

FEPASA



“Asesoramiento Técnico Especializado en el Marco del Proyecto Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí”.

Fase 2: Informe 2 [Diseño Conceptual].

ECS Consult, FASE 2-Informe 2. 21 de Febrero de 2025.



CONFIDENCIAL, 21 de Febrero de 2025

PROYECTO DE TREN DE CERCANIAS ASUNCION – YPACARAI.**INDICE****A. INTRODUCCION****1. CONTEXTO Y ALCANCE****2. MARCO JURIDICO Y NORMATIVO****B. PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL PARA EL PROYECTO****1. CRITERIOS GENERALES PARA DISEÑO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA A LARGO DEL TIEMPO**

- 1.1 Conciliar el proyecto ferroviario con su entorno.
- 1.2 Clima.
- 1.3 Liberación de Faja/Expropiaciones.
- 1.4 Consideración de riesgos de la tecnología
- 1.5 Diseño asísmico.
- 1.6 Diseños orientados a desincentivar o minimizar robos.
- 1.7 Análisis explícito de interfaces entre sistemas, y entre sistemas y obras civiles.
- 1.8 Integración modal
- 1.9 Tren de carga
- 1.10 Inversión versus mantenimiento
- 1.11 Consideración de sistemas y componentes conocidas y probadas
- 1.12 Contratos de provisión con período de garantía y mantenimiento incluido
- 1.13 Alcance de las obras civiles y sistemas

2. ANTECEDENTES DE BASE

- 2.1 Contexto urbano
- 2.2 Topografía
- 2.3 Clima
 - 2.3.1 Pluviometría mensual:
 - 2.3.2 Humedad media mensual:
- 2.4 Hidrología y drenajes
- 2.5 Sismología
- 2.6 Mecánica de suelos
- 2.7 Subestructura de la vía férrea (base del terraplén, terraplén, base y sub base)
- 2.8 Superestructura de la vía férrea (balasto, durmientes, rieles, elementos de sujeción y desviadores).
- 2.9 Catastro de servicios e interferencias subterráneas y aéreas
- 2.10 Cruces vehiculares
- 2.11 Demanda y Tarifa

3. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

- 3.1 Trazado en planta, alzado y estaciones
- 3.2 Haz de vías principales
- 3.3 El emplazamiento de las diferentes componentes del proyecto
- 3.4 Planteamiento tarifario
- 3.5 Planteamiento operacional: Operación en dos bucles
- 3.6 Cálculo del tiempo de ciclo de los trenes (Tc)
- 3.7 Definición del intervalo entre trenes y cálculo de la cantidad de material rodante necesario

4. PLANTEAMIENTO PARA LA EJECUCION DE OBRAS CIVILES

- 4.1 Despeje de terrenos ocupados
- 4.2 Expropiaciones
- 4.3 Despeje de la faja vía
- 4.4 Solución a problemas de eventuales inundaciones locales
- 4.5 Cruces vehiculares y diseños viales
- 4.6 Cruces peatonales a nivel sobre la vía férrea entre acceso a Parque Bernardino Caballero e Ypacaráí
- 4.7 Facilidades de acceso a las estaciones
- 4.8 Cambios de servicios
- 4.9 Puentes
- 4.10 Obras de arte y otros ductos para salvar cursos de aguas menores
- 4.11 Viaductos
- 4.12 Estaciones
- 4.13 Banco de ductos
- 4.14 Taller de mantenimiento del material rodante y cocheras mayores
 - 4.14.1 Taller de mantenimiento del material rodante:
 - 4.14.2 Cocheras mayores
 - 4.14.3 Cocheras menores
- 4.15 Edificio de Puesto de Comando Centralizado (PCC)
- 4.16 Recinto base para la Unidad de Control de Incidentes (UCI).
- 4.17 Cierres
 - 4.17.1 Cierres puntuales
 - 4.17.2 Cierres de baja altura
 - 4.17.3 Cierres mayores

5. PLANTEAMIENTO FUNCIONAL PARA LOS SISTEMAS Y EQUIPAMIENTOS

- 5.1 Material rodante
- 5.2 Vías (superestructura de la vía férrea)
- 5.3 Sistema Eléctrico
 - 5.3.1 Conexión a subestaciones de ANDE
 - 5.3.2 Conexión entre las subestaciones de ANDE y la faja vía
 - 5.3.2 Subestaciones de propiedad de FEPASA
 - 5.3.3 Alimentación de las estaciones, taller de material rodante y cocheras mayores
 - 5.3.4 Otros
- 5.4 Catenaria (vías principales, talleres y cocheras mayores)

- 5.5 Sistema SCADA
- 5.6 Sistema de señalización
- 5.7 Sistema Puesto de Comando Centralizado (PCC)
- 5.8 Sistema de cobro
- 5.9 Equipos electromecánicos
- 5.10 Sistema de comunicaciones
 - 5.10.2 Red de Multiservicio (RMS)
 - 5.10.2 Sub sistema de Radio
 - 5.10.3 Sub sistema de Telefonía directa
 - 5.10.4 Sub sistema de grabación de voz
 - 5.10.5 Sub sistema de sonorización
 - 5.10.6 Sub sistema de información a público
 - 5.10.7 Sub sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV)
- 5.11 Taller de mantenimiento de material rodante
- 5.12 Cocheras
- 5.13 Sistemas informáticos
- 5.14 Equipos menores en lugares críticos
- 5.15 Unidad de Control de Incidentes (UCI)
- 5.16 Buses de acercamiento

6. ESTIMACIÓN DEL MONTO DE INVERSIÓN

7. ESTIMACION DEL COSTO SE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUAL

ANEXOS

- Anexo N° 1: Inspección de terreno
- Anexo N° 2: Cálculo del tiempo de ciclo
- Anexo N° 3: Cálculo del tamaño de flota
- Anexo N° 4: Detalle del monto de inversión (Excel)
- Anexo N° 5: Algunos cruces vehiculares sector Central- Botánico
- Anexo N° 6: Estimación del costo operacional anual (Excel)

ANTEPROYECTO CONCEPTUAL

PROYECTO DE TREN DE CERCANIAS ASUNCION – YPACARAI.

A. INTRODUCCION

1. CONTEXTO Y ALCANCE

El proyecto plantea un servicio ferroviario de pasajeros mediante un tren ligero por la faja vía disponible, entre las antiguas estaciones Central ($25^{\circ} 17' 1.74'' S - 57^{\circ} 37' 47.86'' O$) e Ypacaraí ($25^{\circ} 24' 11.08'' S - 57^{\circ} 17' 15.17'' O$), con una longitud aproximada de 44,331 km., existiendo la posibilidad que una primera fase se extienda desde Central hasta Estación Luque 3 (18,200 Km).

La estación Luque 3 se extiende más allá del centro de Luque con el objetivo de disponer una estación de intercambio que evite el acceso de buses de integración modal al centro de Luque en el caso que una primera etapa llegue sólo hasta este lugar. Hay un tramo menor, entre Central y el acceso al Parque Bernardino Caballero donde el servicio ferroviario circulará energizado mediante baterías por una calle compartiendo el espacio con la vialidad. El resto del trazado transcurre en espacio exclusivo.

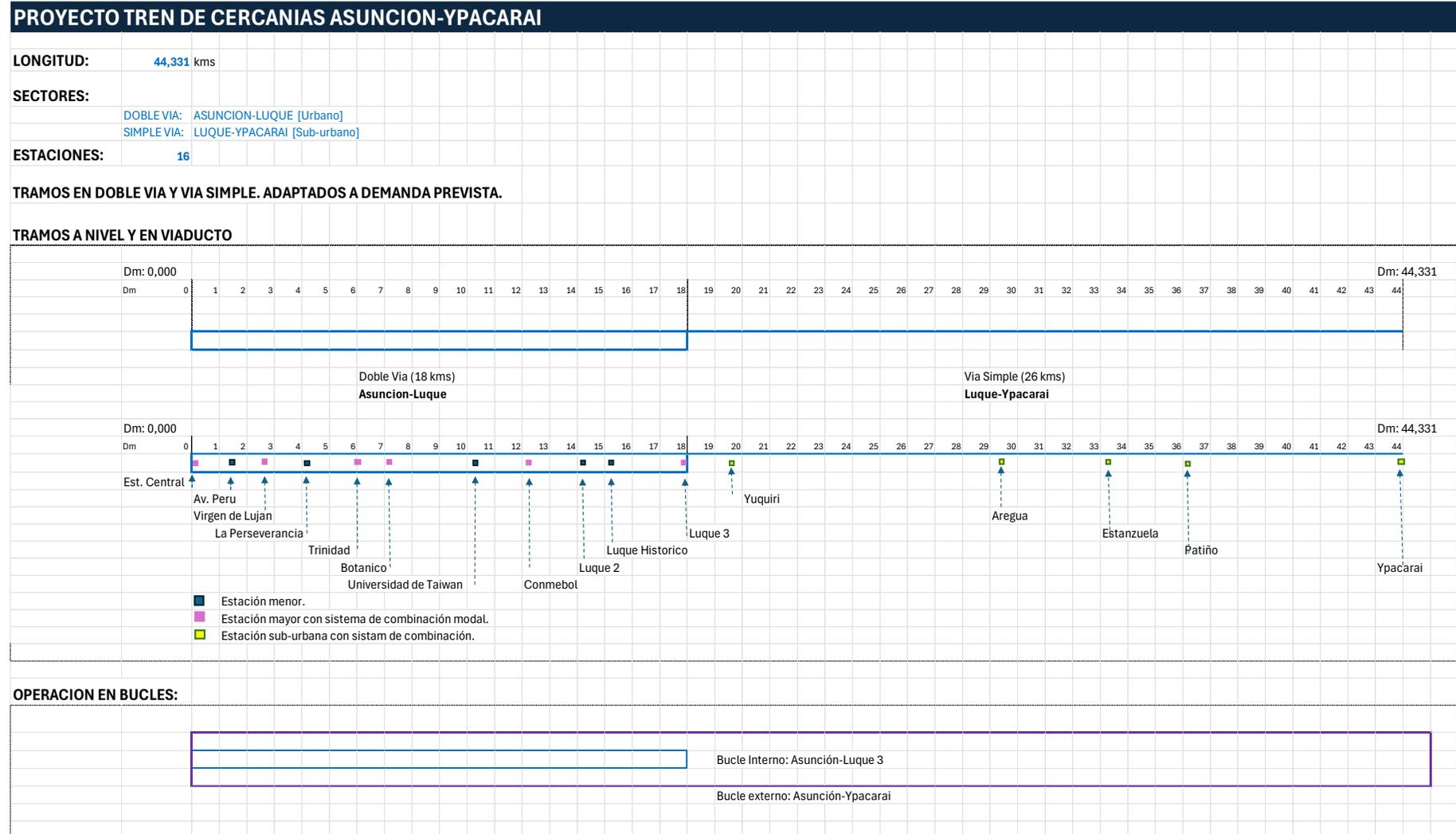
En ciertos tramos se proyecta un viaducto por el nivel de interferencia con el entorno urbano y con la vialidad, pero la mayor parte el trazado es a nivel con cruces también a nivel con la vialidad. El tramo en viaducto se limita al mínimo necesario de manera de no aumentar en demasía el costo del proyecto, habida cuenta que la demanda inicial no será muy alta.

En un tramo del proyecto, entre aproximadamente el cruce del eje Artigas con Av. Perú (Dm 1+320) y el cruce del eje Artigas con Avda. Brasilia (Dm 4+700), se plantean 2 alternativas para el Viaducto 1: a) Uno corto (900 ml) entre Dm 3+800 y 4+700 y b) un viaducto de mayor longitud (3.380 ml) entre Dm 1+320 y 4+700.

Se considera un segundo viaducto (Viaducto 2), igual para ambas alternativas entre los Dm 5+460 y Dm 6+420 (960 ml).

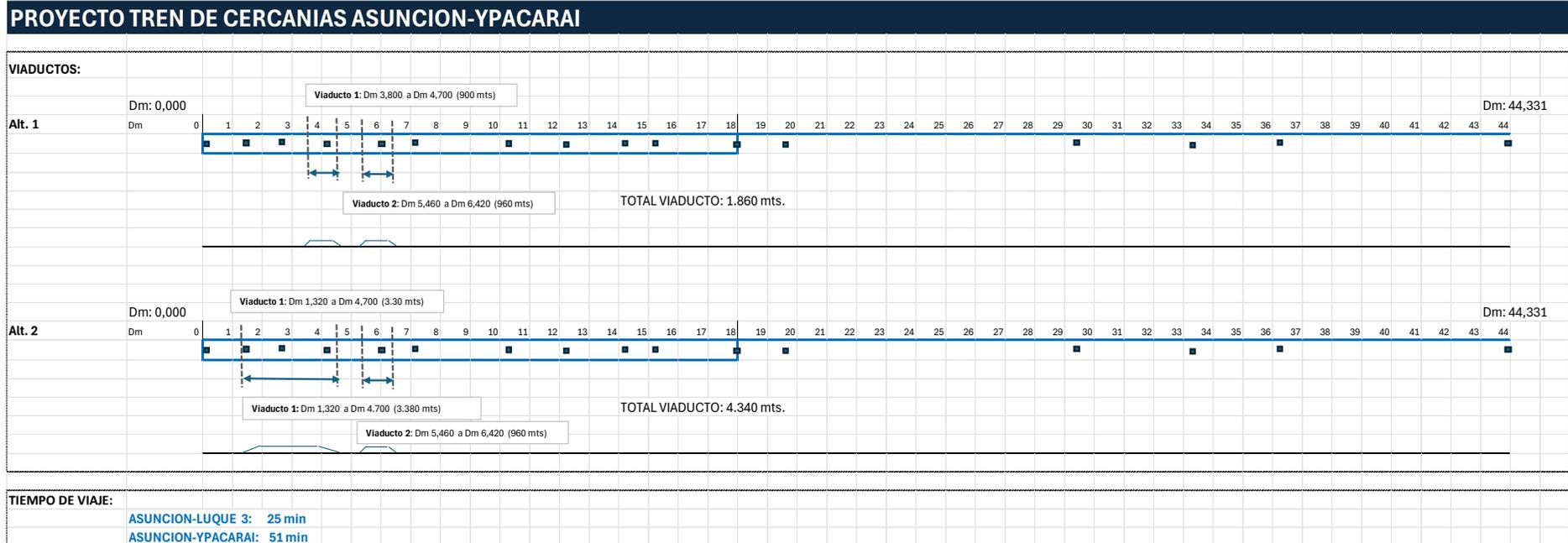
El trazado no transcurre por los ejes viales principales ni cruza en general los centros de actividad, por lo que es necesario contemplar facilidades explícitas para la integración entre modos de transporte en las estaciones para que den alimentación de pasajeros el servicio.

Figura B. 1: Esquema Conceptual General del Proyecto y Definiciones Claves



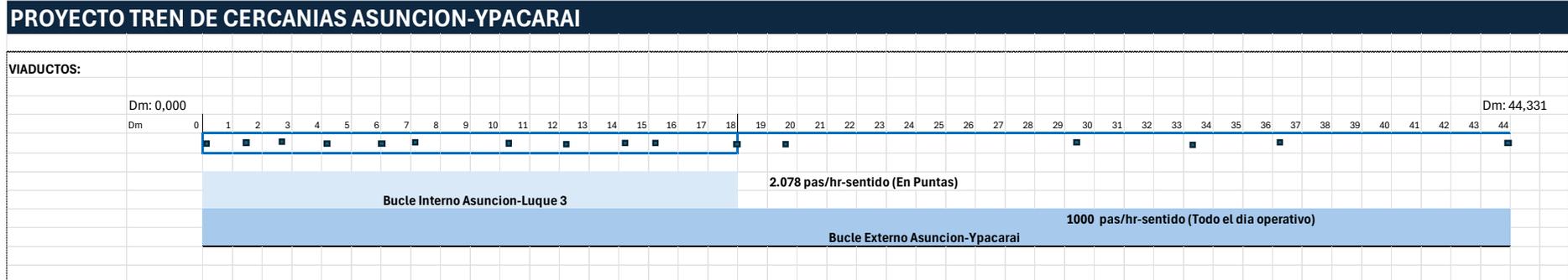
Fuente: ECS Consult.

Figura B. 2 [A]: Esquema Conceptual General del Proyecto y Definiciones Claves



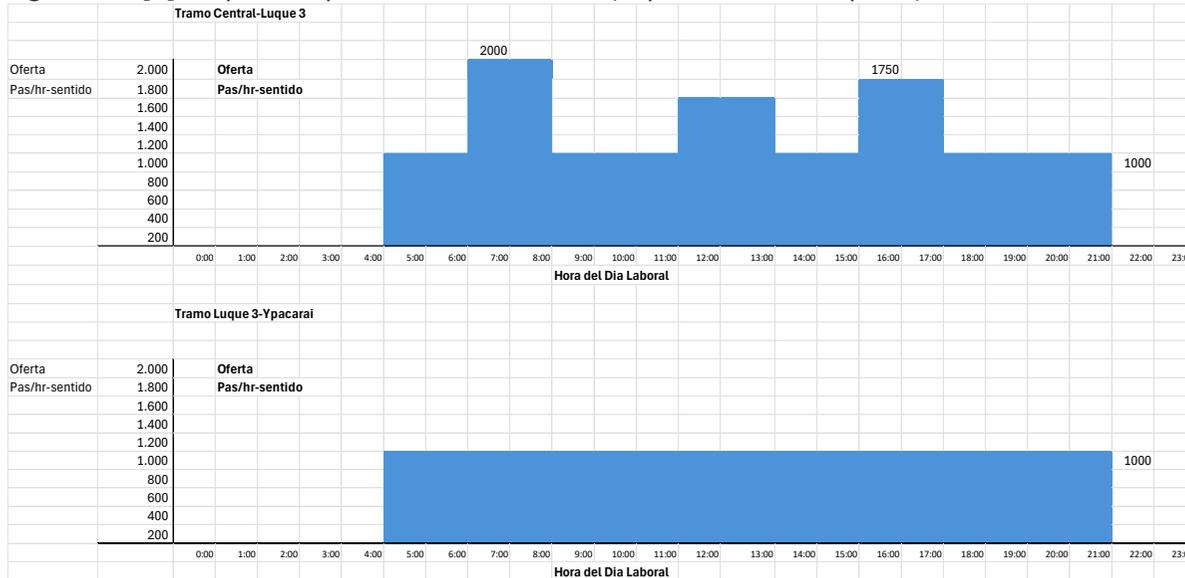
Fuente: ECS Consult.

Figura B. 2 [B]: Esquema Operacional: Oferta Tren (Capacidad de Transporte)



Fuente: ECS Consult.

Figura B. 2 [C]: Esquema Operacional: Oferta Tren (Capacidad de Transporte)



Fuente: ECS Consult.

El alcance de este documento está en hacer un planteamiento general del proyecto e identificar sus principales componentes y cuantificaciones preliminares. De esta forma se da contexto a las definiciones de obras civiles, funcionalidad operacional y funcionalidad de los principales sistemas, así como también identificar algunas interrelaciones entre sistemas, que son muy importantes para asegurar la coherencia entre ellos.

Hay algunas variables que se consideran especialmente importantes para el éxito del proyecto, algunas son comunes a cualquier proyecto de este tipo y otras especiales que se dan en Asunción: el tratamiento de las aguas, el clima, apuntar a la continuidad operacional del servicio, un nivel de servicio razonable (tiempos de viaje e intervalos, entre otros) y la adecuada inserción del proyecto en los entornos urbano y vial.

Finalmente, se presenta una estimación del monto de inversión.

2. MARCO JURIDICO Y NORMATIVO

El proyecto debe considerar alguna normativa, existente o no en Paraguay, sobre cada una de las materias importantes a considerar. Entre ellas se advierten en principio las siguientes:

- Proyecto de Ley “De la reforma del Tren de Cercanías”. En tramitación a fecha de elaboración de este informe, pero aprobado en general y en particular con modificaciones (27.11.2024) pasa a Cámara de Diputados para su estudio y consideración. La fecha prevista para el término de su tramitación es diciembre de 2024. En lo medular la Ley establece que el uso de la faja ferroviaria definida entre Estación Central (Asunción) e Ypacarai con un ancho total de 28 metros es exclusiva para el Proyecto de Tren de Cercanías Asunción-Ypacarai, a desarrollar por el Estado de Paraguay.
- Anteproyecto de Ley de Transporte Público de Pasajeros. En tramitación. Da un marco global para el desarrollo, control y fiscalización del sistema de transporte de pasajeros en Paraguay.
- Norma de construcción en Paraguay.
- Aprobación de un Estudio Ambiental.
- Normas de diseño ferroviario. No las hay establecidas para Paraguay y se adoptará las normas europeas al menos para material rodante y vías.
- Normas eléctricas.
- Normas para telecomunicaciones¹.
- No se dispone de un Reglamento de Tráfico Ferroviario (RTF) y será necesario su desarrollo como parte del proyecto².
- Manual de Diseño Vial Urbano.
- Alguna ley o disposición que restrinja la tala de árboles. Asumiremos para este anteproyecto conceptual que no la hay.
- Ley de bancos que permita o limite la existencia de tarjetas sin contacto como medio de pago. Supondremos que no hay restricciones en consideración a que el sistema de buses ya opera con un sistema de billeteo electrónico.
- Necesidad de disponer de accesibilidad universal según exigencia establecida en Anteproyecto de Ley de Transporte Público de Pasajeros.

¹ Esto es por la radiofrecuencia que se requiere para el sistema de radio tren-tierra

² El Reglamento de Tráfico Ferroviario establece una serie de disposiciones para la operación de un sistema ferroviario, que van desde formalidades de comunicación, respaldo de instrucciones, forma de actuar frente a situaciones especiales, requisitos para conducir un tren, formas de actuar seguras en caso de trabajos de mantenimiento y otras.

- Exigencia de requerimientos mínimos para los lugares de trabajo según exigencia establecida en Normas Laborales. Esto se refiere principalmente a servicios higiénicos, lugares y equipamiento para almorzar, duchas en los casos que se requiera, lockers para trabajadores de ciertas funciones (cambios de ropa y zapatos, por ejemplo).
- Valor de aranceles e impuestos y alcance de ellos para este proyecto: material rodante y otros. No se ha considerado.
- El desarrollo del proyecto se realizará, en su totalidad, en idioma castellano.

B. PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL PARA EL PROYECTO

1. CRITERIOS GENERALES PARA DISEÑO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA A LO LARGO DEL TIEMPO

A continuación, se presentan los principales criterios de diseño que se recomienda observar en el proyecto:

1.1 Conciliar el proyecto ferroviario con su entorno.

Dadas las características en el entorno urbano del trazado y al hecho de que se trata de un trazado mayoritariamente en superficie (a nivel), se deberá conciliar las necesidades del servicio con dicho entorno.

Lo anterior tiene que ver con definiciones en cuanto a las decisiones de dónde segregar físicamente las vías férreas y dónde no, dónde compartir espacio con la vialidad, las velocidades máximas para la circulación del material rodante en cada tramo, dónde proponer un viaducto (sin exagerar por razones de costo), dónde ubicar las estaciones, qué facilidades otorgar para la integración modal, cómo evitar anegamientos y otras.

Otro aspecto importante en este orden y que se detallará más adelante será que el proyecto debe incluir la adecuación de la vialidad en los puntos o tramos que lo ameriten. El proyecto se debe integrar armónicamente con la vialidad circundante como parte de su entorno. Es decir, no se puede considerar sólo las componentes estrictamente ferroviarias.

1.2 Clima.

Una consideración a tener en cuenta en el planteamiento y diseño del proyecto son las características de clima en Asunción, Paraguay, que se caracteriza por temperaturas máximas importantes (33°C como máxima promedio con extremas de hasta 45 °C en verano), una pluviometría media elevada (1.370 mm/año), y una intensidad de precipitaciones muy importante (que puede llegar a 80 mm/hr.), así como un nivel de humedad ambiente también elevada (máximas medias de 70-80% con extremos puntuales más altos que pueden llegar a algo más que la medias), tormentas eléctricas y vientos (ocasionalmente pueden superar los 100 km/hr.).

En consideración a lo anterior, la componente de escurrimiento superficial de aguas lluvia, existencia de napas de agua poco profundas y humedad ambiente es entonces de **primera importancia** al momento de diseñar el proyecto, considerando un período de retorno para ellas de al menos 50 años. Lo anterior con los siguientes objetivos:

- Que los cursos de aguas no dañen las instalaciones del servicio ferroviario.
- Que los cursos de agua no aneguen ni sobrepasen las vías y otras instalaciones, para asegurar la continuidad operacional del servicio, ni generar corrientes vagabundas por esta causa.
- Que las vías no podrán constituir un pretil que retenga aguas superficiales
- Cuidar las fundaciones en lugares donde haya napas superficiales

- Que las obras del proyecto no desvíen las aguas que escurren superficialmente a otros lugares afectando a terceros
- Permitir el expedito acceso de los pasajeros a las estaciones
- Que la temperatura y humedad ambiente no afecten a instalaciones críticas, especialmente las que tengan componentes electrónicas.
- La componente aguas no se limita a las vías, sino también a talleres, Puesto de Comando Centralizado (PCC), cocheras, subestaciones eléctricas y otras instalaciones.
- Prever en los dimensionamientos eventuales bloqueos de ciertos cursos de aguas (basuras, colchones, etc.).

1.3 Liberación de Faja/Expropiaciones.

Se plantea liberar/expropiar lo mínimo que sea necesario para dar la cabida del proyecto; es decir, no necesariamente para dar cabida a los 28 ml de ancho definidos para FEPASA en Ley “De la reforma del Tren de Cercanías”. Ello obedecerá a dos criterios:

- Propiedades que invadan directamente el ancho de faja vía necesario.
- Propiedades que, si bien no invaden directamente la faja vía necesaria, sus accesos hacen uso de dicho espacio.

La liberación del espacio necesario es una condición necesaria para dar inicio a las primeras fases del proyecto

1.4 Consideración de los riesgos de la tecnología

Los principales riesgos de la tecnología son los siguientes:

- Obsolescencia tecnológica. Se optará por componentes y diseños que minimicen la obsolescencia tecnológica de los sistemas. En la medida de lo posible considerar componentes estándares que se considere tengan disponibilidad de repuestos en el largo plazo, sistemas que se estime estén lejos de ser vulnerados (crackeados), así como otros criterios a definir en esta línea.
- Cautividad con un proveedor único.
- Empresas que terminen su giro (desaparecen) sin que otra las absorba o reemplace.
- Riesgo de sistemas “abiertos a la internet”. Hay sistemas de mayor riesgo a que puedan ser hackeados y/o crackeados (sistema de señalización, SCADA, Puesto de Comando centralizado (PCC) y sistema de cobro, principalmente).
- Riesgos de sistemas “cerrados tecnológicamente”. Es el caso de aplicaciones en las cuales el software queda amarrado al hardware (en este caso, y por ejemplo, el reemplazo del servidor pasa a ser un problema si se discontinúan).
- FEPASA deberá disponer de las llaves de acceso necesarias que se definan para los diferentes sistemas.

La mayoría de estos riesgos no necesariamente se pueden evitar, pero al menos se debe ser conscientes de su existencia para prevenirlos y atenuarlos.

1.5 Diseño asísmico.

Si bien en Paraguay los sismos son pocos frecuentes y ellos son de magnitudes menores, en la ingeniería de detalles se deberá definir si el diseño estructural se abordará mediante alguna norma asísmica. No existe norma al respecto en Paraguay. Se recomienda adoptar alguna, o al menos adoptar algunos criterios de bajo costo. Uno de ellos, por ejemplo, en casos de vigas simplemente apoyadas, de haberlas, es que las cepas incluyan topes que eviten sus desplazamientos longitudinales y transversales, así como la consideración de zapatas de base amplia. En este caso un especialista debiera recomendar algunas otras medidas de bajo costo que sea recomendable incorporar.

1.6 Diseños orientados a desincentivar o evitar robos.

Con el objeto de disminuir el impacto de eventuales robos, se recomienda optar por cables de aleación para el hilo de contacto de la catenaria y evitar el uso de metales y otros elementos de interés en zonas abiertas (piezas de bronce en la señalización, paneles solares, etc.).

1.7 Análisis explícito de interfaces entre sistemas y entre sistemas y obras civiles.

Para asegurar la compatibilidad entre sistemas, en la ingeniería de detalles se deberá explicitar mediante documentos de interfaz detallados la relación entre los diferentes sistemas que lo requieran. Entendemos por estas interfaces el tratamiento de aspectos en común que se planteen para establecer la compatibilidad necesaria.

1.8 Integración modal

En las estaciones que lo ameriten, se debe contemplar espacios y facilidades para la integración modal y su debida accesibilidad.

1.9 Tren de carga

Se descarta la circulación de un tren de carga en este tramo de vías.

1.10 Inversión vs mantenimiento

El proyecto debe conjugar en la medida de lo posible la inversión inicial, que no se debe extremar, con los niveles de servicio y costos de mantenimiento posteriores, que tampoco pueden ser puestos en riesgo.

1.11 Sistemas y componentes conocidas y probadas

Se optará por sistemas y componentes reconocidos y suficientemente probados en la industria ferroviaria. No habrá lugar para sistemas y componentes no probados ni de prototipos.

1.12 Contratos de provisión con período de garantía y mantenimiento incluido

Se considerará que los contratos de provisión de ciertos sistemas y equipamientos incluyan un período de garantía con mantenimiento incluido. De esta forma se facilitará el inicio de la operación (marcha blanca) dando un tiempo razonable para resolver la forma de abordar dichos mantenimientos a lo largo del tiempo restante.

1.14 Alcance de las obras civiles y sistemas

Los diseños físicos y tecnológicos serán funcionales, seguros, amigables con el entorno, y otras características según cada caso, con un nivel en inversión y costos de operación y mantenimiento **que no sean innecesariamente excesivos y coherentes con un proyecto austero**. Se aceptará algún nivel extra de inversión sólo para disminuir los costos de mantenimiento u operación.

2. ANTECEDENTES DE BASE

A continuación, se abordan los principales antecedentes de base tenido en cuenta para las definiciones que se hacen en este anteproyecto conceptual.

2.1 Contexto urbano

Asunción se caracteriza por tener, -al menos en el entorno de la faja vía-, una baja densidad poblacional. Comenzando desde Central, hay aproximadamente 1.100 ml hasta el sector final del parque Bernardino Caballero donde no se visualiza la conveniencia de obras especiales de segregación física y donde habrá una fricción mediana con el entorno: Lo sigue un tramo de 250 ml donde la fricción lateral será algo menor al desarrollarse por el costado del Parque Bernardino Caballero.

A continuación, desde el cruce con Avda. Perú hay un tramo de 5.600 ml hasta las cercanías del Parque Botánico en que gran parte del trazado transcurre por fondos de propiedades, con el cruce de algunas avenidas importantes. El contexto urbano, en general, no sugiere la conveniencia de una segregación física (cierres) por el daño que produciría al entorno. Algunos de los cruces más relevantes (Avdas. Brasilia, Venezuela, Sacramento, Molas López, y Santísima Trinidad) pueden resolver mediante una estructura de viaducto.

Desde las cercanías del Parque Botánico hasta la altura del acceso del aeropuerto Silvio Pettrossi se puede considerar la segregación natural de la faja vía que transcurrirá entre las dos calzadas de la autopista Ñu Guasu, en un tramo de 5.400 ml.

Desde el punto anterior y a lo largo de 5.500 ml, el trazado transcurre por la localidad de Luque, donde el entorno urbano al costado de la faja vía es amplio, con calzadas vehiculares laterales y las construcciones más alejadas. En este tramo se recomienda una segregación menor mediante cierres que no constituyan una barrera visual muy fuerte.

Desde el Dm 18+000, en adelante el trazado pasa a ser suburbano hasta el Dm 44+331 (26,3 km) Se recomienda establecer una segregación física mayor para circular a las mayores velocidades que permite el entorno y la tecnología, salvo tramos menores por razones de evitar segregaciones físicas no recomendables entre los dos costados de la faja vía.

En Anexo N°1 se adjuntan algunas notas relativas a la inspección en terreno entre Estación Central y Luque para identificar los tramos en que pudiera justificarse un viaducto, ubicación de las estaciones, así como la identificación de 3 lugares donde se requiere de obras especiales.

2.2 Topografía

Para este trabajo se ha dispuesto de la topografía desarrollada por DISERGEMIL, en el año 2024 en una escala 1:2.500. Dicha topografía define el eje de la faja vía y sus bordes con una separación de 28 ml. Adicionalmente identifica los predios que se encuentran al interior de la faja, ubicación de puentes, obras de arte, cotas altimétricas en determinados puntos, postes de ANDE y algunos otros elementos.

Hacemos presente que en el trabajo desarrollado por esta consultoría se modificó el punto de inicio del proyecto, trasladándolo al tope de rieles dentro de la nave de Estación Central.

Adicionalmente se ha aprovechado la topografía facilitada por la empresa Benito Roggio e Hijos SA (Roggio). Esta topografía fue desarrollada en el año 2016 para el proyecto de Tren de Cercanías y aporta principalmente información topográfica, curvas de nivel y más detalles en algunos aspectos.

Emplazamiento de diferentes componentes:

A] TOPOGRAFIA DIGERSEMIL:

- Base topográfica de DISERGEMIL
- Eje de Rieles en base DIGERSEMIL.
- Trazado de faja vía de 28 ml en base topográfica DIGERSEMIL.
- Liberación/expropiación de terrenos que invaden la faja vía. El detalle de los terrenos a liberar/expropiar que se encuentran dentro de la faja de 28 ml se puede ver topografía DIGERSEMIL.
- Puentes.
- Obras de arte o alcantarillas.
- Postes de electrificación de ANDE.

B] El emplazamiento de las diferentes componentes del proyecto se muestra en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1³ y 2 Definición Conceptual](#). Algunas componentes se muestran separadas por layers según el siguiente detalle:

2.3 Clima

Algunos antecedentes de contexto sobre el clima son la pluviometría y el nivel de humedad.

³ *Por fases 1 y 2 nos referimos a la posibilidad de ejecutar el proyecto en dos etapas. La primera sería entre Central y Luque 3 y la segunda hasta llegar a Ypacaraí. Este anteproyecto conceptual asumirá que el proyecto se ejecuta completo como una sola etapa.*

2.3.1 Información de Pluviometría

Tabla B. 1: Información de Pluviometría



Indicador	Precipitación total estación Aeropuerto Internacional Silvio Petrossi													
Unidad de medida	Milímetros (mm)													
Desagregaciones	Año													
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Total anual	1385.2	1374.3	1219.4	1159.0	1910.4	2127.2	1404.4	1290.3	1660.0	1187.5	1083.3	1440.6	1363.6	737.3
Mensual														
Enero	162.3	104.5	37.1	31.8	74.8	223.6	148.8	104.4	197.6	117.1	231.9	354.5	54.4	178.7
Febrero	125.1	185.5	81.6	185.0	342.9	225.8	307.0	145.1	111.2	73.8	31.9	86.2	170.9	62.3
Marzo	88.3	121.7	177.7	59.7	192.3	58.5	92.7	89.1	288.0	299.7	35.3	228.6	269.8	155.1
Abril	47.2	181.1	233.7	80.7	325.0	161.3	148.5	196.4	0.0	194.4	18.1	147.2	151.1	14.2
Mayo	166.2	19.3	23.9	161.2	112.0	404.1	85.5	128.3	148.5	165.4	75.9	38.6	66.4	154.8
Junio	22.9	49.2	49.6	172.3	126.7	100.6	2.7	46.6	50.4	0.6	61.9	42.4	47.0	16.2
Julio	171.9	152.4	54.8	22.8	74.1	103.8	21.2	1.3	47.9	29.9	34.4	63.4	12.2	28.2
Agosto	0.1	8.1	10.2	52.0	7.1	53.3	31.9	36.3	13.5	35.7	14.7	3.3	22.6	-
Setiembre	66.5	67.1	59.6	34.1	60.2	4.4	29.8	48.0	209.1	3.0	2.6	50.6	47.6	-
Octubre	220.7	214.4	135.4	119.6	98.3	135.1	180.9	187.9	283.3	57.5	71.4	166.5	324.7	-
Noviembre	70.7	224.5	248.9	144.1	345.5	174.8	163.7	217.3	271.5	76.4	222.2	216.0	162.7	-
Diciembre	243.3	46.5	106.9	95.7	151.5	481.0	191.7	109.6	39.0	133.0	283.0	43.3	34.2	-

Fuente:
 DINAC-DMH. Dirección de Meteorología e Hidrología
 Registro de Estaciones Meteorológicas Convencionales del Paraguay
<https://www.meteorologia.gov.py/wp-content/uploads/2022/04/ANUARIO-HIDROLOGICO-2021-1.pdf>
 Recopilado por el INE. Sistema de Información del Agua Paraguay

2.3.2 Información de Higrometria

Tabla B. 2: Información de Humedad
 HUMEDAD RELATIVA MEDIA, MEDIDA EN LA ESTACIÓN DE ASUNCIÓN

AÑO DESDE AÑO HASTA

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
▲ Promedio						
Promedio anual		73,3	71,1	72,7	68,9	68,1
▲ Meses						
Enero	73,0	68,7	77,7	70,0	73,0	75,0
Febrero	80,0	74,6	70,6	67,0	66,0	69,0
Marzo	78,0	74,2	79,3	76,0	55,0	73,0
Abril	76,0	78,7	70,5	82,0	59,0	72,0
Mayo	89,0	85,1	72,5	84,0	66,0	74,0
Junio	77,0	78,7	74,9	73,0	69,0	79,0
Julio	72,0	61,1	75,6	70,0	65,0	62,0
Agosto	68,0	61,0	65,9	62,0	53,0	61,0
Setiembre	61,0	64,6	72,5	53,0	54,0	60,0

2.4 Hidrología y drenajes

En la faja vía existen 5 puentes que totalizan 225 ml de largo y 28 obras de arte, en general en mal estado o ya inexistentes, cuya ubicación se puede ver en Topografía DIGERSEMIL.

No se dispone para este anteproyecto conceptual de un estudio acucioso del sistema de drenajes existente para la evacuación de las aguas superficiales en el entorno del proyecto más allá de lo señalado en el párrafo anterior, así como tampoco de un estudio que aporte los caudales esperados en cada uno. No obstante, se debe señalar que en la situación actual en cuanto a las necesidades drenajes debiera ser algo más compleja a la que tenía la vía cuando se dejó de utilizar hacia el año 1974 debido a los asentamientos ocurridos a lo largo de los años posteriores. Con seguridad se requerirá de puntos de saneamiento adicionales.

2.5 Sismología

Desde 1900, a la fecha Asunción ha tenido 7 sismos de magnitudes de hasta 5,1 grados en escala Richter, dentro de una distancia de hasta 100 km.

- 1 sismos de magnitud 5 o superior
- 3 sismos de magnitud entre 3 y 4
- 3 sismos de magnitud entre 2 y 3

2.6 Mecánica de suelos

No se dispone de antecedentes de mecánica de suelos, que serán especialmente importantes en la zona donde se plantee un viaducto (por razones de fundaciones), para los puentes y obras de arte (diseño de estribos).

2.7 Subestructura de la vía férrea (base del terraplén, terraplén, base y sub base)

Se refiere al tratamiento del suelo natural, modificado para dar el apoyo adecuado a la superestructura de la vía, de modo que ésta no sufra deformaciones que influyan de una manera negativa en la explotación del servicio ferroviario.

Si bien se trata de un trazado que tuvo uso ferroviario, la subestructura apropiada se la debe considerar como inexistente.

2.8 Superestructura de la vía férrea (balasto, durmientes, rieles, elementos de sujeción y desviadores).

Si bien se trata de un trazado que tuvo uso ferroviario, la superestructura que quede se la debe considerar como inexistente.

2.9 Catastro de servicios e interferencias subterráneas y aéreas

Sólo se dispone de la ubicación de postes de ANDE en Topografía DIGERSEMIL. No se dispone de más antecedentes.

2.10 Cruces vehiculares

Entre Central y Luque existen múltiples cruces de distinto tipo con la vialidad. En Anexo N° 1 se adjunta una reseña de los más importantes ubicados entre Central y el acceso al aeropuerto (no se tomó nota de los cruces menores), a partir de lo cual se plantea dos tramos en viaducto y soluciones conceptuales para salvar cuatro puntos complejos como son Av. Perú, los dos extremos de la carretera Ñu Guasu y Ñu Guasu donde se implantará la estación Polo Tecnológico Universidad de Taiwán (ver Anexo N° 1).

2.11 Demanda y Tarifa

La presente sección tiene por objeto presentar la información relevante de proyección de demanda e ingreso para el Tren de Cercanías.

2.11.1 Información de base utilizada

La proyección consideró información base de:

- Estudio VMT del año 2024, que generó información de matrices origen-destino de viajes de personas en transporte público, a partir de un método de consolidación de información del sistema de billeteo electrónico de los buses e información de señal de celular de los usuarios.
- La información de viajes origen-destino, se obtuvo y procesó a nivel de paraderos, para todo el día de operación, separando los períodos claves de operación, correspondiente al mes de Noviembre del año 2023, para días Laborales, Sábado y Domingo.
- A partir de la misma información, se obtuvo información de tiempos de viaje origen-destino a nivel de paraderos, para todo el día de operación, correspondiente al mes de Noviembre del año 2023, para días Laborales, Sábado y Domingo.
- Distribución horaria de viajes a partir de la misma fuente identificada,
- Información de tiempos de viaje en transporte público a nivel de pares origen-destino relevantes obtenida de Google Maps.
- Información general de viajes en el área metropolitana de Asunción, obtenida de la Encuesta Origen Destino de viajes del AMA 2022.
- Información de conteos de viajes (aforos) realizadas en el AMA por el consorcio KIND, en el año 2022.
- Información Distrito La Perseverancia. (<https://distritoperseverancia.com/>)
- Proyecto de Tren de Cercanías: Definición Conceptual. ECS para Gobierno de Paraguay del año 2025.
- Estudio Topográfico DIGERSEMIL-FEPASA (2024).

2.11.2 Método de estimación de la demanda

La proyección de demanda para el Tren de Cercanías consideró tres fuentes de demanda principales:

[A] Demanda Existente, Captada del Sistema de Buses Actual.

Aplicación de un modelo de **corredor**, para estimar la demanda orgánica que el servicio de tren captaría del transporte público (sistema de buses actual), sobre el corredor relevante para el servicio.

El modelo distingue:

- La demanda que corresponde a viajes captados en competencia directa con el bus (Tren vs. Bus), en un corredor asimilable a un entorno cercano y
- La demanda que corresponde a viajes captados en competencia con el bus, pero considerando alimentación al Tren (Tren-Alimentador⁴ vs. Bus), para un corredor ampliado en torno a la traza del Tren, que obviamente requiere de alimentación para darle accesibilidad al servicio.

[B] Demanda Existente, Captada del Transporte Privado Actual.

Aplicación de un modelo de **corredor**, para estimar la demanda orgánica que el servicio de tren captaría del transporte privado (automóvil), sobre el corredor relevante para el servicio.

[C] Nueva Demanda Asociada a Desarrollos Inmobiliarios y Urbanos (Proyectos Programados).

Se estimó la nueva demanda que se generará en dos enormes proyectos programados que se emplazarán aledaños a la traza del Tren y que estarán operativos al momento de entrada en operación del Tren (año 2029):

- Distrito La Perseverancia (en construcción y fase de ventas).
- Polo Tecnológico Universidad de Taiwán (en fase de proyecto).

Se estimó la demanda global que generará y atraerá cada uno de estos proyectos, en los distintos periodos y días de la semana y luego se estimó la participación del Tren en estos nuevos mercados (partición modal).

[D] Demanda Inducida.

Un proyecto de este tipo, tiene la potencialidad de remodelación urbana, procesos de densificación y cambio de uso de suelos, especialmente en el eje Artigas, consolidando las conurbaciones de Luque, Areguá, Ypacaraí como localidades dormitorio que gravitan en torno a Asunción.

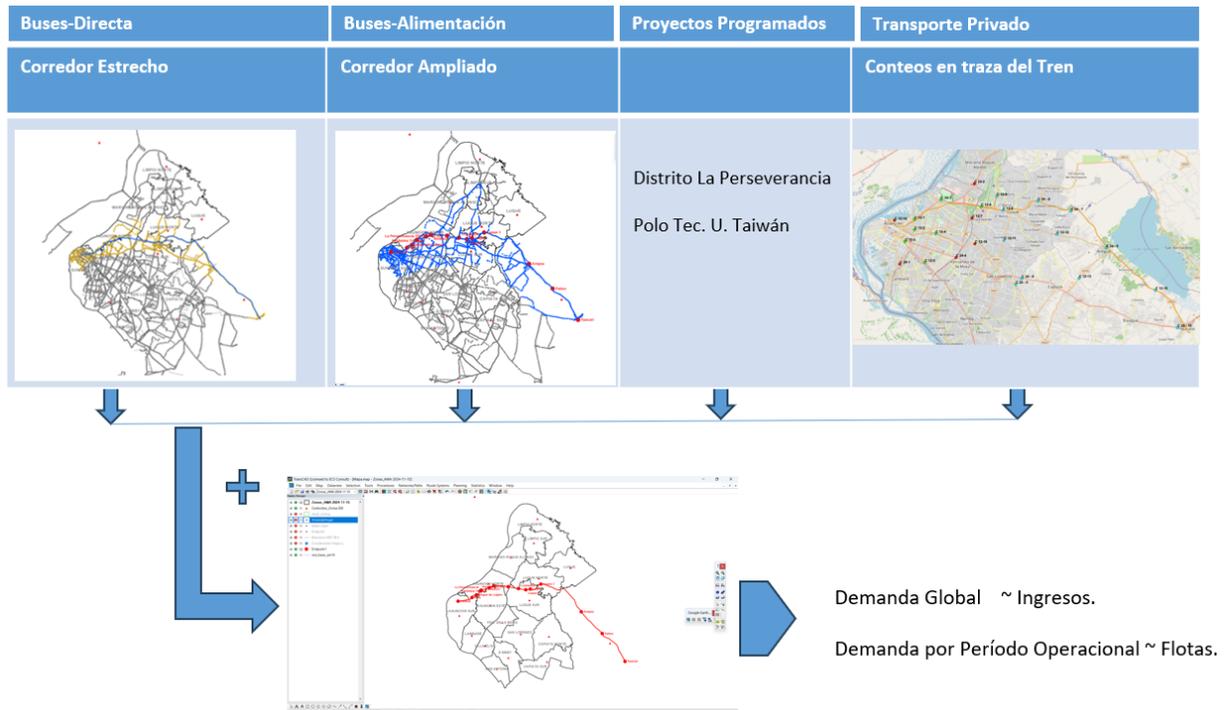
La ventaja tecnológica del Tren en términos de Nivel de Servicio (combinación de Tiempos de Viaje y Tarifa) es de tal magnitud, que se espera un cambio muy importante a futuro.

La demanda inducida futura se estimó en base a evidencia empírica de efectos de proyectos de este tipo recopilada en Chile. Estudio encargado por el Ministerio de Obras Públicas a la empresa SDG.

⁴ Tren-Bus Alimentador o Bus Alimentador-Tren. La demanda estimada para la combinación Bus Alimentador-Tren-Bus Alimentador, se estimó pero resulta irrelevante.

Esta fuente de demanda, no fue considerada para la demanda al momento de puesta en marcha, pero sí se considera para explicar el crecimiento futuro de la demanda, considerando una tasa anualizada.

Figura B.3: Esquema Estimación de Demanda



Fuente: ECS Consult.

2.11.3 Definiciones del CASO BASE:

Año Entrada en operación: 2029.

Períodos Analizados:

- Punta Mañana Día Laboral.
- Punta Medio Día Laboral.
- Fuera de Punta Día Laboral.
- Punta de Día Sábado.

Proyección:

- Demanda Captada del Sistema de Buses Existente.
- Demanda Captada del Transporte Privado.
- Demanda de Proyectos en Ejecución (Proyectos Programados).
- Demanda Inducida para un Mediano y Largo Plazo.

Esquema Operacional:

- Tren directo.
- Tren + Sistema de Alimentación.

Esquema Tarifario:

- Tren directo y
- Tren + Sistema de Alimentación es integrado.
Tarifa de 1,2X con respecto del sistema actual de buses.

Proyección:

- Demanda Diaria.
- Demanda por Período.
- Demanda Anual, para dimensionamiento del ingreso.

- Perfil de Carga Tren, por periodo operacional para dimensionamiento de flota de trenes.

2.11.4 Tarifas consideradas en la estimación de la demanda

Para efectos de estimación de demanda, se consideró una tarifa integrada de Tren-Bus Alimentador que es un 20% superior a la Tarifa actual del sistema de Buses en el AMA (1,2X). Lo mismo para el Tren. Es decir, la tarifa media es 1,2X la tarifa de buses.

El sistema de buses en la actualidad no opera con integración tarifaria. La estructura de la red de recorridos es derivada de esta circunstancia. Según datos VMT (Encuesta AMA 2022), solo el 7% de los usuarios de buses, hace combinación entre ellos (viajes bus-bus, que tiene la penalidad del pago de una doble tarifa). Esa cifra es consistente con la que existía en el sistema de transporte público de Santiago de Chile antes de la implementación del sistema integrado (Transantiago en el año 2008).

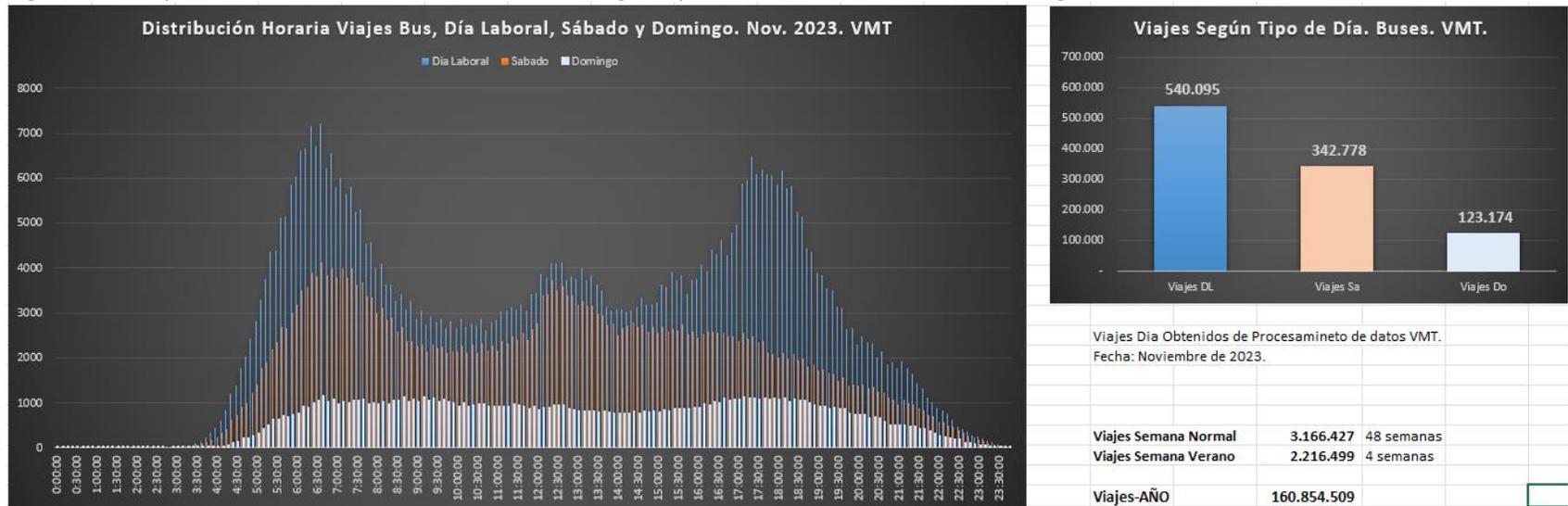
2.11.5 Estimación de la demanda

Proyección de Demanda al Año 1 de Operación:

La demanda total al año 1 de operación se estima como la suma de las tres fuentes identificadas en sección 2.11.2 [A]+[B]+[C].

A continuación se sintetiza la información clave: Viajes Totales Sistema de Buses en el AMA. Según tipo de día. Demanda de Base. Criterio: Hora media de viaje.

Figura B.4: Viajes Totales en Sistema de Buses, AMA, según tipo de día [Laboral, Sábado, Domingo]. Nov. 2023 (VMT)



Fuente: Datos VMT, análisis ECS Consult.

En síntesis, viajes:

- Día Laboral: 540.095
- Día Sábado: 342.778
- Día Domingo: 123.174

Distribución Horaria de Viajes y Períodos Considerados

La flota (trenes) se dimensiona para ofrecer un plan operacional que se adapte a la demanda en los distintos periodos relevantes. El período punta mañana normalmente define la solicitud máxima y por ende la flota. En función de esa flota se especifican los planes operacionales para los otros periodos.

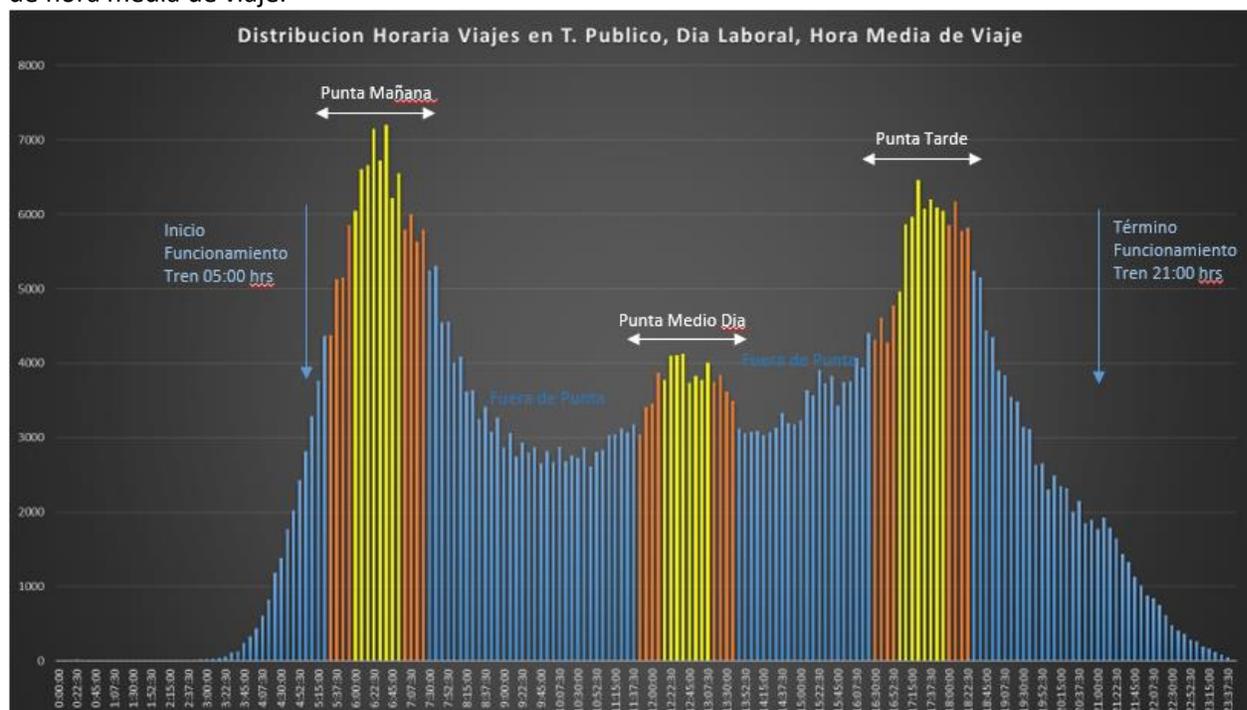
Es por este motivo que se deben definir los periodos a analizar y estimar la demanda en cada uno de estos periodos.

En base a los datos de Transporte Público, se definió la hora media de viaje, y se construyó la siguiente distribución horaria.

Se consideró que el funcionamiento del tren sería de 05:00 hrs a 21:00 hrs y se definieron los siguientes periodos, de acuerdo a la distribución horaria de viajes observada. Es decir, en base a evidencia empírica.

- Punta mañana: 05:30 hrs a 07:30 hrs
- Punta de medio día: 11:45 hrs a 13:45 hrs
- Punta tarde: 16:30 a 18:30 hrs
- Fuera de punta corresponde al resto de los horarios (05:00 hrs a 05:30 hrs + 07:30 hrs a 11:45 hrs + 13:45 hrs a 16:30 hrs + 18:30 hrs a 21:00 hrs)

Figura B.5. Distribución Horaria de Viajes en Transporte Público, para Día Laboral, según criterio de hora media de viaje.



Fuente: Datos VMT. Análisis ECS Consult.

Nota: Hora media de viaje es el punto medio de desarrollo del viaje [hora de inicio más hora de término dividido por 2].

Es importante destacar que esta distribución horaria nos parece perfectamente razonable en términos de su estructura y coherente con un patrón de viajes urbano (ref. Metodología de Transporte para Análisis de Ciudades de Tamaño medio y grande). MESPE. Sectra.

[A] Demanda Existente, Captada del Sistema de Buses Actual.

Flujos en el Corredor del Area de Influencia del Tren de Cercanías.

Para efectos de aplicación de un modelo de corredor se especifican 2 corredores: Uno con cobertura geográfica en el entorno directo del Tren, para efectos de competencia directa Bus-Tren (o con mínima alimentación al tren), y otro con mayor cobertura geográfica, que implica necesariamente el uso de un sistema de alimentación mediante buses al Tren.

- Para el corredor más restringido (amarillo), el total de viajes potenciales es de **53.675** viajes al día. Corresponde a un **9%** de la demanda total de buses en el AMA.
- Para el corredor mas ampliado (azul), el total de viajes potenciales es de **110.813** viajes al día. Corresponde a un **21%** de la demanda total de buses en el AMA. Pero el total de viajes objetivo del Tren en combinación es la diferencia entre azul y amarillo, es decir, **~56.000 viajes**.

La Figura siguiente muestra ambos corredores, indicando la traza del tren con sus estaciones (en azul) y muestra, los puntos de subida y bajada de los viajes a nivel de paraderos. SE destacan los índices claves.

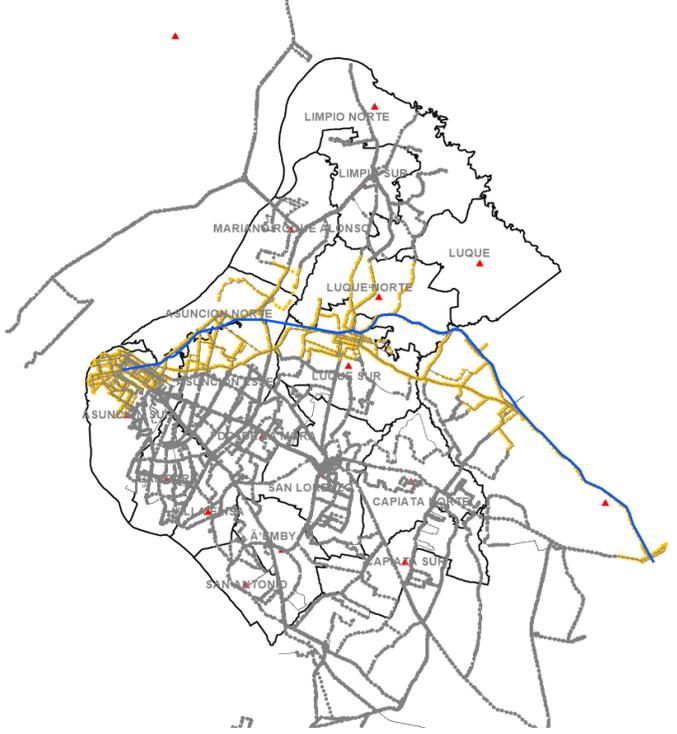
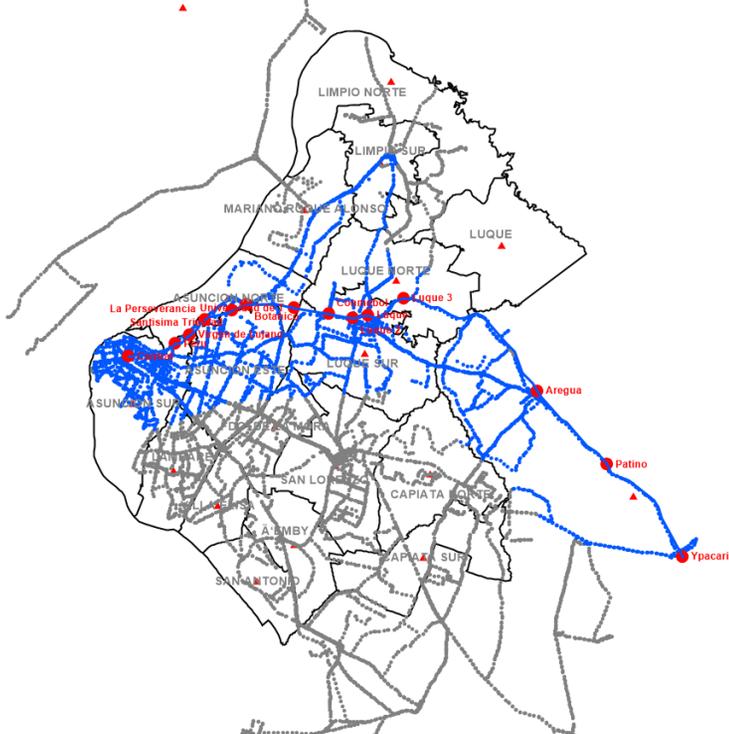
Captación del Tren de Cercanías.

El concepto fue de traslación espacial de modelos. Se aplicó un modelo de Partición Modal al corredor a los corredores amarillo y azul.

El modelo fue desarrollado y calibrado para un caso similar en Santiago de Chile para estimar demanda de un tranvía en competencia con sistema de buses en un corredor. Las condiciones operacionales usadas en la construcción del modelo son muy similares. El modelo está reportado y trabajaron en el los mejores especialistas internacionales en Chile.

En Informe especial ECS Consult se presenta el detalle. A continuación se presentan los aspectos claves y resultados relevantes para el proyecto.

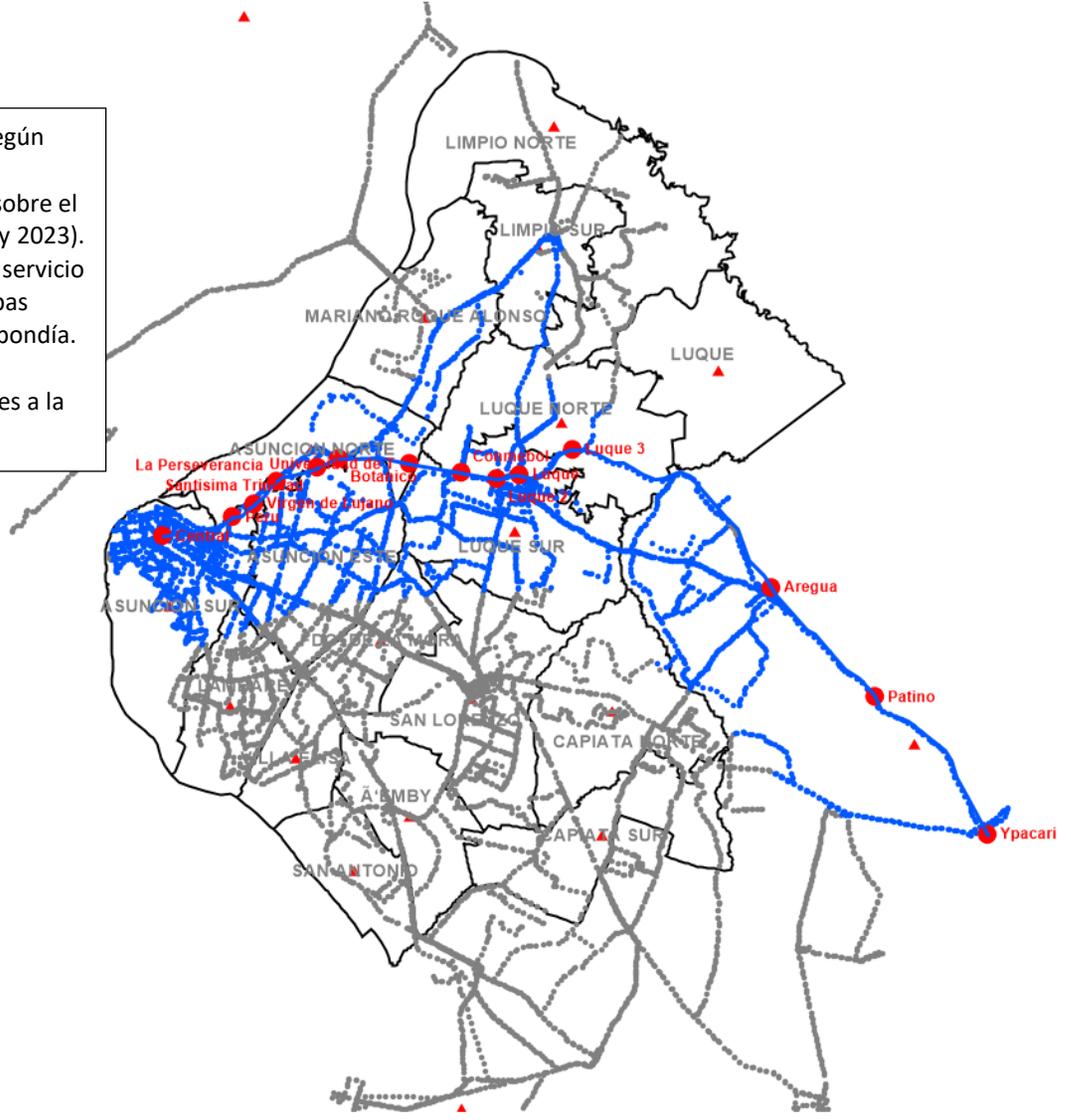
Figura B.6: Corredores Considerados para Estimación de Demanda. Día Laboral.

Corredor más Restringido	Corredor Ampliado
	
<p>Viajes (pax): 53.675 (10,5% del Total)</p>	<p>Viajes (pax): 110.813-53.676 = 57.000 (21,6%)</p>
<p>Captación Tren: 18.432 (35%)</p>	<p>Captación Tren: 10.231 (18%)</p>

Fuente: Datos VMT, análisis ECS Consult.

Figura B.7: Corredores Azul considerado para Estimación de Demanda. Día Laboral (Detalle).

- El modelo fue aplicado a nivel de zonas origen-destino, según período del día y propósito de viajes.
- Se combinó la información de origen destino y encuesta sobre el AMA. Ambas informaciones generadas por el VMT (2022 y 2023).
- A base de la información de tiempos de viaje y niveles de servicio interzonales, se construyó la función de utilidad para ambas alternativas: Tren vs Bus o Bus-Alimentador según correspondía.
- Se excluyeron los viajes intrazonales del corredor.
- Se excluyeron los pares origen destino que son ortogonales a la traza del tren (viajes no funcionales).



Detalle de puntos de subida y bajada a nivel de paraderos.

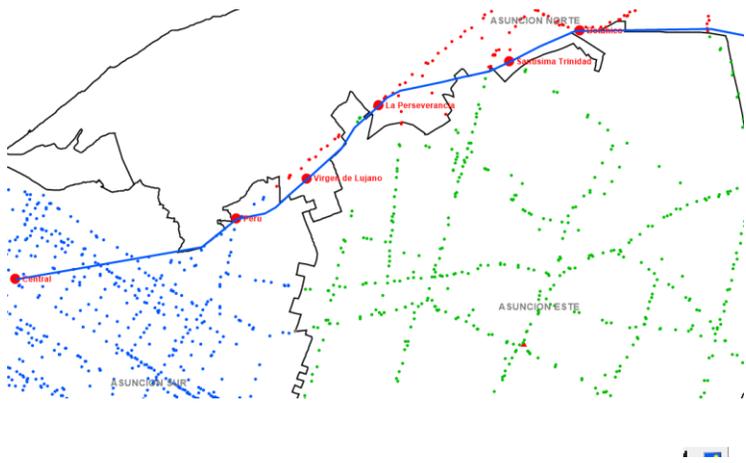


Tabla B.3: Tiempos de Viaje Comparativos.

Tramo	Tren	Bus
Ypacarai-Central	51 min	+ de 2 horas (122 min)
Areguá-Central	37 min	1:49 (109 min)
Luque 3-Central	26 min	1:40 (100 min)
Luque Histórico-Central	22 min	1:15 (75 min)
Conmebol-Central	20 min	0:53 (53 min)

Fuente: Análisis ECS Consult a base de Google Maps.

Tabla B.4: Detalle de Tiempos de Viaje Buses a base de Google Maps (ejemplo).

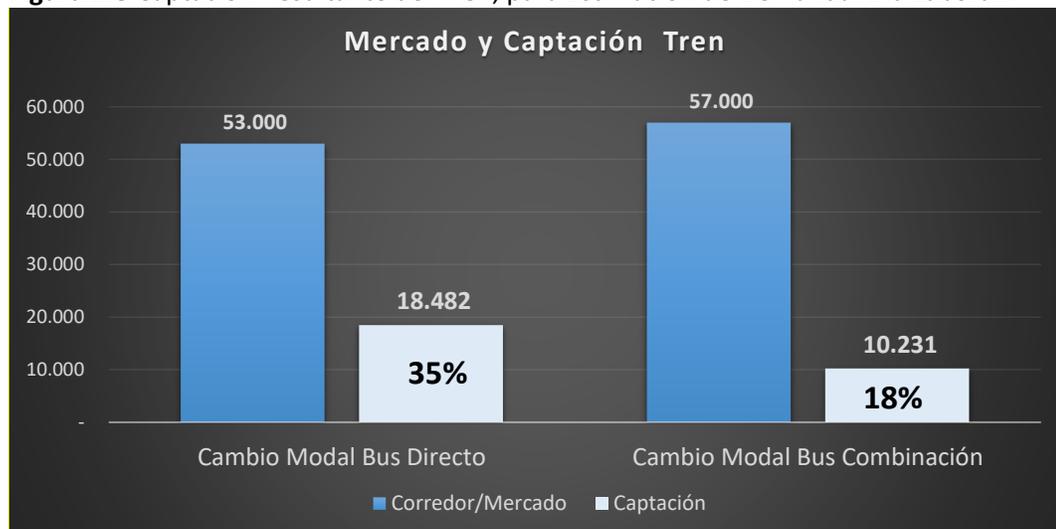
ECS consult

Ejemplos de Tiempos de Viaje en BUS, Obtenidos en Google Maps

The figure displays four examples of bus routes and travel times obtained from Google Maps:

- Asuncion Sur – Luque Norte:** Shows routes like 0001 Rosa Palma (1h 44 min) and 0004 (1h 46 min).
- Asuncion Sur – Aregua:** Shows routes like 0024 Br. (1h 49 min) and 0020 Kokoi Guazu (2h 7 min).
- Asuncion Norte – Limpio Sur:** Shows routes like 001E (1h 1 min) and 000C (1h 6 min).
- Ypacarai – Central:** Shows routes like 0024 (2h 29 min) and 002A (2h 31 min).

Fuente: Análisis ECS Consult a base de Google Maps.

Figura B.8 Captación Resultante del Tren, para Estimación de Demanda. Día Laboral.

Fuente: Análisis ECS Consult.

Conclusión:

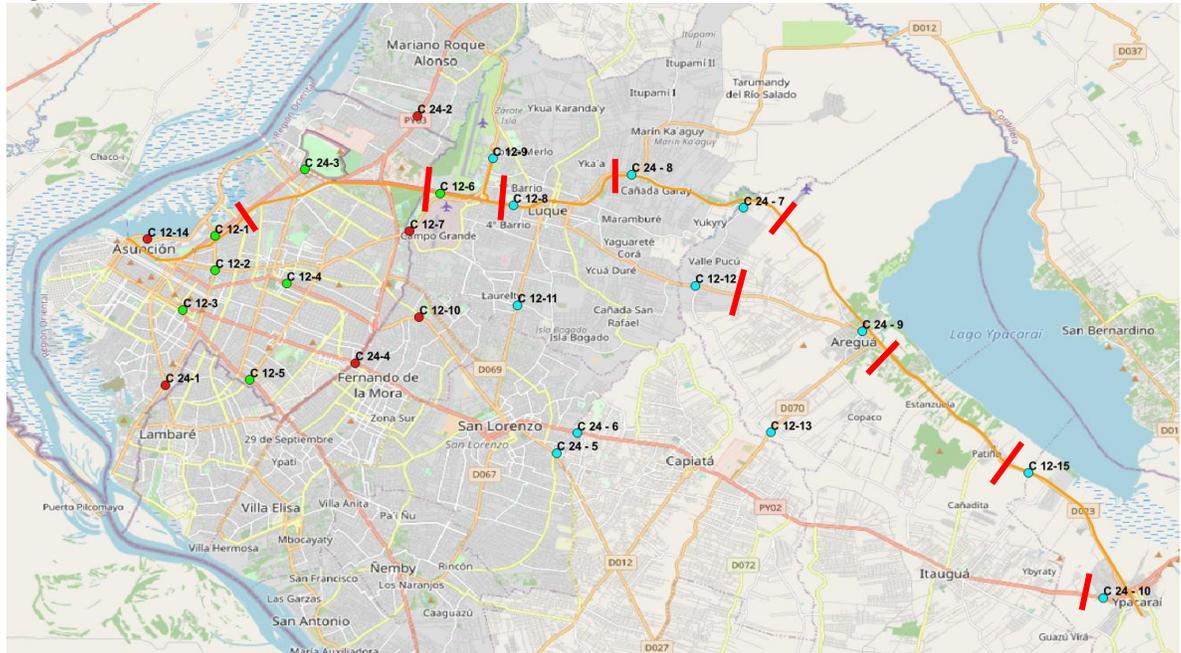
- Los niveles de captación obtenidos son razonables y consistentes con la evidencia empírica.
- Es importante notar que la captación media disminuye (de 35% a 21%) a medida que los viajes se alejan de la traza directa del tren (corredor amarillo a azul).
- Estos niveles de captación son consistentes con los que se han observado en los Trenes de Cercanías en Chile (Merval y Alameda-Nos).
- Finalmente es importante destacar que la demanda diaria captada es del orden de 38 mil pasajeros. La captación proyectada en estudio KIND era del orden de 125 mil pasajeros al día. La cifra de KIND es absolutamente irreal, ya que es inclusive mayor que toda la demanda del corredor azul (110 mil) y equivaldría por si solo al 23% de la demanda total del sistema de buses en una ciudad que se caracteriza por tener baja densidad poblacional sin ejes que concentren los viajes en forma masiva.

[B] Demanda Existente, Captada del Sistema de Transporte Privado (Automóviles).**Enfoque:**

1. Estimación de Demanda Tranvía que se origina en Flujos de Transporte Privado
2. Se realiza en base a datos de conteos en el eje del Tranvía.
3. Conteos completos Año 2020.
4. Se aplica Factor de Cambio Modal basado en evidencia empírica.
5. Se Proyecta al año 1 operación del tranvía: 2029
6. Tasa de crecimiento sub-yacente del tráfico de transporte privado: 5% anual.

Flujos en Puntos de tráfico considerados T. Privado.

Figura B.9 Puntos de Conteo Considerados en corredor del Tren.



Fuente: Estudio KIND. 2020

Tabla B.5 Puntos de Conteo Considerados en corredor del Tren.

Ubicación	Eje	Puntos Relevantes	Autos	Factor PM	Sentido 1	Sentido 2
Artigas/Peru	Traza Tren	C-12-1	21.212	2.121	1.485	636
Ñu-Guazu-Aeropuerto	Traza Tren	C-12-6	18.228	1.823	1.276	547
Luque 3	Traza Tren	C-12-8	28.436	2.844	1.991	853
Yuqiri	Traza Tren	C-24-7	10.887	1.089	762	327
Yuqiri	Traza Tren	C-24-7	2.977	298	208	89
Aregua	Traza Tren	C-24-9	8.216	822	575	246
Patiño	Traza Tren	C-12-15	5.050	505	354	152
Ypacarai	PY02	C-24-10	11.159	1.116	781	335
San Lorenzo	PY02	C-24-06	35.395	3.540	2.478	1.062
Yuqiri	Av. Las Residentas	C-12-12	15.233	1.523	1.066	457

Fuente: Estudio KIND. 2020

Se consideró:

- Tasa Crecimiento de 5% anual desde 2020 a 2029 (son flujos de Transporte Privado).
- Captación de un 5% en base a Experiencia y Evidencia Empírica.

[C] Nueva Demanda Asociada a Desarrollos Inmobiliarios y Urbanos (Proyectos Programados).

Para los Proyectos de Distrito La Perseverancia y Polo Tecnológico Universidad de Taiwán, se estimó la demanda según el siguiente procedimiento:

1. Se estimó la nueva demanda generada y atraída por dichos proyectos.
2. Se usó la metodología desarrollada en Chile y utilizada para los IMIV (estudios de impacto vial derivado de nuevos proyectos). MTT Decreto DS-30 (calculó tasas de generación y atracción en base a mediciones específicas y evidencia empírica).
3. La demanda se estima a nivel de periodos relevantes:
 - a. Punta mañana.
 - b. Puna media día.
 - c. Punta tarde.
 - d. Punta de Fin de Semana.
4. La demanda se estima a nivel de modos:
 - a. Transporte Privado.
 - b. Transporte Público.
 - c. Otros.
 - d. Caminata.
5. A la demanda estimada se le aplicó los niveles de captación obtenida para Buses y Transporte Privado (Autos).

Figura B.10 Ilustración ejemplo Distrito La Perseverancia

Viajes Derivados de Proyectos Programados

7 hectáreas
300.000 m² construcción. Usos Mixtos:

- Residencias.
- Oficinas.
- Placa comercial.

300 millones USD



Fuente: Distrito Perseverancia (pagina web)

2.11.6 Estimación de la demanda: Resultado

La Tabla siguiente muestra el resultado de Proyección de Demanda, año 2029, en régimen, entregándose la demanda anual Total.

Tabla B.6 Proyección de Demanda.

Tipo	Modelo Origen	Fuente de Viajes	Demanda	DL	Sa	Do	Semana	48 Semanas Normal	4 Semanas Verano	Año	%
Orgánico	Cambio Modal Bus Directo	Buses	Directa	18.482	11.730	7.444	111.583	5.356.000	312.433	5.668.433	42%
Orgánico	Cambio Modal Bus Combinacion	Buses	Combinación	10.231	6.493	2.333	59.982	2.879.117	167.949	3.047.066	23%
Proyecto Programado	La Perseverancia	Buses/Autos/Otros		9.368	4.358	5.309	56.508	2.712.396	158.223	2.870.619	21%
Proyecto Programado	Polo Tecnologico U. Taiwan	Buses/Autos/Otros		1.181	0	0	5.906	283.475	16.536	300.011	2%
Orgánico	Cambio Modal Auto	Autos		5.220	3.313	2.102	31.513	1.512.622	88.236	1.600.858	12%
				44.482	25.893	17.189	265.492	12.743.610	743.377	13.486.987	1

Figura B.12 Proyección de Demanda.



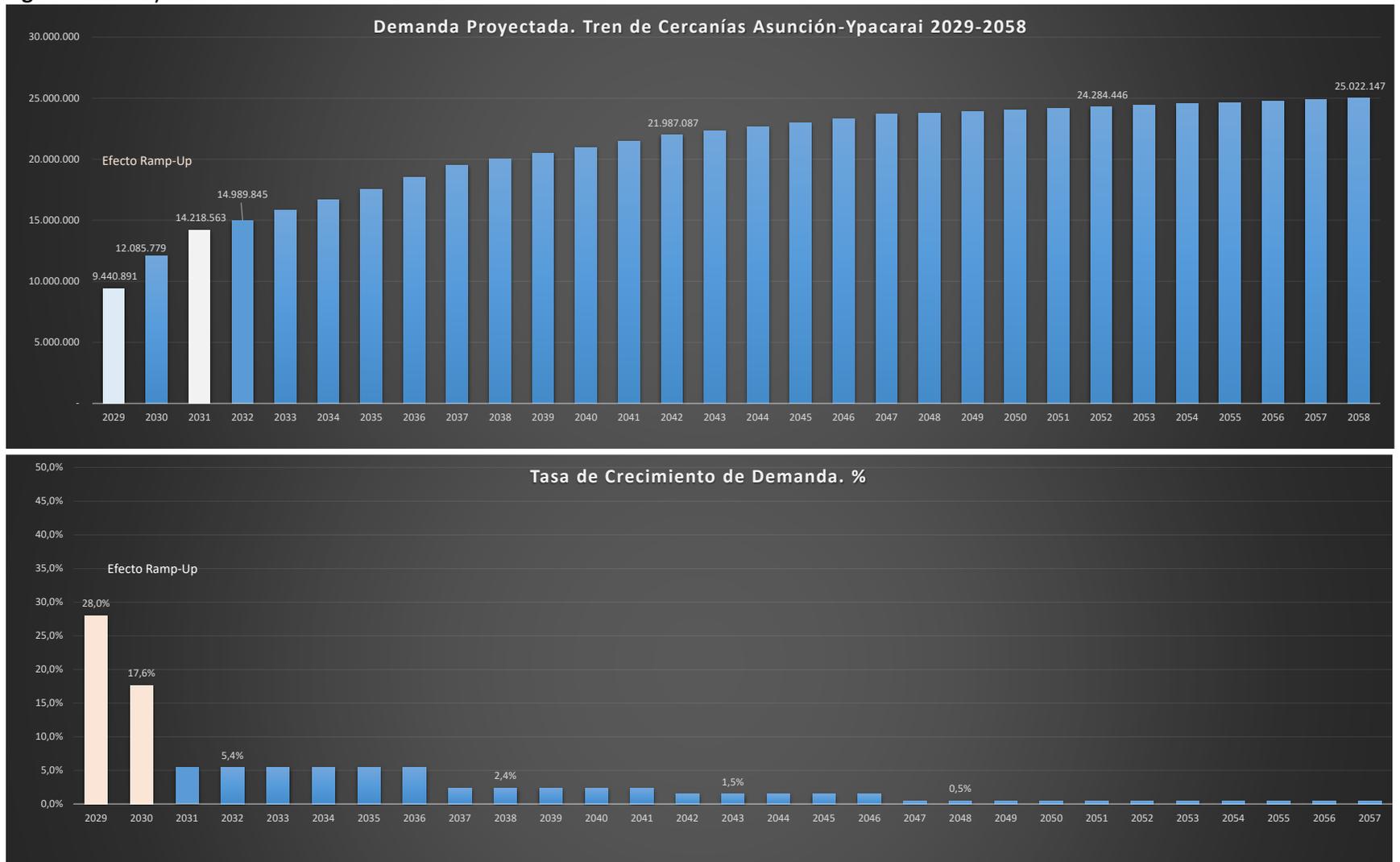
Fuente: Análisis ECS Consult

Proyección de Demanda, 2029 en régimen:

- **13,4 millones de viajes-Año**
- **36.961 viajes/día**

La Figura siguiente muestra la Proyección de demanda a 30 años. Se considera un Ramp-up hasta llegar a la demanda en estado de régimen al año 1 (2029). Se consideró un proceso de Ramp-Up basado en la evidencia empírica del Tren de Cercanías Metro Regional de Valparaiso, entre los años 2008-2022.

Figura B.13 Proyección de Demanda 2029-2058

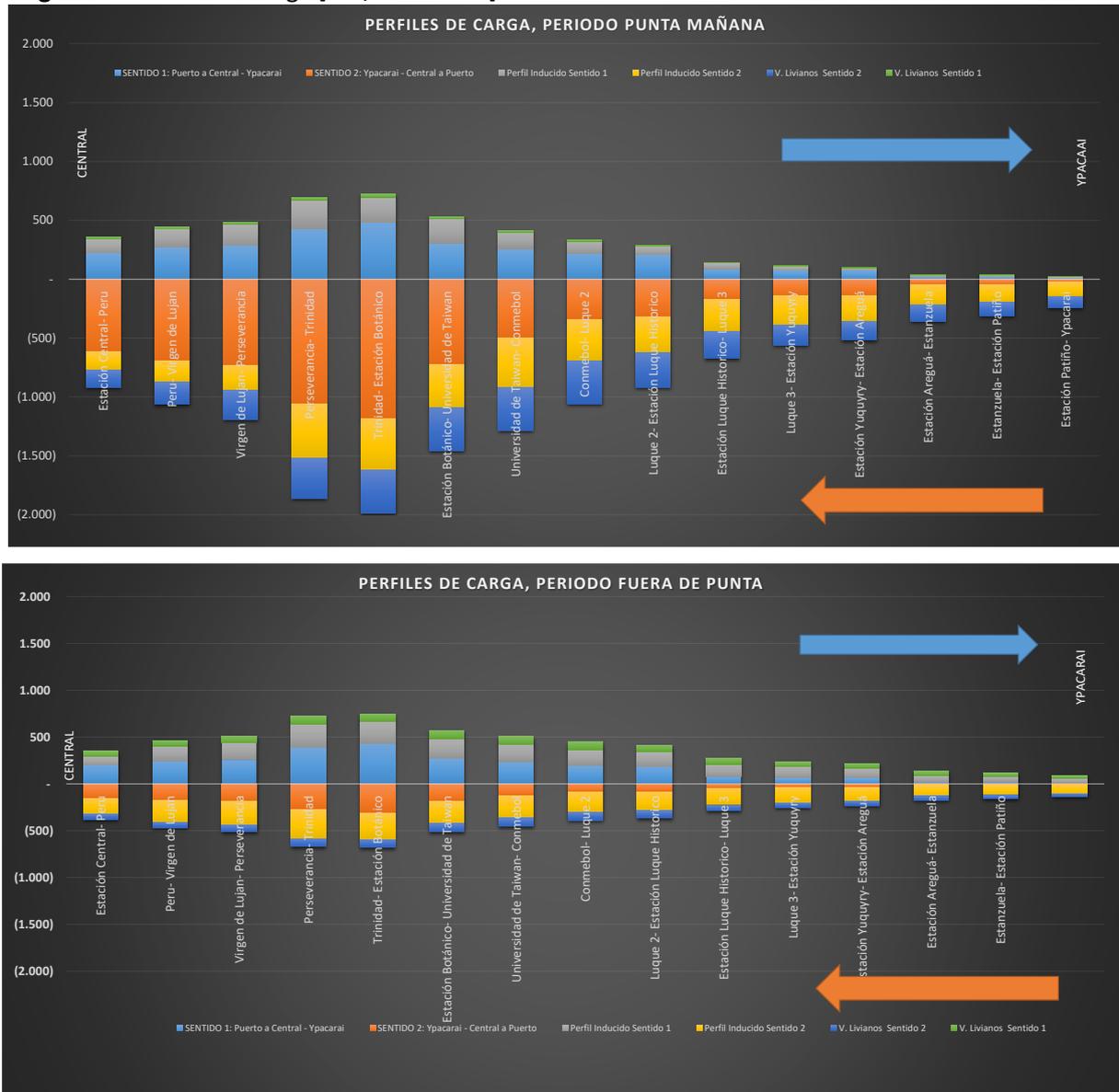


Fuente: ECS Consult.

2.11.7 Diagramas de Carga del Tren de Cercanías

La Figura siguiente muestra los perfiles de carga para los períodos punta de la mañana y fuera de punta para un día Laboral.

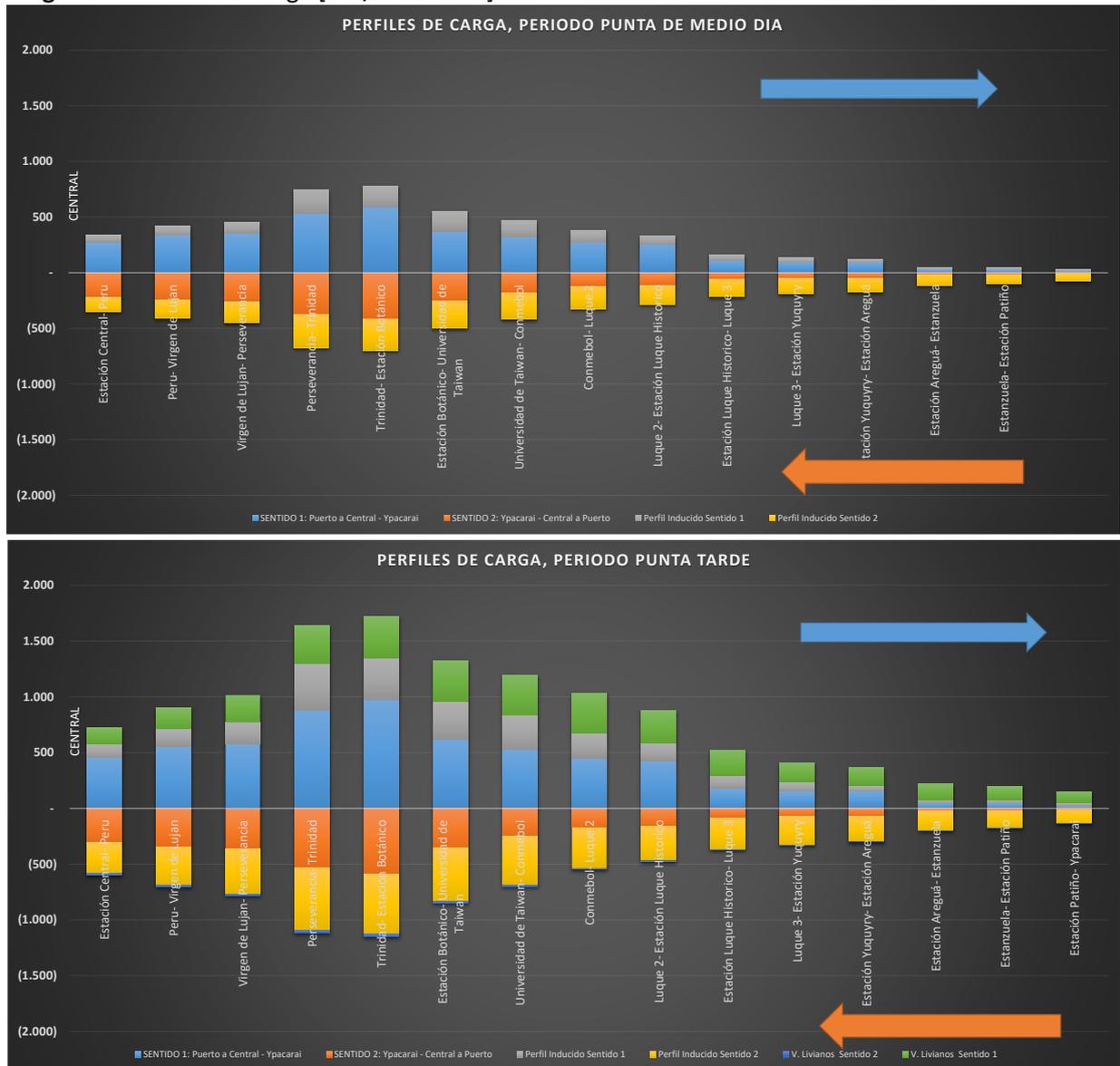
Figura B.13 Perfil de Carga [Pas/hr-sentido]



Fuente: Análisis ECS Consult

La Figura siguiente muestra los perfiles de carga para los períodos punta de medio día y punta de la tarde.

Figura B.14 Perfil de Carga [Pas/hr-sentido]



Fuente: Análisis ECS Consult

Tabla B.7 Proyección de Demanda.

Periodo	Valor Máximo (pas/hr-sentido)
Punta Mañana	2.078
Fuera de Punta	800
Punta Medio Día	1.000
Punta Tarde	1.750
Fines de Semana	1.000

Fuente: Análisis ECS Consult

Figura B.15 Benchmarck (Análisis Comparado)

Características	KIND			Estado PY	
	Tren de Cercanía Asunción-Ypacaraí, 2026	Tren de Cercanía Merval, 2023	Tren de Cercanía Alameda-Nos, 2023	Tren de Cercanía Asunción-Ypacaraí, 2026	Tren de Cercanía Cuenca
Longitud (kms)	43,2	43	20	43,2	10,7
Estaciones, Paradas = TOTAL (número)	33	20	10	16	27
Distancia media entre Estac. Km	1,31	2,15	2,00	2,70	0,54
# Trenes	13 + 2 Reserva = 15	27 + 8 = 35	22	17 + 2 Reserva = 19	12 + 2 Reserva = 14
Capacidad de Tren (pas/tren)	~205 (4 pas/m2)	376 y 420 (4 pas/m2)	376 (4 pas/m2)	~186 (4 pas/m2)	~200 (4 pas/m2)
Velocidad media (km/hr)	285 (6 pas/m2)	49	44	285 (6 pas/m2)	16
Velocidad máxima (km/hr)	33	120	120	51	70
Tiempo de Viaje Inicio-Fin (min)	50	53	27	70	39
Intervalo Operación Punta (min)	78,5	8	6	51,2	6
Intervalo Operación Fuera de Punta (min)	8 - 30	12	12	5,4 - 11,2	10
Capacidad de Transporte Punta (pas/hora-sentido)	15 - 30	5.970	7.520	11,2 - 11,2	2.040
Capacidad de Transporte Fuera de Punta (pas/hora-sentido)	1.538	3.980	1.990	2.078	1.230
Horario de Operación:	1.538	06:00 a 22:00 hrs.	05:45 a 21:30 hrs.	998	05:50 a 22:00 hrs.
Demanda Diaria (afluencia en pas)	s.i.	63.014	62.478	5:00 a 21:30 hrs	20.000
Demanda Anual (afluencia en pas)	124.999	23.000.000	22.804.530	36.951	7.300.000
Ingresos tarifarios (USD-millones)	45.624.635	19,2	NA (opera en sistema integrado)	13.486.987	2,7
Precio Pasaje USD	25,7	0,83		0,68	0,37

Fuente: Análisis ECS Consult



Se aprecia que la proyección realizada por ECS Consult en el año 2025 se sitúa en rangos razonables.

El análisis comparado con otros sistemas de Trenes de Cercanías operando en ciudades de América del Sur muestra resultados razonables.

3. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

El proyecto se presenta en forma integral, adaptándose al entorno urbano y demanda esperada. Entre Estación Central y Luque (específicamente estación Luque 3) el proyecto considera una doble vía, con 11 estaciones. Entre Luque 3 e Ypacaraí, el proyecto puede operar en vía simple, salvo en las estaciones, donde se contempla doble vía para los cruzamientos y facilitar una segunda vía a futuro, este tramo considera 5 estaciones.

3.1 Trazado, alzado y estaciones

- El trazado transcurre desde Central (Dm 0+000, ubicado en la punta de rieles) hasta Ypacaraí (Dm 44+331) y se puede observar en Planta del Proyecto Conceptual.
- Tramo doble vía: Estación Central y Luque 3 (Dm 0+000 a Dm 18+000).
- Tramo simple vía: Luque 3 a Ypacaraí (Dm 18+000 a Dm 44+331).
- El alzado sobre el nivel de suelo se puede ver en el Perfil Longitudinal del Proyecto Conceptual.
- En relación con los Viaductos, se proponen 2 opciones:
- Alternativas:
 - Alternativa 1:
 - Viaducto 1: Entre los Dm 3+800 y Dm 4+700 un viaducto de 900 ml⁵.
 - Viaducto 2: Entre los Dm 5+460 y Dm 6+420 un viaducto de 960 ml⁶.
 - Alternativa 2:
 - Viaducto 1: Entre los Dm 1+320 y Dm 4+700 un viaducto de 3.380 ml⁷.
 - Viaducto 2: Entre los Dm 5+460 y Dm 6+420 un viaducto de 960 ml⁸.

Los viaductos, deben dejar un gálibo vertical inferior libre de un mínimo de 4.5 ml. No obstante, ese valor se deberá revisar en fusión de los recorridos actuales de los camiones así como de los planes de desarrollo vial futuros.

- El alzado sobre el nivel de suelo que se propone para los dos tramos en viaducto se puede observar en Perfil Longitudinal [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y 2 Definición Conceptual](#).

Se plantea la implantación de **16 estaciones** de acuerdo con el siguiente detalle:

⁵ Este Viaducto está orientado a salvar la problemática altimétrica de la faja vía en el sector de cruce con Avda. Brasilia empalmando con el eje Artigas. En este sector, la vialidad está deprimida con respecto al eje del tren, se supera el cruce con Avenida Venezuela y se salva el estero Moricao.

⁶ Este Viaducto está orientado a salvar 3 cruces importantes con la vialidad transversal: Sacramento, Molas Lopez, Santísima Trinidad.

⁷ Este Viaducto mayor está orientado a salvar la problemática del cruce de Av. Perú y distintas interferencias urbanas, Avda. Brasilia, se supera el cruce con Avenida Venezuela y se salva el estero Moricao.

⁸ Idem a Viaducto 2 en Alternativa 1.

Tabla B. 8: Estaciones, Ubicación y Distancia entre Estaciones

Estación	Nombre Estación	Dm.	Dist. a la Estación anterior
1	Central (extremo de rieles)	-	-
2	Av. Perú	1.650	1.650
3	Virgen de Lujan	2.700	1.050
4	La Perseverancia	4.100	1.400
5	Santísima Trinidad	6.050	1.950
6	Botánico	7.100	1.050
7	Universidad de Taiwan	10.250	3.150
8	Conmebol	12.500	2.250
9	Luque 2	14.100	1.600
10	Luque Histórico	15.200	1.100
11	Luque 3	18.000	2.800
12	Yquyry	19.600	1.600
13	Aregua	29.600	10.000
14	Estanzuela	33.400	3.800
15	Patiño	36.250	2.850
16	Ypacaraí	44.150	7.900

Nota1: la diferencia en el Dm final de Ypacaraí (44.150) y el Dm de 44.331 es la cola de maniobras.

Tabla B. 9: Estaciones, Ubicación y Tipo de Emplazamiento

Unidades: metros				Viaducto 1-Alt 1	Viaducto 1-Alt 2
Estación	Nombre Estación	Dm.	Dist. a la Estación anterior	Tipo Estación	Tipo Estación
1	Central (extremo de rieles)	-	-	Nivel	Nivel
2	Av. Perú	1.650	1.650	Nivel	Viaducto
3	Virgen de Lujan	2.700	1.050	Nivel	Viaducto
4	La Perseverancia	4.100	1.400	Viaducto	Viaducto
5	Santísima Trinidad	6.050	1.950	Viaducto	Viaducto
6	Botánico	7.100	1.050	Nivel	Nivel
7	Universidad de Taiwan	10.250	3.150	Nivel	Nivel
8	Conmebol	12.500	2.250	Nivel	Nivel
9	Luque 2	14.100	1.600	Nivel	Nivel
10	Luque Histórico	15.200	1.100	Nivel	Nivel
11	Luque 3	18.000	2.800	Nivel	Nivel
12	Yquyry	19.600	1.600	Nivel	Nivel
13	Aregua	29.600	10.000	Nivel	Nivel
14	Estanzuela	33.400	3.800	Nivel	Nivel
15	Patiño	36.250	2.850	Nivel	Nivel
16	Ypacaraí	44.150	7.900	Nivel	Nivel

Nota 1: En Viaducto 1-Alternativa 1, la estación La Perseverancia es en Viaducto (1).

Nota 2: En Viaducto 1-Alternativa 2, las estaciones Av. Perú, Virgen de Luján y La Perseverancia son en Viaducto (3).

Nota 3: En Viaducto 2, la estación Trinidad es en Viaducto (1).

Nota 4: Todas las restantes estaciones son a nivel.

3.2 Haz de vías principales

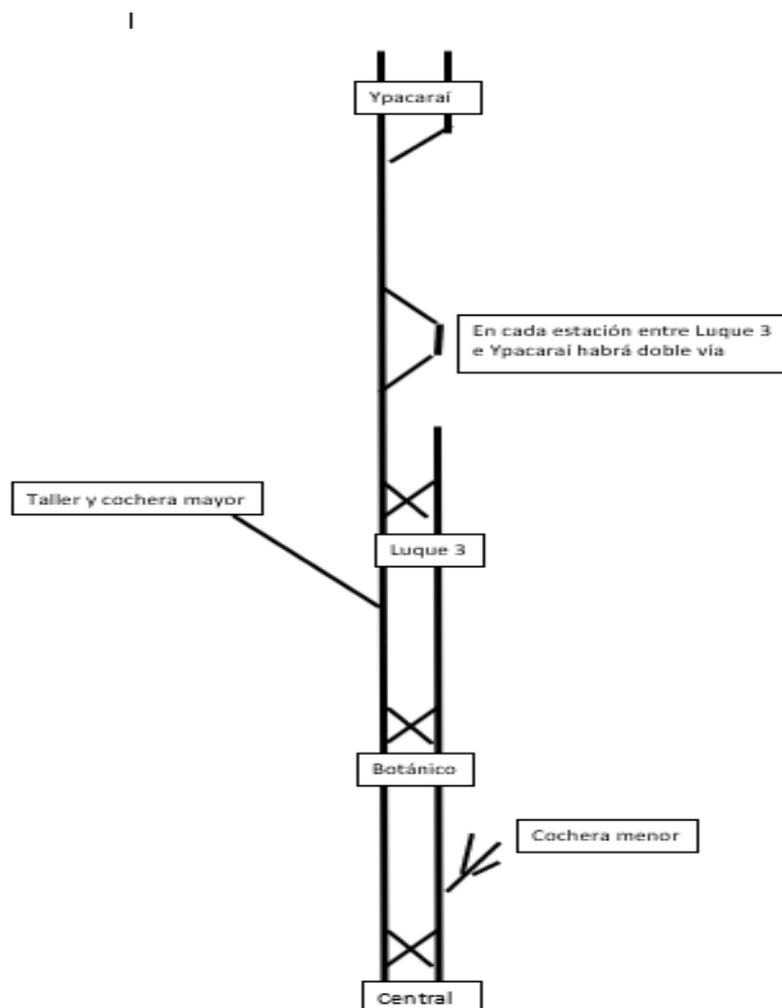
El haz de vías previsto, considerando circulación por la derecha, se muestra en la figura siguiente.

La funcionalidad del haz de vías de la figura anterior es la siguiente:

- Doble vía entre Central y Luque 3
- Vía simple entre Luque 3 e Ypacaraí (con doble vía en estaciones para permitir el cruce de dos trenes que circulen en sentido opuesto).
- Permite cambio de vías en un punto lo más cercano posible a Central. Debe ser lo más cercano posible para disminuir tiempos en caso de cambios de vías en esta estación terminal.

- Permite cambio de vías en Botánico para dar flexibilidad a la operación en caso de problemas puntuales
- Permite acceso a la cochera menor a ubicarse cercana a Central
- Permite cambio de vías al final del bucle Central – Luque 3 - Central
- Permite acceso al taller y cocheras mayores en las cercanías de Luque 3.
- Permite cambio de vías en el extremo de la vía en Ypacaraí para dejar trenes de reserva y/o dejar alguno que llegue con fallas.

Figura B.16: Haz de Vías (esquema conceptual)



3.3 El emplazamiento de las diferentes componentes del proyecto se muestra en el archivo [ren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y 2 Definición Conceptual](#). Algunas componentes se muestran separadas por layers según el siguiente detalle:

- Definición de Franja de 28 ml Dominio Ferrocarril.
- Definición de eje de vía existente.
- Definición del eje de vía de proyecto.
- Definición de la faja mínima necesaria para el proyecto de 10 ml (en sector Inter estación). La referencia de 10 ml es para el extremo superior de la plataforma (ver Perfil Tipo).
- Estaciones.
- Taller de mantenimiento de material rodante.

- Cocheras.
- Subestaciones de 23 Kv ANDE que dan energía al proyecto de tren.
- Subestaciones de 23 Kv a 1.500 VCC. Denominadas TSS.
- Edificio PCC en sector Edificio Administrativo.
- Espacios para la integración modal aledaños a cada estación.
- Instalaciones de apoyo (Unidad de Control de Incidentes (UCI), instalaciones para personal maquinistas). Ubicadas en Edificio Administrativo y Taler y Cocheras.
- Instalaciones para el sistema central de cobro en Edificio Administrativo.
- Emplazamiento de una línea de 23 Kv, soterrada o aérea según las características del tramo. Ver emplazamiento en Definición Conceptual (Cable de 23Kv).
- Emplazamiento de la línea de 12 Kv. Ver emplazamiento en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual \(Cable de 12Kv\)](#).
- Emplazamiento de un banco de ductos. Ver emplazamiento en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual \(Banco de Ductos\)](#).

3.4 Planteamiento tarifario

Se plantea las siguientes reglas de negocio, en un esquema tarifario por distancia basado en 3 zonas:

- Zona 1: Central – Botánico.
- Zona 2: Tres estaciones en Luque.
- Zona 3: Yuquyry – Ypacaraí.

Tarifas diferenciadas entre horas punta y fuera de punta, más diferenciación de tarifas según los siguientes tipos de pasajeros:

- Pasajero normal.
- Estudiantes.
- Tercera edad.

En caso de haber diferenciación tarifaria se debe considerar un proceso de personalización de las tarjetas.

El sistema debe admitir en su lógica la posibilidad de tarifas integradas con otros modos, en particular con buses (buses de acercamiento a las estaciones).

Se plantea un sistema tarifario propio para el servicio ferroviario, entre otras razones para evitar un proceso de clearing⁹ con otros servicios independientes que pudieran usar la misma tarjeta. Si bien no se descarta, se lo considera algo más complejo de lograr.

Para los buses de combinación hay dos alternativas. Cobrar una tarifa mediante una validación a bordo de los buses, o asumir que la tarifa completa se paga en las estaciones. La primera alternativa tiene el inconveniente que es difícil de controlar la evasión, por lo que para este anteproyecto conceptual se asumirá la segunda, es decir,

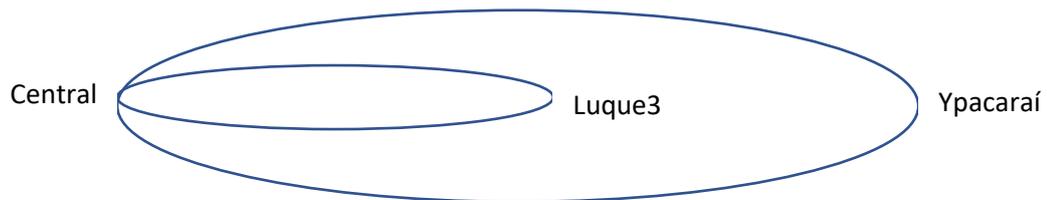
⁹ *El Clearing es un proceso para conciliar las recaudaciones que realice cada servicio y de los recursos que le corresponden a cada cual. No normal es que sea realizado por un ente independiente e imparcial.*

todo se cobra en la estación. Ello implica baterías de torniquetes especial para las combinaciones en las estaciones donde las haya.

3.5 Operación en dos bucles

Se propone operar el servicio en base a dos bucles: Central – Luque 3 - Central, y Central – Ypacaraí - Central.

Figura B. 17: Esquema Operacional Trenes



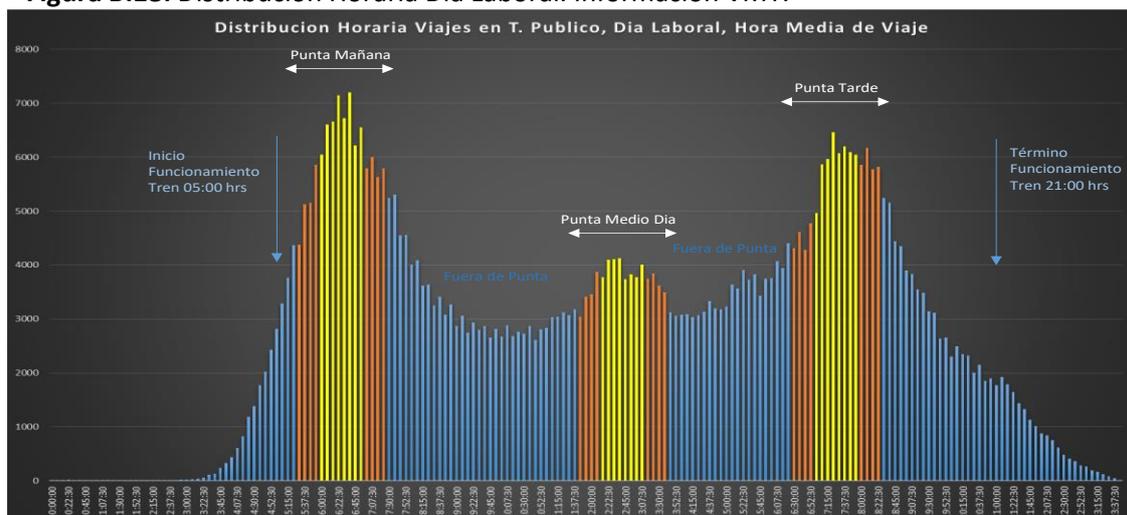
La operación en bucle implica que debe haber una relación entre los intervalos de ambos bucles de modo que el conjunto sea coherente, en que el bucle externo se observarán intervalos mayores entre trenes.

La operación se plantea entre las 5:00 y 21:30 hrs. en días laborales y entre las 6:00 y 21:30 hrs en días no laborales. En día laboral se distinguen los siguientes períodos:

- Punta mañana: 5:30 a 07:30 hrs.
- Punta media día: 11:45 a 13:45 hrs
- Punta tarde: 16:30 a 18:30 hrs.
- Fuera de punta: Resto de las horas

Lo anterior se basa en la siguiente distribución horaria de los viajes, analizada por ECS Consult en base a la información de billeteaje electrónico proporcionada por Viceministerio de Transporte.

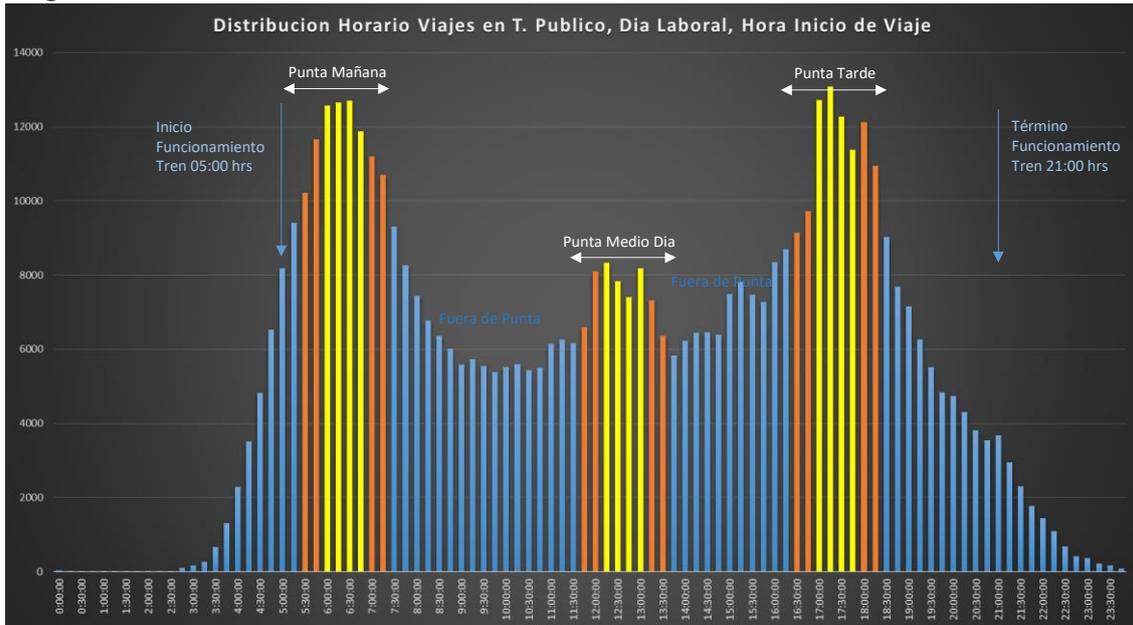
Figura B.18: Distribución Horaria Día Laboral. Información VMT.



Fuente: Procesamiento ECS Consult en base a información VMT.

Nota: Criterio Hora Media de Viaje.

Figura B.19: Distribución Horaria Día Laboral. Información VMT.



Fuente: Procesamiento ECS Consult en base a información VMT.

Nota: Criterio Hora de Inicio de Viaje.

3.6 Cálculo del tiempo de ciclo (Tc)

Se considera las velocidades máximas de circulación, en función del entorno y características de cada Inter estación, según se indica en el cuadro siguiente. Esto responde a la inspección de terreno realizado en el mes de Noviembre de 2024.

A partir de ello y considerando la aceleración y deceleración algo inferior a la normal del material rodante (consideración de riel mojado), tiempos de detención de 20 seg. por estación intermedia y 1,5 min de detención en estaciones terminales, se estiman los tiempos de ciclo siguientes (cálculo simplificado).

Tabla B. 10: Velocidad Máxima Admisible de los Trenes por tramo y cálculo el Tc

Nota: velocidades máximas admisible según criterio de inspección en terreno.

Estación	Nombre estación	Velocidad máxima admisible (km/hr)	Distancia a la Estación anterior (m)	Distancia a 40/50/60/80 km/hr (m)	Tiempo a vel. Max. km/hr (min)	Tiempo de recorrido en el tramo (min)	Tiempo de detención en estación o parada (min)	Tiempo acumulado (min)	
1	Central (extremo de rieles)		0				1.50	1.50	
2	Av. Perú	30	1,640	1558.3	3.1	3.44	0.33	5.28	
3	Virgen de Lujan	50	1,060	833.1	1.0	1.54	0.33	7.15	
4	Perceverancia	50	1,370	1143.1	1.4	1.92	0.33	9.40	
5	Santísima Trinidad	60	1,944	1617.2	1.6	2.27	0.33	12.01	
6	Botánico	60	1,048	721.2	0.7	1.37	0.33	13.72	
7	Universidad	70	3,107	2662.2	2.3	2.94	0.33	16.99	
8	Acceso a aeropuerto	70	2,344	1899.2	1.6	2.28	0.33	19.60	
9	Luque 2	60	1,607	1280.2	1.3	1.93	0.33	21.87	
10	Luque	60	1,007	680.2	0.7	1.33	0.33	23.53	
11	Luque 3	60	2,851	2524.2	2.5	3.18	0.33	27.05	
12	Yuquyry	70	1,622	1177.2	1.0	1.77	0.33	29.15	
13	Aregua	70	9,981	9536.2	8.2	8.94	0.33	38.42	
14	Estanzuela	70	3,700	3255.2	2.8	3.55	0.33	42.31	
15	Patíño	70	2,975	2530.2	2.2	2.93	0.33	45.57	
16	Ypacaraí	70	7,867	7422.2	6.4	7.12	1.50	54.19	
							TC =	106.9	Central-Ypacaraí-central
							TC =	53.4	Central-Luque 3-Central

Fuente: ECS consult.

Tiempos de Ciclo (cálculo teórico):

- Central -Luque 3-Central: 53.4 min
- Central-Ypacaraí-Central: 106.9 min

Tiempos de ciclo amplificados por fricción lateral y riel mojado

- Central -Luque 3-Central: 61.4 min
- Central-Ypacaraí-Central: 122.9 min

Velocidad Media del Tren			
Indice	Central-Ypacaraí	Central-Luque 3	Luque 3-Ypacaraí
Tiempo Viaje-sentido (min)	51.2	25.2	25.6
longitud (m)	44,123	17,978	26,145
Velocidad media (km/hr)	52	43	61

Los detalles del cálculo, donde se pueden ver más en detalle las variables de cálculo utilizadas, se pueden encontrar en el Anexo N° 2.

3.7 Definición del intervalo entre trenes y cálculo de la cantidad de material rodante necesario (su cálculo es simultáneo):

El intervalo se suele definir con base en dos criterios: para satisfacer la demanda, y por nivel de servicio. La definición por nivel de servicio ocurre normalmente al menos en una parte de los horarios de fuera de punta y pretende no extremar la espera de pasajeros en las estaciones.

Considerando que los pasajeros de pie vayan a razón de 3,5 Pax/m², se asume que la capacidad de un tren sería de 186 Pax (48 sentados y 158 de pie). Este valor depende finalmente del material rodante seleccionado, que varía de uno a otro, por lo que se debiera buscar más satisfacer una demanda determinada que definir a priori una cantidad de material rodante. Se considerará para este documento un material rodante con capacidad de 185 pasajeros, asumiendo que quienes vayan de pie lo hagan a razón de 3,5 Pax/m² (este será un valor medio en el tren, dentro del cual habrá variaciones).

- Cálculo del intervalo para satisfacer la demanda:

El detalle del cálculo se puede encontrar en el Anexo N° 3. Allí se encontrarán también las variables utilizadas en el cálculo.

- Definición del intervalo por nivel de servicio: Se propone un intervalo máximo de 15 minutos entre trenes. Se puede observar como variable utilizada en el Anexo N°3

Dada la demanda estimada, el tiempo de ciclo, longitud de cada bucle, se obtiene que es necesario disponer de 17 trenes en operación, que si consideramos 2 adicionales por efecto del mantenimiento (se puede obviar según sea el plan de mantenimiento), resultan **19 Trenes** de las características señaladas. Esta operación significaría un

recorrido total de **2.945.600** trenes-Km/año (considerando los km no-operacionales, por maniobras de posicionamiento).

Un resultado importante desde el punto de vista de lo que vería un observador ubicado en cada tramo, es el siguiente:

Tabla B. 11: Intervalos de Tiempo y relación oferta/demanda son percibidos por un Observador

Qué intervalos y relación oferta/demanda ve un pasajero entre Central y Luque 3:			
	Intervalo (min)	Oferta Int./hr	Dda. Int./hr
Horas punta mañana Laboral	5.3	2089.4	2,000
Fuera de punta Laboral	11.2	998.9	1,000
Punta Medio Día Laboral	6.5	1726.0	1,174
Punta tarde Laboral	6.5	1726.0	1,750
Sábado	13.7	817.2	
Domingo	13.7	817.2	
Qué intervalos y oferta/demanda ve un pasajero entre Luque 3 e Ypacaraí:			
	Intervalo (min)	Oferta Int./hr	Dda. Int./hr
Horas punta mañana Laboral	11.2	998.9	600
Fuera de punta Laboral	11.2	998.9	300
Punta Medio Día Laboral	11.2	817.2	400
Punta tarde Laboral	13.7	817.2	450
Sábado	13.7	817.2	
Domingo	13.7	817.2	

Fuente: ECS consult.

4. PLANTEAMIENTO PARA LA EJECUCION DE OBRAS CIVILES

4.1 Despeje de terrenos ocupados

FEPASA entregará el terreno despejado de las ocupaciones de acuerdo con las necesidades del proyecto. En principio se limitará al ancho necesario, el cual en parte será de 10 ml (especialmente cuando el trazado transcurre entre las dos calzadas de Ñu Guasu porque no hay más espacio), pero en otros tramos éste será más amplio por alguna de las siguientes razones:

- Efecto de gálibo dinámico de los trenes, que entre otras cosas su espacio tiene un “ensanchamiento” en las curvas (a menor radio de curva mayor es el ensanchamiento).
- Necesidad de terraplén. Este requerimiento y según su altura también produce un “ensanchamiento” del espacio necesario.
- Dar mejor cabida al banco de ductos y cables eléctricos en 23 y 12 Kv
- Necesidad de canaletas laterales.

4.2 Expropiaciones

Se identifican las siguientes expropiaciones necesarias

- Para el taller de mantenimiento de material rodante y cochera mayor. Se estima en 2,5 Ha (en rigor esta superficie depende de la forma del terreno).
- Para dar conexión entre la estación Virgen de Luján y Av. José Artigas. Se trata de una superficie de aproximadamente 8.000 m²

- Algunas otras debido a los rediseños viales:
 - Av. Perú intersección con Eje Artigas (rediseño vial e hidráulico requerido). Sólo válida para la alternativa 1.
 - Dos extremos de Ñu Guasu.
 - Ensanche en Ñu Guasu para dar cabida a la estación frente a la universidad de Taiwan que según la información disponible estará operativa al año 2029.
 - Las que se requiera para dar cabida a la integración modal en algunas estaciones.
- Para dar cabida a los terminales de los buses de combinación

Este ítem es incierto en cuanto a su valor porque para determinarlo se requiere de un desarrollo bastante mayor al que incluye este anteproyecto conceptual.

4.3 Despeje de la faja vía de obstáculos físicos, tala de árboles y subestructura de las vías férreas

Será ejecutado por el concesionario considerando todo el ancho de faja, salvo los terrenos que no sean expropiados. El objetivo es dejar un espacio limpio y despejado. Sólo se talarán los árboles que sean necesarios. No hay antecedentes que indiquen problemas con la tala de árboles.

Se preparará una subestructura de las vías con base en los siguientes criterios y componentes como mínimo:

- Instalación del núcleo de terraplén, coronación y sub-base.
- Prever los gálibos necesarios (estático y dinámico).

4.4 Solución a problemas de eventuales inundaciones locales a todo lo largo del trazado

Las obras se definirán a partir de un estudio acucioso de topografía general, cuencas y cursos de agua. Se deberá determinar para una lluvia de máxima intensidad para un período de retorno de 50 años. Dicho análisis no ha formado parte de este anteproyecto conceptual.

4.5 Cruces vehiculares y diseños viales

- a) Entre Central y Luque 3 se dispondrá de barreras automáticas actuadas por la presencia del tren en todos aquellos cruces que no se cierren (este informe no ha llegado a ese nivel de detalle, pero los hay) o contemplen un viaducto sobre ellos. En este tramo se requiere de un rediseño mayor en los siguientes cruces:
- Faja vía con Av. Perú. Se requiere de un rediseño vial no menor que resuelva la altimetría tanto de la faja vía como de la arteria vial, la alineación de las vías, identificación de la posición de las barreras vehiculares, y resolver el problema de anegamiento que ocurre en este lugar (en principio de fácil solución, encausando las aguas lluvias a un canal que hay a pocos metros y que evacúa en el Río Paraguay). Es posible que la solución conlleve alguna expropiación. Sólo válido para la alternativa 1.

- Faja vía en su acceso a la autopista Ñu Guasu en el sector de Botánico. En este sector hay un tramo de unos 100 ml en que la faja vía se reduce a 5,5-6,0 ml, insuficiente para el proyecto. La solución consiste en desplazar hacia un costado la salida de un paso vehicular inferior. Ver Anexo N° 5.
 - Modificación en Ñu Guasu para dar cabida a la estación que se plantea frente a la universidad de Taiwan que se construirá.
 - Extremo de Ñu Guasu cercano al Aeropuerto Internacional Silvio Pretrossi. En este sector se producen dos inconvenientes: hay un sector de unos 150 ml en que la faja vía tiene un ancho de 5,5-6,0 ml (insuficiente), más el cruce a nivel con un acceso a Ñu Guasu. Hay una proposición de diseño conceptual para este sector. Ver Anexo N° 5.
- b) Entre Luque 3 e Ypacaraí se plantea que los cruces vehiculares más importantes cuenten con barreras vehiculares actuadas por la cercanía del tren. Los de menor importancia (no se dispone de flujos vehiculares en los cruces y por ende esta descripción es conceptual) podrán disponer de una señal luminosa y audible que anuncie la cercanía de un tren. Por otra parte, se plantea en ciertos lugares unir varios cruces vehiculares mediante una caletera y concentrar en un solo punto el cruce con la vía férrea. Estos temas deben ser parte del proyecto de ingeniería.
- c) Todos los cruces a nivel dispondrán de una carpeta de rodadura adecuada tanto para vehículos como peatones y señalización vial para los vehículos carreteros.

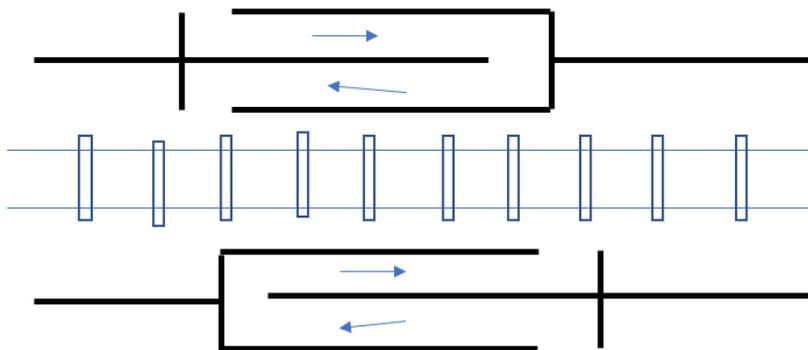
Para el diseño de las soluciones viales se deberá hacer uso de algún manual de diseño. Una alternativa son las Recomendaciones de Diseño Vial Urbano (REDEVU) desarrollado en algún país¹⁰ en el caso que no exista algo similar en Paraguay.

El acceso a propiedades privadas a través de la faja vías quedará anulado mediante expropiaciones y/o cierres.

4.6 Cruces peatonales a nivel sobre la vía férrea entre acceso a Parque Bernardino Caballero e Ypacaraí

Se plantea definir cruces peatonales explícitos sobre la vía férrea, los que contarán con la señalización necesaria. Se dispondrá en ellos una estructura transparente y liviana para forzar la visualización de un eventual tren que se aproxime en cualquiera de los dos sentidos según el siguiente esquema que deberá tener en consideración el diseño de ingeniería:

¹⁰ En sitio web del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División de Desarrollo Urbano de Chile se encuentra disponible el REDEVU.
<https://pavimentacion.metropolitana.minvu.cl/doc/mpall/REDEVU%20MINVU%202009.pdf>

Figura B. 20: Esquema Cruces Peatonal

4.7 Facilidades de acceso a las estaciones

Se considerará aceras que faciliten el acceso de los pasajeros a las estaciones. Como el cambio de andén se realizará a nivel sobre la faja vía, la carpeta de paso peatonal tendrá la superficie apropiada para ello.

Un aspecto importante a considerar es que los pasajeros no puedan acceder a los andenes desde la vía férrea para evadir el pago. Por esta razón el sector deberá tener puntualmente los cierros necesarios y sobre las vías un dispositivo del tipo “queiebrapatas” que impidan este comportamiento.

4.8 Cambios de servicios

No se dispone de un catastro que identifiqúelos cambios de servicios necesarios. No obstante, se puede plantear lo siguiente:

- Existencia de cables aéreos que entorpecerán a la catenaria, y a los cables de 23kv y 12 Kv en aquellos tramos en que vayan aéreos. Es necesario realizar un catastro exhaustivo y resolver.
- En cuanto a servicios soterrados no se dispone de información.

4.9 Puentes

Como se ha señalado, existen vestigios de 5 puentes antiguos, pero no se descarta la necesidad de contemplar algunos adicionales. El diseño de los puentes considerará como mínimo los siguientes criterios:

- Construcción preferentemente en acero para la estructura.
- Construcción de estribos y cepas en hormigón armado.
- Cada puente permitirá que bajo él pase el agua de la máxima crecida con un período de retorno de al menos 50 años.
- Diseño estructural debe considerar -según su longitud- el peso de 2 trenes con pasajeros en cada vía, bajo consideración dinámica.

- Estribos y cepas no deben sufrir inconvenientes con las crecidas del caudal. Ello implica un diseño que evite el atasco de troncos y basuras que acarrear las crecidas y socavaciones.
- Puede ser un puente único para las dos vías, o independientes para cada vía. Se suele preferir puentes separados por vía de modo minimizar el efecto de un eventual problema.
- En el diseño se debe considerar el cambio de rigidez entre la vía balastada y la estructura del puente. De no considerarse esta variable el paso de un tren produce efectos que dañan las vías, en particular quebradura de rieles.
- Los puentes dispondrán de barandas y otras medidas necesarias para su inspección y mantenimiento.
- En los puentes se recomienda considerar guardarieles. Se trata de rieles al interior de los que se usan para el desplazamiento de las ruedas, que se colocan pensando que ante un eventual desrielo el tren no caiga al vacío.

4.10 Obras de arte y otros ductos para salvar cursos de aguas menores

Las obras de arte se reconstruirán considerando como mínimo los siguientes criterios:

- Construcción preferentemente en acero para la estructura.
- Construcción de estribos en hormigón armado.
- Cada obra de arte permitirá que bajo ella pase el agua de la máxima crecida con un período de retorno de al menos 50 años
- Estribos no deben sufrir inconvenientes con las crecidas del caudal. Ello incluye un diseño que evite el atasco de troncos y basuras que acarrear las crecidas, así como socavaciones.
- Puede ser obras de arte únicas para las dos vías, o independientes para cada vía. Se suele preferir separadas por vía de modo minimizar el efecto de un eventual problema.
- Aproximadamente en Dm 5+500 hay una situación particular. Se trata de varios ductos que corren bajo a la faja vía, en dirección longitudinal, que aparentemente evacuarían aguas lluvia. Es necesario realizar un catastro exhaustivo y resolver.

4.11 Viaductos

Los dos tramos en viaducto planteados tendrán las siguientes consideraciones:

- Estructuras de acero u hormigón armado.
- Las rampas de acceso tendrán una pendiente máxima de 3%. Si bien el material rodante debiera admitir pendientes de hasta 4,0-4,5 %, existe la posibilidad de que ocasionalmente un tren deba remolcar a otro en falla (con pasajeros) y por ello, por condición de diseño, se limita la pendiente máxima a lo señalado.
- Es posible que en algunos sectores el viaducto requiera la instalación de inhibidores de ruido.
- Dejar un gálibo inferior libre de 4.50 ml en vertical
- Se recomienda el empleo de guardarieles.
- En los Viaductos van emplazadas algunas estaciones según diseño conceptual.

4.12 Estaciones

Las estaciones cumplirán con los siguientes criterios de diseño

- Estaciones preferiblemente en rectas y sin pendiente, donde la separación entre pisadera y borde de andén no exceda 7-8 cm. Esta separación también debe considerar el galibo dinámico de un tren de pasada que no se detenga en la estación.
- Andenes al mismo a la misma altura del piso del material rodante.
- Andenes idealmente de 4 ml de ancho, con techumbre total en un máximo de 35 ml¹¹.
- Las estaciones deben tener sus salas técnicas por el mismo lado a todo lo largo del trazado (se recomienda lado sur). Lo mismo con las salas SAF, que debieran ir al otro lado (se recomienda lado norte).
- Deben ser completamente cerradas para un control de acceso efectivo, y evitar el acceso por lugares que no sean los torniquetes.
- Diseño con consideraciones de accesibilidad universal.
- Espacio para instalar una batería de torniquetes en cantidad según la demanda (entrada y salida dado el cobro por distancia que se propone), estimada para las horas punta de cada estación
- Longitud del doble de los trenes incluyendo sus enganches.
- Boletería con espacio suficiente para todo el equipamiento necesario, y cantidad de puestos de trabajo según la demanda de la estación. Como se ha planteado tarifa por distancia, es necesario que las boleterías den tanto hacia la zona paga como hacia la no paga.
- Baño para el personal. Si es del caso, separado para hombres y mujeres¹²
- Sala técnica en espacio suficiente para alojar equipos (comunicaciones, UPS, CCTV sistema de cobro si lo requiere, y en algunos casos para el sistema de señalización).
- Sala SAF (subestación de alumbrado y fuerza), donde deberá haber un transformador para bajar de 12 Kv a 220 y 380 Vac
- Diseño ad-hoc para el paso de un andén al otro cruzando las vías a nivel. Se puede disponer de barreras peatonales que se cierran ante la proximidad del paso de un tren.
- Dado que se ha planteado diferenciación tarifaria por tipo de usuario, algunas estaciones, las de mayor demanda, requerirán de una oficina de atención al cliente para este efecto. En estos lugares se realizará la personalización de tarjetas especiales (estudiantes, etc.).
- La materialidad debe considerar un alto tráfico de personas y superficies en las que sea simple borrar graffitis y rayados.
- No dispondrán de baños para el público
- En la medida de lo posible, las estaciones se diseñarán de manera tal que en el futuro admitan ampliaciones -de manera simple- de algunas de sus dependencias (boletería, número de baños para el personal, etc.).

¹¹ Como se ha señalado antes, los andenes tienen 70 ml (largo de 2 trenes acoplados). El largo techado es para hacer un uso racional de la infraestructura.

¹² En este aspecto conviene mirar las posibilidades de la legislación futura. Puede no ser un requisito vigente, pero si lo es a futuro al menos se debe dejar previsto el espacio necesario.

4.13 Banco de ductos

Consideraciones para un banco de ductos que se desplace adyacente a las vías:

Se dispondrá un banco de ductos soterrado entre Central y Luque 3 al menos, que se desplazará por el costado norte¹³ de la vía para alojar la fibra óptica mediante la cual se transmitirá información entre los siguientes puntos: estaciones, PCC, edificio administrativo, subestaciones de rectificación y seccionadores de catenarias.

La misma consideración para Fase 2 (Luque 3-Ypacaraí).

4.14 Taller de mantenimiento del material rodante y cocheras mayores

4.14.1 Taller de mantenimiento del material rodante:

Se asumirá que taller y cocheras comparten espacio (aunque no es imprescindible). Su ubicación debe estar a un costado de las vías, idealmente entre las estaciones Luque y Luque 3 (ver ubicación sugerida en Anteproyecto Conceptual). Las componentes de este espacio serán las siguientes:

- Requiere de un layout de vías con sus correspondientes catenarias para unir todos los puntos relevantes donde se moverán los trenes a su interior.
- 1 galpón para **gran revisión** donde se puedan alojar al menos 3 trenes. No debe contener catenaria en su interior.

Esto incluye un foso para la instalación del torno sumergido para el reperfilado de ruedas. El torno se instala en una fosa de manera que un tren se coloque sobre el (por cada eje de ruedas) con el objeto de realizar un trabajo en poco tiempo.

Es importante que el acceso al torno se realice desde una recta de al menos la longitud de un tren y que cuente con una cola de igual longitud que permita el desplazamiento del material rodante en la medida que se van reperfilando cada uno de los ejes de boguies. Se requiere de un lugar cerrado con características ambientales acordes con los requerimientos del torno.

- 1 galpón para pequeña revisión para alojar al menos 3 trenes. No debe contener catenaria en su interior.
- 1 galpón para alojar un torno sumergido para reperfilar ruedas sin necesidad de desmontar boguies y ruedas
- Zona de oficinas e instalaciones para el personal
- Bodegas cerradas
- Instalaciones y dispositivos de seguridad
- Espacio donde ubicar el trackmobile considerando su salida expedita.
- La ubicación se especifica en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual \(Area para Taller, Taller y Cocheras Luque\)](#).

¹³ Puede ser a cualquiera de los dos lados, lo importante es que esté del mismo lado en que las estaciones tengan la sala técnica.

4.14.2 Cocheras mayores

- Se asume que estarán anexas al taller de mantenimiento de material rodante, pero puede ser otro lugar.
- Espacio suficiente para alojar el material rodante que se determine, en principio 13 trenes.
- Layout especial de vías y catenarias con un diseño lo suficientemente holgado como para disminuir los bloqueos entre trenes estacionados (principalmente en las noches y horas fuera de punta¹⁴).
- Edificio para alojar personal y sus requerimientos
- Zona de lavado con capacidad de recoger aguas. Debe haber un seccionador para desconectar la energía en catenaria en esta área de trabajo. Por el escurrimiento de aguas de lavado es recomendable que los rieles estén empotrados sobre una losa de modo que esa agua se pueda evacuar y/o reciclar.
- La ubicación se especifica en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual \(Area para Taller, Taller y Cocheras Luque\)](#).

4.14.3 Cocheras menores, que requerirán de lo siguiente:

- Espacio para estacionar 3 unidades de material rodante sin acoplar.
- Requiere de un layout de vías particular
- Si es posible, se podrá disponer de catenarias, pero puede ser excesivo en consideración a que en el tramo donde se ubicarán no dispondrá de catenarias.
- La ubicación se especifica en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual \(Cochera Menor\)](#).

4.15 Edificio del Puesto de Comando Centralizado (PCC)

Este recinto requiere de los siguientes espacios y características:

- Espacio de trabajo para el personal operador: movilizador de CTC (tendrán frente a sí un panel sinóptico con el lay out de las vías), operador eléctrico (tendrá frente a sí pantallas amplias con esquema eléctrico). Ambos tendrán también frente a sí y en altura, pantallas con imágenes del CCTV.
- Espacio para el encargado de comunicaciones Grupo ABP (ambulancias, bomberos y policía)
- En la sala principal del PCC, que abarca los dos puntos anteriores, se dispondrá de piso falso por la cantidad de cables
- Espacio de trabajo para quienes elaboren los programas de circulación¹⁵, respaldos de sistemas y jefe del recinto
- Instalaciones para el personal (baños, lugar donde almorzar, etc.)

¹⁴ Cabe señalar que la decisión de qué trenes hacer circular no es aleatoria, pues sus recorridos se deben organizar de forma tal que no deben entrar todos al mismo tiempo a ciertos mantenimientos programados, según los kilometrajes recomendados por el fabricante.

¹⁵ La programación de trenes es diaria y no se limita a definir intervalos. Incluye la definición de qué hace, dónde se estaciona y cuando va a taller cada tren. Una consecuencia directa es que las cocheras no podrían ser una sola vía donde se coloquen todos los trenes en la noche.

- Sala de reuniones
- Sala de servidores

- La ubicación se especifica en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual \(Edificio Administrativo\)](#).

4.16 Recinto base para la Unidad de Control de Incidentes (UCI).

El recinto para la UCI contará con al menos los siguientes espacios:

- Bodega menor para herramientas
- Instalaciones básicas para el personal: oficina, baños y espacio para almorzar.
- Estacionamiento (su medio de movilización para acudir a sus zonas de trabajo en terreno lo requiere, y será mediante camionetas).

- Se plantean 2 sectores para alojar UCI: Edificio Administrativa en Central y Taller y Cocheras en Luque.

4.17 Cierres

4.17.1 Cierres puntuales

En los centros más poblados no se dispondrá de cierres, salvo situaciones particulares que lo recomienden (entre otras para encausar los cruces peatonales al lugar donde cruzar la vía férrea), con el objeto de evitar que la vía se transforme en un elemento segregador del espacio urbano.

4.17.2 Cierres de baja altura

Se dispondrán principalmente en Luque. Se plantea cierres de baja altura que no afecten la visión, en consideración a que existe un espacio amplio.

4.17.3 Cierres mayores

Se dispondrá de cierres mayores en las zonas abiertas alejadas de los centros poblado (principalmente entre Luque 3 e Ypacaraí), donde sea necesario preservar una vía férrea confinada. El objetivo del confinamiento será evitar el acceso de animales a las vías y que no sea absorbida por el desarrollo urbano futuro.

5. PLANTEAMIENTO FUNCIONAL PARA LOS SISTEMAS Y EQUIPAMIENTOS

En este punto se desarrollan las principales componentes para el suministro y montaje de cada sistema y especialmente se señalan sus funcionalidades y algunas de las interfaces entre algunos sistemas, aspecto que se considera clave para evitar incompatibilidades entre ellos (muchas son obvias, pero otras son sutiles). El desarrollo no es exhaustivo y pretende abordar lo principal de modo que constituya una ayuda en la concepción de cada sistema. La ingeniería de detalles debe extremar el cuidado de las interfaces.

5.1 Material rodante

El material rodante deberá tener las siguientes características funcionales:

- Ser un material rodante ligero. Es decir, un solo piso, con suficientes puertas dobles a ambos costados, cabina en los dos extremos, ser apto para circular compartiendo espacio con la vialidad en un tramo, de longitud moderada (se asume para efectos de este trabajo 35 ml), velocidad máxima **de operación comercial**¹⁶ admisible no menor a 80 km/hr.
- De piso alto. Esto es en razón a que buena parte del trazado tiene características suburbanas donde se pueden cruzar animales, así como a la siempre eventual presencia de aguas.
- Contar con enganche en los dos extremos y tener la posibilidad de acoplarse de manera automática para operar como una sola unidad -doble-. Ello puede ser con objetivo operacional, quizás no en un comienzo, pero también servirá para retirar equipos en falla en el trayecto.
- Contar con aire acondicionado y deshumidificador¹⁷ acorde con las necesidades del clima en Asunción, Paraguay.
- Se considerará que los pasajeros que vayan de pie (en los espacios reales disponibles para ello), lo harán a razón de 3,5 pax/m². Este valor es menor que lo usual, pero se considera adecuado por el clima de Asunción, considerando que el aire acondicionado y deshumidificador tienen alcance limitado debido a la constante apertura de puertas. Se asume para este trabajo la capacidad de 185 pax/tren entre sentados y de pie.
- Se alimentará eléctricamente mediante un pantógrafo al hilo de contacto de la catenaria, que estará con una tensión de 1.500 VCC. El rango de trabajo del pantógrafo deberá ser acorde con la altura del hilo de contacto de la catenaria. Adicionalmente, deberá contar con alimentación de baterías para circular entre Central y el sector Parque Bernardino Caballero (1.350 ml) dada la complejidad e inconveniencia de instalar una catenaria en ese tramo.
- El tren deberá disponer de los sistemas de seguridad habituales. Por mencionar sólo algunos: el tren no se mueve si no están todas las puertas cerradas o una alarma activada; bocinas de diferente intensidad para zonas urbanas (suave) y

¹⁶ La máxima velocidad comercial es menor que la máxima velocidad que pueda desarrollar un tren.

¹⁷ No tenemos antecedentes de trenes con este equipamiento, pero si es posible sería deseable.

para zonas suburbanas (más fuerte); sistema de frenos de seguridad intrínseca (si se produce un fallo, por defecto el tren se frena); sistema de hombre muerto; freno de emergencia en sala de pasajeros; parabrisas de seguridad; llaves no replicables; más de una forma de aplicar el frenado de emergencia por parte del maquinista; luces de distancia y luces de posición (también llamadas culateras); indicadores en el pupitre de diferentes fallas; sistema de vigilancia automática; caja negra, etc.

- La apertura de puertas será activada por los pasajeros una vez dada la autorización por el maquinista. De esta manera se disminuye la apertura de puertas para minimizar el efecto sobre la acción del aire acondicionado y deshumidificador, aparte de disminuir el trabajo de puertas (normalmente la principal fuente de fallas en un equipo ferroviario de este tipo).
- Capacidad de arrastre suficiente para remolcar un tren en falla a lo largo de todo el trazado.
- Definición precisa de los gálibos dinámico y estático del tren para asegurar su cabida en estaciones y otros lugares.
- Diseñado bajo consideraciones de facilitar su mantenimiento posterior.
- No dispondrán de baños
- Vida útil mínima de 30 años.
- No se recomienda niveles de redundancia superiores a los del diseño habitual que disponga el fabricante. En un material rodante de este tipo normalmente son menores que las que tiene un metro pesado.

Las interfaces en que actúa el material rodante con otros sistemas son al menos las siguientes:

- Vías: menor radio de curva horizontal, menor radio de curva vertical, trocha, forma de riel vs forma de la rueda, dureza de riel vs dureza de la rueda, pendientes máximas, separación mínima en altura entre el tren y la vía (salvo las ruedas), etc.
- Electrificación: tensiones y otras variables eléctricas coherentes, zig-zag de la catenaria vs ancho del pantógrafo, altura de trabajo del pantógrafo vs altura de la catenaria, gálibos estático y dinámico (ubicación de los postes), etc.
- Señalización: el tren debe ser receptivo a las acciones que indique el sistema de señalización embarcado, tensiones y otras variables eléctricas, espacios para alojar los equipos embarcados, cableados necesarios, interferencias electromagnéticas, etc.
- Radio tren-tierra: tensiones y otras variables eléctricas, espacios para alojar los equipos embarcados, cableados necesarios, interferencias electromagnéticas, cómo se instala la radio, etc.

- Estaciones: altura del andén vs altura del piso del material rodante, gálibo estático y dinámico del tren, separación entre el borde del andén y la pisadera del tren (especialmente si la estación está dentro de alguna curva, aunque no sea deseable).

5.2 Vías (superestructura de la vía férrea)

Se utilizarán las normas europeas, a igual que para el material rodante, para asegurar su plena compatibilidad. Las vías deben apuntar principalmente a seguridad y confort de los pasajeros. De una manera muy general incluyen:

- a) Se preparará una superestructura con base en los siguientes criterios y componentes como mínimo, según corresponda a las variables de cada lugar o tramo de las vías:

- La vía debe ser apta para las toneladas/día que circularán sobre ellas. Como es complejo mantener las vías férreas por el impacto sobre la operación, se recomienda tomar esta variable por el lado de la seguridad. La densidad de tráfico se estimada preliminarmente en 6.150 TBD (toneladas brutas al día). Nos referimos con esto a la cantidad de toneladas que pasan por un punto al día.
- Balasto con el espesor y granulometría adecuados (tener en consideración elementos angulosos para su trabamiento), con el talud adecuado a cada lugar.
- Durmientes, preferentemente de hormigón en monoblock postensados, con una dotación posiblemente en el rango 1700 – 1800 ud/km en cada vía
- Rieles soldados (longitud de tramos por definir), posiblemente del tipo UIC 60 de la norma europea (60,34 Kg/ml) o superior.
- Trocha 1435 mm.
- Otras componentes como sujeciones (del tipo fit&forget), juntas, desviadores de la tangente necesaria a cada lugar, eclisas aisladas, eclisas eléctricas, aparatos de dilatación, anclajes y otros.
- En puentes y viaducto se hará uso de guardarrieles.
- La geometría de la vía estará dada por una trocha 1.435 mm, con curvas de enlace entre rectas y curvas circulares de bajo radio, ensanche de trocha en curvas, peraltes y consideración de una aceleración transversal no compensada (se recomienda $0,4 \text{ m/s}^2$).
- Despeje de obstáculos visuales necesarios para dar visibilidad suficiente al maquinista.
- Canaletas laterales para evacuación de aguas lluvia.
- No debe haber conexiones no válidas entre los rieles para evitar el aislamiento de los circuitos de vías de la señalización (principalmente se debe cuidar en cruces peatonales y vehiculares).
- Considerar rieles que sirven para dar rigidez a la vía en caso de curvas de radios menores.

- b) Geometría

La geometría de las vías debe ser acorde con las velocidades de circulación definidas para cada tramo y con las características que admitan los trenes. No

se recomienda, en principio, definir con base en la mayor velocidad de todos los tramos. Las componentes principales de la geometría serán las siguientes.

- Curvas circulares admisibles.
 - Curvas verticales admisibles.
 - Pendiente máxima. Se recomienda 3%.
 - Curvas de acordamiento cuando sean necesarias.
 - Peraltes en curvas (dependen de la velocidad).
 - Definición de una aceleración no compensada máxima (posiblemente $0,4\text{m/s}^2$). Esta variable tiene que ver con la comodidad.
 - Sobre anchos de trocha en curvas.
 - Inclinación del riel.
- c) En el tramo comprendido entre Central y Parque Bernardino Caballero las vías formarán parte de la vialidad y su diseño deberá ser acorde con ello. En este caso los rieles irán embebidos en asfalto u hormigón (igualmente requerirán su base de apoyo en cuanto a infraestructura, banco de ductos a un costado, etc.).

Las interfaces en que actúa la vía otros sistemas son al menos las siguientes:

- Material rodante: ya se trató en el punto anterior.
- Banco de ductos: que no se obstaculicen.
- Línea de 12 y 23 Kv: distancias de seguridad.
- Entorno urbano (no es un sistema propiamente): corrientes de fuga.
- Cruces vehiculares y peatonales: carpetas no toquen los rieles (aíslan los circuitos de vías y pueden obstaculizar la pestaña de las ruedas).
- Puentes: diferencia de resonancias puede producir la rotura de un riel.
- Señalización: ductos del sistema de señalización en terreno, aislamiento entre rieles para evitar corrientes de fuga.

5.3 Sistema Eléctrico

5.3.1 Conexión a subestaciones de ANDE:

Se contempla 2 conexiones de 23 KV a subestaciones de ANDE¹⁸:

- Subestación **Parque Botánico SE PBO** (existente y con capacidad remanente luego de ampliación reciente. Fuente: ANDE).
- Una **nueva Subestación proyectada por ANDE** en terreno propio entre Luque y Yuquyry (sector Quinta los Hijos), distante aproximadamente 200 ml de la faja vía. Esta subestación está proyectada para el año 2029, siendo posible compartir inversión.

La ubicación de todos estos elementos se encuentran en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual](#).

5.3.2 Conexión entre las subestaciones de ANDE y la faja vía

Desde las subestaciones de ANDE antes indicadas se dispondrá de un cable alimentador soterrado hasta la faja vía para alimentar otro cable alimentador, también de 23 Kv, que se extenderá entre las subestaciones TSS 1 y TSS 6 de propiedad de FEPASA.

La ubicación de estos elementos se encuentran en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual](#).

5.3.2 Subestaciones de propiedad de FEPASA (TSS)

Las subestaciones de propiedad de FEPASA tendrán por objetivo transformar los 23 Kv en 1.500 VCC (para alimentar la catenaria) y en 12 Kv a un cable que también recorrerá la faja vía (para alimentar estaciones, talleres, PCC y otros, entre los Dm 0.000 y 44.331. Se plantea 6 subestaciones de este tipo que se ubicarán en los siguientes sectores. Estas subestaciones deben estar a un costado de las vías y deben contar con seccionadores a la entrada y a la salida.

- TSS 1: Dm 7+100
- TSS 2: Dm 11+800
- TSS 3: Dm 17+500
- TSS 4: Dm 22+950
- TSS 5: Dm 29+500
- TSS 6: Dm 36+250

La ubicación de las TSS se encuentran en el archivo [Tren de Cercanías Asunción-Ypacaraí Fases 1 y Definición Conceptual](#).

¹⁸ *Por recomendación de terreno, se descarta conexión a tendidos en 23 Kv en consideración a que su fiabilidad no es buena. Sería deseable una tercera conexión entre Aregua y Patiño, pero las subestaciones existentes en su entorno no tienen mucha capacidad remanente y están bastante retiradas de la faja vía; se considera preferible suplir lo anterior con cables de mayores diámetros.*

En la identificación de la cantidad anterior de TSS, debido a que no hay una simulación eléctrica en este anteproyecto funcional, no se ha considerado el criterio (n+1) o (n+2) en los planos, según el cual se suele construir una o dos adicionales con el objeto de sortear eventuales problemas en alguna de ellas. No obstante, sí se han considerado en las inversiones.

5.3.5 Alimentación de las estaciones y taller de mantenimiento de material rodante y cocheras mayores

Se plantea que cada estación, talleres de mantenimiento de material rodante y PCC dispongan de una subestación de alumbrado y fuerza (Sala SAF), para transformar los 12 KV en 220 Vac para alimentar eléctricamente estos recintos. Es conveniente que todas estas salas se ubiquen a un mismo lado con respecto a las vías, en este caso el lado norte.

Interfaces relevantes:

- Obras civiles: canalizaciones¹⁹ en general y disposición de una sala SAF
- Sistemas en general: cada sistema debe recibir la energía eléctrica dentro de sus rangos de aceptación

5.3.6 Otros

- Alimentación para las barreras vehiculares: se plantea conectarlas a la red domiciliaria.
- Energización a equipos de terreno del sistema de señalización, por definir en el proyecto, pero será a partir de las estaciones.
- Pararrayos: las subestaciones eléctricas y eventualmente alguna otra instalación requerirán de la instalación de este equipamiento.

Las interfaces en que actúa el sistema eléctrico con otros sistemas son al menos las siguientes:

- Obras civiles: Canalizaciones en general
- Otros sistemas: entregar la energía de acuerdo con sus requerimientos

Se hace presente que no se ha realizado una simulación eléctrica para validar lo antes propuesto. Esta simulación toma la cantidad de material rodante y sus características eléctricas, para dimensionar la cantidad de subestaciones y su mejor ubicación, tipo de cables y otros. En estas simulaciones se contempla el impacto que tendría el echo que alguna subestación falle o se desconecte para un mantenimiento mayor y así determinar su impacto en la continuidad operacional del servicio, por lo cual se suele utilizar el criterio (n+1) que implica considerar una subestación más para cubrir dicha falla.

5.4 Catenaria (vías principales, talleres y cocheras mayores)

Se plantea una catenaria auto compensada de poste central. Sus componentes principales son las siguientes:

¹⁹ En cuanto a las canalizaciones, se recomienda considerar diámetros holgados y con lauchas (cables pasadores) para evitar problemas al momento de instalar los cables.

- Postes centrales.
- Mensajero (distribuye los 1.500 VCC en diferentes puntos al hilo de contacto).
- Triángulos de sostenimiento
- Hilo de contacto
- Un conjunto de seccionadores para aislar/conectar desde el PCC el mensajero según los requerimientos de la operación, especialmente cuando hay algún tipo de fallas.
- Generación de un zig-zag en el hilo de contacto, de modo que éste se desplace a lo ancho de la planchuela del pantógrafo para evitar su ahuellamiento.

Las interfaces en que actúa la catenaria con otros sistemas son al menos las siguientes:

- Material rodante: ya se mencionó anteriormente
- Obras civiles: respetar las distancias necesarias
- Otras componentes eléctricas: respetar las distancias necesarias
- Banco de ductos: respetar las distancias necesarias

5.5 Sistema SCADA

El SCADA será un sistema de control automatizado para accionar componentes eléctricas desde el puesto de despacho eléctrico del PCC; es decir, para gestionar el sistema eléctrico durante la operación del servicio. Básicamente permitirá abrir/cerrar seccionadores de catenaria, abrir/cerrar interruptores en las subestaciones de rectificación, activar/desactivar una subestación de rectificación.

Existe un segundo SCADA que puede ser separado o integrado al anterior (la tecnología avanza en el sentido de separarlos), para actuar en las componentes eléctricas de las estaciones. Básicamente permitirá ver el estado de determinados sistemas, encender/apagar iluminación, verificar el estado de las UPS, activador de bombas de evacuación de aguas y otras. Aparte de los comandos se dispone normalmente de paneles sinópticos para ver el estado de las componentes de terreno. Este segundo SCADA es de menor importancia y eventualmente puede ser desestimado, pero ello implica disponer de una mayor cantidad de personal para la operación del servicio.

Interfaces:

- Sistema de comunicaciones: para transmitir acciones remotas.
- Sistema eléctrico: para disponer de los seccionadores necesarios.
- PCC: acciones del despachador eléctrico.

5.6 Sistema de Señalización

El sistema de señalización apuntará a otorgar seguridad al tráfico ferroviario y a otorgar las facilidades necesarias para una gestión del mismo y deberá estar diseñado para 1,5 minutos menos del menor intervalo operacional inicial. Tendrá 5 componentes principales:

- Equipos de terreno: señales luminosas (semáforos) en plena vía, circuitos de vías, instalación de señalización luminosa en todas las estaciones, instalación de enclavamientos electrónicos en las estaciones, instalación de máquinas de cambio.

- Equipos embarcados en el material rodante: orientados a asegurar que si el tren sobrepasa una señal de terreno se detenga de manera automática, indicador a bordo del material rodante de la velocidad permitida en cada tramo, si sobrepasa la velocidad permitida en el tramo igualmente el material rodante se frena por seguridad. Este es un Sistema de Ayuda a la Conducción.
- Un Centro de Tráfico Centralizado (CTC). El CTC que es una suerte de SCADA, pero orientado exclusivamente a identificar la ubicación de cada tren (mediante la ocupación de los circuitos de vías), el estado de la señalización de terreno, accionar componentes relacionadas con la circulación de material rodante en las vías, con acciones sobre máquinas de cambio. Las actuaciones prevén instalaciones de máxima seguridad y el telecomando de los enclavamientos (señales, máquinas de cambio, posición de los trenes, maniobras, etc.), de forma que el operador allí ubicado pueda realizar desde este puesto todas las operaciones y movimientos posibles, así como que los maquinistas tengan señales claras en terreno.
- Construcción de canalizaciones en las estaciones y zanjas en los trayectos.
- Tendido de redes de cables para alimentación de los equipos de campo.

Sobre la base de las componentes anteriores se plantea un sistema más bien básico debido al alto costo de estos sistemas, que admita operar con un intervalo mínimo de 5 minutos (definición).

Se dotará a la línea de prestaciones adicionales en lo que a circulación de trenes se refiere: vías bidireccionales entre central y Luque, circuitos de vía sin eclisas que permiten instalar riel soldado continuo, con lo que aumenta el confort de los viajeros, etc.

Una característica muy importante que tendrá en cuenta el sistema de señalización es que entre las estaciones Luque 3 e Ypacaraí habrá una sola vía para los dos sentidos de tráfico (salvo en las estaciones de este tramo, donde habrá doble vía para los cruzamientos).

Se plantea también la inclusión de puertos de mando local en Central, Luque 3 e Ypacaraí. Estos puestos de mando tienen el objeto que ante una caída del PCC se pueda accionar localmente los cambios con el objetivo de mantener la circulación de los trenes.

En el interior del taller de material rodante, cochera mayor y cochera menor pueden tener cambios manuales, o acopladas al CTC. Se recomienda cambios manuales. Las máquinas de cambio dentro del taller de mantenimiento de material rodante no serán actuadas de manera remota desde el CTC, sino manualmente en terreno. Las de acceso al taller serán actuadas desde el CTC

Las interfaces en que actúa el sistema de señalización con otros sistemas son al menos las siguientes:

- Con material rodante: ya señalada anteriormente.
- Barreras vehiculares: accionamientos sobre las mismas.

- Obras civiles: canalizaciones.
- RMS: transmisión de la información.

5.7 Sistema Puesto de Comando Centralizado (PCC)

El PCC dispondrá de un puesto de despacho eléctrico con un panel sinóptico (indica el estado de cada componente del sistema eléctrico a comandar), un puesto de operación para el CTC (apoyado por un panel sinóptico que indica la ubicación de cada tren y de cada componente del sistema de señalización en terreno y sistema de radio para comunicarse con los maquinistas), más otros puestos de trabajo, entre otros el grupo ABP (ambulancia, bomberos y policía). Adicionalmente, deberá contemplar de pantallas para mostrar lo que ocurra en diferentes lugares que permita el CCTV.

Es en este centro donde se preparan los programas de circulación de trenes y donde se generan los respaldos de toda la información concerniente a la operación ferroviaria.

Las interfaces en que actúa el PCC con otros sistemas son al menos las siguientes:

- Sistema de comunicaciones.
- Sistema de señalización.
- Sistema eléctrico.
- Sistema CCTV.
- Sistema radio tren-tierra.
- Sonorización en estaciones.
- Sistema de grabación de voz.
- Sistema de información a público.

5.8 Sistema de cobro

El sistema de cobro sobre la base de tarjetas sin contacto tendrá las siguientes componentes que definen su funcionalidad:

- Tarjetas sin contacto²⁰.
- Se optará por un sistema de puertas de acceso que se abren ante la presencia de la tarjeta sin contacto validada por el sistema²¹. Para calcular la cantidad de puertas por estación se considera que una de estas puertas tiene capacidad de 15 pax/min.
- Sistema de puertas equivalente para el control de salidas.
- Como habrá tarjetas personalizadas, se requiere de una aplicación para personalización de tarjetas.
- Elementos de boletería: POS para recarga de tarjetas, visor para el usuario, impresora.
- Eventualmente un concentrador de estación que concentre la información a nivel de cada estación, para ser enviadas como paquete al sistema central.
- Eventualmente puntos de verificación de saldos en las tarjetas sin contacto.

²⁰ Se debe verificar que el tipo de tarjeta tenga una esperanza de disponibilidad razonable y que no haya antecedentes de que no haya sido crackeada.

²¹ Se plantea este sistema antes que los torniquetes ya que los torniquetes son susceptibles de ser saltados con facilidad.

- Un sistema central donde resida una base de datos de todo lo que ocurre en cuanto a transacciones. Además, desde este sistema central se podrá realizar acciones como: adecuación ante cambios de tarifas, definición de cargas mínimas y cargas máximas, manejo de listas negras, eventual cambios de horarios, creación de nuevos contratos (tipos de usuarios), sistema de monitoreo para detectar cualquier falla en el sistema, verificación de consistencias de la base de datos (aquí se puede detectar malos usos, eventual crackeo de tarjetas), definiciones si se cobra a la salida o a la entrada y se devuelve saldo a la salida, generación de resultados operacionales (recargas, consumo, estadísticas de viajes, etc.) y muchas otras definiciones.

Interfaces:

- Comunicaciones (transporte de información).
- Electricidad.
- Obras civiles de estación (espacios físicos, canalizaciones y puntos de anclaje).

5.9 Equipos electromecánicos

Los equipos electromecánicos incluyen

- Barreras vehiculares que aparte de cerrar/abrir el paso de los vehículos carreteros emitan alarma acústica.
- Señalización de cruces menores: aviso visual y acústico que previene de la proximidad de un tren. Se aplicará en cruces de bajo flujo.
- Eventualmente incluirán ascensores (estaciones sobre el viaducto)
- Eventualmente plantas elevadoras de aguas.

Interfaces:

- Señalización (los circuitos de vías activan y desactivan las barreras).
- Eléctrico (alimentación de energía).
- Obras civiles (diseño de los cruces).

5.11 Sistema de comunicaciones

5.10.2 Red de Multiservicio (RMS)

La red de multiservicio tiene el objetivo de constituir el canal para satisfacer las necesidades de comunicaciones en todas y cada una de las estaciones, el PCC y otros puntos que se definan en el PCC. Para ello se deberá contemplar una fibra óptica (con al menos un 50% de pellos extras a los que se estimen necesarios) que vaya por un banco de ductos y nodos en cada lugar relevante. Entre otras cosas, se pretende minimizar los equipos centrales de cada sistema a instalar en estaciones y otros lugares relevantes, concentrando todo lo que se pueda en el PCC.

El equipamiento necesario para cada estación y punto relevante serán al menos los siguientes:

- Repartidor de fibra óptica.
- Nodos de la red multiservicio.

El ideal es que se configuren anillos de la red de manera que, ante la rotura de una fibra o el fallo de un nodo, el sistema se cerraría igualmente por el anillo, pero se descarta por razones de costo, considerando que los trazados de la fibra óptica debiesen ser diferentes.

5.10.2 Sub sistema de Radio

Este sistema se permitirá la comunicación vía radio entre los maquinistas de los trenes con el PCC por un lado, y entre el personal de mantenimiento y seguridad y el PCC por otro. Ambos de forma **exclusiva** y separada.

Las necesidades de comunicación son diferentes para ambos casos, se instalarán dos sistemas diferentes integrados dentro de la misma estación base, que tendrá dos canales independientes. Uno de estos sistemas se empleará para las comunicaciones tren - tierra y otro para las comunicaciones de mantenimiento y seguridad.

Interfaces:

- Material rodante: ya señalada anteriormente
- PCC: disponer de los espacios y elementos necesarios

5.10.3 Sub sistema de Telefonía directa

La telefonía directa estará dedicada exclusivamente a la explotación del servicio ferroviario para garantizar que se establezcan las comunicaciones necesarias entre los diferentes agentes que puedan intervenir en la circulación de forma segura y fiable y con total disponibilidad, lo que implica circuitos dedicados. Esto involucra lo siguiente: PCC, estaciones, Subestaciones, talleres de material rodante y cocheras.

5.10.4 Sub sistema de grabación de voz

El PCC dispondrá de un sistema de grabación de voz que abarque la telefonía directa y al sistema de radio. Se contemplará que la información se mantenga durante al menos 2 semanas, luego de los cual podrá ser borrada. Esta información es fundamental para la investigación de ciertos incidentes en la operación

5.10.5 Sub sistema de sonorización

El sistema de Sonorización se diseñará para prestar apoyo a la vigilancia de estaciones, entregar información por audible al público y a funcionarios de las estaciones, y también como apoyo al control ferroviario en estaciones.

El Sistema de Sonorización dará servicio para:

- Información a público desde el PCC a estaciones. Puede ser a una sola estación en particular, a algunas de ellas, o a todas
- Información a público desde boletería en cada estación
- Emitir música de fondo
- Emisión de mensajes pregrabados

5.10.6 Sub sistema de información a público

Este sub sistema se orienta a informar al público, mediante pantallas a ubicarse en los andenes de cada estación, respecto al destino del siguiente tren y su tiempo de arribo.

5.10.7 Sub sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV)

En las estaciones y otros puntos de interés se podrán cámaras digitales distribuidas que tendrán por objeto captar información en línea de lo que ocurra en cada andén para efectos operacionales, así como también para efectos de control de seguridad (en este caso, por ejemplo, apuntando a las boleterías). Si bien el CCTV se lo suele plantear como un sistema orientado a la seguridad, quizás si sus principales usos sean los siguientes:

- Apoyo a la operación: visualización de lo que ocurre en andenes, nivel de carga (indirecto) de cada tren), lo que ocurra en ciertos cruces vehiculares a nivel, situación en cruces peatonales.
- Registro de eventuales accidentes: personas que caen de escaleras, personas que caen de los andenes a las vías, etc.
- En cuanto a seguridad, se debe tener claro que no las impiden.

En el PCC se tendrá un servidor de vídeo para almacenamiento de archivos de imágenes y las estaciones dedicadas al monitoreo que se estime necesarias. Estas últimas mostrarán en forma de mosaicos las imágenes de las distintas estaciones.

La información se mantendrá grabada por el tiempo que se estime necesario, considerando su eventual revisión para efectos de investigación.

5.11 Taller de mantenimiento de material rodante

El taller tendrá las siguientes componentes como mínimo:

- Haz de vías y catenarias para movilizar el material rodante al interior del taller.

Requerirá la definición de un haz de vías acorde con la movilización expedita y segura del material en su interior, así como su conexión a las vías principales. Las vías deben contar con catenaria (salvo al interior de los galpones).
- Galpón de gran revisión.

Este taller será techado, completamente plano, y dispondrá del número y longitud de vías en recta necesarias para la cantidad de material rodante a

disponer²² según sus características. Tendrá una superficie plana con capacidad de soporte suficiente para las gatas que en determinados trabajos deberán levantar los trenes (entre otras para retirar boguies). Adicionalmente dispondrá de un puente grúa para realizar el retiro de componentes mayores ubicadas en el techo del material rodante (pantógrafo, equipos de aire acondicionado y eventualmente deshumidificador), así como de una red de aire comprimido. No dispondrá de catenaria en su interior por razones de seguridad.

Deberá contar con los espacios necesarios para el mantenimiento de piezas mayores (boguies, pantógrafos, equipos de aire acondicionado) y contar con las maquinarias necesarias, entre otras una caladora y descaladora de ruedas, tornos, pasarelas montadas sobre ruedas para acceder el techo del material rodante, espacio cerrado para pintura, y otros.

- Galpón de pequeña revisión

Este taller será igualmente techado, completamente plano, y dispondrá del número y longitud de vías en recta necesarias para la cantidad de material rodante a disponer y según sus características. Tendrá un pasillo longitudinal hundido a todo su largo con el objeto que el personal pueda trabajar de pie bajo el material rodante. Igualmente deberá tener pasarelas montadas sobre ruedas para acceder el techo del material rodante, así como una red de aire comprimido.

- Torno sumergido

Se dispondrá de un torno sumergido de control numérico (emplazado bajo el nivel de rieles) para el reperfilado de las ruedas sin necesidad de retirar los boguies del tren. El galpón correspondiente para esta instalación requiere ser cerrado por los requerimientos habituales del ambiente necesario (tienen cierta sensibilidad al exceso de humedad y temperatura ambiente).

- Bodegas

Se explica por sí mismo.

- Oficinas e instalaciones para el personal

- Contar con un locotractor o trackmobile para el remolque de trenes, tanto dentro del taller como para apoyo en las vías cuando sea necesario.

- Contar con sistema de seguridad

Para prevenir incendio, robo, grafitis y otros.

5.12 Cocheras

- Cochera mayor

²² No se refiere a que corresponda a todo el material rodante, sino a la cantidad de éste que deba acudir al taller según sus requerimientos de mantenimiento.

Las cocheras serán el lugar donde se almacene material rodante cuando no se encuentre en operación o en mantenimiento. Contará adicionalmente con un área de lavado exterior e interior del material rodante. Que requerirá de equipamiento especial (pasarelas móviles a nivel de piso del tren y máquina lavadora del tipo que se defina

Bodega. Sistema de purificación del agua de lavado si se estima necesario. Seccionador para cortar la corriente en sector de lavado.

- Cochera menor:

Estas cocheras menores tendrán dos funciones: alojar una unidad de material rodante que llegue en falla a central y no sea prudente enviarla de inmediato al taller, y alojar unidades de material rodante que terminando la hora punta mañana no sea necesario llevarlas a taller o a las otras cocheras (con esta medida se evita hacer circular material rodante sin sentido). De esta forma. Esas unidades de material rodante estarán ubicadas en el lugar apropiado al inicio de la punta tarde.

5.13 Sistemas informáticos

- TI administrativo (computadores en general, sistemas de respaldos, licencias
- Procesamiento del sistema de cobro.
- Aplicaciones varias (control de incidentes, repositorio de procedimientos de trabajo, respaldos de computadores y sistemas, contabilidad, respaldos de CCTV, etc.).

5.14 Equipos menores en lugares críticos

Hay equipos menores que por ser menores suelen ser olvidados y que pueden generar problemas a la operación si no se los advierte, especialmente en un lugar con el Clima de Asunción, Paraguay.

- Equipos UPS con la autonomía necesaria para sistemas críticos. A mayor criticidad de un sistema más complejas son las consecuencias de una caída abrupta por falta de energía. Este es al menos el caso del PCC, sistema de cobro, sistema de señalización, sistema de comunicaciones.
- Redundancias en sistemas de aire acondicionado y deshumidificadores en aquellos lugares donde haya sistemas críticos. Este es al menos el caso del PCC, sistema de cobro, sistema de señalización y sistema de comunicaciones. Se debe tener presente que los servidores involucrados deben estar con niveles máximos de temperatura y humedad, por sobre los cuales las máquinas aparte de caer sufren averías y eventualmente pérdida de las mismas

5.15 Unidad de Control de Incidentes (UCI)²³

La UCI será una unidad de apoyo especializada que constituye la primera acción, eventualmente única, para acudir a un lugar donde ocurra un incidente, sea para resolver o informar. Los incidentes pueden ser variados y localizarse en subestaciones

²³ La UCI no es un sistema precisamente, pero lo incluimos en este capítulo por su relevancia en la operación del servicio.

de rectificación, estaciones, vías, catenarias, estructuras, etc. Además, deberá realizar una supervisión continua de equipamiento de terreno.

Aparte de requerir de un recinto base deberá contar con movilización y equipamiento para eventuales acciones, como, por ejemplo:

- Enriado de material rodante que descarrile.
- Reparación de barreras.
- Recambio de componentes menores (no altamente especializados).
- Equipos menores de medición: medidor de trocha, eléctricos.
- Pértigas para aterrizar la catenaria.
- Herramientas para reparaciones menores asociadas a destrucciones habituales (vidrios y cierres rotos, etc.) y otros.
- Dispositivos para abordar un enredo de pantógrafo.
- Soldadora y otros

El alcance de esta definición depende de los contratos de mantenimiento con terceros que se plantee el operador.

5.16 Buses de acercamiento

El proyecto integral considera un sistema de buses de acercamiento en operación coordinada con el Tren de Cercanías. La operación es integrada.

Se tratará de buses de tamaño intermedio (12 mts) alimentados mediante baterías. Ello conlleva la inclusión de estaciones de recarga en sus terminales operacionales (4).

La Figura siguiente muestra los puntos (estaciones) en que se proyecta este sistema de alimentación especial.

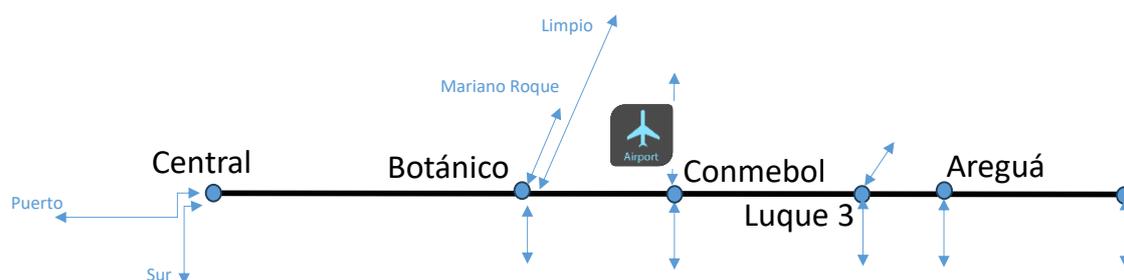


Figura B. 21: Esquema de Operación Buses de Acercamiento.

Se considera una flota total de buses eléctricos de 67 (62 buses operativos y 5 de reserva para mantenimiento, que corresponde a un 8% de la flota).

- Los buses se contemplan de 12 metros.
- Eléctricos.
- Capacidad de 32 pasajeros sentados y 42 parados (76 total).
- Con Aire acondicionado acorde a las necesidades en Asunción (mínimo 30.000kcal)

- Frecuencias operativas adaptadas al esquema operativos del Tren: Operación con período punta y fuera de punta.

Se consideran 4 terminales de carga (bases operativos de los buses) donde se ubicarán sus estaciones de carga.

Tabla B. 12: Dimensionamiento de Flota de Buses

Terminal-Carga	Buses-Operativos	Reserva mantenimiento	Total
Terminal 1 Area Central	9		9
Terminal 2 Area Botanico	29		29
Terminal 3 Area Luque 3	17	5	22
Terminal 4 Area Ypacarai	7		7
Total	62	5	67

Fuente: Análisis ECS Consult.

ANEXO 1: INSPECCION Y DATOS DE TERRENO

Objetivo:

Se realizó una serie de visitas a terreno caminado la vía férrea entre Estación Central y Luque, a objeto de identificar puntos complejos para la inserción del proyecto de Tren de Cercanías y orientar soluciones para efectos de la Definición Conceptual.

Fechas Visitas a Terreno:

4 al 8 de Noviembre de 2024.

Desarrollo:

Se identificaron 21 puntos relevantes en base a la experiencia técnica del equipo de ECS Consult.

Para los puntos identificados se plantean comentarios generales incluyendo una tipificación de complejidad de los cruces en 5 niveles.

- Nivel 1/5: Baja complejidad.
- Nivel 2/5: Baja-media complejidad.
- Nivel 3/5: Media complejidad.
- Nivel 4/5: Media-alta complejidad.
- Nivel 5/5: Alta complejidad.

En los casos que corresponde se esboza una propuesta de solución o intervención puntual para lograr una inserción coherente del Tren de Cercanías.

- Punto 1.**
Entre Dm 12+000 y 13+000
Ubicado al final de Ñu Guasu, cerca del acceso al aeropuerto.

Figura A1. 1: Imagen general:



En este sector se producen dos problemas conjuntamente. Uno es que en una solución a nivel la vía se cruzaría con la entrada a Ñu Guazú, lo que es inconveniente por el nivel de flujo vial. El segundo problema es que frente a la edificación “Casa Daniela” y una bomba de bencina el espacio para la cabida transversal de la faja vía se reduce a 5,5 – 6,0 ml, lo que es completamente insuficiente.

Figura A1. 2: Imagen Detalle 1: Cruce a nivel con acceso a Ñu Guasu.

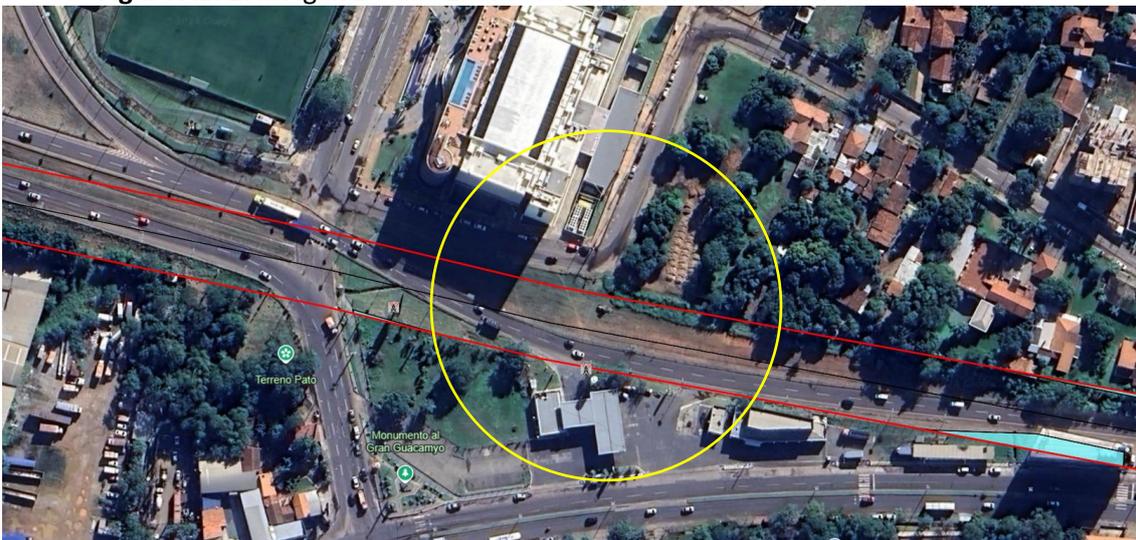


Figura A1. 3: Imagen detalle 2: Estrechez de faja vía frente a casa Daniela.



El problema se ve agravado debido a que el eje de la Ruta Ñu Guasu se desplazó en dirección al norte con respecto al eje de la faja vía en el sector del enlace.

Figura A1. 4: Imagen detalle 3: Sector en que se desalinea el eje faja vía con Ñu Guasu.



La solución de este punto es que el eje del tren se desplace hacia la mediana de la Ñu Guasu.

La segunda componente de la solución podría ser la siguiente:

Figura A1. 5: Situación actual (esquemas de tráfico):



Figura A1. 6: Situación planteada (esquema de tráfico, soterrando el movimiento segmentado):



2. Punto 2.

Dm 14+000

Ya en Luque. Alto tráfico con buses y camiones. Hay espacio para habilitar combinaciones. La faja vía está bien definida. Se puede ver si se juntan aquí o en otra parte más de un cruce vehicular. Nivel de complejidad 3/5 (por alto tráfico).

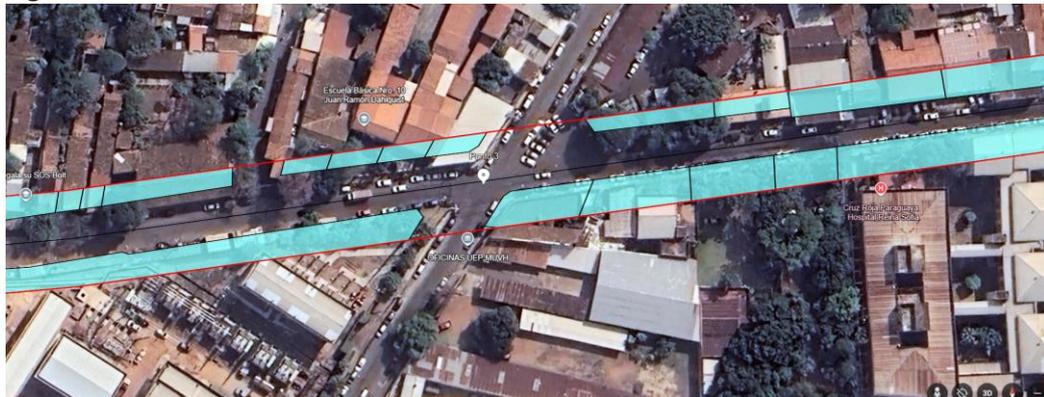
Figura A1. 7: Sector Luque

Solución: Cruce a Nivel con Barrera.

3. Punto 3.

Dm 0+650

Cruce a nivel. Nivel de complejidad 1/5. No se pone barreras porque en este lugar sería extraño ya que la vía compartirá espacio con la vialidad (entre Central y Caballero).

Figura A1. 8: Sector Caballero

Solución: Cruce a Nivel.

4. **Punto 4.**

Dm 1+500

Av. Perú. Nivel de complejidad 5/5 si es posible poner un viaducto, aunque si se hace un buen diseño vial y se resuelve el problema de las aguas quizás se pueda hacer una solución a nivel (un mago como Víctor Ramírez seguro que hace algo bueno).

En este lugar los problemas son el flujo vehicular en dos sentidos con doble pista cada uno, en curva, faja vía pasa muy en diagonal. Además, confluyen aguas y como está hundido se acumula el agua, pero hay una quebrada a pocos metros, por donde puede escurrir el agua mediante un diseño ad-hoc.

Figura A1.9: Sector Av. Perú con eje Artigas



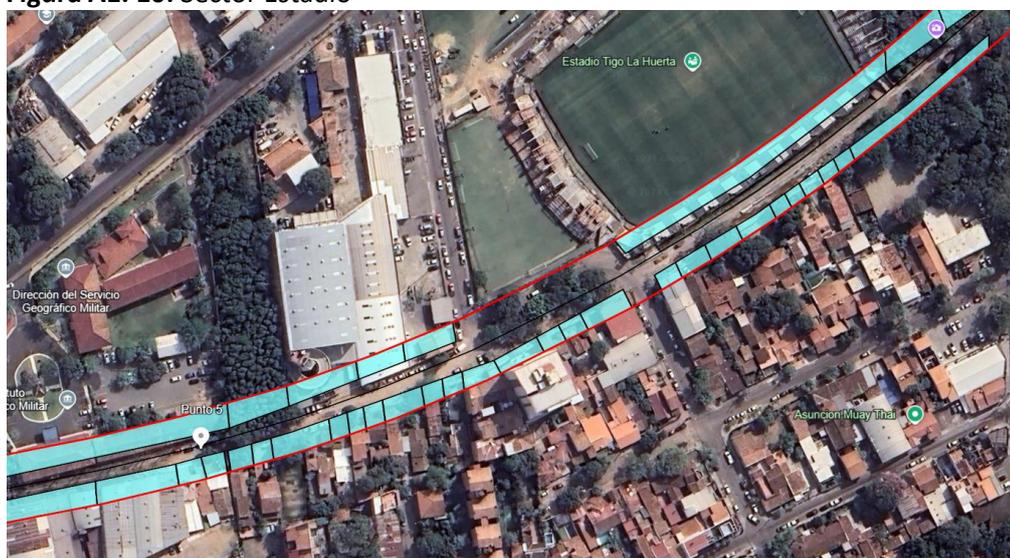
La estación Caballero, donde pasa poco, se debiera trasladar a este punto.

5. **Punto 5.**

Dm 2+000

No es un cruce, pero +- a 280 ml de Av. Perú empieza a haber accesos a propiedades desde la faja vía. En general el trazado corresponde a fondos de propiedades.

Figura A1. 10: Sector Estadio



6. **Punto 6** (costado del estadio). Nivel de complejidad 3/5 se recomienda cerrar.
Dm 2+036

Figura A1. 11: Sector Estadio



7. **Punto 7.**
Dm 2+230
Nivel de complejidad 3/5, se recomienda poner barreras. Sigue habiendo accesos a propiedades desde la faja vía, sobre todo al lado derecho avanzando hacia Botánico. Lugar posible para una estación.

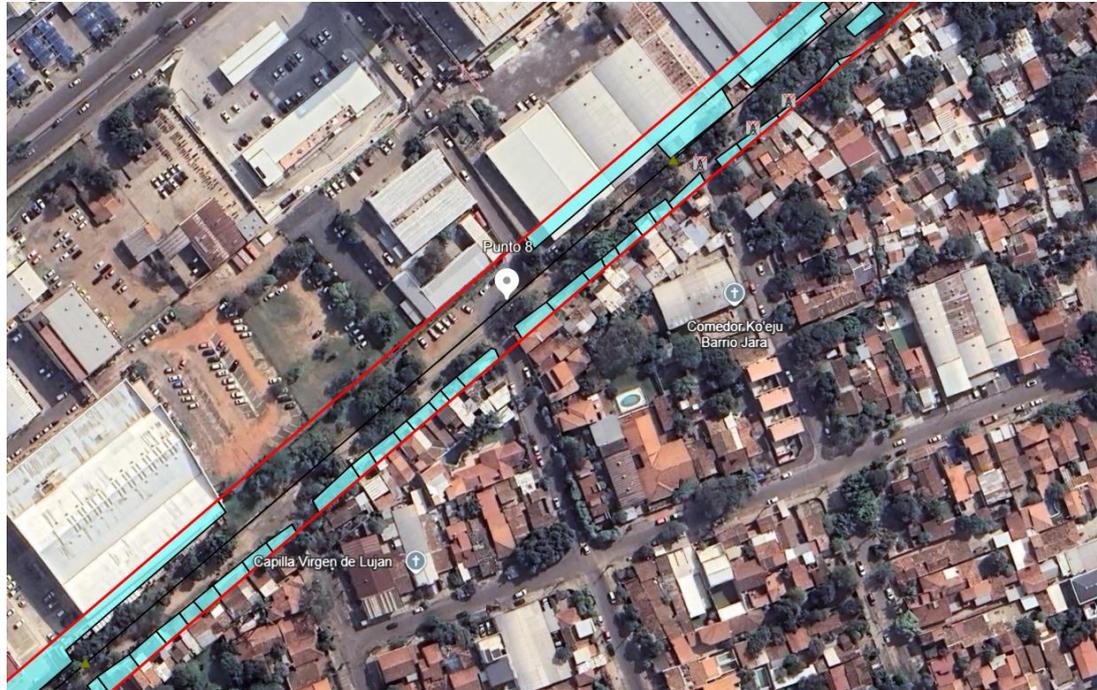
Figura A1. 12: Sector cercano a Estadio



8. Punto 8.

Dm 2+800

Nivel de complejidad 1/5, se recomienda cerrar. Estamos a +- 1.000 ml de Av. Perú. Un viaducto en el tramo hasta aquí sería mucho más caro que las expropiaciones necesarias.

Figura A1. 13: aledaño cruces**9. Punto 9.**

Dm 3+450

Nivel de complejidad 1/5, se recomienda poner barreras. Esta a una cuadra de Artigas. Pensé una estación aquí, pero no es el mejor lugar.

Figura A1. 14: Sector cercano a empalme con eje Artigas (la Perseverancia)

Figura A1. 15: Sector cercano a La Perseverancia**10. Punto 10.**

Dm 3+760

Nivel de complejidad 3/5, se recomienda poner barreras. Aquí terminan las viviendas precarias. Está muy cercano a Artigas.

Figura A1. 16: Sector cercano a La Perseverancia

Figura A1. 17: Sector cercano a La Perseverancia

11. **Punto 11**
Dm 4+000

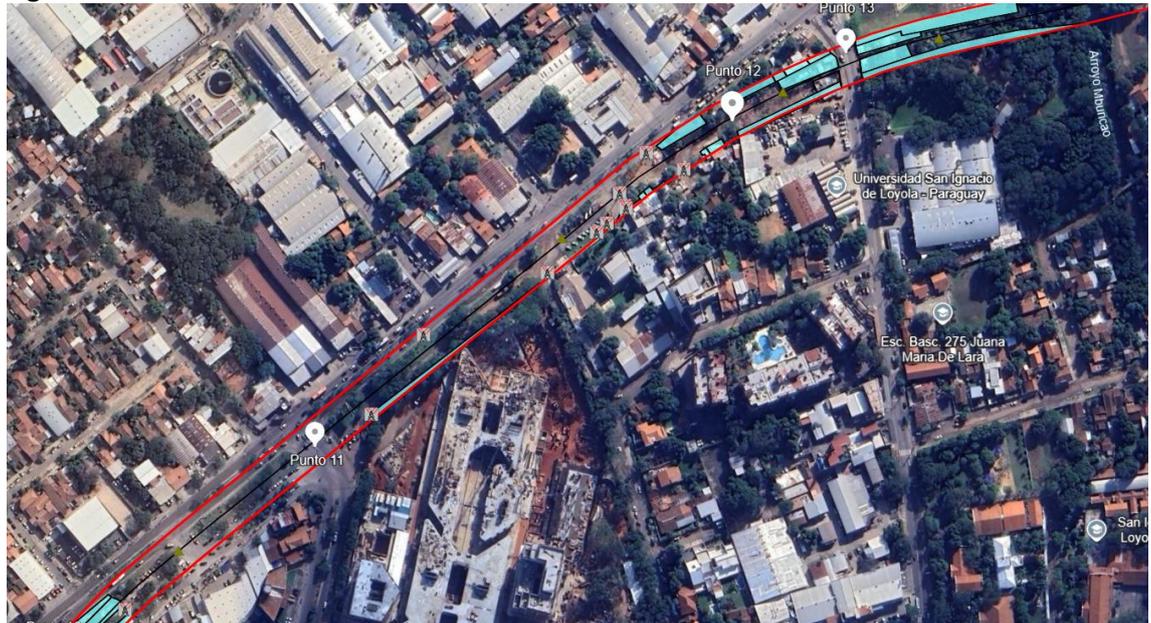
Cruce La Perseverancia. Nivel de complejidad 4/5, se recomienda viaducto. La topografía del terreno es favorable pues el paso vehicular está a unos 1,5 ml bajo la cota del antiguo riel. Allí se construye un conjunto habitacional al que le pudiera molestar. Buen punto para una estación si no hay otra muy cercana como Tablada.

Figura A1. 18: Sector cercano a La Perseverancia (Avda. Brasilia)

Figura A1. 19: Detalle Sector cercano a La Perseverancia (Avda. Brasilia)**12. Punto 12**

Dm 4+360

Antigua Estación Tablada. No hay cruce. Está adyacente a Artigas. Tablada tiene acceso por un solo lado y por eso quizás sea mejor una estación en La Perseverancia.

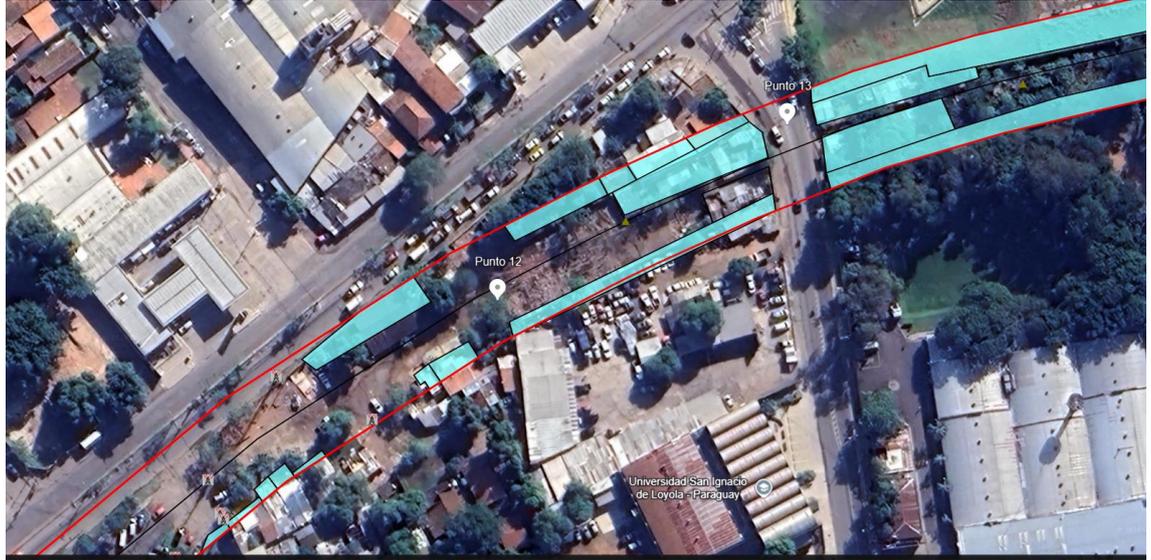
Figura A1. 20: Sector frente a La Perseverancia

13. Punto 13

Dm 4+460

Calle Venezuela. Nivel de complejidad 3/5, se recomienda poner barreras a menos que perseverancia esté muy cerca. En terreno no tenía mucho sentido de las distancias.

Aquí comienza un tramo corto en que está todo tomado, complicado, al que no entramos.

Figura A1. 21: Sector cercano a La Perseverancia (Avda. Venezuela)**14. Punto 14**

Dm 4+646

Arroyo Muricao. No hay puente y debe tener unos 15 metros de ancho. En ocasiones lleva un caudal enorme que incluso 1 o 2 veces al año pasa por sobre la calle Artigas.

Figura A1. 22: Sector a la altura de cruce arroyo Moricao

15. **Punto 15**
Dm 4+880
Calle Lombardo. Nivel de complejidad 4/5, dudoso si poner barreras o viaducto (... para decidir hay que mirar el perfil completo). Buen lugar también para una estación, pero hay que mirar el conjunto y las distancias para decidir eso.

Figura A1. 22: Sector calle Lombardo



16. **Punto 16**
Dm 5+270
Calle Pastor Ibáñez. Nivel de complejidad 3/5 se recomienda una barrera.

Figura A1. 23: Sector calle Pastor Ibañez



17. Punto 17

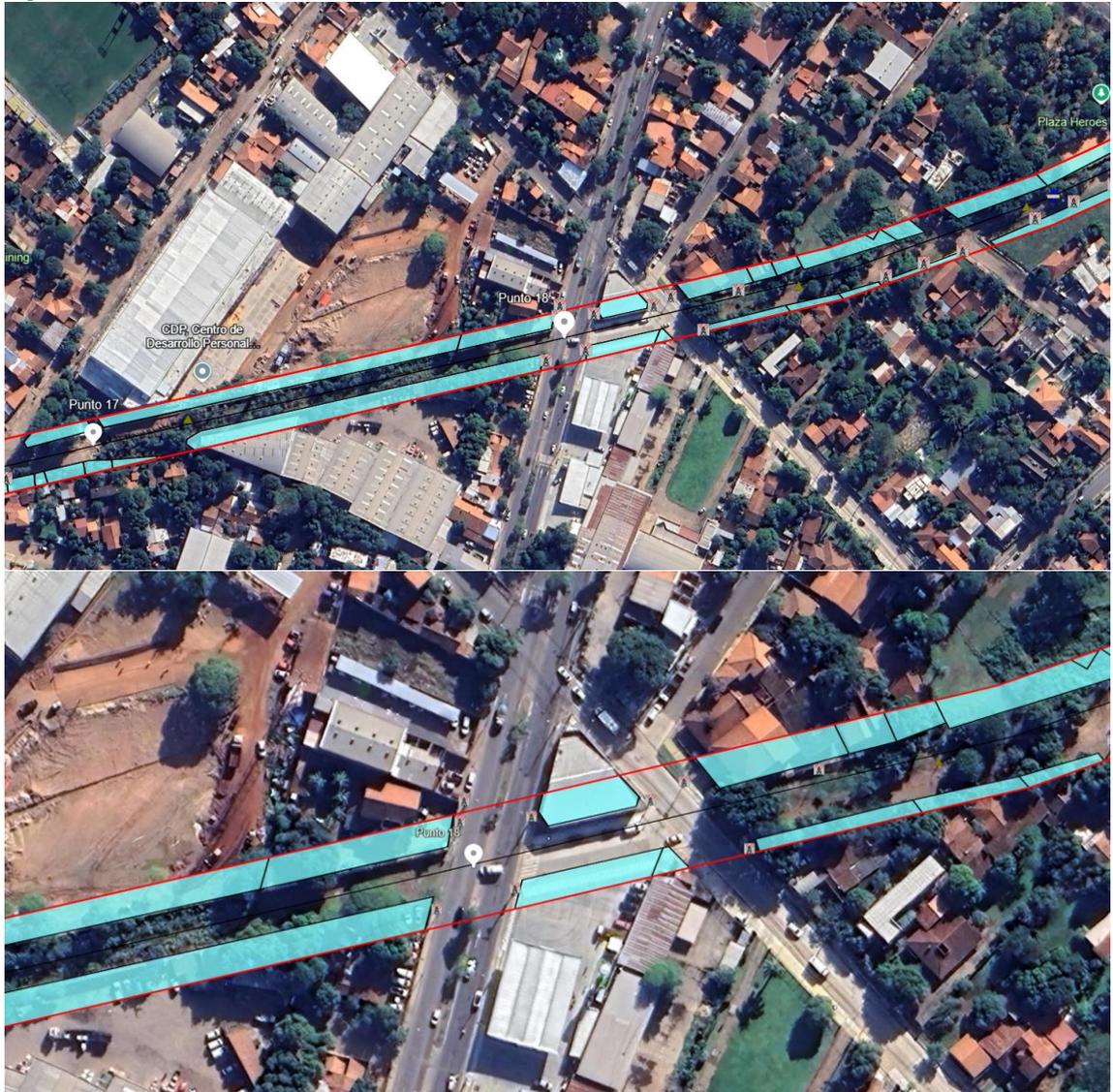
Dm 5+500

No pudimos acceder a la faja vía a partir de este punto en un tramo de unos 150 ml. Bajo la faja vía hay ductos de evacuación de aguas municipal y se ven varios más en el entorno.

Figura A1. 24: Sector en dirección hacia calle Sacramento

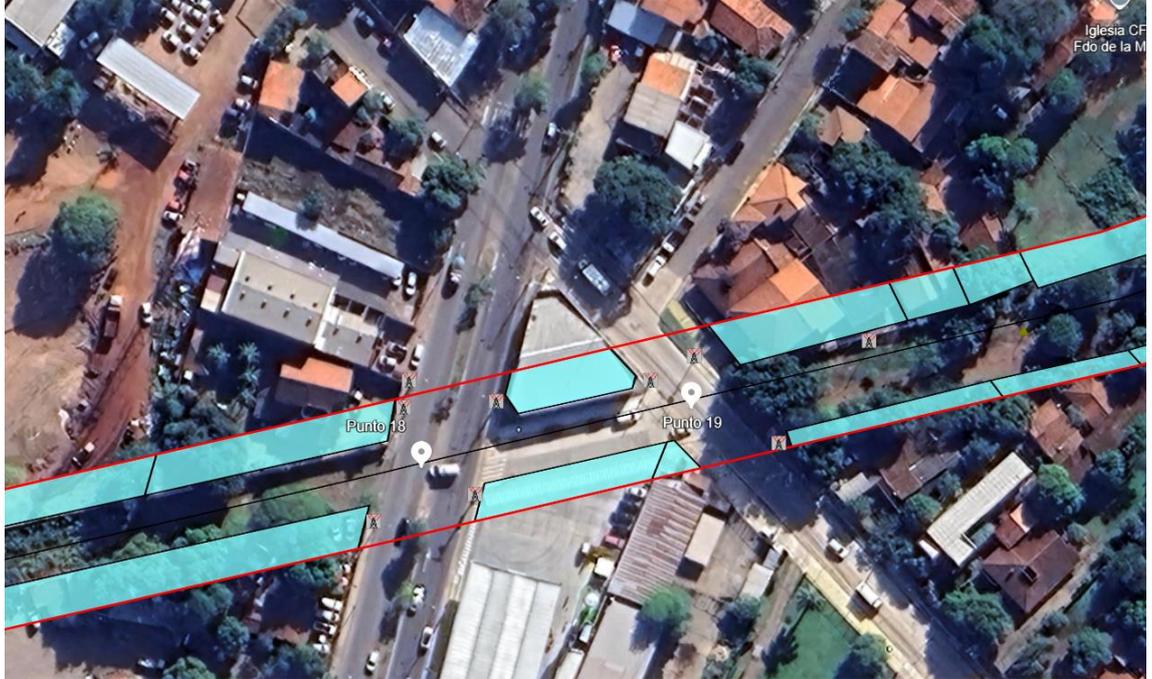
18. **Punto 18**
Dm 5-738
Calle Sacramento. Nivel de complejidad 5/5. Aquí termina el tramo al que no pudimos acceder.

Figura A1. 25: Sector Avenida Sacramento (doble calzada)



19. **Punto 19.**
Dm 5+793
Calle Molas López. Nivel de complejidad 4/5

Figura A1. 26: Sector Avenida Mola Lopez (doble calzada)



20. **Punto 20**
Dm 6+106
Calle Santísima Trinidad. Nivel de complejidad 5/5

Figura A1. 27: Sector Avenida Trinidad (doble calzada)



Figura A1. 28: Sector Avenida Trinidad (doble calzada). Detalle

Nota: Entre los puntos 18 y 20 pudiera haber una estación. Son cercanos entre ellos. Son distancias pequeñas y el entorno está bastante tomado que si bien no afecta tanto a la faja vía necesaria sus accesos ocurren desde ésta., pero con propiedades no precarias, incluso hay un edificio de unos 3 o 4 pisos

21. Punto 21

Dm 7+000

Av. Primer Presidente. Nivel de complejidad 4/5, no se ve posibilidad de un viaducto puesto que se cruzaría con un viaducto ya existente. El gálibo vertical que queda bajo el existente es algo reducido, entre 5,0 y 5,5 ml.

Figura A1. 29: Sector Avenida Primer Presidente (zona con Viaducto).

Figura A1. 30: Sector Avenida Primer Presidente (zona con Viaducto). Detalle.

La estación Botánico se debiera desplazar a este punto, ya que donde estaba antiguamente no tiene visibilidad y queda algo a trasmano.

22. Punto 22.

Dm 7+230

Estación Botánico. Esta estación se debe trasladar en dirección hacia Av. Primer Presidente.

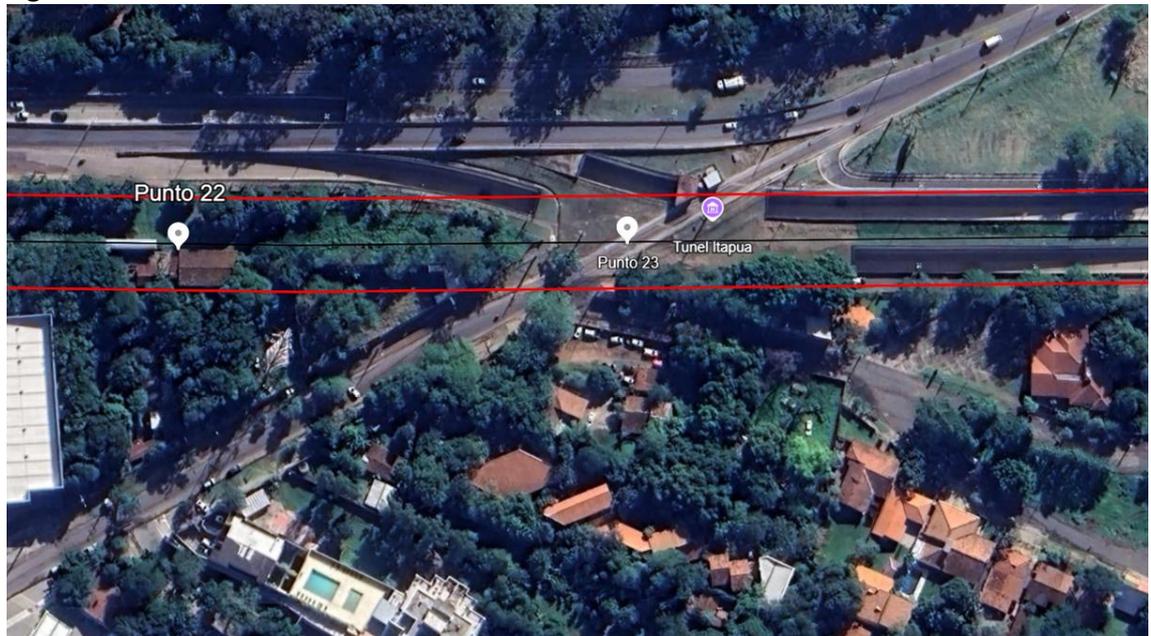
Esta estación por su ubicación y dado que en este sitio converge la Ruta 3, debe incorporar un centro de integración importante que abarque las calzadas de ambas direcciones de la Ñu Guasu, conectadas por una pasarela peatonal.

Figura A1. 31 Sector Botánico. Estación.

23. Punto 23

Dm 7+365

Calle menor. Nivel de complejidad 2/5 sin posibilidad de viaducto. Proponer barrera.

Figura A1. 32 Sector Botánico cruce con vía menor.**24. Punto 24**

Dm 7+430

Acceso a la mediana de Ñu Guazú. La fala tiene 5,5 – 6,0 ml de ancho en un tramo de unos 100 ml. que trascurre entre dos ramales de Ñu Guazú. Es necesario modificar al menos uno de los dos ramales soterrados.

Figura A1. 33 Sector Botánico y empalme hacia mediana de Ñu Guasu.

Figura A1. 34 Sector Botánico y empalme hacia mediana de Ñu Guasu.

Una opción puede contemplar prolongar el ramal soterrado y que emerja a nivel superficie una vez que la faja ferroviaria vuelva a tener los 10 metros requeridos. En sector restringido a 5-6 metros se puede considerar poner una losa sobre el ramal soterrado para totalizar los 10 metros requeridos.

ANEXO 2: ESTIMACION DE TIEMPO DE CICLO DE TRENES

Objetivo:

Se realizó la modelación del tiempo de ciclo de los trenes en función de la Definición Conceptual del Proyecto, incluyendo:

- Trazado.
- Estaciones.
- Distancias inter-estación.
- Consideración de velocidades máximas admitidas por tramo.
- Aceleración del material rodante (1,2 m/seg²)
- Desaceleración del material rodante (1,1 m/seg²)
- Velocidad máxima a la vela.
- Tiempos de detención en estaciones (20 seg.)
- Tiempos de maniobra en terminal (90 seg.)

Nota: para efectos de parámetros de aceleración, desaceleración, velocidad máxima se usó valores normales para este tipo de material rodante.

Fechas de Estimación:

19 de Febrero de 2025.

Desarrollo:

Modelo en Excel.

Tabla A2. 1: Cálculo de Tiempo de Ciclo.

Estación	Nombre estación	Velocidad máxima admisible (km/hr)	Distancia a la Estación anterior (m)	Distancia a 40/50/60/60/80 km/hr (m)	Tiempo a vel. Max. km/hr (min)	Tiempo de recorrido en el tramo (min)	Tiempo de detención en estación o parada (min)	Tiempo acumulado (min)	
1	Central (extremo de rieles)		0				1,50	1,50	
2	Av. Perú	30	1.640	1558,3	3,1	3,44	0,33	5,28	
3	Virgen de Lujan	50	1.060	833,1	1,0	1,54	0,33	7,15	
4	Perceverancia	50	1.370	1143,1	1,4	1,92	0,33	9,40	
5	Santísima Trinidad	60	1.944	1617,2	1,6	2,27	0,33	12,01	
6	Botánico	60	1.048	721,2	0,7	1,37	0,33	13,72	
7	Universidad	70	3.107	2662,2	2,3	2,94	0,33	16,99	
8	Acceso a aeropuerto	70	2.344	1899,2	1,6	2,28	0,33	19,60	
9	Luque 2	60	1.607	1280,2	1,3	1,93	0,33	21,87	
10	Luque	60	1.007	680,2	0,7	1,33	0,33	23,53	
11	Luque 3	60	2.851	2524,2	2,5	3,18	0,33	27,05	
12	Yuquyry	70	1.622	1177,2	1,0	1,77	0,33	29,15	
13	Aregua	70	9.981	9536,2	8,2	8,94	0,33	38,42	
14	Estanzuela	70	3.700	3255,2	2,8	3,55	0,33	42,31	
15	Patiño	70	2.975	2530,2	2,2	2,93	0,33	45,57	
16	Ypacaraí	70	7.867	7422,2	6,4	7,12	1,50	54,19	
							TC =	106,9	Central-Ypacaraí-central
							TC =	53,4	Central-Luque 3-Central

ANEXO 3: ESTIMACION DE TAMAÑO DE FLOTA

Objetivo:

Se realizó la estimación de flota, preliminar, para el año 1. Esta considera:

- Tiempos de Ciclo estimados.
- Demanda referencial, preliminar.
- Cálculos para periodos peak: Punta Mañana, Punta de medio día y Punta de la Tarde.

Nota: para efectos de parámetros de aceleración, desaceleración, velocidad máxima se usó valores normales para este tipo de material rodante.

Fechas de Estimación:

19 de Febrero de 2025.

Desarrollo:

Modelo en Excel.

Tabla A3. 1: Cálculo de Flota.

Central - Luque 3 - Central									
	Hrs. Operación/día	Longitud Bucle	Intervalo Global	Frecuencia Global	Dos Trenes Acoplados	Trenes Simples	Oferta Int. /Hr	Trenes Necesarios	Tren-Km
	(Hrs.)	(Km)	(min)	(Trenes/hr)	(u.d.)	(u.d.)	(Pax/hr)	(u.d.)	(Tren-km)
Tiempo de Ciclo (min) (DV1)					61,4	61,4			
TC (min) a utilizar						61,4			
Capacidad (pax):					372	186			
Punta mañana Laboral	2,0	36,0	10,23	5,86	0,0	6,0	1090,6	6,0	422
Punta medio día laboral	2,0	36,0	12,28	4,89	0,0	5,0	908,8	5,0	352
Fuera de punta Laboral	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Punta tarde Laboral	2,0	36,0	12,28	4,89	0,0	5,0	908,8	5,0	352
Sábado	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Domingo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEMANA	-	-	-	-	-	-	-	-	5.629
Circulación en vacío semanal (3%)	-	-	-	-	-	-	-	-	169
AÑO	-	-	-	-	-	-	-	-	301.471
Trenes a adquirir Central - Luque:								6,0	
Central - Ypacaraí - Central									
	Hrs. Operación/día	Longitud Bucle	Intervalo Global	Frecuencia Global	Dos Trenes Acoplados	Trenes Simples	Oferta Int. /Hr	Trenes Necesarios	Tren-Km
	(Hrs.)	(Km)	(min)	(Trenes/hr)	(u.d.)	(u.d.)	(Pax/hr)	(u.d.)	(Tren-km)
Tiempo de Ciclo (min) (DV1)					122,9	122,9			
TC (min) a utilizar						122,9			
Capacidad (pax):					372	186			
Punta mañana Laboral	2,0	88,2	11,17	5,37	0,0	11,0	998,9	11,0	947
Punta medio día laboral	2,0	88,2	13,66	4,39	0,0	9,0	817,2	9,0	775
Fuera de punta Laboral	10,5	88,2	11,17	5,37	0,0	11,0	998,9	11,0	4.973
Punta tarde Laboral	2,0	88,2	13,66	4,39	0,0	9,0	817,2	9,0	775
Sábado	15,5	88,2	13,66	4,39	0,0	9,0	817,2	9,0	6.007
Domingo	15,5	88,2	13,66	4,39	0,0	9,0	817,2	9,0	6.007
SEMANA	-	-	-	-	-	-	-	-	49.368
Circulación en vacío semanal (3%)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.481
AÑO	-	-	-	-	-	-	-	-	2.644.129
Trenes a adquirir Central - Ypacaraí:								11,0	
Qué intervalos y relación oferta/demanda ve un pasajero entre Central y Luque 3:									
	Intervalo (min)	Oferta Int./hr	Dda. Int./hr						
Horas punta mañana Laboral	5,3	2089,4	2.000	Número de Trenes en circulación: 17					
Fuera de punta Laboral	11,2	998,9	1.000	Flota de Reserva 2					
Punta Medio Día Laboral	6,5	1726,0	1.174	TOTAL de Trenes: 19					
Punta tarde Laboral	6,5	1726,0	1.750						
Sábado	13,7	817,2							
Domingo	13,7	817,2							
Qué intervalos y oferta/demanda ve un pasajero entre Luque 3 e Ypacaraí:									
	Intervalo (min)	Oferta Int./hr	Dda. int./hr						
Horas punta mañana Laboral	11,2	998,9	600						
Fuera de punta Laboral	11,2	998,9	300						
Punta Medio Día Laboral	11,2	817,2	400						
Punta tarde Laboral	13,7	817,2	450						
Sábado	13,7	817,2							
Domingo	13,7	817,2							
Total de trenes-km/año:	2.945.600								