

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA



REHABILITACION DEL FERROCARRIL TACNA - ARICA

Tesis para optar el Título de **INGENIERO CIVIL**, que representa el bachiller:

CARLOS JAVIER BURGOS BAZAN

ASESOR: ING. FRANCISCO ANTONIO CARRION ALVAREZ-CALDERON

Lima, Setiembre de 2015

RESUMEN

La Presente Tesis expone la situación actual del Ferrocarril Tacna-Arica donde se describe el material rodante, la infraestructura, la superestructura y las obras de arte; demuestra la precaria situación de conservación del ferrocarril en estudio y su baja calidad operativa como servicio de transporte masivo.

La vía férrea Tacna – Arica tiene 64 kilómetros de longitud y conecta únicamente estas dos ciudades fronterizas. En su recorrido se encuentran 5 puentes y 4 estaciones intermedias ubicadas en la Costa de Tacna y Arica. La vía férrea empieza en Tacna a 498.60 m.s.n.m. hasta descender a la ciudad de Arica a 12.50 m.s.n.m. Cabe resaltar que otra vía de comunicación es un tramo de la Carretera Panamericana con sólo 45 kilómetros de longitud. El clima es seco y con bajas precipitaciones.

Con el objetivo de elaborar un proyecto de rehabilitación: se ejecuta un Estudio de Mercado para la zona de Influencia de este ferrocarril, demostrando con esto que el flujo actual de tráfico para carga y para pasajeros en la competencia lograría restablecer las condiciones operativas de este ferrocarril. Luego, se elaboró un Expediente Técnico siguiendo las Normas Peruanas y del AREMA y un Estudio Económico mediante el cálculo de Metrados y Costos Unitarios.

Finalmente, se realizó una comparación con el Sistema de Transporte Actual tanto en el aspecto económico y operativo para destacar las Ventajas de operar un Sistema de Transporte Masivo. Así se descubrirá que el Costo de Ejecución del Proyecto será Menor al de una Carretera; donde los costos de transporte, tiempos de viaje y frecuencia de los mismos para los usuarios sean preferidos en el Mercado. Además se espera reducir el nivel de Contaminación al Medio Ambiente.

Esta tesis no contempla la ingeniería de detalle de las estructuras de las estaciones ni de las obras de arte ya que no pretende demostrar el funcionamiento estructural de las mismas sino la viabilidad y costo aproximado de la Rehabilitación.

DEDICATORIA

A mis padres, Gilmer y Lucía, por su amor
y apoyo incondicional pese a las dificultades.

A mi hermana Lizbeth por su
cariño y ánimo.

A mi asesor por su guía
y recomendaciones.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	01
1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO	01
1.2. ORIGEN DEL PROYECTO	02
1.3. OBJETIVOS	02
1.4. CONDICIÓN ACTUAL	03
1.5. CONDICIÓN DESEADA	07
2. ESTUDIO DE MERCADO	09
2.1 . DEMANDA DE PASAJEROS	09
2.1.1 Método de la Ecuación Exponencial	12
2.1.2 Método de la Ecuación Lineal	13
2.1.3 Método de la Ecuación Cuadrática	14
2.1.4 Método de la Ecuación de la forma $P = A * B^t$	15
2.1.5 Método de la Ecuación de la forma $P = A + B/t$	16
2.2 . DEMANDA DE CARGA	19
2.2.1 Método de la Ecuación Exponencial	22
2.2.2 Método de la Ecuación Lineal	23
2.2.3 Método de la Ecuación Cuadrática	24
2.2.4 Método de la Ecuación de la forma $P = A * B^t$	25
2.2.5 Método de la Ecuación de la forma $P = A + B/t$	26
3. ESTUDIO TÉCNICO	29
3.1 . NORMAS APLICADAS	29
3.2 . CRITERIOS GENERALES	29
3.3 . GEOMETRIA DE LA VIA	30
3.3.1 Velocidad de Régimen	30
3.3.2 Alineamiento Horizontal	30
3.3.2.1 Radios Mínimos	30
3.3.2.2 Sobreelevación (Peralte)	31
3.3.2.3 Longitud de Transición	31
3.3.2.4 Velocidad Máxima Permisible	32
3.3.2.5 Sobreancho	32
3.3.3 Alineamiento Vertical	33
3.4 . INFRAESTRUCTURA	34
3.4.1 Sub Rasante	34

3.4.2	Puentes	35
3.5.	SUPERESTRUCTURA	36
3.5.1	Sección de la Vía Férrea	36
3.5.1.1	Sub Balasto	37
3.5.1.2	Balasto	37
3.5.1.3	Durmientes de Madera	38
3.5.1.4	Rieles 115 lb/yd	38
3.5.1.5	Accesorios de la Vía	39
3.5.1.6	Cruce de Trenes	41
3.5.2	Pasos a Nivel	42
3.6.	MATERIAL RODANTE	43
3.6.1	Características Generales	43
3.6.2	Catálogo de Material Rodante	43
3.6.3	Operación de Pasajeros	46
3.6.4	Operación de Carga	46
3.7.	ESTACIONES: PATIOS Y TALLERES	51
3.7.1	Generalidades	51
3.7.2	Estación Tacna	52
3.7.3	Estación Arica	56
3.7.4	Cambios en Vía	58
3.7.5	Master Chart	59
3.8.	SISTEMA DE COMUNICACIÓN	62
3.9.	ORGANIGRAMA	63
3.10	SEÑALIZACION	66
3.11	ESPECIFICACIONES TECNICAS	67
4.	ESTUDIO ECONÓMICO	68
4.1.	RESUMEN PRESUPUESTO	68
4.2.	SUB PRESUPUESTOS	69
4.3.	FORMULA POLINOMICA	74
4.4.	RECURSOS DE OPERACIÓN	76
5.	COMPARACION DE ALTERNATIVA ACTUAL	87
6.	CONCLUSIONES	88
FUENTE BIBLIOGRAFICA		

RESUMEN DE TABLAS

TABLA 1.01: Parque Ferroviario	04
TABLA 1.02: Red Ferroviaria	04
TABLA 1.03: Puentes Ferroviarios	04
TABLA 2.01: Tráfico Ferroviario de Pasajeros, 2000-2011	09
TABLA 2.02: Ingreso Fronterizo, 2008	09
TABLA 2.03: Salida Fronterizo, 2008	10
TABLA 2.04: Migraciones Nacionales, 2010-2014	10
TABLA 2.05: Migraciones Extranjeros, 2010-2014	11
TABLA 2.06: Migraciones Totales, 2008-2014	11
TABLA 2.07: Análisis Pasajeros – Método 1	12
TABLA 2.08: Comprobación Pasajeros – Método 1	12
TABLA 2.09: Análisis Pasajeros – Método 2	13
TABLA 2.10: Comprobación Pasajeros – Método 2	13
TABLA 2.11: Análisis Pasajeros – Método 3	14
TABLA 2.12: Comprobación Pasajeros – Método 3	14
TABLA 2.13: Análisis Pasajeros – Método 4	15
TABLA 2.14: Comprobación Pasajeros – Método 4	15
TABLA 2.15: Análisis Pasajeros – Método 5	16
TABLA 2.16: Comprobación Pasajeros – Método 5	16
TABLA 2.17: Resumen de Métodos – Pasajeros	17
TABLA 2.18: Proyección Transporte de Pasajeros	17
TABLA 2.19: Tráfico Ferroviario de Carga, 2000-2011	19
TABLA 2.20: Movimiento de Naves - Puerto Arica, 2000-2009	19
TABLA 2.21: Tráfico de Carga Muelle “Sitio 7”, 2010-2014	20
TABLA 2.22: Mercado Potencial de Carga del Muelle, 2000-2014	21
TABLA 2.23: Análisis Carga – Método 1	22
TABLA 2.24: Comprobación Carga – Método 1	22
TABLA 2.25: Análisis Carga – Método 2	23
TABLA 2.26: Comprobación Carga – Método 2	23
TABLA 2.27: Análisis Carga – Método 3	24
TABLA 2.28: Comprobación Carga – Método 3	24
TABLA 2.29: Análisis Carga – Método 4	25
TABLA 2.30: Comprobación Carga – Método 4	25

TABLA 2.31: Análisis Carga – Método 5	26
TABLA 2.32: Comprobación Carga – Método 5	26
TABLA 2.33: Resumen de Métodos – Carga	27
TABLA 2.34: Proyección Transporte de Carga	27
TABLA 3.01: Clasificación de las Vías Férreas	30
TABLA 3.02: Radios Mínimos	30
TABLA 3.03: Curvas Horizontales FTA	31
TABLA 3.04: Curvas de Transición y Velocidad	33
TABLA 3.05: Gradientes Verticales FTA	33
TABLA 3.06: Granulometría de la Subrasante	34
TABLA 3.07: Tramos Dañados	36
TABLA 3.08: Límites de Desviación	36
TABLA 3.09: Trazo del Eje en Vías Férreas	37
TABLA 3.10: Gradación del Balasto	37
TABLA 3.11: Clasificación de Rieles	38
TABLA 3.12: Clasificación de Eclisas	39
TABLA 3.13: Cuadro de Pasos a Nivel	42
TABLA 3.14: Cantidad de Autovagones	46
TABLA 3.15: Cantidad de Tanques	47
TABLA 3.16: Cantidad de Hooper	47
TABLA 3.17: Cantidad de Plataformas	48
TABLA 3.18: Cantidad de Locomotora SD40-2	50
TABLA 3.19: Estaciones Ferroviarias del FTA	51
TABLA 3.20: Área Estación Tacna	53
TABLA 3.21: Área Estación Arica	57
TABLA 4.01: Fórmula Polinómica N° 01	74
TABLA 4.02: Fórmula Polinómica N° 02	75
TABLA 4.03: Fórmula Polinómica N° 03	75
TABLA 4.04: Costos Operativos Diesel Locomotoras	77
TABLA 4.05: Costos Operativos Diesel Autovagones, t=01	77
TABLA 4.06: Costos Operativos Diesel Autovagones, t=02-04	78
TABLA 4.07: Costos Operativos Diesel Autovagones, t=05-08	78
TABLA 4.08: Costos Operativos Diesel Autovagones, t=09-12	79

TABLA 4.09: Costos Operativos Diesel Autovagones, t=13-16	79
TABLA 4.10: Costos Operativos del Personal, t=01-08	80
TABLA 4.11: Costos Operativos del Personal, t=09-16	80
TABLA 4.12: Estado de Ganancias y Pérdidas	85
TABLA 4.13: Flujo de Caja	86
TABLA 5.01: Comparación de Vías	88

RESUMEN DE GRÁFICOS

GRAFICO 2.01: Demanda de Pasajeros	18
GRAFICO 2.02: Proyección Transporte de Pasajeros	18
GRAFICO 2.03: Demanda de Carga	28
GRAFICO 2.04: Proyección Transporte de Carga	28
GRAFICO 3.01: Master Chart - Pasajeros	59
GRAFICO 3.02: Master Chart - Carga	60

RESUMEN DE FIGURAS

FIGURA 1.01: Croquis del Ferrocarril Tacna - Arica	01
FIGURA 1.02: Plano de la Vía Férrea	03
FIGURA 1.03: Puente Chacalluta – exterior	05
FIGURA 1.04: Puente Chacalluta – interior	05
FIGURA 1.05: Puente San José	06
FIGURA 3.01: Durmiente de Madera	38
FIGURA 3.02: Sección del Riel	38
FIGURA 3.03: Plancha de Asiento	39
FIGURA 3.04: Eclisas	39
FIGURA 3.05: Pernos Rieleros	40
FIGURA 3.06: Tirafondos	40
FIGURA 3.07: Fijación Elástica Tipo E	40
FIGURA 3.08: Corte de la Sección de la Vía Férrea	41
FIGURA 3.09: Cruce de Tren	41
FIGURA 3.10: Curvas de Nivel para la Estación Tacna	52
FIGURA 3.11: Planta de la Estación Tacna	55
FIGURA 3.12: Grúa Puente 7,5 ton	55
FIGURA 3.13: Curvas de Nivel para la Estación Arica	56
FIGURA 3.14: Planta de la Estación Arica	58
FIGURA 3.15: Detector de Tránsito	62
FIGURA 3.16: Organigrama General	63
FIGURA 3.17: Organigrama Estación Arica	64
FIGURA 3.18: Organigrama Estación Tacna	65

REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL TACNA-ARICA

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, se viene desarrollando proyectos de transporte masivo donde destacan las vías férreas. El impulso de estas obras se debe a que son una base importante de la interconexión rápida y efectiva de distintos pueblos peruanos. El Ferrocarril Tacna – Arica (FTA) es una Vía Férrea Pública No Concesionada, de ámbito Territorial Nacional, ya que conecta al país longitudinalmente con el país de Chile; es actualmente el único medio de vías férreas internacional en el Perú.

1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Ferrocarril empieza en el Centro de la Ciudad de Tacna, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna a una altitud de 498.60 m.s.n.m. y la atraviesa hasta el Puerto de Arica, Provincia de Arica, Región de Arica y Parinacota a una altitud de 12.50 m.s.n.m.

Su extensión ferroviaria atraviesa una sola vez a la Carretera Panamericana para luego dirigirse paralelamente a la misma Carretera.

El clima de la zona es templado subtropical con moderadas precipitaciones entre los meses de Agosto y Setiembre, y desértico el resto del año.

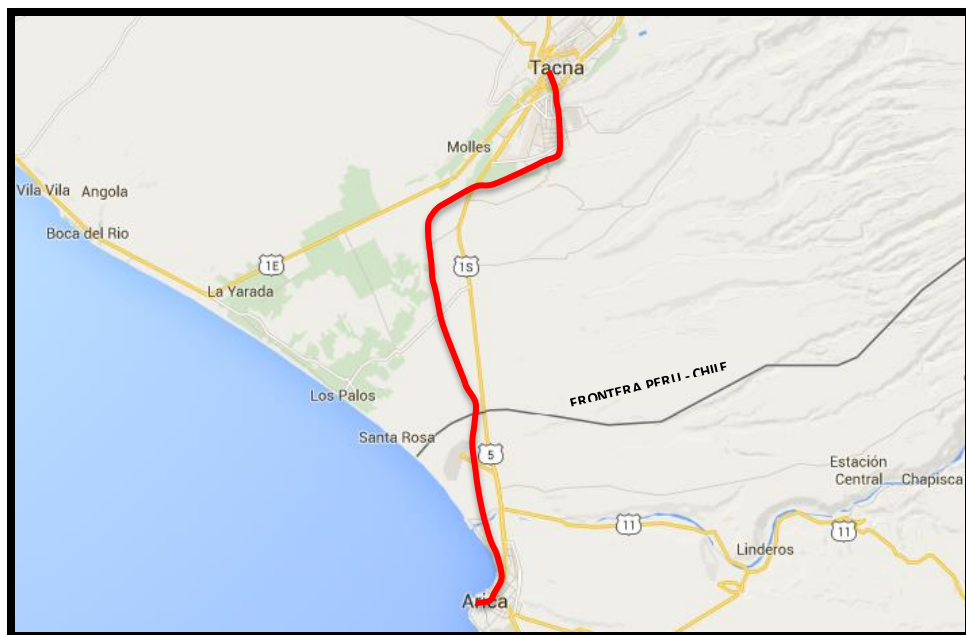


FIGURA 1.01: Croquis del Ferrocarril Tacna – Arica, fuente: google.maps

1.2 ORIGEN DEL PROYECTO

Los pobladores tacneños se encuentran no conformes con sus autoridades políticas tras el desinterés de mejorar o rehabilitar estas vías férreas. Quienes al encontrarse en la necesidad del servicio de transporte, exigen una iniciativa pública o privada en su mejora y rehabilitación. Los problemas ocasionados se resumen en la disminución y encarecimiento de los sectores turísticos y comerciales.

Las vías férreas quedaron inoperativas debido a los deterioros en su superestructura provocados por fenómenos naturales cerca de la Estación Arica, falta de mantenimiento de las vías desde 1964 y mala calidad del servicio provocaron que en el 2012 que se cierran las vías al público. Se debe tener en cuenta que el Gobierno Chileno intentó negociar la administración del FTA con el Gobierno Regional de Tacna sin respuesta favorable a la fecha, hecho que de llevarse a cabo dificultará la entrada al Muelle de Arica.

Al tener conocimientos sobre esta área de la construcción, se procederá a desarrollar la rehabilitación del ferrocarril para optar por el Título de Ingeniero Civil.

1.3 OBJETIVOS

El objetivo de esta Tesis consiste en mejorar la oferta del sistema de transporte de cargas y de pasajeros entre estas dos ciudades. El comercio continuo entre estas dos regiones promoverá el desarrollo de la ciudad de Tacna y sus alrededores ya que incluye las cargas de importación y exportación del Puerto de Arica; además, el desarrollo del Turismo aumentará en beneficio de ambas ciudades.

El actual transporte público internacional requiere adoptar medidas que mejoren la circulación del transporte terrestre entre estas ciudades mediante el transporte masivo público, moderno y económico, disminución de los tiempos de viaje, disminución de la contaminación ambiental, así como, la promoción de leyes en beneficio directo.

1.4 CONDICIÓN ACTUAL

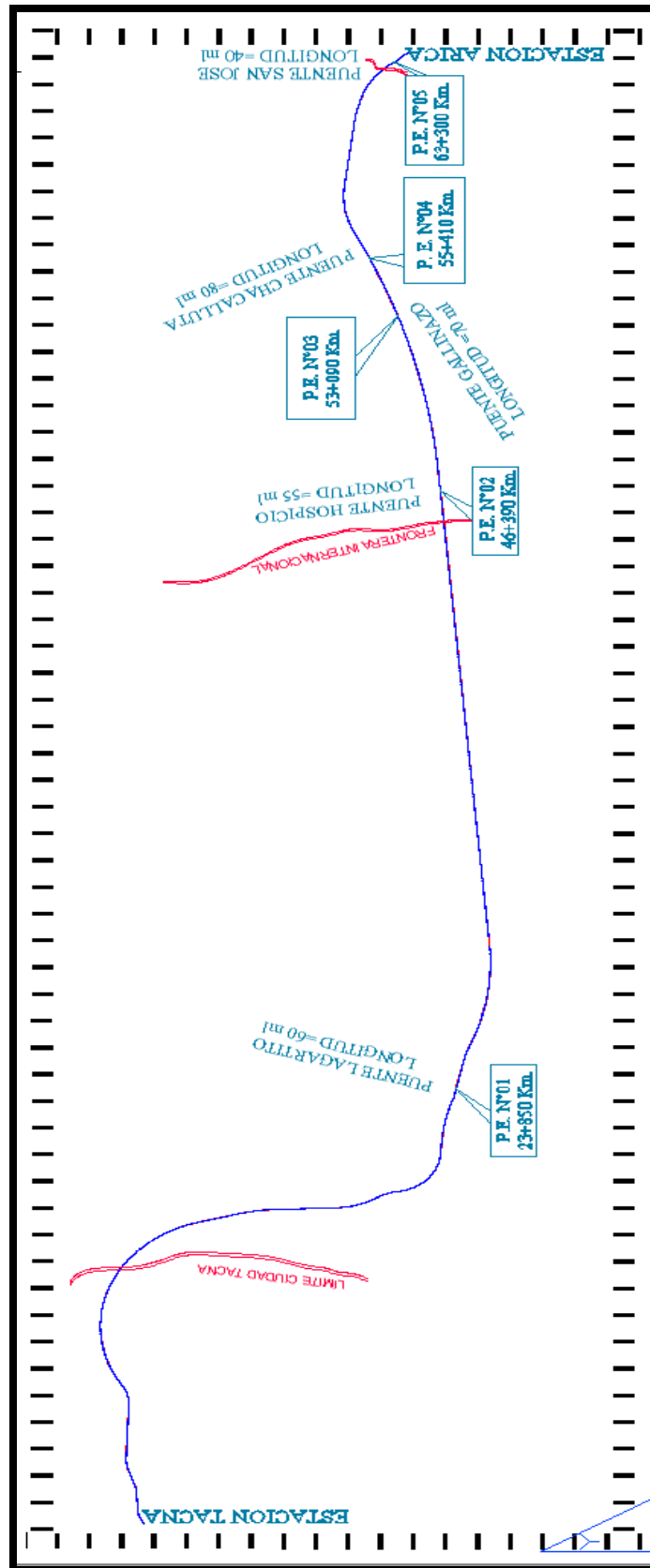


FIGURA 1.02: Plano de la Vía Férrea, fuente propia

Su actual parque ferroviario cuenta con:

PARQUE FERROVIARIO												
OPERADOR FTA	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005	2,006	2,007	2,008	2,009	2,010	2,011
LOCOMOTORA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AUTOVAGON	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
AUTOCARRIL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COCHE.PASAJEROS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
VAGON CARGA	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5

TABLA 1.1: Parque Ferroviario, Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Oficina General de Planeamiento y Presupuesto – Oficina de Estadística. Periodo 2000-2011.

Respecto a la infraestructura, esta línea férrea posee una extensión de 64 km longitudinales de trocha estándar (ancho de la vía = 1.435 metros), incluye una extensión de entrada hacia el puerto de Arica en el muelle “Sitio 7” correspondiente al tráfico y control de importación/exportación peruano.

RED FERROVIARIA												
OPERADOR FTA	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005	2,006	2,007	2,008	2,009	2,010	2,011
LONGITUD (KM)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64

TABLA 1.2: Red Ferroviaria, Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Oficina General de Planeamiento y Presupuesto – Oficina de Estadística. Periodo 2000-2011

Este Ferrocarril posee cinco puentes que se encuentran en la siguiente situación:

ITEM	NOMBRE	LONGITUD	ESTADO	UBICACIÓN
1	LAGARTITO	60 metros	MAL ESTADO	KM 23+850
2	HOSPICIO	55 metros	MAL ESTADO	KM 46+390
3	GALLINAZO	70 metros	BUEN ESTADO	KM 53+090
4	CHACALLUTA	80 metros	BUEN ESTADO	KM 55+410
5	SAN JOSE	40 metros	MAL ESTADO	KM 63+300

TABLA 1.3: Puentes Ferroviarios, fuente propia.

PUENTE LAGARTITO

Se ubica en Perú, sobrepasa la Quebrada Los Molles. Presenta deterioro en los durmientes, pérdida de material cerca de los pilares, robo de algunos accesorios como las fijaciones y pernos rieleros. Se detectó falta de señalización.

PUENTE HOSPICIO

Se ubica en Chile, sobrepasa la Quebrada Escritos. Presenta deterioro de los durmientes. Se detectó falta de señalización.

PUENTE GALLINAZO

Se ubica en Chile, sobrepasa la Quebrada Cauñire. Se encuentra en buen estado. Se detectó falta de señalización.

PUENTE CHACALLUTA

Se ubica en Chile, sobrepasa el Río Lluta. Existe corrosión en la armadura del puente. Se remodeló en el año 2004 para volver a funcionar tras el Fenómeno del Niño. Se detectó falta de señalización.



FIGURA 1.01: Puente Chacalluta - exterior, google.maps

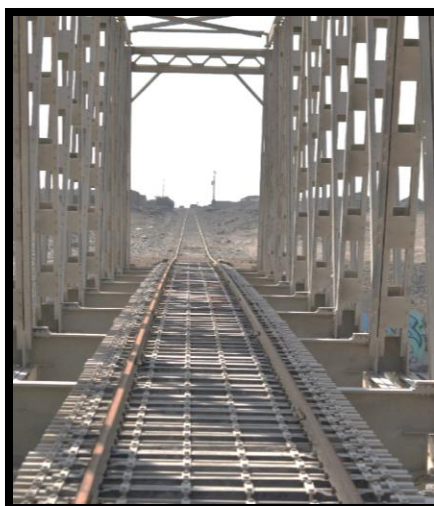


FIGURA 1.02: Puente Chacalluta - interior, google.maps

PUENTE SAN JOSÉ

Se ubica en Chile, sobrepasa el Río San José. Presenta deterioro en las vías férreas, acumulación de maleza en los pilares y erosión en los estribos. Se detectó falta de señalización.



FIGURA 1.03: Puente San José - exterior, google.maps

Este Ferrocarril atraviesa seis estaciones:

ESTACIÓN TACNA

Se ubica en Perú, inicia en la progresiva 0+000 km dentro de la Ciudad de Tacna. Es una estación principal con acceso directo a la Ciudad de Tacna.

ESTACIÓN KM. 42

Se ubica en Perú, cerca de la frontera Peruano-Chilena, es una estación pequeña, semi-abandonada ya que no es utilizada para abordar los trenes.

ESTACIÓN HOSPICIO

Se ubica en Chile, es una estación pequeña, semi-abandonada ya que no es utilizada para abordar los trenes.

ESTACIÓN ESCRITOS

Se ubica en Chile, es una estación pequeña, semi-abandonada ya que no es utilizada para abordar los trenes.

ESTACIÓN CHACALLUTA

Se ubica en Chile, es una estación pequeña, semi-abandonada ya que no es utilizada para abordar los trenes.

ESTACIÓN ARICA

Se ubica en Chile, inicia en la progresiva 64+000 km dentro de la Ciudad de Arica. Es una estación principal con acceso al Puerto de Arica a través del muelle "Sitio 7"

En Resumen, dos puentes muestran pérdidas de material en su estructura lo cual generará una disminución en su capacidad para soportar las cargas de tránsito ferroviarias. Las cuatro estaciones intermedias se encuentran inoperativas, solo las estaciones principales ubicadas en cada extremo funcionaron hasta el 2012. Desde el año 1864, se ha mantenido la longitud de las vías férreas; a pesar de haberse presentado proyectos de expansión a otros puntos como Bolivia o más hacia el Sur chileno, sin llegar a concretarse.

Respecto a la otra alternativa de medio de transporte, un tramo de la Carretera Panamericana, ésta posee una extensión de aproximadamente 45 km. y demanda entre 2 a 4 horas para cruzar la frontera debido a la lentitud del control de migraciones, la baja calidad operativa de revisar carro por carro, diferentes horarios de salida de alguna frontera debido a que los buses o colectivos deben estar llenos para salir generan la desprogramación y el incremento del tráfico. “Actualmente, la tarifa en colectivo oscila entre S/. 12.00 a S/. 18.00 Nuevos Soles y se necesita 5 pasajeros por carro para partir.”¹

¹Blog, www.viajeros.com/foros/chile/arica-tacna-tarifas

1.5 CONDICIÓN DESEADA

Esta Tesis pretende desarrollar un mejoramiento en el servicio de transporte entre estas dos ciudades mediante una rápida propuesta de Rehabilitación de la Superestructura e Infraestructura. Así como plantear las posibles ampliaciones de estas vías férreas a lo largo de la costa peruana y chilena.

Lo que se desea realizar con este Proyecto es:

- Ofrecer una propuesta de desarrollo del transporte al Gobierno Regional de Tacna a través de la reconstrucción de este medio de transporte masivo tan importante para el desarrollo económico del Sur de nuestro País.
- Reducir los tiempos de viaje en el transporte con un control migratorio rápido en las Zonas de Embarque.
- Reducir los costos operativos de carga y pasajeros con un mayor volumen de tráfico en menor cantidad de tiempo.
- Generar un menor impacto ambiental con la promoción del ferrocarril desde una menor intrusión al suelo hasta la emisión de gases contaminantes al medio ambiente.

Para lo cual, se desarrollará un estudio de demanda de pasajeros y de carga, así como la elaboración de un expediente técnico y estudio económico con énfasis en la infraestructura y superestructura ferroviaria, así mismo, el diseño de la operación en el transporte de carga y pasajeros.

No se harán modificaciones en las estaciones intermedias, se mejorarán las dos estaciones principales en su distribución de almacenes y sistema de comunicación, reemplazar por nuevos rieles y accesorios las secciones de la vía férrea en desuso y remodelar su sistema de señalización.

2. ESTUDIO DE MERCADO

En este capítulo se analizarán, clasificarán y proyectarán los volúmenes de demanda para pasajeros y para carga.

2.1 DEMANDA DE PASAJEROS

TRÁFICO FERROVIARIO DE PASAJEROS, PASAJEROS-KILÓMETROS E INGRESOS												
OPERADOR	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005	2,006	2,007	2,008	2,009	2,010	2,011
FTA												
PASAJEROS (mil)	30	8	0	0	4	50	55	54	58	44	37	1
PSJRO-KM (mil)	1,782	498	0	0	28	2,978	3,295	3,263	3,474	2,639	2,193	62
INGRESOS (mil S/.)	127	46	0	0	3	266	308	398	453	363	348	11

TABLA 2.01: Tráfico Ferroviario de Pasajeros, MTC - Oficina General de Planeamiento y Presupuesto – Oficina de Estadística. Periodo 2000-2011.

Entre los años 2002–2003, se paralizó el servicio por las consecuencias del fenómeno del niño, de intensidad moderada¹; entre los años 2005—2010, hubo un crecimiento de los ingresos, periodos correspondientes a los gobiernos de los ex-presidentes A. Toledo y A. García; en el 2011, el servicio cayó más del 90% y en el 2012, se clausuró el servicio de transporte de pasajeros. Las principales razones de viaje a través de la frontera con Chile son por la gastronomía, turismo o trabajo.

Se analizaron dos fuentes migratorias: Taller Subregional sobre Transporte Público de Pasajeros Interfronterizo y PCF. Santa Rosa – Tacna, los aeropuertos no tienen datos debido a la cercanía de estas dos ciudades para este medio.

INGRESOS - 2008							
MES	SALVOCONDUCTO		PASAPORTE		DNI PERU	CI CHILE	TOTAL
	PERU	CHILE	PERU	EXTRANJERO			
ENERO	29	3,833	14,376	8,376	71,410	81,777	179,801
FEBRERO	50	4,823	15,911	6,288	68,697	101,876	197,645
MARZO	6	2,707	13,621	5,527	73,585	69,773	165,219
ABRIL	0	2,035	11,545	5,197	70,530	59,733	149,040
MAYO	79	2,156	11,700	4,643	70,392	70,987	159,957
JUNIO	65	1,979	11,060	4,540	67,990	57,488	143,122
JULIO	0	2,752	12,963	6,975	73,071	79,107	174,868
AGOSTO	17	2,162	12,701	5,632	74,558	66,271	161,341
SEPTIEMBRE	36	1,829	11,501	4,282	65,345	60,271	143,264
OCTUBRE	0	1,206	11,486	4,100	65,270	45,645	127,707
NOVIEMBRE	0	635	10,240	3,197	54,682	26,596	95,350
DICIEMBRE	0	1,224	12,435	4,509	64,568	44,349	127,085
TOTAL	282	27,341	149,539	63,266	820,098	763,873	1,824,399

TABLA 2.02: Ingreso Fronterizo, Movimiento Migratorio Anual 2008, Puestos de Control Migratorio de Tacna, Taller Subregional - Transporte Público de Pasajeros Interfronterizo.

¹ Según el Registro Histórico dado por el Ministerio del Ambiente

SALIDAS - 2008							
MES	SALVOCONDUCTO		PASAPORTE		DNI	CI	TOTAL
	PERU	CHILE	PERU	EXTRANJERO	PERU	CHILE	
ENERO	48	3,593	16,813	8,326	77,759	77,893	184,432
FEBRERO	37	4,543	18,482	6,840	69,387	97,262	196,551
MARZO	7	2,552	17,232	5,682	72,963	70,038	168,474
ABRIL	0	1,873	12,632	4,307	71,072	57,032	146,916
MAYO	28	2,176	13,280	5,151	72,089	69,417	162,141
JUNIO	66	1,934	11,191	3,731	73,540	57,400	147,862
JULIO	0	2,645	13,489	6,291	77,392	75,759	175,576
AGOSTO	21	1,906	13,486	5,488	74,547	66,084	161,532
SEPTIEMBRE	53	1,724	12,586	4,015	70,369	59,661	148,408
OCTUBRE	0	1,211	12,224	3,894	66,870	43,989	128,188
NOVIEMBRE	20	614	11,233	3,673	57,610	26,729	99,879
DICIEMBRE	0	1,340	19,010	5,572	71,149	46,008	143,079
TOTAL	280	26,111	171,658	62,970	854,747	747,272	1,863,038

TABLA 2.03: Salida Fronterizo, Movimiento Migratorio Anual 2008, Puestos de Control Migratorio de Tacna, Taller Subregional - Transporte Público de Pasajeros Interfronterizo.¹

Para el año 2008, según fuente periodística, entre el 60-70% de estas personas utilizan transporte de colectivo o buses; el 3.3%, los ferrocarriles y el resto, privado.² Se estima una migración al uso del tren de los usuarios gradualmente hasta el 35%.

Según la SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE MIGRACIONES, se muestran los movimientos migratorios de ingreso y salida de ciudadanos peruanos y extranjeros en el puesto de control PCF SANTA ROSA-TACNA. Es el segundo puesto de control más importante por la cantidad de movimientos migratorios registrados, sólo superado por Lima. Se debe sumar ambas cantidades.

Los movimientos de ingreso y salida de ciudadanos nacionales.

PERIODO	INGRESO	SALIDA	TOTAL
2,010	946,066	960,113	1,906,179
2,011	1,178,643	1,210,987	2,389,630
2,012	1,198,201	1,229,245	2,427,446
2,013	1,287,880	1,306,425	2,594,305
2,014	1,312,624	1,323,469	2,636,093

TABLA 2.04: Migraciones Nacionales, Superintendencia Nacional de Migraciones, Oficina General de Tecnologías de Información, Comunicaciones y Estadística.

¹intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DFinales/SG_TALL_TPIF_INFORME.pdf

²www.soychile.cl, "El flujo de transeúntes por la frontera Tacna y Arica subirá 10% este año", 28/07/2013

Los movimientos de ingreso y salida de ciudadanos extranjeros:

PERIODO	INGRESO	SALIDA	TOTAL
2,010	931,452	921,913	1,853,365
2,011	1,338,023	1,237,590	2,575,613
2,012	1,402,987	1,383,230	2,786,217
2,013	1,552,521	1,545,002	3,097,523
2,014	1,529,103	1,522,611	3,051,714

TABLA 2.05: Migraciones Extranjeros, Superintendencia Nacional de Migraciones, Oficina General de Tecnologías de Información, Comunicaciones y Estadística.

El movimiento migratorio de ciudadanos extranjeros corresponde en su mayoría a los ciudadanos chilenos que ingresan a Tacna, pudiendo ser de otras nacionalidades. Para el año 2009, al no haber datos, se tomó la media entre los años 2008 y 2010. Se muestra el movimiento migratorio anual entre Tacna y Arica.

PERIODO	INGRESO	SALIDA	TOTAL
2,008	1,824,399	1,863,038	3,687,437
2,009	1,850,959	1,872,532	3,723,491
2,010	1,877,518	1,882,026	3,759,544
2,011	2,516,666	2,448,577	4,965,243
2,012	2,601,188	2,612,475	5,213,663
2,013	2,840,401	2,851,427	5,691,828
2,014	2,841,727	2,846,080	5,687,807

TABLA 2.06: Movimiento Migratorio Anual, fuente propia.

Se empleó cinco diferentes métodos estadísticos para hallar el movimiento migratorio proyectado y así el mercado potencial del ferrocarril:

- MÉTODO 1: Método de la ecuación exponencial
- MÉTODO 2: Método de la ecuación lineal
- MÉTODO 3: Método de la ecuación cuadrática
- MÉTODO 4: Método de la ecuación de la forma: $P = A * B^t$
- MÉTODO 5: Método de la ecuación de la forma: $P = A + B/t$

Considerar para la demanda de pasajeros, al año 2007 como $t = 0$.

2.1.1 Método de la ecuación exponencial

$$P = A * e^{Bt}, \quad (\text{pasajeros})$$

Se descompone en logaritmos neperianos y transforma en una ecuación lineal.

$$\ln(P) = \ln(A) + Bt \quad P_1 = \ln(P) \quad A_1 = \ln(A)$$

AÑO	t	P (mil)	P ₁	P ₁ ²	t ²	t*P ₁
2008	1	3,687.44	8.2127	67.4482	1	8.2127
2009	2	3,723.49	8.2224	67.6081	4	16.4448
2010	3	3,759.54	8.2321	67.7667	9	24.6962
2011	4	4,965.24	8.5102	72.4238	16	34.0409
2012	5	5,213.66	8.5590	73.2571	25	42.7952
2013	6	5,691.83	8.6468	74.7669	36	51.8807
2014	7	5,687.81	8.6461	74.7547	49	60.5226
Σ	28	32,729.01	59.0293	498.0256	140	238.5930

TABLA 2.07: Análisis Pasajeros – Método 1, fuente propia

De las ecuaciones normales, se tiene:

$$B = \frac{\sum P_1 t - \frac{\sum t \sum P_1}{n}}{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}} = 0.0884$$

$$A_1 = \frac{\sum P_1 - B \sum t}{n} = 8.0791$$

$$A = e^{A_1} = 3,226.1783$$

Se calcula el coeficiente de correlación para comprobar si hubo error en los coeficientes. Debe oscilar entre $-1 < r < 1$.

$$\sigma_t = \left(\frac{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 2.1602$$

$$\sigma_{P_1} = \left(\frac{\sum P_1^2 - \frac{(\sum P_1)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 0.2026$$

$$r = \frac{B \sigma_t}{\sigma_{P_1}} = 0.9430$$

Se obtiene la siguiente recta de regresión:

$$P = 3,226.1783 * e^{0.0884t}, \quad (\text{pasajeros})$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc (mil)	Po (mil)	E	E ²
1	3,524.446	3,687.437	-162.991	26,565.904
2	3,850.290	3,723.491	126.800	16,078.194
3	4,206.259	3,759.544	446.715	199,554.479
4	4,595.138	4,965.243	-370.105	136,977.482
5	5,019.970	5,213.663	-193.693	37,516.883
6	5,484.079	5,691.828	-207.749	43,159.669
7	5,991.096	5,687.807	303.289	91,984.006
Σ				551,836.617

$$E_m = \sqrt{\frac{\sum E^2}{n}} = 280.774$$

TABLA 2.08: Comprobación Pasajeros – Método 1, fuente propia

2.1.2 Método de la ecuación lineal

$$P = A + Bt, \quad (\text{pasajeros})$$

AÑO	t	P (mil)	t ²	P ²	P*t
2008	1	3,687.44	1	13,597,191.63	3,687.4370
2009	2	3,723.49	4	13,864,381.50	7,446.9810
2010	3	3,759.54	9	14,134,171.09	11,278.6320
2011	4	4,965.24	16	24,653,638.05	19,860.9720
2012	5	5,213.66	25	27,182,281.88	26,068.3150
2013	6	5,691.83	36	32,396,905.98	34,150.9680
2014	7	5,687.81	49	32,351,148.47	39,814.6490
Σ	28	32,729.01	140	158,179,718.60	142,307.9540

TABLA 2.09: Análisis Pasajeros – Método 2, fuente propia

De las ecuaciones normales, se tiene:

$$B = \frac{\sum Pt - \frac{\sum t \sum P}{n}}{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}} = 406.8537 \qquad A = \frac{\sum P - B \sum t}{n} = 3,048.1584$$

Se calcula el coeficiente de correlación para comprobar si hubo error en los coeficientes. Debe oscilar entre $-1 < r < 1$.

$$\sigma_t = \left(\frac{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 2.1602 \qquad \sigma_P = \left(\frac{\sum P^2 - \frac{(\sum P)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 926.7168$$

$$r = \frac{B\sigma_t}{\sigma_{P_1}} = 0.9484$$

Se obtiene la siguiente recta de regresión:

$$P = 3,048.1584 + 406.8537 * t, \quad (\text{pasajeros})$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc (mil)	Po (mil)	E	E ²
1	3,455.012	3,687.437	-232.425	54,021.347
2	3,861.866	3,723.491	138.375	19,147.720
3	4,268.720	3,759.544	509.176	259,259.690
4	4,675.573	4,965.243	-289.670	83,908.585
5	5,082.427	5,213.663	-131.236	17,222.906
6	5,489.281	5,691.828	-202.547	41,025.432
7	5,896.134	5,687.807	208.327	43,400.288
Σ				517,985.968

$$E_m = \sqrt{\frac{\sum E^2}{n}} = 272.026$$

TABLA 2.10: Comprobación Pasajeros – Método 2, fuente propia

2.1.3 Método de la ecuación cuadrática

$$P = A + B * t + C * t^2, \quad (\text{pasajeros})$$

Mediante las ecuaciones normales siguientes.

- EC1: $\sum P = nA + B \sum t + C \sum t^2$
- EC2: $\sum t * P = A \sum t + B \sum t^2 + C \sum t^3$
- EC2: $\sum t^2 * P = A \sum t^2 + B \sum t^3 + C \sum t^4$

AÑO	t	P (mil)	t^2	t^3	t^4	tP	t^2*P	P^2
2008	1	3,687.44	1	1	1	3,687.4370	3,687.4370	13,597,191.6290
2009	2	3,723.49	4	8	16	7,446.9810	14,893.9620	13,864,381.5036
2010	3	3,759.54	9	27	81	11,278.6320	33,835.8960	14,134,171.0879
2011	4	4,965.24	16	64	256	19,860.9720	79,443.8880	24,653,638.0490
2012	5	5,213.66	25	125	625	26,068.3150	130,341.5750	27,182,281.8776
2013	6	5,691.83	36	216	1296	34,150.9680	204,905.8080	32,396,905.9816
2014	7	5,687.81	49	343	2401	39,814.6490	278,702.5430	32,351,148.4692
Σ	28	32,729.01	140	784	4676	142,307.9540	745,811.1090	158,179,718.5979

TABLA 2.11: Análisis Pasajeros - Método 3, fuente propia

De las ecuaciones normales, al tener 3 ecuaciones con 3 incógnitas, se resuelve:

$$C = 1.1379$$

$$B = 397.7509$$

$$A = 3,061.8112$$

Se calcula el coeficiente de correlación para comprobar si hubo error en los coeficientes. Debe oscilar entre $-1 < r < 1$.

$$\sigma t = \left(\frac{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 2.1602$$

$$\sigma P = \left(\frac{\sum P^2 - \frac{(\sum P)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 926.7168$$

$$r = \frac{B\sigma t}{\sigma P_1} = 0.9272$$

Se obtiene la siguiente recta de regresión:

$$P = 3,061.8112 + 397.7509 * t + 1.1379 * t^2, \quad (\text{pasajeros})$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc	Po	E	E^2
1	3,460.700	3,687.437	-226.737	51,409.667
2	3,861.865	3,723.491	138.374	19,147.392
3	4,265.305	3,759.544	505.761	255,794.189
4	4,671.021	4,965.243	-294.222	86,566.468
5	5,079.013	5,213.663	-134.650	18,130.569
6	5,489.281	5,691.828	-202.547	41,025.287
7	5,901.825	5,687.807	214.018	45,803.533
Σ				517,877.104

$$E_m = \sqrt{\frac{\sum E^2}{n}} = 271.997$$

TABLA 2.12: Comprobación Pasajeros – Método 3, fuente propia

2.1.4 Método de la ecuación de la forma $P = A * B^t$

$$P = A * B^t, \quad (\text{pasajeros})$$

Se descompone en logaritmos neperianos y transforma en una ecuación lineal.

$$\ln(P) = \ln(A) + t * \ln(B), \quad P_1 = \ln(P), \quad A_1 = \ln(A), \quad B_1 = \ln(B)$$

AÑO	t	P	P ₁ =ln(P)	P ₁ ²	t ²	P ₁ *t
2008	1	3,687.4370	8.2127	67.4482	1	8.2127
2009	2	3,723.4905	8.2224	67.6081	4	16.4448
2010	3	3,759.5440	8.2321	67.7667	9	24.6962
2011	4	4,965.2430	8.5102	72.4238	16	34.0409
2012	5	5,213.6630	8.5590	73.2571	25	42.7952
2013	6	5,691.8280	8.6468	74.7669	36	51.8807
2014	7	5,687.8070	8.6461	74.7547	49	60.5226
Σ	28	32,729.0125	59.0293	498.0256	140	238.5930

TABLA 2.13: Análisis Pasajeros – Método 4, fuente propia

De las ecuaciones normales, se tiene:

$$B_1 = \frac{\sum P_1 t - \frac{\sum t \sum P_1}{n}}{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}} = 0.0884$$

$$B = e^{B_1} = 1.0925$$

$$A_1 = \frac{\sum P_1 - B \sum t}{n} = 8.0791$$

$$A = e^{A_1} = 3,226.1783$$

Se calcula el coeficiente de correlación para comprobar si hubo error en los coeficientes. Debe oscilar entre $-1 < r < 1$.

$$\sigma t = \left(\frac{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 2.1602$$

$$\sigma P_1 = \left(\frac{\sum P_1^2 - \frac{(\sum P_1)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 0.2026$$

$$r = \frac{B \sigma t}{\sigma P_1} = 0.9430$$

Se obtiene la siguiente recta de regresión:

$$P = 3,226.1783 * 1.0925^t, \quad (\text{pasajeros})$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc (mil)	Po (mil)	E	E ²
1	3524.446	3687.437	-162.991	26,565.904
2	3850.290	3723.491	126.800	16,078.194
3	4206.259	3759.544	446.715	199,554.479
4	4595.138	4965.243	-370.105	136,977.482
5	5019.970	5213.663	-193.693	37,516.883
6	5484.079	5691.828	-207.749	43,159.669
7	5991.096	5687.807	303.289	91,984.006
Σ				551,836.617

$$E_m = \sqrt{\frac{\sum E^2}{n}} = 280.774$$

TABLA 2.14: Comprobación Pasajeros – Método 4, fuente propia

2.1.5 Método de la ecuación de la forma $P = A + B/t$

$$P = A + \frac{B}{t}, \quad (\text{pasajeros})$$

Se hará el siguiente artificio.

$$t_1 = 1/t$$

AÑO	t	t ₁ = 1/t	P	t ₁ ²	P ²	P*t ₁
2008	1	1.000	3,687.4370	1.000	13,597,191.6290	3,687.4370
2009	2	0.500	3,723.4905	0.250	13,864,381.5036	1,861.7453
2010	3	0.333	3,759.5440	0.111	14,134,171.0879	1,253.1813
2011	4	0.250	4,965.2430	0.063	24,653,638.0490	1,241.3108
2012	5	0.200	5,213.6630	0.040	27,182,281.8776	1,042.7326
2013	6	0.167	5,691.8280	0.028	32,396,905.9816	948.6380
2014	7	0.143	5,687.8070	0.020	32,351,148.4692	812.5439
Σ	28	2.593	32,729.0125	1.512	158,179,718.5979	10,847.5888

TABLA 2.15: Análisis Pasajeros – Método 5, fuente propia

De las ecuaciones normales, se tiene:

$$B = \frac{\sum P t_1 - \frac{\sum t_1 \sum P}{n}}{\sum t_1^2 - \frac{(\sum t_1)^2}{n}} = -2,313.2883 \quad A = \frac{\sum P - B \sum t_1}{n} = 5,532.4341$$

Se calcula el coeficiente de correlación para comprobar si hubo error en los coeficientes. Debe oscilar entre $-1 < r < 1$.

$$\sigma t = \left(\frac{\sum t_1^2 - \frac{(\sum t_1)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 0.3031 \quad \sigma P = \left(\frac{\sum P^2 - \frac{(\sum P)^2}{n}}{n-1} \right)^{0.5} = 926.7168$$

$$r = \frac{B \sigma t}{\sigma P_1} = -0.7567$$

Se obtiene la siguiente recta de regresión:

$$P = 5,532.4341 - \frac{2,313.2883}{t}, \quad (\text{pasajeros})$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc	Po	E	E ²
1	3,219.146	3,687.437	-468.291	219,296.674
2	4,375.790	3,723.491	652.299	425,494.549
3	4,761.338	3,759.544	1,001.794	1,003,591.189
4	4,954.112	4,965.243	-11.131	123.899
5	5,069.776	5,213.663	-143.887	20,703.346
6	5,146.886	5,691.828	-544.942	296,961.741
7	5,201.964	5,687.807	-485.843	236,043.098
Σ				2,202,214.496

$$E_m = \sqrt{\frac{\sum E^2}{n}} = 560.894$$

TABLA 2.16: Comprobación Pasajeros – Método 5, fuente propia

Se escoge la ecuación que más se aproxime a los datos.

METODO DE ECUACION	Coefficiente de correlación (r)	Error Medio (Em)
EXPONENCIAL	0.9430	280.774
LINEAL	0.9484	272.026
CUADRATICA	0.9272	271.997
$P = A \cdot B^t$	0.9430	280.774
$P = A + B/t$	-0.7567	560.894

TABLA 2.17: Resumen de Métodos - Pasajeros, fuente propia

Se escoge la ecuación lineal porque su coeficiente de correlación 'r' se aproxima más a los datos a pesar que su error medio 'Em' sea ligeramente mayor a la cuadrática. Por lo tanto, se hace una proyección en 16 años, donde se llega a duplicar la demanda proyectada aproximadamente. Se consideró que el 35 % del mercado actual por carretera migre al sistema por ferrocarril porque se promoverá un servicio de mejor calidad y menor tiempo.

PROYECCION DEL TRAFICO ANUAL DE PASAJEROS - FTA				
AÑO	t	P _t (mil)	Mercado por Carretera	Mercado en Tren Potencial
2,015	8	6,302.988	6,302,988	2,206,046
2,016	9	6,709.842	6,709,842	2,348,445
2,017	10	7,116.696	7,116,696	2,490,843
2,018	11	7,523.549	7,523,549	2,633,242
2,019	12	7,930.403	7,930,403	2,775,641
2,020	13	8,337.257	8,337,257	2,918,040
2,021	14	8,744.110	8,744,110	3,060,439
2,022	15	9,150.964	9,150,964	3,202,837
2,023	16	9,557.818	9,557,818	3,345,236
2,024	17	9,964.672	9,964,672	3,487,635
2,025	18	10,371.525	10,371,525	3,630,034
2,026	19	10,778.379	10,778,379	3,772,433
2,027	20	11,185.233	11,185,233	3,914,831
2,028	21	11,592.086	11,592,086	4,057,230
2,029	22	11,998.940	11,998,940	4,199,629
2,030	23	12,405.79	12,405,794	4,342,028

TABLA 2.18: Proyección Transporte de Pasajeros, fuente propia

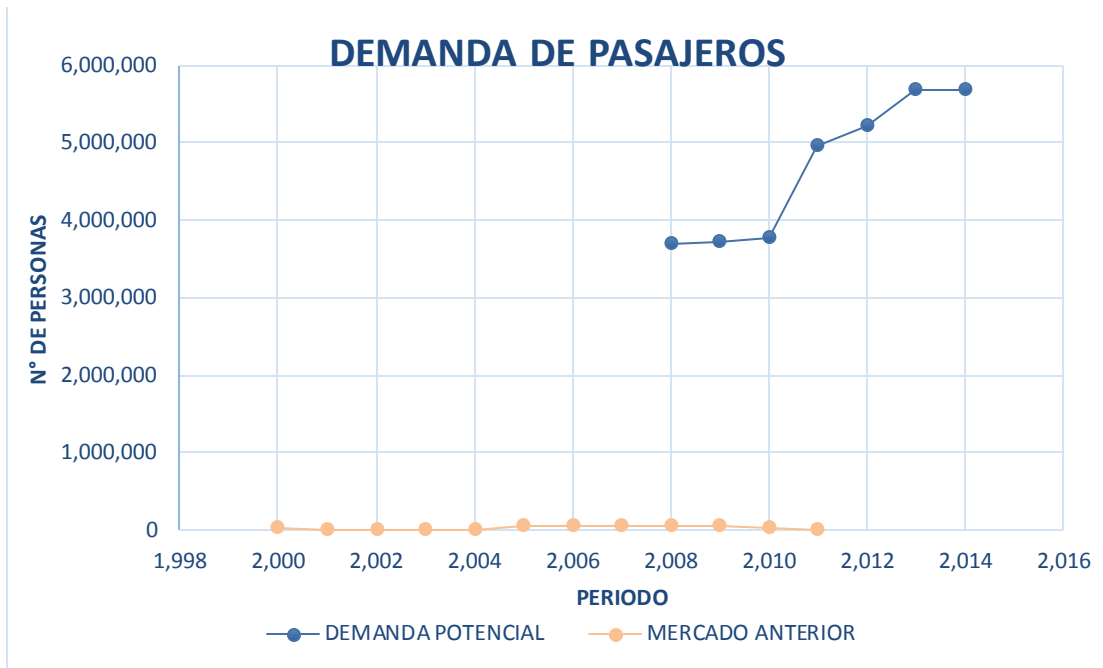


GRAFICO 2.01: Demanda de Pasajeros, a partir de las TABLAS 2.01 y 2.06

Se muestra la relación actual del mercado de transporte entre las migraciones entre ambas ciudades y la cantidad de personas que usaron el ferrocarril. El servicio albergó una baja cantidad de viajes menor al 2% de la demanda total.

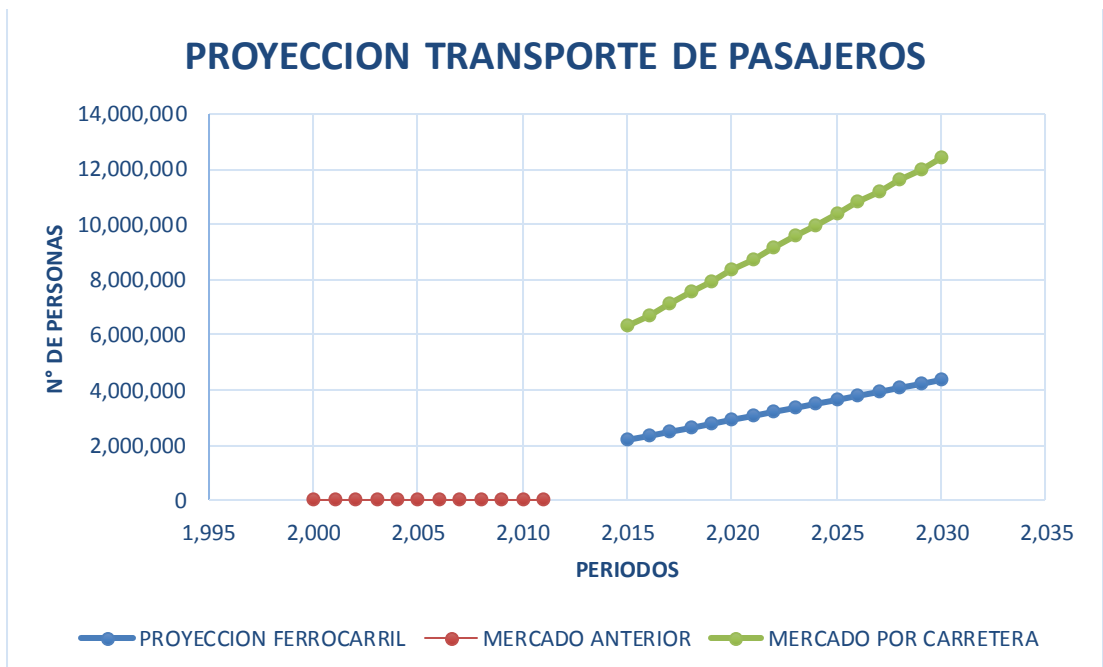


GRAFICO 2.02: Proyección Anual de Transporte de Pasajeros, a partir de la TABLA 2.18

Se muestra la proyección anual hasta el año 2030. Se aprecia un mercado en aumento continuo, favorable al servicio.

2.2 DEMANDA DE CARGA

TRÁFICO FERROVIARIO DE CARGA, TONELADAS-KILÓMETROS E INGRESOS												
OPERADOR	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
FTA												
CARGA (MIL TM)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
TON-KM (MIL)	0	0	0	0	0	0	24	0	53	0	0	0
INGRESO (MIL S/.)	96	16	0	0	0	0	7	0	24	0	0	0

TABLA 2.19: Tráfico Ferroviario de Carga, MTC - Oficina General de Planeamiento y Presupuesto – Oficina de Estadística. Periodo 2000-2011.

La TABLA 2.9 muestra que en los años 2002–2003 se suspendió el servicio debido al fenómeno del niño; el servicio operó en los años 2006 y 2008. En el 2006, se transportó 400 toneladas del mes de Diciembre. Se aprecia que la demanda de carga es baja, talvez por lo difícil de acceder al muelle de Arica y la preferencia a otros medios terrestres (tráileres o buses).

Se propone adicionar las cargas del puerto de Arica con origen/destino a la ciudad de Tacna. No se identificó empresas mineras o agrícolas cercanas que necesiten de este servicio. Se analizó la fuente estadística de ENAPU¹, se observará las cargas que controla el Perú en el puerto de Arica.

Las cargas en el Puerto Arica son Soya, Madera, Fierro, Minerales, Aceites, Fertilizantes, Harina de Girasol, Harina de Pescado, Café, Castañas, Lingotes de estaño, productos de mar congelados, ácido bórico, trigo, alimentos, maíz y ulexita.

MOV. NAVES, MALECON ATRAQUE AL SERVICIO DEL PERU-ARICA, 2000-2009				
AÑO	NAVES (Unidades)		Carga TM	TEU ²
	Alto Bordo	Menores		
2,000	5	0	7,252	0
2,001	1	0	202	0
2,002	0	0	0	0
2,003	16	177	14,857	891
2,004	30	404	21,399	2,601
2,005	33	475	15,552	2,163
2,006	36	73	17,207	2,238
2,007	38	42	27,637	2,599
2,008	47	4	28,858	2,871
2,009	40	74	12,369	1,522

TABLA 2.20: Movimiento de Naves – Puerto Arica, 2000-2009, fuente: Estadísticas - Enapu

¹ ENAPU: Empresa Nacional de Puertos

² Las naves son menores a 500 UAB. La TEU es el número de contenedor estándar (L=20')

Se observa nuevamente las consecuencias del Fenómeno del Niño en los años 2001 y 2002. En el año 2003, se reinicia el servicio yendo en aumento, hecho que no se da con el transporte de carga en el FTA, ya que en tablas anteriores el servicio se paralizó debido a la falta de rehabilitación de las vías férreas.

A continuación, se desarrollan las cargas entre los años 2010-2014 según operación y año, así como el % útil de carga para la demanda del FTA.

TIPO DE CARGA (TM)	PERIODO				
	2010	2011	2012	2013	2014
TOTAL	15,682	12,750	15,099	19,133	12,728
IMPORTACION	15,046	9,375	11,433	16,358	9,632
EXPORTACION	0	0	0	0	0
CABOTAJE-DESCARGA	0	0	0	0	0
CABOTAJE-EMBARQUE	0	0	0	0	0
TRANSBORDO	0	0	0	0	0
TRANSITO DESCARGA	636	645	716	0	0
INGRESO VIA TERRESTRE	0	0	0	0	0
ACTIVIDAD PESQUERA	0	2,730	2,950	2,775	3,096

TABLA 2.21: Tráfico de Carga Muelle “Sitio 7”, 2010-2014.

$$\% MP = \frac{TC - C_{no\ útil}}{TC} * 100$$

Donde:

% MP : Porcentaje de Mercado Potencial (%)

TC : Tráfico de Carga (ton)

C_{no útil} : Carga No Útil (ton)

Al año 2010: $\% MP = \frac{15682 - 636}{15682} * 100 = 95.94\%$

Al año 2011: $\% MP = \frac{12750 - 645}{12750} * 100 = 94.94\%$

Al año 2012: $\% MP = \frac{15099 - 716}{15099} * 100 = 95.25\%$

Al año 2013: $\% MP = \frac{19133 - 0}{19133} * 100 = 100\%$

Al año 2014: $\% MP = \frac{12728 - 0}{12728} * 100 = 100\%$

Se descuentan las operaciones como el cabotaje, transbordo y tránsito por no tener relación con el servicio del ferrocarril. El porcentaje útil promedio a usar es:

$$\% MP, promedio = \frac{\sum \%MP}{5} = 97.23\%$$

El siguiente cuadro muestra la estadística comprendida entre los años 2000–2014.

		%MP	97.23%
AÑO	CARGA EN PUERTO (ton)	CARGA UTIL (ton)	CARGA POTENCIAL (ton)
2,000	7,252	SIN DATOS	7,051
2,001	202		196
2,002	0		0
2,003	14,857		14,445
2,004	21,399		20,806
2,005	15,552		15,121
2,006	17,207		16,730
2,007	27,637		26,871
2,008	28,858		28,059
2,009	12,369		12,026
2,010	15,682	15,046	15,248
2,011	12,750	12,105	12,397
2,012	15,099	14,383	14,681
2,013	19,133	19,133	18,603
2,014	12,728	12,728	12,375

TABLA 2.22: Mercado Potencial de Carga del Muelle, 2000-2014, fuente propia

Se desarrollarán nuevamente los 5 métodos de ecuaciones. Para lo cual se tendrá en cuenta lo siguiente:

Para el año 2005, se considera $t = 0$

Los años 2003-2005 no se toman en cuenta porque desviaban los datos, formando ecuaciones que al proyectarlas daban resultados negativos.

2.2.1 Método de la ecuación exponencial

Se forma la ecuación que describa los datos de la siguiente tabla.

AÑO	t	P (mil)	P ₁	P ₁ ²	t ²	t*P ₁
2006	1	16.730	2.8172	7.9368	1	2.8172
2007	2	26.871	3.2911	10.8311	4	6.5821
2008	3	28.059	3.3343	11.1175	9	10.0029
2009	4	12.026	2.4871	6.1857	16	9.9484
2010	5	15.248	2.7244	7.4225	25	13.6221
2011	6	12.397	2.5174	6.3375	36	15.1046
2012	7	14.681	2.6865	7.2175	49	18.8058
2013	8	18.603	2.9233	8.5458	64	23.3866
2014	9	12.375	2.5157	6.3288	81	22.6414
Σ	45	156.990	25.2971	71.9232	285	122.9112

TABLA 2.23: Análisis Carga - Método 1, fuente propia

Se obtiene los siguientes resultados:

$$B = -0.0596$$

$$A_1 = 3.1087$$

$$A = 22.3911$$

$$\sigma t = 2.7386$$

$$\sigma P_1 = 0.3198$$

$$r = -0.5101$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc (mil)	Po (mil)	E	E ²
1	21.096	16.730	4.366	19.060
2	19.876	26.871	-6.995	48.936
3	18.727	28.059	-9.332	87.089
4	17.643	12.026	5.617	31.552
5	16.623	15.248	1.375	1.892
6	15.662	12.397	3.265	10.659
7	14.756	14.681	0.075	0.006
8	13.903	18.603	-4.701	22.095
9	13.098	12.375	0.723	0.523
Σ				221.810

$$E_m = 4.964$$

TABLA 2.24: Comprobación Carga - Método 1, fuente propia

2.2.2 Método de la ecuación lineal

Se forma la ecuación que describa los datos de la siguiente tabla.

AÑO	t	P (mil)	t ²	P ²	P*t
2006	1	16.73	1	279.91	16.7304
2007	2	26.87	4	722.08	53.7429
2008	3	28.06	9	787.29	84.1759
2009	4	12.03	16	144.63	48.1055
2010	5	15.25	25	232.49	76.2380
2011	6	12.40	36	153.68	74.3810
2012	7	14.68	49	215.52	102.7653
2013	8	18.60	64	346.07	148.8241
2014	9	12.38	81	153.15	111.3789
Σ	45	156.99	285	3,034.82	716.3420

TABLA 2.25: Análisis Carga – Método 2, fuente propia

Se obtiene los siguientes resultados:

$$B = -1.1435$$

$$A = 23.1609$$

$$\sigma_t = 2.7386$$

$$\sigma_P = 6.0866$$

$$r = -0.5145$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc (mil)	Po (mil)	E	E ²
1	22.017	16.730	5.287	27.953
2	20.874	26.871	-5.998	35.971
3	19.730	28.059	-8.328	69.360
4	18.587	12.026	6.561	43.040
5	17.443	15.248	2.196	4.821
6	16.300	12.397	3.903	15.234
7	15.156	14.681	0.476	0.226
8	14.013	18.603	-4.590	21.069
9	12.869	12.375	0.494	0.244
Σ				217.918

$$E_m = 4.921$$

TABLA 2.26: Comprobación Carga - Método 2, fuente propia

2.2.3 Método de la ecuación cuadrática

Se forma la ecuación que describa los datos de la siguiente tabla.

AÑO	t	P (mil)	t ²	t ³	t ⁴	tP	t ² *P	P ²
2006	1	16.73	1	1	1	16.730	16.730	279.905
2007	2	26.87	4	8	16	53.743	107.486	722.075
2008	3	28.06	9	27	81	84.176	252.528	787.287
2009	4	12.03	16	64	256	48.106	192.422	144.634
2010	5	15.25	25	125	625	76.238	381.190	232.490
2011	6	12.40	36	216	1,296	74.381	446.286	153.681
2012	7	14.68	49	343	2,401	102.765	719.357	215.525
2013	8	18.60	64	512	4,096	148.824	1,190.593	346.072
2014	9	12.38	81	729	6,561	111.379	1,002.410	153.151
Σ	45	156.9905	285	2,025	15,333	716.342	4,309.002	3,034.820

TABLA 2.27: Análisis Carga – Método 3, fuente propia

Se obtiene los siguientes resultados:

$$C = 0.0771$$

$$B = -1.9143$$

$$A = 24.5741$$

$$\sigma_t = 2.7386$$

$$\sigma_P = 6.0866$$

$$r = -0.8613$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc	Po	E	E ²
1	22.737	16.730	6.006	36.078
2	21.054	26.871	-5.818	33.845
3	19.525	28.059	-8.534	72.825
4	18.150	12.026	6.124	37.500
5	16.930	15.248	1.682	2.829
6	15.863	12.397	3.466	12.015
7	14.951	14.681	0.270	0.073
8	14.193	18.603	-4.410	19.451
9	13.589	12.375	1.213	1.472
Σ				216.088

$$E_m = 4.900$$

TABLA 2.28: Comprobación Carga - Método 3, fuente propia

2.2.4 Método de la ecuación de la forma $P = A * B^t$

Se forma la ecuación que describa los datos de la siguiente tabla.

AÑO	t	P	$P_1 = \ln(P)$	P_1^2	t^2	$P_1 * t$
2006	1	16.7304	2.8172	7.9368	1	2.8172
2007	2	26.8715	3.2911	10.8311	4	6.5821
2008	3	28.0586	3.3343	11.1175	9	10.0029
2009	4	12.0264	2.4871	6.1857	16	9.9484
2010	5	15.2476	2.7244	7.4225	25	13.6221
2011	6	12.3968	2.5174	6.3375	36	15.1046
2012	7	14.6808	2.6865	7.2175	49	18.8058
2013	8	18.6030	2.9233	8.5458	64	23.3866
2014	9	12.3754	2.5157	6.3288	81	22.6414
Σ	45	156.9905	25.2971	71.9232	285	122.9112

TABLA 2.29: Análisis Carga – Método 4, fuente propia

Se obtiene los siguientes resultados:

$$B_1 = -0.0596 \quad B = 0.9422 \quad A_1 = 3.1087 \quad A = 22.3911$$

$$\sigma t = 2.7386 \quad \sigma P_1 = 0.3198 \quad r = -0.5101$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc (mil)	Po (mil)	E	E^2
1	21.096	16.730	4.366	19.060
2	19.876	26.871	-6.995	48.936
3	18.727	28.059	-9.332	87.089
4	17.643	12.026	5.617	31.552
5	16.623	15.248	1.375	1.892
6	15.662	12.397	3.265	10.659
7	14.756	14.681	0.075	0.006
8	13.903	18.603	-4.701	22.095
9	13.098	12.375	0.723	0.523
Σ				221.810

$$E_m = 4.964$$

TABLA 2.30: Comprobación Carga - Método 4, fuente propia

2.2.5 Método de la ecuación de la forma $P = A + B/t$

Se forma la ecuación que describa los datos de la siguiente tabla.

AÑO	t	$t_1 = 1/t$	P	t_1^2	P^2	$P*t_1$
2006	1	1.000	16.7304	1.000	279.9051	16.7304
2007	2	0.500	26.8715	0.250	722.0751	13.4357
2008	3	0.333	28.0586	0.111	787.2869	9.3529
2009	4	0.250	12.0264	0.063	144.6338	3.0066
2010	5	0.200	15.2476	0.040	232.4896	3.0495
2011	6	0.167	12.3968	0.028	153.6813	2.0661
2012	7	0.143	14.6808	0.020	215.5246	2.0973
2013	8	0.125	18.6030	0.016	346.0722	2.3254
2014	9	0.111	12.3754	0.012	153.1514	1.3750
Σ	45	2.829	156.9905	1.540	3,034.8200	53.4389

TABLA 2.31: Análisis Carga – Método 5, fuente propia

Se obtiene los siguientes resultados:

$$B = 6.2904$$

$$A = 15.4661$$

$$\sigma t = 0.2852$$

$$\sigma P = 6.0866$$

$$r = 0.2947$$

Se calcula el error medio cuadrático para comparar su fiabilidad.

t	Pc	Po	E	E ²
1	21.756	16.730	5.026	25.262
2	18.611	26.871	-8.260	68.230
3	17.563	28.059	-10.496	110.160
4	17.039	12.026	5.012	25.124
5	16.724	15.248	1.477	2.180
6	16.515	12.397	4.118	16.956
7	16.365	14.681	1.684	2.836
8	16.252	18.603	-2.351	5.525
9	16.165	12.375	3.790	14.361
Σ				270.634

$$E_m = 5.484$$

TABLA 2.32: Comprobación Carga - Método 5, fuente propia

Se escoge la ecuación que más se aproxime a los datos.

METODO DE ECUACION	Coefficiente de Correlación (r)	ERROR MEDIO (Em)
EXPONENCIAL	-0.5101	4.964
LINEAL	-0.5145	4.921
CUADRÁTICA	-0.8613	4.900
P = AB ^t	-0.5101	4.964
P = A+B/t	0.2947	5.484

TABLA 2.33: Resumen de Métodos - Carga, fuente propia

Se escoge la ecuación cuadrática porque su coeficiente de correlación 'r' se aproxima más a los datos y su error medio 'Em' es el menor. Por lo tanto, se hace una proyección en 16 años, de igual plazo a la proyección de pasajeros. Se consideró que el 90 % del mercado actual por carretera migre al transporte por ferrocarril porque se promoverá un servicio de mejor calidad y menor tiempo.

Se obtiene la recta de regresión: $P = 24.5741 - 1.9143 * t + 0.0771 * t^2$, (carga)

PROYECCION DEL TRAFICO ANUAL DE CARGA - FTA				
AÑO	t	P _t (mil-ton)	Mercado por Carretera (ton)	Mercado en Tren Potencial (ton)
2,015	10	13.14	13,139	11,825
2,016	9	13.59	13,589	12,230
2,017	10	13.14	13,139	11,825
2,018	11	12.84	12,843	11,559
2,019	12	12.70	12,702	11,432
2,020	13	12.71	12,715	11,443
2,021	14	12.88	12,882	11,593
2,022	15	13.20	13,203	11,882
2,023	16	13.68	13,678	12,310
2,024	17	14.31	14,307	12,877
2,025	18	15.09	15,091	13,582
2,026	19	16.03	16,029	14,426
2,027	20	17.12	17,120	15,408
2,028	21	18.37	18,366	16,530
2,029	22	19.77	19,767	17,790
2,030	23	21.32	21,321	19,189

TABLA 2.34: Proyección del Tráfico Ferroviario de Pasajeros, fuente propia.

La TABLA 2.34 muestra la proyección del tráfico de carga entre el año 2015 hasta el año 2030 con **19,189 toneladas** a transportar anualmente. Se registra un crecimiento bajo de aproximadamente el 62% en 16 años.

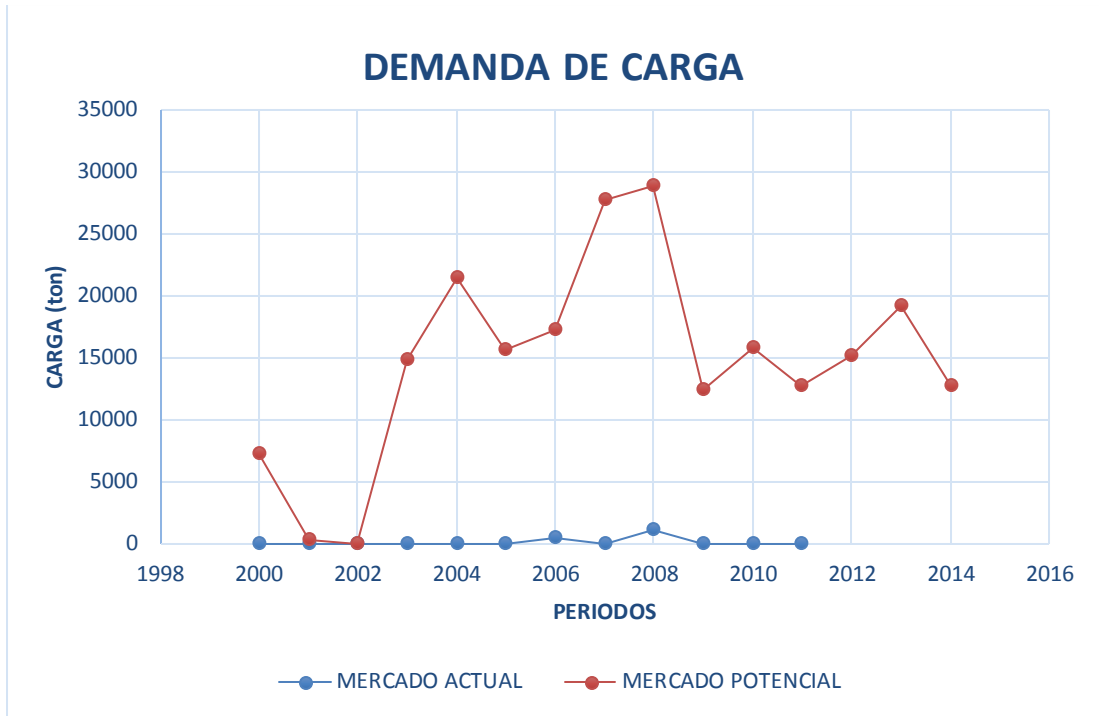


GRAFICO 2.03: Demanda de Carga, formado a partir de las TABLAS 2.19 y 2.22

Se muestra la relación actual del mercado de transporte entre las cargas en el Muelle “Sitio 7” y las cargas que se operó en el ferrocarril.

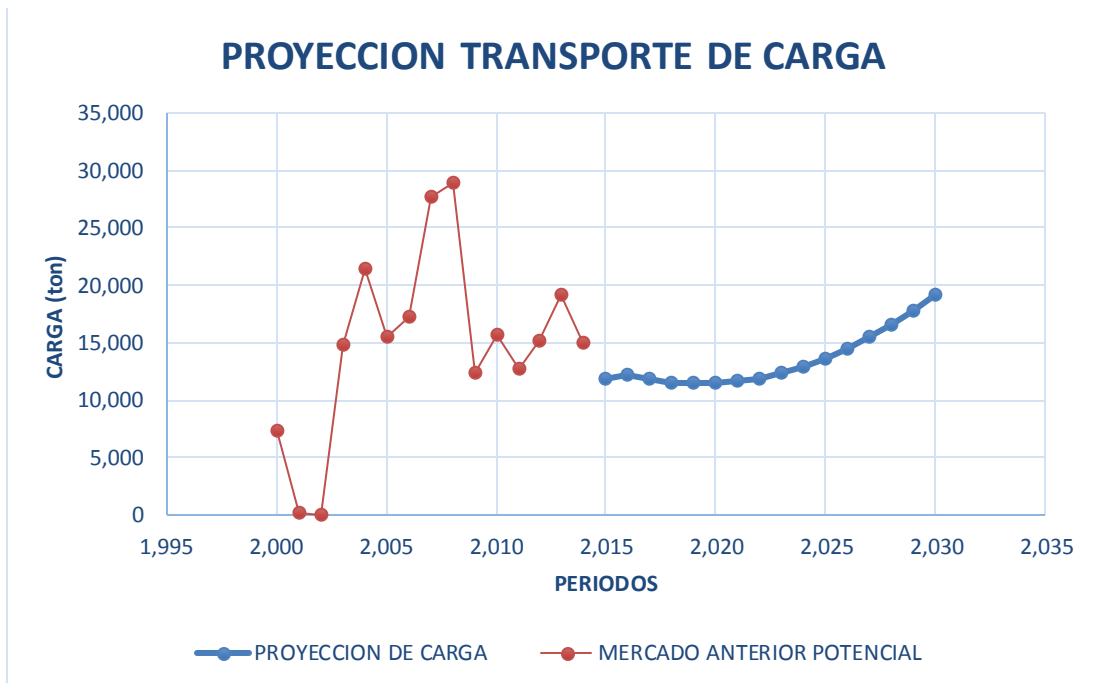


GRAFICO 2.04: Proyección Transporte de Carga, a partir de la TABLA 2.22 y 2.34

Se muestra la proyección anual hasta el año 2030. Se aprecia un mercado bajo de demanda.

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 NORMAS APLICADAS

Se utilizó de guía los siguientes documentos:

- Reglamento Nacional de Ferrocarriles aprobado mediante D.S. 032-2005-MTC, publicado en enero de 2005. (RNF)
- Normas y Especificaciones Técnicas para el Diseño de Vías Férreas en el Perú, R.M. N° 0231-78-TC/TE, publicado en marzo de 1978 (NETD)
- Practical Guide to Railway Engineering, American Railway Engineering & Maintenance of Way Association, 2003 (AREMA-GUIDE)
- Manual for Railway Engineering, American Railway Engineering & Maintenance of Way Association, 1988 (AREMA-MANUAL)

3.2 CRITERIOS GENERALES

Se analizaron los siguientes criterios a fin de comprobar la situación actual del ferrocarril respecto a las normas vigentes.

Según el Artículo N° 18 del RNF:

No Cumple con este Artículo. En los primeros 12 kilómetros, las líneas férreas no poseen los 5 metros exclusivos de ancho a cada lado ya que se encuentran dentro de la Ciudad de Tacna en la Av. Cusco; sin embargo, sí lo cumple en los siguientes 52 kilómetros. Esto se debe a que este ferrocarril fue construido con anterioridad. Por esta razón, dentro de la ciudad de Tacna se operará a una velocidad menor de la operativa.

Según el Artículo N° 19 del RNF:

Se analizan las zonas de influencia

- Desde 0 metros: No cumple porque existen edificaciones mayores de los 2 pisos en la Ciudad de Tacna y la ubicación de los postes de luz también está dentro de su radio de influencia.
- Desde 10 metros: Sí cumple en todo el recorrido del FTA porque no presenta interferencias.
- Desde 20 metros: Depende si en proyectos futuros aledaños se respeta o no excavar a profundidades mayores a los 3 metros.
- Desde 100 metros: Sí cumple porque no existen restricciones.

Según el Artículo N° 03 del RNF:

Se escoge una Máxima Velocidad para realizar posteriores operaciones.

Clase de Vía	Máxima Velocidad de Operación Permitida	
	Trenes de Mercancías (km/h)	Trenes de Pasajeros (km/h)
1	16	24
2	40	48
3	64	96
4	96	128
5	128	144

TABLA 3.01: Clasificación de las Vías Férreas, fuente RNF

Se estima que la velocidad máxima de recorrido tanto para pasajeros y carga será 60 km/h fuera de las ciudades y 40 km/h dentro de las ciudades. Por lo tanto, esta vía se clasifica como CLASE 3 al cumplir ambas condiciones de velocidad.

3.3 GEOMETRÍA DE LA VÍA

En este Proyecto, se respetó el trayecto actual de la vía principal. Para lo cual, se verificó si todas las curvas horizontales cumplen con las características de diseño. Esto nos permitirá comprobar si la velocidad asumida es factible

3.3.1 Velocidad de Régimen.

Según el capítulo 3.3, los criterios a tener en cuenta son:

Pendiente Máxima: 1.74%

Pendiente Mínima: 0.71%

Velocidad Máxima: 60 km/h fuera de ciudades y 40 km/h dentro de las ciudades.

3.3.2 Alineamiento Horizontal

3.3.2.1 Radios Mínimos.

Según el Capítulo 4.4.1 de NETD, se cumplirá con los siguientes radios mínimos.

TROCHA (ml)	RADIO MÍNIMO NORMAL	
	EN VIA PRINCIPAL (ml)	EN PATIOS (ml)
0.914	90.00	60.00
1.435	150.00	75.00

TABLA 3.02: Radios Mínimos, fuente NETD

Para la trocha estándar se escogen los radios de TROCHA = 1.435 ml.

En el FTA, se identificó 19 curvas horizontales

N°	PC (km)	PT (km)	Lc (ml)	VREG (km/h)	RADIO (ml)
1	+00+000	+00+529	529.8	40.0	900
2	+01+238	+01+367	128.8	40.0	500
3	+02+138	+02+497	358.9	40.0	1,000
4	+04+511	+05+262	750.7	40.0	1,200
5	+05+281	+12+907	7,626.5	40.0	4,000
6	+14+229	+15+306	1,076.7	60.0	5,000
7	+17+257	+18+575	1,318.1	60.0	2,500
8	+18+575	+19+168	592.8	60.0	1,500
9	+19+318	+21+299	1,980.8	60.0	1,500
10	+21+808	+23+409	1,601.0	60.0	6,000
11	+23+460	+23+573	113.2	50.0	300
12	+25+101	+25+292	190.7	60.0	1,000
13	+25+408	+29+426	4,018.2	60.0	8,000
14	+47+165	+56+383	9,217.5	60.0	24,000
15	+56+469	+58+274	1,804.6	60.0	3,000
16	+60+840	+60+933	92.7	60.0	500
17	+61+471	+63+260	1,789.2	60.0	2,500
18	+63+394	+63+490	95.6	40.0	300
19	+63+638	+63+729	90.0	40.0	300

TABLA 3.03: Curvas Horizontales FTA, fuente propia.

Según el PLANO PU, se comprueba que los radios son mayores al mínimo.

Se hará un ejemplo de los cálculos siguientes para la curva N° 15.

3.3.2.2 Sobreelevación (Peralte)

Según el capítulo 4.4.3.1 de N.E.T.D., se calculará la sobreelevación

$$E = 11.8 * \frac{V^2}{R} = 11.8 * \frac{60^2}{3,000} = 14.2 \text{ mm}$$

Donde:

E: sobreelevación (mm)

V: velocidad media en (km/h)

R: radio de la curva circular (ml)

Según 4.4.3.2 Para trocha normal, el peralte máximo permisible es de 150 mm.

3.3.2.3 Longitud de Transición

- Longitud Mínima

Según el Capítulo 4.4.2.4 de NETD, para velocidades menores a 80 km/h.

$$L = 0.4 * E = 0.4 * 14.16 = 5.70 \text{ ml}$$

Donde:

L: longitud de transición (ml)

E: sobreelevación (mm)

- Longitud Deseable

Según el Capítulo 4.4.2.3 de NETD, por dos formas.

$$L1 = 0.0075 * E * Vr = 0.0075 * 14.2 * 60 = 6.40 \text{ ml}$$

$$L2 = 0.0075 * D * Vr = 0.0075 * 35.0 * 60 = 15.80 \text{ ml}$$

Donde:

L: longitud de transición (ml)

E: sobreelevación (mm)

D: deficiencia de sobreelevación (mms)

Vr: velocidad de régimen (km/h)

3.3.2.4 Velocidad Máxima Permissible

Según el capítulo 4.4.7 de NETD:

$$Vm = 0.29 * \sqrt{R * (E + D)} = 0.29 * \sqrt{3,000 * (14.16 + 35)} = 111 \text{ km/h}$$

Donde:

Vm: Velocidad máxima permissible (km/h)

R: Radio (ml)

E: sobreelevación (mm)

D: Deficiencia máxima permissible de sobreelevación (mm)

Se consideró un D=35mms, según el Capítulo 12.2.4 del AREMA.

3.3.2.5 Sobreancho

Según el Artículo 4.4.4 del NETF, para las curvas N°: 11, 18 y 19; con radio menor a los 400 ml pero mayor a 172 ml se otorgará un sobreancho de 5 mm al interior.

$$An = Avia + 5 \text{ mm} = 1,435 + 5 = 1,440 \text{ mm}$$

Donde:

An: Ancho nuevo de la vía (ml)

Avia: Ancho de la vía actual (ml)

El siguiente cuadro muestra los cálculos para cada curva.

N°	Lc (ml)	VREG (km/h)	RADIO (ml)	E (mm)	D (mm/s)	LONGITUD TRANSICION (ml)				Vmáx. (km/h)
						Lmínima	Lvagón	L1	L2	
1	529.8	40	900	21.0	35	8.4	27.0	6.3	10.5	65
2	128.8	40	500	37.8	35	15.1	27.0	11.3	10.5	55
3	358.9	40	1000	18.9	35	7.6	27.0	5.7	10.5	67
4	750.7	40	1200	15.7	35	6.3	27.0	4.7	10.5	72
5	7,626.5	40	4000	4.7	35	1.9	27.0	1.4	10.5	116
6	1,076.7	60	5000	8.5	35	3.4	27.0	3.8	15.8	135
7	1,318.1	60	2500	17.0	35	6.8	27.0	7.6	15.8	105
8	592.8	60	1500	28.3	35	11.3	27.0	12.7	15.8	89
9	1,980.8	60	1500	28.3	35	11.3	27.0	12.7	15.8	89
10	1,601.0	60	6000	7.1	35	2.8	27.0	3.2	15.8	146
11	113.2	50	300	98.3	35	39.3	27.0	36.9	13.1	58
12	190.7	60	1000	42.5	35	17.0	27.0	19.1	15.8	81
13	4,018.2	60	8000	5.3	35	2.1	27.0	2.4	15.8	165
14	9,217.5	60	24000	1.8	35	0.7	27.0	0.8	15.8	272
15	1,804.6	60	3000	14.2	35	5.7	27.0	6.4	15.8	111
16	92.7	60	500	85.0	35	34.0	27.0	38.2	15.8	71
17	1,789.2	60	2500	17.0	35	6.8	27.0	7.6	15.8	105
18	95.6	40	300	62.9	35	25.2	27.0	18.9	10.5	50
19	90.0	40	300	62.9	35	25.2	27.0	18.9	10.5	50

TABLA 3.04: Curvas de Transición y Velocidad, fuente propia.

Todas las curvas cumplen con las velocidades propuestas. Las longitudes de transición que se necesita para desarrollar un buen desplazamiento se encuentran dentro de las longitudes de las curvas halladas; a excepción de la curva N° 11 que es un tramo donde se redujo la velocidad a 50 km/h para aceptar la velocidad propuesta. Se comprueba la hipótesis de las velocidades establecidas anteriormente.

3.3.3 ALINEAMIENTO VERTICAL

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ltramo (ml)	14	5,158	1,409	727	1,196	1,735	19,834	11,345	2,843	863	1,437
G (%)	-1.74	-0.72	-0.75	-0.85	-0.54	-1.26	-0.73	-0.72	-0.69	-1.25	-0.79
N°	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Ltramo (ml)	1513	4314	209	4412	2672	759	50	1074	1624	768	12
G (%)	-1.24	-0.71	-1.31	-0.71	-0.74	-0.72	1.69	-0.72	-0.74	-0.72	-1.18

TABLA 3.05: Gradientes Verticales FTA, fuente propia

En el alineamiento horizontal, si bien es cierto que la velocidad del tren está relacionada con la longitud de la curva en vertical. Al ser gradientes relativamente bajas. Se las consideró al calcular la potencia de la locomotora.

3.4 INFRAESTRUCTURA

3.4.1 Sub Rasante

Se considera como tipo de suelo predominante a la SP.

SYMBOL	SP
Grupo de Suelo	Arena mal graduada o arena gravosa
Granulometría	Predominante de un lado o vacío en otros
Heladas	Ninguna a muy leve
Drenaje	Excelente
Capa de Filtro	Malo
Erosión	Alto
Valor de subrasante	Bueno
Bombeo	Ninguno
Estabilidad	Bien con pendiente baja
Compactación	Buena, con tractor de orugas
Uso de Geotextil	No se requiere

TABLA 3.06: Granulometría de la Subrasante, AREMA-MANUAL Capítulo 01

La formación de la subrasante contempla la compactación del terreno natural, el suministro, vaciado y compactación de una capa de hormigón y afirmado con el fin de mejorar el terreno. Esto evitará las deformaciones en la subrasante debido al tránsito de los trenes. Los trabajos se detallan en los anexos de las ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Los agregados como el afirmado, hormigón y balasto se pueden extraer de las siguientes canteras identificadas:

. Cantera ARUNTA

Se ubica en la zona sur-suroeste de la Región de Tacna a unos 500 metros aproximadamente del Distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa. Se tiene acceso por la Asoc. de Vivienda Vista Alegre y el Conj. Habitacional Alfonso Ugarte.

. Cantera CALANA

Se ubica en la zona nor-este de La Región de Tacna a unos 200 metros aproximadamente del Distrito de Calana. Se tiene acceso mediante la carretera Tacna-Calana.

. Cantera RÍO AZUL

Se ubica en la zona sur-este de la Región de Tacna a unos 400 metros aproximadamente del Distrito de Tacna. Se tiene acceso mediante las prolongaciones de las avenidas Bohemia Tacna o Colón.

3.4.2 Puentes

Para todos los puentes, se harán los trabajos de instalación de un cartel de identificación con su respectivo nombre, longitud y carga máxima, la instalación de señales preventivas y la eliminación de escombros y maleza.

PUENTE LAGARTITO

Respecto a la infraestructura del puente, se harán los trabajos de enrocado en las cimentaciones de puentes para la protección en los pilares con material de préstamo de roca de diámetro > 1 ml y la construcción de escollera como protección de los estribos. Respecto a la superestructura del puente, los trabajos están incluidos en los tramos dañados de la vía férrea.

PUENTE HOSPICIO

Se realizarán los mismos trabajos que en el Puente Lagartito.

PUENTE GALLINAZO

Se realizarán los mismos trabajos que en el Puente Lagartito.

PUENTE CHACALLUTA

Respecto a la infraestructura del puente, se harán los trabajos de arenado y pintado de la estructura metálica. Respecto a la superestructura del puente, los trabajos están incluidos en los tramos dañados de la vía férrea.

PUENTE SAN JOSÉ

Se realizarán los mismos trabajos que en el Puente Lagartito.

Los trabajos se detallan en los anexos de las ESPECIFICACIONES TÉCNICAS y METRADOS.

3.5 SUPERESTRUCTURA

Se identificó los tramos dañados y se ubicó las estaciones, los puentes, los hitos de kilometraje y los cruces con otras vías.

N° TRAMO	REFERENCIA	PI (km)	PT (km)	LONGITUD (ml)
<i>ESTACION TACNA</i>				
1	AV. CUSCO	+ 00 + 000	+ 01 + 192	1,192
2	AV. MUNICIPAL	+ 05 + 235	+ 05 + 675	440
3	ESTADIO JOEL GUTIERREZ	+ 06 + 245	+ 07 + 225	980
4	PROL. AV. MUNICIPAL	+ 12 + 670	+ 16 + 250	3,580
5	PARALELA A PANAMERICANA	+ 18 + 300	+ 18 + 875	475
6	PUENTE N° 01 LAGARTITO	+ 23 + 720	+ 24 + 000	280
<i>FRONTERA INTERNACIONAL</i>				
7	PUENTE N° 02 HOSPICIO	+ 45 + 880	+ 46 + 350	470
8	PUENTE N° 03 GALLINAZO	+ 53 + 180	+ 54 + 230	1,050
9	PUENTE N° 04 CHACALLUTA	+ 55 + 700	+ 55 + 145	445
10	PUENTE N° 05 SAN JOSÉ	+ 61 + 200	+ 63 + 780	2,580
<i>ESTACION ARICA</i>				
TOTAL (ml)				11,492

TABLA 3.07: Tramos Dañados, fuente propia

Existen 6,947 ml de tramos dañados en Perú y 4,545 ml están en Chile. En el Tramo N° 01, se encuentran rieles de 50 lb/yd. Estos serán reemplazados por rieles 115 RE a fin de homogenizar los rieles. El Tramo N° 04 comprende la zona que recorre por el exterior a la ciudad de Tacna. Los últimos tramos identificados se encuentran cercanos o incluyen a los puentes

3.5.1 Sección de la Vía Férrea

El tipo de vía es TROCHA ESTÁNDAR (ancho: 4' 8½" = 1,435 ml). Esta medida es a la cara interior de los rieles a 5/8" de la zona superior del mismo.

Se conservará el tipo de Trocha Estándar. Para las correcciones de alineamiento, se debe tener en cuenta las siguientes medidas de desviación aceptadas tras medir con un cordel de 62 pies de longitud.

Clase De Vía	Vía en Tangente	Vía en Curva
3	1 ¾"	1 ¾"

TABLA 3.08: Límites de Desviación, fuente RNF

Se fijará el eje exacto de la vía férrea con estacas de la siguiente forma:

FORMA DEL TRAMO	DISTANCIA MAXIMA ENTRE ESTACAS
RECTO	20 metros
CURVA	10 metros

TABLA 3.09: Trazo del Eje en Vías Férreas, fuente propia

A continuación se detallan las medidas que tendrá la vía férrea del FTA.

3.5.1.1 Sub-Balasto

Según el Artículo 2.1.1.5.3 del AREMA, las mínimas secciones para el sub-balasto son las siguientes:

La profundidad del sub-balasto, SBD: mínimo de 6" o 15 cm.

La pendiente de la subrasante, SBS: mínimo de 24:1 o máximo de 40:1.

El ancho de Berma, RBW: mínimo de 6" o 15 cm.

3.5.1.2 Balasto

Según el Artículo N° 7.1.8 del NETD, la profundidad mínima es de 0.20 m debajo de los durmientes. Usando los valores de sección del AREMA, también se cumple este requisito.

Según el Artículo N° 2.1.1.5.2 del AREMA

La profundidad del balasto, BDD: mínimo de 12" o 30 cm.

El ancho de Berma, BSW: mínimo de 12" o 30 cm.

La pendiente en la base, BSS: se usa comúnmente un valor de 2:1.

Se tendrá la siguiente gradación en cuenta, del tipo 4A.

Table 2-2. Recommended Ballast Gradations

Size No. (See Note 1)	Nominal Size Square Opening	Percent Passing									
		3"	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	No.4	No. 8
24	2½" - ¾"	100	90-100		25-60		0-10	0-5	-	-	-
25	2½" - ⅜"	100	80-100	60-85	50-70	25-50	-	5-20	0-10	0-3	-
3	2" - 1"	-	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
4A	2" - ¾"	-	100	90-100	60-90	10-35	0-10	-	0-3	-	-
4	1½" - ¾"	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
5	1" - ⅜"	-	-	-	100	90-100	40-75	15-35	0-15	0-5	-
57	1" - No. 4	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5

Note 1: Gradation Numbers 24, 25, 3, 4A and 4 are main line ballast materials. Gradation Numbers 5 and 57 are yard ballast materials.

TABLA 3.10: Gradación del Balasto, fuente AREMA-MANUAL

3.5.1.3 Durmientes de Madera

Según el Capítulo N° 7.1.7 del NETD:

Se usarán durmientes de madera de 6" * 8" * 8'-0" para trocha estándar. El espaciamiento de los durmientes será de 0.60 ml medido a los ejes en todo el recorrido, según el Capítulo 3.1.2 del AREMA-GUIA. En promedio se utilizarán 1,667 durmientes por kilómetro. Estos serán de madera debido a que la zona es desértica y la degradación química o bacteriológica es baja.



FIGURA 3.01: Durmiente de Madera 6" * 8" * 8', fuente durmientesymadera.cl

3.5.1.4 Rieles 115 lb/yd

Debido a que la mayoría de rieles son de 115RE, se usarán los mismos, esto nos permite usar el mismo modelo de eclisas.

TIPO RAIL	NORMA	DIMENSIONES (mm)					SECCION	MASA
		H	B	C	D	E	cm2	kg/m
100RE	AREMA	152.40	136.50	68.30	42.10	14.30	64.19	50.34
115RE	AREMA	168.27	139.70	69.05	47.86	15.87	72.53	56.90
119RE	AREMA	173.10	139.70	67.50	42.86	15.90	75.10	58.87

TABLA 3.11: Clasificación de Rieles, AREMA-MANUAL

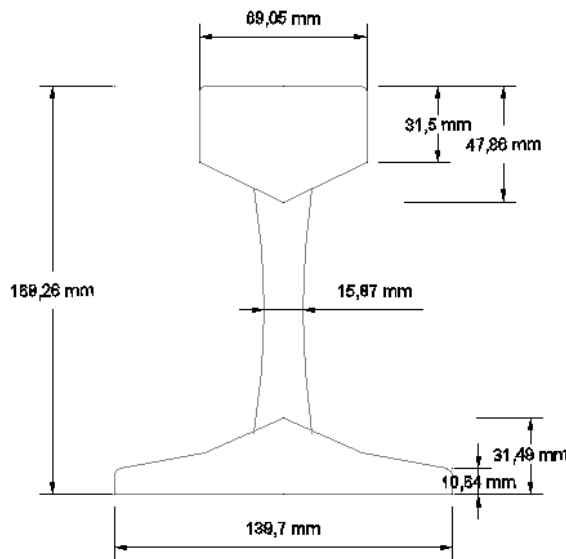


FIGURA 3.02: Sección del Riel, fuente propia

3.5.1.5 Accesorios de la Vía

PLANCHAS DE ASIENTO

Según el Capítulo 3.1.5 del AREMA, para rieles mayores a 100 RE, se usarán las planchas de asiento con doble apoyo para una base libre de 5 ½". Se colocarán 2 planchas de asiento por cada durmiente, fijados de tal manera que no se pierda la alineación de los rieles. Serán de 7 ¾" x 15" w/6, 11/16" hoyos.



FIGURA 3.03: Plancha de Asiento 5 ½", Fuente PANDROL USA

UNIONES

SOLDADURA

Se recomienda soldar 3 rieles consecutivos para evitar el exceso de uso de eclisas. Los detalles se muestran en las ESPECIFICACIONES TECNICAS.

ECLISAS

Servirán para unir los rieles, en los puntos no soldados. Deberán estar empernadas con cuatro pernos en cada unión. Solamente se usan en las secciones en tangente. Se usarán 2 eclisas por punto.

TIPO	LONGITUD/DIAMETRO	PESO (kg)
115 RE	4 agujeros - 24"	17.04
115 RE	6 agujeros - 36"	25.56

TABLA 3.12: Clasificación de Eclisas, fuente AREMA-MANUAL

Según el Capítulo 3.1.4 del AREMA, se usarán las eclisas de 24" de longitud en las secciones ferroviarias pequeñas y de 36" en las secciones ferroviarias más largas.



FIGURA 3.04: Eclisas, fuente AREMA-GUIA

PERNOS RIELEROS

Servirán para ajustar las eclisas, cuyas medidas son de 1" x 6", cabeza redonda y cuello oval, con su respectiva arandela de presión y tuerca. Se usarán 4 pernos por punto no soldado.



FIGURA 3.05: Pernos Rieleros, fuente AREMA-GUIA

TIRAFONDOS

Servirán para fijar las planchas de asiento a los rieles. Según el Capítulo 3.1.7 del AREMA, se usarán tirafondos de 5/8" x 5 1/2" con cabeza cuadrada galvanizados según la sección del durmiente a usar. Se usarán 4 tirafondos por cada plancha de asiento.



FIGURA 3.06: Tirafondos, fuente AREMA-GUIA

FIJACIONES ELÁSTICAS

Servirán para fijar los rieles a las planchas de asiento y evitar su volteo. Serán de tipo Pandrol de serie "e". Se usarán 2 fijaciones elásticas por cada plancha de asiento.



FIGURA 3.07: Fijación Elástica Tipo E, fuente PANDROL USA

Finalmente, la sección típica del FTA, es la siguiente:

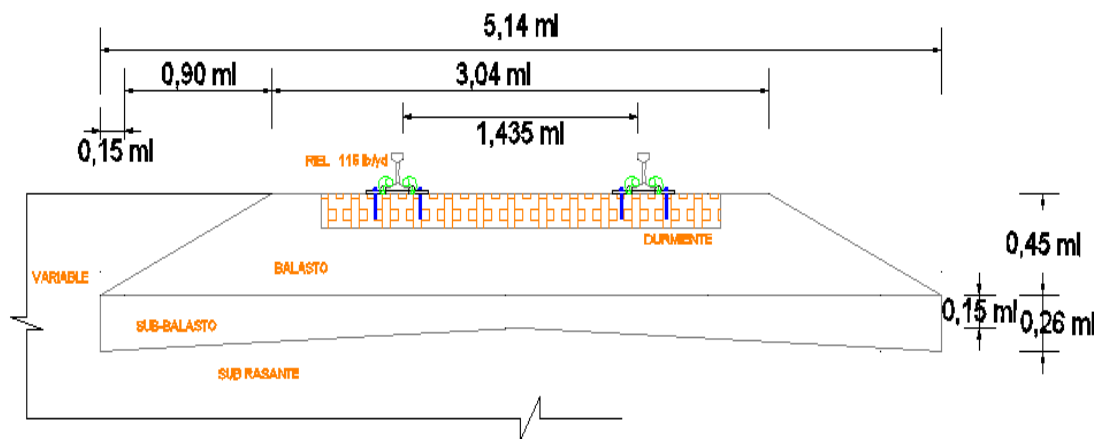


FIGURA 3.08: Corte de la Sección de la Vía Férrea, fuente propia

3.1.5.6 Cruce de Trenes

El cruce de trenes es un tramo de la vía donde se construirá una desviación adicional de las vías férreas. Esta servirá para el paso de otro tren en dirección contraria. Se propone que:

- La longitud del tramo adicional será igual a la longitud del tren más largo a operar más 10 metros a cada lado para un buen desarrollo.
- La ubicación del Cruce de Trenes estará según lo indicado en el MASTER CHART.
- La sección típica en este tramo será como en la siguiente figura.

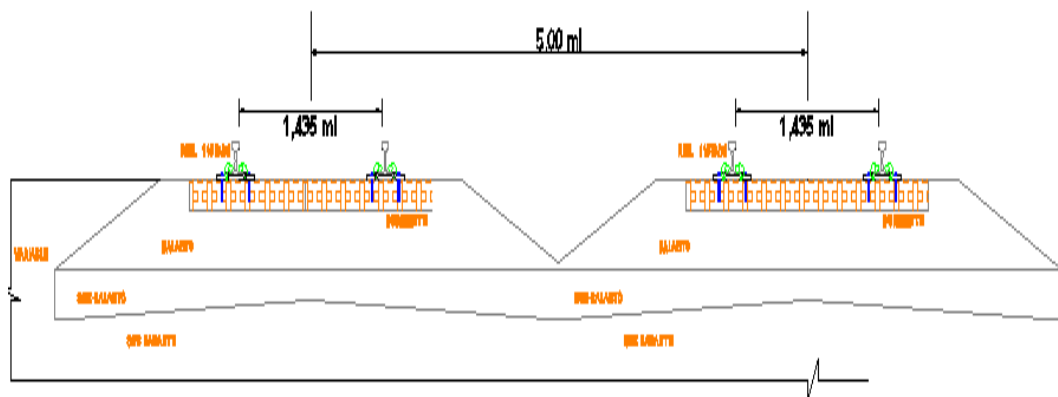


FIGURA 3.09: Cruce de Tren, fuente propia

- Se debe tener en cuenta que el terreno donde cruza el nuevo tramo sigue estando dentro de la zona de influencia del ferrocarril. Por lo que no habrá problemas en su construcción.

3.5.2 Pasos a Nivel

Los Pasos a Nivel son cruces de vías donde el ferrocarril atraviesa otra vía terrestre. Se han identificado 22 diferentes vías.

ITEM	Vía que atraviesa	REFERENCIA	VECES
1	asfalto	Avenida Bolognesi	2
2	asfalto	Calle Tacna	1
Atraviesa el Ovalo Cusco			
3	asfalto	Calle 6	1
4	asfalto	Avenida Los Poetas	2
5	asfalto	Calle Los Laureles	1
6	asfalto	Calle Los Damascos	1
7	asfalto	Calle Las Casuarinas	1
8	asfalto	Calle Los Ébanos	1
9	asfalto	Calle Los Álamos - Calle Las Violetas	1
10	asfalto	Calle Las Palmeras	1
11	asfalto	Calle Los Próceres	1
12	asfalto	Avenida Bohemia Tacneña	2
13	asfalto	Avenida Humboldt	2
14	asfalto	Carretera Panamericana	1
15	trocha	Acceso hacia Las Lagunas en TA-644	1
16	trocha	Acceso hacia Las Lagunas en TA-645	1
Frontera PERU - CHILE			
17	asfalto	Calle que conecta el Aeropuerto	1
18	asfalto	Calle Pedro Lagos	1
19	asfalto	Calle Junta de Adelanto	1
20	asfalto	Calle Amador Neghme	1
21	asfalto	Calle Antártica	1
22	asfalto	Avenida Consistorial	2

TABLA 3.13: Cuadro de Pasos a Nivel, fuente propia

De los 22 pasos a nivel, 20 atraviesan vías asfaltadas y 02 atraviesan caminos de trochas, los cuales se encuentran fuera de ambas ciudades tras cruzar la Carretera Panamericana. En algunos pases, existe doble cruce, esto se debe a que son cruces importantes como las avenidas. Se instalará la señalización correspondiente para indicar el cruce de vías según su importancia en la vía. Las ubicaciones de los pasos a nivel se encuentran en el PLANO PU.

3.6 MATERIAL RODANTE

3.6.1 Características Generales

Los trenes a suministrar estarán diseñados y fabricados para alcanzar una vida útil igual o superior a 30 años o 5'500,000 kilómetros, donde se considera recorridos de 15,000 km mensuales, con el fin de garantizar los Niveles de Servicio.

CONDICIONES AMBIENTALES

La ciudad de Arica está ubicada frente al mar por lo que la corrosión de las estructuras metálicas es más rápida. Se tendrá cuidado de no exponer las estructuras sin una protección anticorrosiva.

ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

El suministro de combustible Diesel a las locomotoras y autovagones será en la Estación Tacna.

VELOCIDAD

Se necesitan autovagones y una locomotora que superen fácilmente la velocidad de 60 km/h para el servicio requerido. Siendo posible que el tipo de operación propuesto en esta tesis se cambie por uno más rápido.

COMPOSICIÓN DE LOS TRENES

Para los autovagones, cada tren será funcionalmente independiente, tendrán cabinas de conducción en ambos extremos. La longitud de formación no será mayor a los 110 ml. Los trenes de Carga se formarán al unir una locomotora y diferentes vagones de carga según la necesidad del material a transportar.

3.6.2 Catálogo de Material Rodante

Este sistema de transporte contará con los siguientes equipos ferroviarios:

LOCOMOTORA

MODELO	: SD40-2 / D77
PESO	: 368,000 lbs
CABALLAJE	: 3,000 hp
COEF. ADHESIÓN	: 25%
VEL. MÁXIMA	: 65 mph = 105 kph
LONGITUD	: 68'-10"

ANCHO : 13'-07"
CAP. DE TANQUE : 3,200 gals

Esta locomotora será repotenciada, cumple con el ancho estándar de la vía férrea.

VAGÓN TANQUE

MODELO : GQ70
PESO NETO : 23.6 ton
VEL. DISEÑO : 120 km/h
PESO DE CARGA : 70 ton
VOLUMEN : 80 m3
LONGITUD : 12.22 mts
ANCHO : 3.32 mts

Este vagón servirá para el transporte de aceites o combustible como kerosene, gasolina o petróleo. Cumple con el ancho estándar de la vía férrea.

VAGÓN HOPPER

MODELO : KM70
PESO NETO : 23.8 ton
VEL. DISEÑO : 120 km/h
PESO DE CARGA : 70 ton
VOLUMEN : 75 m3
LONGITUD : 14.42 mts
ANCHO : 3.30 mts

Este vagón servirá para el transporte de materiales varios a granel o sin necesidad de cubrir del exterior. Cumple con el ancho estándar de la vía férrea.

VAGÓN PLATAFORMA

MODELO : MMM C1
PESO NETO : 27.0 ton
VEL. DISEÑO : 120 km/h
PESO DE CARGA : 93 ton
CAPACIDAD : 4 TEU's de 20' c/u
 2 TEU's de 40' c/u
LONGITUD : 27.10 mts
ANCHO : 3.45 mts

Son los vagones que tendrán una conexión directa con el Muelle “Sitio 7” en Arica ya que tendrá una conexión intermodal más rápida para su carga y descarga.

VAGONES-PASAJEROS

MODELO	: TREN REGIONAL S/2900 - CAF
PESO MAXIMO	: 18.0 ton x eje
VEL. DISEÑO	: 120 km/h
CAPACIDAD	: 819 pasajeros
LONGITUD	: 81.26 mts, 4 coches
ANCHO	: 2.88 mts

AUTOCARRILES

Se mejorarán los autocarriles existentes. Estos vagones sirven para la prevención de descarrilamiento y mantenimiento de las vías férreas. Habrán dos cuadrillas de mantenimiento, una desde Tacna y otra desde Arica.

Las fichas técnicas de los materiales rodantes se encuentran en los ANEXOS.

Con los datos de los Capítulos 2: Estudio de Mercado y 3.6.2: Catálogo de Material Rodante, se calculará la cantidad de vagones, autovagones y locomotoras necesarias para su funcionamiento.

3.6.3 Operación de Pasajeros

En el GRÁFICO 2.02 se tiene un mercado proyectado de 4'342,028 pasajeros al año 2030, usando el TREN REGIONAL S/2900 - CAF de 4 cuerpos de vagón se calcula el número de viajes.

AUTOVAGONES			
DATOS INICIALES	Peso Pasajero =	80	kg
	1 Ton =	2,205	Lbs
DATOS de CARGA	Pasajeros =	4,342,028	Pas/año
	Pasajeros =	12,061	Pas/día
	Carga Pasajeros =	964.9	Ton
DATOS AUTOVAGON	Capacidad =	819	Personas
	Tara =	65.52	Ton
	Cantidad Requerida =	15	trenes
PESOS	Peso Neto (tren) =	120,000	Lbs
	Peso Neto (tren) =	54.43	Ton
	Peso Bruto (tren) =	119.95	Ton
	Peso (truque 10%) =	12.00	Ton
	Peso Bruto (tren i/truque) =	131.95	Ton
	PESO FINAL =	1,943.14	Ton

TABLA 3.14: Cantidad de Autovagones, fuente propia

La Tabla 3.14 muestra un requerimiento de 15 viajes diarios, es decir, 08 viajes en cada sentido del recorrido cada día. Por lo que un TREN REGIONAL S/2900 - CAF realizará 08 viajes diarios, como se indicará en el MASTER CHART a fin de satisfacer la demanda al año 2,030. Además, se obtiene un peso bruto promedio de 1,943.14 toneladas por día.

3.6.4 Operación de Carga

En el GRÁFICO 2.04 se tiene un mercado proyectado de 19,189 toneladas al año 2030 y con vagones de carga se calcula la cantidad de viajes requeridos.

La demanda de carga se dividió de la siguiente manera:

- Combustible : 10 % = 1,918.90 ton/año.
- Carga Varios : 35 % = 6,716.15 ton/año.
- Carga Contenedores : 55 % = 10,553.95 ton/año.

Se calcula la cantidad de vagones – tanque a cubrir la demanda.

TANQUE			
DATOS INICIALES	1 m3 =	1,000	Lt
	1 Galón =	3.785	Lt
	1 Ton =	2,205	Lbs
	Densidad del Combustible (γ) =	0.85	Ton/m3
DATOS de CARGA	Carga de Combustible =	1,919	Ton/año
	Carga de Combustible =	5.33	Ton/día
	Volúmen de Combustible =	6.27	m3/día
	Volúmen de Combustible =	1,656.8	Gal/día
DATOS TANK-CAR	Capacidad Volúmen =	78.7	m3
	Capacidad Volúmen =	20,792.6	Gal
	Tara =	66.90	Ton
	Cantidad Requerida =	0.1	vagones
PESOS	Peso Neto (vagón) =	52,020	Lbs
	Peso Neto (vagón) =	23.60	Ton
	Peso Bruto (vagón) =	90.49	Ton
	Peso (truque 10%) =	9.05	Ton
	Peso Bruto (vagones) =	7.21	Ton
	PESO FINAL =	16.26	Ton

TABLA 3.15: Cantidad de Tanque, fuente propia

La Tabla 3.15 muestra un requerimiento de 0.10 viajes diarios teóricos. Por lo que un vagón tanque es suficiente para la operación.

Además, el peso obtenido a vagón lleno será de 90.49 toneladas.

Se calcula la cantidad de vagones – hooper a cubrir la demanda.

HOOPER KM70			
DATOS INICIALES	1 Ton =	2,205	Lbs
DATOS de CARGA	Carga Varios =	6,716	Ton/año
	Carga Varios =	18.66	Ton/día
DATOS HOOPER	Tara =	154,325	Lbs
	Tara =	70.00	Ton
	Cantidad Requerida =	0.3	vagones
PESOS	Peso Neto (vagón) =	52,475	Lbs
	Peso Neto (vagón) =	23.80	Ton
	Peso Bruto (vagón) =	93.80	Ton
	Peso (truque 10%) =	9.38	Ton
	Peso Bruto (vagones) =	25.00	Ton
	PESO FINAL =	34.38	Ton

TABLA 3.16: Cantidad de Hooper, fuente propia

La Tabla 3.16 muestra un requerimiento de 0.30 viajes diarios teóricos. Por lo que un vagón hooper es suficiente para la operación.

Además, el peso obtenido a vagón lleno será de 93.80 toneladas.

Se calcula la cantidad de vagones – plataforma a cubrir la demanda.

PLATAFORMA MMMC1			
DATOS INICIALES		1 Ton =	2,205 Lbs
DATOS de CARGA	Carga Contenedores =	10,554	Ton/año
	Carga Contenedores =	29.32	Ton/día
DATOS PLATAFORMA	Tara =	202,600	Lbs
	Tara =	91.90	Ton
	Cantidad Requerida =	0.3	vagones
PESOS	Peso Neto (vagón) =	59,525	Lbs
	Peso Neto (vagón) =	27.00	Ton
	Peso Bruto (vagón) =	118.90	Ton
	Peso (truque 10%) =	11.89	Ton
	Peso Bruto (vagones) =	37.93	Ton
	PESO FINAL =	49.82	Ton

TABLA 3.17: Cantidad de Plataforma, fuente propia

La Tabla 3.17 muestra un requerimiento de 0.60 viajes diarios teóricos. Por lo que un vagón plataforma es suficiente para la operación.

Además, el peso obtenido a vagón lleno será de 118.90 toneladas.

Finalmente, para calcular la formación de trenes, se calculará las fuerzas de pendiente y de locomotora.

Según el Capítulo 2.6.4 del AREMA-MANUAL, la fuerza de la pendiente utiliza un coeficiente igual a 20 lb por ton por % del gradiente.

El requerimiento de locomotoras se obtiene mediante la comparación de dos resultados importantes: los caballos de fuerza requeridos para el movimiento del tren y de la fuerza requerida para romper la fricción e iniciar el desplazamiento.

FUERZA PENDIENTE

$$F_{\varphi} = W_{TREN} * k * \varphi$$

Donde:

F_{φ} : Fuerza Pendiente (lbs)

W_{TREN} : Peso del Tren (ton)

k : Coeficiente = 20 lb/ton/%

φ : Pendiente Gobernadora (%)

HP (horse power)

$$HP = \frac{F_{\varphi} * V_{TREN}}{h}$$

Donde:

HP : Caballaje (horse power)

F_{φ} : Fuerza Pendiente (lbs)

V_{TREN} : Velocidad del Tren (mph)

h : coeficiente = 375 lbs*milla/hora

Según el Capítulo 2.6.2 del AREMA-MANUAL, el coeficiente de adhesión puede variar entre 10% - 40%, sin embargo, para cálculos rápidos se considera un coeficiente de adhesión de 25%.

FUERZA DE LOCOMOTORA

$$F_L = W_L * a$$

Donde:

F_L : Fuerza de Locomotora (lbs)

W_L : Peso de la Locomotora (ton)

a : Coeficiente de Adhesión = 25%

FUERZA DE PENDIENTE			
PENDIENTE GOBERNADORA	=	1.74	%
FUERZA DE LA LOCOMOTORA	=	20.00	lbs/ton/%
VELOCIDAD	=	37.28	mph
PESO TANQUE	=	90.49	ton
PESO HOOPER	=	93.80	ton
PESO PLATAFORMA	=	118.90	ton
PESO LOCOMOTORA	=	166.92	ton
PESO DEL TREN (inc. Truques)	=	500.44	ton
FUERZA DE PENDIENTE	=	17,415	lbs
CABALLAJE REQUERIDO	=	1,731	HP
FUERZA DE LOCOMOTORA			
COEFICIENTE DE ADHESION	=	25.0	%
PESO DE LOCOMOTORA	=	368,000	lbs
CABALLAJE	=	3,000	HP
# LOCOMOTORAS	=	1	und
FUERZA DE LOCOMOTORA	=	92,000	lbs
CABALLAJE SUMINISTRADO	=	3,000	HP

TABLA 3.18: Cantidad de Locomotora SD40-2, fuente propia

La pendiente gobernadora se obtuvo del perfil de la línea férrea en el PLANO PU, ésta se encuentra al inicio de la vía férrea. Es considerada la más crítica. La velocidad a considerar es la máxima de 60 km/h.

De la tabla 3.13, se verificará que la locomotora satisfaga dos requisitos:

$$\begin{array}{lcl}
 F_{LOCOMOTORA} > F_{PENDIENTE} & , & C_{SUMINISTRADO} > C_{REQUERIDO} \\
 92,000 \text{ lbs} > 17,415 \text{ lbs} & , & 3,000 \text{ HP} > 1,731 \text{ HP}
 \end{array}$$

Se cumplen ambos requisitos para el uso de la locomotora SD40-2 asignado al tren en estudio.

3.7 ESTACIONES: PATIOS Y TALLERES

3.7.1 Generalidades

Se contempla la rehabilitación de 2 estaciones: la Estación Tacna y la Estación Arica. No se realizará ningún trabajo en las otras 4 estaciones intermedias debido a que no interfieren con el funcionamiento del FTA.

ITEM	NOMBRE	ÁREA (m ²)	CONDICIÓN	UBICACIÓN (km)
1	TACNA	11,770	Mejorar Infraestructura	+ 00 + 000
2	KM 42	2,500	Sin Cambios	+ 22 + 000
3	HOSPICIO	3,100	Sin Cambios	+ 35 + 000
4	ESCRITOS	2,800	Sin Cambios	+ 43 + 000
5	CHACALLUTA	2,400	Sin Cambios	+ 50 + 000
6	ARICA	20,810	Mejorar Infraestructura	+ 64 + 000

TABLA 3.19: Estaciones Ferroviarias del FTA, fuente propia

Para el mejoramiento de las estaciones se prevé realizar los siguientes trabajos:

- Limpieza del terreno a nivel de subrasante y compactación de la subrasante.
- Demolición de Estructuras existentes, construcción de cimientos y vigas de cimentación.
- Construcción de losa, columnas, vigas e instalación de techo con estructura de acero.
- Instalación de Servicios de Luz y Agua generales.
- Acondicionamiento

Según los Artículos N° 42 y N° 43 del RNF, se tendrá en cuenta las exigencias para el embarque y desembarque de pasajeros y para la entrega y recepción de mercancías.

Según el Artículo N° 48 inciso a.4 del RNF, la distancia entre ejes de dos vías será de mínimo 4.50 metros en patios.

3.7.2 Estación Tacna

La Estación Tacna se ubica a 498.60 m.s.n.m. en el centro de la ciudad, en el cruce de la Avenida Cuzco y Avenida 2 de Mayo en la Progresiva 0 + 000 km.

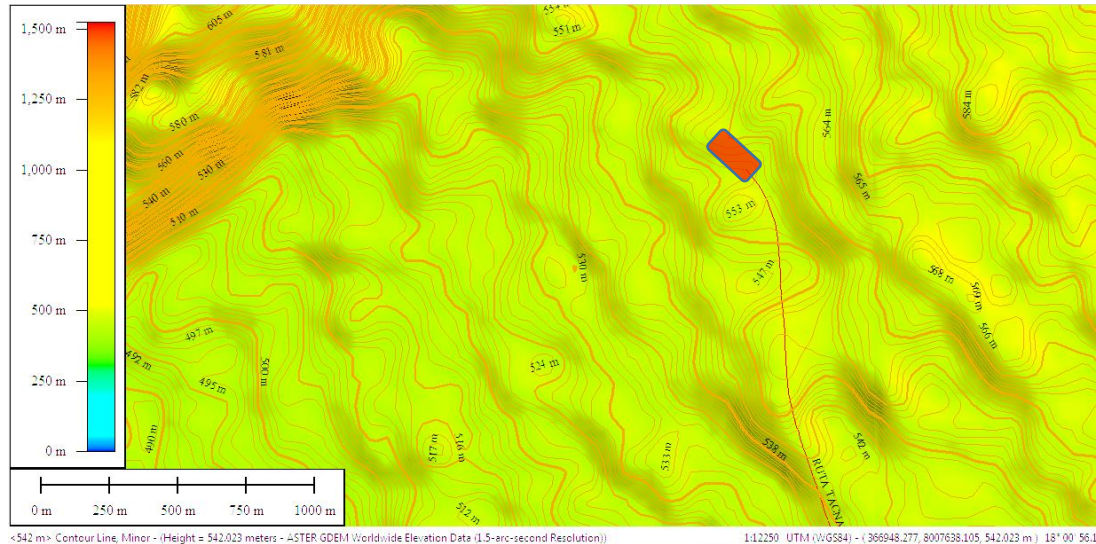


FIGURA 3.10: Curvas de Nivel para la Estación Tacna, GLOBAL MAPPER, fuente propia

Se dimensionarán las estaciones según ciertos criterios (generales y específicos) que muestran la importancia de cada área. El dimensionamiento es a nivel de arquitectura como lo muestra el PLANO ET.

CRITERIOS GENERALES:

- Alcance General

En su interior encontramos el Museo Ferroviario, el cual no tendrá modificación alguna. Se mejorará el Patio Taller y el Patio de Maniobras. La Estación Tacna efectuará el transporte de carga y pasajeros.

- Flexibilidad

Permitirá la interconexión modal de los vagones con tráileres o camiones en un patio para el estacionamiento y maniobra de trenes. Las personas contarán con un control de migración más rápido.

- Servicios Necesarios

Para el Transporte de Pasajeros, se construirá áreas para la boletería, control migratorio, servicios higiénicos y estacionamiento público. Para el Transporte de

Carga, se construirán áreas para las oficinas, zona de despacho y almacén de mercadería.

- Dimensiones Máximas

Según el PLANO ET, se cuenta con un área de terreno de 11,770 m² que serán distribuidos de la siguiente manera:

DESCRIPCION	AREA (m ²)
ESTACION TACNA	11,770
PATIO TALLER	4,927
Taller de Locomotoras	1,150
Taller de Vagones	1,150
Oficina	501
Embarque	1,356
Museo	770
PATIO MANIOBRAS	6,843
Vías Férreas	5,529
Zona Vial	1,000
Tornamesa	314

TABLA 3.20: Áreas Estación Tacna, fuente propia

CRITERIOS ESPECIFICOS

- Número de Unidades (locomotoras/vagones)

La Estación Tacna debe contar con capacidad para atender cualquier servicio mecánico o electrónico y mantenimiento para 1 locomotora, 1 vagón - plataforma, 1 vagón - tanque, 1 hooper y 04 trenes de autovagones.

- Alcance Específico

En el Patio Taller:

Taller de Locomotoras: habrán fosas de inspección donde se ejecutarán los mantenimientos necesarios, zona de lavado, una Grúa Puente que servirá para movilizar las locomotoras hacia una vía auxiliar.

Taller de Vagones: de la misma dimensión que el Taller de Locomotoras. Habrá:

- Torno Bajo Nivel, Estándares, Verticales
- Equipos de Soldar, Amoladoras, Gatas
- Instrumentos de Medición (Gauges, Calibradores)
- Herramientas Manuales Especializadas y Generales

Prensas para Ruedas y Ejes: se realizarán los trabajos de torneado de ruedas y rodajes y engranajes, de pedestales y lubricadores de pestaña

Taller Eléctrico: se realizarán trabajos eléctricos como el sistema de señalización, cambio de generadores principales y auxiliares, de diodos y parrillas eléctricas.

Taller Electrónico: se realizarán trabajos electrónicos como mantenimiento de los tableros, comprobación del sistema de comunicación entre la locomotora y las estaciones, cambio de módulos electrónicos y tarjetas.

Taller Diesel: se almacenará combustible necesario para emergencias. Se realizarán los trabajos como cambio y reparación de motor, cambio de inyectores, bombas de inyección, turbos y evaluación de sus componentes.

Taller Frenos: se monitorea el sistema de frenos del material rodante. Se realizarán trabajos como reparación de válvulas, compresores de aire y cilindros de frenos.

Zona de Embarque: se construirá un área para la boletería, estacionamientos públicos, un hall para el ingreso al control migratorio, una zona de espera para embarcar a los autovagones y servicios higiénicos.

Edificaciones Auxiliares: son las Oficinas Administrativas, Tópicos, Oficinas de Telecomunicaciones, Servicios Higiénicos, Vestuarios, estacionamientos privados. Los edificios tendrán sistema de agua contra incendios, alarma contra incendios, agua potable, desagüe, ventilación, teléfono, difusión sonora, aire comprimido.

En el Patio de Maniobras:

Se encuentran las vías de estacionamiento, cambiavías, vías de maniobras, vías de prueba y una tornamesa para el giro de locomotoras. Contará con las señalizaciones requeridas para la seguridad dentro de cada estación.

- Conexión a fluidos

Se tendrá un área para el llenado de combustible mediante un tanque cisterna.

- Proyección de ampliación

Esta vía férrea se puede extender hacia el Norte uniando las ciudades capitales peruanas como Moquegua o Arequipa. Así como la conexión con empresas mineras o agrícolas cercanas en otro proyecto de tesis.

A continuación se muestra la distribución de las áreas en la Estación Tacna.

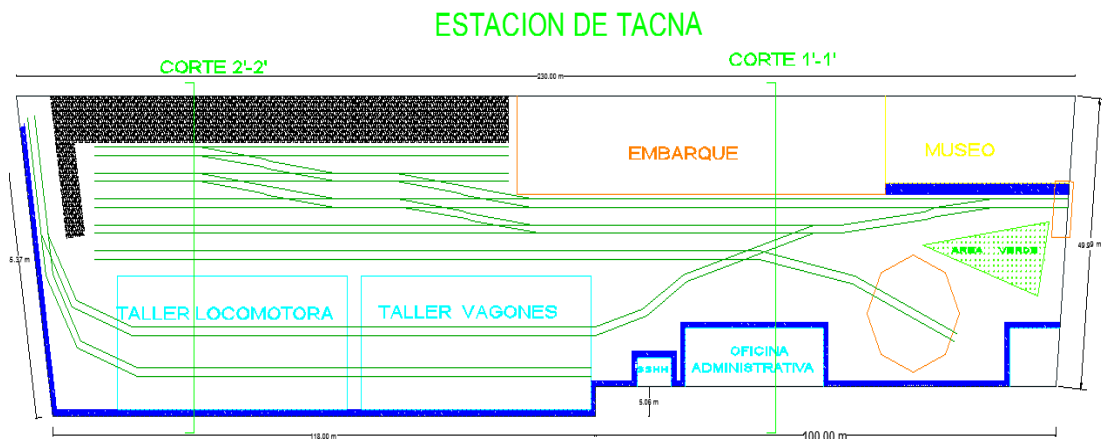


FIGURA 3.11: Planta de la Estación Tacna, fuente propia

Dentro de cada taller, habrá una grúa puente que facilite cargar piezas de los vagones o locomotoras.



FIGURA 3.12: Grúa Puente 7,5 ton., fuente gruasperu.ghsa.com

3.7.3 Estación Arica

La Estación Arica se ubica a unos 12.50 m.s.n.m. entre las avenidas Av. Pedro Montt y Av. Chacabuca en la Progresiva 64+000 km.

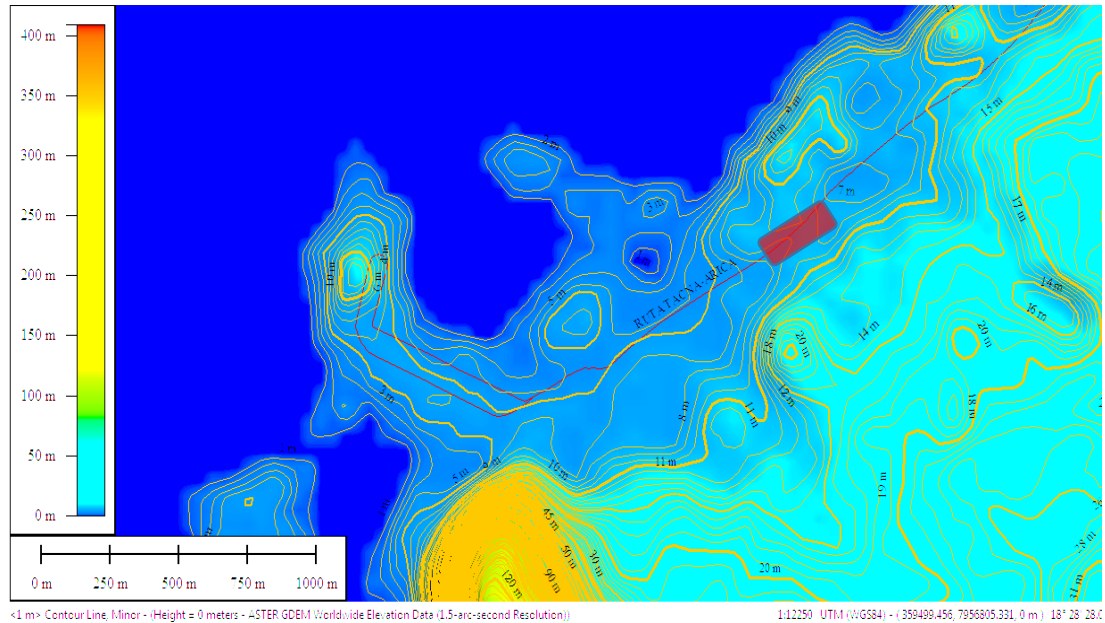


FIGURA 3.13: Curvas de Nivel para la Estación Arica, fuente propia

Se dimensionarán las estaciones según ciertos criterios (generales y específicos) que muestran la importancia de cada área. El dimensionamiento es a nivel de arquitectura como lo muestra el PLANO EA.

CRITERIOS GENERALES:

- Alcance General de las Labores

Se mejorará el Patio Taller y el Patio de Maniobras. La Estación Arica efectuará transporte de carga y pasajeros. El Patio de Maniobras será de mayor dimensión por su llegada al Muelle "Sitio 7". Las vías de ingreso hacia el muelle se encuentran en buen estado.

- Flexibilidad

Característica parecida a la Estación Tacna.

- Servicios Necesarios

Tendrá los mismos servicios que la Estación Tacna, adicionando el control de aduanas por tener ingreso al muelle "Sitio 7".

- Dimensiones Máximas

Según el PLANO EA, se cuenta con un área de terreno de 20,810 m² que serán distribuidos de la siguiente manera:

DESCRIPCION	AREA (m ²)
ESTACION ARICA	20,810
PATIO TALLER	1,896
Oficina	350
Embarque	1,040
Estacionamiento	506
PATIO MANIOBRAS	18,914
Vías Férreas	18,600
Tornamesa	314

TABLA 3.21: Área Estación Arica, fuente propia

Se observa que esta estación no contará con talleres de locomotora o vagones porque la cercanía de la Estación Tacna lo hace innecesario.

CRITERIOS ESPECÍFICOS

- Número de Unidades a atender (locomotoras/vagones)

La Estación Arica debe contar con capacidad para albergar el servicio para 1 locomotora, 1 vagón - plataforma, 1 vagón - tanque, 1 vagón - hooper y 04 trenes de autovagones.

- Alcance específico de las labores.

En el Patio Taller:

Taller Diesel: misma función descrita en la Estación Tacna.

Zona de Embarque: misma función descrita en la Estación Tacna.

Edificaciones Auxiliares: misma función descrita en la Estación Tacna.

En el Patio de Maniobras:

Se encuentran las vías de estacionamiento, cambiavías, vías de maniobras, vías de prueba y una tornamesa para el giro de locomotoras. Contará con las señalizaciones requeridas para la seguridad dentro de cada estación.

- Proyección de ampliación

Esta vía férrea se puede extender dentro del Puerto de Arica con el fin que ENAPU tenga una vía de entrada y salida con mayor movimiento en el muelle “Sitio 7”. Esto comprende el Mejoramiento de la infraestructura del Muelle y anexo de Vías Férreas en un siguiente proyecto de tesis.

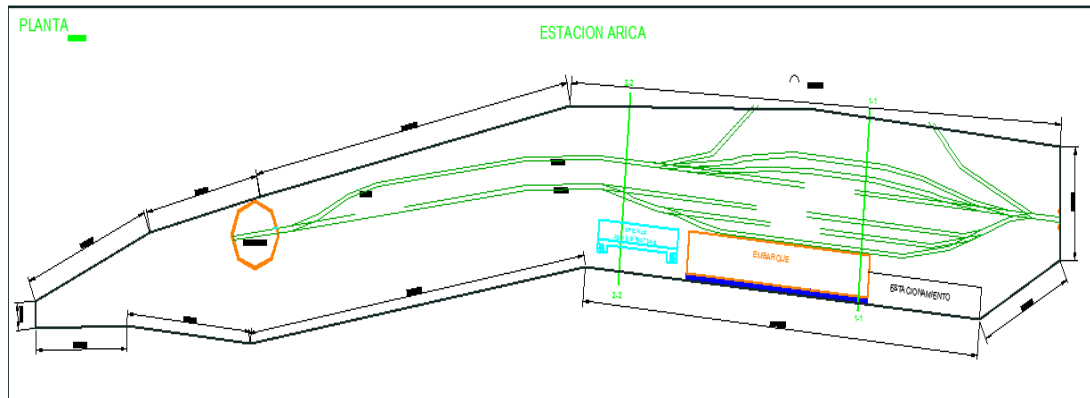


FIGURA 3.14: Planta de la Estación Arica, fuente propia

3.7.4 Cambios en Vía

Dentro de ambas estaciones, en los patios de maniobra, se requiere instalar cambios de vías del tipo de “enlace derecho” y “enlace izquierdo” para lograr el diseño propuesto.

Según el Capítulo 3.2.5 del AREMA-MANUAL, se usarán sapos de resorte soldado o rígidos porque son los más comunes en los patios y la velocidad de recorrido dentro de la estación es menor a los 10 km/h. Los sapos a emplear serán de N° 8
Según el Capítulo 3.2.11 del AREMA-MANUAL, se instalarán guardarieles en los cambios de sentido de la vía.

Según el Capítulo 6.5 del AREMA-MANUAL, los sapos a utilizar según la velocidad establecida corresponden al N° 06 para patios y N° 18 para el cruce de trenes.

3.7.5 Master Chart

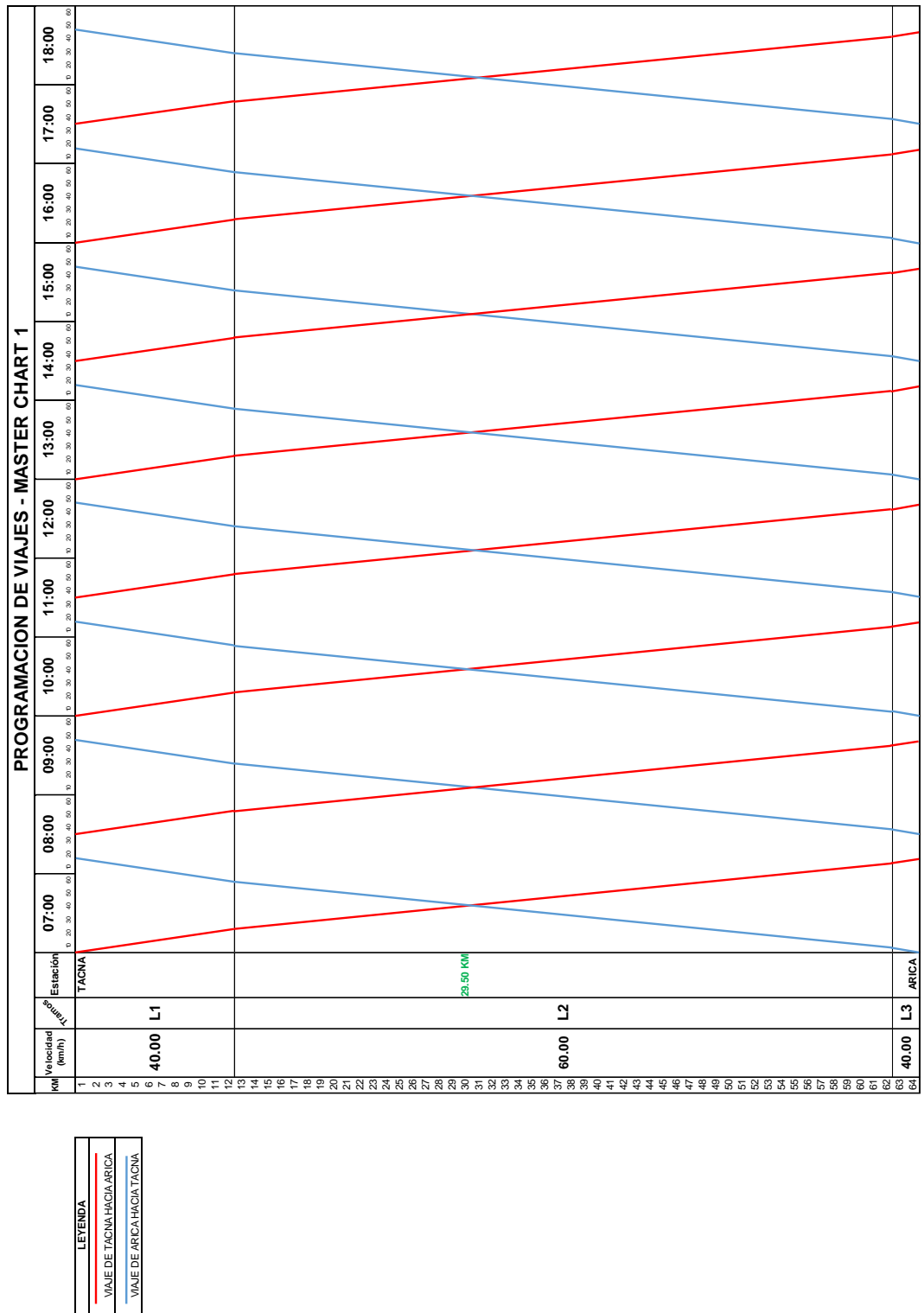
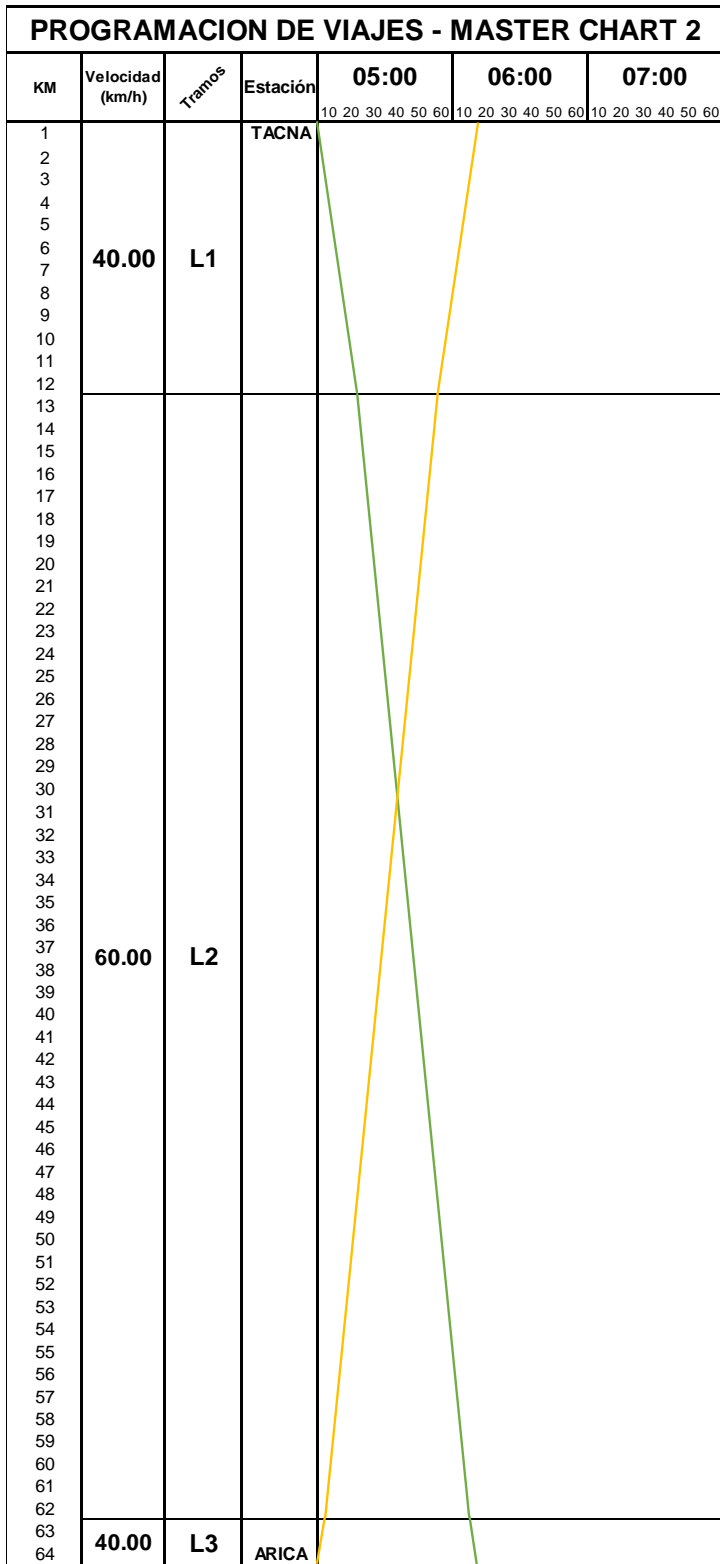


GRAFICO 3.01 Master Chart - Pasajeros



LEYENDA
VIAJE DE TACNA HACIA ARICA
VIAJE DE ARICA HACIA TACNA

GRAFICO 3.02: Master Chart - Carga

En el gráfico anterior se muestra la distribución de viajes para el transporte de pasajeros hacia el año 2,030. Se considera los siguientes criterios de diseño:

- La vía férrea se divide en 3 tramos, el primero recorre 12 kilómetros a una velocidad media de 40 km/h, el segundo recorre 50 kilómetros a una velocidad media de 60 km/h y el tercero recorre 2 kilómetros a una velocidad media de 40 km/h.
- La programación de viajes se realizará en horas exactas en intervalos de mínimo ½ hora. Esto evitará la confusión con las salidas de los trenes a los pasajeros.
- El tren que esperará en las vías alternas en el cruce de trenes, será aquel que vaya en sentido de Tacna a Arica, por la pendiente que en ella se encuentra.

Para la Demanda de Pasajeros, se formarán 2 trenes, uno desde Tacna y el otro desde Arica, los cuales estarán en viaje constante con un intervalo de 19 minutos para realizar el embarque y desembarque en las estaciones correspondientes para luego volver a realizar su recorrido de regreso. Cada tren realizará 10 viajes diarios para cubrir la demanda proyectada hacia el año 2,030.

Adicionalmente, se recomienda tener 2 trenes más con la misma capacidad para poder actuar ante cualquier falla mecánica u operativa. O alternarlos en su uso diario para no sobre esforzarlos y comprobar su operatividad después de 1 día de uso continuo.

Para la Demanda de Carga, se formará 1 tren con los vagones que se requiera al momento de emplear el servicio. Debido a la baja demanda, no es necesario el uso de más trenes pero sí su programación de viaje dependiendo de la cantidad de mercadería a transportar y el sentido en que va la carga. Esta demanda genera en promedio 1 viaje cada 3 días a vagones llenos.

Adicionalmente, se recomienda tener 1 vagón más de cada tipo para poder actuar ante cualquier falla mecánica u operativa.

La zona de cruces de trenes se origina en la progresiva + 29 + 500 km. Entonces, se construirá una vía alterna con desviaciones en las progresivas + 29 + 400 km y + 29 + 600 km, este desvío servirá para la espera de un tren, mientras el otro viene en sentido contrario. La distancia entre ejes será de 5.00 metros según el Artículo N° 48 del RNF.

3.8 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Se empleará un sistema de Comunicación Radial debido a que la zona del trayecto es a campo abierto y no existen túneles, siendo favorable a la Señal de Radio.

Un Sistema CBTC (Comunicación Basada en Control del Tren) vía radio requiere del constante envío de datos entre los trenes, autovagones y el equipo en la vía férrea con La Base Central. Con esto, se tiene mayor precisión de la ubicación de los mismos garantizando la seguridad en la separación de los trenes entre ellos mientras operan.

Adicionalmente, se instalará un switch de detector de posiciones ubicados a 2 kilómetros del cruce de trenes en ambos sentidos. Esto ayudará a fijar el tren que ingrese primero al ramal de cruce.

Detector de tránsito PAULVE

Detecta trenes en tránsito, con o sin detección y permite el control de cruzamientos o sistemas de anuncios o alertas de construcción.¹



FIGURA 3.15: Detector de Tránsito PAULVE, fuente VOSSLOH-COGIFER

Este detector es resistente a las vibraciones en los rieles o expansiones térmicas. Se instalarán 2 detectores por cada durmiente necesario, conectados al riel.

3.9 ORGANIGRAMA

El objetivo de la presente sección es determinar la carga laboral necesaria para la operación y funcionamiento del FTA. Esto nos permitirá obtener los costos operativos aproximados relacionados al personal.

Como en toda empresa, existen dos grandes grupos: El Área Operativa, quienes están relacionados directamente con las labores de la Empresa en el servicio de transporte y el Área Administrativa, quienes brindan apoyo logístico y comercial.

En esta sección se muestra el organigrama del Ferrocarril y se describen algunas de las funciones del personal del Área de Operaciones.

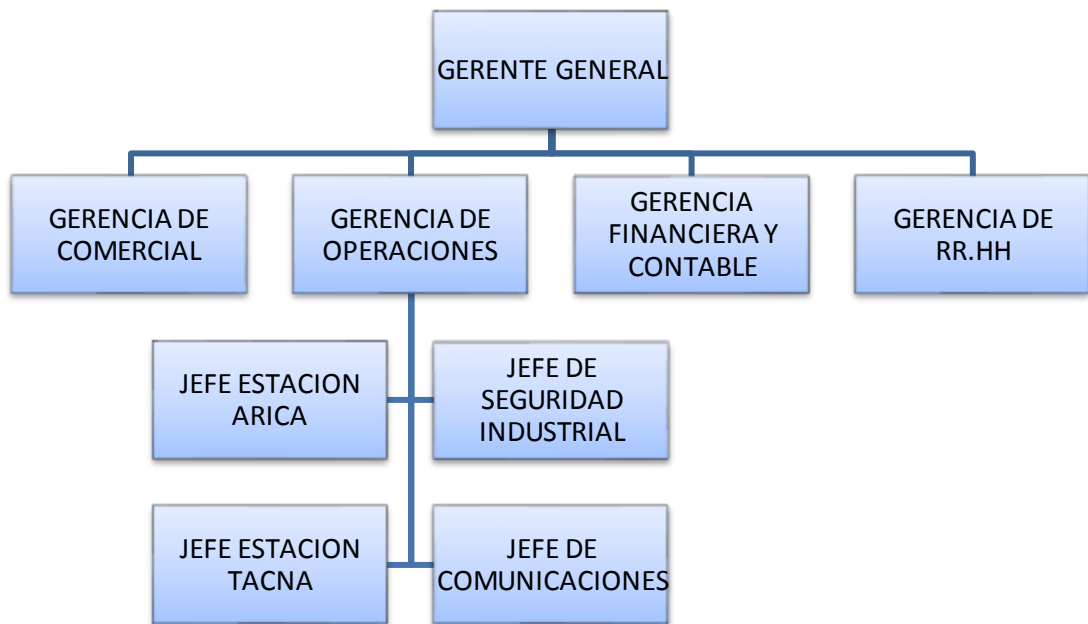


FIGURA 3.16: Organigrama General, fuente propia

La Gerencia de Operaciones tendrá a su cargo 4 Áreas importantes:

Jefes de Estación

Encargados de mantener en funcionamiento el servicio de transporte en su estación y fuera de ella, limitándolos hasta la zona fronteriza. Velan por la puntualidad y calidad del transporte.

Jefe de Seguridad Industrial

Encargado de la seguridad interna y laboral de la empresa. Esto permitirá evitar accidentes en los patios y vías.

Jefe de Comunicaciones

Encargado de mantener las líneas de comunicación radiales. Emitir las señales de emergencia, riesgo y constante apoyo comunicativo del servicio a los clientes.

Dentro de la Estación Arica:

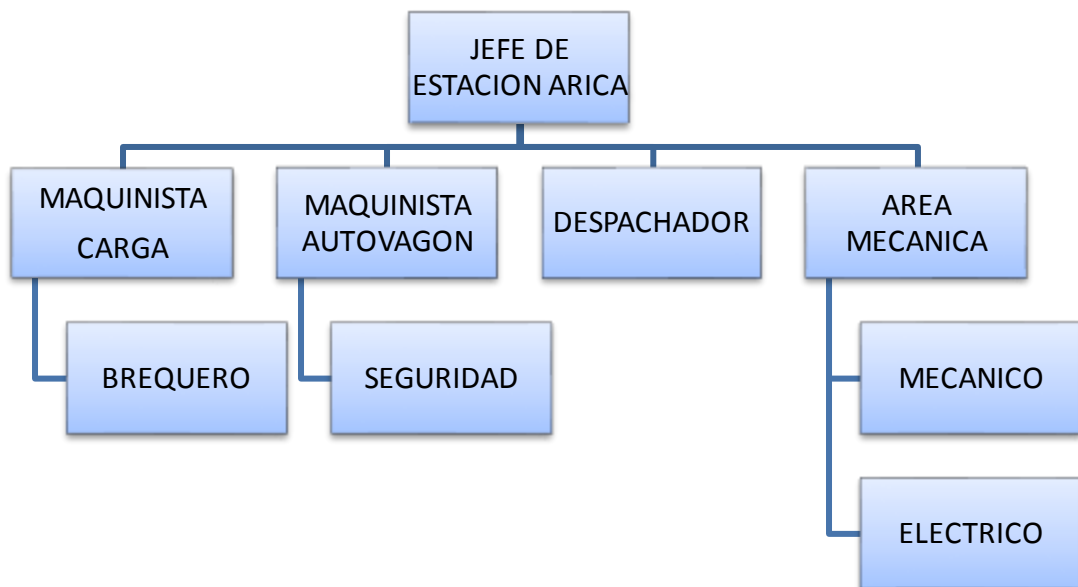


FIGURA 3.17: Organigrama Estación Arica, fuente propia

Sólo se considera 1 maquinista de carga y 1 brequero en la Estación Arica, ya que sólo se empleará una locomotora para carga. Al no haber un Taller de Locomotoras o Vagones en Arica, no elimina la necesidad de tener un personal mecánico y eléctrico para rescatar cualquier inconveniente.

Dentro de la Estación Tacna:

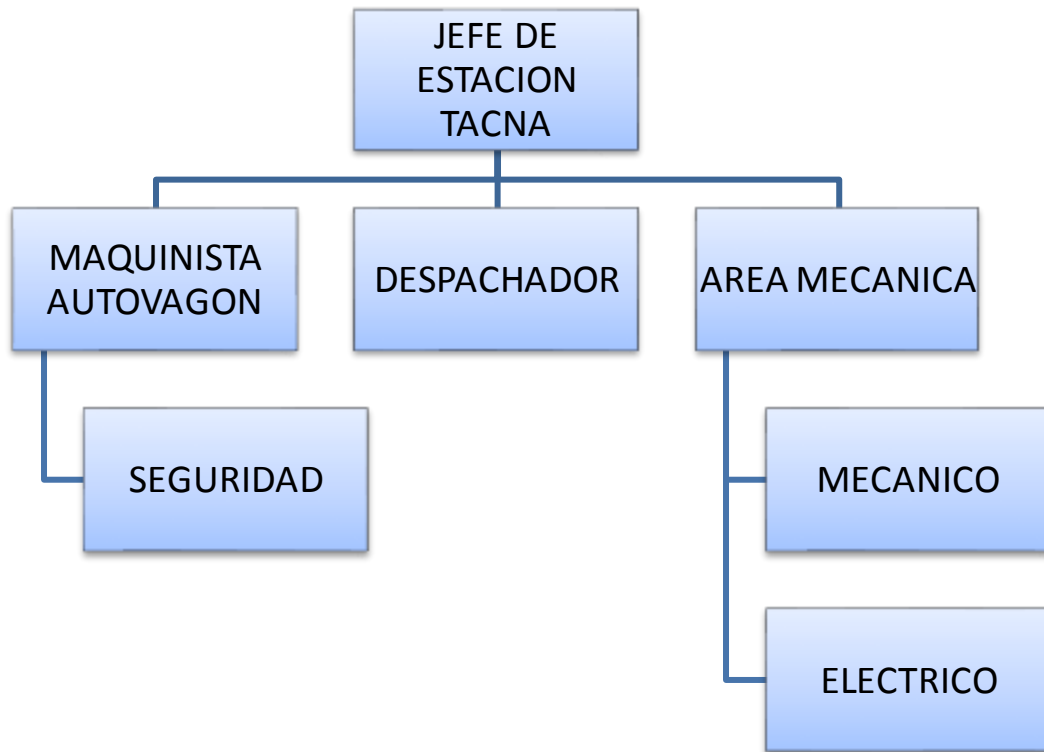


FIGURA 3.18: Organigrama Estación Tacna, fuente propia

El Maquinista del Autovagón se encargará exclusivamente de este tipo de máquina, trabajará con 2 miembros de seguridad dentro del tren para mantener bajo control los viajes.

El Área de Mecánica en Tacna cuenta con mayor personal como ayudantes e infraestructura adecuada y herramientas para su control y mantenimiento.

3.10 SEÑALIZACIÓN

Según el Capítulo N° 8 del NETD, se instalarán las siguientes señalizaciones para proteger y guardar en primer lugar la vida de los clientes y otros terceros; en segundo lugar proteger la infraestructura ferroviaria.

SEÑAL DE KILOMETRAJE

Se instalará a lo largo de la vía férrea en un lugar visible. A un solo lado de la misma, escrita por ambos lados “KM#” referidos desde la Estación Tacna.

SEÑAL DE CURVAS

Se instalará en puntos visibles en el origen de las mismas. A un solo lado de la misma, describiendo el número de curva, el radio y su peralte.

SEÑAL DE VELOCIDAD PERMANENTE

Se instalará en puntos visibles. Describiendo la velocidad máxima permitida dentro de las estaciones.

SEÑAL DE VELOCIDAD TEMPORAL

Se instalará en puntos visibles. Describiendo la velocidad máxima permitida por los 3 tramos señalados en el MASTER CHART.

SEÑAL DE PITO

Se instalará en puntos visibles a una distancia mínima de 200 metros. Con una letra adicional “P” para puente, “E” para estaciones, “X” para cruces a nivel.

SEÑAL PASO NIVEL X CON TRANQUERA

Ubicados en la Carretera Panamericana, adicional a las señales PITO, esta señal tendrá luces de advertencia con una tranquera que impida el paso de los vehículos porque la velocidad en ella es alta.

SEÑAL PASO NIVEL OJO PARE CRUCE TREN

Ubicados en los pasos a nivel, será una señal en forma de “X” que advierta a los vehículos menores del paso de un tren.

3.11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones se presentan en la sección de anexos del presente estudio. Esto se hizo para no distorsionar la información en la memoria descriptiva.

4. ESTUDIO ECONÓMICO

Con el objetivo de determinar el costo para la presente Rehabilitación de Obra, se consideró:

- Mano de Obra incluye los beneficios sociales, vigente al 31 de Marzo del 2015, según la Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú.
- De acuerdo al detalle de costos unitarios y el metrado, se elaboraron 3 SubPresupuestos de Obra.
- La maquinaria mínima necesaria para la elaboración de los trabajos.
- Respecto a las EDIFICACIONES, se tuvo en cuenta un 5% más en el costo de las cimentaciones y un 15% más en las instalaciones sanitarias y eléctricas generales sobre el costo directo.

4.1 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

OBRA	: REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL TACNA-ARICA		
CLIENTE	: FERROCARRIL TACNA-ARICA, FTA		
LUGAR	: TACNA-ARICA		
FECHA	: 31/03/2015		
ITEM	DESCRIPCIÓN		PRECIO (S/.)
1.00	INFRAESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA		2,588,918.77
2.00	SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA		11,292,588.98
3.00	EDIFICACIONES		5,029,051.36
	COSTO DIRECTO		18,910,559.11
	GASTOS GENERALES	10%	1,891,055.91
	UTILIDADES	10%	1,891,055.91
	SUB TOTAL		22,692,670.93
	IGV	18%	4,084,680.77
	TOTAL		26,777,351.70
SON:	VEINTISEIS MILLONES SETECIENTOS SETENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y UNO Y 70/100 NUEVOS SOLES		

4.2 SUB-PRESUPUESTOS
INFRAESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA

OBRA	: REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL TACNA-ARICA				
SubPres	INFRAESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA				
CLIENTE	: FERROCARRIL TACNA-ARICA, FTA			FECHA	: 31/03/2015
LUGAR	: TACNA-ARICA				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL(S/.)
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				77,038.52
1.01	CARTEL DE LA OBRA DE 4.80 M x 3.60 M	UND	2.00	1,408.69	2,817.38
1.02	MOVILIZACION Y DESMOVIL. DE EQUIPOS	VJE	2.00	15,000.00	30,000.00
1.03	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	ML	13,122.00	1.72	22,569.84
1.04	TRAZO Y REPLANTEO FINAL	ML	13,122.00	1.65	21,651.30
2.00	OBRAS PROVISIONALES				16,247.64
2.01	ALMACEN DE OBRA	UND	1.00	8,494.61	8,494.61
2.02	CASETA DE INGENIERIA Y GUARDIANIA	UND	1.00	7,753.03	7,753.03
3.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,935,953.00
3.01	EXCAVACION DE LA VIA	M3	17,720.66	12.37	219,204.61
3.02	SUB BASE HORMIGON e = 0.10 M	M2	59,068.88	7.81	461,327.95
3.03	SUB BASE AFIRMADO e = 0.20 M	M2	70,882.66	13.38	948,409.94
3.04	ELIMINACION MAT. EXC. C/EQUIPO HASTA 5KM	M3	22,150.83	13.86	307,010.50
4.00	OBRAS EN PUENTES				539,679.61
4.01	ELIMINACION DE ESCOMBROS Y MALEZA	M3	95.32	11.62	1,107.62
4.02	DEFENSAS RIBEREÑAS				19,044.13
4.02.01	ENROCADO CIMENTACIONES DE PUENTES	M3	163.80	116.26	19,044.13
4.03	ESCOLLERAS				133,325.51
4.03.01	EXCAVACION Y PERFILADO DE TALUDES	M3	540.00	14.37	7,759.80
4.03.02	ENROCADO	M3	1,080.00	116.26	125,565.71
4.04	VARIOS				380,955.35
4.04.01	ARENADO DE LA ESTRUCTURA METALICA	TON	411.35	128.20	52,735.07
4.04.02	PINTADO DE LA ESTRUCTURA METALICA	TON	411.35	797.91	328,220.28
4.05	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				5,247.00
4.05.01	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	10.00	232.35	2,323.50
4.05.02	SEÑALES INFORMATIVAS	UND	10.00	292.35	2,923.50
5.00	VARIOS				20,000.00
5.01	PROTECCION AMBIENTAL	GLB	1.00	20,000.00	20,000.00
	COSTO DIRECTO				2,588,918.77
	GASTOS GENERALES	10%			258,891.88
	UTILIDADES	10%			258,891.88
	SUB TOTAL				3,106,702.53
	IGV	18%			559,206.46
	TOTAL				3,665,908.99
SON: TRES MILLONES SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO MIL NOVECIENTOS OCHO Y 99/100 NUEVOS SOLES					

SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA

OBRA : REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL TACNA-ARICA					
SubPres SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA				LUGAR :	TACNA-ARICA
CLIENTE : FERROCARRIL TACNA-ARICA, FTA				FECHA :	31/03/2015
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1.00 TRABAJOS PRELIMINARES					40,000.00
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	2.00	20,000.00	40,000.00
2.00 OBRAS PROVISIONALES					19,664.97
2.01	BAÑOS PORTATIL	DIA	180.00	51.12	9,201.60
2.02	CAMPAMENTO PROVISIONAL	UND	1.00	10,463.37	10,463.37
3.00 SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE MATERIALES					8,881,272.21
3.01	SUMINISTRO SUB-BALASTO	M3	13,369.35	36.87	492,927.92
3.02	SUMINISTRO BALASTO	M3	21,613.87	36.87	796,903.29
3.03	SUMINISTRO DURMIENTES DE MADERA NACIONA.	UND	21,870.00	92.62	2,025,599.40
3.04	SUMINISTRO PLANCHAS DE ASIENTO	PZA	43,740.00	17.13	749,266.20
3.05	SUMINISTRO RIELES (115 LB/YD)	ML	26,244.00	138.17	3,626,133.48
3.06	SUMINISTRO ECLISAS	PZA	2,187.00	24.65	53,909.55
3.07	SUMINISTRO PERNOS RIELEROS	PZA	4,374.00	5.92	25,894.08
3.08	SUMINISTRO TIRAFONDOS	PZA	174,960.00	3.11	544,125.60
3.09	SUMINISTRO CLIP ELASTICO TIPO E	PZA	87,480.00	4.45	389,286.00
3.10	CARGUIO RIELES	ML	26,244.00	2.00	52,488.00
3.11	CARGUIO DURMIENTES DE MADERA	UND	21,870.00	2.18	47,676.60
3.12	CARGUIO ACCESORIOS	TON	604.92	10.07	6,091.59
3.13	TRANSPORTE DE MAT. A LA ZONA DE TRABAJO	T/K	110,764.00	0.20	22,152.80
3.14	DESCARGA RIELES EN OBRA	ML	26,244.00	0.75	19,683.00
3.15	DESCARGA DURMIENTES DE MADERA EN OBRA	UND	21,870.00	0.93	20,339.10
3.16	DESCARGA ACCESORIOS EN OBRA	TON	604.92	14.54	8,795.60
4.00 REHABILITACIÓN DE LA VÍA FÉRREA					2,291,529.56
4.01 DESMONTAJE DE LA VIA					696,894.78
04.01.01	PROTECCION DE TRENES DURANTE EL TRABAJO	GLB	1.00	10,000.00	10,000.00
04.01.02	DESARME DE VIA, RETIRO DE RIELES Y ACC.	ML	13,122.00	7.01	91,985.22
04.01.03	RETIRO DE DURMIENTES	UND	21,870.00	1.35	29,524.50
04.01.04	DESCAJONADO DE VIA	ML	13,122.00	14.46	189,744.12
04.01.05	TRASLADO-APILADO DURMIENTES USADOS (D=1km)	UND	21,870.00	1.94	42,427.80
04.01.06	TRASLADO-APILADO RIELES USADOS (D=1km)	ML	26,244.00	1.96	51,438.24
04.01.07	TRASLADO-APILADO ACCES. USADOS (D=1km)	TON	604.92	68.14	41,219.53
04.01.08	CARGUIO-TRASLADO MAT. DE VIA USADOS A TACNA	T/K	110,764.00	0.20	22,152.80
04.01.09	ELIMINACIÓN DEL MATERIAL DEL DESCAJONADO	M3	14,959.08	14.60	218,402.57
4.02 MONTAJE DE LA VIA					1,188,201.15
04.02.01	DISTRIBUCIÓN DE DURMIENTES DE MADERA	UND	21,870.00	1.98	43,302.60
04.02.02	DISTRIBUCIÓN-ALINEADO DE RIELES EN TANGENTE	ML	18,370.80	2.07	38,027.56
04.02.03	DISTRIBUCIÓN-ALINEADO DE RIELES EN CURVA	ML	7,873.20	3.97	31,256.60
04.02.04	SOLDADURA DE RIELES	PTO	2,187.00	117.89	257,825.43
04.02.05	ENSAMBLADO DE VIA (Eclisas, Pernos y Tirafondos)	ML	26,244.00	3.37	88,442.28
04.02.06	CARGUIO Y DISTRIB. DE SUB-BALASTO Y BALASTO	M3	34,983.22	16.97	593,665.20
04.02.07	NIVELACIÓN Y ALINEAMIENTO	ML	26,244.00	5.17	135,681.48
04.03 CAMBIOS Y PASOS A NIVEL					406,433.63
04.03.01	SUMINISTRO CAMBIOS DE VIA #06	UND	39.00	2,250.15	87,755.85
04.03.02	SUMINISTRO CAMBIOS DE VIA #18	UND	4.00	2,750.16	11,000.64
04.03.03	VIGAS DE MADERA EN CAMBIOS DE VIA #06	JGO	39.00	6,303.08	245,820.12
04.03.04	VIGAS DE MADERA EN CAMBIOS DE VIA #18	JGO	4.00	6,306.80	25,227.20
04.03.05	RENOVACIÓN PASOS A NIVEL	ML	81.00	452.22	36,629.82
05.00 SEÑALIZACIÓN					50,122.24
05.01	FAB. DE SEÑAL DE KILOMETRAJE	UND	64.00	283.02	18,113.28
05.02	FAB. DE SEÑAL DE CURVAS	UND	38.00	283.02	10,754.76
05.03	FAB. SEÑAL DE VELOCIDAD PERMANENTE	UND	2.00	298.07	596.14
05.04	FAB. SEÑAL DE VELOCIDAD TEMPORAL	UND	6.00	298.07	1,788.42
05.05	FAB. SEÑAL DE PITO ESTACIÓN	UND	4.00	283.02	1,132.08
05.06	FAB. SEÑAL DE LIMITE DE PATIO	UND	4.00	298.07	1,192.28
05.07	FAB. PROHIBIDO PEATONES	UND	10.00	283.02	2,830.20
05.08	FAB. SEÑAL DE PASO NIVEL X CON TRANQUERA	UND	2.00	598.07	1,196.14
05.09	FAB. SEÑAL PASO NIVEL OJO PARE CRUCE TREN	UND	42.00	298.07	12,518.94

SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA

OBRA	: REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL TACNA-ARICA				
SubPres	SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA			LUGAR:	: TACNA-ARICA
CLIENTE:	FERROCARRIL TACNA-ARICA, FTA			FECHA	: 31/03/2015
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
6.00	VARIOS				10,000.00
6.01	COSTO AMBIENTAL	GLB	1.00	10,000.00	10,000.00
	COSTO DIRECTO				11,292,588.98
	GASTOS GENERALES		10%		1,129,258.89
	UTILIDADES		10%		1,129,258.89
	SUB TOTAL				13,551,106.76
	IGV		18%		2,439,199.22
	TOTAL				15,990,305.98
SON: QUINCE MILLONES NOVECIENTOS NOVENTA MIL TRESCIENTOS CINCO Y 98/100 NUEVOS SOLES					

EDIFICACIONES

OBRA	: REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL TACNA-ARICA				
SubPres	EDIFICACIONES			LUGAR	: TACNA-ARICA
CLIENTE	: FERROCARRIL TACNA-ARICA, FTA			FECHA	: 31/03/2015
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL(S/)
1	ESTACIÓN TACNA				2,785,031.38
1.01	OBRAS PROVISIONALES				4,000.00
1.01.01	ACOND. DE AMB. P/OFIG, ALMAC. Y GUARD	GLB	1.00	4,000.00	4,000.00
1.02	TRABAJOS PRELIMINARES				69,842.78
1.02.01	DESMONTAJE DE COBERT. DE CALAMINA	M2	3,956.00	3.77	14,914.12
1.02.02	DESMONTAJE DE VIGUETAS DE MADERA	ML	848.65	2.27	1,926.44
1.02.03	PICADO DE VEREDA P/RECIBIR ACABADO	M2	204.50	10.64	2,175.88
1.02.04	LIMPIEZA DEL TERRENO	M2	7,740.39	3.10	23,995.21
1.02.05	MOVILIZACIÓN Y DESMOV. DE EQUIPOS	GLB	1.00	6,000.00	6,000.00
1.02.06	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	M2	11,769.00	1.77	20,831.13
1.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				95,298.86
1.03.01	CORTE SUPERFICIAL MANUAL e = 0.20 M	M3	791.20	19.53	15,452.14
1.03.02	AFIRMADO e = 0.20M (INC/SUM Y EXT)	M2	4,945.00	12.69	62,752.05
1.03.03	ELIMINACIÓN MAT. EXC. C/EQU HASTA 5KM	M3	1,028.56	16.62	17,094.67
1.04	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				356,434.82
1.04.01	ENC. Y DESENCOFRADO VEREDAS	M2	352.80	35.35	12,471.48
1.04.02	CONCRETO F'c = 175 kg/cm2 (VEREDAS)	M3	392.80	214.32	84,184.90
1.04.03	CONCRETO EN FALSOPISO MEZCLA 1:8 CI	M2	2877.48	90.28	259,778.44
1.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				882,879.69
1.05.01	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (PLACAS)	M3	14.23	284.70	4,050.57
1.05.02	ENC. Y DESENCOFRADO PLACAS	M2	189.70	39.23	7,441.93
1.05.03	A° DE REF. F'Y= 4200 KG/CM2 PLACAS	KG	1,209.34	3.98	4,813.16
1.05.04	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (COLUMNAS)	M3	57.28	284.70	16,307.62
1.05.05	ENC. Y DESENCOFRADO COLUMNAS	M2	572.80	39.23	22,470.94
1.05.06	A° DE REF. F'Y= 4200 KG/CM2 COLUMNA	KG	4,868.80	3.98	19,377.82
1.05.07	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (VIGAS)	M3	143.73	284.70	40,920.93
1.05.08	ENC. Y DESENCOFRADO EN VIGAS	M2	957.34	39.23	37,556.25
1.05.09	A° DE REF. F'Y= 4200 KG/CM2 VIGAS	KG	13,654.68	3.98	54,345.64
1.05.10	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (LOSA)	M2	2,956.00	44.36	131,128.16
1.05.11	ENC. Y DESENCOFRADO LOSA	M2	2,798.74	39.23	109,794.57
1.05.12	A° DE REF. F'Y= 4200 KG/CM2 LOSA	KG	66,510.00	3.98	264,709.80
1.05.13	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (PISO)	M3	591.20	284.70	168,314.64
1.05.14	ENC. Y DESENCOFRADO PISO	M2	42.00	39.23	1,647.66
1.06	ESTRUCTURAS METALICAS Y TECHADOS				370,880.10
1.06.01	TIJERALES L=30m, ø=3"	UND	22.00	4,115.05	90,531.10
1.06.02	VIGUETAS DE FIERRO ø 1/2"	ML	1,300.00	72.53	94,289.00
1.06.03	COBERTURA C/PLANCHA TIPO CALAMINON	M2	2,300.00	61.00	140,300.00
1.06.04	COBERTURA C/PLANCHA TRANSLUCIDA	M2	286.00	160.00	45,760.00
1.07	ARQUITECTURA Y ACABADOS				305,034.63
1.07.01	MURO DE DRYWALL PLANCHA YESO RF	M2	2,371.77	83.02	196,904.35
1.07.02	PINTURA DE PARED (2 manos)	M2	2,371.77	7.29	17,290.20
1.07.03	ENCHAPE C/PORC. (INC. SUMIN. E INSTAL.)	M2	1,903.19	38.14	72,587.48
1.07.04	PUERTAS DE MADERA CAOBA	UND	40.00	372.28	14,891.20
1.07.05	MAMPARAS DE VIDRIO e=8mm	UND	5.00	672.28	3,361.40
1.08	PATIO DE MANIOBRAS				700,660.50
1.08.01	TORNAMESA (inc. Suministro e Instalación)	GLB	1.00	700,000.00	700,000.00
1.08.02	SEÑALIZACIONES	UND	50.00	13.21	660.50
2	ESTACIÓN ARICA				1,405,844.75
2.01	OBRAS PROVISIONALES				4,000.00
2.01.01	ACOND. DE AMB. P/OFIG, ALMAC. Y GUARD	GLB	1.00	4,000.00	4,000.00
2.02	TRABAJOS PRELIMINARES				58,582.75
2.02.01	DESMONTAJE DE COBERT. DE CALAMINA	M2	1,250.00	3.77	4,712.50

EDIFICACIONES

OBRA	: REHABILITACIÓN DEL FERROCARRIL TACNA-ARICA				
SubPres	EDIFICACIONES			LUGAR	: TACNA-ARICA
CLIENTE	: FERROCARRIL TACNA-ARICA, FTA			FECHA	: 31/03/2015
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL(S/)
2.02.02	DESMONTAJE DE VIGUETAS DE MADERA	ML	351.00	2.27	796.77
2.02.03	PICADO DE VEREDA P/RECIBIR ACABADO	M2	160.00	10.64	1,702.40
2.02.04	LIMPIEZA DEL TERRENO	M2	8,060.85	3.10	24,988.64
2.02.05	MOVILIZACIÓN Y DESMOV. DE EQUIPOS	GLB	1.00	6,000.00	6,000.00
2.02.06	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	M2	11,515.50	1.77	20,382.44
2.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				24,484.78
2.03.02	CORTE SUPERFICIAL MANUAL e=0.20 MTS	M3	203.28	19.53	3,970.06
2.03.03	BASE GRANULAR E=0.15M (INC/SUM Y EXT)	M2	1,270.50	12.69	16,122.65
2.03.04	ELIMINACIÓN MAT. EXC. C/EQU HASTA 5KM	M3	264.26	16.62	4,392.07
2.04	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				146,356.19
2.04.01	ENC. Y DESENCOFRADO VEREDAS	M2	80.00	35.35	2,828.00
2.04.02	CONCRETO F'c = 175 kg/cm2 (VEREDAS)	M3	160.00	214.32	34,291.20
2.04.03	CONCRETO EN FALSOPISO MEZCLA 1:8 C	M2	1209.98	90.28	109,236.99
2.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				402,386.78
2.05.01	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (PLACAS)	M3	7.20	284.70	2,049.84
2.05.02	ENC. Y DESENCOFRADO PLACAS	M2	96.00	39.23	3,766.08
2.05.03	A° DE REF. F'Y= 4200 KG/CM2 PLACAS	KG	612.00	3.98	2,435.76
2.05.04	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (COLUMNAS)	M3	22.40	284.70	6,377.28
2.05.05	ENC. Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	M2	160.00	39.23	6,276.80
2.05.06	A° DE REF. F'Y= 4200 KG/CM2 COLUMNA	KG	1904.00	3.98	7,577.92
2.05.07	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (VIGAS)	M3	36.30	284.70	10,334.61
2.05.08	ENC. Y DESENCOFRADO EN VIGAS	M2	423.50	39.23	16,613.91
2.05.09	A° DE REF. F'Y= 4200 KG/CM2 VIGAS	KG	3448.50	3.98	13,725.03
2.05.10	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (LOSA)	M3	1460.00	44.36	64,765.60
2.05.11	ENC. Y DESENCOFRADO EN LOSA	M2	1368.50	39.23	53,686.26
2.05.12	A° DE REF. F'Y= 4200 KG/CM2 LOSA	KG	32850.00	3.98	130,743.00
2.05.13	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (PISO)	M3	292.00	284.70	83,132.40
2.05.14	ENC. Y DESENCOFRADO PISO	M2	23.00	39.23	902.29
2.06	ARQUITECTURA Y ACABADOS				69,373.75
2.06.01	MURO DE DRYWALL PLANCHA YESO RF	M2	984.96	83.02	81,771.38
2.06.02	PINTURA DE PARED (2 manos)	M2	984.96	7.29	7,180.36
2.06.03	ENCHAPE C/PORC. (INC. SUMIN. E INSTAL.)	M2	1,407.77	38.14	53,692.35
2.06.04	PUERTAS DE MADERA CAOBA	UND	12.00	372.28	4,467.36
2.06.05	MAMPARA DE VIDRIO e = 6 mm	UND	6.00	672.28	4,033.68
2.07	PATIO DE MANIOBRAS				700,660.50
2.07.01	TORNAMESA	GLB	1.00	700,000.00	700,000.00
2.07.02	SEÑALIZACIONES	UND	50.00	13.21	660.50
	COSTO DIRECTO				4,190,876.13
	CIMENTOS	5%			209,543.81
	INSTAL. SANITARIAS Y ELECTRICAS	15%			628,631.42
	COSTO DIRECTO FINAL				5,029,051.36
	GASTOS GENERALES	10%			502,905.14
	UTILIDADES	10%			502,905.14
	SUB TOTAL				6,034,861.64
	IGV	18%			1,086,275.10
	TOTAL				7,121,136.74
SON: SIETE MILLONES CIENTO VEINTIUN MIL CIENTO TREINTA Y SEIS Y 74/100 NUEVOS SOLES					

4.3 FÓRMULA POLINÓMICA

La elaboración de las Fórmulas Polinómicas permitirá al Contratista realizar los ajustes necesarios a los montos de las valorizaciones de los trabajos efectuados. Estos involucran los adelantos, reajustes, deducciones o adicionales que existan en el trayecto de la Obra. Se elaboró una fórmula para cada Sub Presupuesto (SP). Tener en cuenta que en el cálculo de fórmulas polinómicas no se considera el IGV.

Fórmula Polinómica de Reajustes de Precios N° 01: SP Infraestructura

MONOMIO	DESCRIPCION	IU	PORCENTAJE PARTICIPACION	COEF. INCIDENCIA
J	MANO DE OBRA	47	100.00%	0.243
AG	AGREGADO GRUESO	5	100.00%	0.151
H	HORMIGON	38	100.00%	0.066
M	CEMENTO TIPO V	23	21.03%	0.074
	PINTURA	54	61.03%	
	HERRAMIENTAS MANUALES	37	17.94%	
E	MAQUINARIA NACIONAL	48	18.50%	0.299
	MAQUINARIA IMPORTADA	49	78.27%	
	FLETE TERRESTRE	32	3.23%	
GU	INDICE GENERAL PRE. CON.	39	100.00%	0.167
TOTAL				1.000

TABLA 4.01: Fórmula Polinómica N° 01

Entonces la fórmula N° 01 es:

$$K = 0.243 * \frac{Jr}{Jo} + 0.151 * \frac{AGr}{AGo} + 0.066 * \frac{Hr}{Ho} + 0.074 * \frac{Mr}{Mo} + 0.299 * \frac{Er}{Eo} + 0.167 * \frac{GUr}{GUo}$$

Donde:

- J : Mano de Obra
- AG : Agregado Grueso
- H : Hormigón
- M : Materiales
- E : Equipos
- GU : Índice General de Precios al Consumidor

Fórmula Polinómica de Reajustes de Precios N° 02: SP Superestructura

MONOMIO	DESCRIPCION	IU	PORCENTAJE PARTICIPACION	COEF. INCIDENCIA
J	MANO DE OBRA	47	61.98%	0.054
	HERRAM. MANUALES	37	38.02%	
MN	MADERA NACIONAL	43	100.00%	0.149
AG	AGREGADO GRUESO	5	100.00%	0.095
MD	PERFILES DE ACERO	51	50.00%	0.417
	DÓLAR E INFLACION	30	50.00%	
E	MAQUINARIA IMPORTADA	49	100.00%	0.118
GU	UTILIDADES	39	100.00%	0.167
TOTAL				1.000

TABLA 4.02: Fórmula Polinómica N° 02

Entonces la fórmula N° 02 es:

$$K = 0.054 * \frac{Jr}{Jo} + 0.149 * \frac{MNr}{MNo} + 0.095 * \frac{AGr}{AGo} + 0.417 * \frac{MDr}{MDo} + 0.118 * \frac{Er}{Eo} + 0.167 * \frac{GUr}{GUo}$$

Donde:

- J : Mano de Obra
- MN : Madera Nacional
- AG : Agregado Grueso
- MD : Materiales – Dólar más Inflación del Mercado USA
- E : Equipos
- GU : Índice General de Precios al Consumidor

Fórmula Polinómica de Reajustes de Precios N° 03: SP Edificaciones

MONOMIO	DESCRIPCION	IU	PORCENTAJE PARTICIPACION	COEF. INCIDENCIA
J	MANO DE OBRA	47	100.00%	0.147
C	CEMENTO TIPO I	37	100.00%	0.104
M	ACERO CORRUGADO	3	38.50%	0.285
	AGREGADO GRUESO	5	12.24%	
	PLANCHA DE FIB-CEM	59	49.26%	
E	MAQUINARIA IMPORTADA	49	93.32%	0.297
	MAQUINARIA NACIONAL	48	6.68%	
GU	UTILIDADES	39	100.00%	0.167
TOTAL				1.000

TABLA 4.03: Fórmula Polinómica N° 03

Entonces la fórmula N° 03 es:

$$K = 0.147 * \frac{Jr}{Jo} + 0.104 * \frac{Cr}{Co} + 0.285 * \frac{Mr}{Mo} + 0.297 * \frac{Er}{Eo} + 0.167 * \frac{GUr}{GUo}$$

Donde:

J	:	Mano de Obra
C	:	Madera Nacional
M	:	Agregado Grueso
E	:	Equipos
GU	:	Índice General de Precios al Consumidor

El detalle de las operaciones se encuentra en los ANEXOS.

4.4 RECURSOS PARA LA OPERACIÓN

Se muestran los costos operativos anuales para un adecuado funcionamiento del ferrocarril. Teniendo en cuenta los costos más incidentes como el consumo de combustible y el personal operativo.

Para el combustible DIESEL, se consideró:

- Un consumo de 90 gln/hr para el Transporte de Carga y de 1.20 gln/km para el de Pasajeros, datos otorgados por el Ferrocarril Central Andino S.A. (FCCA).
- La máxima demanda para el T. de Carga por ser estrecha la diferencia con la demanda inicial. Ya que se producirá el mismo gasto en Consumo Diesel.
- Las demandas para el T. de Pasajeros en el tiempo según el número de viajes requerido. Ya que la cantidad de viajes diarios aumentará.
- Un factor de 1.10 para el consumo del combustible debido a efectos internos como la repotenciación de la locomotora.
- Tiempo de Carga y Descarga de 2 horas cada uno para el T. de Carga.
- Tiempo de Embarque y Desembarque de 9.5 minutos cada uno para el T. de Pasajeros.
- Una capacidad operativa de solo el 90% en los autovagones.

Consumo Diesel en Transporte de Carga

LOCOMOTORAS				
TRAMO	LONGITUD (km)	CARGA (ton/loc/vje)	VELOCIDAD (km/h)	FRECUENCIA 1 (vje/dia)
L1	12	110	40.0	0.5
L2	50	110	60.0	CARGA (ton/loc/dia)
L3	2	110	40.0	110
	64		55.6	PESO ANUAL (ton/año)
				19,800
T. VIAJE (hr)	T. CARGA (hr)	T. DESCARGA (hr)	T. TOTAL (hr)	# LOCOMOTORAS
1.15	2.00	2.00	5.15	1
CONSUMO (gln/hr)	CONSUMO (gln/loc/vje)	FACTOR	CONSUMO (gln/loc/dia)	CONS. TOTAL (gln)
90.00	90.00	1.10	509.91	560.90
PRECIO (\$./gln)	COSTO (\$./loc/vje)	FRECUENCIA 2 (vje/dia)	COSTO (\$./loc/dia)	COSTO (\$./año)
12.50	1,125.00	1	1,125.00	202,500

TABLA 4.04: Costos Operativos Diesel Locomotoras, fuente propia

Consumo Diesel para el Transporte de Pasajeros.

AUTOVAGONES				
TRAMO	LONGITUD (km)	PASAJEROS (#/atvg/vje)	VELOCIDAD (km/h)	FRECUENCIA (vje/dia)
L1	12	770	40.0	4
L2	50	770	60.0	PASAJEROS (#/atvg/dia)
L3	2	770	40.0	3,080
	64		55.6	PASAJEROS (#/año)
				2,217,600
T. VIAJE (hr)	T. EMBARQUE	T. DESEMBARQUE	T. TOTAL (hr)	# AUTOVAGON
1.18	0.16	0.16	1.50	2
CONSUMO (gln/km)	CONSUMO (gln/atvg/vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	CONSUMO (gln/atvg/dia)	CONS. TOTAL (gln)
1.20	76.80	4	307.20	221,184.00
PRECIO (\$./gln)	COSTO (\$./atvg/vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	COSTO (\$./atvg/dia)	COSTO (\$./año)
12.50	960.00	4	3,840.00	2,764,800

TABLA 4.05: Costos Operativos Diesel Autovagones t=01, fuente propia

AUTOVAGONES				
TRAMO	LONGITUD (km)	PASAJEROS (#/atvg/vje)	VELOCIDAD (km/h)	FRECUENCIA (vje/dia)
L1	12	770	40.0	5
L2	50	770	60.0	PASAJEROS (#/atvg/dia)
L3	2	770	40.0	3,850
	64		55.6	PASAJEROS (#/año)
				2,772,000
T. VIAJE (hr)	T. EMBARQUE	T. DESEMBARQUE	T. TOTAL (hr)	# AUTOVAGON
1.18	0.16	0.16	1.50	2
CONSUMO (gln/km)	CONSUMO (gln/atvg/vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	CONSUMO (gln/atvg/dia)	CONS. TOTAL (gln)
1.20	76.80	5	384.00	276,480.00
PRECIO (S/. /gln)	COSTO (S/. / atvg / vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	COSTO (S/./atvg/dia)	COSTO (S/. / año)
12.50	960.00	5	4,800.00	3,456,000

TABLA 4.06: Costos Operativos Diesel Autovagones t=02-04, fuente propia

AUTOVAGONES				
TRAMO	LONGITUD (km)	PASAJEROS (#/atvg/vje)	VELOCIDAD (km/h)	FRECUENCIA (vje/dia)
L1	12	770	40.0	6
L2	50	770	60.0	PASAJEROS (#/atvg/dia)
L3	2	770	40.0	4,620
	64		55.6	PASAJEROS (#/año)
				3,326,400
T. VIAJE (hr)	T. EMBARQUE	T. DESEMBARQUE	T. TOTAL (hr)	# AUTOVAGON
1.18	0.16	0.16	1.50	2
CONSUMO (gln/km)	CONSUMO (gln/atvg/vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	CONSUMO (gln/atvg/dia)	CONS. TOTAL (gln)
1.20	76.80	6	460.80	331,776.00
PRECIO (S/. /gln)	COSTO (S/. / atvg / vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	COSTO (S/./atvg/dia)	COSTO (S/. / año)
12.50	960.00	6	5,760.00	4,147,200

TABLA 4.07: Costos Operativos Diesel Autovagones t=05-08, fuente propia

AUTOVAGONES				
TRAMO	LONGITUD (km)	PASAJEROS (#/atvg/vje)	VELOCIDAD (km/h)	FRECUENCIA (vje/dia)
L1	12	770	40.0	7
L2	50	770	60.0	PASAJEROS (#/atvg/dia)
L3	2	770	40.0	5,390
	64		55.6	PASAJEROS (#/año)
				3,880,800
T. VIAJE (hr)	T. EMBARQUE	T. DESEMBARQUE	T. TOTAL (hr)	# AUTOVAGON
1.18	0.16	0.16	1.50	2
CONSUMO (gln/km)	CONSUMO (gln/atvg/vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	CONSUMO (gln/atvg/dia)	CONS. TOTAL (gln)
1.20	76.80	7	537.60	387,072.00
PRECIO (S/. /gln)	COSTO (S/. / atvg / vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	COSTO (S/. /atvg/dia)	COSTO (S/. / año)
12.50	960.00	7	6,720.00	4,838,400

TABLA 4.08: Costos Operativos Diesel Autovagones t=09-12, fuente propia

AUTOVAGONES				
TRAMO	LONGITUD (km)	PASAJEROS (#/atvg/vje)	VELOCIDAD (km/h)	FRECUENCIA (vje/dia)
L1	12	755	40.0	8
L2	50	755	60.0	PASAJEROS (#/atvg/dia)
L3	2	755	40.0	6,040
	64		55.6	PASAJEROS (#/año)
				4,348,800
T. VIAJE (hr)	T. EMBARQUE	T. DESEMBARQUE	T. TOTAL (hr)	# AUTOVAGON
1.18	0.16	0.16	1.50	2
CONSUMO (gln/km)	CONSUMO (gln/atvg/vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	CONSUMO (gln/atvg/dia)	CONS. TOTAL (gln)
1.20	76.80	8	614.40	442,368.00
PRECIO (S/. /gln)	COSTO (S/. / atvg / vje)	FRECUENCIA (vje/dia)	COSTO (S/. /atvg/dia)	COSTO (S/. / año)
12.50	960.00	8	7,680.00	5,529,600

TABLA 4.09: Costos Operativos Diesel Autovagones t=13-16, fuente propia

Para el salario anual del Área Operativa, se consideró:

- El organigrama del personal del Área Comercial, con 2 meses de gratificaciones.
- Una incidencia del 95% de para el T. de Pasajeros y del 5% para el de Carga.
- Se considera el incremento de personal tras aumentar el número de viajes.

	PERSONAL	CANT	SEMANA (S/.)	MES (S/.)	AÑO (S/.)	TOTAL (S/.)
GENERAL	GERENCIA DE OPERACIONES	1	2,500	10,000	140,000	140,000
	JEFE SEGURIDAD INDUSTRIAL	1	1,500	6,000	84,000	84,000
	JEFE DE COMUNICACIONES	1	1,500	6,000	84,000	84,000
E S T A C I O N	JEFE ESTACION	1	1,500	6,000	84,000	84,000
	MAQUINISTA AUTOVAGON	2	1,000	4,000	56,000	112,000
	SEGURIDAD	4	500	2,000	28,000	112,000
	DESPACHADOR	1	800	3,200	44,800	44,800
	ELECTRICO	3	700	2,800	39,200	117,600
	MECANICO (TRUQUES)	2	700	2,800	39,200	78,400
	MECANICO (FRENOS)	2	700	2,800	39,200	78,400
E S T A R I C I O N	PROGRAMADOR	1	700	2,800	39,200	39,200
	JEFE ESTACION	1	1,500	6,000	84,000	84,000
	MAQUINISTA AUTOVAGON	2	1,000	4,000	56,000	112,000
	SEGURIDAD	4	500	2,000	28,000	112,000
	DESPACHADOR	1	800	3,200	44,800	44,800
	MAQUINISTA CARGA	1	1,000	4,000	56,000	56,000
	BREQUERO	1	600	2,400	33,600	33,600
	ELECTRICO	1	700	2,800	39,200	39,200
	MECANICO (TRUQUES)	1	700	2,800	39,200	39,200
MECANICO (FRENOS)	1	700	2,800	39,200	39,200	
PROGRAMADOR	1	700	2,800	39,200	39,200	
TOTAL (S/.)						1,573,600

TABLA 4.10: Costos Operativos del Personal t= 01-08, fuente propia

	PERSONAL	CANT	SEMANA (S/.)	MES (S/.)	AÑO (S/.)	TOTAL (S/.)
GENERAL	GERENCIA DE OPERACIONES	1	2,500	10,000	140,000	140,000
	JEFE SEGURIDAD INDUSTRIAL	1	1,500	6,000	84,000	84,000
	JEFE DE COMUNICACIONES	1	1,500	6,000	84,000	84,000
E N S T A C I O N	JEFE ESTACION	1	1,500	6,000	84,000	84,000
	MAQUINISTA AUTOVAGON	4	1,000	4,000	56,000	224,000
	SEGURIDAD	8	500	2,000	28,000	224,000
	DESPACHADOR	1	800	3,200	44,800	44,800
	ELECTRICO	3	700	2,800	39,200	117,600
	MECANICO (TRUQUES)	2	700	2,800	39,200	78,400
	MECANICO (FRENOS)	2	700	2,800	39,200	78,400
E S T A R I C I O N	PROGRAMADOR	1	700	2,800	39,200	39,200
	JEFE ESTACION	1	1,500	6,000	84,000	84,000
	MAQUINISTA AUTOVAGON	4	1,000	4,000	56,000	224,000
	SEGURIDAD	8	500	2,000	28,000	224,000
	DESPACHADOR	1	800	3,200	44,800	44,800
	MAQUINISTA CARGA	1	1,000	4,000	56,000	56,000
	BREQUERO	1	600	2,400	33,600	33,600
	ELECTRICO	1	700	2,800	39,200	39,200
	MECANICO (TRUQUES)	1	700	2,800	39,200	39,200
MECANICO (FRENOS)	1	700	2,800	39,200	39,200	
PROGRAMADOR	1	700	2,800	39,200	39,200	
TOTAL (S/.)						2,021,600

TABLA 4.11: Costos Operativos del Personal t=09-16, fuente propia

En Resumen:

Se obtiene el Costo General de Pasajeros:

$$CGP = 95\% * (\text{Costo Personal}) * 1.1 + (\text{Costo Combustible}) * 1.1$$

Y luego se obtienen los costos por pasajero y por pasajero-kilómetro recorrido.

Se estudiarán los siguientes escenarios

Para un escenario optimista con un alcance del 90% de la capacidad de los autovagones, se obtiene los siguientes costos según los años.

- Para t = 1

$$CGP = 95\% * (1'573,600) * 1.1 + 2'764,800 * 1.1 = S/. 4'685,692$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 4'685,692}{819 * 8 * 360 * 90\%} = S/. 2.207$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 2.207 / 64 km = S/. 0.034$$

- Para t = 2..4

$$CGP = 95\% * (1'573,600) * 1.1 + 3'456,000 * 1.1 = S/. 5'446,012$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 5'446,012}{819 * 10 * 360 * 90\%} = S/. 2.052$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 2.052 / 64 km = S/. 0.032$$

- Para t = 5..8

$$CGP = 95\% * (1'573,600) * 1.1 + 3'456,000 * 1.1 = S/. 6'206,332$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 6'206,332}{819 * 12 * 360 * 90\%} = S/. 1.949$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 1.949 / 64 km = S/. 0.030$$

- Para t = 9..12

$$CGP = 95\% * (2'021,600) * 1.1 + 3'456,000 * 1.1 = S/. 7'434,812$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 7'434,812}{819 * 14 * 360 * 90\%} = S/. 2.001$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 2.001 / 64 km = S/. 0.031$$

- Para t = 13..16

$$COGP = 95\% * (2'021,600) * 1.1 + 3'456,000 * 1.1 = S/. 8'195,132$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 8'195,132}{819 * 16 * 360 * 90\%} = S/. 1.930$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 1.930 / 64 km = S/. 0.030$$

Para un escenario pesimista con un alcance del 35% de la capacidad de los autovagones, se obtiene los siguientes costos según los años.

- Para t=1

$$COGP = 95\% * (1'573,600) * 1.1 + 2'764,800 * 1.1 = S/. 4'685,692$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 4'685,692}{819 * 8 * 360 * 35\%} = S/. 5.676$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 5.676 / 64 km = S/. 0.089$$

- Para t=2..4

$$COGP = 95\% * (1'573,600) * 1.1 + 3'456,000 * 1.1 = S/. 5'446,012$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 5'446,012}{819 * 10 * 360 * 35\%} = S/. 5.277$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 5.277 / 64 km = S/. 0.082$$

- Para t=5..8

$$COGP = 95\% * (1'573,600) * 1.1 + 3'456,000 * 1.1 = S/. 6'206,332$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 6'206,332}{819 * 12 * 360 * 35\%} = S/. 5.012$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 5.012 / 64 km = S/. 0.078$$

- Para t=9..12

$$COGP = 95\% * (2'021,600) * 1.1 + 3'456,000 * 1.1 = S/. 7'434,812$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 7'434,812}{819 * 14 * 360 * 35\%} = S/. 5.146$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 5.146 / 64 km = S/. 0.080$$

- Para t = 13..16

$$COGP = 95\% * (2'021,600) * 1.1 + 3'456,000 * 1.1 = S/. 8'195,132$$

$$CO (S./ psje) = \frac{S/. 8'195,132}{819 * 16 * 360 * 35\%} = S/. 4.963$$

$$CO (S./ psje - km) = S/. 4.963 / 64 km = S/. 0.078$$

Se obtiene el Costo General de Carga:

$$CGC = 5\% * (\text{Costo Personal}) * 1.1 + \text{Combustible} * 1.1$$

Se estudiarán los siguientes escenarios:

Para un escenario optimista con un alcance del 90% de la capacidad de los vagones, se obtiene los siguientes costos según los años.

- Para t = 1..8

$$CGC = 5\% * (S/. 1'573,600) * 1.1 + S/. 202,500 * 1.1 = S/. 309,298$$

$$CO (S/./ ton) = \frac{S/. 309,298}{(90.49 + 93.80 + 118.90) * 180 * 90\%} = S/. 6.297$$

$$CO (S/./ ton - km) = S/. 6.297 / 64 km = S/. 0.098$$

- Para t = 9..16

$$CGC = 5\% * (S/. 2'021,600) * 1.1 + S/. 202,500 * 1.1 = S/. 333,938$$

$$CO (S/./ ton) = \frac{S/. 309,298}{(90.49 + 93.80 + 118.90) * 180 * 90\%} = S/. 6.799$$

$$CO (S/./ ton - km) = S/. 6.799 / 64 km = S/. 0.106$$

Para un escenario pesimista con un alcance del 35% de la capacidad de los vagones, se obtiene los siguientes costos según los años.

- Para t = 1..8

$$CGC = 5\% * (S/. 1'573,600) * 1.1 + S/. 202,500 * 1.1 = S/. 309,298$$

$$CO (S/./ ton) = \frac{S/. 309,298}{(90.49 + 93.80 + 118.90) * 180 * 35\%} = S/. 16.193$$

$$CO (S/./ ton - km) = S/. 16.193 / 64 km = S/. 0.253$$

- Para t = 9..16

$$CGC = 5\% * (S/. 2'021,600) * 1.1 + S/. 202,500 * 1.1 = S/. 333,938$$

$$CO (S/./ ton) = \frac{S/. 309,298}{(90.49 + 93.80 + 118.90) * 180 * 35\%} = S/. 17.483$$

$$CO (S/./ ton - km) = S/. 17.483 / 64 km = S/. 0.273$$

Se aprecia que para el Transporte de Pasajeros, en un escenario optimista se alcanza un costo de aproximadamente S/. 2.207 y en un escenario pesimista alcanza un costo de aproximadamente S/.5.676. Se propone un Precio de Venta de los Boletos de Viaje de S/. 8.00 por pasajero durante todo el recorrido.

Así mismo, para el Transporte de Carga, en un escenario optimista el costo bordea los S/. 6.799 y en uno pesimista alcanza los S/.17.483. Se propone un Precio de Venta de Carga de S/. 20.00 por tonelada transportada durante todo el recorrido.

A fin de determinar el plazo en que se empieza a recuperar la inversión y mostrar más atractiva la respuesta a la inversión para este ferrocarril, se realizará una proyección del Estado de Ganancias y Pérdidas y del Flujo de Caja.

Para los ingresos, se consideran las proyecciones de las ventas para el Transporte de Pasajero y Transporte de Carga, ambos hasta el 90% de su capacidad anual.

Para los egresos, se consideran los siguientes costos y gastos proyectados:

- Combustible: Se dividirá en dos diferentes gastos como el Combustible para Pasajeros y combustible para Carga.
- Mantenimiento del Parque Ferroviario: Se considera un 10% de los gastos de Combustible, el cual agrupa gastos como filtros, aceites repuestos menores y limpieza.
- Mantenimiento de las Vías: Se considera un 2% de las ventas proyectadas, las causas que llevan a este gasto son el desgaste excesivo de material rodante, quebraduras o pérdidas del mismo. Se considera como gasto o un fondo para futuros mantenimientos de la vía. Esto permitirá que el proyecto se sostenga por sí mismo con una menor o nula financiación exterior.
- Planilla Operativa: Se proyectó la planilla del personal en los organigramas.
- Planilla Administrativa: Se considera un 10% de la Planilla Administrativa a fin de cubrir los gastos de las otras áreas de la empresa.
- Concesión: Se considera un 7% de las Ventas Proyectadas.
- Renta: Se considera un 28% de las Utilidades Antes de Impuesto como tributo a pagar a la SUNAT.

ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS																
PERIODO (años)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VENTAS PROYECTADAS	13,661,045	14,536,780	15,398,793	16,263,158	17,129,874	17,998,942	18,870,362	19,744,133	20,620,257	21,498,791	22,379,558	23,262,736	24,148,266	25,036,147	25,926,380	26,818,965
VP Pasajeros	13,460,619	14,329,493	15,198,367	16,067,241	16,936,115	17,804,989	18,673,863	19,542,737	20,411,611	21,280,485	22,149,359	23,018,233	23,887,107	24,755,981	25,624,855	26,493,729
VP Carga	200,426	207,287	200,426	195,917	193,759	193,953	196,499	201,397	208,646	218,246	230,199	244,503	261,159	280,166	301,525	325,236
COSTOS PROYECTADOS	3,039,348	3,701,202	3,718,442	3,735,729	4,397,402	4,414,784	4,432,212	4,449,688	5,111,549	5,129,119	5,146,735	5,164,399	5,826,448	5,844,206	5,862,011	5,879,862
COMBUSTIBLE																
C Pasajeros	2,343,051	2,928,814	2,928,814	2,928,814	3,514,576	3,514,576	3,514,576	3,514,576	4,100,339	4,100,339	4,100,339	4,100,339	4,686,102	4,686,102	4,686,102	4,686,102
C Carga	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610
MANT. PARQUE	251,466	310,042	310,042	310,042	368,619	368,619	368,619	368,619	427,195	427,195	427,195	427,195	485,771	485,771	485,771	485,771
MANT. VIAS	273,221	290,736	307,976	325,263	342,597	359,979	377,407	394,883	412,405	429,975	447,591	465,255	482,965	500,723	518,528	536,379
GASTOS PROYECTADOS	2,687,233	2,748,535	2,808,875	2,869,381	2,930,051	2,990,886	3,051,885	3,113,049	3,667,178	3,728,671	3,790,329	3,852,152	3,914,139	3,976,290	4,038,607	4,101,088
PLAN. OPERATIVA	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600
PLAN. ADMINISTRATIVA	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	202,160	202,160	202,160	202,160	202,160	202,160	202,160	202,160
CONCESION	956,273	1,017,575	1,077,915	1,138,421	1,199,091	1,259,926	1,320,925	1,382,089	1,443,418	1,504,911	1,566,569	1,628,392	1,690,379	1,752,530	1,814,847	1,877,328
UTILIDAD UAI	7,934,464	8,087,043	8,871,476	9,658,048	9,802,421	10,593,272	11,386,265	12,181,396	11,841,529	12,640,941	13,442,494	14,246,185	14,407,678	15,215,651	16,025,762	16,838,014
IR (28%)	2,221,650	2,264,372	2,484,013	2,704,253	2,744,678	2,966,116	3,188,154	3,410,791	3,315,628	3,539,464	3,763,898	3,988,932	4,034,150	4,260,382	4,487,213	4,714,644
UTILIDAD FINAL	5,712,814	5,822,671	6,387,463	6,953,795	7,057,743	7,627,156	8,198,111	8,770,605	8,525,901	9,101,477	9,678,596	10,257,253	10,373,528	10,955,269	11,538,549	12,123,370
	42%	40%	41%	43%	41%	42%	43%	44%	41%	42%	43%	44%	43%	44%	45%	45%
ACUMULADO	5,712,814	11,535,485	17,922,948	24,876,742	31,934,485	39,561,641	47,759,752	56,530,358	65,056,259	74,157,736	83,836,332	94,093,585	104,467,113	115,422,382	126,960,931	139,084,301

TABLA 4.12 Estado de ganancias y Pérdidas, fuente propia

PERIODO (años)	OBRA																		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
INGRESOS																			
Caja Inicial	0																		
PROYECTADOS																			
IP Pasajeros	13,460,619	14,329,493	15,198,367	16,067,241	16,936,115	17,804,989	18,673,863	19,542,737	20,411,611	21,280,485	22,149,359	23,018,233	23,887,107	24,755,981	25,624,855	26,493,729			
IP Carga	200,426	207,287	200,426	195,917	193,759	193,953	196,499	201,397	208,646	218,246	230,199	244,503	261,159	280,166	301,525	325,236			
IGV Ventas	2,458,988	2,616,620	2,771,783	2,927,368	3,083,377	3,239,810	3,396,665	3,553,944	3,711,646	3,869,772	4,028,320	4,187,292	4,346,688	4,506,506	4,666,748	4,827,414			
Total Ingresos	16,120,033	-147,296	6,717,758	14,327,572	22,507,045	30,613,380	39,472,867	48,906,639	58,916,230	68,366,047	78,713,165	89,640,729	101,150,278	112,599,014	124,813,232	137,614,057			
EGRESOS																			
Obra	24,961,938																		
COMBUSTIBLES																			
C Pasajeros	2,343,051	2,928,814	2,928,814	2,928,814	3,514,576	3,514,576	3,514,576	3,514,576	3,514,576	4,100,339	4,100,339	4,100,339	4,686,102	4,686,102	4,686,102	4,686,102			
C Carga	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610	171,610			
Mantenimiento Parques	251,466	310,042	310,042	310,042	368,619	368,619	368,619	368,619	368,619	427,195	427,195	427,195	485,771	485,771	485,771	485,771			
Mantenimiento Vías	273,221	290,736	307,976	325,263	342,597	359,979	377,407	394,883	412,405	429,975	447,591	465,255	482,965	500,723	518,528	536,379			
Planilla Operativa	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	1,573,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600	2,021,600			
Planilla Administrativa	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	157,360	202,160	202,160	202,160	202,160	202,160	202,160	202,160			
Concesión	956,273	1,017,575	1,077,915	1,138,421	1,199,091	1,259,926	1,320,925	1,382,089	1,443,418	1,504,911	1,566,569	1,628,392	1,690,379	1,752,530	1,814,847	1,877,328			
Renta																			
R Parcial	273,221	290,736	307,976	325,263	342,597	359,979	377,407	394,883	412,405	429,975	447,591	465,255	482,965	500,723	518,528	536,379			
R Anual		1,948,429	1,973,636	2,176,037	2,378,990	2,402,081	2,606,137	2,810,747	3,015,908	3,163,307	3,316,307	3,469,223	3,622,139	3,775,055	3,927,971	4,080,887			
IGV Compras	547,083	666,216	669,320	672,431	791,532	794,661	797,798	800,944	920,079	923,241	926,412	929,592	1,048,761	1,051,957	1,055,162	1,058,375			
IGV Sunat	1,911,905	1,950,404	2,102,463	2,254,937	2,291,845	2,445,149	2,598,867	2,753,000	2,791,567	2,946,531	3,101,908	3,257,700	3,297,927	3,454,549	3,611,586	3,769,039			
Total Egresos	24,961,938	11,305,522	11,580,712	12,033,778	13,132,417	13,407,540	13,864,306	14,322,311	15,918,686	16,060,760	16,522,464	16,985,405	18,093,917	18,378,910	18,945,553	19,313,428			
Caja Anual	-24,961,938	7,661,243	5,847,878	6,589,864	7,156,748	7,080,834	7,831,212	8,402,721	8,975,766	8,413,217	9,307,743	9,885,414	10,464,623	10,401,037	11,163,743	11,747,575	12,332,951		
CAJA FINAL	-24,961,938	-17,300,695	-11,452,818	-4,862,954	2,293,794	9,374,628	17,205,840	25,608,561	34,584,328	42,997,544	52,305,287	62,190,701	72,655,324	83,056,361	94,220,104	105,967,679	118,300,629		

TABLA 4.13 Flujo de Caja, fuente propia

5. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVA ACTUAL

La alternativa actual de transporte corresponde a un tramo de la Carretera Panamericana que conecta ambas ciudades cuya longitud es de 45 km aproximadamente, de los cuales 21.3 km están en territorio peruano.

El MTC anunció recientemente que la construcción de la doble calzada de la autopista Tacna – La Línea La Concordia asciende a S/. 56 Millones de Nuevos Soles¹. Es decir, costará S/. 2.6 millones por km aproximadamente.

CONCEPTO COMPARATIVO	CARRETERA TACNA – ARICA	FERROCARRIL TACNA - ARICA
NUMERO DE CARRILES	02	01
ANCHO DE CALZADA	6.00 ml	3.04 ml
LONGITUD	45 km	64 km
VELOCIDAD PERMITIDA	90 km/h	60 km/h
TIEMPO RECORRIDO	4 – 5 horas	1.5 horas
VIDA UTIL	25 Años	> 50 años
BASE - CONSTRUCCION	Necesita mayores cantidades de materiales granulares	Emplea menos cantidades de materiales granulares
MANTENIMIENTO	Se realiza desde los 2 a 5 años	Se realiza a los 10 años
COSTO PASAJE	S/.15.00	S/. 8.00
FRECUENCIA DE VIAJES	Aleatoria	Cada 1.5 horas

TABLA 5.01: Comparación de vías, fuente propia

Los descarrilamientos en esta vía férrea son bajos debido a la topografía llana.

¹Fuente: Radio Uno. (2015, 27 de agosto). MTC: El 2016 construcción de autopista Tacna – La Concordia. Radio Uno Sección Locales. Recuperado el 10 de setiembre de 2015 de <http://www.radiouno.pe/noticias/49904/mtc-2016-construccion-autopista-tacna-concordia>

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las proyecciones obtenidas, se aprecia que el principal mercado del FTA, es el servicio del transporte de pasajeros.

Actualmente, 3 millones de personas atraviesan la frontera peruano-chilena cada año, de los cuales entre el 60-70% usan los buses o colectivo. Gran parte de este mercado potencial puede ser absorbido por el ferrocarril tras implementar los autovagones necesarios, la infraestructura necesaria y las facilidades legales requeridas.

En su etapa de mayor demanda, es posible operar los trenes cada 1:30 horas; generando de esta manera un sólo cruce de trenes en la progresiva + 29 + 500 km. Se cuenta también con un tiempo de embarque y desembarque de 9:30 minutos cada uno tras la aprobación del Control Fronterizo de cada pasajero.

Por otro lado, el mercado para el transporte de carga es bajo, con un requerimiento de aproximadamente 20 mil toneladas anuales según lo proyectado pero se cuenta con la infraestructura necesaria en el muelle.

De los cuadros de operación se obtiene la cantidad de implementación de menos de un vagón de carga diario; sin embargo, se debe tener en cuenta que para este sistema las salidas de viaje no serán exclusivamente diarias sino que la programación de salidas de viaje se concentran en ciertos meses debido al aumento de pesca, importación y exportación. Lo que arroja periodos donde habrá importante movimiento de transporte de carga y otros donde no los habrá, debiendo ser éstos analizados por la Entidad Administradora del Ferrocarril Tacna - Arica, La Municipalidad de Tacna o una empresa privada, si le favorece o no económicamente la frecuencia de los viajes.

Con respecto a la Infraestructura, se ve necesario el cambio de la subrasante en los tramos dañados para mejorar el soporte del suelo. Para esto, se rellenará con una capa de hormigón y una capa de afirmado compactados a nivel de la subrasante. Se necesita el cambio en no más de 18% del total de las vías en diferentes puntos como se señala en el cuadro de metrados. En los puentes, se ejecutarán los trabajos de reforzamiento de las cimentaciones y pilares de los puentes mediante una capa de enrocado.

Con respecto a la Superestructura, se ejecutará el cambio de piezas en la misma longitud donde se registró los tramos dañados. La Rehabilitación del FTA no implica un cambio de su diseño vial o el cambio del material de su superestructura, sino el cambio de los mismos materiales a fin de poner en servicio otra vez al FTA.

No se vio necesaria la demolición de las estaciones intermedias porque no interferían con el servicio de transporte ya que no habrá paraderos intermedios. Como se explicó en el CAPITULO 3, sólo se consideró la construcción de las estaciones principales a nivel de arquitectura, para lo cual se adicionó un incremento del 5% en los trabajos de cimentaciones y 15% en las instalaciones de agua, desagüe, luz entre otros sobre el Costo Directo a fin de tener un costo aproximado más real.

No existen curvas compuestas en el FTA, por lo que no se vio necesaria ninguna modificación en su diseño. Además se comprobó que la velocidad asumida para el nuevo tránsito de 60 km/h es aceptable dentro del diseño de las vías, salvo los cambios en los peraltes que se realizarán en los tramos dañados. Si bien se diseñó la fuerza requerida de las locomotoras con un gradiente de 1.74%, éste no es tan real ya que sólo es un tramo de 14 metros, por lo que se supera de todas formas la fuerza requerida.

Se recomienda, a fin de incrementar las vías férreas en el Sur costero del país, ampliar las mismas hacia otras ciudades como Moquegua o Arequipa en un proyecto mayor que contemple la interconexión ferroviaria de las ciudades sureñas peruanas.

En la región sur del ferrocarril, el mercado de demanda tiene posibilidades de incrementarse si se mejora la entrada de embarcaciones mayores al muelle "Sitio 7" tras ampliar la longitud del mismo y mejorar la negociación política de aduanas con el Gobierno Chileno.

Se ofrece a la entidad Regional de Tacna un estudio sobre la viabilidad de incrementar la velocidad operativa a 60 km/h sin realizar cambios significativos en la vía férrea y un presupuesto de obra con sus respectivas fórmulas polinómicas que se emplearán al momento de realizar los pagos al Contratista.

El costo de operación máximo es de S/. 5.676 para el Transporte de Pasajeros, por lo que se consideró una tasa más acorde con el contexto socio-cultural a un precio de S/. 8,00. Mientras tanto, el costo máximo de Operación es de S/. 17.483 para el Transporte de Carga, se consideró un precio de S/. 20,00. Se debe tener en cuenta que se han considerado todos los gastos y costos más importantes para obtener los precios más adecuados.

Así mismo, se deja constancia que no se ha considerado los precios de compra de los autovagones por la pluralidad de modelos existentes, mucho menos la depreciación de los bienes.

Al realizar el Flujo de Caja, se inició con un flujo negativo debido al Costo de la Obra más la Supervisión de Obra (5%) y el Estudio del Expediente Técnico en (5%) sobre el monto de la Obra.

Como resultado nos muestra una utilidad final positiva desde el 4to año de operación del tren. Y a partir de ahí mayores ingresos.

Del flujo de caja, se obtienen los siguientes criterios de inversión.

VAN	S/.22.348.742
TIR	29,28%

El Valor de Actual Neto (VAN) es mayor que 0 y es superior al monto a invertir. Se consideró una tasa de descuento igual a 15%. La Tasa de Interna de Retorno es también mayor que 0 y es superior a la tasa de descuento asumida anteriormente. Por lo que muestra que realizar este proyecto es más rentable.

LISTA DE ACRÓNIMOS

Actividad Ferroviaria: Acciones relacionadas con la construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria; con el servicio de transporte ferroviario y su gestión integral.

Boleto de Viaje: Comprobante de pago obligatorio que entrega el Operador Ferroviario al pasajero autorizando el servicio de transporte.

Concedente: Es el Estado Peruano quien otorga la concesión para realizar la actividad ferroviaria de uso público

Concesión: Acto administrativo donde el Concedente otorga el derecho a personas naturales o jurídicas, el desarrollo de la actividad ferroviaria y explotación de la infraestructura vial ferroviaria por un plazo determinado según contrato.

FTA: Ferrocarril Tacna Arica

IU: Índice Unificado, valores otorgados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Maquinista: Persona autorizada para la conducción de locomotoras o autovagones.

Master Chart: Cuadro donde se muestra el horario de trenes y su posible funcionamiento logístico.

Operador Ferroviario: Persona Natural o jurídica que cuenta con el permiso de operación expedido por la Autoridad Competente para brindar el servicio de transporte ferroviario.

Parque Ferroviario: Abarca todos los vehículos ferroviarios como locomotoras, vagones y autovagones.

Patio: Sistema de Vías Férreas instalado dentro de los límites destinado a la formación de trenes.

PCF: Puesto de Control Fronterizo

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

TIR: Tasa de Interna de Retorno

Trocha Estándar: Vía Férrea cuya trocha es de 4 pies y 8 ½ pulgadas o 1,435 milímetros.

VAN: Valor Actual Neto

Vías Férreas: Vías sobre las cuales transitan los vehículos ferroviarios.

Zonas de Embarque: Corresponde a las áreas donde se realizan las acciones de embarque y desembarque a los autovagones.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Burgos, G. (1987) *Sistema de Alcantarillado del Distrito de Bolívar. Tesis de Titulación*. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú
- Carrión, F. (2007) *Proyecto de Inversión para la Modificación del Sistema de Transporte Ferroviario en la Sierra Central, basado en un Modelo de Simulación de la Red Vial*. Tesis de Titulación. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Comunidad Andina – Secretaría General. (2009) Taller SubRegional sobre Transporte Público de Pasajeros Interfronterizo. Recuperado de: <http://intranet.comunidadandina.org>
- Empresa Nacional de Puertos – ENAPU. (2015) Estadísticas. Recuperado el 05 de abril de 2015 de <http://www.enapu.com.pe/web/index.php>
- Migraciones Superintendencia Nacional del Perú. (2014) Estadísticas. Recuperado el 05 de abril de 2015 de <https://www.migraciones.gob.pe/index.php/estadisticas/>
- Ministerio de Fomento – España. (2006) Guía para el Proyecto y la Ejecución de Muros de Escollera en Obras de Carretera. Recuperado el 14 de febrero de 2015 de <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/6757029C-C21D-4E9C-8B8F-D6CD3F56F977/55893/0710100.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC. (1978) Normas y Especificaciones Técnicas para el Diseño de Vías Férreas en el Perú. MTC. Recuperado el 10 de Marzo de 2014 de: http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_ferrocarriles/documentos/RM%200231-78-TC-TE.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC. (2005) Proyecto: Rehabilitación del Ferrocarril Huancayo Huancavelica. Recuperado el 15 de marzo de 2014 de <https://es.scribd.com/>

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC. (2005) Reglamento Nacional de Ferrocarriles. Recuperado el 11 de Marzo de 2014 de: http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_ferrocarriles/documentos/Anexo%20DS%20N%C2%B0%20032-2005-MTC%20Reglamento%20de%20Ferrocarriles.pdf
- Puerto Arica. (2009) Especificaciones Técnicas. Recuperado el 06 de abril de 2015 de http://www.puertoarica.cl/www/contenidos/puerto_arica/licitacion_EFE_EPA_200901/ESPECIFICACIONES_TECNICAS_PROYECTO_REHABILITACION_VIA_FERREA_FERROCARRIL_ARICA_LA_PAZ.pdf
- Puerto Arica. (2015) Estadísticas. Recuperado el 06 de abril de 2015 de <http://www.puertoarica.cl/Web/estadisticas.html>
- Pettibone. (2015) Catálogo de Maquinarias. Recuperado el 18 de abril de 2015 de <http://www.gopettibone.com/products/>