sup>7</sup>Ibíd.

<sup>8</sup>La velocidad máxima de operación será establecida según sean las condiciones de la vía férrea, su rendimiento y el sistema de protección definido para el tren.

Tabla 1: Velocidad Máxima Admisible

CLASE DE VÍA	Velocidad Máxima Admisible	Velocidad Máxima Admisible
	Tren de Carga [km/hr]	Tren de Pasajeros [km/hr]
Clase A	20	30
Clase B	40	50
Clase C	65	100
Clase D	100	130
Clase E	130	160
Clase F	160	180

Fuente: EFE. Norma Técnica Construcción de Vía Férrea. NT – 01- 01-01 (2006).

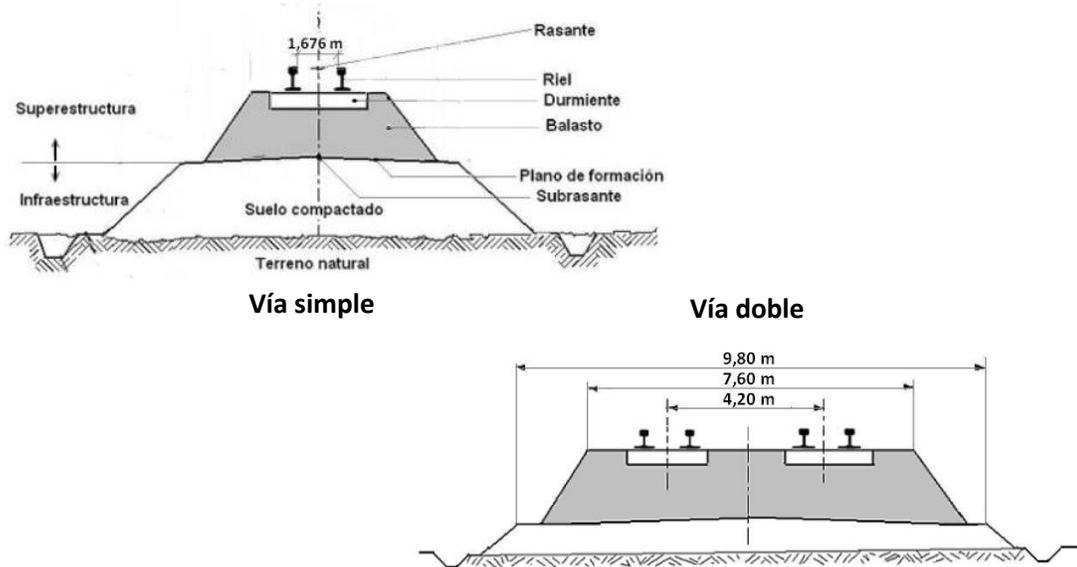
- c. **Sistema de movilización:** Sistema que permite gestionar la circulación de un tren por la vía férrea, a través de asignaciones de espacio-tiempo, manteniendo una distancia entre ellos y controlando el riesgo inherente que existe al utilizar una vía férrea de forma eficiente<sup>9</sup>. Destaca el Control de Tráfico Centralizado (CTC) y la Autorización Uso de Vía (AUV), entre otros. (Ver Anexo N°2)
- d. **Cantidad de vías férreas:** Número de vías disponible para la circulación de trenes. En general se habla de simple vía cuando se trata de una vía férrea, o doble vía cuando las vías férreas disponibles son dos. El principal determinante de la capacidad de una línea ferroviaria es la cantidad de vías disponibles, sin embargo, su incremento en la capacidad de una determinada ruta no es lineal según aumente el número de vías. Pasar de vía simple a doble vía de forma general cuadruplica la capacidad, pero una línea con cuatro vías sólo añade un 50% de capacidad sobre la disponible con una doble vía<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup>En general los sistemas de señalización son fijos o móviles. Los fijos se basan en dividir una línea en varias secciones (denominadas "blocks"), en el cual si bien no es posible saber la posición exacta de un tren, sí se conoce la sección concreta en la que está situado, por lo que la separación entre trenes se mantiene garantizando que cada sección de la vía esté ocupada por un único tren, siendo sus parámetros fundamentales la longitud de las secciones, velocidades y longitudes de los trenes. En los sistemas móviles, la posición exacta de un tren es conocida en todo momento, permitiendo un mejor ajuste de las distancias mínimas entre trenes.

<sup>10</sup> La construcción de una segunda vía no elimina el principal cuello de botella que son las estaciones, pudiendo lograr incrementos significativos de capacidad construyendo desvíos ferroviarios.

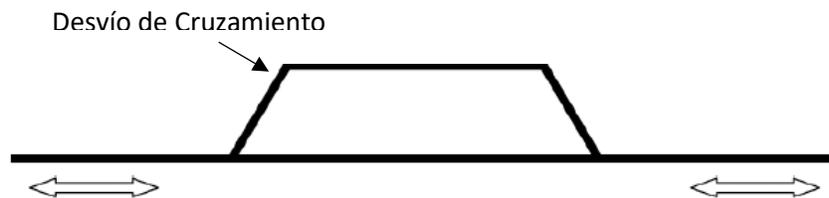
Figura 1 Esquemas de vía simple y vía doble



**Fuente:** Manual Integral de vías Nuevo Central Argentino S.A. Cota Referencial.

- e. **Número de desvíos o estaciones de cruce:** Cantidad de desvíos o estaciones con los que cuenta el tramo ferroviario analizado (para el caso de una vía simple) y que permiten realizar el cruce de trenes. Los desvíos, además de permitir la posibilidad de facilitar cruces de trenes que circulen en sentidos opuestos, también permiten realizar adelantamientos de trenes que circulan en el mismo sentido<sup>11</sup>.

Figura 2 Esquema de Desvío de Cruzamiento



**Fuente:** Elaboración Propia

En general, ninguna operación ferroviaria se planifica para ser utilizada al 100% de la capacidad de diseño de la vía, ya que la capacidad teórica supone operaciones ferroviarias perfectas, con llegadas

<sup>11</sup>Manual de Operación Sistema Control Tráfico Centralizado, Empresa de los Ferrocarriles del Estado, 2017. En general los cruceamientos se hacen de acuerdo a las facilidades y restricciones propias del sistema. En simple vía, cuando en un cruceamiento participen un tren de pasajeros y un tren de carga, de preferencia debe ingresar a la recta el tren de pasajeros y el tren de carga a un desvío. Disponible en: <http://www.efe.cl/files/4690>. Manual Integral de vías Nuevo Central Argentino S.A. La vía principal recibe el nombre de Vía Directa y la otra de Vía Desviada. Un desvío consta de los siguientes elementos contando desde el origen común de las dos vías: El Cambio: Es donde se separan, dos a dos, los 4 rieles de las 2 vías; Los Rieles Intercalarios: Conectan dicho cambio con el cruceamiento. El Cruzamiento: Es donde se materializa el corte del riel derecho (izquierdo) de la vía directa con el riel izquierdo (derecho) de la vía desviada.

de trenes en intervalos constantes y no permite fluctuaciones en el tráfico y otros factores que interrumpen las operaciones normales que causan variaciones en el sistema.

Por su parte, para obtener la cantidad de carga que es posible transportar, además de definir la tipología de carga a movilizar, se deben considerar tres factores (3) adicionales:

- Largo de los trenes [m]: Longitud de los trenes que circulan en la vía, la cual está generalmente restringida para el caso de vía simple, al largo de los desvíos de cruzamiento emplazados en plena vía o estaciones ferroviarias.
- Capacidad total de los trenes [ton]: Peso neto máximo que puede llevar un tren de acuerdo a la tipología de carga transportada, cantidad de carros, sus características y la capacidad de arrastre y frenado de las locomotoras.
- Peso por eje permitido por la infraestructura [ton]: Cantidad de toneladas solicitada por la carga puntual en dos ruedas (un eje) del material rodante que es capaz de soportar la infraestructura ferroviaria (vía, puentes y obras de arte). Respecto al máximo de carga bruta teórica que soporta la vía, la Empresa de los Ferrocarriles del Estado define la clasificación que resume la siguiente Tabla.

*Tabla 2: Clasificación de Carga Bruta Teórica - EFE*

CATEGORÍA DE VÍA	CARGA BRUTA TEÓRICA DIARIA [TON]
1	$130.000 < Tt$
2	$80.000 < Tt \leq 130.000$
3	$40.000 < Tt \leq 80.000$
4A	$30.000 < Tt \leq 40.000$
4B	$20.000 < Tt \leq 30.000$
5	$5.000 < Tt \leq 20.000$
6	$1.500 < Tt \leq 5.000$
7	$Tt \leq 1.500$

**Fuente:** EFE. Norma Técnica Construcción de Vía Férrea. (2006).

## 5. FORMULACIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología propuesta utilizó como referencia un modelo paramétrico desarrollado por la *United States Railroad Administration* (USRA) y la *Consolidated Rail Corporation* (Conrail)<sup>12</sup>. El

---

<sup>12</sup>Creada en la década de los setenta, Conrail es un acrónimo basado en el nombre legal de la *Consolidated Rail Corporation*, antigua empresa de ferrocarriles de carga de propiedad del gobierno de EE.UU. Disponible en <https://www.conrail.com/history/>

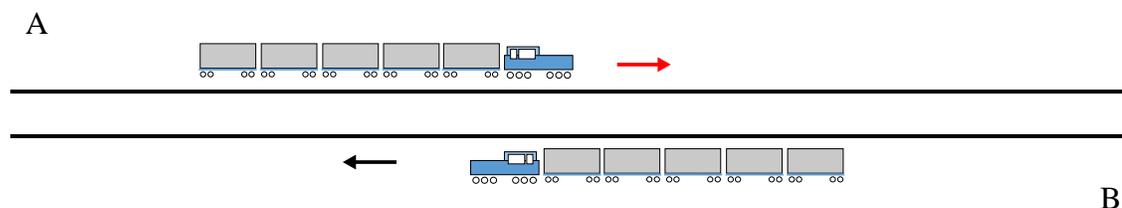
modelo, representa el rendimiento de un sistema a nivel macro que permite ajustar parámetros y evaluar su impacto de manera sencilla, sin necesidad de un análisis de micro simulación.<sup>13</sup>

## 5.1. Metodología USRA

La metodología desarrollada por USRA está basada en la experiencia práctica de empresas de ferrocarriles de EE.UU. y considera una situación de largo plazo para una operación ferroviaria promedio real con fricciones y contingencias propias<sup>14</sup>, definiendo para ello los siguientes supuestos:

1. En un tramo ferroviario en doble vía pueden circular trenes en sentido contrario sin peligro de colisionar entre ellos cada 30 [min] por sentido de tráfico. En promedio, cada día hay 16 horas disponibles para la circulación de trenes (ver supuesto 3), lo que significa que operan 32 trenes día por sentido, es decir 64 trenes día. Cuando el tramo no dispone de señalización (AUV<sup>15</sup>) o tiene señalización automática (ABS<sup>16</sup>), el modelo se ajusta al 80% (25,6 trenes por sentido) y al 90% (28,8 trenes por sentido), respectivamente.

Figura 3 Esquema Operación Doble Vía



**Fuente:** Elaboración Propia.

2. Para un tramo ferroviario de simple vía, además de la variable Disponibilidad de Vía (tiempo “efectivo” en cual el tren de se moviliza en la vía férrea), el modelo agrega la variable tiempo de desplazamiento promedio del tren entre desvíos (T) y factores de eficiencia del sistema de señalización utilizado.

<sup>13</sup>Melody, Khadem Sameni. *Railway Track Capacity: Measuring and Managing*. (2012). El modelo de capacidad paramétrica proporciona una comprensión medible de la capacidad teórica, pudiendo a través del análisis identificar la capacidad práctica, utilizada y disponible. Estos modelos usan algunos parámetros de infraestructura y operación ferroviaria para describir y analizar capacidad. Disponible en:

[https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/52586686/Railway\\_Track\\_Capacity\\_Final\\_Thesis.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/52586686/Railway_Track_Capacity_Final_Thesis.pdf)

<sup>14</sup>WorleyParson Resources & Energy. *Empresa Portuaria San Antonio Intermodal Corridor Study. Final Report* (2015). Princeton, NJ 08540 USA.

<sup>15</sup> Autorización de Uso de Vía (AUV). Movilización de Tráfico de trenes basado en comunicación radial o algún sistema de comunicación directa con el maquinista.

<sup>16</sup>Señal de Bloqueo Automático (ABS), proporcionan señales automáticas que protegen trenes que circulan en la misma dirección, los que pueden circular de manera segura tan cerca como lo permitan las señales.

3. El modelo reserva 8 [hrs] por día como tiempo de inspección, mantenimiento, fluctuaciones de tráfico, etc. Esto no implica cerrar las operaciones ferroviarias todos los días durante 8 [hrs]-siendo este tiempo un promedio diario.

## 5.2. Metodología Propuesta

Atendida la realidad operacional generalizada de la red ferroviaria nacional, la siguiente metodología responde al análisis de capacidad teórica de tráfico ferroviario, orientado a la explotación y aprovechamiento razonablemente seguro de una infraestructura en simple vía (una vía férrea). La estructura del modelo que propone la siguiente metodología, incluirá el desarrollo conceptual de tres variables fundamentales (3), que componen la fórmula de cálculo, estas son:

4. Disponibilidad de uso de vía férrea por día para trenes de carga;
5. Tiempo requerido para maniobras entre desvíos de cruzamiento (block absoluto o un cantón<sup>17</sup>),  $Y$ ;
6. Factor de eficiencia del sistema de movilización de trenes.

Es así como, la fórmula general del modelo para determinar la capacidad de tráfico de trenes en una vía férrea es la siguiente:

$$C = \left(\frac{D}{T}\right) * F \quad [1]$$

Dónde:

- **C** = Cantidad de trenes que pueden circular en un tramo dado por día y sentido, (Capacidad de tráfico), expresada en  $\left[\frac{tren}{día-sentido}\right]$ .
- **D = Disponibilidad de uso de la vía férrea.** Está asociada a las horas efectivas al día en que la vía se encuentra disponible para la circulación de trenes de carga, expresada en  $\left[\frac{h}{día-sentido}\right]$ .

$$D = 24 \left[\frac{h}{día - sentido}\right] - m \left[\frac{h}{día - sentido}\right] \quad [2]$$

**m** = horas destinadas a mantenimiento, circulación de trenes de pasajeros u otras interrupciones del servicio. Se recomienda utilizar el promedio de horas efectivas utilizadas en los últimos 12 meses.

---

<sup>17</sup>Reglamento de Tráfico Ferroviario (RTF). Empresa de los ferrocarriles del Estado (2017). Block Absoluto: Espacio de plena vía que cuenta con la autorización de ocupación por un solo tren o faena sujeto a cualquier condición de despacho. Concepto utilizado en el sistema CTC, que corresponde al espacio de plena vía constituido por un solo circuito y que se encuentra comprendido entre dos Señales de Entrada de estaciones contiguas cuando no existen Señales de Seguimiento. Cuando existen Señales de Seguimiento, el Cantón se considera como el espacio comprendido entre dos señales principales en el sentido de la marcha. Disponible en: <http://www.efc.cl/files/6217>

- **T** = Tiempo requerido para maniobras entre desvíos de cruzamiento. Es el tiempo utilizado por el tren para el desplazamiento en un tramo de vía según disponga o no de desvíos de cruzamiento, expresados en  $\left[\frac{h}{tren}\right]$ .
- **F** = Factor de eficiencia del sistema de movilización utilizado. “F” es un ponderador que asume un 100% si el sistema de movilización es automático o con Control de Tráfico Centralizado (1,00), disminuyendo en cierto porcentaje según el sistema disminuya la cantidad de trenes movilizados.

Una vez identificadas variables, sus conceptos y magnitudes que conforman la fórmula general, es necesario precisar dos condiciones que surgen de las características propias de la infraestructura ferroviaria del tramo en simple vía que requiere ser analizado: a) la existencia de desvíos de cruzamiento, condición que requerirá medir la variable “T” tiempo requerido para maniobras entre desvíos de cruzamiento. Las fórmulas son las siguientes:

A. VALOR de (T) Tramo Ferroviario sin Desvío de Cruzamiento.

$$T = \frac{L}{Vp} \quad [3]$$

Dónde:

- **L** = Longitud del Tramo analizado, expresada en  $[Km]$
- **Vp** = Velocidad Promedio de Circulación. Será la velocidad de diseño del tramo ferroviario analizado \* 0,67, expresada en  $\left[\frac{Km}{h}\right]$
- Para este caso, el tiempo de viaje dependerá sólo de la longitud del tramo ferroviario analizado, siendo ésta la velocidad promedio de circulación del tren, incluyendo el tiempo que pueda necesitar para entrar o salir del terminal de destino u origen respectivamente.
- La velocidad promedio considerará las restricciones operativas del tramo ferroviario analizado incluyendo, por ejemplo, aquellas asociadas a características geográficas que pudieran influir en una determinada velocidad como pendientes pronunciadas o curvas sucesivas que disminuyan la velocidad de circulación de los trenes. La metodología propuesta aplica al igual que USRA un factor de 67% (0,67) a la velocidad de diseño (Vp), no obstante, se recomienda utilizar la velocidad promedio utilizada por los trenes que circulan en tramo analizado en los últimos 12 meses.

B. VALOR de (T) Tramo Ferroviario con Desvío (s) de Cruzamiento (s):

$$T = \left[\frac{L}{Vp(d+1)}\right] + tc \quad [4]$$

Dónde:

- **L** = Longitud del tramo analizado, expresada en  $[Km]$

- **d** = Cantidad de desvíos o estaciones de cruzamiento
  - **Vp** = Velocidad de diseño \* 0,67 en el tramo analizado, expresada en  $\left[\frac{Km}{h}\right]$
  - **tc** = Tiempo de maniobras entre desvíos de cruzamiento, expresado en  $[h] = 0,17 [h] = 10 [min]$
- El tiempo de viaje dependerá de la longitud del tramo ferroviario analizado, la cantidad de desvíos de cruzamiento, la velocidad promedio de circulación del tren y el tiempo de maniobras entre desvíos de cruzamiento.

Establecidas las distintas variables que conforma el análisis, la metodología considera que el tramo ferroviario analizado sea dividido en uno o más sub - tramos de menor longitud, definidos por disponer de alguna característica que los haga identificables como, por ejemplo, si el sub - tramo une dos estaciones ferroviarias, la existencia de condiciones geográficas o de geometría similares, su longitud, o si cuentan o no con desvíos de cruzamiento en plena vía o en estaciones, etc. Una vez identificados los subtramos del tramo ferroviarios total, estos se analizarán en forma separada calculando para cada uno de ellos su capacidad de tráfico ferroviario, siendo el sub – tramo que posea la menor capacidad, el que definirá la capacidad máxima del tramo en estudio.

## 6. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Para un mayor entendimiento de los factores de corrección dependientes de las condiciones de operación de cada empresa ferroviaria utilizados por la metodología, se resumen algunos aspectos conceptuales considerados importantes.

- Factor de eficiencia del sistema de movilización (F).  
Debido a los diferentes niveles de eficiencia que poseen los sistemas de movilización<sup>18</sup>, el modelo aplica un factor de eficiencia que varía desde un sistema automático como el Control de Tráfico Centralizado (CTC) con o sin Protección Automática de Tren (ATP), asignándole un 100% de eficiencia (1,00), o no automático como Autorización Uso de Vía (AUV), fijando para este último caso un 50% de eficiencia (0,50).  
Si bien la USRA determinó ciertos valores para su red ferroviaria (EE.UU)<sup>19</sup>, en el caso de Chile, de acuerdo a la experiencia alcanzada con estos sistemas en la Empresa de los Ferrocarriles del Estado (cuya nomenclatura se explica en el Anexo N° 2), se definieron los factores incluidos en la siguiente Tabla.

---

<sup>18</sup>Ibid. Sistema de Movilización: Equipamiento, personas, procedimientos e instalaciones destinado a administrar la movilización de trenes en forma eficiente y segura. El anexo N°1 resume estos sistemas de movilización de trenes.

<sup>19</sup>Óp. Cit. WorleyParson Resources & Energy. (2015). Para los distintos sistemas de movilización de EE.UU. estableció factores diferenciados para cambio manual o automático, definiendo para el Sistema PTC (*Positive Train Control*) un factor 1,0 para ambos; para el Sistema TCS / CTC (Centralized Traffic Control) un factor 1,0 para ambos; para el Sistema ABS (*Automatic Block Signaling*) 0,85 y 0,9 respectivamente, y para el Sistema DTC (Direct Traffic Control), un factor de 0,5 y 0,8 respectivamente.

**Tabla 3:** Factores de Eficiencia por Sistema de Movilización

SISTEMA DE MOVILIZACIÓN	FACTOR
Control de Tráfico Centralizado (CTC)	1,00
Sistema Señalizado Eléctrico (SSE)	1,00
Sistema Señalizado Eléctrico con Bastón (SSE+B)	0,90
Sistema de Bastón (SB)	0,85
Autorización Uso de Vía (AUV)	0,50

**Fuente:** Metodología USRA y EFE.

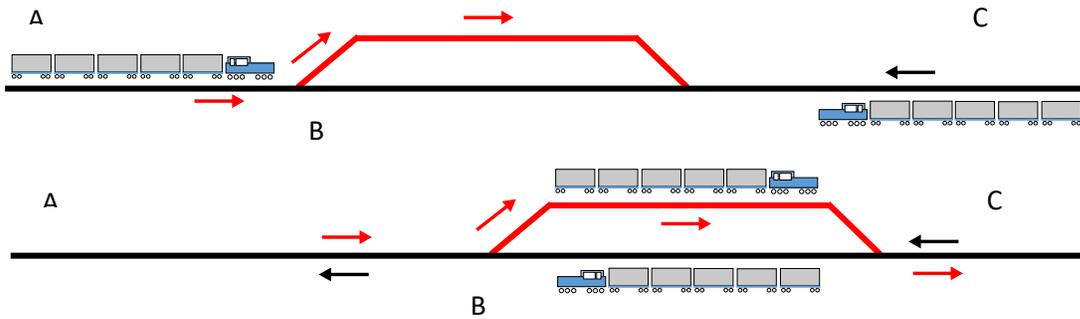
Para el caso de infraestructura con doble vía, dado que no existen desvíos al no ser necesario realizar cruzamiento de trenes, es fundamental identificar el **intervalo** de despacho de trenes, el que se entiende como el tiempo que corresponde al tiempo que demora un tren en recorrer un block o cantón dejando vía libre para el convoy que circula en sentido contrario. Por ejemplo, USRA considera que el intervalo de despacho de trenes en doble vía con Sistema de Control de Tráfico Centralizado es de 30 minutos (frecuencia de 2 [tren/h]). Sin embargo, en Chile existen casos donde este tiempo es menor, siendo un ejemplo de ello el caso del servicio de transporte de ferroviario de pasajeros Biotrén que une Coronel y Concepción, donde los trenes son despachados cada 15 [min], equivalente a 4 [tren/h].

- Tiempo requerido para maniobras entre desvíos de cruzamiento:  
Al igual que USRA, la metodología propuesta considera que el tiempo requerido para maniobra entre desvíos, que implica ingresar, esperar a que el tren que circula en sentido contrario utilice la vía principal y retomar el recorrido utilizará un promedio de 10 [min] o 0,17 [h] para todas las situaciones. Si esta operación en la realidad varía según sistema operativo de cada empresa ferroviaria, por la naturaleza del modelo, se definió que los tramos libres en plena vía y entre desvíos analizados no fueran inferiores a 7 [Km] o 3 [Km] respectivamente, dado que, en longitudes menores los tiempos de operación en desvíos de cruzamiento, el resultado se distorsiona<sup>20</sup>.  
La siguiente Figura 5, grafica la situación que mide el modelo ante la existencia de un desvío de cruzamiento.

---

<sup>20</sup>En la Red EFE con sistema de movilización AUV o sistema bastón (SB) la empresa sugiere que este tiempo sea de 10 minutos, sin embargo, para el caso del Ferrocarril Antofagasta - Bolivia (FCAB), la empresa propone utilizar 17 minutos (12 minutos para entrar y 5 minutos para salir).

Figura 4 Esquema Operativo de un Desvío de Cruzamiento



Fuente: Elaboración Propia

## 7. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Con el objetivo de ampliar el análisis e ilustrar la metodología, se desarrollará un ejemplo basado en el análisis de capacidad ferroviaria de un tramo ferroviario hipotético “A – E”, a partir del cual, modificando sus variables, se construirán 5 ejemplos, a partir de los cuales se podrá observar cómo la capacidad ferroviaria varía frente a distintas posibilidades de solución, ya sea modificando la infraestructura u operación ferroviaria.

El tramo ferroviario hipotético que une los puntos “A - E”, en simple vía, tendrá una extensión de 100 [km], dividido en 4 Sub – Tramos, todos con sistema de movilización AUV, por lo que el porcentaje de disminución de capacidad correspondiente será del 50% (0,5 de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3), además, considerará que el tiempo de maniobras entre desvíos de cruzamiento alcanza a 10 minutos (0,17 horas).

### A. EJEMPLO 1.

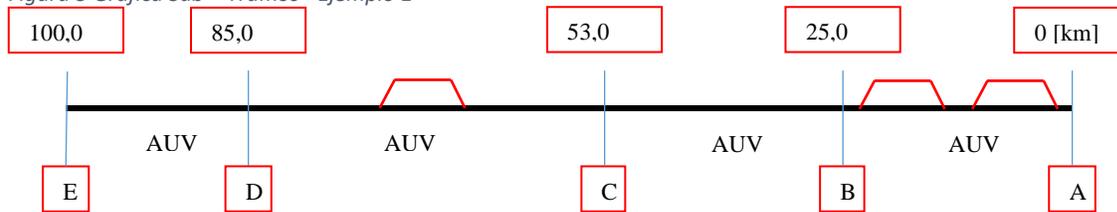
- Las características estructurales definidas para el Ejemplo 1 se resumen en la siguiente Tabla 4 y Figura 6:

Tabla 4: Características de los Sub - Tramos – Ejemplo 1

Tramo	D Disponibilidad de Vía [h/día-sentido]	L Longitud Tramo [km]	V Velocidad Diseño [km/h]	d N° de Desvíos de Cruzamiento	F Sistema de Movilización
A - B	10	25,0	40	2	AUV
B - C	10	28,0	30	0	AUV
C - D	10	32,0	30	1	AUV
D - E	10	15,0	20	0	AUV

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 5 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 1



Fuente: Elaboración Propia

Las fórmulas que se utilizan son las siguientes:

$$C = \left(\frac{D}{T}\right) * F \quad [1]$$

T =

- Sin Desvío de Cruzamiento  $T = \left[\frac{L}{Vp}\right] \quad [3]$
- Con Desvío de Cruzamiento  $T = \left[\frac{L}{Vp(d+1)}\right] + tc \quad [4]$

A modo de ejemplo, se calculará la capacidad ferroviaria del Sub – Tramo Alameda – Talagante.

- Sub Tramo Alameda - Talagante

$$T = \left[\frac{25,0}{40 * 0,67 (2 + 1)}\right] + 0,17$$

$$T = \left[\frac{25,0}{80,4}\right] + 0,17$$

$$T = [0,31] + 0,17 ; \quad T = 0,48$$

$$C = \left(\frac{10}{0,48}\right) * 0,5 ; \quad C = 10,4$$

El número de trenes que teóricamente podrían circular en el Sub – Tramo Alameda – Malloco alcanza a **10 [trenes / día - sentido]**. La siguiente Tabla, resume los valores que resultan a partir de la aplicación de la fórmula general de cálculo para cada Sub – Tramo analizado.

**Tabla 5: Resultados Ejemplo de Aplicación – Ejemplo 1**

Tramo	D [h/día-sentido]	T [h/tren]	F	C [tren/día-sentido]
A - B	10	0,48	0,5	10
B - C	10	1,39	0,5	4
C - D	10	0,97	0,5	5
D - E	10	1,12	0,5	4

Fuente: Elaboración Propia.

El Sub – Tramo analizado B – C y D - E, presentan la menor capacidad de tráfico ferroviario, siendo **4 [tren/día-sentido]**, la cantidad máxima de trenes que pueden circular en Tramo Ferroviario A – E.

**B. EJEMPLO 2.**

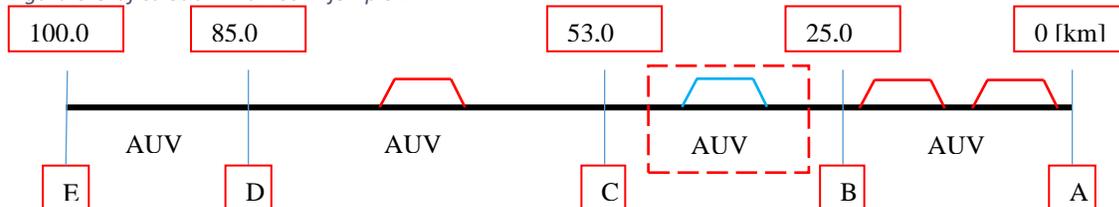
El Ejemplo 2, considera aumentar en uno (1) el número de desvío de cruzamiento (“d”), del Tramo B – C. La siguiente Tabla 6 y Figura 7, resumen la variación.

**Tabla 6: Características de los Sub – Tramos – Ejemplo 2**

Tramo	D [h/día-sentido]	L [km]	V [km/h]	d N° de Desvíos	F (AUV)	T [h/tren]	C Ejemplo 2	C Ejemplo 1
A - B	10	25,0	40	2	0,50	0,48	10	10
B - C	10	28,0	30	1	0,50	0,87	6	4
C - D	10	32,0	30	1	0,50	0,97	5	5
D - E	10	15,0	20	1	0,50	1,12	9	5

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 6 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 2**



Fuente: Elaboración Propia.

La construcción de un desvío en el Sub - Tramo B – C y D - E (más restrictivos del Ejemplo 1), aumenta si bien aumenta de 4 a 6 [Tren/día – sentido] el Sub - Tramo B - C, y de 5 a 9 [Tren/día – sentido] el Sub - Tramo D – E, la capacidad del Tramo A – E sólo aumenta en un tren por sentido (1), alcanzando a **5 [trenes/día-sentido]**.

### C. EJEMPLO 3.

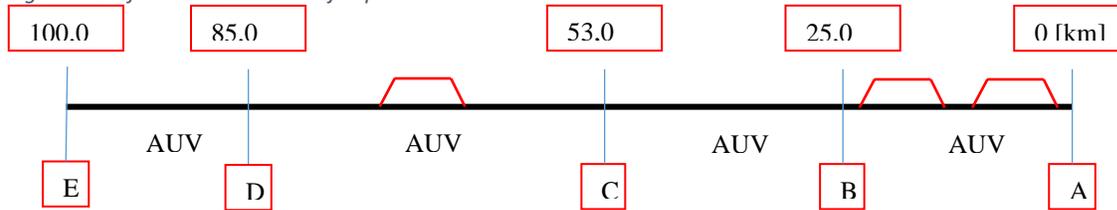
El Ejemplo 3, considera aumentar las horas disponibles efectivas en todos los Sub - Tramos (“D”). La siguiente Tabla 7 y Figura 8, resumen la variación.

Tabla 7: Características de los Sub – Tramos – Ejemplo 3

Tramo	D [h/día-sentido]	L [km]	V [km/h]	d N° de Desvíos	F (AUV)	T [h/tren]	C Ejemplo 3	C Ejemplo 1
A - B	15	25,0	40	2	0,50	0,48	16	10
B - C	15	28,0	30	0	0,50	1,39	5	4
C - D	15	32,0	30	1	0,50	0,97	8	5
D - E	15	15,0	20	0	0,50	1,12	7	5

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 3



Fuente: Elaboración Propia.

Aumentar las horas disponible efectivas de tráfico ferroviario de trenes de carga al Tramo A – E, aporta un crecimiento proporcional a su capacidad. El Sub - Tramo B – C (más restrictivo del Ejemplo 1), aumenta sólo un tren por sentido (1), la capacidad del Tramo A – E, llegando a **5 [tren/día-sentido]**

### D. EJEMPLO 4.

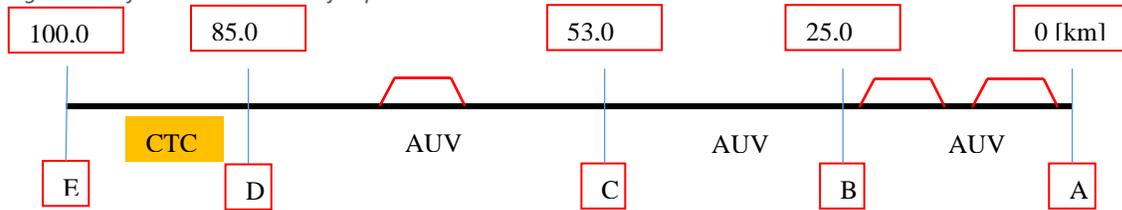
El Ejemplo 4, considera el cambio de Sistema de Tráfico de AUV a CTC Tramo D - E (“F”). La siguiente Tabla 8 y Figura 9, resumen la variación.

Tabla 8: Características de los Sub – Tramos – Ejemplo 4

Tramo	D [h/día-sentido]	L [km]	V [km/h]	d N° de Desvíos	F (AUV o CTC)	T [h/tren]	C Ejemplo 4	C Ejemplo 1
A - B	10	25,0	40	2	0,50	0,48	10	10
B - C	10	28,0	30	0	0,50	1,39	4	4
C - D	10	32,0	30	1	0,50	0,97	5	5
D - E	10	15,0	20	0	1,00	1,12	9	5

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 4



Fuente: Elaboración Propia.

El cambio de sistema de movilización del Sub – Tramo E – D, aumenta en diez trenes por sentido (10) la capacidad del Sub – Tramo, sin aportar capacidad ferroviaria al Tramo A – E que se mantiene en 4 [tren/día-sentido].

E. EJEMPLO 5.

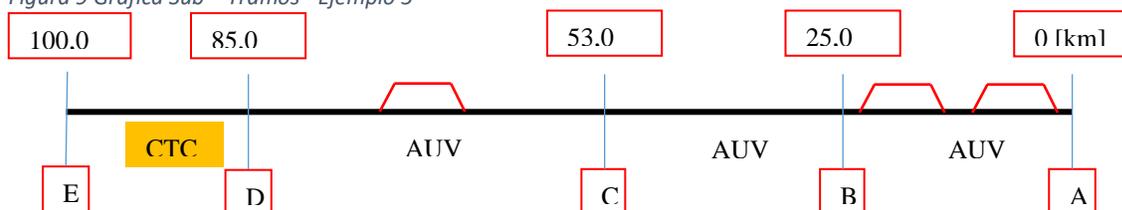
El Ejemplo 5, considera aumentar la Velocidad de Sub Tramo B – C (más restrictivo del ejemplo 1), manteniendo el cambio s de sistema de movilización realizado en el Ejemplo 4. La siguiente Tabla 9 y Figura 10, resumen la variación.

Tabla 9: Características de los Sub – Tramos – Ejemplo 5

Tramo	D [h/día-sentido]	L [km]	V [km/h]	d N° de Desvíos	F (AUV)	T [h/tren]	C Ejemplo 2	C Ejemplo 1
A - B	10	25,0	40	2	0,50	0,48	10	10
B - C	10	28,0	40	0	0,50	1,04	5	4
C - D	10	32,0	30	1	0,50	0,97	5	5
D - E	10	15,0	20	0	1,00	1,12	9	5

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 9 Gráfica Sub – Tramos - Ejemplo 5



Fuente: Elaboración Propia.

Aumentar la velocidad del Tramo B – C (más restrictivo del Ejemplo 1), aumenta en un tren por sentido (1). La capacidad ferroviaria del Tramo A – E alcanza a 5 [trenes/día-sentido]. Aumentar capacidad mediante incrementos de velocidad requiere una alta inversión en la vía férrea, siendo más beneficiosos construir un desvío adicional (Ejemplo 2 Tramo B – C, en el mismo Sub – Tramo, incorporando un desvío de cruzamiento llega a 6 [trenes/día-sentido]).

F. RESUMEN DE EJEMPLOS.

La Tabla 10, resume los Ejemplos desarrollados.

Tabla 10 Resumen de los ejemplos

Ejemplo	Tramo	D	L	V	d	T	F	C
		[h/día]	[Km/h]	[Km/h]	desvíos	[h/Tren]	(AUV o CTC)	[Tren/Día-Sentido]
1. Ejemplo original.	A - B	10	25,0	40	2	0,48	0,5	10
	B - C	10	28,0	30	0	1,36	0,5	4
	C - D	10	32,0	30	1	1,07	0,5	5
	D - E	10	15,0	20	0	0,98	0,5	5
2. Aumento de un desvío.	A - B	10	25,0	40	2	0,48	0,5	10
	B - C	10	28,0	30	1	0,87	0,5	6
	C - D	10	32,0	30	1	0,97	0,5	5
	D - E	10	15,0	20	0	0,56	0,5	9
3. Aumento horas de uso de trenes.	A - B	15	25,0	40	2	0,48	0,5	16
	B - C	15	28,0	30	0	1,39	0,5	6
	C - D	15	32,0	30	1	0,97	0,5	7
	D - E	15	15,0	20	0	1,12	0,5	8
4. Cambio de sistema de movilización (AUV a CTC)	A - B	10	25,0	40	2	0,48	0,5	10
	B - C	10	28,0	30	0	1,39	0,5	4
	C - D	10	32,0	30	1	0,97	0,5	5
	D - E	10	15,0	20	0	1,12	1	10
5. Aumento de velocidad.	A - B	10	25,0	40	2	0,48	0,5	10
	B - C	10	28,0	40	0	1,04	0,5	5
	C - D	10	32,0	30	1	0,97	0,5	5
	D - E	10	15,0	20	0	1,12	1	10

**Fuente:** Elaboración Propia.

A modo de presentar un ejemplo real, en el Anexo N°1 se evaluará la capacidad ferroviaria del Ramal Alameda – Barrancas, propiedad de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, EFE.

## 8. DISCUSIÓN

- Esta metodología utiliza una fórmula matemática simple. Posibilita, modificando solamente las variables que la componen, comparar la capacidad teórica de distintas opciones de solución de aumento de capacidad de circulación de trenes de un tramo ferroviario específico, sin requerir de software especializados, presentando una utilidad práctica importante para la exploración de ideas o evaluaciones iniciales o incluso estudios de prefactibilidad.
- La simpleza de su utilización permite determinar en forma rápida beneficios asociados, por ejemplo, al costo que podría significar una determinada modificación particular en la infraestructura ferroviaria.
- Como ésta metodología analítica está referida sólo al número de trenes que pueden circular en un tramo de vía simple en ambos sentidos, durante un intervalo de tiempo y sistema de señalización específico, medir capacidad práctica o de las puntas (terminales ferroviarios), podría ser el próximo paso de desarrollo metodológico.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- “Intermodal Corridor Study, Empresa Portuaria San Antonio”, Worley Parsons, 2015.
- “Análisis y Evaluación Social del Corredor Multimodal de Carga Santiago-San Antonio”, 2016.
- “Manual Integral de Vías, Nuevo Central Argentino S.A. Octubre 2014”, Disponible en: [http://www.alaf.int.ar/publicaciones/MANUAL\\_INTEGRAL\\_DE\\_VIAS.pdf](http://www.alaf.int.ar/publicaciones/MANUAL_INTEGRAL_DE_VIAS.pdf)
- *Federal Railroad Administration*. Disponible en: <https://www.fra.dot.gov>.
- Reglamento de Tráfico Ferroviario (RTF), Empresa de los Ferrocarriles del Estado, 2017. Disponible en: <http://www.efe.cl/files/6217>
- Manual de Operación Sistema Control Tráfico Centralizado, Empresa de los Ferrocarriles del Estado, 2017. Disponible en: <http://www.efe.cl/files/4690>
- G. Longo, R. Stok. “*Estimation of railway capacity using stochastic differential equations*”. Disponible en: [https://www.openstarts.units.it/bitstream/10077/2753/1/STOK\\_thesis\\_EN.pdf](https://www.openstarts.units.it/bitstream/10077/2753/1/STOK_thesis_EN.pdf)

## 10. ANEXOS

### 10.1. ANEXO N°1 – Cálculo de Capacidad Ramal Alameda-Barrancas

Con el objetivo de mostrar un ejemplo real del uso de la metodología de cálculo de la capacidad ferroviaria, se consideró aplicar su formulación al denominado Ramal Alameda-Barrancas, el cual, con una extensión de 110,1 [km], en simple vía, propiedad de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, une la Estación Alameda en la ciudad de Santiago con el Puerto de San Antonio. Para calcular la capacidad de circulación de trenes, el Ramal se dividirá en 5 Sub – Tramos, cuyas características estructurales se resumen en la siguiente Tabla:

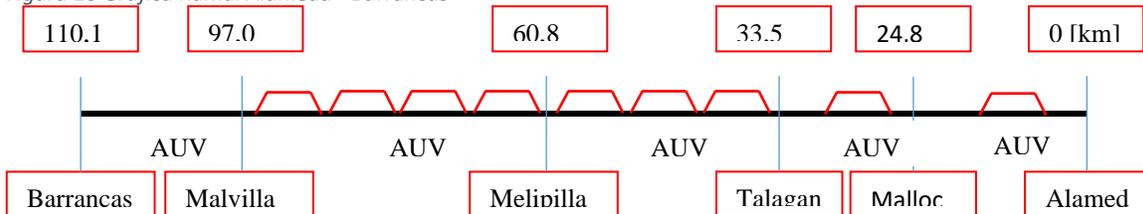
**Tabla 11:** Características de los Sub - Tramos Ramal Alameda - Barrancas

NOMBRE TRAMO	D DISPONIBILIDAD DE VÍA [h/día-sentido]	L LONGITUD TRAMO [km]	V VELOCIDAD DISEÑO [km/h]	d N° DE DESVÍOS DE CRUZAMIENTO	F SISTEMA DE MOVILIZACIÓN
Alameda-Mallico	16	24,8	40	1	AUV
Mallico-Talagante	16	8,7	30	1	AUV
Talagante-Melipilla	16	27,3	30	3	AUV
Melipilla-Malvilla	16	36,2	20	4	AUV
Malvilla-Barrancas	16	13,1	20	0	AUV

**Fuente:** Elaboración Propia.

La siguiente Figura grafica la estructura del tramo a analizar.

**Figura 10** Gráfica Ramal Alameda - Barrancas



**Fuente:** Elaboración Propia

En el Ramal, todos los sub - tramos cuentan con el sistema de movilización AUV, por lo que el porcentaje de disminución de capacidad correspondiente será del 50% (0,5 de acuerdo con lo establecido en la Tabla 3), además, considerará que el tiempo de maniobras de entrada y salida en los desvíos de cruzamiento alcanza a 10 minutos (0,17 horas).

A modo de ejemplo, se calculará la capacidad ferroviaria del Sub – Tamo Alameda – Talagante.

- Sub Tramo Alameda - Talagante

$$T = \left[ \frac{24,8}{40 * 0,67 (2 + 1)} \right] + 0,17$$

$$T = \left[ \frac{24,8}{80,4} \right] + 0,17$$

$$T = [0,31] + 0,17 ; T = 0,48$$

$$C = \left( \frac{10}{0,48} \right) * 0,5 ; C = 10,4$$

El número de trenes que teóricamente podrían circular en el Sub – Tramo Alameda – Malloco alcanza a **10 [trenes / día - sentido]**. La siguiente Tabla, resume los valores que resultan a partir de la aplicación de la fórmula general de cálculo para cada Sub – Tramo analizado.

*Tabla 12: Resultados Ejemplo de Aplicación*

Tramo	D [h/día-sentido]	T [h/tren]	F	C [tren/día-sentido]
Alameda-Malloco	16	0,63	0,5	13
Malloco-Talagante	16	0,39	0,5	21
Talagante-Melipilla	16	0,51	0,5	16
Melipilla-Malvilla	16	0,71	0,5	11
<b>Malvilla-Barrancas</b>	16	0,98	0,5	8

**Fuente:** Elaboración Propia.

El Sub – Tramo Malvilla-Barrancas, presenta la menor capacidad de tráfico ferroviario, alcanzando a **8 [tren/día-sentido]**, la cantidad máxima de trenes que pueden circular en el Ramal Alameda - Barrancas.

## 10.2. ANEXO N°2 – Sistemas de Movilización Ferroviaria

Existe una diversidad de sistemas de movilización y cada uno de ellos posee diferentes características que ampliarán o disminuirán la capacidad de tráfico ferroviario en simple vía. Los cinco sistemas (5), utilizados en Chile son los siguientes:

- **Autorización de Uso de Vía (AUV):** Es un sistema que desde una Central de Control de Tráfico controla la movilización en la vía principal, el cual utiliza puntos identificables permanentes tales como: punto kilométrico (PK), entradas y salidas de los patios de maniobras, estaciones y cambios de entrada y salida de las estaciones, además de balizas temporales, como protección en zonas de trabajos de la vía. La operación es dirigida por el Controlador de Tráfico, quien otorga la movilización mediante comunicación radial u otro medio alternativo con el maquinista y las autorizaciones de vía libre se efectúan a través de formularios.
- **Control Tráfico Centralizado (CTC):** Sistema de movilización-están constituido por señales, circuitos eléctricos, enclavamientos electrónicos y/o pedales electromagnéticos controlados en forma centralizada desde la Central de Control de Tráfico o transitoriamente por un comando local, ubicados en terreno. En tramos de doble vía, la circulación es bidireccional, siendo el modo preferente de circulación por la derecha. Los cambios de dirección, adelantamiento y cruzamientos se realizan por medio de aparatos de cambio motorizados o autorizados por cambios de operación manual con cerraduras Bouré. En este sistema, validez de la vía libre es hasta la próxima señal de detención.
- **Sistema de Movilización con Bastón (SB):** Sistema de movilización que no cuenta con circuitos ni señales eléctricas. Los cambios son operados en forma manual y las señales o indicaciones para los trenes son entregadas mediante semáforos de aspas o señales de mano con bandera de precaución o luces reglamentarias, en este caso la vía libre está representada por el uso de un testimonio o bastón, elemento fundamental y sustento del sistema.
- **Sistema Señalizado Eléctrico (SSE):** Sistema de movilización que asegura la circulación de un tren entre dos estaciones abiertas al servicio mediante consentimiento eléctrico relacionado con las señales de salida, constituido por señales, circuitos eléctricos, enclavamiento eléctrico, etc.
- **Sistema Señalizado Eléctrico con Uso Transitorio de Bastón (SSE+B):** Sistema de movilización que no dispone de un control de block, donde las señales y cambios son comandados a distancia desde una cabina de movilización. La diferencia con el SSE radica en que la movilización o salida a vía libre está condicionada por una señal de salida a libre más el uso de bastón.

La siguiente tabla resume los distintos sistemas de movilización que posee cada una de las líneas y ramales de la red perteneciente a la Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE).

Tabla 13: Sistemas de Movilización Red EFE

<b>TRAMO FERROVIARIO</b>	<b>SECTOR</b>	<b>SISTEMA DE MOVILIZACIÓN</b>
<b>Ferrocarril Arica La Paz</b>	Arica - Visviri	AUV
<b>Puerto-Alameda</b>	Puerto - Limache	CTC
<b>Puerto-Alameda</b>	Limache - Alameda	AUV
<b>Ramal Ventanas</b>	Ventanas - San Pedro	AUV
<b>Ramal Los Andes</b>	Llay Llay – Los Andes	AUV
<b>Ramal Río Blanco</b>	Los Andes – Río Blanco	AUV
<b>Central Sur</b>	Alameda - Chillán	CTC
<b>Central Sur</b>	Chillán – San Rosendo	AUV
<b>Central Sur</b>	San Rosendo - Temuco	SB
<b>Central Sur</b>	Temuco – La Paloma	AUV
<b>Ramal Barrancas</b>	Barrancas - Alameda	AUV
<b>Ramal Paine-Talagante</b>	Paine - Talagante	AUV
<b>Ramal Constitución</b>	Constitución - Talca	AUV
<b>Ramal Nueva Aldea</b>	Nueva Aldea - Rucapequén	AUV
<b>Ramal Lirquén</b>	Lirquén - Concepción	AUV
<b>Ramal Horcones</b>	Concepción - Coronel	CTC
<b>Ramal Horcones</b>	Coronel - Horcones	AUV
<b>Ramal Talcahuano</b>	Talcahuano - Hualqui	CTC
<b>Ramal Talcahuano</b>	Hualqui - Buenuraqui	SSE
<b>Ramal Talcahuano</b>	Buenuraqui – San Rosendo	SB
<b>Ramal Nacimiento</b>	Nacimiento - Coihue	AUV
<b>Ramal Valdivia</b>	Valdivia - Antilhue	AUV

Fuente: EFE

### 10.3. ANEXO N° 3 - Glosario de Términos

A modo de favorecer el entendimiento de la metodología descrita se presenta un glosario de términos del ámbito ferroviario:

- **Accionamiento electrónico o automático de las señales:** Sistema electrónico que permite controlar las señales desde un puesto central (enclavamiento).
- **Baliza:** Indicador físico que se usa en la vía para señalar o entregar información adicional que condiciona la circulación de trenes.
- **Bastón:** Elemento físico que representa la “vía libre”. En un sistema señalizado eléctrico, el bastón complementa a la señal de salida como vía libre.
- **Block:** Tramo de vía, de límites definidos, situado entre dos estaciones adyacentes abiertas al tráfico, controlado por el sistema de señalización. En el caso de sectores no señalizados, es el espacio de plena vía comprendido desde el último cambio de salida de una estación y el primer cambio de entrada de la siguiente estación.
- **Cambio:** Conjunto de elementos que materializan la bifurcación de vías, formado por las agujas izquierda y derecha y sus rieles guarda agujas. Para accionarlos, disponen de un aparato de maniobra el que a través de una barra metálica permite accionar las agujas en un sentido u otro. Se mantiene fijo con elementos mecánicos de accionamiento manual o automático.
- **Carro:** Material rodante remolcado, destinado al transporte de carga por las vías férreas.
- **Coche:** Equipo rodante ferroviario remolcado, destinado al transporte de pasajeros por la vía férrea.
- **Cruce a nivel:** Lugar en el que una carretera o vialidad cruza las vías férreas a ras de tierra. También puede ser la intersección de dos vías en ángulo recto u oblicuo.
- **Cruzamiento de trenes:** Acción y efecto de hacer coincidir en un lugar y hora determinados dos trenes en sentido opuesto, con el objetivo de optimizar los canales de circulación en el caso de contar con vía simple.
- **Desvío:** Tramo de vía que se aparta de otra y que permite desarrollar las operaciones como cruzamientos de trenes, maniobras, estacionamiento de equipos, etc.
- **Vía Doble:** Haz de dos vías férreas paralelas y colindantes para unir consecutivamente las estaciones. Teniendo ambas dispuestas su señalización en forma bidireccional.
- **Eje:** Elemento que une y posibilita el giro de las ruedas y que transmite a las mismas la carga del tren.
- **Enclavamiento:** Dispositivo que controla el accionamiento de los elementos situados en la vía (señales, cambios de aguja, cruces a nivel, etc.) asegurando que se cumplan las relaciones de dependencia, el orden de accionamiento y cualquier otra restricción para garantizar la seguridad en la circulación de los trenes en cualquier circunstancia.
- **Estación:** Instalación de vías y agujas, protegidas por señales o cambios, según sistema de movilización y que tiene por objetivo coordinar los procesos de circulación y maniobras. Además, se denomina estación al lugar de detención de los trenes de pasajeros o carga.

- **Ferrocarril:** Medio de transporte que consiste en varios vagones unidos entre sí y traccionados por una o más locomotoras que los hace avanzar sobre una vía.
- **Frecuencia:** Cantidad de trenes por unidad de tiempo que circulan en un tramo determinado.
- **Intervalo:** Es la diferencia de tiempo que existe entre un tren y otro, en un punto determinado.
- **Infraestructura ferroviaria:** Son todos los elementos como: la línea férrea, el sistema de electrificación, subestaciones y líneas de transmisión para la tracción eléctrica; los sistemas y elementos de señalización y comunicaciones; patios de maniobras y otros desvíos; terrenos y otras instalaciones que permiten la operación de trenes, la manipulación de la carga y la subida y bajada de pasajeros.
- **Itinerario:** Programación para el recorrido de un tren entre dos o más estaciones, con indicación de sus horarios de salida, pasada y llegada.
- **Líneas férreas:** Unidad formada por vías férreas que comunican en forma continua y directa las estaciones, incluyendo, terraplenes, obras de arte, puentes, túneles, alcantarillas y otras estructuras de drenaje o de apoyo, y la franja de terreno en que se emplazan. Se considera también como parte de la línea férrea la franja de seguridad aledaña a las vías férreas. Por el contrario, no forman parte de la línea férrea, las vías de los patios de maniobras u otros desvíos elementos que conforman los sistemas de electrificación, señalización y comunicación.
- **Operación ferroviaria:** Conjunto de actividades cuyo objetivo final es el movimiento de los trenes y demás móviles que ocupen la vía férrea.
- **Patio de maniobras:** Espacio físico compuesto por un conjunto de vías férreas y demás elementos destinados a realizar maniobras de trenes o estacionamiento de composiciones o vehículos remolcados ubicados al costado de las vías principales.
- **Pauta de arrastre:** Capacidad de tracción y frenado de los equipos para trasladar carga acorde a una configuración o composición determinada.
- **Plena vía:** Parte de la línea férrea comprendida entre la señal de salida de una estación y la señal de entrada de la estación consecutiva.
- **Punto Kilométrico (PK):** Identificador de la distancia en kilómetros de la vía férrea.
- **Riel o carril:** Barra de acero laminado que, colocado uno a continuación de otro, en 2 líneas paralelas sobre durmientes u otros soportes adecuados, constituyen el camino de rodadura de los vehículos ferroviarios.
- **Simple vía:** Sistema que emplea una sola vía para unir dos estaciones consecutivas.
- **Sistema de movilización:** Equipamiento, personas, procedimientos e instalaciones destinado a administrar la movilización de trenes en forma eficiente y segura.
- **Tren:** Una o más locomotoras acopladas en conjunto con uno o más carros y/o coches.
- **Tren de carga:** Tren compuesto por unas o más locomotoras y uno o más carros de carga, para el transporte de carga.
- **Tren de pasajeros:** Tren compuesto por una o más locomotoras y uno o más coches de pasajeros o automotores con coches motores autopulsados y coches portantes o remolques, para la explotación comercial del transporte de pasajeros.

- **Trocha:** Distancia entre los cantos laterales internos de las cabezas de 2 rieles opuestos, medidos perpendicularmente a la vía y a 16 mm de la superficie de rodado. En Chile, existen principalmente dos tipos de trocha: 1,000 [m] (trocha angosta – métrica) y 1,676 [m] (trocha ancha - hindú) [m]. Como casos particulares, por ejemplo Metro de Santiago y el Ferrocarril de la División El Teniente de Codelco, que poseen trocha 1,435 [m] (estándar – internacional).
- **Vía férrea:** Es la unidad constituida por rieles, durmientes, sujeciones, cambios, balasto y demás elementos que por su naturaleza o destinación permiten el tránsito de vehículos ferroviarios.
- **Vía libre:** Autorización que permite a un tren salir de una estación o avanzar desde un punto determinado de la vía (PK), ocupando el block, en viaje directo o sujeto a condición.