UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

**Tren de cercanías: Propuesta del trazo de la 2da línea
férrea en la infraestructura ferroviaria del Ferrocarril
Central en el tramo Chosica– Callao para el transporte
masivo de pasajeros**

TESIS

Para optar el título profesional de : Ingeniero Civil

AUTOR

Seminario Benites, Allan Martín (0000-0001-7642-1619)

ASESOR DE TESIS

Llerena Cano, Donald Gustavo (0000-0002-8260-4099)

Lima, 03 de setiembre 2018

RESUMEN

La presente Tesis que propone un **“Tren de Cercanías”**, busca desarrollar a nivel de superficie el trazo de la 2da línea férrea de una longitud de 53.00 Km. para el transporte masivo de pasajeros, apoyada en la existente infraestructura ferroviaria del ferrocarril del centro; para intercomunicar a través de ésta doble vía, las urbes periféricas de la ciudad de Lima (Este-Oeste) desde Chosica hasta el Callao de una forma rápida, segura y eficiente; el mismo que servirá como **“Alimentador e Integrador”** de las principales líneas de transporte urbano de Lima Metropolitana ya existentes y futuras. Esta propuesta está promovida dentro del marco de las políticas y estrategias descritas en el Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en la Resolución Ministerial 396-2016 MTC/01.02 el 09 de junio de 2016; la cual orienta y promueve el desarrollo de servicios ferroviarios de pasajeros en el área metropolitana de Lima y ciudades principales a fin de dar respuesta a los problemas de congestión vial y perjuicio medio ambiental.

La Tesis presenta en el Capítulo 1, la Introducción en donde se presenta el tema, la justificación, el problema y los objetivos. En el Capítulo 2, se desarrolla el marco teórico, documentos técnicos y normativos. El Capítulo 3, muestra una descripción de la situación actual, análisis de demanda y población beneficiada del proyecto y análisis de la oferta. El Capítulo 4, se especifica el estudio técnico del proyecto, la geometría y las especificaciones. El Capítulo 5, un alcance de los costos aproximados del proyecto y finalmente el Capítulo 6, hace una descripción de la visión de los beneficios e incidencias económicas y sociales en la ciudad con la existencia de un proyecto de Tren de Cercanías a nivel de superficie, generando valor a una infraestructura existente en la misma metrópoli capitalina del Perú.

PALABRAS CLAVE : Tren de Cercanías ; Tren de Pasajeros ; Tren Chosica-Callao ; Transporte de Pasajeros masivo.

ABSTRACT

The present Thesis that proposes a “Commuter Train”, seeks to develop at the level of the surface the 2nd railway line with a length of 53.00 km, for the massive transport of passengers, supported by the existing railway infrastructure of the center railway, in order to intercommunicate, through this double track, the peripheral cities of the capital of Lima (East – West) from Chosica to Callao in a fast, safe and efficient way; the same that will serve as “Feeder and Integrator” of the main urban transport lines of Metropolitan Lima that actually exist and future ones. This proposal is promoted inside the framework of the policies and strategies described in the National Plan of Railway Development published by the Ministry of Transport and Communications (MTC) in the Ministerial Resolution 396-2016 MTC/01.02 on June 9 of 2016; which guides and promotes the development of passenger rail services in the metropolitan area of Lima and principal cities in order to respond to the problems of road congestion and environmental damage.

The Thesis presents in Chapter 1, the Introduction in which the topic, the justification, the problem and the objectives are presented. In Chapter 2, the theoretical framework, technical and normative documents are developed. Chapter 3, shows a description of the actual situation, demand analysis and population benefited from the project and offer analysis. Chapter 4, specifies the technical study of the project, geometry and specifications. Chapter 5, presents a scope of the approximated costs of the project and finally Chapter 6, makes a description of the vision of the benefits and economical and social incidences in the city with the existence of a Commuter Train project at surface level, generating value to an existing infrastructure in the same Metropolitan Capital of Perú.

KEYWORDS : Commuter train ; Passenger train ; Train Chosica-Callao ; Massive passenger transport

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	3
INDICE DE TABLAS	9
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	12
TEMA Y TÍTULO	12
TEMA:.....	12
TÍTULO DEL PROYECTO:	17
INTRODUCCIÓN: MOTIVACIÓN DEL TEMA	18
SITUACION PROBLEMÁTICA Y PROBLEMAS EN EL CAMPO DE ACCION	19
SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	19
PROBLEMA GENERAL	19
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	20
OBJETIVOS DEL PROYECTO GENERAL Y ESPECÍFICOS	21
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
INDICADORES O MECANISMOS DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS	22
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	22
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	24
ANTECEDENTES DEL PROYECTO	24
REGLAMENTO NACIONAL DE FERROCARRILES	25
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO FERROVIARIO	26
CONCESION DEL FERROCARRIL DEL CENTRO	28
ANTECEDENTES	28
DESCRIPCION DE FVCA Y FCCA.....	29
CONTRATO DE CONCESION.....	30
OPERACIONES FERROVIARIAS	30
ESTANDARES DE SEGURIDAD EN LINEA FERREA (FRA)	31
EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	33

AMÉRICA LATINA.....	34
RESTO DEL MUNDO.....	38
CAPITULO 3: SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO.....	39
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL	39
FERROCARRIL DEL CENTRO	41
INSTALACIONES EXISTENTES FERROCARRIL CENTRAL	42
Respecto a la Organización de FVCA;.....	43
Respecto a la Infraestructura del Vía Férrea;.....	43
La Vía del Ferrocarril;	44
Terraplenes;.....	53
Derecho de vía;.....	54
Curvas;	59
Pendientes;	61
Puentes y Cunetas;.....	62
ZONA Y POBLACION BENEFICIADA.....	66
ZONA BENEFICIADA:	66
POBLACION BENEFICIADA:	68
ANALISIS DE DEMANDA Y OFERTA.....	71
ANALISIS DE LA DEMANDA	71
CARACTERISTICAS DEL MODELO UTILIZADO	72
HORIZONTE DEL PROYECTO	73
ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DIARIA	77
PROPUESTA DE ESTACIONES Y PARADEROS.....	81
ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE ACUERDO A HORARIOS.....	82
ANALISIS DE LA OFERTA	88
EMPRESAS OPERADORAS CALLAO-CHOSICA.....	88
ESQUEMA OPERATIVO DEL SISTEMA DE EMPRESAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN EL EJE VIAL ESTE - OESTE.....	91
INTERFERENCIAS DEL FLUJO DE LA VÍA FERREA.....	92
CARACTERISTICAS DE LA OPERACIÓN: TREN DE CERCANIAS	96
SISTEMA EVALUADO DEL SERVICIO.....	96
DESARROLLO DEL RECORRIDO DEL SISTEMA.....	96

PROPUESTA DE ESTACIONES Y PARADEROS.....	98
CARACTERISTICAS OPERACIONALES Y DISEÑO	100
ESTIMACIÓN DE CANTIDAD DE VIAJES	101
FASES DEL SERVICIO:	108
INTERVALOS DE SERVICIO:.....	108
OFERTAS DE VIAJE:	109
TARIFAS:.....	110
CAPITULO 4 : ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO.....	112
CRITERIOS DE DISEÑO DE LA LINEA FÉRREA:	112
ALCANCES REGLAMENTO NACIONAL DE FERROCARRILES:	112
PROPUESTA DE LA GEOMETRIA DE LA VIA:.....	114
ALCANCES	114
TROCHA.....	114
ALINEAMIENTO.....	115
NIVEL DE LA VIA	115
PERALTE.....	116
GRADIENTE Y RADIOS.....	116
PROPUESTA TÉCNICA DEL TRAZO DE LA DOBLE VIA – GEOMETRÍA:.....	117
TROCHA:	117
GRADIENTE, RADIOS Y TANGENTES:	118
PLANOS DEL DISEÑO Y DESARROLLO DEL TRAZO GEOMÉTRICO DE LA DOBLE VIA:	127
ZONAS DE EXPROPIACIÓN – DERECHO DE VIA “TREN DE CERCANÍAS: ...	138
INGENIERÍA PRINCIPAL: PARADEROS, ESTACIONES, PASOS A NIVEL, PASOS A DESNIVEL Y SEGURIDAD DE LA LINEA:.....	141
PARADEROS Y ESTACIONES DEL “TREN DE CERCANÍAS”	141
PASOS A NIVEL.....	143
PASOS A DESNIVEL	146
VALLA DE PROTECCIÓN DE LA LÍNEA FERREA	147
Cerco estándar Tipo UNI:	148
Cerco Malla Electrosoldada – Cerco :	150
PROPUESTA DEL MATERIAL RODANTE:	152

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	152
NORMAS TÉCNICAS DE DISEÑO:	155
ESTRUCTURA Y ACABADO EXTERNO:	155
ACABADO INTERNO:	157
CABINA DE CONDUCCIÓN:	158
SISTEMA DE TRACCION:	159
SUPERESTRUCTURA – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	160
LINEA FÉRREA: RIELES, DURMIENTES Y BALASTO.	161
RIELES	165
JUNTA DE RIELES O CÁMARA DE EXPANSIÓN:	167
ELEMENTOS DE FIJACIÓN	167
ECLISAS:	167
PLACA DE ASIENTO:	168
FIJACIÓN DEL RIEL AL DURMIENTE:	168
PERNOS DE ANCLAJE A RIELES:	169
DURMIENTE O TRAVIESA	169
DEFECTOS Y TOLERANCIAS:	170
MADERAS ACEPTADAS:	171
BALASTO	172
CARACTERÍSTICAS GENERALES:	172
CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS:	173
CONTROL DE CALIDAD:	173
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:	174
METODOLOGIA DE EJECUCIÓN	174
SUELO:	176
SITACION ACTUAL DEL SUELO:	176
FORMA Y ANCHO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO:	176
RELLENO DE SUBSUELO Y ESTRUCTURA DE LA CAMA DE SUBSUELO:	178
SECCIÓN DE TRANSICIÓN:	178
CRITERIOS DE ASENTAMIENTO DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN:	178
PENDIENTE LATERAL:	178
TRATAMIENTO DE LA BASE:	179

PRINCIPALES CONTENIDOS DE LA INGENIERÍA DE SUELOS:	179
INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA:	180
ESTACIONES Y PARADEROS:.....	180
ESTACIONES:	180
PARADEROS:	186
PATIOS DE VIAS:	191
EQUIPOS DE VIAS:	193
SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD:	195
SEGURIDAD Y CONTROL PAISAJISTA SONORO:.....	195
SEGURIDAD EN VIA:.....	195
PAISAJISMO Y CONTROL AMBIENTAL - SONORO:	198
SEGURIDAD EN ESTACIONES Y PARADEROS:	201
SEÑALIZACIÓN Y CONTROL:.....	202
Propuesta - Siemens:	202
SISTEMA DE CONTROL CENTRAL VICOS OC 100	203
TAREAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE OPERACIONES:	203
CONTROL DE VARIOS SISTEMAS:.....	204
ENCLAVAMIENTO ELECTRÓNICO SIMIS PC-SICAS ECC	205
SISTEMA DE COMUNICACIÓN:.....	212
INFORMACIÓN:.....	213
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO:	215
CAPITULO 5 : COSTO REFERENCIAL DE INVERSIÓN DEL PROYECTO: TREN DE CERCANIAS CHOSICA – CALLAO.	216
CAPITULO 6 : BENEFICIOS DEL PROYECTO – TREN DE CERCANÍAS CALLAO-CHOSICA.....	218
ENFOQUE ECONÓMICO:	218
Ahorro en Costo de Operación Vehicular (COV)	219
Formalización del Sector Transporte	220
Revalorización de Terrenos	221
ENFOQUE SOCIAL:	222
Ahorro de Tiempo de viajes.....	222
Ahorro de Reducción de Accidentes	222

Ahorro por Reducción de Contaminación:	224
GLOSARIO	225
BIBLIOGRAFÍA	231

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Distritos Beneficiados	13
TABLA 2: Política y Estrategia del Desarrollo Ferroviario	28
TABLA 3: Máxima Velocidad de Operación Permitida.....	32
TABLA 4: Tráfico de Pasajeros	33
TABLA 5: Actualización de Rieles de 115 lbs.	45
TABLA 6: Inventario por tipo de durmientes	47
TABLA 7: Clasificación de Tramos Pendientes.....	50
TABLA 8: Comparativo Peso en Kg por Km,	50
TABLA 9: Lista de materiales por Km.	52
TABLA 10: Curvas con Radio Menor de 1000 m.	60
TABLA 11: Determinación de la Pendiente Gobernadora del Rumbo Ascendente.....	62
TABLA 12: Puentes.....	62
TABLA 13: Puentes Vehiculares.....	65
TABLA 14: Distritos dentro del Área de Influencia.....	66
TABLA 15: Población Total	68
TABLA 16: Población Total, Superficie y Densidad Poblacional	70
TABLA 17: Factores de Crecimiento de la Demanda	74
TABLA 18: Factores de Crecimiento Calibrados de la Demanda.....	76
TABLA 19: Proyección de Pasajeros Diario.....	79
TABLA 20: Paraderos, Estaciones.	82
TABLA 21: Demanda Estimada HPM.....	84
TABLA 22: Demanda Estimada HPT.....	85
TABLA 23: Demanda Estimada HV	86
TABLA 24: Demanda Diaria Esperada	87
TABLA 25: Principales empresas que brindan servicios en el área prevista para el Metro de Lima: Callao-Chosica.....	89

TABLA 26: Flota de las principales empresas que brindan servicios en el área prevista para el Metro de Lima: Callao-Chosica	91
TABLA 27: Pasos a Nivel Existentes en la Línea Férrea	95
TABLA 28: Ubicación del Trazo – Recorrido del Sistema	97
TABLA 29: Paraderos, Estaciones y Terminales	99
TABLA 30: Pautas de Diseño	101
TABLA 31: Cantidad de Viajes (Gambeta-Chosica)	105
TABLA 32: Cantidad de Viajes (Chosica - Gambeta).....	108
TABLA 33: Resumen del Sistema Operativo	110
TABLA 34: Tarifario – Costos Privados	111
TABLA 35: Alcances Reglamento Nacional de Ferrocarriles	114
TABLA 36: Límites Técnicos de Trocha.....	114
TABLA 37: Límites Técnicos de Alineamiento.....	115
TABLA 38: Límites Técnicos de Nivel de Vía	116
TABLA 39: Límites Técnicos de Peralte	116
TABLA 40: Gradiente, Radio Mínimo	118
TABLA 41: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 0+000 al PK 9+530)	119
TABLA 42: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 9+530 al PK 14+556).....	120
TABLA 43: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 14+556 al PK 21+720).....	121
TABLA 44: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 21+720 al PK 36+776).....	123
TABLA 45: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 36+776 al PK 47+512).....	124
TABLA 46: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 47+512 al PK 50+515).....	125
TABLA 47: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 50+515 al PK 53+807).....	126
TABLA 48: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 53+807 al PK 54+197).....	127
TABLA 49: ANEXO 1 - Relación de Planos del Diseño del Trazo de la Doble Vía (PK 0+000 - 53+000).....	131
TABLA 50: Zonas para Expropiación: Área, Longitud, PKs y Distritos	139
TABLA 51: Paraderos y Estaciones del Tren de Cercanías	142
TABLA 52: Pasos a Nivel.....	145
TABLA 53: Pasos a Desnivel.....	147
TABLA 54: Características Básicas – EETT - DMU	154
TABLA 55: Metrado de la Superestructura del Proyecto	161

TABLA 56: Modificaciones del Trazo Original del Ferrocarril Central	162
TABLA 57: Parámetros Mínimos de la Doble Vía	164
TABLA 58: Características de Rieles Ferroviarios – AREMA – ASTM	166
TABLA 59: Características de Rieles Ferroviarios – AREMA – ASTM	166
TABLA 60: Estaciones del Tren de Cercanías	180
TABLA 61: Estaciones y Conexiones de Transporte Urbano	181
TABLA 62: Paraderos del Tren de Cercanías	186
TABLA 63: Equipos de vías	194

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

TEMA Y TÍTULO

TEMA:

La propuesta del presente proyecto profesional de **“Tren de Cercanías”**, busca desarrollar a nivel de superficie el trazo de la 2da línea férrea de una longitud de 53.00 Km. para el transporte masivo de pasajeros, apoyada en la existente infraestructura ferroviaria del ferrocarril del centro; para intercomunicar a través de ésta doble vía, las urbes periféricas de la ciudad de Lima (Este-Oeste) desde Chosica hasta el Callao de una forma rápida, segura y eficiente; el mismo que servirá como **“Alimentador e Integrador”** de las principales líneas de transporte urbano de Lima Metropolitana ya existentes y futuras, que cruzan y se intersectan con el trazo del ferrocarril del centro como la Línea 1 del Metro (Martinete); la línea del Metropolitano (Alfonso Ugarte); la futura Línea 2 del Metro (Ate-Vitarte) actualmente en ejecución, el mismo que inició desde el 2011 y que según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) estaría en funcionamiento recién en el año 2022 y finalmente las Líneas futuras 4 (Faucett) y Callao-Ventanilla del Metro de Lima.

GRAFICO 1: Esquema de la Propuesta del Trazo de la Doble Vía

Fuente: Ferrovías Central Andina (FVCA)

Este proyecto profesional beneficiará y tendrá incidencia en los distritos de mayor demanda de movilidad en el eje Este – Oeste de Lima Metropolitana de los cuales se explica en el Tabla N° 01:

Línea	Provincia	Distrito	Trazo
Tren de Cercanías Chosica – Callao (Corredor Este-Oeste)	Lima	Lurigancho-Chosica	Recorrido de 53.00 Km. Propuesta del Trazo Nuevo de la 2da Línea y Adecuación de la línea férrea principal existente.
		Chaclacayo	
		Ate-Vitarte	
		El Agustino	
		Cercado de Lima	
	Callao	Carmen de la Legua - Reynoso	
		Callao - Cercado	

TABLA 1: Distritos Beneficiados

Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO 2: Zonas Beneficiadas

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, para mejor visión del proyecto, ampliamos gráficamente las zonas de mayor influencia que serán beneficiados por los motivos arriba mencionados y que serán ampliados en el desarrollo de la propuesta del diseño del proyecto profesional:

Z1 - Distrito de Chosica: Estación principal de Chosica – Zona urbana principal

Fuente: Google Maps / Elaboración Propia

Z2 - Distrito de Chacacayo: Influencia de las zonas aledañas como Ñaña, Huampaní, Los Giradoles, etc.

Z3 - Distrito de Ate-Vitarte: Tendrá gran influencia ya

Z4 - Distrito El Agustino: Tendrá gran influencia en la zona del centro del Agustino y comunicará primordialmente con la estación de la Línea 1 del Metro.

Fuente: Google Maps / Elaboración Propia

Z5 - Cercado de Lima: Gran influencia en todo el Centro de Lima, y primordialmente alimentador con la Línea del Metropolitano (Urbano).

Fuente: Google Maps / Elaboración Propia

Z6 - En la Zona del Callao, la línea férrea del tren de cercanías tendría a futuro una alimentación con la línea 4 del Metro entre las estaciones de Carmen de la Legua (O. Benavides con Faucett) o Morales Duárez (Av. Faucett con la Av. Morales Duárez).

Fuente: Google Maps / Elaboración Propia

TÍTULO DEL PROYECTO:

“TREN DE CERCANÍAS: PROPUESTA DEL TRAZO DE LA 2DA LÍNEA FÉRREA EN LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA DEL FERROCARRIL CENTRAL EN EL TRAMO CHOSICA- CALLAO PARA EL TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS”

INTRODUCCIÓN: MOTIVACIÓN DEL TEMA

En el marco de las buenas experiencias internacionales, en nuestra región “Santiago de Chile (1 línea de 135km en tracción eléctrica), Santa Fe de Bogotá (tren de la sábana con 200km sin electrificación e inoperativo con proyección futura), Buenos Aires (7 líneas de ferrocarriles sub urbanos 550km en tracción eléctrica y diésel), Sao Paulo (CPTM con 258km tracción eléctrica) y Ciudad de México (1 línea de 27km de tracción eléctrica), Curitiba fue de los mejores ejemplos de transporte sostenible”. (Tesis: José Bazán Andía/ PUCP, Abril 2016); nos demuestran lo exitoso que son los ejemplos del buen servicio ferroviario a la comunidad urbana.

Dentro de las políticas y estrategias descritas en el Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en Resolución Ministerial 396-2016 MTC/01.02 el 09 de junio de 2016; orienta y promueve el desarrollo de servicios ferroviarios de pasajeros en el área metropolitana de Lima y ciudades principales; dar respuesta a los problemas de congestión vial y perjuicio medio ambiental en las ciudades principales donde líneas ferroviarias de pasajeros sean requeridas como parte de Sistemas integrados de transporte urbano.

El aporte de este proyecto profesional busca ser trascendente y permitirá alcanzar beneficios tangibles como la descongestión de la carretera central con transporte seguro y confiable, reducción de accidentes, ahorro del tiempo de viaje al 75% (fuente: Ferrovías Central Andina - FVCA) y beneficio del transporte de 1 millón de personas (fuente: Ferrovías Central Andina - FVCA) que podrán trasladarse desde zonas alejadas dentro de este alimentador a las líneas urbanas de Lima Metropolitana y hasta el centro de la capital limeña.

El desarrollo de este proyecto contemplará el diseño del trazo de la 2da Vía de la Línea férrea a superficie y contigua a la existente del ferrocarril central, considerando la geometría de la vía, las gradientes como también las características del material rodante, etc. También se proyectará de forma complementaria Estaciones en los puntos alimentadores de la línea 1, Metropolitano y futura línea 2 y paraderos que estarán dispuestos en todo el tramo de la infraestructura vial ferroviaria. Así mismo, se considerará cerramientos y seguridad en el acceso en toda la línea férrea y en los pasos a nivel y a desnivel y finalmente sistema de señalización.

Este proyecto profesional será de aporte a la empresa Ferrovías Central Andina (FVCA) quién presentará el desarrollo técnico al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para una futura inversión.

SITUACION PROBLEMATICA Y PROBLEMAS EN EL CAMPO DE ACCION

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

De acuerdo al estudio de factibilidad realizado por Ferrovías Central Andina (FVCA) en el 2015 y a las 02 visitas en campo realizada en julio y noviembre del 2016, los problemas de la zona de acción refieren a: El impacto negativo que genera la congestión vehicular en las zonas urbanas de Lima Metropolitana, principalmente la que se ocasiona en la Carretera Central. Complementariamente, la problemática de la ausencia en infraestructura de señalización y seguridad vial ferroviaria que se da en el desarrollo del trazo es totalmente opacada por la falta de cultura y respeto de los peatones y de los vehículos que se interponen sobre la ruta del ferrocarril y en donde la señalización ferroviaria es omitida.

PROBLEMA GENERAL

La congestión vehicular, que con un 43%¹ de la flota de combis y buses que recorre el eje este-oeste (Callao-Chosica) y del limitado y escaso sistema de transporte eficiente, de calidad y seguro en las zonas urbanas de Lima Metropolitana, principalmente la que se ocasiona en la Carretera Central (Av. Nicolás Ayllón), hace indispensable y necesario pensar en soluciones óptimas para el transporte colectivo - masivo de pasajeros en el eje Este –

¹ Estudio para la Consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima y GTU (MML)

Oeste de Lima Metropolitana, que en el menor costo y tiempo posible solucione este problema que por años se viene arrastrando en nuestra urbe capitalina.

PROBLEMAS ESPECIFICOS

- La actual congestión vehicular de la carretera central es una situación negativa específica que limita el transporte masivo formal de pasajeros y la movilización de alrededor de 650,000² pasajeros diarios entre Chosica - el centro de Lima y el Callao; y que se busque mejorar los largos tiempos de viajes, optimizando la calidad de vida de las personas.
- En toda la línea férrea existe el problema de la escasa infraestructura de señalización y seguridad, controles de los pasos y de las comunicaciones con las zonas que podrías ser beneficiadas; por ello es importante que se estudie y se proponga un sistema de infraestructura ferroviaria complementaria que solucione este problema y que haga eficiente la existencia de la “Doble vía” para el transporte de pasajeros.
- Ausencia de diseño de la superestructura e infraestructura del trazo de la 2da línea, que se implementaría en el sistema del tren de cercanías, en donde se determine el material ferroviario como los rieles, durmientes, balastos y accesorios de la vía; la geometría de la vía, gradientes, curvas, señalización y finalmente las características del material rodante (locomotoras y vagones).
- Finalmente, la falta de generación de valor del trazo existente como medio transporte de pasajeros respecto a la interconexión con las líneas principales de transporte urbano de lima metropolitana que conectan directamente con la línea 1, la futura línea 2 del tren eléctrico y con la línea del metropolitano.

² Dpto. de Proyectos – Ferrovías Central Andina

OBJETIVOS DEL PROYECTO GENERAL Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer el **“Tren de cercanías”** en donde se diseñará a nivel de superficie el trazo de la 2da línea férrea en la infraestructura ferroviaria existente del ferrocarril central en el tramo Chosica – Callao para el transporte masivo de pasajeros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aportar con nuestra propuesta, en la mejora de la congestión vehicular de la carretera central, minimizando la intensidad del flujo del transporte público colectivo a través de un **“Tren de Cercanías”** que contaría con sistema formal de transporte masivo de pasajeros, reduciendo los tiempos de viaje entre el Callao y Chosica de 2 horas y media a 1 hora y 25 minutos y optimizando la calidad de vida de las personas.
- Proponer una infraestructura integral de señalización y seguridad para eliminar el riesgo de accidentes así como de contar la infraestructura que necesite la línea férrea y que complemente el funcionamiento del trazo de la 2da línea a través estaciones, paraderos, paso a nivel, pasos a desnivel, cerramientos (cercos), etc.
- Desarrollar el estudio técnico para el sistema del **“Tren de Cercanías”** a través del diseño del trazo de la 2da línea en donde propongamos según norma peruana y estudios complementarios de la superestructura de la línea férrea como los rieles, durmientes, balastos y accesorios de la vía; la geometría de la vía, gradientes, curvas, señalización y finalmente las características del material rodante (locomotoras y vagones).
- Generar valor a la línea del ferrocarril central como medio de transporte masivo de pasajeros, promoviendo la interconexión con las líneas principales del transporte

urbano de lima metropolitana, en donde el Tren de Cercanías Chosica-Callao se conecte con la línea 1, la futura línea 2 del tren eléctrico y con la línea del metropolitano. Así como la puesta en valor, tanto social como comercial, de las zonas urbanas beneficiadas, eliminando las invasiones informales cercanas al trazo de la vía.

INDICADORES O MECANISMOS DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS

Con el respaldo técnico-teórico de la empresa Ferrovías Central Andina (FVCA) se logrará el diseño del trazo de la 2da Línea Férrea y el desarrollo de la infraestructura ferroviaria de manera integral; Así como también el mismo FVCA será un monitor de los avances de este proyecto profesional.

Así mismo, se cuenta con el apoyo de la Dirección de Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) con la finalidad de que la data alcanzada sea aplicable a este proyecto y concordante con el Reglamento Nacional de Ferrocarriles y el Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario y con la normativa nacional vigente.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El **tren de cercanías** a través del diseño del trazo a nivel de superficie de la 2da línea férrea en la infraestructura ferroviaria del ferrocarril central en el tramo Chosica-Callao para el transporte masivo de pasajeros, se muestra como un proyecto profesional trascendente y viable ya que le genera valor al sistema de transporte urbano de la ciudad de Lima Metropolitana al proyectarse como una línea alimentadora matriz del este al oeste de la capital, el mismo que beneficiaría alrededor de 1 millón de personas a trasladarse de forma segura y rápida, reduciendo los tiempos de viaje y mejorando la calidad de vida de los pobladores.

El sistema de transporte urbano de Lima, se repotenciará en los núcleos de la troncal del metropolitano (Av. Alfonso Ugarte), así como la red de la ya existente línea 1 del metro

(Martinete / Presbítero maestro) y finalmente en la red en proceso de ejecución de la línea 2 del metro (Ate Vitarte / municipalidad de Ate).

GRAFICO 3: Puntos de Interconexión Principal

Fuente: Google Maps / Elaboración Propia.

El proyecto profesional estará enfocado primordialmente en el diseño y desarrollo ingenieril de la superestructura del trazo de la 2da línea férrea de 53.00 km. y de la habilitación de la infraestructura ferroviaria que se verá complementada con un equipamiento de servicios como estaciones, paraderos, pasos a nivel y a desnivel, seguridad y señalización ferroviaria etc. este equipamiento complementario permitirá que el proyecto logre de manera óptima su funcionamiento y viabilidad en la urbe metropolitana de manera sostenible para una futura inversión en la concesión del estado peruano.

Finalmente, el proyecto de tren de cercanías Chosica – Callao revalorizará las zonas urbanas que se encuentren dentro del área de influencia: **en lima: Chosica, Chaclacayo, Ñaña, Ate-Vitarte, Santa Anita, el Agustino, Cercado de Lima; en el Callao: Carmen de la legua Reynoso y Callao cercado.** Así mismo, ayudará a descongestionar la carretera central de sistema de transporte informal e inseguro por un transporte masivo formal de pasajeros; esto generará beneficios tangibles como ahorro de tiempo de viaje urbano a casi 50%, reducción de la emisión del CO2 mejorando el medio ambiente de la capital y beneficios intangibles como un mejor y mayor calidad de vida para los pobladores, una mayor comodidad y la reducción considerable de accidentes.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES DEL PROYECTO³

EL eje vial denominado Este – Oeste (Chosica-Callao) ha estado considerado en varios estudios preliminares de base para el planeamiento y desarrollo del sistema de transporte urbano de la ciudad de Lima y Callao, los cuales se presentan algunos:

- En 1972/73 el consorcio Alemán realizó un estudio de transporte para la definición de una red o sistema de transporte sobre rieles (Red de Metro).
- En 1988/89, se realiza el Plan de Desarrollo Metropolitano y de Transporte por la consultora Peruano - Belga TRANSURB-CLASS
- En 1997/98, se realiza el Estudio Complementario de la Red del Metro de Lima, a cargo de la Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Rápido Masivo de Lima - AATE.
- En 2004 se realiza el Plan Maestro de Transporte Urbano para el Área l' Metropolitana de Lima y Callao ejecutado por la Agencia de Cooperación del Gobierno del Japón - JICA, para la Municipalidad Metropolitana de Lima y Municipalidad Provincial del Callao.
- Plan Maestro de Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Lima y Callao en la República del Perú" (2005).
- Estudio de Corredores Complementarios (2006);
- Elaboración de estudio de demanda para la Concesión del proyecto especial sistema eléctrico de transporte masivo de Lima y Callao, en el tramo de la Línea 1, Villa El Salvador - Av. Grau (2007).

³ Cfr. FVCA 2012: 49

- Estudio de factibilidad de transporte urbano para el área metropolitana de Lima y Callao en la República del Perú (2007).
- Concesión del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1, tramo Villa El Salvador - San Juan del Lurigancho (2010).
- Estudio para la consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima (2010).
- Actualización de la base de datos del Plan Maestro de Transporte Urbano: Aforos Vehículos 2009 (2010).
- Estudio de Consolidación del Sistema Integrado del Transporte Público de Lima”, elaborado por el Consorcio GETINSA - TARYET-GEOCONSULT S.A, junio 2010 (corredores de buses).
- Estudio de Racionalización de Rutas de Transporte Público de Pasajeros en el Área de Influencia de la Línea 1 del Proyecto Especial Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (2011).
- Perfil de tránsito en las principales vías del Área Metropolitana de Lima y Callao (2011).
- Construcción Corredor vial de transporte Público Masivo Este - Oeste Carretera Central - Av. Grau - Av. Venezuela, Provincia de Lima (2011).
- Estudio de Demanda y Diseño Operacional Línea 2 del Metro de Lima (2012).
- Estudio De Pre Inversión A Nivel De Factibilidad Del Metro Lima, Línea Callao – Chosica, FVCA, noviembre del 2012.

REGLAMENTO NACIONAL DE FERROCARRILES

Uno de los documentos primordiales para el desarrollo de este proyecto profesional es el Reglamento Nacional de Ferrocarriles, guía para el diseño y funcionamiento de proyectos ferroviarios. El Reglamento Nacional de Ferrocarriles fue aprobado por **D.S. N° 032-2005-MTC y publicado el 5 de enero del 2005**. En ella encontramos las premisas para el diseño de este proyecto profesional y los sustentos técnicos para la identificación de las clasificación

de las vía férreas y de las actividades ferroviarias. Así mismo, da las pautas para el desarrollo de la infraestructura ferroviaria, en donde se define la Conformación, la infraestructura y la superestructura de la vía férrea. También para el diseño nos da el marco para determinar los derechos de los ferrocarriles, los cruces a nivel y desnivel de la vía férrea con caminos y/o vías, la señalización de la vía, características de los paraderos y estaciones, material rodante y finalmente todo lo concerniente a las operaciones ferroviarias de transporte de pasajeros.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO FERROVIARIO

Otro documento que sustenta el desarrollo de este proyecto profesional es el Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario, elaborado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones – MTC que se promulga en calidad de **Resolución Ministerial 396-2016 MTC/01.02**, publicado el **09 de junio del 2016**. Este documento remarca la importancia del Tren de Cercanías describiendo esta necesidad con una tendencia futurista:

“En cuanto al uso de ferrocarriles para transporte de pasajeros, la tendencia está dirigida a la especialización en trenes interurbanos con velocidad del orden de 100 a 150 km/hora, trenes de cercanías con recorrido no mayor de 100 km, y trenes urbanos en las grandes ciudades para aliviar el problema de congestión.”(MTC, 2016:3)

Las políticas y estrategias planteadas en este Plan Nacional, refieren a darle valor a proyectos que brinden servicios de transporte de pasajeros en lima metropolitana a través del sistema ferroviario, cito de la siguiente forma:

“Servicios ferroviarios de pasajeros en el área metropolitana de Lima y ciudades principales; dar respuesta a los problemas de congestión vial y perjuicio medioambiental en las ciudades principales donde líneas ferroviarias de pasajeros sean requeridas como parte de Sistemas Integrados de Transporte Urbano.” (MTC, 2016:4)

Respecto a las ventajas del transporte de pasajeros por ferrocarriles, éste sistema se ha convertido en un transportador especializado⁴ a través del cual se pueden agilizar las comunicaciones de las urbes perimetrales con la metrópolis de la capital limeña, tal cual lo describe el Plan Nacional:

“El modo de transporte por vía férrea es poco utilizado para largas distancias pero, por otro lado, es muy utilizado en distancias cortas y medianas dentro de las principales metrópolis o alrededor de atractivos turísticos importantes.”(MTC, 2016:30)

Finalmente, extraemos dentro de todas las políticas y estrategias planteadas en el Plan; la que concierne con mayor precisión a la visión de nuestro proyecto profesional, ver Cuadro N° 02:

Política⁵	Estrategia⁶
“La política en relación a los servicios ferroviarios de pasajeros en el Área Metropolitana de Lima se orienta a dar preponderancia, en lo que hace a la movilización de personas, a las soluciones de transporte público de carácter ferroviario (metros, ferrocarriles) sin desconocer el rol positivo que también pueden tener otras tecnologías, para responder a demandas de menor envergadura. Esta política es aplicable a ciudades intermedias”.	“Ejecutar progresivamente en el ámbito de Lima Metropolitana (Lima y Callao) los proyectos ferroviarios de transporte masivo de pasajeros, complementados con alternativas tecnológicas distintas, con el fin de crear un eficiente sistema integrado de transporte, tanto en los aspectos operativos de funcionamiento, como en su gestión. Apoyar el estudio de la problemática de transporte urbano en las ciudades del interior del país, así como la ejecución de sistemas de transporte urbano masivo de pasajeros de carácter ferroviario, en proyectos viables”. “La propuesta de estrategia en relación a los servicios ferroviarios de pasajeros en el Área

⁴ Cfr. MTC 2016:30

⁵ Cfr. MTC 2016:58

⁶ Cfr. MTC 2016:59

	<p>Metropolitana de Lima se orienta a consolidar a la región como un centro vibrante de crecimiento económico del Perú lo que depende, en buena medida, de que pueda contar con alternativas de transporte masivo que permitan desplazamientos eficientes de las personas. El Plan Básico del Metro, más allá de cualquier refinamiento que pueda merecer, marca una dirección estratégicamente correcta en materia de inversiones de infraestructura de transporte.”</p>
--	---

TABLA 2: Política y Estrategia del Desarrollo Ferroviario

Fuente **Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario**

CONCESION DEL FERROCARRIL DEL CENTRO

ANTECEDENTES⁷

El Ferrocarril Central del Perú conecta el Puerto del Callao (Lima) con las ciudades de Huancayo y Cerro de Pasco que se localizan en la meseta alta entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental de la Sierra Central del Perú. La vía férrea pertenece al Gobierno de Perú y fue operada por la empresa estatal ENAFER S.A. (Empresa Nacional de Ferrocarriles del Perú). La infraestructura vial y cierto material rodante fueron entregados en concesión en 1999 a un Consorcio de inversionistas peruanos y extranjeros.

⁷ Cfr. FVCA – FCCA

En Julio de 1999, el gobierno de Perú otorgó la Concesión del Ferrocarril del Centro a Ferrovías Central Andina S.A. (FVCA), un consorcio dirigido por Railroad Development Corporation (RDC) de Pittsburgh, E.E.U.U. El postor ganador fue determinado en base al pago más alto ofrecido por vagon-km de tráfico movilizado. Los 30 años de Concesión incluían 591 km., uniendo el Puerto del Callao, la ciudad de Lima con La Oroya, Huancayo y Cerro de Pasco.

El principal negocio del ferrocarril es el servicio de transporte de carga. En septiembre de 1999, el consorcio empezó la operación del Ferrocarril Central. Según lo señalado en el Contrato el “Concesionario” debe contratar los servicios de un Operador técnica y financieramente calificado a fin que la misma pueda desarrollar el servicio de transporte de carga, logística y pasajeros, es de esta manera que en septiembre de 1999 se celebra el contrato de operación con la compañía Ferrocarril Central Andino S. A. (FCCA), esta compañía pertenece a los mismos propietarios de FVCA.

FVCA es responsable por el mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura y material rodante de propiedad de la concesión, mientras que FCCA es responsable de la operación de los trenes y de prestar el servicio de transporte de carga a los clientes.

DESCRIPCION DE FVCA Y FCCA⁸

El Ferrocarril del Centro del Perú, se construyó entre 1850 y 1908 en trocha estándar. Después de la nacionalización de la Peruvian Corporation en 1969, la vía férrea fue operada y administrada por ENAFER hasta su entrega en Concesión en septiembre de 1999.

Desde que el concesionario tomó la administración de la vía férrea en 1999, FVCA y FCCA se han enfocado en las mejoras técnicas de los activos y de las operaciones para impactar positivamente en la seguridad de las operaciones, confiabilidad y calidad de servicio, y reducir los costos de operación.

⁸ Cfr. FVCA – FCCA

CONTRATO DE CONCESION⁹

El contrato de concesión otorgó a FVCA la concesión del Ferrocarril del Centro por un período inicial de 30 años, el cual puede extenderse por acuerdo mutuo por períodos adicionales de cinco años hasta un máximo de 60 años en total, plazo en el cual los bienes de la concesión serán devueltos al Gobierno. El período del Contrato de Concesión ha sido extendido dos veces, el primero en el año 2004 y el segundo en el año 2009. Es así que la Concesión estará vigente hasta el año 2039.

En el periodo de Concesión, el concesionario debe celebrar contratos de Acceso a la Vía Férrea con los Operadores de Servicios de Transporte Ferroviario, a fin que éstos puedan desarrollar dichos servicios. Si fuera necesario, el concesionario puede proporcionar el material rodante disponible y otras facilidades (tales como almacenaje, distribución, mantenimiento de material rodante y trasbordo) al Operador ferroviario.

OPERACIONES FERROVIARIAS¹⁰

El transporte ferroviario esta prioritariamente enfocado en 96% al transporte de carga y en menores proporciones al transporte de pasajeros y alquiler de instalaciones.

Servicio de Transporte de Carga: Destinado principalmente al transporte de minerales tales como concentrados, metales, fundentes y otros productos no metálicos como el ácido sulfúrico, cemento, carbón, etc.

⁹ Cfr. FVCA – FCCA

¹⁰ Cfr. FVCA – FCCA

Servicio de Transporte de Pasajeros: Representa el 1% del transporte de FVCA/FCCA este servicio es prestado para el transporte turístico de pasajeros en la ruta de Lima a Huancayo con viajes de duración de 12 horas en coches recientemente remodelados con asientos en disposición pullman y ventanas panorámicas, además de contar con el Coche Bar “Infiernillo”.

Ferrocarril Central Andino S.A. es el operador del Ferrocarril del Centro de acuerdo a los términos y condiciones establecidos en el Contrato de Operación celebrado con Ferrovias el 17 de septiembre de 1999.

Mediante este contrato FVCA otorga permiso a FCCA para usar la vía férrea de la concesión siempre en cuando el Operador haya obtenido el permiso de operación por parte del MTC.

Entre las obligaciones que establecen entre las partes podemos considerar: El Operador se obliga a mantener el material tractivo y rodante aptos para la operación ferroviaria. Contratar a personal calificado para las operaciones. Por su parte el Concesionario se obliga a mantener la vía férrea a niveles de seguridad FRA class II.

ESTANDARES DE SEGURIDAD EN LINEA FERREA (FRA)

Esta Norma FRA, es un documento internacional Americano – USA, donde se determina los estándares de servicio y seguridad para vías férreas establecido por la Federal Railroad Administration (FRA) entidad del Departamento de Transporte de USA.

En el Perú se adoptó esta Norma Internacional a fines de los años 90 con el objeto de tener una forma de medir el estado de la vía y las mejoras futuras.

El cumplimiento del FRA implica la evaluación de los siguientes componentes de la vía:

- Balasto
- Durmientes

- Rieles
- Fijación: directa, indirecta, elástica.
- Otros accesorios de la vía: eclisas, anclas. Etc.
- Aparatos de vía, cambios y desvíos.
- Descarriladoras.

Y otras especificaciones técnicas que del cual este proyecto profesional tomará en cuenta para el diseño del trazo de la 2da línea.

El FRA, determina en este documento las Clases de vías para pasajeros del 1 al 5, el mismo que será la base para desarrollar este proyecto profesional. También, este mismo cuadro es adoptado por el Reglamento Nacional de Ferrocarriles en el *Artículo 6: Clasificación de las Vía Férreas, Inciso 3: Por la máxima velocidad de operación permisible*; como se muestra en el Tabla 3:

Clase de Vía	Máxima Velocidad de Operación Permitida para Trenes de Carga (Kph)	Máxima Velocidad de Operación Permitida para Trenes de Carga (Mph)	Máxima Velocidad de Operación Permitida para Trenes de Pasajeros (Kph)	Máxima Velocidad de Operación Permitida para Trenes de Pasajeros (Mph)
Clase 1	16 Km/Hora	10 Millas/Hora	24 Km/Hora	15 Millas/Hora
Clase 2	40 Km/Hora	25 Millas/Hora	48 Km/ Hora	30 Millas/ Hora
Clase 3	64 Km/Hora	40 Millas/Hora	96 Km/ Hora	60 Millas/ Hora
Clase 4	96 Km/Hora	60 Millas/Hora	128 Km/ Hora	80 Millas/ Hora
Clase 5	128 Km/Hora	80 Millas/Hora	144 Km/ Hora	90 Millas/ Hora

TABLA 3: Máxima Velocidad de Operación Permitida

Fuente: Federal Railroad Administration (FRA), Nov 1998

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

En el contexto latinoamericano existe mayoritariamente ferrocarriles de carga pero también existe un creciente número de empresas ferroviarias que presta servicios de pasajeros, dentro de esa lista se encuentra Perú Rail¹¹ y en menor magnitud FVCA (Ferrocarril Central), el mismo que presta servicios turísticos en ocasiones especiales con niveles de tráfico variables pero que han oscilado alrededor de los 3 mil pasajeros anuales¹². En la Tabla 4, podemos apreciar el tráfico de pasajeros del ferrocarril central en periodo del 2001-2014:

FVCA	Tráfico de Pasajeros 2001-2014												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Pasajeros (Miles)	0	9	6	5	1	2	3	5	4	3	3	3	2
Pasajeros/Km (Miles)	55	116224	1399	868	604	896	1558	2544	1951	1435	1458	1577	1135

TABLA 4: Tráfico de Pasajeros

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario, MTC 2016:18

Tanto en América Latina y por el resto del mundo, mostraremos algunos ejemplos en donde la experiencia internacional en países desarrollados y en vías de desarrollo ha demostrado que el establecimiento de redes de metros en grandes ciudades es una estrategia de éxito¹³, siendo un sistema que aporta a solucionar los problemas de congestión vehicular y contaminación ambiental que se dan en las grandes ciudades.

¹¹ Cfr. MTC. 2016:24

¹² Cfr. MTC 2016: 21

¹³ Cfr. MTC, 2016: 30

AMÉRICA LATINA

Buenos Aires

Uno de los que más transporta es el **Ferrocarril Domingo Faustino Sarmiento** y se encuentra dividido en el área metropolitana en 3 ramales, uno eléctrico y dos Diésel.

Por otro lado está el **Ferrocarril General San Martín**, en el área metropolitana de Bs As. Se encuentra una línea Diésel.

El **Ferrocarril General Belgrano**, en el área metropolitana de Bs As. Se encuentra dividido en 2 líneas Diésel: Belgrano Norte y Belgrano Sur.

Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Red_ferroviaria_argentina

Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Red_ferroviaria_argentina

Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Red_ferroviaria_argentina

Belo Horizonte	San José de Costa Rica	Ciudad de México - DF

<p>El <u>Metro de Belo horizonte</u> es el medio de transporte que cruza gran parte del área metropolitana de Belo Horizonte en el estado brasileiro de Minas Gerais, fue uno de los primeros ferrocarriles metropolitanos de Brasil. Su longitud es de 28.10 Km. y cuenta con 20 Estaciones y en el 2012 transporta al día 215 mil pasajeros.</p>	<p><u>Ferrocarril a Nivel de Costa Rica;</u> El tren tiene varios recorridos: San José – Heredia de 9 Km., San José-Belén de 14 Km., San José – Cartago de 20 Km., San José – Alajuela de 19 Km. En total tiene aproximadamente 72 Km. de vías férreas</p>	<p><u>El Tren Ligero,</u> Cuenta con una línea de 13,04 kilómetros. Su parque vehicular está formado por trenes ligeros articulados de piso alto de rodadura férrea. Posee un total de 18 estaciones de las cuales 16 son de paso y 2 terminales. Está construido de forma superficial.</p>
<p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Metro_de_Belo_Horizonte</p>	<p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Instituto_Costarricense_de_Ferrocarriles</p>	<p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Tren_ligero_de_la_Ciudad_de_México</p>

Como resumen de las Experiencias Latino – americanas; Tomaremos el análisis de la CAF – Banco de Desarrollo de América Latina, en donde nos muestran a través del Gráfico N° 04, algunas de las ciudades en donde la población requiere transportarse en un servicio colectivo sobre rieles, es decir transporte ferroviario.

Áreas metropolitanas	Transporte colectivo sobre rieles			
	Ferrocarril	Metro	Tranvía	Barco
Belo Horizonte				
Bogotá				
Buenos Aires				
Caracas				
Ciudad de México				
Curitiba				
Guadalajara				
León				
Lima				
Montevideo				
Porto Alegre				
Río de Janeiro				
San José				
Santiago				
São Paulo				

GRAFICO 4: Clase de Transporte Colectivo Ofrecido

Fuente: CAF 2011:282

RESTO DEL MUNDO

USA - Houston	Madrid – Ciudad del Cine	Ámsterdam - Países Bajos

<p>El MetroRail es operado por la Autoridad Metropolitana de Transporte del Condado de Harris (Metro). Su línea de sistema eléctrico es de 24.5 Km. A partir del 2013, el MetroRail transporta diariamente en promedio 43,900 pasajeros y al año un total aproximado de 11.3 Millones. La Frecuencia de los trenes programados varía de 6 minutos durante el día a 20 minutos de menor actividad.</p>	<p>Metro Ligero de Madrid; La línea tiene una longitud total de 13,7 km y está conformada por 16 estaciones, 2 de las cuales son subterráneas. El material móvil lo componen los trenes ligeros (tranvías) modelo Citadis de Alstom, entre cuyas características se puede destacar su piso bajo 100%, una velocidad máxima de 70 km/h y la alimentación por catenaria aérea a 750 voltios a corriente continua.</p>	<p>El metro de Ámsterdam es un sistema de ferrocarril metropolitano ubicado en la ciudad de Ámsterdam. La línea tiene una longitud de 42.5 Km. y cuenta con 52 Estaciones. El sistema de metro usa trocha estándar con una conexión a tercer riel de 750 voltios de corriente continua.</p>
<p>Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/METRORail</p>	<p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Metro_Ligero_3</p>	<p>Fuente: http://www.apartamentosenamsterdam.com/a19-transporte.html</p>

CAPITULO 3: SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

El crecimiento desmesurado en la última década tanto a nivel geográfico - Territorial como poblacional en la ciudad de Lima y Callao, ha hecho que el transporte colectivo (público) se expanda de una manera informal y poco planificada, apareciendo autobuses denominados los “Chosicanos” y combis de propiedad privada que entraron al mercado automotor para satisfacer la demanda de movilización de ambos extremos (Este – Oeste) con Lima Metropolitana. Esta informalidad ha generado congestión vehicular y un flujo paupérrimo del tráfico que se ve diariamente en la Carretera Central, desde Chosica hasta Santa Anita, que se traslada luego a la Av. Nicolás de Ayllón, siendo ésta que conecta con la metrópolis capitalina y a la vez el centro de Lima el flujo recargado se traslada a la provincia del Callao.

El contexto vehicular mostrado en definitiva va a influenciar en los periodos de viaje, el costo y las condiciones del servicio y las consecuencias que se puedan producir como accidentes, contaminación ambiental y otros. Según FVCA, en algunos momentos el corredor de la Carretera Central (Av. Nicolás de Ayllón), producto del intenso tráfico, los buses “Chosicanos” reduce su velocidad comercial a 12 Km/Hora, incrementando los tiempos de viaje que como ya sabemos pueden llegar a casi 120 minutos (2horas), la cual perjudica la calidad de vida de los usuarios¹⁴. Unas de las causas de la disminución de la velocidad lo describe bien en detalle el Estudio hecho por el FVCA donde dice lo siguiente:

¹⁴ Cfr. FVCA 2012: 55

“Las principales causas de esta velocidad promedio, se encuentran el sistema de control de semáforos poco eficiente, conflictos ómnibus/combi en los paraderos, empalmes hacia vías secundarias sin semáforos, falta de mantenimiento del pavimento. Asimismo, en dicho corredor hace falta facilidades para acceder al transporte público (accesos peatonales para los usuarios, paraderos adecuados, etc.), existiendo también una mala gestión del tránsito, entre otros aspectos. (FVCA,2012:56)

El transporte colectivo Este – Oeste (Chosica – Callao), carece de un buen servicio operativo; el FVCA en su estudio presentado en noviembre del 2012, menciona varias características generales las mismas que describimos a continuación:

- Operación Informal en el Servicio
- Ausencia de Paraderos en todo el eje Vía.
- Ruta no Técnica, respecto a la incidencia en el Flujo Vehicular.
- Tarifas Negociables, el Regateo del pasaje, la famosa “China”.
- Hostilidad ante las normas de tránsito.
- Mecanismos Artesanales de Control, Coordinación y Monitoreo.
- Trato irreverente por parte de los choferes y cobradores.
- Excesiva creencia de la maximización de los usos de espacios, bajo la premisa popular de “Al Fondo hay Sitio”.
- Otros, Etc.

El bajo nivel de servicio público en el corredor Este –Oeste, representa una grave problema para cerca de 2 millones de personas que habitan la zona de influencia del proyecto. De no efectuarse ninguna intervención sobre tramo propuesto, la congestión vehicular será incrementándose, con lo cual el tiempo de viaje y los costos de operación vehicular subirán, ocasionando con ello un incremento en los costos de transporte¹⁵.

¹⁵ Cfr. FVCA 2012: 72

FERROCARRIL DEL CENTRO

Las instalaciones ferroviarias existentes se conocen como el Ferrocarril Central. Fueron propiedad de la operadora Empresa Nacional de Ferrocarriles del Perú (ENAFER), una corporación pública del gobierno peruano. Las operaciones del ferrocarril fueron traspasadas al sector privado en 1999, con un acuerdo de concesión. El gobierno mantiene la propiedad sobre las instalaciones y el concesionario es responsable de su mantenimiento y utilización. La concesión sobre la línea del Ferrocarril Central fue otorgada a Ferrovías Central Andina (FVCA), lo que implica el control y mantenimiento de la infraestructura de la vía, de las instalaciones y de los equipos transferidos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). Una empresa asociada, el Ferrocarril Central Andino (FCCA), opera los trenes sobre esta vía, ofreciendo servicios de transporte de carga y un servicio limitado de transporte de pasajeros esencialmente para fines turísticos.

Imágenes: Transporte de Pasajeros para fines Turísticos

Estación - Desamparados (Centro de Lima)

Fuente: Elaboración Propia – 28 de julio de 2016

INSTALACIONES EXISTENTES FERROCARRIL CENTRAL

En este ítem describiremos la infraestructura existente del ferrocarril, su condición y potencial de uso para el servicio propuesto de pasajeros entre Callao y Chosica. Se ha hecho una evaluación *in situ* de la condición actual de la infraestructura férrea, así mismo referenciaremos el proyecto en documentos técnicos como el Estudio de Factibilidad para el Proyecto Ferroviario Urbano de Lima y Callao presentado por DMJM + Harris en enero del 2005 y el Estudio de Pre-Inversión a Nivel de Factibilidad Metro Lima presentado por FVCA en noviembre del 2012. Se hizo un viaje en una locomotora del tren Turístico de pasajeros N° 1008 entre Desamparados y Chosica, así como entre el Callao y Desamparados; lo que permitió la observación de las condiciones de la vía férrea y de las intersecciones a nivel y desnivel desde la perspectiva del operador de la locomotora. Así mismo, se realizó un recorrido en paralelo cercano a la línea férrea entre Callao y Chosica por automóvil, observando el funcionamiento y espacio de las intersecciones entre la vía férrea y la carretera, desde la perspectiva del automovilista. A la vez, se pudo realizar una inspección de las condiciones físicas del riel, los durmientes y sus accesorios, el balasto, la subrasante, la alineación y la superficie de la vía en estos puntos.

Imágenes: Transporte de Pasajeros para fines Turísticos
Estación - Desamparados (Centro de Lima)

Fuente: Elaboración Propia – 28 de julio de 2016

Respecto a la Organización de FVCA;

Existen dos compañías involucradas en la administración y operación del ferrocarril. Ferrovías Central Andino (FVCA) es el concesionario, con la responsabilidad del mantenimiento de la infraestructura y el control del acceso al sistema. Una empresa afiliada, Ferrocarril Central Andino (FCCA), es el operador del ferrocarril y paga una tarifa a FVCA por el uso de la vía.

FVCA En su condición de concesionario, tiene locomotoras, equipo rodante y otros equipos en alquiler del MTC y, a su vez, ha subalquilado estos equipos al FCCA para las operaciones del ferrocarril. Esto incluye las herramientas y los equipos mecánicos ubicados en los talleres de Guadalupe y Chosica.

FVCA como concesionario tiene la responsabilidad de controlar el acceso al uso de la vía férrea, y tiene la obligación de ofrecer acceso a empresas de operación de trenes bajo condiciones razonables y no discriminatorias en la asignación de tiempos de uso de la vía. FVCA tiene la responsabilidad de asignar el uso de la vía y de resolver disputas entre operadores cuando surge un conflicto para el uso de la infraestructura. Es necesario asegurar que se coordinen las operaciones de transporte de carga y de pasajeros para minimizar los conflictos potenciales. Como único operador de trenes en la actualidad, FCCA tiene prioridad en el uso de la vía en estos momentos.

Respecto a la Infraestructura del Vía Férrea;

De acuerdo al Reglamento Nacional de Ferrocarriles, la infraestructura se divide en Principal y Complementaria; La Infraestructura Principal está constituida por la línea férrea, desvíos, obras de arte, sistemas de drenaje y la zona propiamente del ferrocarril (derecho de vía) y la Infraestructura Complementaria incluye todas las instalaciones fijas necesarias para la operación del ferrocarril incluyendo las actividades de mantenimiento y otras funciones de apoyo. Actualmente Las oficinas generales administrativas se encuentran en San Isidro y el centro de operaciones del ferrocarril se ubica en Chosica. A continuación describiremos las características de la Infraestructura del ferrocarril.

La Vía del Ferrocarril:

De acuerdo al Reglamento de Ferrocarriles del Perú, según la conformación de la vía, la Infraestructura de la vía férrea está constituida por la Plataforma de la vía, los muros de contención, el sistema de drenaje y las obras de arte. Dentro de la plataforma de la vía, con la excepción de un tramo corto a la salida del Patio Central del Callao, toda la línea es de vía simple, con desvíos. Existía anteriormente un apartadero en la Estación de Desamparados, que actualmente es de propiedad del Ministerio de Cultura y que periódicamente sirve como paradero para salidas de pasajeros en el servicio turístico. Así mismo, existen apartaderos operativos en Santa Clara, Ñaña y Los Ángeles, y otros dos en condiciones de ser habilitados, para el cruzamiento de trenes entre Callao y Chosica. Según la recomendación del informe de DMJM + Harris, la propuesta de un servicio frecuente de pasajeros, sería necesario construir una vía doble en la línea; el mismo que será motivo de nuestro proyecto profesional.

El acuerdo de concesión requiere que FVCA mantenga la vía a un estándar de FRA Clase II. En base a este parámetro indicado en los Estándares de la Administración Federal de Ferrocarriles de USA, podríamos decir y de acuerdo a lo observado en el recorrido que la Vía Férrea existente se encuentra en buenas condiciones para el tipo de Clase 2. En la Actualidad, FVCA en toda la vía ferroviaria del tramo Chosica – Callao cumple con los requisitos de la Clase 3 del FRA, permitiendo así alcanzar velocidades máximas de 64 Km/Hora para trenes de carga y de acuerdo a este estándar existente se desarrollaría para pasajeros una velocidad de 96 Km/Hora. Existe un tramo corto en la zona de las Torres (Vitarte) en donde tiene problemas de alineamiento, producto del que el riel se ha desviado del plano horizontal, cumpliendo con el FRA de Clase 2. FVCA actualmente ya cuenta con la certificación del estándar Clase 3 del FRA.

De acuerdo al Reglamento de ferrocarriles del Perú, la superestructura está constituida por rieles, durmientes, elementos de sujeción, balasto y aparatos de cambio.

FVCA desde el 2012 hasta la actualidad ha trabajado en actualizar sus rieles en el tramo del Callao hasta Chosica, extendiéndose a otros tramos de la línea llegando aproximadamente hasta el PK 218. Para nuestro proyecto profesional, desde el PK 0

hasta el PK 53, la línea férrea existente cuenta con rieles nuevos de 115 libras por yarda en sección de 80 pies. Quedando pendiente aproximadamente 9 Km para el cambio de nuevos rieles y que correspondería a partir del PK 37 hasta el PK 45.30. En este contexto, FVCA ante el MTC y ante el ente regulador OSITRAN ya optaron por el estándar del FRA Clase III. La Tabla 5 muestra el proceso de actualización de rieles por parte del FVCA a 115 Lbs.

Tramos con Riel de 115 LBS Antes del 2012			Tramos Trabajados con Rieles de 115 LBS 2012 - 2014			Tramos Trabajados con Rieles de 115 LBS 2015 - 2016		
Del PK	Al PK	KM Parcial	Del PK	Al PK	KM Parcial	Del PK	Al PK	KM Parcial
			1.80	3.00	1.20			
3.00	4.00	1.00	4.00	15.50	11.50			
15.50	20.50	5.00	20.50	23.15	2.65			
23.15	23.30	0.15	23.30	37.00	13.70			
			45.30	53.70	8.40			
			54.50	59.30	4.80			
TOTAL 1		6.15	TOTAL 2		42.25	TOTAL 3		-
TOTAL GENERAL		48.40						

TABLA 5: Actualización de Rieles de 115 lbs.

Fuente: Ferrovías Central Andina - FVCA

Imágenes de Rieles 115 Lbs – Línea Ferroviaria (Desamparados)

Fuente: Elaboración Propia / 2017

De modo complementario, se esquematiza en el Gráfico N° 05 la ubicación y estado actual de los rieles.

LEYENDA:

- Tramos con rieles de 80 lbs BSA y BSR
- Tramos con rieles de 90 lbs ARA
- Tramos con rieles de 115 lbs RE

GRÁFICO N° 05: Diagrama de Vía 115 Lbs.

Fuente: Ferrovías Central Andina - FVCA

Así mismo, en la línea férrea entre Chosica – Callao, existen mayormente durmientes de madera. FVCA hoy en día viene reemplazando los que se encuentran deteriorados, los mismos que son en menor número y que no restringe la velocidad de la operación.

Así mismo, en algunos tramos de la línea férrea existen durmientes de Byblock y otros de Concreto; en la Tabla 6; presentamos un resumen y la diferenciación de los tipos de durmientes que existen en toda la línea férrea, desde el PK 1 hasta el PK 54.

PK INI	PK FIN	DURMIENTES			
		TOTAL	MADERA	BIBLOCK	CONCRETO
CUADRILLA CALLAO					
1	2	387	314	73	0
2	3	1,630	1,286	344	0
3	4	1,623	926	697	0
4	5	1,381	500	881	0
5	6	1,596	577	1,019	0
6	7	1,688	512	1,176	0
7	8	1,836	484	1,352	0
8	9	1,732	949	783	0
9	10	1,424	1,068	356	0
10	11	1,602	1,043	559	0
11	12	1,576	1,053	523	0
12	13	1,765	1,388	377	0
13	14	1,577	1,467	110	0
14	15	1,535	1,437	98	0
15	16	1,599	1,113	16	470
16	17	1,611	364	78	1,169
17	18	1,570	249	26	1,295
18	19	1,544	563	89	892
19	20	1,581	830	744	7
20	21	1,722	1,038	684	0
21	22	1,601	1,037	564	0
22	23	1,597	1,160	437	0
23	24	1,528	1,160	368	0
24	25	1,427	1,410	17	0
25	26	1,439	1,439	0	0
26	27	1,616	1,469	147	0
27	28	1,577	1,506	71	0
28	29	1,674	1,391	281	2
TOTAL CALLAO		43,438	27,733	11,870	3,835
CUADRILLA CHOSICA SUR					
29	30	1,585	972	613	0
30	31	1,479	1,019	460	0
31	32	1,461	1,110	351	0
32	33	1,805	1,526	195	84
33	34	884	519	120	245
34	35	426	357	31	38
35	36	1,269	1,097	112	60
36	37	764	632	63	69
37	38	1,589	528	1,061	0
38	39	1,585	1,487	98	0
39	40	1,573	681	892	0
40	41	1,691	1,146	545	0
41	42	1,628	1,414	211	3
42	43	1,675	1,638	37	0
43	44	1,598	1,598	0	0
44	45	1,200	929	271	0
45	46	1,787	1,241	546	0
46	47	1,298	964	334	0
47	48	1,672	943	729	0
48	49	1,668	1,182	486	0
49	50	1,566	1,002	564	0
50	51	1,578	1,205	373	0
51	52	1,617	1,486	131	0
52	53	1,707	1,174	515	18
53	54	1,430	1,231	73	126
TOTAL CHOSICA SUR		36,535	27,081	8,811	643

TABLA 6: Inventario por tipo de durmientes

Fuente: Ferrovías Central Andina - FVCA

Imágenes de Durmientes de Madera – Línea Ferroviaria (Desamparados)

Fuente: Elaboración Propia / 2016

El balasto consiste de un volumen limitado de piedra chancada y suelo. El balasto tiene un efecto de amortiguación, absorbiendo el impacto de los trenes. De acuerdo al Reglamento Nacional de Ferrocarriles el Balasto es un Material seleccionado que se coloca sobre la plataforma o terraplén para:

- Transmitir y distribuir la carga de la vía y del material rodante a la subrasante.
- Restringir la vía lateral, longitudinal y verticalmente bajo las cargas dinámicas impuestas por el material rodante y el esfuerzo térmico producido en los rieles.
- Proporcionar un drenaje adecuado a la vía.
- Mantener a la vía en su correcto alineamiento y nivelación longitudinal y transversal.

Para fines de nuestro proyecto profesional se reutilizará lo existente y se propondría una nueva sección de balasto para la doble línea a ser utilizada para servicio de transporte masivo de pasajeros.

Imágenes del Balasto – Línea Ferroviaria (Desamparados)

Fuente: Elaboración Propia / 2016

En el escenario de nuestro proyecto profesional, al proyectar una vía doble para transporte de pasajeros, será necesario mover la vía existente al límite del derecho de vía, una operación que requiere la colocación de una nueva sección de balasto de todas maneras. Para las secciones de vía existente que no requieren ser movidas, se podría posponer el reemplazo del balasto hasta que se inicie el nuevo servicio y luego trabajar su reemplazo como parte de las actividades de mantenimiento rutinario. El contrato de concesión requiere que el concesionario mantenga una sección de balasto de 12 pulgadas. En la actualidad FVCA está trabajando para llegar a este estándar de manera gradual.

FVCA ha hecho una clasificación de algunos tramos de la línea entre Callao – Chosica; que son Rellenos a Nivel que tienen un Nivel de Riesgo 1, en el marco de 3 niveles de riesgo y que tiene una exposición a precipitaciones bajo y medio. Estos tramos son los que cuentan aún con el Riel de 80 Lb. Por lo mismo, se puede clasificar los tramos pendientes a actualizar a 115 lb. En la siguiente Tabla 07 de la siguiente forma:

Tramo	PK Inicio	PK Fin	Nivel de Riesgo	Exposición a Precipitaciones Extraordinarias	Estado Actual (2017)
1	37	45	1	Bajo	Actualizado a 115 lb
2	53	54	1	Medio	Actualizado a 115 lb

TABLA 7: Clasificación de Tramos Pendientes

Fuente: Ferrovías Central Andina - FVCA

Así mismo, como documentación complementaria la Tabla 08 de abajo muestra el peso por km de vía de los materiales metálicos de 80lb versus aquellos de 115 lb, estimados para 1,660 durmientes por km, los cuales ayudan a explicar la resistencia.

Material	Peso en kg por km para vía de 80 lb	Peso en kg por km para vía de 115 lb
Riel	79,600.00	113,435.04
Eclisas	1,395.76	413.56
Pernos	443.84	106.40
Planchas de asiento	12,848.40	19,920.00
Fijaciones (2 x plancha)	3,519.20	2,390.40
Anclas	2,423.60	2,523.20
Total general por km	100,230.80	138,788.60

TABLA 8: Comparativo Peso en Kg por Km,

Fuente: Ferrovías Central Andina - FVCA

Esta información será de gran utilidad para la etapa de diseño; ya que se tomará en cuenta las características del tipo de riel de 115 Lbs.

A continuación se hace un comparado de los accesorios de la línea férrea en donde se muestra la diferencia entre implementar una vía en 115 lbs/yd vs. una de 80 lbs/yd.

- Anclas:

- Clavos Rieleros:

- Eclisas simples de 4 huecos:

- Pernos Rieleros:

- Planchas de Asiento:

Finalmente; como dato de diseño proporcionado por FVCA se da el alcance de la cantidad de materiales que compone una línea férrea en 1 Km. En la Tabla 09 se presenta en detalle lo descrito:

Descripción	Cantidad
N° de Eclisas por Riel	02 Unidades
Unidades de Rieles x Km.	84 Unidades
Tn x Unidad	1.39 Tn
N° de Durmientes x Km.	1660 Unidades
Balasto x Km.	760 m3
Insp. Ultrasonido de Rieles soldados x Km.	56

TABLA 9: Lista de materiales por Km.

Fuente: Ferrovías Central Andina – FVCA

Terraplenes:

Según el Reglamento Nacional de Ferrocarriles, el Terraplén es un relleno de tierra, roca, conglomerado y otros de sección trapezoidal, construido para conformar la plataforma donde se ubica la vía férrea. Dentro de la zona urbana del tramo Chosica-Callao, el ferrocarril generalmente se encuentra al nivel de la superficie con un número limitado de secciones de corte y relleno.

Una excepción es en el Centro de Lima, cerca de la Estación Desamparados, donde los muros de contención apoyan los terrenos sobre los cuales se ha construido la ciudad antigua. Gran parte de esta vía se encuentra tan cerca al nivel de la superficie que el drenaje sería un problema en circunstancias de lluvia normal. Pero dado el volumen reducido de lluvia que recibe Lima y la presencia del río, este factor no parece presentar problemas al ferrocarril. No hay problemas visibles con los terraplenes en esta área.

Imagen del Terraplén a Nivel – Línea Ferroviaria (Desamparados)

Fuente: Elaboración Propia / julio 2016

En el escenario de nuestro proyecto, con la instalación de la vía doble, podría ser necesario construir muros de contención en algunos puntos para mantener el terraplén

dentro del derecho de vía. Existiendo el terraplén para vía sencilla, será esencial ensanchar el terraplén, en caso de instalar una segunda vía. Dado que el derecho de vía es estrecho es posible que se deba construir muros de contención para proteger el terraplén o adquirir suficiente propiedad adicional para permitir la construcción de un muro de contención que establezca una pendiente adecuada. En algunas áreas puede ser problemático debido a que la vía tiene carreteras a ambos lados en áreas desarrolladas.

Derecho de vía:

La concesión establece que FVCA tiene el uso y el control sobre el Área Matriz, considerada como la franja de terreno de ancho variable, que a lo largo de la línea férrea está comprendida dentro de los límites de propiedad inscritos en los Registros Públicos y acotados en los planos, los terraplenes, las franjas de derechos de vía, sus correspondientes vías férreas, sus puentes, túneles, pasos a nivel y desnivel, desvíos, sistemas de señalización, sistemas de telecomunicaciones, alcantarillas, muros de contención, sus estaciones, patios, y casas sección, etc. FCCA en el contexto de la línea existente, ha indicado que ellos requieren un derecho de vía mínimo de 10.00 metros lineales de ancho.

Imagen del Derecho de vía existente – Línea Ferroviaria (Desamparados)

Fuente: Elaboración Propia / julio 2016

Imagen del Derecho de vía existente – Línea Ferroviaria

Fuente: Elaboración Propia / julio 2016

Imagen del Derecho de vía existente – Línea Ferroviaria

Fuente: Elaboración Propia / julio 2016

Imagen del Derecho de vía existente – Línea Ferroviaria (Martinete – Línea 1)

Fuente: Elaboración Propia / julio 2016

Imagen del Derecho de vía existente – Línea Ferroviaria

Fuente: Elaboración Propia / julio 2016

Imagen del Derecho de vía existente – Línea Ferroviaria (Puente Evitamiento)

Fuente: Elaboración Propia / julio 2016

Imagen del Derecho de vía existente – Línea Ferroviaria (Zona Santa Anita)

Fuente: Elaboración Propia / julio 2016

El Reglamento General de Ferrocarriles del Perú, en vigencia, indica que la Zona del Ferrocarril será no menor de 5 metros a cada lado del eje de la vía para una vía sencilla, construida a nivel sin cortes ni rellenos¹⁶. Para el caso de nuestro proyecto profesional de transporte masivo de pasajeros – Tren de Cercanías, los 10.00 metros mínimos requeridos por FCCA y a la luz del Reglamento de Ferrocarriles serían insuficientes y se tendría que ampliar el derecho de vía a una sección útil de 15.00 metros lineales.; siendo la separación intermedia entre ejes de 5.00 metros lineales. De acuerdo al Informe de DMJM + Harris publicado el 2005; estos proponen que la sección típica podría ser de 14.25 metros lineales, siendo la separación intermedia entre ejes de 4.25 metros lineales y cuando el derecho de vía sea limitado se podría tener una sección de vía de 11.00 metros lineales. Estas dimensiones serán analizadas en la etapa de diseño para dar las soluciones idóneas para cada situación y experiencia.

¹⁶ Cfr. MTC; 2

En el trayecto de la línea existente del ferrocarril central, podemos apreciar que aparecen calles locales, zonas agrícolas, zonas de jardín público y propiedades privadas e invasiones que tendrán que ser adquiridas, expropiadas y o modificados según sea la situación, para el ensanchamiento del derecho de vía, el mismo que tiene que ser aprobado y documentado para su ejecución; vale decir que como premisa se tendría que respetar el derecho de propiedad del ferrocarril según lo indicado en registros públicos. Todos estos alcances tendrán que ser coordinados con las municipalidades distritales que serán beneficiadas por el proyecto del tren de cercanías. En el punto 4.2.9 del presente documento, se desarrollará en mayor detalle la identificación de las Zonas de Expropiación por distrito en todo el recorrido del trazo de la doble línea, tanto en metros cuadrados como en metros lineales a fin de cuantificar tangiblemente el emplazamiento de estas áreas a intervenir, siendo que éstas deberán estar dentro del rango del 10% del total de todo el recorrido ferroviario y que éstas áreas afectaran mínimamente a zonas de vivienda y/o áreas privadas.

Curvas:

Las curvas y las pendientes agudas aumentan la resistencia de rodaje del tren y requieren potencia adicional para mantener la velocidad programada. La resistencia al rodaje se incrementa a medida que disminuye el radio de las curvas y la agudeza de las pendientes. Con la combinación de las pendientes agudas y las curvas cerradas, la necesidad de fuerza motriz para mantener la velocidad específica aumenta de forma exponencial. Por estas razones, la mayoría de los ferrocarriles toman acción para mejorar esta combinación de factores. Una medida frecuente es usar curvas compensadas, donde se reduce la pendiente por la curva para que se mantenga la necesidad de fuerza motriz para mantener el tren a una velocidad constante a un nivel estable¹⁷.

¹⁷ Cfr. DMJM+Harris, 2005:41

La Tabla 10, muestra las curvas del ferrocarril central en el tramo del Callao a Chosica. También muestra las curvas que tienen transiciones y que están localizadas dentro de pendientes mayores de uno por ciento.

Localización Km.	Radio (m) (1)	Largo (m)	Pendiente (%) (2)	Comentarios
0.290	196	97	0.00	
0.633	434	37	0.00	
1.321	536	341	0.80	
2.392	516	307	0.68	
12.510	350	100	1.50	Patio Monserrate
12.945	470	116	1.55	Patio Monserrate
13.840	660	282	1.36	Desamparados
14.556	700	68	1.15	
14.947	600	526	2.58	Transición
15.852	760	187	1.29	
17.440	865	698	2.24	Transición
18.607	915	241	2.04	
19.000	865	566	2.04	Transición
19.995	600	394	0.90	
39.885	940	150	1.38	
43.226	720	142	2.27	
45.193	580	204	2.20	
45.873	875	72	1.63	
45.980	835	276	1.23	
47.081	835	431	1.23	
48.000	309	140	2.17	
48.175	228	150	2.17	
48.927	180	455	2.17	
49.411	850	159	1.91	
49.605	725	71	1.91	
49.800	720	150	1.91	
50.070	900	227	1.91	Transición
50.371	200	112	2.79	Transición
50.607	250	125	2.00	
50.905	190	252	2.51	
51.207	162	261	2.51	Transición
51.150	168	150	2.51	
51.675	143	250	2.24	Transición
52.209	800	650	2.24	
53.807	350	216	2.18	Patio Chosica

Fuente: AATE, Anteproyecto Tren Eléctrico de Lima Metropolitana, Vol. 4, Integración Servicios Ferroviarios ENAFER - Servicios Metropolitanos, Italferr Spa, Ingegneria e Organizzazione Ferroviaria, 12/87

Nota 1: Cuando el radio varía dentro de la curva, se presenta el radio más pequeño.

Nota 2: Cuando las pendientes varían en una curva, se presenta la más aguda.

TABLA 10: Curvas con Radio Menor de 1000 m.

Fuente: Informe DMJM+Harris, 2005:42

Pendientes:

En el Gráfico N° 03; se presenta el perfil del ferrocarril entre Callao y Chosica. La línea del ferrocarril en el Callao (Km. 0.00) se inicia con una elevación aproximada de 3 metros, subiendo a 138.10 m en Monserrate (Km. 12.700), a 153 metros en Desamparados (Km. 14.000), a 157.50 en Viterbo (Km. 14.400) y a 859.56 m en Chosica (Km 54.085). Esto resulta en una pendiente promedio de 1.59 por ciento entre el Callao y Chosica. La pendiente promedio entre Callao y Desamparados es de 1.07 por ciento; entre Desamparados y Santa Clara es de 1.60 por ciento; y entre Santa Clara y Chosica es de 1.87 por ciento. En la medida que se acerca a Chosica, las pendientes se incrementan significativamente, alcanzando un nivel hasta 3.14 por ciento. Todas las pendientes son de subida del Callao a los Andes y en consecuencia a Chosica. No existen bajadas que permitan a un tren ganar velocidad e impulso para ayudar a sobreponerse a las pendientes más agudas.

Gráfico N° 03: Altimetría del Ferrocarril entre Callao y Chosica

Fuente: Informe DMJM+Harris, 2005:43

La pendiente gobernadora es la que define la fuerza motriz necesaria mínima para mover los trenes. La Tabla 11, muestra las pendientes para la ruta completa Callao-Chosica. La limitación más severa se encuentra entre los kilómetros 50.371 y 50.515, una distancia de 44 metros, cerca de la entrada del patio de Chosica. Ésta pendiente incluye una curva con un radio de 200 metros lo que contribuye a la dificultad. La pendiente se ha compensado en un 2.79%. Sin la compensación, la pendiente sería 3.14%. Las otras pendientes, en Monserrate y cerca de la Avenida Pacífico no son tan severas. El equipo rodante que se proponga en el presente proyecto para el servicio de pasajeros tiene que ofrecer suficiente potencia para cumplir con lo que requieren estas pendientes¹⁸.

TRAMO				LUGAR CRITICO		PENDIENTE REAL	VIA RECTA	CURVA		GRADO DE CURVATURA	COMPENSACION POR CURVATURA	PENDIENTE GOBERNADORA
SECTOR	DEL KM	AL KM	LONGITUD	DEL	AL			RADIO	LONGITUD			
PATIO CENTRAL-CHOSICA												
Patio Central-Monserrate	2.932	12.945	10.013	7.328	7.528	2.16	200.000					2.16
Monserrate-Santa Clara	12.945	29.600	16.655	14.947	15.473	2.58		760	286	2.298338	0.09	2.07
Santa Clara-Chosica	29.600	54.197	24.597	50.371	50.515	2.79		200	112	8.741571	0.35	3.14

TABLA 11: Determinación de la Pendiente Gobernadora del Rumbo Ascendente

Fuente: Informe DMJM+Harris, 2005:42

Puentes y Cunetas:

Actualmente FVCA hacen mantenimiento a cinco puentes en todo el tramo Callao – Chosica. Las características se describen en la Tabla 12:

Ubicación	Nombre	Largo	Tipo	Año construcción	Condición
12.270	Bolognesi	38.98 (3 luces)	Viga de Acero	1965	Buena
22.700	Río Surco	6.85	Viga "I"	1974	Buena
27.200	Ate	7.01	Viga "I"	1972	Buena
38.000	Huascata	5.63	Viga "I"	1908	Buena
55.200	Santa Rosa	5.86	Viga "I"	1908	Buena

TABLA 12: Puentes

Fuente: Dpto. de Vías y Obras de FVCA

¹⁸ Cfr. DMJM+Harris, 2005:44

Imagen del Puente Ate

Fuente: FVCA

Imagen del Puente Bolognesi

Fuente: FVCA

Imagen del Puente Huascata

Fuente: FVCA

Imagen del Puente Surco

Fuente: FVCA

Dentro del área de servicio existen varios puentes vehiculares que cruzan el ferrocarril pasando por encima de la vía férrea. Estos se encuentran en los siguientes puntos y que están explicados en la Tabla 13:

Ubicación (Km.)	Nombre	Calle o carretera
13.1	Puente Santa Rosa	Av. Tacna
13.6	Puente Piedra	Av. Jr. De La Unión
14.3	Puente Ricardo Palma	Av. Abancay
14.4	Puente Balta	Av. Andahuaylas
14.7	Puente Banquero Rossi	Av. Huánuco
46.6	Puente Los Ángeles	Carretera Central
51.2	Puente Cantuta	Carretera Central hacia La Cantuta

TABLA 13: Puentes Vehiculares

Fuente: Dpto. de Vías y Obras de FVCA

Con la excepción del Puente Balta, todos los puentes se encuentran en condición moderadamente buena. El Puente Balta fue construido en 1870 usando vigas de hierro fundido. Es de importancia histórica y se ha declarado monumento nacional. Este puente, tiene una restricción a solo tráfico peatonal se encuentra en una condición extremadamente precaria. El puente crea limitaciones serias de galibo vertical y horizontal, Para nuestro proyecto este será un punto de importancia e interés para el diseño del servicio de pasajeros.

ZONA Y POBLACION BENEFICIADA

ZONA BENEFICIADA:

El Área de Influencia del Proyecto está constituida por los distritos de Lima Metropolitana y del Callao, por los cuales la línea del ferrocarril del centro tiene su recorrido a lo largo de los 53 kms del Proyecto; por lo que a continuación se determina el escenario geográfico y poblacional donde tienen lugar las diferentes interacciones físicas, socioeconómicas y que obedecen a la generación de actividades que confluyen en el uso de los recursos, la población y los patrones de desarrollo existentes.

Dentro del proyecto se encuentran afectados los siguientes distritos; Ver Tabla 14:

Provincia	Distrito
Lima	Lurigancho - Chosica
	Chaclacayo
	Ate Vitarte
	Santa Anita
	El Agustino
	Cercado de Lima
Callao	Carmen de la Legua Reynoso
	Callao Cercado

TABLA 14: Distritos dentro del Área de Influencia

Fuente: Elaboración propia.

Seguido, en el Gráfico N° 06 mostramos a nivel urbano y de zonificación los distritos en donde tendrá incidencia la propuesta de Tren de Cercanías:

★ Distritos dentro del área de influencia

GRÁFICO N° 06: Distritos de Influencia en el Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

POBLACION BENEFICIADA:

En el área de estudio se encuentra asentada una población total de 2'032,079 habitantes, de los cuales el 77.95% de la población pertenece a la provincia de Lima, mientras que el 22.05% de la población le pertenece a la provincia constitucional del Callao. El detalle de la población afectada por distrito lo podemos apreciar en la Tabla 15:

Provincia	Distrito	Población Total	Porcentaje
Lima	Lurigancho Chosica	218,976	77.95%
	Chaclacayo	43,428	
	Ate Vitarte	630,085	
	Santa Anita	228,422	
	El Agustino	191,365	
	Cercado de Lima	271,814	
Callao	Carmen de la Legua	41,100	22.05%
	Reynoso	406,889	
	Callao Cercado	406,889	
	Total	2,032,079	100.00%

TABLA 15: Población Total

Fuente: Estado de Población Peruana 2015-INEI Estimaciones y Proyecciones de Población por sexo, según Departamento, Provincia y Distrito 2000-2015 - Boletín Especial N° 18

**DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE LIMA Y LA PROVINCIA
CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, 2015**

Distrito	Población 2015	Distrito	Población 2015
1 Lima	271 814	26 Punta Hermosa	7 609
2 Ancón	39 600	27 Punta Negra	7 934
3 Ate	630 085	28 Rimac	164 911
4 Barranco	29 984	29 San Bartolo	7 699
5 Breña	75 925	30 San Borja	111 928
6 Carabayllo	301 978	31 San Isidro	54 206
7 Chaclacayo	43 428	32 San Juan de Lurigancho	1 091 303
8 Chorrillos	325 547	33 San Juan de Miraflores	404 001
9 Cieneguilla	47 080	34 San Luis	57 600
10 Comas	524 894	35 San Martín de Porres	700 178
11 El Agustino	191 365	36 San Miguel	135 506
12 Independencia	216 822	37 Santa Anita	228 422
13 Jesús María	71 589	38 Santa María del Mar	1 608
14 La Molina	171 646	39 Santa Rosa	18 751
15 La Victoria	171 779	40 Santiago de Surco	344 242
16 Lince	50 228	41 Surquillo	91 346
17 Los Olivos	371 229	42 Villa El Salvador	463 014
18 Lurigancho	218 976	43 Villa María del Triunfo	448 545
19 Lurín	85 132	44 Callao	406 889
20 Magdalena del Mar	54 656	45 Bellavista	71 833
21 Magdalena Vieja	76 114	46 Carmen de la Legua Reynoso	41 100
22 Miraflores	81 932	47 La Perla	58 817
23 Pachacamac	129 653	48 La Punta	3 392
24 Pucusana	17 044	49 Ventanilla	372 899
25 Puente Piedra	353 489	50 Mi Perú 1/	59 005

1/ Creado mediante Ley N°30197 del 16 de mayo 2014.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo, Según Departamento, Provincia y Distrito, 2000 - 2015 - Boletín Especial N° 18.

La mayor población se encuentra asentada en el distrito de Ate Vitarte (31.01% de la población total), seguido de los distritos Callao Cercado (20.02%), Cercado de Lima (13.38%), Santa Anita (11.24%), Lurigancho Chosica (10.78%), El Agustino (9.42%), Chaclacayo (2.14%) y Carmen de la Legua Reynoso (2.02%).

La base de la información es del Censo Nacional de Población del 2007 publicada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) actualizada al 2015 en el estudio Estado de Población Peruana 2015-INEI Estimaciones y Proyecciones de Población por sexo, según Departamento, Provincia y Distrito 2000-2015 - Boletín Especial N° 18. Ver Tabla 16:

Distrito	Población Total	Superficie	Densidad
	(Hab)	(Km2)	(Hab/Km2)
Lurigancho Chosica	218,976	236.47	926.0
Chaclacayo	43,428	39.5	1,099.4
Ate Vitarte	630,085	77.72	8,107.1
Santa Anita	228,422	10.69	21,367.8
El Agustino	191,365	12.54	15,260.4
Cercado de Lima	271,814	21.98	12,366.4
Carmen de la Legua Reynoso	41,100	2.12	19,386.8
Callao Cercado	406,889	45.65	8,913.2

TABLA 16: Población Total, Superficie y Densidad Poblacional

Fuente: Estado de Población Peruana 2015-INEI Estimaciones y Proyecciones de Población por sexo, según Departamento, Provincia y Distrito 2000-2015 - Boletín Especial N° 18

Según el Gráfico N° 07; se muestra la población total por distritos del área de estudio:

GRÁFICO N° 07: Población Total por Distritos del Área de Estudio

Fuente: Estado de Población Peruana 2015-INEI Estimaciones y Proyecciones de Población por sexo, según Departamento, Provincia y Distrito 2000-2015 - Boletín Especial N° 18- Elaboración Propia

Según el estudio de INEI de la referencia los distritos de Ate y Callao se encuentran dentro de los distritos con mayor población de Lima Metropolitana, siendo Ate el 3er más poblado y Callao el 7mo más poblado.

Así
tie

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo, Según Departamento, Provincia y Distrito, 2000 - 2015 - Boletín Especial Nº 18.

tos que
Vitarte

(17.40% del área total), mientras que los distritos que tienen menor superficie son Callao Cercado (10.22% del área total), Chaclacayo (8.84% del área total), Cercado de Lima (4.92%), El Agustino (2.81%), Santa Anita (2.39%) y Carmen de la Legua Reynoso (0.47%).

ANÁLISIS DE DEMANDA Y OFERTA

ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Este análisis presenta los resultados de la demanda, propuesta para nuestro proyecto en estudio, como un sistema de operación: Eje Este – Oeste; En donde se pretende conectar y transportar masivamente pasajeros desde el distrito de Chosica hasta el Callao, llegando a desarrollar un diseño pre - operacional, tomando en cuenta su integración con la Línea 1 del Metro de Lima y el Metropolitano (COSAC 1). Así mismo, el estudio se

dedica a la cuantificación de la demanda potencial para el diseño, la realización de la nueva Línea: Callao – Chosica, que se integra a la Red Básica del Metro de Lima. Por otro lado, nuestro proyecto conduce necesariamente a analizar cuidadosamente los volúmenes de pasajeros en el periodo de tiempo de validez de la misma.

CARACTERISTICAS DEL MODELO UTILIZADO

El análisis fue preparado usando como base el modelo de proyección de demanda por servicios de transporte de Lima, denominado Modelo de Transporte Urbano 2001 (MTU2001). El MTU2001 fue aplicado directamente para proyección de demanda e ingresos en el sector del corredor entre Callao y Chosica. El MTU2001 es una actualización del modelo innovador desarrollado por la AATE en el 1998 para el “Estudio del Metro de Lima”. Las versiones del modelo de 1998 y de 2001 representan la tercera generación de los modelos de viaje entre Lima-Callao.

Así mismo, también tendremos como referencia el “Estudio de Factibilidad para el Proyecto Ferroviario Urbano de Lima y Callao” (DMJM HARRIS, 2005), estudio que actualizó y calibró rigurosamente la base de datos para el año base de ese entonces (2005); la cual contemplaba el trazo del Ferrocarril Central e incorporaba mayor cantidad de zonas estudiadas. La calibración del modelo y la actualización de la base de datos se apoyaron mediante la recolección de datos, la cual incluyó aforos de vehículos (clasificación y ocupación), encuestas a usuarios a bordo de vehículos de transporte público, una encuesta de preferencias declaradas de selección modal y un estudio de tiempos de viaje y funciones de volumen / demora. Los datos disponibles fueron utilizados para actualizar los atributos de los vínculos de la red, los atributos de las zonas y las variables de generación de viajes.

Ya, en nuestro contexto para el 2017-2018, debido a la implementación y al funcionamiento actual de los sistemas de transporte público masivo como la Línea 1 del Metro de Lima y el Metropolitano y su buena aceptación; hemos visto por conveniente

realizar un ajuste actualizado a la calibración de la data con la finalidad de proyectar adecuadamente el incremento de la demanda.

HORIZONTE DEL PROYECTO

Para este proyecto se considera un horizonte de diseño que responde a un periodo que cubra la estimación de la demanda para unos 30 años.

Como referencia, el MTU2001 fue empleado directamente para desarrollar las estimaciones calibradas de pasajeros entre Callao y Chosica para el año base 2001. Las proyecciones en años futuros fueron estimadas hasta el año 2045 por medio de la aplicación de factores de crecimiento anual. El factor de crecimiento anual aplicado hasta el año 2006 es el 2,5 por ciento. Posteriormente, el factor se reduce en 3,3% cada año sucesivo, como se presenta en la Tabla 17:

AÑO	FACTOR
2009	2.26%
2010	2.19%
2011	2.11%
2012	2.04%
2013	1.98%
2014	1.91%
2015	1.85%
2016	1.79%
2017	1.73%
2018	1.67%
2019	1.62%
2020	1.56%
2021	1.51%
2022	1.46%
2023	1.41%

2024	1.37%
2025	1.32%
2026	1.28%
2027	1.24%
2028	1.19%
2029	1.16%
2030	1.12%
2031	1.08%
2032	1.04%
2033	1.01%
2034	0.98%
2035	0.94%
2036	0.91%
2037	0.88%
2038	0.85%
2039	0.83%
2040	0.80%
2041	0.77%
2042	0.75%
2043	0.72%
2044	0.70%
2045	0.68%

TABLA 17: Factores de Crecimiento de la Demanda

Fuente Calibración Del Modelo MTU 2001, Harris 2005

Considerando que el análisis de este factor de crecimiento fue desarrollado en el 2001 y recalibrado el 2005 por el Informe de Harris; en el contexto actual, éstos han presentado cambios en el crecimiento poblacional y de la demanda que no fueron considerados en dichos estudios, los cuales son representados y ajustados con la implementación y

funcionamiento del Metropolitano (2007) y la Línea 1 del Tren Eléctrico (2011) y con el desarrollo de los sistemas de alimentación de ambos sistemas; a los que se les suma el proyecto ya en marcha de la Línea 2 del Tren Eléctrico. Por ello, partiendo del modelo MTU2001, se plantea 3 pisos de crecimiento a partir de 2.5% y con una reducción de 2% anual, el mismo que se presenta en la Tabla 18:

AÑO	FACTOR
2001	2.50%
2002	2.50%
2003	2.50%
2004	2.50%
2005	2.50%
2006	2.50%
2007	2.45%
2008	2.45%
2009	2.45%
2010	2.45%
2011	2.45%
2012	2.45%
2013	2.40%
2014	2.35%
2015	2.31%
2016	2.24%
2017	2.17%
2018	2.10%
2019	2.04%
2020	1.98%
2021	1.92%
2022	1.86%
2023	1.81%
2024	1.75%

2025	1.70%
2026	1.65%
2027	1.60%
2028	1.55%
2029	1.51%
2030	1.46%
2031	1.42%
2032	1.37%
2033	1.33%
2034	1.29%
2035	1.25%
2036	1.22%
2037	1.18%
2038	1.14%
2039	1.11%
2040	1.08%
2041	1.04%
2042	1.01%
2043	0.98%
2044	0.95%
2045	0.92%

TABLA 18: Factores de Crecimiento Calibrados de la Demanda

Fuente: Estudio de Factibilidad FVCA

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DIARIA

La estimación de la demanda diaria de un día típico fue calculada basándose en el período total de las operaciones de un Tren Urbano (17 horas), usando la siguiente fórmula:

$$DD = DPAM * K1 + DPPM * K2 + DPV * K3$$

En donde:

DD = Demanda diaria.

DPAM = Demanda del período pico de 3 horas de la mañana (a.m.).

DPPM = Demanda del período pico de 3 horas de la tarde (p.m.).

DPV = Demanda del período valle en horas del día.

K1 = Factor de expansión del período pico de la mañana.

K2 = Factor de expansión del período pico de la tarde.

K3 = Factor de expansión del período valle.

Los valores de *K1*, *K2* y *K3* fueron determinados con base en los datos recopilados y verificados durante los trabajos de clasificación de vehículos y conteos de ocupación. Los conteos de 17 horas y 24 horas fueron realizados en sitios seleccionados en el área de cobertura del modelo. Los valores de los factores de expansión de las operaciones diarias de 17 horas se determinaron de la siguiente manera¹⁹:

- *El período pico de la mañana (a.m.) fue observado y tiene una duración de 3 horas (6:00 am – 9:00 am), de manera que es 50% mayor al periodo modelado, por lo cual $K1 = 1.5$.*

¹⁹ Estudio de Factibilidad para el Proyecto Ferroviario Urbano de Lima y Callao – DMJM+HARRIS

- *El periodo pico de la tarde (p.m.) fue observado y tiene una duración de 3 horas (6:00 pm – 9:00 pm). Debido a que el periodo modelado es de 2 horas, se estableció un factor de expansión del periodo pico de la tarde $K2 = 1.5$.*
- *Para completar las 17 horas de operación diaria del tren, restan 11 horas, que corresponden a 5.5 veces la duración del periodo valle modelado de 2 horas, por lo tanto $K3 = 5.5$.*

Seguido se muestra en la Tabla 19 la proyección de la demanda diaria de pasajeros en el horizonte del proyecto planteada en 30 años. Esta proyección ha sido evaluada tomando en consideración las políticas que está implementando la Municipalidad de Lima en el transporte, que son los de la integración con los otros sistemas de transporte presentes: el Metropolitano (Estación Alfonso Ugarte), el Tren Eléctrico Línea 1 (estación Martinete) y la futura Línea 2 del Tren Eléctrico (Ate - Vitarte).

Año	Factor	Escenario de Estudio
2001	2.50%	383,257
2002	2.50%	392,838
2003	2.50%	402,659
2004	2.50%	412,726
2005	2.50%	423,044
2006	2.50%	433,620
2007	2.45%	444,461
2008	2.45%	455,350
2009	2.45%	466,506
2010	2.45%	501,832
2011	2.45%	514,127
2012	2.45%	526,723
2013	2.40%	604,383
2014	2.35%	618,894
2015	2.31%	633,457
2016	2.24%	648,064

2017	2.17%	662,559
2018	2.10%	676,935
2019	2.04%	691,181
2020	1.98%	705,291
2021	1.92%	719,257
2022	1.86%	733,072
2023	1.81%	746,730
2024	1.75%	760,226
2025	1.70%	773,553
2026	1.65%	786,706
2027	1.60%	799,683
2028	1.55%	812,477
2029	1.51%	825,086
2030	1.46%	837,507
2031	1.42%	849,737
2032	1.37%	861,772
2033	1.33%	873,612
2034	1.29%	885,255
2035	1.25%	896,699
2036	1.22%	907,943
2037	1.18%	918,987
2038	1.14%	929,829
2039	1.11%	940,471
2040	1.08%	950,911
2041	1.04%	961,151
2042	1.01%	971,190
2043	0.98%	981,030
2044	0.95%	990,671
2045	0.92%	1,000,115
2046	0.90%	1,009,363

TABLA 19: Proyección de Pasajeros Diario

Fuente: Estudio de Factibilidad FVCA - Calibración del Modelo MTU 2001, ajustado al 2016

En los años 2010 y 2013, se presenta un aumento puntual de la demanda adicional a la proyectada con el factor, debido a la iniciación y consolidación de otros sistemas de transporte público²⁰:

- *En el año 2010, se inició la consolidación de la Operación del Metropolitano, en el que el aumento puntual de ese año, de la demanda, se da en 5% más de lo proyectado. Este ratio de calibración, refleja la participación de dicho sistema en la demanda de un sistema de transporte público integrado a la movilidad en la ciudad.*
- *En el año 2013, se inició la operación de la línea 1 del Tren Eléctrico con toda su flota de trenes (23 trenes); que produce un aumento puntual de ese año en un 12% más de lo proyectado. Este ratio de calibración, refleja el poder de convocatoria de un sistema masivo como lo es un Tren Pesado de Pasajeros en el eje de desarrollo de dicha vía.*

Estos ratios de ajuste fueron estimados según la información proveniente de ProTransporte, caso Metropolitano, y la AATE, caso Tren eléctrico, los cuáles mantienen estadísticas del aumento de la demanda diaria en los sistemas que administran.

²⁰ Estudio de Factibilidad – Metro Lima Línea Callao Chosica - FVCA

PROPUESTA DE ESTACIONES Y PARADEROS

A través de la Tabla 20, mostramos la relación de puntos de conexión especificados en Estaciones y Paraderos, sumando un total de 53 Km. de recorrido.

N°	Puntos de Conexión	PK (Eje de Estación y/o Paradero)	Tramo Secuencial	Distancia entre Paraderos (Km)	Tipo
01	Gambeta	1+800	Gambeta-Faucett	3.04	Estación – Intercambio Futura Línea Callao - Ventanilla
02	Faucett	4+840	Faucett-Universitaria	2.46	Estación – Intercambio Futura Línea 4
03	Universitaria	7+300	Universitaria-Dueñas	1.26	Paradero
04	Dueñas	8+560	Dueñas-Alfonso Ugarte	2.52	Paradero
05	Alfonso Ugarte	11+080	Alfonso Ugarte-Desamparados	1.53	Estación- Intercambio Metropolitano
06	Desamparados	12+610	Desamparados-Martinete	1.73	Paradero
07	Martinete	14+340	Martinete-Riva Agüero	1.82	Estación- Intercambio Línea 1
08	Riva Agüero	16+160	Riva Agüero-La Atarjea	4.38	Paradero

09	La Atarjea	20+540	La Atarjea-La Cultura	1.41	Paradero
10	La Cultura	21+950	La Cultura-Javier Prado	1.83	Paradero
11	Javier Prado	23+780	Javier Prado-Vitarte	2.20	Paradero
12	Vitarte	25+980	Vitarte-Las Torres	1.64	Estación-Intercambio Futura Línea 2
13	Las Torres	27+620	La Torres-Santa Clara	1.70	Paradero
14	Santa Clara	29+320	Santa Clara-Huaycán	5.74	Paradero
15	Huaycán	35+060	Huaycán-Ñaña	2.00	Estación
16	Ñaña	37+060	Ñaña-Chaclacayo	5.06	Paradero
17	Chaclacayo	42+120	Chaclacayo-La Cantuta	9.06	Paradero
18	La Cantuta	51+180	La Cantuta-Chosica	1.66	Paradero
19	Chosica	52+840	Chosica	-	Estación

TABLA 20: Paraderos, Estaciones.

Fuente: Elaboración Propia

ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE ACUERDO A HORARIOS

En base al modelo desarrollado, se muestra la demanda estimada; para los tipos de horarios presentes en el día, indicado para cada una de las estaciones y/o paraderos establecidos en nuestro proyecto de tesis. Nos apoyaremos en la fuente de datos tomado

del Informe Final del Estudio de Factibilidad para el Proyecto Ferroviario Urbano de Lima. Presentado por DMJM+HARRIS, C.P.S. de Ingeniería S.A.C. y AATE.

HORA PUNTA MAÑANA (HPM): 6:00 AM – 9:00 AM

Los resultados de la Tabla 21, muestra que los paraderos de mayor dinámica en los ascensos son las de la Estación Martinete y el paradero Riva Agüero con aproximadamente 3764 pasajeros y 4108 pasajeros respectivamente, y con alta frecuencia en el paradero de Desamparados con 3192 pasajeros y el paradero de Universitaria con 3127 pasajeros. Mientras en los descensos, el paradero Riva Agüero lidera con 3964 pasajeros, seguido por el paradero de Desamparados con 3894 pasajeros; y con alta frecuencia en la Estación Faucett (Conexión con futura Línea 4 del Metro), el paradero Universitaria, Estación Alfonso Ugarte (Conexión con Línea Metropolitano) y finalmente La Estación Huaycán y el paradero Las Torres; todos estos puntos con un promedio que bordea de 3000 a 3500 pasajeros.

N°	Paraderos	Ascensos			Descensos			Total pasajeros
		Subida inicial	Transfere ncias	Total	Bajada final	Transfere ncias	Total	
1	Gambetta	1075	1072	2147	473	2311	2784	4931
2	Faucett	1470	323	1793	1531	1949	3480	5273
3	Universitaria	407	2720	3127	1256	2333	3589	6716
4	Dueñas	435	774	1209	464	403	867	2076
5	Alfonso Ugarte	474	1421	1894	1074	2391	3465	5359
6	Desamparados	511	2681	3192	1402	2492	3894	7086
7	Martinete	1393	2371	3764	1535	1362	2897	6661
8	Riva Agüero	472	3636	4108	1292	2672	3964	8072
9	La Atarjea	234	1144	1378	1552	765	2317	3695
10	La Cultura	599	2005	2604	318	1446	1764	4368
11	Javier Prado	871	246	1117	1328	517	1845	2962

12	Vitarte	514	388	902	2005	470	2475	3377
13	Las Torres	2207	776	2983	2043	1006	3049	6032
14	Santa Clara	141	383	524	1609	792	2401	2925
15	Huaycán	1113	654	1767	1542	1605	3147	4914
16	Ñaña	376	230	606	388	690	1078	1684
17	Chaclacayo	1416	250	1666	782	352	1134	2800
18	La Cantuta	284	767	1050	1239	108	1347	2397
19	Chosica	1090	108	1198	486	171	657	1855

TABLA 21: Demanda Estimada HPM

Fuente: Adaptado de la Evaluación de Demanda del Informe Final del Estudio de Factibilidad para el Proyecto Ferroviario Urbano de Lima. Presentado por DMJM+HARRIS, C.P.S. de Ingeniería S.A.C. y AATE

HORA PUNTA TARDE (HPT): 6:00 PM – 9:00 PM

Los resultados de la Tabla 22, muestra que los paraderos de mayor dinámica en los ascensos son el paradero Desamparados y el paradero Riva Agüero con aproximadamente 4423 pasajeros y 3916 pasajeros respectivamente, y con alta frecuencia en el paradero Universitaria con 3796 pasajeros y la Estación Martinete con 3897 pasajeros. Mientras en los descensos, el paradero Universitaria lidera con 4928 pasajeros, seguido por la Estación Faucett con 3992 pasajeros; y con alta frecuencia en el paradero Desamparados, el paradero Riva Agüero, finalmente La Estación Huaycán; todos estos puntos con un promedio que bordea de 2800 a 3600 pasajeros.

N°	Paraderos	Ascensos			Descensos			Total pasajeros
		Subida inicial	Transferencias	Total	Bajada final	Transferencias	Total	
1	Gambetta	403	2473	2876	401	1960	2361	5237
2	Faucett	1777	390	2167	1756	2236	3992	6159
3	Universitaria	493	3303	3796	1725	3203	4928	8724
4	Dueñas	651	1156	1807	559	486	1045	2852
5	Alfonso Ugarte	618	1853	2471	803	1786	2589	5060
6	Desamparados	708	3715	4423	1071	1903	2974	7397
7	Martinete	1442	2455	3897	1226	1088	2314	6211
8	Riva Agüero	450	3466	3916	1203	2401	3604	7520
9	La Atarjea	305	1490	1795	1257	619	1876	3671
10	La Cultura	482	1615	2097	257	1170	1427	3524
11	Javier Prado	1395	394	1789	1175	457	1632	3421
12	Vitarte	510	384	894	1237	290	1527	2421
13	Las Torres	754	265	1019	1823	898	2721	3740
14	Santa Clara	198	535	733	1058	521	1579	2312
15	Huaycán	1029	604	1633	1420	1477	2897	4530
16	Ñaña	430	264	694	287	511	798	1492
17	Chaclacayo	1416	250	1666	500	224	724	2390
18	La Cantuta	115	311	426	1075	94	1169	1595
19	Chosica	1236	122	1358	354	125	479	1837

TABLA 22: Demanda Estimada HPT

Fuente: Adaptado de la Evaluación de Demanda del Informe Final del Estudio de Factibilidad para el Proyecto Ferroviario Urbano de Lima. Presentado por DMJM+HARRIS, C.P.S. de Ingeniería S.A.C. y AATE

HORA VALLE (HV): 9:00 AM – 6:00 PM Y 9:00 PM – 11:30 PM

Los resultados de la Tabla 23, muestran que el paradero de mayor dinámica en los ascensos es el paradero Desamparados con 2937 pasajeros, y con frecuencia media en el

paradero Universitaria con 2108 pasajeros y el paradero Riva Agüero con 2353 pasajeros. Mientras en los descensos, el paradero Desamparados con 2543 pasajeros es el de mayor incidencia, seguido por el paradero Universitario que tiene 2181 pasajeros.

N°	Paraderos	Ascensos			Descensos			Total pasajeros
		Subida inicial	Transferencias	Total	Bajada final	Transferencias	Total	
1	Gambetta	115	704	819	237	1160	1397	2216
2	Faucett	966	212	1178	708	901	1609	2787
3	Universitaria	274	1834	2108	763	1418	2181	4289
4	Dueñas	281	500	781	310	269	579	1360
5	Alfonso Ugarte	318	953	1270	509	1133	1642	2912
6	Desamparados	470	2467	2937	915	1628	2543	5480
7	Martinete	693	1181	1874	554	491	1045	2919
8	Riva Agüero	271	2082	2353	692	1281	1973	4326
9	La Atarjea	169	824	993	1125	554	1679	2672
10	La Cultura	385	1287	1672	176	802	978	2650
11	Javier Prado	747	211	958	849	330	1179	2137
12	Vitarte	367	276	643	667	156	823	1466
13	Las Torres	1034	363	1397	1132	557	1689	3086
14	Santa Clara	80	217	297	757	373	1130	1427
15	Huaycán	1422	835	2257	773	805	1578	3835
16	Ñaña	547	335	882	244	435	679	1561
17	Chaclacayo	1416	250	1666	411	185	596	2262
18	La Cantuta	254	688	942	707	61	768	1710
19	Chosica - La Perla	663	66	729	206	72	278	1007

TABLA 23: Demanda Estimada HV

Fuente: Adaptado de la Evaluación de Demanda del Informe Final del Estudio de Factibilidad para el Proyecto Ferroviario Urbano de Lima. Presentado por DMJM+HARRIS, C.P.S. de Ingeniería S.A.C. y AATE

Con las estimaciones realizadas en los periodos pico y valle se alcanzó una demanda diaria estimada, la cual se muestra en la Tabla 24:

Nº	Paraderos	Tipo	Pasajeros por día
1	Chosica - La Perla	Paradero - De paso	34,701
2	La Cantuta	Paradero - De paso	44,567
3	Chaclacayo	Paradero - De paso	10,321
4	Ñaña	Paradero - De paso	35,833
5	Huaycán	Estación	68,715
6	Santa Clara	Paradero - De paso	54,741
7	Las Torres	Paradero - De paso	45,399
8	Vitarte	Estación Intercambio L2	32,098
9	Javier Prado	Paradero - De paso	41,559
10	Mercado Santa Anita	Paradero - De paso	26,472
11	La Atarjea	Paradero - De paso	33,064
12	Riva Agüero	Paradero - De paso	34,792
13	Martinete	Estación Intercambio L1	19,065
14	Desamparados	Paradero - De paso	42,240
15	Alfonso Ugarte	Estación Intermodal COSAC	13,433
16	Dueñas	Paradero - De paso	11,572
17	Universitaria	Paradero - De paso	17,716
18	Faucett	Estación Intercambio L4	29,271
19	Gambetta	Paradero - De paso	8,217
TOTAL			648,064

TABLA 24: Demanda Diaria Esperada

Fuente: Dpto. de Proyectos – Ferrovías Central Andina
Estudio de Factibilidad – Metro Lima Línea Callao Chosica

ANALISIS DE LA OFERTA

En este punto se tratará la caracterización de las empresas de transporte público urbano que actualmente operan en el tramo entre Chosica – Ate Vitarte - Callao. Es decir el área prevista para la operación del Metro de Lima: Callao - Chosica en el Eje Vial Este - Oeste. Algunas de estas empresas cubren rutas que sólo cruzan o se superponen en tramos reducidos con el trazo del corredor. Otras si tienen rutas que se superponen por muchos kilómetros, cubriendo hasta un 70 % del mismo²¹.

EMPRESAS OPERADORAS CALLAO-CHOSICA

Según el estudio de factibilidad del metro Lima, línea Callao – Chosica de Ferrovías Central Andina (FVCA); se ha identificado que 168 empresas prestan servicios en 225 rutas que tienen contacto el Corredor Este-Oeste. La Tabla 25 nos muestra los detalles que abarcan estas empresas:

Nro.	Nombre de Empresa	Rutas cubiertas	Flota Total	Vehículos Antiguos	Cam. Rurales
1	E.T. Y SERVICIOS ORION S.A.	4	315	192	25
2	E.T. SERVICIOS Y TURISMO EUREKS S.A.C.	4	114	73	69
3	E.T. Y SERV. LIMA CHOSICA S.A.	2	107	68	39
4	TRANSPORTES PESQUEROS S.A.	4	142	112	7
5	COOP. DE SERV.ESP. TRANSP. SOL Y MAR	3	180	90	
6	E.T. Y SERV. SALVADOR S.A.C.	3	166	74	38
7	E.T. Y SERV. MULTIPLES CALIFORNIA SAC	3	210	26	210
8	E.T.S.GUADULFO SILVA CARBAJAL S.A.	3	240	84	37
9	E.T SERV. MULT. NUEVO PERU S.A.	3	168	76	58

²¹ Estudio de Factibilidad – Metro Lima Línea Callao Chosica - FVCA

10	E.SERV.Y TRANS.LIMA VENTANILLA TURISMO	3	110	47	110
11	E.T. YAGASOL S.A.C.	3	130	94	36
12	TRANSPORTES Y SERVICE CANADA S.A.	3	132	75	61
13	E.T. SANTA ROSA DE JICAMARCA S.A.	3	249	191	1
	Subtotal Principales Empresas: 13	41	2263	1202	691
	TOTAL EMPRESAS EN EL CORREDOR E-O	225	13334	6930	5490
	Cobertura de Principales Empresas: 13 (7.7%)	18.2%	17.0%	17.3%	12.6%

TABLA 25: Principales empresas que brindan servicios en el área prevista para el Metro de Lima:
Callao-Chosica

Fuente: Estudio para la Consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima y GTU (MML)

De las 168 empresas que trabajan en el área de influencia del Corredor E-O las 40 principales (el 23.8%) poseen el 43% de la flota que circula por el corredor en el corredor, seguido ver Tabla 26:

Nro.	NOMBRE DE EMPRESA	Flota
1	E.T. Y SERVICIOS ORION S.A.	315
2	E.T. SANTA ROSA DE JICAMARCA S.A.	249
3	E.T.S.GUADULFO SILVA CARBAJAL S.A.	240
4	E.T. Y SERV. MULTIPLES CALIFORNIA SAC	210
5	E.T. TURISMO HUAYCAN S.A.	187
6	E.T.SERVICIO Y COMERCIO EXPRESO SANTA ANITA S.A.	180
7	COOPERATIVA DE SERV.ESPECIALES TRANSP. SOL Y MAR	180
8	E.T. PUENTE PIEDRA S.A.	172
9	E.T SERV. MULT. NUEVO PERU S.A.	168
10	E.T. Y SERV. SALVADOR S.A.C.	166
11	AGRUP. DE TRANS. EN CAMIONETAS S.A. (A.T.C.R. S.A.)	157
12	E.T. FEDERICO VILLARREAL S.A.	154
13	TRANSPORTES PESQUEROS S.A.	142

14	E.T. SEÑOR DE MURUHUAY S.A.	138
15	TRANSPORTES NEGOCIACIONES SANTA ANITA S.A.	136
16	E.T. 78 S.A.	134
17	E.S.E.T. SAN JUDAS TADEO S.A.	133
18	E.T. SEÑOR DEL MAR S.A.	132
19	TRANSPORTES Y SERVICE CANADA S.A.	132
20	E.T. YAGASOL S.A.C.	130
21	E.T. Y SERV. EL ALAMO DE SANTA ROSA S.A.	129
22	E.T. Y SERVICIOS MULTIPLES SUR LIMA S.A.	127
23	E.T. Y SERV. LOS OLIVOS S.A.	119
24	E.T.Y TURISMO CALIFORNIA SIGLO XXI S.A.	119
25	E.T. EL TRIUNFO S.A.	119
26	E.T. Y SERV. SAN ANTONIO S.A.	117
27	E.T. LUIS BANCHERO ROSSI S.A.	117
28	E.T. SERV. EL SOL DE SANTA CLARA	117
29	E.T. SERV. SAN JUAN DE DIOS S.A.	117
30	E.T. REP. SARITA COLONIA Y VILLA SOL S.A. (ETRESCOVISSA)	115
31	E.T. SERVICIOS Y TURISMO EUREKS S.A.C.	114
32	MULTISERVICIOS E INVERSIONES CHIM PUM CALLAO S.A.	112
33	E.T. SOL DE ORO S.A.	112
34	E.T. UNIDOS PROPIETARIOS UNIDOS S.A.	111
35	E.T. SERVICIOS EL INTI S.A.	111
36	E.T. UNIDOS CHAMA S.A.	111
37	E.SERV.Y TRANS.LIMA VENTANILLA TURISMO S.A.	110
38	E.T. TURISMO Y REPRESENT. GENESIS S.A.	108
39	E.T. Y SERV. LIMA CHOSICA S.A.	107
40	E.T. VIRGEN DE LA ASUNCION S.A.	106
	Flota total de las 40 principales empresas	5753
	FLOTA TOTAL DE TODAS LAS EMPRESAS EN EL CORREDOR: 168	13334
	Porcentaje de las 40 (23.8%) principales empresas	43.1%

TABLA 26: Flota de las principales empresas que brindan servicios en el área prevista para el Metro de Lima: Callao-Chosica

Fuente: Estudio para la Consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima y GTU (MML)

ESQUEMA OPERATIVO DEL SISTEMA DE EMPRESAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN EL EJE VIAL ESTE - OESTE²²

El transporte público urbano es una actividad que enfrenta una aguda competencia horizontal con otras empresas del sector, y vertical, al interior de las empresas, por parte de los diversos propietarios de vehículos de las distintas empresas que poseen la concesión de la ruta. Esto incrementa la inestabilidad personal de quienes en ellas participan. Es una actividad de estructura piramidal, cuya base está formada por choferes y cobradores y cuya cúspide la constituyen los propietarios de vehículos, los empresarios y los representantes gremiales.

El sector mueve considerables volúmenes de dinero, pero su productividad es baja, tal vez por la extensión de la ruta, la cual es diseñada para conseguir un volumen de pasajeros suficientes para lograr una rentabilidad promedio que sirva para cubrir sus componentes: alquiler de unidad, derecho de ruta, combustible, remuneraciones del chofer y del cobrador. A pesar de la baja productividad que presenta, abarca a una gran cantidad de personas, la cual hace que esta actividad sea una de las actividades de mayor generación de empleo (informal) en la ciudad. Esto trae como consecuencia que esta actividad no ofrezca niveles de capitalización o ingresos como para promover grados de satisfacción personal o por actividad, razón por la cual existe un alto índice de disconformidad con la misma.

²² Estudio de Factibilidad – Metro Lima Línea Callao Chosica - FVCA

En la mayoría de las empresas de transportes, concesionarias de las rutas, la propiedad del vehículo corresponde a personas naturales o contratantes de rutas. Los propietarios de los vehículos son quienes pagan una cuota a los empresarios (concesionarios de rutas), por concepto de “mantenimiento de ruta”. El mantenimiento de las unidades y las condiciones de pago a los operadores (conductor y cobrador) corren por cuenta del propietario del vehículo. Así, en promedio, se tiene el siguiente orden de pago: Los operadores trabajan un promedio de 10 a 15 horas y descansan una vez por semana.

Con los ingresos que generan los operadores deben realiza varios pagos, como la gasolina, el pago a los “dateros” (más o menos 6 soles por día por vehículo). Los dateros en la mayoría de los casos son “contratados y pagados” por los operadores de las rutas y en muy pocos casos por la empresa concesionaria. Con la diferencia, los operadores deben rendir cuenta al propietario del vehículo, quien les paga aproximadamente unos S/. 50 soles por día (en el caso de los conductores) y S/.30 (en el caso de los cobradores). El propietario finalmente le paga al empresario el alquiler de la ruta, lo que puede ascender entre 10 y 20 soles diarios, según la calidad de la ruta.

Es frecuente observar que los propietarios de las unidades cumplen con los sueldos, pero sin aportar los derechos sociales que obliga la ley. En el sistema existe un alto grado de rotación de operadores, estos acostumbran a migrar de una empresa a otra. El alto nivel de competencia y la búsqueda de mejores ingresos provocan que, tanto los propietarios de vehículos como los operadores, constantemente busquen otras oportunidades de mayor rendimiento. Esta dinámica involucra la demanda en las rutas concesionadas y la competencia, que por ello, se genera en la misma empresa.

INTERFERENCIAS DEL FLUJO DE LA VÍA FERREA

Como la vía férrea existente, en su totalidad la línea es a superficie, se encuentra sin un cerco, está expuesta a los cruces intempestivos a través de ella por peatones y vehículos motorizados en tramos o zonas donde no existen pasos a nivel o que han sido

construidos de forma clandestina. Esto ha originado accidentes y atropellos, que en la mayoría de veces fueron mortales.

A continuación, en la Tabla 27, se mencionan los pasos a nivel identificados en el tramo del proyecto:

N°	Paso a Nivel	Condición	Progresiva (km)
1	Av. Contraalmirante Mora	Público	1.500
2	Centromin Perú	Privado	2.302
3	Av. Gambetta	Público	2.791
4	Villegas	Público	4.130
5	Ransa (Nuevo)	Privado	4.400
6	Minka (Nuevo)	Privado	4.900
7	Pasaje El Sol	Público	4.990
8	Fábrica De Loza Inca	Privado	5.330
9	Pasaje Grau	Clandestino	5.650
10	Av. Elmer Faucett	Público	5.900
11	Av. Jorge Chávez	Público	6.909
12	Pasaje Belaunde	Clandestino	7.200
13	Av. Carrión	Público	7.410
14	Av. Universitaria	Público	8.385
15	Av. Nicolás Dueñas	Público	9.632
16	Ecuador	Público	10.666
17	Av. Ramón Cárcamo	Público	11.400
18	Av. Acomayo	Público	11.700
19	Ascope	Público	11.818
20	Plácido Jiménez (Unicom)	Público	16.497
21	Emp. Eléctrica Asociados	Privado	16.125
22	Riva Agüero (1)	Público	17.470
23	Riva Agüero (2)	Público	17.503
24	Puente Huáscar	Clandestino	18.500
25	Sedapal	Privado	19.140

26	Pasaje Andahuaylas	Clandestino	21.900
27	Pasaje Pradera	Clandestino	22.100
28	Sin Denominación	Clandestino	22.400
29	Surco La Atarjea	Privado	22.650
30	Ladrillera	Público	22.685
31	Asoc. Vivienda 1º Mayo	Clandestino	23.450
32	Asoc. Vivienda 1º Mayo	Privado	23.522
33	Zavala	Público	23.940
34	Santa Rosita	Público	24.995
35	Ladrillera Vitarte	Público	26.050
36	Curtiembre Patamo	Público	27.200
37	Curtiembre Patamo	Privado	27.800
38	Las Torres (1)	Público	28.871
39	Las Torres (2)	Público	28.883
40	Sin Denominación	Clandestino	29.400
41	Derivados Del Maíz	Privado	30.013
42	Frito Lay Perú	Privado	30.460
43	Santa Clara	Público	30.493
44	Lamitem	Privado	30.730
45	Sin Denominación	Clandestino	30.800
46	Proavico	Privado	30.910
47	Asoc. Vivienda Santa Clara	Público	31.020
48	AA.HH. 11 De Octubre	Público	31.083
49	San Juan	Público	32.100
50	Gloria Alcanfores	Privado	33.100
51	Sin Denominación	Clandestino	34.100
52	Pariache	Privado	35.186
53	Sedapal	Privado	36.300
54	Malteria Lima	Privado	37.824
55	Ñaña	Público	38.204
56	Miguel Grau	Público	39.171
57	Morón	Privado	42.118
58	Los Girasoles	Público	42.311

59	San Bartolomé	Público	43.280
60	Huampaní	Público	43.583
61	El Rosario	Público	44.376
62	Paso A Nivel: Los Ángeles	Público	47.056
63	California	Público	48.565
64	Rímac	Público	52.831
65	Urb. San Fernando	Público	53.453
66	Paso A Nivel: Chosica	Público	53.652

TABLA 27: Pasos a Nivel Existentes en la Línea Férrea

Fuente: Dpto. de Vías - Ferrovías Central Andina (FVCA)

CARACTERISTICAS DE LA OPERACIÓN: TREN DE CERCANIAS

SISTEMA EVALUADO DEL SERVICIO

El sistema que se propone implementar para este proyecto de tesis es:

SISTEMA DIESEL HIDRÁULICO: TREN DE CERCANÍAS CHOSICA - CALLAO

DESARROLLO DEL RECORRIDO DEL SISTEMA

Sobre la Línea o vía principal existente donde opera el Ferrocarril Central Andino (FCCA); para nuestro proyecto se desarrolla a nivel de superficie el diseño del trazo de la Doble Vía que recorre desde el tramo comprendido desde el Ingreso del Patio Taller del Callao (PK 1+000) – Cercado Callo hasta el distrito de Chosica (PK 53+000), constituyendo una longitud total 53 Km. En la Tabla 28, mostramos la ubicación del trazo de nuestra propuesta y los distritos beneficiados por el proyecto.

Línea	Provincia	Distrito	Trazo
Tren de Cercanías: Chosica – Callao (Corredor Este – Oeste)	Lima	Lurigancho-Chosica	En Línea Existente del FCCA: Trazo de la Doble Vía (51.73 Km.) para el servicio de Transporte Masivo de Pasajeros.
		Chaclacayo	
		Ate-Vitarte	
		Santa Anita	
		El Agustino	
		Cercado de Lima	
Tren de Cercanías: Chosica – Callao	Callao	Carmen de la Legua Reynoso	En Línea Existente del FCCA: Trazo de

(Corredor Este – Oeste)		Callao-Cercado	la Doble Vía (51.73 Km.) para el servicio de Transporte Masivo de Pasajeros.
-------------------------	--	----------------	--

TABLA 28: Ubicación del Trazo – Recorrido del Sistema

Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO N° 08: Esquema del Trazo – Recorrido del Sistema

Fuente: Elaboración Propia

LEYENDA

Trazo	Descripción
	Propuesta de Tesis: Trazo de Doble Vía - Tren de Cercanías Callao - Chosica
	Trazo Existente de Línea 1 – Metro Lima
	Trazo Existente Metropolitano (COSAC 1)
	Futura Línea 4 – Metro Lima
	Trazo Existente de Línea 2 – Metro de Lima (En ejecución)

PROPUESTA DE ESTACIONES Y PARADEROS

A través de la Tabla 29, mostramos la relación de puntos de conexión especificados en Terminales, Estaciones y Paraderos, sumando un total de 53.00 Km. de recorrido.

N°	Puntos de Conexión	PK	Tramo Secuencial	Distancia entre Paraderos (Km)	Tipo
01	Gambeta	1+800	Gambeta-Faucett	3.04	Estación – Intercambio Futura Línea Callao - Ventanilla
02	Faucett	4+840	Faucett-Universitaria	2.46	Estación – Intercambio Futura Línea 4
03	Universitaria	7+300	Universitaria-Dueñas	1.26	Paradero
04	Dueñas	8+560	Dueñas-Alfonso Ugarte	2.52	Paradero
05	Alfonso Ugarte	11+080	Alfonso Ugarte-Desamparados	1.53	Estación- Intercambio Metropolitano
06	Desamparados	12+610	Desamparados-Martinete	1.73	Paradero
07	Martinete	14+340	Martinete-Riva Agüero	1.82	Estación-Intercambio Línea 1
08	Riva Agüero	16+160	Riva Agüero-La Atarjea	4.38	Paradero
09	La Atarjea	20+540	La Atarjea-La Cultura	1.41	Paradero
10	La Cultura	21+95	La Cultura-Javier	1.83	Paradero

		0	Prado		
11	Javier Prado	23+78 0	Javier Prado-Vitarte	2.20	Paradero
12	Vitarte	25+98 0	Vitarte-Las Torres	1.64	Estación-Intercambio Futura Línea 2
13	Las Torres	27+62 0	La Torres-Santa Clara	1.70	Paradero
14	Santa Clara	29+32 0	Santa Clara-Huaycán	5.74	Paradero
15	Huaycán	35+06 0	Huaycán-Ñaña	2.00	Estación
16	Ñaña	37+06 0	Ñaña-Chaclacayo	5.06	Paradero
17	Chaclacayo	42+12 0	Chaclacayo-La Cantuta	9.06	Paradero
18	La Cantuta	51+18 0	La Cantuta-Chosica	1.66	Paradero
19	Chosica	52+84 0	Chosica	-	Estación Terminal

TABLA 29: Paraderos, Estaciones y Terminales

Fuente: Elaboración Propia

En el trazo para el Tren de Cercanías Línea Chosica - Callao, la ubicación de las estaciones se realizó de acuerdo a factores que fueron analizados previamente, así como la demanda de movilidad, la integración urbanística y la evaluación de la articulación con otros sistemas de transporte existentes y/o futuros, la presencia o ausencia de interferencias significativas y otras condiciones de la superficie.

En el trazo de las líneas se detectan elementos estructurales, zonas sensibles y vulnerables que podrían ser afectados durante la construcción de las infraestructuras, por

lo que deben ser considerados en el desarrollo del proyecto, estas interferencias se han clasificado en:

- Edificaciones Informales en la superficie
- Pasos a Nivel
- Pasos a Desnivel.
- Señalización y Seguridad.

CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES Y DISEÑO

Para efectos de la modelación del Diseño de la presente Tesis y de acuerdo a las recomendaciones técnicas de Ferrovías Central Andina – FVCA, se asumen las siguientes características operacionales:

- Se mantendrá el trazado que usa el Ferrocarril Central para la realización de sus operaciones, con los ajustes respectivos en tramos rectos, curvas y contra curvas que ameriten para la implementación de la segunda vía férrea y modificaciones del trazo existente para el funcionamiento multimodal de transporte de pasajeros y carga.
- Se proponen 02 Patios Centrales:
 - Patio Central (Taller) - Callao
 - Patio Central (Taller) – Chosica
- Se proponen 12 paraderos entre Callao y Chosica.
- Se proponen 7 Estaciones de transferencia:
 - Gambetta (Conexión con futura Línea Callao-Ventanilla / Futura conexión con Tren de Cercanías Barranca – Ica)
 - Faucett (Conexión con futura Línea 4 – Metro)
 - Alfonso Ugarte (Conexión con existente Línea Metropolitano)
 - Martinete (Conexión con existente Línea 1 – Metro)

- Ate-Vitarte (Conexión con futura Línea 2 – Metro)
 - Huaycán (Estación)
 - Chosica (Estación Taller)
- Para el diseño de nuestro proyecto consideraremos una velocidad comercial de 40 Km/h, incluyendo paradas; llegando a velocidades máximas de 80 Km/h en tramos tangentes, la velocidad tendrá que estar dentro de lo permitido por el FRA, de Clase 3 en donde la Máxima Velocidad de Operación Permitida para Trenes de Pasajeros (Kph). es de 96 Km/Hora. El recorrido a la velocidad comercial de 40 Km/h haría que el **tiempo total de viaje** de la Estación Inicial a la Estación final de la línea férrea sea de aproximadamente 85 minutos (1 hora y 25 minutos).

ESTIMACIÓN DE CANTIDAD DE VIAJES

Para la estimación; hemos considerado las siguientes pautas para el diseño que lo presentamos en la Tabla 30:

Ítem de diseño	Datos	
Tiempo de Hora Punta	@ 6 minutos	
Tiempo de Hora Valle	@ 10 minutos	
Velocidad Comercial	40 Km / Hora	
Velocidad Máxima	80 Km/Hora	
Velocidad Máxima Permitida (FRA)	96 Km/Hora	
Recorrido del Trazo	53.00 Km.	
Tiempo de Recorrido sin paradas	79 minutos	1h 19min
Tiempo de Parada	30 seg. x parada	6 minutos
Tiempo Total de Recorrido de Inicio a Fin	85 minutos	1h 25 min

TABLA 30: Pautas de Diseño

Fuente: Elaboración Propia

- Cantidad de Viajes Gambeta (Callao) – Chosica: Tabla 31

SALIDA		Intervalo	N° viajes	Callao (Gambeta)	Chosica	Chosica	Callao (Gambeta)
1	Hora Valle (HV)	0:00:00	2	5:30:00	6:55:00	6:55:00	8:20:00
2		0:10:00	2	5:40:00	7:05:00	7:15:00	8:40:00
3		0:10:00	2	5:50:00	7:15:00	7:25:00	8:50:00
4		0:10:00	2	6:00:00	7:25:00	7:35:00	9:00:00
5	Hora Pico Mañana (HPM)	0:06:00	2	6:06:00	7:31:00	7:37:00	9:02:00
6		0:06:00	2	6:12:00	7:37:00	7:43:00	9:08:00
7		0:06:00	2	6:18:00	7:43:00	7:49:00	9:14:00
8		0:06:00	2	6:24:00	7:49:00	7:55:00	9:20:00
9		0:06:00	2	6:30:00	7:55:00	8:01:00	9:26:00
10		0:06:00	2	6:36:00	8:01:00	8:07:00	9:32:00
11		0:06:00	2	6:42:00	8:07:00	8:13:00	9:38:00
12		0:06:00	2	6:48:00	8:13:00	8:19:00	9:44:00
13		0:06:00	2	6:54:00	8:19:00	8:25:00	9:50:00
14		0:06:00	2	7:00:00	8:25:00	8:31:00	9:56:00
15		0:06:00	2	7:06:00	8:31:00	8:37:00	10:02:00
16		0:06:00	2	7:12:00	8:37:00	8:43:00	10:08:00
17		0:06:00	2	7:18:00	8:43:00	8:49:00	10:14:00
18		0:06:00	2	7:24:00	8:49:00	8:55:00	10:20:00
19		0:06:00	2	7:30:00	8:55:00	9:01:00	10:26:00
20		0:06:00	2	7:36:00	9:01:00	9:07:00	10:32:00
21		0:06:00	2	7:42:00	9:07:00	9:13:00	10:38:00
22		0:06:00	2	7:48:00	9:13:00	9:19:00	10:44:00
23		0:06:00	2	7:54:00	9:19:00	9:25:00	10:50:00
24		0:06:00	2	8:00:00	9:25:00	9:31:00	10:56:00
25		0:06:00	2	8:06:00	9:31:00	9:37:00	11:02:00
26		0:06:00	2	8:12:00	9:37:00	9:43:00	11:08:00
27		0:06:00	2	8:18:00	9:43:00	9:49:00	11:14:00
28		0:06:00	2	8:24:00	9:49:00	9:55:00	11:20:00
29		0:06:00	2	8:30:00	9:55:00	10:01:00	11:26:00
30		0:06:00	2	8:36:00	10:01:00	10:07:00	11:32:00
31		0:06:00	2	8:42:00	10:07:00	10:13:00	11:38:00
32		0:06:00	2	8:48:00	10:13:00	10:19:00	11:44:00
33		0:06:00	2	8:54:00	10:19:00	10:25:00	11:50:00
34		0:06:00	2	9:00:00	10:25:00	10:31:00	11:56:00
35	Hora Valle (HV)	0:10:00	2	9:10:00	10:35:00	10:45:00	12:10:00
36		0:10:00	2	9:20:00	10:45:00	10:55:00	12:20:00
37		0:10:00	2	9:30:00	10:55:00	11:05:00	12:30:00
38		0:10:00	2	9:40:00	11:05:00	11:15:00	12:40:00
39		0:10:00	2	9:50:00	11:15:00	11:25:00	12:50:00
40		0:10:00	2	10:00:00	11:25:00	11:35:00	13:00:00
41		0:10:00	2	10:10:00	11:35:00	11:45:00	13:10:00
42		0:10:00	2	10:20:00	11:45:00	11:55:00	13:20:00

43		0:10:00	2	10:30:00	11:55:00	12:05:00	13:30:00
44		0:10:00	2	10:40:00	12:05:00	12:15:00	13:40:00
45		0:10:00	2	10:50:00	12:15:00	12:25:00	13:50:00
46		0:10:00	2	11:00:00	12:25:00	12:35:00	14:00:00
47		0:10:00	2	11:10:00	12:35:00	12:45:00	14:10:00
48		0:10:00	2	11:20:00	12:45:00	12:55:00	14:20:00
49		0:10:00	2	11:30:00	12:55:00	13:05:00	14:30:00
50		0:10:00	2	11:40:00	13:05:00	13:15:00	14:40:00
51		0:10:00	2	11:50:00	13:15:00	13:25:00	14:50:00
52		0:10:00	2	12:00:00	13:25:00	13:35:00	15:00:00
53		0:10:00	2	12:10:00	13:35:00	13:45:00	15:10:00
54		0:10:00	2	12:20:00	13:45:00	13:55:00	15:20:00
55		0:10:00	2	12:30:00	13:55:00	14:05:00	15:30:00
56		0:10:00	2	12:40:00	14:05:00	14:15:00	15:40:00
57		0:10:00	2	12:50:00	14:15:00	14:25:00	15:50:00
58		0:10:00	2	13:00:00	14:25:00	14:35:00	16:00:00
59		0:10:00	2	13:10:00	14:35:00	14:45:00	16:10:00
60		0:10:00	2	13:20:00	14:45:00	14:55:00	16:20:00
61		0:10:00	2	13:30:00	14:55:00	15:05:00	16:30:00
62		0:10:00	2	13:40:00	15:05:00	15:15:00	16:40:00
63		0:10:00	2	13:50:00	15:15:00	15:25:00	16:50:00
64		0:10:00	2	14:00:00	15:25:00	15:35:00	17:00:00
65		0:10:00	2	14:10:00	15:35:00	15:45:00	17:10:00
66		0:10:00	2	14:20:00	15:45:00	15:55:00	17:20:00
67		0:10:00	2	14:30:00	15:55:00	16:05:00	17:30:00
68		0:10:00	2	14:40:00	16:05:00	16:15:00	17:40:00
69		0:10:00	2	14:50:00	16:15:00	16:25:00	17:50:00
70		0:10:00	2	15:00:00	16:25:00	16:35:00	18:00:00
71		0:10:00	2	15:10:00	16:35:00	16:45:00	18:10:00
72		0:10:00	2	15:20:00	16:45:00	16:55:00	18:20:00
73		0:10:00	2	15:30:00	16:55:00	17:05:00	18:30:00
74		0:10:00	2	15:40:00	17:05:00	17:15:00	18:40:00
75		0:10:00	2	15:50:00	17:15:00	17:25:00	18:50:00
76		0:10:00	2	16:00:00	17:25:00	17:35:00	19:00:00
77		0:10:00	2	16:10:00	17:35:00	17:45:00	19:10:00
78		0:10:00	2	16:20:00	17:45:00	17:55:00	19:20:00
79		0:10:00	2	16:30:00	17:55:00	18:05:00	19:30:00
80		0:10:00	2	16:40:00	18:05:00	18:15:00	19:40:00
81		0:10:00	2	16:50:00	18:15:00	18:25:00	19:50:00
82		0:10:00	2	17:00:00	18:25:00	18:35:00	20:00:00
83		0:10:00	2	17:10:00	18:35:00	18:45:00	20:10:00
84		0:10:00	2	17:20:00	18:45:00	18:55:00	20:20:00
85		0:10:00	2	17:30:00	18:55:00	19:05:00	20:30:00
86		0:10:00	2	17:40:00	19:05:00	19:15:00	20:40:00
87		0:10:00	2	17:50:00	19:15:00	19:25:00	20:50:00

88	Hora Pico Tarde (HPT)	0:10:00	2	18:00:00	19:25:00	19:35:00	21:00:00
89		0:06:00	2	18:06:00	19:31:00	19:37:00	21:02:00
90		0:06:00	2	18:12:00	19:37:00	19:43:00	21:08:00
91		0:06:00	2	18:18:00	19:43:00	19:49:00	21:14:00
92		0:06:00	2	18:24:00	19:49:00	19:55:00	21:20:00
93		0:06:00	2	18:30:00	19:55:00	20:01:00	21:26:00
94		0:06:00	2	18:36:00	20:01:00	20:07:00	21:32:00
95		0:06:00	2	18:42:00	20:07:00	20:13:00	21:38:00
96		0:06:00	2	18:48:00	20:13:00	20:19:00	21:44:00
97		0:06:00	2	18:54:00	20:19:00	20:25:00	21:50:00
98		0:06:00	2	19:00:00	20:25:00	20:31:00	21:56:00
99		0:06:00	2	19:06:00	20:31:00	20:37:00	22:02:00
100		0:06:00	2	19:12:00	20:37:00	20:43:00	22:08:00
101		0:06:00	2	19:18:00	20:43:00	20:49:00	22:14:00
102		0:06:00	2	19:24:00	20:49:00	20:55:00	22:20:00
103		0:06:00	2	19:30:00	20:55:00	21:01:00	22:26:00
104		0:06:00	2	19:36:00	21:01:00	21:07:00	22:32:00
105		0:06:00	2	19:42:00	21:07:00	21:13:00	22:38:00
106		0:06:00	2	19:48:00	21:13:00	21:19:00	22:44:00
107		0:06:00	2	19:54:00	21:19:00	21:25:00	22:50:00
108		0:06:00	2	20:00:00	21:25:00	21:31:00	22:56:00
109		0:06:00	2	20:06:00	21:31:00	21:37:00	23:02:00
110		0:06:00	2	20:12:00	21:37:00	21:43:00	23:08:00
111		0:06:00	2	20:18:00	21:43:00	21:49:00	23:14:00
112		0:06:00	2	20:24:00	21:49:00	21:55:00	23:20:00
113		0:06:00	2	20:30:00	21:55:00	22:01:00	23:26:00
114		0:06:00	2	20:36:00	22:01:00	22:07:00	23:32:00
115		0:06:00	2	20:42:00	22:07:00	22:13:00	23:38:00
116		0:06:00	2	20:48:00	22:13:00	22:19:00	23:44:00
117		0:06:00	2	20:54:00	22:19:00	22:25:00	23:50:00
118	0:06:00	1	21:00:00	22:25:00			
119	Hora Valle (HV)	0:10:00	1	21:10:00	22:35:00		
120		0:10:00	1	21:20:00	22:45:00		
121		0:10:00	1	21:30:00	22:55:00		
122		0:10:00	1	21:40:00	23:05:00		
123		0:10:00	1	21:50:00	23:15:00		
124		0:10:00	1	22:00:00	23:25:00		
125		0:10:00	1	22:10:00	23:35:00		
126		0:10:00	1	22:20:00	23:45:00		
127		0:10:00	1	22:30:00	23:55:00		
CANTIDAD DE VIAJES (GAMBETA - CHOSICA			244

TABLA 31: Cantidad de Viajes (Gambeta-Chosica)

Fuente: Elaboración Propia

- Cantidad de Viajes Chosica – Gambeta (Callao): Tabla 32

SALIDA		Intervalo	N° viajes	Chosica	Callao (Gambeta)	Callao (Gambeta)	Chosica
1	Hora Valle (HV)	0:00:00	2	5:30:00	6:55:00	6:55:00	8:20:00
2		0:10:00	2	5:40:00	7:05:00	7:15:00	8:40:00
3		0:10:00	2	5:50:00	7:15:00	7:25:00	8:50:00
4		0:10:00	2	6:00:00	7:25:00	7:35:00	9:00:00
5	Hora Pico Mañana (HPM)	0:06:00	2	6:06:00	7:31:00	7:37:00	9:02:00
6		0:06:00	2	6:12:00	7:37:00	7:43:00	9:08:00
7		0:06:00	2	6:18:00	7:43:00	7:49:00	9:14:00
8		0:06:00	2	6:24:00	7:49:00	7:55:00	9:20:00
9		0:06:00	2	6:30:00	7:55:00	8:01:00	9:26:00
10		0:06:00	2	6:36:00	8:01:00	8:07:00	9:32:00
11		0:06:00	2	6:42:00	8:07:00	8:13:00	9:38:00
12		0:06:00	2	6:48:00	8:13:00	8:19:00	9:44:00
13		0:06:00	2	6:54:00	8:19:00	8:25:00	9:50:00
14		0:06:00	2	7:00:00	8:25:00	8:31:00	9:56:00
15		0:06:00	2	7:06:00	8:31:00	8:37:00	10:02:00
16		0:06:00	2	7:12:00	8:37:00	8:43:00	10:08:00
17		0:06:00	2	7:18:00	8:43:00	8:49:00	10:14:00
18		0:06:00	2	7:24:00	8:49:00	8:55:00	10:20:00
19		0:06:00	2	7:30:00	8:55:00	9:01:00	10:26:00
20		0:06:00	2	7:36:00	9:01:00	9:07:00	10:32:00
21		0:06:00	2	7:42:00	9:07:00	9:13:00	10:38:00
22		0:06:00	2	7:48:00	9:13:00	9:19:00	10:44:00
23		0:06:00	2	7:54:00	9:19:00	9:25:00	10:50:00
24		0:06:00	2	8:00:00	9:25:00	9:31:00	10:56:00
25		0:06:00	2	8:06:00	9:31:00	9:37:00	11:02:00
26		0:06:00	2	8:12:00	9:37:00	9:43:00	11:08:00
27		0:06:00	2	8:18:00	9:43:00	9:49:00	11:14:00
28		0:06:00	2	8:24:00	9:49:00	9:55:00	11:20:00
29		0:06:00	2	8:30:00	9:55:00	10:01:00	11:26:00
30		0:06:00	2	8:36:00	10:01:00	10:07:00	11:32:00
31		0:06:00	2	8:42:00	10:07:00	10:13:00	11:38:00
32		0:06:00	2	8:48:00	10:13:00	10:19:00	11:44:00
33		0:06:00	2	8:54:00	10:19:00	10:25:00	11:50:00
34		0:06:00	2	9:00:00	10:25:00	10:31:00	11:56:00
35	Hora Valle (HV)	0:10:00	2	9:10:00	10:35:00	10:45:00	12:10:00
36		0:10:00	2	9:20:00	10:45:00	10:55:00	12:20:00

37		0:10:00	2	9:30:00	10:55:00	11:05:00	12:30:00
38		0:10:00	2	9:40:00	11:05:00	11:15:00	12:40:00
39		0:10:00	2	9:50:00	11:15:00	11:25:00	12:50:00
40		0:10:00	2	10:00:00	11:25:00	11:35:00	13:00:00
41		0:10:00	2	10:10:00	11:35:00	11:45:00	13:10:00
42		0:10:00	2	10:20:00	11:45:00	11:55:00	13:20:00
43		0:10:00	2	10:30:00	11:55:00	12:05:00	13:30:00
44		0:10:00	2	10:40:00	12:05:00	12:15:00	13:40:00
45		0:10:00	2	10:50:00	12:15:00	12:25:00	13:50:00
46		0:10:00	2	11:00:00	12:25:00	12:35:00	14:00:00
47		0:10:00	2	11:10:00	12:35:00	12:45:00	14:10:00
48		0:10:00	2	11:20:00	12:45:00	12:55:00	14:20:00
49		0:10:00	2	11:30:00	12:55:00	13:05:00	14:30:00
50		0:10:00	2	11:40:00	13:05:00	13:15:00	14:40:00
51		0:10:00	2	11:50:00	13:15:00	13:25:00	14:50:00
52		0:10:00	2	12:00:00	13:25:00	13:35:00	15:00:00
53		0:10:00	2	12:10:00	13:35:00	13:45:00	15:10:00
54		0:10:00	2	12:20:00	13:45:00	13:55:00	15:20:00
55		0:10:00	2	12:30:00	13:55:00	14:05:00	15:30:00
56		0:10:00	2	12:40:00	14:05:00	14:15:00	15:40:00
57		0:10:00	2	12:50:00	14:15:00	14:25:00	15:50:00
58		0:10:00	2	13:00:00	14:25:00	14:35:00	16:00:00
59		0:10:00	2	13:10:00	14:35:00	14:45:00	16:10:00
60		0:10:00	2	13:20:00	14:45:00	14:55:00	16:20:00
61		0:10:00	2	13:30:00	14:55:00	15:05:00	16:30:00
62		0:10:00	2	13:40:00	15:05:00	15:15:00	16:40:00
63		0:10:00	2	13:50:00	15:15:00	15:25:00	16:50:00
64		0:10:00	2	14:00:00	15:25:00	15:35:00	17:00:00
65		0:10:00	2	14:10:00	15:35:00	15:45:00	17:10:00
66		0:10:00	2	14:20:00	15:45:00	15:55:00	17:20:00
67		0:10:00	2	14:30:00	15:55:00	16:05:00	17:30:00
68		0:10:00	2	14:40:00	16:05:00	16:15:00	17:40:00
69		0:10:00	2	14:50:00	16:15:00	16:25:00	17:50:00
70		0:10:00	2	15:00:00	16:25:00	16:35:00	18:00:00
71		0:10:00	2	15:10:00	16:35:00	16:45:00	18:10:00
72		0:10:00	2	15:20:00	16:45:00	16:55:00	18:20:00
73		0:10:00	2	15:30:00	16:55:00	17:05:00	18:30:00
74		0:10:00	2	15:40:00	17:05:00	17:15:00	18:40:00
75		0:10:00	2	15:50:00	17:15:00	17:25:00	18:50:00
76		0:10:00	2	16:00:00	17:25:00	17:35:00	19:00:00
77		0:10:00	2	16:10:00	17:35:00	17:45:00	19:10:00
78		0:10:00	2	16:20:00	17:45:00	17:55:00	19:20:00
79		0:10:00	2	16:30:00	17:55:00	18:05:00	19:30:00
80		0:10:00	2	16:40:00	18:05:00	18:15:00	19:40:00
81		0:10:00	2	16:50:00	18:15:00	18:25:00	19:50:00

82		0:10:00	2	17:00:00	18:25:00	18:35:00	20:00:00
83		0:10:00	2	17:10:00	18:35:00	18:45:00	20:10:00
84		0:10:00	2	17:20:00	18:45:00	18:55:00	20:20:00
85		0:10:00	2	17:30:00	18:55:00	19:05:00	20:30:00
86		0:10:00	2	17:40:00	19:05:00	19:15:00	20:40:00
87		0:10:00	2	17:50:00	19:15:00	19:25:00	20:50:00
88		0:10:00	2	18:00:00	19:25:00	19:35:00	21:00:00
89	Hora Pico Tarde (HPT)	0:06:00	2	18:06:00	19:31:00	19:37:00	21:02:00
90		0:06:00	2	18:12:00	19:37:00	19:43:00	21:08:00
91		0:06:00	2	18:18:00	19:43:00	19:49:00	21:14:00
92		0:06:00	2	18:24:00	19:49:00	19:55:00	21:20:00
93		0:06:00	2	18:30:00	19:55:00	20:01:00	21:26:00
94		0:06:00	2	18:36:00	20:01:00	20:07:00	21:32:00
95		0:06:00	2	18:42:00	20:07:00	20:13:00	21:38:00
96		0:06:00	2	18:48:00	20:13:00	20:19:00	21:44:00
97		0:06:00	2	18:54:00	20:19:00	20:25:00	21:50:00
98		0:06:00	2	19:00:00	20:25:00	20:31:00	21:56:00
99		0:06:00	2	19:06:00	20:31:00	20:37:00	22:02:00
100		0:06:00	2	19:12:00	20:37:00	20:43:00	22:08:00
101		0:06:00	2	19:18:00	20:43:00	20:49:00	22:14:00
102		0:06:00	2	19:24:00	20:49:00	20:55:00	22:20:00
103		0:06:00	2	19:30:00	20:55:00	21:01:00	22:26:00
104		0:06:00	2	19:36:00	21:01:00	21:07:00	22:32:00
105		0:06:00	2	19:42:00	21:07:00	21:13:00	22:38:00
106		0:06:00	2	19:48:00	21:13:00	21:19:00	22:44:00
107		0:06:00	2	19:54:00	21:19:00	21:25:00	22:50:00
108		0:06:00	2	20:00:00	21:25:00	21:31:00	22:56:00
109		0:06:00	2	20:06:00	21:31:00	21:37:00	23:02:00
110		0:06:00	2	20:12:00	21:37:00	21:43:00	23:08:00
111		0:06:00	2	20:18:00	21:43:00	21:49:00	23:14:00
112		0:06:00	2	20:24:00	21:49:00	21:55:00	23:20:00
113		0:06:00	2	20:30:00	21:55:00	22:01:00	23:26:00
114		0:06:00	2	20:36:00	22:01:00	22:07:00	23:32:00
115		0:06:00	2	20:42:00	22:07:00	22:13:00	23:38:00
116		0:06:00	2	20:48:00	22:13:00	22:19:00	23:44:00
117		0:06:00	2	20:54:00	22:19:00	22:25:00	23:50:00
118		0:06:00	1	21:00:00	22:25:00		
119	Hora Valle (HV)	0:10:00	1	21:10:00	22:35:00		
120		0:10:00	1	21:20:00	22:45:00		
121		0:10:00	1	21:30:00	22:55:00		
122		0:10:00	1	21:40:00	23:05:00		
123		0:10:00	1	21:50:00	23:15:00		
124		0:10:00	1	22:00:00	23:25:00		
125		0:10:00	1	22:10:00	23:35:00		
126		0:10:00	1	22:20:00	23:45:00

127		0:10:00	1	22:30:00	23:55:00		
CANTIDAD DE VIAJES (CHOSICA - GAMBETA)			244				

TABLA 32: Cantidad de Viajes (Chosica - Gambeta)

Fuente: Elaboración Propia

FASES DEL SERVICIO:

La propuesta del Tren de Cercanías Chosica - Callao se propone desarrollar en SECCIONES OPERACIONALES, estas son las siguientes:

- SECCIÓN 1: Callao – Huaycán (56 Minutos aproximados de recorrido)
- SECCIÓN 2: Huaycán – Chosica (29 Minutos aproximados de recorrido)

Esta distinción en secciones se debe a la densidad de la demanda presente en ambos tramos de la longitud de la vía, lo que amerita diferenciar las frecuencias del servicio. La implementación de estas fases de servicio permitiría una optimización de la operación para satisfacer con mayor eficiencia la demanda.

INTERVALOS DE SERVICIO:

Los intervalos de Servicio planeados para este proyecto y para la operación proyectada son de 6 MINUTOS EN HORAS PUNTA Y 10 MINUTOS EN HORAS VALLE, siendo el tiempo mínimo de frecuencia para la SECCION 1.

OFERTAS DE VIAJE:

Para la obtención de la cantidad de viajes a ofertar, se parte de la evaluación de la demanda realizada en el presente documento, que resultó de unos **662,559 pasajeros** diarios proyectados para el 2017.

Partiendo de ese valor, se determinó bajo la sugerencia técnica de Ferrovías Central Andina – FVCA el modelo idóneo de vagón a utilizar. Un modelo **BÁSICO** de **1 NIVEL**, con una capacidad máxima de **235 pasajeros por vagón**. Por ello, la conformación del tren de viaje será de **6 VAGONES**, con una capacidad total de **1,410 pasajeros por Tren**.

Con esa capacidad por tren y definiendo un **stock de 24 trenes** al inicio de la operación, producto de la evaluación de la cantidad de viajes, se llegó a determinar una cantidad de viajes de trenes por día de **488 viajes-tren**. Con dicho valor, se logra ofertar una cantidad de **688,080 viajes (pasajeros) diarios**, donde se llega obtener una **sobreoferta del 103.85% respecto al total de la demanda proyectada**.

Este margen de sobreoferta llega a resultar mucho mayor, debido a que la participación total de la demanda al inicio de la operación es muy poco probable. Por ello, si se parte de una participación de la demanda del 80% al inicio de la operación, se llega obtener una sobreoferta del 129% con respecto a la demanda proyectada²³. Ver Tabla 33:

Número de Patios Centrales	02
Número de Paraderos	12
Número de Estaciones - Intercambio	7
Capacidad de vagones	225
Número vagones por tren	6
Modelo de Vagón	Un Nivel

²³ Estudio de Factibilidad – Metro de Lima Línea Callao – Chosica.

Pasajeros por viaje	1,410 pasajeros	
Trenes al servicio	24	
Demanda diaria esperada	662,559	
Frecuencia en hora pico	6 min	
Cantidad de viajes-tren por día	488	
Oferta de viajes-pasajeros diarios	688,080	
Velocidad Comercial	40 Km/Hora	
Horario de Servicio	5:30 – 23:30 Horas	
Longitud de la Oferta	53.00 Km.	
Participación de la demanda	80%	100%
Oferta VS Demanda (Sobreoferta)	129%	103%

TABLA 33: Resumen del Sistema Operativo

Fuente: Elaboración Propia

TARIFAS:

La tarifa promedio de transporte público en Lima considera la incidencia de los descuentos a estudiantes universitarios y escolares. Por ello, se ha considerado la siguiente tarifa promedio:

$$TP = TA * 0.73 + TM * 0.19 + TE * 0.08$$

En donde:

TP = Tarifa Promedio

TA = Tarifa Adulto

TM = Tarifa Medio (50 % de tarifa adulto)

TE = Tarifa Escolar (50 % de tarifa adulto)

El esquema tarifario para la característica del pasajero, se regirá a los valores adoptados en el mercado: S/. 1.50 tarifa de adulto y S/. 0.75 tarifa de medio y escolar.

Cabe mencionar, que se buscará y se tendrá la disposición e iniciativa para la Integración Tarifaria con los otros sistemas de transporte público presentes en Lima, tal como lo ha previsto la Municipalidad de Lima en su Plan Maestro de Transporte. Pero, cabe resaltar que el Estado puede disponer del precio de la tarifa que vea conveniente colocar para este Sistema.

Es por ello, para este proyecto de Tesis, se ha dispuesto la siguiente tarifa, de acuerdo a la oferta de viajes proyectada, Ver Tabla 34:

Tarifario	Precio
Callao - Ate Vitarte	S/. 2.20
Ate Vitarte - Chosica	S/. 1.80

TABLA 34: Tarifario – Costos Privados

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 4 : ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO

CRITERIOS DE DISEÑO DE LA LINEA FÉRREA:

ALCANCES REGLAMENTO NACIONAL DE FERROCARRILES:

Descripción	Especificación	Reglamento
Tipo de Trocha	Trocha Estándar 1435 mm.	Artículo 3: Definiciones
Tipo de Vía	Vía Férrea Local Tipo Privada	Artículo 6: Punto 1 y 2
Velocidad Máxima de Operación Permitida	Clase Tipo 3 (Rieles de 115 Lb) 96 Km/ Hora	Artículo 6: Punto 3
Zona del Ferrocarril	La zona del ferrocarril tendrá no menos de 5 metros de ancho a cada lado del eje de la vía férrea, la cual puede ser cercada parcial o totalmente.	Artículo 18

<p>Excepciones al Art. 18:</p> <p>El uso de la zona del ferrocarril sea parcial.</p> <p>Estudios técnicos sustentan que no es viable respetar los 5 m. establecidos por el Art. 18.</p> <p>Infraestructura pública a instalar no interfiera con el gálibo vigente en la vía férrea, no afecte con la estabilidad de la plataforma ni reduzca la visibilidad.</p>	<p>Modificatoria DS N° 008-2013-MTC del 07.08.2013)</p>
<p>Zonas de Influencia del Ferrocarril</p>	<p>Límite de la zona del Ferrocarril</p> <p>Construir muros, cercos o edificaciones, de altura no mayor de 2,50 metros, sin salida hacia la vía férrea y de material no inflamable.</p> <p>Construir vías públicas.</p> <p>Hacer zanjas o canales hasta de 3 metros de profundidad, siempre que no comprometan la estabilidad de la vía férrea.</p> <p>Colocar postes y/o torres.</p> <p>Construir o colocar canaletas o tuberías elevadas.</p> <p>Realizar actividades agropecuarias.</p>	<p>Artículo 19</p>
<p>Cruces a Nivel</p>	<p>En la construcción de los cruces de vías férreas con caminos se deberá tomar en cuenta lo siguiente:</p> <p>En zonas urbanas, la distancia entre dos cruces a nivel no debe ser inferior a 600 metros.</p> <p>La señalización mínima para los usuarios de caminos y la señalización para los usuarios de la vía férrea, se indican en los</p>	<p>Artículo 26</p>

	<p>Anexos N° 2, 3 y 4 del presente Reglamento.</p> <p>El proyecto del cruce debe definir, de ser el caso, la necesidad de controlar el cruce a nivel con barreras, semáforos y/o alarmas sonoras.</p>	
<p align="center">Ver demás Anexos del Reglamento Nacional de Ferrocarriles</p> <p align="center">DECRETO SUPREMO N° 032-2005-MTC</p>		

TABLA 35: Alcances Reglamento Nacional de Ferrocarriles

Fuente: Elaboración Propia

PROPUESTA DE LA GEOMETRIA DE LA VIA:

ALCANCES

Según la Norma *FRA – Estándar para la Seguridad de las Líneas Férreas*; Se norman los requisitos para la trocha, el alineamiento y la nivelación de la vía, el peralte de los rieles exteriores y los límites de velocidad en curvas.

TROCHA

De acuerdo al FRA en el inciso b; La trocha debe estar dentro de los límites prescritos en la tabla 36:

Clase de Vía	La Trocha debe ser por lo menos	Sin Exceder de	Proyecto Tesis “Tren de Cercanías”
Vía Exonerada	N/A	1.479 m.	
Vía Clase 1	1.42 m.	1.473 m.	
Vía Clase 2 y 3	1.42 m.	1.466 m.	1.435 (Trocha Estándar)
Vía Clase 4 y 5	1.42 m.	1.454 m.	

TABLA 36: Límites Técnicos de Trocha

Fuente: Norma FRA – Estándar de Seguridad

ALINEAMIENTO

De acuerdo al FRA, el alineamiento no debe desviarse de la uniformidad más allá de las cantidades prescritas en la tabla 37:

Clase de Vía	Vía en Tangente	Vía en Curva	
	La desviación de la ordenada media en un cordel de 18.9 m (62') no debe exceder de (cm)	La desviación de la flecha en una cuerda de 9.45 m.(31') no debe exceder de (cm)	La desviación de la flecha en una cuerda de (62') 18.9 m no debe exceder de: (cm)
Vía Clase 1	12.70 cm	No Aplica	12.70 cm
Vía Clase 2	7.62 cm	No Aplica	7.62 cm
Vía Clase 3	4.445 cm	3.175 cm	4.445 cm
Vía Clase 4	3.81 cm	2.54 cm	3.81 cm
Vía Clase 5	1.905 cm	1.27 cm	1.587 cm

TABLA 37: Límites Técnicos de Alineamiento

Fuente: Norma FRA – Estándar de Seguridad

NIVEL DE LA VÍA

De acuerdo al FRA, se debe mantener el nivel de la vía dentro de los límites prescritos en la tabla 38:

Nivel de Vía	Clase de Vía				
	1	2	3	4	5
La rampa de 9.45 m (31') del riel al final de un levante no debe ser mayor que:	8.9 cm 3 1/2"	7.6 cm 3"	5.1 cm 2"	3.8 cm 1 1/2"	2.5 cm 1"
La desviación del perfil uniforme en cualquiera de los rieles en la ordenada media de una cuerda de 18.9 m(62') no debe ser mayor que:	7.6 cm 3"	6.9 cm 2 3/4"	5.7 cm 2 1/4"	5.1 cm 2"	3.2 cm 1 1/4"

La desviación desde cero del nivel transversal a cualquier punto en tangente o peralte en reversa en curvas no debe ser mayor que	7.6cm 3"	5.1 cm 2"	4.4 cm 1 3/4"	3.2 cm 1/4"	2.5cm 1"
La diferencia en nivel transversal entre dos puntos cualquiera a menos de 18.9 m (62') de distancia no debe ser mayor que:	7.6 cm 3"	5.7 cm 2 1/4"	5.1 cm 2"	4.4 cm 1 3/4"	3.8 cm 1 1/2"
* En lugares donde el depto. de ingeniería, antes de promulgarse esta norma, hubiera determinado por restricciones físicas a lo largo de la espiral, y por las prácticas operacionales y conforme a su experiencia, la variación en el nivel transversal en espirales cada 9.45 m no debe ser mayor que:	5.1 cm 2"	4.4 cm 1 3/4"	3.2 cm 1 3/4"	2.5 cm 1"	1.9cm 3/4"

TABLA 38: Límites Técnicos de Nivel de Vía

Fuente: Norma FRA – Estándar de Seguridad

PERALTE

De acuerdo al FRA, el Peralte debe estar dentro de los límites prescritos en la tabla 39:

Clase de Vía	El Peralte o Sobre-elevación máxima en el riel interior de una curva no debe exceder de
Clase 1 y 2	20.32 cm o 8"
Clase 3 a 5	17.78 cm o 7"

TABLA 39: Límites Técnicos de Peralte

Fuente: Norma FRA – Estándar de Seguridad

GRADIENTE Y RADIOS

De acuerdo al Reglamento Nacional de Ferrocarriles, en el Artículo 48, en el inciso a3 respecto a la línea férrea principal y ramal comenta:

a.3.3. La gradiente máxima compensada por curvatura, será de 3% y el radio mínimo de curvatura será de 150 metros.

PROPUESTA TÉCNICA DEL TRAZO DE LA DOBLE VIA – GEOMETRÍA:

TROCHA:

Fuente: Dpto. de vías de FVCA

La Trocha que se ha considerado para este proyecto es la **TROCHA ESTANDAR**, de **1435 mm.**

Fuente: Gerencia FVCA

GRADIENTE, RADIOS Y TANGENTES:

Consideraciones del Proyecto Tesis “Tren de Cercanías: Chosica – Callao”	Datos
Longitud de la Vía Chosica - Callao	53 Km.
Radio de Curva Mínima	150 m (Km. 51.600)
Pendiente Máxima (Gradiente)	1.50%
Riel (FRA CLASE 3)	115 Lb/Yd.
Velocidad Máxima	80 Km/Hora
Velocidad Comercial	40 Km/Hora

TABLA 40: Gradiente, Radio Mínimo

Fuente: Elaboración Propia.

Con la finalidad de ampliar la información de los datos técnicos del trazo del proyecto, presentamos en las siguientes tablas el detalle de los radios, longitudes y gradientes del proyecto.

KM	CURVED TRACK			Straight Track m _e	GRADE %	
	Radius m _e	Length m _e	Right or Left			
0.000 - 0.290				290.00	0%	Callao Yard Elev. 3.60 m
0.290 - 0.387	256.00 196.00	65.00 <u>32.00</u> 97.00	R		0%	
0.387 - 0.633				246.00	0%	
0.633 - 0.670	434.00	37.00	R		0%	
0.670 - 1.321				651.00	0%

1.321 - 1.662	536.00	341.00	L		(0.0%) (0.8%)	
1.662 - 2.932				1,270.00	(0.8%) (1.0%)	Entrance to Patio Central
2.932 - 3.932	516.00	307.00	L		0.68%	
3.239 - 4.945				1,606.00	(1.0%) (1.45%)	
4.945 - 5.225	1,044.00	287.00	R		1.10%	
5.225 - 5.780				555.00	1.0%	
5.780 - 6.153	1,004.00	373.00	R		1.0%	
6.153 - 7.528				1,375.00	(0.66%) (2.16%)	
7.528 - 7.904	1,036.00	376.00	L		1.5%	
7.904 - 9.205				1,301.00	1.5%	
9.205 - 9.530	1,296.00	325.00	L		1.5%	

TABLA 41: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 0+000 al PK 9+530)

Fuente: FVCA – Área Técnica.

KM	CURVED TRACK			Straight Track m _e	GRADE %	
	Radius m _e	Length m _e	Right or Left			
9.530 - 11.456				1,926.00	(1.50%) (1.55%)	Union Yard
11.456 - 11.788	1,296.00	332.00	R		(1.55%) (0.00%)	
11.788 - 12.510				722.00	(0.00%) (1.50%)	Entrance Av. Rep.Argentina

12.510 - 12.610	350.00	100.00	L		(1.50%) (0.50%)	Monsserrate Yard
12.610 - 12.945				335.00	(0.50%)	Monsserrate Yard Klm 12.700 Elev. 138.10 m
12.945 - 13.061	470.00	116.00	L		1.55%	Monsserrate Yard
13.061 - 13.840				779.00	(1.55%) (1.20%)	La Palma
13.840 - 14.122	660.00	282.00	R		1.36%	Desamparados Klm 14.000 Elev. 153.00 m
14.122 - 14.556				434.00	(1.36%) (1.15%)	Viterbo Klm 14.400 Elev.157.50 m.

TABLA 42: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 9+530 al PK 14+556)

Fuente: FVCA – Área Técnica.

KM	CURVED TRACK			Straight Track m _e	GRADE %	
	Radius m _e	Length m _e	Right or Left			
14.556 - 14.624 14.624 - 14.947	700.00	68.00	L	323.00	1.15% (2.40%)	
14.947 - 15.473	600.00 760.00 1,000.00	121.00 285.00 <u>120.00</u> 526.00	R		(2.58%) (1.58%)	Transition
15.473 - 15.852				379.00	1.50%	
15.852 - 16.039	760.00	187.00	L		1.29%	
16.039 - 17.440				1,401.00	(1.46%)

					(1.67%) (1.66%)	
17.440 - 18.138	1,000.00 865.00 1,000.00	227.00 311.00 <u>160.00</u> 698.00	R		(1.93%) (2.24%)	Transition Transition
18.138 - 18.607				469.00	2.04%	
18.607 - 18.848	915.00	241.00	L		(2.04%) c.v. (0.00%)	
18.848 - 19.000				152.00	c.v.	
19.000 - 19.566	1,000.00 865.00 1,000.00	96.00 371.00 <u>99.00</u> 566.00	R		2.04%	
19.566 - 19.995				429.00	c.v. (0.70%)	
19.995 - 20.389	600.00	394.00	R		(0.90%) (0.81%)	
20.389 - 21.720				1,331.00	(0.81%) (1.36%) (1.51%) (1.48%)	

TABLA 43: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 14+556 al PK 21+720)

Fuente: FVCA – Área Técnica.

KM	CURVED TRACK			Straight Track m _e	GRADE %	
	Radius m _e	Length m _e	Right or Left			
21.720 - 22.228	1,040.00	508.00	L		(1.54%) (2.17%)

22.228 - 23.985				1,757.00	(1.81%) (1.62%)	
23.985 - 24.053	4,000.00	68.00	L		1.62%	
24.053 - 27.420				3,367.00	(1.62%) (1.88%) (1.73%) (2.02%) (1.39%) (1.77%)	
24.420 - 27.741	2,000.00	321.00	R		(1.31%) (1.47%)	
27.741 - 31.792				4,051.00	(1.47%) (1.76%) (2.04%) (0.00%) (1.59%) (1.91%) (2.06%) (1.79%)	300 mts. 230 mts. 1140 mts 210 mts 890 mts 160 mts 421 mts <u>700 mts</u> 4051 mts
31.792 - 31.958	1,200.00	166.00	L		1.79%	
31.958 - 34.593				2,635.00	(1.58%) (1.22%) (1.50%) (1.73%) (1.42%) (2.00%) (1.67%)	
34.593 - 35.228	10,000.00 1,600.00 1,000.00	109.00 169.00 <u>357.00</u> 635.00	R		(1.67%) (0.00%)	Transition
35.228 - 36.466				1,238.00	(0.00%)

					c.v. (1.73%) (1.33%)	
36.466 - 36.776	1,000.00	310.00	L		1.78%	

TABLA 44: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 21+720 al PK 36+776)

Fuente: FVCA – Área Técnica.

KM	CURVED TRACK			Straight Track m _c	GRADE %	
	Radius m _c	Length m _c	Right or Left			
36.776 - 39.885				3,109.00	(1.78%) (1.84%) (1.92%) (1.85%) (1.90%) (1.83%) (1.38%)	
39.885 - 40.035	940.00	150.00	L		1.38%	
40.035 - 43.226				3,190.00	(1.38%) (1.81%) (1.89%) (2.10%) (2.27%)	
43.226 - 43.368	720.00	142.00	R		2.27%	
43.368 - 43.830				462.00	2.27%	
43.830 - 44.204	1,000.00 2,400.00	194.00 <u>180.00</u> 374.00	L		(2.27%) (0.00%)

44.204 - 45.193				989.00	2.20%	
45.193 - 45.397	580.00	204.00	R		2.20%	
45.397 - 45.543				146.00	0.00%	
45.543 - 45.673	6,800.00	130.00	L		1.01%	
45.673 - 45.873				200.00	1.63%	
45.873 - 45.945	875.00	72.00	R		1.63%	
45.945 - 45.980				35.00	1.63%	
45.980 - 46.256	835.00	276.00	L		1.23%	
46.256 - 47.081				825.00	1.23%	
47.081 - 47.512	835.00	431.00	R		1.23%	Los Angeles

TABLA 45: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 36+776 al PK 47+512)

Fuente: FVCA – Área Técnica.

KM	CURVED TRACK			Straight Track m _c	GRADE %	
	Radius m _c	Length m _c	Right or Left			
47.512 - 48.000				488.00	1.23% 0.96% 2.17%	
48.000 - 48.140	309.00	140.00	L		2.17%	
48.140 - 48.175				35.00	2.17%	
48.175 - 48.345	228.00 1,000.00	150.00 <u>20.00</u> 170.00	R		2.17%	
48.345 - 48.927				582.00	2.17%	
48.927 - 49.382	860.00 180.00	188.00 170.00	L		2.17%

	400.00	<u>97.00</u> 455.00				
49.382 - 49.411				28.00	2.17%	
49.411 - 49.570	850.00	159.00	R		1.91%	
49.570 - 49.606				36.00	1.91%	
49.606 - 49.677	725.00	71.00	R		1.91%	
49.677 - 49.800				123.00	1.91%	
49.800 - 49.950	720.00	150.00	L		1.91%	
49.950 - 50.070				120.00	1.91% c.v.	
50.070 - 50.331	1,800.00 900.00	34.00 <u>227.00</u> 261.00	R		c.v.	Transition
50.331 - 50.371				40.00	2.79%	
50.371 - 50.515	500.00 200.00 400.00	18.00 112.00 <u>14.00</u> 144.00	L		2.79%	Transition Transition

TABLA 46: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 47+512 al PK 50+515)

Fuente: FVCA – Área Técnica.

KM	CURVED TRACK			Straight Track m _e	GRADE %	
	Radius m _e	Length m _e	Right or Left			
50.515 - 50.607				92.00	2.00%	
50.607 - 50.732	500.00 250.00	15.00 <u>110.00</u>	R		2.00%

		125.00				
50.732 - 50.905				173.00	2.00%	
50.905 - 51.157	500.00	25.00	R		2.00%	
	190.00	<u>227.00</u>			2.51%	
		252.00				
51.157 - 51.207				50.00	2.51%	
51.207 - 51.468	500.00	21.00	L		2.51%	Transition
	230.00	150.00				Transition
	162.00	74.00				
	500.00	<u>16.00</u>				
		261.00				
51.468 - 51.510				42.00	2.51%	
51.510 - 51.660	168.00	150.00	R		c.v.	
51.660 - 51.675				15.00	c.v.	
51.675 - 51.995	150.00	74.00	L		c.v. 2.24%	Transition
	190.00	138.00				
	400.00	<u>38.00</u>				
		250.00				
51.995 - 52.209				214.00	2.24%	
52.209 - 52.859	800.00	650.00	R		2.24% 1.97%	
52.859 - 53.807				948.00	1.97% 2.18%	Entrance to Chosica Yard

TABLA 47: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 50+515 al PK 53+807)

Fuente: FVCA – Área Técnica.

KM	CURVED TRACK			Straight Track m _e	GRADE %	
	Radius m _e	Length m _e	Right or Left			
53.807 - 54.023	350.00	216.00	R		2.18%	Chosica Yard
54.023 - 54.197				174.00	0.68%	Chosica Station Km 54.085 Elev. 859.56 mt

TABLA 48: Gradiente, Radio Mínimo, Longitud (PK 53+807 al PK 54+197)

Fuente: FVCA – Área Técnica.

PLANOS DEL DISEÑO Y DESARROLLO DEL TRAZO GEOMÉTRICO DE LA DOBLE VÍA:

Con la finalidad de hacer más ágil la presentación de la propuesta del Diseño y Desarrollo del trazo geométrico de la doble vía se ha dispuesto el desarrollo del mismo a través de tramos de 500 PK a fin de que se pueda visualizar los detalles del recorrido de la línea férrea; esquematizamos la siguiente tabla N°49 donde se presenta una Relación de planos del Trazo de la Doble vía, los mismos que se podrán revisar en el Anexo N° 01.

Relación de Planos del Diseño del Trazo de la Doble Vía (Tren de Cercanías)

Ítem	N° de Plano	Descripción del Plano
1.00	P-01	TRAZO PK 0+000 - 0+500
2.00	P-02	TRAZO PK 0+500 - 1+000
3.00	P-03	TRAZO PK 1+000 - 1+500
4.00	P-04	TRAZO PK 1+500 - 2+000
5.00	P-05	TRAZO PK 2+000 - 2+500
6.00	P-06	TRAZO PK 2+500 - 3+000
7.00	P-07	TRAZO PK 3+000 - 3+500

8.00	P-08	TRAZO PK 3+500 - 4+000
9.00	P-09	TRAZO PK 4+000 - 4+500
10.00	P-10	TRAZO PK 4+500 - 5+000
11.00	P-11	TRAZO PK 5+000 - 5+500
12.00	P-12	TRAZO PK 5+500 - 6+000
13.00	P-13	TRAZO PK 6+000 - 6+500
14.00	P-14	TRAZO PK 6+500 - 7+000
15.00	P-15	TRAZO PK 7+000 - 7+500
16.00	P-16	TRAZO PK 7+500 - 8+000
17.00	P-17	TRAZO PK 8+000 - 8+500
18.00	P-18	TRAZO PK 8+500 - 9+000
19.00	P-19	TRAZO PK 9+000 - 9+500
20.00	P-20	TRAZO PK 9+500 - 10+000
21.00	P-21	TRAZO PK 10+000 - 10+500
22.00	P-22	TRAZO PK 10+500 - 11+000
23.00	P-23	TRAZO PK 11+000 - 11+500
24.00	P-24	TRAZO PK 11+500 - 12+000
25.00	P-25	TRAZO PK 12+000 - 12+500
26.00	P-26	TRAZO PK 12+500 - 13+000
27.00	P-27	TRAZO PK 13+000 - 13+500
28.00	P-28	TRAZO PK 13+500 - 14+000
29.00	P-29	TRAZO PK 14+000 - 14+500
30.00	P-30	TRAZO PK 14+500 - 15+000
31.00	P-31	TRAZO PK 15+000 - 15+500
32.00	P-32	TRAZO PK 15+500 - 16+000
33.00	P-33	TRAZO PK 16+000 - 16+500
34.00	P-34	TRAZO PK 16+500 - 17+000
35.00	P-35	TRAZO PK 17+000 - 17+500
36.00	P-36	TRAZO PK 17+500 - 18+000
37.00	P-37	TRAZO PK 18+000 - 18+500

38.00	P-38	TRAZO PK 18+500 - 19+000
39.00	P-39	TRAZO PK 19+000 - 19+500
40.00	P-40	TRAZO PK 19+500 - 20+000
41.00	P-41	TRAZO PK 20+000 - 20+500
42.00	P-42	TRAZO PK 20+500 - 21+000
43.00	P-43	TRAZO PK 21+000 - 21+500
44.00	P-44	TRAZO PK 21+500 - 22+000
45.00	P-45	TRAZO PK 22+000 - 22+500
46.00	P-46	TRAZO PK 22+500 - 23+000
47.00	P-47	TRAZO PK 23+000 - 23+500
48.00	P-48	TRAZO PK 23+500 - 24+000
49.00	P-49	TRAZO PK 24+000 - 24+500
50.00	P-50	TRAZO PK 24+500 - 25+000
51.00	P-51	TRAZO PK 25+000 - 25+500
52.00	P-52	TRAZO PK 25+500 - 26+000
53.00	P-53	TRAZO PK 26+000 - 26+500
54.00	P-54	TRAZO PK 26+500 - 27+000
55.00	P-55	TRAZO PK 27+000 - 27+500
56.00	P-56	TRAZO PK 27+500 - 28+000
57.00	P-57	TRAZO PK 28+000 - 28+500
58.00	P-58	TRAZO PK 28+500 - 29+000
59.00	P-59	TRAZO PK 29+000 - 29+500
60.00	P-60	TRAZO PK 29+500 - 30+000
61.00	P-61	TRAZO PK 30+000 - 30+500
62.00	P-62	TRAZO PK 30+500 - 31+000
63.00	P-63	TRAZO PK 31+000 - 31+500
64.00	P-64	TRAZO PK 31+500 - 32+000
65.00	P-65	TRAZO PK 32+000 - 32+500
66.00	P-66	TRAZO PK 32+500 - 33+000
67.00	P-67	TRAZO PK 33+000 - 33+500

68.00	P-68	TRAZO PK 33+500 - 34+000
69.00	P-69	TRAZO PK 34+000 - 34+500
70.00	P-70	TRAZO PK 34+500 - 35+000
71.00	P-71	TRAZO PK 35+000 - 35+500
72.00	P-72	TRAZO PK 35+500 - 36+000
73.00	P-73	TRAZO PK 36+000 - 36+500
74.00	P-74	TRAZO PK 36+500 - 37+000
75.00	P-75	TRAZO PK 37+000 - 37+500
76.00	P-76	TRAZO PK 37+500 - 38+000
77.00	P-77	TRAZO PK 38+000 - 38+500
78.00	P-78	TRAZO PK 38+500 - 39+000
79.00	P-79	TRAZO PK 39+000 - 39+500
80.00	P-80	TRAZO PK 39+500 - 40+000
81.00	P-81	TRAZO PK 40+000 - 40+500
82.00	P-82	TRAZO PK 40+500 - 41+000
83.00	P-83	TRAZO PK 41+000 - 41+500
84.00	P-84	TRAZO PK 41+500 - 42+000
85.00	P-85	TRAZO PK 42+000 - 42+500
86.00	P-86	TRAZO PK 42+500 - 43+000
87.00	P-87	TRAZO PK 43+000 - 43+500
88.00	P-88	TRAZO PK 43+500 - 44+000
89.00	P-89	TRAZO PK 44+000 - 44+500
90.00	P-90	TRAZO PK 44+500 - 45+000
91.00	P-91	TRAZO PK 45+000 - 45+500
92.00	P-92	TRAZO PK 45+500 - 46+000
93.00	P-93	TRAZO PK 46+000 - 46+500
94.00	P-94	TRAZO PK 46+500 - 47+000
95.00	P-95	TRAZO PK 47+000 - 47+500
96.00	P-96	TRAZO PK 47+500 - 48+000
97.00	P-97	TRAZO PK 48+000 - 48+500

98.00	P-98	TRAZO PK 48+500 - 49+000
99.00	P-99	TRAZO PK 49+000 - 49+500
100.00	P-100	TRAZO PK 49+500 - 50+000
101.00	P-101	TRAZO PK 50+000 - 50+500
102.00	P-102	TRAZO PK 50+500 - 51+000
103.00	P-103	TRAZO PK 51+000 - 51+500
104.00	P-104	TRAZO PK 51+500 - 52+000
105.00	P-105	TRAZO PK 52+000 - 52+500
106.00	P-106	TRAZO PK 52+500 - 53+000

TABLA 49: ANEXO 1 - Relación de Planos del Diseño del Trazo de la Doble Vía (PK 0+000 - 53+000)

Fuente: Elaboración propia.

En el desarrollo de la propuesta de la 2da línea férrea y la ampliación de la sección del trazo como de la incidencia en la zona matriz del ferrocarril; ha motivado a que se identifique diversas intervenciones futuras en distintos elementos estructurales ya existentes y que se tendrán que tomar en consideración para algún futuro desarrollo ingenieril en otra investigación para la viabilidad del presente proyecto.

Entre los elementos estructurales a intervenir resalta el **Puente Balta**, ubicado en el PK 13+260.00, el mismo que es considerado Patrimonio Cultural y que se tendrá que tener el mayor cuidado técnico y legal al momento de intervenir. Se recomienda que en este Puente la intervención sea mínima y que no se afecte la configuración arquitectónica exterior. Para ello, de acuerdo a lo visto, la zona más apropiada a intervenir es la que se encuentra cercana al talud de la vía, que es donde se proyectará el nuevo trazo de la doble vía, el mismo que tendrá que proyectarse con un plan de sostenimiento de la estructura para evitar algún desplome de la estructura existente.

Imagen: Elevación del Puente Balta (Vista Existente) / Fuente Propia

Imagen: Detalle del Talud del lado derecho del Puente Balta (Vista Existente)
Fuente Propia

El nuevo trazo, pasará por el lado del talud (margen derecha de la imagen anterior), lo que significará realizar una perforación a la estructura Existente. Esto tal cual en planta aparece en el Anexo 1 del trazo del Plano P-27

Imagen en Planta del Cruce del Puente Balta

Fuente Propia: Plano P-27

Con esta solución gráfica, del cual consideramos es la más viable ya que del otro lado (margen izquierda) tenemos la rivera del Río Rímac; por ello tomamos como referencia la propuesta ya estudiada por el estudio DMJM+HARRIS, 2005.

Imagen del Replanteo del Puente Balta

Fuente: DMJM+HARRIS, 2005.

Imagen del Replanteo del Puente Balta

Fuente: DMJM+HARRIS, 2005.

Otro elemento estructural a considerar en las futuras intervenciones es el **Puente Bolognesi**, ubicado entre el PK 10+940.00 y el PK 11+000.00, que cruza la Av. Alfonso Ugarte, que desde ya en esta tesis es considerado como un Paso a Desnivel. Este Puente en su estructura originaria cuenta con una viga metálica peraltada existente (Tipo I), que soporta el tramo original del trazo del ferrocarril. Al hacer la propuesta de la 2da línea se hace necesario proponer una segunda estructura metálica de las mismas características técnicas y forma del primero a fin de tener el carril para la 2da vía. Esta estructura horizontal, es decir la viga metálica peraltada, deberá estar sostenida por elementos verticales, vale decir placas o columnas de concreto reforzado, que estarían emplazadas en la continuación de los ejes de estas placas existentes, considerando por supuesto todas las recomendaciones técnicas del Reglamento nacional de Edificaciones

Imagen del Puente Bolognesi Existente

Fuente: FVCA

Imagen del detalle de la Viga Metálica Tipo I con refuerzo, para la 2da línea

Fuente: FVCA

Otro elemento estructural a considerar en las futuras intervenciones es el **Puente Circunvalación**, ubicado en el PK 50+180.00, En Anexo del Plano P-101; de ingreso al sector de la Universidad La Cantuta, Chosica; en donde al replantearse el alineamiento del trazo original para gestar la doble línea, uno de los trazos llega a irrumpir con uno de los pórticos del puente, necesitándose una intervención en el diseño estructural del puente generando una superestructura vertical nueva que ayude a reforzar el retiro del elemento existente.

Imagen en Planta del cruce de la doble línea y el puente / Plano P-101

Fuente: Elaboración Propia.

**Imagen en Planta del cruce de la doble línea
y el puente**

Fuente: FVCA

Finalmente el **Puente Evitamiento**, ubicado entre el PK 17+250.00 y el PK 17+310.00, de acuerdo al planteamiento de la doble línea, ésta no sufriría ninguna variación ya que el emplazamiento del trazo se ha planteado al eje de la vía como se aprecia en el Plano P-35 del Anexo 1, permitiendo el paso de los ferrocarriles en ambas líneas férreas y cumpliendo con los Galibos necesarios.

Imagen en Planta del cruce de la doble línea y el puente Evitamiento / Plano P-35

Fuente: Elaboración Propia.

Galibo Típico en Túneles

Imagen en del cruce de la doble línea y el puente Evitamiento / Plano P-35

Fuente: Elaboración Propia.

ZONAS DE EXPROPIACIÓN – DERECHO DE VIA “TREN DE CERCANÍAS:

Al proponer el 2do trazo de línea férrea para nuestro proyecto de tesis; el emplazamiento a nivel de superficie de la doble vía en el área matriz concesionada del ferrocarril Central hace que se crucen con zonas sensibles y vulnerables (invasiones de viviendas rurales, áreas tomadas por las Municipalidades Distritales de Lima y Callao, etc.), en donde tendrá que realizarse en el futuro inmediato toda una política de expropiación por parte del estado, para lo cual especificamos en la siguiente Tabla N° 50: el área, la longitud, la ubicación exacta en PK y los distritos de las zonas a expropiar.

Zonas de Expropiación: Área, Longitud, PKs y Distritos

ítem	Área (m2)	Longitud (m)	PK Inicio	PK Final	Distrito
1.00	2,141.38	291.06	1+920.00	2+200.00	Callao
2.00	2,010.49	684.27	2+060.00	2+740.00	Callao
Sub Total 1	4,151.87	975.33			Callao
3.00	3,669.04	322.50	5+580.00	5+900.00	Carmen de la Legua
4.00	1,599.97	143.60	5+920.00	6+080.00	Carmen de la Legua
Sub Total 2	5,269.01	466.10			Carmen de la Legua
5.00	113.62	29.94	22+180	22+210	Santa Anita
Sub Total 3	113.62	29.94			Santa Anita
6.00	667.85	346.18	24+420	24+760	Ate-Vitarte
7.00	911.71	410.10	24+800	25+200	Ate-Vitarte
8.00	569.32	157.82	25+230	25+380	Ate-Vitarte
9.00	193.96	76.26	25+400	25+470	Ate-Vitarte
10.00	247.37	63.41	25+480	25+540	Ate-Vitarte
11.00	252.15	77.35	25+820	25+900	Ate-Vitarte
12.00	1,373.85	433.83	25+910	26+340	Ate-Vitarte
13.00	220.31	106.45	26+350	26+460	Ate-Vitarte

14.00	1854.41	369.52	26+500	26+860	Ate-Vitarte
15.00	1848.91	576.88	26+870	27+440	Ate-Vitarte
16.00	441.10	143.61	28+750	28+890	Ate-Vitarte
17.00	716.61	153.15	28+900	29+040	Ate-Vitarte
18.00	445.94	105.95	29+070	29+170	Ate-Vitarte
19.00	225.77	43.41	29+180	29+230	Ate-Vitarte
Sub Total 4	9,969.26	3,063.92			Ate-Vitarte
20.00	556.17	235.60	35+260	35+500	Chaclacayo
21.00	318.23	133.46	42+480	42+610	Chaclacayo
Sub Total 5	874.40	369.06			Chaclacayo
22.00	1,210.15	419.60	49+750	50+170	Chosica
23.00	114.64	44.77	50+410	50+450	Chosica
24.00	592.61	150.43	51+430	51+570	Chosica
Sub Total 6	1,917.40	614.80			Chosica
TOTAL	22,295.56 m2	5,519.15 ml			

TABLA 50: Zonas para Expropiación: Área, Longitud, PKs y Distritos

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la Tabla 50, el distrito en donde se ha identificado la mayor cantidad de área a expropiar es el de Ate-Vitarte con 9,969.26 m²., el mismo que representa al 44.71% del total de superficie expropiable; seguido por los distritos de Carmen de la Legua y Callao. Así mismo, el distrito que tiene menos expropiación es Santa Anita con solo 113.62 m² que representa el 0.51% del total; seguido del distrito de Chaclacayo. Los distritos que no serán afectados por ningún tipo de expropiación serían Lima Centro y El Agustino.

Estas Expropiaciones tendrían que ser evaluadas y consensuadas entre los órganos pertinentes del Estado Peruano, El Concesionario que para este caso es Ferrovías Central Andina (FVCA) y los propietarios de las superficies a expropiar para la viabilidad de este proyecto. Se hace la indicación de que el área de afectación a viviendas o áreas

privadas es mínima y que el área de expropiación es totalmente viable para la ejecución real de este proyecto. El porcentaje de área a expropiar de viviendas en toda la línea férrea del recorrido respecto del total corresponde al 5% del total de Metros lineales de la vía ferroviaria, siendo este un número de poca incidencia y sustentable para este proyecto ferroviario.

INGENIERÍA PRINCIPAL: PARADEROS, ESTACIONES, PASOS A NIVEL, PASOS A DESNIVEL Y SEGURIDAD DE LA LÍNEA:

PARADEROS Y ESTACIONES DEL “TREN DE CERCANÍAS”

07 Estaciones y 12 Paraderos de Tren de Pasajeros están diseñadas a lo largo de la doble línea ferroviaria.

N°	Puntos de Conexión	PK (Inicio)	PK (Fin)	Tipo de Conexión
01	Gambeta	1+730	1+850	Estación – Intercambio Futura Línea Callao- Ventanilla
02	Faucett	4+770	4+890	Estación – Intercambio Futura Línea 4
03	Universitaria	7+230	7+350	Paradero
04	Dueñas	8+500	8+620	Paradero
05	Alfonso Ugarte	11+020	11+14 0	Estación- Intercambio Metropolitano
06	Desamparados	12+550	12+67 0	Paradero
07	Martinete	14+280	14+40 0	Estación-Intercambio Línea 1
08	Riva Agüero	16+100	16+22 0	Paradero
09	La Atarjea	20+480	20+60 0	Paradero
10	La Cultura	21+890	22+01 0	Paradero

11	Javier Prado	23+720	23+84 0	Paradero
12	Vitarte	25+920	26+04 0	Estación-Intercambio Futura Línea 2
13	Las Torres	27+560	27+68 0	Paradero
14	Santa Clara	29+260	29+38 0	Paradero
15	Huaycán	35+000	35+12 0	Estación
16	Ñaña	37+000	37+12 0	Paradero
17	Chaclacayo	42+060	42+18 0	Paradero
18	La Cantuta	51+120	51+24 0	Paradero
19	Chosica	52+780	52+90 0	Estación-Terminal (Patio Taller)

TABLA 51: Paraderos y Estaciones del Tren de Cercanías

Fuente: Elaboración Propia.

Las plataformas de embarque y desembarque en todos los Paraderos y las Estaciones, están diseñadas y emplazadas lateralmente a los rieles externos de la doble vía respectivamente, con excepción de la Estación Chosica que únicamente tiene una plataforma del lado del edificio de la Estación Central que cumple la doble función de embarque y desembarque. Cada Paradero y Estación responderá adecuadamente a una solución Arquitectónica e Ingenieril que permita tener todas los servicios para el buen funcionamiento del mismo.

Al final y en los extremos del trazo de la doble línea se encuentran los Patios Taller tanto del Callao y de Chosica, las cuales mantienen sus instalaciones de carga y condiciones actuales existentes. La vía de cruce está diseñada entre las vías dobles del nuevo ferrocarril para que los trenes de carga puedan pasar a través del sistema de despacho de plano ascendente y descendente durante la operación nocturna.

PASOS A NIVEL

26 Pasos a Nivel a lo largo de toda la vía se reconstruirán y se constituirán formalmente dentro de esta categoría en forma de intercambio vial ferroviario a través de las avenidas y/o calles por donde el Tren de Cercanías cruce por los distintos distritos de Lima Metropolitana y Callao. En estos intercambios ferroviarios-viales se tendrá en consideración todas las recomendaciones de seguridad, señalización automatizada y sistematizada que se propone en el presente estudio, segregando la línea férrea y controlando estos encuentros. (Ver Anexo 3)

N°	Paso a Nivel	PK (Eje)	Separación (Km)	Distrito
1.00	Av. Villegas	2+800	-----	Callao
2.00	Av. El Sol	3+540	0.74	Callao
3.00	Palla	4+130	0.59	Callao
4.00	Av. Jorge Chávez	5+580	1.45	Carmen de la Legua
5.00	Av. Carrión	6+090	0.51	Carmen de la Legua
6.00	Av. Universitaria	7+210	1.12	Lima

7.00	Av. Nicolás Dueñas	8+470	1.26	Lima
8.00	Ca. Ecuador	9+500	1.03	Lima
9.00	Av. Ramon Cárcamo	10+090	0.59	Lima
10.00	Av. Plácido Jiménez	15+340	5.25	El Agustino
11.00	Ca. Medidores	17+840	2.50	Santa Anita
12.00	Av. La Cultura	21+860	4.02	Ate Vitarte
13.00	Ca. San Pablo	22+650	0.79	Ate Vitarte
14.00	Ca. Alameda de Huachipa	23+700	1.05	Ate Vitarte
15.00	Ca. Santa Teresa (Conex. Línea 2)	25+910	2.21	Ate Vitarte
16.00	Av. Salaverry	26+480	0.57	Ate Vitarte
17.00	Calle S/N	28+730	2.25	Ate Vitarte
18.00	Ca. San Gerardo	29+800	1.07	Ate Vitarte
19.00	Ca. Atahualpa (Puerto Ñaña)	37+140	7.34	Chaclacayo
20.00	Calle S/N	40+100	2.96	Chaclacayo
21.00	Ca. Los Girasoles	41+040	0.94	Chaclacayo
22.00	Ca. Los Álamos	42+010	0.97	Chaclacayo
23.00	Calle S/N	43+130	1.12	Chaclacayo

24.00	Ca. Nicolás Ayllón	45+900	2.77	Chosica
25.00	Ca. Nicolás Ayllón	47+400	1.50	Chosica
26.00	Ca. Vega	51+580	4.18	Chosica

TABLA 52: Pasos a Nivel

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la Tabla 52, el distrito en donde se ha identificado la mayor cantidad de Pasos a Nivel es el de Ate-Vitarte con 7 Puntos; el mismo que representa al 26.92% del total de Puntos de intersección ferroviario-Vial y se encuentran emplazados a distancias acordes al Reglamento Nacional de Ferrocarriles, lo que significará también contar con un sistema automatizado de señalización y seguridad que tendrá que programarse para garantizar la continuidad y velocidad del recorrido del Tren de Cercanías y al mismo tiempo garantizar la seguridad de peatones y vehículos motorizados. Seguido, el distrito que le sigue con 5 puntos es Chaclacayo que representa el 19.23%. Así mismo, los distritos que tienen menos Pasos a Nivel son Santa Anita y el Agustino con sólo 1 punto de intersección, logrando ambos el 3.85% del total.

Que de acuerdo al requerimiento del Reglamento Nacional de Ferrocarriles en el Art. 26, la distancia mínima entre cruces a nivel es de 0.60 Km. En este contexto, se hace mención que nuestro proyecto por fines de optimizar la viabilidad urbana de la ciudad, los pasos a nivel ubicados en los PKs 4+130 y 10+090 respectivamente la distancia de separación entre cruces a nivel es de 0.59 Km. siendo éste un caso excepcional, el mismo que no dificulta el funcionamiento del Tren de Pasajeros.

PASOS A DESNIVEL

7 Pasos a Desnivel a lo largo de toda la línea férrea se tendrán que adecuar en la infraestructura vial a modo de “vai pass” a fin de que la Doble vía del Tren de Cercanías conserve su desarrollo a nivel de superficie y tanto los peatones como los vehículos motorizados crucen por debajo de la línea del ferrocarril.

La importancia de la propuesta de estos Pasos a Desnivel permitiría que estas vías de intersección, que cuenta con una alta rotación vehicular, no se vean perjudicadas, evitando el incremento del tráfico por la presencia del Tren, minimizando y evitando accidentes vehiculares y peatonales, respecto al funcionamiento del sistema Ferroviario. (Ver Anexo 3)

N°	Paso a Desnivel	PK (Eje)	Separación (Km)	Distrito
1.00	Av. Gambetta	1+640	-----	Callao
2.00	Av. Faucett	4+730	3.09	Carmen de la Legua
3.00	Av. Alfonso Ugarte (Existente y Adecuado)	10+970	6.24	Lima
4.00	Av. José C. Mariátegui (Conex. Av. Riva Agüero)	16+280	5.31	El Agustino
5.00	Av. Encalada	20+450	4.17	Santa Anita
6.00	Av. Las Torres (Conex. Av. Carretera)	27+820	7.37	Ate Vitarte

	Central)			
7.00	Av. Las Torres (Conex. Av. Ramiro Prialé)	28+070	0.25	Ate Vitarte

TABLA 53: Pasos a Desnivel

Fuente: Elaboración Propia.

VALLA DE PROTECCIÓN DE LA LÍNEA FERREA

Toda la sección de la Doble Vía del Tren de Cercanías de Chosica al Callao estará segregada (separada) con cercos de protección del acceso vehicular y peatonal, a excepción de los puntos de intersección donde se encuentran los 26 Pasos a Nivel, en los cuales se permitirá que los vehículos crucen la línea férrea, pero considerando todo un sistema de control de seguridad y señalización totalmente automatizada e inteligente que monitoree el momento en que cuando pase el ferrocarril los vehículos y las personas no crucen, limitándoles el acceso evitando accidentes mortales.

Los cercos de protección se emplazarán en todo el recorrido del Tren de Cercanías y estarán ubicados según normativa peruana (RNF) a 4.50 ml. o 5.00 ml. medidos desde el eje de cada línea férrea y adecuado al contexto urbano de cada distrito, ya que este cerco tendría que alinearse al perfil de una vía vehicular o a la presencia de lotes existentes. Así mismo, la altura de estos cercos de protección tipo UNI oscilarán entre 2.30 ml y 2.50 ml, más la altura del sobre cimientto que sería de 0.40 ml., sumando un total de 2.70 ml, pudiendo llegar a 3.00 ml.

Sección Típica: Ubicación de Cerco de Protección

Fuente: FVCA – Oficina Técnica

En esta propuesta de Tesis, se están considerando 02 tipos de Cercos de Protección:

Cerco estándar Tipo UNI:

Este Cerco de Protección se utilizará particularmente en zonas donde demande mayor seguridad como es el caso de Paraderos y Estaciones a fin de proteger la infraestructura complementaria. Desde la ubicación del paradero y estación se considerará el cercado de 0.5 km tanto hacia el este como hacia el oeste de la Línea.

El Cerco estándar Tipo UNI, son Módulos Prefabricados Verticales de Concreto Armado con una Resistencia $f'_c = 210 \text{ Kcm}^2$, que es anclado en un sobrecimiento de Concreto con una Resistencia $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ y cimentado en concreto ciclópeo 1:8 + 30%PG (máx 4").

Elevación Típica: Cerco de Protección Tipo UNI

Fuente: FVCA – Oficina Técnica

Sección Típica: Cerco de Protección Tipo UNI

Fuente: FVCA – Oficina Técnica

Cerco Malla Electrosoldada – Cerco :

Este Cerco se instalará en todo el desarrollo principal de la línea férrea, dejando una cerca cada 4 km aproximadamente para el acceso del personal de mantenimiento ferroviario y eléctrico y para ingresar los materiales de mantenimiento.

Las columnas son rieles de 80 lb/yd (material reciclado de los rieles originales); pintados con pintura anticorrosiva de color negro. Estos rieles son reciclados y reutilizados en este proyecto a fin de hacer un aporte ecológico y no contaminar el medio ambiente en el proceso constructivo. Estas columnas respetarán lo indicado en los planos y serán empotrados en una zapata de concreto con anclajes para darle la estabilidad necesaria.

Imagen Referencial Riel de 80lb.

El cerramiento, será de una malla electrosoldada, con pliegues longitudinales en forma de “V” de color rojo; ésta malla es una reja galvanizada con características de pintura poliéster termoendurecida, con protección de 3 capas anticorrosivas: zinc, zirconio y poliéster. Ésta malla será fijada a los rieles metálicos a través de puntos de soldadura. Así mismo, esta malla se fijará a los elementos de concreto (columnas y/o placas) a través de sujetadores de acero galvanizado.

Pliegue con estándar europeo *Pli au standard européen* *European standard fold*

El pliegue unifica las medidas europeas para hacerlo compatible con todos las postes y sistemas de cerramiento.

Le pli unifie les mesures européennes permettant une compatibilité avec tous les poteaux et systèmes de clôtures.

The fold unifies the European measures to make it compatible with all the posts and enclosure systems

Dimensiones especiales a consultar. Todas las cotas en mm.
Dimensions spéciales nous consulter. Toutes les cotes en mm.
Special sizes upon request. All the information given in mm.

Proceso de montaje del cerramiento. *Processus d'installation de la clôture.* *Assembly process.*

- 1 Marcar en el terreno la posición de los postes con la ayuda de una línea de referencia realizada con los postes extremos.
Marquer l'emplacement des poteaux sur la ligne de référence tracée par les poteaux des extrémités.
Mark in the area the position of the posts with the help of a line of reference made with the extreme posts.
- 2 Realizar los agujeros para las cimentaciones.
Réaliser les réservations pour le béton.
Make the holes for the foundations
- 3 Cimentar el primer poste y aplomarlo con la ayuda de un nivel.
Sceller le premier poteau et vérifier son aplomb à l'aide d'un niveau.
Lay the foundations for the first post and plumb it with the help of a level.
- 4 Comenzar la instalación de las abrazaderas, colocándolas en el poste. Presentar el bastidor y ajustar las abrazaderas por debajo del pliegue de refuerzo.
Placer les fixations des panneaux sur les poteaux en commençant au dessous du pli de référence.
Start with the installation of the fixation accessories, placing them on the post. Display the panel and fit the accessories below the reinforcement fold.
- 5 La secuencia para la correcta instalación de la verja plegada es: cimentar poste, montar bastidor, cimentar el siguiente poste y montar el bastidor.
Pour une bonne installation, les opérations sont réalisées dans l'ordre suivant : Sceller le poteau, monter le panneau, sceller le second poteau et continuer en suivant.
The sequence for the correct installation of the fence is: laying the foundations for the post, assembling the frame, laying the foundations for the following post and assembling the following frame.

PROPUESTA DEL MATERIAL RODANTE:

Para la determinación técnica del material rodante para nuestro proyecto, se ha tomado la consideración de consultar a un proveedor brasileño denominado **BOM SINAL**, quien nos ha proporcionado las especificaciones técnicas de los vagones y trenes en conjunto, que servirán para el diseño integral de la doble vía.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

El objetivo de esta Especificación Técnica es presentar los estándares y características técnicas, operacionales, de seguridad y confort para el suministro de 24 (Veinticuatro) modernos Trenes de pasajeros tipo DMU (Diesel Motor Unit), con 6 (seis) vagones cada uno, movidos a tracción diésel-hidráulica, en trocha estándar (1.435 mm), a ser operados en el TREN DE CERCANÍAS FERROCARRIL CALLAO - CHOSICA, para la oferta de transporte regular de pasajeros.

El DMU está compuesto por 6 (seis) vagones, constituidos por trucos (truques) motores y remolques. Los vagones posicionados en las extremidades poseen cabinas de conducción.

Los DMUs irán a operar en vías de trocha estándar (1435 mm).

El DMU utiliza como combustible aceite diésel, con el conjunto de tanques que garantizan una autonomía mínima de aproximadamente 600 (seiscientos) kilómetros. Esta autonomía podrá aumentar, en función de las características operacionales y del perfil de la vía.

A partir de la cabina de comando seleccionada (cabina líder) es posible, además de conducir el DMU, accionar los comandos de equipamiento y sistemas instalados en los vagones, recibir informaciones del estado de funcionamiento y de eventuales fallas ocurridas para cualquier equipamiento o sistemas embarcados.

Las características básicas relacionadas al DMU de 6 vagones se presentan en la Tabla 54:

Descripción	Especificación
Composición de la Unidad Operacional (DMU)	6 Vagones
Movimiento	Bi-direccional
Número de Cabinas por DMU	2 (dos)
Material de Fabricación de la Caja	Acero Carbono
Trocha de la Vía (Estándar)	1435 mm.
Largo de Cada Vagón	18000 mm.
Ancho Externo máximo	2900 mm.
Altura máxima del vehículo	4000 mm.
Altura del piso en la parte de las puertas	760 mm.
Altura del piso en el salón de pasajeros	1100 mm.
Tipo de motorización para tracción	Diésel – Hidráulica
Consumo medio de aceite	1.25 Lt/Km
Peso máximo por eje (Cargamento máximo)	13000 Kgf.
Número de puertas por DMU	4 (cuatro)
Ancho mínimo de la abertura de puertas	1000 mm.
Monitoreo del vehículo por medio de data bus	Sí
Circulación interna entre vagones - Gangway	Sí
Radio mínimo de curva horizontal de la vía operacional	70 m.
Radio mínimo de curva horizontal en patio de maniobras	60 m.
Radio mínimo de curva vertical	500 m.
Rampa máxima	3.5%

Capacidad total de pasajeros	1350
Velocidad máxima operacional	80 Km/hora
Aceleración de arranque	0.7 m/s ²
Tiempo entre 0 y 40 Km/hora	Menor a 30 segundos
Desaceleración en servicio máximo	0.8 m/s ²
Desaceleración en emergencia	1.3 m/s ²
Nivel máximo de sacudida	1.0 m/s ²
Número de vagones variable	Sí: 6 o 7 vagones

TABLA 54: Características Básicas – EETT - DMU

Fuente: Proveedor BOM SINAL.

El esquema interno del DMU puede ser alterado. A continuación presentamos un gráfico base de la distribución de un DMU:

CCM: vagón cabina motor

CR: vagón remolque

Fuente: Proveedor BOM SINAL.

NORMAS TÉCNICAS DE DISEÑO:

Los materiales, componentes, equipamiento, sistemas y subsistemas utilizados para los sistemas de tracción, frenado, aire acondicionado, trucos, estructura, enganches, gangways y revestimientos interno y externo de los DMUs, fueron desarrollados y fabricados de acuerdo con las normas técnicas aplicables para sistemas metro-ferroviarios definidos de acuerdo con las últimas revisiones de las normas técnicas de las siguientes entidades:

- ☐ ABNT - Asociación Brasileña de Normas Técnicas
- ☐ IEC - International Electrotechnical Commission
- ☐ UIC - Union Internationale de Chemin de Fer
- ☐ AAR - Association of American Railroads
- ☐ ISO - International Organization for Standardization
- ☐ DIN - Deutsche Institut for Normung
- ☐ ASTM - American Society for Testing and Materials
- ☐ NEMA - National Electrical Manufacturers Association
- ☐ ALESI - American Iron and Steel Institute
- ☐ ANSI - American National Standards Institute
- ☐ EURO - Depollution EOB
- ☐ NOISH - National Institute of Occupational Safety & Health
- ☐ AWS - American Welding Society
- ☐ ASHRE - American Society of Heating Refrigerating and air-conditioning engineers
- ☐ ARI - Air Conditioning and Refrigeration Institute
- ☐ BSI - British Standards Institution
- ☐ EN - European Norm

ESTRUCTURA Y ACABADO EXTERNO:

La caja del vagón está proyectada para la interconexión de todos los elementos estructurales, con el objetivo de formar una estructura monobloque resistente a las

cargas normales y accidentales que estarán actuando sobre el vagón en formación operacional cargado.

El estrado del vagón estará compuesto, básicamente, por tirantes y travesaños y de dos extremidades denominadas cabezas de estrado.

En las cabezas de estrado son previstos elementos estructurales necesarios para montar los enganches, barras de unión y aparato de choque y tracción, los cuales serán proyectados de modo que transmitan, de manera uniforme, los esfuerzos de compresión y tracción al resto de la estructura y a los trucos.

El vagón tendrá el acabado externo proyectado de forma que mantenga un conjunto armonioso, de tal modo que no existan protuberancias, reentradas o aristas que puedan causar lesiones a los pasajeros.

El revestimiento externo es en chapas de PRFV y partes con formas irregulares en PRFV moldeado, fijados y/o pegados a los elementos estructurales del vagón, atendiendo a las siguientes características físicas: resistencia a la flexión, resistencia a la tracción, resistencia al impacto, resistencia al fuego, densidad de humo reducida y baja absorción de agua, conforme normas técnicas aplicables. Todo el revestimiento externo es sometido a tests de hermetismo, de acuerdo con las normas técnicas aplicables.

Fuente: Proveedor BOM SINAL.

ACABADO INTERNO:

Fuente: Proveedor BOM SINAL.

Los materiales utilizados con la finalidad de acabado, recubrimiento interno y contrapiso poseen resistencia a la flexión, resistencia a la tracción, resistencia al impacto, resistencia al fuego, densidad de humo reducida y baja absorción de agua, conforme normas técnicas aplicables.

Los paneles de revestimiento interno son confeccionados en PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio).

El revestimiento del techo es montado de forma modular, previendo la instalación de luminarias y difusores de aire acondicionado.

El contrapiso es ejecutado en PRFV (SMC), con espesor mínimo de 8 mm, sólidamente fijado al estrado, garantizando total hermetismo e impermeabilidad del piso.

El revestimiento del piso es ejecutado en mantas de PVC homogéneo, resistente a llamas, resistente a la abrasión y al desgaste, antideslizante, resistente a sustancias químicas y tiene baja toxicidad de humo conforme las normas técnicas aplicables.

El revestimiento del piso posee sus mantas en PVC unidas a través de soldadura química, garantizando total hermetismo del mismo.

CABINA DE CONDUCCIÓN:

Fuente: Proveedor BOM SINAL.

El DMU posee cabinas de conducción en toda extensión de las cabeceras. La cabina es proyectada de forma ergonómica, atendiendo a las normas técnicas aplicables. Para el revestimiento de la cabina de conducción son respetadas las mismas especificaciones de materiales empleados en el revestimiento interno del salón de pasajeros.

El acceso a las cabinas de conducción es realizado por medio de puerta entre la cabina y el salón de pasajeros.

Las cabinas son climatizadas e iluminadas por medio de luminarias fluorescentes o LED.

Las consolas están equipadas con todos los instrumentos y comandos necesarios para la conducción del DMU.

Además de los instrumentos y comandos instalados en la consola, la cabina posee armarios destinados a albergar el equipamiento de cabina tales como:

- ☐ Interfaz del tacógrafo y registrador de eventos
- ☐ Módulos del data-bus
- ☐ Módulos del sistema de vigilancia automática (hombre muerto)
- ☐ Panel de freno
- ☐ Módulos del sistema de tracción
- ☐ Módulos de los sistemas de radiocomunicación y sonorización
- ☐ Paneles eléctricos diversos
- ☐ Módulos de derivación

Cada cabina de conducción posee indicador de destino con display electrónico que permite la inscripción de mensajes, instalado en la parte superior del parabrisas.

SISTEMA DE TRACCION:

El sistema de tracción del DMU es ejecutado a través de la utilización de motores diésel y un sistema de transmisión hidrodinámico, denominado Power Pack.

El Sistema de Tracción – Power Pack del DMU consiste en un módulo único y posee sus componentes montados en una única base en conjunto compacto y leve.

El Power Pack está compuesto por:

- ☐ Motor de Tracción diésel
- ☐ Caja de Transmisión
- ☐ Caja de reversión para movimiento bidireccional
- ☐ Toma de aire
- ☐ Sistema de refrigeración
- ☐ Sistema de extracción
- ☐ Compresor de aire
- ☐ Ejes Cardán
- ☐ Cajas de reducción

ESQUEMA POWER PACK

Fuente: Proveedor BOM SINAL.

SUPERESTRUCTURA – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

La superestructura y sus especificaciones técnicas de la doble línea de vía férrea están constituida por los rieles, durmientes, elementos de sujeción, balasto y aparatos de cambio²⁴.

Se hace mención de que la línea existente con rieles de 115 lb/Yd. Es reutilizado al 100%; y en gran parte del trazo se mantiene en su alineamiento original y en otros tramos de la línea se ha desplazado ligeramente a fin de poder ubicar emplazar adecuadamente en el diseño la segunda línea del trazo del Tren de Cercanías.

Seguido, en la Tabla N° 55 se presenta un cálculo aproximado de la cantidad rieles, durmientes, balasto y elementos de sujeción que cuenta nuestro proyecto de Tren de Cercanías.

N°	Descripción	Análisis de Metrado por Km. de la Doble Línea férrea					
		Und.	Cantidad X Km	Longitud de la Línea (Km)	Línea 1 (Trazo Existente)	Línea 2 (Trazo Nuevo)	Total
1	Unidades de Rieles 115 lb/yd.		84.00 Und.	53.00 Km	Reúso de Rieles Existentes	4,452 Und.	4,452 Und.
2	N° de Eclisas por Riel 115 lb/yd	2.00	84.00 Und.	53.00 Km	Reúso de Eclisas Existentes	8,904 Und.	8,904 Und.
3	N° de durmientes de Madera		1,660.00 Und.	53.00 Km	43,990 Und (La mitad para cambio)	87,980 Und.	131,970 Und.

²⁴ DS 032-2005-MTC Reglamento de Ferrocarriles.

4	Balasto		760.00 m3	53.00 Km	40,280 m3	40,280 m3	80,560 m3
5	Insp. Ultrasonido de Rieles soldados		56.00	53.00 Km	2,968 Insp.	2,968 Insp.	5,8936Insp.

TABLA 55: Metrado de la Superestructura del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

LINEA FÉRREA: RIELES, DURMIENTES Y BALASTO.

El proyecto se llevará a cabo al proponer la 2da línea del ferrocarril en la subgraduada del ensanche de la línea al norte y sur respectivamente del ferrocarril existente, de acuerdo con las características topográficas, características superficiales y características de distribución de los objetos de tierra.

Se ha identificado en la propuesta del trazo de la Doble Vía que la línea existente del ferrocarril en distintos tramos ha variado su alineamiento original. Para un mejor manejo de la administración de la información la Tabla 56 nos ilustra cuales son las secciones en PKs y las ubicaciones de estas variaciones y/o modificaciones del trazo original.

Ítem	PK Inicio	PK Final	Estado del Trazo	Distrito
1.00	0+000	1+620	Trazo Original	Callao
2.00	1+620	1+720	Trazo Modificado	Callao
3.00	1+720	5+600	Trazo Original	Callao
4.00	5+600	5+660	Trazo Modificado	Callao
5.00	5+660	6+080	Trazo Original	Carmen de la Legua
6.00	6+080	6+120	Trazo Modificado	Carmen de la Legua
7.00	6+120	11+220	Trazo Original	Lima
8.00	11+220	11+320	Trazo Modificado	Lima

9.00	11+320	12+530	Trazo Original	Lima
10.00	12+530	12+720	Trazo Modificado	Lima
11.00	12+720	13+270	Trazo Original	Lima
12.00	13+270	13+360	Trazo Modificado	Lima
13.00	13+360	14+620	Trazo Original	El Agustino
14.00	14+620	17+460	Trazo Modificado	El Agustino
15.00	17+460	29+820	Trazo Original	Santa Anita – Ate Vitarte
16.00	29+820	33+540	Trazo Modificado	Ate Vitarte
17.00	33+540	33+860	Trazo Original	Ate Vitarte
18.00	33+860	34+120	Trazo Modificado	Ate Vitarte
19.00	34+120	34+340	Trazo Original	Ate Vitarte - Chaclacayo
20.00	34+340	35+600	Trazo Modificado	Chaclacayo
21.00	35+600	37+200	Trazo Original	Chaclacayo
22.00	37+200	40+820	Trazo Modificado	Chaclacayo
23.00	40+820	40+990	Trazo Original	Chaclacayo
24.00	40+990	41+110	Trazo Modificado	Chaclacayo
25.00	41+110	41+980	Trazo Original	Chaclacayo
26.00	41+980	52+480	Trazo Modificado	Chaclacayo-Chosica
27.00	52+480	53+000	Trazo Original	Chosica

TABLA 56: Modificaciones del Trazo Original del Ferrocarril Central

Fuente: Elaboración Propia

La Estructura de la Vía propuesta es a nivel de superficie en toda la línea férrea a excepción de los puntos donde se encuentran los Pasos a Desnivel que presentan otra solución arquitectónica e ingenieril; la sección típica ferroviaria de cada Carril está compuesta por Rieles, Elementos de Fijación, Durmientes o Traviesas, Balasto donde se transmite el esfuerzo y drenaje y finalmente la Subrasante o Sub Balasto y Terraplen.

Fuente: Sistema de Ferrocarril del Sur

Fuente: https://www.ferromex.com.mx/pdf/vp_EspecificacionesTecnicas.pdf

Letra para Localización	Parámetros	Dimensión Mínima (Base de 1 Línea)	Dimensión Mínima (Doble Línea - Tesis)
a	Ancho de corona del terraplén	660 cm	1,450 cm
b	Base sección del balasto	456 cm	912 cm
c	Corona de sección de balasto	304 cm	793 cm
d	Longitud de durmiente madera	244 cm	244 cm
h1	Ancho de hombro de balasto	30 cm	30 cm
h2	Ancho de hombro del terraplén	102 cm	102 cm
E	Espesor mínimo de balasto bajo el durmiente	20 cm	20 cm
F	Bombeo del sub-balasto	2%	2%
G	Espesor del sub-balasto	30 cm	30 cm
Otras Especificaciones Técnicas de la Sección de la vía			
Respecto del Sub Balasto			
	Tamaño máximo de la grava	760 mm	760 mm
	Límite líquido máximo	40%	40%
	Índice Plástico máximo	12%	12%
	Expansión máxima	2%	2%
	Grado de Compactación Proctor	100% +/- 2	100% +/- 2
Respecto del Cuerpo del Terraplén			
	Granulometría	Que sea compactable	
	Límite líquido máximo	50%	
	Índice Plástico máximo	12%	
	Expansión máxima	5%	
	Grado de Compactación Proctor	90%	

TABLA 57: Parámetros Mínimos de la Doble Vía

Fuente: Elaboración Propia con apoyo en https://www.ferromex.com.mx/pdf/vp_EspecificacionesTecnicas.pdf

De forma Esquemática el armado de una vía férrea y de sus elementos se sintetizaría a través del siguiente gráfico, seguido de su respectiva especificación técnica.

Esquema del armado de una Vía Férrea

Fuente: <https://infovisual.info/es/transporte/via-ferrea>

RIELES

Viene designado por el número de libras de peso por cada yarda de longitud o calibre. Para el caso de nuestro proyecto de Tesis, se utilizará el calibre de 115 lb/yd. Así mismo, la línea existente rieles de 115 lb/yd. recientemente instalados por el concesionario FVCA, los mismos que conservaremos y reutilizaremos para el nuevo replanteo de la Doble Línea del Tren de Cercanías.

El riel está compuesto de manera general por una cabeza u hongo, alma y Zapata o Patín.

Longitud del Riel de 115

COMPONENT

Las características de los elementos de la línea férrea y en especial los rieles se enmarcan dentro de la norma americana (American Standard Arema – ASTM)

NORMA AMERICANA AREMA – ASTM										
TIPO	PESO		HONGO C		ALTURA H		BASE B		ALMA W	
	kg/m	lb/yd	mm	pulg./in.	mm	pulg./in.	mm	pulg./in.	mm	pulg./in.
TR37(ASCE75)	37,20		67,21		122,24		122,24		13,49	
ASCE80	3968	80,00	63,50	2 1/2	127,00	5	127,00	5	13,89	35/64
ASCE85	42,17	85,00	65,09	2 9/16	131,76	5 3/16	131,76	5 3/16	14,29	9/16
TR45(90ARA-A)	44,64	90,00	65,09	2 9/16	142,88	5 5/8	130,18	5 1/8	14,29	9/16
100ARA-A	49,80	100,39	69,85	2 3/4	152,40	6	139,70	5 1/2	14,29	9/16
100ARA-B	49,88	100,56	67,47	2 21/32	143,27	5 41/64	130,57	5 9/64	14,29	9/16
100RE	50,35	101,50	68,26	2 11/16	152,40	6	136,53		14,29	9/16
TR57(115RE)	56,89	114,68	69,06	2 23/32	168,28	6 5/8	139,70	5 1/2	15,88	5/8
TR68(136RE)	67,41	135,88	74,61	2 15/16	185,74	7 5/16	152,40	6	17,46	11/16
141RE	69,79	140,68	77,79	3 1/6	188,91	7 7/16	152,40	6	17,46	11/16

TABLA 58: Características de Rieles Ferroviarios – AREMA – ASTM

Fuente: <http://www.suprasteel.net/rail/rail-pesado/>

TIPO	TALADROS (MM)				
	S (mm)	U (mm)	P (mm)	R (mm)	A (mm)
TR37(ASCE75)	28,6	68,3	208		53,8
ASCE80	25,4	63,5	190,5		56,6
ASCE85	28,6	63,5	190,5		57,5
TR45(90ARA-A)	28,6	68,3	208		65,5
100ARA-A	30,2	68,3	208		69,9
100ARA-B	30,2	68,3	208		69,9
100RE	28,6	68,3	208		68,7
TR57(115RE)	28,6	88,9	241,3	393,7	73,0
TR68(136RE)	30,0	88,9	241,3	393,7	78,6
141RE	31,8	88,9	241,3	193,7	78,6

TABLA 59: Características de Rieles Ferroviarios – AREMA – ASTM

Fuente: <http://www.suprasteel.net/rail/rail-pesado/>

JUNTA DE RIELES O CÁMARA DE EXPANSIÓN:

La abertura de expansión en la junta entre rieles será de 3.2 mm para evitar fuertes impactos y deterioro en los extremos del riel.

La junta es debida a los cambios de volumen que sufren los rieles, lo cual se refiere a los cambios que sufre la materia en relación al espacio que ocupan.

Los cambios de volumen son dos: **contracción y dilatación.**

Contracción es la disminución de volumen que sufre el riel al enfriarse. La contracción se entiende porque al enfriarse los cuerpos, las partículas están más cercanas unas de otras, disminuye su movimiento y como consecuencia disminuye su volumen.

Dilatación es el aumento de volumen de los rieles que ocurre debido a las altas temperaturas, por lo cual es necesario dejar esta pequeña abertura (junta) a lo largo de los rieles que conforman la vía férrea.

En vías eclisadas convencionales, cada riel debe estar apernado con al menos 2 o 3 pernos en cada junta. En vías soldadas continuas, cada riel debe estar apernado en al menos 2 pernos.

ELEMENTOS DE FIJACIÓN

ECLISAS:

Eclisa

PLACA DE ASIENTO:

Pueden ser nuevas o usadas sin defectos, de acero de doble hombro con inclinación 1:40 del calibre del riel utilizado y de acuerdo a especificación de A.R.E.M.A. vigente. La recomendada es de 7-3/4" x 14" (19.7 cm x 35.6 cm).

Placa de
Asiento

FIJACIÓN DEL RIEL AL DURMIENTE:

Pueden ser con clavo de vía nuevo de 1.59 x 15.24 cm y se ajustarán a los requisitos de AREMA. El patrón de clavado será de acuerdo a las figuras siguientes:

Clavo

- Clavo Rielero Tipo Americano :

El cual se usa para la fijación de los rieles y otros elementos de la vía férrea.

Este debe ir recubierto con aceite.

Esquema de Fijación del Riel al Durmiente

Fuente: https://www.ferromex.com.mx/pdf/vp_EspecificacionesTecnicas.pdf

PERNOS DE ANCLAJE A RIELES:

Los tornillos, tuercas y arandelas de presión deben instalarse de acuerdo a las especificaciones de A.R.E.M.A. Los tornillos serán del diámetro y longitud correcta para adaptarse al calibre del riel.

TORNILLERÍA Y TIRAFONDOS BOLTS & NUTS AND SCREW SPIKES

Perno

DURMIENTE O TRAVIESA²⁵

El Durmiente a usar en nuestro proyecto es de Madera (Dura); Flexible, fácil de clavar, fácilmente manipulable. Se usa para carga axiales altas y trenes lentos. Se coloca con plancha de asientos que permite una distribución mayor del peso del riel evitando el corte del durmiente. Para trocha estándar, el mismo que corresponde a este estudio, las dimensiones de los durmientes son 6"x 8"x 8' de acuerdo al AREMA.

Es importante que mencionar que el durmiente debe tener una longitud de 8', ya que el comportamiento estructural de la madera en conjunto con los rieles es más simétrica y trabajan de forma uniforme.

²⁵ Curso de Ferrocarriles_ Juan de Dios Olaechea y Francisco Carrion

Los durmientes serán aserrados por las cuatro caras y tendrán sección transversal rectangular, es decir con sus caras opuestas paralelas.

Los durmientes deben ser producidos a partir de trozos de buena calidad, obtenidos por el corte de árboles vivos y sanos de las especies indicadas líneas abajo. No se aceptarán durmientes con señales de pudrición, ni aquellas que procedan de partes de árboles que no sean del tronco; tampoco de árboles muertos en pie, incendiados o derribados por temporales o máquinas manuales.

Las aristas serán rectas y las caras paralelas entre sí. Las dimensiones se ajustarán a las especificaciones y tolerancias establecidas en estas especificaciones.

Las cabezas serán planas y cortadas perpendicularmente al eje longitudinal, permitiéndose una inclinación máxima de 2 cm. La cara inferior tendrá un ancho constante y será de aristas vivas.

DEFECTOS Y TOLERANCIAS:

- ✓ Médula: No se aceptará en ambos extremos.
- ✓ Albura: Solamente se aceptará en una arista del durmiente, siempre y cuando en la zona del riel no reduzca el ancho y la altura en más de 3 cm.
- ✓ Fractura o falla: No se aceptará
- ✓ Acanaladura: No se aceptará.
- ✓ Arqueadura: No se aceptará.
- ✓ Encorvadura: Se acepta con una flecha máxima de 2 cm.
- ✓ Torcedura: No se aceptará.
- ✓ Acebolladura: No se aceptará en ambos extremos.
- ✓ Pudrición: No se aceptará.
- ✓ Apolilladura: No se aceptará.
- ✓ Galerías: No se aceptará.
- ✓ Rajadura: Se acepta en un extremo del durmiente y hasta una longitud de 10 cms y abertura máxima de 4 mm.
- ✓ Grietas: Fuera del área del riel, se acepta la grieta aislada hasta un largo de cms y una profundidad de 4 mm. En la zona del riel se acepta solo si esta ubicado en el eje longitudinal de la pieza.

- ✓ Corteza incluida: Se acepta fuera del área del riel, hasta 20 cms de largo y profundidad menor o igual a 3 cms.
- ✓ Arista faltante: Se acepta en una arista.
- ✓ Nudos: Vivos o apretados no se consideran como defecto cuando su diámetro es inferior a 5 cms y está ubicado fuera de la zona de asiento del riel. En la zona del riel se acepta si su diámetro es igual o inferior a 3 cms, muertos o sueltos no se aceptan.
- ✓ Huecos: No se aceptará.

MADERAS ACEPTADAS:

- ✓ Shihuahuaco – (Couriaronna Odorata Macbr)
- ✓ Palo Sangre/Uricana – (Hyeronima alchorneoides Fr. Allen)
- ✓ Tahuari o Asta de Venado amarillo – (Tabebuia sp)
- ✓ Chontaquiro – (Diplotropis martihuisii berth)
- ✓ Estoraque – (Myroxylon balsamum (L) Harms)
- ✓ Ana Caspi – (Apulería Molaris)
- ✓ Yutubanco – (Heisteria Sp)
- ✓ Itauba – (Mezilausus itauba)
- ✓ Charapa Caspi – (Pterocarpus rohii)
- ✓ Chemicua – (Pseudoimedia)
- ✓ Huanganacasho – Sloanea aff megaphylla

Si se ofreciese otra especie, ésta deberá cumplir con lo siguiente:

- ✓ Características físicas mínimas de las especies al 12% del contenido de humedad.
- ✓ Las propiedades mínimas que deberán cumplir dichas especies son las siguientes:
 - ❖ Gravedad Específica: 0.90
 - ❖ Flexión Estática: 920 kg/cm²
 - ❖ Módulo de Elasticidad: 150,000 kg/cm²

- ❖ Compresión perpendicular: 121 kg/cm²
- ❖ Dureza lados: 801 kg/cm²
- ❖ Cizalladura: 121 kg/cm²

- ❖ Dichas propiedades deberán ser certificadas por una entidad autorizada (Organismo Oficial, Universidad o similar) que acredite las características físico – mecánicas de las especies presentadas en la propuesta, identificadas con su nombre vulgar y su nombre científico.

BALASTO²⁶

Roca molida que se coloca entre el terraplén y los durmientes. Sirve para Distribuir las fuerzas (verticales y longitudinales); Funciona como Drenaje y Permite el alineamiento y nivelación de la vía, así como el Amortiguamiento (onda de deflexión) y primordialmente Compensa un suelo pobre.

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- ✓ Gravedad específica y absorción de agregados gruesos (ASTM C.127).
- ✓ Absorción máxima 0.8%
- ✓ Terrones de arcilla y partículas desmenuzables (ASIM C. 142)
- ✓ Presencia máxima de arcilla de 0.5%

²⁶ Curso de Ferrocarriles_ Juan de Dios Olaechea y Francisco Carrion

- ✓ Presencia máxima de roca desmenuzable de 3%.
- ✓ Desintegración al sulfato de sodio (ASTM C 88)
- ✓ El agregado no deberá tener una pérdida de peso mayor al 10%.
- ✓ Material pulvurulento que pasa por el tamiz No. 200 – 1%

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS:

- ✓ La masa específica aparente debe ser menor que 1%.
- ✓ La absorción de agua debe ser menor que 1%
- ✓ La porosidad aparente debe ser menor que 1%
- ✓ La resistencia al choque debe ser menor que 20%
- ✓ La forma cúbica para graduación arriba del tamiz 19 debe ser mayor o igual a 90%.
- ✓ La resistencia a la compresión simple axial debe ser mayor que 100 kgf/dm²
- ✓ La durabilidad, pérdida media de peso, debe ser menor o igual a 10%.
- ✓ El peso específico debe ser mayor a 1600 kg/m³

CONTROL DE CALIDAD:

- ✓ Los ensayos de calidad para la aceptación del agregado para balasto serán los siguientes.
- ✓ Resistencia a la compresión:
- ✓ La resistencia a la compresión sobre muestras cúbicas de roca de la cantera, que midan 7 cms de lado. Para cada prueba se tomarán 4 muestras que reflejen las características de la roca por explotar.
- ✓ La resistencia última no tendrá que ser inferior a 60Mpa (600kg/cms²), obtenida como valor medio de las cuatro muestras cúbicas ensayadas.
- ✓ Desgaste por abrasión
- ✓ El desgaste por abrasión ensayado en la maquina de “Los Angeles”, se hará con muestras granulométricas de 10,000 gramos, a 1000 R.P.M. conforme a la norma ASTM C.535 (abrasion of large size coarse aggregate).
- ✓ El porcentaje de desgaste no excederá del 25% del total de la muestra ensayada.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

- ✓ La granulometría de la piedra partida para balasto se deberá determinar con auxilio de tamices de laboratorio con mallas cuadradas estandarizadas.
- ✓ La franja granulométrica del agregado para el Balasto será el siguiente:

TAMIZ MM	(pulgadas)	% DE MATERIAL QUE PASA
63.5	2 ½"	100
50.8	2"	80-90
38.1	1 ½"	25-35
25.4	1 "	0-10
19.05	¾"	0-1

METODOLOGIA DE EJECUCIÓN²⁷

- ✓ Tendido de Balasto:

- ✓ Montaje de Durmientes

²⁷ <https://es.slideshare.net/gerbercpcondoripalacios/instalacion-de-via-ferrea>

✓ Montaje de Rieles

✓ Fijación de los Rieles a los Durmientes

Herramienta para aplicación de Clip

Sujeción Pandrol

e-clip

✓ Pre Alineamiento de Vía

- ✓ Correcciones Geométricas

SUELO:

SITACION ACTUAL DEL SUELO:

En la línea se realizan principalmente trabajos de relleno de suelo, con una superficie de suelo de 3.0 ~ 5.0m ancho y altura de cerca de 0.5m ~ 1.5m; La pendiente de corte de la sección local es de alrededor de 1 ~ 10m de altura. La superficie del suelo se llena con piedras rotas graduadas o arena gruesa natural y arena de grava, de aproximadamente 0,3 m de espesor. El drenaje del subsuelo es bueno y el corte se establece con la zanja de drenaje del suelo. La pendiente del banco no tiene protección y la pendiente de corte de la sección local es más alta sin la protección de la pendiente lateral, que afecta la operación segura del ferrocarril.

FORMA Y ANCHO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO:

La superficie está en forma de triángulo, las pendientes de drenaje del 2% se sitúan desde la línea central del suelo hacia ambos lados. La superficie del subsuelo es de 11,7 m de ancho. La sección transversal estándar del suelo después de la renovación es la siguiente:

Sección transversal estándar del terraplén de doble vía (m)

Sección transversal estándar de corte de roca dura de doble vía (m)

RELLENO DE SUBSUELO Y ESTRUCTURA DE LA CAMA DE SUBSUELO:

La superficie del subsuelo es 0.3m, llenado de piedra quebrada clasificada o natural, arena gruesa clasificada bien y arena grava; El suelo de grano fino puede ser llenado debajo de la capa superficial de la cama del subsuelo.

SECCIÓN DE TRANSICIÓN:

La sección de transición se establece en la calzada y el puente, suelos y alcantarillas, se llena con arena gruesa y arena de grava (materiales de relleno Grupo B).

CRITERIOS DE ASENTAMIENTO DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN:

El asentamiento después de la construcción del subsuelo no debe ser mayor de 20 cm, la sección de transición del camino y puente no debe ser mayor de 10 cm y la velocidad de sedimentación no debe ser mayor de 5cm / año.

PENDIENTE LATERAL:

- La relación de pendiente lateral del terraplén es de 1: 1,5.
- La proporción de pendiente lateral del corte de suelo de grano fino es 1: 0,75.

- La pendiente lateral de corte de grava es de 1: 0.75, 3m de ancho y la etapa de pendiente se fija para cada 10m de altura, se utiliza como protección de pendiente lateral el método de hormigón pulverizado en suspensión o hormigón proyectado.
- La proporción de la pendiente lateral es 1: 0.5.

TRATAMIENTO DE LA BASE:

La base en la sección de la roca no es tratada, la compactación del balanceo se realiza en otras secciones.

PRINCIPALES CONTENIDOS DE LA INGENIERÍA DE SUELOS:

- Para las secciones con anchura de superficie de suelo existente que satisfagan requisitos de doble vía, con años de funcionamiento, la fundación del ferrocarril es estable, después de limpiar el lecho de lastre existente, nivelarla para formar una corona de triángulo.
- Para las secciones con superficie de suelo existente que no satisfacen los requisitos de la doble-pista, la sección del terraplén se adopta generalmente para ensanchar el terraplén y la sección del corte se adopta para ensanchar la superficie del subsuelo, para reducir la demolición y ocupación de tierra, en secciones con tierra limitada o tensa, el terraplén reforzado y el muro de contención del terraplén se pueden utilizar para el cierre de la pendiente.

INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA:

Constituida por las estaciones, paraderos, los patios y los talleres; las instalaciones y terrenos que permiten la operación de los trenes, el embarque y desembarque de pasajeros.

ESTACIONES Y PARADEROS:

ESTACIONES:

El trazo tiene 07 Estaciones: (Ver Anexo 2)

N°	Estaciones	PK Inicio	PK Final
1	Estación Gambetta	1+730	1+850
2	Estación Faucett	4+770	4+890
3	Estación Alfonso Ugarte	11+020	11+140
4	Estación Martinete	14+280	14+400
5	Estación Vitarte	25+920	26+040
6	Estación Huaycán	35+000	35+120
7	Estación Chosica	52+780	52+900

TABLA 60: Estaciones del Tren de Cercanías

Fuente: Elaboración Propia

La elección e identificación de estas estaciones principales en el trazo del tren de cercanías Callao-Chosica, responde a que su ubicación se integra adecuadamente con las líneas de transporte interurbano existentes y proyectadas de Lima Metropolitana; así como también por la incidencia poblacional identificado en la demanda.

N°	Estaciones	Conexión Línea Interurbana
1	Estación Gambetta	Intercambio Futura Línea Callao-Ventanilla (Futura Conexión Tren de Cercanías Barranca – Ica)

2	Estación Faucett	Intercambio Futura Línea 4 - Metro
3	Estación Alfonso Ugarte	Intercambio Línea COSAC – Metropolitano
4	Estación Martinete	Intercambio Línea 1 - Metro
5	Estación Vitarte	Intercambio Futura Línea 2 - Metro
6	Estación Huaycán	Estación propuesta por la alta demanda
7	Estación Chosica	Estación Patio Taller

TABLA 61: Estaciones y Conexiones de Transporte Urbano

Fuente: Elaboración Propia

La estación típica por el cual el público podrá acceder y aprovechar la línea del Tren de Cercanías, se compone, de los siguientes componentes y espacios:

- Atrio de la Estación
- Vestíbulo
- Andenes
- Locales Técnicos
- Locales de Servicio y Oficinas

Para el dimensionamiento de todos estos espacios y de los recorridos de movilización interna se deben tomar en cuenta diferentes aspectos como: necesidades de instalación, operativas, comerciales, carga de la multitud en casos de tráfico normal y en caso de situaciones de emergencia. Para nuestro proyecto, la diferencia entre una estación y un paradero es que el primero cuenta con mayor superficie en sus espacios de servicio y componentes respecto al segundo.

○ Atrio de la Estación:

El atrio de la estación es la parte que desde el exterior precede la entrada a los andenes constituyendo el elemento de distribución de los flujos de pasajeros para la conexión entre salida y andenes.

El atrio debe presentar lo siguiente:

- Señalización apropiada de inmediata y fácil lectura.
- Señalización para los diferentes destinos y recorridos.
- Señalización indicando las salidas de emergencia, para el acceso a los andenes, para el acceso destinado a los discapacitados, para los ascensores y/o escaleras y de todas las informaciones indispensables para los pasajeros (las tarifas, una planta del perímetro, una planta local con las interconexiones con los medios de transporte de superficie).

Los elementos base de dicha señalización, al igual que la correspondiente al plano de andenes, deberán ser definidos de manera homogénea en un Manual de señalización.

○ Vestíbulo:

Corresponde a un área intermedia para un mayor apoyo del atrio en la distribución de los pasajeros según la dirección que quieran tomar. Habitualmente se utiliza únicamente como área de tránsito y no desempeña roles significativos desde un punto de vista tecnológico y funcional.

De acuerdo a la selección funcional del espacio, se ubican la zona de boleterías, molinetes para el acceso a la zona de andenes, Servicios higiénicos, accesos verticales (Escaleras, Ascensores, etc). Oficina.

Modelo de Vestíbulo – Boleterías

Modelo de Vestíbulo – Molinetes previo a ingreso de Andenes

○ Andenes:

Los andenes son el lugar donde se desarrolla la relación entre trenes y estación, con las funciones de la espera, del ascenso y descenso de los pasajeros.

En base a la elección constructiva adoptada para las vías del recorrido de los trenes pueden ser de dos tipologías: único andén central o andenes laterales. Para nuestro proyecto será de andenes laterales, como se muestran en las siguientes imágenes.

Modelo de Anden – Estaciones y Paraderos

Modelo de Andenes laterales – Estaciones y Paraderos

Los andenes deben facilitar la comunicación con, por lo menos, dos recorridos diferentes de conexión con el atrio y, sucesivamente, con el exterior.

El sistema de andenes de la estación comprende: los accesos a los eventuales locales técnicos de andén y a los recorridos de conexión de servicio con las aceras de espera.

El andén debe presentar señalización apropiada, indicando de manera clara e inmediata, además de la dirección del tren, las salidas de emergencia, el nombre de la estación, el listado de las estaciones sucesivas y, con un mensaje variable, el destino y los tiempos del tren de llegada e informaciones en cuanto al ejercicio. Por lo tanto, el mobiliario como por ejemplo cestos para la basura, bancos, rejas, carteles con mapas y reglamentaciones, contenedores de señalización etc., y deben ser instalados al ras de la pared, evitando, en lo posible, el reborde de los mismos.

- Locales Técnicos:

Los locales técnicos se utilizan para albergar todas las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la estación (ventilación, máquinas ascensores, contadores distribución aguas, recolección y levantamiento aguas, central de refrigeración, central anti-incendio, motores escaleras móviles, etc) y el sistema ferroviario (Grupo de continuidad, cabinas de transformación, telecomunicaciones, cuadros, seccionadores, señalización, etc.)

Las medidas de cada local deben ser evaluadas en función de las dimensiones de los equipos y de los francos mínimos que hay que respetar para garantizar un control eficaz, mantenimiento y / o desmontaje.

El layout funcional de estos locales debe ser estudiado de manera que permita un ágil ingreso y egreso de los materiales y de los equipos. Con este fin, los locales tecnológicos pueden ser ubicados en un edificio externo en las cercanías de la estación misma, o internamente. En este caso, los locales pueden ser ubicados en el nivel del vestíbulo, para un rápido acceso desde el nivel de la calle, o, en el nivel andén, para aprovechar la vía del recorrido para desplazar grandes equipos cuando el servicio pasajero está detenido.

- Locales Servicio y Oficinas:

Una estación puede contar con más áreas más o menos marginales al funcionamiento de la misma. Además de la presencia de áreas comerciales (cuyo vínculo recae únicamente en la mayor disponibilidad urbana en destinar espacios a este sector), en función del grado de automatización del sistema de transporte puede ser solicitada la presencia de directores fijos de personal.

Un sistema completamente automatizado puede funcionar autónomamente basándose en controles 24/24 por parte de la sede central operativa, ubicada normalmente en el depósito de trenes, y por lo tanto las estaciones podrían ser libres de cualquier director

fijo; análogamente se puede decidir utilizar únicamente boleterías automáticas (evitando los espacios destinados a las boleterías con personal de servicio)

De acuerdo con las decisiones deberán ser localizadas más áreas para sanitarios públicos, áreas de primeros auxilios, locales para la vigilancia fija de estación, etc.

PARADEROS:

El trazo tiene 12 Paraderos: (Ver Anexo 2)

N°	Paraderos	PK Inicio	PK Final
1	Paradero Universitaria	7+230	7+350
2	Paradero Dueñas	8+500	8+620
3	Paradero Desamparados	12+550	12+670
4	Paradero Riva Agüero.	16+100	16+220
5	Paradero La Atarjea	20+480	20+600
6	Paradero La Cultura	21+890	22+010
7	Paradero Javier Prado	23+720	23+840
8	Paradero Las Torres	27+560	27+680
9	Paradero Santa Clara	29+260	29+380
10	Paradero Ñaña	37+000	37+120
11	Paradero Chaclacayo	42+060	42+180
12	Paradero La Cantuta	51+120	51+240

TABLA 62: Paraderos del Tren de Cercanías

Fuente: Elaboración Propia

Los paraderos que representan el único medio por el cual una persona puede acceder y usar el servicio del tren de cercanías, se compone de los siguientes componentes:

- Atrio del paradero
- Andenes
- Conexiones entre andenes
- Local de Boletería y Control de Acceso

- Ambientes técnicos y de mantenimiento

Para el dimensionamiento de estos espacios y de los recorridos de movilización interna se tomaron en cuenta diferentes aspectos del resultado de las necesidades operativas, carga de la multitud en casos de tráfico normal y en caso de situaciones de emergencia. Así mismo, se indica que la configuración arquitectónica de estos paraderos es proporcionalmente de menores dimensiones respecto a la superficie en comparación con las estaciones.

- o Atrio del pasajero:

El atrio del paradero es la parte exterior, es la entrada a los andenes constituyendo el elemento de distribución de los flujos de pasajeros para la conexión directa entre salida y andenes.

La entrada conectará directamente con el sistema de control de acceso las cuales serán diferenciadas tanto de entrada como de salida.

Modelo de Atrio de Ingreso Paraderos

- Andenes:

Los andenes son el lugar donde se desarrolla la relación entre trenes y el paradero, con las funciones de la espera, del ascenso y descenso de los pasajeros.

En base a la elección constructiva adoptada para las vías del recorrido de los trenes, el andén será de tipo andenes laterales, la cual permitirá la comunicación para ambos sentidos de la ruta de la línea.

El andén debe presentar señalización apropiada, indicando de manera clara e inmediata, además de la dirección del tren, las salidas de emergencia, el nombre de la estación, el listado de las estaciones sucesivas y, con un mensaje variable, el destino y los tiempos del tren de llegada e informaciones en cuanto al ejercicio.

Modelo de Andenes en Paraderos

Para el paradero de Chosica, el mismo que cuenta con inmueble histórico; en este proyecto se pretende aprovechar las instalaciones existentes y adecuarlos para el funcionamiento del sistema del tren de cercanías sin dañar la estructura existente.

Sección Típica – Adecuación con Paradero Existente (Chosica)

○ Conexiones entre andenes:

Este ambiente hace referencia a la conexión creada para trasladarse de un andén hacia el otro andén, si se desea cambiar de sentido del viaje.

Se proponen 02 tipos de conexiones:

- Conexión entre andenes a través de un paso a nivel de la línea férrea; con un ancho de 1.80 m. de ancho. Este tipo de conexión aplicará únicamente para paraderos.
- Conexión entre andenes a través de un paso peatonal elevado de 1.80 m de ancho. Este tipo aplicará tanto para paraderos como para estaciones, dependiendo las características técnicas permisibles de la superficie. El acceso vertical será a través de escaleras y un núcleo de ascensores por cada andén.

Modelo Tipo de Conexión a nivel
de la línea férrea

Modelo Tipo de Conexión paso peatonal elevado (Ascensor – Escalera)

○ Local de Boletería y Control de Accesos:

Para cada paradero, los atrios principales de cada andén contarán con centros de boletería o taquilla para la recarga y expedición de tarjetas de control de acceso. Estas boleterías se ubicarán al centro o al lado lateral de cada atrio, dependiendo la configuración del terreno y de la arquitectura; siendo un ambiente separador entre el ingreso salida de cada atrio.

Por otro lado, el sistema de control de acceso consistirá en molinetes exclusivos para el sentido del flujo, tanto de ingreso como de salida; así como molinetes para el ingreso de personas discapacitadas en sillas de ruedas. Además, este sistema consta de los monederos recargadores de las tarjetas de acceso, los cuales se ubicaran en las entradas de los atrios.

Modelo de Control de Accesos

- Ambientes Técnicos y Mantenimiento:

Estos ambientes se concentran en dos particularmente: un ambiente sanitario para el personal de servicio en dicho paradero, y el otro ambiente, de mantenimiento y reposo de los equipos técnicos, como son las memorias de grabación del sistema de video vigilancia y sistemas de conexión eléctrica y electrónica que cada paradero requiere.

PATIOS DE VIAS:

- Para el Sistema de transporte de pasajeros:

Toda la sección de Callao a Chosica tiene una base de vehículos y depósitos que se encuentran en Chosica y en Callao, respectivamente. El depósito de Chosica se utiliza principalmente para el mantenimiento periódico de los trenes distribuidos en esta línea, y en conjunto con el depósito para estacionamiento, examinación de trenes y otros mantenimientos rutinarios de trenes.

El depósito de Chosica tiene 20 lugares para la examinación del parqueo de trenes con 8 lugares reservados, así como 8 lugares para la revisión del tren. También hay una tienda de revisión, una tienda de operación, así como la tienda de spinning, taller de limpieza de vehículos, tienda de vehículos de ingeniería, almacén de material central, oficinas, y

los edificios de la nueva construcción tienen una superficie cubierta de aproximadamente unos 80.000 m².

Modelo Base para implementar – Depósito de Chosica y Callao

El estacionamiento Callao tiene 14 plazas para la examinación del parqueo de trenes con 8 plazas reservadas, así como el taller de operación, taller de limpieza de vehículos y edificios de oficinas y producción; Los edificios tienen una superficie aproximada de unos 25.000 m².

Planta del estacionamiento del Callao – Cerca de paradero Gambeta

- Para Sistema de transporte de carga:

En este proyecto Tren de cercanías para reconstrucción y extensión, los trenes de mercancías (Carga) y el equipo se mantienen en el statu quo. Y el horario de funcionamiento sería en horas de la madrugada.

EQUIPOS DE VIAS:

En este ítem mencionaremos la relación de equipos empleados en obras ferroviarias, que serán utilizados no solo para la ejecución del proyecto del tren de cercanías, sino también para el mantenimiento y operatividad del sistema:

N°	Tipo de Equipo	Imagen Referencial
1	Regulador de Balasto
2	Moldeador de Hombros y Limpieza de Balasto	<p>Pettibone</p>

3	<p>Rameadora de Producción: Alineamiento de la Línea férrea</p>	<p>Marca IV-Rameadora</p>
4	Cortadora de Rieles
5	Calentador de Riel

TABLA 63: Equipos de vías

Fuente: Elaboración Propia

SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD:

SEGURIDAD Y CONTROL PAISAJISTA SONORO:

SEGURIDAD EN VIA:

Una gran cantidad de personas entran y cruzan las vías en el derecho de vía o zona de ferrocarril, y en algunas ocasiones es usado como calle o camino de acceso. El número de accidentes, que resultan en muertes, entre el tren y los peatones indica que es necesario controlar el acceso peatonal para reducir, si no eliminar, este tipo de accidente. Será necesario realizar un enrejado en ambos sentidos para controlar el acceso y dirigir el tráfico hacia los cruces e intersecciones establecidos.

Existen varios tipos de materiales para enmallado que se podría emplear, dependiendo del área. Una consideración necesaria en la selección del tipo de protección o enmallado es su resistencia al vandalismo. Se prevé que muchos de los residentes locales pueden molestarse por tener el acceso bloqueado y tratarán de remover el enmallado. Sin personal de seguridad que vigile el enmallado, este puede ser dañado o removido.

En donde exista espacio suficiente se recomienda el uso de plantas y árboles que puedan crecer con la densidad suficiente para proveer una barrera física eficiente. Este tipo de protección tiene buena apariencia y funciona como barrera contra el ruido. El tipo de mantenimiento requerido para este tipo de barrera sería podarla y replantar las plantas y árboles que se sequen o mueran. En el clima húmedo y no lluvioso de Lima, podría ser necesario el riego ocasional, sin embargo el uso de plantas y árboles nativos de la región reduciría el mantenimiento.

En donde el espacio no permita el uso de vegetación, se tendrá que usar enmallado, cerca de hierro soldado, o muro de concreto prefabricado. En áreas industriales, una barrera de enmallado de 2 metros de alto será necesaria. En áreas residenciales en donde el enmallado no se pueda usar, se podrá usar cercas de hierro soldado similares a las

usadas en la berma central de algunas de las avenidas principales. Esta cerca de hierro es más costosa, pero tiene mejor apariencia y podría tener mayor aceptación.

Cuando se use vegetación para proteger el derecho de vía, se recomienda que se use a ambos lados de las vías para que así se aislen de la comunidad que las rodea. Esto podría ayudar a prevenir las invasiones de asentamientos humanos dentro de la zona de ferrocarril. En áreas industriales, una malla en el centro de las dos vías del tren podría ser suficiente, pues se ha observado que cuando se instalan mallas, cercas, o barreras, en las bermas centrales de avenidas y calles, esto mantiene a los peatones fuera de la calzada. Recomendamos que se instale enmallado o cercas en medio de las dos vías del ferrocarril. Si se observa que esto no funciona como se espera, será necesario enmallar a ambos lados de la zona de ferrocarril.

En el área al sur de Chosica existen varias edificaciones y casas que se construyeron entre el río y la vía del tren, cuyo único acceso es cruzando la vía, lo que causa o crea un paso a nivel ilegal. Si se protege la zona de ferrocarril con enmallado, tal como se plantea para el tren urbano, el acceso a estas propiedades se verá obstruido. Será necesario crear intersecciones o pasos a nivel y legalizarlos.

Observando todos estos problemas y analizando las posibles soluciones. Lo más seguro para garantizar nuestra operación es la colocación del cerco tipo UNI en ambos lados de la vía férrea, en la zona donde se ubican las estaciones y paraderos y Mallas electrosoldadas para los tramos abiertos y entre los puntos de embarque y desembarque. El cerco tipo UNI tendrá una altura de 2.30 m, el cual contará con un cimientado de 0.60 m y un sobre cimientado de 0.40 m. Siendo la altura del cerco de 2.70 m...pudiendo llegar a 3.00 m.

Modelo de Cerco Tipo UNI - Elevación

Modelo de Cerco Tipo UNI – Sección

PAISAJISMO Y CONTROL AMBIENTAL - SONORO:

En acción complementaria y no menos importante a la colocación de los cercos y malla electrosoldadas de protección en el derecho de la vía por un tema de seguridad; en este proyecto de Tesis se ha considerado incluir una propuesta **“Paisajista-Ambiental”** en toda la vía férrea, a fin de dar mayor confiabilidad dentro del área matriz del ferrocarril y primordialmente promover la acción de minimizar la contaminación ambiental y especialmente la contaminación sonora en el radio y contexto urbano cercano al trazo de la doble línea del Tren de Cercanías.

Para ello, se ha propuesto una serie plantas y árboles²⁸ de buena presencia y estéticos que ayuden a formar una densidad suficiente haciendo de ella una **“barrera visual y sonora”** en toda la doble línea férrea. Estos elementos arbóreos deben ser idóneos y responder al clima húmedo de Lima, los mismos que responden también a un mantenimiento y riego ocasional. Estos son:

1.- La Casuarina: **“Casuarina equisetifolia”**.

Su Uso Paisajístico se caracteriza por lo siguiente:

- Es Plantado para proteger el suelo y evitar la erosión usado en ambientes costeros.
- También se usa como pantalla para proteger del viento y del sonido en zonas urbanizadas, ya que sus finas y numerosas ramillas absorbe la energía eólica y la energía de la reverberación del paso del Tren.
- En Jardinería se utiliza como pantalla protectora contra el viento y el sonido y para alineaciones en paseos y caminos.

²⁸ https://issuu.com/serparlima0/docs/guia_virtual_arboles_en_lima, SERPAR.

2.- Mioporo: “*Myoporum laetum*”.

Su Uso Paisajístico se caracteriza por lo siguiente:

- Utilizado para realizar cercos vivos.
- Muy adecuado para jardines en regiones costeras por su tolerancia a la humedad, salinidad y al viento.
- Se cultiva como planta ornamental p para formar cercos o setos vivos.

3.- Molle Costeño: “*Schinus Terebinthifolius*”.

Su Uso Paisajístico se caracteriza por lo siguiente:

- Por sus características ornamentales y su poco mantenimiento se le ha plantado en muchos lugares como parques, jardines, aceras y orillas de caminos entre otros, en donde con pocas podas de formación se le puede mantener en buena forma sin problemas de destrucción de aceras u otras infraestructuras.
- Es adecuado para aceras o vermas no muy anchas.
- Se usa como árbol de alineación.

- Da una buena calidad de sombra.

4.- Huaranhuay: “Tecoma Stans”.

Su Uso Paisajístico se caracteriza por lo siguiente:

- Es usado para mejorar el ornato de parques y jardines por la belleza de sus flores de color amarillo.
- Florece en Primavera – verano.

5.- Jacaranda: “Jacaranda Mimosifolia”.

Su Uso Paisajístico se caracteriza por lo siguiente:

- El mayor interés de este árbol es que tiene una floración muy vistosa.
- Por su aspecto son interesantes en jardinería para decorar, por la belleza de sus flores, para jardines urbanos donde ayuda a controlar la contaminación.

SEGURIDAD EN ESTACIONES Y PARADEROS:

Se prestará especial atención a la seguridad en las estaciones y paraderos con independencia de la elección tipológica (subterránea, elevada o en la superficie) de la estación a construir.

Este aspecto se estudiara respetando en todo momento los requisitos mínimos impuestos por la norma NFPA 130 “Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems” del año 2010 o versiones sucesivas.

Esta norma proporciona las líneas maestras para el diseño de las trayectorias de evacuación de las estaciones y el tiempo máximo de recorrido para poner a salvo a los pasajeros. A nivel orientativo, se cita que la norma impone evacuar los andenes de las estaciones en menos de 4 minutos y que las personas alcancen un sitio seguro en menos de 6 minutos.

Por sitio seguro se define: Un espacio a cielo abierto.

Áreas internas de las estaciones en donde el sistema de ventilación pueda garantizar para todo el tiempo de refugio las condiciones mínimas de habitabilidad para el ser humano (temperatura, visibilidad y concentración de CO₂)

Además, se mantendrá un control permanente con instalación de cámaras de video vigilancia ubicados estratégicamente en las zonas de entrada a los paraderos y estaciones, y en las zonas de alto tráfico peatonal dentro de ellas: andenes y vestíbulos.

SEÑALIZACIÓN Y CONTROL:

El sistema de señalización y control automatizado que proponemos para nuestro proyecto de Tren de cercanías responde a un tipo de Sistema Inteligente de Transporte (ITS – Intelligent Transportation Systems), que servirá para mejorar la seguridad y eficiencia en el transporte ferroviario. Dentro de las ventajas de usar un ITS es porque aumentan la seguridad en los conductores, mejoran la eficiencia del tráfico y permiten llevar un control detallado de la propia operación.

Proponemos considerar el siguiente sistema ITS:

Propuesta - Siemens:

- Sistema de Bloque Fijo
- Sistema de Control Central VICOS OC 100
- Enclavamiento Electrónico SIMIS PC-SICAS ECC
- Detección de Trenes mediante Contador de Eje ACM 100
- ATP tipo Magentic Train Stop CTS/M
- Máquinas de Cambio S700K
- Señales de Vía K400
- Control de Pasos a Nivel PAN 300F

SISTEMA DE CONTROL CENTRAL VICOS OC 100

El sistema de Control Central VICOS OC 100, es un Sistema de Gestión de Operaciones en donde se administra el transporte masivo, el tráfico ferroviario principal de pasajeros y los ferrocarriles industriales (Carga).

VICOS OC 100 - “Vehicle and Infrastructure, Control and Operating System / Operations Management System Commuter/Subway”.

TAREAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE OPERACIONES:

- Garantizar que los trenes circulen de acuerdo con el horario y los intervalos correctos.
- Aliviar al señalizador mediante la automatización de las acciones estándar del operador.
- Seguimiento y coordinación de todos los movimientos de trenes dentro de la red ferroviaria.
- Permitir una reacción rápida ante fallas técnicas y fluctuaciones en el flujo de demanda.

CONTROL DE VARIOS SISTEMAS:

Vicos OC 100, controla una amplia gama de diferentes sistemas:

Configuración Vicos OC 100:

ENCLAVAMIENTO ELECTRÓNICO SIMIS PC-SICAS ECC

Los Beneficios generales de este sistema son:

- Alto nivel de seguridad, fiabilidad y disponibilidad.
 - Ordenador a prueba de fallos basado en el probado principio Simis®
 - Ordenadores Simis en funcionamiento durante más de 20 años en más de 300 Enclavamientos.
 - Muy alto nivel de disponibilidad debido a 2-out-of-3 configuraciones de la computadora (Simis ECC) o 2 x 2-out-of-2 (Simis PC)
 - Desarrollo según normas CENELEC
- Hardware aprobado por la Oficina Federal Alemana de Ferrocarriles (EBA)
- EMC de acuerdo con CENELEC
- Nivel de integridad de seguridad SIL 4 según CENELEC

SIMIS PC – Transmisión en dirección de comando

- Entrada de comandos por el sistema de operación e indicación.
- Transmisión de la información (comando)
 - desde puesto de operación al ECC central (ECC 1)
 - desde ECC central a SIMIS PC
 - desde SIMIS PC a la ECC donde se proyecte el elemento del equipo exterior
 - Salida a equipo exterior

SIMIS PC – Transmisión en dirección de aviso

- Entrada de un cambio de evento
- Transmisión de la información (aviso)
 - desde el equipo exterior a la ECC en la que se proyecta el elemento del equipo exterior.
 - de la ECC a la SIMIS PC.
 - de la SIMIS PC a la ECC central (ECC 1).
 - de la ECC central al puesto de operación.

ACM 100 / AXLE COUNTING SYSTEM

SISTEMA DE CONTADORES DE EJES

ACM 100
Axle Counting System

Principio del Conteo del Eje:

Equipo de detección de ruedas
ACM 100 Configuración básica

S 700 K / POINT MACHINE

MÁQUINA DE PUNTOS

Funciones:

- Lanzamiento de puntos.
- Retención de las puntas en las posiciones finales.
- Indicación de la operación puntual y de la posición final de la hoja al enclavamiento.
- Bloqueo mecánico de puntos.
- Apertura del embrague de arrastre cuando los puntos se están arrastrando y emiten de una indicación de puntos arrastrados a la instalación de detección.

Aplicaciones:

Puntos con bloqueo externo

- Transporte de corta y larga distancia.

- Líneas de alta velocidad.
- Puntos de todos los tipos y calibres
- Derailers y consejos para las ranas
- Todos los tipos de enclavamiento utilizados por los ferrocarriles alemanes.
- Rango de temperatura -25°C a $+70^{\circ}\text{C}$

S 700 K
Point Machine

K 400 / Signals

SEÑALES

Beneficios

- Disminuir los gastos de capital en comparación con las de unidades de luces separadas.
- Bajos costes operativos.
- Bajo nivel de mantenimiento y reparación gracias a unidades eléctricas fiables.
- Mejor resistencia posible a la corrosión
- Fácil implementación de versiones de señales específicas del cliente con señal Componentes (sistema modular)
- Alta disponibilidad

Sistema modular

Componentes del sistema modular

- Placas de fondo con configuraciones y tipos de unidades de luz de señal. Adaptado al sistema respectivo.
- Formas fabricadas para placas de fondo y carcasas.
- Unidades de luces de señal.
- Elementos de montaje, Adecuado para tipos comunes de postes de señal y brazos de extensión
- Elementos módulos de interfaz, Para todos los tipos de enclavamiento de Siemens

SPAN -300F

PASOS A NIVEL

SPAN -300F

Pasos a Nivel

PAN 300F Configuración Típica

SISTEMA DE COMUNICACIÓN:

El sistema de comunicación proporciona servicios de red para el control de trenes, el despacho de operaciones, el servicio de pasajeros, la gestión, la prevención de desastres, el monitoreo de seguridad y otros sistemas de aplicaciones empresariales y proporciona servicios de comunicación de voz, datos e imagen de alta calidad para el transporte ferroviario.

La red de comunicación se compone principalmente del sistema de transmisión y acceso, sistema de conmutación telefónica, sistema de comunicación de despacho, sistema de comunicación móvil, sistema de comunicación de emergencia, sincronización y sistema de distribución de reloj, fuente de alimentación de comunicación, protección contra rayos y sistema de puesta a tierra, etc.

El sistema de transmisión y de acceso: diseño de dos capas: capa de la estructura y capa de acceso; Utilizar el marco de referencia del sistema MSTP.

El sistema de conmutación de teléfono: el uso del sistema de conmutación de paquetes basado en tecnología como el esquema de sistema de teléfono de servicio de esta línea.

Sistema de comunicación de despacho: sistema digital fijado de envío de distribución e interruptor de despacho y la estación de despacho correspondiente ubicado en el centro de despacho. En cada estación (sitio) a lo largo de la línea, se debe fijar el interruptor de expedición de la estación y el escritorio de patrulla correspondiente.

Sistema de comunicación móvil: se propone adoptar el sistema de comunicación móvil digital GSM-R compuesto de estructura de red de una sola capa.

El sistema de comunicaciones de emergencia se compone de equipos del centro de emergencia, canal de transmisión de emergencia y equipos de emergencia del sitio.

Sistema de sincronización y distribución de reloj: el centro de despacho de esta línea está equipado con el dispositivo de sincronización de reloj BITS, que proporciona una

señal de reloj síncrona para el sistema de comunicación y otros sistemas de esta línea. El equipo de transmisión de estación y sección adopta el modo de sincronización maestro-esclavo para extraer la señal de sincronización de reloj de la línea de la capa de transmisión.

Sistema de vigilancia del ambiente de energía a lo largo de toda la línea; Equipo central del sistema de vigilancia del ambiente de la energía en el centro de expedición para supervisar el equipo de la fuente de alimentación de la comunicación y el ambiente del salón de computadoras.

INFORMACIÓN:

Sistema de tickets de pasajeros: Este sistema incluye el sistema central de billetes de pasajeros y los demás sistemas de billetes de pasajeros a nivel de estación. Para esta línea se establece el sistema central de tickets de pasajeros en el centro de despacho, y cada estación está diseñada con ventanillas, máquinas expendedoras de billetes, puertas entrantes y salientes, etc. Este sistema proporciona a los pasajeros los servicios tales como reserva de billetes, compensación, cambios y comprobación automática de billetes, y permite al personal operativo completar la gestión de los boletos, cargar y transmitir la información de billetes y asientos, así como realizar las estadísticas y la planificación respectiva.

Sistema de información del servicio de pasajeros:

Este sistema integra los subsistemas de visualización sintética, radiodifusión de transporte de pasajeros, video vigilancia, relojes, ayuda e indagación, y también está conectado con los sistemas externos de vigilancia de alarmas contra incendios y electromecánicos, de modo que realiza un control centralizado sobre el sistema de servicio de pasajeros, así como el intercambio de información entre sistemas y la vinculación funcional. La aplicación de las plataformas de gestión integradas tanto a nivel central como a nivel de estación realiza el intercambio de información y el enlace funcional de toda la línea.

Sistema de información de oficina: Este sistema está construido en una red de dos niveles, conformados por el nivel central y las secciones ferroviarias.

El CAPEX del Proyecto tomaría aproximadamente 03 años y el OPEX (Mantenimiento y Operación) se estaría desarrollando en un espacio de tiempo de 30 años. Esto debería definirlo el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y PROINVERSION.

Página 215

CAPITULO 5 : COSTO REFERENCIAL DE INVERSIÓN DEL PROYECTO: TREN DE CERCANIAS CHOSICA – CALLAO.

N°	Descripción	Costo (US\$)	Etapa de Inversión	
			Año 1	Año 2
CONCESIONARIO		\$ 83,844,658.69	\$ 58,844,658.69	\$ 25,000,000.00
1.00	Doble Línea - Superestructura	\$ 41,904,658.69	\$ 41,904,658.69	
2.00	Movimiento de Tierra	\$ 7,000,000.00	\$ 7,000,000.00	
3.00	Puentes	\$ 1,190,000.00	\$ 1,190,000.00	
4.00	Equipos de Vía	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00	
5.00	Estudios Permisos y Licencias	\$ 900,000.00	\$ 900,000.00	
6.00	Remodelación Punte Balta	\$ 4,850,000.00	\$ 4,850,000.00	
7.00	Sistema Positivo de Despacho	\$ 25,000,000.00		\$ 25,000,000.00
OPERADOR		\$ 397,818,724.00	\$ 68,008,425.80	\$ 329,810,298.20
8.00	Adquisición de Equipos Ferroviarios y Sistemas de Seguridad	\$ 359,900,000.00	\$ 53,985,000.00	\$ 305,915,000.00
9.00	Estaciones y Paraderos	\$ 12,849,362.00	\$ 2,569,872.40	\$ 10,279,489.60
10.00	Patio - Talleres: La Perla y Chosica	\$ 12,190,000.00	\$ 2,438,000.00	\$ 9,752,000.00
11.00	Capital de Trabajo	\$ 12,879,362.00	\$ 9,015,553.40	\$ 3,863,808.60
ESTADO		\$ 53,532,500.00	\$ 20,999,000.00	\$ 32,533,500.00
12.00	Cerco Tipo UNI - Malla Electro Soldada	\$ 17,350,000.00	\$ 10,410,000.00	\$ 6,940,000.00
13.00	Protección de Pasos a Nivel	\$ 6,200,000.00	\$ 1,240,000.00	\$ 4,960,000.00
14.00	Pasos a Nivel	\$ 1,065,000.00		\$ 1,065,000.00
15.00	Pasos a Densivel	\$ 27,955,000.00	\$ 8,386,500.00	\$ 19,568,500.00
16.00	Puente Chosica	\$ 962,500.00	\$ 962,500.00	
A	Costo Directo	\$ 535,195,882.69	\$ 147,852,084.49	\$ 387,343,798.20
B	Imprevistos (10%)	\$ 53,519,588.27	\$ 14,785,208.45	\$ 38,734,379.82
C	Gastos Generales (8%)	\$ 42,815,670.62	\$ 11,828,166.76	\$ 30,987,503.86
D	Utilidad (6%)	\$ 32,111,752.96	\$ 8,871,125.07	\$ 23,240,627.89
	Sub Total (A+B+C+D)	\$ 663,642,894.54	\$ 183,336,584.77	\$ 480,306,309.77
	IGV (18%)	\$ 119,455,721.02	\$ 33,000,585.26	\$ 86,455,135.76
	Total de Proyecto Tren de Cercanías	\$ 783,098,615.55	\$ 216,337,170.03	\$ 566,761,445.53

PORCENTAJES DE INTERVENCIÓN EN EL PROYECTO		
Participantes	Costo (US\$)	% Intervención
Concesionario	\$ 83,844,658.69	16%
Operador	\$ 397,818,724.00	74%
Estado	\$ 53,532,500.00	10%
Costo Directo	\$ 535,195,882.69	
Total de Proyecto Tren de Cercanías	\$ 783,098,615.55

CAPITULO 6 : BENEFICIOS DEL PROYECTO – TREN DE CERCANÍAS CALLAO-CHOSICA

Los beneficios del proyecto los hemos analizado partiendo de dos enfoques. El primero es el Enfoque Económico y el segundo es el Enfoque Social; ambos, ejes base de donde se determinará los criterios de valuación de las áreas de influencia. Estos beneficios se analizan con el fin principal de identificar como contribuye el proyecto al desarrollo socio-económico de Lima Metropolitana, donde se concentra de acuerdo al dato poblacional del INEI-2015 aproximadamente el 30% de los habitantes del país con un significativo aporte al PBI.

Enfoque de Beneficios del Proyecto
Fuente: Elaboración Propia

ENFOQUE ECONÓMICO:

El beneficio social visto desde este enfoque se valorizará a partir de estos evaluadores sociales:

Ahorro en Costo de Operación Vehicular (COV)

El Tren de Cercanías por su propia configuración y uso se convierte en un transportador especializado; por ende, los costos de Operación vehicular y mantenimiento significarán una menor inversión respecto a la alternativa de mantener una carretera. La composición tecnológica entre los distintos modos de transporte se esquematizaría de la siguiente forma²⁹:

$$\begin{aligned} \text{CO} &= \text{Costo de Operación del Servicio} \\ \text{CO ferrocarril} &< \text{CO carreteras} < \text{CO aeropuertos} \end{aligned}$$

En consecuencia el ahorro que se obtiene en el COV, podría ser invertido por el estado en otras demandas aun insatisfechas en nuestro país como la provisión de la oferta formal de vivienda social en áreas urbanas y rurales, salud digna, seguridad, educación, saneamiento, equipamiento y servicios que faciliten la competitividad y la productividad de la población beneficiada.

Así mismo, el ahorro del COV tendrá incidencia en la reducción de los costos de transporte para los usuarios, siendo éstos accesibles para los de menores ingresos, tomando en cuenta que en el Perú el salario mínimo es de S/.850.00 Soles y que los factores de beneficios sociales y el factor de ingresos oscilan entre 1.25 a 2.00.³⁰

En este contexto, con la existencia de un tren con sistema diésel hidráulico promoveríamos la optimización en el uso de los recursos del estado, reduciendo el consumo del petróleo y sus derivados requeridos para que opere el parque automotor, así como de la reducción del costo de mantenimiento de la carretera central y las vías internas dentro de Lima Metropolitana.

²⁹ Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario – MTC, 2015

³⁰ Ministerio de Economía y Finanzas – Dirección de Asuntos Técnicos.

Formalización del Sector Transporte

El fomento de esta formalización conllevará a la generación de nuevos puestos de trabajo formales; el mismo que promoverá el respeto a la legislación laboral de los trabajadores, en tales aspectos como el pago de seguros, respeto a sus horas de trabajo, CTS, descanso Vacacional. Estas acciones mejorarán el nivel de vida del sector laboral del centro costero del país.

Al promover y respaldar, a través de la iniciativa privada del proyecto de Tren de Cercanías la formalización del transporte, logramos brindar a la ciudadanía un excelente medio de comunicación que permita solucionar progresivamente el problema de la congestión vehicular, producto de la informalidad comercial vehicular, que se da en la Carretera Central y en calles de Lima Metropolitana.

El Tren de Cercanías al captar parte de los viajes que se efectúan a través de las unidades de transporte de buses, cousters o combis, generará el retiro de la red vial de un número de vehículos privados y públicos obsoletos equivalentes a los necesarios para movilizar a las personas que cambiarán de sus modos cotidianos hacia el Tren.³¹

Esta reducción en el número de vehículos privados y públicos traerá como consecuencia una mayor fluidez de circulación, lo que a su vez permitirá que los viajes se realicen en forma más directa sin la búsqueda de caminos alternos en vías menos saturadas³². Por lo que el servicio y la demanda del tren de cercanías generarían condiciones de operación compatibles con este tipo de servicios.

³¹ Ministerio de Economía y Finanzas – Dirección de Asuntos Técnicos; Línea 1 del Metro.

³² Ministerio de Economía y Finanzas – Dirección de Asuntos Técnicos; Línea 1 del Metro.

Revalorización de Terrenos

El Tren de Cercanías abre nuevas ventanas y oportunidades de desarrollo de infraestructura y desarrollo en las zonas del eje este-oeste de Lima Metropolitana; permitiendo el inicio de la construcción de diversos proyectos inmobiliarios en el trayecto de la línea férrea y nuevos polos de desarrollo comercial e industrial al establecer una vía de transporte masiva rápida, segura, ecológica y eficiente.

En toda el área de influencia de las distintas zonas beneficiadas, tanto de Lima como del Callao, contribuiremos con la promoción de las áreas urbanas para asegurar la provisión de oferta formal de viviendas sociales en todo el eje del trazo, con una adecuada planificación urbana y que cuenten con equipamiento y servicios de calidad, haciendo de estas urbes, espacios económicamente competitivos.

Así mismo, con la presencia del tren y sus servicios complementarios estacionarios, como las Estaciones y/o paraderos, dentro de las áreas urbanas consolidadas en los distritos beneficiados, promovemos el incremento del valor comercial inmobiliario; dando una plusvalía a los terrenos e inmuebles no solo en el aspecto económico sino también en el mejoramiento de la seguridad, accesibilidad y recuperación de los espacios urbanos.

En consecuencia, con el transporte ferroviario de pasajeros, dinamizamos la economía de las ciudades y promovemos la creación de mayores puestos de trabajos directos e indirectos a todo nivel, la cual mejorará la situación económica del área de influencia del Tren de Cercanías.

ENFOQUE SOCIAL:

Ahorro de Tiempo de viajes.

Dentro de las zonas urbanas consolidadas en las diferentes áreas de influencia, el tren de cercanías tiene una gran ventaja sobre el transporte por vehículo privado u ómnibus, ya que cuenta con una línea e infraestructura propia y exclusiva para la movilización de los vagones; lo que significa que el tiempo de viaje se podría reducir considerablemente al 50% ³³ la fiabilidad para alcanzar mejores rangos de puntualidad y satisfacción de los usuarios.

El fin elemental del Tren de cercanías es el de incrementar la eficiencia del transporte urbano en su totalidad al permitir la integración con otros sistemas de transporte público de pasajeros. Así mismo el sistema permitirá la movilización de la población en horas pico a 80 km/h en el sistema diésel hidráulico de transporte, disminuyendo significativamente los tiempos de viaje entre pares origen – destino, repercutiendo en una mayor contribución al desarrollo socio – económico de las poblaciones beneficiadas.

Es significativo el nivel de congestión de la red vial principal del eje este-oeste, por lo que resulta indispensable que la población cuente con alternativas de transporte ferroviario la que le permitiría alcanzar ahorros en tiempo de viaje, para lo cual se considera que la persona que viaja puede darle un uso alternativo a sus ganancias de tiempo.

Ahorro de Reducción de Accidentes

El proyecto de Tren de cercanías, busca aportar con el Plan Nacional de Seguridad Vial (PNSV 2015-2024) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC, al

³³ Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario – MTC, 2015.

promover el reordenamiento del transporte urbano dentro del área de influencia, contando con una adecuada infraestructura de transporte vial para una circulación segura y confiable de los usuarios.

El proyecto ferroviario de transporte masivo de pasajeros, contribuiría en la reducción en la tasa de accidentes de tránsito; que en los últimos 5 años, se ha visto incrementado, siendo que el 98% de los accidentes corresponden a la red vial urbana y el 2% corresponde a accidentes en la red vial no urbana (Carreteras). Con esta iniciativa privada, al contar en la operación con sistemas totalmente segregados de la interface con los peatones y demás vehículos privados y autobuses, mejoraría la seguridad de los usuarios y disminuiría los porcentajes de accidentabilidad al proporcionar un transporte auto-guiado (vagones), ordenado y controlado a través de sistema ITS (Intelligent Transportation Systems).

ACCIDENTES DE TRANSITO 2005-2015

Fuente: Policía Nacional del Perú – Dirección de Estadística
Elaboración: MTC – Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Seguridad Vial.

Ahorro por Reducción de Contaminación:

El proyecto de tren de cercanías contribuiría con la reducción de emisiones de CO y CO₂ y por ende de la contaminación ambiental y las enfermedades asociadas a ella, a través del uso de la tracción eléctrica que elimina completamente la contaminación ambiental.

Por regla general, uno de los principales causantes de la contaminación acústica es el transporte. La contaminación asociada al ruido en el entorno urbano con relación a otros sistemas como los Buses, Taxis y el vehículo privado, sitúa al sistema eléctrico de transporte en niveles muy inferiores.

La promoción y puesta en marcha del sistema de transporte ferroviario en nuestro país podría ser considerado como una de las acciones correctivas más eficientes, como lo es en otras partes del mundo, en la reducción de la polución ambiental y del impacto sonoro en las urbes; lo que ayudaría a disminuir la exposición de las personas a la contaminación de vehículos de combustión y al ruido, mejorando las condiciones de salud de los usuarios y disuadiéndolos progresivamente al menor uso del vehículo privado y/o autobuses los mismos que son causantes directos de la contaminación ambiental.

GLOSARIO

Actividad Ferroviaria: Acciones relacionadas con la construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria; con el servicio de transporte ferroviario y en general con la gestión integral o parcial de los ferrocarriles.

Autocarril: Vehículo ferroviario con propulsión propia, con capacidad no mayor de catorce personas, utilizado para el transporte de personal de la Organización Ferroviaria u otro personal autorizado por la misma.

Autoridad Competente: Autoridad con atribuciones para intervenir en un determinado asunto.

Autovagón o Coche Motor: Vehículo ferroviario con propulsión propia, con capacidad mayor de catorce personas, y características técnicas necesarias para el transporte público de pasajeros.

Autovía o Carro Motor: Vehículo ferroviario con propulsión propia, utilizado para el transporte del personal de inspección y mantenimiento de la vía férrea, así como de los materiales y herramientas requeridos para estas actividades.

Balasto: Material seleccionado que se coloca sobre la plataforma o terraplén para:

- Transmitir y distribuir la carga de la vía y del material rodante a la subrasante.
- Restringir la vía lateral, longitudinal y verticalmente bajo las cargas dinámicas impuestas por el material rodante y el esfuerzo térmico producido en los rieles.
- Proporcionar un drenaje adecuado a la vía.
- Mantener a la vía en su correcto alineamiento y nivelación longitudinal y transversal.

Cambio de Vía: Sistema colocado en la vía férrea para direccionar en forma manual o automática el paso de una vía férrea a otra.

Carro Entero: Modalidad de contratación de transporte de mercancías por la que el Operador Ferroviario pone un vagón a disposición del remitente, quien se encargará del carguío o estiba y descarga por su cuenta y riesgo.

Centro de Control de Operaciones: Instalación de la Organización Ferroviaria, desde la cual se dirige y controla el movimiento de los trenes sobre tramos definidos.

Certificado de Habilitación Ferroviaria: Documento expedido por la Autoridad Competente, que acredita que un vehículo ferroviario cuenta con autorización para operar en una vía férrea.

Coche: Vehículo ferroviario remolcado, destinado al transporte de pasajeros.

Collera: Panel o sector de la vía conformado por dos rieles de igual longitud, con durmientes, elementos de fijación y apoyo instalados.

Concesión: Es el acto administrativo por el cual el Concedente, otorga derechos a personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, para el desarrollo de la actividad ferroviaria y la explotación de la infraestructura vial ferroviaria por un plazo determinado de acuerdo a contrato.

Conductor de Tren: Es el jefe del tren, responsable de su gobierno, control y seguridad, así como del cumplimiento del Reglamento Nacional de Ferrocarriles, y del Reglamento Operativo Interno vigentes, desde el inicio de su recorrido hasta su llegada a destino.

Cruce a Nivel: Área común de intersección entre una vía férrea y un camino u otra vía férrea.

Curva: Parte de la vía que comprende el arco o arcos circulares y las transiciones.

Derecho de Acceso a la Vía: Es la facultad que otorga una Organización ferroviaria a otra para que, los trenes y tripulación de esta última transiten por las vías férreas de la primera.

Descarriladora: Dispositivo utilizado en determinados desvíos para descarrilar el material rodante en caso de emergencia.

Desvío: Vía auxiliar conectada por uno o ambos lados a la vía principal, o a un ramal, o a otro desvío, para permitir las operaciones ferroviarias.

Durmientes: Elementos transversales al eje de la vía férrea sobre los que se apoyan y sujetan los rieles y a través de los cuales se transmite al balasto las cargas que reciben los rieles del material rodante.

Elementos de Sujeción: Piezas metálicas que sujetan los rieles a los durmientes.

Entronque o Interconexión: Empalme de dos vías férreas.

Equipos y Vehículos Ferroviarios de Trabajo: Vehículos ferroviarios o de uso mixto riel-carretera, que se utilizan para trabajos de construcción, mantenimiento, mejoramiento, rehabilitación, inspección de las vías férreas y labores de salvamento.

Estibar: Distribuir, acomodar, asegurar y fijar la carga dentro del vagón de manera que quede equilibrada y sin riesgo de moverse durante el transporte.

Explotación Ferroviaria: Uso y aprovechamiento de la infraestructura ferroviaria y/o material rodante y equipos.

Gálibo: Contorno de referencia contenido en un plano transversal y perpendicular a la vía férrea, que determina las dimensiones a la que deben adecuarse las nuevas instalaciones fijas y el material rodante, para que el tránsito ferroviario se realice sin interferencias.

Gradiente de la Vía: Es la inclinación del plano de la vía con relación al plano horizontal, generalmente expresado en metros, por cien metros de longitud horizontal.

Horario de Trenes: Documento que emite la Organización Ferroviaria, con las disposiciones para el movimiento de los trenes ordinarios en la vía férrea principal y ramales; contiene los itinerarios clasificados con instrucciones especiales.

Itinerario: Documento que contiene tiempos, rumbos e instrucciones especiales de estricto cumplimiento en el movimiento de los trenes por la vía principal y ramales que circulan bajo demanda, sin autorización pre-establecida en un horario.

Licencia Ferroviaria: Documento emitido por la Organización Ferroviaria que faculta al personal a intervenir en las operaciones ferroviarias que se realizan en la vía a su cargo.

Límite de Patio: Punto señalizado de una vía férrea, que limita el tramo que puede ser utilizado para la ejecución de las maniobras correspondientes a un patio. Los límites de patio serán fijados por la organización ferroviaria, con la aprobación de la Autoridad Competente, tomando en consideración razones operativas que determina la seguridad en el movimiento de trenes en los patios.

Locomotora: Vehículo ferroviario con propulsión propia utilizado para remolcar el material rodante.

Maniobras: Desplazamiento de vehículos ferroviarios dentro de los límites de patio para la formación y/o desmembramiento de trenes y otros fines similares.

Mantenimiento: Labor destinada a conservar las condiciones de servicio de la infraestructura ferroviaria o del material rodante, según corresponda.

Maquinista: Persona autorizada para la conducción de locomotoras.

Material Rodante: Vehículos tractivos o remolcados que circulan en la vía férrea.

Material Rodante Remolcado: Vehículos ferroviarios sin propulsión propia.

Material Rodante Tractivo: Vehículos ferroviarios con propulsión propia.

Obras de Arte: Construcciones necesarias para salvar cursos de agua, otras vías y/o accidentes geográficos, así como para facilitar el drenaje; tales como: alcantarillas, puentes, túneles y muros.

Operación Ferroviaria: Conjunto de tareas vinculadas a la formación y al movimiento organizado de los trenes.

Operador Ferroviario: Persona natural o jurídica, nacional o extranjera, pública o privada que cuenta con Permiso de Operación expedido por la Autoridad Competente, para prestar servicio de transporte ferroviario de pasajeros y/o mercancías.

Patio: Sistema de vías férreas instalado dentro de determinados límites, destinado a la formación de trenes, en el que las maniobras están sujetas a las reglas e instrucciones especiales de operación.

Permiso de Operación: Acto administrativo mediante el cual la Autoridad Competente, faculta a una persona natural o jurídica, nacional o extranjera, pública o privada, a actuar como Operador Ferroviario.

Plataforma de la Vía Férrea: Superficie en la que se apoya la superestructura de la vía férrea.

Puente: Obra de arte constituida por una o varias estructuras con el objeto de salvar, cursos de agua, otras vías y/o accidentes topográficos, entre otros.

Ramal: Vía férrea que se deriva de la vía férrea principal y tiene kilometraje independiente.

Rasante: Es la intersección del plano vertical que pasa por el eje de la vía con la superficie de apoyo, entre cabezas de riel.

Rehabilitación: Ejecución de las obras necesarias, para devolver a la infraestructura ferroviaria sus características geométricas y portantes originales.

Riel: Perfil laminado de acero que se coloca sobre los durmientes para soportar y guiar los vehículos ferroviarios.

Servicio de transporte ferroviario: Comprende las operaciones de embarque, desembarque, carga, descarga y, en general, todo lo necesario para permitir el movimiento de pasajeros y de carga en las vías férreas, así como las operaciones relacionadas con el material rodante.

Sistema Ferroviario Nacional: Conjunto de vías férreas principales y ramales, de uso público o privado, que se encuentran interconectados cuando son de la misma trocha, o que deben contar con patios ferroviarios con vías bitrochadas para el transbordo de mercancías,

cuando son de diferente trocha. Pueden estar a cargo de una o varias Organizaciones Ferroviarias.

Subrasante: Superficie terminada de la plataforma, bajo el balasto de la vía.

Superficie de Rodadura (De Operación): Parte superior de las cabezas de riel sobre la que pasan las llantas de las ruedas.

Terraplén: Relleno de tierra, roca, conglomerado y otros de sección trapezoidal, construido para conformar la plataforma donde se ubica la vía férrea.

Transporte Ferroviario Público: Transporte por vía férrea de uso público de personas, y/o de mercancías que realizan las Organizaciones públicas.

Transporte Ferroviario Privado: Transporte por vía férrea de uso privado de personas, y/o mercancías que realizan las Organizaciones Ferroviarias Privadas.

Tren: Una o más locomotoras enganchadas o cualquier vehículo ferroviario con tracción propia, con o sin material rodante remolcado, que circule por la vía férrea exhibiendo señales específicas.

Tren Extra: Tren no autorizado por un horario de trenes, que se moviliza con una autorización expresa de la Organización Ferroviaria.

Tren Extra de Trabajo: Es un tren extra sin dirección determinada, dedicado a fines de trabajo con límites de espacio y tiempo.

Tren Ordinario: Tren autorizado por un horario de trenes.

Tripulación del Tren: Personal calificado y autorizado, a cargo de la conducción de un tren.

Trocha: Distancia entre las caras internas de las cabezas de los rieles, medida en un plano a 5/8 de pulgada o 15,90 milímetros por debajo del tope de las cabezas de los rieles.

Trocha Angosta: Vía férrea cuya trocha es de 3 pies o 914 milímetros.

Trocha Estándar: Vía férrea cuya trocha es de 4 pies 8½ pulgadas o 1 435 milímetros.

Túnel: Obra de arte constituida por una galería subterránea que atraviesa un obstáculo natural para dar paso a una vía férrea o que permite ganar o perder altura entre dos puntos.

Vagón o Carro: Vehículo ferroviario remolcado, destinado al transporte de mercancías en general.

Vehículo Ferroviario: Unidad que se desliza por la vía férrea.

Vehículo Ferroviario Tractivo: Unidad ferroviaria con tracción propia como: locomotoras, coches motor o autovagones, autovías, autocarriles, equipos de mantenimiento de vía

(rameadora, grúas, cambiadora de durmientes entre otros) y camionetas o camiones con dispositivos para el desplazamiento en la vía férrea.

Velocidad de Precaución: Velocidad a la que puede ser detenido un tren, de manera segura y dentro de la mitad del campo visual del maquinista.

Velocidad de Restricción: Velocidad máxima, en un tramo de la vía férrea, fijada por la Organización Ferroviaria a cargo de la vía.

Vía Férrea: Es la vía sobre la que transitan vehículos ferroviarios.

Vía Férrea Principal: Vía férrea instalada entre estaciones, sobre la cual transitan trenes autorizados por horario de trenes u otro tipo de autorización de la Organización Ferroviaria.

Zig-Zag: Desarrollo de la vía férrea, que permite ganar o perder altura mediante un sistema de rampas compatibles con la tracción ferroviaria.

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, (2016), Resolución Ministerial N° 396-2016 MTC/01.02, Plan Nacional de Desarrollo Ferroviario, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, (2005), ANEXO - DECRETO SUPREMO N° 032-2005-MTC, Reglamento Nacional de Ferrocarriles, Perú.

CRESPO, Carlos (2000) Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. 3era Edición. México: Editorial Limusa SA.

OLAECHEA, Juan de Dios y CARRION, Francisco (2010) Ingeniería Ferroviaria, Presentación del curso dictado en la Pontificia Universidad Católica del Perú / Ferrovías Central Andino.

BAZAN, Jose (2016) Proyecto Red Ferroviaria de Cercanías para el Transporte Sostenible en la Ciudad de Lima Metropolitana. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Lima: Carrera de Ingeniería Civil – PUCP.

BURGOS, Carlos (2015) Rehabilitación Del Ferrocarril Tacna - Arica. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Lima: Carrera de Ingeniería Civil – PUCP.

FVCA, (2015); Estudio de Factibilidad Metro Lima: Línea Callao – Chosica. Lima: Ferrovías Central Andina.

DMJM+HARRIS, (2005); Estudio de Factibilidad para el Proyecto Ferroviario Urbano de Lima y Callao. Autoridad; Informe Final. Autoridad Autónoma del Proyecto Especial Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao.