

ETAPA 5: INFORME FINAL

INFORME DEFINITIVO

“DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO NORTE”



ETAPA 5: INFORME FINAL

INFORME DEFINITIVO

AERÓDROMO RICARDO GARCIA POSADA

DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS
DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO NORTE.

CONTROL DEL DOCUMENTO

ETAPA 5: INFORME FINAL
INFORME DEFINITIVO
AD. RICARDO GARCIA POSADA
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE
PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS DE LA RED
SECUNDARIA ZONA CENTRO NORTE"
RSZCN20-GE-GN-ID-001_Rev 0

Preparado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
CJA - SJR		SDM - EAS		Sebastián Díaz Muñoz	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
22/10/2021		22/10/2021		22/10/2021	
Nº de Documento:					
Emisor	Tipo	Especialidad	Número	Documento	Revisión
IDO	ID	GN	001	0	0

REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción	Estado
A	03/09/2021	Primera Emisión	Observado
B	20/09/2021	Segunda Emisión	Observado
C	04/10/2021	Tercera Emisión	Aprobado
0	22/10/2021	Cuarta Emisión	Entrega Final

ÍNDICE

A.	INTRODUCCIÓN	19
B.	DESCRIPCIÓN DEL AERÓDROMO	20
1	ETAPA 1: PLAN PILOTO Y METODOLOGÍA.....	22
1.1	CANCHA DE PRUEBA.....	22
1.2	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA Y POLÍTICA DE CONSERVACIÓN	23
1.2.1	ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE POLITICA DE CONVERSACIÓN DE PAVIMENTOS	23
1.2.1.1	CATASTRO DE INFORMACIÓN	23
1.2.1.2	ESTUDIO FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS DEL ÁREA DE MOVIMIENTO	24
1.2.1.2.1	EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LOS PAVIMENTOS.....	24
1.2.1.2.1.1	ÍNDICE DE RESALTOS BOEING O BOEING BUMP INDEX (BBI)	24
1.2.1.2.1.2	COEFICIENTE DE ROCE.....	26
1.2.1.2.2	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS	27
1.2.1.2.3	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS	28
1.2.1.3	ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	31
1.2.1.4	MECÁNICA DE SUELOS	31
1.2.2	METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA POLÍTICA DE CONSERVACIÓN.....	31
1.2.2.1	ALCANCES GENERALES	31
1.2.2.1.1	DETERMINACIÓN DEL ALCANCE Y TIPO DE INTERVENCIÓN	32
1.2.2.2	DEFINICIÓN DE LAS OBRAS	32
1.2.2.2.1	CONDICIONES FUNCIONALES	33
1.2.2.2.2	CONDICIONES ESTRUCTURALES	35
1.2.2.2.3	CONDICIONES SUPERFICIALES	36
1.2.2.3	DEFINICIÓN DE PROGRAMA DE INVERSIONES	42

2 ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HORIZONTAL.....	47
2.1 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES Y MEDICIONES EN TERRENO	47
2.1.1 DESCRIPCIÓN DE PAVIMENTOS DEL ÁREA DE MOVIMIENTO AERÓDROMO RICARDO GARCÍA POSADA – EL SALVADOR.....	47
2.1.1.1 SECCIONES CARACTERÍSTICAS AERÓDROMO RICARDO GARCÍA POSADA	49
2.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE LABORATORIO	50
2.2.1 RECONOCIMIENTO DEL SUB-SUELO.....	50
2.2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EN TERRENO	50
2.2.1.2 SÍNTESIS GEOLÓGICA GENERAL	51
2.2.1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS.....	52
2.2.1.4 NIVEL FREÁTICO	54
2.2.1.5 SÍNTESIS DE ENSAYOS DE LABORATORIO	55
2.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
2.2.3 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS.....	58
2.2.3.1 EXCAVACIONES	58
2.2.3.2 RELLENOS COMPACTADOS	59
3 ETAPA 3: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS PAVIMENTOS.....	60
3.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL LUGAR.....	60
3.1.1 RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO MENSUAL.....	61
3.1.2 CONCLUSIONES	62
3.2 DEMANDA TRANSITO AÉREO	63
3.2.1 GENERALIDADES	63
3.2.1.1 MORFOLOGÍA	65
3.2.1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	65
3.2.1.3 ACTIVIDADES ECONOMICAS	66

3.2.1.3.1	MINERÍA	66
3.2.1.3.2	AGRICULTURA Y GANADERÍA	67
3.2.1.3.3	TURISMO	68
3.2.2	CARACTERIZACIÓN DE OPERACIONES	69
3.2.2.1	ANÁLISIS HISTÓRICO DE OPERACIONES Y RUTAS	69
3.2.2.2	OPERACIONES COMERCIALES	74
3.2.2.3	OPERACIONES DE AVIACIÓN GENERAL	75
3.2.2.3.1	OPERACIONES DE INSTRUCCIÓN	75
3.2.2.3.2	OPERACIONES PARTICULARES	76
3.2.2.3.3	OPERACIONES DEPORTIVAS	77
3.2.2.3.4	OPERACIONES DE AMBULANCIA	78
3.2.2.3.5	OPERACIONES DE MINERÍA	78
3.2.2.3.6	OTRAS OPERACIONES	79
3.2.2.4	FLOTA DE AERONAVES	80
3.2.2.5	RESUMEN DE OPERACIONES OBSERVADAS ÚLTIMOS DOCE MESES	81
3.2.3	DEMANDA DE OPERACIONES AÉREAS	82
3.2.3.1	ENFOQUE METODOLÓGICO	83
3.2.3.2	SELECCIÓN DE VARIABLES	84
3.2.3.2.1	ACTIVIDAD ECONÓMICA	84
3.2.3.2.2	POBLACIÓN	86
3.2.3.2.3	PRODUCCIÓN MINERA	88
3.2.3.3	FORMULACIÓN DEL MODELO	90
3.2.3.4	ANÁLISIS DE VARIABLES	91
3.2.3.4.1	VARIABLE DEPENDIENTE. OPERACIONES TOTALES EN EL AERÓDROMO 91	
3.2.3.4.2	ACTIVIDAD ECONÓMICA	91
3.2.3.5	SELECCIÓN DEL MODELO	92

3.2.3.5.1	CRITERIOS GENERALES DE FORMULACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO	92
3.2.3.5.2	FORMULACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO	93
3.2.3.6	PROYECCIÓN DE OPERACIONES AÉREAS	96
3.2.3.6.1	PROYECCIÓN DE OPERACIONES	96
3.2.3.6.2	PROYECCIONES POR ACTIVIDAD	99
3.2.3.7	PROYECCIONES DE FLOTA DE AERONAVES	101
3.2.4	DEMANDA DE PASAJEROS	105
3.3	EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LOS PAVIMENTOS EXISTENTES	107
3.3.1	MEDICIÓN DE LA FRICCIÓN	107
3.3.1.1	EQUIPO DE FRICCIÓN	107
3.3.1.2	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	107
3.3.1.3	RESULTADOS DE ENSAYO DE FRICCIÓN	109
3.3.1.3.1	RESULTADOS ESTÁNDAR A 65 KM/H	109
3.3.1.3.2	RESULTADOS ESTÁNDAR A 95 KM/H	111
3.3.1.4	CONCLUSIONES FRICCIÓN	112
3.3.2	PERFILOMETRÍA	113
3.3.2.1	EQUIPO DE MEDICIÓN	113
3.3.2.2	CONDICIONES DE MEDICIÓN	113
3.3.2.3	ÍNDICES DE PERFIL	114
3.3.2.3.1	ÍNDICE DE BOEING (BOEING BUMP INDEX O BBI)	114
3.3.2.3.2	ÍNDICE DE PERFILOGRAFO DE CALIFORNIA (CALIFORNIA PROFILOGRAPH INDEX O PI)	115
3.3.2.3.3	ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL O <i>INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX</i> , IRI	115
3.3.2.3.4	RMS BAND PASS INDEX	115
3.3.2.3.5	REGLA (STRAIGHT EDGE)	115
3.3.2.4	RESULTADOS DE ANÁLISIS PERFILOMETRÍA LÁSER	115

3.3.2.4.1	PISTA 09/27.....	115
3.3.2.4.2	RODAJE ALFA	116
3.3.2.4.3	RODAJE BRAVO	117
3.3.2.5	CONCLUSIONES.....	119
3.3.3	MODELO DE PROYECCIÓN DE PCI POR SECCIÓN CARACTERÍSTICA	120
3.3.3.1	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO DE PROYECCIÓN	122
3.4	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS	126
3.4.1	CAPACIDAD ESTRUCTURAL	126
3.4.1.1	EQUIPO UTILIZADO.....	126
3.4.1.2	SECTORES EVALUADOS.....	128
3.4.1.3	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	128
3.4.1.3.1	MÓDULO DE RIGIDEZ DE IMPULSO	129
3.4.1.3.2	ANÁLISIS DE DURABILIDAD EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	130
3.4.1.3.3	DEFLEXIONES Y MÓDULOS DE CADA CAPA	131
3.4.1.3.4	EFICIENCIA DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA.....	131
3.4.1.3.4.1	EFICIENCIA DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA DE DEFLEXIÓN...	132
3.4.1.3.4.2	EFICIENCIA DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA DE ESFUERZO ...	132
3.4.1.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	135
3.4.1.4.1	PISTA 09/27.....	136
3.4.1.4.1.1	PISTA 09/27 EJE +3	138
3.4.1.4.1.2	PISTA 09/27 EJE +6	139
3.4.1.4.1.3	PISTA 09/27 EJE -3	140
3.4.1.4.1.4	PISTA 09/27 EJE -6	142
3.4.1.4.2	CALLE DE RODAJE ALFA.....	144
3.4.1.4.2.1	RODAJE ALFA - LÍNEA +3.....	146
3.4.1.4.2.2	RODAJE ALFA – LÍNEA -6	147
3.4.1.4.3	CALLE DE RODAJE BRAVO (ASFALTO)	149

3.4.1.4.3.1	RODAJE BRAVO - LÍNEA +3	151
3.4.1.4.3.2	RODAJE BRAVO - LÍNEA -6	152
3.4.1.4.4	CALLE DE RODAJE BRAVO (HORMIGÓN)	154
3.4.1.4.4.1	RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – CENTRO DE LOSA	154
3.4.1.4.4.2	RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – LÍNEA 1	156
3.4.1.4.4.3	RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – LÍNEA 2	158
3.4.1.4.4.4	RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – LÍNEA 3	159
3.4.1.4.4.5	RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – JUNTA TRANSVERSAL	160
3.4.1.4.5	PLATAFORMA COMERCIAL	164
3.4.1.4.5.1	PLATAFORMA COMERCIAL – LÍNEA 1	166
3.4.1.4.5.2	PLATAFORMA COMERCIAL – LÍNEA 2	168
3.4.1.4.5.3	PLATAFORMA COMERCIAL – LÍNEA 3	170
3.4.1.5	CONCLUSIONES	171
3.4.2	CBR	173
3.4.3	DETERMINACIÓN DE ESPESORES CON GEORRADAR	174
3.4.3.1	METODOLOGÍA	174
3.4.3.2	ESPESORES DE PAVIMENTO	177
3.4.3.2.1	PISTA 09/27	177
3.4.3.2.2	RODAJE ALFA	181
3.4.3.2.3	RODAJE BRAVO	184
3.4.3.2.4	PLATAFORMA COMERCIAL	188
3.4.3.3	CONCLUSIÓN DE MEDICIÓN DE ESPESORES CON GEORRADAR	191
3.4.4	IDENTIFICACIÓN DE AIRE ENTRE CAPAS	191
3.4.5	DETECCIÓN DE PRESENCIA DE EXCESO DE AGUA	191
3.4.6	ADHERENCIA ENTRE CAPAS	191
3.4.7	ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL REMANENTE DE LOS PAVIMENTOS	192
3.4.7.1	OPERACIONES DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS	192

3.4.7.2	VIDA ÚTIL DE LOS PAVIMENTOS	192
3.4.7.3	CONCLUSIONES	197
3.5	EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PAVIMENTOS POR MÉTODO PCI.....	198
3.5.1	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	198
3.5.1.1	METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN PCI	198
3.5.1.1.1	ACERCA DEL MÉTODO PCI	198
3.5.1.1.2	INSPECCIÓN EN TERRENO	199
3.5.1.2	DEFINICIÓN DE SECCIONES Y UNIDADES DE MUESTRA.....	200
3.5.1.3	CONDICIÓN ACTUAL.....	204
3.5.1.4	DETERIOROS	207
3.5.2	PROYECCIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	214
4	ETAPA 4: PLANES DE CONSERVACIÓN	215
4.1	PLAN DE CONSERVACIÓN Y OTRAS OBRAS	215
4.1.1	POLÍTICA DE PLANES DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS	215
4.1.1.1	RECOMENDACIÓN DE MANTENIMIENTO	215
4.1.1.2	ANÁLISIS PARA LA GENERACIÓN DEL PLAN DE CONSERVACIÓN.....	217
4.1.1.3	PROGRAMA DE CONSERVACIÓN	221
5	ANEXOS.....	230
5.1	VALORES DE PCI POR UNIDAD DE MUESTRA	230
5.2	DETERIOROS REGISTRADOS POR UNIDAD DE MUESTRA	234
5.3	CURVAS DE EVOLUCIÓN DEL PCI.....	242
5.4	EVALUACIÓN DE FRICCIÓN	243
5.4.1	ANEXO C.1 – DATOS DE FRICCIÓN	243
5.4.2	ANEXO C.2 – TABLA DE NIVELES DE FRICCIÓN PARA DIFERENTES EQUIPOS	251
5.4.3	ANEXO C.3 – APROBACIÓN EQUIPO TWO POR FAA	252

Índice de Tablas

Tabla 1: Características del área de movimiento Aeródromo Ricardo García Posada.	21
Tabla 2. Valores PCI Red y Ramas.	22
Tabla 3: Rangos PCI.	28
Tabla 4: Detalle de tipos de deterioros considerados para análisis PCI.	29
Tabla 5. Clasificación de coeficiente de roce según alcance.	34
Tabla 6: Detalle de daños y actuaciones, pavimentos de asfalto y hormigón.	38
Tabla 7. Frecuencia de medición de fricción.	43
Tabla 8: Cuadro Resumen Geometría y Materialidad del Área de Movimiento Aeródromo Ricardo García Posada.	49
Tabla 9: Secciones Características del Aeródromo Ricardo García Posada.	49
Tabla 10. Detalle prospecciones trabajo in-situ, coordenadas UTM, HUSO 18H, Datum WGS84..	51
Tabla 11. Estratigrafía General.	52
Tabla 12. Cota del nivel freático en profundidad.	54
Tabla 13. Resultados obtenidos de los ensayos por calicata.	55
Tabla 14. Resumen de la radiación global horizontal medias mensuales, W/m ² , periodo Enero 2004 – Diciembre 2015.	61
Tabla 15. Resumen de la radiación global horizontal medias diarias por hora, W/m ² , periodo Enero 2004 – Diciembre 2015.	61
Tabla 16: Superficie regional del sector agrícola.	68
Tabla 17: Existencias de ganado en número de cabezas.	68
Tabla 18: Operaciones anuales históricas 2010-2020.	69
Tabla 19: Total operaciones por actividad aeronáutica 2010 – 2020.	70
Tabla 20: Operaciones por tipo de aeronave.	71
Tabla 21: Operaciones en horas punta 2010 – 2020.	72
Tabla 22: Operaciones Comerciales 2010 – 2020.	74
Tabla 23: Operaciones deportivas 2010 – 2020.	77
Tabla 24: Operaciones particulares 2010 – 2020.	76
Tabla 25: Operaciones minería 2010 – 2020.	78
Tabla 26: Operaciones instrucción 2010 – 2020.	76
Tabla 27: Operaciones de ambulancia 2010 – 2020.	78
Tabla 28: Otras operaciones 2010 – 2020.	79
Tabla 29: Flota de aeronaves histórica 2010 – 2020.	80
Tabla 30: Operaciones últimos 12 meses.	81

Tabla 31: PIB Nacional 2005 – 2020	84
Tabla 32: PIB Regional	85
Tabla 33: Población comuna	87
Tabla 34: Producción de cobre	88
Tabla 35: Evolución del precio del cobre 2006 – 2020	89
Tabla 36: Pronóstico de evolución del PIB Nacional	92
Tabla 37: Estimación operaciones totales por año	94
Tabla 38: Estadísticas de la regresión	94
Tabla 39: Operaciones estimadas.....	95
Tabla 40: Proyecciones de operaciones totales por series históricas	96
Tabla 41: Proyecciones de operaciones por actividad aeronáutica.....	100
Tabla 42: Criterios para agrupación de aeronaves	101
Tabla 43: Flota considerada por aeronave para el análisis de pavimentos.....	102
Tabla 44: Flota considerada por grupos para el análisis de pavimentos.....	103
Tabla 45: Años considerados en el estudio	104
Tabla 46: Proyección de pasajeros en el aeródromo	105
Tabla 47. Configuración de mediciones.....	108
Tabla 48. Niveles de fricción para diferentes equipos de medición.....	109
Tabla 49. Valores de fricción a 65 km/h.....	109
Tabla 50. Valores de fricción a 95 km/h.....	111
Tabla 51. Valores de fricción a 95 km/h.....	112
Tabla 52. Configuración mediciones perfilómetro Láser.....	114
Tabla 53. Resultados índices para la Pista.....	116
Tabla 54. Resultados índices para el Rodaje Bravo.....	117
Tabla 55. Resultados índices para el Rodaje Bravo.....	118
Tabla 56. Resultados índice BBI de la Pista.....	119
Tabla 57. Proyección de índice PCI mediante PAVER entre años 2021 y 2025 - Ad. Ricardo García Posada.....	120
Tabla 58. Ajuste modelo de deterioro Ad. Ricardo García Posada.....	121
Tabla 59. Tabla PCI con mantenimientos propuestos – análisis a 20 años.....	123
Tabla 60. Cantidad de puntos evaluados por sector.....	128
Tabla 61. ISM y deflexión Máxima Normalizada por Sector.....	135
Tabla 62. Módulos Elásticos de cada capa Pista 09/27.....	137
Tabla 63. Módulos Elásticos de cada capa Rodaje Alfa.....	145

Tabla 64. módulos Elásticos de cada capa Rodaje Bravo (Asfalto).	150
Tabla 65. Módulos Elásticos de cada capa Rodaje Bravo (Hormigón).....	156
Tabla 66. ISM ratio – Rodaje Bravo (Hormigón).	162
Tabla 67. $LTE\Delta$ y $LTE\sigma$ – Rodaje Bravo (Hormigón).	164
Tabla 68 Promedio $LTE\Delta$ y $LTE\sigma$ – Rodaje Bravo (Hormigón).	164
Tabla 69. Módulos Elásticos de cada capa Plataforma Comercial.....	166
Tabla 70. Módulos Elásticos por Sector Asfalto.....	172
Tabla 71. Módulos Elásticos por Sector Hormigón.	172
Tabla 72. Valores de CBR y Constante de balasto (k) por sección de pavimento.	174
Tabla 73. Estadística Pista 09/27.....	177
Tabla 74. Promedios espesor Capa Asfalto por línea de medición.	178
Tabla 75. Promedios espesor Capa Base por línea de medición.....	179
Tabla 76. Promedios espesor Capa Subbase por línea de medición.....	180
Tabla 77. Estadística Pista de Rodaje Alfa.	181
Tabla 78. Promedios espesor Capa Asfalto por línea de medición.	182
Tabla 79. Promedios espesor Capa Base por línea de medición.....	183
Tabla 80. Estadística Rodaje Bravo.	184
Tabla 81. Promedios espesor Capa Asfalto por línea de medición.	186
Tabla 82. Promedios espesor Capa Hormigón por línea de medición.	187
Tabla 83. Promedios espesor Capa Base por línea de medición.....	188
Tabla 84. Estadística Plataforma Comercial.	188
Tabla 85. Espesor promedio por línea de medición.	190
Tabla 86. Espesor promedio por línea de medición.	191
Tabla 87. Espesores de Pavimento Área de Movimiento Ad. Ricardo García Posada.	191
Tabla 88. Operaciones de despegue de diseño por tipo de aeronave.	192
Tabla 89. Vida útil remanente por sección característica.	197
Tabla 90. Categorías y rangos PCI.	198
Tabla 91. Deterioros del método PCI en pavimentos de aeropuertos.....	200
Tabla 92. Definición ramas y secciones, Red Air Side.	201
Tabla 93. Valores PCI red y ramas.	204
Tabla 94. Valores PCI por secciones, Red Air Side.....	204
Tabla 95. Índice SCI de pavimentos del Área de Movimiento Aeródromo Ricardo García Posada.	206
Tabla 96. Resumen cantidad de deterioros por Rama PI, Air Side.	207

Tabla 97. Resumen cantidad de deterioros de severidad BAJA Rama PI, Air Side.....	208
Tabla 98. Resumen cantidad de deterioros de severidad MEDIA Rama PI, Air Side.	208
Tabla 99. Resumen cantidad de deterioros de severidad ALTA Rama PI, Air Side.....	208
Tabla 100. Resumen cantidad de deterioros por Rama ROD, Air Side.....	208
Tabla 101. Resumen cantidad de deterioros de severidad BAJA Rama ROD, Air Side.	209
Tabla 102. Resumen cantidad de deterioros de severidad MEDIA Rama RD, Air Side.	209
Tabla 103. Resumen cantidad de deterioros de severidad ALTA Rama RD, Air Side.....	209
Tabla 104. Resumen cantidad de deterioros sin severidad Rama RD, Air Side.	209
Tabla 105. Resumen cantidad de deterioros por Rama PL, Air Side.	209
Tabla 106. Resumen cantidad de deterioros de severidad BAJA Rama PL, Air Side.....	210
Tabla 107. Resumen cantidad de deterioros de severidad MEDIA Rama PL, Air Side.	210
Tabla 108. Resumen cantidad de deterioros de severidad ALTA Rama PL, Air Side.....	210
Tabla 109. Origen de los deterioros. Porcentaje de incidencia de cada factor.	210
Tabla 110. Proyección de la condición PCI.	214
Tabla 111. Proyección de la condición PCI, Air Side.....	214
Tabla 112: Costos unitarios de trabajos de mantenimiento.	216
Tabla 113: Características de Pavimentos Aeroportuarios.....	217
Tabla 114. Resumen de índice de condición estructural.	218
Tabla 115. Resumen de daños asociados por variables.	218
Tabla 116. Proyección PCI con mantenimientos propuestos.	219
Tabla 117. Escala cromática PCI.....	219
Tabla 118. Programa de Conservación anual para un horizonte de 20 años.	221
Tabla 119. Resumen de costos de inversión por rama general.	228

Índice de Figuras

Figura 1: Aeródromo Ricardo García Posada. Fuente: Google Earth.	20
Figura 2: BAe-146. ¹	20
Figura 3: Distribución superficial de pavimento del Área de Movimiento, según tipo de pavimento, Aeródromo Ricardo García Posada.	47
Figura 4: Planta de rodajes y plataforma de Aeródromo Ricardo García Posada.....	48
Figura 5: Ubicación de Prospecciones.....	51
Figura 6: Ubicación de Estudio en Mapa Geológico.	52
Figura 7: Granulometría de Calicatas.	56
Figura 8: Porcentaje de Finos Calicatas.	56
Figura 9: Peso Unitario Total (yt) versus Seco Calicatas (yd)	57
Figura 10: Humedad Natural versus Humedad Optima y Límites de Consistencia de Calicatas.....	57
Figura 11: Variación Capacidad de Soporte CBR compactado al 95% del DMCS del ensayo PM versus Densidad Natural – 1ra. Campaña.	58
Figura 12: Datos Demográficos Generales de la Región de Atacama	63
Figura 13: Comunas de la Región de Atacama	64
Figura 14: Centros mineros en la Región de Atacama	67
Figura 15: Operaciones últimos 12 meses.....	82
Figura 16: PIB Nacional 2005 – 2020	85
Figura 17: PIB Regional	86
Figura 18: Población comuna.....	87
Figura 19: Comparación de producción de cobre País, Codelco y división El Salvador (eje secundario).....	88
Figura 20: Precio del cobre y del Molibdeno (eje secundario).....	90
Figura 21: Estimación y datos	93
Figura 22: Operaciones reales y estimadas.....	95
Figura 23: Proyecciones de operaciones totales anuales por series históricas	97
Figura 24: Proyecciones de operaciones totales anuales para análisis de pavimentos.....	99
Figura 25: Equipo de Fricción de T.W.O.	107
Figura 26: Esquema configuración de mediciones.	108
Figura 27: Resultados de fricción a 65 km/hr – Lado sur.	110
Figura 28: Resultados de fricción a 65 km/hr – Lado norte.	110
Figura 29: Resultados de fricción a 95 km/hr – Lado sur.	111
Figura 30: Resultados de fricción a 95 km/hr – Lado norte.	112

Figura 31: Resultados índices para la Pista.....	116
Figura 32: Resultados índices para el Rodaje Alfa.....	117
Figura 33: Resultados índices para el Rodaje Bravo.....	118
Figura 34: Proyección de PCI por Sección Característica.....	122
Figura 35: Proyección de PCI por Sección Característica – Aplicando Mantenimiento y Rehabilitación (1-3).	124
Figura 36: Proyección de PCI por Sección Característica – Aplicando Mantenimiento y Rehabilitación (2-3).	124
Figura 37: Proyección de PCI por Sección Característica – Aplicando Mantenimiento y Rehabilitación (3-3).	125
Figura 38: Sectores evaluados en Aeródromo Ricardo García Posada.....	126
Figura 39: Deflectómetro de Impacto Pesado utilizado.....	127
Figura 40: Sectores Evaluados en Aeródromo Ricardo García Posada.....	128
Figura 41: Deflexión vs tensión. Relación LTE para plato de carga de 30 cm de diámetro.....	133
Figura 42: AREA para configuración de 4 sensores SHRP.....	134
Figura 43: ISM Pista 09/27.....	136
Figura 44: Evaluación Pista 09/27 - Línea +3.....	138
Figura 45: Deflexiones Normalizadas Pista 09/27 – Línea+3.....	138
Figura 46: Módulos por cada capa Pista 09/27 - Línea +3.....	139
Figura 47: Evaluación Pista 09/27 - Línea +6.....	139
Figura 48: Deflexiones Normalizadas Pista 09/27 – Línea+6.....	140
Figura 49: Módulos por cada capa Pista 09/27 - Línea +6.....	140
Figura 50: Evaluación Pista 09/27 - Línea -3.....	141
Figura 51: Deflexiones Normalizadas Pista 09/27 – Línea -3.....	141
Figura 52: Módulos por cada capa Pista 09/27 - Línea -3.....	142
Figura 53: Evaluación Pista 09/27 - Línea -6.....	142
Figura 54: Deflexiones Normalizadas Pista 09/27 – Línea -6.....	143
Figura 55: Módulos por cada capa Pista 09/27 - Línea -6.....	143
Figura 56: Evaluación Calle de Rodaje Alfa.....	144
Figura 57: ISM Rodaje Alfa.....	144
Figura 58: Evaluación Calle de Rodaje Alfa- Línea +3.....	146
Figura 59: Deflexiones Normalizadas Rodaje Alfa - Línea +3.....	146
Figura 60: Módulos por cada capa Rodaje Alfa - Línea +3.....	147
Figura 61: Evaluación Calle de Rodaje Bravo - Línea -6.....	147

Figura 62: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo - Línea -6.	148
Figura 63: Módulos por cada capa Rodaje Alfa - Línea -6.	148
Figura 64: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Asfalto).	149
Figura 65: ISM Rodaje Bravo (Asfalto).	149
Figura 66: Evaluación Calle de Rodaje Bravo- Línea +3.	151
Figura 67: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo - Línea +3.	151
Figura 68: Módulos por cada capa Rodaje Bravo - Línea +3.	152
Figura 69: Evaluación Calle de Rodaje Bravo- Línea -6.	152
Figura 70: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo - Línea -6.	153
Figura 71: Módulos por cada capa Rodaje Bravo - Línea -6.	153
Figura 72: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Hormigón).	154
Figura 73: Evaluación Rodaje Bravo (Hormigón) – Centro de Losa.	155
Figura 74: ISM Rodaje Bravo (Hormigón)– Centro de Losa.	155
Figura 75: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Hormigón)- Línea 1.	156
Figura 76: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo (Hormigón) - Línea 1.	157
Figura 77: Módulos por cada capa Rodaje Bravo (Hormigón) Centro de losa - Línea 1.	157
Figura 78: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Hormigón)- Línea 2.	158
Figura 79: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo (Hormigón) - Línea 2.	158
Figura 80: Módulos por cada capa Rodaje Bravo (Hormigón) Centro de losa - Línea 2.	159
Figura 81: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Hormigón)- Línea 3.	159
Figura 82: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo (Hormigón) - Línea 3.	160
Figura 83: Módulos por cada capa Rodaje Bravo (Hormigón) Centro de losa - Línea 3.	160
Figura 84: Evaluación Rodaje Bravo (Hormigón) – Junta Transversal.	161
Figura 85: ISM Rodaje Bravo (Hormigón) – Junta Transversal.	161
Figura 86: Resultados de $LTE\Delta$ (%) – Rodaje Bravo (Hormigón)	163
Figura 87: Resultados de $LTE\sigma$ (%) – Rodaje Bravo (Hormigón).	163
Figura 88: Evaluación Plataforma Comercial.	165
Figura 89: ISM Plataforma Comercial.	165
Figura 90: Evaluación Plataforma Comercial – Línea 1.	167
Figura 91: Deflexiones Normalizadas Plataforma Comercial – Línea 1.	167
Figura 92: Módulos por cada capa Plataforma Comercial – Línea 1.	168
Figura 93: Evaluación Plataforma Comercial – Línea 2.	168
Figura 94: Deflexiones Normalizadas Plataforma Comercial – Línea 2.	169
Figura 95: Módulos por cada capa Plataforma Comercial – Línea 2.	169

Figura 96: Evaluación Plataforma Comercial – Línea 3.....	170
Figura 97: Deflexiones Normalizadas Plataforma Comercial – Línea 3	170
Figura 98: Módulos por cada capa Plataforma Comercial – Línea 3.....	171
Figura 99: Esquema de medición.....	174
Figura 100: Ejemplo de velocidad de propagación.	175
Figura 101: Ejemplo de señal reflejada y refractada en el tiempo.	175
Figura 102: Ejemplo de amplitud de onda en el medio.....	176
Figura 103: Equipo GPR, antena 1,6 GHz.	176
Figura 104: Secciones de Aeródromo Ricardo García Posada.	177
Figura 105: Líneas evaluadas en Pista 09/27.....	178
Figura 106: Espesor Capa Asfalto – Pista 09/27.	179
Figura 107: Espesor Capa Base – Pista 09/27.....	180
Figura 108: Espesor Capa Subbase – Pista 09/27.	181
Figura 109: Líneas evaluadas en Rodaje Alfa.	182
Figura 110: Espesor Capa Asfalto Rodaje Alfa.....	183
Figura 111: Espesor Capa Base – Rodaje Alfa.	184
Figura 112: Líneas evaluadas en Rodaje Bravo.	185
Figura 113: Espesor Capa Asfalto Rodaje Bravo – Sección CR-B y MCR-B.....	185
Figura 114: Espesor Capa Hormigón Rodaje Bravo – Sección CR-C.....	186
Figura 115: Espesor Capa Base Rodaje Bravo.	187
Figura 116: Líneas evaluadas en Plataforma.	189
Figura 117: Espesor Capa de Asfalto de Plataforma Comercial.	189
Figura 118: Espesor Capa Base de Plataforma Comercial.	190
Figura 119: Vida útil remanente pavimento Pista PK 0 a PK 400.....	193
Figura 120: Vida útil remanente pavimento Pista PK 400 a PK 2.050.....	193
Figura 121: Vida útil remanente pavimento Pista PK 2.050 a PK 2.300.	194
Figura 122: Vida útil remanente pavimento Rodaje Alfa PK 0 – PK 200.....	194
Figura 123: Vida útil remanente pavimento Rodaje Alfa PK 200 – PK 350.....	195
Figura 124: Vida útil remanente pavimento Rodaje Bravo - Flexible.....	195
Figura 125: Vida útil remanente pavimento Rodaje Bravo - Rígido.....	196
Figura 126: Vida útil remanente pavimento Plataforma Comercial.....	196
Figura 127: Esquema de Ubicación de Secciones Air Side.....	202
Figura 128. Resultado PCI Secciones - Air Side.	205
Figura 129. Resultado PCI Unidades de Muestra - Air Side.....	205

Figura 130: Deterioros Sección Pista PI-1.....	211
Figura 131: Deterioros Sección Pista MPI-1.....	211
Figura 132: Deterioros Sección Rodaje Alfa CR-A.....	212
Figura 133: Deterioros Sección Rodaje Bravo CR-B.....	212
Figura 134: Deterioros Sección Rodaje Bravo CR-C.....	213
Figura 135: Deterioros Sección Plataforma PL-1.....	213

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Resaltos individuales – Criterios de aceptación de la rugosidad.....	25
Gráfico 2. Boeing Bump Index – Criterios de aceptación.....	25
Gráfico 3. Clasificación de coeficiente de roce según alcance.....	26
Gráfico 4. Resaltos individuales – criterios de aceptación de la rugosidad.....	33
Gráfico 5. Boeing Bump Index – Criterios de aceptación.....	34
Gráfico 6. Condición de los pavimentos versus costos de reparaciones.....	36
Gráfico 7. Concepto de Conservación de pavimentos.....	43
Gráfico 8. Radiación media por hora, periodo Enero 2004 – Diciembre 2015.....	62
Gráfico 9. Operaciones totales estacionalizadas 2010 – 2020.....	70
Gráfico 10. Distribución porcentual de operaciones 2010 – 2019.....	71
Gráfico 11. Distribución horaria de operaciones 2010 – 2020.....	72
Gráfico 12. Operaciones anuales por aeródromo de destino.....	74
Gráfico 13. Distribución porcentual de la flota de aeronaves.....	81
Gráfico 14. Costo de inversión por año.....	227
Gráfico 15. Curva de Gastos.....	229

A.INTRODUCCIÓN

La Red aeroportuaria nacional está compuesta por aeródromos y aeropuertos desde el extremo norte hasta el Territorio Antártico Chileno, permitiendo de esta manera conectar a prácticamente todo el territorio nacional por vía aérea. En este sentido, la necesidad de mantener en óptimo estado los pavimentos del área de movimiento de los distintos aeródromos y aeropuertos es una labor crucial.

La Dirección de Aeropuertos, encargada de la construcción y mantención de la infraestructura aeroportuaria nacional, ha realizado durante los últimos años importantes esfuerzos en post de materializar iniciativas de levantamiento, detección y seguimiento de daños en los pavimentos y de mantenimiento en éstos, levantando proyectos de diseño y construcción de conservaciones en gran parte de los aeródromos y aeropuertos de la red aeroportuaria.

El proyecto Diagnóstico Auscultación de pavimentos de la Red Secundaria Zona Centro Norte considera el estudio funcional y estructural de los pavimentos de seis aeródromos de la red secundaria de aeropuertos, con el objeto de definir sus necesidades de conservación.

En virtud de lo anterior, los objetivos cumplidos del presente estudio son:

- Actualizar las características físicas de los elementos que componen la infraestructura horizontal de los aeródromos que conforman la Red Secundaria Zona Centro Norte.
- Determinar el estado funcional y estructural de dicha infraestructura, esto con el fin de ingresarla a la herramienta de gestión de mantenimiento que posee la Dirección de Aeropuertos (Plataforma MAXIMO).
- Desarrollar en conjunto con la Dirección de Aeropuertos, la política de mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos, que por una parte permita definir el nivel de servicio para la infraestructura horizontal y por otra, establezca las obras de conservación o mantenimiento. Además, de la detección de obras nuevas que se requieran para mantener dicho nivel de servicio.
- Establecer planes de conservación mayor y rutinaria, a nivel de sección característica, estructura o elemento de pavimento, para cada aeródromo de la Red Secundaria Zona Centro Norte.

B.DESCRIPCIÓN DEL AERÓDROMO

De acuerdo con lo indicado en Etapa 1, correspondiente a la "Metodología de la política de conservación de pavimentos", se tiene que, de acuerdo con el aeródromo en estudio:

El aeródromo **RICARDO GARCÍA POSADA** se encuentra ubicado a 16 Km al sur oriente de la ciudad de El Salvador, es propiedad de Codelco, División El Salvador. Hasta el 31 de diciembre de 2004 se denominó "El Salvador Bajo", cambiando a su actual nombre mediante la Resolución Exenta DGAC N°02852.

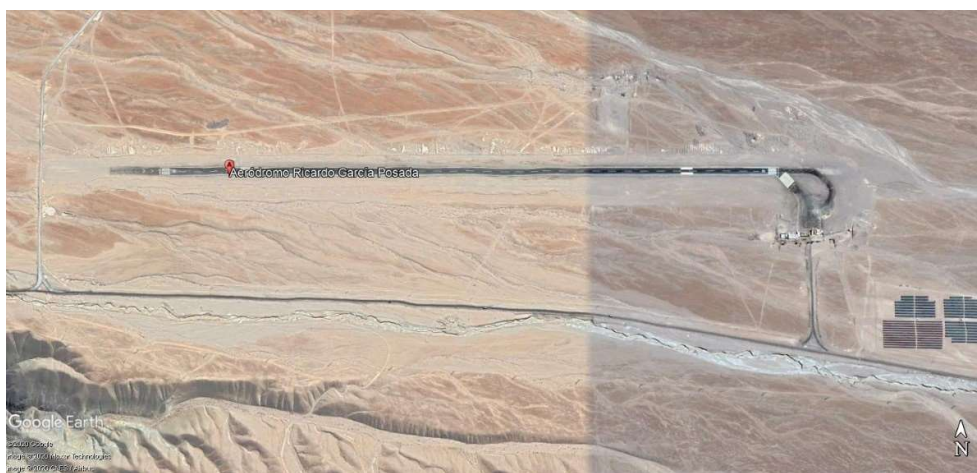


Figura 1: Aeródromo Ricardo García Posada. Fuente: Google Earth.¹

En relación con las aeronaves que operan, son principalmente Boeing 737-200 y BAe-146, asociadas a transporte de trabajadores de faenas mineras.



Figura 2: BAe-146.¹

¹ RSZCN-GEN-PAV-ME-001_Rev0

Su clave de referencia es 2B y las principales características del área de movimiento son:

Tabla 1: Características del área de movimiento Aeródromo Ricardo García Posada.²

AERÓDROMO RICARDO GARCÍA POSADA	
Designador OACI	SCES
Localización	
Región	Atacama
Provincia	Chañaral
Comuna	Diego de Almagro
Localidad	El Salvador
Ubicación	16 Km al SW El Salvador
Coordenadas geográficas	26° 18' 30" S
	69° 45' 06" W
Elevación (msnm)	1.597
Ubicación relativa y acceso vía terrestre	Se encuentra a 16 km al SW de la ciudad de El Salvador. Conecta a través de la ruta C-13 hacia el oriente con la ciudad del Salvador, mientras que, hacia el poniente, a través de esta misma ruta, con la ciudad de Diego de Almagro y, con enlace a la ruta 5 norte, con la ciudad de Chañaral.
Infraestructura Horizontal	
Pista	
Orientación	09/27
Longitud (m)	2300
Ancho (m)	30
Pendiente longitudinal (%)	3,15
Material	Asfalto
Resistencia (PCN)	26 F/A/X/T
Tipo de aproximación	VFR
Franja de seguridad	2.620 m x 120 m
Calles de Rodaje	
Calle Rodaje 1	Longitud (m): 140
	Ancho (m): 30
	Materialidad: Asfalto
Calle Rodaje 2	Longitud (m): 255
	Ancho (m): 20
	Materialidad: Asfalto
Plataforma	
Superficie (m2)	6200
Materialidad	Asfalto

² Tabla 1: Características del área de movimiento Aeródromo Ricardo García Posada. RSZCN-GEN-PAV-ME-001_Rev0

1 ETAPA 1: PLAN PILOTO Y METODOLOGÍA

1.1 CANCHA DE PRUEBA

La cancha de prueba se realizó en el Aeródromo Eulogio Sánchez (Tobalaba) simulando la metodología que será utilizada para definir el proceso de evaluación y levantamiento de deterioros mediante el método PCI (*Pavement Condition Index*), utilizando una alternativa de metodología distinta a la tradicional. Este levantamiento corresponde a la "Etapa 1: Plan Piloto. Cancha de Prueba" del contrato "DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO NORTE"³.

La auscultación se realiza a una superficie de 2.329 m² de hormigón y 2.002,5 m² de asfalto, en dos secciones de pavimentos para aeronaves ubicadas en el Aeródromo Eulogio Sánchez ubicado en la comuna de La Reina, Región Metropolitana.

La campaña de terreno se realizó inspeccionando el 100% de las unidades de muestra mediante una inspección "semi-automatizada" que considera el uso de un vehículo multifuncional que registra la ubicación y naturaleza de los deterioros de manera continua, cuya información posteriormente es analizada y procesada en gabinete de acuerdo con el método PCI.

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de los valores de PCI a nivel de Sección y por Unidades de Muestra, las cuales se definen en capítulos posteriores de este informe. Valores PCI Red y Ramas

Tabla 2. Valores PCI Red y Ramas.

Red	Rama	Sección	PCI Sección	UM	PCI UM	Categoría PCI
AERÓDROMO TOBALABA (SCTB) PCI = 64	PLATAFORMA	PLATAFORMA AEROPOLICIAL (PL-1)	76	UM1	75	MUY BIEN
				UM2	76	MUY BIEN
				UM3	82	MUY BIEN
				UM4	70	BIEN
				UM5	84	MUY BIEN
				UM6	71	MUY BIEN
	RODAJE	RODAJE WHISKEY (RW-1)	49	UM1	59	BIEN
				UM2	50	REGULAR
				UM3	42	REGULAR
				UM4	48	REGULAR
				UM5	47	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

³ RSZCN-GE-PAV-PP-001-REV0, "Plan Piloto, Cancha de Prueba Aeródromo Eulogio Sánchez (Tobalaba).

1.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA Y POLÍTICA DE CONSERVACIÓN

1.2.1 ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE POLÍTICA DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

El patrimonio aeroportuario con que cuenta nuestro país debe ser bien gestionado, de manera de realizar las labores de conservación o mantenimiento de manera regular y oportuna, en especial en lo referido a los pavimentos del área de movimiento, en virtud de que gran parte de la seguridad operacional depende de su condición. En este sentido, es importante avanzar hacia la formulación de una política de conservación que permita a los encargados de la administración y mantenimiento de esta infraestructura identificar, definir y priorizar las obras necesarias, al menor costo y con el más eficiente resultado posible. En función de lo anterior, los elementos a considerar, para efectos de la formulación de una política de conservación son los siguientes:

1.2.1.1 CATASTRO DE INFORMACIÓN

Como elemento inicial, es necesario contar con un completo catastro de la infraestructura horizontal, de manera contar con un banco de información robusto que permita:

- Establecer de manera certera la distribución de los pavimentos en el área de movimiento, esto con el fin de conocer su utilización y cargas a las cuales está afecto (pista, calles de rodaje o plataforma).
- Conocer la data de construcción de cada sección o tipo de pavimento presente, de manera de cotejar su estado de conservación a partir de sus años de servicio.
- Conocer su comportamiento funcional y estructural a través de los años. En este sentido, contar con datos históricos de inspecciones visuales, análisis PCI, resultados de ensayos destructivos y no destructivos, además del historial de intervenciones realizadas (aplicación de sellos, recarpeteos, entre otros) es de suma utilidad, ya que permite analizar y proyectar el comportamiento de los daños presentes en los pavimentos, a partir de las cargas resistidas y de la proyección de aeronaves a definir.
- Contar con las características y tipo de aeronaves que componen la flota de aeronaves, de manera de conocer las cargas a las que se encuentran sometidos los pavimentos.
- Condiciones climatológicas a las cuales se encuentra afecto el aeródromo. Los parámetros son importantes, en virtud de que, por su ubicación geográfica, los aeródromos en estudio están sometidos a muy diversas condiciones.
- Mediante esta caracterización se busca identificar el comportamiento y las tendencias que ha tenido cada variable meteorológica a través del tiempo y el comportamiento que presenta actualmente. El

análisis estará enfocado en las variables de temperatura, radiación solar y precipitaciones, que son las principales variables que permitirán en etapas posteriores, realizar la evaluación funcional y estructural de los pavimentos. En particular, y a partir de un análisis preliminar, los aeródromos de la zona norte estarán afectos a una importante cantidad de radiación, mientras que los Aeródromos Bernardo O'Higgins, María Dolores y de Pucón estarán afectos a altos niveles de pluviosidad, elementos que incidirán en la toma de decisiones sobre necesidad de obras de conservación.

- Identificación de documentación y recomendaciones. En este sentido, se analizarán documentos FAA, OACI y recomendaciones nacionales e internacionales asociadas a planes y políticas de conservación de pavimentos.

1.2.1.2 ESTUDIO FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS DEL ÁREA DE MOVIMIENTO

Con base en lo antes señalado, el análisis y desarrollo de los estudios que a continuación se indican permitirán establecer la fotografía actual de los pavimentos del área de movimiento de los seis aeródromos en estudio. En este sentido, se considera:

1.2.1.2.1 EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LOS PAVIMENTOS

1.2.1.2.1.1 ÍNDICE DE RESALTOS BOEING O BOEING BUMP INDEX (BBI)

A través de los valores y resultados obtenidos de la aplicación y desarrollo de la perfilometría láser, se obtendrá del Índice de Resaltos de Boeing o Boeing Bump Index (BBI) para la pista. Es un valor adimensional, que apunta a identificar resaltos individuales y también a promedios por sección del aeropuerto. Dicho índice permite medir por tanto la irregularidad superficial de los pavimentos en pista, definiendo la necesidad de llevar a cabo actuaciones en la capa superficial de éstas en los aeródromos en estudio.

De acuerdo con lo recomendado por la FAA, en la circular AC 150/5380-9 "Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness", se definen las siguientes valoraciones del estado del pavimento, según los valores de BBI obtenidos:

- Aceptable. Las combinaciones de altura y longitud de baches deben encontrarse en la región inferior de rango aceptable de acuerdo con las siguiente figuras.
- Excesivo. La FAA recomienda reparar los pavimentos cuyos niveles de rugosidad se encuentren en esta zona del gráfico. Este nivel de rugosidad genera incomodidad aguda en los ocupantes del avión y daños en distintos elementos de la aeronave, entre otros.

- Inaceptable. Los niveles de rugosidad en la zona inaceptable justifican cierre inmediato del pavimento afectado. Las reparaciones son necesarias para restaurar el pavimento a un nivel aceptable.

Gráfico 1. Resaltos individuales – Criterios de aceptación de la rugosidad.

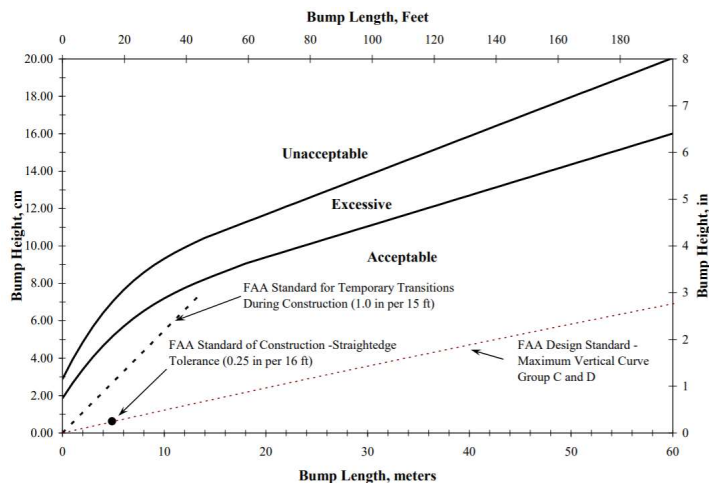
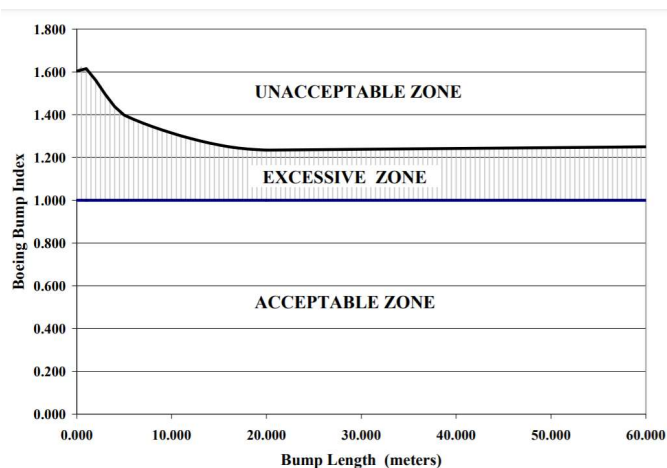


Gráfico 2. Boeing Bump Index – Criterios de aceptación.



1.2.1.2.2 COEFICIENTE DE ROCE

La medición del Coeficiente de Rozamiento (valor "mu") para la pista, se realizará de acuerdo con lo recomendado por la FAA en su circular de asesoramiento AC 150/5320-12C "Measurement, Construction, and Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surfaces", considerando dos velocidades de medición (65 y 95 km/h en condición húmeda).

La FAA en su circular de asesoramiento AC 150/5320-12C "Measurement, Construction, and Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surfaces", recomienda los siguientes valores límites para los valores de coeficiente de roce.

Gráfico 3. Clasificación de coeficiente de roce según alcance.

	40 mph			60 mph		
	Minimum	Maintenance Planning	New Design/ Construction	Minimum	Maintenance Planning	New Design/ Construction
Mu Meter	.42	.52	.72	.26	.38	.66
Dynatest Consulting, Inc. Runway Friction Tester	.50	.60	.82	.41	.54	.72
Airport Equipment Co. Skiddometer	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Airport Surface Friction Tester	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Airport Technology USA Safegate Friction Tester	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Findlay, Irvine, Ltd. Griptester Friction Meter	.43	.53	.74	.24	.36	.64
Tatra Friction Tester	.48	.57	.76	.42	.52	.67
Norsemeter RUNAR (operated at fixed 16% slip)	.45	.52	.69	.32	.42	.63

Recomendaciones de la FAA en función del nivel de rozamiento:

En caso de que los valores del coeficiente de roce obtenidos en condición de pista mojada se encuentren por debajo del nivel de mantenimiento y por encima del nivel mínimo en una distancia de 152 m, y, siempre y cuando el tramo siguiente y el anterior de 152 m de longitud estén sobre el nivel de mantenimiento, no es necesario ejecutar acción alguna. Esto es un indicativo de que el nivel de rozamiento se está deteriorando, pero aún permanece en una condición aceptable.

Cuando se obtenga un nivel de rozamiento en pista mojada menor al nivel de mantenimiento en una longitud de 305 m o más, se deben investigar las causas de este detrimento y generar acciones correctivas en el corto plazo subir el nivel de rozamiento.

1.2.1.2.2 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

A partir de los módulos elásticos y espesores de las distintas capas del pavimento, obtenidos a través de la deflectometría con equipo HWD y el georradar, respectivamente, se estará en condiciones de calcular la vida útil remanente, así como el valor de PCN actual, de los distintos pavimentos existentes en cada uno de los aeródromos de estudio.

Para el cálculo de vida útil remanente, se empleará el software FAARfield, según las indicaciones de la FAA incluidas en su circular AC 150/5320-6F "Airport Pavement Design and Evaluation".

De forma general, teniendo, como datos de partida, los módulos elásticos y el espesor de cada una de las capas, así como los datos del tráfico, se modelarán la sección de pavimento existente en cada una de las zonas del aeródromo en estudio, calculando la vida útil de cada uno de ellos.

Además, mediante las diferentes herramientas facilitadas por la FAA, se calculará el PCN de los distintos tipos de pavimento existentes. Este valor podrá compararse con el ACN de la aeronave de diseño a considerar, según la clave del aeródromo y la flota usuaria, y permitirá determinar la necesidad de actuaciones correctivas.

Por otro lado, a través de los perfiles obtenidos con el georradar, se podrá conocer, además del espesor de las distintas capas de pavimento, otro tipo de información que resultará de utilidad a la hora de determinar las actuaciones correctivas a incluir en los planes de conservación:

- Profundidad de grietas existentes. Con esta tecnología, se podrá conocer con mayor precisión la profundidad de una grieta visible en superficie y hará posible una mejor definición de las actuaciones correctivas. Además, servirá para determinar si el daño es superficial o por el contrario, se debe a problemas en capas inferiores de la sección del pavimento, por lo que facilitará la identificación de las causas del deterioro, pudiendo incluir actuaciones encaminadas a evitar la reaparición del daño.
- Presencia de grietas u oquedades profundas que no son apreciables en superficie.
- Presencia de agua o humedad. Mediante los perfiles obtenidos con el georradar, es posible detectar la presencia de humedad en una sección de pavimento. Esta información podrá facilitar la determinación de la causa de un problema superficial o estructural.
- Posibles cambios de sección. La sección longitudinal generada con el paso del georradar permite conocer la existencia de un cambio de sección, debido, por ejemplo, a alguna reparación puntual y localizada.

1.2.1.2.3 EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS

El PCI es un indicador numérico que entrega una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en los deterioros observados en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). Este método no puede medir la capacidad estructural del pavimento, ni tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento a partir del cual se identifican, con la debida anticipación, las necesidades de rehabilitación o conservación mayor y conservación rutinaria o menor. El PCI proporciona información sobre el rendimiento o desempeño del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento.

El índice de PCI se presenta normalmente con un indicador numérico que va desde un valor de 100, para pavimentos nuevos, hasta llegar a 0, que representa un pavimento que ya ha fallado totalmente. Existen tablas de "deducción" que reducen el valor PCI de acuerdo con los deterioros presentes, de acuerdo con la cantidad que se encuentre de cada uno y su grado de severidad o nivel de daño. El programa computacional utiliza internamente estas tablas y calcula el PCI de acuerdo con el tipo de deterioro, severidad y densidad, extrapolando los valores en el caso que no se evalúen todas las unidades de muestra. Los rangos de PCI y su correspondiente estado se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3: Rangos PCI.

Categoría PCI	Desde	Hasta	Código de Color	Código de color simplificado
Excelente	86	100	EXCELENTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Muy Bueno	71	85	MUY BIEN	
Bueno	56	70	BIEN	MANTENIMIENTO MAYOR
Regular	41	55	REGULAR	RECONSTRUCCIÓN
Malo	26	40	POBRE	
Muy Malo	11	25	MUY POBRE	
Falla	0	10	FALLA	

Los deterioros de los pavimentos de aeropuertos están numerados del 41 al 57 (pavimento asfáltico) y de 61 a 76 (pavimento de hormigón), los cuales se muestran a continuación:

Tabla 4: Detalle de tipos de deterioros considerados para análisis PCI.

Tipo Pav.	Código	Tipo de Deterioro	Unidad
Asfalto	41	Grietas tipo piel de cocodrilo	m ²
	42	Afloramiento de asfalto	m ²
	43	Grietas en bloque	m ²
	44	Corrugamiento	m ²
	45	Depresiones	m ²
	46	Erosión por chorro jet	m ²
	47	Grietas de reflexión de juntas	m
	48	Grietas longitudinales y transversales	m
	49	Derrames de aceites solventes	m ²
	50	Bacheos	m ²
	51	Agregados pulidos	m ²
	52	Erosión superficial	m ²
	53	Ahuellamiento	m ²
	54	Levantamiento por empuje en unión asfalto-hormigón	m ²
	55	Grietas por resbalamiento	m ²
	56	Hinchamiento	m ²
	57	Desgaste por envejecimiento	m ²
Hormigón	61	Levantamiento de losas por dilatación	Losas
	62	Grietas de esquina	Losas
	63	Grietas longitudinales, transversales y diagonales	Losas
	64	Grietas tipo "D"	Losas
	65	Daño al sello de juntas	Losas
	66	Parches ≤ 0,50 m ²	Losas
	67	Parches > 0,50 m ²	Losas
	68	Agujeros	Losas
	69	Bombeo	Losas
	70	Escamaduras, grietas tipo mapeo y cuarteaduras	Losas
	71	Escalonamiento	Losas
	72	Grietas en bloque (losas destrozadas)	Losas
	73	Grietas de retracción	Losas
	74	Astillamiento en juntas	Losas
	75	Astillamiento de esquinas	Losas
	76	Reacción alcali-silicea (ASR)	Losas

Para efectos de la definición de las secciones y unidades de muestra, se debe considerar como primer paso la definición de una red, que para efectos del presente estudio corresponderá al área de movimiento de aeronaves. Luego se definen las Ramas de pavimento, las cuales tienen en consideración el tipo y uso de las superficies asociadas. En cuanto a las subdivisiones de las ramas, éstas se subdividen en secciones características, las mismas que su vez se subdividen en pequeñas porciones de pavimento denominadas unidades de muestra, que es donde puntualmente se realiza la inspección y registro de deterioros. En cuanto a las secciones y unidades de muestra se puede mencionar lo siguiente:

- Secciones: A partir de las ramas se genera una primera subdivisión de los pavimentos, de acuerdo con su tipo, uso y condición general, para formar las secciones características o secciones. La definición de secciones debe tener en consideración el comportamiento del pavimento fundamentalmente en lo que respecta a necesidades de mantenimiento similares, de modo que las políticas de mantenimiento puedan ser aplicadas a la sección completa de manera coherente.
- Unidades de muestra: Cada sección de pavimento se vuelve a subdividir en elementos más pequeños o porciones de pavimento fácil de ubicar y de evaluar, llamados unidades de muestra o unidades muestrales, las mismas que tienen un tamaño estandarizado de acuerdo con la regla siguiente:
 - a) Para pavimentos de hormigón (PCC), una unidad de muestra consiste en 20 losas continuas, +/- 8 losas.
 - b) Para pavimentos de concreto asfáltico (AC), y superficies con capas porosas de alta fricción, una unidad de muestra para pavimentos aeroportuarios consiste en una superficie continua de 450m² +/- 180 m².

El procesamiento de los daños levantados en terreno se realiza a través del software PAVER, el cual usa internamente algunas tablas y ábacos para determinar el valor del PCI para cada unidad de muestra y para cada sección.

Una vez registrados y catalogados los defectos existentes tras la inspección de PCI, es importante el entender la posible causa de su aparición ya que será de utilidad para elegir el tratamiento a aplicar para corregir y evitar la nueva aparición del defecto.

Los defectos tras la evaluación PCI suelen ser debidos a tres tipos de causas:

- Relacionados con la carga a la que ha estado sometido el pavimento: este tipo de defectos son definidos como causados por las aeronaves o vehículos y podrían indicar deficiencias estructurales. Algunos ejemplos son las grietas tipo piel de cocodrilo en pavimentos asfálticos o en hormigón los astillamientos de esquina.
- Relacionados con el clima y/o la durabilidad: estos defectos suelen sugerir la presencia de material envejecido o susceptible a ser dañado por las condiciones ambientales e incluyen problemas relacionados con la durabilidad del pavimento en cuestión. Como ejemplo de defecto relacionado con el clima estaría el desgaste por envejecimiento (Código 57) en pavimentos asfálticos, siendo las grietas tipo "D" (Código 64) un defecto relacionado con la durabilidad en pavimentos de hormigón.
- Otros: En esta categoría se incluirían los defectos no atribuibles exclusivamente a ninguna de las causas anteriores, como las depresiones (Código 45) en asfalto o las grietas de retracción (Código 73) en losas de hormigón.

1.2.1.3 ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Junto a lo anterior, es necesario conocer las características y composición de las aeronaves que operan en cada uno de los aeródromos en estudio. En este sentido, junto con el catastro de las aeronaves que actualmente operan, se debe considerar un estudio de demanda que permita proyectar las operaciones a 20 años, de manera de usar este insumo para verificar las estructuras de pavimento, vida remanente y otras, necesarias para identificar posibles intervenciones en éstos.

1.2.1.4 MECÁNICA DE SUELOS

Finalmente, la realización de una campaña de mecánica de suelos permitirá confirmar los valores catastrados de estudios anteriores realizados en los aeródromos en estudio o, en caso de no existir registros, establecer las características geotécnicas del terreno, necesarias para poder realizar los análisis de suficiencia de las estructuras de pavimento.

1.2.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA POLÍTICA DE CONSERVACIÓN

En virtud del catastro de información, los análisis antes señalados, tanto funcionales como estructurales, de vida útil y capacidad remanente de los pavimentos, se establecerán las necesidades de conservación a 20 años.

Junto a lo anterior, y en función de los análisis de demanda de tránsito aéreo, se verificará también la necesidad de considerar obras de mejoramiento de las estructuras de pavimento, de forma de permitir que éstas resistan de manera correcta las cargas proyectadas, manteniendo niveles de seguridad operacional y servicio óptimos.

1.2.2.1 ALCANCES GENERALES

Como se comentó anteriormente, mantener en óptimas condiciones los pavimentos es necesario para asegurar la operación de las aeronaves de manera segura y eficiente. En este sentido, la Dirección de Aeropuertos ha realizado distintos esfuerzos durante los últimos años, a través del SGM (Sistema de Gestión de Mantenimiento) y de la Unidad de Conservación del Departamento de Construcción, los que han avanzado hacia la sistematización de las labores de conservación.

En general, un sistema de gestión de pavimento proporciona procedimientos sistemáticos y objetivos, para mantener actualizado el catastro de la infraestructura del pavimento, monitorear el desempeño del pavimento, seleccionar el tratamiento adecuado para el pavimento en el momento adecuado, planificar y presupuestar las actividades de preservación del pavimento.

En particular, una política de mantenimiento de los pavimentos debe servir como herramienta para la toma de decisiones, en el corto y largo plazo, sobre las obras de mantenimiento a realizar en un aeródromo o aeropuerto. De esta manera, podemos considerar que se compone de dos etapas de decisiones secuenciales.

1.2.2.1.1 DETERMINACIÓN DEL ALCANCE Y TIPO DE INTERVENCIÓN

El levantamiento del punto anterior identificó prioridades, quedando, por tanto, establecer la profundidad de las intervenciones. Las necesidades de conservación más comunes son las siguientes:

- Conservaciones rutinarias
 - Bacheo profundo en asfalto.
 - Bacheo a profundidad parcial en asfalto.
 - Bacheo profundo en hormigón.
 - Bacheo a profundidad parcial en hormigón.
 - Reemplazo de losas con recebo de sub-base.
 - Sellado de grietas y juntas.
 - Sello protector elastomérico.
 - Sello protector contra derrame de combustible de aeronaves.
 - Cepillados.
 - Limpieza de caucho.
- Conservaciones mayores
 - Recapado con pavimento nuevo sobre estructura de pavimento existente.
 - Fresado y capa de rodado nueva.
 - Demolición a espesor total y estructura de pavimento nueva.
 - Demolición a espesor parcial y estructura de pavimento nueva.

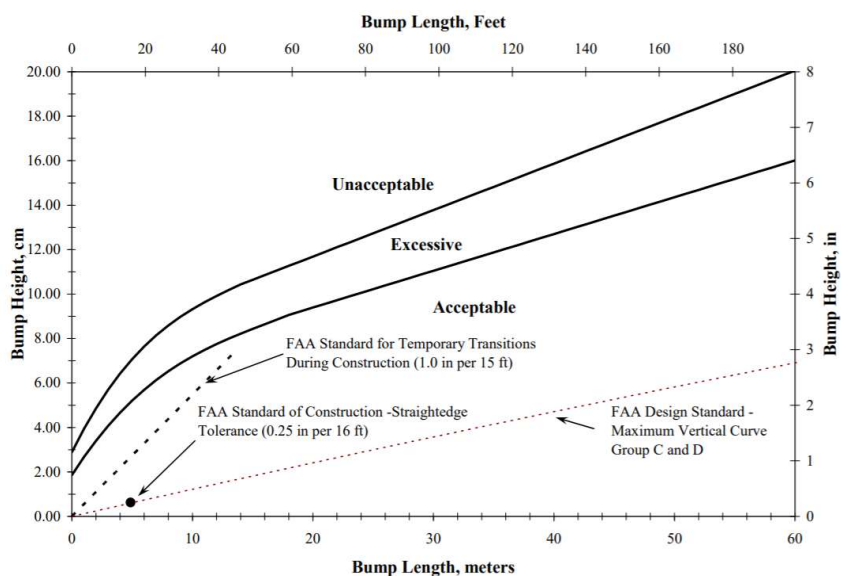
1.2.2.2 DEFINICIÓN DE LAS OBRAS

A partir de lo señalado anteriormente, para efectos de la definición de las obras se considerará:

1.2.2.2.1 CONDICIONES FUNCIONALES

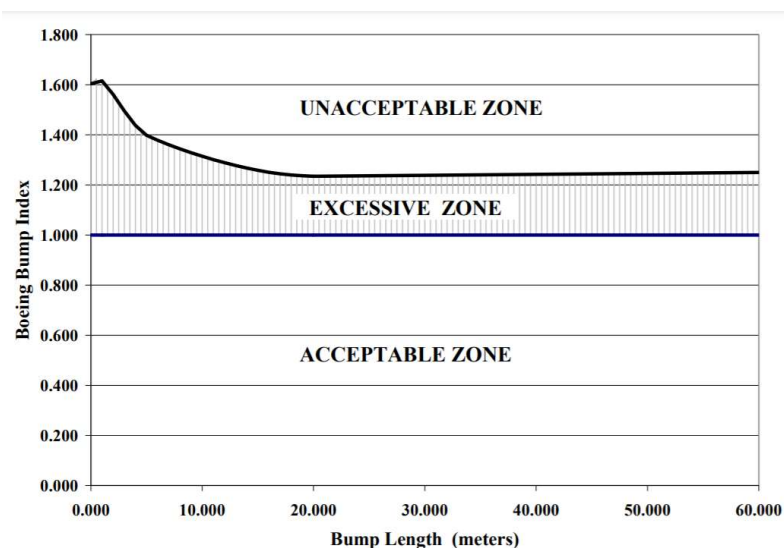
En virtud de los resultados de la perfilometría y coeficiente de roce, y en función de los umbrales definidos en las siguientes figuras, se analizaron en detalle aquellos valores próximos al límite del rango aceptable, para poder prever las actuaciones correctivas inmediatas necesarias, mientras que para los valores más alejados, se considerarán proyecciones a partir de la información catastrada, de las recomendaciones presentadas por FAA (en sus Advisory Circular) y OACI, de esta manera se planifica el desarrollo de obras que permite mantener los valores BBI y de coeficiente de roce dentro de los rangos definidos como aceptables en el horizonte de años definidos para el presente estudio.

Gráfico 4. Resaltos individuales – criterios de aceptación de la rugosidad.



Fuente. Advisory Circular n° 150/5380-9, FAA.

Gráfico 5. Boing Bump Index – Criterios de aceptación.



Fuente. Advisory Circular n° 150/5380-9, FAA.

Tabla 5. Clasificación de coeficiente de roce según alcance.

	40 mph			60 mph		
	Minimum	Maintenance Planning	New Design/ Construction	Minimum	Maintenance Planning	New Design/ Construction
Mu Meter	.42	.52	.72	.26	.38	.66
Dynatest Consulting, Inc. Runway Friction Tester	.50	.60	.82	.41	.54	.72
Airport Equipment Co. Skiddometer	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Airport Surface Friction Tester	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Airport Technology USA Safegate Friction Tester	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Findlay, Irvine, Ltd. Griptester Friction Meter	.43	.53	.74	.24	.36	.64
Tatra Friction Tester	.48	.57	.76	.42	.52	.67
Norsemeter RUNAR (operated at fixed 16% slip)	.45	.52	.69	.32	.42	.63

Fuente. Advisory Circular n° 150/5320-12C, FAA

A partir de lo anterior, se mencionan de manera preliminar las siguientes obras:

- Limpieza de caucho (Método mecanizado y método chorro de agua).
- Cepillados.
- Aplicación de riegos y tratamientos asfálticos con agregados que aumenten la fricción.
- Rectificación de rasante a partir de la reposición de carpeta asfáltica.

En este sentido, la toma de datos y análisis continuo de los parámetros será fundamental, de manera que, junto con definir las obras de conservación en base a un análisis multi-criterio, también se propondrá una frecuencia de medición de los parámetros funcionales (perfilometría y coeficiente de roce) en función de otras variables, como por ejemplo, la cantidad de operaciones de cada aeródromo, el tipo de material de vuelo, el comportamiento estructural del pavimento y su capacidad o suficiencia estructural, el grado de avance de algunos deterioros presentes (deformaciones, baches, hundimientos, etc.), por nombrar algunos.

1.2.2.2.2 CONDICIONES ESTRUCTURALES

Con los resultados de deflectometría y georradar se analiza la vida útil remanente de los pavimentos, así como el valor de PCN actual, de los distintos pavimentos existentes en cada uno de los aeródromos de estudio.

En virtud de lo anterior, la proyección de flota de aeronaves y operaciones tendrá vital importancia en la vida remanente de los pavimentos. En este sentido, a través de las herramientas FAA se realizarán análisis tendientes a verificar si las estructuras de pavimentos en los aeródromos en estudio son suficientes para mantener un nivel de servicio adecuado para la flota proyectada.

En caso de establecer la insuficiencia de las actuales estructuras, se plantearán las obras de mejoramiento, las cuales se planificarán a partir del desarrollo y proyección del estudio de demanda.

En función de lo anterior, se plantean de manera preliminar las siguientes obras:

- Mejoramientos en los espesores de carpeta asfáltica, en caso de que los análisis muestren la necesidad de modificar su espesor sin necesidad de modificar las capas subyacentes
- Reconstrucción completa del paquete estructural en pavimentos asfálticos, en caso de que los análisis muestren la necesidad de aumentar las capas granulares.
- Reconstrucción de las losas en pavimentos de hormigón, en caso de que los análisis planteen la necesidad de aumentar su espesor.
- Reconstrucción de estructuras de pavimentos de hormigón, en caso de que los análisis muestren la necesidad de aumentar las capas granulares.

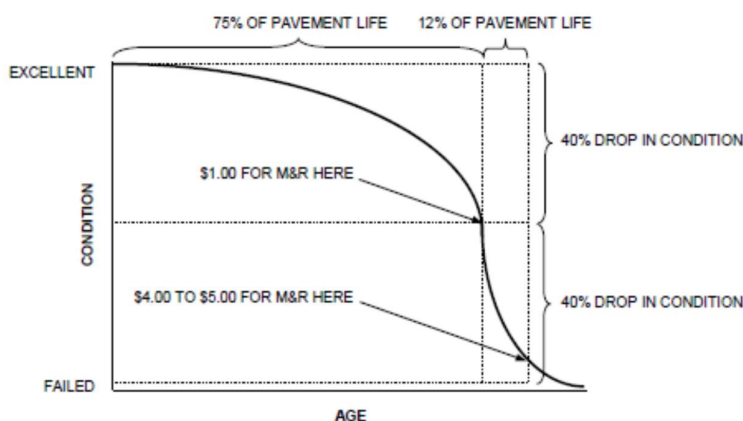
Se recomendará reevaluar el PCN siempre que se genere un cambio sustancial en la flota de aeronaves proyectada, especialmente cuando la cantidad de operaciones anuales de una nueva aeronave no considerada en los cálculos posea un ACN que supere por más de un 5% el valor del PCN calculado. Lo anterior basado en la recomendación del Anexo 14 de la OACI, Adj-A 20.1.1, letra d.

1.2.2.2.3 CONDICIONES SUPERFICIALES

El Departamento de Construcción de la Dirección de Aeropuertos, a través de la Unidad de Conservación, ha sistematizado la aplicación de la metodología PCI para utilizar su información como base para la toma de decisiones asociada al mantenimiento de los pavimentos. Esta metodología, asociada a la implementación de sistemas de gestión de pavimentos, considera el concepto del Ciclo de Vida del Pavimento, el cual supone no solo un conocimiento acabado de la condición del pavimento, sino que además de su predicción en el futuro, permitiendo de esta manera, asegurar la selección de estrategias de rehabilitación y conservación más económicas.

En este sentido, el concepto de PCI crítico (Shahin y Walther 1990), se basa en que es más económico mantener los pavimentos sobre el PCI Crítico, que bajo éste. El PCI Crítico se define como el valor del PCI en el cual la tasa de pérdida de valor del PCI aumenta con el tiempo, o el costo de aplicar políticas de mantenimiento localizadas preventivas aumenta significativamente. Es el valor del PCI después del cual el pavimento comienza a deteriorarse rápidamente.

Gráfico 6. Condición de los pavimentos versus costos de reparaciones.



Fuente: M. Y. Shahin, J. A. Walther, 1990.

En base a lo anterior, se plantean las siguientes intervenciones o acciones de conservación:

- Puntuales o localizadas. Se refiere a aquellas intervenciones en sectores o áreas bien definidos, considerando una determinada cantidad de losas, en caso de pavimento rígido, o una cierta cantidad de m² de pavimento asfáltico, de dimensiones menores a una sección y en algunos casos menores que una unidad de muestra, necesarias para mantener la operatividad de la infraestructura de forma segura. Se consideran en esta categoría los bacheos asfáltico profundos (reemplazo espesor completo de capa asfáltica y material granular), bacheos asfáltico de espesor parcial (reemplazo espesor completo de capa asfáltica), bacheos hormigón profundo (reemplazo de espesor completo de hormigón y material granular), bacheos hormigón de espesor parcial (reemplazo de espesor completo de hormigón) y reposición de losas de hormigón (Reemplazo de bloque de losa). Se aplica a los pavimentos que posterior a la inspección PCI presenten daños específicos, necesarios de reparar o sectores cuyo PCI esté bajo el PCI Crítico.
- Preventivo por sección de pavimento. Se refiere a las obras a ejecutarse en secciones completas de pavimento, con el objeto de retrasar el avance de deterioros. En este caso, se consideran los tratamientos y sellos superficiales para los pavimentos asfálticos, sellos de fisuras y grietas y el sello de juntas para los pavimentos rígidos entre otros. Se aplica a los pavimentos sobre el PCI Crítico ($PCI > = 65$ para cada sección del área de movimiento).
- Conservación mayor. Son aquellas intervenciones a secciones de pavimentos necesarias para corregir o mejorar las características funcionales y estructurales de los pavimentos. En este caso, el valor PCI está bajo el PCI crítico y considera obras de reconstrucción de estructuras de pavimento y recapados a espesor completo.

Cabe destacar que el umbral de PCI crítico para secciones ($PCI=65$) corresponde al valor estándar considerado por el software PAVER a partir del cual el pavimento se comporta de manera insatisfactoria. Dicho valor también ha sido adoptado por la DAP como umbral crítico para la generación de Planes de Mantenimiento, lo cual en la actualidad se viene aplicando en los pavimentos aeroportuarios incluidos en los contratos de Concesión que tengan a cargo el mantenimiento y conservación de pavimentos para aeronaves.

A continuación, se presenta un análisis preliminar a los daños establecidos en el método PCI y posibles actuaciones sobre éstos.

Tabla 6: Detalle de daños y actuaciones, pavimentos de asfalto y hormigón.

Tipo Pav.	Código	Tipo de Deterioro	Descripción o Causa	Actuaciones	Fuente	Unidad
Asfalto	41	Grietas tipo piel de cocodrilo (Alligator cracking)	Falla producida por fatiga a causa del tráfico, atribuida a una base o sub-base inadecuada.	Demolición de carpeta existente, excavación, reemplazo de material granular y reposición de carpeta asfáltica.	AC 150/5320-17A Appendix A	m ²
	42	Afloramiento de asfalto (Bleeding)	Falla producida por cantidades excesivas de cemento asfáltico, alquitranes en la mezcla o bajo porcentaje de poros vacíos.	Remoción y reemplazo de carpeta asfáltica	ASTM D5340 - 98	m ²
	43	Grietas en bloque (Block Cracking)	Grietas usualmente perpendicular a la junta longitudinal, de gran longitud.	Reparación mediante tratamientos superficiales en etapas tempranas. Reconstrucción en etapas avanzadas.	AC 150/5320-17A Appendix A	m ²
	44	Corrugamiento (Corrugation)	Falla producida por una combinación entre tráfico y la inestabilidad producida en superficie o en base.	Reparación mediante reemplazo de superficie en falla y, de ser necesario, mejoramiento de base.	ASTM D5340 - 98	m ²
	45	Depresiones (Depression)	Falla producida por asentamiento del suelo de fundación o producto de un mal proceso constructivo.	Reparación mediante reemplazo de superficie en falla y, de ser necesario, se realiza mejoramiento de base o reconstrucción.	ASTM D5340 - 98	m ²
	46	Erosión por chorro jet (Jet Blast Erosion)	Erosión provocada por Jet Blast, se evidencian por áreas oscurecidas donde el aglomerante bituminoso se encuentra quemado o carbonizado.	Aplicación de tratamiento superficial	ASTM D5340 - 98	m ²
	47	Grietas de reflexión de juntas (Joint Reflexion Cracking)	Grietas provocadas por el movimiento de la sub-base producto del cambio de temperatura.	Retiro y reparación de superficie de falla.	AC 150/5320-17A Appendix A	m
	48	Grietas longitudinales y transversales (Longitudinal and Traverse Cracking)	Grietas longitudinales son atribuidas a junta de pavimento mal construida, contracción de superficie producto de bajas temperaturas o grieta reflectante de capa inferior (sin considerar juntas constructivas). Grietas Transversales son atribuidas a contracción de superficies producto de bajas temperaturas o grieta reflectante de capa inferior (sin considerar juntas constructivas).	Reparación mediante el sello de grietas. En caso de deterioros de alta severidad, se debe evaluar la reposición de carpeta asfáltica.	ASTM D5340 - 98	m

49	Derrames de aceites solventes (Oil Spillage)	Deterioro o ablandamiento de la superficie producto de derrames de aceite, combustibles u otros disolventes.	Limpieza de área, aplicación de tratamiento antiderrame.	ASTM D5340 - 98	m ²
50	Bacheos (Patching and Utility Cut Patch)	Considerado un defecto sin importar el estado. Es utilizado como reposición de áreas específicas.	Retiro y reemplazo.	ASTM D5340 - 98	m ²
51	Agregados pulidos (Polished Aggregate)	Falla producto del tráfico y se visualiza cuando el agregado en el asfalto es muy pequeño, o no existen partículas de agregado ásperas o angulares que permitan una buena resistencia al deslizamiento.	Aplicación de tratamientos superficiales	ASTM D5340 - 98	m ²
52	Erosión superficial	Disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos	Aplicación de sellos superficiales. Recapado parcial		m ²
53	Ahuellamiento (Rutting)	Desplazamiento de material producido por la compactación por tráfico o material inestable. Por otro lado, fallas mayores pueden ser producidas por consolidación de base o sub-base , y se visualiza como patrón de ruedas.	Reposición de carpeta asfáltica y, de ser necesario, mejoramiento de base y sub-base.	AC 150/5320-17A Appendix A	m ²
54	Levantamiento por empuje en unión asfalto-hormigón (Shoving of asphalt pavement by PCC slabs)	Falla producto del alargamientos de extremos de losas de hormigón, empujando pavimentos más flexibles provocando levantamiento de estos últimos.	Remoción y reemplazo de estructura de pavimento flexible.	ASTM D5340 - 98	m ²
55	Grietas por resbalamiento (Slippage Cracking)	Falla causada por frenado o rodaje de la aeronave, atribuida a una mala unión entre capa superficial y de base.	Reparación de capa superficial en área afectada	ASTM D5340 - 98	m ²
56	Hinchamiento (Swell Distress)	Falla comúnmente producida por las bajas temperaturas o hinchamiento del suelo de fundación, también puede ser producida por explosión de losas bajo el asfalto. Se visualiza en áreas pequeñas o un hinchamiento largo y gradual, además puede ir acompañada por grietas.	Retiro y reemplazo de zonas afectadas, pudiendo ser necesario la reconstrucción completa del paquete estructural.	ASTM D5340 - 98	m ²
57	Desgaste por envejecimiento	Endurecimiento de capa superior y pérdida de resistencia superficial.	Aplicación de sellos asfálticos y, en casos de daños mayores, reposición de carpeta asfáltica		m ²
Hormigón 61	Levantamiento de losas por dilatación (Distresses in	Falta de espacio (juntas de dilatación) entre losas, comúnmente la falla de produce en juntas transversales.	Reparación o reemplazo de losa afectada, verificación de juntas de dilatación.		Losas

Jointed Concrete Pavement)					
62	Grietas de esquina (Corner Break)	Falla producto de la combinación entre cargas repetitivas con pérdida de soporte, baja transferencia de carga sobre las juntas y diferencias de temperatura en caras (Sup. he Inf.) de la losa.	Sellado de la falla. Bacheo y sellado en toda la profundidad de éste	ASTM D5340 - 98 AC 150/5380-6C	Losas
63	Grietas longitudinales, transversales y diagonales (Crack; Longitudinal, Transverse and Diagonal)	Falla que divide la losa en dos o tres partes, causada usualmente por la combinación de cargas repetitivas, tensiones por contracción y diferencias de temperatura en caras (Sup. e Inf.) de la losa.	Demolición y reposición de losas	ASTM D5340 - 98	Losas
64	Grietas tipo "D" (Durability "D" cracking)	Falla producida por factores ambientales, como lo es el ciclo de congelación - descongelación.	Aplicación de tratamiento superficial. Reconstrucción de losa en caso de agrietamiento mayor.	ASTM D5340 - 98 AC 150/5380-6C	Losas
65	Daño al sello de juntas (Joint Seal Damage)	Daño atribuido a la acumulación de suelo o rocas en juntas, o que permitan la infiltración de agua.	Retiro, limpieza y aplicación de sello.	ASTM D5340 - 98 AC 150/5380-6C	Losas
66	Parches ≤ 0,50 m² (Patching, small)	Área en donde el pavimento es removido y reemplazado por material de relleno.	Remover y reemplazar.	ASTM D5340 - 98 AC 150/5380-6C	Losas
67	Parches > 0,50 m² (Patching, large and utility cuts)	Área en donde el pavimento es removido y reemplazado por material de relleno, usualmente utilizada para la colocación de servicios subterráneos.	Remover y reemplazar.	ASTM D5340 - 98 AC 150/5380-6C	Losas
68	Agujeros (Popouts)	Desprendimiento de trozos de pavimento superficial producto de la combinación del ciclo congelación - descongelación y agregados expansivos.	Retiro y limpieza de cuerpos extraños (trozos), reparación de área afectada.	ASTM D5340 - 98 AC 150/5380-6C	Losas
69	Bombeo (Pumping)	Perdida de soporte producto de la expulsión por juntas o grietas de partículas finas y granulares. Esto es causado por la deflexión de la losa ante carga aplicadas.	Limpieza de material suelto, reparación mediante sellos previo relleno de espacio vacíos por material de relleno. De ser necesario, reconstrucción.	ASTM D5340 - 98	Losas
70	Escamaduras, grietas tipo mapeo y cuarteaduras (Scaling, Map Cracking, Crazying)	Fallas provocadas por exceso de terminación de hormigón, mal proceso constructivo, ciclos congelación - descongelación (sales de deshielo), agregados pobres.	Demolición y reposición de losas. Aplicación de sellos.	ASTM D5340 - 98	Losas

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

71	Escalonamiento (Settlement or Faulting)	Cambios de alturas en juntas o grietas producto de sismos o consolidación del suelo de fundación.	Demolición y reposición de losas En caso de ser necesario, reposición de material de base.	ASTM D5340 - 98	Losas
72	Grietas en bloque (Shattered Slab / Intersecting Cracks)	Agrietamiento de la losa en cuatro o más partes, producto de la sobrecarga o un mal soporte o la combinación de ambas.	Demolición y reposición de losas verificando la necesidad de aumentar el espesor de la capa granular.	ASTM D5340 - 98	Losas
73	Grietas de retracción (Shrinkage cracks)	Grietas formadas durante el proceso de fraguado y curado del hormigón.	Demolición y reposición de losas	ASTM D5340 - 98	Losas
74	Astillamiento en juntas (Spalling longitudinal and transverse joint)	El astillamiento se produce por tensiones excesivas en juntas o grietas producto de infiltración de materiales incompresibles o cargas de tráfico. Otra causa, es producto de hormigón débil en juntas dado el sobre-esfuerzo combinado con cargas de tráfico.	Retiro, reparación superficial y sellado de juntas. Reparación parcial en profundidad.	ASTM D5340 - 98 AC 150/5380-6C	Losas
75	Astillamiento de esquinas (Spalling corner)	Falla producto de la combinación entre cargas repetitivas con pérdida de soporte, baja transferencia de carga sobre las juntas y diferencias de temperatura en caras (Sup. e Inf.) de la losa. Difiere de grietas de esquina, ya que intercepta la grieta y la junta en ángulo.	Retiro, reparación superficial y sellado de juntas. Reparación parcial en profundidad.	ASTM D5340 - 98 AC 150/5380-6C	Losas
76	Reacción alcali-silicea (ASR)	Fractura del hormigón producto de la reacción entre el cemento portland y sílice contenida en los agregados pétreos, que al absorber el agua, resulta un gel que, al expandirse, fractura el concreto.	Análisis de fracturas, retirar y reemplazar.		Losas

Fuente. Elaboración Propia.

En virtud de lo anterior, es necesario considerar el levantamiento de daños anual o bianualmente, dependiendo de la cantidad de operaciones que se realicen en el Aeródromo, de manera de poder verificar el alcance en el tiempo de la planificación de las obras, como así también corregirla en caso de desviaciones asociadas, por ejemplo, a cambios de flota no previstos, que pueden generar aceleramiento de daños, con la consiguiente necesidad de acelerar la ejecución de ciertas obras.

1.2.2.3 DEFINICIÓN DE PROGRAMA DE INVERSIONES

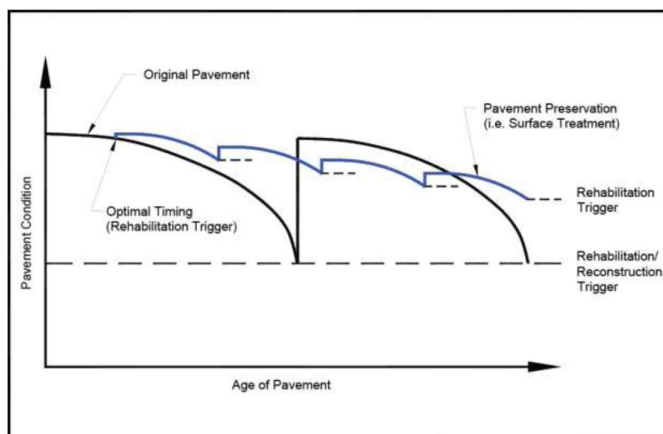
Con las definiciones y alcances del punto anterior, se establecerán, por cada aeródromo, un programa que considerará las intervenciones tanto de carácter rutinario, asociado principalmente a mantener el nivel de servicio y retrasar el avance de los deterioros, como de Conservación Mayor, asociado a corregir o mejorar las características funcionales y estructurales de los pavimentos.

Según el documento de FAA AC150/5380-7B, el concepto de conservación de pavimentos comienza con la aplicación de técnicas de mantenimiento y reparación al comienzo de la vida del pavimento. Un programa adecuado de conservación de un pavimento actúa sobre éste cuando aún se encuentra en una categoría de PCI buena (La condición de "PCI buena", es de acuerdo con escala cromática de PCI para pavimentos aeroportuario) y antes de que cualquier daño significativo aparezca.

Por medio de la aplicación de un tratamiento rentable en el momento adecuado, la condición del pavimento es mejorada. El efecto acumulado de tratamientos de conservación sistemáticos y sucesivos es la minimización o eliminación total de reparaciones costosas y posponer las subsiguientes rehabilitaciones y reconstrucciones, dado que el costo acumulado de tratamientos de conservación durante la vida del pavimento es substancialmente menor que el costo de reconstrucciones más extensivas y generalmente más económico que el costo de rehabilitaciones menores. Además, la aplicación de una serie de tratamientos de conservación es menos disruptivo para los usuarios de la infraestructura, que los largos cierres necesarios normalmente asociados con proyectos de reconstrucción. Todos los planes de conservación a considerar deberán ceñirse a las restricciones presupuestarias del Ministerio de Desarrollo Social y Familia.

En la siguiente imagen se ilustra el concepto de conservación de pavimentos descrito.

Gráfico 7. Concepto de Conservación de pavimentos.



Fuente: Advisory Circular AC 150/5380-7B, FAA.

Tal como se comentó anteriormente, parte de la validación de este análisis dependerá de establecer una gestión constante de toma de datos a través de ensayos no destructivos. Esto permitirá, por ejemplo, generar curvas del comportamiento mecánicos de las capas componentes de los pavimentos, además de complementar los levantamientos PCI, de manera de poder ir corrigiendo o adelantando ciertas intervenciones.

De acuerdo a lo anterior, se propone lo siguiente:

- **Análisis PCI:** Se recomienda la toma de datos una vez al año, sin embargo, puede aplazarse a dos años, en virtud de las operaciones del aeródromo.
- **Georradar y Deflectometría:** Se recomienda la toma de datos entre 5 a 6 años. En caso de cambio de estructura de pavimento, se recomienda la toma de datos.
- **Perfilometría.** Se recomienda la toma de datos entre 3 a 5 años.
- **Fricción:** De acuerdo a la tabla 3-1 del documento AC 150/5320 12C, en función de la cantidad de operaciones se establece la periodicidad de las mediciones. En particular, para este tipo de aeródromo se plantea hacer una medición por año.

Tabla 7. Frecuencia de medición de fricción.

TABLE 3-1. FRICTION SURVEY FREQUENCY

NUMBER OF DAILY MINIMUM TURBOJET AIRCRAFT LANDINGS PER RUNWAY END	MINIMUM FRICTION SURVEY FREQUENCY
LESS THAN 15	1 YEAR
16 TO 30	6 MONTHS
31 TO 90	3 MONTHS
91 TO 150	1 MONTH
151 TO 210	2 WEEKS
GREATER THAN 210	1 WEEK

Fuente. Advisory Circular AC 150/5320 12C, FAA.

Bajo experiencia de este consultor, se ha considerado que para pavimentos con una edad mayor a 15 años y se cuente con una vida residual inferior a baja y un PCI menor a 70, se considerará como factor preponderante para la realización de una conservación mayor.

Otro factor para considerar es el SCI que cuenten los pavimentos en el área de movimiento, se estima que este valor no debe estar por debajo de un valor 70, lo cual significa que ante un valor inferior al indicado se considerará una disminución significativa del PCI

Debido a que la totalidad de los pavimentos del aeródromo tienen una data de construcción mayor a un año, a través de este PCI se establecerá como año de control 2021. Con esta consideración de entrada, se aplicará la metodología de conservación de pavimentos que se detallará en el desarrollo de este capítulo.

Para la aplicación de un plan de mantenimiento se tienen las siguientes consideraciones, basados en literatura y estudios al respecto, características de los pavimentos del país, entre otros:

- Se ha considera que los pavimentos antes de los 5 años no sufrirán daños con un nivel de severidad que requiera mantenimiento
- Antes de los 10 años es inusual que el pavimento sufra deterioros por carga en severidad media a alta que requiera reparación, pudiendo ser detectado en forma puntual algún daño que para el caso de un plan global será descartado.
- Como criterio conservador, se consideran trabajos de mantenimiento localizado preventivo cada 5 años aprox., ya sea para pavimentos asfálticos, como de hormigón. El plantearlo cada 5 años es únicamente una simplificación del plan, evitando incluir anualmente un volumen inferior de las mismas reparaciones localizadas preventivas por sección. Se cuida; en lo posible, no coincidir con trabajos de conservación mayor que amplifiquen demasiado el presupuesto de un año versus otro.
- Los trabajos de mantenimiento localizado comienzan a partir de los 6 años de edad del pavimento aprox.
- De análisis de diagnósticos de pavimentos realizados para la DAP (Estudio actualización de la información de infraestructura aeroportuaria de la red primaria, 2014, entre otros) y estudios desarrollados por IDOM, se ha considerado que los pavimentos serán afectados en un 5% del área total cada 5 años para trabajos del tipo bacheos y en igual porcentaje de área para trabajos del tipo sello de grietas. Este porcentaje es de carácter referencial y en medida que se cuente con mayor cantidad de datos evolutivos de los pavimentos del aeródromo, podrá ajustarse la cantidad de daños a reparar y la periodicidad con el que se efectúan estas reparaciones. Esto considera en forma inherente que será necesario complementar el plan de conservación con inspecciones visuales del pavimento para determinar en forma efectiva las necesidades de reparación.

- De lo indicado en el punto anterior, además considerando la evolución del PCI del aeródromo (Obtenido en Etapa 3 del estudio), se ha considerado como probabilidad que el 5% del área afectada en pavimento flexible requerirá igual cantidad de área en reparación del tipo bacheo en m² e igual cantidad en, metros lineales, para reparaciones del tipo sello de grietas.
 - En otras palabras, por cada un (1) m² de pavimento existirá un (1) ml de grieta
 - Para un (1) m² de pavimento con daño estructural, deberá repararse un (1) m² con bacheo. Para efecto de cantidad de deterioros, al estimar bajo este criterio, ambos valores tendrán la misma cantidad, sin embargo el monto de la reparación hará la diferencia dentro del plan de mantención.
- Respecto a pavimentos rígidos, al “Estudio actualización de la información de infraestructura aeroportuaria de la red primaria, 2014” en conjunto al estudio en desarrollo Auscultación de pavimentos Red primaria Zona Centro y Sur, 2021, se ha asociado un tamaño de losa estándar de 5 x 5m con el fin de poder generalizar los volúmenes de reparación. Con ello, el área global de hormigón se traduce en una cantidad de losas de 25m². Como consideración para la reparación de grietas, se ha considerado que un 5% del número de losas requerirá sello de grietas y bacheos espesor parcial y el 1% para bacheos espesor total y reemplazo de losas.
- No se considera una evolución de los deterioros en forma exponencial, por lo que la cantidad de área afectada por deterioros que requieran mantención a lo largo de su vida útil no tendrá, en general, un factor creciente.
- Para los pavimentos rígidos se considera reparar el sello de juntas cada 10 años desde la fecha de construcción o de su última reparación de sello.
- Para los pavimentos flexibles a partir de los 10 años de edad, podrá considerarse una conservación global preventiva del tipo sello protector asfáltico, esto previo a las reparaciones localizadas de los deterioros en severidad media a alta. Lo anterior podrá o no estar dentro del plan de mantenimiento, no viendo afectada la evolución del índice.
- El plan de mantenimiento localizado preventivo considera los trabajos más recurrentes para cada tipo de pavimento, pudiendo requerirse algún otro tipo de reparación que a modo global es indiferente para el monto final del estudio.
- El tipo de conservación mayor podrá tener las alternativas indicadas en el informe estructural de la etapa anterior, pudiendo recapar sobre lo existente o reconstruir desde la subrasante, dependiendo, entre otros, de la disponibilidad presupuestaria, el tiempo para ejecutar las obras u otro factor que surja en la planeación de los trabajos.
- El plan considera que las operaciones anuales se ajustan a lo proyectado. Algún cambio de flota o aumento considerable de ésta podrá afectar en forma negativa a la evolución del pavimento, a la vida residual y a la estructura proyectada.
- Considerando que según los modelos de deterioro los pavimentos no descienden al índice crítico dentro de su vida útil, se plantea una conservación mayor cuando el pavimento supere

los 20 años de edad para carpetas asfálticas y 30 años para carpetas rígidas, pudiendo priorizar en aquellos que arrojan actualmente una vida residual insuficiente. En la definición de las intervenciones necesarias, además de los propios resultados de las evaluaciones llevadas a cabo en etapas anteriores, se hará uso del amplio conocimiento y experiencia de este Consultor y del equipo desarrollador del Proyecto en pavimentos aeroportuarios. El objetivo será definir siempre la solución más adecuada, teniendo en cuenta el ciclo de vida de la infraestructura y sus componentes, en línea con los estándares internacionales de gestión de activos.

Para efectos de la estimación de los costos asociados, se realizará un análisis sobre el comportamiento de los precios de las partidas más incidentes en las obras, las cuales estarán sujetas a las limitaciones presupuestarias de obras de conservación de la DAP, de manera de sensibilizar estas estimaciones, las que se presentarán en Unidades de Fomento.

2 ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HORIZONTAL

2.1 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES Y MEDICIONES EN TERRENO

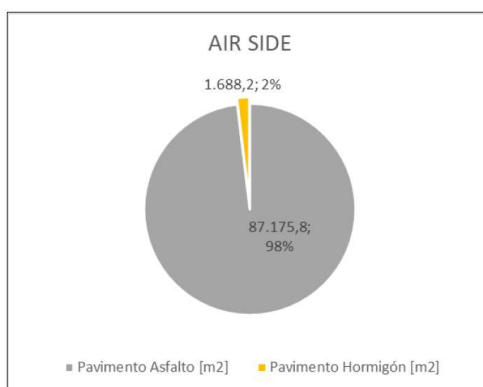
2.1.1 DESCRIPCIÓN DE PAVIMENTOS DEL ÁREA DE MOVIMIENTO AERÓDROMO RICARDO GARCÍA POSADA – EL SALVADOR

En base a las Etapas anteriores, el análisis y desarrollo de los estudios que a continuación se indican, se pudo establecer la fotografía actual de los pavimentos del área de movimiento del aeródromo en estudio. En este sentido, se describe:

El PCN (Pavement Classification Number) informado en el AIP (Aeronautical Information Publication) para la pista es de PCN 26 F/A/X/T.

El Lado Aire del aeródromo cuenta con un total de superficie pavimentada de aproximadamente 88.864m², siendo predominante la presencia de pavimento de estructura flexible (mezcla asfáltica en caliente) con un 98% del total en comparación con el pavimento rígido (pavimento de hormigón) equivalente al 2% respectivamente.

Figura 3: Distribución superficial de pavimento del Área de Movimiento, según tipo de pavimento, Aeródromo Ricardo García Posada⁴.



Fuente: Elaboración propia.

⁴ Figura 3: Distribución superficial de pavimento del Área de Movimiento, según tipo de pavimento, Aeródromo Ricardo García Posada RSZCN20-GE-GN-ID-001-REV 0

El aeródromo cuenta con una pista de pavimento de estructura flexible (asfáltico) de 2.300 m de largo, 30 m de ancho y sin márgenes, y con una pendiente longitudinal de 3,15%. La Pista suma una superficie pavimentada de 69.798,8 m² de estructura de pavimento flexible (asfalto). Cuenta con una zona de protección al chorro de turbinas pavimentada detrás del umbral 27 (aunque de un ancho no normalizado de 23 m), y con un tratamiento superficial asfáltico detrás del umbral 09 (no pavimentada).

Posee dos calles de rodajes, Rodaje Alfa (salida horizontal al cabezal 27 de pista) y Bravo (salida diagonal al cabezal 27 de la pista).

El Rodaje Alfa posee aproximadamente 280 m de largo por 22 m de ancho y cuenta con una superficie de 7.513,2 m² de estructura de pavimento flexible (asfalto).

El Rodaje Bravo posee 140 m de largo por 34 m de ancho y posee 1.688,2 m² de pavimento rígido (hormigón) y 3.101,4 m² de pavimento flexible (asfalto).

La Plataforma Comercial está compuesta por 6.762,4 m² de pavimento asfáltico. Los rodajes y plataforma no poseen márgenes.

A continuación, se muestra una planta de los rodajes y plataforma del Aeródromo Ricardo García Posada.

Figura 4: Planta de rodajes y plataforma de Aeródromo Ricardo García Posada⁵.



Fuente: Imagen Satelital de Google Earth.

⁵ Figura 4: Planta de rodajes y plataforma de Aeródromo Ricardo García Posada.RSZCN20-AS-PV-IN-01-REV

Tabla 8: Cuadro Resumen Geometría y Materialidad del Área de Movimiento Aeródromo Ricardo García Posada.⁶

Sector	Largo [m]	Ancho [m]	Área Total [m ²]	Materialidad
Pista	2300	30	69.798,8	Asfalto
Rodaje Alfa	280	22	7.513,2	Asfalto
Rodaje Bravo	140	34	4.789,6	1.688,2 m ² de hormigón y 3.101,4 m ² de Asfalto
Plataforma Comercial	100	68	6.762,4	Asfalto
Zona de Protección al Chorro Umbral 09	190	30	5.700	Tratamiento Superficial
Total Pavimentado Asfalto y Hormigón [m ²]			88.864 (1.688,2 m ² de hormigón y 87.175,8 m ² de Asfalto)	
Total Tratamiento Superficial [m ²]			5.700	
Total [m²]			94.564	

Fuente: Elaboración Propia.

No fue posible obtener información de los espesores de los paquetes estructurales de los pavimentos que conforman el Área de Movimiento del aeródromo, dados los antecedentes recopilados para la elaboración de este inventario de pavimentos.

2.1.1.1 SECCIONES CARACTERÍSTICAS AERÓDROMO RICARDO GARCÍA POSADA

De acuerdo con los antecedentes disponibles para este aeródromo se configuraron las Secciones Características en base a las secciones previamente establecidas por DAP, las cuales se adaptaron conforme a las ampliaciones y modificaciones más recientes. Las Secciones Características y Unidades de Muestra definidas se muestran en tabla "Cuadro Resumen".

A continuación, se presenta un resumen de las Secciones Características mostradas anteriormente, definidas para cada Rama de pavimento del aeródromo, donde se indican además la cantidad de Unidades de Muestra en cada una de ellas.

Tabla 9: Secciones Características del Aeródromo Ricardo García Posada⁷.

Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m ²]	Año Construcción
PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34.724,2	(*)
		PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35.074,6	(*)
ROD		CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7.513,2	(*)

⁶ Tabla 1-2: Cuadro Resumen Geometría y Materialidad del Área de Movimiento Aeródromo Ricardo García Posada RSZCN20-AS-PV-IN-01-REV 0

⁷⁷ Tabla 1-3: Secciones Características del Aeródromo Ricardo García Posada RSZCN20-AS-PV-IN-01-REV 0

Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m ²]	Año Construcción
	Calles Rodajes	CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1.771,2	(*)
		MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1.330,2	(*)
		CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1.688,2	(*)
PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6.762,4	(*)
(*) Información de año de construcción no encontrada.							

Fuente: Elaboración Propia.

2.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE LABORATORIO

2.2.1 RECONOCIMIENTO DEL SUB-SUELO

2.2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EN TERRENO

A continuación, se presentan los ensayos a prospecciones tipo calicatas, los cuales se ajustan a los procedimientos señalados en las normas ASTM y las normas chilenas correspondientes y vigentes.

El estudio del subsuelo se efectuó preliminarmente a través de la ejecución de 10 calicatas de profundidad máxima 3,1 m, emplazadas en toda el área de estudio. En cada exploración, se midió la densidad y se extrajo muestras representativas para la ejecución de ensayos de caracterización física y resistencia, esto es:

- Determinación de la granulometría,
- Determinación del límite líquido y del límite plástico,
- Clasificación USCS y AASHTO,
- Densidad de partículas sólidas,
- Humedad natural,
- Proctor Modificado y
- Capacidad de Soporte California CBR.

En el documento RSZCS20-GE-MS-AX-01 (Anexo A), se adjunta las fichas de terreno, descripción estratigráfica, análisis de laboratorio y álbum fotográfico de las calicatas ejecutadas.

En la siguiente tabla, se indican las coordenadas de ubicación, profundidad alcanzada, nivel freático si es que corresponde y fecha de ejecución de cada calicata, mientras que, a continuación se muestra la ubicación en planta de las exploraciones, indicadas por el mandante.

Figura 5: Ubicación de Prospecciones.⁸



Tabla 10. Detalle prospecciones trabajo in-situ, coordenadas UTM, HUSO 18H, Datum WGS84.9

Prospección	Profundidad máxima	Coordenada Este	Coordenada Norte
C-01	3,0	422.503	7.089.573
C-02	3,0	422.801	7.089.622
C-03	3,0	423.246	7.089.583
C-04	3,0	423.669	7.089.632
C-05	3,0	424.009	7.089.590
C-06	3,1	424.430	7.089.638
C-07	3,2	424.752	7.089.599
C-08	3,0	424.876	7.089.557
C-09	3,0	424.787	7.089.429
C-10	3,0	424.922	7.089.449

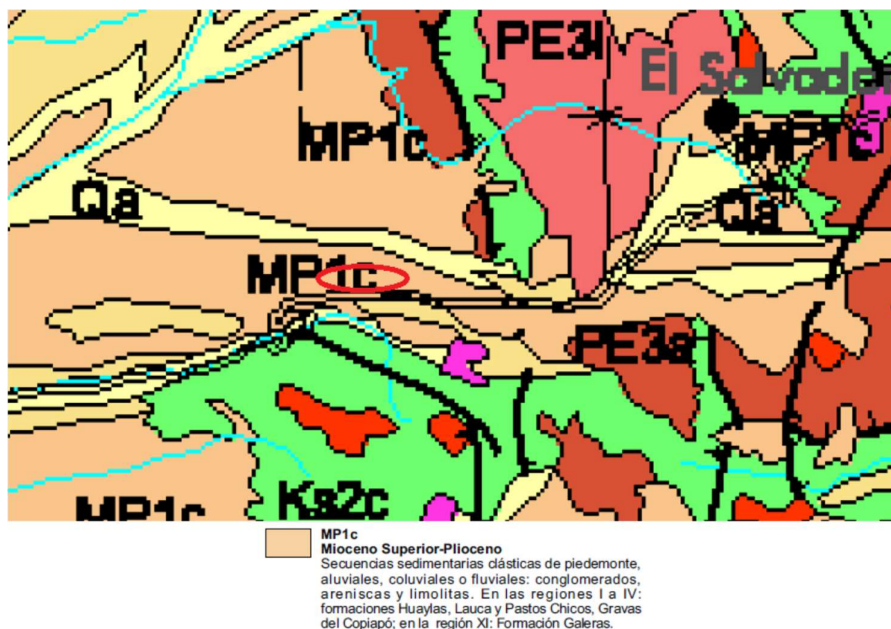
2.2.1.2 SÍNTESIS GEOLÓGICA GENERAL

En la siguiente figura, se presenta la geología de superficie conforme al Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). El sector se caracteriza por estar ubicado sobre depósitos sedimentarios (MP1c), pudiendo estar influenciado por la depositación fluvial producida por el río Huasco.

⁸ Elaboración Propia.

⁹ Elaboración Propia.

Figura 6: Ubicación de Estudio en Mapa Geológico.10



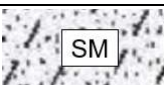
2.2.1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS

En atención a las descripciones anteriormente señaladas, teniendo en cuenta la zona en estudio, más las apreciaciones en terreno, y a la profundidad explorada a la fecha de elaboración del presente informe, distingue las siguientes estratigrafías, la cual son representativas del sector estudiado en general, descritas por cada prospección.

Tabla 11. Estratigrafía General.

Calicata	Horizonte	Cotas (m)	Espesor (m)	Descripción del Material	Simbología Gráfica
1	1	0,00 – 0,10	0,10	Losa asfáltica.	
	2	0,10 – 0,70	0,60	Gravas limosas, color café, compacidad media alta, plasticidad nula, humedad baja, estructura homogénea, origen relleno.	
	3	0,7-3,10	2,4	Gravas areno limosas a arena limosa con gravas de cantos angulosos, color café, compacidad media, plasticidad nula, húmeda, estructura homogénea, origen aluvional.	
2	1	0,00 – 0,10	0,10	Losa asfáltica.	

¹⁰ Mapa Geológico de Chile, Publicación Digital, Versión 1.02003.

	2	0,10 – 0,70	0,60	Gravas limosas, color café, compacidad media alta, plasticidad nula, humedad baja, estructura homogénea, origen relleno.	
	3	0,7-3,10	2,4	Gravas areno limosas a arena limosa con gravas de cantos angulosos, color café, compacidad media, plasticidad nula, húmeda, estructura homogénea, origen aluvional.	
3	1	0,00 – 0,10	0,10	Losa asfáltica.	
	2	0,10 – 0,65	0,60	Relleno, capas estructurales de relleno controlado.	
	3	0,65-3,10	2,45	Arena limosa, color café, compacidad media, plasticidad nula, húmeda, estructura homogénea, origen aluvional.	
4	1	0,00 – 0,10	0,10	Losa asfáltica.	
	2	0,10 – 0,6	0,60	Subbase granular. Capa estructural de relleno controlado	
	3	0,6-3,10	2,5	Gravas areno limosa a arena limosa con gravas de cantos sub angulosos y tamaño máximo 3", color café, compacidad media, plasticidad nula, húmeda, estructura homogénea, origen (Relleno terraplén).	
5	1	0,00 – 0,10	0,10	Losa asfáltica.	
	2	0,10 – 0,6	0,60	Relleno. Capa granular de relleno controlado.	
	3	0,6-3,10	2,5	Gravas areno limosas, color café, compacidad media, húmeda, estructura homogénea, origen aluvional.	
6	1	0,00 – 0,10	0,10	Losa asfáltica.	
	2	0,10 – 0,6	0,60	Subbase granular. Capa estructural de relleno controlado	
	3	0,6-3,10	2,5	Arena limosa, color café, compacidad media, plasticidad nula, húmeda, estructura homogénea, origen aluvional. (Relleno terraplén).	
7	1	0,00 – 0,10	0,10	Losa asfáltica.	

	2	0,10 – 0,6	0,50	Relleno pista. Capa de material granular corresponde a capa estructural de relleno controlado	
	3	0,6-3,30	2,7	Arena limosa, color café, compactación media, plasticidad baja a nula, húmeda, estructura homogénea, origen aluvional. Presencia de gravas y bolones aislados.	
8	1	0,00 – 0,10	0,10	Losa asfáltica.	
	2	0,10 – 0,6	0,50	Relleno. Suelos granulares de rellenos controlados.	
	3	0,6-3,30	2,7	Arena limosa con gravas, color café, compactación media, plasticidad baja a nula, húmeda, estructura homogénea, origen aluvional. Presencia de gravas y bolones aislados.	
9	1	0,00-3,00	3,00	Gravas limosas algo arenosas, color café claro, compactación media alta, plasticidad nula, humedad baja, estructura homogénea, origen aluvional	
10	1	0,00-0,40	0,40	Relleno. Capa de suelo granular capa de relleno controlado	
	2	0,40-3,00	2,60	Gravas areno limosas, color café, compactación media alta, plasticidad nula, húmeda, estructura homogénea, origen aluvional.	

2.2.1.4 NIVEL FREÁTICO

En las fechas específicas de las prospecciones, no se detectó la presencia de Nivel Freático estático, según se indica en la siguiente tabla, la cual detalla los resultados de la ubicación del nivel freático y las respectivas fechas de su medición.

Tabla 12. Cota del nivel freático en profundidad.

Calicata	Prof. Máxima (m)	N.F. (m)	Fecha Ejecución
C-01	3,0	No se observa NF	28-01-2021
C-02	3,0	No se observa NF	27-01-2021
C-03	3,0	No se observa NF	27-01-2021
C-04	3,0	No se observa NF	27-01-2021
C-05	3,1	No se observa NF	27-01-2021
C-06	3,2	No se observa NF	27-01-2021
C-07	3,0	No se observa NF	27-01-2021
C-08	3,0	No se observa NF	27-01-2021
C-09	3,0	No se observa NF	27-01-2021
C-10	3,0	No se observa NF	27-01-2021

2.2.1.5 SÍNTESIS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio a cargo de los ensayos se presentan a continuación.

Tabla 13. Resultados obtenidos de los ensayos por calicata.

Horizonte Espesor		H3 (0,60- 3,2)	H3 (0,70- 3,1)	H3 (0,50- 1,50)	H3 (0,6- 2,10)	H3 (0,45- 1,20)	H3 (0,07 - 3,20)	H3 (0,6- 3,0)	H3 (0,35- 1,20)	H3 (0,50- 1,70)	H2 (0,40-3,00)
Cota del muestreo (m)		1,10	1,10	1,10	1,10	1,20	1,00	1,4	1,00	1,10	1,10
Malla ASTM	Abertura (mm)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
4"	100	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3"	80	---	---	---	100	---	---	---	---	---	---
2 1/2"	63	---	---	---	94	---	---	---	---	100	100
2"	50,8	---	100	---	94	100	---	---	100	98	97
1 1/2"	38,1	---	97	---	90	95	100	100	99	95	95
1"	25,4	100	93	100	82	89	93	98	96	92	93
3/4"	19,0	98	89	97	75	85	92	96	94	88	90
3/8"	9,51	89	70	92	58	70	84	87	85	74	76
N° 4	4,76	78	49	85	46	51	74	73	42	55	58
N° 10	2,00	62	31	72	36	35	58	58	57	39	42
N° 40	0,425	42	16	51	25	18	40	37	35	20	25
N° 200	0,075	33	12	34	21	11	31	30	27	14	18
w (%)		5,1	2,8	4,5	3,4	3,3	3,5	6,4	3,7	2,5	3,4
Gs		2,702	6,68	2,711	2,675	2,663	2,687	2,698	2,700	2,697	2,666
LL		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LP		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IP		N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P
Clasificación AASHTO		A-2-4 ₍₀₎	A-1a ₍₀₎	A-2-4 ₍₀₎	A-1a ₍₀₎	A-1a ₍₀₎	A-2-4 ₍₀₎	A-2-4 ₍₀₎	A-2-4 ₍₀₎	A-1a ₍₀₎	A-1b ₍₀₎
Clasificación USCS		SM	GP-GM	SM	GM	GP-GM	SM	SM	SM	GM	GM
CBR al 95% DMCS a 0,2" Pent		38,3	66,3	34,3	53,9	43,8	44,8	38,5	36,4	73,2	56,1
CBR a Dens. Nat. A 0,2" Pent		28,4	53,8	26,0	38,3	33,2	37,8	29,8	32,1	62,1	50,3

2.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

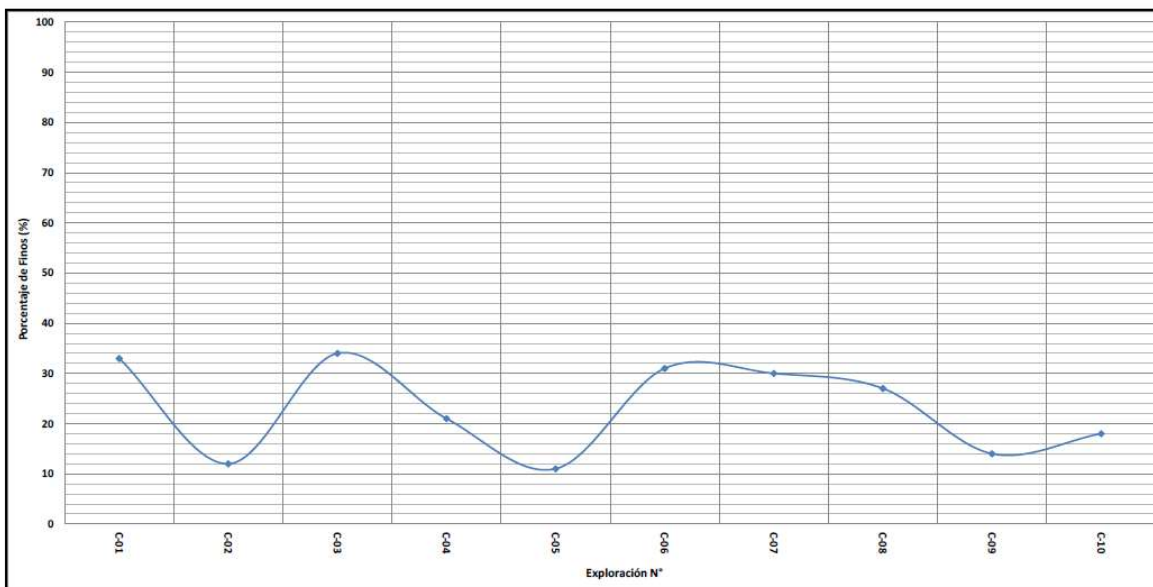
En general, en prácticamente toda el área de estudio existe un relleno superficial de potencia promedio 3,0 m, denso, ejecutado posiblemente con el suelo natural del sector. Posteriormente, el suelo natural encontrado corresponde a gravas y arenas limosas de origen aluvional, con porcentaje de finos no plásticos entre 11% y 34% (promedio de 23%), clasificando en el sistema unificado USCS como GM y SM. En calicatas C-04 y C-06, bajo la subbase granular se genera un terraplén conformado por gravas areno limosas en toda la profundidad explorada, mientras que en C-09 no aparece el relleno superficial.

En la siguiente figura, se muestra la distribución granulométrica de los suelos encontrados en las exploraciones. Nótese la homogeneidad de los suelos encontrados, formando una banda estrecha.

Figura 7: Granulometría de Calicatas.



Figura 8: Porcentaje de Finos Calicatas.



El suelo natural presenta una compactación alta, con un peso unitario total promedio 2,0 [tf/m³], una humedad natural que, en general, inferior a 6%, con una humedad óptima que varía entre 6,0% y 7,9%.

En las siguientes figuras se muestra la variación del peso unitario total y peso unitario seco de cada exploración, y se muestra la humedad natural versus la humedad óptima respectivamente.

Figura 9: Peso Unitario Total (yt) versus Seco Calicatas (yd)

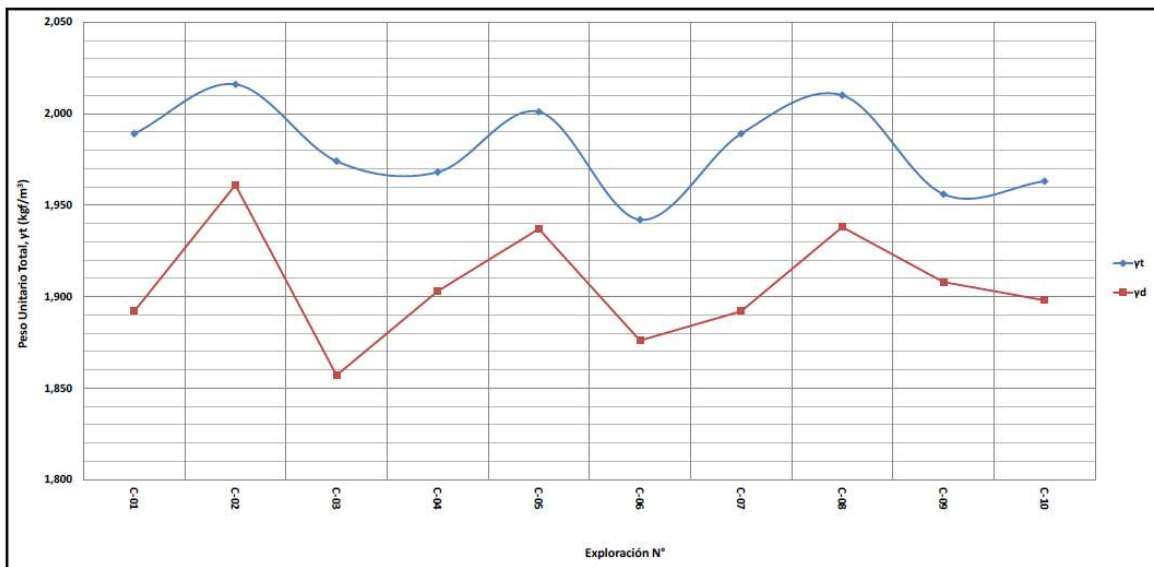
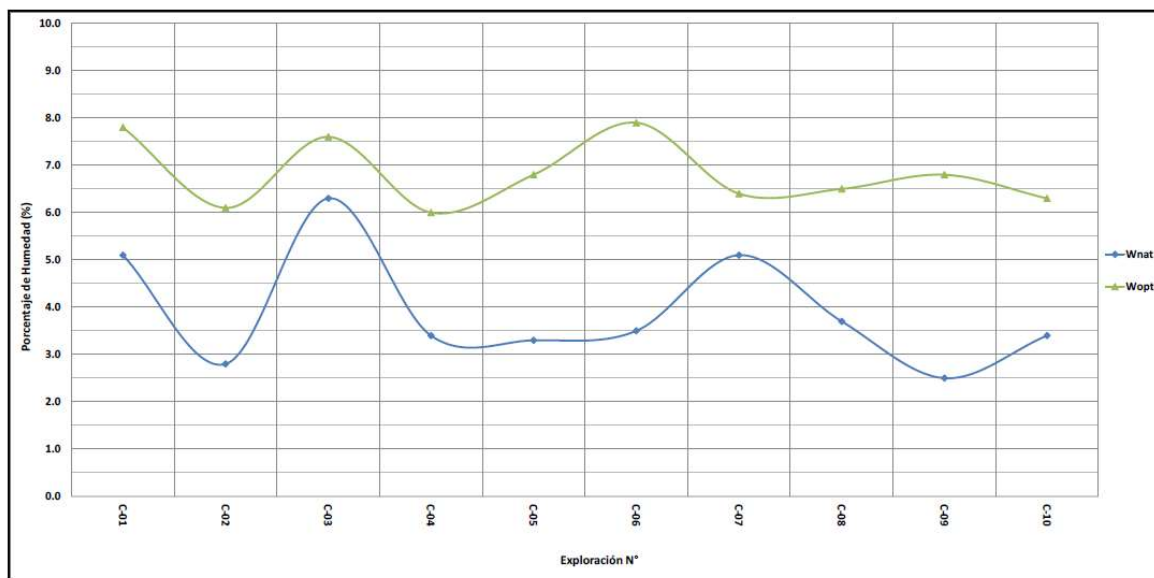


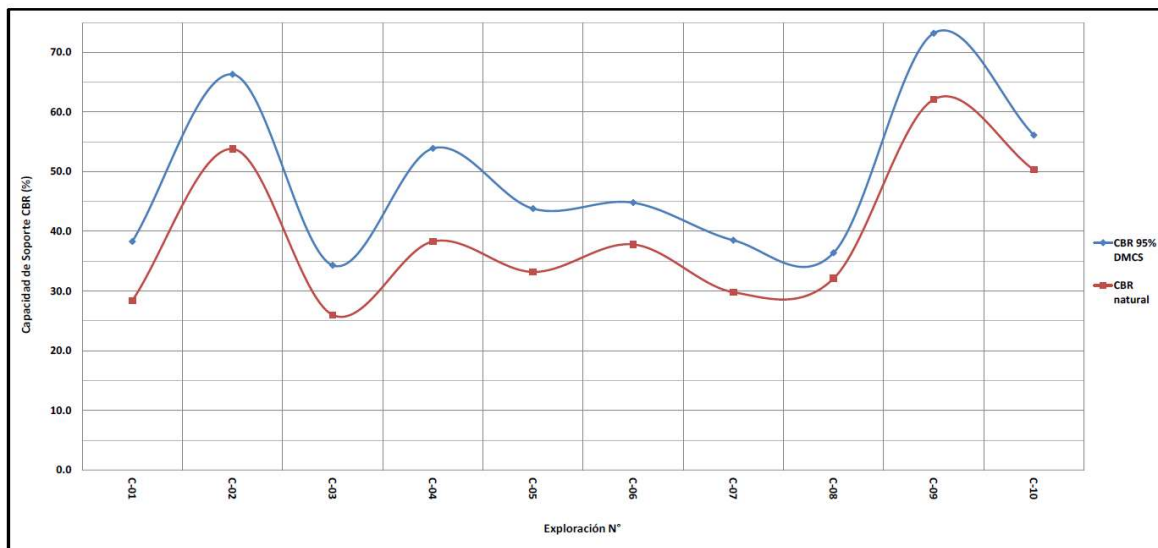
Figura 10: Humedad Natural versus Humedad Óptima y Límites de Consistencia de Calicatas.



Las gravas y arenas limosas presentan una capacidad de soporte CBR compactado al 95% del DMCS del ensayo PM superior al 30%, mientras que, en condición natural es superior a 25%.

En la siguiente figura, se puede observar las diferencias entre la capacidad de CBR compactado al 95% de la DMCS referido al ensayo PM versus al CBR en condición natural.

Figura 11: Variación Capacidad de Soporte CBR compactado al 95% del DMCS del ensayo PM versus Densidad Natural – 1ra. Campaña.



En todos los casos el grado de compactación es superior al 90%, lo que implica una compacidad alta de los suelos.

2.2.3 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

El alcance de esta Sección cubre las especificaciones y recomendaciones de tipo constructivo en lo que se refiere a excavaciones a nivel de subrasante y de rellenos, entre otros.

2.2.3.1 EXCAVACIONES

En el caso de presentarse en la etapa de excavación la existencia de rellenos artificiales por debajo del nivel de subrasante o suelos naturales de calidad inferior a la detectada durante la exploración (material inadecuado en otros sectores), se excavará hasta la remoción total con un máximo de 0,9-1,0 m bajo el nivel de subrasante y se generarán rellenos compactados. En caso de que los suelos de material inadecuado se extiendan en toda el área por sobre esta profundidad, se solicitará una visita de un ingeniero geotécnico para decidir la extracción total del material o su recompactación y apoyo sobre él del relleno estructural de mejoramiento.

Si por condiciones de proyecto es necesario generar excavaciones de profundidad mayor a 1,5 m, se deberá considerar taludes temporales de inclinación máxima 2:3 (H:V). De no existir espacio para la generación de taludes se deberá proyectar obras de entibación temporal, a definir por este Consultor, el cual será parte de un proyecto de especialidad.

2.2.3.2 RELLENOS COMPACTADOS

En caso de que sea necesario utilizar rellenos compactados, éstos serán de tipo granular consistente en grava arenosa sin bolones sobre 2 1/2", grava para concreto o estabilizado con máximo 10% de finos e IP $\leq 6,0$ %, compactado por capas hasta alcanzar el 95% de la DMCS referida al Proctor Modificado. Este relleno deberá de ser controlado por un laboratorio competente, capa a capa, con un espesor suelto de cada una de ellas 20 cm.

3 ETAPA 3: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS PAVIMENTOS

3.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL LUGAR

Como punto de partida para la recopilación de información se consultó el portal meteorológico de la dirección meteorológica de Chile, como también el portal Agromet el cual es la Red Agroclimática Nacional del ministerio de Agricultura, sin obtener información de estación en aeródromo como también en estaciones cercanas. Lo anterior con respecto a temperaturas y precipitación¹¹.

Por otro lado, los datos de radiación son obtenidos de la base de datos entregada mediante el portal "Explorador Solar" del Ministerio de Energía, en conjunto con la facultad de ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile. De este, se obtienen los datos registrados por hora, para el periodo comprendido entre enero 2004 – diciembre 2015 (datos homogéneos), generados con un modelo de transferencia radiativa. El análisis se realiza en función de la Radiación Global Horizontal determinada por la suma de radiación directa horizontal y radiación difusa horizontal. Cabe destacar que el registro se realizó para el sitio con latitud -26.31301 , longitud -69.75266 y altura 1605 msnm.

¹¹ RSZCN20-GE-ME-IN-01-REV 0.

3.1.1 RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO MENSUAL

Tabla 14. Resumen de la radiación global horizontal medias mensuales, W/m^2 , periodo Enero 2004 – Diciembre 2015.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Suma	Promedio
Enero	372.37	377.94	382.76	376.97	379.60	384.58	387.26	388.93	379.27	378.40	380.12	376.94	4565.14	380.43
Febrero	354.57	332.51	356.82	359.60	360.53	358.84	360.96	345.71	351.82	357.85	361.99	349.00	4250.20	354.18
Marzo	309.31	306.04	315.08	310.93	312.76	312.64	312.75	313.33	311.10	315.87	317.17	291.79	3728.77	310.73
Abril	252.02	246.29	254.28	249.69	255.63	253.68	251.46	254.86	233.53	257.72	248.29	257.72	3015.19	251.27
Mayo	205.00	193.76	201.72	200.36	200.76	201.12	193.41	196.77	201.35	195.74	188.00	202.44	2380.41	198.37
Junio	180.44	173.38	177.12	165.55	177.40	178.34	175.46	175.33	178.43	173.71	181.04	180.51	2116.72	176.39
Julio	184.30	187.16	190.85	189.37	191.86	177.11	192.77	179.77	189.79	183.96	191.25	178.52	2236.69	186.39
Agosto	219.85	226.86	226.97	227.26	235.51	226.43	234.62	230.65	232.09	229.65	226.88	211.86	2728.64	227.39
Septiembre	290.50	282.89	289.36	282.51	285.00	282.13	291.38	291.62	289.18	287.06	281.22	286.05	3438.90	286.57
Octubre	343.58	343.37	338.67	342.89	344.64	332.29	344.98	341.40	337.30	338.57	334.83	331.37	4073.91	339.49
Noviembre	381.38	378.72	375.38	381.68	385.15	378.31	380.52	378.90	386.93	379.08	384.73	367.21	4558.00	379.83
Diciembre	397.00	395.96	396.91	394.41	381.24	395.16	395.29	383.87	395.77	387.25	403.72	401.80	4728.38	394.03

De la tabla, se observa que los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre son los meses con mayor radiación en comparación con los meses de otoño e invierno, aludiendo esto a la inclinación del sol en estas estaciones, teniendo a los meses de marzo y octubre como meses de transición.

Tabla 15. Resumen de la radiación global horizontal medias diarias por hora, W/m^2 , periodo Enero 2004 – Diciembre 2015.¹²

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Comprobación
Enero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	168.4	407.4	656.2	863.0	1015.6	1107.3	1128.3	1080.2	962.4	784.5	559.0	314.9	81.9	0.0	0.0	0.0	380.4
Febrero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93.9	335.5	586.2	804.6	968.7	1069.3	1090.2	1044.0	925.7	743.4	521.5	273.7	43.8	0.0	0.0	0.0	354.2
Marzo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.0	273.5	518.5	736.3	895.3	989.1	1007.5	957.1	827.4	640.3	415.0	168.3	1.1	0.0	0.0	0.0	310.7
Abril	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	198.9	428.2	625.0	770.0	852.1	861.6	801.6	676.6	493.6	271.5	48.7	0.0	0.0	0.0	0.0	251.3
Mayo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.2	330.1	508.7	635.0	712.8	718.7	656.5	536.3	368.9	167.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	198.4
Junio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.7	268.0	445.2	571.0	648.4	659.0	602.3	488.8	332.0	140.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	176.4
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	78.3	275.2	459.8	593.6	673.4	684.0	637.3	526.7	365.8	175.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	186.4
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	148.1	365.3	559.7	703.0	789.2	793.3	743.7	623.0	450.3	245.3	35.9	0.0	0.0	0.0	0.0	227.4
Septiembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.6	282.2	515.1	717.1	861.2	941.1	941.2	875.6	740.7	551.0	318.3	81.7	0.0	0.0	0.0	0.0	286.6
Octubre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	172.2	425.6	660.4	850.0	988.9	1057.7	1052.7	973.8	823.2	621.3	384.7	136.4	0.0	0.0	0.0	0.0	339.5
Noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	249.2	507.9	739.8	933.6	1064.2	1136.1	1129.0	1049.5	902.7	698.6	460.9	210.9	8.1	0.0	0.0	0.0	379.8
Diciembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	243.0	496.3	731.2	926.7	1069.8	1145.6	1146.0	1083.4	955.4	761.8	530.7	284.6	58.3	0.0	0.0	0.0	394.0
Media por Hora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	84.2	279.7	506.2	702.5	844.7	926.8	934.3	875.4	749.1	567.6	349.2	130.0	16.1	0.0	0.0	0.0	
% Media	0.0 %	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	1.2%	4.0%	7.3%	10.1%	12.1%	13.3%	13.4%	12.6%	10.7%	8.1%	5.0%	1.9%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	

¹² Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Energía.

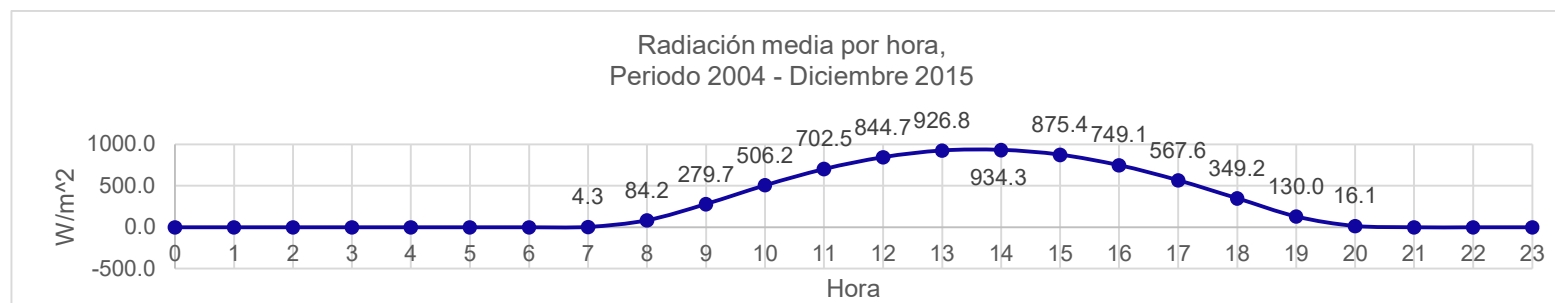


Gráfico 8. Radiación media por hora, periodo Enero 2004 – Diciembre 2015.

De acuerdo con lo presentado en tabla anterior, se concluye que los meses de otoño e invierno presentan una menor cantidad de radiación global y una menor cantidad de horas de exposición, siendo marzo y octubre, los meses de transición. También, se observa que el horario con mayor radiación es a las 14 horas con baja variación porcentual entre las 10 hr y 17 hr, aumentando esta franja horaria entre una a dos horas en estaciones como primavera y verano.

3.1.2 CONCLUSIONES

De acuerdo con la información disponible y en términos de radiación, se tiene una radiación media mensual de 209.42 W/m².

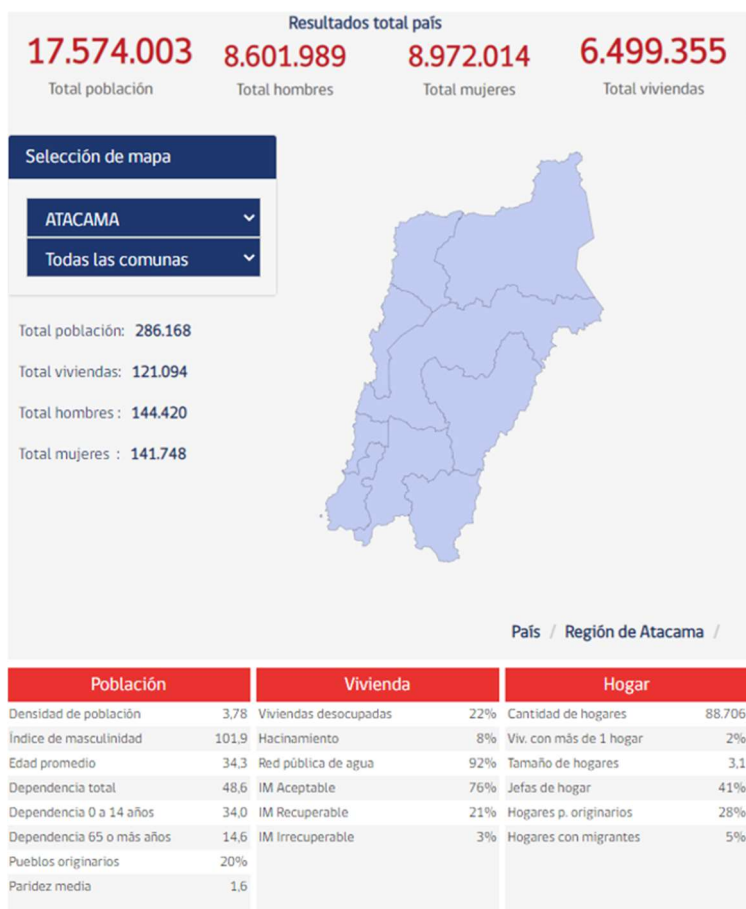
Por otro lado, en función de la recopilación de datos, no se tiene información disponible para temperaturas máximas, medias y mínimas; como también de precipitaciones.

3.2 DEMANDA TRANSITO AÉREO

3.2.1 GENERALIDADES

La Región de Atacama es una de las regiones menos pobladas del país, pero con una gran importancia en agricultura y minería debido a su amplio territorio y la presencia de cobre y hierro y, en menor medida, oro y plata. Limita al norte con la Región de Antofagasta, al sur con la Región de Coquimbo, al oeste con el Océano Pacífico y al este con la República de Argentina. Cuenta con una superficie aproximada de 75.200 km², está compuesta por las provincias de Chañaral, Copiapó y Huasco y la capital regional es Copiapó. De acuerdo con los resultados del censo 2017, la región dispone de 286.168 habitantes, representando el 1,53% de la población nacional y una densidad poblacional de 3,81 hab/km².

Figura 12: Datos Demográficos Generales de la Región de Atacama



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) - Chile

La región de Atacama está formada por 9 comunas. Las comunas de Chañaral y Diego de Almagro forman la provincia de Chañaral y la capital es Chañaral. Las comunas de Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla

forman la provincia de Copiapó y la capital es Copiapó. Y las comunas de Freirina, Huasco y Vallenar forman la provincia de Huasco y la capital es Vallenar.

Figura 13: Comunas de la Región de Atacama



Fuente: Profesorenlinea.cl

3.2.1.1 MORFOLOGÍA

La región no presenta las unidades tradicionales de Chile, por el contrario su relieve es muy irregular y accidentado predominando la alternancia de los valles en sentido transversal con Interfluvios montañosos denominados serranías.

Cordillera de los Andes: Se presenta muy alta con características de cordones montañosos y con alturas promedio de 6.000 m. Las principales altitudes que encontramos corresponden a los picos Nevado San Francisco, Incahuasi, Tres Cruces y Nevado Ojos del Salado (cumbre más alta de Chile con 6.893 metros).

Precordillera: Tiene una presencia importante con alturas medias entre 3.000 m y 4.500 m.

Zona interior: Se caracteriza por la alternancia sucesiva de cordones montañosos y valles, pampas o cuencas de sentido transversal. En el sector central del territorio regional aparece el valle transversal del río Copiapó que nace en los faldeos de la cordillera andina y posee un curso general en sentido suroriente-norponiente. Al sur de la región aparece el valle transversal del río Huasco.

La depresión intermedia se interrumpe por los valles transversales que encierran valles fluviales como el Copiapó y Huasco.

Cordillera de la Costa: Es discontinuada, producto de la presencia de los cordones transversales, y en menor medida por la erosión marina, dando cabida a planicies costeras amplias en la zona de Chañaral.

3.2.1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN

La Región de Atacama se caracteriza por un clima semiárido y por la presencia de desiertos, no obstante, se destacan cuatro subclimas importantes:

- **Clima desértico litoral:** Se localiza a lo largo de toda la franja costera de la región, penetrando al interior de los valles de Copiapó y Huasco. Las principales características de este clima son la abundante nubosidad matinal, las precipitaciones aumentan hacia el sur alcanzando 18 mm anual y las temperaturas anuales son de 16,1°C con la humedad relativa de 74%.
- **Clima desértico de interior:** Se localiza en la franja intermedia especialmente en los relieves de las pampas, el límite sur de este clima es el río Copiapó y sus principales características son las elevadas temperaturas durante el día y la ausencia de nubosidad y precipitaciones.
- **Clima desértico marginal:** Se extiende desde el sur del valle de Copiapó hasta el límite meridional de la región. Se caracteriza por una mayor cantidad de precipitaciones anuales, aumentando hacia el sur. La temperatura media anual corresponde a 15° C y la humedad tiende a desaparecer en la medida que penetra hacia el interior de los valles y cordones de cerros transversales.

- **Clima desértico marginal de altura:** Se localiza en la zona andina por sobre los 2.000 metros de altitud. Las precipitaciones son más abundantes, sobre los 250 mm anuales, y en las cumbres más altas predominan las precipitaciones sólidas. La presencia de nieve en esta región permite el desarrollo de ríos con cursos permanentes durante todo el año. Las temperaturas son bajas y la amplitud térmica entre el día y la noche es acentuada.

En lo que se refiere a la vegetación, la costa norte se caracteriza por la existencia de especies adaptadas a condiciones semidesérticas (cactáceas, arbustos y abundantes hierbas) y la costa sur se caracteriza por la presencia de matorrales costeros de arbustos. El principal atractivo vegetacional de la región es el desierto florido al sur de Copiapó, el cual se transforma en un campo florido durante la primavera.

3.2.1.3 ACTIVIDADES ECONOMICAS

Respecto de la actividad económica, el desarrollo de la región se basa en actividades del sector primario, principalmente la minería y la agricultura. Dentro del sector minero destaca la producción y extracción de cobre y, en menor medida, de hierro, oro y plata. Respecto de la agricultura, destaca la producción, recolección y exportación de aceitunas y uvas de mesa.

Durante los últimos años, también se ha invertido fuertemente en el turismo como fuente de ingresos.

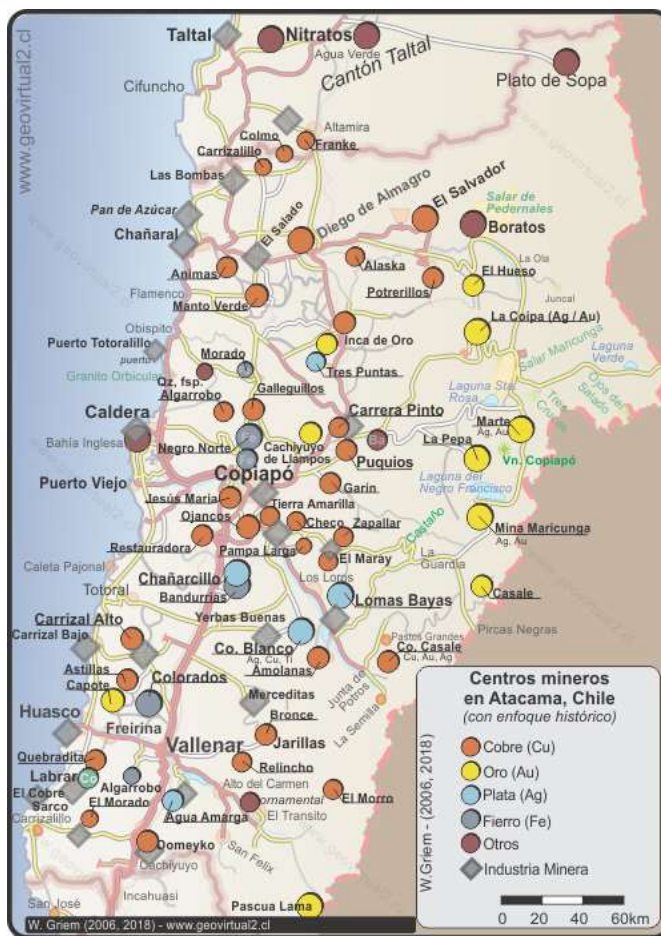
3.2.1.3.1 MINERÍA

En esta región la minería es una fuente importante de empleo e ingresos y la responsable de más de un tercio del PIB regional. Entre los diferentes recursos, el cobre, el oro y el hierro son los más importantes.

En 2009 la región fue tercera en cobre con casi 430.000 ton y la primera en producción aurífera con 18,97 ton (46,5% del total nacional). Además, gracias a los depósitos de la Franja Ferrífera de la Cordillera de la Costa, es la región con mayor número de las minas de hierro, con el 78% de la producción del año pasado.

En lo que se refiere a la extracción y producción de otros recursos minerales, en la actualidad, la zona comprendida entre Iquique y Copiapó posee extensas reservas de minerales industriales como litio y yodo; aunque se destaca especialmente por la producción de cobre. Por otro lado, el Desierto de Atacama alberga estratos de caliche, un sedimento marino paleolítico, y los salares que dan origen a productos no metálicos. Y también hay un importante aporte de otros metales como el molibdeno que se obtiene como subproducto de la extracción de cobre.

Figura 14: Centros mineros en la Región de Atacama



Fuente: Geovirtual2.cl

3.2.1.3.2 AGRICULTURA Y GANADERÍA

La Región de Atacama abarca el 0,4% de la superficie nacional dedicada al sector agrícola, donde los principales usos son frutales (67,4%), plantas forrajeras (11,5%) y hortalizas (8,4%). A nivel nacional, solamente destaca la producción frutera que corresponde a un 4,3% y, dentro de este grupo, solamente son significativas las plantaciones de uva de mesa y olivo, que corresponden a un 14,1% y 20,7% del total nacional, respectivamente.

Tabla 16: Superficie regional del sector agrícola

Especie	Región (ha)	Especie/Región	País (ha)	Región/País
Frutales	13.313,5	67,5%	310.046,5	4,3%
- Uva de mesa	- 8.784,6	- 64,5%	- 62.462,6	- 14,1%
- Olivo	- 3.335,8	- 24,5%	- 16.120,6	- 20,7%
Forrajeras	2.271,0	11,5%	513.190,8	0,4%
Hortalizas	1.652,0	8,4%	95.953,7	1,7%
Viñas y parronales	723,2	3,7%	130.440,8	0,6%
Plantaciones forestales	523,8	2,7%	2.706.038,8	0,0%
Cultivos industriales	316,6	1,6%	69.998,0	0,5%
Huertos caseros	296,3	1,5%	16.138,2	1,8%
Leguminosas y tubérculos	287,4	1,5%	71.389,6	0,4%
Cereales	260,2	1,3%	480.602,6	0,1%
Semilleros y almacigos	61,1	0,3%	42.511,1	0,1%
Flores	27,6	0,1%	2.176,4	1,3%
Viveros	2,0	0,0%	3.103,1	0,1%
Total	19.734,7	100%	4.441.589,7	0,4%

Fuente: Odepa

En lo que se refiere a la ganadería, la región presenta una cierta importancia a nivel nacional en la masa de ganado caprino (5,5%), en la de conejos (5,5%) y, principalmente, en el ganado asnal (21,9%).

Tabla 17: Existencias de ganado en número de cabezas

Especie	Región	País	Porcentaje
Caprinos	40.374	738.887	5,5%
Bovinos	7.149	3.789.697	0,2%
Ovinos	5.237	3.938.895	0,1%
Asnales	3.389	15.463	21,9%
Conejos	2.516	45.582	5,5%
Cerdos	1.396	3.292.707	0,0%
Camélidos	4.015	320.740	1,3%
Ciervos	15	9.915	0,2%
Total	64.091	12.151.886	0,53%

Fuente: Odepa

3.2.1.3.3 TURISMO

La Región de Atacama presenta un atractivo turístico creciente en los últimos años debido a sus bellos paisajes y su buena gastronomía.

De entro los destinos turísticos destacan el Desierto Florido, una zona del desierto donde florecen bellos colores, y las playas paradisíacas de arenas blancas y aguas turquesas de Caldera, Playa Virgen y Bahía Inglesa. También dispone de circuitos y rutas de senderismo y bicicleta en el Parque Nacional Pan de Azúcar, donde se entremezclan naturaleza, playa y desierto.

3.2.2 CARACTERIZACIÓN DE OPERACIONES

La información ha sido recopilada de fuentes oficiales y corresponde a un registro de operaciones de una Bitácora de Control de Aeródromos con datos del 2010 hasta 2020.

3.2.2.1 ANÁLISIS HISTÓRICO DE OPERACIONES Y RUTAS

Las operaciones registradas en el Aeródromo Ricardo García Posada han sido las siguientes:

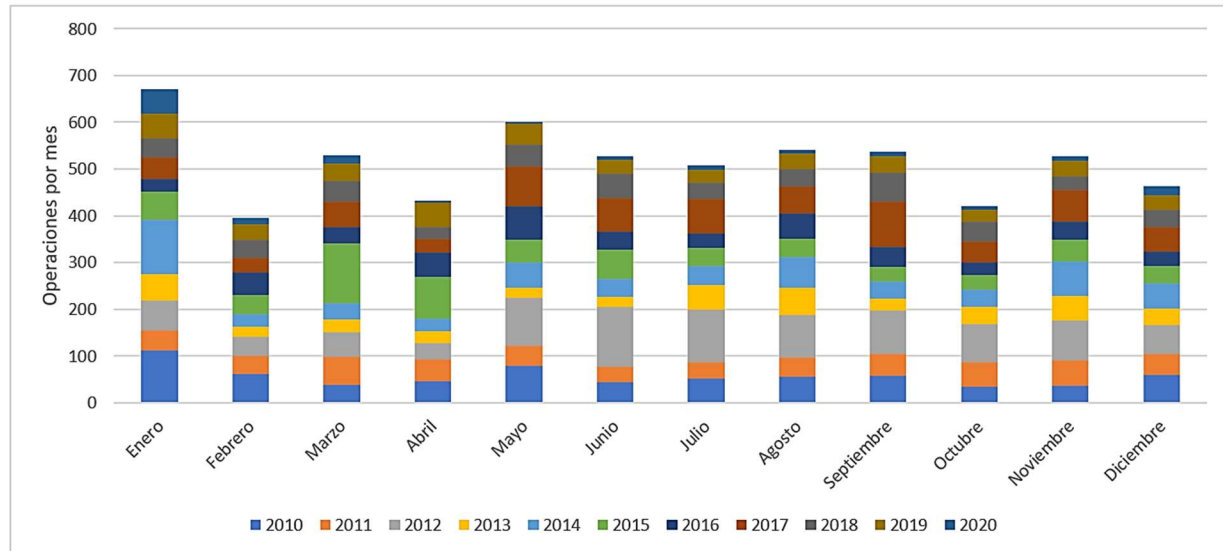
Tabla 18: Operaciones anuales históricas 2010-2020

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	112	43	64	56	117	59	28	46	41	53	52
Febrero	62	38	42	21	27	41	48	30	40	33	14
Marzo	39	59	53	27	35	127	35	56	44	36	18
Abril	46	46	36	25	27	90	51	29	26	52	4
Mayo	80	42	102	21	56	48	72	84	48	43	4
Junio	44	33	128	21	40	61	40	71	52	29	8
Julio	53	33	113	53	40	39	32	73	35	27	9
Agosto	55	41	92	58	66	38	55	59	36	33	8
Septiembre	58	46	94	24	38	31	43	96	62	35	10
Octubre	35	52	81	37	37	32	27	43	44	24	8
Noviembre	37	53	87	52	74	46	39	68	28	34	10
Diciembre	60	44	62	35	55	37	31	51	37	32	20
Total	681	530	954	430	612	649	501	706	493	431	165

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

En el siguiente gráfico es posible visualizar la estacionalidad de las operaciones del aeródromo, donde se aprecia una cierta regularidad durante todo el año con un ligero aumento durante el mes de enero.

Gráfico 9. Operaciones totales estacionalizadas 2010 – 2020.



Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

En la siguiente tabla es posible apreciar las operaciones del aeródromo separadas por código de actividad aeronáutica.

Tabla 19: Total operaciones por actividad aeronáutica 2010 – 2020

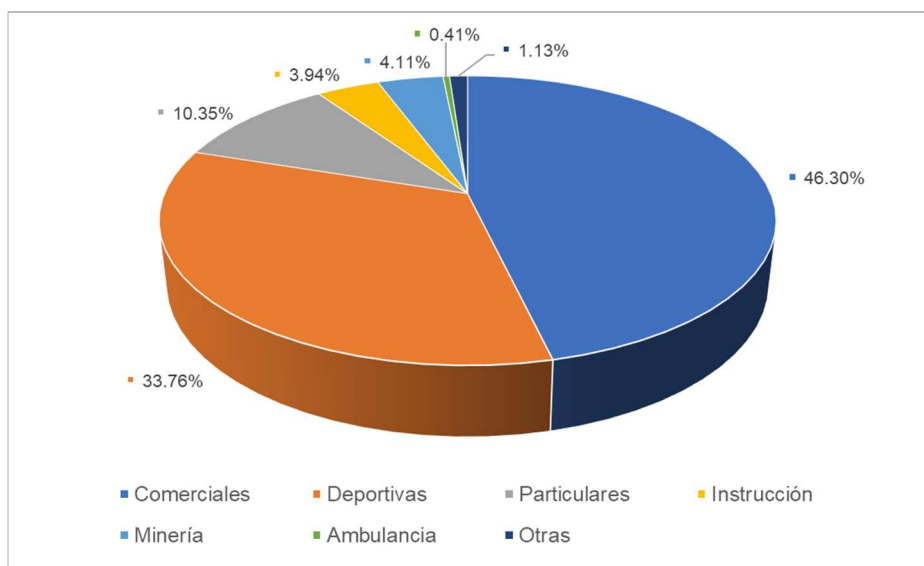
Año	Totales	Comercial	Aviación General					
			Deportiva	Particular	Instrucción	Minería	Ambulancia	Otras
2010	681	422	207	9	32	1	10	0
2011	530	375	75	59	3	14	4	0
2012	954	393	175	75	300	8	3	0
2013	430	240	79	39	10	53	2	7
2014	612	242	215	74	2	60	4	15
2015	649	270	194	163	0	13	0	9
2016	501	209	173	112	0	0	0	7
2017	706	190	428	34	0	42	0	12
2018	493	175	274	25	0	16	2	1
2019	431	207	175	20	0	18	0	11
2020	165	122	10	0	0	33	0	0
Promedio	100%	46,30%	33,76%	10,35%	3,94%	4,11%	0,41%	1,13%

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

Con los datos anteriores se puede apreciar que el mayor número de operaciones corresponde a actividades de aviación general, entre las que destaca la aviación deportiva con un 33,76% de las operaciones totales, seguida por la aviación particular, con un 10,35% de las operaciones totales en el aeródromo. Por su parte, las operaciones clasificadas como aviación comercial representan un 46,30% de las operaciones totales.

En el siguiente gráfico se muestra la distribución total de las operaciones por sector de actividad:

Gráfico 10. Distribución porcentual de operaciones 2010 – 2019.



Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

Para el análisis de las operaciones por tipo de aeronave, estas se agrupan en tres categorías. La primera corresponde a los helicópteros y el resto de las aeronaves se agrupan en función de su peso máximo de despegue. Esta agrupación se ha elegido así ya que para el análisis de los pavimentos, los parámetros definitorios de la afección sobre los mismos son el MTOW de las aeronaves y su configuración de tren de aterrizaje.

- Helicópteros: para transporte de empresas, forestales, deportivos, sanitarios...
- Livianas: aeronaves con un MTOW inferior a 5.670 kg
- Medianas: aeronaves con un MTOW superior a 5.670 kg

La división entre aeronaves livianas y aeronaves medianas se ha realizado de acuerdo a la tabla 3.3 de la normativa FAA AC 150-5320-6F *Airport Pavement Design and Evaluation*, que establece en 5.670 kg un umbral en cuanto al diseño de los pavimentos.

El tráfico histórico y su participación se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 20: Operaciones por tipo de aeronave

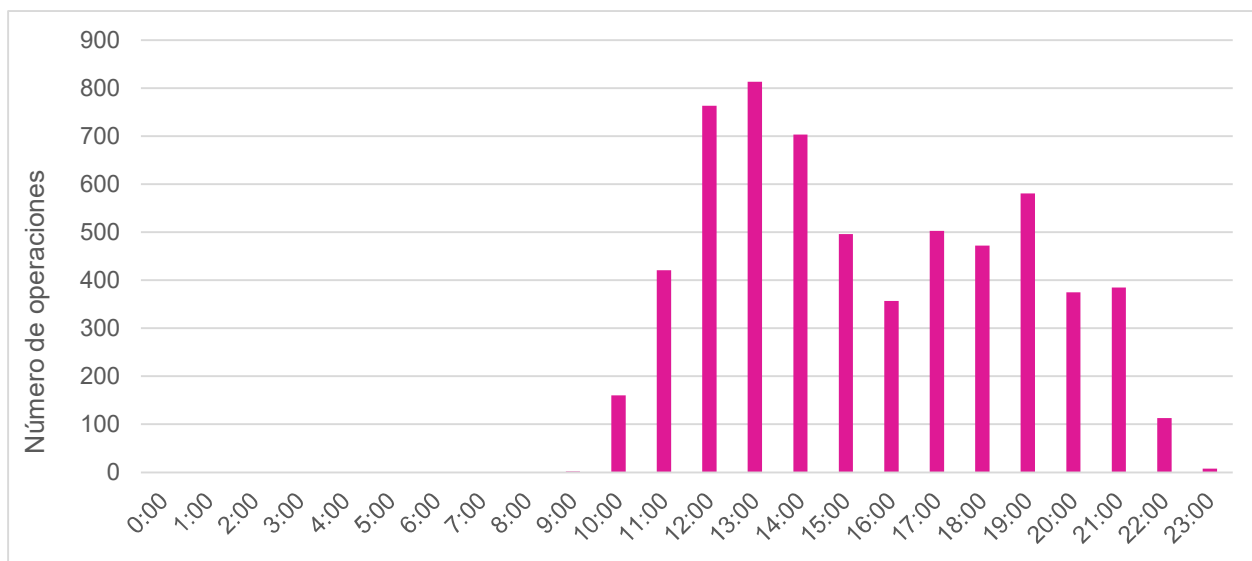
Año	Helicópteros	Livianas	Medianas	Totales
2010	6	245	430	681
2011	7	149	374	530
2012	8	548	398	954
2013	53	136	241	430
2014	94	250	268	612

Año	Helicópteros	Livianas	Medianas	Totales
2015	37	356	256	649
2016	7	283	211	501
2017	36	480	190	706
2018	0	319	174	493
2019	3	221	207	431
2020	33	12	120	165
Participación	4,36%	48,93%	46,71%	100%

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

Por otra parte, la distribución horaria histórica de las operaciones en el Aeródromo, entre los años 2010 y 2020, concentra mayoritariamente las operaciones entre las 11:00 h y las 21:00 h, ambas UTC, siendo la hora con mayor número de operaciones las 13:00 h UTC.

Gráfico 11. Distribución horaria de operaciones 2010 – 2020.



Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

El resumen de horas punta de operaciones del Aeródromo Ricardo García Posada entre los años 2010 y 2020 es el siguiente:

Tabla 21: Operaciones en horas punta 2010 – 2020

HORA	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
H1	11	6	17	7	10	9	14	12	11	10	3
H2	11	5	16	6	9	7	10	10	5	6	2
H3	10	4	14	5	8	6	10	10	5	4	2
H4	10	3	13	5	7	6	7	10	3	3	2
H5	9	3	12	5	7	5	6	10	3	3	2
H6	9	3	12	4	6	5	6	9	3	3	2
H7	8	3	11	4	5	5	5	9	2	3	2
H8	7	3	11	4	5	5	5	9	2	2	2

HORA	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
H9	7	3	10	3	5	5	4	8	2	2	2
H10	7	3	10	3	5	5	3	8	2	2	2
H11	7	3	10	3	5	5	3	8	2	2	1
H12	6	3	10	3	5	4	3	8	2	2	1
H13	6	3	10	3	5	4	3	7	2	2	1
H14	6	3	9	3	5	4	2	7	2	2	1
H15	5	3	9	3	5	3	2	7	2	2	1
H16	5	3	9	3	5	3	2	7	2	2	1
H17	5	3	9	3	4	3	2	7	2	2	1
H18	5	3	9	3	4	3	2	7	2	2	1
H19	5	3	9	3	4	3	2	6	2	2	1
H20	4	3	9	3	4	3	2	6	2	2	1
H21	4	3	9	3	3	3	2	5	2	2	1
H22	4	3	8	2	3	3	2	5	2	2	1
H23	4	3	7	2	3	3	2	5	2	2	1
H24	4	2	7	2	3	3	2	4	2	2	1
H25	4	2	7	2	3	3	2	4	2	2	1
H26	4	2	7	2	3	3	2	4	2	2	1
H27	4	2	7	2	3	3	2	4	2	2	1
H28	4	2	7	2	3	3	2	3	2	2	1
H29	3	2	6	2	3	3	2	3	2	2	1
H30	3	2	6	2	3	2	2	3	2	2	1
H31	3	2	6	2	3	2	2	3	2	2	1
H32	3	2	6	2	2	2	2	3	2	2	1
H33	3	2	6	2	2	2	2	3	2	2	1
H34	3	2	6	2	2	2	2	3	2	2	1
H35	3	2	6	2	2	2	2	3	2	2	1
H36	3	2	6	2	2	2	2	3	2	2	1
H37	3	2	5	2	2	2	2	3	2	2	1
H38	3	2	5	2	2	2	2	3	2	2	1
H39	3	2	5	2	2	2	2	3	2	1	1
H40	3	2	5	2	2	2	2	3	2	1	1

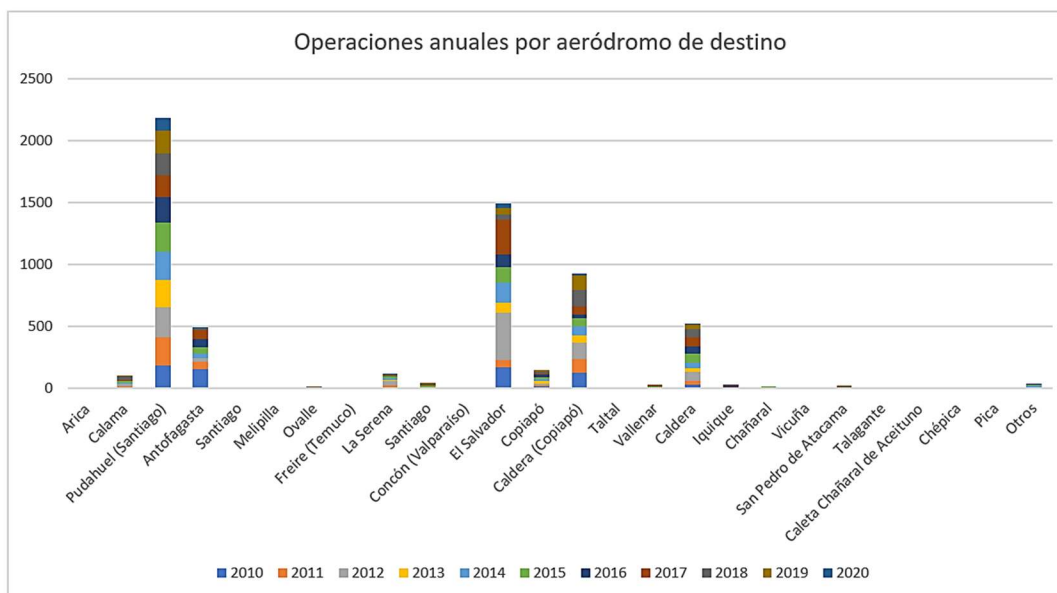
Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

Por otra parte, al efectuar el análisis de la procedencia y destino de las operaciones del Aeródromo Ricardo García Posada destacan especialmente los 2.184 vuelos realizados al aeropuerto Arturo Merino Benítez en Santiago (35,5% del total), los 1.490 vuelos realizados al propio Aeródromo Ricardo García Posada en El Salvador (24,22%) y los 928 vuelos realizados al Aeródromo Desierto de Atacama en Copiapó (15,08%).

De la totalidad de las operaciones que tienen como destino el propio aeródromo (SCES), el 52,89% corresponden a operaciones Deportivas.

Del 25,2% restante, entre los aeródromos con mayor tráfico desde y hacia el Aeródromo Ricardo García Posada, destacan el Aeródromo Caldera en Caldera con 518 operaciones y una participación del 8,42% y el Aeropuerto Internacional Andrés Sabella de Antofagasta con 490 operaciones y una participación del 7,96%. En la siguiente figura se puede ver un desglose más detallado.

Gráfico 12. Operaciones anuales por aeródromo de destino.



Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

De acuerdo a los Términos de Referencia, se presenta a continuación un desglose más detallado de las operaciones en función del código de actividad aeronáutica.

3.2.2.2 OPERACIONES COMERCIALES

El Aeródromo Ricardo García Posada presenta los siguientes datos históricos de operaciones clasificadas como aviación comercial, suponiendo un promedio del 46,30% de las operaciones totales en el periodo de 2010 a 2020.

La tabla incluye dos columnas adicionales con el porcentaje de participación de las operaciones comerciales frente al total de operaciones y el porcentaje de crecimiento de las operaciones comerciales respecto al año anterior.

Tabla 22: Operaciones Comerciales 2010 – 2020

Año	Operaciones Comerciales	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2010	422	681	61,97%	-
2011	375	530	70,75%	-11,14%
2012	393	954	41,19%	4,80%
2013	240	430	55,81%	-38,93%
2014	242	612	39,54%	0,83%
2015	270	649	41,60%	11,57%
2016	209	501	41,72%	-22,59%

Año	Operaciones Comerciales	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2017	190	706	26,91%	-9,09%
2018	175	493	35,50%	-7,89%
2019	207	431	48,03%	18,29%
2020	122	165	73,94%	-41,06%
Promedio	-	-	46,30%	-

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar que el tráfico de operaciones de carácter comercial ha ido reduciéndose a lo largo de los años a excepción de 2015 y 2019 en los que incrementó. No obstante, también se aprecia que de manera general el tráfico de operaciones totales ha seguido la misma evolución, por lo que el porcentaje de participación se ha mantenido en torno al 40%.

Se puede observar también la caída de estas operaciones en 2020, llegando a ser casi un 50% menor que el año anterior. El dato de este año se extrae del promedio al considerarse un punto singular a causa del impacto de la pandemia.

3.2.2.3 OPERACIONES DE AVIACIÓN GENERAL

La aviación general en el Aeródromo Ricardo García Posada corresponde al 53,70% restante del total de operaciones, aunque está dividida en distintas actividades: deportivas, particulares, instrucción, minería, ambulancia, etc.

De acuerdo con los datos disponibles, las principales actividades de aviación general que tienen lugar en el aeródromo corresponden a actividades deportivas y particulares.

3.2.2.3.1 OPERACIONES DE INSTRUCCIÓN

Las operaciones de instrucción presentan un porcentaje promedio en los últimos 10 años (2010 – 2020) del 3,94% de las operaciones totales.

La tabla incluye dos columnas adicionales con el porcentaje de participación de las operaciones de instrucción frente al total de operaciones y el porcentaje de crecimiento de las operaciones de instrucción respecto al año anterior.

Tabla 23: Operaciones instrucción 2010 – 2020

Año	Operaciones Instrucción	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2010	32	681	4,70%	-
2011	3	530	0,57%	-90,63%
2012	300	954	31,45%	9900,00%
2013	10	430	2,33%	-96,67%
2014	2	612	0,33%	-80,00%
2015	0	649	0,00%	-100,00%
2016	0	501	0,00%	0,00%
2017	0	706	0,00%	0,00%
2018	0	493	0,00%	0,00%
2019	0	431	0,00%	0,00%
2020	0	165	0,00%	0,00%
Promedio	-	-	3,94%	-

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar que el tráfico de operaciones de aviación general con carácter de instrucción ha desaparecido a partir de 2015, y en adelante ya no hay constancia de operaciones de instrucción en el aeródromo.

3.2.2.3.2 OPERACIONES PARTICULARES

Las operaciones particulares suponen un 10,35% del total de operaciones del aeródromo, pero presentan una distribución poco homogénea a lo largo de los 10 años de estudio.

La tabla incluye dos columnas adicionales con el porcentaje de participación de las operaciones particulares frente al total de operaciones y el porcentaje de crecimiento de las operaciones particulares respecto al año anterior.

Tabla 24: Operaciones particulares 2010 – 2020

Año	Operaciones Particulares	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2010	9	681	1,32%	-
2011	59	530	11,13%	555,56%
2012	75	954	7,86%	27,12%
2013	39	430	9,07%	-48,00%
2014	74	612	12,09%	89,74%
2015	163	649	25,12%	120,27%
2016	112	501	22,36%	-31,29%
2017	34	706	4,82%	-69,64%
2018	25	493	5,07%	-26,47%
2019	20	431	4,64%	-20,00%
2020	0	165	0,00%	-100,00%
Promedio	-	-	10,35%	-

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

De acuerdo con la tabla anterior se puede observar que el tráfico de operaciones de aviación general con carácter particular presenta una alta variación a lo largo de los años. Destaca especialmente el crecimiento

experimentado en 2015 y 2016, aunque el resto de los años se mantuvo en menos de 100 operaciones anuales.

Se puede observar que en 2020 no hay registro de operaciones particulares. Este resultado no se ha tenido en cuenta en estudios posteriores al tratarse de un año atípico determinado por la pandemia del Covid-19.

3.2.2.3.3 OPERACIONES DEPORTIVAS

Las operaciones deportivas presentan el mayor porcentaje promedio de operaciones de aviación general con un 33,76% de las operaciones totales.

La tabla incluye dos columnas adicionales con el porcentaje de participación de las operaciones deportivas frente al total de operaciones y el porcentaje de crecimiento de las operaciones deportivas respecto al año anterior.

Tabla 25: Operaciones deportivas 2010 – 2020

Año	Operaciones Deportivas	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2010	207	681	30,40%	-
2011	75	530	14,15%	-63,77%
2012	175	954	18,34%	133,33%
2013	79	430	18,37%	-54,86%
2014	215	612	35,13%	172,15%
2015	194	649	29,89%	-9,77%
2016	173	501	34,53%	-10,82%
2017	428	706	60,62%	147,40%
2018	274	493	55,58%	-35,98%
2019	175	431	40,60%	-36,13%
2020	10	165	6,06%	-94,29%
Promedio		-	33,76%	-

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

De acuerdo con la tabla anterior se puede observar que el tráfico de operaciones deportivas ha experimentado mucha variación a lo largo de los años. Durante los años 2010, 2014, 2018 y, especialmente, 2017, se observaron el mayor número de operaciones; sin embargo, destacan los descensos de 2011, 2013 y, en menor medida, 2016 y 2019. Esta variabilidad puede venir condicionada por el calendario y los distintos eventos deportivos, que en función de la importancia o la regularidad acogen un mayor número de operaciones.

También se puede observar la fuerte caída en 2020, con un descenso de casi el 95% respecto al año anterior. El dato de este año se extrae del promedio al considerarse un punto singular a causa del impacto de la pandemia del Covid-19.

3.2.2.3.4 OPERACIONES DE AMBULANCIA

Las operaciones de ambulancia tienen un porcentaje muy reducido en este aeródromo, un 0,41%, destacando la casi nula presencia desde el año 2015.

La tabla incluye dos columnas adicionales con el porcentaje de participación de las operaciones de ambulancia frente al total de operaciones y el porcentaje de crecimiento de las operaciones de ambulancia respecto al año anterior.

Tabla 26: Operaciones de ambulancia 2010 – 2020

Año	Operaciones Ambulancia	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2010	10	681	1,47%	-
2011	4	530	0,75%	-60,00%
2012	3	954	0,31%	-25,00%
2013	2	430	0,47%	-33,33%
2014	4	612	0,65%	100,00%
2015	0	649	0,00%	-100,00%
2016	0	501	0,00%	0,00%
2017	0	706	0,00%	0,00%
2018	2	493	0,41%	200,00%
2019	0	431	0,00%	-100,00%
2020	0	165	0,00%	0,00%
Promedio	-	-	0,41%	-

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

De acuerdo con la tabla anterior se puede observar que el tráfico de operaciones de aviación general con carácter médico o de ambulancia no ha sido significativo. Solamente ha habido algunos pocos vuelos entre 2010 y 2014 y en 2018 y en ningún caso han superado las 10 operaciones anuales.

3.2.2.3.5 OPERACIONES DE MINERÍA

En la bitácora de operaciones se muestran los siguientes datos en cuanto a las operaciones que se llevan a cabo en el aeródromo relacionadas con la faena minera, representando un promedio del 4,11% de las operaciones totales durante el periodo 2010 - 2020.

La tabla incluye dos columnas adicionales con el porcentaje de participación de las operaciones de minería frente al total de operaciones y el porcentaje de crecimiento de las operaciones de minería respecto al año anterior.

Tabla 27: Operaciones minería 2010 – 2020

Año	Operaciones Minería	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2010	1	681	0,15%	-
2011	14	530	2,64%	1300,00%

Año	Operaciones Minería	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2012	8	954	0,84%	-42,86%
2013	53	430	12,33%	562,50%
2014	60	612	9,80%	13,21%
2015	13	649	2,00%	-78,33%
2016	0	501	0,00%	-100,00%
2017	42	706	5,95%	4200,00%
2018	16	493	3,25%	-61,90%
2019	18	431	4,18%	12,50%
2020	33	165	20,00%	83,33%
Promedio	-	-	4,11%	-

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

De acuerdo con la tabla anterior se puede observar que el tráfico de operaciones de aviación general con carácter minero no ha sido muy significativo y, solamente en 2013 y 2014 superó las 50 operaciones. No obstante, se trata de uno de los aeródromos con mayor tráfico de este tipo debido a la fuerte presencia del sector minero en la economía regional.

De los históricos de operaciones, destaca el año 2016 en que no hubo vuelos.

3.2.2.3.6 OTRAS OPERACIONES

El resto de las operaciones correspondientes a vuelos ferry, topográficos y vuelos de prueba/ verificación y propaganda aérea suponen el 1,13% restante de las operaciones en el aeródromo.

La tabla incluye dos columnas adicionales con el porcentaje de participación de otras operaciones frente al total de operaciones y el porcentaje de crecimiento de otras operaciones respecto al año anterior.

Tabla 28: Otras operaciones 2010 – 2020

Año	Otras Operaciones	Operaciones Totales	Participación	Crecimiento con respecto al año anterior
2010	0	681	0,00%	-
2011	0	530	0,00%	0,00%
2012	0	954	0,00%	0,00%
2013	7	430	1,63%	0,00%
2014	15	612	2,45%	114,29%
2015	9	649	1,39%	-40,00%
2016	7	501	1,40%	0,00%
2017	12	706	1,70%	0,00%
2018	1	493	0,20%	200,00%
2019	11	431	2,55%	1000,00%
2020	0	165	0,00%	0,00%
Promedio	-	-	1,13%	-

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

De acuerdo con la tabla anterior se puede observar que el tráfico de operaciones de aviación general que no están incluidas dentro de las actividades descritas anteriormente no ha sido significativo y el número de vuelos ha ido variando a lo largo de los años en función de las distintas necesidades (propaganda,

topografía, etc.). Ha habido algunos vuelos entre 2013 y 2019 pero en ningún caso han superado las 15 operaciones anuales.

3.2.2.4 FLOTA DE AERONAVES

En el Aeródromo Ricardo García Posada operan alrededor de 50 modelos de aeronaves distintas. Debido a la amplia flota de aeronaves y debido a que no todas presentan un mismo impacto en el aeródromo se muestran a continuación los principales modelos.

Tabla 29: Flota de aeronaves histórica 2010 – 2020

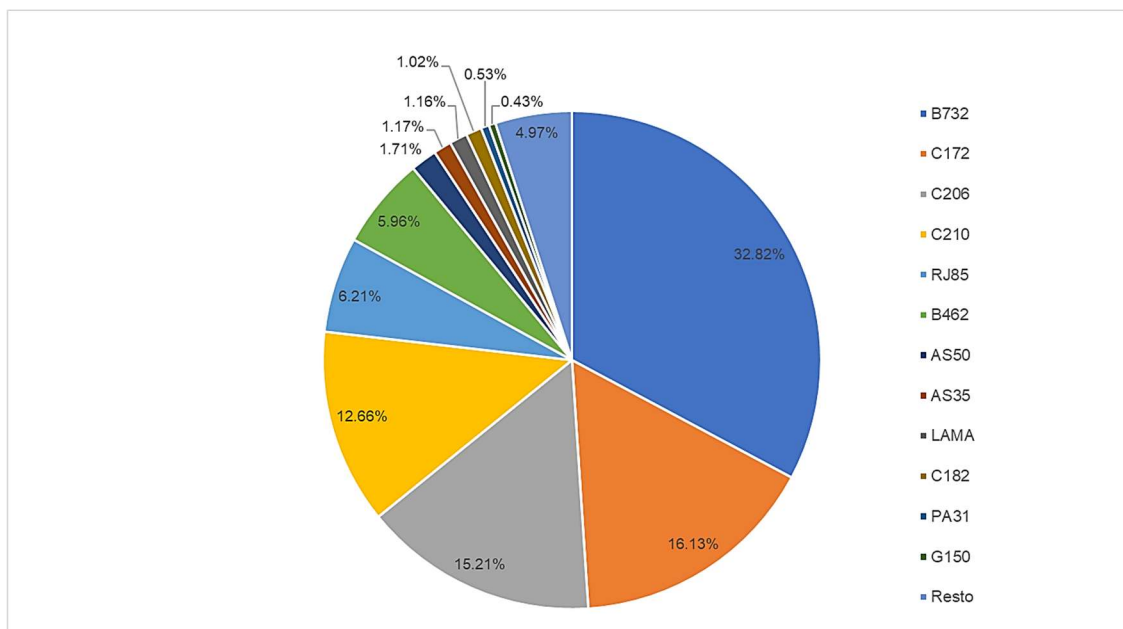
Aeronave	Promedio
B732	32,82%
C172	16,13%
C206	15,21%
C210	12,66%
RJ85	6,21%
B462	5,96%
AS50	1,71%
AS35	1,17%
LAMA	1,16%
C182	1,02%
PA31	0,53%
G150	0,43%
D328	0,23%
C130	0,13%
D228	0,12%
CN35	0,07%
LJ60	0,04%
DHC6	0,03%
C680	0,03%
Resto	4,33%

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

Es posible apreciar que el mayor número de operaciones corresponden a la familia B732, con cerca del 33% de las operaciones totales, seguida por aeronaves de la familia Cessna (C172, C206 y C210) con entorno al 15% de las operaciones totales cada modelo. También destaca la presencia del RJ85, con algo más del 6% y el B462 con algo menos del 6%. El resto de los modelos presentan una actividad menos significativa.

En el siguiente gráfico se puede apreciar la distribución de las principales aeronaves, incluyendo todas aquellas que tienen un porcentaje inferior al 0,4% bajo una misma categoría de "Resto".

Gráfico 13. Distribución porcentual de la flota de aeronaves.



Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

3.2.2.5 RESUMEN DE OPERACIONES OBSERVADAS ÚLTIMOS DOCE MESES

De acuerdo con la metodología seguida a lo largo del proyecto, no se ha tenido en consideración el registro histórico de operaciones correspondiente a 2020 y 2021 para la proyección debido a que el impacto de la pandemia del Covid-19 hace que sea un punto singular que no representa la situación operativa normal en el aeródromo, por lo que los doce últimos meses con información representativa corresponden a los meses de 2019.

No obstante, se ha optado por mostrar también los resultados de operaciones en 2020 para que quede reflejado el descenso atípico ocasionado por la crisis del Covid-19.

Tabla 30: Operaciones últimos 12 meses

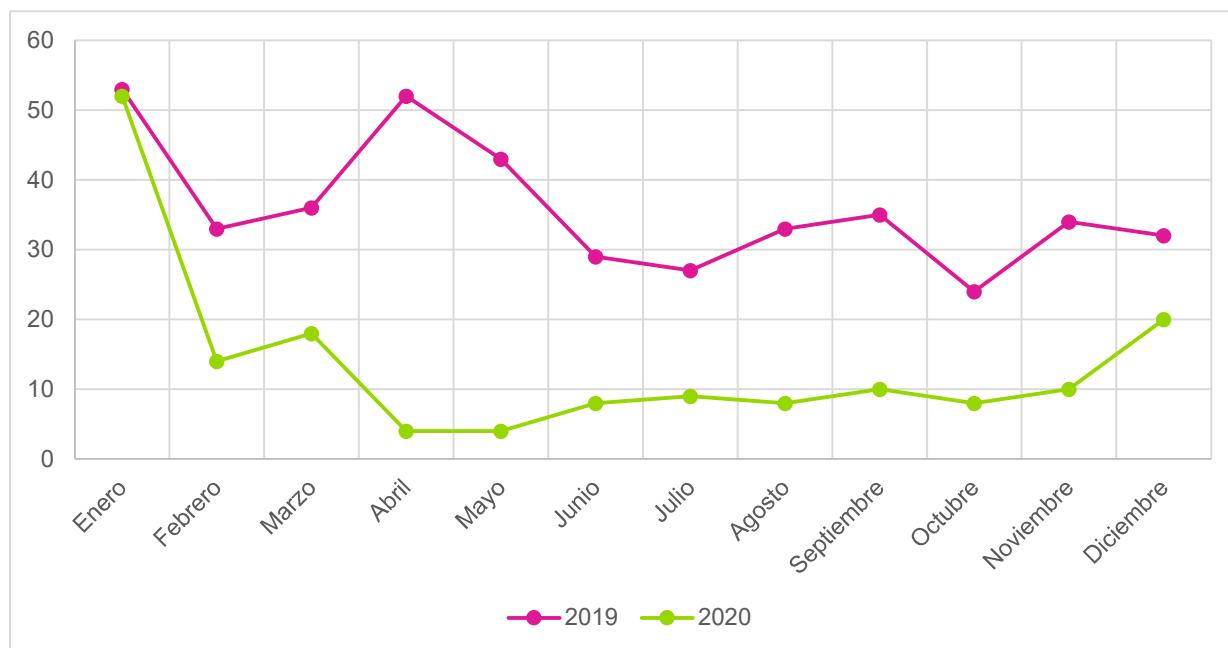
Mes	Operaciones 2019	Operaciones 2020
Enero	53	52
Febrero	33	14
Marzo	36	18
Abril	52	4
Mayo	43	4
Junio	29	8
Julio	27	9
Agosto	33	8
Septiembre	35	10
Octubre	24	8

Mes	Operaciones 2019	Operaciones 2020
Noviembre	34	10
Diciembre	32	20
Total	431	165

Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

Se puede apreciar como a partir del mes de febrero de 2020 se produjo una fuerte caída de las operaciones con respecto al año anterior. Gráficamente la situación se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 15: Operaciones últimos 12 meses



Fuente: Elaboración propia con datos DGAC

3.2.3 DEMANDA DE OPERACIONES AÉREAS

Como se ha comentado anteriormente, al tratarse de un aeródromo fuertemente ligado a la aviación general, la estimación de la demanda de operaciones y tráfico aéreo a partir de los pasajeros no es la adecuada. Para pronosticar la demanda se ha usado un modelo econométrico donde la variable a explicar son las operaciones anuales del aeródromo, la cual debe tener una relación funcional con las distintas variables explicativas que pudieran ser incluidas en el modelo.

En los siguientes apartados se presenta la metodología y el modelo estadístico utilizado para la proyección de las operaciones y aeronaves que operan en el Aeródromo Ricardo García Posada.

3.2.3.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

Dado que el período de tiempo de la proyección requerida es muy amplio en comparación con la historia de datos de la variable de interés, es conveniente emplear un método indirecto de estimación y pronóstico. Es decir, entendiendo la variable de interés como función de un grupo de variables explicativas que puedan ser proyectadas en el período de tiempo requerido.

La metodología empleada para este fin consta de los siguientes pasos:

- Establecer un modelo paramétrico teórico o empírico que, inicialmente, incorpore las variables que más influyen en la demanda de operaciones aéreas.
- Realizar una primera selección de variables en base a las siguientes características:
 - poseer una fuerte correlación con la variable explicada;
 - tener capacidad predictiva, en términos de estacionariedad;
 - disponer de una historia de datos compatible con la historia de datos de la variable explicada y suficiente como para ser proyectadas en el período de tiempo requerido.
- A partir de las variables antes elegidas, seleccionar las variables más significativas del modelo, mediante un proceso de incorporación (o descarte) de variables. Este proceso debe proporcionar el grupo de variables que, en conjunto, brinden el mejor ajuste del modelo posible (o bien, la mejor estimación de la variable explicada), penalizando el exceso de variables explicativas.
- Realizar los pronósticos de cada una de las variables seleccionadas en el punto anterior, mediante el ajuste de un modelo de serie de tiempo adecuado, bajo el criterio de la menor pérdida de información.
- Determinar la proyección de la demanda de operación aérea, calculando los valores que entrega el modelo al ser evaluado en las proyecciones calculadas en el paso anterior.
- Por último, se deben generar pronósticos en situaciones pesimistas y optimistas, lo cual brindará una banda de comportamientos límite para la predicción. Además, es conveniente estudiar la sensibilidad de las predicciones respecto a los parámetros del modelo en torno a los parámetros estimados, permitiendo establecer cuáles son las variables que pueden inducir grandes cambios en los pronósticos.

3.2.3.2 SELECCIÓN DE VARIABLES

3.2.3.2.1 ACTIVIDAD ECONÓMICA

Respecto de la actividad económica, el desarrollo del país y de cada región se puede ver reflejado en diferentes variables, sin duda el Producto Interno Bruto a nivel nacional es una de las principales y que requiere ser explorada en el análisis debido a que representa el crecimiento del país que pudiera estar íntimamente relacionado con el crecimiento de diferentes áreas y regiones del país.

A continuación, se presenta la secuencia histórica del PIB Nacional considerado en el análisis, el cual es reportado por el Banco Central en su página web con referencia 2013 (en miles de millones de pesos):

Tabla 31: PIB Nacional 2005 – 2020

Año	PIB PAIS (MM\$)
2005	98.564
2006	104.790
2007	109.931
2008	113.811
2009	112.030
2010	118.578
2011	125.824
2012	132.516
2013	137.876
2014	140.312
2015	143.547
2016	145.364
2017	147.530
2018	153.431
2019	154.965
2020	146.055

Fuente: Elaboración propia con datos Banco Central

Gráficamente, se puede observar en la siguiente figura:

Figura 16: PIB Nacional 2005 – 2020



Fuente: Elaboración propia con datos Banco Central

Otras de las variables relevantes de estudiar, son aquellas relacionadas con el desarrollo propio de la región, las cuales se estudian de modo de analizar si el crecimiento de la región estaría relacionado con el desarrollo de las operaciones en estudio.

Dado esto se consideró analizar las estadísticas del PIB regional de Atacama.

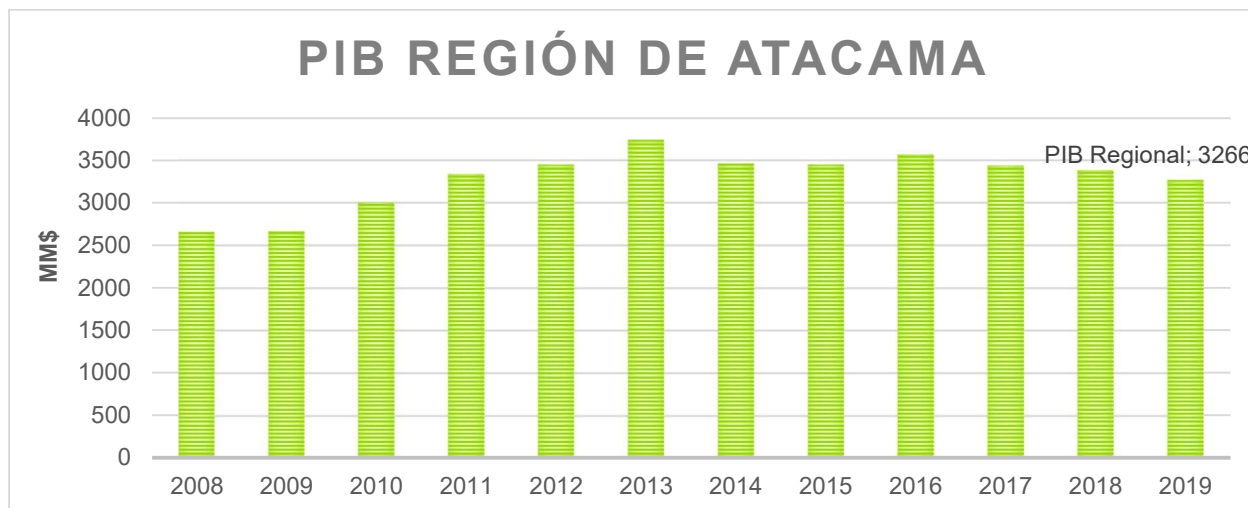
Tabla 32: PIB Regional

Año	PIB REGIONAL (MM\$)
2008	2.656
2009	2.664
2010	2.999
2011	3.335
2012	3.445
2013	3.736
2014	3.460
2015	3.446
2016	3.562
2017	3.434
2018	3.379
2019	3.266

Fuente: Elaboración propia con datos Banco Central

Gráficamente, se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 17: PIB Regional



Fuente: Elaboración propia con datos Banco Central

3.2.3.2.2 POBLACIÓN

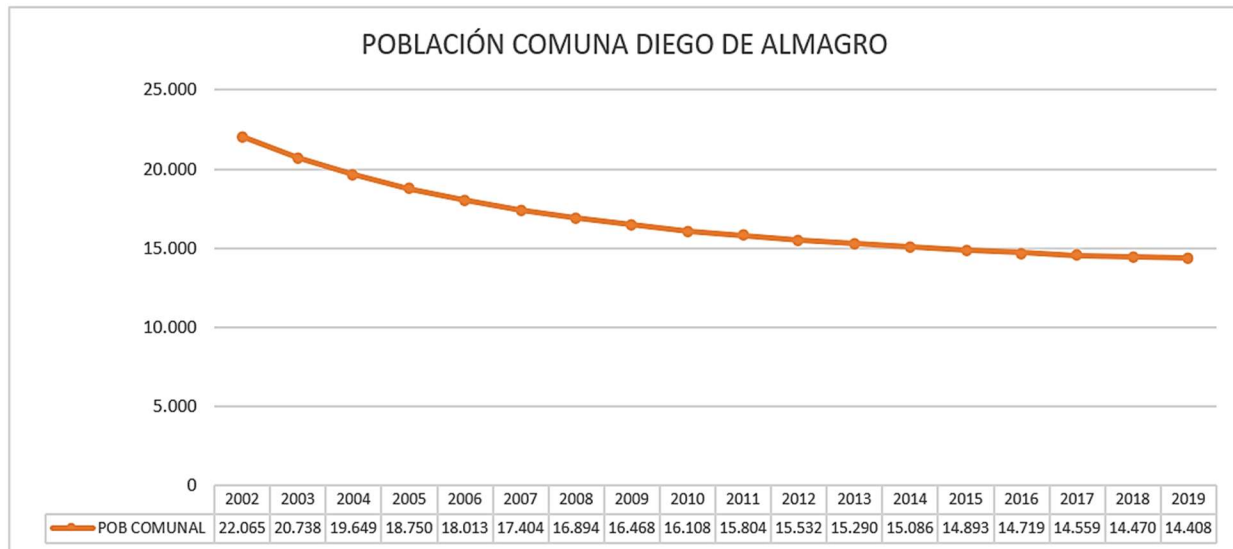
Dentro del análisis, se puede visualizar la importancia del estudio de la demografía junto a la economía; para reforzar ello se puede citar la definición de la demografía que establece que esta es "el estudio de los determinantes y las consecuencias del tamaño y estructura de la población"¹³, mientras que la economía es "el estudio de cómo las sociedades utilizan recursos escasos para producir bienes valiosos y distribuirlos entre diferentes personas"¹⁴. Se trata de dos ciencias que se encuentran estrechamente relacionadas, donde la dinámica de los procesos demográficos está determinada por factores socioeconómicos. A su vez, los factores demográficos ejercen un efecto importante en el desarrollo de la economía.

Así, a continuación, se presenta la población comunal de Diego de Almagro:

¹³ Preston, 1978: 299

¹⁴ Samuelson y Nordhaus (2005: 4)

Figura 18: Población comuna



Fuente: Elaboración propia con datos INE

Los datos se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 33: Población comuna

Año	POB COMUNAL
2002	22.065
2003	20.738
2004	19.649
2005	18.750
2006	18.013
2007	17.404
2008	16.894
2009	16.468
2010	16.108
2011	15.804
2012	15.532
2013	15.290
2014	15.086
2015	14.893
2016	14.719
2017	14.559
2018	14.470
2019	14.408
2020	14.358

Fuente: Elaboración propia con datos INE

3.2.3.2.3 PRODUCCIÓN MINERA

Dentro del análisis, además se han agregado variables ligadas especialmente de la actividad económica de la ciudad de El Salvador, a través de la elección de series de datos ligados a la producción de Cobre y Molibdenos de la División El Salvador y otras indicativas de la actividad a nivel país y del precio del cobre.

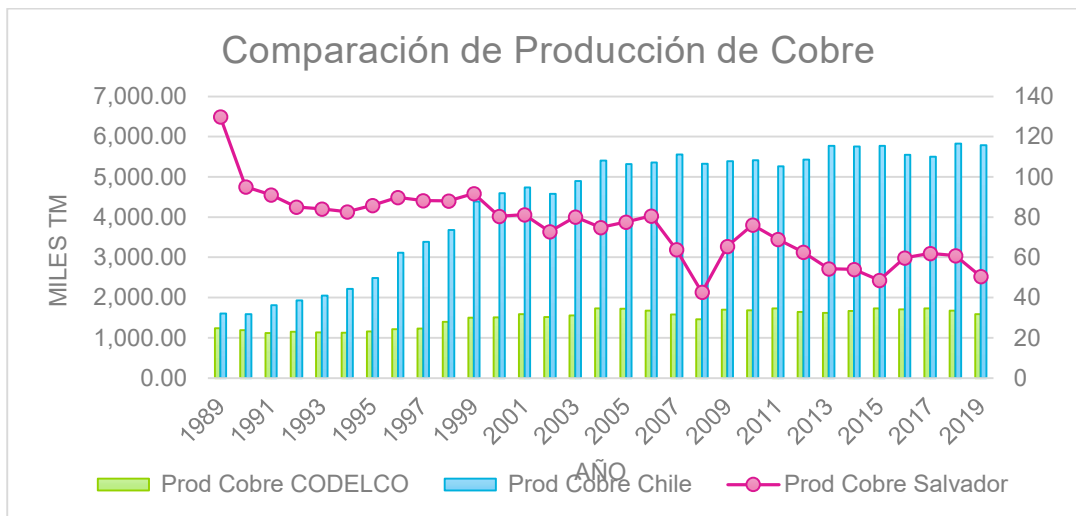
A continuación, se sintetizan estas en las siguientes tablas.

Tabla 34: Producción de cobre

Año	Prod cobre Salvador miles TM	Prod cobre CODELCO miles TM	Prod cobre Chile miles TM
1989	129,9	1.243,1	1.609,3
1990	95,0	1.195,3	1.588,4
1991	91,1	1.125,5	1.814,3
1992	85,0	1.156,3	1.932,7
1993	84,1	1.139,4	2.055,4
1994	82,6	1.134,1	2.219,9
1995	85,9	1.164,7	2.488,6
1996	89,9	1.221,3	3.115,8
1997	88,3	1.231,2	3.392,0
1998	88,1	1.402,8	3.686,9
1999	91,7	1.507,5	4.391,2
2000	80,5	1.515,7	4.602,0
2001	81,2	1.592,3	4.739,0
2002	72,8	1.519,7	4.580,6
2003	80,1	1.562,5	4.904,2
2004	74,9	1.733,2	5.412,5
2005	77,5	1.728,0	5.320,5
2006	80,6	1.675,9	5.360,8
2007	63,9	1.583,3	5.557,0
2008	42,7	1.466,4	5.327,6
2009	65,5	1.702,0	5.394,4
2010	76,2	1.689,1	5.418,9
2011	69,0	1.735,2	5.262,8
2012	62,7	1.646,5	5.433,9
2013	54,3	1.621,7	5.776,0
2014	54,0	1.671,8	5.761,1
2015	48,6	1.731,7	5.772,1
2016	59,8	1.707,5	5.552,6
2017	62,0	1.733,9	5.503,5
2018	60,8	1.677,5	5.831,6
2019	50,6	1.588,2	5.787,5

Fuente: Elaboración propia con datos CODELCO

Figura 19: Comparación de producción de cobre País, Codelco y división El Salvador (eje secundario)



Fuente: Elaboración propia con datos CODELCO

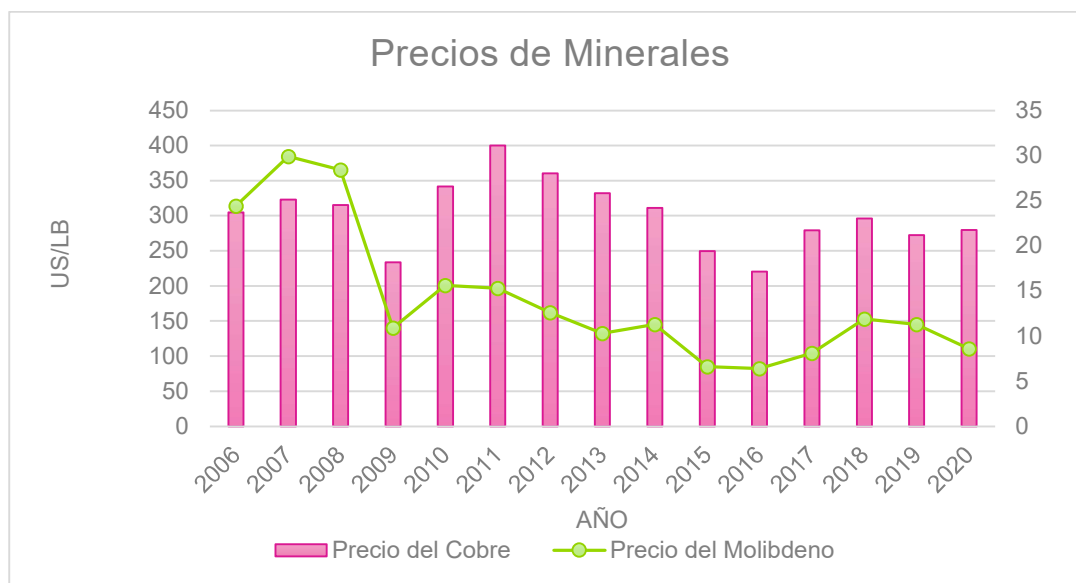
En la tabla siguiente se presenta la evolución del precio del cobre entre el año 2006 y 2020.

Tabla 35: Evolución del precio del cobre 2006 – 2020

Año	Precio del Cobre US\$/lb	Precio del Molibdeno US\$/lb
2006	304,9	24,4
2007	322,9	29,9
2008	315,5	28,4
2009	233,6	10,9
2010	341,8	15,6
2011	400,1	15,3
2012	360,6	12,6
2013	332,3	10,3
2014	311,2	11,3
2015	249,6	6,6
2016	220,6	6,4
2017	279,5	8,1
2018	296,0	11,9
2019	272,4	11,3
2020	279,8	8,6

Fuente: Elaboración propia con datos CODELCO

Figura 20: Precio del cobre y del Molibdeno (eje secundario)



Fuente: Elaboración propia con datos COCHILCO

3.2.3.3 FORMULACIÓN DEL MODELO

El modelo utilizado para describir la demanda de operaciones aéreas se basa en la ecuación de Cobb-Douglas (ref.: Cobb, C.W. and P.H. Douglas (1928) "A Theory of Production", American Economic Review 18 (supplement): 139-165.), de la forma:

$$Y = AX_1^{a_1} \dots X_n^{a_n}$$

que relaciona la demanda de operaciones aéreas en un período de tiempo, Y , con los principales factores que impactan al rubro, $X_1, \dots, X_n$.

Desde un punto de vista teórico, el parámetro A es un factor de producción y los parámetros $a_1, \dots, a_n$ son las elasticidades de los respectivos factores del servicio.

Para incorporar un efecto estabilizador de la varianza en las variables involucradas, es conveniente considerar la versión logarítmica del modelo anterior, a saber,

$$\ln(Y) = A + a_1 \ln(X_1) + \dots + a_n \ln(X_n),$$

donde $a_0 = \ln(A)$. Este modelo resulta ser lineal en las variables $a_0, a_1, \dots, a_n$ y lineal en las variables $\ln(X_1), \dots, \ln(X_n)$, lo cual pone a disposición una gran batería de herramientas para su ajuste, su análisis estadístico y su análisis de sensibilidad.

3.2.3.4 ANÁLISIS DE VARIABLES

Desde el punto de vista económico, en base a estudios tales como (Nisa Secilmis, Aylin Koc (2016). "Economic factors affecting aviation demand: practice of E.U. countries", Actual Problems of Economics N°5(179)) y (U. Kluge, A. Paul, A. Cook, S. Cristóbal (2017). "Factors influencing European passenger demand for air transport", Air Transport Research Society World Conference 2017), los principales factores que determinan el nivel de demanda de operaciones aéreas (comerciales) son los siguientes:

- Variable dependiente. Operaciones totales en el aeródromo.
- Actividad Económica.
- Mercado Laboral.
- Evolución Demográfica.

3.2.3.4.1 VARIABLE DEPENDIENTE. OPERACIONES TOTALES EN EL AERÓDROMO

La demanda de operaciones aéreas posee una naturaleza tal que su variación anual relativa desestacionalizada es muy pequeña. Luego, es posible considerar el total anual de operaciones aéreas para describir el comportamiento de la demanda de este servicio.

Esta variable posee una historia de datos corta, que inicia en enero del año 2010 y posee registros ininterrumpidos hasta el año 2020. Sin embargo, dada a la situación irregular en la aviación debido a las restricciones sanitarias ocasionadas por el Covid-19, se descartará el dato del año 2020, intentando incorporar los efectos económicos de la pandemia a través de las variables explicativas relativas a la actividad económica y al mercado laboral.

3.2.3.4.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA

La actividad económica se incorpora al análisis a través del PIB. Este es tratado a nivel nacional y a nivel regional. Para el PIB nacional, tanto los datos como sus pronósticos están respaldados por una fuente confiable: el Banco Mundial. El comportamiento de esta variable y de su pronóstico se muestran a continuación:

Tabla 36: Pronóstico de evolución del PIB Nacional

Fuente	Año	PIB Base	PIB Pesimista	PIB Optimista
IPoM dic 2020	2020	-6,000%	-6,25%	-5,75%
	2021	6,00%	5,50%	6,50%
	2022	3,50%	3,00%	4,00%
Comité consultivo MINHAC	2023	3,50%	3,00%	4,00%
	2024	3,50%	3,00%	4,00%
	2025	2,90%	2,40%	3,40%
Estadísticas de PIBN usadas en otros modelos (por ejemplo para demanda de El Tepual)	2026	2,80%	2,40%	3,30%
	2027	2,70%	2,40%	3,20%
	2028	2,60%	2,40%	3,10%
	2029	2,50%	2,40%	3,00%
	2030	2,40%	2,30%	2,70%
	2031	2,30%	2,00%	2,60%
	2032 - 2046	2,20%	1,90%	2,50%

Fuente: Elaboración propia con datos Banco Central.

3.2.3.5 SELECCIÓN DEL MODELO

3.2.3.5.1 CRITERIOS GENERALES DE FORMULACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

La construcción del modelo consta de tres etapas:

- 1. Análisis de estacionariedad.** Para cada variable seleccionada en la primera fase de selección, se realiza un análisis de estacionariedad dirimido por la prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller aumentada, que posee buenos resultados en muestras finitas.
- 2. Ajuste del modelo.** Para realizar el ajuste del modelo se utiliza un proceso de incorporación de variables o proceso de selección de variables "forward". Este consiste en realizar un ajuste por mínimos cuadrados ordinarios del modelo considerando la inclusión de una variable a la vez, dejando fijas las variables ya incorporadas.
Una vez realizados todos los posibles ajustes que incluyan los candidatos a ser seleccionados, se elige bajo el criterio de la mayor significancia o p-valor del parámetro la asociado a la variable nueva a incluir. Todo lo anterior, restringido a que se obtengan niveles aceptables para los criterios de información tales como el AIC (Akaike Information Criterion) y BIC (Bayes Information Criterion).
- 3. Ajuste de un modelo para las variables independientes.** Si en el primer paso se concluye que las variables explicativas seleccionadas no son estacionarias, entonces se realiza un ajuste secuencial de un modelo de tipo ARIMA, para la respectiva secuencia de datos de la variable. Este proceso de ajuste va incrementando secuencialmente los parámetros (p, d, q) del modelo hasta conseguir un valor de la medida AIC suficientemente pequeño, satisfaciendo las condiciones de autoregresividad, integración y media móvil de los órdenes respectivos.

3.2.3.5.2 FORMULACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

El modelo explicativo seleccionado para describir la demanda de operaciones en el Aeródromo de El Salvador, obtenido mediante un proceso de inclusión de variables, con ajuste por Mínimos Cuadrados Ordinarios, es el siguiente:

$$\ln(OP\ TOT_t) = 0,7652 \log(PrecioCu_t) + 0,4989 \log(ProdCu_t) + 0,3421 \Delta PobLoc_t + 0,0044 \Delta ProdMo_t + \varepsilon_t,$$

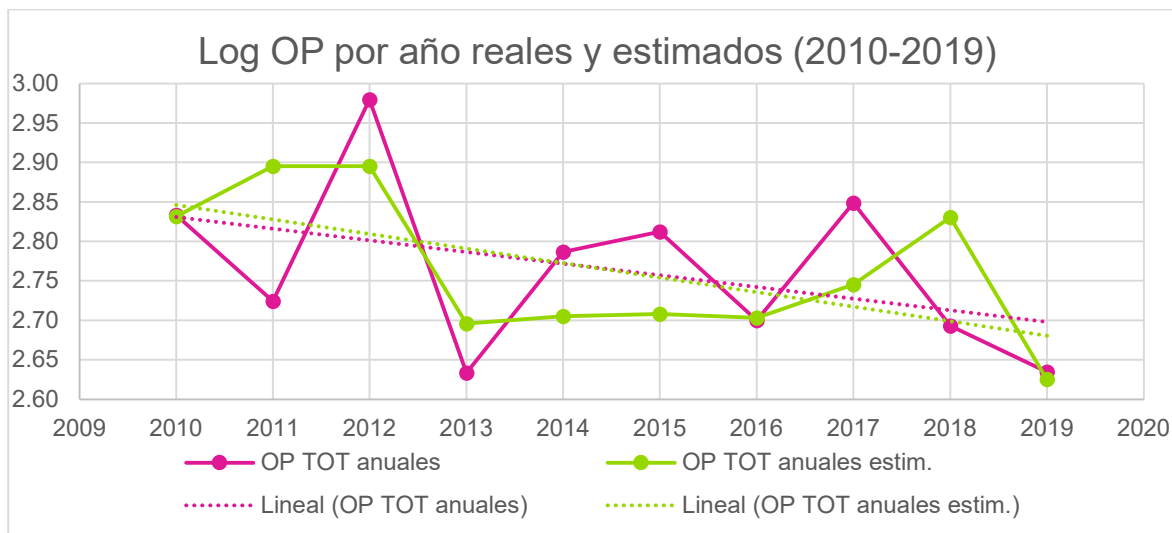
donde ε_t es un error que debe corresponder a un ruido blanco, o bien, a un error con carácter estacionario.

Acá $OP\ TOT_t$, $PrecioCu_t$, $ProdCu_t$, $\Delta PobLoc_t$ y $\Delta ProdMo_t$ son, respectivamente:

- Total de Operaciones anuales Aeródromo de El Salvador,
- Precio promedio anual del cobre (en US\$/lb),
- Producción de cobre de la Mina El Salvador (en miles TM),
- Variación porcentual anual de la población de la comuna de El Salvador y
- Variación anual del promedio de producción de molibdeno, Mina El Salvador (en TM).

A continuación, se muestra un esquema del ajuste:

Figura 21: Estimación y datos



Fuente: Elaboración propia

Sus respectivos datos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 37: Estimación operaciones totales por año

AÑO	PAX ESTIMADOS LOG	PAX LOG	LOG PRECIO CU	LOG PROD CU	VAR POB	VAR PROD MOLIBD
2010	2,831635	2,833147	2,53374	1,88195	-0,02186	-8,75000
2011	2,895277	2,724276	2,60218	1,83885	-0,01887	-1,58333
2012	2,895180	2,979548	2,55703	1,79727	-0,01721	10,75000
2013	2,695665	2,633468	2,52154	1,73480	-0,01558	-21,25000
2014	2,705283	2,786751	2,49297	1,73239	-0,01334	-14,04458
2015	2,707932	2,812245	2,39716	1,68664	-0,01279	8,21617
2016	2,702936	2,699838	2,34359	1,77670	-0,01168	6,11367
2017	2,745163	2,848805	2,44644	1,79239	-0,01087	-3,95192
2018	2,830286	2,692847	2,47127	1,78390	-0,00611	11,56417
2019	2,625259	2,634477	2,43519	1,70415	-0,00428	-19,64600
PARAMETROS		0,000000	0,765259	0,498901	0,342094	0,004430

Fuente: Elaboración propia

Por último, se muestran algunos indicadores del ajuste realizado:

Tabla 38: Estadísticas de la regresión

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,999428354
Coefficiente de determinación R^2	0,998857035
R^2 ajustado	0,831618885
Error típico	0,120743664

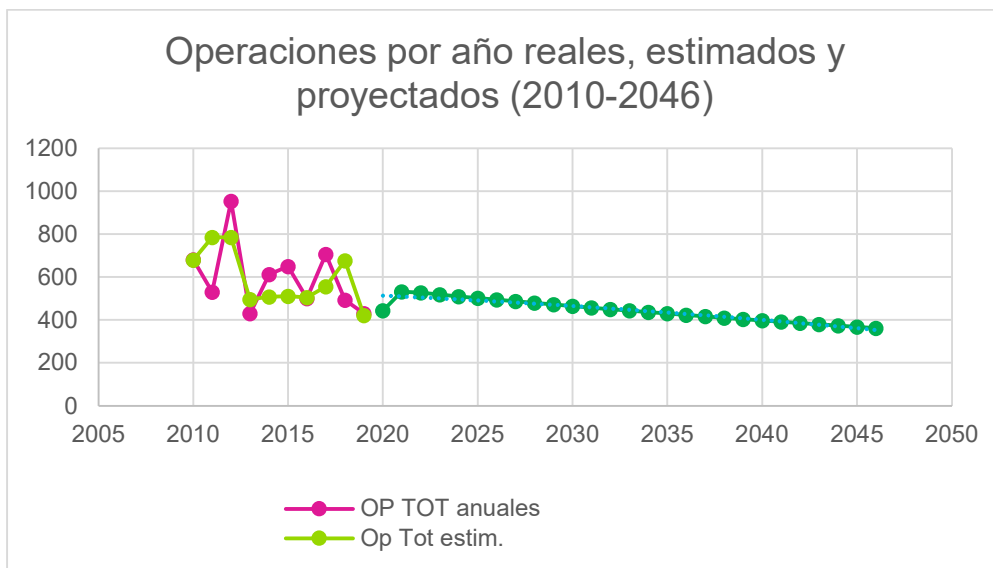
Fuente: Elaboración propia

Por último, los modelos no estructurales para las variables explicativas son:

- $PrecioCu_t$: descrito por un proceso MA(1);
- $ProdCu_t$: cuyo logaritmo en base 10 de la variable está descrito por un proceso ARIMA(2,2,1);
- $\Delta PobLoc_t$: cuyo logaritmo en base 10 de la variable está descrito por un proceso ARIMA(0,1,0); y
- $\Delta ProdMo_t$: descrita por un proceso de tipo ARMA(1,1).

Esto entrega la proyección que se ilustra en el siguiente esquema:

Figura 22: Operaciones reales y estimadas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Operaciones estimadas

AÑO	OP TOT
2022	527,4
2023	518,9
2024	509,6
2025	501,4
2026	493,9
2027	486,5
2028	479,1
2029	471,7
2030	464,4
2031	457,4
2032	450,3
2033	443,4
2034	436,5
2035	429,7
2036	423,1
2037	416,6
2038	410,1
2039	403,7
2040	397,4
2041	391,3
2042	385,2
2043	379,2
2044	373,3
2045	367,5
2046	361,8

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.6 PROYECCIÓN DE OPERACIONES AÉREAS

3.2.3.6.1 PROYECCIÓN DE OPERACIONES

En base a lo señalado anteriormente, se ha preparado una proyección de operaciones para el Aeródromo Ricardo García Posada en base al modelo MCO.

Para la proyección del número total anual de operaciones se ha tomado la siguiente hipótesis:

- La proyección de operaciones se ha estimado considerando los datos históricos hasta el año 2019, sin incluir los datos de 2020 y 2021, al considerarse un caso singular condicionado por la crisis del Covid-19.

En la siguiente tabla se pueden observar las proyecciones de operaciones totales del aeródromo con sus respectivas variaciones porcentuales anuales.

Tabla 40: Proyecciones de operaciones totales por series históricas

Año	Operaciones	Variación
2010	681	-
2011	530	-22,17%
2012	954	80,00%
2013	430	-54,93%
2014	612	42,33%
2015	649	6,05%
2016	501	-22,80%
2017	706	40,92%
2018	493	-30,17%
2019	431	-12,58%
2020	165	-61,72%
2021*	532	222,63%*
2022	527	-0,93%
2023	519	-1,62%
2024	510	-1,79%
2025	501	-1,61%
2026	494	-1,48%
2027	487	-1,50%
2028	479	-1,52%
2029	472	-1,55%
2030	464	-1,55%
2031	457	-1,52%
2032	450	-1,55%
2033	443	-1,54%
2034	436	-1,55%
2035	430	-1,55%
2036	423	-1,54%
2037	417	-1,55%
2038	410	-1,55%
2039	404	-1,55%
2040	397	-1,55%
2041	391	-1,55%
2042	385	-1,55%
2043	379	-1,55%

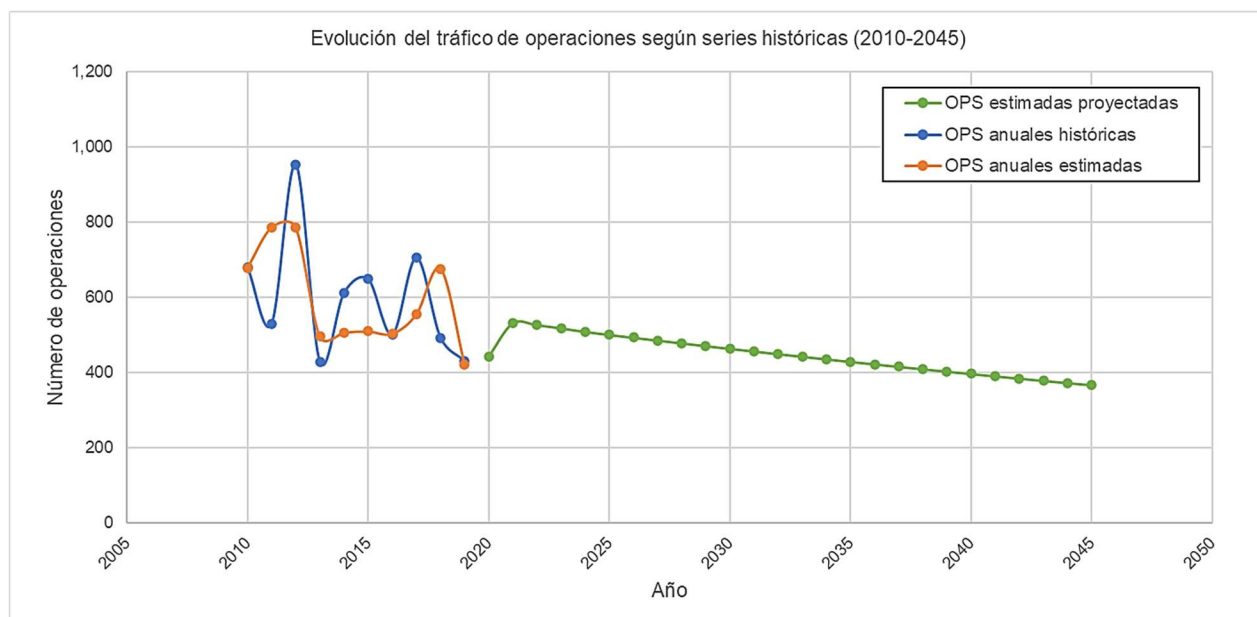
Año	Operaciones	Variación
2044	373	-1,55%
2045	367	-1,56%

Fuente: Elaboración propia

* Este dato de crecimiento de 2021 con respecto a 2020 no es representativo de la normalidad operativa en el aeródromo ya que las operaciones de 2020 se refieren a las reales operadas que se han extraído de la proyección por representar un punto singular debido al impacto del Covid-19, mientras que las operaciones de 2021 son las obtenidas mediante proyección de series históricas.

Gráficamente la situación se puede observar en la figura siguiente, en donde se aprecia la curva histórica más la proyección.

Figura 23: Proyecciones de operaciones totales anuales por series históricas



Fuente: Elaboración propia

A estas operaciones resultantes de aplicar la metodología por series históricas se añadirán las siguientes, con el fin de incorporar el mayor requerimiento en los pavimentos:

1. Operaciones de extinción de incendios: dada la importancia de las operaciones de lucha contra incendios, con el fin de contemplar las operaciones de extinción de incendios con la aeronave C130, que pueden tener un impacto notable en los pavimentos, se incluye una previsión de

operación de esta aeronave de 2 operaciones mensuales, es decir, 24 operaciones anuales desde 2021 y durante todo el periodo de estudio.

2. Como la proyección de operaciones muestra una tendencia decreciente, con el objetivo de considerar el caso más demandante para los pavimentos del aeródromo, se toman las siguientes hipótesis en la proyección de las operaciones totales:

- a. Se desprecia el dato histórico de 2020 por no considerarse representativo por efecto de la pandemia.
- b. Se extrae el dato de operaciones totales de 2021 de la proyección por series y a partir de ahí, se considera una recuperación de las operaciones previas a la pandemia en un periodo de 4 años.
- c. A partir de esa recuperación, se consideran constantes las operaciones totales con el valor mayor de los años anteriores a la pandemia, hasta el horizonte considerado en el estudio.

Con todo ello, se tiene una proyección de operaciones totales en el aeródromo de:

Año	Operaciones	Variación
2010	681	-
2011	530	-22.17%
2012	954	80.00%
2013	430	-54.93%
2014	612	42.33%
2015	649	6.05%
2016	501	-22.80%
2017	706	40.92%
2018	493	-30.17%
2019	431	-12.58%
2020	165	-61.72%
2021*	532	222.63%
2022	590	10.87%
2023	648	9.81%
2024	706	8.93%
2025	706	0.00%
2026	706	0.00%
2027	706	0.00%
2028	706	0.00%
2029	706	0.00%
2030	706	0.00%
2031	706	0.00%
2032	706	0.00%
2033	706	0.00%
2034	706	0.00%
2035	706	0.00%
2036	706	0.00%
2037	706	0.00%
2038	706	0.00%
2039	706	0.00%

Año	Operaciones	Variación
2040	706	0.00%
2041	706	0.00%
2042	706	0.00%
2043	706	0.00%
2044	706	0.00%
2045	706	0.00%

* Este dato de crecimiento de 2021 con respecto a 2020 no es representativo de la normalidad operativa en el aeródromo ya que las operaciones de 2020 se refieren a las reales operadas que se han extraído de la proyección por representar un punto singular debido al impacto del Covid-19, mientras que las operaciones de 2021 son las obtenidas mediante proyección de series históricas.

Figura 24: Proyecciones de operaciones totales anuales para análisis de pavimentos



Fuente: Elaboración propia

3.2.3.6.2 PROYECCIONES POR ACTIVIDAD

Con los antecedentes históricos de operaciones del Aeródromo Ricardo García Posada, se ha procedido a proyectar las operaciones en función de la actividad: comercial, deportiva, particular, instrucción, minería, ambulancia y otras. Para la división y proyección en función del carácter de la operación se ha seguido la siguiente metodología y se han tomado las siguientes hipótesis:

- Se ha partido como base de los porcentajes promedio de operaciones para cada una de las actividades entre los años 2010 y 2019. Para este cálculo se han excluido los datos de 2020 y 2021 al considerarse un caso particular condicionado por la crisis del Covid-19.
- En base a la introducción de las operaciones de lucha contra incendios, se ha incrementado el porcentaje de participación de esta actividad y se ha modificado el del resto de acuerdo a ello, repartiendo esta variación en función del porcentaje de cada actividad.

Con todo ello, las proyecciones de operaciones para cada una de las actividades se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 41: Proyecciones de operaciones por actividad aeronáutica

Año	Total	Comercial	Aviación General						
			Deportiva	Particular	Instrucción	Minería	Ambulancia	Incendios	Otr.
2010	681	422	207	9	32	1	10	-	0
2011	530	375	75	59	3	14	4	-	0
2012	954	393	175	75	300	8	3	-	0
2013	430	240	79	39	10	53	2	-	7
2014	612	242	215	74	2	60	4	-	15
2015	649	270	194	163	0	13	0	-	9
2016	501	209	173	112	0	0	0	-	7
2017	706	190	428	34	0	42	0	-	12
2018	493	175	274	25	0	16	2	-	1
2019	431	207	175	20	0	18	0	-	11
2020	165	122	10	0	0	33	0	-	0
2021	556	246	180	55	21	22	2	24	6
2022	609	273	196	60	23	24	2	24	7
2023	667	300	215	66	25	26	3	24	7
2024	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2025	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2026	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2027	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2028	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2029	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2030	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2031	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2032	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2033	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2034	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2035	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2036	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2037	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2038	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2039	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2040	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2041	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2042	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2043	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2044	730	327	238	73	28	29	3	24	8
2045	730	327	238	73	28	29	3	24	8

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.7 PROYECCIONES DE FLOTA DE AERONAVES

La proyección del número de operaciones y de la flota de aeronaves que las llevará a cabo es clave para una correcta evaluación y diseño de las actuaciones necesarias sobre los pavimentos. En este sentido los datos necesarios son el número de operaciones por cada modelo en el primer año y un porcentaje de crecimiento constante para cada modelo durante el periodo de diseño.

Por la tipología de aeródromo, se tiene un gran número de modelos de aeronaves diferentes. Además, en un análisis de las bitácoras, se ha podido observar que existen ciertos modelos que no tienen regularidad en sus operaciones, es decir, que no han operado de forma consecutiva todos los años.

Debido a la amplia flota y a que no todos los modelos presentan un mismo impacto en los pavimentos, en base al objetivo de esta proyección y siguiendo los criterios establecidos en la *FAA AC 150-5320-6F Airport Pavement Design and Evaluation*, se ha establecido una metodología y unas hipótesis se explican a continuación:

1. Se ha calculado el porcentaje de operaciones promedio desde 2010 a 2019 de cada modelo de aeronave a partir de los datos de las bitácoras, eliminando aquellos modelos que no operan en el aeródromo desde 2014 o anterior. Se han excluido los datos de operaciones correspondientes a 2020 al ser datos condicionados por la crisis del Covid-19 y, por tanto, no representativos de la realidad operativa del aeródromo.
2. Todas aquellas aeronaves cuyo porcentaje de participación promedio es superior a 0,5% se han analizado individualmente. La suma de los porcentajes de todos estos modelos representa alrededor del 90% de las operaciones.
3. Las aeronaves con MTOW inferior a 5.670kg y cuyo porcentaje de representación promedio histórico es inferior a 0,5% se han agrupado bajo la categoría "Resto".
4. Una vez analizadas las aeronaves usuarias según lo descrito en los puntos anteriores, se han agrupado en familias según los siguientes criterios:

Tabla 42: Criterios para agrupación de aeronaves

Grupo	Descripción	Aeronave tipo
H	Helicópteros	-
1	Aeronaves cuyo peso sea inferior a 5.670 kg	DHC6
2	Aeronaves cuyo peso esté entre 5.670 kg y 25.000	C680
3	Aeronaves cuyo peso está entre 25.000 y 45.000 kg	BAe146-200
4	Aeronaves cuyo peso es mayor a 45.000 kg	Se tratarán de manera individual

Fuente: Elaboración propia

Como el objetivo final de estudio es estudiar el impacto de las distintas aeronaves usuarias en los pavimentos de la infraestructura horizontal del aeródromo, se han agrupado por peso y configuración del tren de aterrizaje, eligiendo una aeronave tipo representativa de cada uno de

dichos grupos, salvo del 4 que se han mantenido como aeronaves independientes analizando su impacto de manera individual y excluyendo los helicópteros de los grupos.

5. El porcentaje de promedio de cada uno de los modelos y grupos definidos se ha aplicado a las operaciones totales proyectadas para 2045, obteniendo así las operaciones de cada uno de ellos en ese año.
6. La tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) para cada aeronave y grupo se ha obtenido mediante el cálculo siguiente:

$$\% = \sqrt[Año_{final} - Año_{inicial}]{\frac{Operaciones_{Final}}{Operaciones_{Inicial}}} - 1$$

A este respecto, cabe señalar que como se ha comentado, por el tipo de aeródromo varios modelos no presentan regularidad en las operaciones, es decir, no han operado de forma consecutiva todos los años. Esto hace que en la fórmula anterior el "año inicial" no sea el mismo para todos los modelos. Por tanto, con el fin de representar un periodo fijo para todos, de 2020 a 2045, se ha obtenido el % de cada uno con su respectivo año inicial y se han proyectado las operaciones teóricas que se habrían esperado para 2020 en caso de que no se hubieran visto afectadas por la pandemia del Covid-19.

Con todo lo anterior, en la siguiente tabla se presenta la proyección de la flota a emplear para el análisis de los pavimentos en el Aeródromo Ricardo García Posada.

Tabla 43: Flota considerada por aeronave para el análisis de pavimentos

GRUPO	Aeronave	Promedio sin LAMA	OPS Históricas		MTOW	OPS Proyectadas Operaciones 2045
			Operaciones 2018	Operaciones 2019		
H	AS35	1,57%	0	0	2.250	11
H	AS50	2,29%	0	3	2.250	16
1	C172	16,13%	52	60	1.406	114
1	C182	1,02%	2	12	1.406	7
1	C206	15,21%	141	104	1.633	107
1	C210	12,66%	83	29	1.814	89
1	PA31	0,53%	2	2	2.953	4
H	LAMA*	-	0	0	2.300	0
4	B732	32,82%	166	99	58.100	232
3	B462	5,96%	0	72	42.184	42
3	RJ85	6,21%	8	36	42.184	44
4	C130	0,13%	0	0	70.307	1
2	C680	0,03%	0	0	13.959	0
2	CN35	0,07%	0	0	16.100	0
2	D228	0,12%	0	0	6.575	1

GRUPO	Aeronave	Promedio sin LAMA	OPS Históricas		MTOW	OPS Proyectadas Operaciones 2045
			Operaciones 2018	Operaciones 2019		
2	D328	0,23%	0	0	13.990	2
1	DHC6	0,03%	0	0	5.670	0
2	G150	0,43%	0	0	11.839	3
2	LJ60	0,04%	0	0	10.659	0
H	B407	0,03%	0	0	2.722	0
H	A119	0,08%	0	0	2.850	1
H	B105	0,47%	0	0	2.500	3
H	B412	0,15%	0	0	5.397	1
H	E130	0,01%	0	0	2.427	0
1	Resto	3,77%	39	14	5.670	27
	Total	100.00%	493	431	0	706

Fuente: Elaboración propia

* Se ha repartido el porcentaje de participación de este helicóptero entre el resto de los incluidos en la bitácora.

Cabe señalar que esta proyección de operaciones en 2045 se ha realizado con las aeronaves usuarias históricas, obteniendo el total de operaciones que arroja la proyección por series históricas.

La proyección de operaciones por grupos es la siguiente:

Tabla 44: Flota considerada por grupos para el análisis de pavimentos

Grupo	Aeronave tipo	Promedio sin C130 histórico*	Operaciones 2018	Operaciones 2019	Operaciones 2021 teóricas	Operaciones 2024 teóricas	CAGR 2024***
H	Helicópteros	4,60%	0	3	24	32	9,87%
1	DHC6	49,43%	319	221	263	349	9,87%
2	C680	0,92%	0	0	5	6	9,87%
3	BAe146-200	12,19%	8	108	65	86	9,87%
4	B737	32,86%	166	99	175	232	9,87%
	C130**	0,00%	0	0	0	0	0,00%
	C130*	-	0	0	24	24	0,00%
Total histórico		100,00%	493	431	532	706	-
Total estimado		100,00%	493	431	556	730	-
Diferencia		-	0	0	24	24	-

Fuente: Elaboración propia

Grupo	Aeronave tipo	Promedio sin C130 histórico*	Operaciones 2041 teóricas	Operaciones 2045	CAGR
H	Helicópteros	4,60%	32	32	0,00%
1	DHC6	49,43%	349	349	0,00%
2	C680	0,92%	6	6	0,00%
3	BAe146-200	12,19%	86	86	0,00%
4	B737	32,86%	232	232	0,00%

Grupo	Aeronave tipo	Promedio sin C130 histórico*	Operaciones 2041 teóricas	Operaciones 2045	CAGR
	C130**	0,00%	0	1**	0,00%
	C130*	-	24	24	0,00%
Total histórico		100,00%	706	706	-
Total estimado		100,00%	730	730	-
Diferencia		-	24	24	-

*Se han incluido operaciones relativas al C130, tal y como se detalla en el numeral 4.6.1

**La operación que sale en 2045 del C130 debido al porcentaje de participación promedio se ha despreciado debido a que únicamente hubo operaciones en 2014, por lo que no se proyecta crecimiento de estas operaciones y se incluye de manera constante las 2 operaciones mensuales mencionadas en el punto anterior.

***Se ha calculado un CAGR distinto para los dos periodos considerados: un primer periodo de recuperación de las operaciones "normales" y uno segundo en el que éstas se mantienen constantes.

En la anterior tabla, se ha incluido la flota que se estima pueda operar en el aeródromo en un futuro próximo, añadiendo estas operaciones a las calculadas por series históricas, por considerarse el criterio más conservador. Estas familias, con sus CAGR, son las que se usarán para el cálculo de pavimentos.

Se han extraído los datos de operaciones por grupos y totales de los siguientes años:

Tabla 45: Años considerados en el estudio

Años de estudio	Descripción
2019	Último año con datos históricos considerado para la proyección
2020	Primer año proyectado al no considerarse los datos históricos de este año con motivo de la pandemia
2021	Año base considerado proyectado al no considerarse los datos históricos de este año con motivo de la pandemia
2024	Año en el que se recuperan las operaciones "normales", tras la pandemia
2041	Fin de periodo de estudio (20 años)
2045	Fin del periodo de estudio de demanda

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 DEMANDA DE PASAJEROS

El Aeródromo Ricardo García Posada tiene como actividades mayoritarias operaciones de aviación general, destacando también las operaciones para el transporte de trabajadores de faenas mineras.

En el momento de elaboración del presente informe no se dispone de datos históricos de tráfico de pasajeros.

Como se ha señalado a lo largo del presente informe, por el tipo de operaciones en el aeródromo, la demanda de pasajeros en el aeródromo se obtiene a partir de la proyección de operaciones comerciales de transporte de pasajeros citada anteriormente, considerando que la aeronave tipo de diseño seleccionada, el B737-200, opera con un factor de ocupación del 90%.

Con esto, se obtiene la siguiente proyección de pasajeros:

Tabla 46: Proyección de pasajeros en el aeródromo

Año	Operaciones solo comerciales	Asientos B737-200	FO	Proyección pasajeros anuales
2021	246	110	0.9	24354
2022	273	110	0.9	27027
2023	300	110	0.9	29700
2024	327	110	0.9	32373
2025	327	110	0.9	32373
2026	327	110	0.9	32373
2027	327	110	0.9	32373
2028	327	110	0.9	32373
2029	327	110	0.9	32373
2030	327	110	0.9	32373
2031	327	110	0.9	32373
2032	327	110	0.9	32373
2033	327	110	0.9	32373
2034	327	110	0.9	32373
2035	327	110	0.9	32373
2036	327	110	0.9	32373
2037	327	110	0.9	32373
2038	327	110	0.9	32373
2039	327	110	0.9	32373
2040	327	110	0.9	32373
2041	327	110	0.9	32373
2042	327	110	0.9	32373
2043	327	110	0.9	32373
2044	327	110	0.9	32373
2045	327	110	0.9	32373

Fuente: Elaboración propia

En relación a la inclusión del proyecto Minero Rajo El Inca, como parte del desarrollo del estudio de demanda del Aeródromo Ricardo García Posada de El Salvador, es importante señalar que el anuncio de

inicio de las obras se realizó el 24 de agosto del presente año, en una ceremonia encabezada por el presidente de la República, Sr. Sebastián Piñera. En este sentido, la entrega de la revisión A del Informe RSZCN20-GE-DE-IN-01, que contiene el análisis de demanda, fue presentado para revisión A el día 18-05-2021.

El proyecto en cuestión, que prolongará la vida útil de la División El Salvador en 47 años, considera una inversión de US\$1.383 millones, cambiando la forma de explotación de este proyecto minero de subterráneo a rajo abierto, considerando de esta manera un aumento de productividad del 100%. En este sentido, el análisis considerado dentro en el estudio de demanda, si bien es cierto no considera la operación de este proyecto, su construcción e implementación no supone un aumento considerable de la población flotante ni de la que actualmente vive en El Salvador. De esta manera, durante la construcción se considera la contratación de 2.400 personas, mientras que en operación, se estima que se crearán 1.000 puestos de trabajo, los que serán principalmente mano de obra de las comunas de Diego de Almagro y Chañaral.

En relación a la curva de demanda presentada, considera un crecimiento hasta 2024, consistente con el crecimiento de los trabajadores y operadores durante la construcción del proyecto, manteniéndose hasta el horizonte de análisis del Contrato. Junto a lo anterior, y de acuerdo a la información recabada, el aumento de producción va a ir de la mano con la automatización de las faenas y el seguimiento de la veta, que implicará no sacar más material estéril, beneficiándose con la mayor producción debido a la explotación de material con mayor ley de cobre. En virtud de esto, la proyección de operaciones presentada, para efectos de los planes de conservación, cumple con su cometido.

Es importante señalar que, en caso de una modificación del alcance del proyecto, que considere, por ejemplo, un aumento importante y permanente de la cantidad de trabajadores o de habitantes del Campamento hará necesario verificar el número de operaciones, lo que no necesariamente modificará el alcance y extensión de las obras consideradas en el Plan de Conservación.

3.3 EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LOS PAVIMENTOS EXISTENTES

3.3.1 MEDICIÓN DE LA FRICCIÓN

El ensayo de Fricción de los pavimentos del Área de Movimiento del Aeródromo Ricardo García Posada se llevó a cabo el 5 de abril del 2021.

3.3.1.1 EQUIPO DE FRICCIÓN

El quipo utilizado para las mediciones de la resistencia al deslizamiento corresponde al TWO, el mismo que está aprobado por la FAA y aunque no se encuentra nominado en la Circular de Asesoramiento AC 150/5320-12C¹⁵, sí aparece en el borrador 12D como equipo CFME (*Continuous Friction Measurement Equipment*) o equipo de medición de fricción continua con humectación automática. El equipo TWO es más moderno que el utilizado en años anteriores.

Figura 25: Equipo de Fricción de T.W.O.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.2 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Las mediciones se realizaron a dos velocidades, 65 km/h y 95 km/h de acuerdo a la normativa OACI vigente y en condiciones de rueda húmeda con película de 1 mm de espesor de agua.

Cabe destacar que la medición de fricción húmeda a la velocidad de 65 km/h es un indicativo del nivel de microtextura presente, el grado de limpieza o contaminación del pavimento y la eficacia del drenaje, mientras que, la medición a 95 km/h tiene relación con el nivel de macrotextura presente.

15 http://www.faa.gov/documentLibrary/media/advisory_circular/150-5320-12C/150_5320_12C.PDF

Los datos de inicio y fin de medición no son informados, ya que se ven afectados por los efectos de aceleración y desaceleración. Para las mediciones a 65 km/hr esta distancia corresponde a 150 metros, tanto al inicio como al final de la Pista, y para las mediciones realizadas a 95 km/hr esta distancia es de 300 metros, de esta forma se asegura tener mediciones a una velocidad constante.

Las condiciones climáticas durante las pruebas eran buenas, y la superficie estaba seca y limpia.

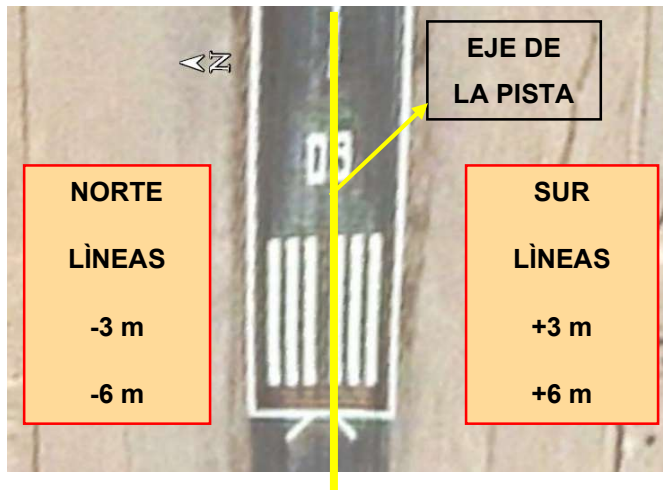
Las mediciones se realizaron en líneas paralelas a la línea central, a 3m, 6m y 9m por cada dirección de la pista para las mediciones a 65 km/h, y líneas a 3 metros a cada lado del eje de la pista para las mediciones a 95 km/h. La configuración de la ubicación de los ensayos de fricción se presenta a continuación.

Tabla 47. Configuración de mediciones.

TIPO DE MEDICIÓN	VELOCIDAD (km/h)	DISTANCIA DEL EJE LADO SUR (m)			DISTANCIA DEL EJE LADO NORTE (m)		
COEFICIENTE FRICCIÓN	65	+3	+6	+9	-3	-6	-9
	95	+3			-3		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 26: Esquema configuración de mediciones.



Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla, se presentan los niveles de fricción (valores de fricción μ) para los equipos típicamente disponibles en Chile (Mu-meter, Griptester, y el nuevo TWO). La tabla completa se presenta en el Anexo C.

Tabla 48. Niveles de fricción para diferentes equipos de medición.

Equipo de ensayo	Tipo de rueda y Presión de inflado (kPa)	Velocidad de medición (km/h)	Profundidad del agua (mm)	Objetivo para superficie nueva	Nivel de planificación del mantenimiento	Nivel mínimo de fricción
Mu-meter trailer	A / 70	65	1	0,72	0,52	0,42
		95	1	0,66	0,38	0,26
		95	1	0,67	0,52	0,42
Griptester trailer	C / 140	65	1	0,74	0,53	0,43
		95	1	0,64	0,36	0,24
Traction Watcher One (TWO)	B / 210	65	1	0,82	0,60	0,50
		95	1	0,74	0,47	0,34

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.3 RESULTADOS DE ENSAYO DE FRICCIÓN

3.3.1.3.1 RESULTADOS ESTÁNDAR A 65 KM/H

A continuación, se muestra los resultados de fricción para cada eje medido en la Pista 09/27 a una velocidad de 65 km/hr.

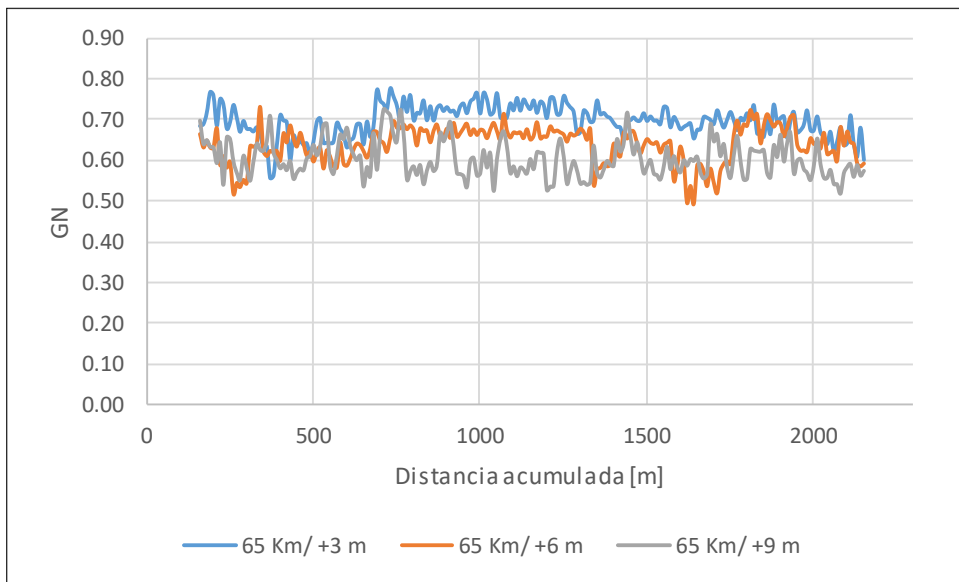
Tabla 49. Valores de fricción a 65 km/h.

Tercio Pista	SUR			NORTE		
	$\mu@+3m$	$\mu@+6m$	$\mu@+9m$	$\mu@-3m$	$\mu@-6m$	$\mu@-9m$
Poniente	0,68	0,62	0,62	0,66	0,56	0,54
Central	0,72	0,66	0,59	0,71	0,65	0,60
Oriente	0,68	0,63	0,59	0,71	0,62	0,59
Promedio por Eje	0,69	0,64	0,60	0,69	0,61	0,58

Fuente: Elaboración Propia.

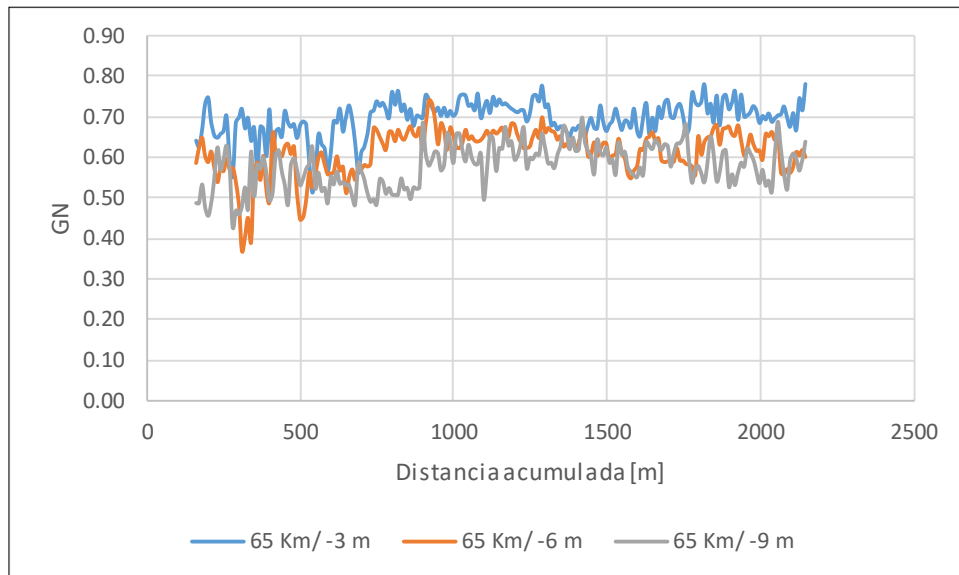
En las siguientes figuras se presentan los resultados gráficos para la fricción a 65 km/hr, tanto para el lado sur como para el lado norte.

Figura 27: Resultados de fricción a 65 km/hr – Lado sur.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 28: Resultados de fricción a 65 km/hr – Lado norte.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.3.2 RESULTADOS ESTÁNDAR A 95 KM/H

A continuación, se muestra los resultados de fricción para cada eje medido en la Pista 09/27 a una velocidad de 95 km/hr.

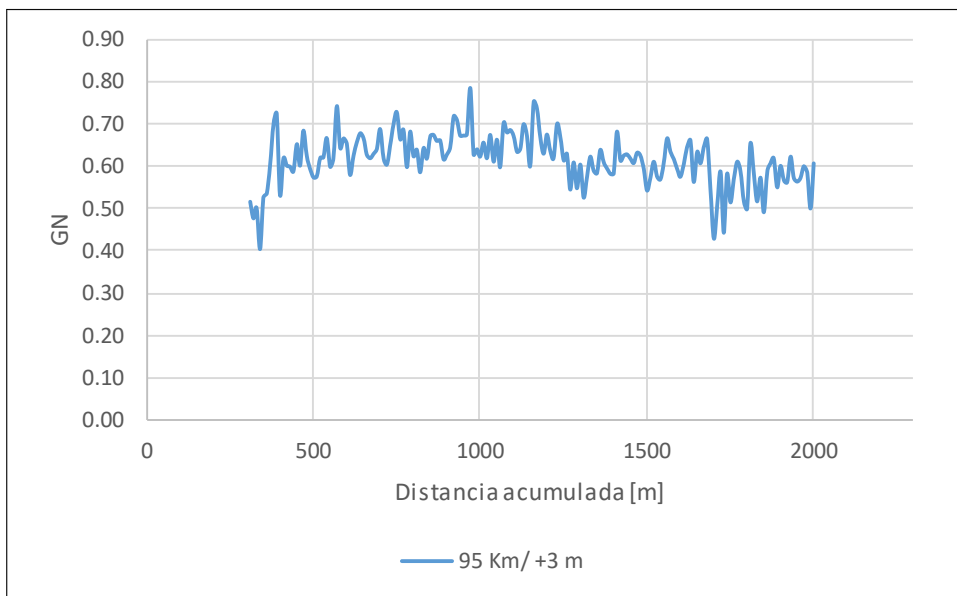
Tabla 50. Valores de fricción a 95 km/h.

Tercio Pista	SUR	NORTE
	$\mu@+3m$	$\mu@-3m$
Poniente	0,60	0,59
Central	0,64	0,71
Oriente	0,58	0,71
Promedio por Eje	0,61	0,67

Fuente: Elaboración Propia.

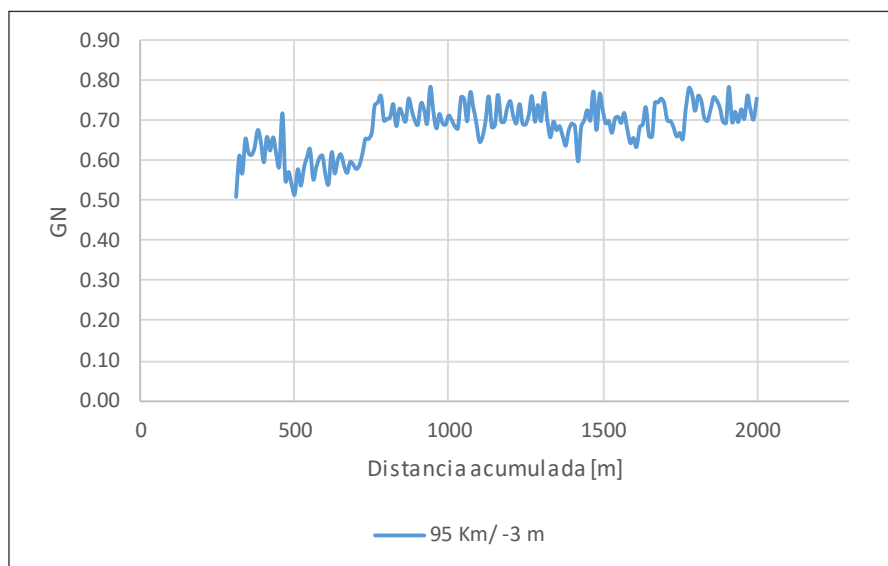
En las siguientes figuras se puede observar los resultados de fricción a lo largo de la Pista para las distintas líneas de evaluación circulando a 95 km/hr.

Figura 29: Resultados de fricción a 95 km/hr – Lado sur.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 30: Resultados de fricción a 95 km/hr – Lado norte.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.4 CONCLUSIONES FRICCIÓN

En la siguiente Tabla se presenta el promedio de las mediciones del coeficiente de fricción por tercios de pista para cada velocidad de evaluación.

Tabla 51. Valores de fricción a 95 km/h.

Tercio Pista	Promedio 95 km/h	Promedio 65 km/h
Poniente	0,60	0,61
Central	0,67	0,66
Oriente	0,64	0,64
Promedio por velocidad	0,64	0,64

Fuente: Elaboración Propia.

Al observar los resultados en los tercios de la pista, se aprecia que en promedio el rozamiento posee un estado adecuado debido a que se sitúa por sobre el nivel de Planificación de Mantenimiento, de acuerdo a lo recomendado por la circular AC 150/5320-12C de la FAA. En el Anexo C, se incluyen los valores de fricción (datos crudos) obtenidos de las mediciones.

3.3.2 PERFILOMETRÍA

3.3.2.1 EQUIPO DE MEDICIÓN

El equipo utilizado para las mediciones de perfilometría corresponde a un perfilómetro láser Clase I del Banco Mundial, y clase 1 según la norma ASTM E950¹⁶, y el estándar AASHTO M 328-10¹⁷.

En terreno se llevó a cabo la calibración de los dos láseres y del odómetro del equipo. Cada láser se calibra usando un bloque de calibración de 75 mm, siendo el objetivo de este procedimiento el asegurar que la distancia entre el equipo y la superficie del pavimento sea medida apropiadamente. Por su parte, la calibración del odómetro asegura que la distancia viajada durante la recolección de datos sea precisa, lo mismo que se realiza encontrando el factor que relaciona la distancia efectiva con el conteo de pulsos del aparato DMI (*Distance Measurement Instrument*). La operación adecuada de los acelerómetros fue verificada mediante un proceso conocido como "test de rebote" ("*Bounce test*").

3.3.2.2 CONDICIONES DE MEDICIÓN

La información recogida mediante Perfilometría Láser es analizada a través del Software "ProFAA", a fin de obtener los siguientes índices de perfil:

- Índice de la Boeing (Boenig Bump Index (BBI))
- Índice del Perfilógrafo de California (California_type Profilograph Profile Index (PI))
- IRI (International Roughness Index (IRI))
- RMS Band Pass Index
- Regla (Straightedge)

El trabajo de terreno fue realizado entre el 20 de Enero de 2021. Se midieron los perfiles de la pista y calles de rodajes con varias pasadas del equipo, en cada pasada recolecta dos perfiles, uno con cada brazo donde alojan los láser, los cuales fueron separados a 2m uno del otro.

1. En la pista se midieron un total de 12 perfiles.
2. En Calles de Rodaje se midieron 8 perfiles.

¹⁶ ASTM E950: "Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference".

¹⁷ AASHTO M 328-10: "Standard Specification for Inertial Profiler".

Tabla 52. Configuración mediciones perfilómetro Láser.

ELEMENTO	LARGO (m)	DISTANCIA DEL EJE LADO ORIENTE (m)						DISTANCIA DEL EJE LADO PONIENTE (m)					
Pista	2300	-1	-3	-5	-7	-9	-11	1	3	5	7	9	11
Rodaje A		-1	-3	-5	-7			1	3	5	7		
Rodaje B		-1	-3	-5	-7			1	3	5	7		

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2.3 ÍNDICES DE PERFIL

3.3.2.3.1 ÍNDICE DE BOEING (BOEING BUMP INDEX O BBI)

Los perfiles se analizaron con el programa ProFAA, y el mayor énfasis se pone en el indicador BBI. La razón de usar el BBI de manera predominante es porque es actualmente el procedimiento recomendado por la FAA para la evaluación de la rugosidad de pavimentos en aeropuertos. Los otros indicadores se presentan más adelante.

El principal propósito del indicador BBI es identificar los resaltos o depresiones que corresponden a deformaciones del perfil. Se le llama genéricamente “resaltos” a lo que inglés se denomina *bumps*, independiente de si la superficie del pavimento está más arriba o más abajo de lo que se esperaría. El algoritmo en el programa ProFAA realiza el cálculo del BBI, el que consiste en simular la colocación de reglas de varias de longitudes y buscar cuál es la mayor altura de la separación entre la regla (apoyada en el perfil) y la superficie. Esta altura, que puede ser positiva o negativa, se asocia a la longitud de la deformación (que es en dónde la regla toca el perfil), formando un par. Ese par, altura y largo de la irregularidad, se compara con las curvas del gráfico de niveles de rugosidad Boeing para definir si ese resalto en particular cae si en el sector de rugosidad aceptable, excesiva, o inaceptable.

Naturalmente un pavimento está lleno de irregularidades, pero la mayoría son aceptables y no tienen consecuencias. El método del BBI permite graficar una traza continua para cada perfil evaluado, donde se puede ver todos los valores de BBI y en particular identificar aquellos lugares del perfil donde el BBI se acerca o supera el valor $BBI=1.0$. Un valor de $BBI=1$ indica que el resalto calculado del perfil en ese lugar está al límite de lo que Boeing como rugosidad aceptable. Se divide el valor absoluto de la altura por el valor límite de altura, que depende de la longitud del resalto. Mientras más alto al valor de BBI, menos aceptable es el resalto.

3.3.2.3.2 ÍNDICE DE PERFILÓGRAFO DE CALIFORNIA (CALIFORNIA PROFILOGRAPH INDEX O PI)

Este indicador se define como la medida, en m/km, de las irregularidades superficiales del pavimento que pueden ocasionar vibraciones excesivas en los vehículos. Se utiliza para determinar la calidad del acabado de una superficie de rodadura. Este índice debe ser menor a 0,11 m/Km (7 pulg/milla). (Fuente: Norma ASTM E 1274 *Standard test method for measuring pavement roughness using a profilograph* y AC 150/5370-10C).

3.3.2.3.3 ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL O *INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX*, IRI

Corresponde a un índice asociado a la calidad de rodadura que experimenta un usuario del pavimento, la literatura asocia este indicador para aeropuertos con un valor entre cero y dos (0 y 2m/km). (Fuente: *Pavement management for airports, roads and parking lots* de MY Shahin).

3.3.2.3.4 RMS BAND PASS INDEX

En un indicador que entrega una medida de la lisura de los pavimentos y su valor no debe superar 1 mm para ser considerado adecuado.

3.3.2.3.5 REGLA (STRAIGHT EDGE)

Es un indicador asociado al control de las diferencias de elevación bajo una regla de longitud fija, cuyos valores no deben superar los 12 mm en cualquier punto entre la superficie del pavimento y la regla. Para la lisura, la desviación máxima desde una regla de 5 m no debe exceder de 6,4 mm en cualquier punto del pavimento.

3.3.2.4 RESULTADOS DE ANÁLISIS PERFILOMETRÍA LÁSER

A continuación, en las siguientes tablas se indican los resultados obtenidos para cada uno de los 5 índices de perfil. En el Anexo D se adjuntan los perfiles por cada indicador y eje de medición.

3.3.2.4.1 PISTA 09/27

En la siguiente tabla se muestra el resultado de los índices obtenidos a través de la medición de perfilometría y procesados en el software ProFAA para la Pista.

Tabla 53. Resultados índices para la Pista.

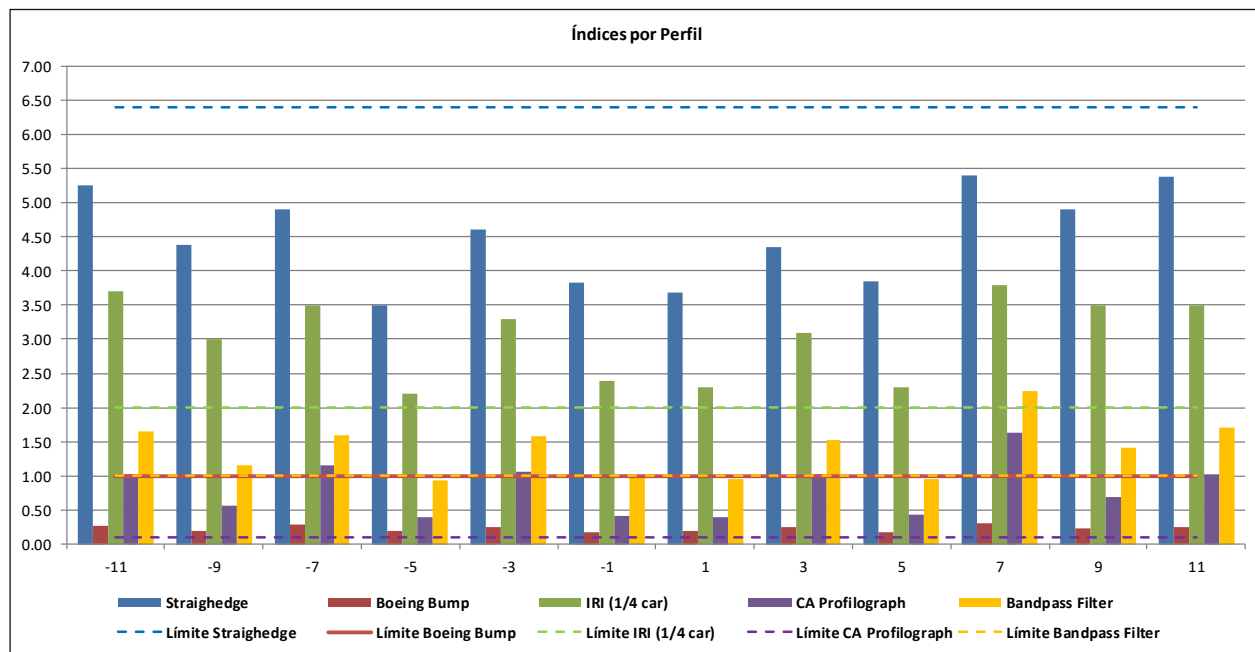
Índices	INDICES EN PISTA												
	LADO IZQUIERDO						LADO DERECHO						Límite
	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	
Straighedge	5,26	4,38	4,89	3,49	4,61	3,84	3,68	4,35	3,85	5,39	4,91	5,38	6,4 mm
Boeing Bump	0,26	0,21	0,29	0,19	0,26	0,18	0,19	0,25	0,18	0,31	0,23	0,25	1,00
IRI (1/4 car)	3,70	3,00	3,50	2,20	3,30	2,40	2,30	3,10	2,30	3,80	3,50	3,50	2,0 m/km
CA Profilograph	1,03	0,57	1,16	0,40	1,07	0,41	0,40	1,03	0,44	1,64	0,70	1,04	0,11 m/km
Bandpass Filter	1,65	1,16	1,60	0,93	1,58	0,97	0,95	1,53	0,95	2,25	1,42	1,71	1,0 mm

Fuente: Elaboración Propia.

En general en todas las líneas de medición los índices se excede el rango aceptable, para el IRI, el IP del CA Profilograph, y en el Band Pass Filter.

Es importante destacar que durante la campaña de levantamiento de deterioros fue posible verificar que existen gran cantidad de grietas selladas, lo cual influye en los valores obtenidos.

Figura 31: Resultados índices para la Pista.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2.4.2 RODAJE ALFA

En la siguiente tabla se muestra el resultado de los índices obtenidos a través de la medición de perfilometría y procesados en el software ProFAA para el Rodaje Alfa.

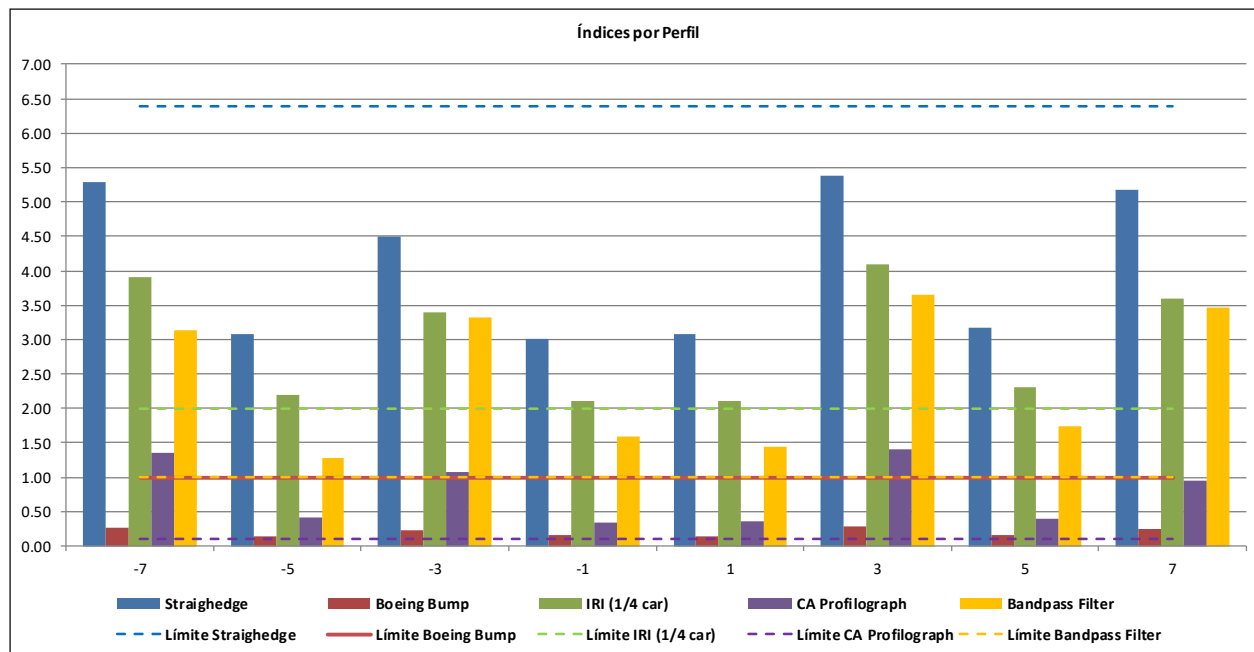
Tabla 54. Resultados índices para el Rodaje Bravo.

Índices	ÍNDICES RODAJE BRAVO								Límite Superior
	LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO				
	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	
Straighedge	5,29	3,08	4,50	3,00	3,09	5,38	3,17	5,19	6,4 mm
Boeing Bump	0,28	0,15	0,24	0,15	0,15	0,29	0,16	0,24	1,0
IRI (1/4 car)	3,90	2,20	3,40	2,10	2,10	4,10	2,30	3,60	2,0 m/km
CA Profilograph	1,36	0,41	1,07	0,34	0,36	1,41	0,39	0,94	0,11 m/km
Bandpass Filter	3,14	1,28	3,33	1,59	1,44	3,65	1,73	3,46	1,0

Fuente: Elaboración Propia.

En general en todas las líneas de medición los índices se excede el rango aceptable, para el IRI, el IP del CA Profilograph, y en el Band Pass Filter.

Figura 32: Resultados índices para el Rodaje Alfa.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2.4.3 RODAJE BRAVO

En la siguiente tabla se muestra el resultado de los índices obtenidos a través de la medición de perfilometría y procesados en el software ProFAA para el Rodaje Bravo.

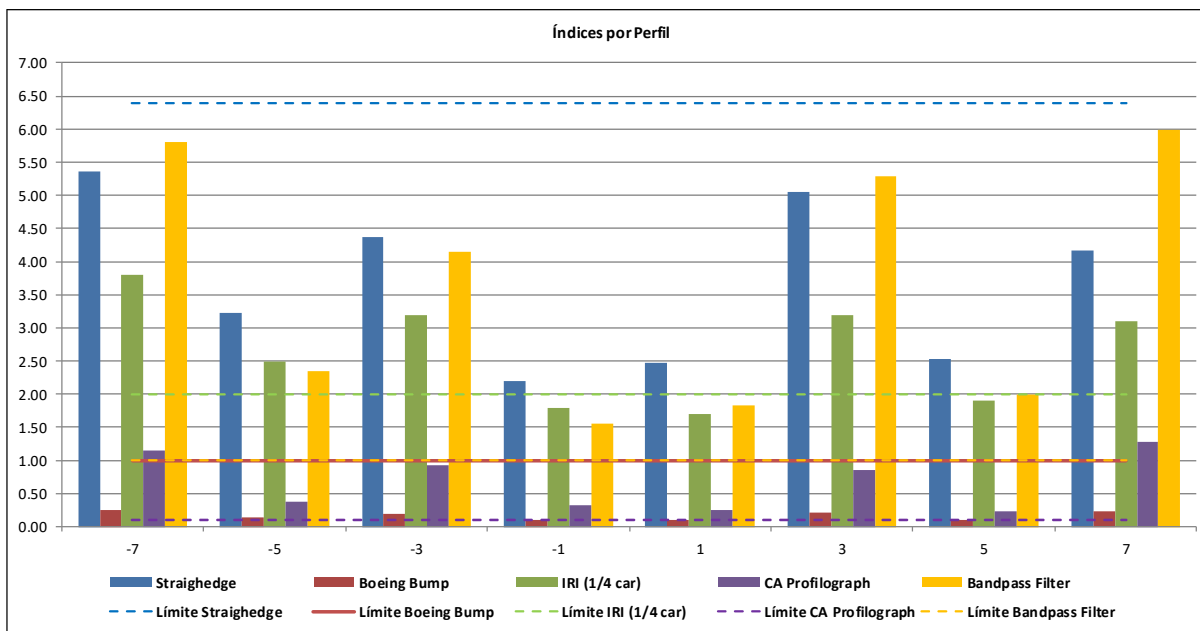
Tabla 55. Resultados índices para el Rodaje Bravo.

Índices	ÍNDICES RODAJE BRAVO								Límite Superior
	LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO				
	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	
Straighedge	5,36	3,23	4,38	2,20	2,48	5,05	2,54	4,17	6,4 mm
Boeing Bump	0,26	0,14	0,20	0,10	0,11	0,21	0,11	0,22	1,0
IRI (1/4 car)	3,80	2,50	3,20	1,80	1,70	3,20	1,90	3,10	2,0 m/km
CA Profilograph	1,16	0,37	0,93	0,32	0,25	0,86	0,23	1,28	0,11 m/km
Bandpass Filter	5,80	2,34	4,14	1,56	1,84	5,29	2,00	5,99	1,0

Fuente: Elaboración Propia.

En general en todas las líneas de medición los índices se excede el rango aceptable, para el IRI, el IP del CA Profilograph, y en el Band Pass Filter.

Figura 33: Resultados índices para el Rodaje Bravo.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2.5 CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis realizado, si bien se observan valores de índices que superan los límites recomendados, cabe mencionar que, para efectos de evaluación de pavimentos del área de movimiento de aeronaves, el índice de mayor relevancia y que mejor refleja el comportamiento del perfil y su afectación a los sistemas de amortiguación y de navegación de la aeronave es el Índice de Resaltos de Boeing o Boeing Bump Index (BBI) de la pista, siendo los demás índices meramente referenciales e incluso de difícil interpretación como el IRI, originalmente creado para pavimentos de carreteras al estar basado en el sistema de amortiguación de los vehículos en tránsito, cuyas características son muy diferentes al sistema de amortiguación de cada una de las aeronaves.

Debido a lo anterior, solamente se comentarán los resultados obtenidos con respecto al BBI de la pista, careciendo de sentido analizar las calle de rodaje o plataformas debido a que en ellas la velocidad de circulación no genera un problema en los sistemas de control de las aeronaves o en su sistema de amortiguación.

Tabla 56. Resultados índice BBI de la Pista.

INDICES EN PISTA													
Índices	LADO IZQUIERDO						LADO DERECHO						Límite
	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	
Boeing Bump	0,26	0,21	0,29	0,19	0,26	0,18	0,19	0,25	0,18	0,31	0,23	0,25	1,00

Fuente: Elaboración Propia.

En este caso, el índice BBI de la pista muestra valores relativamente bajos, es decir, son todos menores a BBI=1, por tanto, el perfil del pavimento se considera adecuado en todas las líneas de medición. Lo anterior significa que las aeronaves al pasar en velocidad no tendrán problemas de vibraciones excesivas que puedan afectar al control de la aeronave, de los sistemas a bordo o del sistema de amortiguación.

3.3.3 MODELO DE PROYECCIÓN DE PCI POR SECCIÓN CARACTERÍSTICA

A continuación, se muestra un modelo de deterioro para los pavimentos del Área de Movimiento del Aeródromo Ricardo García Posada. Este modelo se desarrolla en base al índice PCI entregado por el programa PAVER para los años 2021 a 2025 y proyectándolo hasta el horizonte de evaluación correspondiente a 20 años, es decir, hasta el año 2041.

El PCI es un indicador numérico que entrega una calificación de las condiciones superficiales del pavimento, basada en los deterioros observados en su superficie, los que pueden ser generados por factores de Clima, Carga u Otros. Por lo tanto, el PCI entrega una calificación de cómo se comporta funcionalmente el pavimento debido a las características climáticas del lugar, las cargas a las cuales se vea sometido el pavimento y otros aspectos no identificados que difieran de los dos anteriores. El factor "Otros" corresponde a orígenes de deterioros tales como: terminaciones de construcciones defectuosas, áridos contaminados con materias orgánicas, acción de solventes en asfaltos, etc.

La proyección del índice PCI se realiza a nivel de Sección Característica, utilizando inicialmente los valores de PCI proyectados por el programa PAVER entre los años 2021 y 2025 y que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 57. Proyección de índice PCI mediante PAVER entre años 2021 y 2025 - Ad. Ricardo García Posada.

Rama	Sección	2021	2022	2023	2024	2025
PI	MPI-1	60	59	58	57	56
PI	PI-1	59	58	57	56	55
PL	PL-1	22	21	20	19	18
RD	CR-A	51	50	49	48	47
RD	CR-B	17	16	15	14	13
RD	CR-C	35	34	33	32	31
RD	MCR-B	17	16	15	14	13

Fuente: Elaboración Propia.

Los índices PCI de la tabla anterior se proyectan hasta el año 2041 por medio del siguiente modelo de deterioro:

$$PCI_i = a * x_i + b * x_i^2 + c$$

Donde:

- PCI_i : PCI a la edad i .
- x_i : Edad i del pavimento.

Al ajustar el modelo a cada una de las Secciones Características del Aeródromo Ricardo García Posada, se obtienen los coeficientes de ajuste a , b y c de la siguiente tabla.

Tabla 58. Ajuste modelo de deterioro Ad. Ricardo García Posada.

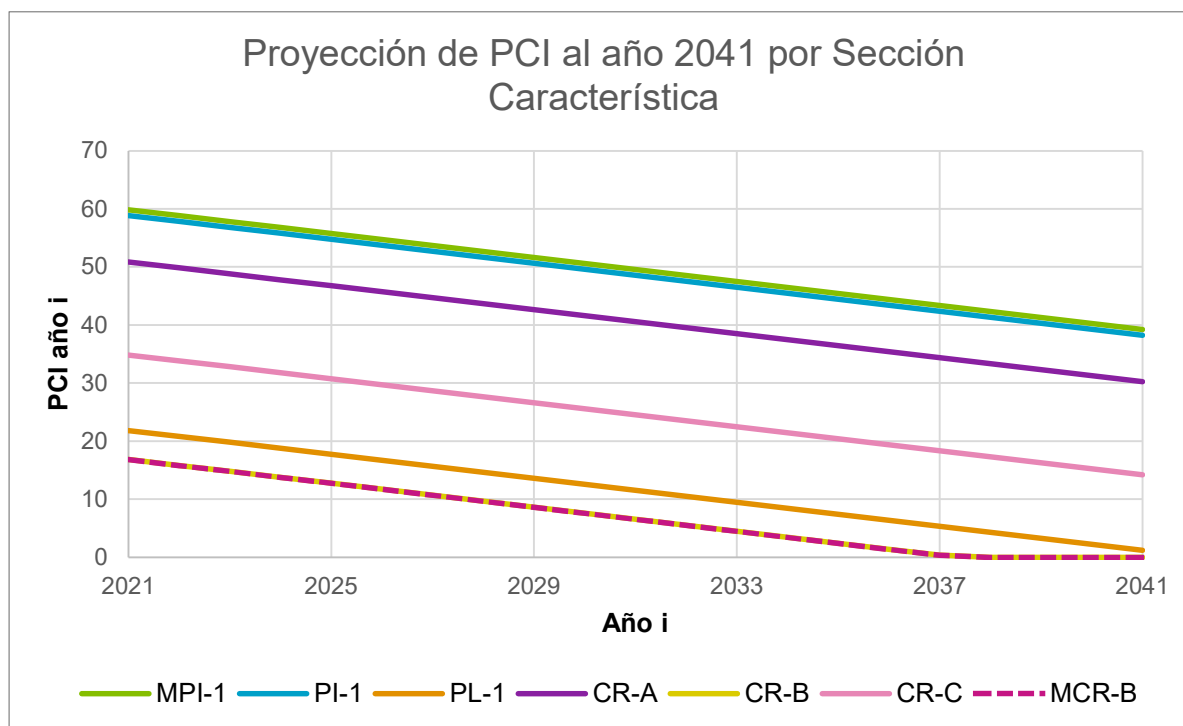
Sección	a	b	c	PCI al año 2041	Carga (%)	Clima (%)	Otro (%)	Δ PCI por Carga	Δ PCI por Clima	Δ PCI por Otro
MPI-1	-1,028	0	2137,4	39	0%	100%	0%	0	39	0
PI-1	-1,028	0	2136,4	38	0%	100%	0%	0	38	0
PL-1	-1,028	0	2099,4	1	0%	100%	0%	0	1	0
CR-A	-1,028	0	2128,4	30	0%	100%	0%	0	30	0
CR-B	-1,028	0	2094,4	0	0%	100%	0%	0	0	0
CR-C	-1,028	0	2112,4	14	43%	14%	43%	6	2	6
MCR-B	-1,028	0	2094,4	0	0%	100%	0%	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla anterior, muestra adicionalmente el PCI que se obtendría por cada Sección Característica al aplicar el modelo de deterioro al horizonte de evaluación de 20 años, observándose que todas las secciones presentarían un PCI inferior a 55 y por tanto demandarían reconstrucción. Además se muestra el porcentaje de incidencia de los factores de deterioro de Carga, Clima u Otros, donde es posible ver que la disminución del índice PCI se debe principalmente a las características climáticas del sector, salvo la Sección CR-C (sector de hormigón de Rodaje Bravo) donde el factor Carga y Otro es predominante.

En la siguiente figura se muestran finalmente las gráficas del modelo de deterioro propuesto para cada Sección Característica del Aeródromo Ricardo García Posada, donde es posible observar que para el año 2037 las secciones MCR-B y CR-B llegarían a PCI=0.

Figura 34: Proyección de PCI por Sección Característica



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.3.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO DE PROYECCIÓN

Si bien el modelo de deterioro presentado para cada sección representa una situación hipotética llevada a 20 años hacia adelante, refleja con claridad que los pavimentos sin mantenimiento preventivo y/o correctivo indefectiblemente llegarán a una situación sin retorno, donde se ha perdido su capacidad de brindar una respuesta adecuada desde el punto de vista operacional al perder por completo su capacidad funcional y estructural.

Es por este motivo que, sin duda es importante realizar los mantenimientos rutinarios y mayores a los pavimentos de manera oportuna, de modo que su curva de deterioro se atenúe en el tiempo consiguiendo así que los pavimentos prolonguen su vida útil estructural y funcional, en óptimas condiciones de seguridad y servicio.

Analizando la figura, se puede observar que la pista (secciones MPI-1 y PI-1) se encuentra bajo el nivel de PCI crítico (PCI=65), por tanto, es posible que de seguir sin mantenimiento los pavimentos no puedan continuar prestando servicios a partir del año 2025. Las demás secciones ya se encuentran en un nivel funcional por debajo del PCI = 55, lo que significa que dichas secciones completas son candidatas a obras de mantenimiento mayor probablemente a su reconstrucción.

No obstante, las decisiones que se tomen a futuro con los pavimentos, a continuación se muestra un análisis de sensibilidad aplicando los mantenimientos mayores a los pavimentos antes de que su PCI llegue a 55 en el caso de MPI-1 y PI-1 y mantenimiento mayor a aquellas que ya se encuentran por debajo de PCI =55.

En la siguiente tabla se muestran los mantenimientos hipotéticos asumidos para este análisis, asignando un mejoramiento de PCI de 5% a 15% a los pavimentos a los que se les aplica un mantenimiento rutinario y llevando el PCI a 100% en caso de aplicar una reconstrucción de la estructura de pavimento.

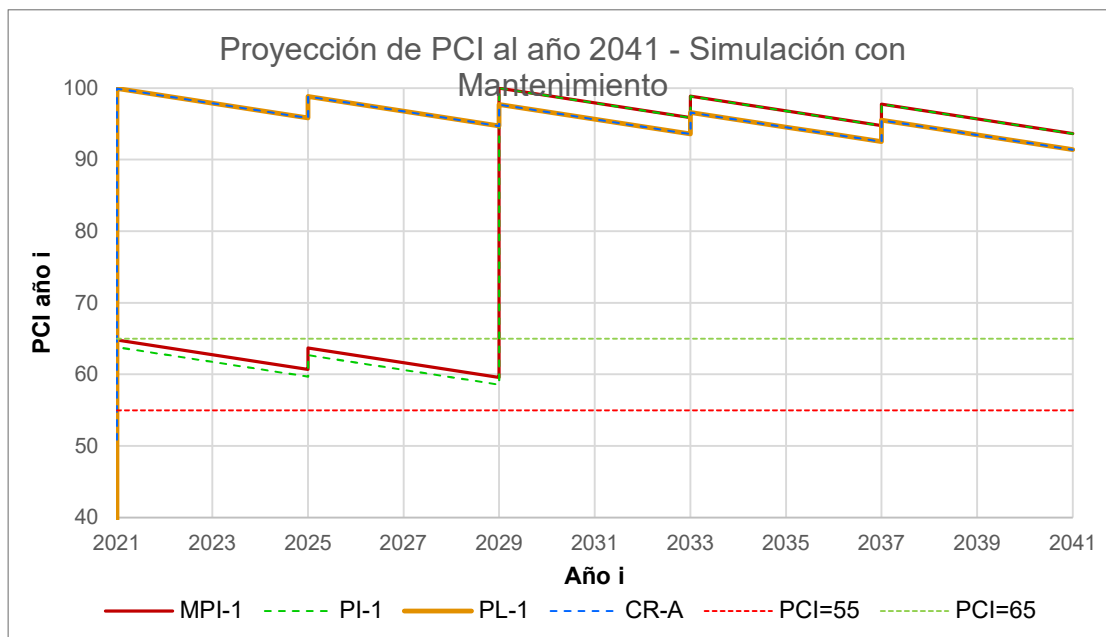
Tabla 59. Tabla PCI con mantenimientos propuestos – análisis a 20 años.

Sección	PCI estimados con Mantenimientos										
	Actual	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
MPI-1	60	65	64	63	62	64	63	62	61	100	99
PI-1	59	64	63	62	61	63	62	61	60	100	99
PL-1	22	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
CR-A	51	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
CR-B	17	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
CR-C	35	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
MCR-B	17	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
Sección	PCI estimados con Mantenimientos										
	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
MPI-1	98	97	99	98	97	96	98	97	96	95	94
PI-1	98	97	99	98	97	96	98	97	96	95	94
PL-1	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91
CR-A	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91
CR-B	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91
CR-C	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91
MCR-B	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91

Fuente: Elaboración Propia.

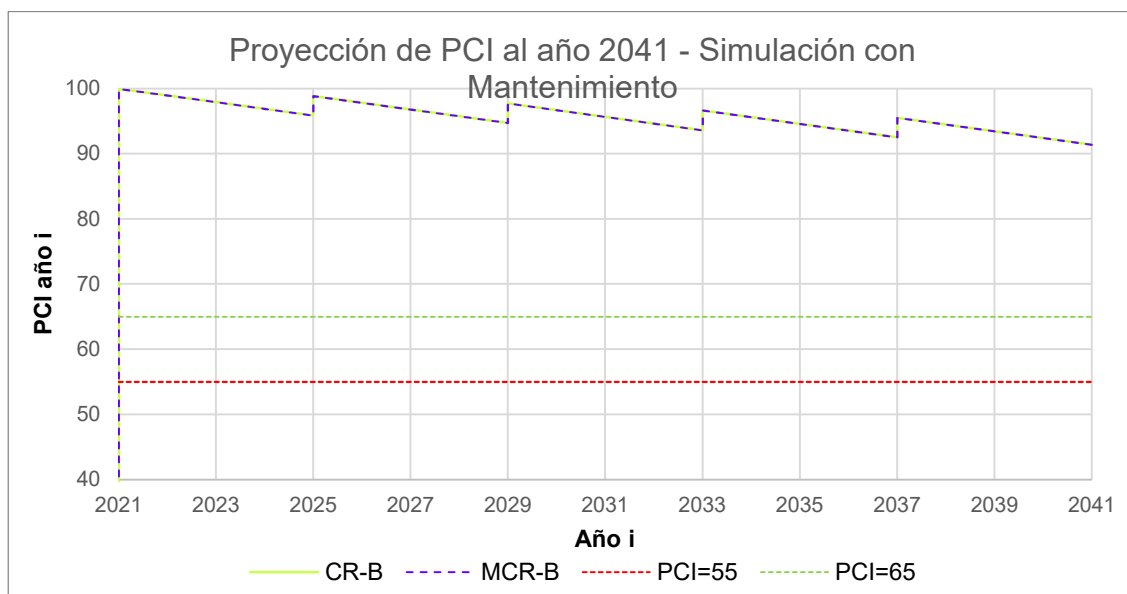
De las siguientes figuras se observa que los pavimentos rehabilitados obtienen un PCI = 100 mientras que los pavimentos a los que se les aplicó un mantenimiento mejoran su PCI, en caso de estos últimos, logrando prolongar su vida útil de servicio.

Figura 35: Proyección de PCI por Sección Característica – Aplicando Mantenimiento y Rehabilitación (1-3).



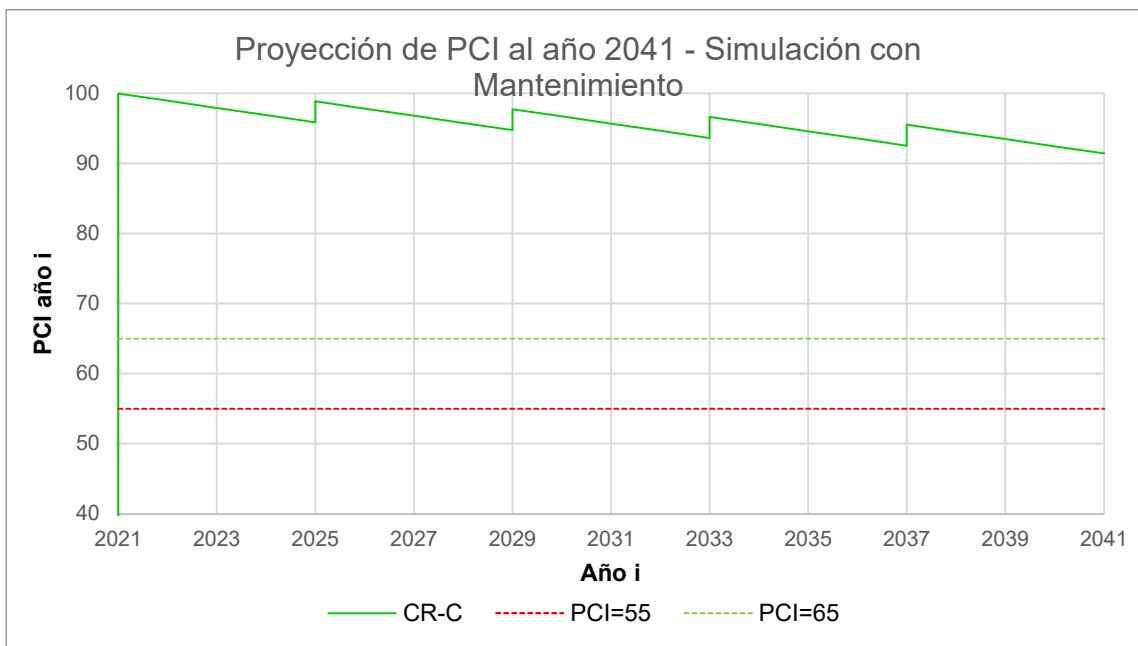
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 36: Proyección de PCI por Sección Característica – Aplicando Mantenimiento y Rehabilitación (2-3).



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 37: Proyección de PCI por Sección Característica – Aplicando Mantenimiento y Rehabilitación (3-3).



Fuente: Elaboración Propia.

3.4 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS

3.4.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL

Este capítulo presenta los resultados de la capacidad estructural de los pavimentos del Lado Aire del Aeródromo Ricardo García Posada, analizando la evaluación realizada el 23 de mayo de 2021 con un deflectómetro de impacto HWD.

La capacidad estructural se evaluó en la Pista 09/27, Calles de Rodaje y Plataforma con un total de 233 puntos. En la siguiente imagen se presentan los sectores evaluados.

Figura 38: Sectores evaluados en Aeródromo Ricardo García Posada.



Fuente: Modificado de Imagen Satelital de Google Earth.

3.4.1.1 EQUIPO UTILIZADO

Para el trabajo se utilizó un deflectómetro de impacto pesado, o Heavy Weight Deflectometer (HWD) desarrollado por Dynatest, este equipo cumple con la normativa respecto a ensayos no destructivos y se encuentra dentro de los equipos especificados en la Tabla 1 de la circular de asesoramiento AC-150/5370-11B "Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements", de la *Federal Aviation Administration* (FAA). En la Tabla 2 de esta circular se detallan algunas especificaciones para este tipo de deflectómetro y algunas de ellas se mencionan a continuación.

Este equipo es un sistema de ensayo montado en un carro de arrastre capaz de aplicar cargas tipo impulso que simulan el paso de una rueda sobre el pavimento. Contiene una configuración de masas que se dejan

caer y que combinada con la altura de caída permiten aplicar cargas máximas entre 30 y 240 Kilo-Newtons (kN), con un sistema de buffers o cojines que mantienen la duración del pulso de carga entre 20 y 30 milisegundos. La operación del deflectómetro se controla desde un computador en la cabina del vehículo. Durante el ensayo se hace bajar el plato de carga y una barra con sensores hasta la superficie del pavimento, y automáticamente se levantan y dejan caer las cargas de ensayo mediante un sistema electro-hidráulico. Un total típico de 7 o 9 sensores (máximo 15, en este caso serán 7) capturan los valores de deflexión. Estos sensores, llamados geófonos, están ubicados a distancias crecientes desde el centro del plato de carga, con el primero de ellos en el centro del plato y los demás a 20, 30, 45, 60, 90, 120 y 150 cm del centro del plato de carga. Esta serie de sensores permite obtener un cuenco de deflexiones. La precisión de estos sensores es 2% +/- 2 micrones.

La deflexión es el valor del desplazamiento en la superficie del pavimento al aplicarle una carga. El valor de la deflexión depende de una serie de factores, entre los que se destacan: la rigidez y espesor del pavimento, su temperatura, además del soporte del suelo de fundación.

El sistema incluye un sistema GPS para geo-referenciación de las mediciones, además de un sistema medidor de distancia para referencia por kilometraje. El sistema mide automáticamente la temperatura del aire y de la superficie del pavimento para su utilización como referencia en el análisis de módulos elásticos de pavimentos bituminosos. El equipo incluye accesorios para la medición de la transferencia de carga en juntas y grietas de pavimentos rígidos de ser necesarios.

Figura 39: Deflectómetro de Impacto Pesado utilizado.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.2 SECTORES EVALUADOS

La evaluación se realiza en cuatro sectores del Aeródromo Ricardo García Posada, Pista 09/27, Calle de Rodaje Alfa, Calle de Rodaje Bravo y Plataforma Comercial, completando un total de 303 ensayos.

En la siguiente imagen se presentan los sectores evaluados y en la siguiente tabla se indica la cantidad de puntos por sector.

Figura 40: Sectores Evaluados en Aeródromo Ricardo García Posada.



Fuente: Modificado de Imagen Satelital de Google Earth.

Tabla 60. Cantidad de puntos evaluados por sector.

Sector	Cantidad Puntos
Pista 09/27	157
Rodaje Alfa	25
Rodaje Bravo	21
Rodaje Bravo - Centro de Losa	9
Rodaje Bravo - Junta Transversal	6
Plataforma Comercial	15
Total de Puntos	233

Fuente: Elaboración Propia.

La estructura del pavimento utilizada en el análisis de cada sector corresponde a la información obtenida del análisis de la medición realizada con georradar, cuyos resultados se presentan en la Sección 3.4.2.

3.4.1.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para realizar la evaluación se deben definir el nivel de carga que se aplicará, el cual está relacionado con las cargas con que se ve solicitado el pavimento del aeródromo, por este motivo la carga realmente aplicada

cambia en cada aeródromo ya que la estructura del pavimento y su condición no es el mismo, cambiando incluso de sección en sección. Algunos pavimentos se encuentran muy deteriorados y se debe ajustar el nivel de carga máxima que permita obtener un nivel de deflexiones que pueda ser analizado. Por este motivo se eligen 3 niveles de carga. Sin embargo, cabe destacar que el valor del módulo no depende de la carga aplicada, por tanto, independientemente del valor utilizado para normalizar el módulo resultante será el mismo.

La evaluación en el Aeródromo Ricardo García Posada se realiza a tres niveles de carga (80 kN, 120 kN y 150 kN), realizando el análisis con las deflexiones obtenidas a 120 kN. El análisis de deflexiones se realizó en base a la metodología establecida en la circular de asesoramiento AC-150/5370-11B Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements, de la Federal Aviation Administration (FAA), donde se recomienda analizar el Índice Instantáneo de Rigidez, Deflexiones y Módulos Elásticos de cada capa.

3.4.1.3.1 MÓDULO DE RIGIDEZ DE IMPULSO

La circular de asesoramiento AC-150/5370-11B Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements, de la Federal Aviation Administration (FAA), en el Capítulo 2 se recomienda analizar el índice instantáneo de rigidez relativa, calculado a partir de las deflexiones obtenidas en el pavimento. Este indicador de rigidez se define como la fuerza dinámica aplicada, dividida por la deflexión máxima medida bajo el centro del plato de carga y corresponde al módulo de rigidez de impulso (Impulse Stiffness Modulus, ISM):

$$ISM = \frac{L}{D_0}$$

Donde:

ISM: módulo de rigidez de impulso (kN/cm),

D0: deflexión máxima bajo plato de carga (cm),

L: carga aplicada (kN).

Este índice entrega una medida rápida de la resistencia del paquete estructural de pavimento relativo a otra configuración estructural o sección, lo que permite determinar cambios en la "respuesta estructural" del pavimento y por ende secciones diferentes.

En cuanto a la normalización de las deflexiones, se utiliza la relación señalada en el Capítulo 7 de la AC 150/5370-11B de la FAA.

$$D_{0n} = \left(\frac{L_{norm}}{L_{aplicada}} \right) \cdot D_0$$

Donde:

D_{0n} : deflexión normalizada (μm),

L_{norm} : carga normalizada (kN),

$L_{aplicada}$: carga aplicada (kN),

D_0 : deflexión medida en el respectivo sensor (μm).

3.4.1.3.2 ANÁLISIS DE DURABILIDAD EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Los pavimentos de hormigón pueden experimentar problemas de durabilidad como resultado de diseños de mezcla deficientes, construcción deficiente, agregados reactivos y no duraderos, climas húmedos y un gran número de ciclos de congelación-descongelación. En general, los problemas de durabilidad son más graves a lo largo de las juntas de hormigón y en las esquinas de las losas porque los niveles de humedad son los más altos en estos lugares.

Los problemas de durabilidad de las losas de hormigón se pueden evaluar comparando el Módulo de Rigidez de Impulso (ISM) obtenido del centro de la losa y comparándolo con el Módulo de Rigidez de Impulso (ISM) obtenido en una junta transversal o longitudinal o en la esquina de la losa.

$$ISM_{ratio} = \frac{ISM_{slab-center}}{ISM_{slab-joint}}$$

Donde:

ISM_{ratio} : relación del módulo de rigidez de impulso,

$ISM_{slab-center}$: módulo de rigidez de impulso en el centro de la losa (kN/cm),

$ISM_{slab-joint}$: módulo de rigidez de impulso en la junta de la losa (kN/cm),

Un ISM_{ratio} mayor que 3 puede indicar que la durabilidad de la junta de la losa es pobre. Si está entre 3 y 1.5, la durabilidad es cuestionable. Por último, si la relación es inferior a 1.5, es probable que el pavimento de hormigón esté en buenas condiciones. Estos rangos se basan en el supuesto de que la durabilidad en el interior del hormigón es excelente.

3.4.1.3.3 DEFLEXIONES Y MÓDULOS DE CADA CAPA

Para el análisis de las deflexiones se utiliza un retroanálisis por ajuste al cuenco completo de deflexiones que permite definir el módulo elástico de cada capa de la estructura del pavimento analizado. El análisis se realiza de acuerdo con el modelo no lineal elástico de Odemark – Boussinesq en base a retrocálculo, utilizando el software ELMOD indicado en la Tabla 16 de la circular de asesoramiento AC-150/5370-11B *"Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements"*, de la *Federal Aviation Administration (FAA)*.

Se realizó el retroanálisis de los valores de deflexión usando los espesores y las temperaturas del pavimento de este proyecto usando un software de retroanálisis por ajuste al cuenco completo de deflexiones y que considera la posible no-linealidad del suelo de subrasante.

Los resultados se presentan en el Anexo B y el proceso de trabajo se presenta a continuación. El primer paso es organizar las mediciones e ingresar las estructuras de pavimento para luego, según el tipo de proyecto, identificar tramos homogéneos.

Se analizan las deflexiones obtenidas en cada punto evaluado. Mayores deflexiones son signos de menor capacidad estructural. Las deflexiones se normalizan por carga porque la respuesta individual del pavimento hace que haya pequeñas diferencias entre la carga que se quería aplicar y la carga que efectivamente se aplicó (para eso el equipo tiene un sensor de carga). Las deflexiones fueron normalizadas a 120 kN.

Utilizando las deflexiones, los espesores y una estimación inicial de módulos elásticos de las capas del pavimento, se utiliza un programa para determinar, mediante iteraciones, cuáles son los valores de módulo elástico que mejor se ajustan a las deflexiones medidas.

3.4.1.3.4 EFICIENCIA DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA

El análisis de juntas o grietas es importante porque la cantidad de carga que se transfiere de una losa a otra contigua puede impactar significativamente la capacidad estructural del pavimento.

La transferencia de carga es la habilidad de la junta de transferir una parte de la carga aplicada de uno al otro lado de la junta.

3.4.1.3.4.1 EFICIENCIA DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA DE DEFLEXIÓN

Para determinar la eficiencia de la transferencia de carga de deflexión el plato de carga se debe colocar en la losa de salida, y los otros geófonos en la losa de entrada. Considerando 2 geófonos que se encuentren a la misma distancia de la junta, pero en losas diferentes. Para este ensayo se ubicó el plato de carga y el geófono D2 (a 20 cm del plato de carga) en la losa de salida, y a partir del geófono 3 (ubicado a 30 cm del plato de carga) se ubican al otro lado de la junta, en la losa de entrada.

$$LTE_{\Delta} = \left(\frac{\Delta_{losa \text{ no cargada}}}{\Delta_{losa \text{ cargada}}} \right) 100\%$$

Donde:

LTE_{Δ} : Eficiencia de transferencia de carga en deflexión, en porcentaje.

$\Delta_{losa \text{ no cargada}}$: Deflexión en losa no cargada (μm)

$\Delta_{losa \text{ cargada}}$: Deflexión en losa cargada (μm)

3.4.1.3.4.2 EFICIENCIA DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA DE ESFUERZO

Los valores de LTE_{Δ} deben relacionarse con la eficiencia de transferencia de carga de esfuerzo (LTE_{σ}) para comprender cómo la transferencia de carga afectará la capacidad estructural de una sección de pavimento. Esto es necesario porque los procedimientos de evaluación y diseño de la FAA en ac 150 / 5320-6 asumen que la cantidad de transferencia de carga es suficiente para reducir el esfuerzo de flexión del borde libre en una losa PCC en un 25 por ciento.

$$LTE_{\sigma} = \left(\frac{\sigma_{losa \text{ no cargada}}}{\sigma_{losa \text{ cargada}}} \right) 100\%$$

Donde:

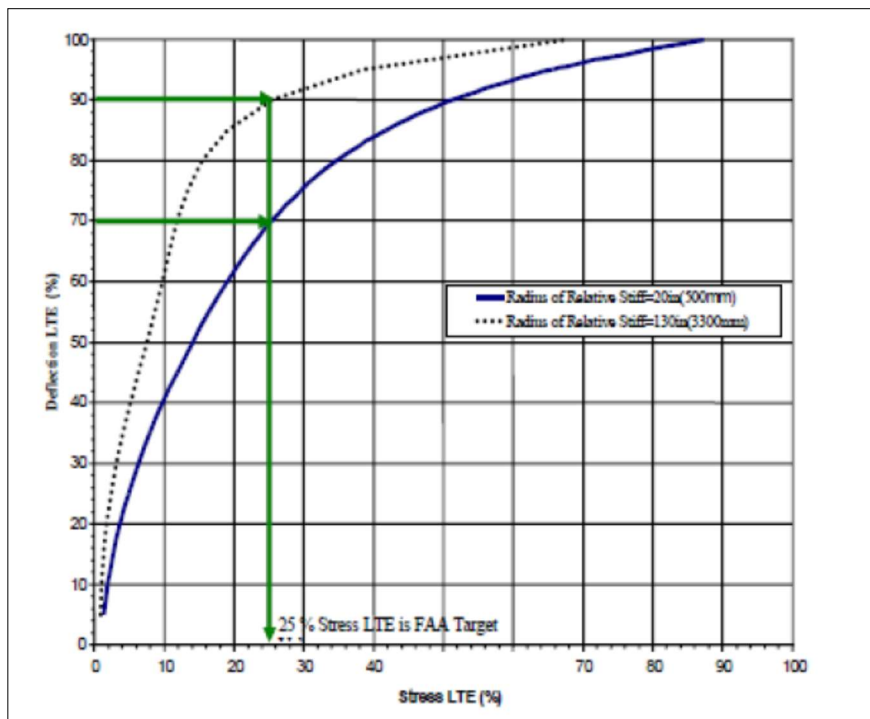
LTE_{σ} : Eficiencia de transferencia de carga de esfuerzo, en porcentaje.

$\sigma_{losa \text{ no cargada}}$: Tensión en losa no cargada (μm)

$\sigma_{losa \text{ cargada}}$: Tensión en losa cargada (μm)

En la siguiente figura se muestra una relación entre $LTE\Delta$ y $LTE\sigma$ para un plato de carga de 30 cm. La relación entre estas eficiencias depende de la relación entre el radio de contacto de la carga y el radio de rigidez relativa de la losa. Las dos curvas que se muestran en esta imagen proporcionan un límite para el rango de valores de λ_k que se esperan para los pavimentos de aeródromos. En los procedimientos de diseño y evaluación de la FAA se utiliza un valor del 25% como $LTE\sigma$.

Figura 41: Deflexión vs tensión. Relación LTE para plato de carga de 30 cm de diámetro.



Fuente: AC-150/5370-11B Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements

Para determinar $LTE\sigma$ de la imagen 3 es necesario determinar el radio de rigidez relativa (λ_k). En la circular de asesoramiento AC-150/5370-11B Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements, Capítulo 7, de la *Federal Aviation Administration* (FAA), se presenta la siguiente ecuación para determinar λ_k .

$$\lambda_k = \left[\frac{\ln \left(\frac{A - AREA}{B} \right)}{C} \right]^D$$

Donde:

λ_k : Radio de rigidez relativa (in).

AREA: AREA en pulgadas para SHRP 4 sensores.

A, B, C y D: Constantes de AREA definidas.

A: 36

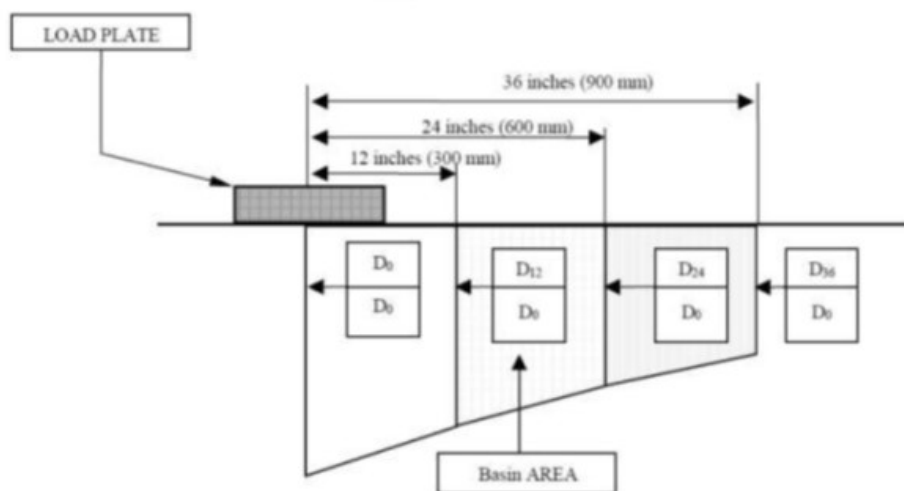
B: 1812.279

C: -2.559

D: 4.387

El AREA se calcula utilizando deflexiones que forman parte del cuenco de deflexiones.

Figura 42: AREA para configuración de 4 sensores SHRP.



Fuente: AC-150/5370-11B Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements

$$AREA = 6 + 12 \left(\frac{D_{12}}{D_0} \right) + 12 \left(\frac{D_{24}}{D_0} \right) + 6 \left(\frac{D_{36}}{D_0} \right)$$

Donde:

AREA: en pulgadas

D₀: Deflexión máxima en el centro del plato de carga en mils.

D_i: Deflexión a 12, 24 y 36 pulgadas (30, 60 y 90 cm) del centro del plato de carga en mils.

3.4.1.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La información de deflectometría entregada corresponde a deflexiones a 120 kN, con un total de 233 ensayos en el sector de análisis. Los resultados de las deflexiones de cada punto y el valor del módulo de rigidez de impulsos en cada punto encuentran en detalle en el Anexo A Módulo de Rigidez de Impulso. En la siguiente Tabla se presenta un resumen por la línea de medición en cada sector indicando la cantidad de puntos, el promedio y valor máximo y mínimo para la deflexión máxima normalizada a 120 kN y para el módulo de rigidez de impulso (ISM).

Tabla 61. ISM y deflexión Máxima Normalizada por Sector.

Sector	Línea de Medición	Kilometraje	Cantidad de Puntos	Deflexión (μm)			ISM (kN/cm)		
				Prom.	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.
PISTA 09/27	Pista+3	0.000 - 0.350	6	1078	1202	985	1118	1219	998
		0.350 - 2.050	28	799	1257	382	1591	3138	955
		2.050 - 2.320	6	1036	1293	797	1186	1505	928
	Pista+6	0.000 - 0.350	6	962	1301	760	1293	1579	922
		0.350 - 2.050	27	771	1009	562	1469	2383	1189
		2.050 - 2.320	6	927	1117	633	1351	1897	1075
	Pista-3	0.000 - 0.350	6	1185	1399	1014	1024	1183	858
		0.350 - 2.050	28	843	1070	504	1463	2383	1122
		2.050 - 2.320	4	1009	1034	958	1190	1253	1160
	Pista-6	0.000 - 0.350	6	1119	1451	920	1105	1305	827
		0.350 - 2.050	29	694	975	548	1767	2189	1231
		2.050 - 2.320	5	1106	1256	912	1100	1316	955
RODAJE ALFA ASFALTO	Alfa+3	0.000 - 0.200	11	1169	1390	936	1039	1283	863
		0.200 - 0.350	6	1532	2193	1078	828	1113	547
	Alfa-6	0.000 - 0.200	5	1218	1624	829	1066	1448	739
		0.200 - 0.350	3	1644	2200	1288	769	931	545
RODAJE BRAVO	Bravo+3	0.000 - 0.100	11	1277	1926	682	1045	1760	623
	Bravo-6	0.000 - 0.100	10	804	1267	532	1595	2256	947
RODAJE BRAVO HORMIGÓN	Centro de losa		9	669	945	435	1915	2761	1270
	Junta Transversal		6	854	1178	692	1444	1734	1018
PLATAFORMA	Línea 1	0.000 - 0.080	5	1063	1629	786	1237	1526	737
	Línea 2	0.000 - 0.080	5	1200	1748	760	1112	1579	686
	Línea 3	0.000 - 0.080	5	1220	1373	1028	999	1168	874

Fuente: Elaboración Propia.

Estos resultados proporcionan una evaluación rápida de la resistencia general del pavimento y la variabilidad relativa de resistencia dentro del aeródromo (pista, calle de rodaje o plataforma).

La Pista 09/27 presenta tres estructuras de pavimento en su longitud, lo que se puede observar en la variación del nivel de deflexiones, debido a esto en la Tabla anterior se presentan los resultados de la Pista para cada sector. El sector de 1600 metros centrales presenta una menor deflexión y mayores valores de ISM.

En pavimento de asfalto Pista 09/27 se tienen valores de ISM mayores a 827 (kN/cm) y valor máximo de 2383 (kN/cm). En general la deflexión a 120 kN es mayor a 382 μ m, con un promedio de deflexión en Pista de 856 μ m, obteniéndose valores promedio ISM menores a 1482 (kN/cm).

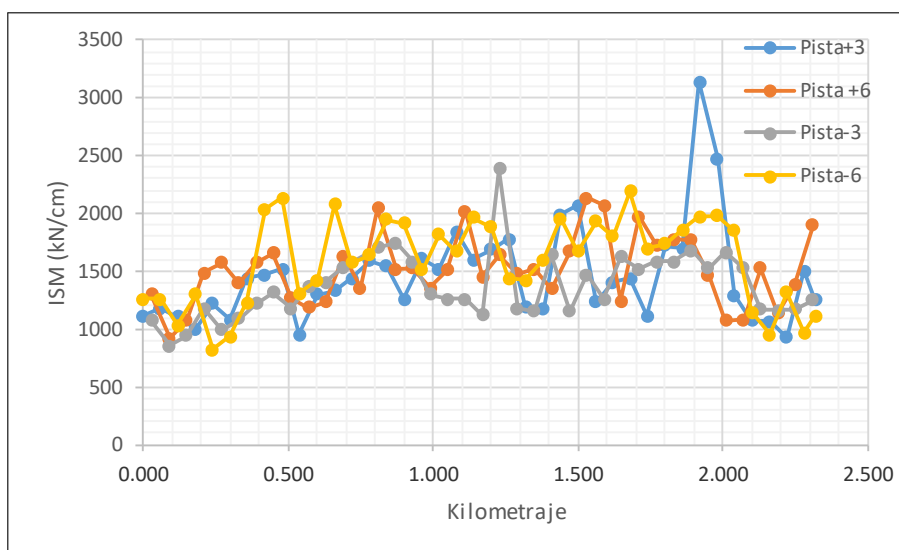
A continuación, se presentan los resultados por sector con la ubicación de los puntos evaluados, una tabla resumen con la cantidad de ensayos realizados y los promedios de deflexión y módulos por cada capa, por último, se entregan los gráficos de los valores de deflexión máxima normalizada a 120 kN y los módulos elásticos de cada capa estructura definida, considerando la temperatura de referencia para el asfalto de 32°C.

3.4.1.4.1 PISTA 09/27

La Pista 09/27 fue evaluada en 4 líneas paralelas al eje de la pista, líneas a 3 y 6 metros a cada lado del eje. Las líneas definidas a la derecha del eje de la Pista (considerando el sentido de avance en el kilometraje) corresponden a las líneas +3 y +6.

Se evaluaron 157 puntos en la Pista 09/27 y los resultados del módulo de rigidez de impulso se observan en la siguiente Imagen.

Figura 43: ISM Pista 09/27.



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados de los Módulos Elásticos para cada capa se encuentran en detalle en el Anexo B Deflexiones y Módulos Elásticos. Para obtener estos resultados se utiliza la estructura definida con el georradar, considerando las mediciones realizadas en las 4 líneas se obtiene como promedio en la Pista 09/27 un Módulo Elástico del asfalto para las condiciones de medición de 3424 MPa, y ajustado a la temperatura de referencia de 32°C se tiene un módulo promedio de 1831 MPa. Para la base granular el Módulo elástico promedio de la Pista es de 421 MPa.

Los promedios de los Módulos elásticos de cada capa por línea evaluada se presentan en la siguiente Tabla. A continuación, se presenta la ubicación de los ensayos por eje y los resultados gráficos de las deflexiones normalizadas y de los módulos elásticos por cada capa.

Tabla 62. Módulos Elásticos de cada capa Pista 09/27.

Sector	Línea de Medición	kilometraje	Cantidad de Puntos	Módulos Elásticos (MPa)				
				E1	E1 ref	E2	E3	Esub
PISTA 09/27	Pista+3	0.000 - 0.350	6	2130	971	395	157	254
		0.350 - 2.050	28	3993	2017	486	140	253
		2.050 - 2.320	6	2652	1385	279	192	429
	Pista+6	0.000 - 0.350	6	2472	1232	350	234	240
		0.350 - 2.050	27	3619	1976	395	157	239
		2.050 - 2.320	6	3252	1697	293	227	345
	Pista-3	0.000 - 0.350	6	2947	1517	202	152	279
		0.350 - 2.050	28	3827	2054	386	120	258
		2.050 - 2.320	4	2595	1429	329	139	281
	Pista-6	0.000 - 0.350	6	2695	1468	272	182	219
		0.350 - 2.050	29	4280	2399	518	177	173
		2.050 - 2.320	5	1876	1064	300	169	321

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

E1: Módulo Elástico Asfalto

E1(ref): Módulo elástico del asfalto a la temperatura de referencia de 32°C.

E2: Módulo Elástico Base granular

E3: Módulo Elástico Subbase granular

Esub: Módulo Elástico subrasante

3.4.1.4.1.1 PISTA 09/27 EJE +3

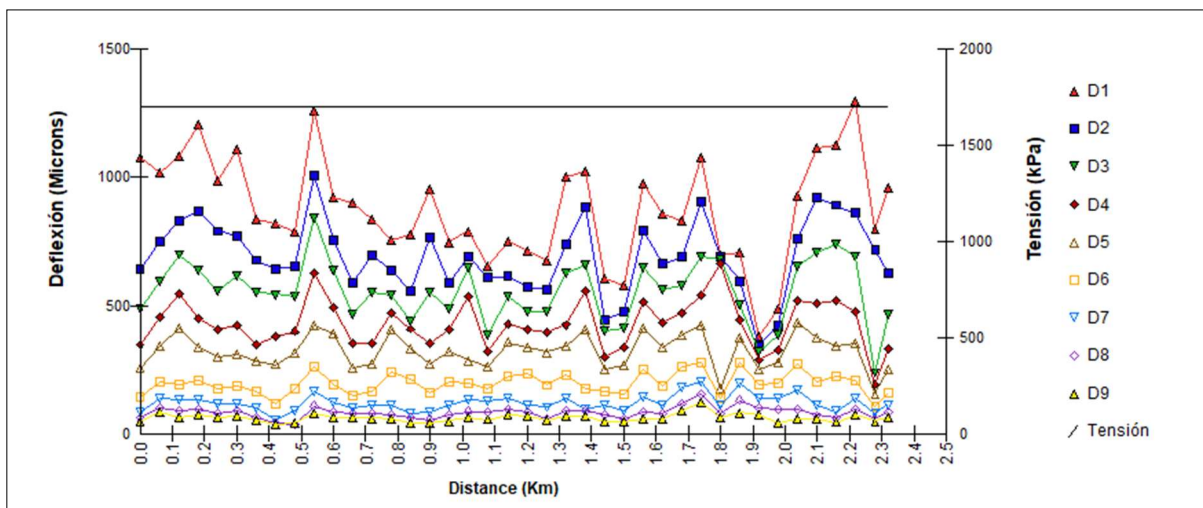
En la Línea +3 de la Pista 09/27 se realizaron 40 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 44: Evaluación Pista 09/27 - Línea +3.



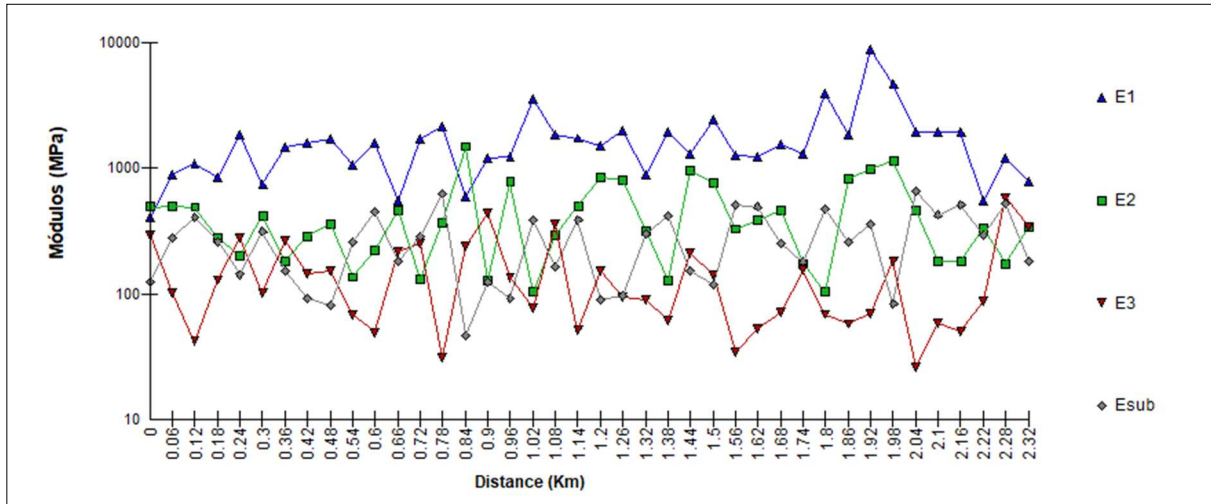
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 45: Deflexiones Normalizadas Pista 09/27 – Línea+3



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 46: Módulos por cada capa Pista 09/27 - Línea +3.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.1.2 PISTA 09/27 EJE +6

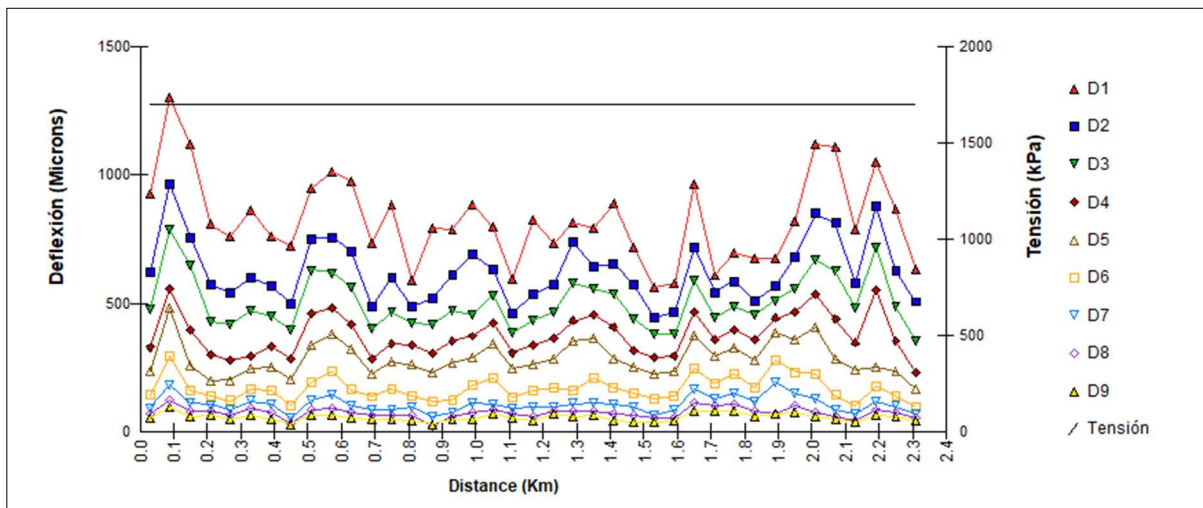
En la Línea +6 de la Pista 09/27 se realizaron 39 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 47: Evaluación Pista 09/27 - Línea +6.



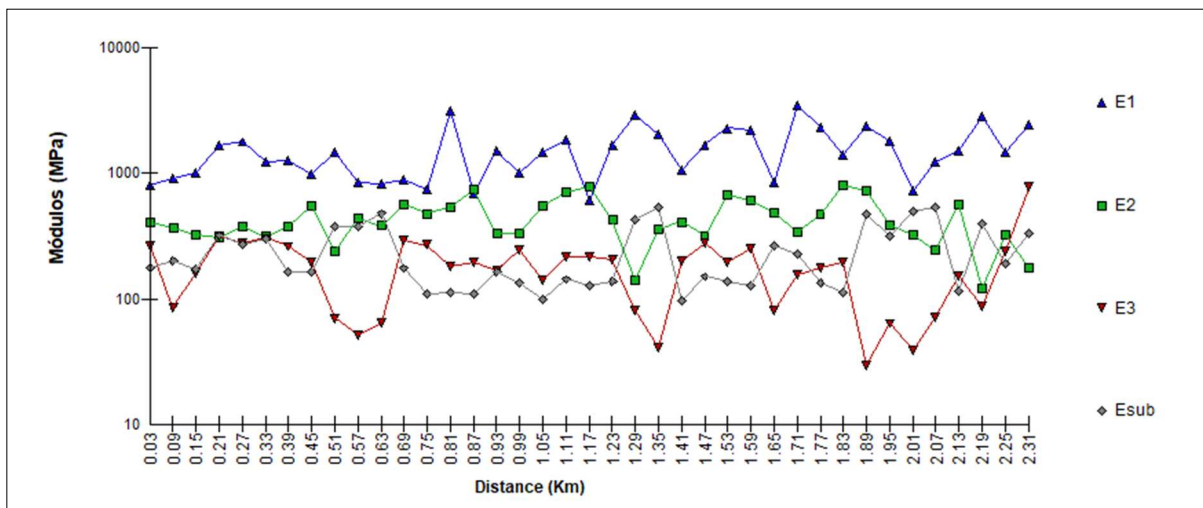
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 48: Deflexiones Normalizadas Pista 09/27 – Línea+6.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 49: Módulos por cada capa Pista 09/27 - Línea +6.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.1.3 PISTA 09/27 EJE -3

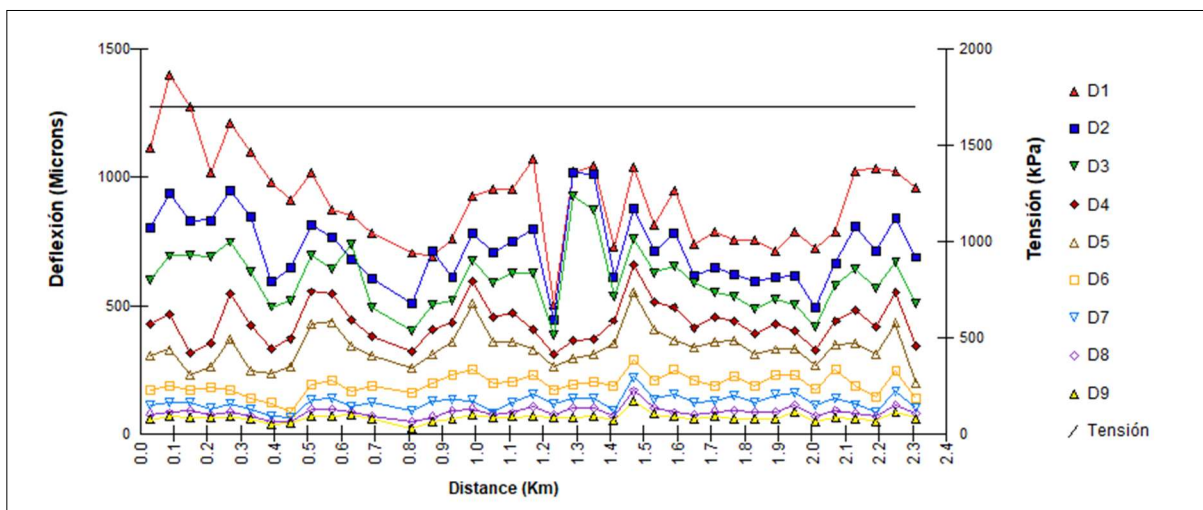
En la Línea -3 de la Pista 09/27 se realizaron 38 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 50: Evaluación Pista 09/27 - Línea -3.



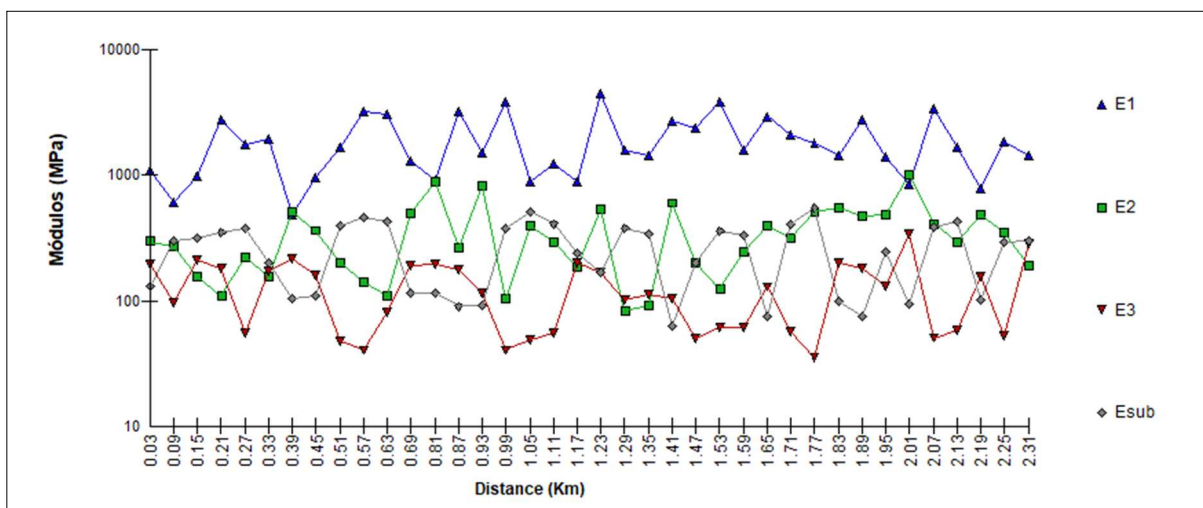
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 51: Deflexiones Normalizadas Pista 09/27 – Línea -3



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 52: Módulos por cada capa Pista 09/27 - Línea -3.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.1.4 PISTA 09/27 EJE -6

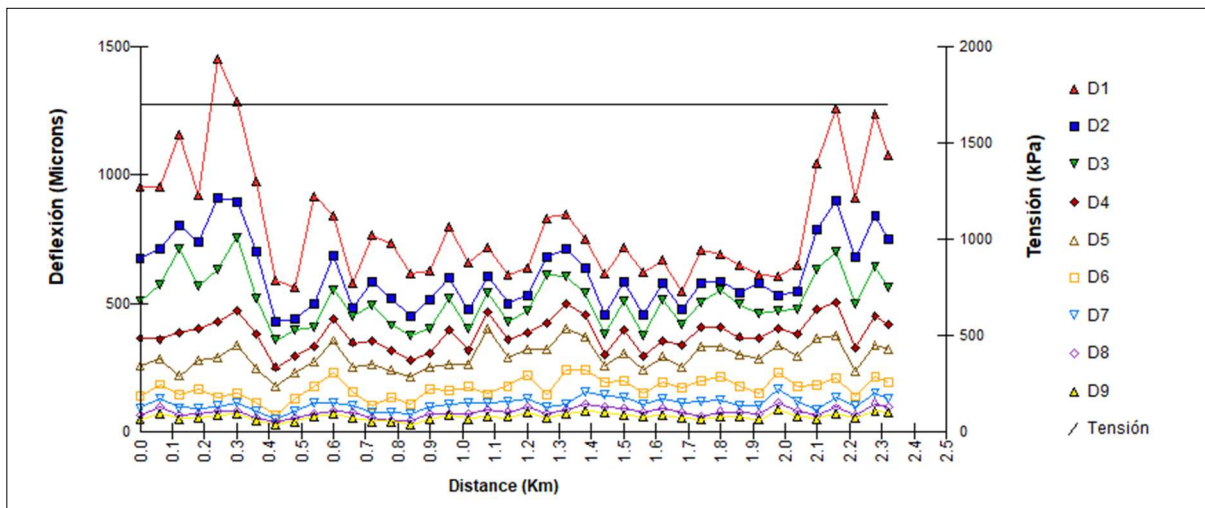
En la Línea -6 de la Pista 09/27 se realizaron 40 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 53: Evaluación Pista 09/27 - Línea -6.



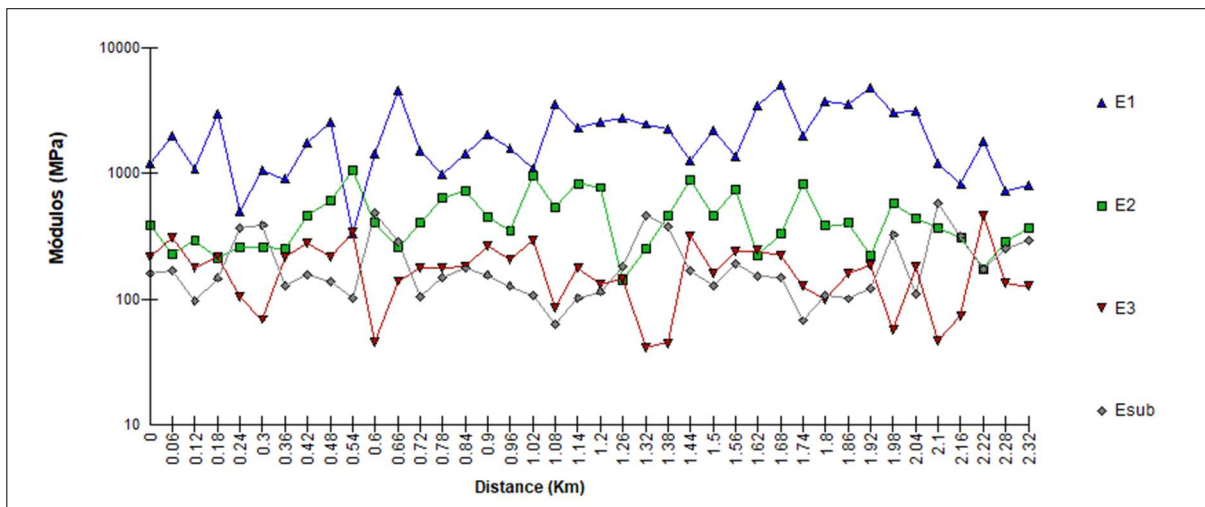
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 54: Deflexiones Normalizadas Pista 09/27 – Línea -6.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 55: Módulos por cada capa Pista 09/27 - Línea -6.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.2 CALLE DE RODAJE ALFA

El Rodaje Alfa fue evaluado en 2 líneas paralelas al eje, líneas a 3 metros a la derecha del eje y a 6 metros a la izquierda del eje. Se evaluaron un total de 25 puntos en el Rodaje Alfa. A continuación, se presenta la ubicación de las mediciones mencionadas anteriormente.

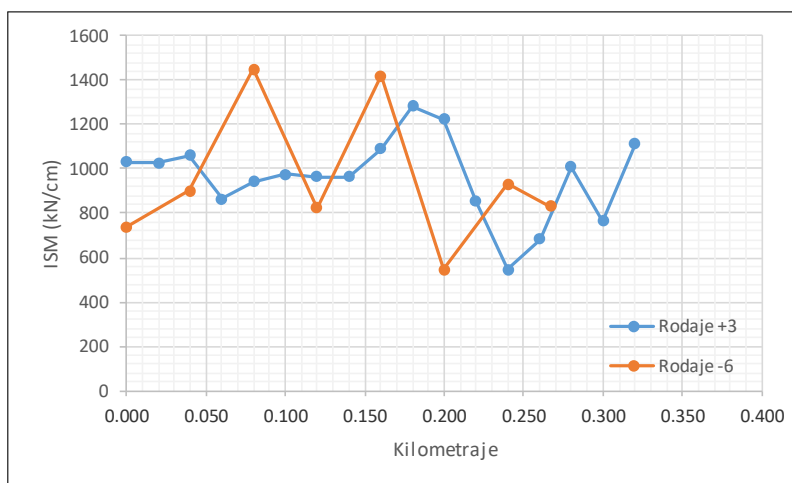
Figura 56: Evaluación Calle de Rodaje Alfa.



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados del Módulo de Rigidez de Impulso se presentan en la Figura 57.

Figura 57: ISM Rodaje Alfa.



Fuente: Elaboración Propia.

El nivel de deflexión es menor en los primeros 200 metros del Rodaje Alfa, por lo que los resultados promedios de ISM, Deflexión y Módulos Elásticos se han presentado según esta sectorización.

Los resultados de los Módulos Elásticos para cada capa se encuentran en detalle en el Anexo B Deflexiones y Módulos Elásticos, Para obtener estos resultados se utiliza la estructura definida con la medición de georradar, considerando las mediciones realizadas en las 2 líneas se obtiene como promedio en el Rodaje Alfa un Módulo Elástico del asfalto para las condiciones de medición de 3540 MPa, y ajustado a la temperatura de referencia de 32°C se tiene un módulo promedio de 1935 MPa. Para la base granular el Módulo elástico promedio del Rodaje Alfa es de 276 MPa.

Los promedios de los Módulos elásticos de cada capa por línea evaluada se presentan en la siguiente Tabla. A continuación se presenta la ubicación de los ensayos por eje y los resultados gráficos de las deflexiones normalizadas y de los módulos elásticos por cada capa.

Tabla 63. Módulos Elásticos de cada capa Rodaje Alfa.

Sector	Línea de Medición	kilometraje	Cantidad de Puntos	Módulos Elásticos (MPa)			
				E1	E1 ref	E2	Esub
RODAJE ALFA ASFALTO	Alfa+3	0.000 - 0.200	11	4408	2442	193	209
		0.200 - 0.350	6	2980	1611	316	165
	Alfa-6	0.000 - 0.200	5	3084	1665	383	133
		0.200 - 0.350	3	2234	1178	322	98

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

E1: Módulo Elástico Asfalto

E1(ref): Módulo elástico del asfalto a la temperatura de referencia de 32°C.

E2: Módulo Elástico Base granular

Esub: Módulo Elástico subrasante

3.4.1.4.2.1 RODAJE ALFA - LÍNEA +3

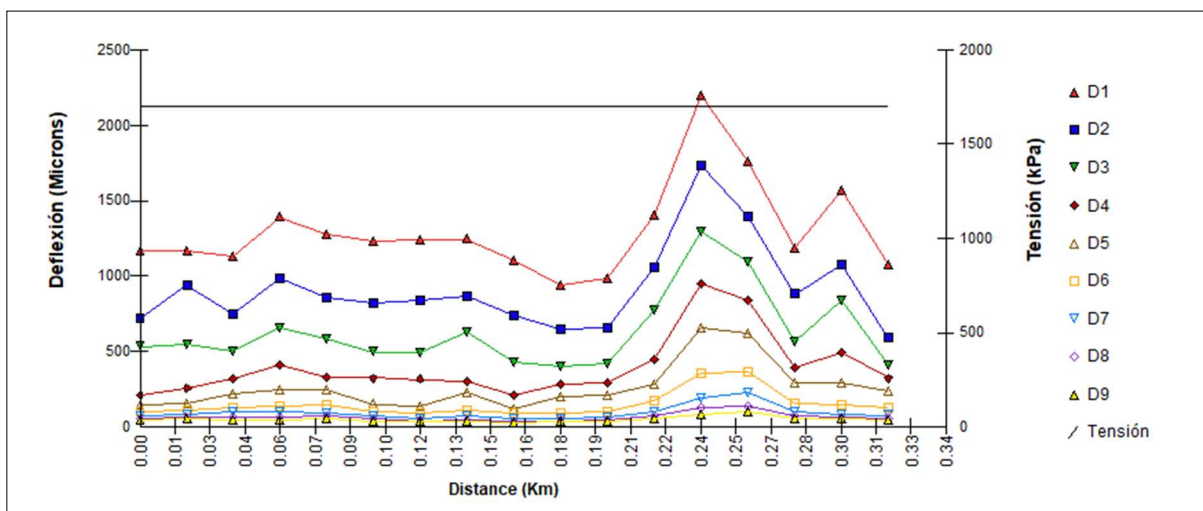
En la Línea +3 del Rodaje se realizaron 17 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 58: Evaluación Calle de Rodaje Alfa- Línea +3.



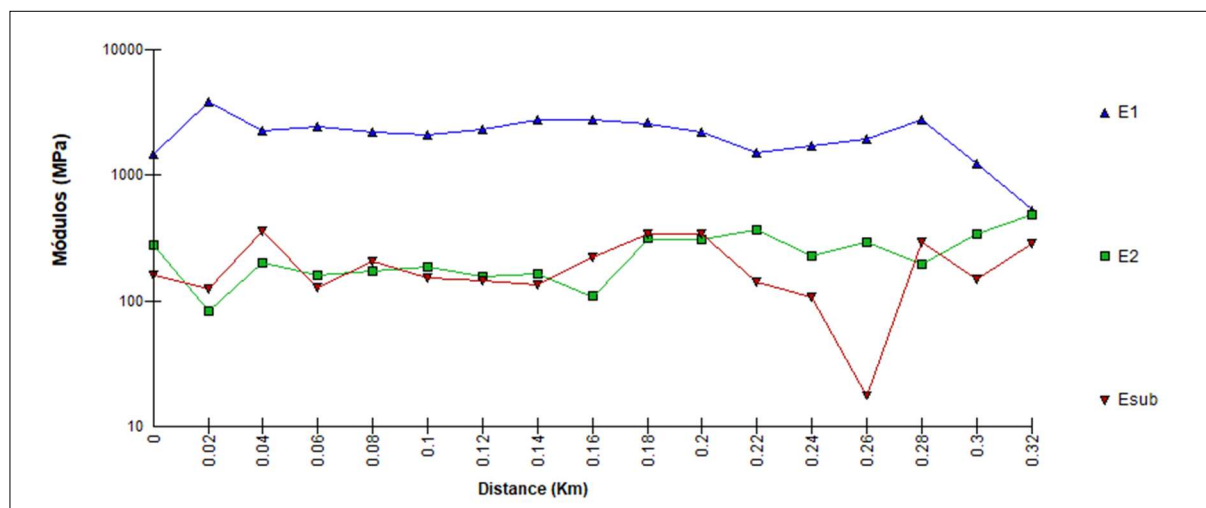
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 59: Deflexiones Normalizadas Rodaje Alfa - Línea +3.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 60: Módulos por cada capa Rodaje Alfa - Línea +3.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.2.2 RODAJE ALFA – LÍNEA -6

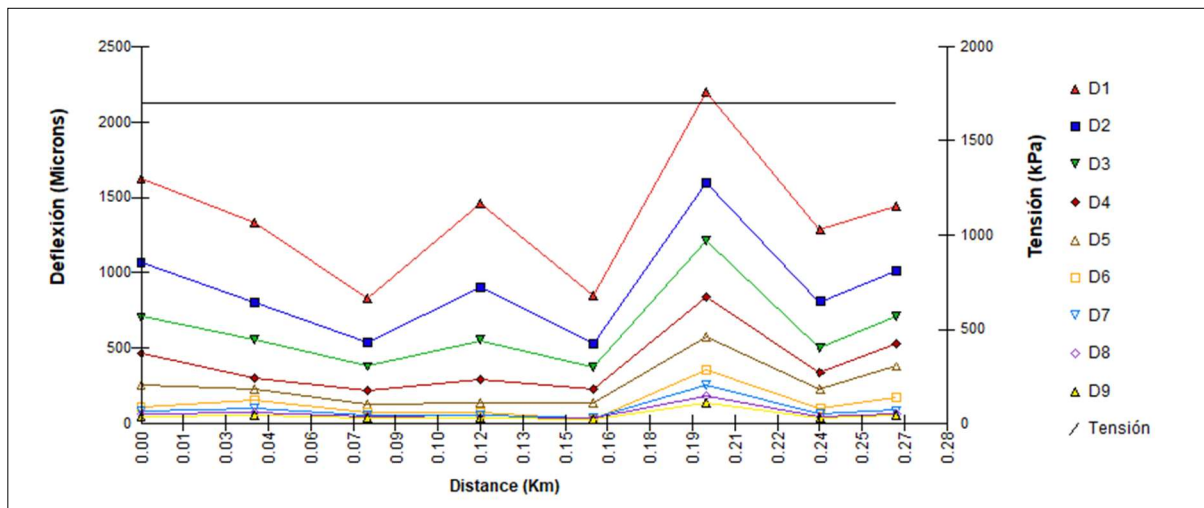
En la Línea -6 del Rodaje Bravo se realizaron 8 evaluaciones. En la siguiente Imagen se presenta la ubicación de los puntos y, a continuación, se muestran en forma gráfica los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 61: Evaluación Calle de Rodaje Bravo - Línea -6.



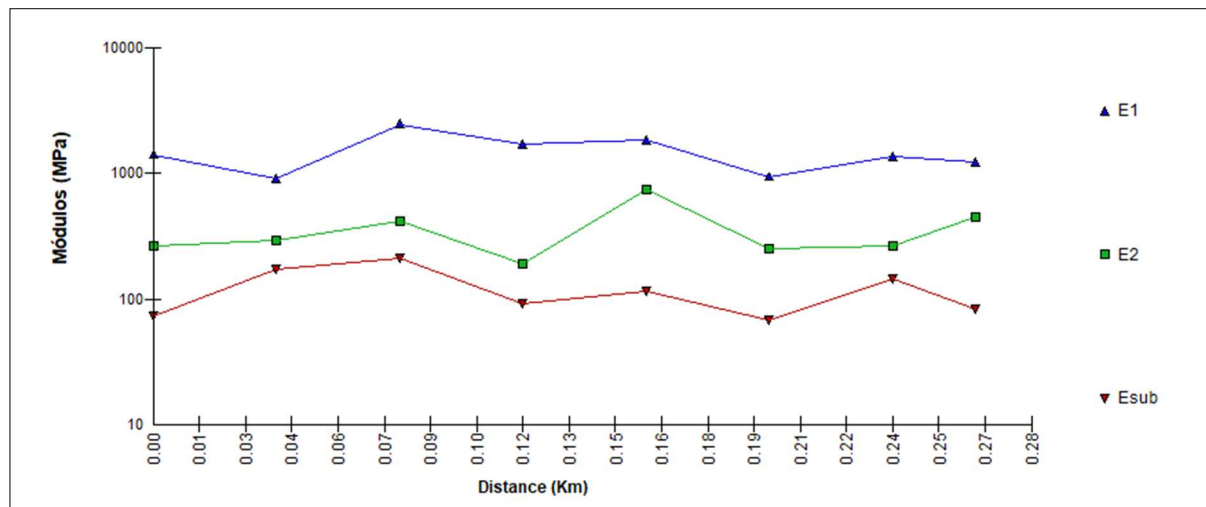
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 62: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo - Línea -6.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 63: Módulos por cada capa Rodaje Alfa - Línea -6.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.3 CALLE DE RODAJE BRAVO (ASFALTO)

La Calle de Rodaje fue evaluada en la parte de asfalto en 2 líneas paralelas al eje, líneas a 3 metros a la derecha del eje y a 6 metros a la izquierda del eje. Se evaluaron un total de 21 puntos. A continuación, se presenta la ubicación de las mediciones mencionadas anteriormente.

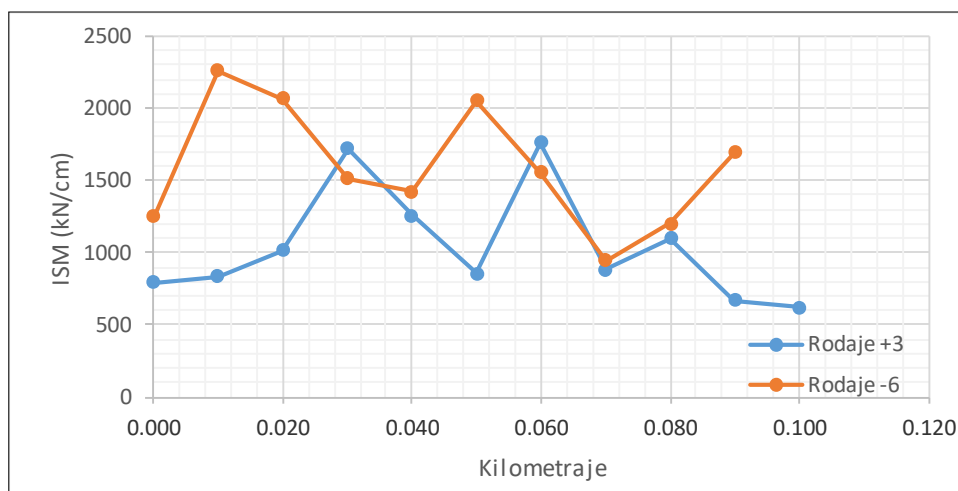
Figura 64: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Asfalto).



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados del Módulo de Rigidez de Impulso se presentan a continuación.

Figura 65: ISM Rodaje Bravo (Asfalto).



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados de los Módulos Elásticos para cada capa se encuentran en detalle en el Anexo B Deflexiones y Módulos Elásticos, Para obtener estos resultados se utiliza la estructura definida con la medición de georradar, considerando las mediciones realizadas en las 2 líneas se obtiene como promedio en el Rodaje Bravo un Módulo Elástico del asfalto para las condiciones de medición de 4085 MPa, y ajustado a la temperatura de referencia de 32°C se tiene un módulo promedio de 2144 MPa. Para la base granular el Módulo elástico promedio del Rodaje Alfa es de 725 MPa.

Los promedios de los Módulos elásticos de cada capa por línea evaluada se presentan en la siguiente Tabla. A continuación se presenta la ubicación de los ensayos por eje y los resultados gráficos de las deflexiones normalizadas y de los módulos elásticos por cada capa.

Tabla 64. módulos Elásticos de cada capa Rodaje Bravo (Asfalto).

Sector	Línea de Medición	Cantidad de Puntos	Módulos Elásticos (MPa)			
			E1	E1 ref	E2	Esub
RODAJE BRAVO ASFALTO	Bravo+3	11	2993	1611	557	127
	Bravo-6	10	5285	2730	910	214

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

E1: Módulo Elástico Asfalto

E1(ref): Módulo elástico del asfalto a la temperatura de referencia de 32°C.

E2: Módulo Elástico Base granular

Esub: Módulo Elástico subrasante.

3.4.1.4.3.1 RODAJE BRAVO - LÍNEA +3

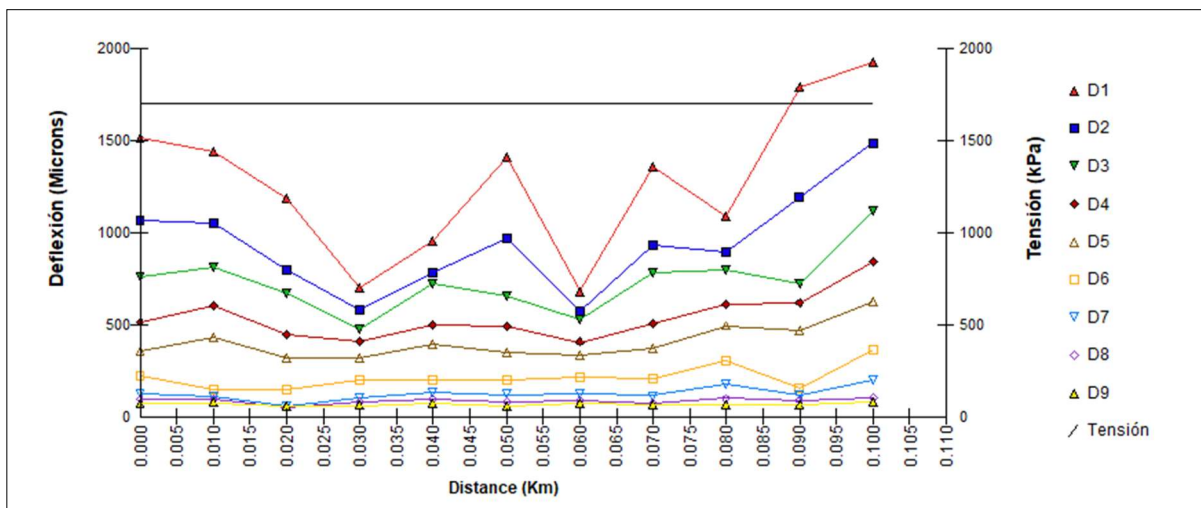
En la Línea +3 del Rodaje se realizaron 11 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 66: Evaluación Calle de Rodaje Bravo- Línea +3.



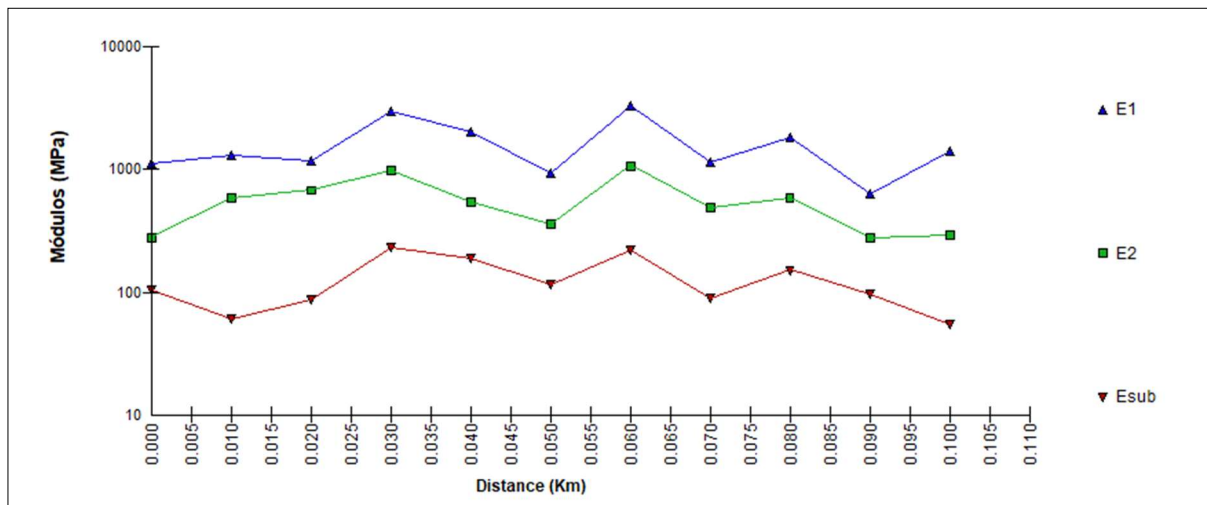
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 67: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo - Línea +3.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 68: Módulos por cada capa Rodaje Bravo - Línea +3.

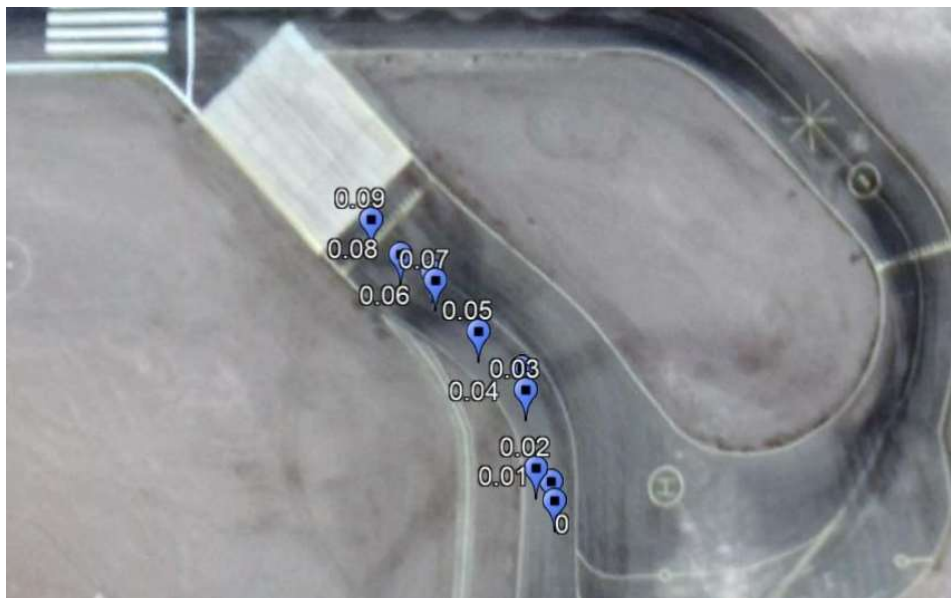


Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.3.2 RODAJE BRAVO - LÍNEA -6

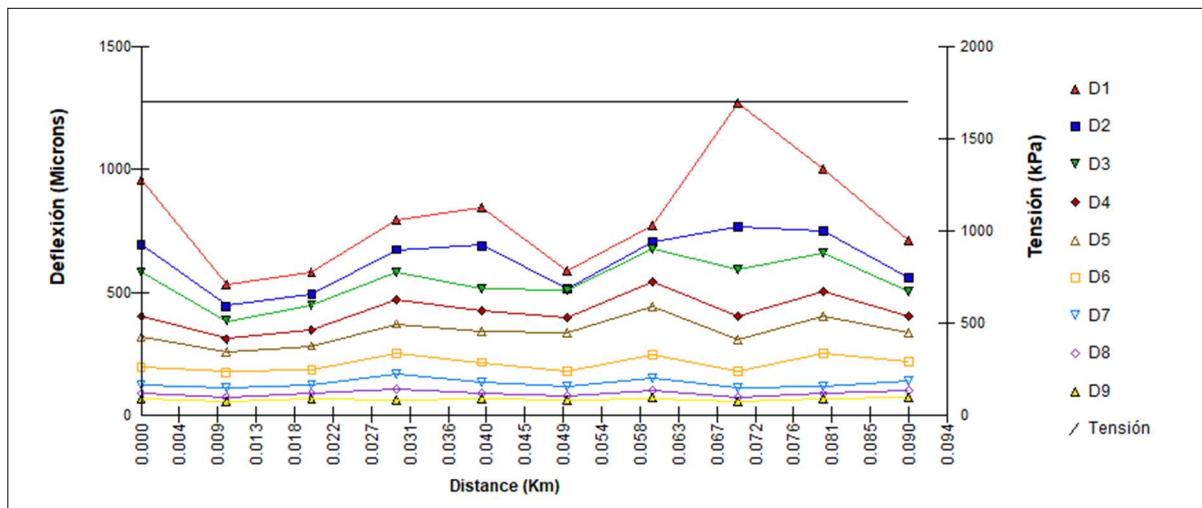
En la Línea -6 del Rodaje se realizaron 10 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 69: Evaluación Calle de Rodaje Bravo- Línea -6



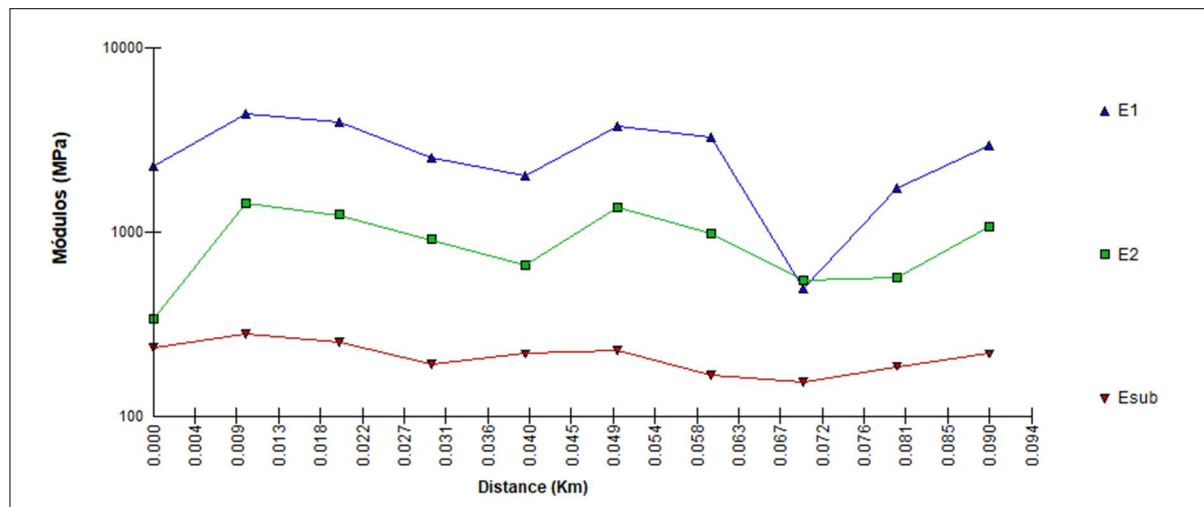
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 70: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo - Línea -6



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 71: Módulos por cada capa Rodaje Bravo - Línea -6.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.4 CALLE DE RODAJE BRAVO (HORMIGÓN)

La Calle de Rodaje fue evaluada en la parte de hormigón en 3 líneas paralelas, evaluando un total de 15 puntos, 9 ensayos en centro de losa y 6 en junta transversal. A continuación, se presenta la ubicación de las mediciones mencionadas anteriormente.

Figura 72: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Hormigón).



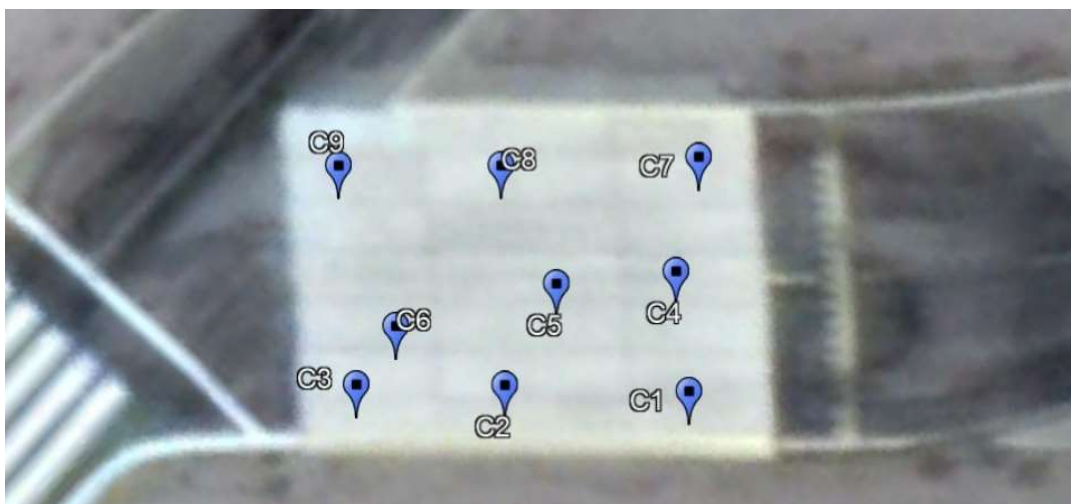
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presentan los resultados para los ensayos de Centro de Losa y Junta Transversal.

3.4.1.4.4.1 RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – CENTRO DE LOSA

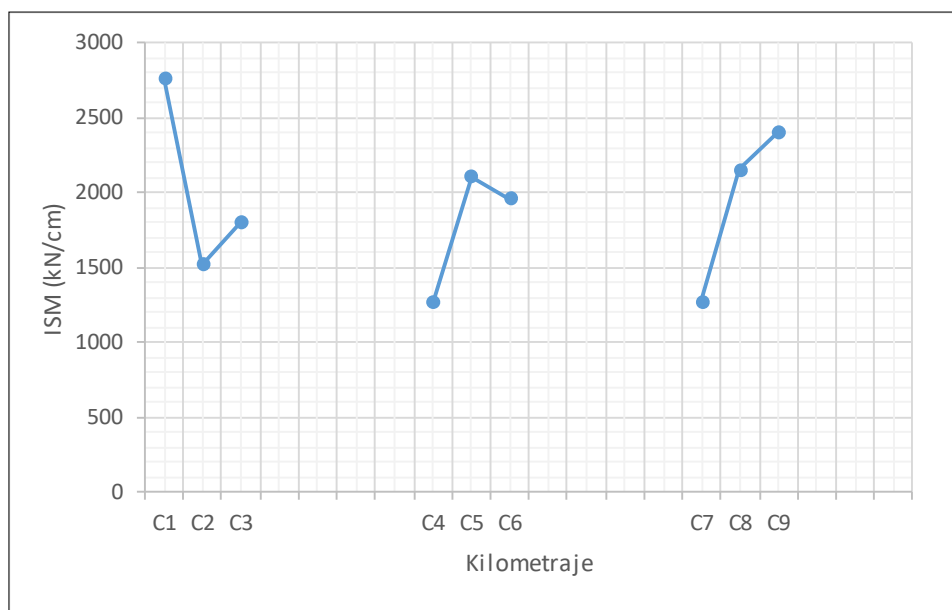
Se midieron 9 losas en el Rodaje Bravo. Con las deflexiones en Centro de Losa y la carga aplicada es posible determinar el Módulo de Rigidez de Impulso, los resultados gráficos se muestran en la siguiente figura.

Figura 73: Evaluación Rodaje Bravo (Hormigón) – Centro de Losa.



Fuente: Modificado de Imagen Satelital de Google Earth.

Figura 74: ISM Rodaje Bravo (Hormigón)– Centro de Losa



Fuente: Elaboración Propia.

El promedio de los módulos elásticos de cada capa, considerando los resultados de los 9 puntos realizados en centro de losa, se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 65. Módulos Elásticos de cada capa Rodaje Bravo (Hormigón).

Sector	Línea de Medición	Cantidad de Puntos	Módulos Elásticos (MPa)			k (MPa/m)
			E1	E2	Esub	
RODAJE BRAVO HORMIGÓN	Centro de losa	9	11740	85	192	75

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

E1: Módulo Elástico Hormigón

E2: Módulo Elástico Base granular

Esub: Módulo Elástico subrasante

k: Módulo de Reacción de la Subrasante

Los resultados gráficos de deflexión normalizada y Módulos Elásticos por capa se presentan a continuación por línea de medición.

3.4.1.4.4.2 RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – LÍNEA 1

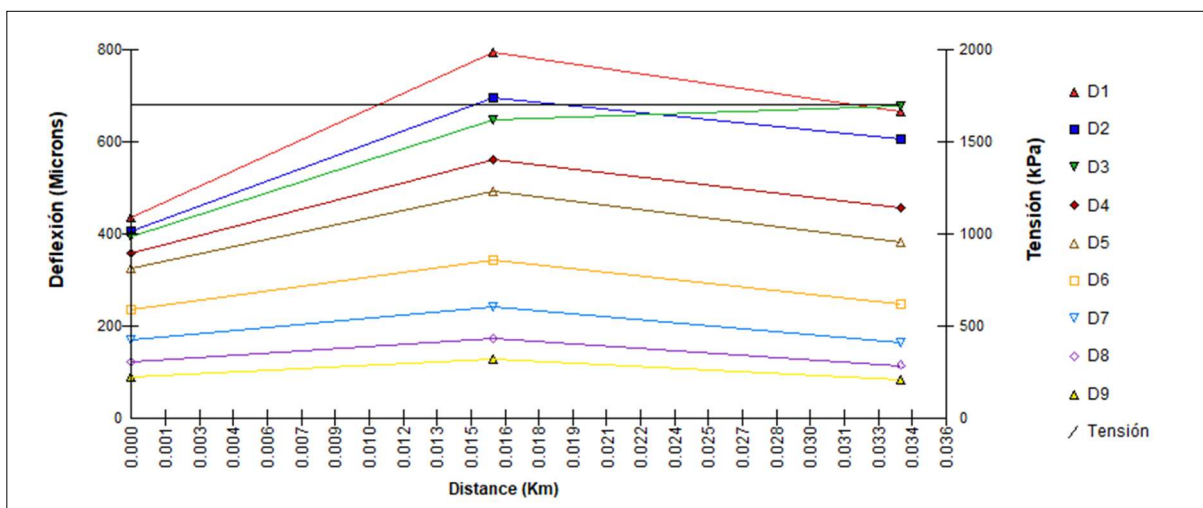
En la Línea 1 del Rodaje se realizaron 3 evaluaciones en centro de losa. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones.

Figura 75: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Hormigón)- Línea 1.



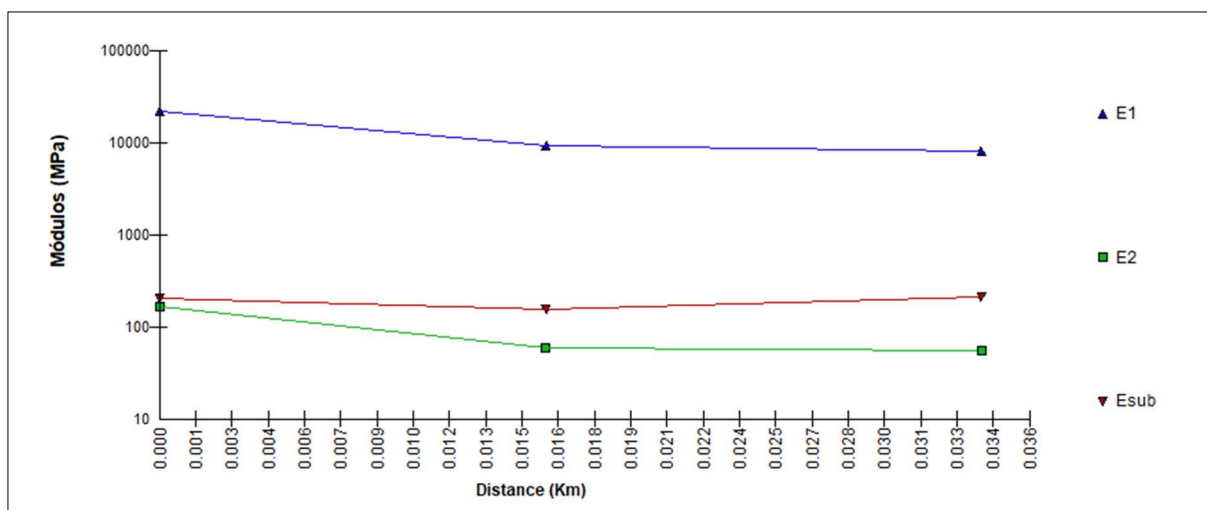
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 76: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo (Hormigón) - Línea 1.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 77: Módulos por cada capa Rodaje Bravo (Hormigón) Centro de losa - Línea 1



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.4.3 RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – LÍNEA 2

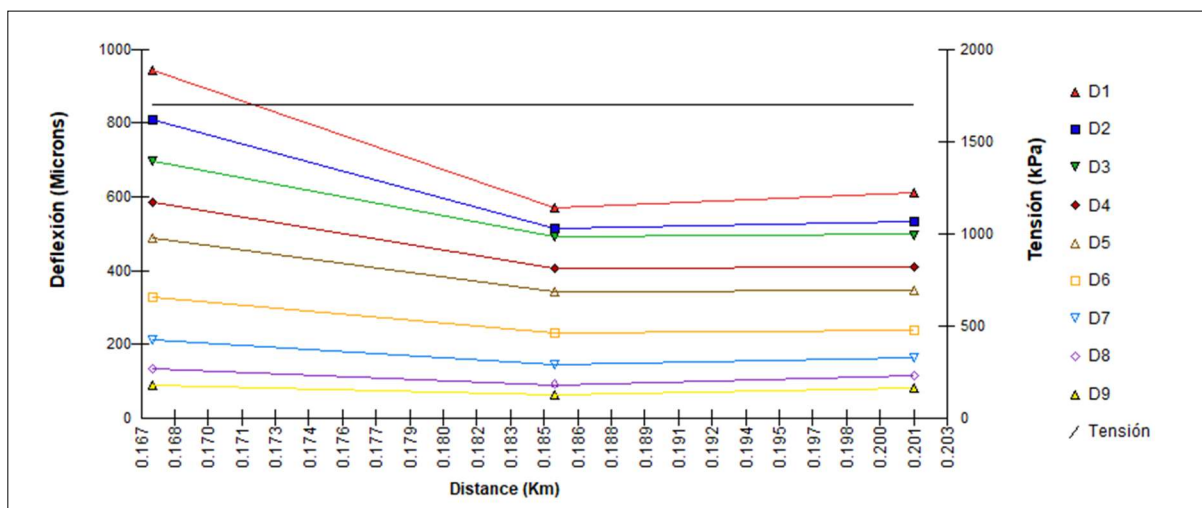
En la Línea 2 del Rodaje se realizaron 3 evaluaciones en centro de losa. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones.

Figura 78: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Hormigón)- Línea 2.



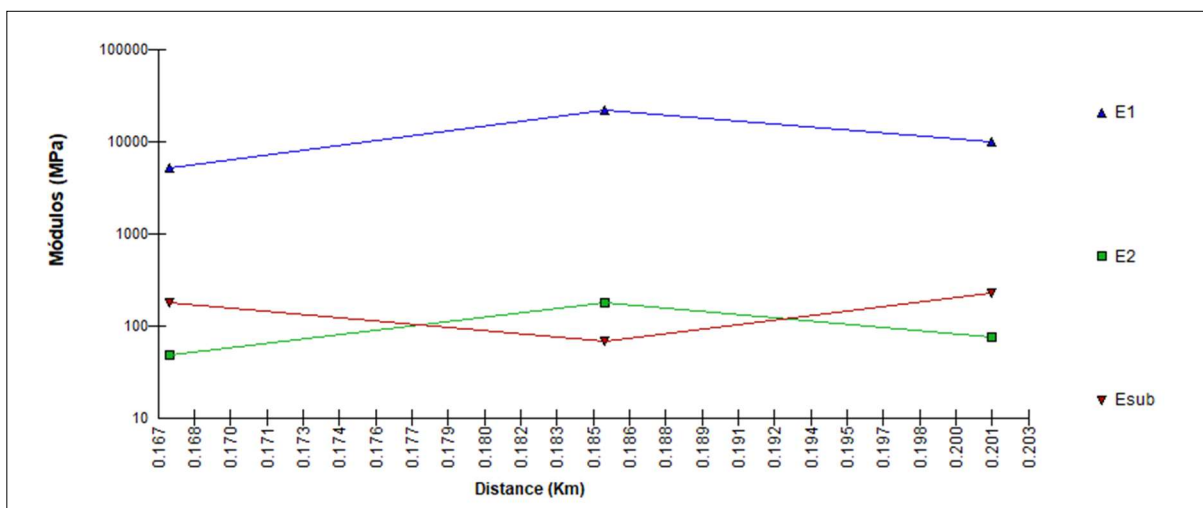
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 79: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo (Hormigón) - Línea 2.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 80: Módulos por cada capa Rodaje Bravo (Hormigón) Centro de losa - Línea 2



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.4 RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – LÍNEA 3

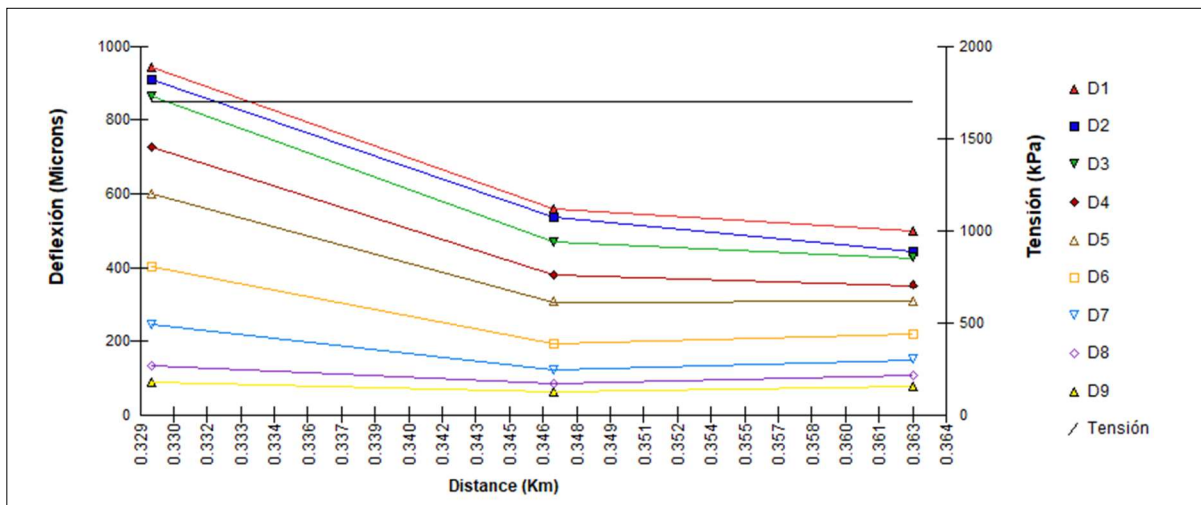
En la Línea 3 del Rodaje se realizaron 3 evaluaciones en centro de losa. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones.

Figura 81: Evaluación Calle de Rodaje Bravo (Hormigón)- Línea 3.



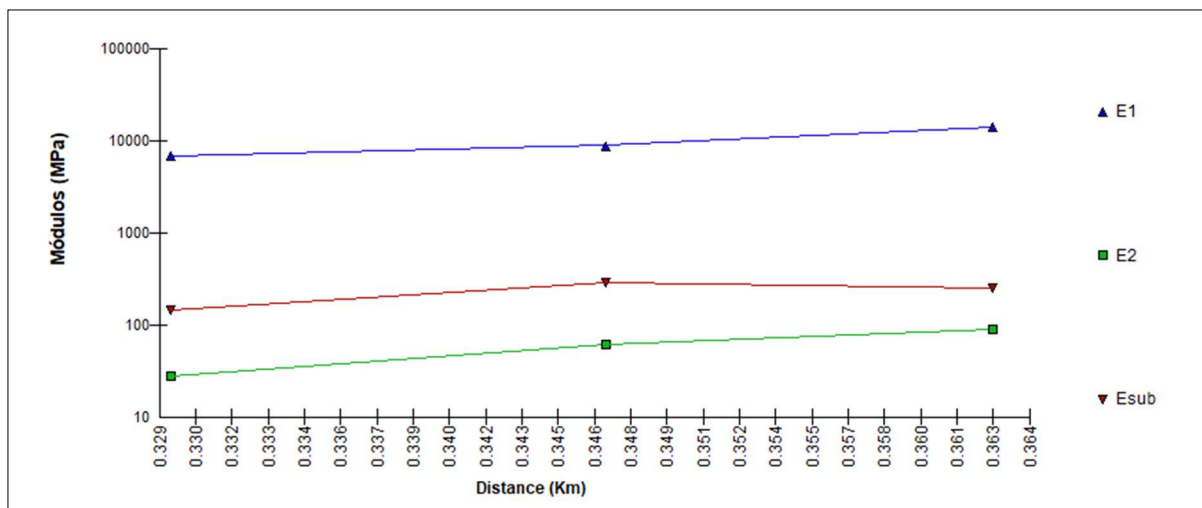
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 82: Deflexiones Normalizadas Rodaje Bravo (Hormigón) - Línea 3.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 83: Módulos por cada capa Rodaje Bravo (Hormigón) Centro de losa - Línea 3.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.4.5 RODAJE BRAVO (HORMIGÓN) – JUNTA TRANSVERSAL

La Plataforma Comercial fue evaluada con 6 ensayos de Junta Transversal en losas donde ya se había evaluado con el ensayo de Centro de Losa.

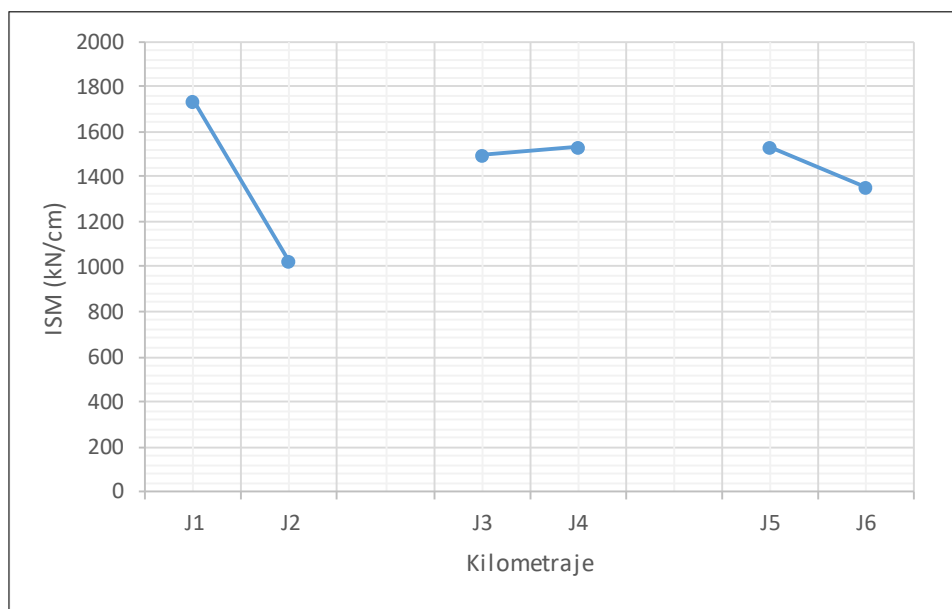
Figura 84: Evaluación Rodaje Bravo (Hormigón) – Junta Transversal.



Fuente: Modificado de Imagen Satelital de Google Earth.

Con las deflexiones bajo el plato de carga es posible determinar el Módulo de Rigidez de Impulso que se presenta gráficamente en la siguiente figura.

Figura 85: ISM Rodaje Bravo (Hormigón) – Junta Transversal.



Fuente: Elaboración Propia.

Considerando el Módulo de Rigidez de Impulso obtenido con los ensayos del Centro de losa y con los ensayos de Junta Transversal se puede determinar ISMratio que permite evaluar la durabilidad en el

pavimento de hormigón. En los 6 puntos se observa que el valor ISMratio en promedio es 1.29, con dos valores que superan 1.5.

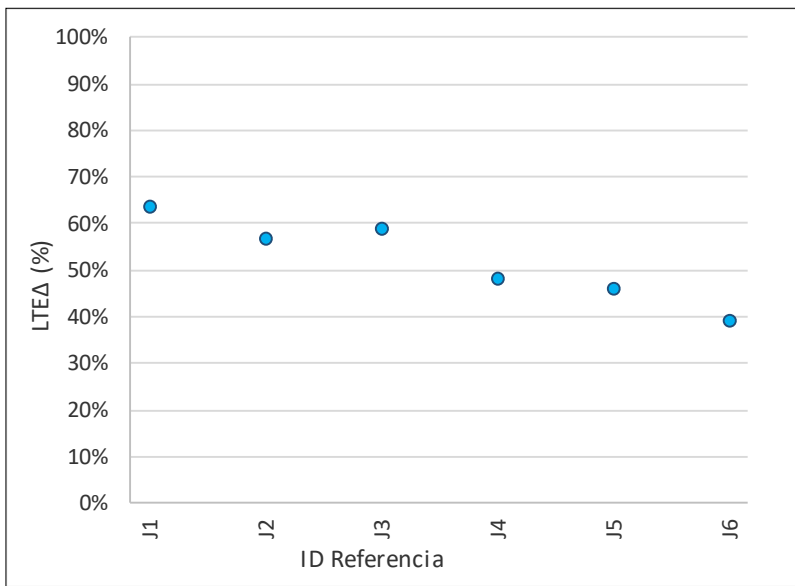
Tabla 66. ISM ratio – Rodaje Bravo (Hormigón).

Sector de Medición	Línea de Medición	Tipo de Ensayo	Ensayo ID	ISM	ISMratio
				(kN/cm)	
Rodaje Bravo Hormigón	Línea 1	Centro de Losa	C1	2761	1.59
		Junta Transversal	J1	1734	
		Centro de Losa	C2	1515	1.49
		Junta Transversal	J2	1018	
	Línea 2				
		Centro de Losa	C4	1270	0.85
		Junta Transversal	J3	1496	
		Centro de Losa	C5	2103	1.38
		Junta Transversal	J4	1529	
	Línea 3				
		Centro de Losa	C7	1273	0.83
		Junta Transversal	J5	1531	
		Centro de Losa	C8	2148	1.59
		Junta Transversal	J6	1354	

Fuente: Elaboración Propia.

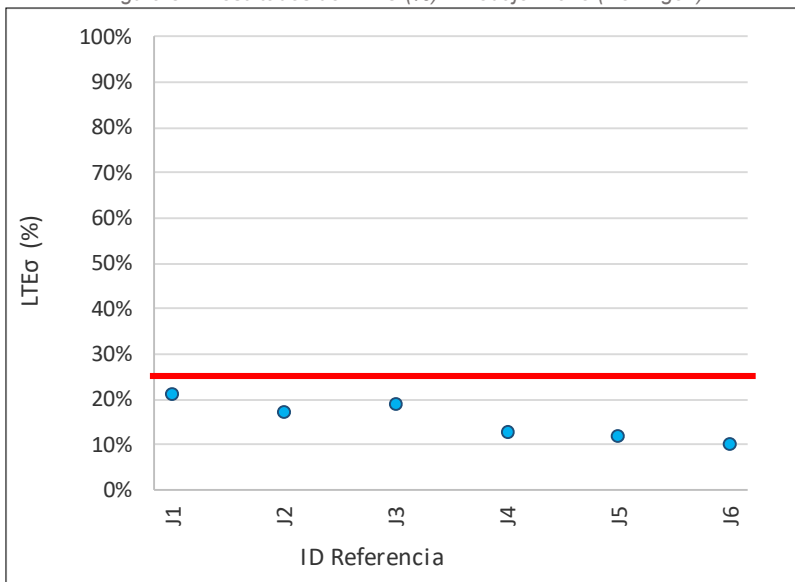
Con los ensayos de Junta Transversal se determinó la Eficiencia de Transferencia de Carga en cada punto. Primero se determina la Eficiencia de Transferencia de Carga de Deflexión $LTE\Delta$, cuyo valor es mayor al 39%. Para poder determinar la Eficiencia de Transferencia de Carga de Esfuerzo $LTE\sigma$ se debe calcular el AREA con las deflexiones del ensayo de centro de losa correspondiente, con este valor se determina el radio de rigidez relativa λk . En la figura mostrada en 3.4.1.3.4.2 se debe ingresar con el valor de $LTE\Delta$ y para el valor de λk se determina $LTE\sigma$. Los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla y los resultados gráficos en las siguientes figuras.

Figura 86: Resultados de $LTE\Delta$ (%) – Rodaje Bravo (Hormigón)



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 87: Resultados de $LTE\sigma$ (%) – Rodaje Bravo (Hormigón)



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 67. LTE Δ y LTE σ – Rodaje Bravo (Hormigón).

Sector de Medición	Tipo de Ensayo	Ensayo	ÁREA	λk	Tipo de Ensayo	Ensayo	LTE Δ	LTE σ
		ID	(in)	(in)		ID	(%)	%
Rodaje Bravo (Hormigón)	Centro de Losa	C1	29.1	30	Junta Transversal	J1	64%	21%
		C2	25.8	22		J2	57%	17%
		C4	23.2	18		J3	59%	19%
		C5	26.0	22		J4	48%	13%
		C7	27.2	25		J5	46%	12%
		C8	24.8	20		J6	39%	10%

Fuente: Elaboración Propia.

El promedio de LTE Δ es de 52% y de LTE σ es de 15%, lo cual es menor al valor que utiliza la FAA como 25% de LTE σ en los procedimientos de diseño y evaluación.

Tabla 68 Promedio LTE Δ y LTE σ – Rodaje Bravo (Hormigón).

Sector	Cantidad de Puntos	LTE Δ			LTE σ		
		Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
Rodaje Bravo (Hormigón)	6	52%	64%	39%	15%	21%	10%

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.5 PLATAFORMA COMERCIAL

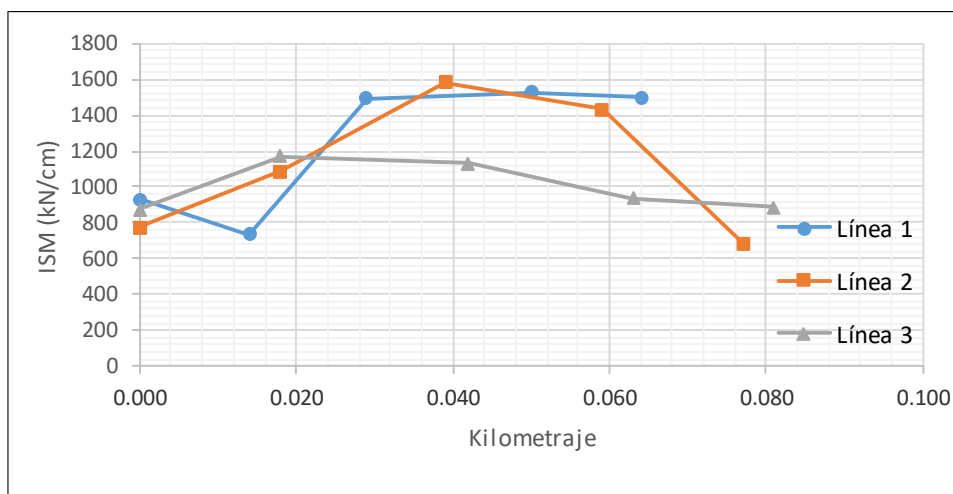
La Plataforma Comercial fue evaluada en 15 puntos, distribuidos en 3 líneas de medición. Los resultados del módulo de rigidez de impulso se observan en la Imagen siguiente. El detalle de los Módulos y deflexiones normalizadas se presentan en el Anexo correspondiente.

Figura 88: Evaluación Plataforma Comercial.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 89: ISM Plataforma Comercial.



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados de los Módulos Elásticos para cada capa se encuentran en detalle en el Anexo B Deflexiones y Módulos Elásticos, Para obtener estos resultados se utiliza la estructura definida con la medición de georradar, considerando las mediciones realizadas en las 3 líneas se obtiene como promedio en Plataforma Comercial un Módulo Elástico del asfalto para las condiciones de medición de 2294 MPa, y ajustado a la temperatura de referencia de 32°C se tiene un módulo promedio de 1151 MPa. Para la base granular el Módulo elástico promedio de la Plataforma Comercial es de 392 MPa.

Los promedios de los Módulos elásticos de cada capa por línea evaluada se presentan en la siguiente Tabla. A continuación se presenta la ubicación de los ensayos por línea y los resultados gráficos de las deflexiones normalizadas y de los módulos elásticos por cada capa.

Tabla 69. Módulos Elásticos de cada capa Plataforma Comercial.

Sector	Línea de Medición	Cantidad de Puntos	Módulos Elásticos (MPa)			
			E1	E1 ref	E2	Esub
Plataforma Comercial	Línea 1	5	2199	1095	425	136
	Línea 2	5	2716	1360	472	79
	Línea 3	5	1967	997	278	123

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

E1: Módulo Elástico Asfalto

E1(ref): Módulo elástico del asfalto a la temperatura de referencia de 32°C.

E2: Módulo Elástico Base granular

Esub: Módulo Elástico subrasante

3.4.1.4.5.1 PLATAFORMA COMERCIAL – LÍNEA 1

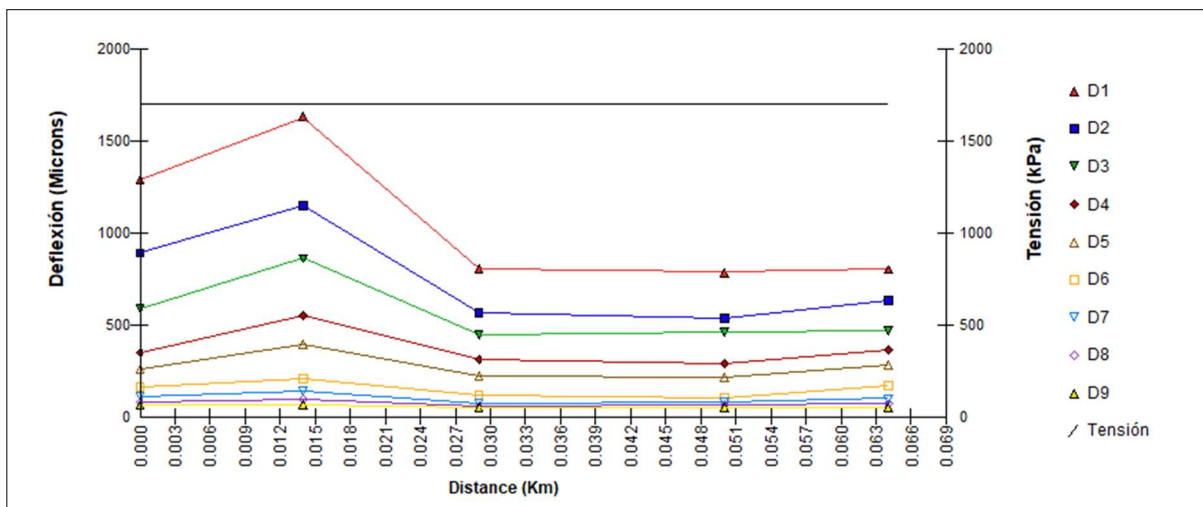
En la Línea 1 de la Plataforma Comercial se realizaron 5 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 90: Evaluación Plataforma Comercial – Línea 1.



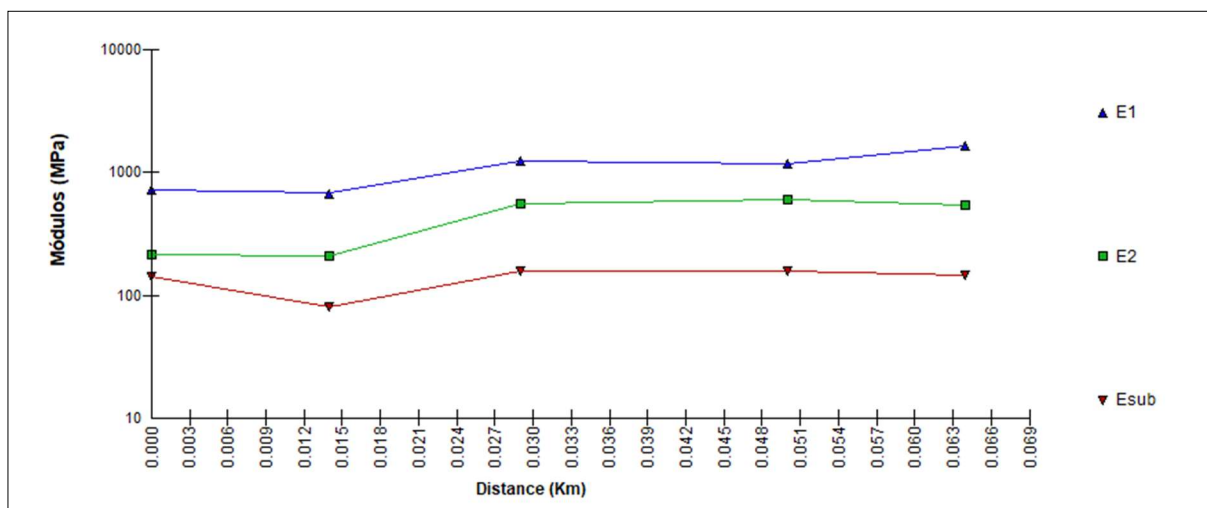
Fuente: Modificado de Imagen Satelital de Google Earth.

Figura 91: Deflexiones Normalizadas Plataforma Comercial – Línea 1.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 92: Módulos por cada capa Plataforma Comercial – Línea 1



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.5.2 PLATAFORMA COMERCIAL – LÍNEA 2

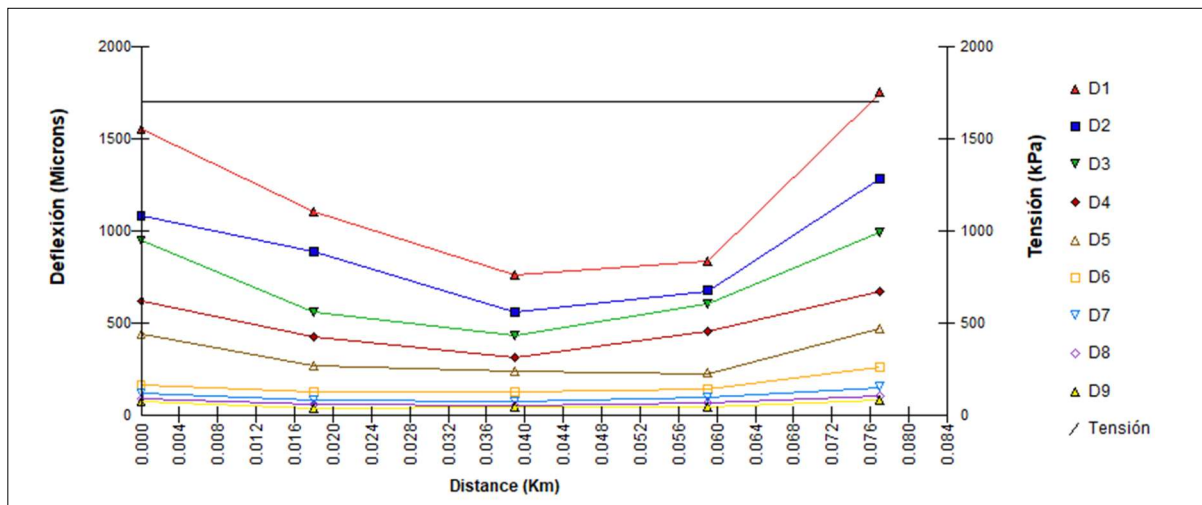
En la Línea 2 de la Plataforma Comercial se realizaron 5 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 93: Evaluación Plataforma Comercial – Línea 2.



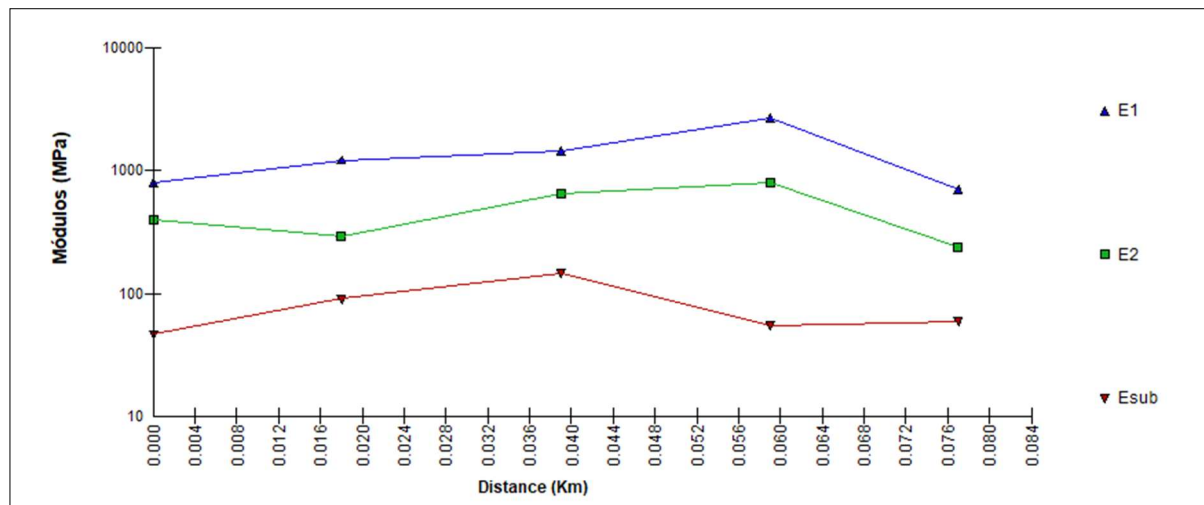
Fuente: Modificado de Imagen Satelital de Google Earth.

Figura 94: Deflexiones Normalizadas Plataforma Comercial – Línea 2



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 95: Módulos por cada capa Plataforma Comercial – Línea 2



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.4.5.3 PLATAFORMA COMERCIAL – LÍNEA 3

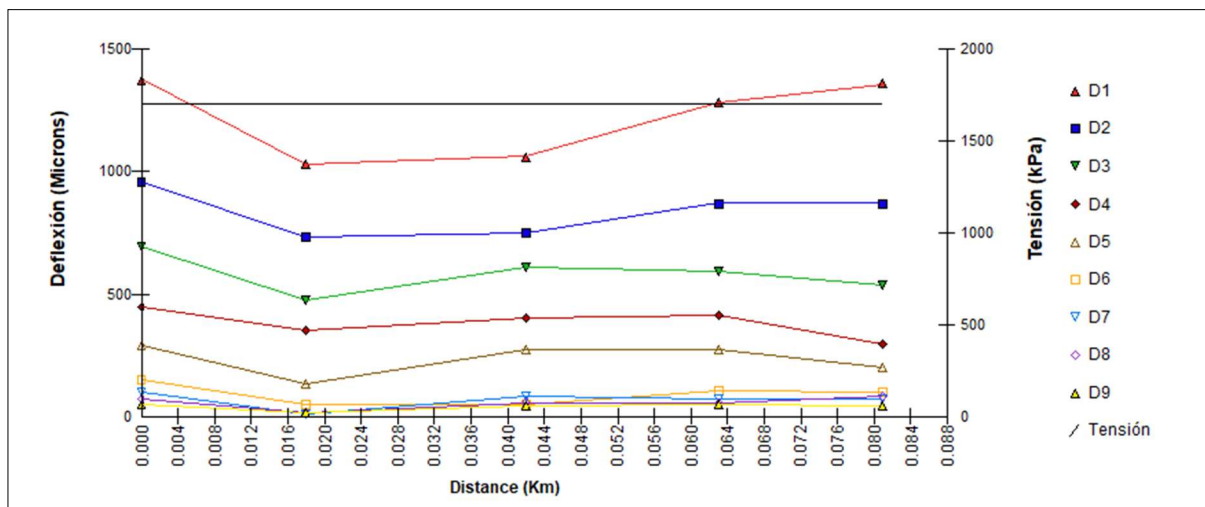
En la Línea 3 de la Plataforma Comercial se realizaron 5 evaluaciones. A continuación, se presenta la ubicación de los puntos y los resultados de deflexiones y los módulos de cada capa.

Figura 96: Evaluación Plataforma Comercial – Línea 3.



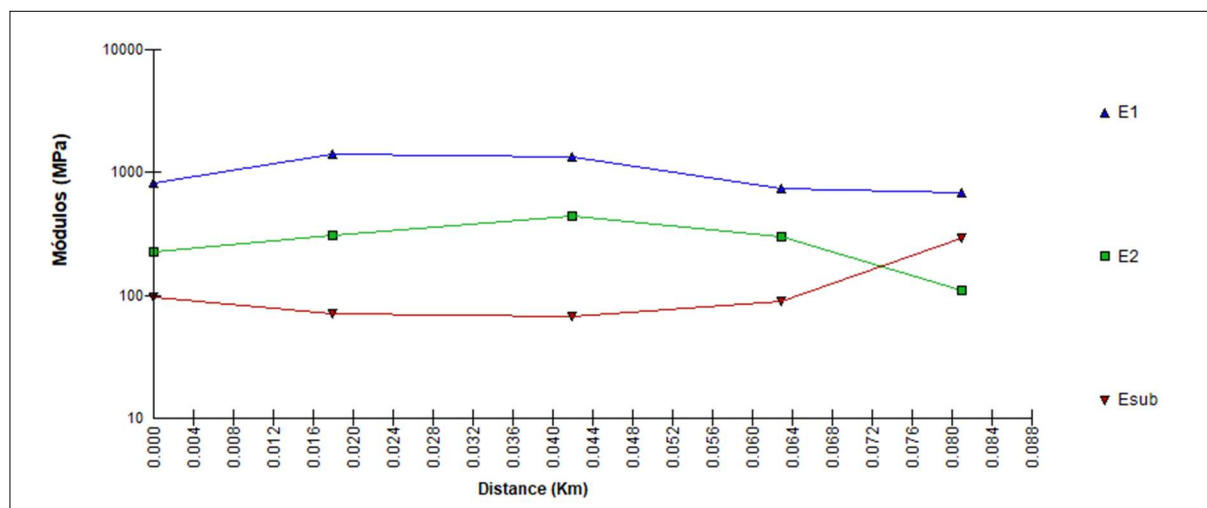
Fuente: Modificado de Imagen Satelital de Google Earth.

Figura 97: Deflexiones Normalizadas Plataforma Comercial – Línea 3



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 98: Módulos por cada capa Plataforma Comercial – Línea 3



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.5 CONCLUSIONES

La evaluación realizada con deflectómetro de impacto permite determinar la capacidad estructural de los pavimentos del Aeródromo Ricardo García Posada, revisando el nivel de deflexiones en las distintas estructuras.

Se realizaron 233 evaluaciones distribuidas en la Pista 09/27, Calle de Rodaje Alfa, Calle de Rodaje Bravo y Plataforma Comercial.

En el análisis se determinó que en el Índice de Rigidez de Impulso (ISM), existen cambios en la respuesta estructural, ya que en la Pista los valores se encuentran entre 827 a 3138 kN/cm.

A lo largo de la Pista existen tres estructuras de pavimento definidas, lo cual coincide con la variación en el nivel de deflexiones, por lo tanto, la Pista se ha dividido en tres tramos homogéneos, donde el sector de 1600 metros centrales tiene una mayor estructura, menor nivel de deflexión, mayor valor de ISM y mayor módulo elástico en la capa asfáltica.

El Rodaje Alfa en los primeros 200 metros presenta un menor nivel de deflexión, por lo que el análisis de este sector se ha dividido en dos partes. En este Rodaje se encuentran las mayores deflexiones de este aeródromo y el Índice de Rigidez más bajo en sus últimos 150 metros.

Para determinar los módulos elásticos de cada capa se utiliza un retroanálisis por ajuste al cuenco completo de deflexiones. En el pavimento de asfalto y hormigón existente se obtienen los promedios que se presentan en las siguientes Tablas.

Tabla 70. Módulos Elásticos por Sector Asfalto.

Sector	kilometraje	Cantidad Puntos	Módulos Elásticos (MPa)				
			E1	E1 ref	E2	E3	Esub
Pista 09/27	0,000 - 0,350	24	2561	1297	305	181	248
	0,350 - 2,050	112	3758	2025	469	151	225
	2,050 - 2,320	21	2628	1406	297	186	351
Rodaje Alfa	0,000 - 0,200	16	3995	2199		253	186
	0,200 - 0,350	9	2731	1467		318	143
Rodaje Bravo	0,000 - 0,100	21	4085	2144		725	168
Plataforma		15	2294	1151		392	113

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 71. Módulos Elásticos por Sector Hormigón.

Sector	Cantidad Puntos	Módulos Elásticos (MPa)			k
		E1	E2	Esub	(MPa/m)
Rodaje Bravo - Centro de Losa	9	11740	85	192	75

Fuente: Elaboración Propia.

Los pavimentos asfálticos analizados presentan un nivel de deflexión variable, llegando a valores que superan los 2100 μm , generando un comportamiento estructural débil, hay variaciones en el ISM, por lo que se puede suponer alguna deficiencia que pueda comprometer la resistencia del paquete estructural

En el análisis de durabilidad del pavimento de hormigón se tiene un valor $\text{ISM}_{\text{ratio}}$ menor a 1.5, lo que indica que no debería existir problemas con la durabilidad. Respecto a la eficiencia de la transferencia de carga de esfuerzo el Rodaje Bravo (Hormigón) tiene un porcentaje bajo el 25%, que corresponde al valor utilizado por la FAA para los procedimientos de diseño y evaluación.

3.4.2 CBR

Para efectos de determinar el parámetro de diseño adecuado para suelo de fundación, y, siguiendo la recomendación de la FAA, se han considerado los ensayos de Razón de Soporte de California o *California Bearing Ratio* (CBR) a humedad natural disponibles en las calicatas más representativas y cercanas a las estructuras de pavimento.

Para analizar las estructuras se utilizaron los valores de CBR a 0,2" y al 95% de la DMCS, los cuales por medio del procedimiento estipulado en la *Advisory Circular 150/5320-6F "Airport Pavement Design and Evaluation"* de la FAA, permiten estimar los módulos elásticos y coeficiente de balasto de la subrasante mediante las siguientes relaciones:

$$E_{sg}(\text{psi}) = 1500[\text{CBR}]$$

$$k(\text{psi}/\text{in}) = 28,6926[\text{CBR}]^{0.7788}$$

De acuerdo con el resultado del análisis realizado por cada sección del pavimento, el parámetro CBR arroja preliminarmente un valor promedio cercano a 20% como capacidad portante de la subrasante estructural y una constante de balasto equivalente a $k = 90$ (MPa/m).

Para definir el valor del CBR y/o valor de "k" del suelo de fundación se consideraron los datos de CBR obtenidos por retrocálculo, o aquellos a humedad natural obtenidos en laboratorio, tomando como referencia la calicata más cercana (en un radio de no más de 100 m) al pavimento a evaluar, y determinando como CBR de diseño el promedio de los datos menos una desviación estándar, o bien, el percentil 85% de los datos, tomando el más conservador. Una vez obtenidos los valores de CBR se determina el coeficiente de balasto, en los lugares que corresponda, según el procedimiento estipulado en la *Advisory Circular 150/5320-6F "Airport Pavement Design and Evaluation"*, cuya expresión fue mencionada anteriormente.

A continuación, en la siguiente tabla se entregan los valores de CBR y constante de balasto "k" de subrasante para cada una de las secciones de pavimento analizadas, obtenidos del retroanálisis de los datos medidos con deflectómetro de impacto por ser más desfavorables.

Tabla 72. Valores de CBR y Constante de balasto (k) por sección de pavimento.

Sector	Tipo de pavimento	CBR (HWD)	k
		(%)	(MPa/m)
Pista 09/27 PK 0 – PK 350	Flexible (Asfalto)	24	
Pista 09/27 PK 350 – PK 2.050	Flexible (Asfalto)	22	
Pista 09/27 PK 2.050 – PK 2.320	Flexible (Asfalto)	34	
Rodaje Alfa PK 0 – PK 200	Flexible (Asfalto)	18	
Rodaje Alfa PK 200 – PK 350	Flexible (Asfalto)	14	
Rodaje Bravo	Flexible (Asfalto)	16	
Rodaje Bravo	Rígido (Hormigón)		75
Plataforma Comercial	Flexible (Asfalto)	11	

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3 DETERMINACIÓN DE ESPESORES CON GEORRADAR

3.4.3.1 METODOLOGÍA

Para determinar espesores de manera continua se realizarán pasadas longitudinales en la pista, rodajes y plataforma con equipo Georradar, el cual se “calibrará” con ayuda de espesores referenciales. Las mediciones se realizarán sobre las mismas líneas de evaluación del deflectómetro a fin de tener la información de la subestructura en cada punto de evaluación.

Figura 99: Esquema de medición.

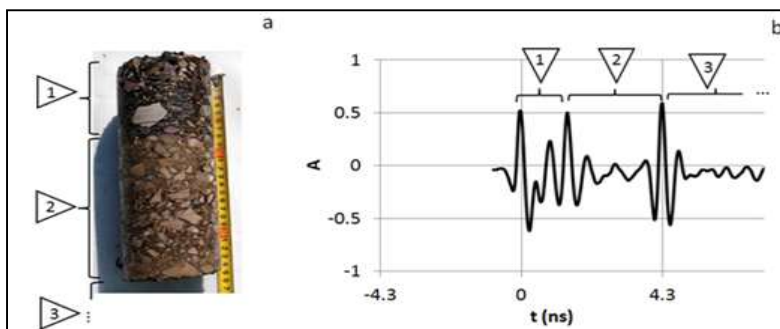


Fuente: Modificación de imagen satelital de Google Earth.

El ensayo de reflexión electromagnética mediante georradar o también conocido como “Ground Penetrating Radar” (GPR) es un método de prospección geofísica basado en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas sobre un medio y su posterior recepción, reflejando las irregularidades y discontinuidades detectadas durante su recorrido. Este ensayo se basa según lo señalado en la guía de diseño AASHTO 2004 y en la norma ASTM D4748.

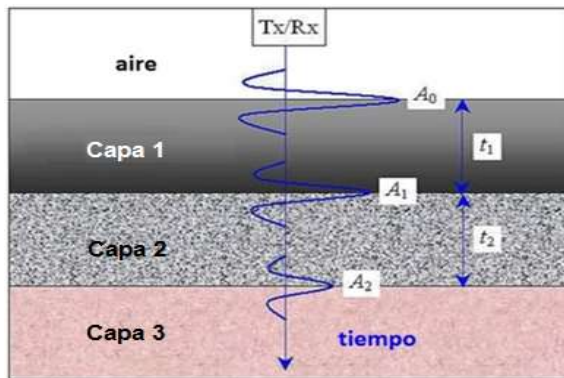
El análisis de la señal resultante permite detectar, tanto algunos cambios de estado en el subsuelo, de carácter estratigráfico, como servicios urbanos. Gracias al parámetro tiempo transcurrido entre emisión y recepción de cada pulso magnético, el sistema permite mediante un cálculo de velocidad de propagación de onda, determinar la profundidad a la que se encuentra el reflector.

Figura 100: Ejemplo de velocidad de propagación.



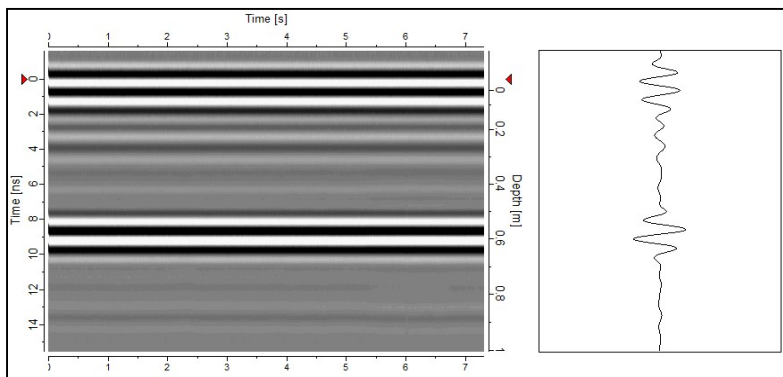
El GPR, cuando envía una señal electromagnética a través de su antena y al encontrarse con una discontinuidad en las propiedades dieléctricas en el medio por el cual se propaga, se refracta y otra parte se refleja. Luego la parte refractada al continuar su trayectoria, en una nueva discontinuidad, la nueva señal se volverá a refractar y otra parte se reflejará, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 101: Ejemplo de señal reflejada y refractada en el tiempo.



La amplitud de onda que recibe la antena del GPR es dependiente del porcentaje de energía que se refleja en cada discontinuidad del medio.

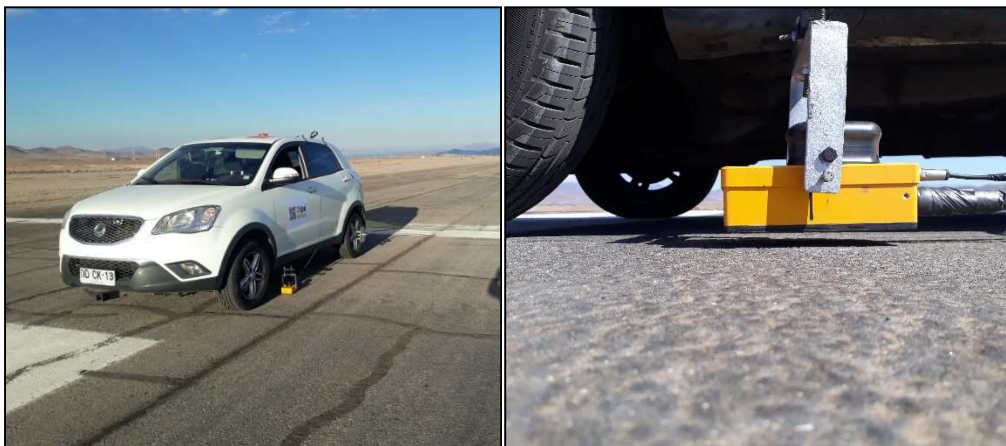
Figura 102: Ejemplo de amplitud de onda en el medio.



La representación gráfica de las señales registradas es conocida como radargrama, y consiste en una representación de las trazas generadas cada vez que se produce un pulso electromagnético.

El equipo de medición utilizado es el Mala Concrete Explorer CX12, siendo uno de los equipos recomendados por la FAA en la AC 150/5370-11. Las mediciones con GPR en el Aeródromo Ricardo García Posada se realizaron con una antena de 1,6GHz de frecuencia, en líneas o ejes mostrados en la figura anterior. Este equipo se puede apreciar en la imagen a continuación.

Figura 103: Equipo GPR, antena 1,6 GHz.



Fuente: Elaboración Propia.

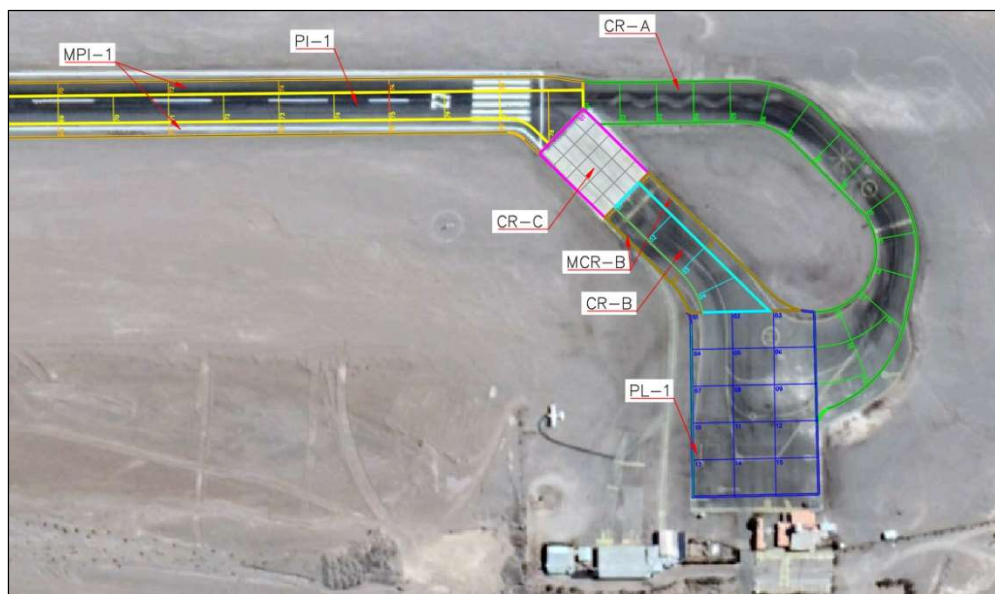
Es importante señalar que en algunas ocasiones es difícil determinar o detectar la diferencia entre materiales o capas continuas, esto debido a que probablemente la onda emitida haya sido absorbida por

el medio. Esta situación ocurre con frecuencia en medios conductivos o con constante dieléctrica elevada, por ejemplo, el pavimento de hormigón o de concreto hidráulico, ya que el cemento puede contener exceso de minerales tipo cuarzo, pirita o hierro y otros que excitan la onda e impiden que penetre en la estructura del pavimento.

3.4.3.2 ESPESORES DE PAVIMENTO

Los espesores de los pavimentos obtenidos por medio del análisis de los datos de medición de GPR se muestran de acuerdo a las secciones previamente definidas para este aeródromo, las que son mostradas en la siguiente figura.

Figura 104: Secciones de Aeródromo Ricardo García Posada.



Fuente: Modificación de Imagen Satelital.

3.4.3.2.1 PISTA 09/27

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los espesores del paquete estructural obtenido para la sección de la Pista del aeródromo PI-1 y MPI-1.

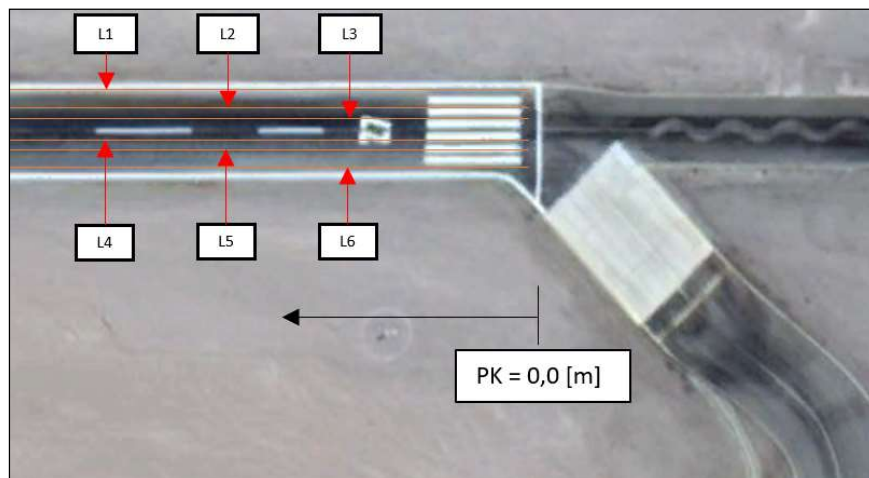
Tabla 73. Estadística Pista 09/27.

Parámetro	PK 0 a PK 400			PK 400 a PK 2.050			PK 2.050 a PK 2.300		
	Asfalto	Base	Subbase	Asfalto	Base	Subbase	Asfalto	Base	Subbase
Promedio (cm)	11,0	22,0	34,0	15,0	26,0	38,0	12,0	26,0	38,0
Desv. Estándar	2,19	3,91	2,09	2,19	3,72	3,61	1,57	3,72	3,61
CV (%)	20,0%	17,8%	6,1%	14,6%	14,3%	9,5%	13,1%	14,3%	9,5%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Pista se realizaron 6 líneas de medición; una a cada extremo de la Pista y otras cuatro repartidas en el centro de esta, según como se muestra en la siguiente figura.

Figura 105: Líneas evaluadas en Pista 09/27.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestran los espesores de capa de asfalto promedio obtenidos por línea de medición, donde se observa que el espesor de la capa de asfalto entre el PK 0 y PK 400 es 0,114 m $\approx$ 11 cm, entre el PK 400 y PK 2050 es de 0,145 m $\approx$ 15 cm y entre el PK 2050 a PK 2300 es 0,122 m $\approx$ 12 cm.

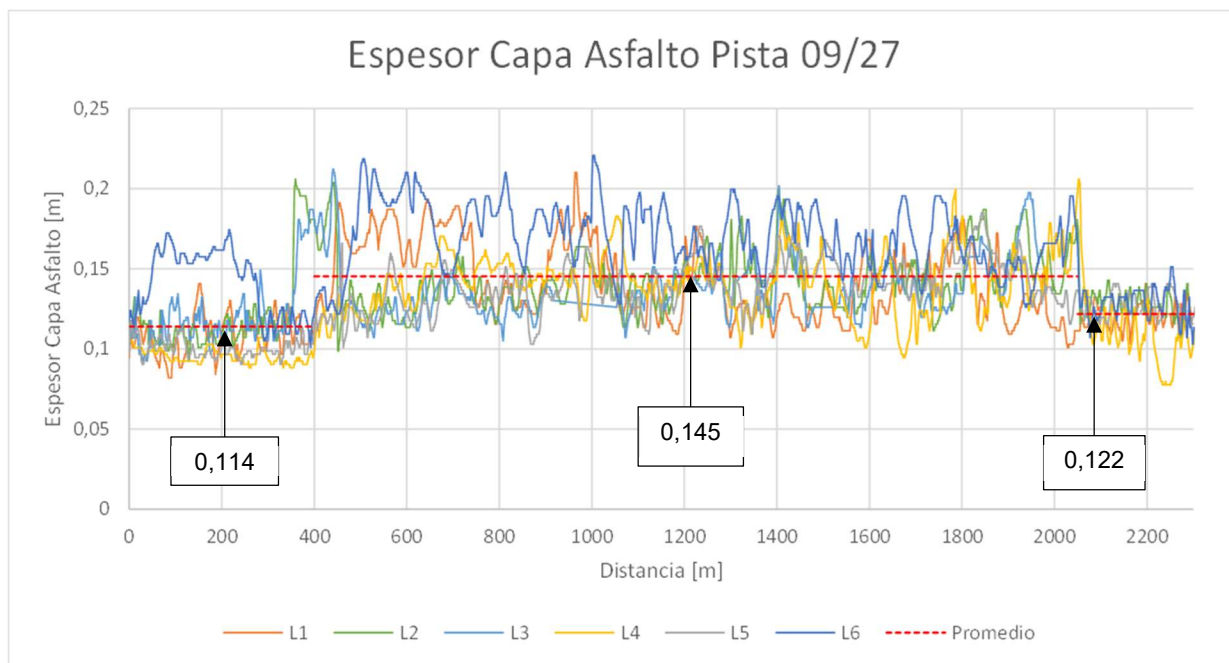
Tabla 74. Promedios espesor Capa Asfalto por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Asfalto [m]	Promedio Espesor Asfalto [m]		Promedio Espesor Asfalto [m]	Promedio [m]		
	Tramo PK 0 a PK 400	Tramo PK 400 a PK 2050		Tramo PK 2050 a PK 2300			
L1	0,11	0,114	0,14	0,145	0,12	0,122	0,14
L2	0,12		0,14		0,13		
L3	0,12		0,14		No Detectado		
L4	0,10		0,14		0,11		
L5	0,10		0,14		0,13		
L6	0,14		0,17		0,13		

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra un gráfico de espesor de la Capa de Asfalto de la Pista.

Figura 106: Espesor Capa Asfalto – Pista 09/27.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestran los espesores de capa base promedio obtenidos por línea de medición, donde se observa que el espesor promedio de la capa base entre el PK 0 a PL400 es 0,220 m $\approx$ 22 cm y entre el PK 400 a PK 2300 es de 0,262 m $\approx$ 26 cm

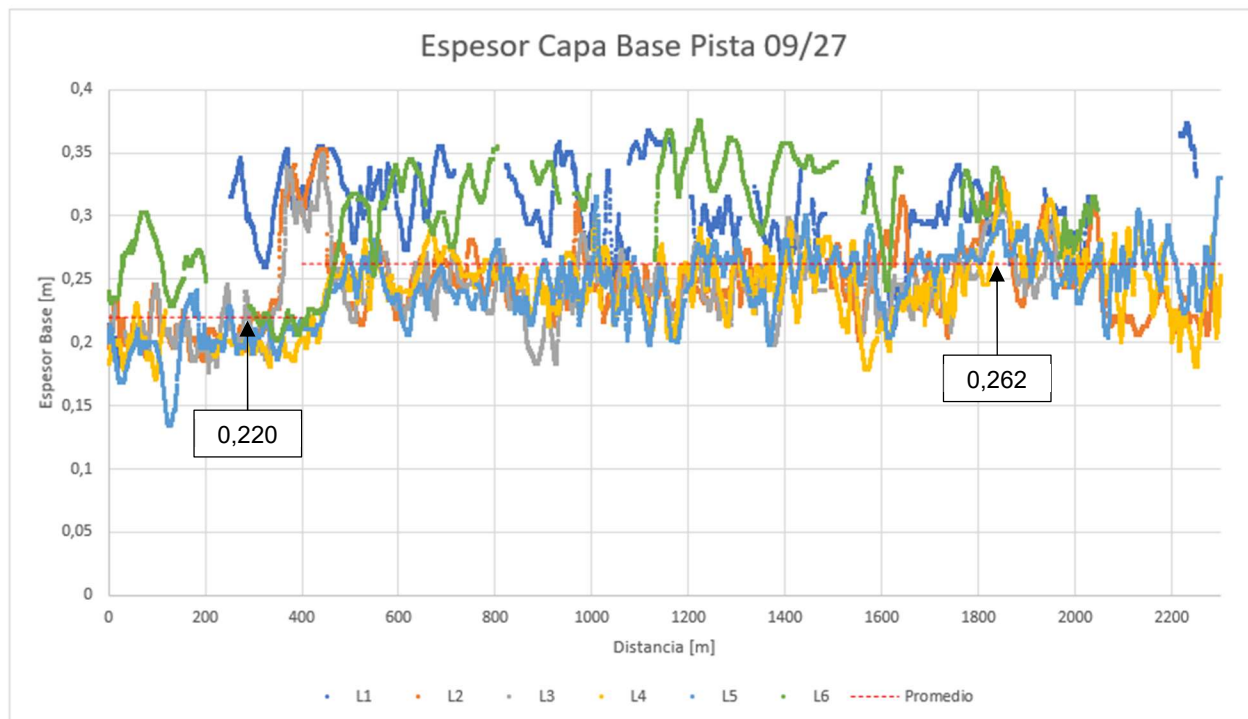
Tabla 75. Promedios espesor Capa Base por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Base [m]	
	Tramo PK 0 a PK 400	Tramo PK 400 a PK 2300
L1	0,272	0,262
L2	0,220	
L3	0,219	
L4	0,196	
L5	0,197	
L6	0,246	
	0,220	

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra un gráfico de espesor de la Capa Base de la Pista.

Figura 107: Espesor Capa Base – Pista 09/27.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestran los espesores de capa subbase promedio obtenidos por línea de medición, donde se observa que el espesor promedio de la capa subbase entre el PK 0 a PL400 es 0,336 m $\approx$ 34 cm y entre el PK 400 a PK 2300 es de 0,380 m $\approx$ 38 cm.

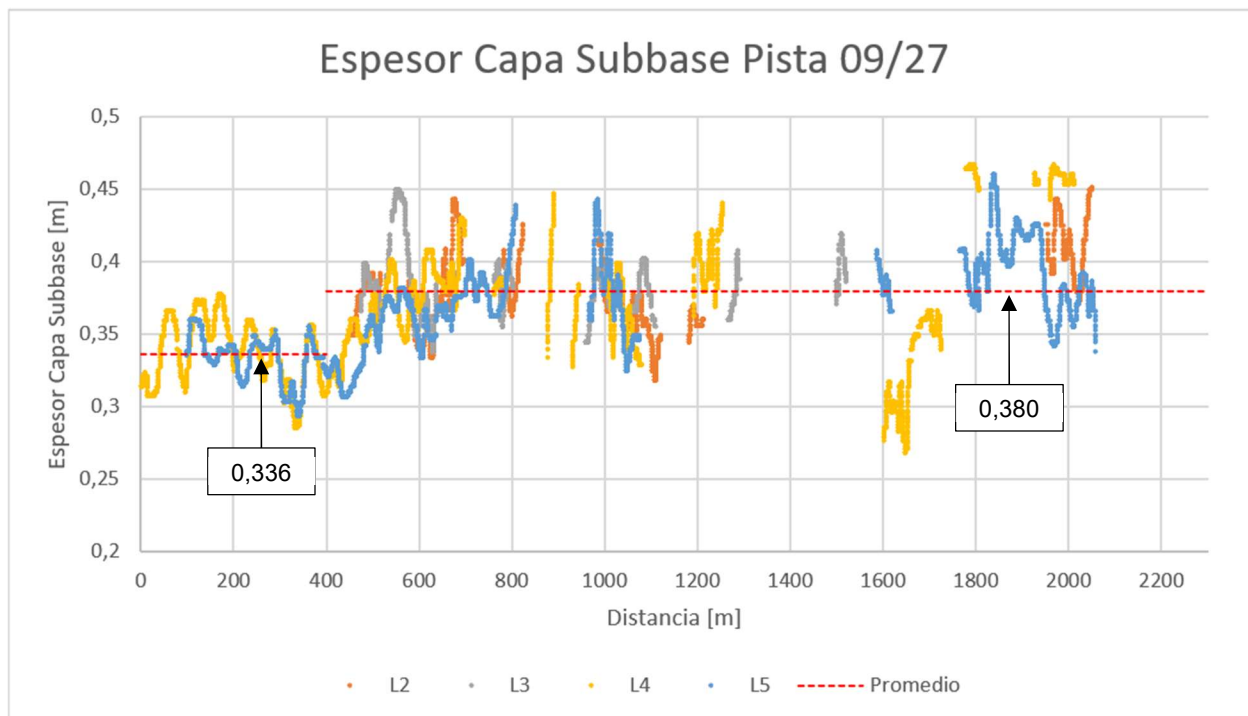
Tabla 76. Promedios espesor Capa Subbase por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Subbase [m]		Promedio Espesor Subbase [m]		Promedio
	Tramo PK 0 a PK 400		Tramo PK 400 a PK 2300		
L2	No Detectado	0,336	0,376	0,380	0,370
L3	No Detectado		0,386		
L4	0,338		0,381		
L5	0,334		0,377		

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra un gráfico de espesor de la Capa Subbase de la Pista.

Figura 108: Espesor Capa Subbase – Pista 09/27.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3.2.2 RODAJE ALFA

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los espesores del paquete estructural obtenido para el Rodaje Alfa.

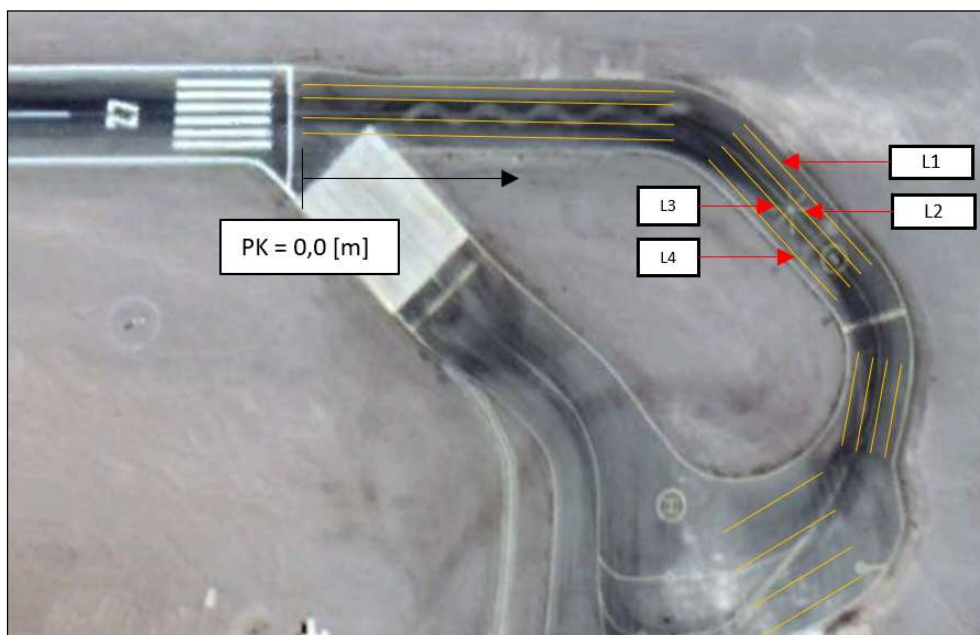
Tabla 77. Estadística Pista de Rodaje Alfa.

Parámetro	Rodaje Alfa	
	Asfalto	Base
Promedio (m)	0,08	0,17
Desv. Estándar	0,01	0,01
CV (%)	13%	6%

Fuente: Elaboración Propia.

En el Rodaje Alfa, se realizaron 4 líneas de medición repartidas equitativamente a lo ancho del rodaje, según como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 109: Líneas evaluadas en Rodaje Alfa.



Fuente: Elaboración Propia.

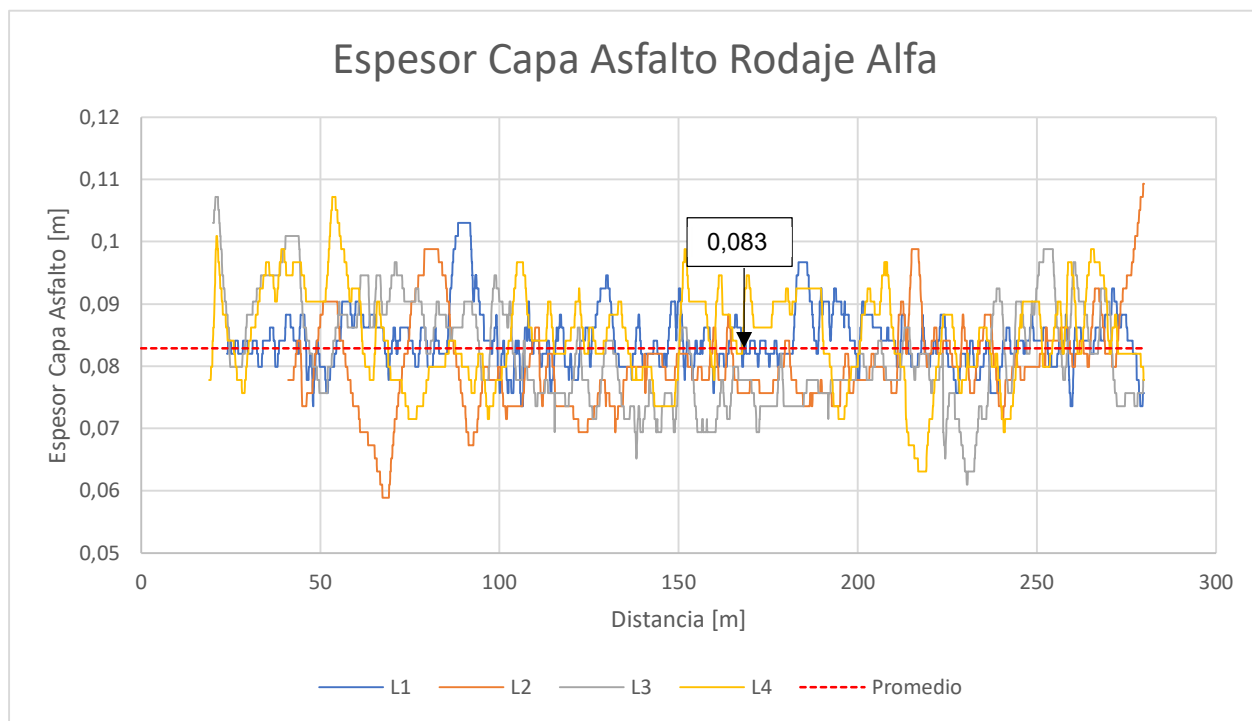
A continuación, en la siguiente tabla se muestran los espesores de capa de asfalto promedio obtenidos por línea de medición, donde se observa que el espesor de la capa de asfalto es de 0,083 m $\approx$ 8 cm.

Tabla 78. Promedios espesor Capa Asfalto por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Asfalto [m]	
	Tramo PK 0 a PK 280	
L1	0,084	0,083
L2	0,080	
L3	0,082	
L4	0,085	

A continuación, se muestra un gráfico de espesor de la Capa de Asfalto del rodaje.

Figura 110: Espesor Capa Asfalto Rodaje Alfa.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestran los espesores de capa base promedio obtenidos por línea de medición, donde se observa que el espesor promedio total de la capa base es de 0,174 m $\approx$ 17 cm.

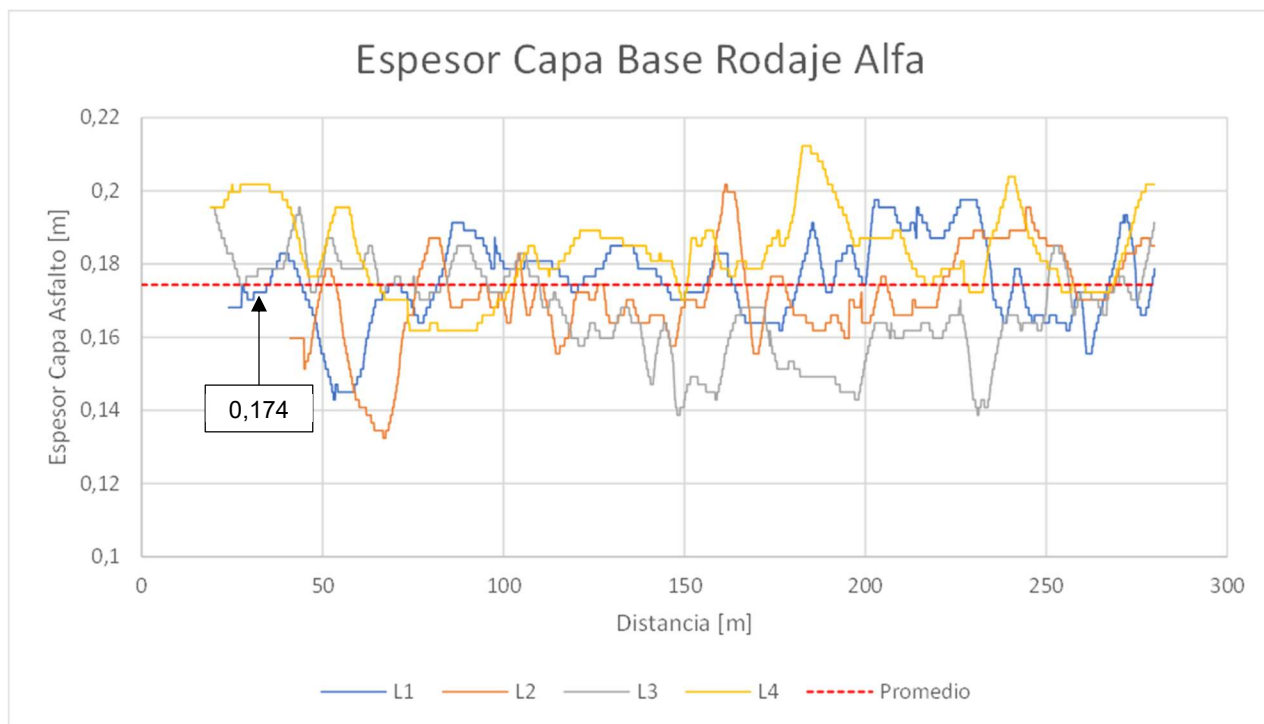
Tabla 79. Promedios espesor Capa Base por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Base [m]	
	Tramo PK 0 a PK 280	
L1	0,176	0,174
L2	0,171	
L3	0,167	
L4	0,183	

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra un gráfico de espesor de la Capa Base del rodaje.

Figura 111: Espesor Capa Base – Rodaje Alfa.



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3.2.3 RODAJE BRAVO.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los espesores del paquete estructural obtenido para el Rodaje Bravo.

Tabla 80. Estadística Rodaje Bravo.

Parámetro	Rodaje Bravo		
	Asfalto	Hormigón	Base
Promedio (m)	0,09	0,17	0,17
Desv. Estándar	0,02	0,01	0,03
CV (%)	22%	6%	18%

Fuente: Elaboración Propia.

En el Rodaje Bravo se realizaron 4 líneas de medición repartidas equitativamente a lo ancho del rodaje, según como se puede observar en la siguiente figura.

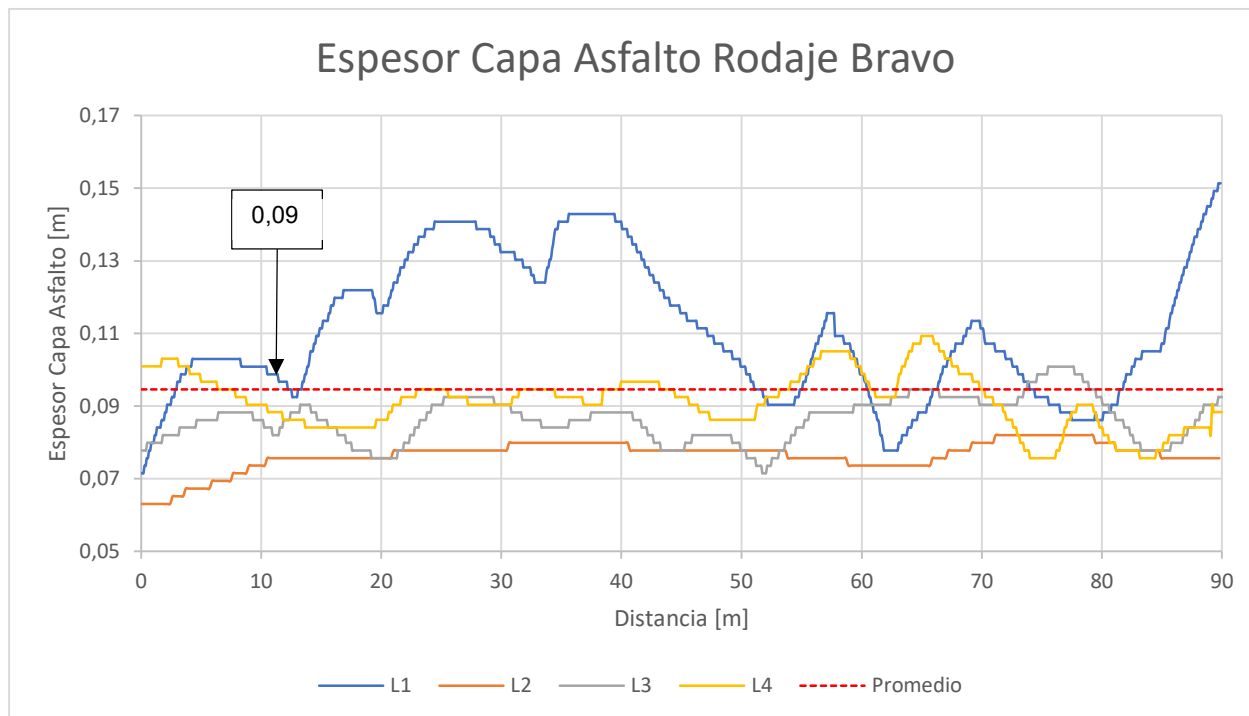
Figura 112: Líneas evaluadas en Rodaje Bravo.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, muestran gráficos de espesor de cada una de las capas de pavimento del Rodaje Bravo para ambos tipos de pavimento (hormigón y asfalto).

Figura 113: Espesor Capa Asfalto Rodaje Bravo – Sección CR-B y MCR-B.



Fuente: Elaboración Propia.

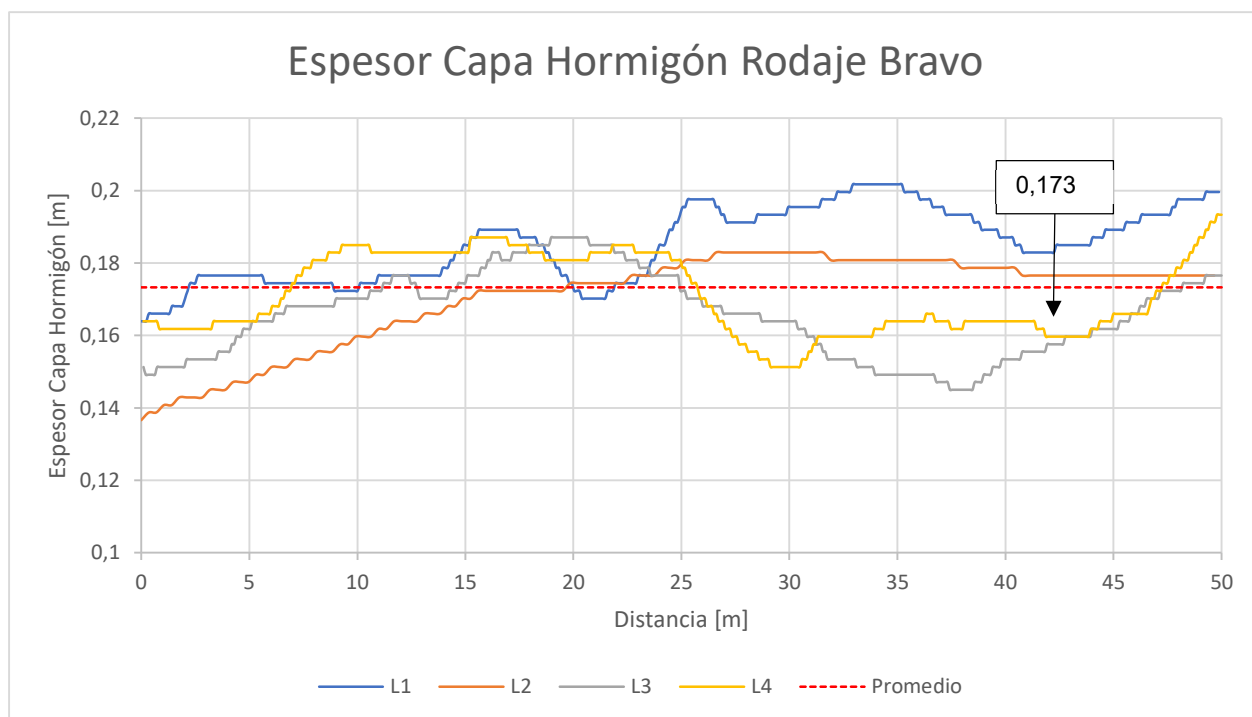
Se observa que el espesor promedio de la capa de asfalto es de 9 cm, donde el promedio de espesor de cada línea de medición se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 81. Promedios espesor Capa Asfalto por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Asfalto [m]	
	Tramo PK 0 a PK 90	
L1	0,11	0,09
L2	0,08	
L3	0,09	
L4	0,09	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 114: Espesor Capa Hormigón Rodaje Bravo – Sección CR-C.



Fuente: Elaboración Propia.

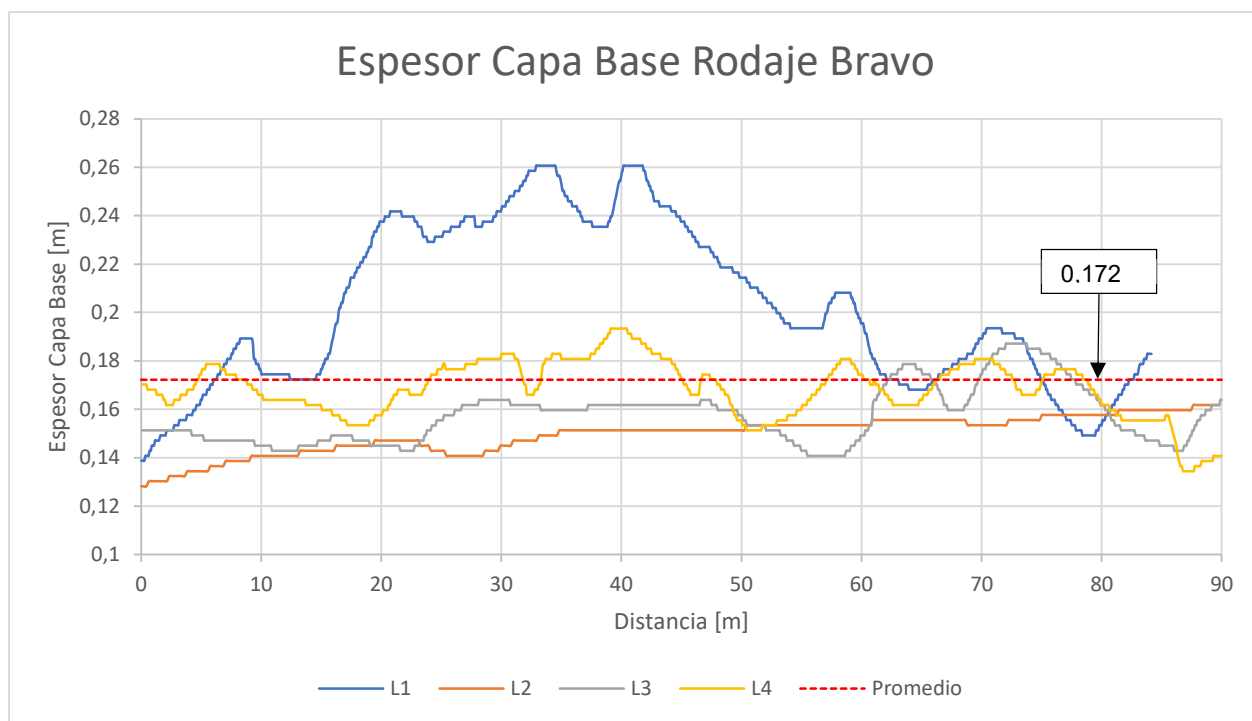
Se observa que el espesor promedio de la capa de hormigón es de 17 cm, donde el promedio de espesor de cada línea de medición se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 82. Promedios espesor Capa Hormigón por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Hormigón [m]	
	Tramo PK 0 a PK 50	
L1	0,185	0,173
L2	0,170	
L3	0,166	
L4	0,171	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 115: Espesor Capa Base Rodaje Bravo.



Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que el espesor promedio de la capa base es de 17 cm, donde el promedio de espesor de cada línea de medición se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 83. Promedios espesor Capa Base por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Base [m]	
	Tramo PK 0 a PK 90	
L1	0,201	0,172
L2	0,150	
L3	0,157	
L4	0,169	

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3.2.4 PLATAFORMA COMERCIAL

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los espesores del paquete estructural obtenido para la Plataforma Comercial.

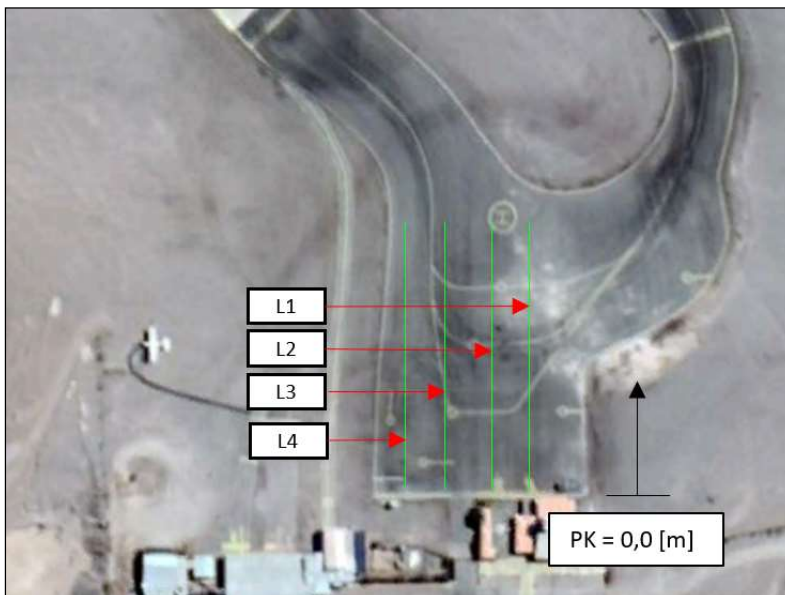
Tabla 84. Estadística Plataforma Comercial.

Parámetro	Plataforma Comercial	
	Asfalto	Base
Promedio (m)	0,12	0,21
Desv. Estándar	0,02	0,03
CV (%)	17%	14%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Plataforma Comercial se realizaron 4 líneas de medición repartidas equitativamente a lo ancho del pavimento, según como se puede observar en la siguiente figura.

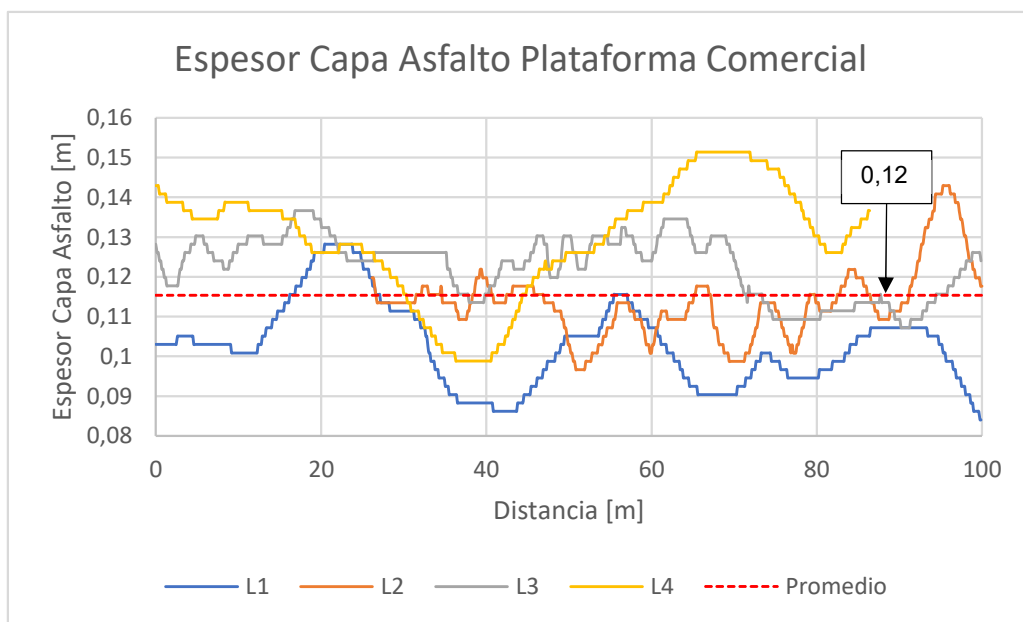
Figura 116: Líneas evaluadas en Plataforma.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestran gráficos de espesor versus distancia de cada una de las capas de pavimento de la Plataforma Comercial.

Figura 117: Espesor Capa de Asfalto de Plataforma Comercial.



Fuente: Elaboración Propia.

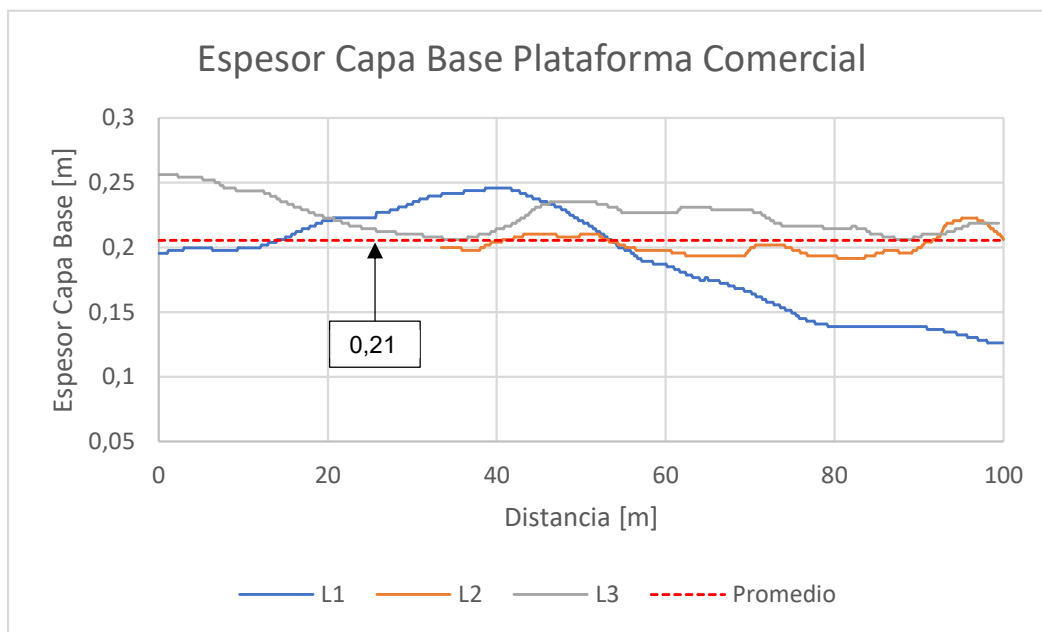
Según se observa en la figura anterior, el espesor promedio total de la capa de asfalto de la Plataforma Comercial es de 12 cm y los promedios de los espesores de las líneas de medición son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 85. Espesor promedio por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Asfalto [m]	
	Tramo PK 0 a PK 100	
L1	0,103	0,115
L2	0,114	
L3	0,123	
L4	0,130	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 118: Espesor Capa Base de Plataforma Comercial.



Fuente: Elaboración Propia.

De la figura anterior se observa que el espesor promedio de la Capa Base de la Plataforma Comercial es de 21 cm. El promedio por línea de medición son las que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 86. Espesor promedio por línea de medición.

Línea Medición	Promedio Espesor Base [m]	
	Tramo PK 0 a PK 100	
L1	0,191	0,205
L2	0,203	
L3	0,224	

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3.3 CONCLUSIÓN DE MEDICIÓN DE ESPESORES CON GEORRADAR

De las mediciones con Georradar en el Área de Movimiento del Aeródromo Ricardo García Posada se concluye finalmente que los espesores de pavimentos son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 87. Espesores de Pavimento Área de Movimiento Ad. Ricardo García Posada.

Sector	Capa de Rodado [m]		Base [m]	Subbase [m]
	Asfalto	Hormigón		
Pista 09/27 PK 0 a PK 400	0,11	-	0,22	0,34
Pista 09/27 PK 400 a PK 2.050	0,15	-	0,26	0,38
Pista 09/27 PK 2.050 a PK 2.300	0,12	-	0,26	0,38
Rodaje Alfa	0,08	-	0,17	-
Rodaje Bravo Asfalto	0,09	-	0,17	-
Rodaje Bravo Hormigón	-	0,17	-	0,15
Plataforma Comercial	0,12	-	0,21	-

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.4 IDENTIFICACIÓN DE AIRE ENTRE CAPAS

No se identificó aire entre las capas.

3.4.5 DETECCIÓN DE PRESENCIA DE EXCESO DE AGUA

No se detectó exceso de agua.

3.4.6 ADHERENCIA ENTRE CAPAS

En general las mediciones presentan adecuada adherencia entre capas, no detectándose capas susceptibles a desplazamiento, especialmente en pavimento flexible.

3.4.7 ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL REMANENTE DE LOS PAVIMENTOS.

3.4.7.1 OPERACIONES DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS

Para efectos de verificación de vida útil remanente de los pavimentos de aquellos previstos para el uso regular por aeronaves (pista, rodajes y plataformas), se utilizaron las operaciones históricas obtenidas de las bitácoras de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Analizando la información de bitácoras se agruparon las operaciones de las principales aeronaves de aviación comercial y general que operan en el aeródromo (Clave OACI A, B y C).

A partir de esta información, se obtiene la proyección despegues de aeronaves para los próximos 20 años considerando las operaciones proyectadas según el análisis de demanda. Como es habitual en este tipo de aeropuertos y por simplicidad de cálculo se asumirá que la cantidad de aterrizajes y despegues es la misma, y por ende, la cantidad de despegues corresponde a la mitad de los valores totales de operaciones estimados en un periodo de 20 años, con lo que finalmente se obtienen las operaciones de despegue de diseño para el cálculo estructural de pavimentos indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 88. Operaciones de despegue de diseño por tipo de aeronave.

Aeronave	Despegues anuales de diseño (año 2021)	Tasa de crecimiento % (2021 – 2041)
DHC6	132	1,5%
C680	2	1,5%
BAe-146	32	1,5%
B737	87	1,5%
C-130	12	0%

Fuente: Elaboración propia a partir bitácoras DGAC.

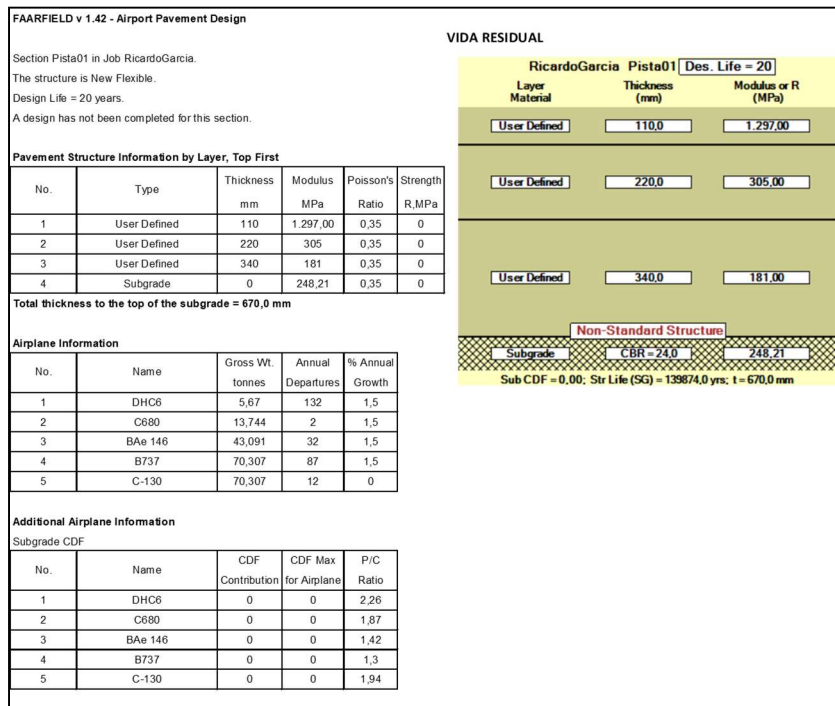
3.4.7.2 VIDA ÚTIL DE LOS PAVIMENTOS

Para efectos de verificación de vida útil se utilizó la herramienta del software FAARFIELD 1.42 asumiendo la estructura de pavimento determinada en el estudio (ver 3.4.3.3) para cada sección característica, además de considerar los módulos elásticos de cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento (ver 3.4.1.5).

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la modelación de vida útil remanente.

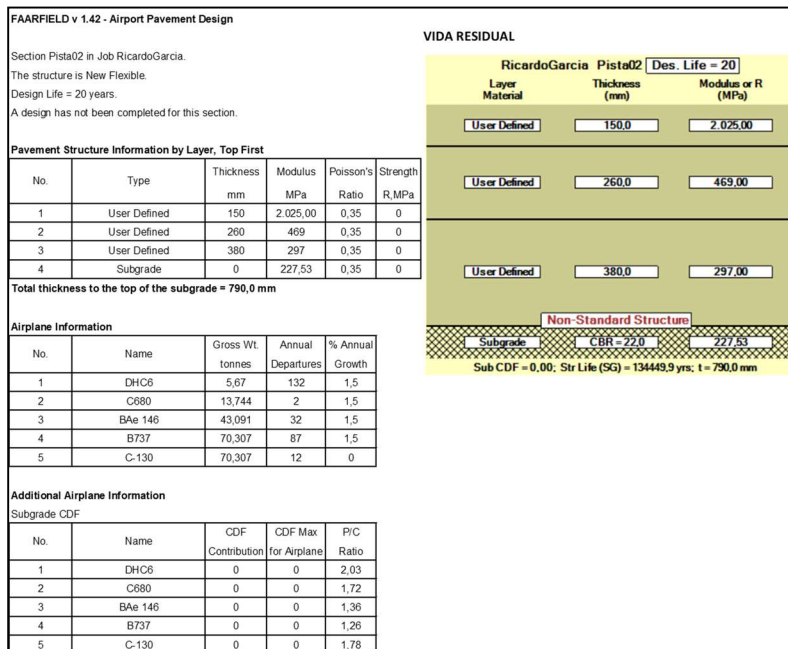
INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

Figura 119: Vida útil remanente pavimento Pista PK 0 a PK 400.



Fuente: Elaboración propia en base a software FAARFIELD 1.42

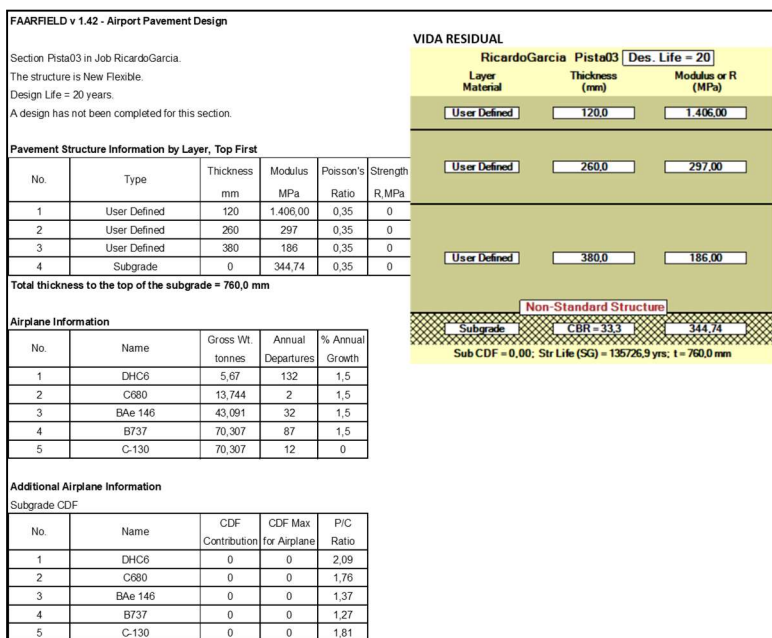
Figura 120: Vida útil remanente pavimento Pista PK 400 a PK 2.050.



Fuente: Elaboración propia en base a software FAARFIELD 1.42

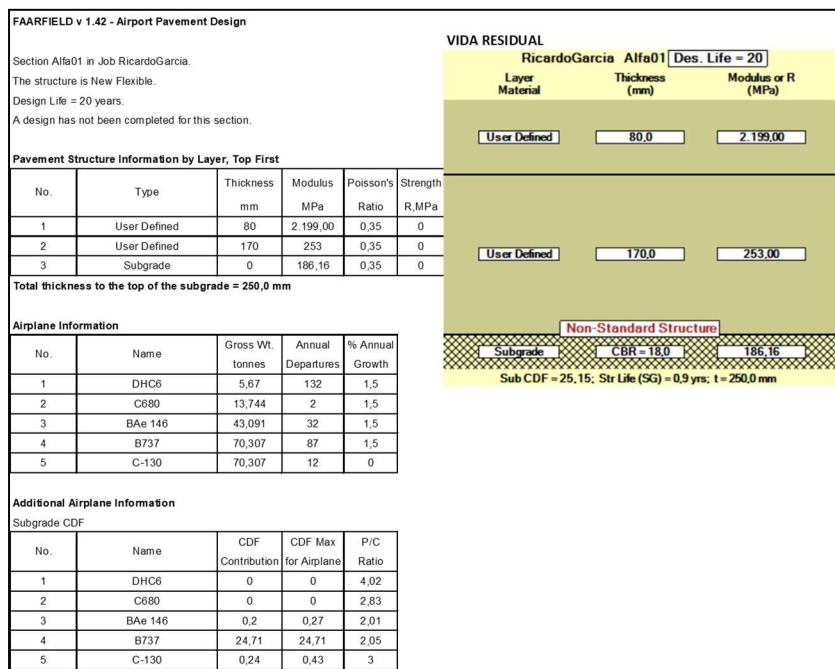
INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

Figura 121: Vida útil remanente pavimento Pista PK 2.050 a PK 2.300.



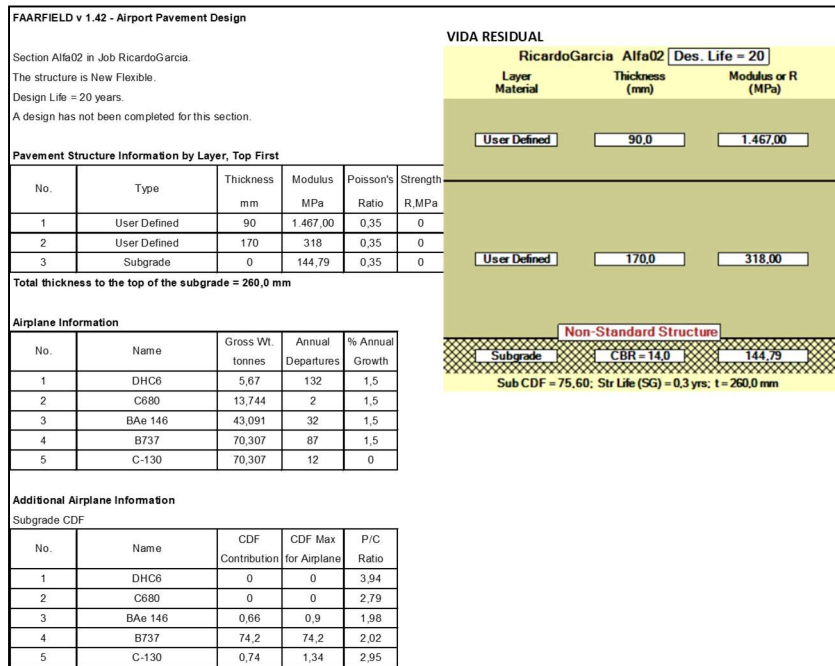
Fuente: Elaboración propia en base a software FAARFIELD 1.42

Figura 122: Vida útil remanente pavimento Rodaje Alfa PK 0 – PK 200.



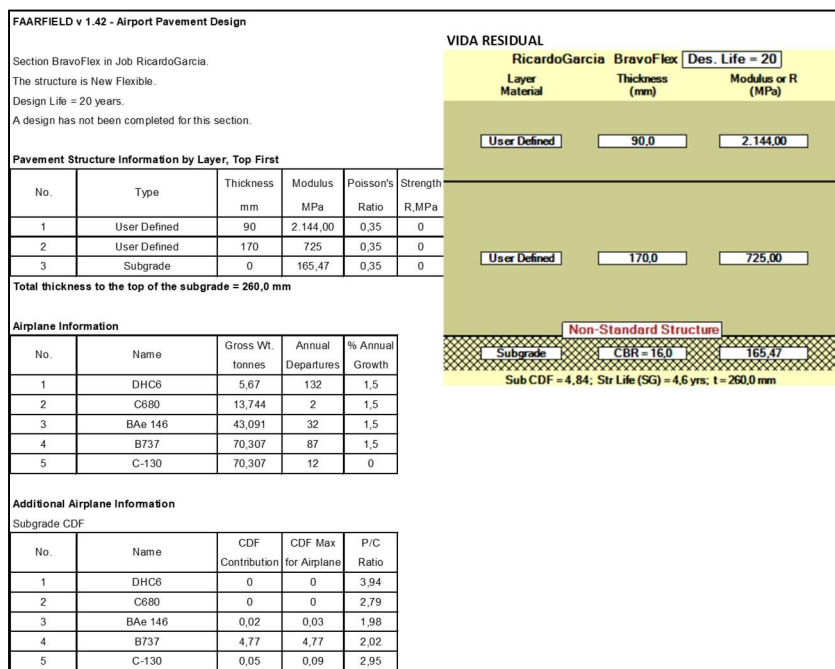
Fuente: Elaboración propia en base a software FAARFIELD 1.42

Figura 123: Vida útil remanente pavimento Rodaje Alfa PK 200 – PK 350.



Fuente: Elaboración propia en base a software FAARFIELD 1.42

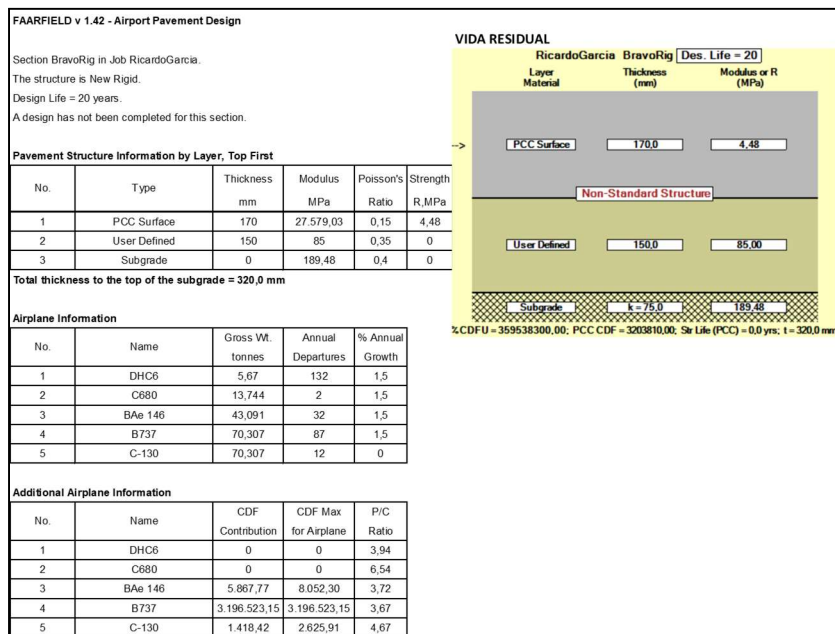
Figura 124: Vida útil remanente pavimento Rodaje Bravo - Flexible.



Fuente: Elaboración propia en base a software FAARFIELD 1.42

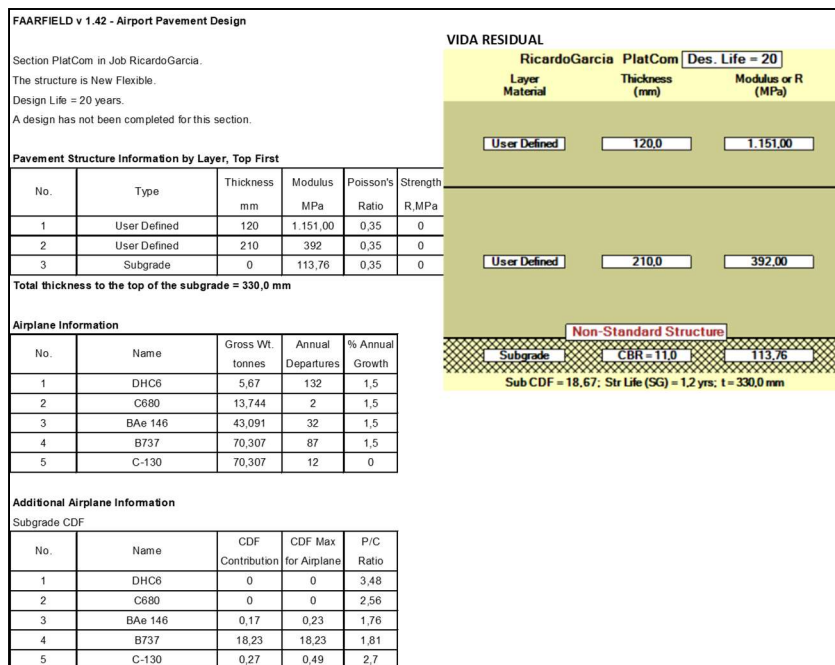
INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

Figura 125: Vida útil remanente pavimento Rodaje Bravo - Rígido.



Fuente: Elaboración propia en base a software FAARFIELD 1.42

Figura 126: Vida útil remanente pavimento Plataforma Comercial.



Fuente: Elaboración propia en base a software FAARFIELD 1.42

3.4.7.3 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, a continuación, en la siguiente tabla se muestra el resumen de vida útil remanente por sección característica considerando un periodo de análisis de 20 años.

Tabla 89. Vida útil remanente por sección característica.

Sector	Vida útil remanente
Pista 09/27 PK 0 – PK 350	> 20 años
Pista 09/27 PK 350 – PK 2.050	> 20 años
Pista 09/27 PK 2.050 – PK 2.320	> 20 años
Rodaje Alfa PK 0 – PK 200	0,9 años
Rodaje Alfa PK 200 – PK 350	0,3 años
Rodaje Bravo - Flexible	4,6 años
Rodaje Bravo – Rígido	0 años
Plataforma Comercial	1,2 años

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que la vida útil de los pavimentos de todas las secciones de pista son superiores al periodo de análisis de 20 años, conforme con las cargas previstas de aeronaves. Sin embargo, la situación es muy diferente con las demás estructuras donde la vida útil remanente tanto de rodajes como de plataforma es prácticamente nula. El daño a los pavimentos está determinado por la influencia de la aeronave B737 utilizada en la modelación, cuyo factor de daño acumulado (CDF) es mucho mayor que 1, generando que los pavimentos falles estructuralmente antes del periodo de diseño establecido.

Nota:

Cabe destacar que lo anterior es resultado del cálculo realizado considerando los espesores de las estructuras de pavimentos obtenidas de las mediciones con Georradar y complementadas con información de estudios anteriores, las que no pudieron ser verificadas. Para mayor objetividad de los cálculos, siempre es conveniente para este tipo de estudios realizar una campaña de extracción de testigos en los pavimentos superficiales, considerando además la excavación de calicatas de poca profundidad (hasta 1,5 m) con rotura de pavimentos en todas las secciones, de modo que pueda verificarse los espesores de referencia. Esta información contribuye confirmar los espesores de cada capa estructural junto con identificar y clasificar el material que la compone.

3.5 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PAVIMENTOS POR MÉTODO PCI

3.5.1 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

3.5.1.1 METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN PCI

Para determinar la condición de los pavimentos se utilizó la metodología de inspección visual descrita en las normas ASTM D 5340 para pavimentos aeroportuarios. Donde se establece el procedimiento de inspección en terreno de manera de identificar los deterioros, su cantidad y severidad en cada Unidad de Muestra, con lo cual posteriormente se determina el *Pavement Condition Index* o PCI.

3.5.1.1.1 ACERCA DEL MÉTODO PCI

El PCI es un indicador numérico que entrega una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en los deterioros observados en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, ni tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento a partir del cual se identifican, con la debida anticipación, las necesidades de rehabilitación o conservación mayor y conservación rutinaria o menor. El PCI proporciona información sobre el rendimiento o desempeño del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento.

El índice de PCI se presenta normalmente con un indicador numérico que va desde un valor de 100, para pavimentos nuevos, hasta llegar a 0, que representa un pavimento que ya ha fallado totalmente. Existen tablas de "deducción" que reducen el valor PCI de acuerdo a los deterioros presentes, de acuerdo con la cantidad que se encuentre de cada uno y su grado de severidad o nivel de daño. El programa computacional utiliza internamente estas tablas y calcula el PCI de acuerdo al tipo de deterioro, severidad y densidad, extrapolando los valores en el caso que no se evalúen todas las unidades de muestra. Los rangos de PCI y su correspondiente estado se muestran a continuación.

Tabla 90. Categorías y rangos PCI.

Categoría PCI	Desde	Hasta	Código de Color
Excelente	86	100	EXCELENTE
Muy Bueno	71	85	MUY BIEN
Bueno	56	70	BIEN

Categoría PCI	Desde	Hasta	Código de Color
Regular	41	55	REGULAR
Malo	26	40	POBRE
Muy Malo	11	25	MUY POBRE
Falla	0	10	FALLA

Fuente: Elaboración Propia.

El índice SCI (Structural Condition Index) es un índice de condición de pavimento derivado del índice PCI, en el que solo se consideran ciertos tipos de daños relacionados con carga. El SCI al igual que el PCI se basa en un estudio visual de la superficie del pavimento siguiendo la norma ASTM D 5340. Los tipos de daños que se incluyen en el SCI son los siguientes:

- Piel de cocodrilo
- Ahuellamiento
- Grieta de esquina
- Grietas longitudinales, transversales y diagonales.
- Grietas en bloque (losas destrozadas)
- Agrietamiento por contracción
- Astillamiento de juntas
- Astillamiento de esquinas

El tipo de daño de grieta por contracción de baja severidad se considera al evaluar el SCI, pero solo para describir grietas estructurales tempranas que aún no han progresado a su ancho o profundidad total.

Debido a que el SCI incluye solo algunos de los tipos de daños usados para calcular PCI, el valor de este siempre será igual o mayor que el PCI para la misma evaluación de pavimento.

Un SCI de 80 es la definición de la falla estructural de un pavimento rígido de la FAA y es consistente con el 50% de las losas en el área de movimiento que exhiben una grieta estructural. El SCI se puede calcular automáticamente con el software PAVER.

3.5.1.1.2 INSPECCIÓN EN TERRENO

El trabajo de terreno fue llevado a cabo con dos inspectores especializados en el método PCI, quienes recorrieron caminando y anotando los deterioros del 100% de los pavimentos. La campaña PCI se realizó en el mes de enero de 2021.

La inspección se realizó con ayuda de un computador portátil e ingresando directamente la información al software PAVER v7.1.0, lo que permite un ahorro en el tiempo de análisis de datos y una disminución de la posibilidad de errores al traspasar los datos desde los formularios en papel al software. Este programa computacional usa internamente algunas tablas y ábacos para determinar el valor del PCI para cada Unidad de Muestra y para cada Sección.

Los deterioros de los pavimentos de aeropuertos están numerados del 41 al 57 (pavimento asfáltico) y de 61 a 76 (pavimento de hormigón), los cuales se muestran a continuación.

Tabla 91. Deterioros del método PCI en pavimentos de aeropuertos.

Tipo Pav.	Código	Tipo de Deterioro	Unidad
Asfalto	41	Grietas tipo piel de cocodrilo	m ²
	42	Afloramiento de asfalto	m ²
	43	Grietas en bloque	m ²
	44	Corrugamiento	m ²
	45	Depresiones	m ²
	46	Erosión por chorro jet	m ²
	47	Grietas de reflexión de juntas	m
	48	Grietas longitudinales y transversales	m
	49	Derrames de aceites solventes	m ²
	50	Bacheos	m ²
	51	Agregados pulidos	m ²
	52	Erosión superficial	m ²
	53	Ahuellamiento	m ²
	54	Levantamiento por empuje en unión asfalto-hormigón	m ²
	55	Grietas por resbalamiento	m ²
	56	Hinchamiento	m ²
	57	Desgaste por envejecimiento	m ²
Hormigón	61	Levantamiento de losas por dilatación	Losas
	62	Grietas de esquina	Losas
	63	Grietas longitudinales, transversales y diagonales	Losas
	64	Grietas tipo "D"	Losas
	65	Daño al sello de juntas	Losas
	66	Parches ≤ 0,50 m ²	Losas
	67	Parches > 0,50 m ²	Losas
	68	Agujeros	Losas
	69	Bombeo	Losas
	70	Escamaduras, grietas tipo mapeo y cuarteaduras	Losas
	71	Escalonamiento	Losas
	72	Grietas en bloque (losas destrozadas)	Losas
	73	Grietas de retracción	Losas
	74	Astillamiento en juntas	Losas
	75	Astillamiento de esquinas	Losas
	76	Reacción alcali-silíceas (ASR)	Losas

3.5.1.2 DEFINICIÓN DE SECCIONES Y UNIDADES DE MUESTRA

Como primer paso se definen la Red correspondiente al Área de Movimiento del Lado Aire o Air Side. Luego se definen las Ramas de pavimento, las cuales tienen en consideración el tipo y uso de las

superficies asociadas. En cuanto a las subdivisiones de las ramas, éstas se subdividen en secciones características, las mismas a que su vez se subdividen en pequeñas porciones de pavimento denominadas unidades de muestra, que es donde puntualmente se realiza la inspección y registro de deterioros. En cuanto a las secciones y unidades de muestra se menciona lo siguiente:

Secciones: A partir de las ramas se genera una primera subdivisión de los pavimentos, de acuerdo con su tipo, uso y condición general, para formar las secciones características o secciones. La definición de secciones debe tener en consideración el comportamiento del pavimento fundamentalmente en lo que respecta a necesidades de mantenimiento similares, de modo que las políticas de mantenimiento puedan ser aplicadas a la sección completa de manera coherente.

Unidades de muestra: Cada sección de pavimento se vuelve a subdividir en elementos más pequeños o porciones de pavimento fácil de ubicar y de evaluar, llamados unidades de muestra o unidades muestrales, las mismas que tienen un tamaño estandarizado de acuerdo con la regla siguiente:

- a) Para pavimentos de hormigón (PCC), una Unidad de Muestra consiste en 20 losas continuas, +/- 8 losas para pavimentos aeroportuarios.
- b) Para pavimentos de concreto asfáltico (AC), y superficies con capas porosas de alta fricción, una Unidad de Muestra para pavimentos aeroportuarios consiste en una superficie continua de 450m² +/- 180 m².

En este estudio se conformaron un total de 197 de unidades de muestra.

La siguiente tabla presenta la definición de ramas y secciones en total para la Red Air Side del aeródromo.

Tabla 92. Definición ramas y secciones, Red Air Side.

Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m ²]	Año Construcción
PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34.724,2	(*)
		PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35.074,6	(*)
RD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7.513,2	(*)
		CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1.771,2	(*)
		MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1.330,2	(*)
		CR-C	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	1	1.688,2	(*)
PL	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6.762,4	(*)

(*) Información de año de construcción no encontrada.

Fuente: Elaboración Propia.

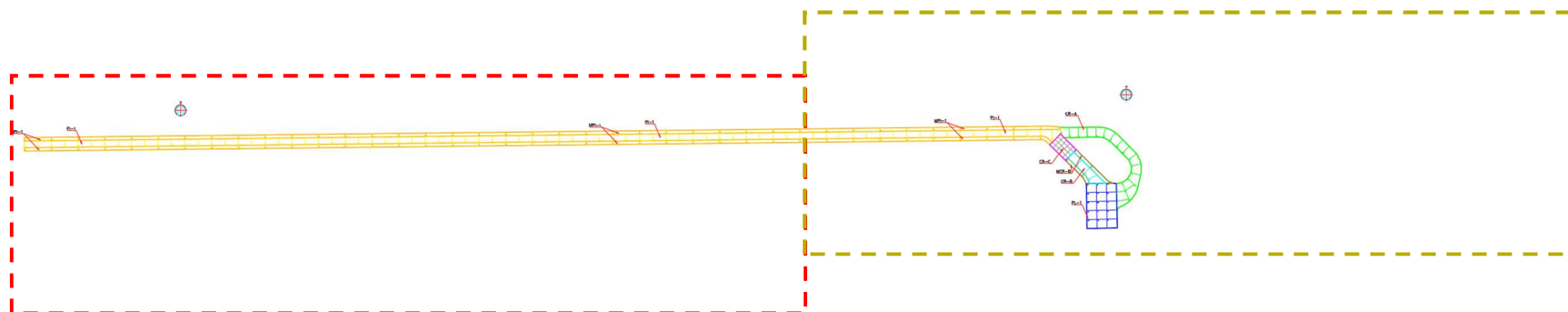
A continuación, se muestra esquemáticamente la ubicación de las secciones del Lado Aire del aeródromo.

Figura 127: Esquema de Ubicación de Secciones Air Side.

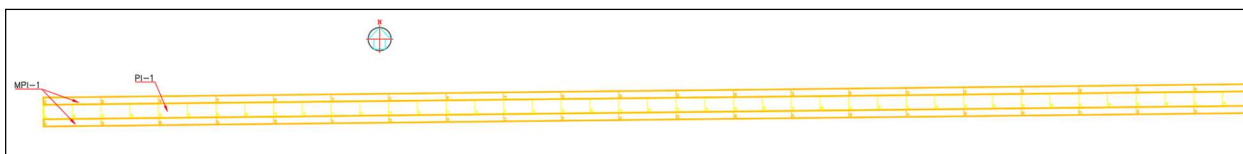
PLANTA SECCIONES:

DETALLE 1

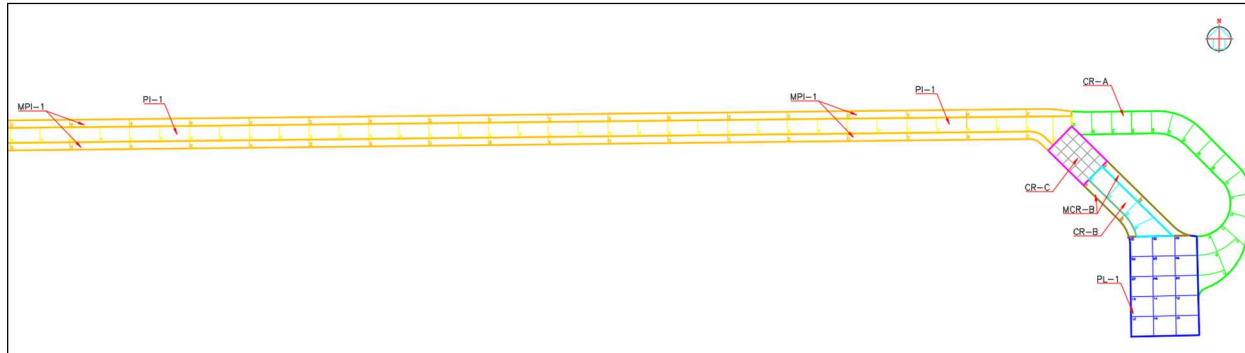
DETALLE 2



DETALLE 1:



DETALLE 2:



Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.3 CONDICIÓN ACTUAL

La condición actual de los pavimentos por rama se obtuvo calculando los promedios ponderados de PCI de cada una de las secciones, los cuales, conforme al método PCI clasifican a los pavimentos entre las categorías “Bueno” y “Muy Pobre”. Respecto a los pavimentos a nivel Red, éstos poseen un PCI de categoría “Regular”.

Tabla 93. Valores PCI red y ramas.

Red	PCI Red	Rama	PCI Rama	Categoría PCI
AIR SIDE	54	PI	59	Bueno
		PL	22	Muy Pobre
		RD	40	Pobre

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores de PCI por sección, calculados a partir de la inspección de cada Unidad de Muestra definida previamente, se muestran a continuación para la red Air Side.

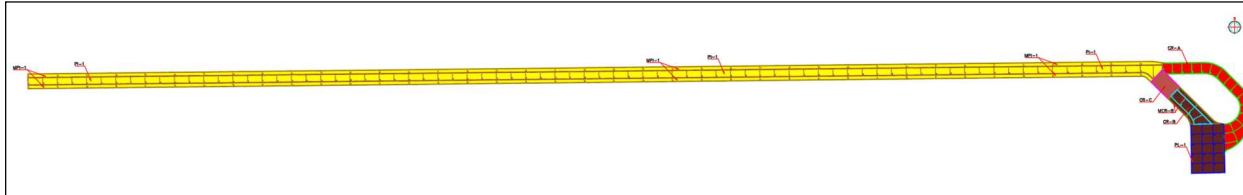
Tabla 94. Valores PCI por secciones, Red Air Side.

Rama	Sección	PCI Sección	Categoría PCI
PI	PI-1	59	Bueno
PI	MPI-1	60	Bueno
PL	PL-1	22	Muy Pobre
RD	CR-A	51	Regular
RD	CR-B	17	Muy Pobre
RD	MCR-B	17	Muy Pobre
RD	CR-C	35	Pobre

Fuente: Elaboración Propia.

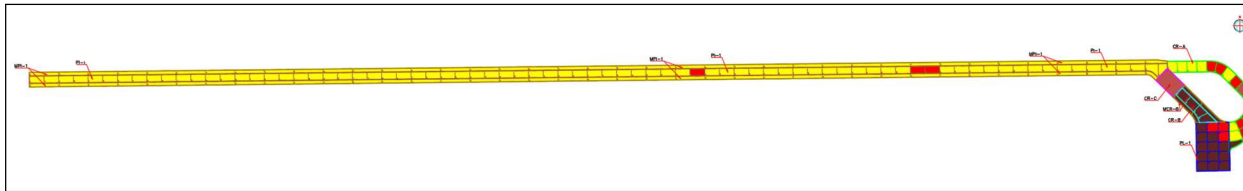
A continuación, en las siguientes figuras se pueden observar los resultados del PCI esquemáticamente a nivel de secciones y de unidades de muestra para el Air Side. El detalle de lo presentado se muestra en los planos.

Figura 128. Resultado PCI Secciones - Air Side.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 129. Resultado PCI Unidades de Muestra - Air Side.



Fuente: Elaboración Propia.

Destacar que de los antecedentes entregados para el Aeródromo Ricardo García Posada, no se observan campañas PCI realizadas en años anteriores, por lo que no es posible realizar un análisis comparativo histórico de este índice.

Adicionalmente, se entrega el índice SCI (Structural Condition Index) de los pavimentos del Área de Movimiento del aeródromo en la siguiente tabla. El índice SCI corresponde a una medida del daño a un pavimento causado por factores de tráfico y carga. Similar al PCI, es un índice numérico entre 0 y 100, siendo 100 la mejor condición posible y 80 el umbral inferior desde el cual el pavimento se considera estructuralmente inadecuado para acomodar las cargas de tránsito de aeronaves. Este índice se obtiene directamente del software Paver, utilizando los deterioros encontrados en la campaña PCI y que pertenezcan al siguiente conjunto:

- Piel de cocodrilo
- Ahuellamiento
- Grieta de esquina
- Grietas longitudinales, transversales y diagonales.
- Grietas en bloque (losas destrozadas)
- Agrietamiento por contracción
- Astillamiento de juntas
- Astillamiento de esquinas

Tabla 95. Índice SCI de pavimentos del Área de Movimiento Aeródromo Ricardo García Posada.

Rama	Sección	SCI Sección
PI	PI-1	100
PI	MPI-1	100
PL	PL-1	100
RD	CR-A	100
RD	CR-B	100
RD	MCR-B	100
RD	CR-C	61

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.4 DETERIOROS

Respecto a los deterioros registrados en el Lado Aire, a continuación, se presentan un resumen con los valores totales por tipo y severidad, para cada rama de pavimento de ambas redes.

Los deterioros predominantes en el Aeródromo Ricardo García Posada corresponden a "Grietas en bloque" y "Desgaste por Envejecimiento" en los pavimentos asfálticos. En los pavimentos de hormigón (que comprenden el 2% del total de pavimentos) se observan predominantemente "Grietas longitudinales, transversales y diagonales" y "Daños al sello de juntas". Es importante mencionar que la tasa de "decaimiento" o deterioro de los pavimentos con un nivel de PCI bajo 60 que no haya sido intervenida, normalmente es superior a la tasa de deterioro de los pavimentos con PCI más alto, lo que lleva a concluir que las deben considerarse pronto acciones de mantenimiento mayor.

Respecto a la Rama Pista (PI), se tiene el siguiente resumen de deterioros por secciones:

Tabla 96. Resumen cantidad de deterioros por Rama PI, Air Side.

DETERIORO	Secciones		Total general	Unidad
	MPI-1	PI-1		
Desgaste por envejecimiento	34724	35074	69798	m ²
Grietas de reflexión de juntas	450		450	m
Grietas en bloque	34274	35074	69348	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de la tabla anterior se puede concluir que el motivo de un bajo valor de PCI de la Rama PI es principalmente por la gran presencia de "Grietas en bloque" y "Desgaste por envejecimiento".

Los deterioros totales corresponden al conjunto o suma de los que clasifican como Baja (B), Media (M) o Alta (A), según el procedimiento de la metodología PCI. De esta manera y para diferenciarlos, en las siguientes tablas se presentan la cantidad de **deterioros por severidad** para la Rama PI, donde se aprecia que en general existe un predominio de daños clasificados como "bajos" y en menor cuantía de severidad "media" y "alta". Para los últimos y penúltimos se recomienda efectuar labores de mantenimiento a fin de llevarlos a severidad "baja" y así evitar su progreso.

Tabla 97. Resumen cantidad de deterioros de severidad BAJA Rama PI, Air Side.

DETERIORO	Secciones		Total general	Unidad
	MPI-1	PI-1		
Desgaste por envejecimiento	34724	34929	69653	m ²
Grietas de reflexión de juntas	450		450	m
Grietas en bloque	34274	35074	69348	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 98. Resumen cantidad de deterioros de severidad MEDIA Rama PI, Air Side.

DETERIORO	Secciones	Total general	Unidad
	PI-1		
Desgaste por envejecimiento	135	135	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 99. Resumen cantidad de deterioros de severidad ALTA Rama PI, Air Side.

DETERIORO	Secciones	Total general	Unidad
	PI-1		
Desgaste por envejecimiento	10	10	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la Rama de las calles de Rodajes (RD), se tiene el siguiente resumen de deterioros por secciones:

Tabla 100. Resumen cantidad de deterioros por Rama ROD, Air Side.

DETERIORO	Secciones				Total general	Unidad
	CR-A	CR-B	CR-C	MCR-B		
Astillamiento de esquinas			4		4	Losas
Daño al sello de juntas			20		20	Losas
Desgaste por envejecimiento	7447	1780		1332	10559	m ²
Grietas de esquina			10		10	Losas
Grietas de retracción			17		17	Losas
Grietas en bloque	7447	1780		1332	10559	m ²
Grietas en bloque (losas destrozadas)			2		2	Losas
Grietas longitudinales, transversales y diagonales			19		19	Losas
Parches ≤ 0,50 m ²			1		1	Losas

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto al nivel de severidad, en las tablas siguientes se presentan la distribución por secciones para los niveles, Bajo, Medio, Alto y sin severidad.

Tabla 101. Resumen cantidad de deterioros de severidad BAJA Rama ROD, Air Side.

DETERIORO	Secciones				Total general	Unidad
	CR-A	CR-B	CR-C	MCR-B		
Astillamiento de esquinas			4		4	Losas
Desgaste por envejecimiento	7447	1780		1332	10559	m ²
Grietas de esquina			10		10	Losas
Grietas en bloque	6279,8				6279,8	m ²
Grietas en bloque (losas destrozadas)			2		2	Losas
Grietas longitudinales, transversales y diagonales			19		19	Losas
Parches ≤ 0,50 m ²			1		1	Losas

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 102. Resumen cantidad de deterioros de severidad MEDIA Rama RD, Air Side.

DETERIORO	Secciones	Total general	Unidad
	PI-1		
Grietas en bloque	586	586	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 103. Resumen cantidad de deterioros de severidad ALTA Rama RD, Air Side.

DETERIORO	Secciones				Total general	Unidad
	CR-A	CR-B	CR-C	MCR-B		
Daño al sello de juntas			20		20	Losas
Grietas en bloque	581,2	1780		1332	3693,2	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 104. Resumen cantidad de deterioros sin severidad Rama RD, Air Side.

DETERIORO	Secciones	Total general	Unidad
	PI-1		
Grietas de retracción	17	17	Losas

Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a la Rama PL, el resumen de deterioros totales por sección se muestra a continuación.

Tabla 105. Resumen cantidad de deterioros por Rama PL, Air Side.

DETERIORO	Secciones	Total general	Unidad
	PL-1		
Desgaste por envejecimiento	6729	6729	m ²
Grietas en bloque	6729	6729	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a los niveles de severidad de estos deterioros, se tiene la siguiente distribución para Baja, Media y Alta:

Tabla 106. Resumen cantidad de deterioros de severidad BAJA Rama PL, Air Side.

DETERIORO	Secciones	Total general	Unidad
	PL-1		
Desgaste por envejecimiento	6729	6729	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 107. Resumen cantidad de deterioros de severidad MEDIA Rama PL, Air Side.

DETERIORO	Secciones	Total general	Unidad
	PL-1		
Grietas en bloque	1335	1335	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 108. Resumen cantidad de deterioros de severidad ALTA Rama PL, Air Side.

DETERIORO	Secciones	Total general	Unidad
	PL-1		
Grietas en bloque	5394	5394	m ²

Fuente: Elaboración Propia.

El origen de los deterioros mostrados en las tablas anteriores se puede clasificar en 3 grupos: origen por efecto de las Cargas, origen por efecto del Clima y por Otros efectos. A continuación, en la siguiente tabla se muestra el porcentaje de incidencia que tiene cada uno de estos factores en cada sección. El factor "Otros" corresponde a orígenes de deterioros tales como: terminaciones de construcciones defectuosas, áridos contaminados con materias orgánicas, acción de solventes en asfaltos, etc.

Tabla 109. Origen de los deterioros. Porcentaje de incidencia de cada factor.

SECCIÓN	CARGA (%)	CLIMA (%)	OTRO (%)
CR-A	0,0	100,0	0,0
CR-B	0,0	100,0	0,0
CR-C	42,9	14,3	42,9
MCR-B	0,0	100,0	0,0
MPI-1	0,0	100,0	0,0
PI-1	0,0	100,0	0,0
PL-1	0,0	100,0	0,0

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, en las siguientes figuras es posible observar el estado de cada Sección Característica junto a algunos de los deterioros encontrados, identificando la presencia de "grietas de bloques" en casi la totalidad de los pavimentos asfálticos.

Figura 130: Deterioros Sección Pista PI-1.



Fuente: Campaña PCI 2021.

Figura 131: Deterioros Sección Pista MPI-1.



Fuente: Campaña PCI 2021.

Figura 132: Deterioros Sección Rodaje Alfa CR-A.



Fuente: Campaña PCI 2021.

Figura 133: Deterioros Sección Rodaje Bravo CR-B.



Fuente: Campaña PCI 2021.

Figura 134: Deterioros Sección Rodaje Bravo CR-C.



Fuente: Campaña PCI 2021.

Figura 135: Deterioros Sección Plataforma PL-1.



Fuente: Campaña PCI 2021.

3.5.2 PROYECCIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Las predicciones de los valores de PCI en el tiempo se realizan a partir de la conformación de “**Familias de Pavimentos**” en el software PAVER, las cuales tienen, a modo de ejemplo, características como: tipo de construcción similar, estados de carga o patrones de tráfico similares y otros factores que afectan el comportamiento de la estructura de pavimento. A continuación, se presenta una proyección estimativa basada en la agrupación de pavimentos con características similares para la Red Air Side definida para el aeródromo.

Tabla 110. Proyección de la condición PCI.

AIR SIDE	2021	2022	2023	2024	2025
	37	36	35	34	33
PI	59	58	57	56	55
PL	22	21	20	19	18
RD	30	29	28	27	26

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 111. Proyección de la condición PCI, Air Side.

Rama	Sección	2021	2022	2023	2024	2025
PI	MPI-1	60	59	58	57	56
PI	PI-1	59	58	57	56	55
PL	PL-1	22	21	20	19	18
RD	CR-A	51	50	49	48	47
RD	CR-B	17	16	15	14	13
RD	CR-C	35	34	33	32	31
RD	MCR-B	17	16	15	14	13

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante destacar que para efectuar las proyecciones se toma en consideración el tipo, cantidad y severidad de cada deterioro ponderados por el tamaño de la sección.

Por ejemplo, en aquellas unidades de muestra donde exista mayor presencia de los deterioros con valor deductivo alto su progreso será mayor, sin embargo, el valor de PCI proyectado dependerá de la cantidad de unidades de muestra con similar condición y de su incidencia en el tamaño de la sección, por tanto, en las tablas anteriores hay que tener especial cuidado de atender con premura aquellas secciones donde la tasa de disminución del PCI es mayor, debido a que lo más probable es que se esté en presencia de deterioros muy incidentes, en gran cantidad y presentes en gran número de unidades de muestra.

4 ETAPA 4: PLANES DE CONSERVACIÓN

4.1 PLAN DE CONSERVACIÓN Y OTRAS OBRAS

4.1.1 POLÍTICA DE PLANES DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

En virtud del catastro de información, los análisis señalados en la etapa 3 del presente estudio, donde se describen análisis funcionales como estructurales, de vida útil y capacidad remanente de los pavimentos, se establecerán las necesidades de conservación a 20 años.

Junto a lo anterior, y en función de los análisis de demanda de tránsito aéreo, se verificará también la necesidad de considerar obras de mejoramiento de las estructuras de pavimento, de forma de permitir que éstas resistan de manera correcta las cargas proyectadas, manteniendo niveles de seguridad operacional y servicio óptimos.

4.1.1.1 RECOMENDACIÓN DE MANTENIMIENTO

La recomendación de mantenimiento se basa en el concepto del PCI crítico, definido como el valor del PCI a partir del cual el pavimento comienza a deteriorarse rápidamente y por lo tanto el costo de aplicar políticas de mantenimiento localizadas preventivas aumenta significativamente hasta el punto de hacerlas insostenibles debido al efecto de aumento o generación exponencial de deterioros.

Para este estudio se define como crítico el valor de $PCI=65$ para los pavimentos aeroportuarios.

Los tipos de mantenimiento recomendados que se deben ejecutar son:

- Localizado de Emergencia

Consiste en la reparación de deterioros para mantener el pavimento operativo en forma segura. Se aplica a todos los pavimentos, cualquiera sea el valor del PCI del sector donde se ubique el deterioro.

- Localizado Preventivo

Consiste en la reparación de daños para detener la tasa de deterioro del PCI. Se aplica a todos los pavimentos que se encuentren sobre el PCI Crítico, que es $PCI \geq 65$ para el Área de Movimiento de aeronaves.

- Global Preventivo

Este tipo de mantenimiento se aplica a sectores completos de pavimento con el objetivo primario de demorar o hacer más lenta la tasa de deterioro. Se incluyen los tratamientos superficiales para los pavimentos asfálticos y el sello de juntas para los pavimentos rígidos entre otros. Se aplica a los pavimentos sobre el PCI Crítico ($PCI \geq 65$ para el Área de Movimiento de aeronaves).

- Mantenimiento Mayor

Son las actividades aplicadas a toda una sección de pavimento para corregir o mejorar funcional y estructuralmente el pavimento. El mantenimiento mayor se utiliza para mejorar pavimentos que están bajo el PCI crítico. Se incluye la reconstrucción de una o varias capas estructurales del pavimento, y los recarpeteos superficiales. El PCI después de la aplicación de un mantenimiento mayor se asume que retorna a 100.

Los costos unitarios asumidos para los trabajos de mantenimiento determinados en particular para este aeródromo están definidos por valores unitarios de mano de obra, acceso a materiales, alquiler de maquinaria entre otros, obteniendo el siguiente resumen de costos unitarios de mantenimiento:

Tabla 112: Costos unitarios de trabajos de mantenimiento.

ID	Ítem	Precio UF	Unidad
1	Conservación Mayor		
1,1	Asfalto		
1.1.1	Recapado con Pavimento Nuevo sobre estructura de pavimento existente	UF 0,600	m2
1.1.2	Fresado y capa de rodado nueva	UF 0,610	m2
1.1.3	Demolición a espesor total y estructura de pavimento nueva	UF 1,749	m2
1.1.4	Demolición a espesor parcial y estructura de pavimento nueva	UF 1,082	m2
1,2	Hormigón		
1.2.1	Demolición a espesor total y estructura de pavimento nueva	UF 4,489	m2
1.2.2	Demolición a espesor parcial y estructura de pavimento nueva	UF 4,144	m2
2	CONSERVACIÓN RUTINARIA		
2,1	Asfalto		
2.1.1	Bacheo profundo en asfalto	UF 1,297	m2
2.1.2	Bacheo a profundidad parcial en asfalto	UF 1,283	m2
2.1.3	Riegos asfálticos (Fog Seal)	UF 0,055	m2
2.1.4	Sello superficial (Slurry Seal)	UF 0,091	m2
2.1.5	Sello de grietas	UF 0,175	ml
2.1.6	Sello Protector Asfáltico	UF 0,314	m2
2,2	Hormigón		
2.2.1	Bacheo profundo en hormigón	UF 4,773	m2
2.2.2	Bacheo a profundidad parcial en hormigón	UF 3,926	m2
2.2.3	Reemplazo de losas	UF 4,184	m2
2.2.4	Sellado de grietas	UF 0,175	ml
2.2.5	Sellado de juntas	UF 0,181	ml
2.2.6	Cepillado	UF 0,160	m2
3	OTROS		
3,1	Asfalto		
3.1.1	Demarcación Asfalto	UF 0,251	m2
3,2	Hormigón		
3.2.1	Demarcación Hormigón	UF 0,251	m2

Fuente. Elaboración Propia.

Como se comentó anteriormente, mantener en óptimas condiciones los pavimentos es necesario para asegurar la operación de las aeronaves de manera segura y eficiente. En este sentido, la Dirección de Aeropuertos ha realizado distintos esfuerzos durante los últimos años, a través del SGM (Sistema de Gestión de Mantenimiento) y de la Unidad de Conservación del Departamento de Construcción, los que han avanzado hacia la sistematización de las labores de conservación.

En general, un sistema de gestión de pavimento proporciona procedimientos sistemáticos y objetivos, para mantener actualizado el catastro de la infraestructura del pavimento, monitorear el desempeño del pavimento, seleccionar el tratamiento adecuado para el pavimento en el momento adecuado, planificar y presupuestar las actividades de preservación del pavimento.

En particular, una política de mantenimiento de los pavimentos debe servir como herramienta para la toma de decisiones, en el corto y largo plazo, sobre las obras de mantenimiento a realizar en un aeródromo o aeropuerto. De esta manera, podemos considerar que se compone de dos etapas de decisiones secuenciales.

4.1.1.2 ANÁLISIS PARA LA GENERACIÓN DEL PLAN DE CONSERVACIÓN

Tabla 113: Características de Pavimentos Aeroportuarios.

Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m ²]	Año Construcción	PCI	SCI
PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34.724,20	(*)	59	100
		PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35.074,60	(*)	60	100
ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7.513,20	(*)	51	100
		CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1.771,20	(*)	17	100
		MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1.330,20	(*)	17	100
		CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1.688,20	(*)	35	61
PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6.762,40	(*)	22	100

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla anterior, se han ordenado las diferentes secciones del aeropuerto, respecto a la edad y tipo de pavimento. Para analizar un potencial plan de mantenimiento será necesario agrupar según tipo de deterioro. Sin embargo, según la información recopilada, se comprueba que en este aeródromo se deberá realizar en el corto plazo una conservación mayor de toda el área de movimiento debido al actual estado de pavimentos, el cual se ve reflejado en el índice PCI que actualmente posee. En este sentido, y de acuerdo a lo señalado en el Informe RSZCN20-AS-PV-IN-07, en pista presenta una gran cantidad de daños asociados a desgaste por envejecimiento, grietas en bloque y grietas por reflexión en juntas, siendo las dos primeras las causales del bajo valor PCI. En relación a los rodajes, sucede algo similar, observándose gran cantidad de daños asociados a desgaste por envejecimiento y grietas en bloque. Finalmente, en Plataforma se repite el escenario, en relación a los daños predominantes.

En relación al SCI (Structural Condition Index), sólo una sección se encuentra bajo el límite inferior estructural (80), de acuerdo a lo indicado en el documento RSZCN20-AS-PV-IN-07, tabla 4.6, que a continuación se presenta:

Tabla 114. Resumen de índice de condición estructural.

Rama	Sección	SCI Sección
PI	PI-1	100
PI	MPI-1	100
PL	PL-1	100
RD	• CR-A	100
RD	CR-B	100
RD	MCR-B	100
RD	CR-C	61

Fuente. Tabla 4.6, RSZCN20-AS-PAV-IN-07.

El resto de las secciones alcanza un valor 100, que nos permite establecer que los daños, en general, no están asociados a las cargas inferidas por las aeronaves, sino que por otros variables, como por ejemplo, los climáticos, tal como lo muestra la tabla 4-20 del Informe RSZCN20-AS-PV-IN-07.

Tabla 115. Resumen de daños asociados por variables.

SECCIÓN	CARGA (%)	CLIMA (%)	OTRO (%)
CR-A	0,0	100,0	0,0
CR-B	0,0	100,0	0,0
CR-C	42,9	14,3	42,9
MCR-B	0,0	100,0	0,0
MPI-1	0,0	100,0	0,0
PI-1	0,0	100,0	0,0
PL-1	0,0	100,0	0,0

Fuente. 4-20, RSZCN20-AS-PV-IN-07.

En relación a lo presentado en el informe RSZCN20-AS-PV-IN-13, los pavimentos de pista tienen una vida remanente superior a los 20 años, mientras que el resto de la infraestructura tiene muy baja vida remanente. Esta situación es en virtud de la influencia del B737 utilizado en la modelación, cuyo factor de daño acumulado (CDF) es mucho mayor que 1, generando que los pavimentos fallen estructuralmente antes del periodo de diseño establecido.

En virtud de lo anterior, el programa de conservación para el Aeródromo Ricardo García Posada se nutre de la información antes señalada, además de la proyección realizada en la tabla 3-12 del Informe RSZCN20-AS-PV-IN-13 que a continuación se presenta:

Tabla 116. Proyección PCI con mantenimientos propuestos.

Sección	PCI estimados con Mantenimientos										
	Actual	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
MPI-1	60	65	64	63	62	64	63	62	61	100	99
PI-1	59	64	63	62	61	63	62	61	60	100	99
PL-1	22	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
CR-A	51	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
CR-B	17	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
CR-C	35	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
MCR-B	17	100	99	98	97	99	98	97	96	98	97
Sección	PCI estimados con Mantenimientos										
	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
MPI-1	98	97	99	98	97	96	98	97	96	95	94
PI-1	98	97	99	98	97	96	98	97	96	95	94
PL-1	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91
CR-A	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91
CR-B	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91
CR-C	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91
MCR-B	96	95	97	96	95	94	96	94	93	92	91

Fuente. Tabla 3-12, RSZCN20-AS-PV-IN-13.

Tabla 117. Escala cromática PCI

Categoría PCI	Desde	Hasta	Código de Color
Excelente	86	100	EXCELENTE
Muy Bueno	71	85	MUY BIEN
Bueno	56	70	BIEN
Regular	41	55	REGULAR
Malo	26	40	POBRE
Muy Malo	11	25	MUY POBRE
Falla	0	10	FALLA

Fuente. Elaboración Propia.

Este análisis de sensibilidad, que permite establecer una configuración de mantenimientos hipotéticos, considera conservaciones mayores antes que pavimentos alcancen un PCI 65 y mantenimientos rutinarios para prolongar su vida útil.

Como se puede observar, la pista (secciones MPI-1 y PI-1) se encuentra bajo el nivel de PCI crítico (PCI=65), por tanto, es posible que de seguir sin mantenimiento los pavimentos no puedan continuar prestando servicios a partir del año 2025. Las demás secciones ya se encuentran en un nivel funcional por debajo del PCI = 55, lo que significa que dichas secciones completas son candidatas a obras de mantenimiento mayor, probablemente a su reconstrucción.

En particular, para efectos de los planes de conservación del Aeródromo Ricardo García Posada, se consideró en el primer año (2022) obras de conservación mayor en calles de rodaje y de conservación preventiva en las en pista y plataforma, en virtud de los daños evidenciados en los índices PCI. Posteriormente, en 2027 se plantea la conservación mayor de los pavimentos de pista y plataforma, los que, si bien es cierto tienen un PCI bajo 65 proyectado, su alto índice SCI y la proyección de operaciones, nos

permite pensar que pueden esperar hasta ese año para obras de conservación mayor. En relación a los rodajes, ese año se le realizan labores de conservación preventiva, asociados principalmente a protegerlos de las condiciones climáticas, con la aplicación de un sello protector asfáltico. Finalmente, el resto de las obras consideradas apuntan a realizar labores de conservación, con campañas de sello de grietas, bacheos puntualizados y aplicación de sellos protectores, hasta alcanzar el horizonte de proyección.

4.1.1.3 PROGRAMA DE CONSERVACIÓN

Los criterios de diseño son referencias para efectos del diseño de los planes de conservación, por lo que, los porcentajes específicos para algunas secciones se definieron en virtud del análisis de daño establecido en los informes PCI y del criterio de este consultor.

A continuación, se presenta el programa de conservación anual en un horizonte de 20 años, de acuerdo a los criterios antes descritos.

Tabla 118. Programa de Conservación anual para un horizonte de 20 años.¹⁸

N°	Año	Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m²]	Año Construcción	Trabajo de Mantenimiento	TIPO	CANTIDAD	UN	PU [UF]	VALOR TOTAL [UF]	VALOR ANUAL
1	2021	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
2	2022	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	17362.10	ml	0.175	3038.37	UF 33822.37
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	1736.21	m2	1.283	2227.56	
										Sello protector Asfaltico	CLP	34724.20	m2	0.314	10903.40	
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	17537.30	ml	0.175	3069.03	
										Bacheo profundidad total asfalto	CLP	1753.73	m2	1.283	2250.04	
										Sello protector Asfaltico	CLP	35074.60	m2	0.314	11013.42	
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)	Demolición espesor parcial y nueva estructura (asfalto)	CM	7513.20	m2	0.767	5762.62	UF 11296.64
										Demolición espesor parcial y nueva estructura (asfalto)	CM	1771.20	m2	0.767	1358.51	
										Demolición espesor parcial y nueva estructura (asfalto)	CM	1330.20	m2	0.767	1020.26	
										Demolición de losas y nueva estructura (hormigón)	CM	1688.20	m2	1.869	3155.25	
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	1690.60	ml	0.175	295.86	UF 3075.20
										Bacheo profundidad total asfalto	CLP	338.12	m2	1.187	401.35	
										Sello protector Asfaltico	CLP	6762.40	m2	0.314	2123.39	
										Demarcación	CLP	1014.36	m2	0.251	254.60	
3	2023	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							

¹⁸ Elaboración Propia.

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

IDOM

Nº	Año	Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m²]	Año Construcción	Trabajo de Mantenimiento	TIPO	CANTIDAD	UN	PU [UF]	VALOR TOTAL [UF]	VALOR ANUAL
4	2024		PLAT	MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
			PI	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
				MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
				CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
5	2025		PI	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
			PI	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
6	2026		PI	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
			PI	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)	Demolición espesor parcial y nueva estructura (asfalto)	CM	34,724.20	m2	1.082	37571.58	UF 75522.30
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)	Demolición espesor parcial y nueva estructura (asfalto)	CM	35,074.60	m2	1.082	37950.72	
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)	Demolición espesor parcial y nueva estructura (asfalto)	CM	6,762.40	m2	0.977	6606.86	UF 6606.86
				PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)	Demolición espesor parcial y nueva estructura (asfalto)	CM	6,762.40	m2	0.977	6606.86	
7	2027		PI	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
				PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	751.32	ml	0.175	131.48	UF 4639.13
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	375.66	m2	1.283	481.97	
										Sello protector Asfaltico	CLP	7,513.20	m2	0.314	2359.14	
										Demarcación	CLP	1,126.98	m2	0.251	282.87	
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	177.12	ml	0.175	31.00	
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	88.56	m2	1.283	113.62	
										Sello protector Asfaltico	CLP	1,771.20	m2	0.314	556.16	
										Demarcación	CLP	265.68	m2	0.251	66.69	
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	133.02	ml	0.175	23.28	
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	66.51	m2	1.283	85.33	
										Sello protector Asfaltico	CLP	1,330.20	m2	0.314	417.68	

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

IDOM

Nº	Año	Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m ²]	Año Construcción	Trabajo de Mantenimiento	TIPO	CANTIDAD	UN	PU [UF]	VALOR TOTAL [UF]	VALOR ANUAL
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)	Demarcación	CLP	199.53	m2	0.251	50.08	
										Sello de Junturas	CLP	220.00	ml	0.181	39.82	
8	2028	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
9	2029	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
10	2030	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
11	2031	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	5208.63	ml	0.175	911.51	UF 29547.19
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	1736.21	m2	1.283	2227.56	
										Sello protector Asfaltico	CLP	34724.20	m2	0.314	10903.40	
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	5261.19	ml	0.175	920.71	
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	1753.73	m2	1.283	2250.04	
										Sello protector Asfaltico	CLP	35074.60	m2	0.314	11013.42	
		ROD	Calles Rodajes							Demarcación	CLP	5261.19	m2	0.251	1320.56	
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	1014.36	ml	0.175	177.51	UF 2956.86
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	338.12	m2	1.187	401.35	
										Sello protector Asfaltico	CLP	6762.40	m2	0.314	2123.39	
										Demarcación	CLP	1014.36	m2	0.251	254.60	
12	2032	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD		CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	751.32	ml	0.175	131.48	

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

IDOM

Nº	Año	Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m ²]	Año Construcción	Trabajo de Mantenimiento	TIPO	CANTIDAD	UN	PU [UF]	VALOR TOTAL [UF]	VALOR ANUAL
			Calles Rodajes	CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)	Bacheo profundidad total asfalto	CLP	375.66	m2	1.283	481.97	UF 4639.13
										Sello protector Asfaltico	CLP	7513.20	m2	0.314	2359.14	
										Demarcación	CLP	1126.98	m2	0.251	282.87	
										Sello de grietas asfalto	CLP	177.12	ml	0.175	31.00	
										Bacheo profundidad total asfalto	CLP	88.56	m2	1.283	113.62	
										Sello protector Asfaltico	CLP	1771.20	m2	0.314	556.16	
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)	Demarcación	CLP	265.68	m2	0.251	66.69	
										Sello de grietas asfalto	CLP	133.02	ml	0.175	23.28	
										Bacheo profundidad total asfalto	CLP	66.51	m2	1.283	85.33	
										Sello protector Asfaltico	CLP	1330.20	m2	0.314	417.68	
										Demarcación	CLP	199.53	m2	0.251	50.08	
										Sello de Junturas	CLP	220.00	ml	0.181	39.82	
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
13	2033	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
14	2034	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
15	2035	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
16	2036	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	5208.63	ml	0.175	911.51	UF 29547.19
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	1736.21	m2	1.283	2227.56	
										Sello protector Asfaltico	CLP	34724.20	m2	0.314	10903.40	
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	5261.19	ml	0.175	920.71	
										Bacheo profundidad parcial asfalto	CLP	1753.73	m2	1.283	2250.04	
										Sello protector Asfaltico	CLP	35074.60	m2	0.314	11013.42	

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

IDOM

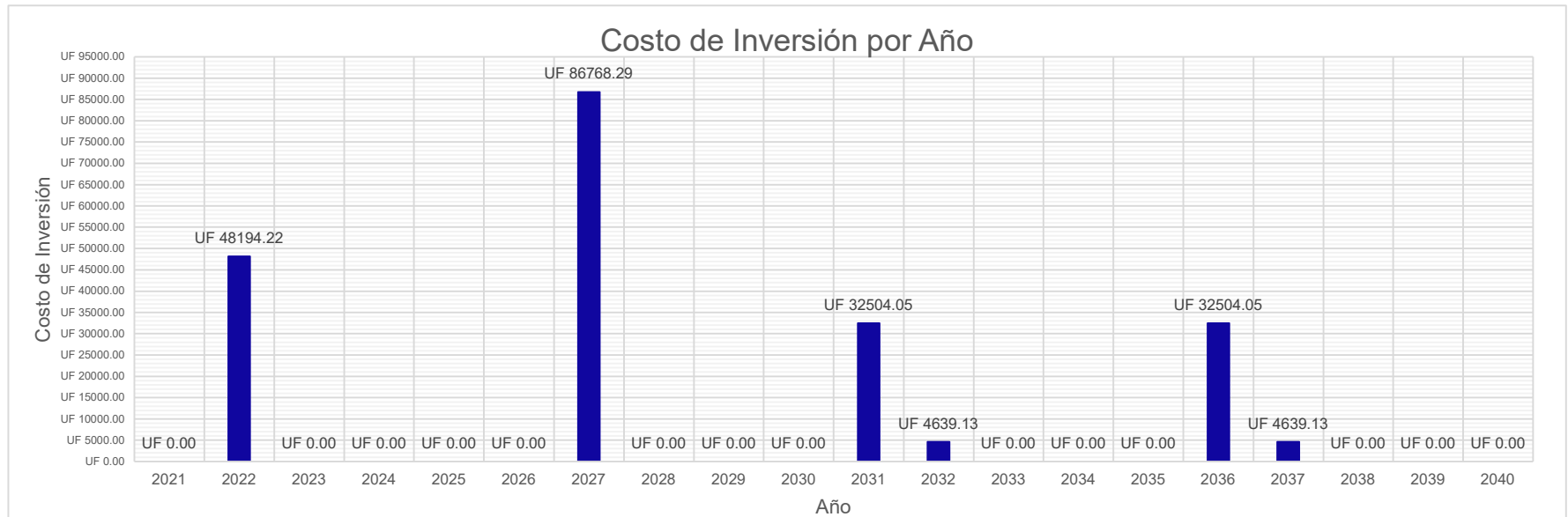
N°	Año	Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m ²]	Año Construcción	Trabajo de Mantenimiento	TIPO	CANTIDAD	UN	PU [UF]	VALOR TOTAL [UF]	VALOR ANUAL
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)	Demarcación	CLP	5261.19	m2	0.251	1320.56	
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	1014.36	ml	0.175	177.51	UF 2956.86
										Bacheo profundidad total asfalto	CLP	338.12	m2	1.187	401.35	
										Sello protector Asfáltico	CLP	6762.40	m2	0.314	2123.39	
										Demarcación	CLP	1014.36	m2	0.251	254.60	
17	2037	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	751.32	ml	0.175	131.48	UF 4639.13
										Bacheo profundidad total asfalto	CLP	375.66	m2	1.283	481.97	
										Sello protector Asfáltico	CLP	7513.20	m2	0.314	2359.14	
										Demarcación	CLP	1126.98	m2	0.251	282.87	
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	177.12	ml	0.175	31.00	
										Bacheo profundidad total asfalto	CLP	88.56	m2	1.283	113.62	
										Sello protector Asfáltico	CLP	1771.20	m2	0.314	556.16	
										Demarcación	CLP	265.68	m2	0.251	66.69	
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)	Sello de grietas asfalto	CLP	133.02	ml	0.175	23.28	
										Bacheo profundidad total asfalto	CLP	66.51	m2	1.283	85.33	
										Sello protector Asfáltico	CLP	1330.20	m2	0.314	417.68	
										Demarcación	CLP	199.53	m2	0.251	50.08	
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)	Sello de Junturas	CLP	220.00	ml	0.181	39.82	
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
18	2038	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
19	2039	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
20	2040	PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
				PI-1	Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

IDOM

N°	Año	Código Rama	Rama	Código Sección	Descripción Sección	Tipo de pavimento	Cantidad de UM	Superficie [m ²]	Año Construcción	Trabajo de Mantenimiento	TIPO	CANTIDAD	UN	PU [UF]	VALOR TOTAL [UF]	VALOR ANUAL
21	2041	ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							
		PI	Pista Aeronaves	MP-1	Sección de Extremos de Pista	Asfalto	78	34,724.20	(*)							
					Sección de Pista	Asfalto	78	35,074.60	(*)							
		ROD	Calles Rodajes	CR-A	Sección Rodaje Alfa	Asfalto	17	7,513.20	(*)							
				CR-B	Sección Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,771.20	(*)							
				MCR-B	Sección de Extremos de Rodaje Bravo	Asfalto	4	1,330.20	(*)							
				CR-B-H	Sección Rodaje Bravo de Hormigón	Hormigón	20	1,688.20	(*)							
		PLAT	Plataforma Aeronaves	PL-1	Sección de Plataforma Comercial	Asfalto	15	6,762.40	(*)							

Gráfico 14. Costo de inversión por año.



Fuente. Elaboración Propia.

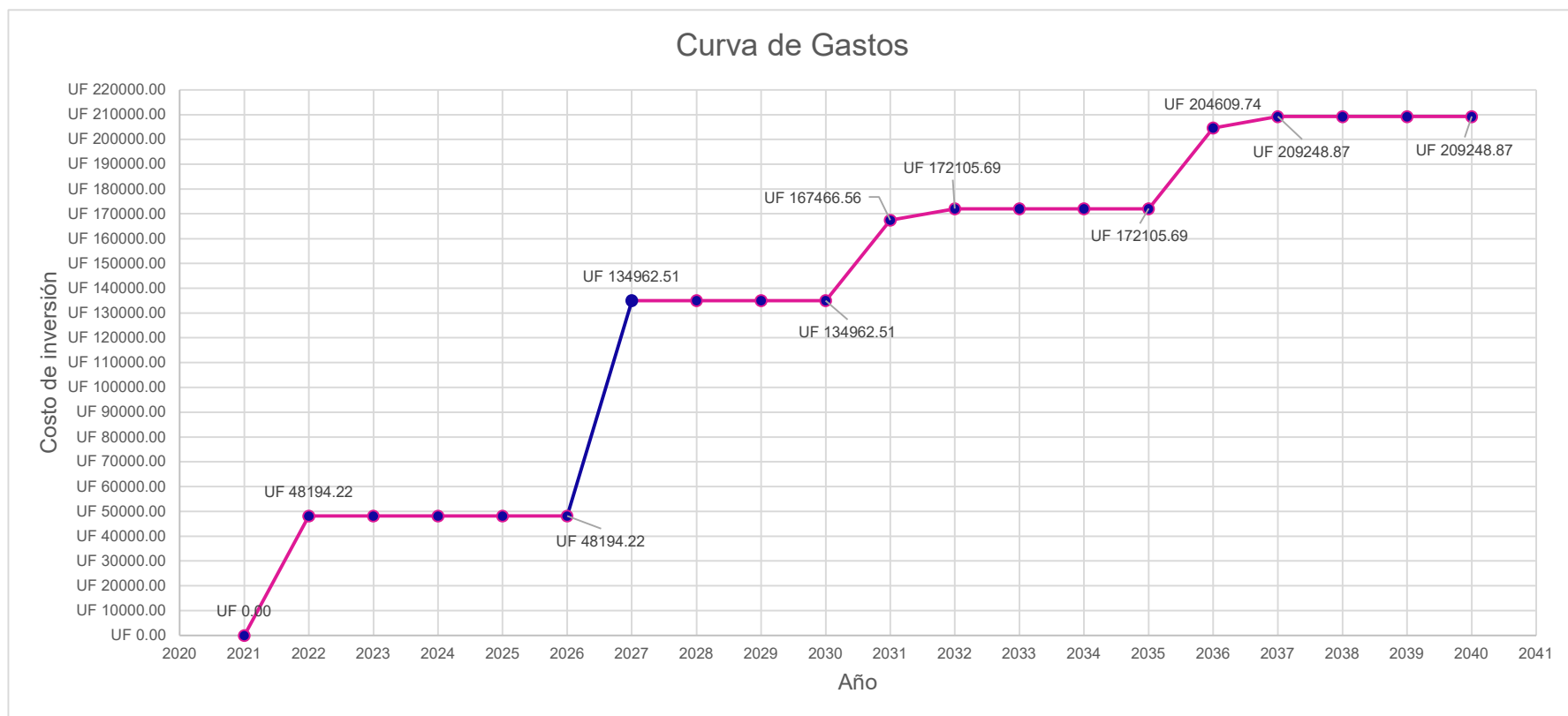
INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

Tabla 119. Resumen de costos de inversión por rama general.

Año	Rama General	Valor Anual	Total Anual	Acumulado
2021	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 0.00
2021	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2021	Plataformas	UF 0.00		
2022	Pistas	UF 33822.37	UF 48194.22	UF 48194.22
2022	Calles de Rodaje	UF 11296.64		
2022	Plataformas	UF 3075.20		
2023	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 48194.22
2023	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2023	Plataformas	UF 0.00		
2024	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 48194.22
2024	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2024	Plataformas	UF 0.00		
2025	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 48194.22
2025	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2025	Plataformas	UF 0.00		
2026	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 48194.22
2026	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2026	Plataformas	UF 0.00		
2027	Pistas	UF 75522.30	UF 86768.29	UF 134962.51
2027	Calles de Rodaje	UF 4639.13		
2027	Plataformas	UF 6606.86		
2028	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 134962.51
2028	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2028	Plataformas	UF 0.00		
2029	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 134962.51
2029	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2029	Plataformas	UF 0.00		
2030	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 134962.51
2030	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2030	Plataformas	UF 0.00		
2031	Pistas	UF 29547.19	UF 32504.05	UF 167466.56
2031	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2031	Plataformas	UF 2956.86		
2032	Pistas	UF 0.00	UF 4639.13	UF 172105.69
2032	Calles de Rodaje	UF 4639.13		
2032	Plataformas	UF 0.00		
2033	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 172105.69
2033	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2033	Plataformas	UF 0.00		
2034	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 172105.69
2034	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2034	Plataformas	UF 0.00		
2035	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 172105.69
2035	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2035	Plataformas	UF 0.00		
2036	Pistas	UF 29547.19	UF 32504.05	UF 204609.74
2036	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2036	Plataformas	UF 2956.86		
2037	Pistas	UF 0.00	UF 4639.13	UF 209248.87
2037	Calles de Rodaje	UF 4639.13		
2037	Plataformas	UF 0.00		
2038	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 209248.87
2038	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2038	Plataformas	UF 0.00		
2039	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 209248.87
2039	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2039	Plataformas	UF 0.00		
2040	Pistas	UF 0.00	UF 0.00	UF 209248.87
2040	Calles de Rodaje	UF 0.00		
2040	Plataformas	UF 0.00		

Fuente. Elaboración Propia.

Gráfico 15. Curva de Gastos.



Fuente. Elaboración Propia.

5 ANEXOS

5.1 VALORES DE PCI POR UNIDAD DE MUESTRA

Rama	Sección	Unidad Muestra	PCI
RD	CR-C	1	35
RD	CR-A	1	59
RD	CR-A	2	59
RD	CR-A	3	59
RD	CR-A	4	59
RD	CR-A	5	41
RD	CR-A	6	42
RD	CR-A	7	59
RD	CR-A	8	54
RD	CR-A	9	28
RD	CR-A	10	54
RD	CR-A	11	56
RD	CR-A	12	54
RD	CR-A	13	52
RD	CR-A	14	52
RD	CR-A	15	59
RD	CR-A	16	59
RD	CR-A	17	17
RD	CR-B	1	17
RD	CR-B	2	17
RD	CR-B	3	17
RD	CR-B	4	17
RD	MCR-B	1	17
RD	MCR-B	2	17
RD	MCR-B	3	17
RD	MCR-B	4	17
PL	PL-1	1	17
PL	PL-1	2	42
PL	PL-1	3	42
PL	PL-1	4	17
PL	PL-1	5	17
PL	PL-1	6	42
PL	PL-1	7	17
PL	PL-1	8	17
PL	PL-1	9	17
PL	PL-1	10	17
PL	PL-1	11	17
PL	PL-1	12	17
PL	PL-1	13	17
PL	PL-1	14	17
PL	PL-1	15	17
PI	PI-1	1	59
PI	PI-1	2	59
PI	PI-1	3	59
PI	PI-1	4	59
PI	PI-1	5	59
PI	PI-1	6	59

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

Rama	Sección	Unidad Muestra	PCI
PI	PI-1	7	59
PI	PI-1	8	59
PI	PI-1	9	59
PI	PI-1	10	59
PI	PI-1	11	59
PI	PI-1	12	59
PI	PI-1	13	59
PI	PI-1	14	59
PI	PI-1	15	59
PI	PI-1	16	59
PI	PI-1	17	59
PI	PI-1	18	59
PI	PI-1	19	59
PI	PI-1	20	59
PI	PI-1	21	59
PI	PI-1	22	59
PI	PI-1	23	59
PI	PI-1	24	59
PI	PI-1	25	59
PI	PI-1	26	59
PI	PI-1	27	59
PI	PI-1	28	59
PI	PI-1	29	59
PI	PI-1	30	59
PI	PI-1	31	59
PI	PI-1	32	59
PI	PI-1	33	59
PI	PI-1	34	59
PI	PI-1	35	59
PI	PI-1	36	59
PI	PI-1	37	59
PI	PI-1	38	59
PI	PI-1	39	59
PI	PI-1	40	59
PI	PI-1	41	59
PI	PI-1	42	59
PI	PI-1	43	59
PI	PI-1	44	59
PI	PI-1	45	59
PI	PI-1	46	54
PI	PI-1	47	59
PI	PI-1	48	59
PI	PI-1	49	59
PI	PI-1	50	59
PI	PI-1	51	59
PI	PI-1	52	59
PI	PI-1	53	59
PI	PI-1	54	59
PI	PI-1	55	59
PI	PI-1	56	59
PI	PI-1	57	59
PI	PI-1	58	59

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

Rama	Sección	Unidad Muestra	PCI
PI	PI-1	59	59
PI	PI-1	60	59
PI	PI-1	61	54
PI	PI-1	62	55
PI	PI-1	63	59
PI	PI-1	64	59
PI	PI-1	65	59
PI	PI-1	66	59
PI	PI-1	67	59
PI	PI-1	68	59
PI	PI-1	69	59
PI	PI-1	70	59
PI	PI-1	71	59
PI	PI-1	72	59
PI	PI-1	73	59
PI	PI-1	74	59
PI	PI-1	75	59
PI	PI-1	76	59
PI	PI-1	77	59
PI	PI-1	78	59
PI	MPI-1	1	59
PI	MPI-1	2	59
PI	MPI-1	3	59
PI	MPI-1	4	59
PI	MPI-1	5	59
PI	MPI-1	6	59
PI	MPI-1	7	59
PI	MPI-1	8	59
PI	MPI-1	9	59
PI	MPI-1	10	59
PI	MPI-1	11	59
PI	MPI-1	12	59
PI	MPI-1	13	59
PI	MPI-1	14	59
PI	MPI-1	15	59
PI	MPI-1	16	59
PI	MPI-1	17	59
PI	MPI-1	18	59
PI	MPI-1	19	59
PI	MPI-1	20	59
PI	MPI-1	21	59
PI	MPI-1	22	59
PI	MPI-1	23	59
PI	MPI-1	24	70
PI	MPI-1	25	59
PI	MPI-1	26	59
PI	MPI-1	27	59
PI	MPI-1	28	59
PI	MPI-1	29	59
PI	MPI-1	30	59
PI	MPI-1	31	59
PI	MPI-1	32	59

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

Rama	Sección	Unidad Muestra	PCI
PI	MPI-1	33	59
PI	MPI-1	34	59
PI	MPI-1	35	59
PI	MPI-1	36	59
PI	MPI-1	37	59
PI	MPI-1	38	59
PI	MPI-1	39	59
PI	MPI-1	40	59
PI	MPI-1	41	59
PI	MPI-1	42	59
PI	MPI-1	43	59
PI	MPI-1	44	59
PI	MPI-1	45	59
PI	MPI-1	46	59
PI	MPI-1	47	59
PI	MPI-1	48	59
PI	MPI-1	49	59
PI	MPI-1	50	59
PI	MPI-1	51	59
PI	MPI-1	52	59
PI	MPI-1	53	59
PI	MPI-1	54	59
PI	MPI-1	55	59
PI	MPI-1	56	59
PI	MPI-1	57	59
PI	MPI-1	58	59
PI	MPI-1	59	59
PI	MPI-1	60	59
PI	MPI-1	61	59
PI	MPI-1	62	59
PI	MPI-1	63	59
PI	MPI-1	64	59
PI	MPI-1	65	59
PI	MPI-1	66	59
PI	MPI-1	67	59
PI	MPI-1	68	59
PI	MPI-1	69	59
PI	MPI-1	70	59
PI	MPI-1	71	59
PI	MPI-1	72	59
PI	MPI-1	73	59
PI	MPI-1	74	59
PI	MPI-1	75	59
PI	MPI-1	76	59
PI	MPI-1	77	59
PI	MPI-1	78	59

5.2 DETERIOROS REGISTRADOS POR UNIDAD DE MUESTRA

SECCION	UM	CODIGO DETERIORO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SEVERIDAD	ORIGEN
PI-1	01	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	01	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	02	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	02	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	03	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	03	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	04	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	04	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	05	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	05	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	06	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	06	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	07	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	07	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	08	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	08	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	09	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	09	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	10	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	10	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	11	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	11	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	12	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	12	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	13	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	13	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	14	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	14	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	15	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	15	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	16	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	16	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	17	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	17	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	18	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	18	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	19	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	19	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	20	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	20	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	21	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	21	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	22	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	22	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	23	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	23	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	24	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	24	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	25	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	25	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	26	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	26	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	27	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	27	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	28	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	28	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	29	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

SECCION	UM	CODIGO DETERIORO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SEVERIDAD	ORIGEN
PI-1	29	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	30	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	30	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	31	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	31	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	32	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	32	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	33	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	33	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	34	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	34	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	35	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	35	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	36	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	36	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	37	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	37	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	38	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	38	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	39	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	39	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	40	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	40	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	41	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	41	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	42	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	42	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	43	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	43	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	44	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	44	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	45	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	45	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	46	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	46	57	Desgaste por envejecimiento	10,00	m ²	Alta	Clima
PI-1	46	57	Desgaste por envejecimiento	440,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	47	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	47	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	48	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	48	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	49	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	49	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	50	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	50	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	51	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	51	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	52	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	52	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	53	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	53	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	54	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	54	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	55	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	55	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	56	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	56	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	57	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	57	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	58	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

SECCION	UM	CODIGO DETERIORO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SEVERIDAD	ORIGEN
PI-1	58	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	59	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	59	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	60	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	60	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	61	57	Desgaste por envejecimiento	100,00	m ²	Media	Clima
PI-1	61	57	Desgaste por envejecimiento	350,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	61	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	62	57	Desgaste por envejecimiento	415,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	62	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	62	57	Desgaste por envejecimiento	35,00	m ²	Media	Clima
PI-1	63	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	63	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	64	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	64	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	65	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	65	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	66	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	66	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	67	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	67	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	68	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	68	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	69	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	69	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	70	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	70	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	71	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	71	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	72	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	72	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	73	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	73	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	74	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	74	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	75	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	75	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	76	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	76	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	77	57	Desgaste por envejecimiento	511,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	77	43	Grietas en bloque	511,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	78	57	Desgaste por envejecimiento	363,00	m ²	Baja	Clima
PI-1	78	43	Grietas en bloque	363,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	01	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	01	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	02	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	02	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	03	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	03	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	04	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	04	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	05	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	05	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	06	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	06	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	07	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	07	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	08	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	08	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

SECCION	UM	CODIGO DETERIORO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SEVERIDAD	ORIGEN
MPI-1	09	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	09	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	10	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	10	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	11	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	11	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	12	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	12	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	13	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	13	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	14	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	14	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	15	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	15	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	16	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	16	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	17	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	17	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	18	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	18	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	19	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	19	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	20	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	20	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	21	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	21	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	22	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	22	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	23	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	23	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	24	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	24	47	Grietas de reflexión de juntas	450,00	m	Baja	Clima
MPI-1	25	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	25	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	26	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	26	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	27	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	27	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	28	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	28	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	29	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	29	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	30	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	30	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	31	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	31	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	32	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	32	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	33	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	33	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	34	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	34	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	35	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	35	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	36	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	36	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	37	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	37	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	38	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

SECCION	UM	CODIGO DETERIORO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SEVERIDAD	ORIGEN
MPI-1	38	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	39	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	39	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	40	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	40	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	41	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	41	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	42	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	42	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	43	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	43	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	44	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	44	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	45	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	45	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	46	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	46	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	47	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	47	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	48	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	48	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	49	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	49	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	50	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	50	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	51	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	51	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	52	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	52	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	53	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	53	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	54	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	54	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	55	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	55	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	56	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	56	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	57	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	57	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	58	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	58	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	59	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	59	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	60	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	60	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	61	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	61	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	62	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	62	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	63	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	63	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	64	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	64	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	65	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	65	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	66	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	66	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	67	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	67	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

SECCION	UM	CODIGO DETERIORO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SEVERIDAD	ORIGEN
MPI-1	68	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	68	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	69	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	69	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	70	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	70	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	71	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	71	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	72	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	72	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	73	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	73	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	74	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	74	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	75	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	75	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	76	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	76	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	77	57	Desgaste por envejecimiento	214,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	77	43	Grietas en bloque	214,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	78	43	Grietas en bloque	310,00	m ²	Baja	Clima
MPI-1	78	57	Desgaste por envejecimiento	310,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	01	43	Grietas en bloque	453,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	01	57	Desgaste por envejecimiento	453,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	02	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	02	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Media	Clima
PL-1	03	43	Grietas en bloque	438,00	m ²	Media	Clima
PL-1	03	57	Desgaste por envejecimiento	438,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	04	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	04	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	05	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	05	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	06	57	Desgaste por envejecimiento	447,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	06	43	Grietas en bloque	447,00	m ²	Media	Clima
PL-1	07	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	07	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	08	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	08	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	09	57	Desgaste por envejecimiento	447,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	09	43	Grietas en bloque	447,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	10	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	10	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	11	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	11	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	12	43	Grietas en bloque	447,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	12	57	Desgaste por envejecimiento	447,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	13	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	13	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	14	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
PL-1	14	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	15	57	Desgaste por envejecimiento	447,00	m ²	Baja	Clima
PL-1	15	43	Grietas en bloque	447,00	m ²	Alta	Clima
CR-A	01	57	Desgaste por envejecimiento	426,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	01	43	Grietas en bloque	426,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	02	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	02	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	03	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	03	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	04	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Baja	Clima

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

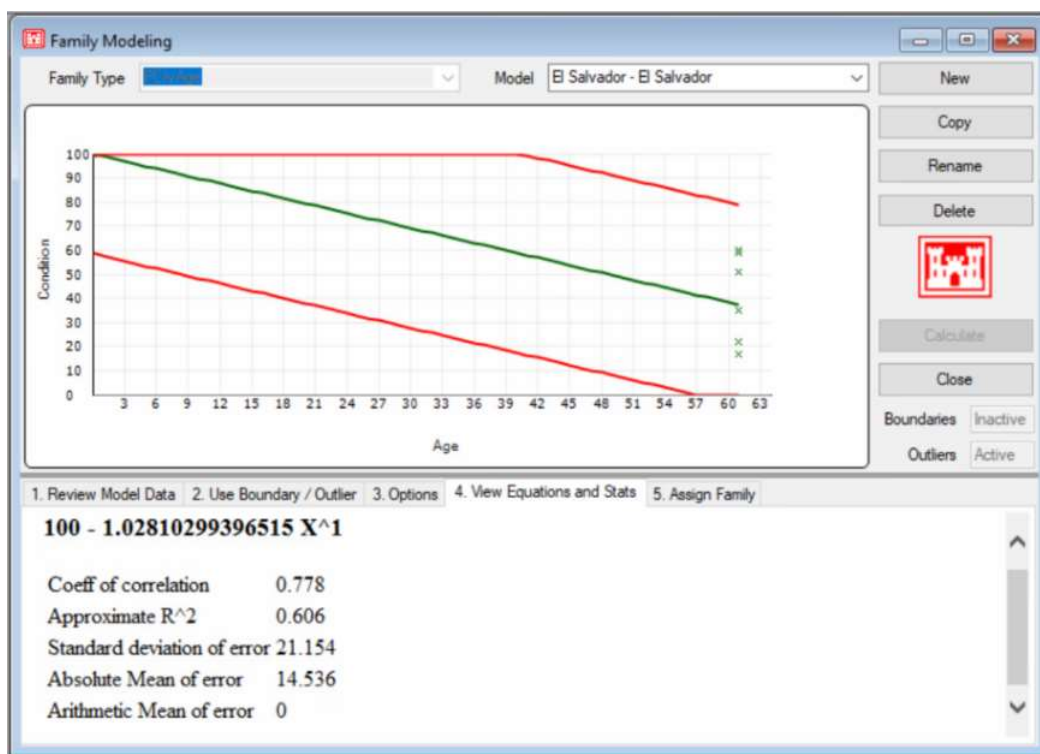
SECCION	UM	CODIGO DETERIORO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SEVERIDAD	ORIGEN
CR-A	04	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	05	43	Grietas en bloque	60,00	m ²	Alta	Clima
CR-A	05	57	Desgaste por envejecimiento	422,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	05	43	Grietas en bloque	362,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	06	57	Desgaste por envejecimiento	448,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	06	43	Grietas en bloque	388,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	06	43	Grietas en bloque	60,00	m ²	Alta	Clima
CR-A	07	43	Grietas en bloque	485,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	07	57	Desgaste por envejecimiento	485,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	08	57	Desgaste por envejecimiento	444,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	08	43	Grietas en bloque	355,20	m ²	Baja	Clima
CR-A	08	43	Grietas en bloque	88,80	m ²	Media	Clima
CR-A	09	43	Grietas en bloque	192,40	m ²	Alta	Clima
CR-A	09	43	Grietas en bloque	288,60	m ²	Baja	Clima
CR-A	09	57	Desgaste por envejecimiento	481,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	10	43	Grietas en bloque	86,80	m ²	Media	Clima
CR-A	10	57	Desgaste por envejecimiento	434,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	10	43	Grietas en bloque	347,20	m ²	Baja	Clima
CR-A	11	43	Grietas en bloque	399,60	m ²	Baja	Clima
CR-A	11	43	Grietas en bloque	44,40	m ²	Media	Clima
CR-A	11	57	Desgaste por envejecimiento	444,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	12	43	Grietas en bloque	432,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	12	43	Grietas en bloque	108,00	m ²	Media	Clima
CR-A	12	57	Desgaste por envejecimiento	540,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	13	43	Grietas en bloque	108,00	m ²	Media	Clima
CR-A	13	57	Desgaste por envejecimiento	360,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	13	43	Grietas en bloque	252,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	14	57	Desgaste por envejecimiento	500,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	14	43	Grietas en bloque	350,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	14	43	Grietas en bloque	150,00	m ²	Media	Clima
CR-A	15	57	Desgaste por envejecimiento	311,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	15	43	Grietas en bloque	311,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	16	43	Grietas en bloque	466,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	16	57	Desgaste por envejecimiento	466,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	17	57	Desgaste por envejecimiento	336,00	m ²	Baja	Clima
CR-A	17	43	Grietas en bloque	67,20	m ²	Baja	Clima
CR-A	17	43	Grietas en bloque	268,80	m ²	Alta	Clima
CR-B	01	57	Desgaste por envejecimiento	470,00	m ²	Baja	Clima
CR-B	01	43	Grietas en bloque	470,00	m ²	Alta	Clima
CR-B	02	57	Desgaste por envejecimiento	470,00	m ²	Baja	Clima
CR-B	02	43	Grietas en bloque	470,00	m ²	Alta	Clima
CR-B	03	57	Desgaste por envejecimiento	390,00	m ²	Baja	Clima
CR-B	03	43	Grietas en bloque	390,00	m ²	Alta	Clima
CR-B	04	43	Grietas en bloque	450,00	m ²	Alta	Clima
CR-B	04	57	Desgaste por envejecimiento	450,00	m ²	Baja	Clima
MCR-B	01	57	Desgaste por envejecimiento	375,00	m ²	Baja	Clima
MCR-B	01	43	Grietas en bloque	375,00	m ²	Alta	Clima
MCR-B	02	57	Desgaste por envejecimiento	375,00	m ²	Baja	Clima
MCR-B	02	43	Grietas en bloque	375,00	m ²	Alta	Clima
MCR-B	03	57	Desgaste por envejecimiento	165,00	m ²	Baja	Clima
MCR-B	03	43	Grietas en bloque	165,00	m ²	Alta	Clima
MCR-B	04	43	Grietas en bloque	417,00	m ²	Alta	Clima
MCR-B	04	57	Desgaste por envejecimiento	417,00	m ²	Baja	Clima
CR-C	01	72	Grietas en bloque (losas destrozadas)	2,00	Losas	Baja	Carga
CR-C	01	66	Parches ≤ 0,50 m ²	1,00	Losas	Baja	Otro
CR-C	01	73	Grietas de retracción	17,00	Losas	N	Otro
CR-C	01	62	Grietas de esquina	10,00	Losas	Baja	Carga
CR-C	01	75	Astillamiento de esquinas	4,00	Losas	Baja	Otro
CR-C	01	63	Grietas longitudinales, transversales y diagonales	19,00	Losas	Baja	Carga

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
"DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
NORTE"

SECCION	UM	CODIGO DETERIORO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SEVERIDAD	ORIGEN
CR-C	01	65	Daño al sello de juntas	20,00	Losas	Alta	Clima

5.3 CURVAS DE EVOLUCIÓN DEL PCI

En este anexo se presentan curvas de evolución del PCI a partir de la conformación de familias en PAVER. La familia elaborada para las secciones del Área de Movimiento del Aeródromo Ricardo García Posada es la siguiente:



5.4 EVALUACIÓN DE FRICCIÓN

5.4.1 ANEXO C.1 – DATOS DE FRICCIÓN

Tramo		GN a 65km/hr					
Dm Inicio	Dm Fin	SUR			NORTE		
		μ@+3m	μ@+6m	μ@+9m	μ@-3m	μ@-6m	μ@-9m
0	10						
10	20						
20	30						
30	40						
40	50						
50	60			No se reporta los primeros 150m porque la velocidad es baja (AC 150/5320-12c inciso 3-15)			
60	70						
70	80						
80	90						
90	100						
100	110						
110	120						
120	130						
130	140						
140	150						
150	160	0.68	0.66	0.70	0.64	0.59	0.49
160	170	0.69	0.63	0.64	0.63	0.62	0.49
170	180	0.72	0.65	0.65	0.67	0.65	0.53
180	190	0.77	0.63	0.63	0.73	0.60	0.48
190	200	0.76	0.63	0.63	0.75	0.59	0.46
200	210	0.69	0.68	0.59	0.69	0.62	0.49
210	220	0.75	0.59	0.64	0.65	0.57	0.55
220	230	0.74	0.61	0.54	0.65	0.54	0.63
230	240	0.68	0.58	0.66	0.66	0.57	0.57

[illegible]

Tramo		GN a 65km/hr					
Dm Inicio	Dm Fin	SUR			NORTE		
		$\mu@+3m$	$\mu@+6m$	$\mu@+9m$	$\mu@-3m$	$\mu@-6m$	$\mu@-9m$
240	250	0.69	0.60	0.65	0.67	0.57	0.60
250	260	0.74	0.52	0.60	0.70	0.60	0.63
260	270	0.70	0.55	0.57	0.59	0.57	0.57
270	280	0.67	0.54	0.55	0.55	0.58	0.43
280	290	0.70	0.55	0.61	0.69	0.54	0.47
290	300	0.68	0.54	0.58	0.70	0.48	0.46
300	310	0.68	0.63	0.55	0.72	0.37	0.48
310	320	0.67	0.63	0.60	0.67	0.41	0.53
320	330	0.68	0.64	0.64	0.70	0.45	0.47
330	340	0.66	0.73	0.63	0.64	0.39	0.62
340	350	0.63	0.62	0.62	0.67	0.56	0.50
350	360	0.64	0.61	0.65	0.57	0.59	0.58
360	370	0.56	0.62	0.71	0.68	0.55	0.57
370	380	0.56	0.62	0.62	0.67	0.60	0.60
380	390	0.64	0.62	0.60	0.60	0.52	0.56
390	400	0.71	0.60	0.58	0.72	0.49	0.49
400	410	0.70	0.67	0.59	0.59	0.66	0.51
410	420	0.69	0.64	0.57	0.66	0.62	0.60
420	430	0.60	0.68	0.60	0.67	0.62	0.62
430	440	0.66	0.65	0.55	0.65	0.60	0.57
440	450	0.64	0.63	0.57	0.72	0.63	0.53
450	460	0.65	0.67	0.58	0.69	0.63	0.48
460	470	0.64	0.64	0.57	0.68	0.61	0.58
470	480	0.64	0.61	0.60	0.68	0.63	0.60
480	490	0.62	0.62	0.61	0.65	0.51	0.57
490	500	0.65	0.60	0.64	0.68	0.45	0.53
500	510	0.69	0.62	0.61	0.69	0.45	0.55
510	520	0.70	0.63	0.64	0.68	0.50	0.57
520	530	0.64	0.58	0.69	0.58	0.56	0.59
530	540	0.64	0.62	0.69	0.51	0.53	0.63
540	550	0.64	0.61	0.58	0.56	0.56	0.52
550	560	0.65	0.59	0.57	0.66	0.60	0.56
560	570	0.69	0.58	0.61	0.63	0.61	0.52

GN a 95km/hr	
SUR	NORTE
$\mu@+3m$	$\mu@-3m$
0.52	0.51
0.48	0.61
0.50	0.57
0.40	0.65
0.52	0.62
0.54	0.61
0.60	0.63
0.70	0.67
0.72	0.65
0.53	0.59
0.62	0.66
0.60	0.62
0.60	0.66
0.59	0.62
0.65	0.58
0.60	0.72
0.68	0.55
0.62	0.57
0.59	0.54
0.57	0.51
0.58	0.58
0.62	0.54
0.62	0.58
0.67	0.61
0.60	0.63
0.62	0.55
0.74	0.58

Tramo		GN a 65km/hr					
Dm Inicio	Dm Fin	SUR			NORTE		
		$\mu@+3m$	$\mu@+6m$	$\mu@+9m$	$\mu@-3m$	$\mu@-6m$	$\mu@-9m$
570	580	0.68	0.64	0.66	0.62	0.58	0.53
580	590	0.66	0.59	0.65	0.57	0.56	0.49
590	600	0.63	0.59	0.68	0.61	0.56	0.55
600	610	0.65	0.60	0.64	0.69	0.56	0.53
610	620	0.66	0.63	0.61	0.69	0.60	0.57
620	630	0.69	0.64	0.60	0.72	0.57	0.54
630	640	0.69	0.64	0.61	0.66	0.58	0.54
640	650	0.64	0.62	0.53	0.70	0.51	0.53
650	660	0.70	0.61	0.58	0.73	0.55	0.53
660	670	0.66	0.63	0.56	0.69	0.57	0.50
670	680	0.68	0.67	0.67	0.64	0.55	0.48
680	690	0.77	0.67	0.58	0.56	0.58	0.59
690	700	0.75	0.65	0.66	0.61	0.57	0.57
700	710	0.74	0.64	0.73	0.63	0.58	0.55
710	720	0.72	0.62	0.72	0.66	0.58	0.51
720	730	0.78	0.66	0.71	0.71	0.58	0.49
730	740	0.76	0.69	0.66	0.72	0.67	0.50
740	750	0.73	0.68	0.65	0.74	0.67	0.48
750	760	0.70	0.68	0.72	0.73	0.65	0.55
760	770	0.76	0.69	0.67	0.74	0.64	0.54
770	780	0.72	0.68	0.55	0.72	0.62	0.51
780	790	0.76	0.68	0.57	0.70	0.66	0.53
790	800	0.70	0.67	0.58	0.76	0.66	0.51
800	810	0.72	0.64	0.56	0.73	0.64	0.51
810	820	0.72	0.68	0.59	0.77	0.67	0.51
820	830	0.75	0.67	0.54	0.72	0.65	0.55
830	840	0.70	0.67	0.57	0.73	0.65	0.52
840	850	0.73	0.64	0.60	0.69	0.66	0.53
850	860	0.70	0.67	0.57	0.72	0.68	0.50
860	870	0.73	0.69	0.59	0.68	0.66	0.53
870	880	0.73	0.66	0.67	0.70	0.65	0.52
880	890	0.72	0.66	0.65	0.70	0.67	0.53
890	900	0.73	0.68	0.67	0.70	0.62	0.69

GN a 95km/hr	
SUR	NORTE
$\mu@+3m$	$\mu@-3m$
0.64	0.61
0.67	0.61
0.65	0.56
0.58	0.54
0.62	0.62
0.66	0.57
0.68	0.60
0.67	0.61
0.63	0.59
0.62	0.57
0.63	0.59
0.64	0.59
0.69	0.58
0.62	0.59
0.60	0.62
0.65	0.65
0.70	0.65
0.73	0.67
0.66	0.74
0.69	0.74
0.60	0.76
0.68	0.70
0.62	0.70
0.64	0.71
0.59	0.74
0.64	0.68
0.62	0.73
0.67	0.71
0.67	0.70
0.66	0.75
0.66	0.72
0.62	0.70
0.63	0.69

Tramo		GN a 65km/hr					
Dm Inicio	Dm Fin	SUR			NORTE		
		$\mu@+3m$	$\mu@+6m$	$\mu@+9m$	$\mu@-3m$	$\mu@-6m$	$\mu@-9m$
900	910	0.72	0.65	0.69	0.75	0.68	0.61
910	920	0.72	0.69	0.63	0.74	0.74	0.58
920	930	0.71	0.66	0.57	0.72	0.74	0.60
930	940	0.73	0.67	0.57	0.71	0.70	0.62
940	950	0.74	0.68	0.56	0.72	0.63	0.61
950	960	0.72	0.69	0.53	0.70	0.69	0.57
960	970	0.74	0.66	0.60	0.72	0.67	0.58
970	980	0.75	0.68	0.61	0.70	0.62	0.66
980	990	0.76	0.66	0.56	0.72	0.68	0.64
990	1000	0.71	0.67	0.57	0.70	0.65	0.59
1000	1010	0.76	0.67	0.62	0.71	0.63	0.66
1010	1020	0.75	0.65	0.58	0.75	0.62	0.66
1020	1030	0.71	0.67	0.62	0.76	0.64	0.62
1030	1040	0.72	0.69	0.52	0.75	0.67	0.59
1040	1050	0.76	0.67	0.60	0.73	0.65	0.63
1050	1060	0.71	0.65	0.65	0.73	0.65	0.60
1060	1070	0.70	0.71	0.67	0.72	0.64	0.59
1070	1080	0.70	0.67	0.63	0.76	0.64	0.59
1080	1090	0.74	0.66	0.57	0.70	0.64	0.61
1090	1100	0.72	0.67	0.58	0.72	0.65	0.50
1100	1110	0.75	0.67	0.56	0.74	0.67	0.57
1110	1120	0.72	0.67	0.58	0.71	0.65	0.65
1120	1130	0.75	0.65	0.58	0.75	0.67	0.65
1130	1140	0.74	0.68	0.57	0.73	0.66	0.57
1140	1150	0.73	0.65	0.60	0.74	0.67	0.62
1150	1160	0.75	0.66	0.58	0.73	0.67	0.62
1160	1170	0.72	0.69	0.62	0.73	0.65	0.68
1170	1180	0.74	0.65	0.62	0.73	0.65	0.63
1180	1190	0.74	0.66	0.62	0.72	0.68	0.64
1190	1200	0.70	0.66	0.53	0.72	0.68	0.60
1200	1210	0.75	0.68	0.53	0.71	0.66	0.61
1210	1220	0.75	0.67	0.54	0.72	0.64	0.63
1220	1230	0.71	0.67	0.62	0.72	0.62	0.68

GN a 95km/hr	
SUR	NORTE
$\mu@+3m$	$\mu@-3m$
0.64	0.74
0.72	0.73
0.71	0.69
0.67	0.78
0.67	0.72
0.67	0.68
0.78	0.71
0.63	0.69
0.64	0.69
0.62	0.71
0.66	0.70
0.62	0.68
0.67	0.68
0.61	0.76
0.66	0.75
0.60	0.70
0.70	0.77
0.68	0.73
0.69	0.69
0.67	0.65
0.63	0.66
0.64	0.70
0.70	0.76
0.67	0.68
0.60	0.69
0.75	0.76
0.74	0.70
0.67	0.70
0.63	0.73
0.67	0.75
0.64	0.71
0.62	0.69
0.70	0.74

Tramo		GN a 65km/hr					
Dm Inicio	Dm Fin	SUR			NORTE		
		μ@+3m	μ@+6m	μ@+9m	μ@-3m	μ@-6m	μ@-9m
1230	1240	0.71	0.67	0.65	0.69	0.62	0.58
1240	1250	0.76	0.66	0.61	0.71	0.63	0.60
1250	1260	0.74	0.65	0.54	0.75	0.65	0.60
1260	1270	0.73	0.66	0.57	0.76	0.67	0.61
1270	1280	0.72	0.66	0.60	0.74	0.65	0.61
1280	1290	0.67	0.66	0.57	0.78	0.70	0.66
1290	1300	0.67	0.68	0.54	0.73	0.66	0.62
1300	1310	0.72	0.67	0.55	0.73	0.67	0.59
1310	1320	0.72	0.65	0.54	0.68	0.67	0.59
1320	1330	0.69	0.68	0.55	0.69	0.66	0.57
1330	1340	0.70	0.54	0.64	0.67	0.65	0.61
1340	1350	0.75	0.58	0.57	0.68	0.65	0.63
1350	1360	0.71	0.58	0.56	0.67	0.63	0.68
1360	1370	0.72	0.59	0.58	0.66	0.63	0.67
1370	1380	0.71	0.59	0.60	0.65	0.62	0.62
1380	1390	0.70	0.59	0.59	0.67	0.65	0.65
1390	1400	0.69	0.64	0.59	0.67	0.62	0.62
1400	1410	0.68	0.62	0.65	0.68	0.64	0.62
1410	1420	0.68	0.61	0.62	0.67	0.66	0.70
1420	1430	0.65	0.67	0.64	0.65	0.67	0.64
1430	1440	0.70	0.65	0.72	0.68	0.60	0.62
1440	1450	0.70	0.67	0.66	0.70	0.61	0.60
1450	1460	0.71	0.67	0.61	0.67	0.64	0.56
1460	1470	0.70	0.64	0.64	0.67	0.61	0.65
1470	1480	0.70	0.62	0.61	0.73	0.62	0.61
1480	1490	0.72	0.64	0.57	0.69	0.64	0.61
1490	1500	0.70	0.65	0.58	0.67	0.64	0.63
1500	1510	0.71	0.64	0.60	0.68	0.60	0.59
1510	1520	0.70	0.64	0.57	0.69	0.61	0.60
1520	1530	0.70	0.64	0.56	0.72	0.61	0.56
1530	1540	0.69	0.62	0.55	0.69	0.65	0.64
1540	1550	0.73	0.64	0.58	0.67	0.61	0.61
1550	1560	0.73	0.64	0.63	0.69	0.60	0.62

GN a 95km/hr	
SUR	NORTE
μ@+3m	μ@-3m
0.67	0.69
0.61	0.69
0.63	0.71
0.54	0.76
0.61	0.70
0.55	0.74
0.60	0.70
0.53	0.77
0.58	0.70
0.62	0.66
0.59	0.70
0.58	0.67
0.64	0.68
0.61	0.66
0.59	0.64
0.58	0.68
0.58	0.69
0.68	0.68
0.61	0.60
0.62	0.68
0.63	0.70
0.62	0.72
0.61	0.70
0.63	0.77
0.63	0.67
0.59	0.77
0.54	0.72
0.57	0.69
0.61	0.70
0.58	0.67
0.57	0.70
0.61	0.71
0.67	0.69

Tramo		GN a 65km/hr					
Dm Inicio	Dm Fin	SUR			NORTE		
		μ@+3m	μ@+6m	μ@+9m	μ@-3m	μ@-6m	μ@-9m
1560	1570	0.68	0.65	0.58	0.69	0.56	0.58
1570	1580	0.71	0.55	0.61	0.67	0.55	0.57
1580	1590	0.69	0.58	0.58	0.72	0.57	0.56
1590	1600	0.68	0.63	0.57	0.67	0.58	0.55
1600	1610	0.68	0.60	0.60	0.65	0.62	0.58
1610	1620	0.69	0.50	0.59	0.70	0.62	0.56
1620	1630	0.69	0.54	0.60	0.73	0.65	0.64
1630	1640	0.65	0.49	0.60	0.66	0.65	0.63
1640	1650	0.68	0.59	0.61	0.70	0.66	0.62
1650	1660	0.68	0.59	0.57	0.67	0.64	0.64
1660	1670	0.71	0.57	0.55	0.73	0.65	0.63
1670	1680	0.70	0.54	0.57	0.70	0.59	0.62
1680	1690	0.70	0.58	0.69	0.74	0.59	0.63
1690	1700	0.69	0.55	0.65	0.74	0.59	0.63
1700	1710	0.72	0.52	0.66	0.70	0.59	0.58
1710	1720	0.70	0.57	0.61	0.70	0.59	0.61
1720	1730	0.68	0.59	0.64	0.72	0.62	0.64
1730	1740	0.70	0.60	0.58	0.73	0.59	0.64
1740	1750	0.72	0.59	0.56	0.71	0.59	0.65
1750	1760	0.70	0.66	0.61	0.66	0.58	0.68
1760	1770	0.67	0.70	0.66	0.68	0.58	0.59
1770	1780	0.70	0.66	0.60	0.76	0.58	0.54
1780	1790	0.70	0.69	0.55	0.74	0.56	0.57
1790	1800	0.72	0.68	0.55	0.73	0.65	0.58
1800	1810	0.70	0.72	0.63	0.74	0.61	0.56
1810	1820	0.73	0.70	0.62	0.78	0.64	0.54
1820	1830	0.67	0.71	0.62	0.71	0.65	0.59
1830	1840	0.67	0.64	0.62	0.73	0.65	0.65
1840	1850	0.66	0.68	0.62	0.69	0.67	0.61
1850	1860	0.70	0.71	0.57	0.75	0.68	0.54
1860	1870	0.67	0.70	0.56	0.68	0.63	0.56
1870	1880	0.74	0.68	0.64	0.75	0.67	0.62
1880	1890	0.69	0.69	0.61	0.76	0.67	0.62

GN a 95km/hr	
SUR	NORTE
μ@+3m	μ@-3m
0.63	0.72
0.62	0.67
0.59	0.64
0.57	0.65
0.60	0.63
0.64	0.68
0.66	0.69
0.56	0.73
0.63	0.66
0.61	0.66
0.64	0.74
0.66	0.74
0.55	0.75
0.43	0.74
0.50	0.70
0.59	0.70
0.44	0.68
0.58	0.66
0.51	0.67
0.57	0.65
0.61	0.73
0.59	0.78
0.52	0.76
0.50	0.72
0.65	0.76
0.58	0.75
0.52	0.71
0.57	0.70
0.49	0.72
0.59	0.76
0.61	0.75
0.62	0.73
0.55	0.70

Tramo		GN a 65km/hr					
Dm Inicio	Dm Fin	SUR			NORTE		
		μ@+3m	μ@+6m	μ@+9m	μ@-3m	μ@-6m	μ@-9m
1890	1900	0.70	0.69	0.66	0.72	0.68	0.53
1900	1910	0.71	0.66	0.60	0.74	0.66	0.56
1910	1920	0.66	0.68	0.64	0.76	0.66	0.53
1920	1930	0.70	0.70	0.67	0.69	0.68	0.57
1930	1940	0.72	0.71	0.57	0.76	0.64	0.59
1940	1950	0.67	0.64	0.60	0.70	0.61	0.58
1950	1960	0.67	0.62	0.60	0.70	0.62	0.62
1960	1970	0.69	0.62	0.58	0.71	0.66	0.61
1970	1980	0.72	0.62	0.57	0.73	0.63	0.60
1980	1990	0.67	0.65	0.55	0.72	0.62	0.57
1990	2000	0.67	0.64	0.58	0.69	0.62	0.54
2000	2010	0.71	0.64	0.65	0.70	0.60	0.57
2010	2020	0.67	0.63	0.59	0.69	0.66	0.53
2020	2030	0.66	0.67	0.56	0.71	0.65	0.54
2030	2040	0.64	0.62	0.56	0.69	0.66	0.52
2040	2050	0.67	0.62	0.58	0.70	0.65	0.61
2050	2060	0.62	0.62	0.54	0.70	0.66	0.69
2060	2070	0.65	0.60	0.54	0.71	0.56	0.62
2070	2080	0.68	0.68	0.52	0.73	0.56	0.56
2080	2090	0.64	0.64	0.57	0.70	0.57	0.52
2090	2100	0.64	0.67	0.58	0.68	0.56	0.59
2100	2110	0.71	0.64	0.59	0.71	0.58	0.61
2110	2120	0.64	0.64	0.56	0.67	0.61	0.60
2120	2130	0.61	0.59	0.59	0.75	0.61	0.57
2130	2140	0.68	0.59	0.56	0.72	0.62	0.60
2140	2150	0.60	0.59	0.57	0.78	0.60	0.64
2150	2160						
2160	2170						
2170	2180						
2180	2190						
2190	2200			No se reporta los últimos 150m porque la velocidad es			
2200	2210						
2210	2220						

[illegible]

INFORME FINAL - INFORME DEFINITIVO
 "DIAGNÓSTICO AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS
 AEROPORTUARIOS DE LA RED SECUNDARIA ZONA CENTRO
 NORTE"

IDOM

Tramo		GN a 65km/hr					
Dm Inicio	Dm Fin	SUR			NORTE		
		$\mu@+3m$	$\mu@+6m$	$\mu@+9m$	$\mu@-3m$	$\mu@-6m$	$\mu@-9m$
2220	2230			baja (AC 150/5320-12c inciso 3-15)			
2230	2240						
2240	2250						
2250	2260						
2260	2270						
2270	2280						
2280	2290						
2290	2300						

GN a 95km/hr	
SUR	NORTE
$\mu@+3m$	$\mu@-3m$

5.4.2 ANEXO C.2 – TABLA DE NIVELES DE FRICCIÓN PARA DIFERENTES EQUIPOS

FRICITION LEVEL CLASSIFICATION FOR RUNWAY PAVEMENT SURFACES

The following table shows a line that has been added for the T.W.O. friction device.

Test Equipment	Tyre Type / Pressure(kPa)	Test Speed(km/h)	Test Water Depth(mm)	Objective for New Surface	Maintenance Planning Level	Minimum Friction Level
Mu-meter trailer	A / 70	65 95	1.0 1.0	0.72 0.66	0.52 0.38	0.42 0.26
Skiddometer trailer	B / 210	65 95	1.0 1.0	0.82 0.74	0.60 0.47	0.50 0.34
Surface friction tester vehicle	B / 210	65 95	1.0 1.0	0.82 0.74	0.60 0.47	0.50 0.34
Runway friction tester vehicle	B / 210	65 95	1.0 1.0	0.82 0.74	0.60 0.54	0.50 0.41
Tatra friction tester vehicle	B / 210	65 95	1.0 1.0	0.76 0.67	0.57 0.52	0.48 0.42
Griptester trailer	C / 140	65 95	1.0 1.0	0.74 0.64	0.53 0.36	0.43 0.24
Traction Watcher One (TWO)	B / 210	65 95	1.0 1.0	0.82 0.74	0.60 0.47	0.50 0.34

The original table comes from a conference article titled “*Pavement Surface Friction Testing for Airports*”, by Greg White, published in Australia in 2012. It reads:

ICAO (ANNEX 14) and CASA (MOS 139) provide the same table of approved friction testing devices and the friction characteristic limits applicable to each for new construction, maintenance planning and absolute minimum, for both 65 km/h and 95 km/hr test speeds are detailed in the following table.

The above minimum friction values table is the only requirement detailed by ICAO and CASA. There is no specific guideline in either ANNEX 14 or MOS 139 detailing the protocols or arrangements that must be followed when performing a runway friction assessment, leaving such arrangements and details to the airport owner and friction testing technician to determine. The US Federal Aviation Administration (FAA) provides an Advisory Circular detailing the protocols for runway friction testing (FAA, 1997). While Australia has no equivalent document, the Civil Aviation Authority of NZ has also produced a runway friction testing Advisory Circular (CAA, 2008) which is largely based on the FAA document.

5.4.3 ANEXO C.3 – APROBACIÓN EQUIPO TWO POR FAA

T.W.O. approval by FAA

Here is the letter of approval by FAA.

