

RM

Projeto Rancagua Xpress

RELATÓRIO DE MESTRADO

Antonio Teixeira Abreu

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

outubro | 2018

Projeto Rancagua Xpress

RELATÓRIO DE MESTRADO

Antonio Teixeira Abreu

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ORIENTADOR

João Paulo Martins da Silva Lobo

CO-ORIENTADORA

Fátima Maria Pereira Gouveia

Agradecimentos

Agradeço à minha Esposa a motivação para especializar-me cada dia mais.

Agradeço a força inspiradora do meu filho em cada sorriso e no seu amor incondicional.

Aos meus pais, porque sem eles não seria o profissional e ainda mais o homem que sou hoje.

Ao meu companheiro de trabalho e grande amigo Antonio Martin do qual aprendi e cresci como profissional e pessoa.

Ao meu orientador o Doutor João Martins por todos os conselhos dados.

À minha co-orientadora a Doutora Fátima Gouveia.

A Deus nosso senhor.

Resumo

O presente relatório recolhe de uma forma resumida várias das especialidades técnicas e parâmetros utilizados para o dimensionamento da Plataforma Ferroviária do Projeto Rancagua Xpress, com um comprimento aproximado de 22 Km entre Santiago e a população de Nos, no Município de San Bernardo, da Região Metropolitana e de mais 60 Km até a Cidade de Rancagua, no Município do mesmo nome, na VI Região.

O referido Projeto consta da ampliação da Plataforma Ferroviária, de duas vias para quatro vias, até a população de Nos. Dentro da ampliação são também consideradas entre as principais obras, as novas estações de passageiros, passagens pedonais desniveladas, passagens de veículos desniveladas, parque de material e oficinas, e vedações ao longo de todo o traçado para impedir a passagem de pessoas e animais.

A intervenção permite uma considerável melhoria nas condições de segurança do serviço, pois as passagens de pessoas e veículos eram realizadas ao nível da via. Estas passagens em alguns casos careciam de alertas como barreiras ou alarmes que anunciam as aproximações dos comboios.

O relatório também recolhe alguns dos aspetos considerados de interesse durante as obras, como foram a execução das camadas de aterro das vias e a execução de estacas de fundação escavadas manualmente.

Como acontece em muitos projetos de infraestrutura as soluções propostas durante a fase de projeto são alteradas por propostas da empresa de Construção, sejam por motivos económicos ou pela facilidade de construção, com uma prévia aprovação do cliente. No presente relatório são descritas as principais modificações.

Finalmente faz-se uma resenha das dificuldades que atravessou a construção das obras devido ao descontentamento social de alguns grupos populacionais.

Palavras-Chave: Projeto Rancagua Xpress, estudo de traçado, drenagem, ponte, passagens desniveladas.

Abstract

This report collects in a summarized manner many of the technical specialties and the parameters used for the design of the railway platform of the Rancagua Xpress project, with an approximate length of 22 Km between Santiago and the Town of Nos, in the Municipality of San Bernardo, from the metropolitan Region and more 60 Km to the City of Rancagua, in the Municipality of the same name, in the VI Region.

This project consists of an expansion of the two-way rail platform to the town of Nos. Within the expansion are also considered among the main works, the new passenger stations, pedestrian passages to the unlevel, passages of vehicles to unlevel, park of material and workshops, and seals along the entire tracing to prevent the passage of people and animals.

The intervention allows a considerable improvement in the safety conditions of the service, because the passages of people and vehicles were carried out at the level of the road. These passages in some cases lacked alerts such as barriers or alarms that announce the approximations of trains.

The report also collects some of the aspects considered of interest during the works, as were the execution of the embankment layers of the railway and the execution of foundation cuttings excavated manually.

As in many infrastructure projects, the solutions proposed during the project phase are changed by the construction company's proposals, whether for economic reasons or for the ease of construction, with a prior approval from the client. The main modifications are described in this report.

Finally, there is a review of the difficulties that have crossed the construction of works due to the social disruption of some population groups.

Key words: Rancagua Xpress Project, track design, drainage, bridge, Unlevel crossing.

Índice

CAPITULO 1. INTRODUÇÃO	7
1.1. Participação profissional no Projeto	7
1.2. Objetivos do Relatório.....	8
1.3. Estrutura	9
CAPITULO 2. DESENVOLVIMENTO DO COMBOIO NO CHILE	11
2.1. Resenha Histórica.....	11
2.2. Objetivos do Projeto Rancagua Xpress	17
CAPITULO 3. DEFINIÇÃO TÉCNICA DO PROJETO.....	20
3.1. Localização.....	20
3.2. Resumo do Projeto	21
3.3. Descrição do Projeto de Engenharia	22
3.3.1. Regulamentos e recomendações.....	22
3.3.2. Traçado.....	23
3.3.3. Topografia.....	35
3.3.4. Drenagem da Plataforma	39
3.3.5. Geotecnia da Plataforma.....	48
3.3.6. Vala Técnica	53
3.3.7. Muros de Contenção	54
3.3.8. Pontes.....	56
3.3.9. Parque de Material e Oficinas	59
3.3.10. Estações	62
3.3.11. Passagens Pedonais Desniveladas	74
3.3.12. Passagens Rodoviárias Desniveladas	78
CAPITULO 4. EXECUÇÃO DO PROJETO E SEGUIMENTO	96
4.1. Fase da Engenharia	96
4.2. Fase da execução da Obra.....	101
4.2.1. Inspeção do Contrato de Faixa de Via	101
4.2.2. Inspeção de Passagens Rodoviárias	102
4.3. Aspectos relevantes na construção	104
4.3.1. Construção e Controlo de Camadas da Plataforma	104
4.3.2. Processo de Construção de Estacas de forma manual	115

CAPITULO 5. CONCLUSÕES.....	120
CAPITULO 6. BIBLIOGRAFIA.....	122
ANEXOS:	124
Anexo 1: Curriculum Vitae	125
Anexo 2: Fotografias Pontes	129
Anexo 3: Plano de Inspeção e Ensaio (PIE)	135

Índice de Tabelas

Tabela 1. Parâmetros. Raios mínimos de Traçado	23
Tabela 2. Comprimentos mínimos de curvas de transição	24
Tabela 3. Parâmetros de traçado de acordo com a Classe de via	25
Tabela 4. Variações Máximas de Inclinação	25
Tabela 5. Parâmetros de Traçado em Planta	26
Tabela 6. Parâmetros de Traçado em Perfil	26
Tabela 7. Entrevista de acordo com os regulamentos da EFE	28
Tabela 8. Cálculo resultante de gabaritos e entrevistas	32
Tabela 9. Precipitações de desenho T=10 anos (amplificadas por 1.1).....	40
Tabela 10. Elementos de Drenagem transversal a Plataforma	44
Tabela 11. Precipitações adotadas.....	46
Tabela 12. Ensaio de infiltração	47
Tabela 13. Tipologias de Poços de Infiltração	47
Tabela 14. Camadas Estruturais determinadas e a utilizar	52
Tabela 15. Tipologias de Muros de Contenção	55
Tabela 16. Pontes do Projeto.....	56
Tabela 17. Estações de Alameda a Nos.....	62
Tabela 18. Estações de Nos a Rancagua.....	63
Tabela 19. Listagem de passagens a desnivelar entre Alameda e Nos.....	74
Tabela 20. Listagem de passagens a desnivelar entre Nos e Rancagua	75
Tabela 21. Passagens desniveladas projetadas	79
Tabela 22. Passagens Incluídas no pacote de Concurso Público de Passagens Inferiores.....	79
Tabela 23. Passagens Incluídas no pacote de Licitação de Passagens Superiores	91
Tabela 24. DATAS-CHAVE Contrato de Engenharia	96
Tabela 25. DATAS-CHAVE Atualizadas da Engenharia de Detalhe	98
Tabela 26. Limites de Consistência ou de Atterberg	105
Tabela 27. Fuso Granulométrico para Sub-Base	105
Tabela 28. Granulometrias para Base	105
Tabela 29. Granulometrias para Sub-Balastro	108
Tabela 30. Fatores do Balastro com Travessas de Betão.....	113
Tabela 31. Fuso granulométrico do Balastro	114

Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama da metodologia adotada na realização do trabalho.....	9
Figura 2. Linha Comboio Caldeira – Copiapo Ano 1851	11
Figura 3. Linha Comboio Santiago – Valparaiso 1863	13
Figura 4. Linha Santiago a Rancagua e Ponte Rio Maipo 1860.....	14
Figura 5. Via Férrea de Santiago a Chillán	17
Figura 6. Localização do Projeto.....	20
Figura 7. Disposição das vias: Nos Xpres 2 e 1; Rancagua Xpress 2 e 1 no sentido de avance de quilometragem.....	21
Figura 8. Largura de entrevista de Alameda a Nos	28
Figura 9. Gabarito cinemático pela norma da EFE	29
Figura 10. Vias a saída da Estação Alameda.....	33

Figura 11. Plano de Isoietas Precipitação Máxima em 24 Hrs, T = 10 anos. Estação Central a Estação Nos	42
Figura 12. Secção Tipo com Valeta Trapezoidal	43
Figura 13. Secção Tipo com Valeta Fechada com rasgo superior	43
Figura 14. Valetas Retangulares.....	43
Figura 15. Valeta Fechada com rasgo superior	43
Figura 16. Descarga a trincheira de infiltração	45
Figura 17. Trincheira de Infiltração Tipo 2	48
Figura 18. Gráfico para seleção das Espessuras de Balastro e Sub-balastro	51
Figura 19. Gráfico para seleção das Espessuras de Base e Sub-base	52
Figura 20. Detalhe de vala técnica paralela a via	54
Figura 21. Detalhe vala técnica perpendicular a via (passagem por abaixo das vias).....	54
Figura 22. Muros de contenção prefabricados de 2,5m em aterro (esquerda) e escavação (direita)	55
Figura 23. Foto de comboio UT-440 utilizado.....	59
Figura 24. Foto do descarregamento do primeiro comboio Xtrapolis no Chile.....	59
Figura 25. Localização do Parque de Material e Oficinas	60
Figura 26. Divisão do Parque Material e Oficinas.....	61
Figura 27. Zonas sísmicas conforme Nch-433	65
Figura 28. Comboio Tipo C modificado 25t por eixo.....	66
Figura 29. Via esquerda escorada e via à direita com a primeira metade de laje superior do átrio	68
Figura 30. Corte em zona de cais	69
Figura 31. Corte de aumento de altura do cais.....	70
Figura 32. Corte de aumento de altura do cais.....	70
Figura 33. Corte de aumento de altura do cais.....	71
Figura 34. Disposição de Perfis de forma inclinada em cobertura do cais.....	71
Figura 35. Metade da laje superior executada e com uma via em serviço.....	73
Figura 36. Secção longitudinal do átrio soterrado	76
Figura 37. Secções tipo da passarela ao centro do vão (à esquerda) e suportes (à direita)	77
Figura 38. Passagens pedonais desniveladas superiores contruídas.....	78
Figura 39. Passagem Inferior Carlos Valdovinos.....	80
Figura 40. Passagem Inferior Projetada	80
Figura 41. Vista geral em Planta da zona da Passagem Inferior	81
Figura 42. Estrutura.....	82
Figura 43. Distribuição de Lajes.....	82
Figura 44. Passagem Inferior Finalizada	83
Figura 45. Passagem de nível Bombero Ossandon	83
Figura 46. Passagem Inferior Projetada	83
Figura 47. Estrutura Passagem Inferior Bombero Ossandon	84
Figura 48. Passagem Inferior Finalizada	84
Figura 49. Passagem Inferior Projetada	85
Figura 50. Estrutura Passagem Inferior Frei Montalva	86
Figura 51. Passagem Inferior Finalizada	86
Figura 52. Passagem de nível Rua Ochagavia	86
Figura 53. Passagem Inferior Projetada	86

Figura 54. Estrutura Passagem Inferior Las Ovejas	87
Figura 55. Passagem Pedonal e Tirantes Metálicos	88
Figura 56. Vista inferior da Estrutura	88
Figura 57. Passagem Superior de Lo Blanco Projetado.....	89
Figura 58. Divisão da Estrutura.....	89
Figura 59. Passagem Superior Lo Blanco Finalizada.....	91
Figura 60. Passagem de Nível Av. Central La Selva.....	92
Figura 61. Passagem desnivelada projetada.....	92
Figura 62. Estrutura Passagem	93
Figura 63. Instalação de vigas pré-esforçadas	94
Figura 64. Passagem a Nível Av. Diego Portales.....	94
Figura 65. Passagem desnivelada projetada.....	94
Figura 66. Mapas dos Serviços Nos Xpress y Rancagua Xpress	99
Figura 67. Esquema de Fluxos de Entrada e Saída do Átrio de Estação Baixo Vias	99
Figura 68. Fachada Norte existente do Galpão a ser aproveitado para o Parque matéria e Oficinas	100
Figura 69. Fachada Norte Projetada do Parque Material e Oficinas	100
Figura 70. Descarga e Nivelção de Sub-Base.....	106
Figura 71. Terminação de Sub-Base	106
Figura 72. Descarga de Base sobre Sub-Base acabada.....	107
Figura 73. Compactação de Base.....	107
Figura 74. Colocação e perfilamento da camada de Sub-Balastro	110
Figura 75. Terminação de Sub-Balastro	110
Figura 76. Estrutura de guincho.....	117
Figura 77. Estaca entivada	117
Figura 78. Estaca parcialmente entivada.....	119
Figura 79. Entivação de estaca quadrada 1mx1m com malha de arame	119
Figura 80. Fotos da zona inferior da Passagem Inferior após intervenção	129
Figura 81. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita).....	129
Figura 82. Foto da zona inferior da Passagem após intervenção (esquerda) e Foto de reparação da viga.....	129
Figura 83. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita).....	130
Figura 84. Foto do Novo Tabuleiro lado Este (Direita) e parte inferior da Ponte (esquerda)..	130
Figura 85. Fotos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e apoio central (Direita).....	130
Figura 86. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita).....	131
Figura 87. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita).....	131
Figura 88. Fotos parte inferior da ponte (Esquerda) e Foto do tabuleiro Este (Direita)	131
Figura 89. Foto parte inferior da ponte (Esquerda) e Foto do tabuleiro Este (Direita)	132
Figura 90. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita).....	132
Figura 91. Foto parte inferior da ponte (Esquerda) e Foto da passagem inferior com o novo apoio central e tabuleiros metálicos (Direita).....	132
Figura 92. Foto da parte inferior da ponte (Esquerda) e Foto do tabuleiro lado Este (Direita)	133
Figura 93. Foto da montagem noturna do tabuleiro (Esquerda) e do novo tabuleiro Este (Direita)	133
Figura 94. Foto dos novos tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)	133
Figura 95. Foto dos novos tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)	134

Lista de Abreviaturas

EFE – Empresa de Ferrocarriles del Estado

NCh – Norma Chilena

ITO – Inspeção Técnica de Obras (Fiscalização)

SEA - Servicio de Evaluación Ambiental

ICSARA - Informes Consolidados de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones y/o ampliaciones complementarias al Estudio de Impacto Ambiental

ASTM - American Society for Testing and Materials

AREMA - American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association

SEC - Superintendencia de Electricidad y Combustibles

DGA – Dirección General de Aguas

CIRH - Centro de Información de Recursos Hídricos

DMC - Dirección de Meteorología do Chile

CAPITULO 1. INTRODUÇÃO

O Projeto Rancagua Xpress refere-se a um serviço de comboios suburbanos de passageiros que vai de Santiago do Chile, Capital do Chile em direção ao Sul, chegando até a Cidade de Rancagua a uns 80 quilómetros.

O Chile possui um território incomum, com 4.300 quilómetros de comprimento e em média, 175 quilómetros de largura, o que dá ao país um clima muito variado, indo do deserto mais seco do mundo “Deserto de Atacama” no norte do país, a um clima mediterrâneo no centro “Santiago do Chile”, até um clima alpino no sul.

O deserto do norte chileno, contém uma grande riqueza mineral, principalmente de cobre. Uma área relativamente pequena no centro chileno domina o país em termos de população e de recursos agrícolas. Esta área também é o centro cultural, político e financeiro a partir do qual o Chile se expandiu no final do século XIX, quando integrou as regiões norte e sul em uma só nação. O sul do país é rico em florestas e pastagens e possui uma cadeia de montanhas, vulcões e lagos. A costa sul é um gigantesco labirinto de penínsulas compostas por fiordes, enseadas, canais e ilhas. A cordilheira dos Andes está localizada por toda a fronteira oriental chilena partilhada em sua maior extensão com Argentina.

A plataforma ferroviária existente contempla duas vias eletrificadas em funcionamento desde Santiago até à Cidade de Chillan a uns 400 quilómetros ao Sul. Estas vias continuam sem eletrificação até a Cidade de Puerto Montt a 1000 quilómetros da capital chegando ao extremo sul da península iniciando-se uma serie de ilhas que conformam o resto do território, como se indicou anteriormente. Neste percurso mantem-se serviços de passageiros de Alameda a Rancagua, de Alameda a Chillan e os serviços de cargas. No entanto, durante a época de verão abrem-se serviços de passageiros até a Cidade de Temuco operando com locomotora a diesel.

O objetivo do presente trabalho é a caracterização técnica do Projeto Rancagua Express que é impulsado pela “Empresa de Ferrocarriles del Estado” (EFE), uma empresa Pública, que tem independência financeira do Estado (este ponto será abordado mais à frente). Também se desatacaram aspetos relevantes na execução do Projeto de Engenharia e da Construção, tudo isto com a visão de ter participado na execução de ambas fases do Projeto.

1.1. Participação profissional no Projeto

Na sequência da IDOM Engenharia e Consultoria SA, empresa à qual pertenço, ter ganho o Concurso Público do projeto “Ingeniería Básica y de Detalle de las Obras Civiles y Sistemas Ferroviario. Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago – Rancagua” em janeiro de 2012, foram destacados os primeiros profissionais à Cidade Santiago do Chile, para iniciar a primeira fase dos estudos.

Pessoalmente fui destacado em abril de 2012, desde a cidade de Madrid onde desempenhava funções desde julho de 2007, para assumir o cargo de Diretor de Projeto Adjunto, ficando inicialmente responsável pela faturação do projeto e da gestão da equipa de trabalho subcontratada. Ao longo do tempo foram realizadas outras tarefas como a redação do caderno de encargos, anexo de Obras Complementares, realização de medições e orçamentos das obras, revisão de documentação remetida, Diagrama de Gantt das obras, entre outras.

Posterior à redação do Estudo Prévio (Engenharia Básica) e Projeto de Execução (Engenharia de Detalhe), foi ganho o concurso público para o “Servicio de Inspeccion Técnica (ITO) de Obras Civiles de Faja de Via para el Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria, Tramo: Santiago – Rancagua” em fevereiro de 2013. Neste projeto fui destacado como “Programador y Control” mantendo a vigilância dos “Avances Físicos e Financeiros do Contrato de Obras Civis” da via férrea. Especificamente era da minha responsabilidade a execução dos relatórios mensais de avanços, revisão de reclamações por trabalhos adicionais realizadas pelo empreiteiro, entre as principais funções.

Em agosto de 2014, fiz parte da equipa de redação do projeto “Ingeniería básica y de Detalle de las Obras Civiles y Sistemas Ferroviarios. Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago – Melipilla”, saindo temporariamente do Projeto Rancagua Xpress.

Em junho de 2015 voltei ao Projeto Rancagua Xpress, para fazer parte da equipa no Contrato de “Servicio de Inspección Técnica (ITO) de Pasos Desnivelados Superiores e Inferiores, del Proyecto Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago – Rancagua (EFE)”. Este contrato tinha iniciado em julho de 2013, sofrendo várias mudanças de pessoal ao longo do tempo. Passei a me incorporar como “Jefe de Oficina Técnica”, ficando responsável da revisão das alterações de projeto que se pretendiam executar, assim como a emissão dos relatórios de execução de obra. As alterações de projeto solicitadas pela empresa Dono de obra requeriam gerir com o empreiteiro as respetivas alterações de contrato que poderiam requerer um pagamento adicional ou aumento no prazo do contrato.

No Anexo 1 é colocado o meu Curriculum Vitae para assim dar maior claridade da experiência profissional obtida ao longo dos anos.

1.2. Objetivos do Relatório

O objetivo do presente relatório é caracterizar o Projeto Rancagua Xpress, explicando alguns dos principais aspetos de um projeto de via férrea, assim como destacar pontos relevantes na execução do Projeto de Engenharia e finalmente da sua construção, dando ênfase a alguns aspetos geotécnicos.

Esta caracterização contém uma visão abrangente ao ter sido parte da equipa projetista e também da inspeção técnica de varias das obras, como já se indicou.

Metodologia de Desenvolvimento

O relatório foi desenvolvido de acordo com o esquema da Figura 1, tendo-se iniciado por uma pesquisa bibliográfica e reunião da informação, seguida da caracterização do Projeto Rancagua Xpress. De seguida, realizou-se a descrição dos aspetos considerados relevantes na execução do Projeto e de acompanhamento em obra. Finalmente aportam-se conclusões do serviço já em utilização.

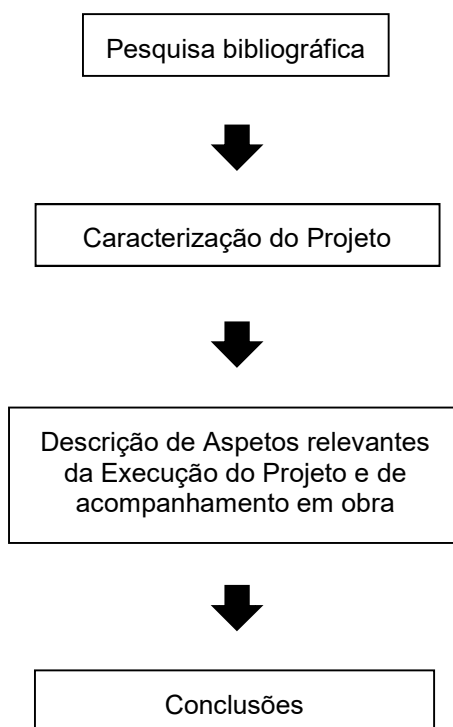


Figura 1. Organograma da metodologia adotada na realização do trabalho

1.3. Estrutura

Este relatório está estruturado da seguinte forma:

- **Introdução** - Apresenta-se o trabalho realizado; a participação profissional no Projeto; os objetivos do relatório e a estrutura do trabalho elaborado.
- **Desenvolvimento do Comboio no Chile** - Procede-se ao enquadramento histórico da construção das Vias de Comboio no Chile e explicar os objetivos específicos do Projeto Rancagua Xpress.
- **Definição Técnica do Projeto** – Pretende caracterizar os aspetos técnicos do Projeto Rancagua Xpress e de um Projeto de Via Férrea.
- **Execução do Projeto e Seguimento** – Descreve pontos relevantes da Execução da Engenharia assim como do seguimento nos trabalhos de Construção.

- **Conclusões** – São apresentados os resultados da abertura do serviço de comboios construído e algumas das experiências adquiridas.

Nos anexos 2 e 3, intitulados Fotografias das Pontes executadas no projeto e Plano de Inspeção e Ensaio, respetivamente, contém informação que visa ajudar na compressão de aspetos descritos ao longo do presente documento.

CAPITULO 2. DESENVOLVIMENTO DO COMBOIO NO CHILE

2.1. Resenha Histórica

A data de aparecimento da via férrea, universalmente reconhecida, é 1802, quando o engenheiro inglês Richard Trevithick e seu compatriota Andrew Vivian patentearam uma locomotiva a vapor que se movia sobre carris por meio de uma engrenagem. No entanto, a ideia da locomotiva a vapor está associada a George Stephenson, filho de um mineiro das minas de Killingsworth, na Inglaterra.

O Chile era um dos países pioneiros no sul do continente americano, isto devido à necessidade de transportar o minério de prata fora do Vale de Copiapó, na Região de Atacama, ao Norte do País. Onde seria instaurada a primeira ferrovia chilena, de Caldera a Copiapó com 81 km de linha como mostra a Figura 2, inaugurada para o natal em 1851.



Figura 2. Linha Comboio Caldera – Copiapó Ano 1851

Com esta ferrovia foi estabelecida no Chile uma das maiores empresas de modernidade. Sua fama logo alcançaria todos os cantos do país, o que fez o governo olhar favoravelmente para a construção da ferrovia entre Valparaíso e Santiago, e de lá, para o sul do país. Em 1830, as estradas eram as mesmas legadas pela colônia. Entre eles estavam duas vias transitáveis: a velha estrada que ligava Santiago a Valparaíso através de Melipilla; a nova estrada que o Presidente O'Higgins construiu para encurtar a distância entre a capital e o porto de Valparaíso, mas cruzando as íngremes encostas de Zapata e Lo Prado. Estas estradas na época de inverno eram de difícil acesso, pelas encostas e o chão escorregadio devido ao lameiro acumulado.

Em 1821, os ingleses Charles Neville e Jose Morse instalaram o serviço de transporte com carroça entre Valparaíso e Santiago. Eles tinham um único carro de seis lugares que ia a Santiago às sextas-feiras às 6 da manhã e retornava na terça-feira depois de escurecer. Cada lugar tinha um valor US\$ 14. Em 1822, Manuel Loyola compra o negócio e estabelece duas viagens fixas por semana. A diligência era arrastada por uma mula.

O que acontecia em Valparaíso era uma pálida imagem do que acontecia nas estradas do sul. A menos que o ano fosse muito seco, o trânsito era quase impossível de maio a outubro, deixando a área isolada pela subida dos rios e estuários durante quinze ou vinte dias. As carroças viajavam em grupos de sete ou mais homens, com um capataz para ajudar e defender-se contra os bandidos que infestavam as estradas. Uma carroça de oito bois custava US\$ 500. Para ir a Rancagua a cavalo, cada pessoa tinha que ir com as suas roupas para dormir na estrada. A viagem era quente e empoeirada. O rio Maipo, que tem uma distancia de 35 km de Santiago cruzava-se de madrugada e ao dia seguinte a volta das 10h30 chegava-se Rancagua.

Os fazendeiros de San Fernando e Curicó tinham que transportar, em carroças ou mulas, seus produtos para Valparaíso. Os produtos para o sul eram enviados para Constituição para serem transportados por barco. Mas isso era caro e ineficiente, o que fazia com que os agricultores sofreram perdas significativas.

É por isso que com introdução da via férrea pênsva-se que se iria criar uma revolução com a sua construção em todo o país, no entanto, teve tempos e propósitos diferentes. As ferrovias das regiões mineiras do Norte, sendo apenas uma extensão da indústria, foram construídas para uma finalidade econômica específica: o transporte de minério. Essas empresas não receberam uma contribuição direta do Estado e, como outras corporações chilenas, permaneceram como empresas privadas. Da mesma forma, a construção das linhas do Vale Central e do sul do Chile tinham objetivos políticos e nacionais, além de econômicos, e sua conclusão era uma questão de orgulho nacional.

A formação de uma empresa mista entre o Estado e Privados em 1852, foi a única forma viável de financiar a ferrovia no vale central, com a formação da Companhia Ferroviária de Valparaíso a Santiago.

O governo investiu nessas empresas e garantiu a operação das suas linhas. Isso significou, a longo prazo, que o governo teve que comprar essas empresas para que elas não fossem à falência e fizeram sérios esforços para aliviar suas dificuldades e dependências. Leis especiais foram feitas para sua construção, redução de impostos e taxas para importação de materiais. A construção das linhas foi geralmente seguida pelos atrasos e falta de fundos. Estes foram o resultado de vários problemas entre os quais, as condições climáticas, dificuldades de trabalho, e uma forte dependência em tecnologia e técnicos estrangeiros. Durante todo o período de construção das vias, todos os carris, locomotivas, carros, equipamentos mecânicos, estruturas aço e instrumentos de engenharia, eram comprados fora do país e apenas uma porção das travessas e lenha usada para operar as locomotivas eram compradas na indústria nascente florestal do sul do Chile.

A linha de comboio entre Santiago e Valparaíso representada na Figura 3, foi claro exemplo do que isso significava uma tarefa cheia de obstáculos, somente depois de mais de uma década de trabalho foi acabada. A linha tinha 187 quilômetros de comprimento e seu custo total foi US\$ 11.317.182, o dobro o que foi planejado. Porém, se um passageiro pudesse fazer antes de 1863, a viagem a cavalo de Valparaíso a Santiago em 24 horas e com uma despesa US\$ 20, a via férrea permitiu levar o mesmo passageiro por um quarto desse dinheiro em apenas 6 horas e 40 minutos.

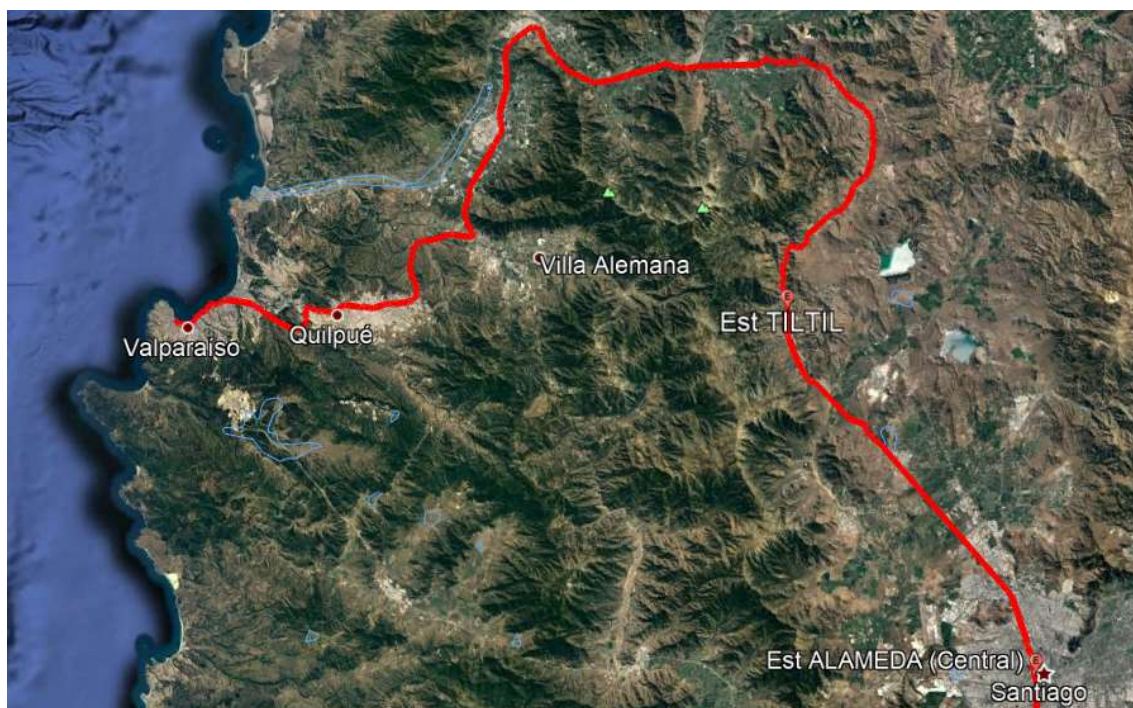


Figura 3. Linha Comboio Santiago – Valparaíso 1863

Pouco depois das obras ferroviárias entre Valparaíso e Santiago em 1855, o Ministro do Interior recomendou a construção de outra via férrea, desta vez de Santiago ao Sul. A 9 de outubro daquele ano, pouco antes de uma severa recessão econômica mundial (1857-61), e graças à gestão do empresário mineiro José Tomás Urmeneta, formou a “Compañía del Ferrocarril del Sur” com o objetivo de construir uma via férrea entre a capital e Talca, sendo esta a mesma via que servirá para a implementação do futuro Projeto Rancagua Xpress.

O corredor entre Santiago e Rancagua representada na Figura 4, foi construído em duas seções simultâneas, divididas pelo rio Maipo atravessado por uma ponte com tabuleiros metálicos em treliça. Em abril 1858 os carris chegaram à margem norte do rio, enquanto, por outro lado, a linha de Enrique Meiggs chegava a Rancagua; em julho de 1859 a ponte sobre o rio Maipo foi inaugurada e em dezembro a primeira seção completa, foi entregue.

Em setembro de 1857, a primeira locomotiva percorreu os primeiros 16 quilômetros da via entre Santiago e San Bernardo.

O movimento de passageiros entre Santiago e São Bernardo foi tão grande que, poucos dias depois de sua inauguração, houve uma aglomeração de pessoas junto ao quiosque que vendia os bilhetes, tanto assim que este foi abatido pela multidão. No interior, o chefe da estação, com muito esforço, conseguiu sair em segurança carregando uma sacola com o dinheiro arrecadado.



Figura 4. Linha Santiago a Rancagua e Ponte Rio Maipo 1860

Assim, o Chile desde meados do século XIX até o final da década de 1950, teve quase todo o seu desenvolvimento económico moldado pela disponibilidade do transporte por comboio, atingindo uma cobertura máxima para a década de 1930, de 12 km de via férrea por km² e 22 km de via por cada 10.000 habitantes. Distinguiu-se pela organização das primeiras companhias ferroviárias estatais na América Latina, em 1858 com a linha entre Santiago e Valparaíso como dito acima e desde 1884, com a “Empresa de Ferrocarriles del Estado” (EFE).

EFE, em sua extensa trajetória, foi organizada de maneiras muito diferentes. Em meados do século passado, EFE era uma empresa muito autossuficiente, como muitas outras empresas ferroviárias em todo o mundo. Teve professores, oficinas, impressão, hospitais, navios, caminhões e hotéis, tinham fabricação própria de muitos dos materiais e peças necessárias para o seu funcionamento. Entre seus quase 30.000 funcionários, contavam com mais de 300 engenheiros, que não se dedicavam só na operação, mas também cuidaram de toda a engenharia necessária para novos investimentos.

Durante a década de 1950, no Chile e no mundo, o comboio começou a sofrer uma redução na demanda, tanto de passageiros como de carga, após da aparição das estradas pavimentadas. Em resposta a esse declínio, no início dos anos 60, o Estado empreendeu um ambicioso plano de modernização, com o objetivo de tentar inverter a tendência de diminuir a sua quota de mercado. Esta tentativa não foi bem-sucedida, porque em muitos casos, as vantagens do transporte automóvel não poderiam ser superadas. É por isso que, apesar do esforço, a perda da demanda continuou.

Em meados dos anos 70, a EFE iniciou a política de autofinanciamento, que incluiu a liberdade tarifária completa e eliminação de contribuições fiscais. Baixo aqueles termos os serviços menos rentáveis deviam ser suprimidos, a dotação foi reduzida, vários aspetos operacionais foram racionalizados e ativos foram vendidos. No entanto, o objetivo da empresa não foi alcançado com as medidas tomadas, portanto as operações tiveram que ser financiadas com dívida bancária, que deu origem a uma dívida, que no reporte da EFE do ano de 2014 ultrapassou os 1.800 milhões de dólares.

A dotação, que atingiu 28.000 pessoas nos anos 70, foi reduzida a 16.000 funcionários no final de dita década. Durante os anos 80, reduziu ainda mais, passando para 7.000 pessoas, e ao longo do período 1980-1990 não houve contribuições fiscais ou investimentos, o que produziu um aumento da dívida e a deterioração da infraestrutura.

Durante os anos 90, foi feito um plano de recuperação da empresa, que incluía:

- Modificação da lei EFE, que permite a concessão dos serviços de transporte e criar empresas subsidiárias;
- Compensação pelo Estado, pela falta de equidade no tratamento de ferrovias e as estradas;
- Investimentos em reabilitação, material circulante e melhoria da via em alguns lanços;
- Criação de uma subsidiária de carga (FEPASA), cujos 51 % foram subseqüentemente vendidos a investidores privados.

Este plano de recuperação não incluiu contribuições para financiar os défices operacionais, então a dívida continuou a crescer. A compensação feita pelo Estado pela falta da equidade no tratamento da via férrea foi subseqüentemente eliminada, justificada porque, as estradas concessionadas a empresas privadas financiavam-se de igual forma a si mesmas, portanto, o tratamento desigual havia desaparecido. No entanto, os pagamentos dos utentes da estrada não seguem uma lógica económica estrita. Existe subsídios entre modos de transporte, de veículos ligeiros a veículos pesados, e estes são aqueles que competem com o comboio, tanto em carga como nos passageiros. No caso das concessões da Auto Estrada N°5, foi estabelecido uma carga igual por quilómetro entre La Serena e Puerto Montt, independente dos custos de construção e manutenção e, portanto, também há subsídios entre as secções da estrada.

Embora neste período tenham sido abertas portas que foram muito importantes para iniciar uma nova fase, houve aspetos, além do financiamento, que não foram abordados. Primeiro, a organização interna da empresa, um ponto essencial para o sucesso de um plano que inclui investimentos e novos serviços. E segundo, a formalização das relações entre as empresas do grupo e as que até então tinham uma série de costumes semi-institucionalizados, não de todo formal.

Em 2009, o conselho de administração da EFE preparou um documento chamado “El futuro del sistema ferroviário”, em que foram propostas as seguintes linhas de ação: 1. Separação entre a administração de infraestrutura e a operação dos serviços; 2. Que o Estado assuma a responsabilidade financeira pela construção e conservação das vias férreas ao mesmo nível que no caso das estradas, para eliminar a discriminação em direção ao comboio; 3. Que o Estado aplique políticas públicas que garantam tratamento encargos fiscais equitativos, portagens e compensações entre diferentes modos de transporte que competem diretamente; 4. Que o Estado formule um plano abrangente de infraestrutura de transporte para longo prazo (15 a 20 anos); 5. Que seja estabelecida uma compensação fiscal para os operadores ferroviários, que os remunera de acordo com as externalidades positivas que produzem, permitindo maior uso do comboio, de acordo com seu benefício económico-social.

Metrotrén

No dia 24 de maio de 1990, as autoridades metropolitanas decretaram restrição veicular de quatro dígitos das matrículas em Santiago pelo nível de contaminação. Para evitar uma sobrecarga dos serviços de autocarros pelo aumento de pessoas que não podiam usar os seus veículos, foi habilitado um serviço de comboios locais que ligavam Til til - Santiago -Rancagua representadas nas Figuras 3 e 4.

Dado o sucesso da iniciativa, decidiu-se manter o serviço por uma semana.

Depois de evidenciar a alta demanda das rotas entre Santiago e Rancagua, o serviço Metrotren foi oficialmente inaugurado em 25 de outubro de 1990, com seis viagens diárias, três na direção da Região O'Higgins e três de volta à capital, o serviço a Til til foi cancelado devido à baixa demanda. Para a implementação do sistema, usou 3 comboios Motor Elétricos Locais (AEL), construídos pela empresa japonesa Nissho Iwai a pedido de EFE em 1973.

Entre 1997 e 2001, a EFE comprou 16 comboios UT-440 à Rede Nacional de Ferrovias da Espanha (RENFE), dos quais 4 foram destinados ao Metro de Valparaiso e 12 foram reconicionados para o Metrotren. Em 28 de dezembro de 2000, o serviço foi estendido para San Fernando, atingindo a extensão atual de 133,8 quilómetros. No dia 27 de junho de 2002, foi inaugurada uma estação no zoológico de Buin.

Entre 2006 e 2007, foi realizada a modernização do lanço entre Santiago e San Fernando, que abrange o serviço Metrotren. Durante esse período, a Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) implementou o Projeto de Prestação de sistemas de sinalização, de Eletrificação e Comunicações, e reconicionamento das 17 estações do Metrotren, exceto Alameda. Ficando as seguintes estações em serviço:

- Alameda
- Pedro Aguirre Cerda
- San Bernardo
- Maestranza
- Nos
- Buin Zoo
- Buin
- Linderos
- Paine
- Hospital
- San Francisco
- Graneros
- Rancagua
- Requinoa
- Rosario
- Rengo
- Pelenquen
- San Fernando

Em 2009, foi anunciada a criação de um serviço expresso de Rancagua desde a Estação Alameda, reduzindo o tempo de viagem para apenas 55 minutos.

Finalmente em 2012, é anunciada a renovação total do serviço até Nos e Rancagua, mudando a denominação para Nos Xpress e Rancagua Xpress, o qual contempla a duplicação das vias existentes até a povoação de Nos, confinamento e melhoria da plataforma até Nos, novas estações soterradas e desnível de todos os passagens rodoviárias até Rancagua. O Nos Xpress contempla uma rota desde a estação Alameda até Nos com frequências de 12 a 6 minutos, enquanto para Rancagua se contempla que o serviço evite a paragem nas estações até Nos, reduzindo o tempo de viagem a 40 minutos. Além disso, foi anunciada a compra de novo material circulante.

2.2. Objetivos do Projeto Rancagua Xpress

Projeto Rancagua Xpress

A via férrea que conecta a cidade de Santiago do Chile com a cidade de Rancagua, tem serviços de transporte metropolitano para Nos (San Bernardo), serviços de transporte interurbanos para Rancagua e serviços de longa distância para Chillán (Terra Sur) como se mostra na Figura 5.

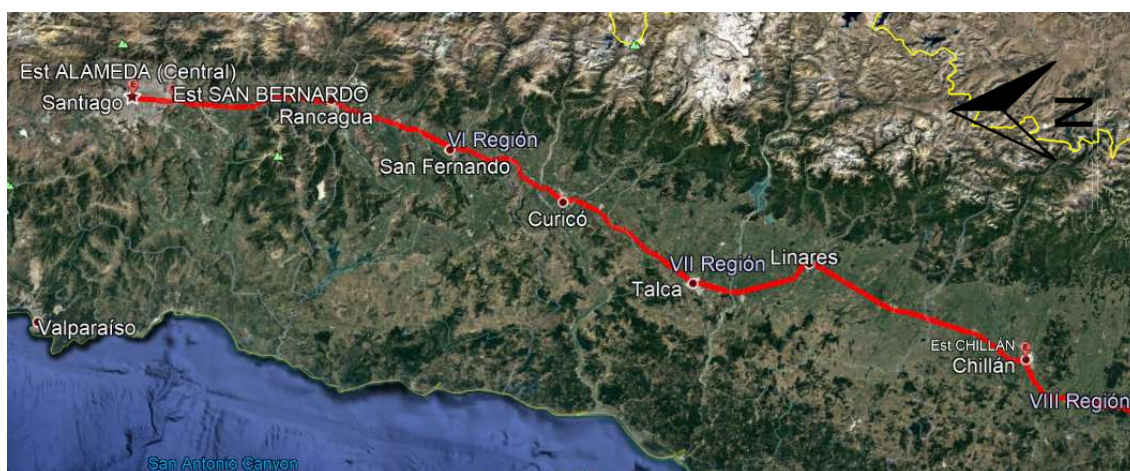


Figura 5. Via Férrea de Santiago a Chillán

Todos esses serviços de transporte metropolitano, interurbanos (expressos) e de longa distância operam em conjunto com o transporte de mercadorias ao longo de uma linha dupla eletrificada, que possui zonas de apartado para melhorar o funcionamento do sistema. No entanto, a disposição das vias impede uma melhoria substancial nos serviços oferecidos atualmente, que têm frequências entre 30 e 60 minutos para praticamente todos os itinerários que partem de Nos e Rancagua, bem como 5 serviços diários para Chillán.

Para melhorar o nível de serviço do eixo ferroviário Santiago - Rancagua, é necessário um serviço metropolitano de passageiros de alto desempenho entre Santiago e Nos, e para isso a EFE encomendou o relatório de 'Modelagem e Avaliação do Projeto Metro-Trem Alameda-Nos, elaborado em novembro de 2011. Este relatório inclui os estudos de demanda captados pelo serviço metropolitano de passageiros de alto desempenho no horizonte 2015, incluindo nos cenários estudados a integração tarifária da nova linha de Nos Xpress com linhas de autocarro, concluindo a rentabilidade da inversão.

As ações que devem ser realizadas para permitir este serviço de passageiros de alto desempenho incluem o projeto de desnível de passagens rodoviárias existentes ao longo da linha entre Santiago e Nos, o projeto de desobstrução de travessias pedonais a nível existentes e a melhoria de a linha de serviço expresso de passageiros para Rancagua, juntamente com a manutenção de serviços de carga.

As ações que visam o projeto do novo corredor ferroviário entre Santiago e Rancagua, são definidas pela EFE através de um plano de melhoria integral dos serviços ferroviários de passageiros entre as duas cidades, bem como infraestrutura, sistemas e equipamentos associados.

O projeto inclui as seguintes ações:

- Remodelação da praia de vias, incluindo uma terceira via entre a Alameda e a Nos, e uma quarta via de eficiência onde é necessário cobrir a demanda de serviço esperada, segregando a linha entre Santiago e Rancagua.
- Projeto de novas estações ou adaptação de estações existentes, incluindo estações subterrâneas entre Alameda e Nos.
- Desobstrução de passos rodoviários e pedonais a nível entre Alameda e Rancagua
- Projeto de novas estações ou adaptação de estações existentes, entre Nos e Rancagua.
- Melhoria dos sistemas de sinalização, comunicações e energia.
- Construção de Parque de Material e oficinas para os três serviços: Nos Xpress, Rancagua Xpress e Terra Sur (Chillán).
- Construção de uma sala de controle de tráfego.
- Compra de novo material circulante.

Para fazer isso, EFE propõe os seguintes contratos:

De engenharia:

- “Ingeniería Básica y de Detalle de las Obras Civiles y Sistemas Ferroviarios para el Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago – Rancagua”. Com um valor aproximado do Contrato de 4.951.800 €.
- “Ingeniería Básica y de Detalle de los Pasos Vehiculares Desnivelados, para el Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago – Rancagua”.

De aquisição de materiais:

- Provisão de travessas;
- Provisão de carris;
- Provisão de aparatos de via;
- Fornecimento de material circulante e manutenção.

De construção de obras:

- Obras civis da Plataforma de Via (Movimentos de terras e construção até à camada de Sub - balastro, drenagem, confinamento da estrada, construção de pontes, construção de Valas técnicas e instalação de Pórticos de Catenária). Com um valor aproximado do Contrato de 63.148.500 €.
- Construção de Estações e passagens pedonais desniveladas, Secção Alameda para Nos e Capacitação de Oficinas de Manutenção
- Construção de Estações e passagens pedonais desniveladas, no Tramo Nos a Rancagua
- Construção de Passagens Rodoviárias superiores a via. Com um valor aproximado de Contrato de 9.882.400 €.
- Construção de Passagens Rodoviárias inferiores a via. Com um valor aproximado de Contrato de 42.210.777 €.
- Instalação dos Sistemas e catenárias

De inspeção de obras:

- Serviço de Inspeção Técnica de Obras (ITO) Civis da Plataforma de Via. Com um valor aproximado do Contrato de 2.374.164 €.
- Serviço de Inspeção Técnica de Obras (ITO) para a Construção de Estações e Passagens Pedonais (Ambos Contratos de Trabalho). Com um valor aproximado do Contrato foi 2.087.014 €.
- Serviço de Inspeção Técnica de Obras (ITO) para a Construção de Passagens Rodoviárias a diferente nível (Ambos Contratos de Obras)
- Serviço de Inspeção Técnica (ITO) de Sistemas de Via e Catenária.

O projeto na sua totalidade teve um custo aproximado de 609.650.000 €.

CAPITULO 3. DEFINIÇÃO TÉCNICA DO PROJETO

3.1. Localização

O Projeto encarregado a IDOM encontra-se no Chile, partindo o traçado da Estação Alameda Central de Santiago do Chile, pertencente à Região Metropolitana deslocando-se ao Sul até à Cidade de Rancagua, na Região de O’Higgins como mostra a Figura 6. A intervenção principal foi passar de duas a quatro vias da Estação de Alameda até a Estação de São Bernardo com um comprimento de 22 quilômetros.

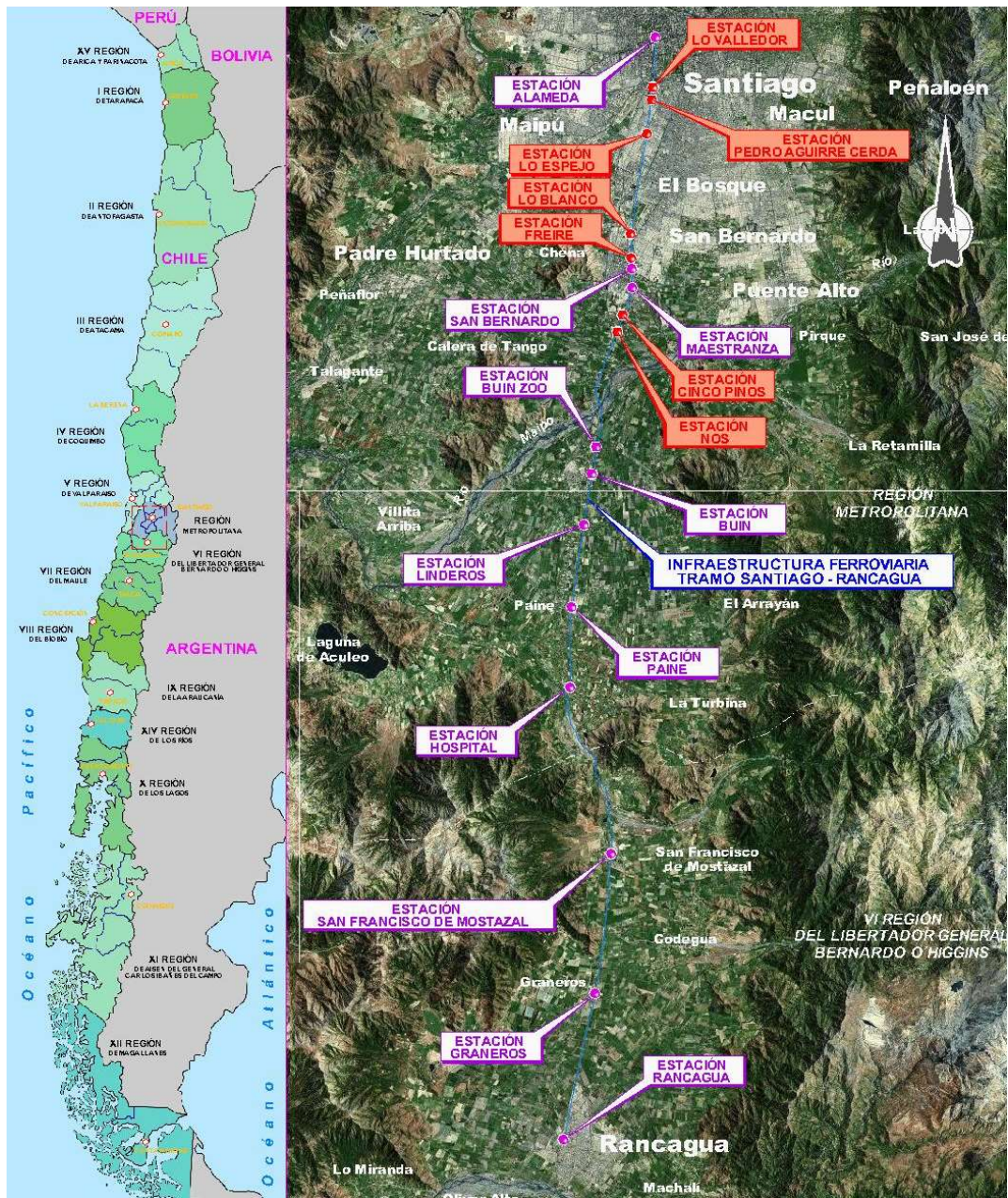


Figura 6. Localização do Projeto

3.2. Resumo do Projeto

Para a implantação do novo serviço de comboios de Alameda a Nos e de Nos a Rancagua, constroem-se novas estações, totalizando as seguintes:

- Alameda (Existente)
- Lo Valledor (Nova)
- Pedro Aguirre Cerda (Nova localização)
- Lo Espejo (Nova)
- Lo Blanco (Nova)
- Freire (Nova)
- San Bernardo (Nova Localização)
- Maestranza (Nova Localização)
- 5 Pinos (Nova)
- Nos (Nova)
- Buin Zoo (Existente)
- Buin (Existente)
- Linderos (Existente)
- Paine (Existente)
- Hospital (Existente)
- San Francisco (Existente)
- Graneros (Existente)
- Rancagua (Existente)

Assim sendo constroem-se 9 estações subterrâneas, 13 passagens pedonais desniveladas e 7 passagens rodoviárias desniveladas, das quais 3 são superiores e 4 inferiores à via férrea.

A ampliação de duas a quatro vias de Alameda a Nos como mostra a Figura 7, faz-se com a ampliação por os dois lados na maioria dos casos, visto que as vias se encontram centradas na plataforma disponível. No entanto existem alguns casos onde a ampliação é feita por um dos lados. A intervenção tem 22 quilómetros de comprimento e requer a construção das novas camadas para constituir a plataforma, novo sistema de drenagem, ampliação de catorze pontes, construção de valas técnicas e novo sistema de catenária.

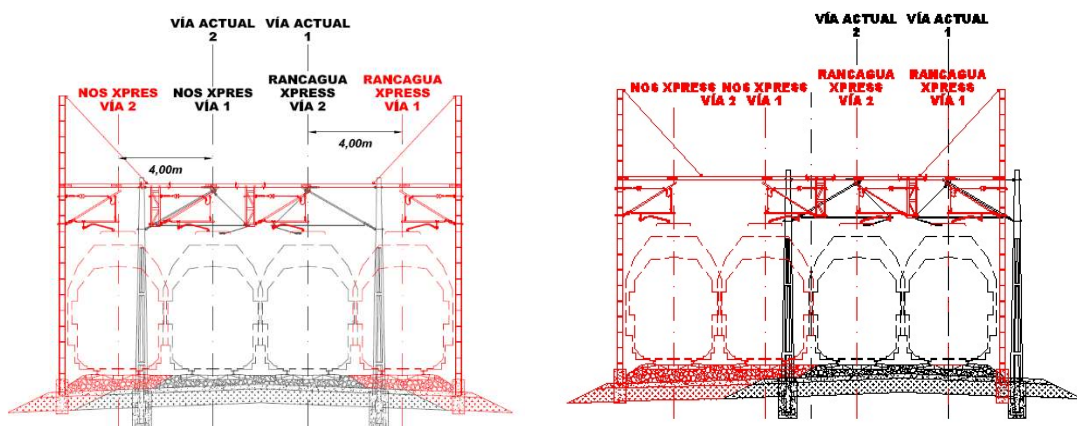


Figura 7. Disposição das vias: Nos Xpress 2 e 1; Rancagua Xpress 2 e 1 no sentido de avance de quilometragem

3.3. Descrição do Projeto de Engenharia

3.3.1. Regulamentos e recomendações

Os regulamentos que foram levados em consideração para o projeto da via férrea são, a Norma Técnica Ferroviária “Construcción de la via Férrea” editado pela EFE (NT 01-01-01, EFE, 2006) e as Recomendações de Projeto para Projetos de Infraestrutura Ferroviária “REDEFE”, editadas pela SECTRA (Recomendaciones, SECTRA, 2003). Para a definição das vias, foram considerados os padrões de uma via de “**Classe E**” (Classificação de vias férreas segundo a velocidade máxima admissível de operação) e “**Categoria 4A**”. (Classificação de vias férreas segundo o tráfego teórico de carga bruta diária).

Também foram atendidas as diretrizes estabelecidas no “Manual de Carreteras” do Chile (Manual de Carreteras, Edic. 2012) no que diz respeito a Drenagem, Geologia e Geotecnia, assim como outras áreas que não sendo de cumprimento obrigatório neste projeto, utiliza técnicas comprovadas no país e que se consideram de boa prática.

Além dos regulamentos acima mencionados, as seguintes premissas foram levadas em conta para a definição das vias e posterior desenvolvimento do traçado, tanto em planta, longitudinal, como secção tipo característica:

- Aproveitamento ao máximo do terreno existente dentro da faixa da via¹ para localizar o novo grupo de vias, tentando não expropriar, ou expropriando a menor superfície possível.
- Aproveitamento das infraestruturas existente (vias, pontes, estações...) desde que, este aproveitamento não penalize a exploração futura das vias.
- Geração de quatro vias entre Alameda e Nos.
- Não incluir restrições de velocidade na operação, gerada pela geometria da via, salvo as que existem na atualidade.
- A circulação dos comboios do serviço Nos Xpress faz-se pelas duas vias do lado oriente. Esta situação favorece as conexões (atuais e previstas) de diferentes parcelas localizadas no lado poente, e que empregam comboios de carga.
- A circulação de Nos Xpress é completamente independente das outras empresas operadoras.
- Para a dupla via que conforma o corredor ferroviário Nos Xpress se propõe em geral estações com cais central de um comprimento de 105 metros e largura de 6,5 metros. Com esta solução não se penaliza a velocidade de passagem dos comboios Rancagua Xpress, nem de longo percurso.

¹ Refere-se aos limites da propriedade das vias férreas.

3.3.2. Traçado

Para comprovar os parâmetros de traçado das novas vias teve-se em conta a Norma EFE NT-01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT-01-01-01, EFE, 2006), Norma EFE NSF-11.001 Norma de Segurança de Vias Férreas (Norma Seguridad, EFE, 2001) e as Recomendações de Desenho para Projetos de Infraestrutura Ferroviária, REDEFE (Recomendaciones, SECTRA, 2003).

A seguir incluem-se os parâmetros que nestas publicações se indicam:

Traçado em Planta

Os raios mínimos para bitola de 1.676 mm, são os indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros. Raios mínimos de Traçado

Tipo de Via	Raio Mínimo em metros
Vias principais soldadas em forma continua	550
Vias principais eclissadas	180
Vias secundarias eclissadas (pátios, acessos, oficinas, etc...)	100

É necessário usar a curva de transição entre uma linha reta e uma curva, caso a seguinte equação seja verificada:

$$R < \frac{V^2}{5,2} \quad (3.1)$$

Onde V =velocidade de passagem (Km/h) e R =Raio da curva circular (m)

É necessário usar a curva de transição entre duas curvas consecutivas, caso a equação a seguir seja verificada, (o sinal positivo corresponde a curvas do sinal oposto e o sinal negativo a curvas do mesmo sinal)

$$\frac{1}{R_2} \pm \frac{1}{R_1} > \frac{5,2}{V^2} \quad R_1 > R_2 \quad (3.2)$$

Onde V =velocidade de passagem (Km/h), R_1 , R_2 = Raios de Curva em m

O comprimento normal da curva de transição (L_n) em (m) é definido pela equação

$$L_n = 0,009 \times V \times (h_2 - h_1) \quad (3.3)$$

Onde V = velocidade de passagem (Km/h) e h_1 , h_2 =escala² entre curvas consecutivas (mm)

² A escala é o termo utilizado para indicar a inclinação transversal da via em curva, nos projetos ferroviários.

O comprimento mínimo da curva de transição é definido na Tabela 2.

Tabela 2. Cumprimentos mínimos de curvas de transição

V_{max} (Km/h)	L_{min} (m)
$160 \leq V < 180$	$2 \times (h_1 - h_2)$
$140 \leq V < 160$	$2 \times (h_1 - h_2)$
$110 \leq V < 140$	$\frac{(h_1 - h_2)}{1,5}$
$80 \leq V < 110$	$\frac{(h_1 - h_2)}{2}$
$V < 80$	$\frac{(h_1 - h_2)}{2,5}$

Onde h_1, h_2 =escalas de lanços de via circulares, em milímetros (mm)

O comprimento mínimo da reta (L_{min}) em (m) entre rampas de escala consecutivas é definido pela seguinte fórmula.

$$L_{min} = \frac{V}{9} \quad (3.4)$$

A escala normal (h_n) em (mm) é definida pela fórmula

$$h_n = 1000 \times \frac{C}{R} \quad (3.5)$$

Sendo C um coeficiente de escala tabelado na Norma EFE NT-01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT-01-01-01, EFE, 2006)

A escala teórica (máxima) ou de equilíbrio (h_t) é definida pela fórmula

$$h_t = 13,7 \times \frac{V^2}{R} \quad (3.6)$$

A escala mínima teórica admissível (h_{min}) é definida pela fórmula

$$h_{min} = 13,7 \times \frac{V^2}{R} - 71 \quad (3.7)$$

A escala máxima será de 170 mm. O limite em Portugal é de 160 mm e 180 mm em caso excepcional (Instrução Técnica, GR.IT.VIA.023. IP. 2016).

A insuficiência de escala³ em vias de tráfego misto é de 0,4 m/s² equivalente a 71 mm de escala. A aceleração centrífuga (a_{sc}) é definida pela seguinte equação, e seu valor máximo é de 0,4 m/s² pela Norma EFE NT-01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT-01-01-01, EFE, 2006)

$$a_{sc} = \frac{g}{T} \times \Delta h = \frac{9,81}{1,746} \times \Delta h \quad (3.8)$$

Onde g =aceleração da gravidade; T =é a distância entre o eixo dos carris (não é a bitola); Δh = variação de escala.

Traçado em Perfil Longitudinal

A inclinação máxima é de 25 ‰ e nas estações 2.5 ‰.

No caso da variação entre dois declives consecutivos ser maior que 6 ‰, é necessário incluir uma curva de enlace na elevação. Este valor depende da classe de via. A variação máxima entre duas inclinações também depende da classe da via (Classe E). Esses valores são indicados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros de traçado de acordo com a Classe de via

Classe de Via	A e B	C e D	E e F
Raio da Curva de Enlace [m]	2.000	5.000	10.000
Variação da Inclinação [mm/m]	25	20	10

As variações máximas das inclinações devem atender aos seguintes valores se são verificadas as condições da Tabela 4.

Tabela 4. Variações Máximas de Inclinação

Condição	Valores máximos de Inclinação
$i \geq 6\text{‰}; V \leq 130 \text{ km/h}$	0,2 ‰/m
$i \geq 4\text{‰}; V > 130 \text{ km/h}$	0,1 ‰/m

Onde i =inclinação da via.

A aceleração centrífuga é definida pela seguinte equação, e seu valor máximo é de 0,4 m/s².

$$a_{sc} = \frac{V^2}{127 \times R} \quad (3.9)$$

³ É o déficit do valor da escala que ocorre quando um veículo percorre uma curva a uma velocidade superior à velocidade de equilíbrio, sendo submetido a uma força centrífuga não compensada

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
"Projeto Rancagua Xpress"

Onde V_{max} =Velocidade em Km/h e R_v =Raio da Curva vertical

Com base nesses dados, e alguns obtidos de outras regulamentações similares, verificou-se que o traçado, tanto em planta como em elevação, atende a esses valores. Os valores incluídos na verificação estão resumidos abaixo nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Parâmetros de Traçado em Planta

Traçado em Planta	Valor normal	Excecional
Comprimento da reta (m)	$\frac{V}{9}$	15
Comprimento da Curva (m)	$\frac{V}{9}$	15
Comprimento da curva de transição (m)	$0,009 \times V \times (h_2 - h_1)$	15
Escala mínima (mm)		$13,7 \times \frac{V^2}{R} - 71$
Escala máxima (mm)		170
Insuficiência de escala (mm)	71	115
Excesso de escala (mm)	71	100
Aceleração centrífuga sem compensação (m/s ²)	0,40	0,60
Inclinação Normal da Rampa de escala	$\frac{1}{0,009 \times V}$	Varia como a velocidade como se indica na Tabela do Ponto 7.6.20 da NT-01-01-01 (Norma Técnica, EFE, 2006),

Tabela 6. Parâmetros de Traçado em Perfil

Traçado em Perfil	Valor normal	Excecional
Aceleração vertical (m/s ²)	0,3	0,4
Inclinação (passageiros)	25	30
Inclinação (misto)	15	25
Inclinação (estação)	2,5	3,5
Raio curva de enlace vertical	10.000	
Comprimento da curva de enlace vertical		Se $V > 60$ km/h L =40 m Se $V < 60$ km/h L =30 m
Cumprimento inclinação uniforme	40	0,3 V

Escalas

No dimensionamento do traçado foi evitada o surgimento de novas escalas na via, para além das necessárias pelos de métodos construtivos e de manutenção.

A coexistência numa mesma via de circulações mais rápidas e de mais lentas faz com que o uso da escala danifique consideravelmente a via, como acontece com os serviços de passageiros Terrasur que circulam a velocidades maiores que os serviços de cargas.

A passagem de comboios em alta velocidade pode envolver o uso de escalas altas, se os raios forem menores.

Quando a circulação passa por aquela via com baixa velocidade, o peso do comboio esmaga o carril mais baixo, o que gera grande desgaste e se não houver uma troca periódica do carril, e conduz a perigo de descarrilamento quando este perde a sua forma teórica.

Assim, na nova configuração do traçado, as curvas foram mantidas com escala, já que não é viável aumentar os raios das curvas, o que seria necessário para manter as velocidades de passagem. As curvas paralelas às curvas existentes, que tem escala, são geradas com a mesma, de forma que a entrevia não diminua devido a diferenças de escala entre as duas vias próximas.

Indicam-se a continuação as escalas existentes nas vias.

h = 20 mm	R= 445 m
h = 80 mm	R= 1.900 m
h = 65 mm	R= 2.000 m
h = 75 mm	R= 1.920 m

Secção tipo

Para a realização do projeto, foi considerado um tipo de secção ferroviária, obtida a partir de estudos específicos de bitola e via ao longo de todo o seu comprimento, para otimizar o ajuste das vias necessárias dentro da plataforma da EFE, evitando afetações desnecessárias a bens e direitos de terceiros.

As medidas mais relevantes da secção tipo com a qual se há organizado as vias entre Santiago e Nos são as seguintes:

- Entrevia de 4 metros (obtida a partir do estudo de entrevia citado)
- Distância mínima até qualquer objeto (medido a partir do eixo da via) 2.10 m.
- Distância mínima até o eixo do poste da catenária. 2,35 - 2,50 m.
- Distância mínima até o confinamento (lado externo) 3,00 m.

Essas medidas foram adotadas tomando como ponto de partida o material móvel que continuará operando UT440 e UT444, bem como os comboios de carga cuja geometria básica foi fornecida pela EFE.

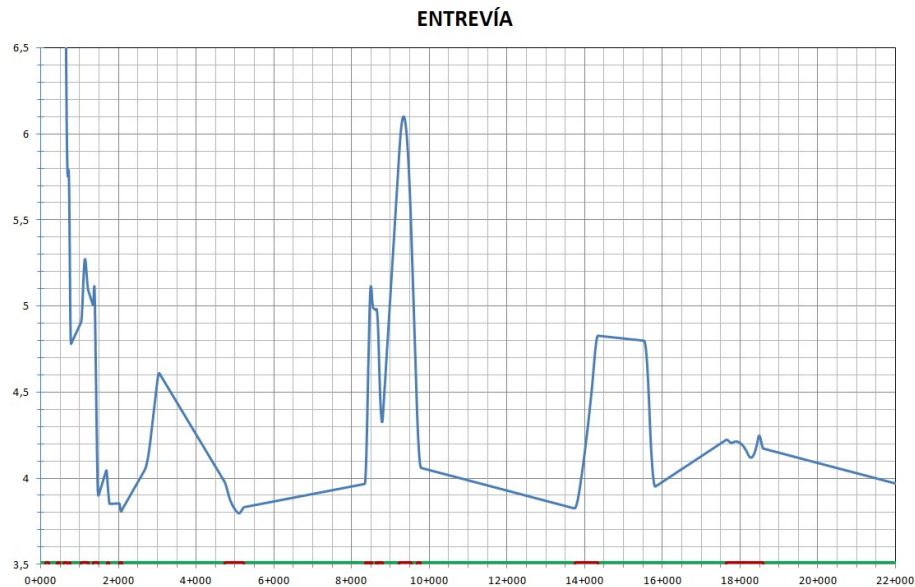


Figura 8. Largura de entrevista de Alameda a Nos

Pode-se apreciar na Figura 8, que a entrevista não é homogênea e os aumentos que existem nela são independentes da localização das curvas. Os maiores valores de entrevista coincidem com a passagem através das estruturas, que devido à sua geometria tornam necessária essa maior largura.

Na EFE, a norma NT 01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT 01-01-01, EFE, 2006) define valores mínimos para as entrevistas para plena via, de acordo com o indicado na Tabela 7.

Tabela 7. Entrevista de acordo com os regulamentos da EFE

Raio da curva [m]	Entrevia nominal mínima [m]					
	Vias	Classe A	Classe B e C	Classe D e E	Classe F	Desvios
$500 \leq R$		4,60	4,60	4,60	4,70	4,00
$400 \leq R < 500$		4,60	4,60	4,65	4,80	
$300 \leq R < 400$		4,80	4,80	4,90		4,30
$R < 300$		4,80	4,90	4,90		

A norma EFE-NSF-11-001 (Norma Seguridad, EFE, 2001) indica que o gabarito para as vias férreas com bitola de 1.676 mm em reta e em curvas maiores de 500 m e o gabarito máximo para o material rodante, deve no mínimo respeitar os valores indicados na Figura 9.

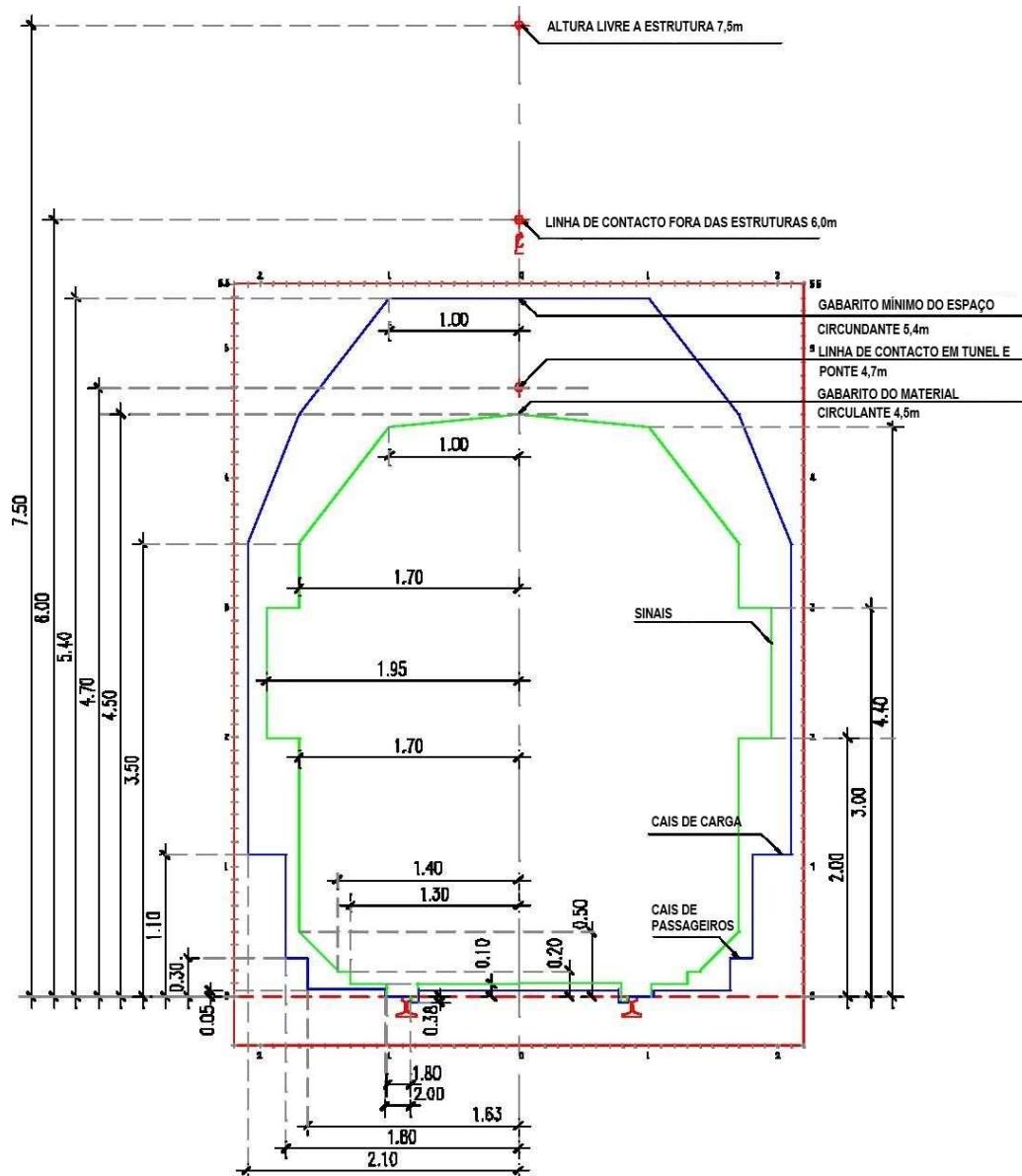


Figura 9. Gabarito cinemático pela norma da EFE

Para determinar a infraestrutura e a superestrutura, as seguintes condições devem ser levadas em conta:

- Classificação do Tipo de Via "Classe E" (Classificação de vias férreas segundo a velocidade máxima admissível de operação).
- A qualidade dos solos de apoio da plataforma existente pode ser classificada como do tipo S2 pela Norma NT-01-01-03 Elementos que constituem a via (NT-01-01-03, EFE, 2006) que o descreve como um solo mediano para plataforma ferroviária, rocha com dureza média, com um conteúdo de finos entre 5 % e 15 % e com um resultado do ensaio

de Determinação de resistência à Fragmentação Los Angeles com valores entre 30 % e 40 %.

- A plataforma a obter, devido aos materiais próximos e fáceis de encontrar, é o tipo P2 pela Norma NT-01-01-03 Elementos que constituem a via (NT-01-01-03, EFE, 2006) que o descreve como Plataforma média, com um resultado do ensaio de Índice de Suporte California (CBR) entre 5 e 20.

Com essas premissas e os estudos geotécnicos, as camadas estruturais da via foram definidas da seguinte maneira:

- Balastro - Espessura mínima por baixo da travessa de 30 cm.
- Sub-balastro - Espessura de 25 cm.
- Base - Espessura de 15 cm.
- Sub-base Espessura de 30 cm.

A rasante das quatro vias é a mesma. Isto implica um aumento na espessura do balastro se se quiser manter a continuidade de pendente transversal das camadas inferiores (Sub-balastro, base e sub-base).

Entrevia

Para realizar o cálculo detalhado e como definição inicial, a "entrevia" foi considerada como a distância medida na direção transversal entre os eixos das duas vias adjacentes

No traçado retilíneo em planta, a entrevia pode ser constante ao longo do comprimento do alinhamento reto, desde que não seja necessário aumentar seu valor devido à necessidade de localizar cais de estação ou à existência de obras civis cuja forma o exija.

No traçado das curvas em planta, a entrevia é condicionada pelos seguintes elementos:

- A inscrição geométrica do material circulante na curva.
- As folgas laterais do veículo e da via.
 - entre o carril e a inscrição geométrica da roda
 - entre a inscrição geométrica da roda e do bogie
 - entre a inscrição geométrica do bogie e a caixa do veículo.
- A escala.
- A insuficiência ou excesso de escala.
- Defeitos de nivelamento transversal em linhas retas e curvas.
- Assimetrias para tolerâncias de construção ou distribuição desigual da carga.
- Deslocamentos laterais da via.
- As oscilações laterais por interação dinâmica entre a via e o material circulante.
- Margens de segurança.

Todas as variáveis indicadas dependem fundamentalmente de três fatores:

- O raio da curva.
- A velocidade de circulação.
- As características do material circulante.

A partir de uma primeira análise dos regulamentos da EFE, conclui-se que a distância nominal mínima a ser implantada em secções retas e em secções curvas com raios superiores a 500 m é de 4,60 m. Este valor parece ser questionável, pelo menos por dois factos comprovados:

1) Atualmente, a via existente entre Alameda e Nos praticamente em toda a sua extensão é claramente inferior aos 4,60 m, que é o valor indicado na norma.

2) Parece ser extremamente conservador em comparação com outros exemplos no âmbito internacional indicados na REDEFE (Recomendaciones, SECTRA, 2003) na Secção 3, no apartado 3.5.7.12. Conclusões:

- AVE Espanhola (bitola 1.435 mm) tem uma entrevista fixa de 4,00 m.
- O Comboio Madrid Barcelona (bitola 1.668 mm) tem uma entrevista fixa de 4,20 m.

É verdade que tanto a bitola, como o material circulante que se utiliza em cada país podem, e de fato, são diferentes. No entanto, esses números podem fornecer valores referenciais entre os valores que poderiam ser usados na Linha Alameda-Nos.

Estas circunstâncias, juntamente com o fato de que o projeto apresenta uma plataforma ferroviária com uma largura da secção transversal limitada, na qual é necessário realizar uma extensão das vias e com a limitação das expropriações a serem executadas, levam à consideração um cenário no qual se deve tentar otimizar o espaço da plataforma e, dessa forma, chegar a uma entrevista de menores dimensões possíveis dentro de margens de segurança razoáveis.

Na busca da menor entrevista possível, efetuou-se um cálculo para as entrevistas necessárias na linha Alameda-Nos como se mostra na Tabela 8. De acordo com os cálculos efetuados, para o material circulante planeado, é necessária uma distância mínima teórica de 3,63 m, para raios maiores ou iguais a 2.000 m. A este valor teórico deve ser adicionado uma margem de segurança que os regulamentos da EFE figura como 50 cm. Esse coeficiente de segurança é fixo e não depende de nenhum fator, o que parece questionável, pois esse fator passa de uma ponderação de 50 % em raios pequenos, para 130 % em raios grandes e retas. Além disso, os valores obtidos para gabaritos exteriores com esse fator de margem de segurança (250 mm, uma vez que apenas um comboio interatua e não dois como está no cruzamento) são muito mais altos do que aqueles indicados na figura incluída na norma EFE. NSF-11-001 (Norma Seguridad, EFE, 2001).

Com exceção dos primeiros 1.500 m, onde há curvas de raio baixo, o resto da linha tem raios superiores a 1.900 m, portanto a majoração da entrevista para estes raios é pequena.

Tabela 8. Cálculo resultante de gabaritos e entrevistas

RADIO CURVA (m)	ENTREVÍA						GÁLIBO EXTERIOR					
	ENTREVÍA TEÓRICO (m)						GÁLIBO TEÓRICO (m)					
	UT 440	UTS 444 UNIDAD TRACTORA	UTS 444 UNIDAD REMOLCADA	CARGAS: UNIDAD REMOLCADA	CARGAS: UNIDAD TRACTORA D-3002	CARGAS: UNIDAD TRACTORA FEPASA	UT 440	UTS 444 UNIDAD TRACTORA	UTS 444 UNIDAD REMOLCADA	CARGAS: UNIDAD REMOLCADA	CARGAS: UNIDAD TRACTORA D-3002	CARGAS: UNIDAD TRACTORA FEPASA
100	4,15	4,31	4,31	4,41	4,04	4,12	2,34	2,47	2,47	2,54	2,33	2,37
250	3,66	3,80	3,80	3,97	3,80	3,88	2,09	2,21	2,21	2,32	2,21	2,25
500	3,50	3,63	3,63	3,84	3,72	3,80	2,01	2,13	2,13	2,25	2,17	2,21
750	3,45	3,58	3,58	3,75	3,66	3,74	1,99	2,10	2,10	2,10	2,03	2,08
1.000	3,42	3,55	3,55	3,70	3,62	3,70	1,97	2,09	2,09	1,98	1,93	1,97
1.500	3,36	3,52	3,52	3,64	3,58	3,65	1,84	2,06	2,06	1,86	1,83	1,87
2.000	3,33	3,47	3,47	3,62	3,56	3,63	1,77	1,93	1,93	1,81	1,78	1,82
2.500	3,30	3,44	3,44	3,60	3,54	3,62	1,71	1,85	1,85	1,80	1,77	1,81
3.000	3,29	3,42	3,42	3,59	3,54	3,61	1,68	1,79	1,79	1,80	1,77	1,81
4.000	3,27	3,39	3,39	3,57	3,53	3,60	1,64	1,73	1,73	1,79	1,77	1,80
5.000	3,26	3,38	3,38	3,57	3,52	3,60	1,63	1,69	1,69	1,79	1,76	1,80
RECTA	3,22	3,32	3,32	3,53	3,49	3,57	1,61	1,66	1,66	1,77	1,75	1,79

A entrevista proposta é de 4,00 m, o que implica, no pior dos casos, uma sobrelargura teórica de 37 cm, o que significa um fator de segurança de 1.860.

$$\begin{aligned}
 e &= 3,2 (\text{largura}) + 0,43(\text{sobrelargura por cálculo}) + 0,37(\text{coef de segurança}) = 4,00 \text{ m} \\
 e &= (3,63 \text{ entrevista teórico}) + 0,37(\text{coef de segurança}) = 4,00 \text{ m} \\
 \text{coef seg} &= \frac{0,37 + 0,43}{0,43} = 1,860
 \end{aligned}
 \tag{3.10}$$

No caso do gabarit mínimo de obstáculos proposto, ele coincide com a norma EFE-NSF-11-001 001 (Norma Seguridad, EFE, 2001), de 2,10 m, o que implica, no pior dos casos, uma sobrelargura teórica de 17 mm, o que significa um fator de segurança de 1,378,

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{2,95}{2} (\text{semi largura}) + 0,45(\text{sobrelargura por cálculo}) + 0,17(\text{coef de segurança}) \\
 &= 2,10 \text{ m} \\
 e &= 1,93 (\text{gabarit teórico}) + 0,17(\text{coef de segurança}) = 2,10 \text{ m} \\
 \text{coef seg} &= \frac{0,17 + 0,45}{0,45} = 1,378
 \end{aligned}
 \tag{3.11}$$

De acordo com estes cálculos, poderia se rever uma redução da via proposta com uma redução do fator de segurança da entrevista de um valor igual ao do gabarit.

$$\begin{aligned}
 e &= 3,2 (\text{largura}) + [0,43(\text{sobrelargura por cálculo}) \times 1,378(\text{coef de segurança})] = 4,00 \text{ m} \\
 e &= (3,63 \text{ entrevista teórico}) + 0,16(\text{coef de segurança}) = 3,79 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{3.12}$$

Aparelhos de mudança de via

Foi realizado o cadastro dos aparelhos de mudança de via existentes, e que podem ser afetados pelo novo traçado entre Alameda e Rancagua. Foram feitas tentativas para manter sua posição atual, sendo impossível na maior parte das vias da estação Alameda como pode-se ver no cruzamento de vias na Figura 10. Isto devido ao fato de que uma reorganização foi realizada para as novas vias principais Nos Xpress e Rancagua Xpress. Os aparelhos de via removidos de suas posições foram reaproveitados numa nova localização na maioria dos casos, não sendo viável em um total de 7 aparelhos que devem ser removidos para uma área de armazenamento para sua possível reutilização em futuras ações da EFE. Em alguns casos, os aparelhos existentes eram manuais e na rede futura eles devem ser mecânicos.

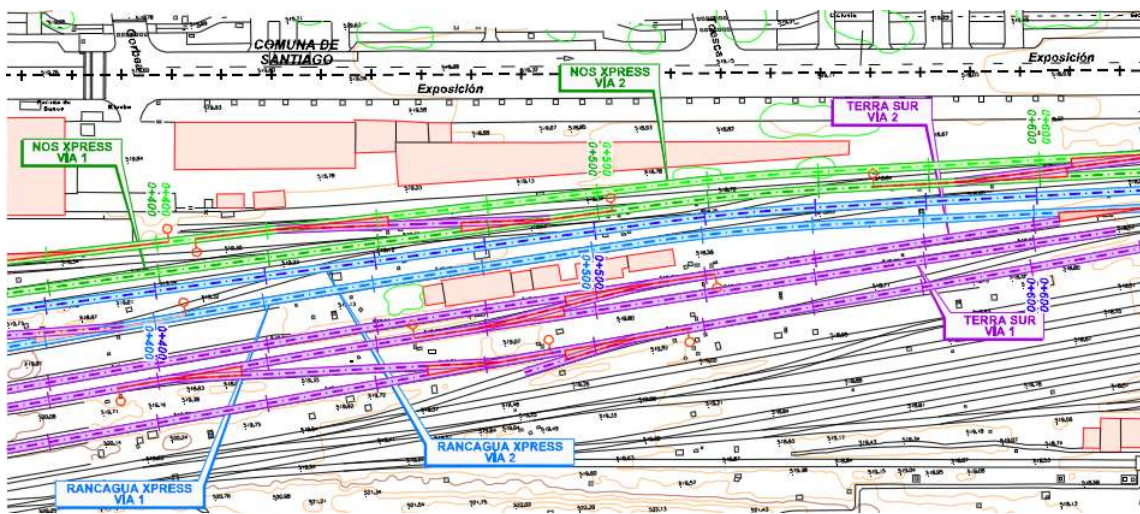


Figura 10. Vias a saída da Estação Alameda

Calços descarriladores

Foi planejado colocar calços descarriladores nas vias secundárias que são potencialmente perigosas por serem vias onde os comboios estão estacionados ou são manobrados. Uma entrada não autorizada ou acidental destes comboios na via principal pode causar um acidente nos comboios em serviço.

Não é necessário instalar calços na conexão de alguns pontos, uma vez que o declive positivo da via é em direção às vias secundárias, de modo que um comboio sem travões não irá para as vias principais, mas, ao contrário, se afastará delas.

Traçado projetado

Em geral, as vias existentes são bastante centradas em relação à faixa de traçado propriedade da EFE. Por esta razão, a expansão para quatro vias foi feita por ambas as margens, uma a leste e outra a oeste. Dentro do traçado existe apenas um tramo das vias que estão muito descentradas em direção a uma das extremidades, neste caso, em direção ao oeste, o que forçou a extensão das duas faixas apenas por uma das margens, ao Leste.

Graças à centralidade das vias em relação à faixa de traçado disponível, na maior parte do percurso não é necessário mover as vias existentes para colocar as novas. No entanto, onde esta centralidade não é tão clara, é necessário o deslocamento das vias em operação, de modo que as quatro vias sejam incluídas dentro da faixa de propriedade da EFE, ou na maior parte para assim evitar expropriações.

A largura da faixa não permite grandes modificações na mudança de trajetória atual, uma vez que possui apenas certas folgas em relação à plataforma existente. Essas folgas são as que permitem centrar as vias na faixa da EFE. Em alguns pontos estas folgas não foram suficientes para melhorar os raios das curvas, pois um aumento destes implicam que a nova via mais externa inevitavelmente saia da faixa disponível numa distância não aceitável.

As vias atuais foram aproveitadas ao máximo possível, para que as situações provisórias sejam minimizadas. Por esta razão, a atual entrevia foi mantida, o que se assemelha aos 4 m e foram geradas duas vias, uma a leste e outra a oeste a uma distância constante de 4 m.

A velocidade de circulação dos comboios de passageiros é de 140 Km/h. Por esta razão, os raios e os desenvolvimentos das curvas que não implicam uma diminuição na velocidade de passagem são elevados. Se o raio for menor, maior será a escala necessária e, conseqüentemente, a curva de transição associada é maior. Como o desenvolvimento dos alinhamentos curvos (transição e curva) para uma determinada velocidade é semelhante, sempre que possível, nas novas vias, foram projetadas curvas com raios maiores, de modo que a colocação da escala não seja necessária, assim como as curvas de transição.

Esse fator também explica o uso de cais centrais para as estações. Assim, a única via que afeta o traçado é a mais a leste, que é a do serviço Nos Xpress e que terá de parar nessa estação. Portanto, a velocidade de passagem nessa curva será baixa. Isso permite o uso de raios de curvas menores e uma afetação claramente menor do que a opção de cais laterais.

No caso de usar cais laterais, o traçado das vias de Rancagua Xpress ver-se-ia afetado, pois implica raios maiores nessas vias, onde as vias sairiam da faixa propriedade da EFE e afetariam outros bens ou o deslocamento das vias de Nos Xpress. Da mesma forma, como o cais fica ao lado da passagem do comboio de cargas e do Rancagua Xpress, esses serviços teriam que reduzir drasticamente a velocidade à medida que passam pela estação. Isso não acontece no caso do cais central, pois existe uma via entre o cais e sua passagem. Outro fator claramente desfavorável aos cais laterais, é que implica o movimento da via atual localizada a leste, o que traz uma série de situações provisórias complexas e caras.

Foi feita uma tentativa de manter as quatro vias paralelas em todo o traçado, de modo que a secção tipo seja constante, o que implica economia de custos ao homogeneizar os materiais. Por esta razão, em algum ponto do traçado foram incluídos raios superiores aos necessários nas vias de Nos Xpress, de modo que estas se mantenham paralelas às vias da Rancagua Xpress, que precisam desses raios com maior amplitude.

3.3.3. Topografia

Antecedentes

Como informação inicial para a elaboração do projeto, a EFE forneceu uma planimetria feita em escala de 1:2000, juntamente com perfis transversais obtidos através de tecnologia LIDAR.

Esta informação foi considerada pouco precisa para cobrir adequadamente o trabalho a ser feito, pois não contava com a escala suficiente e o nível de detalhe necessário. Assim, a IDOM encomendou uma topografia 3D por meio de um voo para obter uma topografia em uma escala de 1:500, tendo obtido os fotogramas entre Alameda e Nos e feito uma restituição fotogramétrica entre Alameda e Nos.

O primeiro trabalho realizado em matéria topográfica foi a verificação das bases topográficas instaladas pela EFE ao longo de todo o percurso, a fim de validá-lo. Estas bases de apoio topográfico serviram para a restituição, bem como para a realização de qualquer outro trabalho topográfico baseado no sistema local.

Os seguintes pontos explicam os trabalhos realizados:

- Validação da topografia entregue pela EFE elaborada pela AMEC-CADE empresa encarregada dos trabalhos de Engenharia Básica e de Engenharia Prévia.
- Verificação dos vértices de apoio entre Alameda e Rancagua
- Voo e Restituição fotogramétrica.

Validação do Levantamento Topográfico

Metodologia

A metodologia seguida para abordar as tarefas de validação da topografia recebida foram as seguintes:

- Revisão dos relatórios entregues pela contratante.
- Revisão de planos. (Arquivos *.dwg)
- Verificação de coordenadas e cotas por amostragem dos vértices de apoio materializados em campo.

Revisão e Análise

Depois de analisar o Relatório dos Estudos Topográficos da empresa AMEC-CADE, verificou-se a execução das tarefas descritas de seguida.

Foram realizados levantamentos topográficos das passagens rodoviárias a nível, das estações existentes e da faixa de traçado existente através da tecnologia LIDAR. O sistema de coordenadas utilizado é UTM relativo ao Datum WGS-84 de referência e está associado ao plano topográfico local (coordenadas PTL).

Os Levantamentos Topográficos foram executados com Ordem de Controlo secundário e superior, de acordo com o Manual Rodoviário do Chile Volume 3 seg. 3.1002.203 (Manual de Carreteras, Edic. 2012).

Cada levantamento tem sua origem pelo menos em 2 monólitos localizados ao longo da linha férrea e próximo ao setor dos trabalhos. Estes monólitos, encontram-se visíveis entre eles e atracados à linha de base, materializados cada 10 km aproximadamente, essa linha de base foi medida com GPS e verificada a distância. As coordenadas dos monólitos foram entregues por meio do transporte de coordenadas entre as linhas de base e foram executadas por meio de poligonização, com o auxílio de Estações Topográficas Totais, pois permitem alcançar erros de fecho normalmente inferiores às margens exigidas, obtendo bons resultados.

Verificação topográfica

De seguida mostra-se um resumo das atividades de campo e de gabinete realizadas por IDOM na etapa do controle topográfico dos elementos físicos (monólitos) existentes ao longo do Tramo Santiago-Rancagua. A verificação dos trabalhos topográficos foi realizada por amostragem, levando em consideração todos os dados e informações fornecidas pela topografia, em tudo o que se refere à planimetria e altimetria dos elementos.

Para verificar a topografia, foram verificados 4 setores do traçado em estudo, especificamente nos seguintes:

- Tramo 1: Km 4.950 a 9.200 Km (Abrange os pontos V 20 a V 35).
- Tramo 2: Km 16.150 a Km 19.900 (Abrange os pontos P 22 a P 4).
- Tramo 3: Km 29.700 para Km 35.150 (Abrange os pontos V 206 a V 225).
- Tramo 4: Km 65,450 para o Km 70,650 (Abrange os pontos V 341 a V 361).

Os controles executados para a verificação dos tramos foram:

- Verificação de materialidade e identificação de MONOLITOS
- Controle de ângulos e distâncias entre MONOLITOS
- Controle de nivelamento entre MONOLITOS

Conclusões da Validação

Verificação de monólitos

A verificação realizada determinou que as obras de topografia executadas para o estudo obedeciam à geometria horizontal, segundo a amostragem angular, bem como atendiam ao desnível determinado entre os pontos de referência, localizados para este projeto. Do universo de amostras (75), 3 monólitos não foram encontrados.

Levantamento de estações

Concluiu-se que os levantamentos das estações recebidos não podiam ser validados para passar para a próxima fase do estudo, relacionado com a preparação do projeto de execução das obras de construção civil para melhoria das estações.

Levantamento de Faixa de Traçado

Concluiu-se que o levantamento da Faixa de Traçado recebido não era válido para avançar para a próxima fase do estudo, que era, elaborar o projeto de obras civis da nova plataforma ferroviária, visto que a Escala (1:2000) utilizada não permite a definição requerida.

Outros

Não foram entregues planos escala 1:500 em pontes, obras de drenagem transversais, passagens pedonais e outras singularidades.

O levantamento não cumpriu as disposições do Manual Rodoviário do Chile (Manual de Carreteras, Edic. 2012).

Houve uma importante falta de relatórios técnicos, indicando a metodologia, o software e equipamentos utilizados, os procedimentos adotados, no que diz respeito à restituição e os levantamentos.

Independentemente do exposto, foi estabelecido que a suficiência na precisão da topografia não correspondia ao nível de detalhe necessário para o projeto final e, portanto, procedeu-se a execução de uma nova topografia.

Novos trabalhos Topográficos

O trabalho desenvolvido para a correta definição do terreno foi realizado de acordo com as seguintes fases:

- Voo fotogramétrico.
- Enlace ao sistema de referência.
- Apoio fotogramétrico.
- Restituição.
- Ortofoto

Voo fotogramétrico

O voo foi realizado em maio de 2012, foi feito a cores, numa escala média de 1:3.500, tendo cobertura estereoscópica por passagens retilíneas de fotografias verticais e foi feito especificamente para este projeto, ajustando-se previamente em cartografia em uma escala de 1:50.000 de modo a cobrir extensivamente a área a ser levantada.

Os fotogramas foram obtidos com uma tolerância de +/- 5 % de erro na escala, voando a uma altura média de 3.444 pés.

O voo foi feito com céu limpo para obter imagens bem definidas. Nenhuma fotografia foi tirada quando o terreno estava obscurecido por neblina, névoa, fumaça ou poeira ou quando as nuvens ocupavam mais de cinco por cento da superfície do fotograma.

A área a ser fotografada é coberta por quatro passagens.

Suporte fotogramétrico

A partir do voo fotogramétrico na escala de 1: 3.500, foram observados os pontos de apoio que cobrem os fotogramas a serem restituídos, determinando um mínimo de 5 pontos por par estereoscópico.

Os pontos de apoio foram observados com a metodologia GPS através de observações combinadas em estática e em tempo real a partir das estações de referência Fixo-1 e Fixo-2, obtendo-se os incrementos de coordenadas no sistema geocêntrico WGS-84 do equipamento de referência para o ponto observado. Estas estações estão ligadas por sua vez com a estação de referência "SANT".

Restituição

Os planos foram restaurados em escala de 1:500 com equidistância entre as curvas de nível de 0,5 m.

Foram utilizadas estações fotogramétricas digitais, trabalhando no sistema analítico DIGI, que garante a continuidade numérica das linhas ou entidades pertencentes a diferentes pares estereoscópicos, o fechamento analítico de figuras fechadas e a continuidade de linhas que são suportadas por outras já existentes.

A restituição planimétrica foi realizada ponto por ponto, com posicionamento nas linhas poligonais de cada um dos pontos de inflexão, registrando suas coordenadas (tanto X e Y planimétrico e Z altimétrico) e o código numérico correspondente. As linhas curvas também foram restituídas ponto a ponto para garantir precisão máxima.

Os planos refletem todos os detalhes planimétricos do terreno que são visíveis e identificáveis no voo, representando-os em escala e posição exata.

As cotas altimétricas mostram-se nos pontos que, devido à sua situação ou condições, é conveniente indicar, assim como uma densidade suficiente de pontos para o tratamento subsequente da cartografia por projetos lineares.

Nas áreas urbanas, foi restituído o encontro dos prédios com a terreno, limites das calçadas, móveis de rua, caixas de visita de serviços, etc.

Nas áreas rústicas foram representados os riachos, rios, canais, lagos, reservatórios, estradas, etc. e parcelário aparente. Além disso, representam-se linhas elétricas, linhas telefônicas, conduções de água etc. e em geral, todos os serviços que podem ser detetados na escala de trabalho.

3.3.4. Drenagem da Plataforma

Estudos hidrológicos

Para a determinação da precipitação do projeto da Estação da Alameda a Nos foi utilizado um estudo hidrológico de base realizado na “Etapa Inicial Prediseño Avanzado Ingeniería Básica – Tramo Santiago Rancagua”, portanto foi necessário validar este estudo.

O estudo hidrológico realizado levou em conta as informações das estações hidrométricas fornecidas pela DGA (Direção Geral de Águas), através do Centro de Informação de Recursos Hídricos (CIRH) e da DMC (Direção de Meteorologia do Chile). No caso da DGA, os registros foram obtidos de 1940 a 2011 e os registros que foram fornecidos pela DMC de 1920 a 2011. Para ambas Direções, os registros são extensos, cumprindo os requisitos necessários para realizar uma análise de frequência, que são nomeados abaixo:

a) Sejam as estações mais próximas da área em estudo e tenham um registro extenso, atual e contínuo, considera-se que a estação é representativa das características geográficas do setor, especificamente a elevação média na qual a plataforma está localizada. Neste caso, foi realizado um preenchimento de dados, obtendo-se uma extensão de registros de 1960 a 2011 (52 anos), que é um registro extenso atual e contínuo.

b) Também para cumprir com o ponto 3.702.3 Análise de observações no ponto de interesse, Manual Rodoviário do Chile Vol. N°3 a frente MC-V3 (Manual de Carreteras, Edic. 2012), uma vez que a extensão do registro é superior a 20 anos. Para estes casos é confiável realizar uma análise de frequência com um nível de confiança acima de 95 %. A extensão de registro utilizada é de 52 anos, com a qual a extensão mínima de 20 anos estabelecida pelo MC-V3 é atendida.

Em concordância com MC-V3, Artigo 3.702.3 Análise de observações no ponto de interesse (Manual de Carreteras, Edic. 2012), é necessário verificar a representatividade, qualidade e consistência da informação de precipitação, de tal forma que os dados representem observações certas e precisas. Neste caso, não é considerado obrigatório ter feito este tipo de análise, pois por um lado, devido ao número de estações que estão sendo trabalhadas e por outro a extensão dos registros que são contados, os resultados obtidos se eles entregarem um erro será muito baixo.

A extensão do registo usado para determinar o plano de Isoietas fornecido pela DGA, é entre 1938-1987 e foi estabelecida a extensão mínima de registo das estações de 15 anos, que nas regiões mais extremas em alguns casos não foi possível atender, mas nessa área os registos utilizados são extensos, ao longo de 20 anos. É de importância notar que as chuvas na última década têm entrado em um declínio, pelo que este estudo foi utilizado como base a permitir ter uma abordagem conservadora na determinação da precipitação de projeto.

É necessário levar em conta que, os resultados entregues pelos mapas isoietas e as análises de frequência, consideram medições de acordo com as práticas meteorológicas padrão das 8h às 8h, de acordo com as estabelecidas pelo MC-V3 em Artigo 3.70 2.404 (Obtenção de curvas IDF a partir de dados pluviométricos). Assim sendo é necessário aplicar um fator de correção para a precipitação máxima P_{10} medida entre 8h e 8h, em comparação com as 24 h mais chuvosas da tempestade, que é igual a 1,1.

Em resumo, considera-se que o estudo realizado é adequado para ser utilizado como base para a conceção da drenagem da plataforma, do tramo da Estação Alameda até a Estação Nos, pois leva em consideração todas as estações disponíveis na área a estudar e também considera todos os possíveis estudos complementares.

Este estudo, com base nas curvas de isoietas preparadas para os "Planos Mestres de Evacuação e Drenagem de Águas Pluviais para a Grande Santiago e Rancagua" (Planes Maestros, DOH, 2001), os resultados propostos no estudo "Investigação de Eventos Hidrometeorológicos Extremos, Precipitações Máximas em 24, 48 e 72 Horas" (Investigaciones, MOP, DGA, 1988-1989) e os resultados propostos pela análise de frequência, obteve-se o resultado final da presente análise, o desenho das curvas de isoietas que serão utilizadas para o dimensionamento do sistema de drenagem.

Conclusão:

O tramo da Estação da Alameda à Estação Nos está localizado entre a curva de 70 a 80 mm, para o qual se considera apropriado estabelecer uma precipitação de projeto setorizada em três secções, que são definidas abaixo:

Secção 1: Estação Central - Estação Lo Valledor, estabelece uma $P_{10}^{24}=72$ mm

Secção 2: Estação Lo Valledor - Estação Lo Blanco, estabelece um $P_{10}^{24}=76$ mm

Secção 3: Estação Lo Blanco - Estação Nos, define um $P_{10}^{24}=80$ mm

As precipitações entregues são tiradas diretamente do plano de isoietas da Figura 11 gerado pelo estudo realizado, para o qual é necessário amplificá-las por um fator de 1.1, para assim atender ao que é imposto pelo MC-V3 (Manual de Carreteras, Edic. 2012). Na Tabela 9 mostram-se as precipitações de projeto para $T = 10$ anos, amplificadas pelo fator de correção.

Tabela 9. Precipitações de desenho $T=10$ anos (amplificadas por 1.1)

Tramo	P_{10}^{24}
1	79.2

Tramo	P ₁₀ ²⁴
2	83.6
3	88

Sistema de Drenagem

Drenagem longitudinal

Para evitar a acumulação da água no contorno da plataforma ferroviária, foi projetado um sistema de drenagem que consiste em três elementos básicos, que são projetados para serem convenientemente pré-fabricados com betão de 7 cm de espessura ou próximo:

- Valetas de forma trapezoidal de base 0,50 m e altura variável como se mostra na Figura 12, construídos a partir de betão H25 (25 MPa de resistência aos 28 dias ensaiado em provetes cúbicos de 20 mm de aresta), com base de pelo menos 50 cm e paredes laterais inclinadas 1/2, inseridas em secções cujo espaço disponível permita a sua implementação.
- Valeta de forma retangular de base 0,50 m e de altura variável como mostra a Figura 14, de acordo com os cálculos hidráulicos com betão H25. É projetado em secções com pouco espaço.
- Valeta fechada com rasgo superior 0,30 m de diâmetro interno como mostra nas Figura 13 e 15, embebido no Sub-balastro. É uma estrutura de betão pré-fabricada que possui uma abertura superior para entrada de água. Projeta-se em secções com espaço mínimo disponível.
- Conexão entre valeta trapezoidal e valeta retangular faz-se através de câmaras de visita, que servem como conexão do tubo de vazamento às trincheiras de infiltração, quando estas existirem.

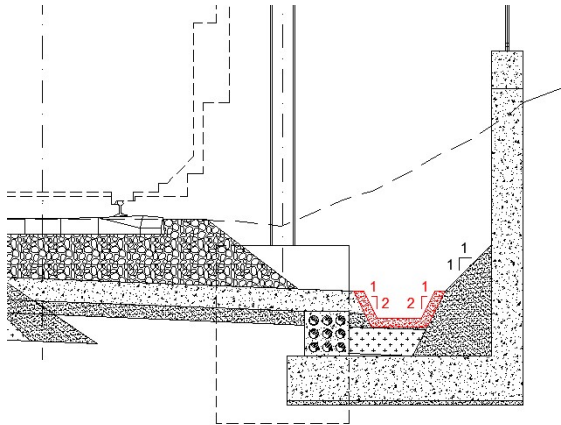


Figura 12. Secção Tipo com Valeta Trapezoidal

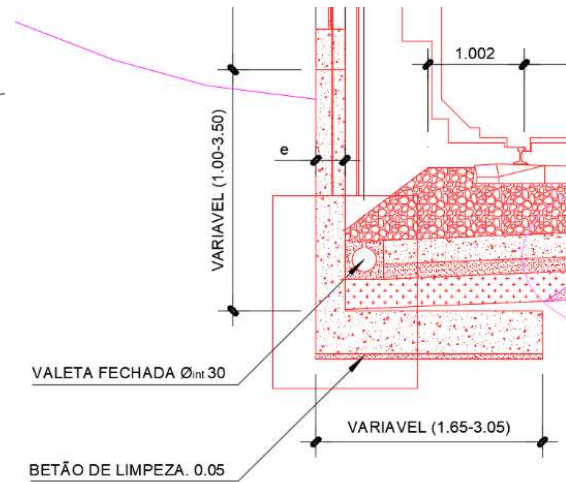


Figura 13. Secção Tipo com Valeta Fechada com rasgo superior

De um modo geral, pode-se dizer que a direção do fluxo em sentido longitudinal da plataforma tem um ponto baixo no PK 2+500, de modo que o fluxo de escoamento é realizado na direção Norte-Sul de Alameda (PK 0+ 000 para Zanjón de la Aguada PK 2+500) e Sul-Norte da Estação de Maestranza para PK 17+000 a 2+500. Da Estação Maestranza em direção à Nos, o fluxo da plataforma é Norte-Sul em direção a Nós.



Figura 14. Valetas Retangulares



Figura 15. Valeta Fechada com rasgo superior

Em relação ao projeto de drenagem das águas pluviais, considerou-se que não há água acumulada no interior da plataforma. Para este fim, as camadas estruturais da plataforma têm uma inclinação de 4 % para o exterior, onde as valetas recolhem as águas em ambos os lados da plataforma ferroviária. Devido à necessidade das valetas estarem abaixo do nível superior da camada de sub - balastro (impermeável), foi necessário projetar uma parte do traçado, muros de contenção de terras que também servem de apoio para os cercos de confinamento, pois a cota do comboio é próxima à do terreno.

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
 “Projeto Rancagua Xpress”

Em geral, procurou-se realizar os descarregamentos para o terreno natural naqueles pontos de descarga que correspondem a transições de zonas de escavação para aterro, e há altura suficiente, projetando a descarga das águas de forma livre para as áreas verdes existentes na maior parte do traçado.

Drenagem Transversal

Para a drenagem transversal foi feita uma inspeção das tubagens existentes para poder determinar a sua adaptação e construir extensões nas zonas onde se iam implantar as novas vias. Parte destas tinham função de canais para a rega de campos existentes nas proximidades, as quais foram revistas junto das Associações de Regantes.

A adaptação dos elementos de drenagem transversal, são indicadas na Tabela 10.

Tabela 10. Elementos de Drenagem transversal a Plataforma

ITEM	PK	Estrutura Existente		Extensão da Estrutura			
		Tipo	Comprimento (m)	Tipo	DIM	Oeste	Este
1	9,603	Sifão D = 1,0 m	11,00	SIFÃO THS	D = 1,0	0,00	10,00
2	10.905	Sifão D = 1,0 m	13,70	SIFÃO THS	D = 1,0	4,50	6,00
3	12,570	Sifão D = 1,0 m	16,50	ABÓBADA BA	HA 1,0 x 0,8	0,00	4,00
4	12,575	Sifão D = 1,0 m	12,90	SIFÃO THS	D = 1,0	4,50	4,00
5	13.300	Sifão D = 1,0 m	12,40	SIFÃO THS	D = 1,0	4,50	4,00
6	14,677	Abóbada D = 1,0 m	10,60	ABÓBADA BA	1,0 x 1,0	5,00	5,60
7	15.300	Sifão D = 1,0 m	11,80	SIFÃO THS	D = 1,0	4,00	5,00
8	16.800	Sifão D = 1,0 m	11,60	SIFÃO THS	D = 1,0	3,00	5,00
9	16.821	Sifão D = 0,80 m	12,00	SIFÃO THS	D = 0,8	3,00	4,00
10	17,181	Sifão D = 0,80 m	12,10	SIFÃO THS	D = 0,8	4,50	5,00
11	17.800	Sifão D = 0,80 m	12,00	SIFÃO THS	D = 0,8	4,30	5,00
12	17.830	Sifão D = 0,80 m	12,15	SIFÃO THS	D = 0,8	4,50	5,00
13	17.877	Sifão D = 0,80 m	10,80	SIFÃO THS	D = 0,8	4,50	4,50
14	18.862	Sifão D = 1,0 m	12,30	SIFÃO THS	D = 1,0	5,50	4,00
15	19,444	Abóbada D = 1,0 m	10,70	ABÓBADA BA	1,2 x 1,2	5,40	5,30
16	19,510	Abóbada D = 1,0 m	12,60	ABÓBADA BA	1,2 x 1,2	6,50	6,70
17	19.838	Sifão D = 1,0 m	12,10	ABÓBADA BA	1,0 x 1,0	5,00	5,00
18	19,902	Abóbada D = 1,0 m	10,40	ABÓBADA BA	1,0 x 1,0	6,00	5,60
19	19,902	Sifão D = 1,0 m	12,20	SIFÃO THS	D = 0,8	4,80	10,60
20	20,332	Abóbada D = 1,0 m	8,80	ABÓBADA BA	1,2 x 1,2	12,50	6,80
21	20,560	Sifão D = 1,0 m	10,00	SIFÃO THS	D = 1,0	12,00	6,7

Trincheiras de Infiltração

Nos pontos onde não há possibilidade de descarregar em terreno natural, o vazamento é feito em trincheiras com pouca profundidade (de 1 a 3 m aproximadamente) que tem a função de acumular as águas e criar pontos artificiais onde as águas descarreguem no terreno. Para este efeito, as águas são recolhidas nas valetas e vertidas numa caixa, onde um tubo de 300 mm de diâmetro sai, passando pelo muro de betão que forma o sistema de contenção da terra, despejando as águas a trincheira de infiltração de dimensões variáveis como pode-se apreciar na Figura 16.

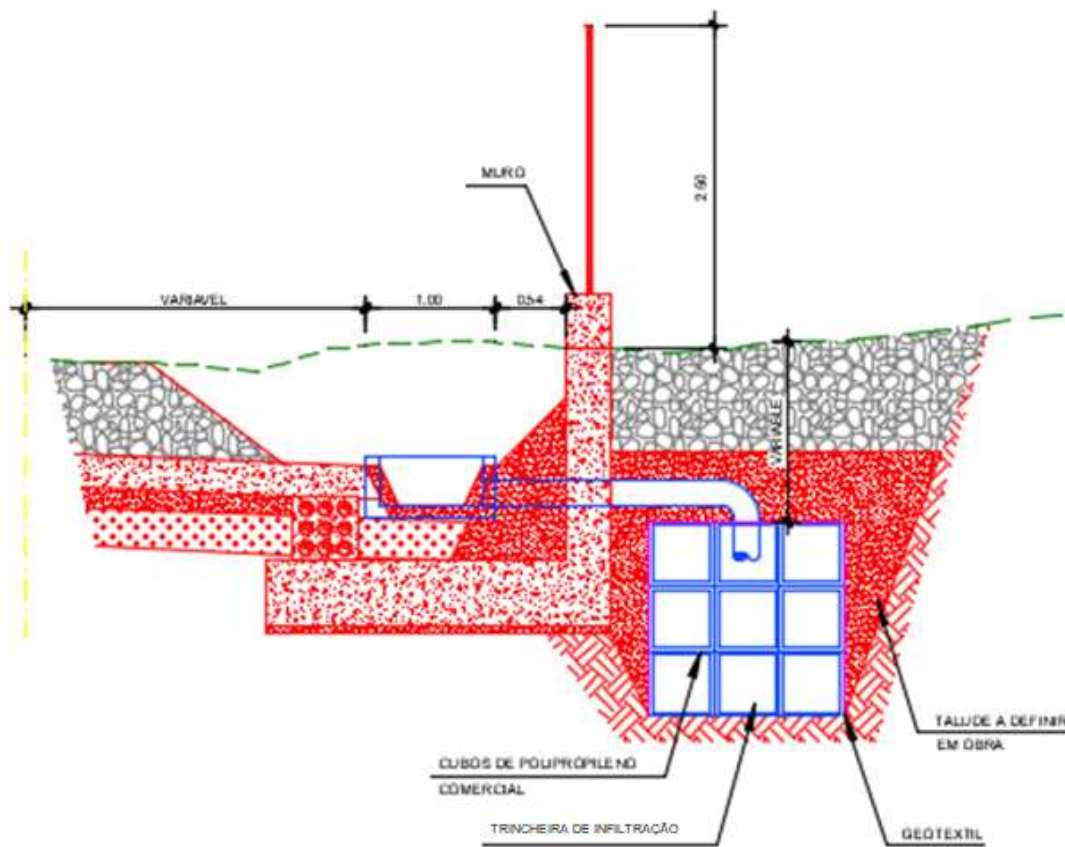


Figura 16. Descarga a trincheira de infiltração

As trincheiras de infiltração são retangulares e consistem em cubos de material plástico e resistência suficiente para resistir a cargas do tráfego superior. O conjunto é coberto por uma manta geotêxtil e por cima coloca-se uma camada de solo compactado. Este sistema é capaz de armazenar a precipitação pluviométrica por 24 horas. As dimensões dessas trincheiras dependem do fluxo de abastecimento e da permeabilidade da terra.

Foram projetados de acordo com o indicado no Manual de Técnicas Alternativas para soluções de Águas das chuvas em Setores Urbanos, Capítulo 4.2.2 (Manual Técnicas Alternativas, MINVU, 1996).

Assim sendo calcula-se seguindo o procedimento indicado no referido Manual, obtendo o volume de armazenamento (V_{arm}), sendo a máxima diferença entre o volume afluente (V_{aft}) acumulado de água da chuva, para uma chuva com um período de retorno de cálculo e o volume acumulado infiltrado (V_{inf}).

$$V_{aft}(t) = 1,25 \times 0,001 \times C \times A \times I_t \times t = 1,25 \times 0,001 \times C \times A \times P_t^5 \quad (3.13)$$

Onde, $C = 0,4$, coeficiente de escoamento de toda a área de aporte (A) e P_t^5 é a chuva equivalente a um período de retorno de 5 anos e duração t , obtida a partir da seguinte expressão:

$$P_t^5 = 1,1 \times P_{24}^{10} \times CD_t^{24} \times CF_{10}^5 \quad (3.14)$$

Onde, P_{24}^{10} = é a precipitação de 10 anos de período de retorno e 24 horas de duração (mm); CD_t^{24} = coeficiente de duração para 10 anos de período de retorno de acordo com a tabela 3.702.403.A do MC-V3; CF_{10}^5 = coeficientes de Frequência para transformar um período de retorno de 10 anos em outro de 5, conforme tabela 3.702.403.B do MC-V3.

$$V_{inf}(t) = 0,001 \times C_s \times f \times A_z \times t \quad (3.15)$$

Onde, C_s = fator de segurança (1); f = a taxa de infiltração de cálculo (mm/h); A_z = área filtrante da trincheira e t = tempo em horas.

Para finalmente obter o volume de armazenamento da trincheira a partir da seguinte expressão:

$$V_{arm} = p \times V_{trin} \quad (3.16)$$

Onde, p = Porosidade do Recheio (0,98) e V_{trin} = Volume da Trincheira

Na Tabela 11 são dadas as precipitações por intervalo de tempo e os coeficientes de duração adotados, que são os mesmos do estudo hidrológico.

Tabela 11. Precipitações adotadas

Tempo Hr	Intervalo Hr	CD	Pt mm
1	1.00	0.17	16.5
2	1.0	0.26	25.2
4	2.0	0.42	40.7
6	2.0	0.55	53.2
8	2.0	0.64	62.0
10	2.0	0.71	68.7
12	2.0	0.77	74.5

Tempo Hr	Intervalo Hr	CD	Pt mm
14	2.0	0.84	81.3
18	4.0	0.94	91.0
24	6.0	1.00	96.8

O dimensionamento foi feito, dependendo do comprimento que é drenado (L da Tabela 12), pois as larguras de aporte em cada um dos tipos de trincheiras é a mesma. A precipitação de projeto é a mesma para todos os lanços.

Para obter um desenho mais confiável, foram realizados testes de infiltração em diferentes setores, que têm como objetivo determinar a capacidade de absorção de água no terreno, estando os resultados apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Ensaios de infiltração

Nº	P.K.	Localização	Infiltração mm/h
1	5+050	Rua Plano Regulador	610
2	7+900	Rua Eduardo Frei	358
3	11+700	Av. Ochagavía	639
4	14+600	Rua Santa Marta	1282
5	18+100	Rua Enrique Madris	1859

Na Tabela 13 mostra-se o tipo de trincheira de infiltração por tramos com intervalo de comprimento.

Tabela 13. Tipologias de Poços de Infiltração

TIPO	L(m)
1	125
2	125-200
3	200-275
4	275-325
5	325-425

O dimensionamento das trincheiras de infiltração obtido é conservador pois a precipitação utilizada foi a maior dos três tramos e a taxa de infiltração adotada é a menor obtida nos ensaios. No total, 85 poços de infiltração foram considerados ao longo do traçado.

Na Figura 17 mostra-se como exemplo uma trincheira de Infiltração Tipo 2.

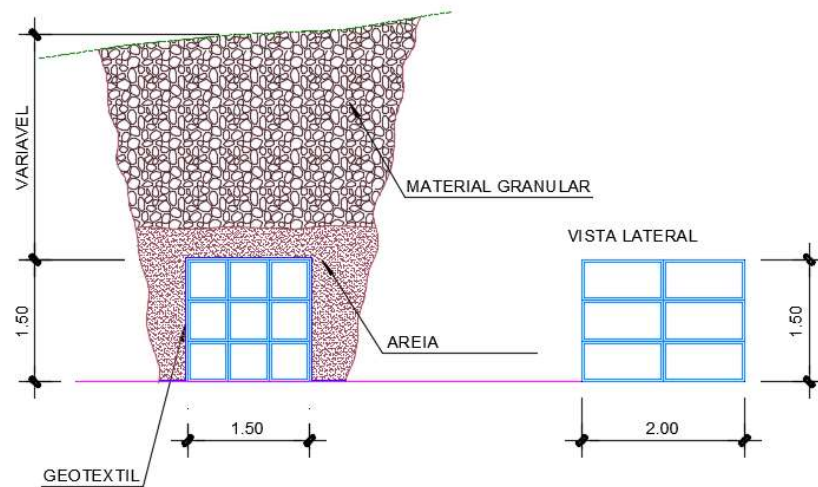


Figura 17. Trincheira de Infiltração Tipo 2

3.3.5. Geotecnia da Plataforma

Introdução

Os solos da Esplanada (superfície de terreno natural, em escavação ou aterro sobre o qual assentará a plataforma da via, ou também chamado de "solo de apoio") foram caracterizados no documento "Relatório de Geotecnia Final Tramos I e II Rancagua Xpress" de novembro de 2011 elaborado pelas empresas AMEC-CADE e MSA Engenharia por ordem da EFE. Esta informação foi revista pela empresa IDOM e conclui-se que não houve amostragens ou testes de laboratório descrevendo a qualidade do estrato superior do terreno para fins de projeto ferroviário. Só foi encontrado no Anexo 1 do referido documento "Descrição Visual Estratigráfica de escavações de poços na Via, com 3 m de profundidade", além das escavações de poços profundos; mas nenhum deles caracteriza suficientemente este primeiro estrato para fins do projeto definitivo da via. Portanto, foram feitos estudos adicionais em junho de 2012.

Nos documentos anteriormente mencionados descreve-se o estrato superior do solo existente como "Recheios heterogêneos superficiais tipicamente detetados entre 0 e 2 m de profundidade".

Os estudos de caracterização do terreno para o projeto, consistiram na escavação manual de 106 poços até 3 m de profundidade. Os poços foram localizados em pares em todas as singularidades da chamada Faixa da EFE, a cada lado da plataforma ferroviária nas proximidades de futuras estações de estruturas a desnível (pedonal e rodoviária) e ao longo da via.

Foram revistos todos os estudos prévios entregues pela EFE, em especial os ensaios de campo e laboratoriais e estratigrafia visual do terreno. Verificou-se que existem poços profundos orientados para as estações, passagens rodoviárias desniveladas e passagens pedonais desniveladas; e poços ao longo da via com 3,0 m de profundidade, a cada 500 m aproximadamente. Foi ratificado que nos estudos prévios, em nenhum poço há testes de laboratório ou de amostragem correspondentes à camada superior, identificada como "U1" ou Unidade 1.

Para os fins desta etapa do estudo, utilizou-se a informação fornecida pelos certificados de "Descrição Visual Estratigráfica" do citado relatório da empresa AMEC-CADE, e foi estudado em maior detalhe o estrato superior, considerado como utilizável de acordo com a inspeção visual superficial do solo feita pelos engenheiros de IDOM. Optar por extrair essa camada completa em 3.0 m de profundidade é quase impraticável, dada a proximidade da linha em operação.

Perfil Geotécnico

Finalmente de acordo com a caracterização complementar realizada em terreno pela IDOM, o solo apresenta os seguintes estratos:

- **Estrato 1 (0,0 m para 1,10 a 1,30 m):**
Cheio de cascalhos arenosos com cantos arredondados que compõem o aterro nos primeiros 60 a 80 cm, está contaminado com lixo e detritos, de compactação média.
- **Estrato 2 (1,10 a 1,30 m a 1,80 m)**
Esta camada de espessura variável entre 30 e 60 cm, que em alguns poços não foi detetada, corresponde a uma areia sedimentada de compactação média, solos finos em cascalhos arenosos.
- **Estrato 3 (1,30 a 1,80 maior que 2,0 m)**
Cascalhos arenosos de cantos arredondados, denominados como cascalhos da grande Santiago de compactação densa.

O estrato superior do solo tem um teor de finos médio de 24 % com um desvio padrão de 10 %, que não vai ultrapassar o valor de 40 % na maioria dos casos. Portanto, este solo corresponde ao tipo S2 solos médios para plataforma, como já se indicou no ponto 3.3.2 Traçado, Secção Tipo, pela classificação de solos de apoio dada pela Norma Técnica de Materiais Constituintes da Via (NT-01-01-03, EFE, 2006). Sendo o conteúdo de finos superior a 15 %, considera-se que o projeto tem boas condições de drenagem, portanto, pode-se aceitar até 40 % de finos.

A camada superior do solo tem uma média de 42 % de cascalho, mais uma média de 37 % de areia. O Tipo de solo identificado é um cascalho, acompanhado principalmente por areias, silte e algumas argilas. Além disso, a condição predominante deste solo é a homogeneidade, com ou sem algumas indicações de matéria orgânica, cimentação entre forte e fraca, consistência / compactidade entre médio e médio / denso. Isto indica que este solo terá um CBR in situ superior a 5 % segundo a experiência do especialista de IDOM, e os medidos dão cerca de 10%. Compactado a 95 % do Proctor Modificado, conforme exigido pela norma para a camada superior, o CBR deve exceder 15 %. Portanto, a qualidade do apoio da plataforma será "P 2 Regular" ou de resistência média para os propósitos da aplicação da tabela "Dimensionamento de camadas" do ponto 7.1.2 da NT 01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT 01-01-01, EFE, 2006).

Plataforma - pontos de exceção com conteúdo fino superior a 40 %

Foram detetados dois pontos onde o solo, de acordo com a descrição visual estratigráfica, possui 50 % de finos. Nesses pontos a diferença entre a rasante e o terreno excede o 1,4 m, ao qual deve ser adicionada uma decapagem de uma camada de 0,30 m, que dá um total de 1,7 m entre a topo do carril e o solo existente. Portanto, nesses locais, uma camada de aterro será colocada sob as camadas estruturais; o material deste aterro deve atender aos requisitos da norma NT-01-01-03 Elementos que constituem a via (NT-01-01-03, EFE, 2006) para o tipo de solo "S2" por homogeneidade. Portanto, esses dois pontos, ao ter um aterro, também obedecerão ao solo do tipo "S2".

Solos inadequados

No documento "Relatórios Geotécnicos Finais I e II Projeto Rancagua Express" de empresa AMEC-CADE é indicado, que a unidade de solo U1 localizada entre 0 e 3 m de profundidade, consiste em: *"Recheios heterogêneos compostos de lixo, material de detritos típico com espessura de 1,5 m. A camada subjacente ao recheio descrito, consiste num recheio de solo fino superficial contaminado, constituído por solos finos de consistência variável por sectores, consistência típica média a alta, espessura variável norte a sul entre zero e um metro. "*

No entanto, como indicado na introdução do mencionado relatório, nenhuma menção ao lixo e detritos foi encontrada nos certificados de descrição estratigráfica, mas indica que é um preenchimento artificial homogêneo. Além disso, em muitos poços, a espessura destes supostos recheios heterogêneos é inferior a 1,5 m.

Isso motivou a realização de novos trabalhos de campo para complementar a informação neste estrato superior, como já se indicou no ponto anterior. Assim sendo concluiu-se que é utilizável de acordo com a inspeção visual superficial e a campanha de amostragem e testes de campo realizada pelos engenheiros de IDOM.

Concluiu-se que é necessário fazer uma decapagem, dada a confirmação da contaminação do estrato superior com lixo e detritos. O estrato superior deve ser removido em 1,0 m de profundidade.

Para o propósito desta etapa e o uso parcial desta camada, deve-se considerar que será necessário realizar uma decapagem de um 1,0 m de toda a superfície para receber os aterros. Nos locais em que, na opinião da inspeção técnica, não se qualifica como solo tipo "S2", o solo existente deve ser extraído e substituído por solo adequado.

Camadas Estruturais

As camadas estruturais da plataforma foram obtidas a partir das tabelas de dimensionamento de camadas do Gráfico de Espessuras de Balastro e Sub-Balastro da Norma NT 01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT 01-01-01, EFE, 2006) como se mostra na Figura 18, a qual depende da categoria da via que neste caso é **4A**.

Categoria da Via	7	6	5	4B	4A	
10 ³ t/dia	<1,5	<5	<20	<30	<40	
ESPESSURA DE BALASTRO						
0 cm						
10 cm	Travessas de madeira					
15 cm						
20 cm						
25 cm	Travessas de betão					
30 cm						
ESPESSURA DE SUB BALASTRO						
0 cm						
10 cm	Travessas de madeira ou betão de largura maior ou igual a 2,4m					
15 cm						
20 cm						
25 cm	Travessas de madeira ou betão de largura maior ou igual a 2,4m					
30 cm						

Figura 18. Gráfico para seleção das Espessuras de Balastro e Sub-balastro

A Estrutura de camadas necessárias em função da qualidade do solo de apoio e a qualidade da plataforma foram determinadas pelo gráfico que se mostra na Figura 19 da Norma NT 01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT 01-01-01, EFE, 2006). Como já se tinha indicado no ponto 3.3.2 Traçado; Secção Tipo; a qualidade do solo de apoio e a resistência da plataforma classificam-se como **S2** e **P2**, respetivamente, como foi determinado pela Norma NT-01-01-03 Elementos que constituem a via (NT-01-01-03, EFE, 2006).

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
 “Projeto Rancagua Xpress”

Qualidade do solo de apoio	S1 Baixa	S2 Media	S3 Boa
P1 Má			
P2 Media			
P3 Boa			

Figura 19. Gráfico para seleção das Espessuras de Base e Sub-base

Pelo método indicado foram determinadas as camadas que compõe a plataforma, mas estas indicam os valores mínimos a utilizar. Deste modo, para manter a mesma estrutura de plataforma das duas vias existentes, foram utilizadas as mesmas espessuras destas, dando assim a continuidade a cada uma delas e melhorando o comportamento do conjunto ao longo de tempo. Na Tabela 14 mostra-se os valores determinados e os finalmente utilizados e que existem nas duas vias atuais.

Tabela 14. Camadas Estruturais determinadas e a utilizar

Camada	Estrutura de Camadas determinada	Estrutura de Camadas utilizada
	Espessura (cm)	Espessura (cm)
Balastro	25	30
Sub-balastro	20	25
Base	15	15
Sub-base	15	30

3.3.6. Vala Técnica

O dimensionamento do bloco de tubagens para telecomunicações (Vala técnica) permite ordenar as instalações de segurança e telecomunicações entre as Estações, no lanço entre Alameda e Nos. O projeto da vala técnica foi definido em reuniões com a EFE pelas necessidades por eles indicadas, pois estes têm contratos com empresas de telecomunicações locais para instalações de cabos.

Características da vala técnica

- Instalação de 9 tubagens de polietileno flexível, em bloco de areia e cobertos por terra natural, como se mostra na Figura 20.
- Cada tubagem terá uma secção externa de 100 mm.
- Vala técnica terá um bloco com nove tubagens em filas de três.
- Em relação à ocupação, 4 dos 9 tubos se utilizaram para colocação de fibra ótica.
- A cada 100 m, uma caixa de visita será instalada para ter acesso o conteúdo interno das tubagens. Após a colocação de quatro caixas consecutivas, a quinta será instalada a 90 m, isto porque o comprimento do tubo duplo (destinado à colocação de fibra ótica) é de 490 m.
- As caixas de visita serão em betão armado.
- A vala técnica estará perfeitamente conectada em cada caixa de visita, a fim de dar continuidade à estrutura.

Implantação

A vala técnica proposta foi implantada da seguinte maneira:

- A vala técnica foi colocada pelo exterior da via Rancagua Xpress. Esta será instalada no lado de fora (atrás) dos postes de catenária instalados ao lado da via.
- Será evitado instalar a vala técnica na zona de entevias.
- Evitar-se-á instalar a vala técnica por abaixo das vias, salvo na área onde existe o cruzamento das vias.
- Na passagem por baixo das vias (cruzamento de vias), serão feitos com tubagens cobertas de areia como se mostra na Figura 21. Em ambos lados do cruzamento se construirão caixas de visita.

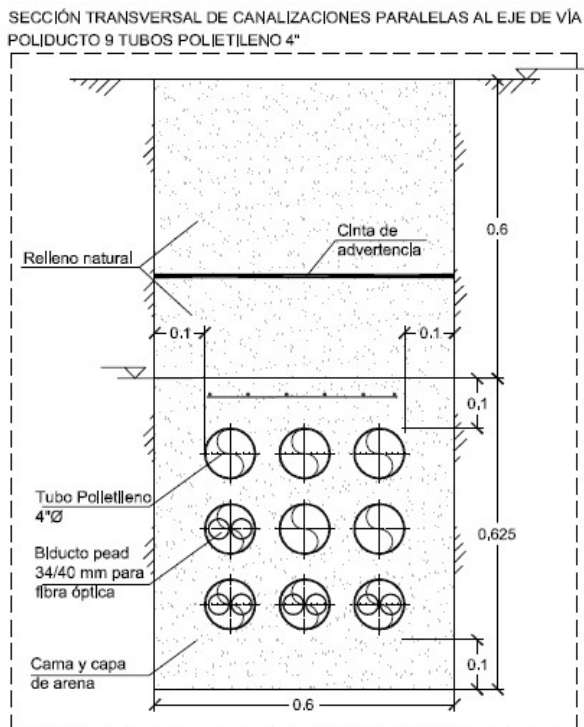


Figura 20. Detalhe de vala técnica paralela a via

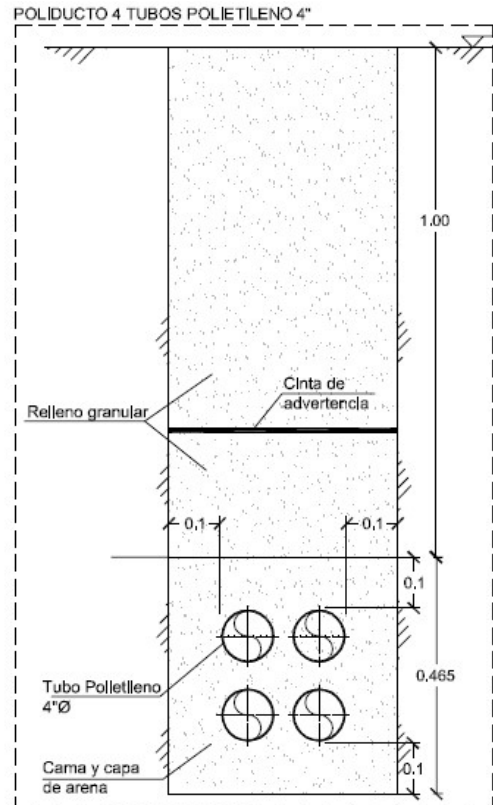


Figura 21. Detalhe vala técnica perpendicular a via (passagem por abaixo das vias)

Desenho em pontes

O projeto do bloco de tubagens de telecomunicações em pontes depende fundamentalmente do tipo de ponte, isto é, do material de fabricação do tabuleiro. No caso de pontes metálicas, as tubagens serão apoiadas por estruturas de metal soldadas à alma da viga, colocadas através de nove tubos de aço galvanizado. No caso de pontes de betão, o bloco de tubagens será embebido na laje.

3.3.7. Muros de Contenção

Como estruturas de contenção de terras, tanto em escavação como em aterro como se mostra na Figura 22, a empresa adjudicatária das obras definiu muros de contenção pré-fabricados de vários tipos, com base nas diferentes alturas de terras a ser contida.

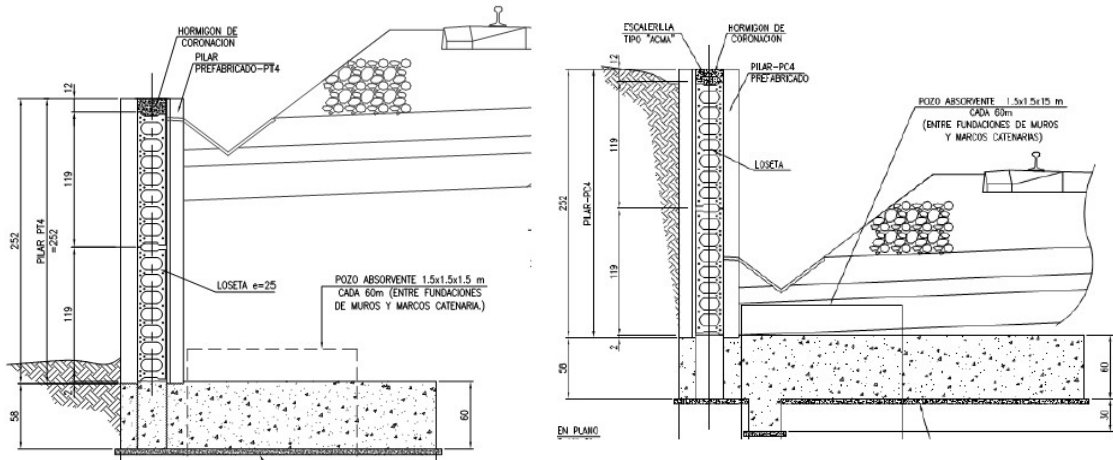


Figura 22. Muros de contenção prefabricados de 2,5m em aterro (esquerda) e escavação (direita)

A necessidade dos muros foi considerada para reduzir novas áreas para as obras da plataforma, evitando assim a ampliação da faixa que seria necessária para considerar os vazamentos em escavações e aterros, que requereriam expropriações.

Os muros de contenção para zonas de escavação e aterro, são descritos de acordo com sua altura: H = 1,2 m, H = 1,5 m, H = 2 m, H = 2,5 m, H = 2,98 m, H = 3,57 m. Eles são estruturados com base em lajes alveolares de betão pré-esforçado, suportado em perfis metálicos ou pilares pré-fabricados de betão armado, que são incorporados em sapatas isoladas betonadas *in situ*. A fim de conceder a respetiva altura a cada muro foram utilizadas várias configurações de lajes alveolares, apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15. Tipologias de Muros de Contenção

Laje alveolar pré-esforçada e=20cm				
Tipo de Muro	Altura laje 1 (m)	Altura laje 2 (m)	Altura laje 3 (m)	Laje BA (m)
Muro 1.20 m	1.2	0	0	0
Muro 1.50 m	1.2	0	0	0.3
Muro 2.00 m	1.2	0.506	0	0.294

Laje alveolar pré-esforçada e=25cm				
Tipo de Muro	Altura laje 1 (m)	Altura laje 2 (m)	Altura laje 3 (m)	Laje BA (m)
Muro 2.50 m	1.19	1.19	0	0.12
Muro 2.98 m	1.19	1.19	0.595	0
Muro 3.57 m	1.19	1.19	1.19	0

A solução apresentada na Fase de Engenharia do Projeto foi abandonada, já que no Caderno de Encargos e Condições da Contratação foi incluída a opção, que a empresa adjudicatária pode apresentar soluções alternativas que possam trazer melhorias do ponto de vista económico sem diminuir a sua qualidade, isso com aprovação do Dono de obra. A redução de custos foi obtida com a diferença entre o total de muros orçamentados de acordo com o projeto de licitação ou de anteprojeto e aquele apresentado com a nova alternativa. Estes são distribuídos em partes iguais, ficando assim ao dono de obra um benefício de 50 % da diferença.

Para o cálculo dos muros de contenção, a entidade adjudicatária apresentou as Memórias de Cálculo feitas por projetista acreditado, onde foram verificados os critérios utilizados para as cargas, combinações e sistemas de cálculo utilizados para dimensionamento.

3.3.8. Pontes

As obras correspondentes às pontes, tratam-se da extensão, construção e / ou reparação das seguintes pontes ferroviárias descritas na Tabela 16.

Tabela 16. Pontes do Projeto

Nome da Ponte	P.K. Início	P.K. Início	Tipo de Estrutura	Vias	Vãos	Descrição da Intervenção
Iquique	1+345	1+362	Tabuleiro e apoios em betão armado	Atualmente permite 5 vias	2	O estado da parte inferior tem-se visto deteriorado pela baixa altura, os veículos altos têm batido nas vigas dos acessos alterando a geometria destas. O reduzido pé-direito da ponte torna-a propensa a impactos com alguma frequência. Os trabalhos executados consistiram em: • Limpeza de superfícies, reparação estrutural de betão e pintura dos muros de betão. • Melhoria da drenagem da ponte, para evitar derrames na estrada.
Antofagasta	1+643	1+6611	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 6 vias	2	A ponte contém tabuleiros para 6 vias férreas, suficientes para instalar as vias projetadas, no entanto, estas apresentam um alto grau de deterioro das estruturas metálicas, com corrosão avançada nos banzos das vigas principais. Devido a estas condições, foi projetada a substituição de todos os tabuleiros metálicos da ponte, com apoio nos pilares e encontros existentes.
Melipilla	2+073	2+098	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 5 vias	2	A ponte apresenta 5 vias, duas das quais devem ser melhoradas para atender aos padrões do projeto. A ponte em termos de estrutura é suficiente para suportar as solicitações induzidas pelas vias, mas foi necessário reparar 2 dos tabuleiros metálicos existentes.
Zanjón De La Aguada	2+734	2+750	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 4 vias	1	A ponte atual tem 4 vias, no entanto foi necessário substituir o tabuleiro do lado Este da ponte, e instalar o novo uns 10 m mais afastado, para permitir a construção do cais central da estação. Também foi necessário realizar trabalhos de pintura e executar o ajuste e proteção do tabuleiro Oeste para por em funcionamento a via Rancagua Xpress 1.

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
"Projeto Rancagua Xpress"

Nome da Ponte	P.K. Início	P.K. Início	Tipo de Estrutura	Vias	Vãos	Descrição da Intervenção
Autopista Del Sol	2+774	2+804	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 3 vias	2	A ponte atual tem 3 vias, porém é necessário considerar a extensão da ponte pelo Leste para instalar a via Nos Xpress 2, que se abre a uma distância de aproximadamente 10 m das atuais para acomodar o cais central da futura estação Pedro Aguirre Cerda, e realizar trabalhos de manutenção no tabuleiro oeste da via Rancagua Xpress 1.
Carlos Valdovinos	2+941	2+963	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 4 vias	2	A ponte tem 4 vias e não é preciso nenhuma extensão para instalar as novas vias do projeto. Os trabalhos executados consistiram em: <ul style="list-style-type: none"> • Limpeza de superfícies, reparação estrutural de betão e pintura dos muros. • Limpeza de superfícies, reparação estrutural e pintura em 100 % do atual tabuleiro oeste.
Departamental	4+206	4+251	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 2 vias	2	A ponte atual tem 2 vias, porém é necessária a construção de 2 vias, uma pelo extremo Este e outra pelo Oeste. Os novos tabuleiros serão metálicos com 2 vãos, de estrutura similar aos existentes. Os encontros e pilares centrais, serão construídos sobre estacas de fundação escavadas à mão de 1 m x 1 m. As profundidades das estacas serão de 11 m para encontros e 5 m para os pilares centrais.
Lo Ovalle	6+000	6+022	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 2 vias	2	A ponte atual tem 2 vias, porém é necessária a construção de 2 vias, uma pelo extremo Este e outra pelo Oeste. Os novos tabuleiros serão metálicos com 1 vão. Os encontros serão construídos sobre estacas de fundação escavadas à mão de 1 m x 1 m. As profundidades das estacas serão variáveis pois estas apoiam-se sobre os muros de contenção por gravidade que servem de encontro e contenção de terras das estruturas existente. Foram verificadas as condições de apoio e resistência dos muros existentes, para suportar as novas cargas.
Américo Vespucio	8+531	8+588	Tabuleiro e apoios em betão armado	Atualmente permite 2 vias	3	No projeto original da ponte considerava uma futura expansão para uma terceira via, aproveitando-se os encontros e apoio central. Para acomodar as novas vias Rancagua Xpress 2 e Nos Xpress 2, foi necessário adaptar e expandir os encontros e apoio central, tanto a Este como a Oeste sendo necessário mover as vigas pré-fabricadas existentes para sua posição final (uma para o oeste e outra para o leste) para assim ser capaz de acomodar os dois novos tabuleiros metálicos, mantendo a configuração de 3 vãos.
Lo Espejo	9+531	9+547	Tabuleiro e apoios em betão armado	Atualmente permite 3 vias	1	A estrutura atual da ponte permite a instalação da terceira via e é considerada uma extensão da ponte a Este para instalar a quarta via, através da instalação de um tabuleiro de metálico. Este novo tabuleiro será de um vão com encontros em betão armado com estacas de fundação escavadas à mão de 1 m x 1 m. As profundidades das estacas serão de 11 m.

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
"Projeto Rancagua Xpress"

Nome da Ponte	P.K. Início	P.K. Início	Tipo de Estrutura	Vias	Vãos	Descrição da Intervenção
Gran Avenida	14+900	14+938	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 2 vias	3	A ponte atual tem 2 vias, porém é necessária a construção de 2 vias, uma pelo extremo Este e outra pelo Oeste. Os novos tabuleiros serão metálicos com 3 vãos. Os encontros serão construídos sobre estacas de fundação escavadas a mão de 1 m x 1 m. As profundidades das estacas serão de 5 m para os pilares que servirão de apoios centrais e de 10,5 m para os encontros.
Colon	15+602	15+623	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 3 vias	2	A ponte atual tem 3 vias, porém é necessária a construção de 1 via pelo extremo Oeste. Esta nova via terá 2 vãos com tabuleiros metálicos com estrutura similar aos existentes, apoiada em encontros de betão armado e pilar central. Os encontros e pilar central serão construídos sobre estacas de fundação escavadas à mão de 1 m x 1 m. As profundidades das estacas serão de 5m para o pilar que servirá de apoio central e de 11 m para os encontros.
O'higgins	15+785	15+794	Tabuleiro metálico, muros em mampostaria de pedra e encontros em betão armado	Atualmente permite 3 vias	1	A ponte atual tem 3 vias, porém os encontros e o tabuleiro do lado Este encontram-se bastante danificados. Assim sendo será necessária a construção de 3 novos tabuleiros e apoios para as duas vias dos extremos Este e Oeste. Os novos tabuleiros serão metálicos com um vão e estrutura similar aos existentes. Os encontros serão construídos sobre estacas de fundação escavadas à mão de 1m x 1m. As profundidades das estacas de fundação para os encontros serão de 15 m.
San José	16+299	16+321	Tabuleiro e apoios em betão armado	Atualmente permite 3 vias	2	A estrutura atual da ponte permite a instalação da terceira via e é considerada uma extensão da ponte a Este para instalar a quarta via, através da instalação de um tabuleiro de metálico. Este novo tabuleiro será de 2 vãos com encontros e apoio central com dois pilares de betão armado. Estes são fundados por estacas escavadas à mão de 1 m x 1 m. As profundidades das estacas serão de 11 m nos encontros e de 5 m para o apoio central.
Eucaliptus	17+805	17+830	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 2 vias	2	A ponte atual tem 2 vias que atravessam excêntrica sobre a Rua Eucaliptus. Porém é necessária a construção de 2 vias, uma pelo extremo Este e outra pelo Oeste. Os novos tabuleiros serão metálicos com 1 vão. Os encontros, serão construídos sobre estacas de fundação escavadas à mão de 1 m x 1 m. As profundidades das estacas serão variáveis, apoiando-se sobre os muros de contenção que trabalham por gravidade.
Canal Lo Espejo	19+806	19+826	Tabuleiro metálico e apoios em betão armado	Atualmente permite 2 vias	1	A ponte atual tem 2 vias, porém é necessária a construção de 2 vias, uma pelo extremo Este e outra pelo Oeste. Os novos tabuleiros serão metálicos com 1 vão. Os encontros, serão construídos sobre estacas de fundação escavadas a mão de 1 m x 1 m. As profundidades das estacas serão de 15 m.

Os trabalhos levados a cabo nas pontes foram realizados durante a operação ferroviária. Esta condição levou à necessidade de realizar as principais atividades à noite (montagem de vigas). Em algumas estruturas tornou-se necessário considerar a construção de desvios ferroviários temporários e desvios de tráfego veicular ao trabalhar na ampliação dos estribos.

É relevante destacar que para a execução das pontes foi necessária a construção de fundações com estacas. Estas foram escavadas à mão com entivação de madeira, o que será explicado no Capítulo 4 do presente documento.

No anexo N°2 do presente documento podem-se observar imagens de cada uma das pontes, de forma ter maior clareza das soluções.

3.3.9. Parque de Material e Oficinas

Dimensões dos galpões existentes

Atualmente, os comboios UT-440 (Figura 23), operam os serviços Metrotren e são mantidos nas oficinas e parque de material de TEMOINSA⁴.

Os comboios que irão conformar o material circulante do novo serviço Nos Xpress serão o Xtrapolis modular de Alston que se pode apreciar na Figura 24, estes coexistirão temporariamente com o material constituído pelas unidades UT-440 a operar no Serviço Rancagua Xpress.



Figura 23. Foto de comboio UT-440 utilizado



Figura 24. Foto do descarregamento do primeiro comboio Xtrapolis no Chile

Portanto, novas instalações de oficinas são necessárias para a manutenção das novas unidades adquiridas. Para este propósito, dois galpões existentes na “Maestranza de San Eugenio” foram considerados adequados, os quais devem ser reconicionados.

⁴ Empresa encarregada pela manutenção do material circulante UT-440 vendido pela RENFE a EFE para o serviço de Metrotren.

Critérios de dimensionamento

Os principais fatores levados em consideração no projeto, para o dimensionamento das áreas de manutenção e estacionamento são os seguintes:

- As instalações de Parque de Material e Oficinas serão construídas num galpão existente junto a TEMOINSA, no PK 2+140 como se mostra na Figura 25.
- As dimensões (comprimento, largura e altura livre) disponíveis são as dos galpões existentes. De acordo com os critérios estabelecidos pela EFE, tentou-se definir soluções que permitam o aproveitamento máximo as instalações.
- Os dados de frota necessários para os serviços Nos Xpress e Rancagua Xpress definidos no Estudo Operacional que faz parte do Estudos Prévio feito por IDOM.
- As dimensões do material circulante utilizadas na exploração das vias.
- Os requisitos específicos da EFE sobre a rede de vias e sua interferência com as instalações existentes.

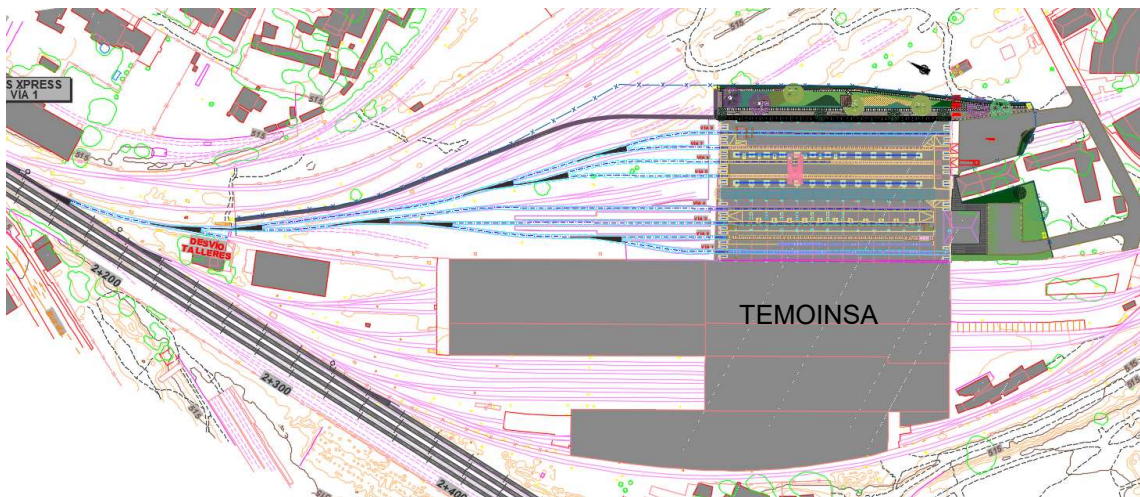


Figura 25. Localização do Parque de Material e Oficinas

Divisão Parque Material e Oficinas

Dentro das oficinas encontram-se diferentes especialidades e tipo de intervenções a realizar ao material circulante, para isso foram divididas as vias por tipos de intervenção.

Como se mostra na Figura 26 a Via 1 em cor castanho destina-se a Lavagem dos comboios; a Via 2 em cor azul a Oficinas de Especialidades, Vias 3 e 4 em cor amarelo as Pequenas Revisões, as Vias 5, 6, 7 e 8 dividem-se em duas zonas, vermelha e verde, que correspondem a grande revisão e armazenagem. Na Via 8 tem-se o torno de bogies (para retificação de rodas e discos) e os compressores para a pintura.

A zona central, indicada a roxo, corresponde às instalações do pessoal das oficinas com: casas de banho, vestuários com duchas, escritórios, refeitório e cozinha, assim como as oficinas de especialidades onde existem ferramentas menores e materiais.

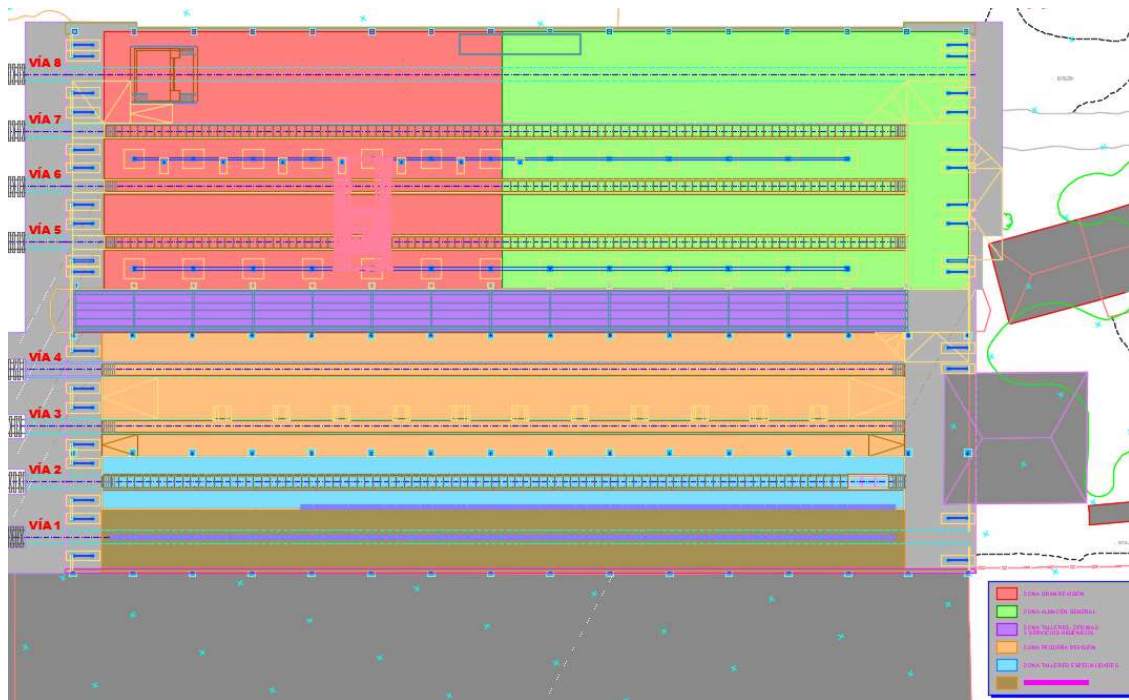


Figura 26. Divisão do Parque Material e Oficinas

Planeamento da frota (fase de exploração):

Para dimensionar as instalações, tem-se uma frota de 14 comboios (12+1 reserva+1 manutenção) na linha Nós Xpress e 11 comboios (9+1 reserva+1 manutenção) na linha Rancagua Xpress. Duas fases da exploração foram consideradas:

1. Uma fase inicial, que chamamos de Fase Básica, na qual 14 unidades terão que ser mantidas nas oficinas da Maestranza de San Eugenio.
2. Uma segunda fase, que chamamos de Fase de Expansão, na qual 14+10 unidades terão que ser mantidas nas oficinas da Maestranza de San Eugenio. Esta fase corresponde ao processo de substituição das atuais unidades UT-440 em serviço por novas unidades.

De acordo com os dados coletados no Estudo Operacional realizado, com a frota planeada a demanda necessária é coberta até o ano 2030. A partir desse ano, mais unidades terão que ser adquiridas e a linha terá de ser explorada com unidades trabalhando em dupla composição. Espera-se que o aumento de capacidade requerida nas oficinas da Maestranza de San Eugenio seja alcançado, ocupando assim a área das atuais oficinas TEMOINSA que são contíguas, as quais estarão fora de serviço no final da operação das unidades UT 440. Esta circunstância foi considerada no zoneamento das atividades das oficinas, de tal forma que nessa nova área se localizem as extensões necessárias de oficinas especializadas e áreas de armazenamento.

Para o cálculo do número de quilómetros de cada comboio, foram consideradas as seguintes hipóteses de partida:

1. No serviço Nos Xpress, com um comprimento de linha de 20,55 Km:

- 159 circulações por dia útil e direção, em 251 dias úteis.
 - 144 circulações por sábado e direção, em 52 sábados.
 - 128 circulações por feriado e direção, em 62 feriados
2. No serviço Rancagua Xpress, com um comprimento de linha de 81,8 Km:
- 44 circulações por dia útil e direção, em 251 dias úteis.
 - 39 circulações por sábado e direção, em 52 sábados.
 - 33 circulações por feriado e direção, em 62 feriados.

Com base nesses dados, considerando um adicional de 5 % percorridos em vazio, há um percorrido total de 2.387.896 Km/ano, na Fase Básica, e 5.006.424 Km/ano, na Fase de Expansão, e é por isso que cada comboio percorrerá aproximadamente 170.564 Km/ano na Fase Básica e 238.048 Km/ano na Fase de Expansão. Esses valores são certamente altos, o que permite confirmar a margem de segurança dos cálculos feitos sobre as necessidades da oficina.

Dimensões do material circulante

No que se refere aos comboios, embora no momento do estudo o processo de licitação do material circulante estava aberto, para a finalidade do desenho das oficinas considerou-se unidades de dois carros, com 50 m de comprimento e 3 m de largura.

3.3.10. Estações

A definição das Estações para o Serviço Nos Xpress (Capacidade e posição) foi realizada em função de estudos urbanos e de projeção de população. Assim sendo, foram determinadas as estações existentes a intervir e as novas estações a construir, como se mostram na Tabela 17.

Tabela 17. Estações de Alameda a Nos

Nome Estação	PK	Intervenções a realizar	Serviços por Estação
Alameda	PK 0+000	Pequenas adaptações na Estação histórica existente	Nos Xpress Rancagua Xpress
Lo Valledor	PK 2+800	Nova Estação com ligação a Linha 6 do METRO	Nos Xpress
Pedro Aguirre Cerda	PK 4+535	Nova Estação	Nos Xpress
Lo Espejo	PK 6+990	Nova Estação	Nos Xpress
Lo Blanco	PK 13+555	Nova Estação	Nos Xpress
Freire	PK 15+110	Nova Estação	Nos Xpress
San Bernardo	PK 16+020	Nova Estação	Nos Xpress Rancagua Xpress
Maestranza	PK 17+300	Nova Estação na mesma implantação da Atual	Nos Xpress
Nos	PK 20+300	Nova Estação a 400m ao Norte da existente com o mesmo nome	Nos Xpress

Também foram realizadas outras intervenções nas Estações existentes de Nos a Rancagua, que se mostram na Tabela 18, que passam principalmente por adaptar a altura do Cais ao novo Material Circulante e melhorar outros aspetos.

Tabela 18. Estações de Nos a Rancagua

Nome Estação	PK	Intervenções a realizar
Buin Zoo	P.K. 27+000	Adequação da Estação existente
Buin	P.K. 31+800	Adequação da Estação existente / Traslado da bilheteria e torniquetes
Linderos	P.K. 36+800	Adequação da Estação existente
Paine	P.K. 41+200	Adequação da Estação existente / Traslado da bilheteira e torniquetes
Hospital	P.K. 47+000	Adequação da Estação existente / Traslado da bilheteira e torniquetes
San Francisco De Mostazal	P.K. 60+100	Adequação da Estação existente
Graneros	P.K. 69+900	Adequação da Estação existente / Traslado da bilheteira e torniquetes
Rancagua	P.K. 81+100	Adequação da Estação existente / Traslado da bilheteira

Verificação da segurança:

Critérios gerais:

Para o projeto de Estações foram feitas as seguintes considerações:

- Conformidade com as normas nacionais ou justificação da sua não aplicação sempre que adequado.
- Consideração de outros regulamentos de nível internacional, nos casos em que não há nenhuma regulamentação nacional aplicável.
- Utilização da infraestrutura existente, desde que isto não penalize a futura exploração das vias.
- Um desenho de estações que satisfaça as normas em vigor e os requisitos de funcionalidade para pessoas com mobilidade reduzida.
- A consideração de elementos no projeto para obter estações e infraestrutura que permitam o acesso através do uso de listras guia, sinalização em braille, sistemas de elevação tipo elevadores, elevadores de escadas, rampas de inclinação adequada, larguras suficientes para a manobrabilidade de equipamentos já sejam cadeiras de rodas ou macas, conformidade com regulamentos de sinalização, etc.

Critérios considerados para a verificação da segurança à ação sísmica:

Os critérios seguidos para o dimensionamento sísmico das estruturas do presente projeto devem atender a três requisitos básicos, que são as seguintes:

- a). No que se refere ao Estado Limite de Serviço: não exceder as deformações que causam pânico aos ocupantes ou danos aos elementos não estruturais.

- b). No que diz respeito ao Estado Limite Último de integridade estrutural: pode-se apresentar dano não estrutural e pequenos danos estruturais, sem atingir a capacidade de carga dos elementos estruturais.
- c). No que diz respeito ao Estado Limite Último de sobrevivência: pode haver dano estrutural significativo, mas permanece a estabilidade global da estrutura e impede o colapso.

Os três conceitos anteriores têm três objetivos fundamentais:

- Evitar exceder o Estado Limite de Serviço para Sismos de intensidade moderada que podem ocorrer várias vezes na vida da estrutura.
- Que não exceda o Estado Limite Último de Integridade estrutural para Sismos graves que têm uma probabilidade significativa de ocorrer durante a vida da estrutura.
- Não deve exceder o Estado Limite Último de sobrevivência, para Sismos extraordinários com pequena probabilidade de ocorrência.

Estas probabilidades podem ser tratadas em termos de períodos de retorno:

- Estado Limite de intensidade Sísmica - Período de retorno em anos:
 - Moderada de serviço 20-30
 - Integridade estrutural Severa 50-100
 - Sobrevivência extraordinárias 500-1000

Os principais aspetos a serem considerados no dimensionamento sísmico das estruturas do projeto são os seguintes:

- Seleção de um sistema estrutural adequado: que deve ser capaz de absorver e dissipar a energia introduzida pelo sismo.
- Análise sísmica: regulamentos definem ações sísmicas para calcular a resposta da estrutura e propõem os métodos de análise.
- O dimensionamento das seções: métodos inovadores de cálculo por capacidade.
- Detalhe da estrutura: para um comportamento dúctil dos elementos da estrutura é preciso o detalhe dos mesmos e suas conexões para fornecer capacidade de deformação antes do colapso.

Para o cálculo sísmico das estruturas foi utilizada a Norma NCh-433 para dimensionamento Sísmico de Edifícios, de 1996, alterada em 2010, posterior ao Terremoto de 2010 de Grau 8,8 Mw (NCh-433, Norma Sísmica, 2010). Esta norma foi adotada para a concepção e cálculo das obras civis contidas neste projeto, pois não existe regulamento de aplicação específica para obras civis.

Nos termos da Norma (NCh-433, Norma Sísmica, 2010), o projeto está em Zona Sísmica Tipo 2 como se mostra na Figura 27, com uma aceleração máxima de referência e 0,3 g (2,94 m/s²) para o cálculo de estruturas. Para poder comparar, na Região do Arquipélago dos Açores, uma das Zonas mais Sísmicas de Portugal a maior Aceleração considerada é de 0,26 g (2,5 m/s²) e a maior aceleração no Chile é de 0,4 g (3,92 m/s²), para Zona Sísmica Tipo 3.



Figura 27. Zonas sísmicas conforme Nch-433

Para a determinação do coeficiente sísmico que indica a Norma (NCh-433, Norma Sísmica, 2010), tem sido considerado que as estruturas estão localizadas na Zona Sísmica Tipo 2 e um solo de Fundação Tipo II, constituído por gravas fluviais del Mapocho, onde a classificação vai do tipo I ao IV, sendo o tipo I Rocha e o Tipo IV Solos coesivos saturados.

Critérios de projeto de cais e estações

- Respeita a Norma (NCh-433, Norma Sísmica, 2010) sísmica e os critérios construtivos sísmicos.
- Acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida: rampas com inclinação < 6 % e larguras suficientes.
- Economia em prazos e custos.
- Reutilização de materiais das antigas estações sempre que possível.
- Preferência para procedimentos de construção que permitam manter o serviço ferroviário.
- Segurança: CCTV (Circuito Fechado de televisão), escadas com lanços opostos que permitam ver quem sobe e queda desce, entradas de luz.

- Drenagem da água da chuva. Evitando sistemas de bombas de elevação de águas, em poços de acumulação, pelos problemas de manutenção que tem este tipo de equipamento mecânico nas estações.
- Estruturas devem ser projetadas para as ações do comboio tipo C+ modificado a 25 t como mostra a Figura 28.

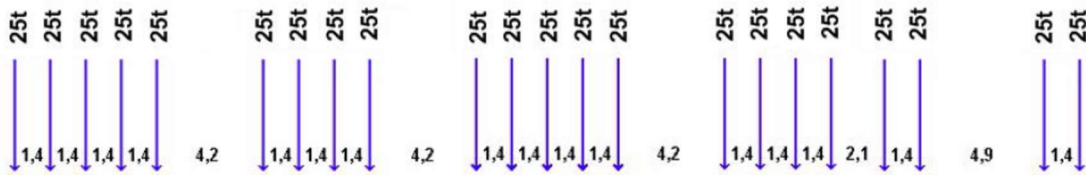


Figura 28. Comboio Tipo C modificado 25t por eixo

Descrição das estruturas

A seguir passa-se a dar uma breve descrição das estruturas:

Bilheteiras

Os ingressos das novas estações estão enterrados abaixo de uma ou mais vias de ferrovias. Em todos os casos tem-se mantido o pé-direito mínimo de 2,60 m.

A solução proposta para as bilheteiras é um caixão monolítico de betão armado, composto pelos seguintes elementos:

- Laje de topo a uma profundidade de 0,78 m por baixo do carril, a fim de ter as ações permanentes mínimas de balastro.
- Muros laterais de betão armado, nos quais se encastra a laje de topo transmitindo as cargas à fundação e suportando as forças laterais exercidas pelo terreno.
- Pilares de betão armado com secção retangular com a finalidade de reduzir os vãos máximos da laje de cobertura e poder assim reduzir a espessura da mesma. Os pilares são encastrados tanto na laje como na fundação.
- Laje de fundo de betão armado, sobre a qual serão construídos os restantes elementos.
- As secções de rampas e escadas em forma de calha.
- Também foi prevista, numa das laterais das bilheteiras, a execução de uma “parede” provisória de microestacas de diâmetro 250 mm e tubos de acero de diâmetro 168 mm com espessura de 10 mm, espaçados cada 0,4 m com a finalidade de estabilização do terreno, uma vez que a posição da via mais próxima impossibilita a execução das escavações necessárias.

Átrio baixo vias

O átrio da estação permite acesso subterrâneo à bilheteria desde o acesso oposto por baixo das vias da linha férrea.

A fim de reduzir as afetações das vias férreas durante a construção do átrio, onde as vias existentes continuam em operação, optou-se por construir uma cortina de microestacas, executadas a partir da superfície, sobre a qual se apoia uma laje pré-fabricada de betão armado.

Este método evita realizar cortes de via diurnos, sendo a única condição a redução provisória de velocidade dos comboios devido à necessidade de pôr escoramentos das vias.

As fases de execução são os seguintes:

- Nos alinhamentos em que haverá paredes de Microestacas devem retirar as travessas e substituí-los por escoramentos de via.
- Execução das paredes de microestacas desde superfície durante a noite.
- A execução de vigas e colocação de laje terá lugar em várias fases, uma para cada via existente em funcionamento. Para isso é necessária uma cortina de estacas-prancha paralelas às vias nas zonas de separação entre fases para permitir as escavações.
- Escavação e execução dos lintéis de conexão da cortina de microestacas baixo vias.
- A laje sobre as paredes de microestacas serão pré-fabricadas. Não se realizará toda a laje em uma única peça, ou seja, serão feitas lajes parciais uma por baixo de cada via em funcionamento.
- Num corte noturno do serviço, serão retirados os carris e as travessas sobre a via a interencionar nessa fase. Posteriormente, será efetuada a escavação até a cota inferior da laje, será instalada a laje pré-fabricada na sua situação definitiva e será realizada a conexão entre os lintéis e a laje utilizando recheio auto-nivelante, como se pode apreciar na Figura 29.
- De seguida repõe-se a via para o correto funcionamento, já sobre a laje definitiva.
- Serão repetidas as últimas atuações em cada uma das fases que sejam necessárias, em função das vias.
- Escavação entre cortinas e baixo à laje do átrio.
- Execução das paredes de revestimento da cortina de microestacas, com o objetivo de dar o acabamento correto para ao átrio, bem como evitar infiltrações de água.



Figura 29. Via esquerda escorada e via à direita com a primeira metade de laje superior do átrio

Acesso às estações

As secções de rampas e escadas foram propostas em forma de calha com o objetivo de compensar os impulsos laterais e assim evitar a disposição de dentes necessários para evitar possíveis deslizamentos e derrubamento.

No caso em que esta disposição de acesso não era a mais conveniente devido à existência de paredes isoladas ou para evitar dispor lajes de betão armado de grades dimensões, foram definidos muros de contenção em betão armado com ponteira e talão (“T” invertido).

Construção de cais

A solução prevista consistia em pilares pré-fabricados em forma de T, em cada lado do cais, espaçados a cada dois metros. Estes pilares são fundados numa sapata de fundação de betão em massa. Eles estão ligados, no coroamento, por uma viga pré-fabricada que atua como um elemento estabilizador das cargas verticais e horizontais, mas não ao momento flector. O esquema conceitual de cálculo é, portanto, um pórtico de barras com nós encastrados e simplesmente apoiados na fundação.

A parede do cais é fechada pela colocação de placas pré-fabricadas de 10 cm que se encaixam nas consolas dos pilares em T.

O recheio do cais foi realizado após terem sido executados tanto os pilares como a conexão com as vigas pré-fabricadas horizontais, caso contrário a estrutura seria instável durante a execução do preenchimento.

Como se mostra na Figura 30 pode-se observar um corte do cais uma vez finalizado.

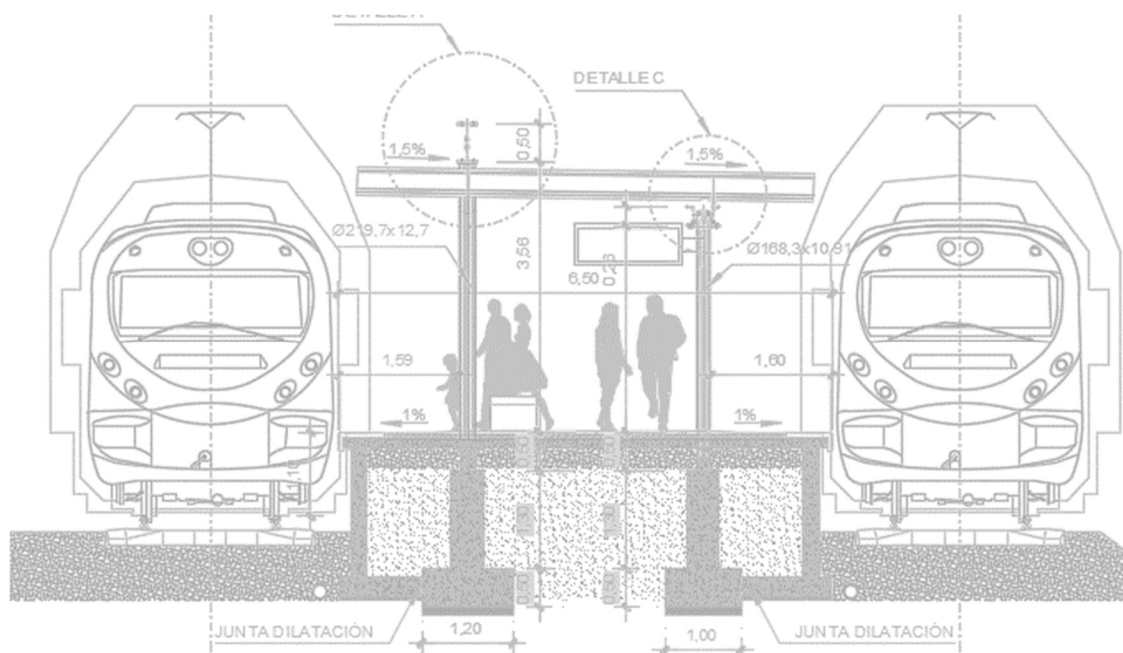


Figura 30. Corte em zona de cais

Reconstrução dos cais existentes

Entre Nos e Rancagua, as atuações a serem executadas nos cais são basicamente o aumento de altura e ampliação dos mesmos para serem adaptados para a utilização de pessoas com mobilidades reduzida.

Nos casos de San Francisco de Mostazal e Buin Zoo em alternativa à ampliação dos cais, foi realizada a demolição dos cais existentes e construção de novos, pois não foi possível aproveitá-los.

O aumento da altura dos cais é de 40 cm para poder passar a uma altura de cais sobre o carril de 0,70 m para uma altura de 1,10 m.

A estrutura existente de contenção de terras consta de elementos verticais pré-fabricados dispostos cada 2 m que suportam umas placas pré-fabricadas que confinam o terreno do cais, de tipologia similar à utilizada na definição dos novos cais. Os elementos verticais estão contidos por uma laje de betão armado que evitam que trabalhem em consola face às ações sísmicas e de impulsos de terras.

O aumento da altura do cais foi condicionado pela construção de duas paredes pré-fabricadas de 0,40 m de altura, em que há uma laje superior de união.

No entanto e para realizar intervenção mínima em tempo e custo, foi projetado um reforço da estrutura atual usando microestacas dispostas a cada 4m, no eixo do cais, que ao estarem ligadas à laje de betão armado existente (Vermelha) e à laje superior com uma viga de união (Verde), como mostra a Figura 31, estes elementos poderão ajudar os pilares existentes a resistir a esforços de flexão induzidos por acções sísmicas.

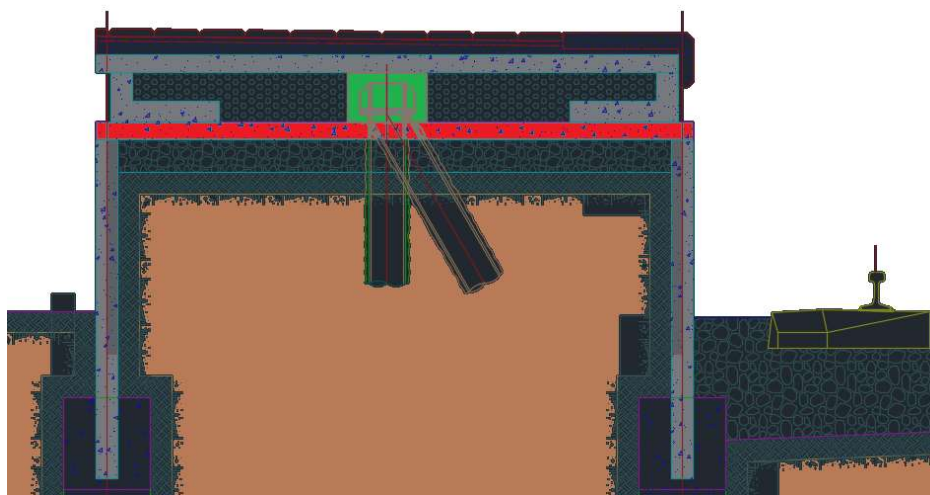


Figura 31. Corte de aumento de altura do cais

No comprimento dos cais, nos quais foram construídas novas coberturas, construiu-se uma nova fundação (contorno a vermelho) junto a estrutura existente como se pode ver na Figura 32.

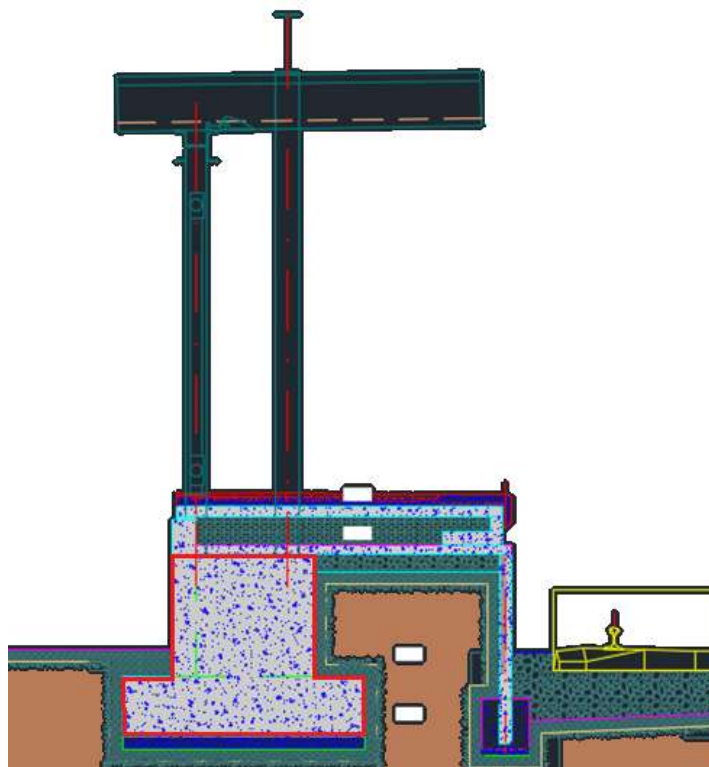


Figura 32. Corte de aumento de altura do cais

Da mesma forma tentou-se evitar o aumento de massa no acréscimo de altura do conjunto. Para tal, em vez de encher com terra o cais existente, pretendeu-se utilizar painéis de poliestireno com 20 cm de espessura para preencher o espaço entre a laje existente do cais e a nova laje com 8 cm que servirá de base para o pavimento posterior como se mostra na Figura 33.

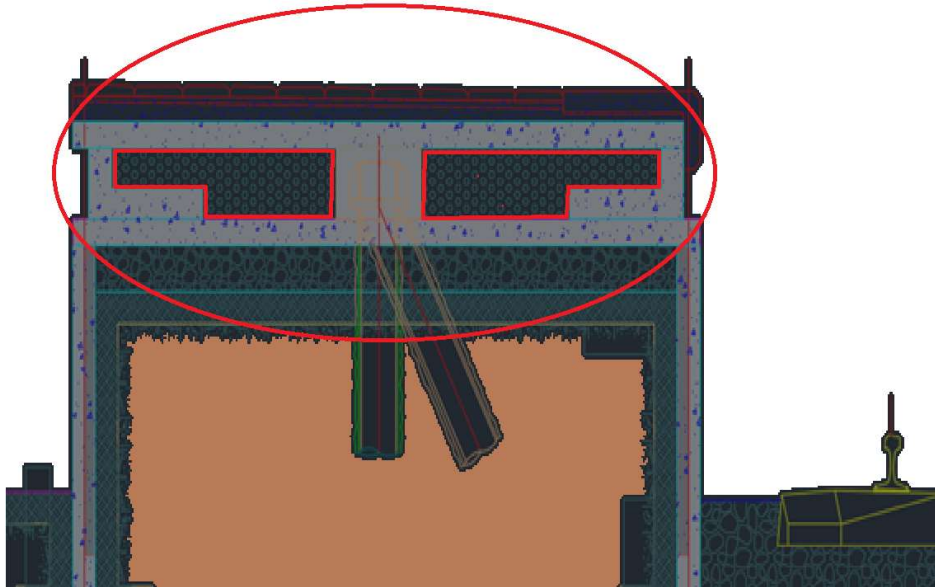


Figura 33. Corte de aumento de altura do cais

Cobertura Metálica do Cais das Estações

As coberturas dos cais, foram construídas com pórticos metálicos cujos montantes são perfis circulares ocos e as vigas, perfis em Z de grande esbelteza, soldados, dispostos de forma inclinada.

A disposição dos perfis de forma inclinada permite uma superfície horizontal da cobertura sem a necessidade de dispor elementos adicionais sobre a estrutura, como se pode observar na Figura 34.

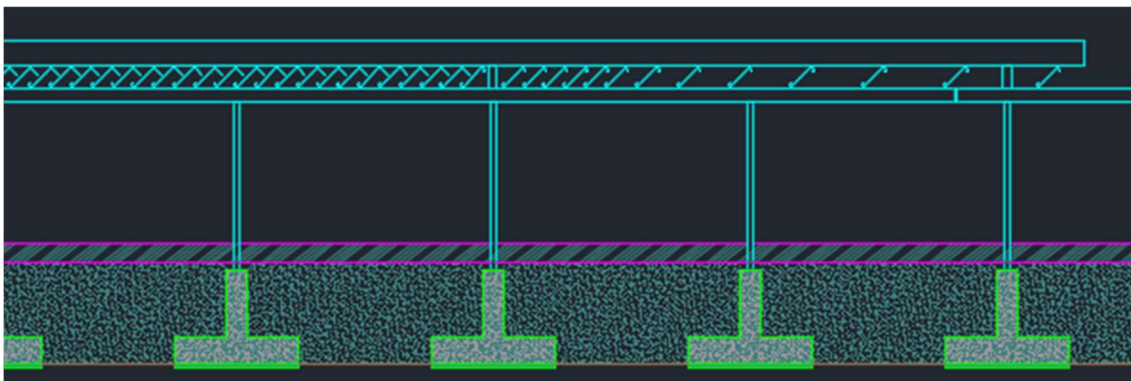


Figura 34. Disposição de Perfis de forma inclinada em cobertura do cais

Os montantes foram contraventados lateralmente recorrendo a perfis metálicos que também suportam cargas dos perfis em Z.

Todos os elementos metálicos da cobertura são feitos de aço galvanizado para reduzir ao mínimo a manutenção dessas estruturas. Como resultado, as articulações entre os elementos metálicos são aparafusadas.

Procedimentos Construtivos em Estações de Alameda a Nos

O método de construção proposto para execução do átrio, foi contruir por baixo das vias em uso uma laje prévia. Este método consiste em executar em primeiro lugar a laje superior subjacente às vias em duas fases, executando a sequência em cortes de serviço durante a noite, como se passa a explicar a seguir:

- Execução de um reforço (ancoragem) de via.
- Execução de cortina de microestacas de 200 mm de diâmetro, com tubos de aço 139 mm de diâmetro e 10 mm de espessura, com 8 m de comprimento. As estacas estão espaçadas de 0,40 m a 0,30 m. Estas têm uma viga de coroamento feita desde a superfície das vias, durante os cortes de serviço ferroviário noturno. As microestacas seguiram os alinhamentos das elevações dos átrios.
- Construção da cortina de microestacas que servirá de contenção da via próxima, também executados a partir da superfície durante a noite.
- As microestacas serão posicionadas no espaço livre nas laterais das vias existentes ou entre carris com a possibilidade de ser necessário remover alguma travessa para sua execução.
- Remoção das travessas, no lugar das vigas.
- Escavação por baixo das vias para a execução das vigas.
- Preparação das cabeças das microestacas, colocação da armadura da viga de apoio, cofragem e betonagem da viga.
- Corte da via e colocação de laje anteriormente executada junto à via. Previsivelmente, essa ação exigiria um corte de serviço durante fim de semana.
- Selagem, impermeabilização e conexão viga-laje.
- Depois de ter a laje em posição prosseguir-se-á à escavação lateral do átrio com a proteção da própria laje e da cortina de microestacas. Esta escavação não afetará o tráfego ferroviário. Durante os trabalhos junto à via, sempre existe restrição de velocidade dependendo da proximidade dos trabalhos, até 10 Km/h.
- Finalmente, constrói-se a laje de fundo para ancorar definitivamente as microestacas. A cortina será revestida pela geometria final do átrio como se mostra na Figura 35.

Propôs-se realizar este processo em duas fases, uma para cada via em serviço, a fim de impedir evitar afetar ambas vias ao mesmo tempo e que os pesos das lajes a instalar sejam menores.

O método de construção proposto por microestacas é semelhante ao método tradicional no Chile para execução de estacas de fundação com métodos manuais, como se explica em detalhe no ponto 4.3.2. Processo de Construção de Estacas de forma manual.

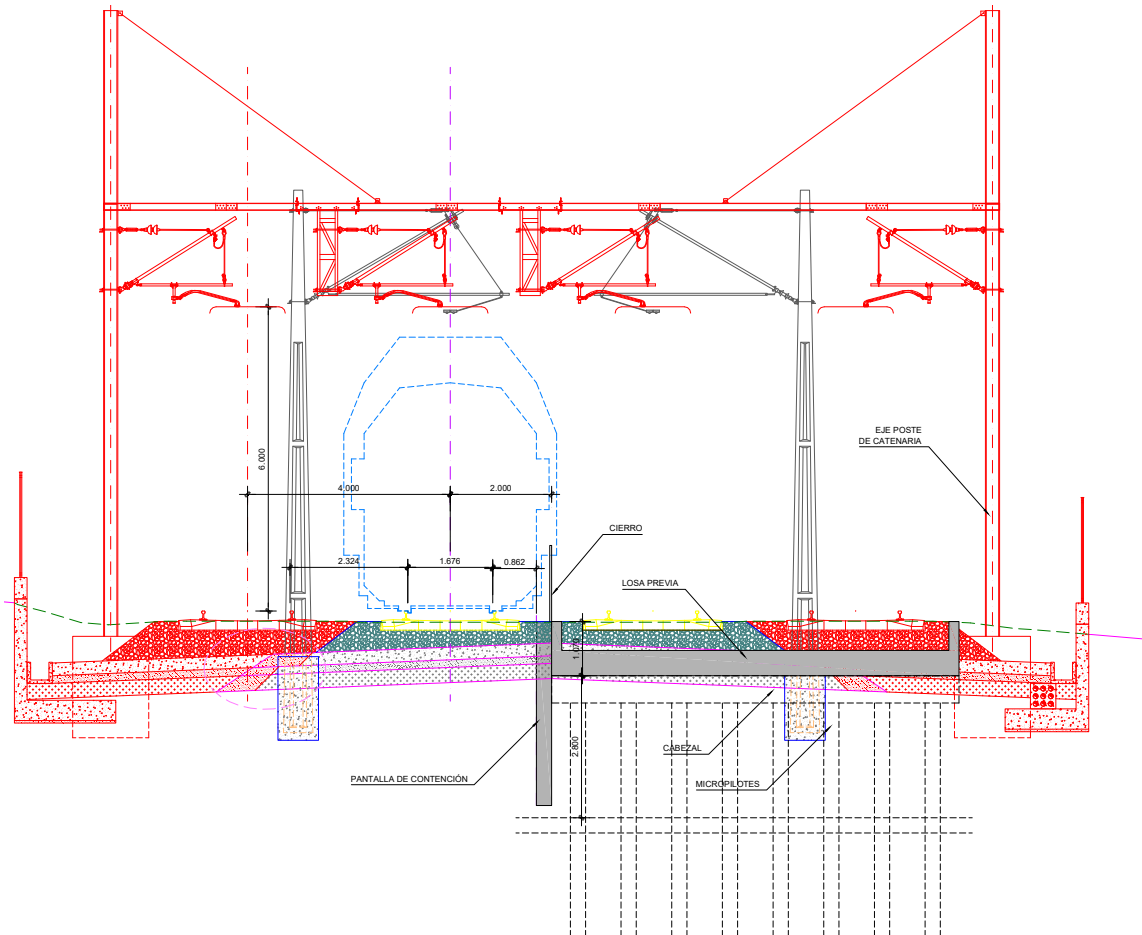


Figura 35. Metade da laje superior executada e com uma via em serviço

Este método construtivo apresenta a vantagem de não precisar de espaço adjacente às vias na fase provisória de execução, portanto adequado em seções em que o espaço é limitado.

Instalações

As estações terão instalações elétricas para permitir sistemas de iluminação, segurança contra incêndio, telecomunicações, sistemas de vigilância, sistemas de ajuda ao passageiro.

Assim como todos os sistemas de bilheteira, caixas de bilheteira automática e torniquetes.

Também contempla sistemas de abastecimento de água potável, esgotos e drenagem.

3.3.11. Passagens Pedonais Desniveladas

Com duas vias ferroviárias, as passagens podiam ser de nível, mas tendo em conta as quatro vias projetadas e a frequência dos comboios, é estritamente necessário o desnível destes cruzamentos. Nos estudos prévios foram definidas as passagens contidas na Tabela 18, no entanto, posterior ao concurso público de construção, o empreiteiro entregou uma nova alternativa substituindo as passagens desniveladas superiores de betão pré-esforçado por passagens do mesmo tipo, mas metálicas e substituindo passagens inferiores em superiores. Por outro lado, a EFE não entregou a concurso público a totalidade das passagens.

A Tabela 19 mostra um resumo das passagens existentes e consideradas em fase de projeto entre Alameda-Nos e Nos-Rancagua, bem como o tipo de ação a ser executada para o tipo de passagem desniveladas.

Tabela 19. Listagem de passagens a desnivelar entre Alameda e Nos

Passagem de nível	P.K.	Intervenções a realizar
Rua Ramón Parra	3.827	Passagem inferior
Departamental	4.210	Passagem inferior
Rua Los Molles	5.641	Passagem superior e urbanização
Avenida Lo Ovalle Norte	6.000	Subir os passeios existentes 0.5m+escadas
Avenida Lo Ovalle Sur	6.020	Subir os passeios existentes 0.5m+escadas
Rua Temístocles.	6.343	Passagem inferior
Rua Seis Sur	6.656	Passagem inferior
Rua Pdte Adolfo López	7.632	Passagem inferior
Rua Pdte Frei Montalva	7.972	Passagem inferior
Autoestrada Americo Vespucio Sur	8.500	Passagem inferior
Avenida Lo Espejo Norte + pedonal	9.505	Passagem inferior
Intersecção Las Ovejas	11.653	Passagem inferior
La Fach	13.303	Passagem superior
Rua Loncomilla / Rua México	14.222	Passagem inferior
Rua Santa Marta	14.600	Passagem inferior
Rua Doce de Febrero	15.294	Passagem inferior
Rua Covadonga	16.120	Passagem superior existente
Rua Esmeralda	16.496	Passagem inferior
Rua Enrique Madrid	18.096	Passagem inferior
Intersecção La Selva	18.718	Passagem inferior
Intersecção Cinco Pinos	19.410	Passagem inferior
Rua Frida Kahlo	19.944	Passagem inferior
Enrique Lynch	21.440	Passagem inferior

No troço de Nos – Rancagua mantém-se as duas vias, no entanto, para melhorar a segurança em vários pontos considera-se o desnível de algumas passagens, as quais se indicam na Tabela 20.

Tabela 20. Listagem de passagens a desnivelar entre Nos e Rancagua

Passagem de nível	P.K.	Intervenções a realizar
Estancilla	25+589	Passagem inferior
El Recurso	27+981	Passagem inferior
Los Guindos / Buin Zoo	29+874	Passagem inferior
Caminho Estación	31+633.	Passagem inferior
Estação Linderos	35+252	Passagem inferior
Bascuñan	37+654	Passagem inferior
6 Oriente	38+925	Mantem-se a passagem de nível
7 Oriente	39+575	Mantem-se a passagem de nível
8 Oriente	40+182	Mantem-se a passagem de nível
Padre Mateo	41+715	Mantem-se a passagem de nível
Hospital	46+830	Passagem inferior
Intersecção Hospital	47+455	Passagem inferior
La Invernada	59+506	Passagem inferior
Arturo Prat	60+490	Passagem inferior
Codegua	67+283	Passagem inferior
Graneros 1	69+230	Passagem inferior
Graneros 5	70+839	Passagem inferior
Viña del mar	80+187	Passagem inferior
Pedro Aguirre Cerda	80+910	Passagem inferior

Passagens desniveladas inferiores

As passagens desniveladas inferiores como podem-se observar de forma esquemática na Figura 36, são configuradas como estruturas em betão armado. A estrutura abaixo da linha ferroviária consiste de uma laje de betão de 0,30 m de espessura que é suportada por duas vigas sobre microestacas de diâmetro 20 cm, espaçadas a cada 0,40 m e com 7 m de comprimento total. Esta estrutura é internamente revestida com muros e uma laje inferior de 30 cm de espessura, fechando o conjunto. Nos troços do átrio por baixo das vias, a espessura dos muros de betão armado é de 0,35 m.

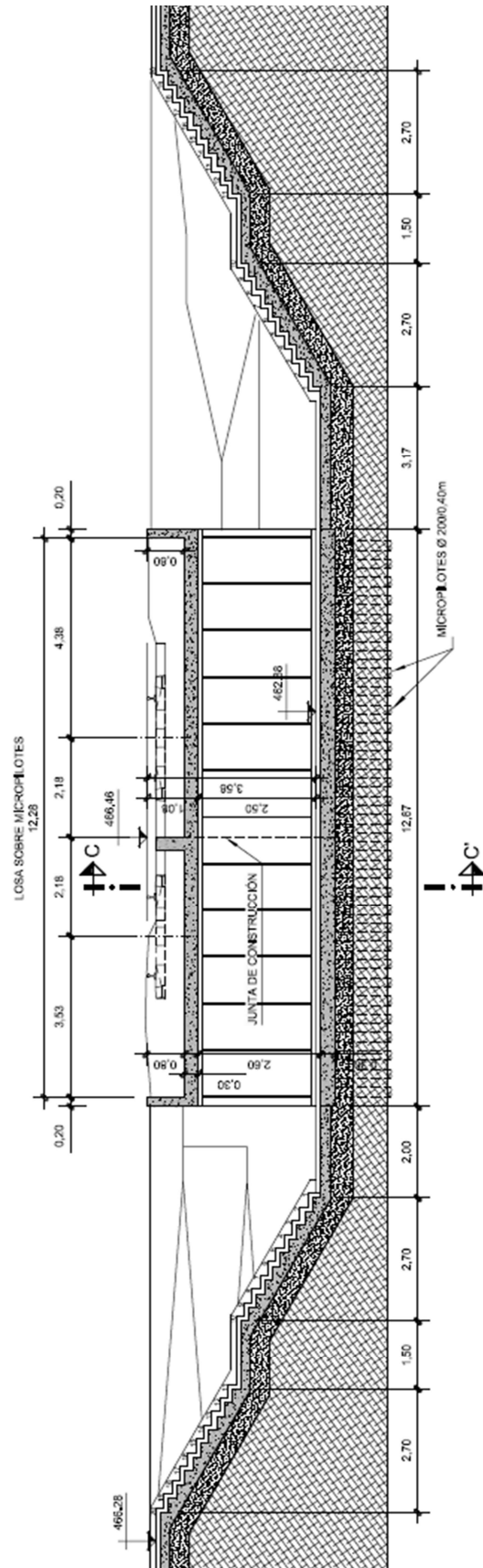


Figura 36. Seção longitudinal do átrio soterrado

Os muros que compõem as escadas e as rampas de acesso à passagem subterrânea foram configuradas em diferentes alturas tipo, espessuras existentes entre 0,20 m para os muros até 2,0 m de altura e de 0,40 m para os muros de 4 m de altura.

Foi projetado executar a laje superior em duas fases permitindo assim o desvio das vias e executando cada uma das metades, mantendo o serviço de comboios. As betonagens foram realizadas com suspensão do serviço.

Foi realizada a impermeabilização da laje superior, para evitar a entrada de águas que vem das vias. Também foram utilizados perfis Sika Waterstop para correta união das juntas de betonagem.

Todas as estruturas betonadas sobre o terreno foram realizadas com uma camada de regularização de betão H5 (5 MPa de resistência aos 28 dias ensaiado em provetes cúbicos de 20 mm de aresta), com 5 cm de espessura.

Passagens desniveladas superiores

Foram desenhadas passagens desniveladas superiores em betão armado como se mostra na Figura 37. Estas contemplam elementos pré-fabricados que compõem a rampa de acesso e uma viga com um vão que cobre as 4 vias ferroviárias. Estas vigas são pré-esforçadas com betão H40 (40 MPa de resistência aos 28 dias ensaiado em provetes cúbicos de 20 mm de aresta), e aço grau 270 ($F_{pk}=18620 \text{ Kgf/cm}^2$) de pré-esforço, tendo secção em “U” com 90 cm de altura e 0,15 m de laje de compressão e apoio em pilares de betão de H35 (35 MPa de resistência aos 28 dias ensaiado em provetes cúbicos de 20 mm de aresta), de 1 m de diâmetro com base superficial de dimensões variáveis.

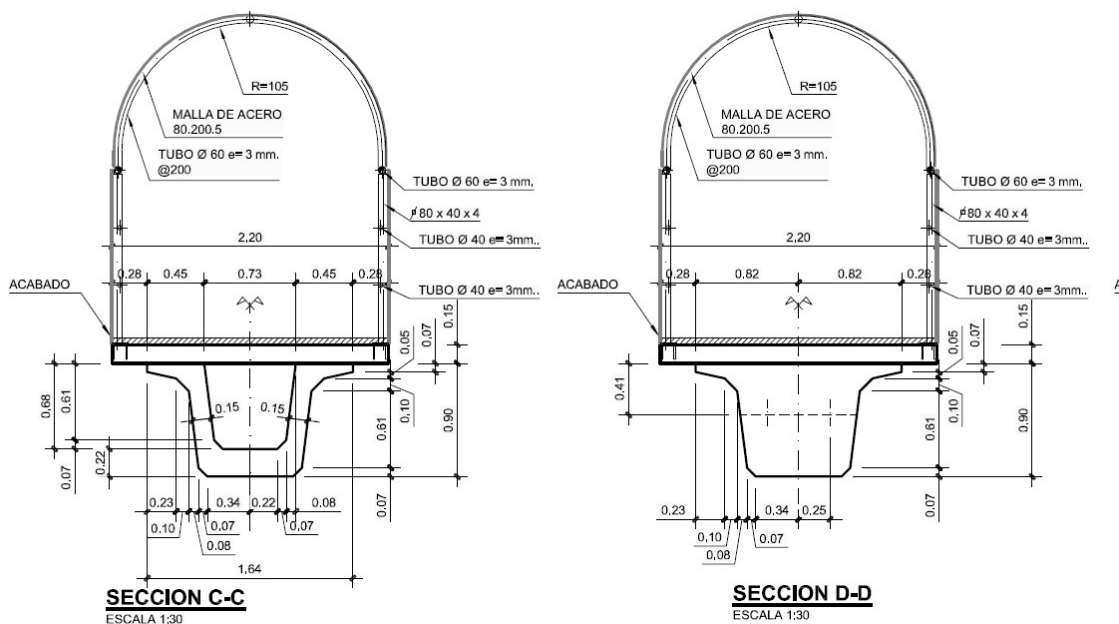


Figura 37. Secções tipo da passarela ao centro do vão (à esquerda) e suportes (à direita)

As passagens desniveladas superiores têm um vão sobre as vias de 20,0 m e entre eixos de suporte de 21,80 m entre os pilares.

Todas as estruturas de betão executadas contra o solo têm uma camada de regularização de betão H5 (5 MPa de resistência aos 28 dias ensaiado em provetes cúbicos de 20 mm de aresta).

Como foi descrito anteriormente, o empreiteiro fez uma proposta alternativa contemplando estruturas metálicas prefabricadas. Os acessos do lado Oeste com menos espaço, devido à Av. Portales e à proximidade às vias do comboio, foram construídas com composição escadas e elevador. Já do lado Este construíram-se rampas como se mostra na Figura 38, à esquerda e à direita respetivamente.



Figura 38. Passagens pedonais desniveladas superiores construídas

3.3.12. Passagens Rodoviárias Desniveladas

Para permitir a passagem do Serviço Nos Xpress é preciso desnivelar as passagens pedonais e de veículos, para assim manter as velocidades do novo serviço ferroviário, confinando a plataforma ferroviária e evitar a passagem de pessoas ou animais que possam entrar e gerar acidentes. Antes da intervenção do projeto, como medida de segurança os comboios circulam com uma restrição de velocidade e toque de buzina, durante a passagens de nível para assim alertar as pessoas a aproximação de um comboio, pois algumas de estas passagens não contam com barreiras ou sinalização apropriada.

Referente ao troço de Nos - Rancagua, que manteve duas vias, decidiu-se desnivelar também as passagens de nível, derivado de estudos de tráfego das mesmas, melhorando as condições de segurança nesses pontos.

Os estudos prévios realizados entregues pela EFE, indicaram a necessidade de desnivelar as passagens a nível que se mostram na Tabela 21.

Tabela 21. Passagens desniveladas projetadas

Passagem de nível	PK	Solução	Serviço
Carlos Valdovinos	2+900	Passagem Inferior	Nos Xpress
Bombero Ossandon	4+900	Passagem Inferior	Nos Xpress
Fernández Albano	7+180	Passagem Inferior	Nos Xpress
Las Ovejas	11+600	Passagem Inferior	Nos Xpress
Lo Blanco	13+680	Passagem Inferior	Nos Xpress
Las Palmas	18+930	Passagem Superior	Nos Xpress
Nos	20+925	Passagem Inferior	Nos Xpress
El Recurso	27+978	Não se aplica	Rancagua Xpress
Los Guindos	30+040	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Linderos	34+960	Passagem Inferior	Rancagua Xpress
Bascuñán	37+960	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Rinconada De Paine	43+935	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Hospital	47+870	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Prat	61+320	Passagem Inferior	Rancagua Xpress
Codegua	67+080	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Las Coloradas	78+300	Passagem Superior	Rancagua Xpress

Para a concretização das passagens desniveladas para veículos, foram realizados dois pacotes de concursos públicos com as passagens consideradas primordiais e aquelas em que se estimavam ter as expropriações no tempo necessário para concretizar as obras. Estes eram: “Construção dos Passagens Rodoviárias desniveladas superiores” e “Construção dos Passagens Rodoviárias desniveladas inferiores”.

Passagens Rodoviárias Desniveadas Inferiores

As passagens desniveadas inferiores consideradas primordiais, como se indicam na Tabela 22, foram 7 no entanto, após o processo de concurso e a adjudicação determinou-se que só era possível a construção de cinco, pois não foi possível concretizar o processo de expropriações para permitir iniciar as obras com o empreiteiro. Assim sendo as passagens que iniciaram as obras foram as de “Carlos Valdovinos”; “Bombero Ossandon”; “Eduardo Frei Montalva”; “Las Ovejas” y “Lo Blanco”.

Tabela 22. Passagens Incluídas no pacote de Concurso Público de Passagens Inferiores

Passagem de nível	PK	Solução	Serviço
Carlos Valdovinos	2+900	Passagem Inferior	Nos Xpress
Bombero Ossandon	4+900	Passagem Inferior	Nos Xpress
Eduardo Frei Montalva	7+940	Passagem Inferior	Nos Xpress
Las Ovejas	11+600	Passagem Inferior	Nos Xpress
Lo Blanco	13+680	Passagem Inferior/Superior	Nos Xpress

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
“Projeto Rancagua Xpress”

Nos	20+925	Passagem Inferior	Nos Xpress
Linderos	34+960	Passagem Inferior	Rancagua Xpress
Prat	61+320	Passagem Inferior	Rancagua Xpress

Passagem Inferior “Carlos Valdovinos”

A passagem inferior existente como mostra a Figura 39 está localizada na Região, Metropolitana, Comuna de Pedro Aguirre Cerda, PK 2+700. A intersecção dá continuidade à Av. Carlos Valdovinos.



Figura 39. Passagem Inferior Carlos Valdovinos



Figura 40. Passagem Inferior Projetada

Devido ao aumento do tráfego na intersecção da Av. Carlos Valdovinos com Maipú, pelo fecho da passagem de nível ao Mercado Lo Valledor, é necessário melhorar a intersecção em T existente, gerando os elementos de giro em segurança, necessários para assim canalizar corretamente o tráfego, especialmente os giros à esquerda, com destino e saída a Av. Maipú que conecta com o Mercado a Av. Carlos Valdovinos.

A solução foi projetar um ramal ao longo do lado Norte de Carlos Valdovinos como se mostra na Figura 40, que permite o trânsito de veículos que desejam continuar a sua viagem para Oeste, deixando a faixa de rodagem Norte existente exclusivo para a viragem para Rua Maipú e desde Maipú a Oeste pela Av. Carlos Valdovinos.

Na Figura 41 podem-se apreciar os movimentos gerados como a inclusão de uma faixa de rodagem estreita exclusiva para virar à direita em Carlos Valdovinos com Maipú para o Sul. Projeta-se uma faixa central de giro à esquerda em Av. Carlos Valdovinos em direção ao Sul, para virar para a Rua Central Nino García. Para materializar essas modificações na Av. Carlos Valdovinos são projetados eixos independentes por ambas faixas de rodagem, desde as quais são modificadas as suas larguras e reestruturando a posição dos bordos de vereda, projetando novos pavimentos nas medianas ao diminuir a superfície das existentes.

Na Rua Maipú é necessária uma demarcação especial na estrada existente para deixar as duas faixas com direção Norte, porque a curva da volta à direita de Maipú ao Este com Carlos Valdovinos tem um raio de 3,0 m, não sendo possível aumentá-lo pela proximidade com o encontro da ponte. Esta intersecção requer uma adequada semaforização para gerar o tempo necessário para operar corretamente. Os giros da Av. Carlos Valdovinos para a Av. Maipú foram concebidos para um trânsito superior a 25 % dos veículos articulados de 15,2 m.



Figura 41. Vista geral em Planta da zona da Passagem Inferior

A velocidade do projeto, V_p definida para os eixos que interferem são: eixo da estrada Norte Carlos Valdovinos, eixo Faixa Sul Carlos Valdovinos, eixo Ilha 1 e eixo ilha 2 60 Km/h, eixo Maipú e eixo do ramal 50 Km/h.

As obras contemplam a extensão da ponte ferroviária para acomodar duas novas faixas de rodagem, a fim de ajustá-lo às novas exigências do transporte ferroviário. Do exposto, era necessário materializar um método construtivo que não interviesse com a operação ferroviária.

O Passagem Inferior Carlos Valdovinos como se mostra na Figura 42 é um tramo de 12,7 m de comprimento e largura variável de 19,86 m a 20,79 m, que tem 4 linhas ferroviárias por cima, abaixo circulam veículos em duas faixas de rodagem e uma vereda.

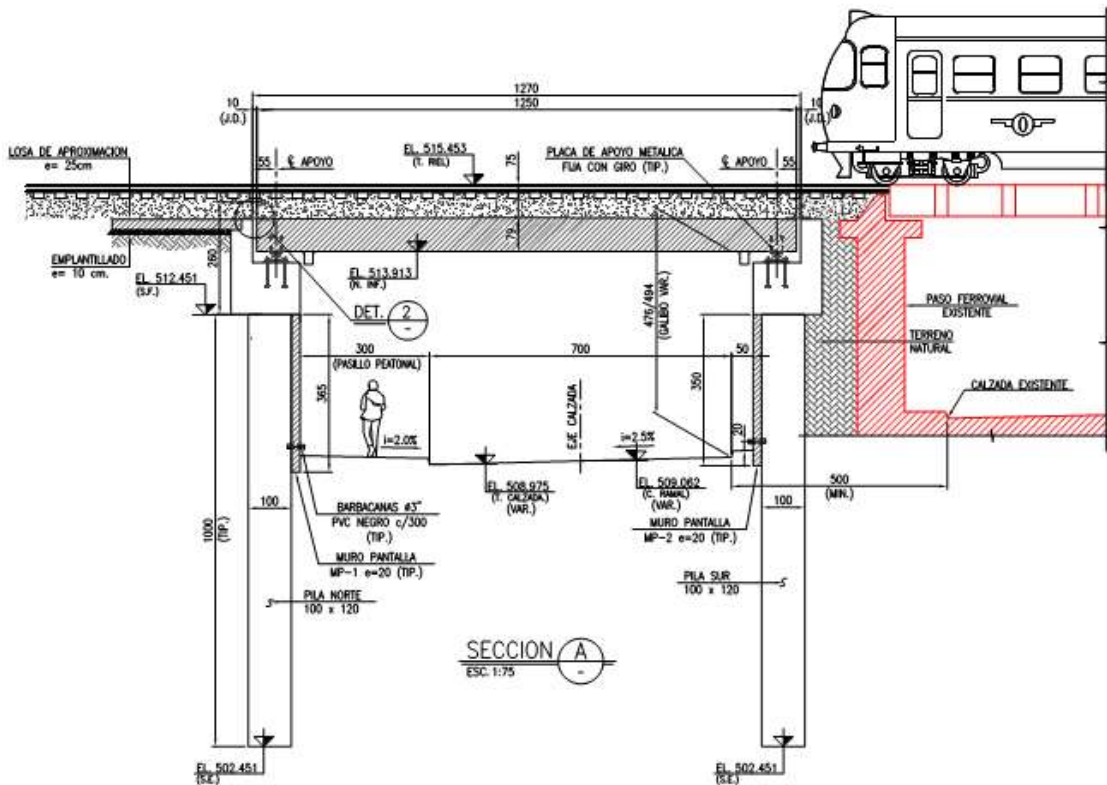


Figura 42. Estrutura

Os carris são suportados em 60 cm de balastro que se colocam sobre quatro 4 lajes pré-fabricadas de betão armado LT1, LT2, LT3 e LT4 de largura variável e 11,66 m de comprimento, dispostas de Este a Oeste, respetivamente como se mostra na Figura 43. As lajes têm espessura de 75 cm. As lajes LT1 e LT4 têm uma saliência vertical para dar suporte lateral ao balastro.

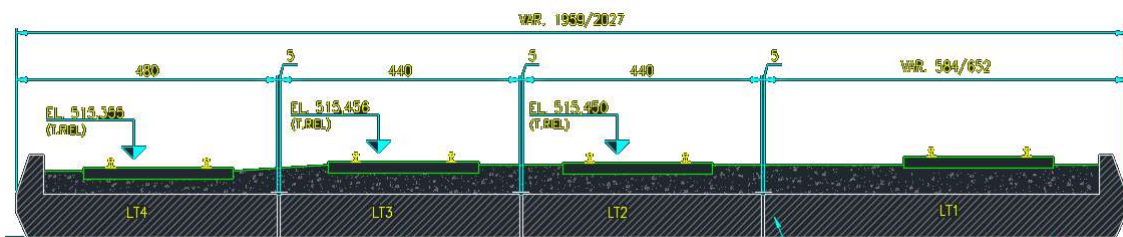


Figura 43. Distribuição de Lajes

As 4 lajes são suportadas em nove pontos em cada encontro. As cabeças dos encontros são de 120 cm altura por 160 cm de largura por 22,26 m de comprimento. A estrutura é fundada em estacas retangulares escavadas à mão de 1 m por 1,2 m, e de comprimento 10 m, como mostra a Figura 42.

Na Figura 44 ilustra-se a Passagem Inferior já acabada na Av. Carlos Valdovinos sentido Oeste.



Figura 44. Passagem Inferior Finalizada

Passagem Inferior “Bombero Ossandon”

Esta passagem a nível como mostra a Figura 45 está localizada na Região Metropolitana, Comuna de Pedro Aguirre Cerda, PK 4+900, atravessa a Avenida Bombero Ossandón. Este cruzamento está localizado em uma área puramente residencial.



Figura 45. Passagem de nível
Bombero Ossandon



Figura 46. Passagem Inferior Projetada

O projeto é baseado em soterrar a Av. Bombero Ossandón, desde a Rua Cooperación, até a Rua Paseo Grohnert como se pode verificar na projeção em planta da Figura 46. Para conseguir o desnível acima mencionado é necessário baixar a rasante da Rua Maipú o que permite a sua ligação com Av. Ossandón.

É considerada para a passagem inferior abaixo da plataforma ferroviária, faixas de rodagem de pavimento asfáltico e passagens pedonais. A fim de evitar taludes envolvendo expropriações, são projetados muros de betão armado nas duas vias subterrâneas. O saneamento e drenagem das águas pluviais das obras e das áreas de influência incluem bombas para retirar as águas, sumidouros, rede de tubagens e trincheiras de infiltração nas superfícies necessárias para evitar inundações na área do cruzamento e ruas circundantes. Inclui-se a sinalização e demarcação de acordo com regulamentos, iluminação e semaforização.

A estrutura da passagem inferior como mostra a Figura 47 consiste na construção de uma laje de 85 cm de espessura com uma extensão total de 15,45 m e que contempla a existência de 4 vias ferroviárias, com encontros e muros de contenção em betão armado com espessura de 20 cm. Consideram-se muros de distinta altura ou de altura variável em todo o seu comprimento.

Os encontros têm uma secção de 1,2 m de altura e 1,6 m de largura com um muro de encosto de 1 m e uma espessura de 0,5 m. Os encontros Norte e Sul têm igual medida de 18,32 m de comprimento.

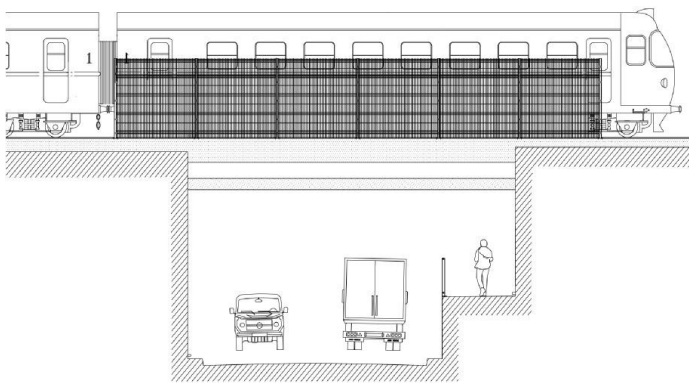


Figura 47. Estrutura Passagem Inferior Bombero Ossandon



Figura 48. Passagem Inferior Finalizada

Mostra-se na Figura 48 a Passagem Inferior já acabada na Av. Bombero Ossandon sentido Oeste.

Passagem Inferior “Eduardo Frei Montalva”

Esta passagem a nível está localizada na Região Metropolitana, Comuna de Lo Espejo, no cruzamento da Avenida Presidente Eduardo Frei Montalva com a Avenida do Ferrocarril.



Figura 49. Passagem Inferior Projetada

Esta intersecção está localizada numa área puramente residencial e substituirá o cruzamento Fernández Albano, localizado a 660 m ao Norte do cruzamento projetado.

A solução proposta baseia-se na reformulação da geometria da Av. Eduardo Frei Montalva (Rua Principal), Av. Clotário Blest, Av. del Ferrocarril, bem como estradas locais.

O nível da Av. Eduardo Frei Montalva começa a diminuir no cruzamento com a Av. Júpiter (Oeste), seguindo em direção Este, passando por baixo da Av. Do Ferrocarril, a linha ferroviária e da Av. Clotario Blest que fora modificada junto à anterior como mostra na Figura 49.

A passagem inferior ferroviária Frei Montalva tem uma largura de 11,3 m como mostra a Figura 50, onde passam as 4 linhas ferroviárias. Por baixo circulam veículos em duas faixas de rodagem com sentidos opostos e uma vereda pedonal segregada com varandas metálicas.

Os carris apoiam-se sobre 55 cm de balastro que são dispostos sobre 4 lajes de betão armado, dispostas de Este a Oeste respetivamente. As lajes tabuleiro são da espessura variável de 85cm a 89cm.

As 4 lajes do tabuleiro são suportadas em 8 pontos em cada encontro. As cabeças dos encontros são 120 cm altura por 160 cm de largura por 20 m de comprimento. A estrutura é fundada em estacas de secção rectangular de 1 m por 1,2 m e comprimento de 12 m, escavadas à mão.

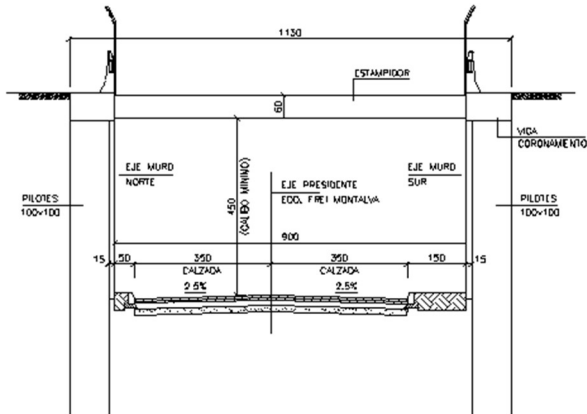


Figura 50. Estrutura Passagem Inferior Frey Montalva



Figura 51. Passagem Inferior Finalizada

Mostra-se na Figura 51 a Passagem Inferior já acabada na Av. Eduardo Frey Montalva sentido Oeste.

Passagem Inferior “Las Ovejas”

Esta passagem a nível ferroviária como mostra a Figura 52 está localizada na Região Metropolitana, no limite entre a Comuna do Bosque e San Bernardo, PK 11+600. Atravessa a Rua Ochagavia, que se conecta com a Auto Estrada Central. O contorno do cruzamento é do tipo industrial.



Figura 52. Passagem de nível Rua Ochagavia



Figura 53. Passagem Inferior Projetada

A solução projetada contempla a passagem inferior da Rua Ochagavia existente como mostra a Figura 53, com uma secção de 7,0 m com faixas de rodagem de 3,5 m por direção com uma vereda 2,0 m.

O projeto ferroviário consiste na passagem de 2 a 4 vias e uma via adicional para o desvio de saída do Parque Industrial de Sitrans.

A estrutura compõe-se por um tabuleiro em “U” para cada via ferroviária. Cada tabuleiro é pré-esforçado de 11,40 m de comprimento e 1,50 m de altura. Estes são simplesmente apoiados sobre encontros de betão armado de secção transversal de 1,0 x 1,55 m com fundação de estacas retangulares de 1,0 m por 1,20 m, como mostra a Figura 54. Para facilitar a construção não se realiza a ligação do tabuleiro à infraestrutura, portanto é preciso dispor ancoragens definitivas na cabeça dos encontros, um por cada estaca para materializar a estabilidade. As estacas são previamente escavadas manualmente, com um comprimento de 11,0 m.

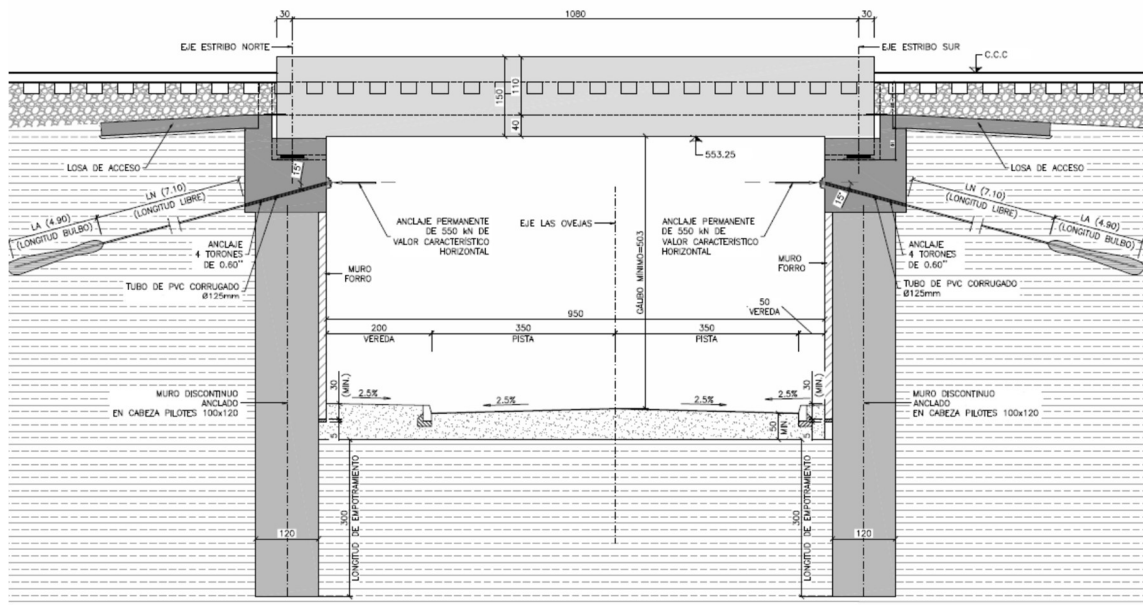


Figura 54. Estrutura Passagem Inferior Las Ovejas

Foi construído uma secção dos muros de contenção com uma cortina de estacas retangulares de 1,0 m por 1,20 m escavadas à mão e de 8 m de comprimento, que estão ligadas a uma viga de coroamento de 1,0 m de largura e 0,50 m de altura.

Foram colocados uns tirantes metálicos tubulares articulados na cabeça dos muros para melhorar a estabilidade dos mesmos, como se mostra na Figura 55. A colocação dos tirantes será antes da execução da escavação entre os muros, na zona que servirá de passagem inferior.

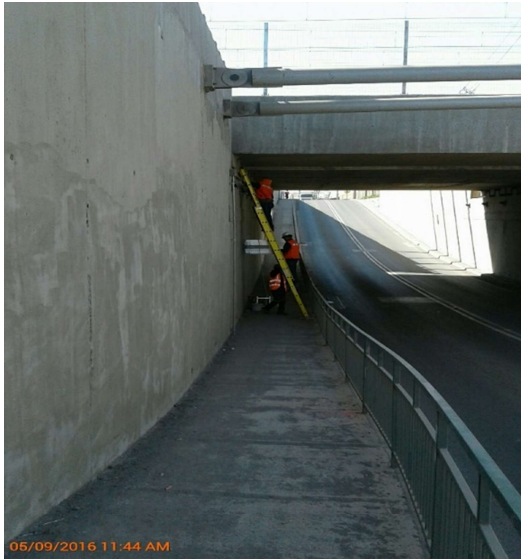


Figura 55. Passagem Pedonal e Tirantes Metálicos



Figura 56. Vista inferior da Estrutura

Mostra-se na Figura 56 a Passagem Inferior já acabada na Rua Ochagavía, esta tem vista inferior dos tabuleiros em “U” e do passeio.

Passagem Superior “Lo Blanco”

Esta passagem a nível está localizada na Região Metropolitana, Comuna de San Bernardo, PK 13+680 da ferrovia. Está localizada na Avenida Lo Blanco, que se conecta com a Autoestrada Central.

O projeto no desenrolar dos estudos e da mesma obra foi sofrendo modificações. Este inicialmente projetou-se como passagem inferior, mas por baixo da passagem a nível existente atravessavam tubagens de diversos serviços como água potável, esgotos, pluviais, cabos soterrados de telecomunicações e um gasoduto. Posteriormente foi idealizada uma solução com uma passagem superior sobre a plataforma ferroviária com encontros com muros de terra armada. Esta solução previa passar por cima dos serviços para evitar a sua modificação, mas esta não foi aceite pelas empresas de serviços pois deixava sem acesso as caixas de visita e impossibilitava fazer qualquer intervenção de reparação ao longo do serviço que ficava soterrado a maior profundidade.

Finalmente foi concebida uma passagem superior com uma estrutura de betão armado sobre pilares e com fundação sobre estacas de fundação, com a projeção em planta como mostra a Figura 57. Cada pilar tem como fundação uma estaca circular escavada à mão com um metro de diâmetro e 10 m de profundidade. Esta solução permitiu manter os serviços acessíveis. No entanto, foi necessário modificar a distribuição inicial dos pilares na maioria dos alinhamentos, pois ao escavar as estacas iam-se encontrando alguns serviços que eram necessários evitar.

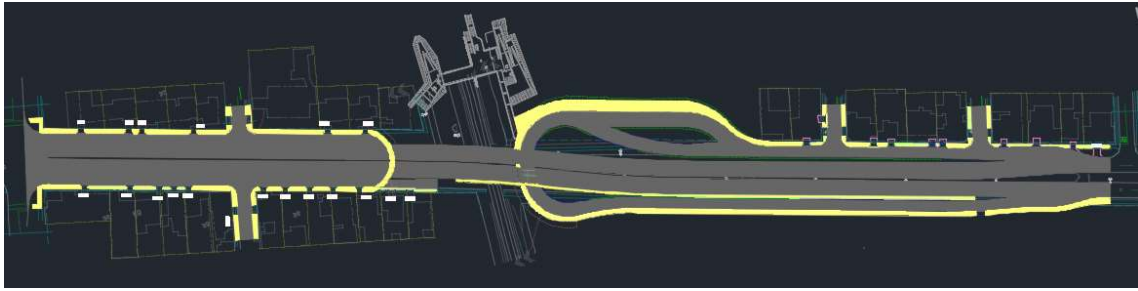


Figura 57. Passagem Superior de Lo Blanco Projetado

Neste caso, por tratar-se duma passagem superior, a plataforma ferroviária não apresenta modificações, mas durante todo o trabalho foi realizada uma vigilância permanente e gestão de forma a permitir o trânsito ferroviário sem interrupções não programadas.

A passagem superior foi dividida nas seguintes estruturas: Acesso Oeste; Estrutura 1; Ponte N° 1. Oeste; Estrutura 2; Ponte N° 2. Este; Estrutura 3 e o Acesso Este e como mostra-se na Figura 58.



Figura 58. Divisão da Estrutura

As estruturas correspondem a uma laje de betão sobre vigas e estas sobre pilares. Os pilares têm como fundação, estacas de 10,0 m de profundidade. As pontes são tabuleiros independentes com vigas pré-esforçadas.

O detalhe das estruturas é o seguinte:

Acesso Oeste

É o tramo inicial da DM = 0, 0 m ao DM = 52,15 m. O acesso tem uma largura total de 15,72 m correspondente a 0,36 m (barreira) + 2x7,50 m (faixas de rodagem) + 0,36 m (barreira). Esta secção da altura menor a 2,0 m é feita com aterros compactados, pavimentos de betão e muros de contenção em betão armado.

Estrutura 1

Esta secção vai da DM = 52,15 m a DM = 144,90 m. Consiste em 3 subestruturas de comprimento aproximado de 28,15 m; 28,10 m e 36,50 m. As subestruturas têm uma largura total de 15,72 m correspondente a 0,36 m (barreira) + 2x7,50 m (Faixas de Rodagem) + 0,36 m (barreira).

Ponte N° 1 Oeste

Compreende a secção que vai da DM = 144,90 m à DM 179,30 m. Os tabuleiros são compostos de uma laje betonada in-situ, de 0,20 m de espessura mínima, com uma inclinação de 2 % para o exterior, de modo a que os dois tabuleiros perfaçam duas águas. Cada laje repousa sobre 3 vigas de betão pré-esforçado, de 2,1 m de altura e espaçamento de 3,11 m.

Estrutura 2

Compreende a secção que vai da DM = 179,30 m a DM = 207, 6 m pelo lado Norte e DM = 179,30 m a DM = 209,60 m pelo lado Sul. Esta é uma estrutura única. As diferenças dos comprimentos do lado norte e sul são para acomodar os tabuleiros da ponte N ° 2 Este. As estruturas têm uma largura total de 15,72 m correspondente a 0,36 m (barreira) + 2x7,50 m (faixas de rodagem) + 0,36 m (barreira).

Ponte N° 2 Este

Compreende a secção que vai da DM = 207, 6 m à DM = 246,56 m pelo lado Norte e DM = 209,60 m à DM = 249,10 m pelo lado Sul. O tabuleiro Norte tem uma largura total de 7,82m, 0,36 m (barreira)+2x3,50 m (faixas de rodagem) + 0,36 m (barreira). Este tem uma ligeira sobrelargura porque o tabuleiro está situado sobre um alinhamento em curva em planta. O tabuleiro Sul tem uma largura total de 9,34 m, 0,36 m (barreira) + 2x3,50 m (faixas de rodagem) + 0,36 m (barreira) +1,50 m (vereda). Assim como o anterior este tem uma ligeira sobrelargura porque o tabuleiro esta situado sobre um alinhamento em curva em planta.

Os tabuleiros são compostos de uma laje de betão in-situ, de 0,20 m de espessura mínima, com uma inclinação de 2 % para o exterior, de modo a que os dois painéis confrontados perfaçam duas águas. O tabuleiro Norte é suportado por 5 vigas pré-esforçadas, de altura de 1,86 m e espaçamento de 1,5 m. O tabuleiro Sul é suportado por 5 vigas de betão pré-esforçado de altura igual a 2,1 m com separação de 1,88 m entre elas.

Estrutura 3

Esta secção vai da DM = 246,56 m a DM = 386,50 m. pelo lado Norte e da DM = 249,10 m a DM = 386,50 m. pelo lado Sul. É composta por 5 subestruturas com comprimentos aproximados de 22,10 m no lado Norte e 19,56 m no lado Sul, os seguintes são de 27,0 m; 30,21 m; 30,15 m; 30,48 m. Ao contrário das subestruturas precedentes nesta secção, foi incorporado um corredor pedonal de 1,50 m de largura, que não foi utilizado, pois a continuação seguia em estrutura metálica que chegava ao lado Oeste em escadas e elevador, que não foram construídos porque não se conseguiram os terrenos necessários pelas expropriações. Assim, as subestruturas têm uma largura total de 17,34 m correspondente a 0,36 m (barreira) + 2x7,50 m (faixas de rodagem) + 0,36 m (barreira) +1,62 (vereda).

Acesso Este

Considera a secção de DM = 386,50 ao DM = 460,0 m. O acesso Este tem uma largura total de 17,34 m correspondente a 0,36 m (barreira de segurança) + 2x0,50 m (faixas de rodagem) + 0,36 m (barreira de segurança) + 1,62 (passagem pedonal). Esta secção da altura menor a 2,0 m é feita com enchimentos compactados, pavimentos de betão e muros de contenção em betão armado.



Figura 59. Passagem Superior Lo Blanco Finalizada

Mostra-se na Figura 59 a Passagem Superior finalizada, especificamente a Ponte 2 numa imagem aérea tirada no sentido Norte Sul.

Passagens Rodoviárias Desniveladas Superiores

As passagens rodoviárias desniveladas superiores consideradas primordiais foram nove, que se indicam na Tabela 23. No entanto, após o processo de concurso público e a adjudicação determinou-se que só era possível a construção de dois, pois não foi possível concretizar o processo de expropriações para permitir iniciar as obras com o empreiteiro adjudicado. Assim sendo as passagens que iniciaram as obras foram as de “Las Palmas” e “Hospital”.

Tabela 23. Passagens Incluídas no pacote de Licitação de Passagens Superiores

Passagem de nível	PK	Solução	Serviço
Las Palmas	18+930	Passagem Superior	Nos Xpress
El Recurso	27+978	Não aplica	Rancagua Xpress
Los Guindos	30+040	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Bascuñán	37+960	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Rinconada De Paine	43+935	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Hospital	47+870	Passagem Superior	Rancagua Xpress
Prat	61+320	Passagem Inferior	Rancagua Xpress
Codegua	67+080	Passagem Superior	Rancagua Xpress

Passagem de nível	PK	Solução	Serviço
Las Coloradas	78+300	Passagem Superior	Rancagua Xpress

Passagem Superior “Las Palmas”

Esta passagem a nível de veículos e pessoas corresponde ao cruzamento da Av. Central La Selva como mostra-se na Figura 60 e está localizado na Região Metropolitana, Comuna de San Bernardo, PK 18+600. Atravessa a Avenida Diego Portales, conectando-se com a Rua do mesmo nome, mas no lado Este do cruzamento.



Figura 60. Passagem de Nível Av. Central La Selva



Figura 61. Passagem desnivelada projetada

A solução proposta como se mostra na Figura 61, baseia-se na concepção de um caminho bidirecional que nasce paralelo à Av. Diego Portales estendendo-se para o Sul, onde é incorporado ramais de giro para permitir a entrada e saída em dois pontos, permitindo que todos os movimentos até e desde a Avenida, também incorporar os fluxos da rua General Urrutia localizada a oeste da Avenida. De seguida o ramal sobe e vira para atravessar a via férrea perpendicularmente e finalmente desce e gira para juntar-se a prolongação projetada de Av. Portales Oriente, que se desenvolve no troço entre a rua Las Palmas pelo Norte e Rinconada de Nos pelo Sul, a 406 m aproximadamente.

A velocidade de projeto, V_p , definida para os eixos que interferem são: Las Palmas $V_p = 35$ Km/h, por isso corresponde a um raio mínimo de 35 m e uma sobreelevação máxima de 4 %. Para o eixo Portales Oriente $V_p = 50$ Km/h, por isso corresponde a um raio mínimo de 85 m e uma sobreelevação máxima de 4 %. Para os eixos Giro 1 e Giro 2 $V_p = 15$ Km/h. Para eixo auxiliar Av. Portales $V_p = 60$ Km/h.

Para a estrutura de este Passagem desniveladas superior como mostra a Figura 62, projetou-se uma ponte com tabuleiro de vigas pré-esforçadas (Figura 63), apoiadas nos encontros e apoio central em betão armado e cujos aterros de acesso foram concebidos utilizando muros em terra armada. O apoio central é materializado através de fundações com estacas com diâmetros 1,5 m e pilares de 1,2 m. As estacas de fundação e os pilares em encontros são de 1,2 m de diâmetro nos dois casos.



Figura 63. Instalação de vigas pré-esforçadas

A estrutura é de 12,12 m de largura, incluindo as barreiras tipo "F", e dois vãos de 23,98 m e 20,82 m de comprimento.

A estrutura consiste num tabuleiro de laje de betão in situ, de 0,20 m de espessura, com uma inclinação de 2,5 %, e que está localizado na zona de curva, pelo menos nos acessos.

Passagem Superior "Hospital"

Esta passagem a nível como mostra na Figura 64, está localizada na Região Metropolitana, na Comuna de Paine, no PK 46+000 da via férrea. Atualmente cruza de nível a Avenida Diego Portales.



Figura 64. Passagem a Nível Av. Diego Portales



Figura 65. Passagem desnivelada projetada

A solução é dada pela densidade populacional na área da passagem de nível e consiste num bypass de duas vias como mostra-se na Figura 65, que começa juntando-se e tomando todo o tráfego da Av. Diego Portales, e depois continua paralelo à ferrovia em direção ao Sul, voltando-se para o Este para atravessar na passagem superior a via férrea, atravessa a Av. Portales e finalmente conecta com a Rua Bodega Sur. Nesta interseção, o desenho considera a incorporação de dispositivos de viragem para a esquerda para aumentar a segurança e otimizar o tráfego.

A velocidade do projeto, V_p , definida para os eixos que interferem no projeto são: Interseção Hospital $V_p = 40$ Km/h, para eixos cruzamento 1 e 2 $V_p = 30$ Km/h, tanto na Av. Portales e Rua Las Bodegas Sur $V_p = 40$ Km/h.

O tipo de estrutura pela qual se optou foi uma ponte de vigas de um vão para salvar o cruzamento da ferrovia. As extremidades do tabuleiro são suportadas em encontros de betão armado e cujos aterros de acesso foram projetados usando muros de terra armada.

Para permitir a travessia do eixo principal sobre a plataforma ferrovia, projeta-se uma estrutura, cujo vão de cálculo é de 24,60 m e sendo o comprimento total da estrutura de 26,70 m (distância entre os muros). O tabuleiro tem uma largura de 9,73 m, e acomoda o espaço exigido, tendo composição de 0,365 m (barreira) + 1,0 (berma) + 2x3,50 m (Faixas de Rodagem) + 1,0 m (berma) + 0365 m (barreira).

A estrutura compõe-se por um tabuleiro com uma laje de betão in situ, de 0,20 m de espessura, com uma inclinação de 3,5 %. A laje repousa sobre 4 vigas pré-fabricadas de betão pré-esforçado com altura de 1,30 m e com uma separação de 2,74 m. A relação de altura de viga/vão resultante é 1/16. A viga externa está localizada a fim de minimizar o comprimento das consolas da laje.

CAPITULO 4. EXECUÇÃO DO PROJETO E SEGUIMENTO

4.1. Fase da Engenharia

A IDOM participou no processo de concurso público de “Ingeniería Básica y de Detalle de las Obras Civiles y Sistemas Ferroviarios para el Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria”. Tramo: Santiago – Rancagua” da EFE, obtendo a classificação técnica necessária e a proposta económica mais baixa, ficando assim adjudicada para a execução dos trabalhos no dia 21 de fevereiro de 2012 com uma duração de 395 dias corridos.

O Contrato assinado entre a EFE e IDOM, continha Datas-Chave e respetivas penalidades de não cumprimento. Estas Datas-Chave ligavam a entrega de uma série de Documentos, os quais eram divididos em duas fases, Estudo Prévio (Engenharia Básica) e Projeto de Execução (Engenharia de Detalhe), como se mostra na Tabela 24.

Tabela 24. DATAS-CHAVE Contrato de Engenharia

DATA-CHAVE Nº	Documento	Data de Cumprimento a partir da assinatura do Contrato (dias)
	ESTUDO PREVIO	
1	Esquema de Vias	7
2	Anteprojetos de Modificações de Serviços	27
3	Validação de Estudos etapa inicial	34
4	Traçado geral novas vias	48
5	Sistema de vias	53
6	Projeto Funcional	93
7	Sistema de sinalização (Integrado ao Comboio)	81
8	Declaração de Impacto Ambiental	147
9	Sistema de Controle e Supervisão de Operações	81
10	Obras Civis Parque de material e oficinas	127
11	Obras Civis	184
12	Equipamento Oficinas	184
13	Equipamento Estações	184
14	Relatório final Engenharia Básica	184
	PROJETO DE EXECUÇÃO	
15	Sistema de Vias	122
16	Implantação de Obras Civis	198
17	Reforço de pontes, tubagens transversais e drenagem	213
18	Cercos da plataforma ferroviária	304
19	Parque de material e oficinas	247
20	Obras Civis e Arquitetura de estações	360
21	Instalações obras interiores estações	360
22	Iluminação e energia de estações e oficinas	360
23	Equipamento de estações	360
24	Passagens pedonais desniveladas	360

DATA-CHAVE Nº	Documento	Data de Cumprimento a partir da assinatura do Contrato (dias)
25	Sistema de Supervisão e Controle Operacional	360
26	Relatório final Engenharia de detalhe	360
27	Obras Cíveis e de Arquitetura de Estações	360
28	Instalações Obras Interiores Estações	360
29	Iluminação e energia de Estações	360
30	Equipamento de Estações	360

Estudo Prévio

O trabalho feito nesta fase, serviu para conhecer os parâmetros em planta e em corte longitudinal do traçado, assim como a definição básica das principais secções transversais que constituem a solução detalhada dos eixos das quatro vias entre Alameda e Nos.

Durante o Estudo Prévio foram cumpridas todas as datas-chave indicadas no contrato o que requereu um grande esforço de toda a equipa que se encontrava no Chile e Espanha. As informações prévias e outras que tinham de ser compiladas como: informação cartográfica, geotécnica e pluviométrica foram os principais caminhos críticos, pois foram atividades subcontratadas e que dependiam de terceiros e da sua capacidade de cumprir com as ajustadas datas de entrega de cada um dos produtos.

Outro dos pontos de grande dificuldade foi obter toda a informação referente com os serviços afetados o que requeria um extenso trabalho em campo e o envio de comunicações a todas as empresas de serviço que poderiam estar afetadas. Este foi um trabalho que teve de ser atualizado até o fim da engenharia.

Na Estudo Prévio, a redação do Estudo de Impacto Ambiental é uma das partes fundamentais, pois este permite dar início as obras, obtendo aprovação das entidades competentes do país, que foi realizado por outra empresa contratada pela IDOM e especialista na área dentro do Chile. Esta requereu varias reuniões junto da EFE e muita da informação numa fase adiantada do projeto, como por exemplo, na definição das estações, o que foi solicitado em observações pela entidade ambiental no Chile (Servicio de Evaluación Ambiental, SEA)”.

O SEA realiza a publicação do estudo, para que as entidades públicas, privadas e cidadania em geral possam alegar. Para sua aprovação final foram necessárias três publicações ou “Informes Consolidados de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones y/o ampliaciones complementarias al Estudio de Impacto Ambiental (ICSARA)”.

Outra parte importante da definição prévia foram as estações, que finalmente foram definidas com átrio subterrâneo e cais central o que facilitou em grande medida a segregação do serviço de Passageiros do Serviço de Cargas, conforme explicado no ponto 3.3.10 Estações.

Projeto de Execução

Nesta fase são acabados os trabalhos iniciados durante a fase do Estudo Prévio e é realizada a completa definição dos restantes elementos necessários e adaptados a cada uma das obras, como por exemplo, estações, passagens desniveladas pedonais, etc.

Nesta fase foi necessário implementar maior quantidade de profissionais e de diferentes disciplinas, para poder dar termo a todos os documentos. Foi mantido um restrito programa de trabalhos, que dependia de uma comunicação permanente com todas as especialidades como: Traçado, Arquitetura, Estruturas, Drenagem, Serviços Afetados e Instalações.

Algumas datas-chave tiveram de ser adiadas por indefinição de alguns aspetos cruciais para a finalização dos produtos e que também estão relacionados com a aprovação da EFE dos Documentos entregues na fase de Estudo Prévio, como a aprovação do Estudo Prévio das Estações, de Parque de Material e Oficinas, Passagens pedonais desniveladas entre as principais, como mostra a Tabela 25.

No entanto, as datas finais de cumprimentos foram ajustadas e discutidas entre a EFE e IDOM, de forma a cumprir com as datas de publicação dos Concursos Públicos de Construção donde é requerida a documentação de projeto e de outros produtos solicitados que não estavam contemplados no Contrato Inicial.

Tabela 25. DATAS-CHAVE Atualizadas da Engenharia de Detalhe

DATA-CHAVE Nº	Descrição	Data de Cumprimento a partir da assinatura do Contrato (dias)	Data efetiva de Cumprimento (dias)
	PROJETO DE EXECUÇÃO		
15	Sistema de Vias	122	122
16	Implantação de Obras Civas	198	198
17	Reforço de pontes, tubagens transversais e drenagem	213	213
18	Cercos da plataforma ferroviária	304	304
19	Parque de material e oficinas	247	280
20	Obras Civas e Arquitetura de estações	360	388
21	Instalações obras interiores estações	360	388
22	Iluminação e energia de estações e oficinas	360	388
23	Equipamento de estações	360	388
24	Passagens pedonais desniveladas	360	388
25	Sistema de Supervisão e Controle Operacional	360	80
26	Relatório final Engenharia de detalhe	360	419
27	Obras Civas e de Arquitetura de Estações	360	419
28	Instalações Obras Interiores Estações	360	419
29	Iluminação e energia de Estações	360	419
30	Equipamento de Estações	360	419

Como indica a tabela precedente, houve um incremento de 59 dias nos prazos finais o que significa um acréscimo de 16,4 % referente ao prazo total do contrato inicial. Isto inclui estudos adicionais solicitados como: “*Estudo de Factibilidade de soterramento de vias mediante Túnel do PK 4+000 a PK 9+000*”; “*Projeto de detalhe de Catenárias*”; “*Modelos em 3D de Passarelas*”; “*Modelos em 3D de Estações*”; diferentes alternativas de disposição de aparelhos de mudança de via em zonas fora do alcance do projeto, entre outros.

Os três produtos mais relevantes da fase de Projeto de Execução foram os documentos Sistemas de Vias; Parque Material e Oficinas e os documentos referentes a Estações.

O Documento Sistema de Vias resume todas as informações prévias necessárias assim como uma descrição de todas as obras que compreendem o projeto, dando ênfase à implantação ferroviária. Todas as obras a serem implantadas tomam como referência a cota dos carris, pois daí pode-se obter o pé direito necessário para a catenária, pontes e distâncias para as lajes dos átrios soterrados, elementos de drenagem, etc.

Referente às Estações, como já se indicaram em capítulos anteriores, partiram do desenho funcional das vias com a disposição de cais central e átrio soterrado, solução esta que permite o correto funcionamento dos serviços Nos Xpress, com paragens em todas as estações de Alameda a Nos e os serviços Rancagua Xpress com paragem na Estação San Bernardo e nas Estações posteriores a Estação Nos como mostra a Figura 66, assim como os serviços de cargas.



Figura 66. Mapas dos Serviços Nos Xpress y Rancagua Xpress

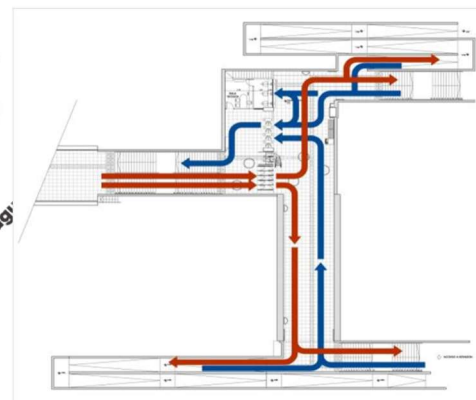


Figura 67. Esquema de Fluxos de Entrada e Saída do Átrio de Estação Baixo Vias

Para o desenho interior das estações foi fundamental permitir o correto fluxo de usuários incluindo aqueles com mobilidade reduzida como mostra a Figura 67, permitindo assim cumprir com toda a normativa nesse sentido. O acesso aos átrios a desnível é feito através de escadas e rampas, circulando pelo interior e subindo ao cais central pelas escadas ou elevadores a disposição.

Para a engenharia do Parque Material e Oficinas foram investidas várias horas homem em diversas especialidades. Sendo um espaço reaproveitado como mostra a Figura 68, houveram dificuldades acrescidas pois foi necessário executar várias inspeções à edificação existente para assim determinar a nova funcionalidade das vias no seu interior, tentado reduzir as demolições e maximizar aproveitamento das estruturas existentes. No entanto, foi necessário realizar novas estruturas como: a ponte rolante para a movimentação de elementos de alta tonelagem e as fachadas para acesso como mostra a Figura 69, para poder deixar o interior do edifício protegido das condições ambientais do exterior.



Figura 68. Fachada Norte existente do Galpão a ser aproveitado para o Parque matéria e Oficinas

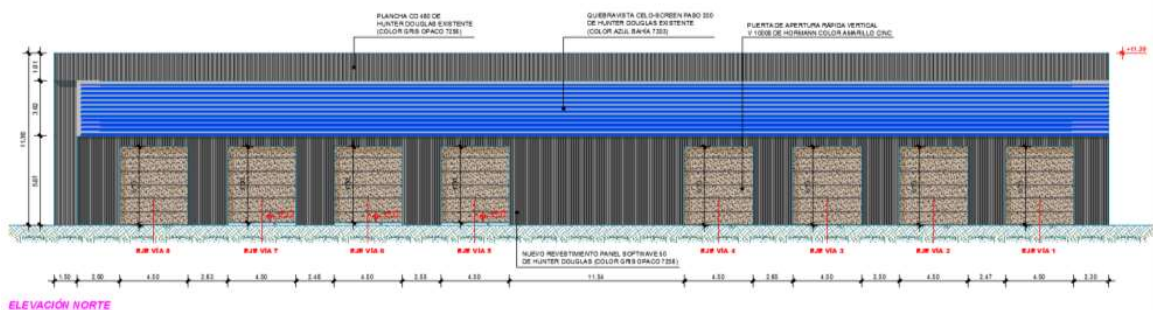


Figura 69. Fachada Norte Projetada do Parque Material e Oficinas

Na fase de obras do Parque Material e Oficinas foi requerida pela empresa de construção, pela empresa de fiscalização e pela EFE, a colaboração da IDOM para a definição de elementos necessários para finalizar as obras, como a drenagem que só era possível saber a sua completa disposição depois de finalizar as demolições.

4.2. Fase da execução da Obra

4.2.1. Inspeção do Contrato de Faixa de Via

A data de Início do Contrato do Serviço de Inspeção Técnica de Obras (ITO) Civis da Plataforma de Via é 11 de Fevereiro do ano de 2013 e finaliza a 30 de Setembro de 2015.

Datas e Prazos do Contrato de Obras:

Data de Início do Contrato: 04-03-2013

Data de Término do Contrato Original: 28-12-2013

Data efetiva de Término Contrato: 31-09-2015

Prazo Original: 300 dias

Prazo efetivo de Término de Contrato: 894 dias

A inspeção técnica de obras (ITO) ou fiscalização tem entre as suas tarefas principais fazer cumprir o caderno de encargos e todo o referente com a qualidade das obras, alertar de possíveis atrasos, assim como fazer as respetivas recomendações para os recuperar quando estes ocorram, manter ao dia os aspetos administrativos e as possíveis modificações de contrato, fazer cumprir as normas ambientais e de segurança nas obras.

Uma das partes mais importantes é referente à qualidade. É vital manter o cumprimento do Plano de Inspeção e Ensaio (PIE) do empreiteiro (Ver Anexo N°3), isto para poder receber cada um dos elementos da obra. Por exemplo, no caso da receção das camadas que conformam a plataforma ferroviária: terreno de fundação, Sub-base, Base e Sub-Balastro e Balastro é preciso manter o controle da granulometria, presença de matéria orgânica ou outros tipos de contaminação, densidade relativa de solos não coesivos, CBR requeridos para as camadas, ensaios de compactação em laboratório Proctor Modificado, controle de compactação por métodos nucleares, etc, como se passará a descrever no ponto 4.3.1. “Construção e Controlo de Camadas de Plataforma” contido como um dos Aspetos Relevantes da Construção.

As obras são realizadas entre a Estação Alameda a Estação Nos em um comprimento de 22 Km. Entre as principais unidades de obra consideradas destacam-se: os movimentos de terras e colocação das camadas do firme até à camada de Sub-balastro, assim como os muros de contenção em aterro como escavação, construção do drenagem transversal e longitudinal, construção dos poços de infiltração, construção das pontes necessárias para as duas novas vias, construção das infraestruturas para telecomunicações (vala técnica), construção de todos as vedações ao longo de toda a extensão e fabricação e instalação dos pórticos de catenária com a sua respetiva conexão a terra.

Ao longo das obras tiveram-se que solucionar vários problemas devido a alterações de soluções propostas pelo empreiteiro como os pórticos de catenária com perfis tubulares importados da China, que o projeto prévio considerava perfis em “I”. O projeto teve de passar por um processo de aprovação da inspeção e posteriormente da EFE, o que gerou a compra e finalmente a chegada do material ao Chile de forma tardia.

A empresa adjudicatária para recuperar o atraso gerado pela chegada tardia dos Pórticos de Catenária propôs a colocação dos elementos durante o dia e com o serviço ferroviário em funcionamento, isto sem corte de energia na catenária existente. Esta proposta não foi aceite pela fiscalização indicando que estes trabalhos só podiam ser feitos sem energia. Em reuniões entre EFE, o adjudicatário e a fiscalização foram definidas duas janelas nos serviços uma das 10:00 as 16:00 e outra das 22:00 as 05:00 aproximadamente com o corte de energia de segunda a sexta. Os serviços de cargas que funcionam com locomotoras diesel tinham de ser permitidos.

Outra problemática importante durante o contrato foi estabelecer as condições de segurança e de construção das estacas de fundação para todas as estruturas. O sistema feito tradicionalmente no Chile para as cortinas de estacas é de escavação manual e colocando uma entivação em todo o comprimento da estaca, conforme se vai avançando para evitar desprendimentos de material. O solo característico do Grande Santiago apresenta boas características mecânicas permitindo a escavação com estes métodos. No entanto, a inspeção considerou que a betonagem da estaca com as proteções de madeira não permitia tirar partido do eventual atrito lateral entre a superfície da estaca e o solo, questão que a seguir se descreve no ponto 4.3. “Aspetos relevantes na Construção”.

4.2.2. Inspeção de Passagens Rodoviárias

A data de Início do Contrato do Serviço de Inspeção Técnica de Obras (ITO) para a Construção de Passagens de Veículos Desnível é 2 de Dezembro do ano de 2013 e finaliza o 30 de Novembro de 2016.

Datas e Prazos do Contrato de Obras:

Data de Início do Contrato: 08-01-2014

Data de Término do Contrato Original: 08-05-2015

Data efetiva de Término do Contrato: 31-10-2016

Prazo Original: 486 dias

Prazo efetivo de Término de Contrato: 1028 dias

Esta inspeção técnica semelhante à mencionada no ponto anterior parte dos mesmos princípios de conservação da qualidade, dos prazos, do meio ambiente, da segurança, entre outros. No entanto esta tinha a particularidade de contemplar dois contratos de obra: a Construção das Passagens Rodoviárias Inferiores com a Empresa Ferrovial Agroman de origem Espanhola e o Contrato de Obras de Passagens Rodoviárias Superiores ao encargo da Empresa Sacyr, também de origem Espanhola. Administrativa e tecnicamente requer um reforço da equipa, pois ao tratar com dois contratos, todas as entregas de documentos são a dobrar.

Este tipo de contratação reduz os custos de administração por parte do Dono de Obra e reduz o tempo em processos de licitação de uma equipa de inspeção adicional, pelo menos neste caso.

Como se indicou no Ponto 3.3.12, Passagens Rodoviárias desniveladas, houve uma redução importante nas obras contratadas em especial para o Contrato de Passagens Superiores onde se deixaram de construir 7 passagens, isto, por não ter à disposição os terrenos necessários para a construção, pelo atraso no processo de expropriações.

No caso do Contrato de Passagens Inferiores, houve um atraso na aquisição dos terrenos. Foram necessários desvios de trânsito para permitir construir as passagens nos pontos onde tinham passagens a nível. Estes desvios tiveram de ser aprovados pelo Serviu (Servicios de Vivienda y Urbanización) e pelo DTPM (Dirección de Transporte Público Metropolitano). Como consequência destes fatores, foi necessário quase um ano para que se iniciassem as obras das passagens inferiores.

As passagens inferiores a construir encontram-se em zonas densamente urbanas e em alguns casos mais vulneráveis, onde se tiveram vários problemas de vandalismo. Em certos casos, foram gerados prejuízos consideráveis como a queima de maquinaria e de materiais inflamáveis como no caso de combustível e das caixas plásticas que servem para os cubos dreno, elementos para a construção das trincheiras de infiltração.

Outro ponto relevante foi a construção da Passagem Superior “Lo Blanco” que devido às mudanças de projeto, o valor da construção e o prazo de execução aumentaram consideravelmente.

No projeto, conforme descrito no ponto 3.3.12 Passagem Superior “Lo Blanco”, foi considerada uma estrutura em betão armado, com fundações de estacas circulares com diâmetro de 1 m e 10 m de profundidade, escavadas à mão. Durante a escavação das fundações foram encontradas diferentes tubagens de serviços os quais alguns podiam ser mudados e outros tinham de ser mantidos. Ao não se poder mudar a posição do serviço era necessário mudar a posição da fundação, consultando o projetista e este dava uma nova posição para esta e se recalculava a correspondente viga. Foram escavadas um total de 142 estacas das quais aproximadamente umas 40 foram alteradas na sua posição inicial. Este procedimento de construção obviamente gerou um atraso na construção da estrutura. No entanto, depois de construídas as fundações, os restantes trabalhos foram executados de acordo com os prazos estimados.

De forma global a tramitação de mudanças de obra motivadas por diferentes razões como: dificuldade de obter terrenos pelas expropriações, alterações propostas pelo empreiteiro adjudicatário, alterações propostas pelo Dono de obra, etc, gerou uma tramitação administrativa que durou vários meses. Em determinadas ocasiões, não era possível iniciar as unidades de obra de essas alterações, atrasando assim os trabalhos.

4.3. Aspectos relevantes na construção

4.3.1. Construção e Controlo de Camadas da Plataforma

A construção da plataforma como já se indicou no ponto 3.3.5 Geotecnia da Plataforma, consta de camadas de estruturais de Sub-Base, Base, Sub-Balastro e Balastro, as quais servem para assentamento das travessas e os carris, sobre os que transitam os comboios.

A colocação destas camadas e o seu controle são uma parte essencial para evitar anomalias que podem resultar em reparações muito caras e difíceis de executar, uma vez que o serviço Ferroviário está em funcionamento, pois a retirada de vias para reparação pode implicar o cancelamento parcial do serviço e em casos extremos a paragem total.

Assim sendo para evitar o indicado anteriormente são aplicados estritos controles aos materiais e procedimentos de construção de cada uma das camadas. A seguir explica-se de forma sucinta, as principais características, definições de aplicação e controles de cada uma delas.

Bases e Sub-bases

Âmbito

O trabalho refere-se à fabricação, colocação e compactação das bases granulares e sub-bases, normalmente localizadas por cima da camada de coroamento, inicialmente a Sub-Base e logo a Base.

Regulamentos

Os regulamentos aplicáveis serão as Normas Técnicas do Manual Rodoviário do Chile, Volume. 3, seção 3.602 e Volume. 5, seção 5.205 (Manual de Carreteras, Edic. 2012), e as Normas Técnicas EFE NT-01-01-01 (NT 01-01-01, EFE, 2006) e NT-01-01-03 (NT-01-01-03, EFE, 2006).

Materiais

Os materiais para a preparação dos recheios estruturais devem ser formados por solos inorgânicos e satisfazer os seguintes requisitos:

Os agregados grossos ou de maiores dimensões retidos na peneira 5 mm (n ° 4) devem ser resistentes, partículas duráveis consistindo de fragmentos de rocha, cascalho ou escória. Os agregados finos que passam o peneiro 5 mm (n ° 4) devem consistir em areias naturais ou trituradas e partículas minerais que passam o peneiro 0,08 mm (n ° 200). Os limites de consistência da fração que passa pelo peneiro de 0,5 mm (n ° 40) devem estar em conformidade com a Tabela 26.

Tabela 26. Limites de Consistência ou de Atterberg

	Limite Líquido	Índice de Plasticidade
Sub-base	Max. 35	Max. 8
Base	Max. 25	Max. 6

Sub-base

Os materiais para Sub-Base deveram cumprir com o Fuso granulométrico indicado na Tabela 27.

Tabela 27. Fuso Granulométrico para Sub-Base

Peneiro (mm)	%
50	100
25	55 – 100
10	30 – 75
5	20 – 65
2	10 – 50
0,5	5 – 30
0,08	0 – 20

Nota: O Manual Rodoviário toma as aberturas dos peneiros na Norma Chilena NCH 1022 (Nch 1022, Santiago, 1976).

O material deve ter um suporte CBR maior ou igual a 40 % e a fração grossa deve ter uma resistência ao desgaste, medida pelo ensaio de Los Angeles, não superior a 40 %.

Além disso, o material deve obedecer a um "equivalente de areia" mínimo de 20 %, determinado de acordo com o método descrito em 8.202.9 do Manual Rodoviário do Chile, Vol. 8 (Manual de Carreteras, Edic. 2012).

Base

Os materiais da Base granular devem obedecer a uma das bandas granulométricas indicadas na Tabela 28.

Tabela 28. Granulometrias para Base

Peneiro (mm)	%	%	%
50	100	100	
40	70 - 100		
25	55 - 85	70 – 100	100
20	45 - 75	60 – 90	70 – 100
10	35 - 65	40 – 75	50 – 80
5	25 - 55	30 – 60	35 – 65
2	15 - 45	15 – 45	25 – 50
0,5	5 - 25	10 – 30	10 – 30

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
“Projeto Rancagua Xpress”

Peneiro (mm)	%	%	%
0,08	0 - 10	0 – 15	0 -15

Nota: O Manual Rodoviário toma as aberturas dos peneiros na Norma Chilena NCH 1022 (Nch 1022, Santiago, 1976).

A percentagem de superfícies esmagadas não deve ser inferior a 50 %.

O material deve ter um suporte CBR maior ou igual a 80 % e a fração grossa deve ter uma resistência ao desgaste, medida pelo ensaio de Los Angeles, não superior a 35 %.

Procedimentos de trabalho

A colocação do material estará de acordo com os perfis longitudinais e transversais do projeto.

Os materiais serão colocados em camadas horizontais uniformes e sem deformações ou protuberâncias que dificultem o funcionamento do equipamento de compactação.

As Figuras 70, 71, 72 e 73 mostram os trabalhos de descarregamento, nivelção e compactação das camadas de Sub-Base e Base.



Figura 70. Descarga e Nivelção de Sub-Base



Figura 71. Terminação de Sub-Base

Antes da colocação da primeira camada, deve-se verificar que o solo de fundação ou a camada de coroamento está adequadamente preparada, ou seja:

- Isento de detritos, matéria orgânica ou resíduos.
- Nivelado, sem depressões ou protuberâncias.



Figura 72. Descarga de Base sobre Sub-Base acabada



Figura 73. Compactação de Base

Deverá estar compactada ou ter capacidade de suporte adequada. Em caso de materiais naturais compactados terá pelo menos 95 % do DMCS modificado do Proctor (ASTM D1557 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³), 80 % da densidade relativa (ASTM D2049 Test Method for Relative Density of Cohesionless Soils) ou 40 % CBR (ASTM D1883 Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils).

Não será afetado por geadas.

As precauções serão tomadas com respeito a outros trabalhos existentes, cabos de catenária, dutos enterrados, etc. de modo que nenhum dano possa ocorrer.

Sub-base e Base

A espessura de cada camada não deve ser superior a 30 cm ou inferior a 12 cm compactada.

Cada camada colocada será compactada ao 95 % de sua densidade compactada seca máxima, de acordo com o Proctor modificado (ASTM D1557). Um método de compactação adequado será utilizado com base em passagens do cilindro compactador de preferência vibratório. O cilindro deve progredir gradualmente a partir do ponto baixo dos laterais para o centro da plataforma, sobrepondo-se cada passagem com o anterior em pelo menos metade da largura do cilindro compactador.

O tipo de equipamento de compactação e o número de passagens foram definidos por os trechos experimentais, na presença da fiscalização (ITO), para sua aprovação.

Durante o enchimento e compactação, o teor de humidade do material não pode variar mais de 1 % acima ou abaixo do valor ideal determinado no ensaio ASTM D1557. As operações de molhagem ou secagem devem ser efetuadas de forma a obter um teor de humidade uniforme em cada camada.

Após completar a compactação e perfilamento das capas de Sub-Base e Base de acordo com os perfis longitudinais e transversais do projeto, a superfície deve ter uma aparência uniforme e sem variações de cota maiores ao intervalo de dimensão maior que +0,0 cm e -1,0 cm. Se forem detetados a um nível abaixo da tolerância, deverá ser levantada uma camada de espessura mínima de 10 cm para a continuação adicionarem material, realizar o regado, re-compactação e acabamento da superfície.

Sub-Balastro

Âmbito

O trabalho refere-se à fabricação, colocação, compactação e terminação da camada de Sub-Balastro, normalmente localizadas por cima da camada de Base.

Sem prejuízo das características mecânicas da camada Sub-Balastro, a característica a ser destacada será a baixa permeabilidade.

Regulamentos

Os regulamentos aplicáveis são as Normas Técnicas EFE NT-01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT-01-01-01, EFE, 2006), EFE NT-01-01-03 Elementos que constituem a via (NT-01-01-03, EFE, 2006) e EFE NT-01-01-04 Fornecimento e Colocação de Balastro de Pedra Britada.

Materiais

A camada Sub-Balastro deve ser de agregados com tamanho máximo de 30 mm, compactada para 100 % dos DMCS Proctor modificado.

No material da camada Sub-Balastro, o 100% da fração retida na peneira N ° 5 ASTM (tamanho de abertura de 4 mm) deve vir de trituração, já seja de pedra de pedreira ou de cascalho natural.

A utilização do material escavado no tramo, misturado ou não com o anterior da pedreira, só é admissível quando, após o tratamento de trituração e peneiramento, respeitar as condições de qualidade e granulometria.

O tamanho de partícula típico será dum cascalho arenoso com finos, como se indica na Tabela 29.

Tabela 29. Granulometrias para Sub-Balastro

Peneiro ASTM (N°)	Peneiro ASTM (mm)	%
1,5	38,1	100
1,25	31,7	90-100
5/8	15,9	85-95
5/16	7,93	65-80
5	4,00	45-65

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
"Projeto Rancagua Xpress"

Peneiro ASTM (N°)	Peneiro ASTM (mm)	%
10	2,00	30-50
35	0,50	10-40
70	0,21	5-25
200	0,07	3-9

Nota: O tamanho das partículas de Sub-Balastro vem da Normativa EFE que toma como referencia a Normativa Americana AREMA que considera a abertura dos peneiros da ASTM.

O teor de matéria orgânica, bem como o dos sulfatados, não excederá 0,2 % em peso do material seco que passa pelo peneiro N ° 10 ASTM (abertura de 2 mm).

O coeficiente de uniformidade (D60/D10) será igual ou superior a catorze (14) e o índice de curvatura (D30²/(D60xD10)) entre 1 e 3.

Os agregados terão um coeficiente de desgaste de Los Angeles com menos de vinte e oito (28) e o resultado do Micro Deval húmido será inferior a 22.

O material compactado até uma densidade de 100 % obtido no ensaio Proctor modificado apresentará uma permeabilidade da ordem de 10-6 cm/seg ou menos.

O equivalente de areia deve ser superior a 45 para a fração inferior ao peneiro N° 10 ASTM.

Procedimento de trabalho

Condições gerais

A camada não poderá ser estendida até que tenha sido verificada a superfície em que será assentada tendo as condições de qualidade e formas previstas, com as tolerâncias estabelecidas. Se nesta superfície houver defeitos ou irregularidades que excedam as tolerâncias, eles serão corrigidos antes da execução dos trabalhos.

A colocação da camada será realizada, tentando evitar segregações e contaminações, em duas camadas de 10 a 15 cm de espessura, uma vez compactada. A circulação de veículos sobre o material não compactado deve ser proibida.

Nas Figuras 74 e 75 mostra a colocação, perfilhamento e terminação da camada de Sub-Balastro.



Figura 74. Colocação e perfilamento da camada de Sub-Balastro



Figura 75. Terminação de Sub-Balastro

Condições de teor em água

A utilização do material requer que as condições climáticas não produzam alterações no seu teor em água de forma a ultrapassar o teor em água ótimo em mais de 2 %.

O teor em água de compactação ideal, deduzido do ensaio Proctor modificado, será ajustado à composição e ao desempenho do equipamento de compactação, a ser determinado num trecho experimental sobre o traçado (comprimento mínimo 100 m).

Condições de compactação

Todas as entradas de água serão feitas antes da compactação. Isto será realizado longitudinalmente, partindo dos milites exteriores e progredindo em direção ao centro para sobrepor cada passagem numa largura não inferior a 1/3 do elemento de compactação.

As zonas que, devido à sua extensão reduzida, a sua inclinação ou a sua proximidade com obras de passagem ou de esgotos, paredes ou estruturas, não permitem a utilização do equipamento habitual, serão compactadas com os meios adequados para o caso, a fim de obter a densidade esperada.

As irregularidades que excederem as tolerâncias especificadas abaixo serão corrigidas pelo empreiteiro. Deverá ser levantada uma camada de espessura mínima de 15 cm para a continuação adicionando ou removendo o material necessário, re-compactação e acabamento da superfície.

A camada compactada terá um peso volúmico seco equivalente a pelo menos 100 % do obtido no ensaio Proctor modificado, na média de seis ensaios para cada lote, não sendo qualquer valor inferior a 98 %.

O módulo de deformação EV2 obtido no segundo ciclo de carga de um ensaio de carga em placa (NLT-357/98) com uma placa de 30 cm será maior que 120 MPa, também deve ser verificado que $EV2/EV1 < 2,2$ (EV1 corresponde ao módulo de deformação do primeiro ciclo de carga), desde que o valor do EV1 tenha sido inferior a 75 MPa.

Controle de qualidade

Controle prévio do material na pedreira

A menos que o material venha de pedreiras com um certificado de controle de qualidade externa durante um período recente, no julgamento da fiscalização, serão realizados ensaios prévios na pedreira, que determinem a adequação do material.

Controle do material durante a execução

Este controle deve ser efetuado de forma sistemática em amostras retiradas do material estendido no local, independentemente da sua origem.

Controle de camada compactada

Este controle deve ser efetuado sistematicamente sobre a camada efetuada de acordo com a composição e forma de ação do equipamento de compactação, que foram fixados com o trecho experimental.

Ensaios para executar e frequência de controle

Os ensaios de controle de material devem ser os seguintes: frequência de cada 1.000 metros cúbicos para o controle prévio na pedreira e de 3.000 metros cúbicos para o controle do material na execução. Após o controle satisfatório dos 5 primeiros lotes nos ensaios anteriores, a frequência pode ser reduzida para 5.000 metros cúbicos, exceto para o tamanho de partícula e Proctor modificado que continuará a ser realizada com a frequência inicialmente sinalada.

Ensaios de controle de material a realizar:

- a) uma determinação da matéria orgânica.
- b) uma determinação do teor de sulfato da fração inferior a 2 mm.
- c) uma determinação do tamanho de partícula por peneiração
- d) um ensaio de limite de Atterberg
- e) um ensaio de compactação modificado Proctor
- f) um ensaio percentual de material com duas ou mais faces de fratura
- g) um ensaio de desgaste de Los Angeles
- h) um ensaio Micro Deval molhado

Além dos ensaios prévios, um (1) ensaio de permeabilidade deve ser realizado por meio de permeâmetro de carga variável, pelo menos uma vez para cada procedência homogênea do material.

Uma vez que o material de Sub-balastro tenha sido colocado em funcionamento, para cada 3000 m² de camada colocada ou para cada dia de trabalho, os seguintes ensaios serão realizados:

- a) Seis ensaios de densidade e teor em água "in situ" (ASTM D-2922).
- b) Um ensaio modificado de Proctor (ASTM D-1557).
- c) Com os contrastes apropriados, pode ser autorizada a utilização de métodos nucleares (ASTM D 2922 e ASTM D 3017).
- d) Para cada lote da camada compactada, um ensaio de carga com placa será realizado de forma alternada.

Terminação

A conclusão da compactação do Sub-Balastro consiste no conjunto de operações necessárias para alcançar o acabamento geométrico do coroamento de acordo com a definição contida em planos.

As obras de terminação de Sub-Balastro, serão executadas após a extensão, compactação e construção de drenos e tubagens que impeçam sua realização.

Após a conclusão, da camada de Sub-Balastro, deve ser protegida para manter suas características satisfatórias após o controle de qualidade.

Para cada tramo da camada acabada e aprovada, o empreiteiro adjudicatário será responsável por impedir a circulação, por meio de um encerramento controlado de acessos, até que a receção das obras plataforma pela fiscalização.

Tolerâncias

Serão colocadas estacas de nivelamento ao longo do eixo e ambas margens, a cada 20 m. Verificando os níveis em cada estaca na camada acabada, não deverão ser identificados mais de 15 milímetros abaixo dos valores teóricos, nem a superfície entre estacas a mais de 10 milímetros no comprimento de 3 m. O nível da camada acabada não deve exceder o teórico em nenhum ponto.

Balastro

Âmbito

O trabalho refere-se à fabricação, colocação, compactação e terminação da camada de Balastro, normalmente localizadas por cima da camada de Sub-Balastro.

Regulamentos

Os regulamentos aplicáveis são as Normas Técnicas EFE NT-01-01-01 Construção da Via Férrea, (NT-01-01-01, EFE, 2006), EFE NT-01-01-03 Elementos que constituem a via (NT-01-01-03, EFE, 2006) e EFE NT-01-01-04 Fornecimento e Colocação de Balastro de Pedra Britada (NT-01-01-04, EFE, 2006) e o Norma NCh 164-1976 "Agregados para argamassas e betão - extração e preparação de amostras".

Materiais

O Balastro deve vir de rochas siliciosas e o uso de calcário ou balastros calcários é proibido devido à sua menor dureza e menor resistência ao desgaste.

O Balastro fornecido deve ser de pedra triturada de pedreira e não é permitida a utilização de pedra fluvial.

As qualidades a serem vigiadas no Balastro a ser rececionado deverão ser:

- Natureza da rocha de procedência.
- Resistência à compressão simples.
- Resistência ao desgaste.
- Resistência ao gelo/degelo
- Forma geométrica dos elementos que integram o Balastro.
- Resistência à desintegração.
- Características físico-químicas e petrográficas.
- Granulometria.
- Fatores de Balastro e os seus valores máximos contidos na Tabela 30.

Tabela 30. Fatores do Balastro com Travessas de Betão

Fatores do Balastro	Valor Máximo	Método ASTM
Sustâncias Perniciosas		
A. Suave e quebradiço, percentagem em peso	3,0	C235
B. Percentagem em peso do peneiro N°200 (abertura de 0,074 mm) (inclui pó de fratura)	1,0	C117
C. Percentagem em peso de terrões de argila.	0,5	C142
Percentagem em peso das partículas delgadas e compridas (comprimento três vezes maior a largura média). Foliada	5	D4791
Percentagem máximo de absorção	1,5	C127
Percentagem máximo de desgaste, pelo ensaio de abrasão de Los Angeles	30	C131/C535
Percentagem máximo de perda NaSO ₄ pelo ensaio de inalterabilidade.	5	C88
Percentagem em peso de rochas não trituradas (cantos rodados)	3	

Para a fabricação do Balastro, o seu tamanho será regido pelo seguinte fuso granulométrico contido na Tabela 31, correspondente ao Balastro para ferrovias com travessas de betão.

Tabela 31. Fuso granulométrico do Balastro

Peneiro ASTM (N°)	Peneiro ASTM (mm)	% (min)	% (max)
3	76,5	100,0	100,0
2 1/2	63,5	100,0	100,0
2	50,8	95,0	100,0
1 3/4	44,4	65,2	85,1
1 1/2	38,1	35,0	70,0
1 1/4	31,7	17,4	42,3
1	25,4	0,0	15,0
7/8	22,2	0,0	12,5
3/4	19,1	0,0	10,0
5/8	15,9	0,0	6,3
1/2	12,7	0,0	5,0
7/16	11,1	0,0	2,0
3/8	9,52	0,0	1,9

Nota: O tamanho das partículas de Balastro vem da Normativa EFE que toma como referencia a Normativa Americana AREMA que considera a abertura dos peneiros da ASTM.

Procedimento de trabalho

O fornecimento do Balastro para a formação da camada será realizado por meio de camiões a partir dos pontos de fabrico, sendo o objeto do presente procedimento a carga, o transporte para locais de trabalho, descarga e espalhamento do Balastro.

A superfície na qual a primeira camada de Balastro é espalhada deve ser previamente aprovada pela fiscalização. Nesta superfície não deve haver nenhuma marca de pneus de veículos ou maquinaria em geral que possa impedir a correta drenagem da plataforma.

O leito de Balastro estender-se-á tanto em curva, como em linha reta numa camada horizontal uniforme de aproximadamente 15 cm. A superfície do leito de Balastro deve ser uniformemente compactada, sem causar qualquer deterioração ou fratura do agregado.

A colocação desta camada será feita com uma espalhadora de Balastro dotada com mestra vibrante guiada por cabo guia ou controle laser que garanta a cota de nivelção. Em casos especiais, com autorização da fiscalização, poderá ser substituído por camiões, motoniveladoras e compactadores, sendo a camada da mesma espessura que a colocada pela espalhadora.

Uma vez que a via (travessas e carris) é montada no leito de Balastro, o Balastro será descarregado na pista por trem de Balastro ou outras máquinas, Dumpers, pás carregadeiras cujo uso deverá ser aprovado pela fiscalização. No início do trabalho, uma área de armazenagem deve ser condicionada no setor de trabalho para permitir que o Balastro seja carregado no equipamento estendido.

A terminação da camada de Balastro consiste num conjunto de operações necessárias para conseguir o acabado geométrico. Será realizado de acordo com a definição contida em desenhos e as indicações da fiscalização. Este acabamento é conseguido por meio de maquinaria pesada quando se encontra em tramos de via e manualmente quando for zonas de montagem de aparelhos de mudança de vias.

No Anexo N°3 mostra-se a informação referente aos ensaios e a sua periodicidade ao longo da duração da obra com o Plano de Inspeção e Provas do empreiteiro encarregado das obras de movimentos de terra.

4.3.2. Processo de Construção de Estacas de forma manual

Procedimento de escavação de estacas de forma manual

Inicialmente deverá definir-se a localização topográfica do eixo da estaca para a fundação das estruturas das pontes, postes e pórticos de catenária, a seguir instalar-se-á uma estrutura de madeira que permita marcar a geometria em planta, posição e a linha central da estaca. A estrutura de madeira deve-se projetar pelo menos 10 cm sobre o solo para evitar que objetos que rodem possam cair no interior da estaca ferindo o trabalhador.

Para as estacas de fundação dos postes e pórticos de catenária: a escavação começa uma vez que a plataforma ferroviária esteja ao nível da camada de Base.

Estacas para fundação de estruturas de pontes: a escavação começa uma vez que a área de trabalho este devidamente sinalizada no perímetro de proteção.

A escavação da estaca começará com equipamento manual (pico e pá), isto no primeiro metro da escavação, rebocando as paredes e ajustando a verticalidade das estacas. De acordo com a mecânica dos solos e a experiência adquirida sobre depósitos do Grande Santiago, seria desnecessário usar ferramentas como martelos elétricos. Contudo, para proceder à escavação recorrendo a martelos elétricos, em outra estaca vizinha, o trabalhador deverá sair para maior segurança.

Para conservar a geometria teórica do projeto, é considerada a realização de escavações com 10 cm a mais de largura por cada lado da estaca, seja ela quadrada ou retangular, isto, para acomodar as entivações. O que significa, em termos de segurança a betonagem das estacas com a entivação perdida.

No caso da existência de água, esta será drenada recorrendo a bombas de 3 ou 4 ", mantendo o nível das águas de forma a possibilitar a execução da escavação.

Se a estaca for 1x1 m, a escavação inicial será feita um pouco maior do que 2x2 m. Sobre este será instalado o guincho manual, onde o balde é amarrado para ser usado para extrair o material da escavação.

Na área de trabalho da estaca, deve haver apenas duas pessoas de cada vez, aquele que está escavando e aquele que tira o material da escavação com o guincho. Se alguém quiser ver, deve pedir autorização ao Mestre da Estaca ou ao pessoal encarregue da obra.

Em caso de interferência com qualquer serviço (água, telecomunicações, gás ou eletricidade), a escavação deve ser imediatamente paralisada informando o pessoal encarregado, que, por sua vez, deve informar a fiscalização para determinar os passos a seguir.

Se a interferência na escavação corresponder a uma estrutura de betão (fundação de pontes), o Encarregado deve ser informado, pois irá proceder para verificar com a fiscalização a viabilidade de demolição do elemento.

Uma vez realizada a demolição da estrutura de betão, a escavação e a entivação continuam de acordo com as exigências do terreno. Na área da estrutura de demolição, serão colocadas ancoragens de ferro (2 por tábuas) como fixação da entivação. Será responsabilidade do supervisor de campo a metodologia da entivação a definir de acordo com o tipo de solo encontrado.

Especificações gerais

Os guinchos usados para extrair o material do interior da escavação devem consistir em uma estrutura firme e ter um freio ou trava que pare automaticamente ao desenrolar acidental do cabo como mostra a Figura 76.

O trabalhador deve estar sujeito a uma linha de vida como mostra a Figura 77 por meio de um arnês de segurança e um controle deslizante de linha que será ancorado a um ponto independente do torno que suporta pelo menos 22 KN, tanto na descida e na subida.

A montagem da estrutura de apoio do guincho no bordo da escavação deve ser realizada considerando as solicitações dadas ao solo e somente após a realização dos reforços que forem necessários.



Figura 76. Estrutura de guincho



Figura 77. Estaca entivada

Não são permitidos ganchos que sejam artesanais para pendurar baldes ou cestas. Estes devem vir da fábrica, com fecho de segurança e com a capacidade de carga gravada no mesmo gancho.

Os baldes usados para carregar material devem ter a parte inferior e as alças reforçadas para evitar o desacoplamento ou o descolamento da alça.

Ao trabalhar em escavações de baixa ventilação ou de poços muito profundos, devem ser tomadas precauções para garantir a presença adequada de oxigênio dentro da escavação. Bem como para detectar a presença de outros gases dentro dele, tais como gás de esgotos, monóxido de carbono, ácido cianídrico, ou outros gases nocivos para a saúde dos trabalhadores e tomar as medidas adequadas para sua eliminação.

Os trabalhadores que estão manobrando os guinchos para extrair o material do interior da escavação, devem em todas as vezes usar um arnês de segurança. Amarrados a uma corda de vida ancorada a um ponto resistente (22 KN pelo menos), independente da estrutura de trabalho.

Se for necessário que um trabalhador desça dentro de uma escavação muito profunda onde uma escada não pode ser instalada com segurança, este pode descer com o guincho usado para extrair o material, desde que use arnês de segurança para o corpo, ligado a um mosquetão que por sua vez esteja ligado a um descendente vertical que vai no anel frontal (peito) deslizando numa corda de vida distinta à usada para descer ao trabalhador, que deve permanecer fixada a uma estrutura do guincho independente, que apoie pelo menos 22 KN. O mesmo procedimento deve ser usado para retirar o trabalhador do interior da escavação.

Para o ingresso de ferramentas e remoção de ferramentas ou retirada de pedregulhos, uma corda diferente da usada para descer ou ascender ao escavador, em nenhum caso poderá ser utilizada a corda de vida. A corda deve ser exclusiva para estes trabalhos, além disso, deve ser apoiada por uma rede para içar pedregulhos. Antes de remover qualquer pedregulho deve executar o cálculo correspondente para determinar se a estrutura irá suportar o peso para levantar, usando a seguinte fórmula:

Estimativa do peso do Pedregulho

$$P = \frac{\text{Largura (cm)} \times \text{Altura (cm)} \times \text{Comprimentos (cm)} \times 2,9 \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)}{1000} = (\text{Kg}) \quad (4.1)$$

A este resultado se deve adicionar o peso da estrutura, mais o peso do operador de içado ou mais pessoas que poderiam estar ajudando no retiro.

Se os operadores tiverem dúvidas, devem deter o trabalho e pedir assistência ao supervisor e, se necessário, solicitar o apoio de um equipamento de elevação para retirar o pedregulho.

Nunca inserir ou remover uma ferramenta ou pedregulho se o escavador estiver abaixo. Neste caso ele deve sair da escavação.

Quando se ingressarem tábuas de madeira na escavação, estas devem ser inseridas ou içadas por meio de um gancho e amarração. Para isto deve ser perfurado em um dos cantos a tábua para introduzir o gancho e para passar a corda pela tábua de modo a que esta, ao ser abaixada ou içada, se trave. Ao descer a tábua, o escavador deve esperar num dos cantos o mais longe possível e estar atento a qualquer movimento inesperado da tábua.

Se ao escavar for percebido algum deslizamento de material, o escavador ou qualquer pessoa dentro da estaca deve deixar o lugar imediatamente, da mesma forma, se houver uma mudança repentina nas características do terreno, ou existência de mantos de areia, bancos de cascalho, aterros sanitários, poços negros ou qualquer outro acidente, não se dá continuidade às tarefas até que o pessoal especializado indique as medidas a tomar.

É estritamente proibido trabalhar nas escavações sem ter uma pessoa na superfície que é treinado para agir em caso de emergência.

Uma vez chegada a cota final de fundação das estacas +10 cm de excesso de escavação para um betão pobre, será iniciado o processo de receção pela fiscalização (de acordo com os planos do projeto), que certifica a finalização da escavação da mesma ou em seu defeito, as medidas necessárias para ajustar a escavação às condições de projeto.

Após a receção da cota de fundação, começam as tarefas de montagem da armadura pré-armada ou armada in-situ, para terminar com a betonagem correspondente.

Caso especial apresenta a execução de estacas perto da via em uso, por causa do risco de colapso dentro das estacas e do perigo de socavar zonas da via. Por esta razão, prosseguirá com a localização da estaca interior, anexada à estrutura existente, que verificará os possíveis riscos associados à escavação manual de estacas e proporá medidas para controlar e mitigar os efeitos da tarefa acima mencionada. Estes podem incluir:

- Entivação com ancoramento de pilares de madeira ou tipo de malha de arame.
- Betão projetado, onde for viável e o terreno permite

Inconvenientes detetados durante as obras

Antes do início dos trabalhos de execução das pontes, foram definidas as condições estruturais necessárias referentes à entivação colocada nas estacas. A entivação colocada impede que o betão tenha contacto direto contra o terreno, evitando assim as ações por fricção de todo o elemento, trabalhando especialmente com uma reação na ponta da estaca.

Para evitar que isso aconteça foi acordado entre Dono de obra a fiscalização e o empreiteiro que dependendo da qualidade dos solos seriam retiradas parte das tabuas de madeira, permitindo assim que o betão esteja em contacto com o terreno e penetre por fora da entivação.

Retirada da entivação conforme o tipo de solo:

- Para maciços com solos com pouca qualidade geotécnica, antes de betonar deverá ser retirada o 50 % das tábuas de madeira, em toda o comprimento da estaca. Esta tarefa é feita manualmente com ajuda de martelo e pé de cabra.
- Para maciços geotecnicamente estáveis, deverá deixar-se de entivar pelo menos o 50% do comprimento da estaca. Para evitar pequenos desprendimentos de material deverá ser colocada uma malha de arame com betão projetado (Ver Figuras 78 e 79).



Figura 78. Estaca parcialmente entivada



Figura 79. Entivação de estaca quadrada 1mx1m com malha de arame

CAPITULO 5. CONCLUSÕES

Resultados do Novo Serviço

É importante destacar que qualquer obra de grande magnitude num ambiente urbano, pode gerar descontento social durante a construção, e mais ainda se os prazos inicialmente informados se estendem, já seja devido a atrasos diretamente relacionados com as obras ou outros fatores externos.

O fator social é um dos mais importantes, pois pode significar o êxito ou o fracasso dum projeto. No caso do Rancagua Xpress houve uma oposição significativa duma parte da população da zona de afetação, nos Municípios de “Lo Espejo”, “Pedro Aguirre Cerda”, “El Bosque” e “San Bernardo” que solicitavam que as obras fossem feitas soterradas tipo metro, defendendo que estas iriam dividir os Municípios. Este descontento propiciou uma reclamação ao Tribunal do Ambiente que anulou a Resolução de Qualificação Ambiental, alegando que não foram atendidas as reclamações da população no processo de participação dos cidadãos.

Produto disso, entre o dia 16 e 23 de março de 2016 EFE ordenou a paralisação de todos os trabalhos do Projeto Rancagua Xpress, atendendo à sentença de 18 de fevereiro de 2016, do Tribunal do Ambiente.

As averiguações foram realizadas e os trabalhos foram reiniciados depois de uma paralisação efetiva de 9 dias e outros 20 que forma necessários para reativar todos os trabalhos ao nível de produção que levavam. Isto levou a um sobrecurso económico de pelo menos 29 dias de gastos gerais de cada um dos contratos e dos custos diretos associados.

Reativados os trabalhos, estes finalmente correram com normalidade até o seu fim, em dezembro de 2016 depois de quase três anos de ter iniciado. A fase de provas de todos os sistemas e do novo material circulante, foi finalizada em Março de 2017 onde foi iniciada a operação do serviço, com grande adesão por parte dos usuários.

Atualmente depois de quase dois anos em serviço o Nos Express agora chamado MetroTren Nos, teve um aumento anual no numero de passageiros transportados de 138 % e com uma qualificação por parte dos usuários que o catalogam como um dos melhores sistemas de transporte do Grande Santiago.

Experiência adquirida

A experiência adquirida durante todo o projeto é única, pois poder participar na fase de redação dos estudos e na fase construção, permite obter a visão completa da intervenção, ficando com a sensibilidade da dificuldade que tem uma solução de projeto a executar em obra.

Outra parte muito importante foi a de estar noutra país com diferentes costumes, mas onde os conhecimentos tanto técnicos como culturais são mais enriquecedores, pois abordam-se pontos de vista diferentes. A construção de estacas de fundação por métodos manuais até profundidades de 15 m foi uma das soluções construtivas mais relevantes. Os trabalhadores eram de origem Peruana e de uma etnia em particular. Estes eram amplamente reconhecidos na construção tanto em infraestruturas de obras civis, como em edificação, onde participam na construção de cortinas de estacas para os muros de contenção.

Por outro lado, num projeto desta envergadura, acontecem problemas diariamente, mudanças de projeto ou adaptações necessárias, que requerem uma rápida resposta por parte do empreiteiro da obra, da fiscalização e do Dono de obra pois tem-se de tomar decisões em pouco tempo para não gerar atrasos. Na minha opinião para uma rápida toma de decisões é necessário trabalhar em equipa.

CAPITULO 6. BIBLIOGRAFIA

NT-01-01-01; “Norma Técnica, Construcción de Vía Férrea; Versión 01”, da Gerencia de Gestión de Infraestructura; Sub - Gerencia de Normas y Procedimientos de EFE. Santiago de Chile, 2006.

NSF 11.001, “Norma de Seguridad para Vías Férreas; Versión 00”, da Gerencia de Ingeniería; Sub – Gerencia de Desarrollo de EFE. Santiago de Chile, 2001.

NT-01-01-03; “Norma Técnica, Elementos constituyentes de la Vía; Versión 01”, da Gerencia de Gestión de Infraestructura; Sub - Gerencia de Normas y Procedimientos de EFE. Santiago de Chile, 2006.

NT-01-01-04 “Norma Técnica, Suministro de Balasto de Piedra Chancada; Versión 01”, da Gerencia de Gestión de Infraestructura; Sub - Gerencia de Normas y Procedimientos de EFE. Santiago de Chile, 2006.

“Recomendaciones de Diseño para Proyectos de Infraestructura Ferroviaria” SECTRA, Secretaría de Planificación y Transporte, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Santiago de Chile, 2003.

“Manual de Carreteras”. MOP-DGOP, Ministerio de Obras Públicas; Dirección de Vialidad. Santiago de Chile, 2012.

Instrução Técnica, GR.IT.VIA.023 “Parâmetros De Projeto De Traçado De Via Férrea Bitola 1668mm e Bitola 1435mm em Via Algalhada a 3 Carris”. Infraestruturas de Portugal. Lisboa. 2016.

“Investigación de Eventos Hidrometeorológicos Extremos. Precipitaciones Máximas en 24, 48 y 72 Horas”. MOP. Dirección General de Aguas. Santiago de Chile, 1988-1989.

“Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del Gran Santiago, Informe Final”. Dirección de Obras Hidráulicas. Santiago de Chile, 2001.

“Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Rancagua y Machalí, Informe Final”. Dirección de Obras Hidráulicas. Santiago de Chile, 2001.

Manual “Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos”, del Ministério de Vivienda y Urbanismo, Santiago de Chile, 1996.

“Norma Chilena Oficial NCh-433, Diseño Sismico de Edificios”, Instituto Chileno de Normalización, Santiago de Chile, 2010.

“Norma Chilena Oficial NCh-1022, Tamices de Ensayo, de tela de alambre y de plancha perforada – Dimensiones nominales de abertura”, Instituto Chileno de Normalización, Santiago de Chile, 1976.

<https://www.trencentral.cl>

<https://www.amigosdeltren.cl/ferrocarriles-urbanos-de-santiago>

“Trenes de Ciudad, Los Primeros Ferrocarriles Urbanos de Santiago”, Marco Sandoval, en revista En Tren Nº 9, noviembre de 2001.

“Libro Plan Maestro de la Empresa de Ferrocarriles del Estado” 2014-2020

“Tecnología, Estado y Ferrocarriles en Chile, Guillermo Guajardo Soto,” 1850-1950

“Sistema de Vías de Detalle Proyecto Rancagua Xpress”, IDOM 2013.

“Ingeniería de Detalle de Estaciones”, IDOM 2013.

“Informe Final del Servicio de Inspección Técnica (ITO) de Obras Civiles de Faja de Vía”, IDOM 2015.

“Informe Final del Servicio de Inspección Técnica (ITO) de Pasos Vehiculares Superiores e Inferiores”, IDOM 2016.

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Manutenção Ferroviária, Alberto Melro James, Licenciado em Engenharia Civil, 2014

ANEXOS:

Anexo 1: Curriculum Vitae

1. **Nome:** Antonio Teixeira Abreu

2. **Data de Nascimento:** 11 de Fevereiro de 1978

3. **Nacionalidade:** Portuguesa, Venezuelana

4. **Local de Residência:** Santiago do Chile, Chile

5. **Educação e Formação:**

- Engenheiro Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal. 2006.
- “Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos”. Título reconhecido pelo Ministério de Fomento do Governo de Espanha, 2011.
- “Ingeniero Constructor”: Título reconhecido pela Universidade do Chile, Chile. 2018

6. **Associações as que pertence:** Ordem dos Engenheiros, Portugal, número 56417/608

7. **Anos de Experiencia:** 13 anos

8. **Países onde tem experiencia de trabalho:** Portugal, Espanha, Chile, Perú, Paraguay e Uruguai.

9. **Idioma:**

- Espanhol: Língua Materna
- Português: Excelente
- Inglês: Bom

10. **Experiencia profissional:**

Antonio Teixeira, pertence ao grupo de IDOM como trabalhador fixo desde o ano 2007.

- Maio 2019 – Atualidade

Nome do Projeto: “Projeto Tren Central”

Contratante: Consorcio “Grupo Via Central” que o conformam as empresas Sacyr, Saceem, Berkes e NGE

Local: Uruguai

Cargo: Project Manager

- Dezembro 2017 – Maio 2019

Nome do Projeto: “Contrato S.G. Ministro N°294/ 2017. Licitación Pública Internacional de Firms Consultoras para la Contratación de Servicios de Asistencia y Apoyo para la Ejecución de Obras”

Contratante: Ministério de Obras Públicas e Comunicações.

Local: Paraguay

Cargo: Coordenador do Contrato de “Diseño y Construcción Corredor Bioceánico: Tramo Loma Plata – Carmelo Peralta”. Na Modalidade de chave ma mão, onde o empreiteiro é o Consorcio “Corredor Vial Bioceánico”, que o conformam as empresas Queiroz Galvão y OCHOA, SA.

- Dezembro 2016 – Novembro 2017

Departamento de Concursos Públicos de IDOM Engenharia, Chile.

Cargo: Encarregado de Concursos Públicos

- Julho 2015 – Novembro 2016.

Nome do Projeto: “Servicio de Inspección Técnica (ITO) de Pasos Desnivelados Superiores e Inferiores, del Proyecto Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago – Rancagua”. As principais características do projeto é la construção de 5 Passagens desniveladas Superiores, de 4 Passagens desniveladas Inferiores e passagens a Nivel Provisórios.

Contratante: “Empresa de Ferrocarriles del Estado” (EFE)

Local: Chile

Cargo: Chefe de Oficina Técnica e Engenheiro Residente.

- Setembro 2014 – Julho 2015.

Nome do Projeto: “Ingeniería básica y de Detalle de las Obras Civiles y Sistemas Ferroviarios. Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago – Melipilla”

Este considera a construção de duas vias adicionais a via existente entre Santiago y Melipilla, assim como a reabilitação da via existente entre Santiago e Melipilla.

Contratante: “Empresa de Ferrocarriles del Estado” (EFE)

Local: Chile

Cargo: Engenheiro de Projeto. Coordenação de Serviços Afetados, Engenheiro de Programação e Custos.

- Fevereiro 2013 – Agosto 2014.

Nome do Projeto: “Servicio de Inspección Técnica (ITO) de las Obras Civiles Faja Vía, del Proyecto Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago – Rancagua (Chile)”

Contempla a construção da plataforma para duas vias adicionais com um comprimento aproximado 20 km entre a Estação de Alameda e a Estação de Nos, assim como, execução de cercos, montagem de novos pórticos de catenária, desmontagem dos postes de catenária existentes, reabilitação de pontes existentes e execução de novas estruturas, modificación serviços afetados, execução drenagem, etc.

Contratante: “Empresa de Ferrocarriles del Estado” (EFE)

Local: Chile

Cargo: Engenheiro Chefe de Oficina Técnica e Engenheiro de Programação e Custos.

- Maio 2012 – Fevereiro 2013.

Nome do Projeto: “Ingeniería Básica y de Detalle de las Obras Civiles y Sistemas Ferroviarios para Mejoramiento Integral de la Infraestructura Ferroviaria. Tramo: Santiago-Rancagua”

Projecto de ampliação de duas a quatro vias, novas estações, parque material e oficinas, Obras Civis e Sistemas Ferroviários associados, no lanço Santiago – Nos, e das Estações e Obras Civis no lanço Santiago – Rancagua.

Contratante: “Empresa de Ferrocarriles del Estado” (EFE)

Local: Chile

Cargo: Diretor de Projeto Adjunto.

- Agosto 2012 – Novembro 2012.

Nome do Projeto: “Inspección Técnica para el Contrato de Rehabilitación y Mantenimiento de Vía en Estándar B, En San Pedro – Ventanas, V Región”

Contratante: “Empresa de Ferrocarriles del Estado” (EFE)

Local: Chile

Cargo: Engenheiro de Gestão de Contratos e de Programação e Custos.

- Março 2012 - Maio 2012.

Nome do Projeto: “Proyecto de construcción de plataforma de la Línea Barcelona – Portbou Tramos: Vallbona - Montcada i Reixac. Carrer de Castelladral - Avinguda de l'Unitat., Vallbona - Montcada i Reixac. Avinguda de la Ribera - Camí de la Font Freda”

Contratante: “Administrador de Infraestructuras Ferroviarias” (ADIF)

Local: Espanha

Cargo: Engenheiro de projeto. Responsável do Projeto As Built e cálculo de custos.

- Abril 2010 – Fevereiro 2012.

Nome do Projeto: “Control de las obras del proyecto de construcción de plataforma para la ampliación de dos a cuatro vias en las líneas de alta velocidad entre Madrid (Atocha) y Torrejón de Velasco. Tramo: Getafe-Pinto”

Contratante: “Administrador de Infraestructuras Ferroviarias” (ADIF)

Local: Espanha

Cargo: Engenheiro de terreno ITO e engenheiro de programação (uso de Project) Responsável da inspeção, controle e programação dos trabalhos. Projecto As Built: modificação de serviços, instalações ferroviárias, obras complementarias e expropriações.

- Outubro 2009 - Março 2010.

Nome do Projeto: “Subconcessão do Baixo Alentejo. Nova Autoestrada A-26”

Contratante: Rodovias do Baixo Alentejo, ACE, Portugal.

Local: Portugal

Cargo: Diretor dos Projectos de Expropriação da Subconcessão.

- Julho 2009 – Setembro 2009.

Nome do Projeto: “Proyecto Constructivo Red Arterial Ferroviaria de Valencia. Canal de Acceso”. Fase 2.

Contratante: “Administrador de Infraestructuras Ferroviarias” (ADIF)

Local: Espanha

Cargo: Engenheiro de terreno ITO e engenheiro de programação.

- Junho 2009.

Nome do Projeto: “Proyecto Constructivo de la Plataforma Reservada para Autobuses de San Sebastián de los Reyes a Algete”

Contratante: MINTRA (Comunidad de Madrid. Consejería de Transportes e Infraestructuras).

Local: Espanha

Cargo: Engenheiro de projeto. Responsável pela documentação de expropriação e cálculo de custos.

- Janeiro 2008 – Maio 2009.

Nome do Projeto: “Proyecto de Construcción de Subestaciones Eléctricas de Tracción y Centros de Auto transformación asociados y telemando de energía para los tramos Motilla de Palancar-Valencia y Motilla de Palancar-Albacete de la L.A.V. Madrid – Comunidad Valenciana”

Contratante: “Administrador de Infraestructuras Ferroviarias” (ADIF)

Local: Espanha

Cargo: Engenheiro de terreno ITO e engenheiro de programação. Responsável da inspeção, controle e programação dos trabalhos. Encarregado de Projectos As Built.

- Julho 2007 - Janeiro 2008.

Nome do Projeto: “Autovía A-40. Tramo Tarancón-Alcázar del Rey”

Contratante: Ministério de Fomento

Local: Espanha

Cargo: Engenheiro de terreno ITO e engenheiro de programação. Responsável da inspeção, controle e programação dos trabalhos. Encarregado de Projectos As Built.

Anexo 2: Fotografias Pontes

Ponte Iquique



Figura 80. Fotos da zona inferior da Passagem Inferior após intervenção

Ponte Antofagasta



Figura 81. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)

Ponte Melipilla



Figura 82. Foto da zona inferior da Passagem após intervenção (esquerda) e Foto de reparação da viga

Ponte Zanjón de la Aguada



Figura 83. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)

Ponte Autopista del Sol



Figura 84. Foto do Novo Tabuleiro lado Este (Direita) e parte inferior da Ponte (esquerda)

Ponte Carlos Valdovinos

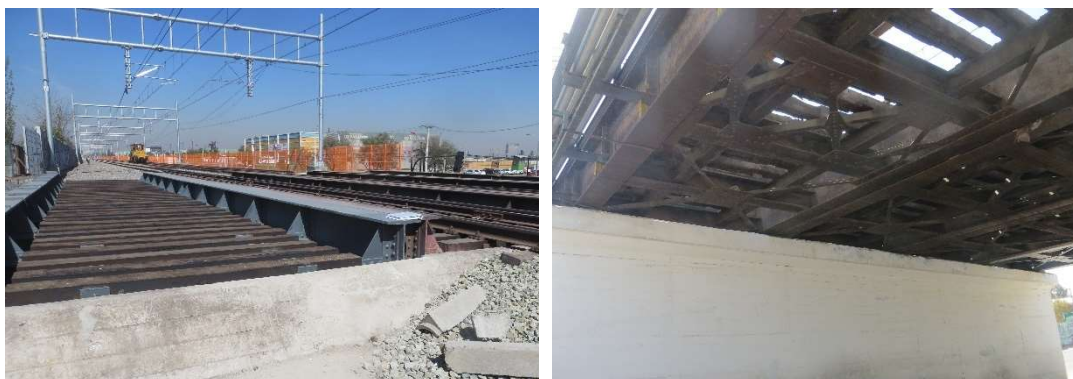


Figura 85. Fotos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e apoio central (Direita)

Ponte Departamental



Figura 86. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)

Ponte Ovalle



Figura 87. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)

Ponte Américo Vespúcio



Figura 88. Fotos parte inferior da ponte (Esquerda) e Foto do tabuleiro Este (Direita)

Ponte “Lo Espejo”



Figura 89. Foto parte inferior da ponte (Esquerda) e Foto do tabuleiro Este (Direita)

Ponte Gran Avenida



Figura 90. Fotos dos Novos Tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)

Ponte Colón



Figura 91. Foto parte inferior da ponte (Esquerda) e Foto da passagem inferior com o novo apoio central e tabuleiros metálicos (Direita)

Ponte O'higgins



Figura 92. Foto da parte inferior da ponte (Esquerda) e Foto do tabuleiro lado Este (Direita)

Ponte San José

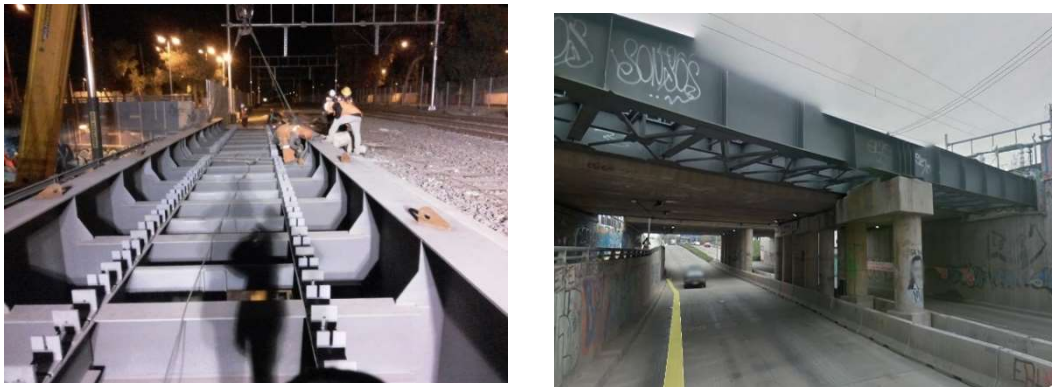


Figura 93. Foto da montagem noturna do tabuleiro (Esquerda) e do novo tabuleiro Este (Direita)

Ponte Eucaliptus



Figura 94. Foto dos novos tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)

Ponte “Canal Lo Espejo”



Figura 95. Foto dos novos tabuleiros lado Oeste (Esquerda) e lado Este (Direita)

Anexo 3: Plano de Inspeção e Ensaio (PIE)

ITEM	ACTIVIDAD CRITICA	PLANIFICACION DEL PROCESO			EJECUCION Y CONTROL DEL PROCESO			REGISTRO ASOCIADO	
		ENSAYO PUNTOS CRITICOS DE CONTROL	CRITERIO DE ACEPTACION (EFE - ETP)	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	TIPO DE INSPECCION	FRECUENCIA DE INSPECCION / ENSAYO			
SELO DE EXCAVACION		Tipo de Inspección	IV= Inspección Visual	MC V-5 ID= Inspección Dimensional EFE-ETP-2220-OC-001 / EFE-ETE-2220-OC-001 / EFE-MED-2240-OC-001 / EFE-ETP-2270-OC-001 / EFE-ETP-2290-OC-001	MÉTODO EP= Ensayo y Prueba	IV	ID	EP	
A.1	Terreno Cualquiera Naturaliza	Sello excavación para Terrapienes con profundidad inferior a 20% y profundidad bajo 0,30m de la rasante Sello excavación para Terrapienes con inclinación interior a 20% y profundidad menor a 0,30m de la rasante Sello excavación en profundidad 0,10m para rellenos compactados en capas inferiores a 0,20m	Sello 90% DMCS ó 70% DR en profundidad no inferior a 0,30m Sello 95% DMCS ó 80% DR en profundidad no inferior a 0,30m 90% DMCS	MC-V8 Sección 8.102.8 MC-V8 Sección 8.102.8 MC-V8 Sección 8.102.8		X	1	Cada 100 m de excavación o por fundación Cada 100 m de excavación o por fundación Cada 100 m de excavación o por fundación Cada 1 km de excavación o cada 10 fundaciones	REG-LAB-S-02 REG-LAB-S-02 REG-LAB-S-02 Laboratorio Externo CESMEC
A.1	Material Inadecuado	Material Inadecuado	CBR<5%, medido al 95% DMCS Contenido Orgánico Bajo Tamiz #200, o con restos de demoliciones o desperdicios % expansión >3% 90% DMCS en un espesor min 0,20m	D1883 (NCh1852) / ASTM D1557 (NCh 1534) Criterio de Terzaghi Ensayo CBR en Razon Soporte California Compactación inmediata	X	X	1	Por cada sector detectado Por cada sector detectado Por cada sector detectado Cada 100 m de excavación o por fundación	REG-LAB-S-02 REG-LAB-S-02 REG-LAB-S-02 REG-LAB-S-02
A.2	Drenaje y Estructuras	Sello Terrapien cuando: Material Inadecuado a profundidad >= 0,30m bajo subrasante proyectada sin saturación Sello Terrapien cuando: Material Inadecuado a profundidad >= 0,30m bajo subrasante proyectada y con exceso de humedad, sujeto a condiciones de saturación permanente, cuando la capa freatica o imposable de compacta Sello Terrapien cuando: Material Inadecuado a profundidad < 0,30m bajo subrasante proyectada	90% DMCS 90% DMCS	MC-V8 Sección 8.102.8 MC-V8 Sección 8.102.8		X	1	Cada 100 m de excavación o por fundación. Excavación de 0,25m en profundidad y crear capa de trabajo con tela de geotextil - 0,10m arena y 0,15m material de terrapien compactado al 90% DMCS Cada 100 m de excavación y remoción hasta 0,90m bajo rasante o elevar rasante hasta completar los 0,30m sobre capa inadecuada	REG-LAB-S-02 REG-LAB-S-02 REG-LAB-S-02
A.5	Banco Ducto	Fondo excavación, bajo cama de apoyo (mínimo 0,12m) o emplazamiento proyectado Fondo excavación con suelo inestable o con exceso humedad Sello excavación	90% DMCS ó 70% DR en profundidad 0,20m Sobre excavación y reemplazo material compactado al 90% DMCS 95% DMCS ó 80% DR	MC-V8 Sección 8.102.8		X	100%	Cada 1 km de excavación o cada 10 fundaciones Sello Excavación 100% recibida por ITO Cada 1 km de excavación o cada 10 fundaciones Controlada en todo el ancho de la plataforma a una profundidad de 0,30m mínimo ASTM D1556 (NCh 1516)	Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC
A.6	Postes y Pórticos	Sello de excavación Fundaciones	Fundación con últimos 10 cm excavados a mano	MC-V8 Sección 8.102.8		X	2	Cada 120 m) y en cada cámara de inspección Cada 1 km de excavación o cada 10 cámaras Recepcionado por un Ingeniero especialidad Mecánica de Suelos	REG-LAB-S-02 Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
 “Projeto Rancagua Xpress”

ITEM	PLANIFICACIÓN DEL PROCESO			EJECUCIÓN Y CONTROL DEL PROCESO			REGISTRO ASOCIADO		
	ACTIVIDAD CRÍTICA	ENSAYO PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL	CRITERIO DE ACEPTACIÓN (EFE - ETP)	DOCUMENTOS DE REFERENCIA		FRECUENCIA DE INSPECCIÓN / ENSAYO			
				MC V-5	METODO	TIPO DE INSPECCIÓN			
		Colocación	Ver Inspección Visual Verificar que la superficie sobre la que se asentará cumple ETP que las condiciones de humedad no produzcan alteraciones en su humedad de forma que supere en más del 2% la humedad óptima extendido en dos capas de 0,15m, evitando segregaciones y contaminación	MC V-5 ID= Inspección Dimensional	EP- Ensayo y Prueba	IV	EP		
			La capa compactada presentara un 100% de la estirada en el ensayo Proctor Modificado, en la media de 6 ensayos para cada lote, no siendo ningún valor inferior al 98%	ASTM D-1557	X	X	1	Por cada 3000 m ² de capa colocada o por día de trabajo se realizarán 6 ensayos de densidad y humedad in situ, y 1 ensayo de proctor modificado	Laboratorio Externo CESMEC
			El método de deformación E ₂ obtenido en el segundo ciclo de carga de un ensayo de carga sobre placa (NLT-357/89) con placa de soporte de 150 mm de espesor y siendo (E ₂ /E ₁) ≤ 2,2 (ver E114/25 MPA)	ASTM D-2922	X	X	1	Las aportaciones de agua se realizan antes de compactar y desde los bordes exteriores hacia el centro	Laboratorio Externo CESMEC
			Tolerancias: estacas cada 20m bajaran máx 15mm del técnico, y entre estacas máx 10mm en 3m longitudinal. No podrá ensasar la Betón en ningún punto	NLT-357/89	X	X	1	Por cada 3000 m ² de capa colocada o por día de trabajo se realizarán 6 ensayos de densidad y humedad in situ, y 1 ensayo de proctor modificado	Laboratorio Externo CESMEC
A.1.7	Suministro y Colocación de Balasto (Duvías)			EFE ETP-2210-FC-001 / EFE NT-01-01 / EFE NT-01-01-04 / IChn 104-1976				Correspondiente a los devios ferroviarios previstos necesarios para la construcción de los pasos vehiculares desviados y de las intersecciones ferroviarias de estaciones	
A.1.7.1	Balasto	Materiales	Rocas silíceas, se prohíben piedras caizas o calcáreas Piedras chamuscadas, arena, no balast Sustancias perrmiosas: Suevo y demineralizable, % en peso máx 3% Sustancias perrmiosas: % en peso bajo malla N°200 (apertura de 0,075 mm) máx 1% Sustancias perrmiosas: Porcentaje en peso de terrones de arcilla, máx 0,5% Porcentaje en peso de partículas delgadas (partículas de 0,075 mm a 0,425 mm) máx 3 veces el ancho promedio) Largitud máx 5% Porcentaje absorción máx 1,5% Porcentaje de desmenuzamiento según ensayo de abrasión (Las-Agates), máx 30% Porcentaje de pérdida NaSO ₄ , según ensayo de inalterabilidad, máx 5% Porcentaje en peso de partículas no finas (partículas de 0,425 mm a 2,0 mm) máx 3% Banda Granulométrica Tmáx entre 2,125 y 2	ASTM C235 ASTM C117 ASTM C142 ASTM D4791 ASTM C127 ASTM C131 / ASTM C535 ASTM C88 EFE ETP-2290-OC-001 Rev C	X X X X X X X X X X X	X X X X X X X X X X X	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Por acopio Ensayo de naturaliza de la roca original, por acopio Ensayo de resistencia a compresión simple por acopio Ensayo de resistencia al desgaste por acopio Ensayo de resistencia a la acción de la helada por acopio Ensayo de forma geométrica de los elementos que se integran al balasto por acopio Ensayo de resistencia a la desintegración por acopio Ensayo de características físico-químicas y petrográficas por acopio Ensayo granulometría por acopio Ensayo granulometría por acopio Ensayo granulometría por acopio	Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC Laboratorio Externo CESMEC
		Colocación	Verificar que la superficie sobre la que se asentará cumple ETP que se asentará cumple ETP extendido en una capa uniforme de 0,15m, evitando segregaciones y contaminación como en curvas		X	X	1	Ensayo granulometría por acopio	Laboratorio Externo CESMEC

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
 "Projeto Rancagua Xpress"

ITEM	ACTIVIDAD CRITICA	PLANIFICACIÓN DEL PROCESO				EJECUCIÓN Y CONTROL DEL PROCESO				REGISTRO ASOCIADO
		ENSAYO PUNTOS CRITICOS DE CONTROL	CRITERIO DE ACEPTACIÓN (EFE - ETP)	DOCUMENTOS DE REFERENCIA		TIPO DE INSPECCIÓN		FRECUENCIA DE INSPECCIÓN / ENSAYO		
				MC V-5	MÉTODO	IV	ID			
		Ensayo del Hormigón durante su ejecución	IV= Inspección Visual	ID= Inspección Dimensional	EP= Ensayo y Prueba					
	Hormigón H-20	Tamaño máximo del árido grueso Diciudad del Hormigón Fresco Muestreo Probetas de Hormigón Ensayo Probetas de Hormigón a Compresión Granulometría y Contenido de Cemento	T _{max} 1" No mayor a 7cm R ₂₈ =200kg/cm ²	NCh 170 of 85 2 a los 7 días y 3 a los 28 días. Resistencia 28 días= 200 kg/cm ²	LNV 81 LNV 79 LNV 82	X X X X X	1 1 1 1 1	Cada 50 m ³ de hormigón. Cada 10 m ³ , mediante como de abrams y deserso de masa de hormigón. Serie de 5 probetas por cada 50 m ³ o diaria si es fracción menor Se revisa resultado mediante evaluación estadística. NC 90% Cada 50 m ³ de hormigón. Lavado de la mezcla.	REG-LAB-H-01 REG-LAB-H-00 REG-LAB-H-00 LAB-LAB-H-04 REG-LAB-H-01	
A.2.9	Hormigón H-25	Ensayo del Hormigón durante su ejecución	T _{max} 1" No mayor a 7cm	NCh 170 of 85	LNV 81	X	1	Para Camaras Blanco Ductos, 15 cm de Radier con inclinación del 1% - Relleno interior Bloques - Muro Contención - Puentes	REG-LAB-H-01	
B.3.3		Tamaño máximo del árido grueso Diciudad del Hormigón Fresco Muestreo Probetas de Hormigón Ensayo Probetas de Hormigón a Compresión Granulometría y Contenido de Cemento	T _{max} 1" No mayor a 7cm R ₂₈ =250kg/cm ²	2 a los 7 días y 3 a los 28 días. Resistencia 28 días= 250 kg/cm ²	LNV 81 LNV 79 LNV 82	X X X	1 1 1	Cada 50 m ³ de hormigón. Cada 10 m ³ , mediante como de abrams y deserso de masa de hormigón. Serie de 5 probetas por cada 50 m ³ o diaria si es fracción menor Se revisa resultado mediante evaluación estadística. NC 90% Cada 50 m ³ de hormigón. Lavado de la mezcla.	REG-LAB-H-01 REG-LAB-H-00 REG-LAB-H-00 LAB-LAB-H-04 REG-LAB-H-01	
A.2.8	Hor. Grado H-30	Ensayo del Hormigón durante su ejecución	T _{max} 1" No mayor a 7cm	NCh 170 of 85	LNV 81	X	1	Muro Contención - Fundación Muro Cierro Perimetral - Puentes	REG-LAB-H-01	
B.3.3		Tamaño máximo del árido grueso Diciudad del Hormigón Fresco Muestreo Probetas de Hormigón Ensayo Probetas de Hormigón a Compresión Granulometría y Contenido de Cemento	T _{max} 1" No mayor a 7cm R ₂₈ =300kg/cm ²	2 a los 7 días y 3 a los 28 días. Resistencia 28 días= 300 kg/cm ²	LNV 81 LNV 79 LNV 82	X X X	1 1 1	Cada 50 m ³ de hormigón. Cada 10 m ³ , mediante como de abrams y deserso de masa de hormigón. Serie de 5 probetas por cada 50 m ³ o diaria si es fracción menor Se revisa resultado mediante evaluación estadística. NC 90% Cada 50 m ³ de hormigón. Lavado de la mezcla.	REG-LAB-H-01 REG-LAB-H-00 REG-LAB-H-00 LAB-LAB-H-04 REG-LAB-H-01	
A	Acero para Armaduras	Materiales	Grado A63-42H			X	1	Certificado del proveedor al inicio y por partida recibida en obra.		
								EFE-ETE-2230-OC-001		
A.2	PREFABRICADOS									
A.2.1	Drenaje	Hormigón H-25, de forma trapezoidal con base de al menos 50cm y laterales con pendiente 1/1		MC-V3, MC-V5, MC-V8	EFE - ETG	X	100%	Certificado del proveedor al inicio y por partida recibida en obra.	10% de la fabricación. Chequeo aleatorio con Laboratorio Externo o Autocontrol.	
A.2.2	Cunetas de Hormigón Ranurado	Tubería de 300mm diámetro con abertura superior		MC-V3, MC-V5, MC-V8	EFE - ETG	X	100%	Certificado del proveedor al inicio y por partida recibida en obra.	10% de la fabricación. Chequeo aleatorio con Laboratorio Externo o Autocontrol.	
A.2.3	Canchales de Hormigón	Hormigón H-25, rectangulares con forma de "U" de 50cm al menos de base.		MC-V3, MC-V5, MC-V8	EFE - ETG	X	100%	Certificado del proveedor al inicio y por partida recibida en obra.	10% de la fabricación. Chequeo aleatorio con Laboratorio Externo o Autocontrol.	
A.2.10	Obras de Arte	Ampliación de 16 obras de arte tipo sifón y bóveda a Tipo Sifón THS y Cajón HA		MC-V3, MC-V5, MC-V8 y ETG EFE						
	Tubo de Cemento Comprimido TCC D=1.0m	Fabricación		MC-V5 sección 5.601.2	NCh 194, ETG EFE	X	100%	Certificado del proveedor al inicio y por partida recibida en obra.		

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
 "Projeto Rancagua Xpress"

ITEM	PLANIFICACIÓN DEL PROCESO				EJECUCIÓN Y CONTROL DEL PROCESO				REGISTRO ASOCIADO
	ACTIVIDAD CRÍTICA	ENSAYO PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL	CRITERIO DE ACEPTACIÓN (EFE - ETP)	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	TIPO DE INSPECCIÓN			FRECUENCIA DE INSPECCIÓN / ENSAYO	
					MC Y/S	IV	ID		
A.5 / B.5 POLIDUCTOS		Tipo de Inspección	IV= Inspección Visual	ID= Inspección Dimensional	EP= Ensayo y Prueba				
	Construcción	Una esfera de poliolefino expandido de 100mm diámetro debe transferir sin perforación. Presión de Aire de 30psi por un minuto 60 cm para canalización paralela y 80 cm para atravesos							
	Prueba de Via								
	Prueba de Hermeticidad								
	Profundidad clave tubo superior medida desde el relleno de fundación VII								
	Material								
	Enlauchado de alambre galvanizado calibre N°14 AWG								
	Clase PVC Tipo 2 unión Anger								
B.5.3	Atravesos de Puentes (9 d)	Cableja Galvanizada ANSI C80.1 (9 por cruce) de 4" diámetro							
B.5.4.1	Cámaras de paso	Regletas y perfiles para suspensión de cables y empalmes							
B.5.4.2	Cámaras de derivación	Escalines de acceso cámara							
		Marco y Tapa de Cámara según proyecto							
		Muros Aballieria	Ladillo con Resistencia Compresión 0.4 kg/cm2						
A.5 / B.6 ACERO		Material							
B	Estructura Metálica Soportante de la Catenaria	Acero al carbono galvanizado al caliente Calidad A42-27ES Remates galvanizados en frío (97% Zn). No pintura color aluminio Soldadura manual AWS 6011 electrodos protegidos Remate Arco Sumergido (Mig) AWS-EH-14 Espesor mínimo filete >= 5mm en placa de menor espesor Pernos de Unión ASTM A325 Pernos de Anclaje Letrero de identificación en lámina de acero galvanizado en caliente de 2mm espesor y adhesivo reflectante tipo primario Acero al carbono galvanizado al caliente Calidad A42-27ES. Remates galvanizados en frío (97% Zn). No pintura color aluminio							
A.9 PUENTES		Material							
		Suministro de acero laminado primario calidad A53-34ES. Soldadura, pintura antioxidante Barra antisísmica en estructuras							

Relatório de Mestrado Antonio Teixeira Abreu
 "Projeto Rancagua Xpress"

ITEM	ACTIVIDAD CRITICA	ENSAYO PUNTOS CRITICOS DE CONTROL	PLANIFICACIÓN DEL PROCESO		EJECUCIÓN Y CONTROL DEL PROCESO			REGISTRO ASOCIADO	
			CRITERIO DE ACEPTACIÓN (EFE - ETP)	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	TIPO DE INSPECCIÓN				FRECUENCIA DE INSPECCIÓN / ENSAYO
					MC V-5	MÉTODO	IV		
B.3	CIERROS	Tipo de Inspección	IV= Inspección Visual	ID= Inspección Dimensional	EP= Ensayo y Prueba				
B.3.1	Cierros Metálicos	Paneles Rígidos de malla electrosoldada galvanizada de 2.5m ancho y 2.5m altura tipo ACHAFOR de 6mm y 2.5m ancho x 2.215m altura tipo ACHAFOR 6 mm, con nervaduras de refuerzo en forma transversal con alambre de 4 y 5 mm diámetro	IV= Inspección Visual				100%	Certificado proveedor	
	Maila Acma	Pastillas metálicas acero cuadrado de 200x20x2mm para fijación sobre muros de hormigón armado de 2.5m. Con revestimiento galvanizado más pintura.	IV= Inspección Visual				100%	Certificado proveedor	
		Postes metálicos acero cuadrado de 3120x75x75x2.5mm para fijaciones sobre terreno con postes H-20. Con revestimiento galvanizado más pintura.	IV= Inspección Visual				100%	Certificado proveedor	
B.3.2	Cierros Placas de Hormigón Prefabricados (Tipo Bull Dog Horizontal)	Proveedor debe presentar proyecto para su aprobación.	IV= Inspección Visual				100%	Certificado proveedor. Sujeto a proyecto nuevo	
B.3.3	Cierro Muros de Bloques de Hormigón	Bloques de concreto 40x20x20 sobre zapata corrida	IV= Inspección Visual				100%	Certificado proveedor	