

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS DE LA PISTA DE
ATERRIJAZE DEL AEROPUERTO DE PISCO MEDIANTE
MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

ELABORADO POR:

MAKLIN JANKLER ISIDRO CHINCHON

ASESOR

Ing. WILDER FRANCISCO GRANDEZ VENTURA

LIMA - PERÚ

2023

Durante el desarrollo de este trabajo de suficiencia profesional se presentaron diversidad de situaciones que pudieron ser fácilmente causantes del fracaso, pero esto no sucedió, y fue gracias al apoyo presentado por diversas personas, en especial a mi familia, porque en todo momento estuvo atenta a todas mis necesidades y requerimientos para el desarrollo de este trabajo.

Gracias a Dios por permitirme tener una familia que siempre creyó en mí y por ser la motivación para cada día llegar más lejos en mi vida y carrera profesional.

“La calidad nunca es un accidente, siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia”

John Ruskin

ÍNDICE	
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	6
PRÓLOGO.....	8
LISTA DE TABLAS.....	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. ANTECEDENTES.....	14
1.2. PROBLEMÁTICA.....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4. OBJETIVOS.....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
1.5. HIPÓTESIS.....	17
1.5.1 Hipótesis General.....	17
1.5.2 Hipótesis Específica	18
1.6. METODOLOGÍA	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	19
2.1. AERÓDROMO	19
2.2. AEROPUERTO	19
2.3. PAVIMENTOS	20
2.3.1 Pavimentos flexibles.....	20
2.3.2 Pavimento rígido.....	20
2.4. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS.....	21
2.4.1 Diseño	22
2.4.2 Construcción	22
2.4.3 Mantenimiento.....	22
2.4.4 Rehabilitación.....	23
2.4.5 Mejoramiento.....	23
2.5. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO	24
2.5.1 Tipos de Fallas	24
2.5.2 Evaluación tipo Funcional	24
2.5.2.1 Regularidad superficial BBI.....	25

2.5.2.2	Descripción del equipo.....	26
2.5.2.3	Índice de la Condición del Pavimento (PCI)	28
2.5.3	Evaluación del tipo Estructural.....	29
2.5.3.1	Métodos para la evaluación estructural de pavimentos.....	30
2.5.3.2	Equipos para realizar evaluaciones no destructivas de pavimentos...	31
CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO		50
3.1.	UBICACIÓN	50
3.2.	ALCANCES.....	51
CAPÍTULO IV: ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS EXISTENTES		52
4.1.	TRABAJOS DE CAMPO	52
4.1.1	Registro de excavaciones.....	52
4.1.2	Registro de perforaciones diamantinas.....	53
4.1.3	Ensayos de laboratorio	54
4.1.4	Perfil estratigráfico.....	57
4.1.5	Nivel freático.....	59
4.1.6	Evaluaciones de carpeta asfáltica y concreto hidráulico	59
4.1.7	Resumen de resultados.....	60
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO		62
5.1.	EVALUACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL BBI	62
5.1.1	Procedimientos para la regularidad superficial BBI.....	62
5.1.2	Determinación de la regularidad superficial BBI.....	69
5.2.	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	72
5.2.1	Procedimientos de la Evaluación de PCI	72
5.2.1.1	Procedimiento para el relevamiento de fallas.....	72
5.2.1.2	Procedimiento para la determinación del PCI	74
5.2.2	Determinación de los valores de PCI.....	79
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO		97
6.1.	OBTENCIÓN DE LOS ESPESORES CON GEORADAR	97
6.1.1	Procedimientos para la evaluación	97
6.1.2	Determinación de los espesores.....	99
6.2.	OBTENCIÓN DEL MÓDULO ELÁSTICO CON DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO	100
6.2.1	Procedimiento de la evaluación	100
6.2.1.1	Metodología de PCN utilizada.....	108

6.2.2.1	Determinación de valores obtenidos con HWD	115
6.2.2.2	Determinación de PCN-ACN con COMFAA.....	119
6.2.2.3	Determinación de Vida Remanente	132
6.2.2.4	Determinación de Transferencia de Cargas.....	133
CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		136
7.1.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FUNCIONAL	136
7.1.1	Resultados de BBI.....	136
7.1.2	Resultados de PCI.....	139
7.2.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL.....	140
7.2.1	Resultados de la evaluación con GPR.....	140
7.2.2	Resultados de la evaluación con HWD.....	141
7.2.3	Resultados de PCN-ACN con COMFAA.....	142
7.2.4	Resultados de Vida Remanente	142
7.2.5	Resultados de la Evaluación de Transferencia de Cargas.....	143
CONCLUSIONES		144
RECOMENDACIONES		146
BIBLIOGRAFÍAS		148
ANEXOS		
Anexo 01: Reporte de Relevamiento de fallas para PCI		
Anexo 02: Reporte de Deflexiones (Módulo elásticos, CBR procesado estadística)		
Anexo 03: Reporte de medición de espesores (GPR)		
Anexo 04: Reporte de mediciones de regularidad superficial de pista BBI		
Anexo 05: Reporte del PCN y vida remanente (FAARFIELD y COMFAA)		
Anexo 06: Reporte de Análisis de transferencia de carga		
Anexo 07: Panel fotográfico		

RESUMEN

La Evaluación de los Pavimentos de la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Pisco, tiene por finalidad conocer el estado del pavimento en términos de su integridad estructural y funcional para plantear alternativas de soluciones técnicas, para lo cual se inició con la recopilación de información y posteriormente realizar el análisis de resultados.

En el presente trabajo, se desarrolla la evaluación funcional y estructural de los pavimentos de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Pisco mediante la metodología descrita por la Organización de Aviación Civil Internacional - OACI y la Federal Aviation Administration - FAA.

En primera instancia se revisó los estudios geotécnicos realizados en estudios anteriores mediante calicatas y diamantinas para conocer las propiedades físico-mecánicas de los estratos existentes, posteriormente estos datos sirvieron para realizar las calibraciones de los espesores en cada estrato, las cuales se han obtenido con las mediciones Georadar (GPR); y con ella obtener los espesores definidos para cada componente de la pista de aterrizaje y realizar el modelamiento en los Software Elmod 6, COMFAA y FAARFIELD.

El valor del Índice de Condición del Pavimento (PCI), de acuerdo al ASTM D5340-2020 para la pista de aterrizaje es de 56 para pavimento rígido y 58 para pavimento flexible, valores que corresponden a la calificación como "Aceptable"; sin embargo, para esta evaluación se toma como referencia las recomendaciones de la Federal Aviation Administration - FAA en su programa de investigación desarrollado a través Airport Cooperative Research Program (ACRP), donde recomienda realizar un Mantenimiento Correctivo y rehabilitación.

El Bump Boeing Index (BBI) para la pista de aterrizaje, alcanza un valor promedio de 0,222, valor que es considerado "Aceptable" de acuerdo al circular de asesoramiento AC 150/5380-9 de la FAA; los valores fueron obtenidos con el equipo Perfilómetro Láser (RSP).

El comportamiento estructural del sistema pavimento – subrasante, en general los resultados de deflexión se hallan en 1500 micrones, considerado "Aceptable", según los parámetros de Horak, obtenidos con el Deflectómetro de Impacto (HWD).

El Número de Clasificación del Pavimento - PCN fue calculado para la pista de aterrizaje, según circular de asesoramiento AC 150/5335-5C de la FAA es PCN 51/F/B/X/T, para pavimento flexible y PCN 59/R/B/W/T, para pavimento rígido; estos fueron obtenidos con la utilización del software COMFAA.

Con respecto a la vida remanente y recomendaciones del circular de asesoramiento AC 150/5320-6F se tiene como resultado VR >20, considerados en buen estado, estos fueron obtenidos con la utilización del software FAARFIELD.

La transferencia de carga longitudinal y transversal muestran valores promedios de 71 % y 88 % considerados según el circular de asesoramiento AC 150/5370-11B "Aceptable", estos datos fueron generados con el Deflectómetro de Impacto (HWD).

ABSTRACT

The Evaluation of the Pavements of the runway of the Pisco Airport, has the purpose of knowing the state of the pavement in terms of its structural and functional integrity to propose alternative technical solutions, for which it began with the collection of information and later carry out the analysis of results.

In the present work, the functional and structural evaluation of the pavements of the runway of the Pisco airport is developed using the methodology described by the International Civil Aviation Organization – ICAO and the Federal Aviation Administration – FAA. In the first instance, the geotechnical studies carried out in previous studies were reviewed using test pits and diamonds to know the physical–mechanical properties of the existing strata, later these data were used to perform the calibrations of the thicknesses in each stratum, which have been obtained with the Georadar measurements (GPR); and with it, obtain the thicknesses defined for each component of the runway and carry out the modeling in the Elmod 6, COMFAA and FAARFIELD Software.

The value of the Pavement Condition Index (PCI), according to ASTM D5340-2020 for the runway is 56 for rigid pavement and 58 for flexible pavement, values that correspond to the qualification as "Acceptable"; however, for this evaluation, the recommendations of the Federal Aviation Administration – FAA in its research program developed through the Airport Cooperative Research Program (ACRP) are taken as a reference, where it recommends performing Corrective Maintenance and rehabilitation.

The Boeing Bump Index (BBI) for the runway reaches an average value of 0,222, a value that is considered "Acceptable" according to FAA advisory circular AC 150/5380-9; the values were obtained with the Laser Profilometer (RSP) equipment.

The structural behavior of the pavement-subgrade system, in general the deflection results are found at 1500 microns, considered "Acceptable", according to the Horak parameters, obtained with the Impact Deflectometer (HWD).

The Pavement Classification Number - PCN was calculated for the runway, according to FAA advisory circular AC 150/5335–5C is PCN 51/F/B/X/T, for flexible pavement and PCN 59/R/B /W/T, for rigid pavement; these were obtained

using the COMFAA software.

Regarding the remaining life and recommendations of the advisory circular AC 150/5320-6F, the result is $VR > 20$, considered in good condition, these were obtained with the use of the FAARFIELD software.

The longitudinal and transverse load transfer show average values of 71 % and 88 % considered according to advisory circular AC 150/5370-11B "Acceptable", these data were generated with the Impact Deflectometer (HWD).

PRÓLOGO

Los pavimentos constituyen un importante componente de las pistas de aterrizaje de los aeropuertos, son las infraestructuras que reciben las cargas de las aeronaves, cumpliendo una función estructural y funcional para garantizar que las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves se realicen con seguridad, proporcionando además, confort para las personas usuarias.

La construcción de los pavimentos en un aeropuerto demanda considerables inversiones económicas para sus administradores o el estado; por lo que, es de importancia su mantenimiento o conservación que permita en lo posible minimizar su deterioro, alargar su vida útil y salvaguardar el patrimonio.

Durante su vida útil los pavimentos se deterioran debido a múltiples factores, siendo necesario establecer un programa óptimo de gestión para determinar los momentos oportunos de su intervención, un programa óptimo de mantenimiento debe garantizar en todo momento que las condiciones del pavimento no influyen desfavorablemente a la seguridad y regularidad de las operaciones aéreas; por lo que, es importante monitorear el deterioro de la estructura en términos de deterioro estructural y funcional a través del tiempo, mediante adecuadas técnicas de evaluación.

En el presente trabajo de suficiencia profesional desarrollado y presentado por el Bachiller Maklin Jankler Isidro Chinchon, se describe la metodología y conclusiones de la evaluación de los pavimentos mediante métodos No Destructivos, desarrollado durante el desempeño profesional del señor Isidro en la evaluación de los pavimentos del aeropuerto internacional de Pisco, los mismos que fueron realizados utilizando equipos de última generación para conocer el estado de los pavimentos de los aeropuertos en términos de integridad estructural y funcional, los mismos que permitieron determinar programas de mantenimiento y gestión.

Asimismo, el presente trabajo contribuirá en el ámbito académico como antecedente para futuros trabajos de investigación relacionados con la evaluación de pavimentos aeroportuarios, respecto del cual se cuenta con pocas investigaciones en el país; asimismo, constituye fuente de consulta para profesionales y estudiantes de ante grado y post grado.

Ing. Wilder Grández Ventura
Asesor

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1 Constantes dieléctricas	35
Tabla N°2 Rangos de referencia para tensión de contacto de 1700 KPa en pavimento aeroportuario de base granular	40
Tabla N°3 Resumen de valores de P/TC	45
Tabla N°4 Resumen de las operaciones del año 2020	45
Tabla N°5 Ubicaciones y espaciamiento típicos de prueba en pistas, pies (m) ..	48
Tabla N°6 Elemento de objeto a evaluación	51
Tabla N°7 Prospecciones destructivas ejecutadas.....	52
Tabla N°8 Ubicación de la extracción de las diamantinas ejecutadas.....	53
Tabla N°9 Ensayos estándar de clasificación de suelos	54
Tabla N°10 Ensayos de comportamiento.....	55
Tabla N°11 Ensayos de comportamiento y caracterización	55
Tabla N°12 Ensayos estándar y de resistencia – pista de aterrizaje	56
Tabla N°13 Clasificación SUCS, primer estrato (Base) – pista de aterrizaje	57
Tabla N°14 Clasificación SUCS, segundo estrato (Sub base) – pista de aterrizaje	58
Tabla N°15 Clasificación SUCS, suelo de fundación – pista de aterrizaje.....	58
Tabla N°16 Valores de CBR por estrato – pista de aterrizaje.....	59
Tabla N°17 Ensayos sobre núcleos asfálticos y de concreto hidráulico	59
Tabla N°18 Determinación del número de unidades de muestra a inspeccionar	73
Tabla N°19 Cálculo de PCI para pavimento flexible	76
Tabla N°20 Cálculo del valor deducido	77
Tabla N°21 Deterioros del método PCI en pavimentos flexibles de aeropistas ..	77
Tabla N°22 Deterioros del método PCI en pavimentos rígidos de aeropistas	78
Tabla N°23 Synthesis 22, Escala de clasificación de PCI	78
Tabla N°24 Resumen del deterioros – Sección C (Rígido).....	79
Tabla N°25 Resumen de PCI para la Sección C (Rígido)	79
Tabla N°26 Resumen de deterioros – Sección RWY_1C.....	80
Tabla N°27 Resumen de PCI para RWY_1C.....	81
Tabla N°28 Resumen de deterioros – Sección RWY_2C.....	82
Tabla N°29 Resumen de PCI para RWY_2C.....	82
Tabla N°30 Resumen de deterioros – Sección RWY_3C.....	83
Tabla N°31 Resumen de PCI para RWY_3C.....	83
Tabla N°32 Resumen de deterioros – Sección D (Rígido)	85
Tabla N°33 Resumen PCI para la Sección D (Rígido)	85
Tabla N°34 Resumen de deterioros – Sección RWY_1D.....	86
Tabla N°35 Resumen PCI para la RWY_1D	87
Tabla N°36 Resumen de deterioros – Sección RWY_2D.....	88
Tabla N°37 Resumen PCI para la RWY_2D	88
Tabla N°38 Resumen de deterioros – Sección RWY_3D.....	89
Tabla N°39 Resumen PCI para la RWY_3D	89
Tabla N°40 Resumen de deterioros – Sección I (Rígido).....	90
Tabla N°41 Resumen PCI para la sección I (Rígido)	91
Tabla N°42 Resumen de deterioros – Sección RWY_1I	92
Tabla N°43 Resumen PCI para RWY_1I	92
Tabla N°44 Resumen de deterioros – Sección RWY_2I	93
Tabla N°45 Resumen PCI para RWY_2I	93

Tabla N°46 Resumen de deterioros – Sección RWY_3I	94
Tabla N°47 Resumen PCI para RWY_3I	94
Tabla N°48 Promedio de espesores en los ejes	100
Tabla N°49 Ubicación y espaciado típico para pista de aterrizaje, pies (m)	101
Tabla N°50 Valores de módulos típicos y rango de valores para materiales de pavimentos	105
Tabla N°51 Solución tabular para método de diferencias acumuladas.....	108
Tabla N°52 Códigos del pavimento para el reporte del PCN.....	109
Tabla N°53 Condiciones estándar de resistencia de la subrasante para el cálculo del ACN en pavimentos rígidos	110
Tabla N°54 Condiciones estándar de resistencia de la subrasante para el cálculo del ACN en pavimentos flexibles	110
Tabla N°55 Código de presión de llantas para notificación de PCN.....	110
Tabla N°56 Espesores estándares de la FAA	113
Tabla N°57 Rango de factores de equivalencia para las capas en pavimentos flexibles	113
Tabla N°58 Resumen de sectorización en los ejes, pista de aterrizaje flexible	116
Tabla N°59 Resumen de sectorización en los ejes, pista de aterrizaje rígido...	116
Tabla N°60 Resumen de resultados Módulos de la subrasante, pista de aterrizaje flexible	117
Tabla N°61 Resumen de resultados Módulos de la subrasante, pista de aterrizaje rígido	118
Tabla N°62 Resumen de transferencia de carga longitudinal.....	133
Tabla N°63 Resumen de transferencia de carga transversal	134
Tabla N°64 Resultados de Rugosidad – Pista de Aterrizaje.....	136
Tabla N°65 Resultados de valores BBI mayores a 1 – Pista de Aterrizaje	137
Tabla N°66 Resumen del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	139
Tabla N°67 Resumen de los espesores en la pista de aterrizaje	140
Tabla N°68 Valores estadísticos de deflexiones en los ejes, pista de aterrizaje flexible y rígido.....	141
Tabla N°69 Valores de CBR y K obtenidos en la pista de aterrizaje	142
Tabla N°70 PCN Adoptado	142
Tabla N°71 Vida Remanente	143

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1 Sección Transversal típica de un pavimento Flexible	20
Figura N°2 Sección Transversal típica de un pavimento rígido	21
Figura N°3 Análisis de costo del ciclo de vida (ACCV).....	21
Figura N°4 Perfilómetro láser Dynatest RSP Mk-III.....	26
Figura N°5 Ubicación de los sensores en el RSP Mk-III.....	27
Figura N°6 Auscultación de la superficie del pavimento de manera tradicional..	29
Figura N°7 Equipo de Georadar	32
Figura N°8 Propagación de ondas electromagnéticas en el pavimento flexible..	32
Figura N°9 Reflexiones típicas de la señal del GPR	33
Figura N°10 Esquema de Propagación de Ondas.....	34
Figura N°11 Secuencia en la cual un emisor y un receptor son desplazados conjuntamente sobre el suelo	34
Figura N°12 Ensayo No destructivo realizado por el Deflectómetro de Impacto.	37
Figura N°13 Componentes del Deflectómetro de Impacto HWD	38
Figura N°14 Zonas de curvatura en cuencas de deflexión	39
Figura N°15 Pista de aterrizaje con calle de rodaje paralela	43
Figura N°16 Pista de aterrizaje con calle de rodaje central	43
Figura N°17 Mix de Aeronaves FAARFIELD.....	46
Figura N°18 Desplazamiento y eficiencia de transferencia de carga.....	47
Figura N°19 Referencia de la posición de placa y geófonos en las losas.....	47
Figura N°20 Ubicaciones del plato en las losas	48
Figura N°21 Ubicación del Aeropuerto.....	50
Figura N°22 Curva Granulométrica resultante - carpeta asfáltica.....	60
Figura N°23 Ejes para medición del Boeing Bump Index (BBI)	63
Figura N°24 Altura y longitud de Bache (Bump Height y Bump Length).....	64
Figura N°25 Criterios de aceptación de la Rugosidad y Parámetros Boeing Bump	65
Figura N°26 Criterios de aceptación de Rugosidad.....	66
Figura N°27 Programa Convert Profile Format	68
Figura N°28 Programa ProFAA.....	68
Figura N°29 Reporte de BBI en eje central de Pista de Aterrizaje.....	69
Figura N°30 Reporte de BBI en eje 1 de Pista de Aterrizaje	70
Figura N°31 Reporte de BBI en eje 2 de Pista de Aterrizaje	70
Figura N°32 Reporte de BBI en eje 3 de Pista de Aterrizaje	71
Figura N°33 Reporte de BBI en eje 4 de Pista de Aterrizaje	71
Figura N°34 Clasificación del pavimento por el método PCI	74
Figura N°35 Curva para obtener el valor deducido (falla tipo 12)	76
Figura N°36 Sectorización de PCI en pista de aterrizaje sección C	80
Figura N°37 Sectorización de PCI en pista de aterrizaje sección D	86
Figura N°38 Sectorización de PCI en pista de aterrizaje sección I.....	91
Figura N°39 Porcentaje de condición PCI en pista de aterrizaje – Pavimento flexible	96
Figura N°40 Porcentaje de condición PCI en pista de aterrizaje – Pavimento rígido	96
Figura N°41 Procesamiento del georadar con el software Radan (Radagrama)	97
Figura N°42 Partes de archivo .dzt	98

Figura N°43 Archivo de calibración.....	98
Figura N°44 Herramienta Ground Truth.....	99
Figura N°45 Promedio de espesores por ejes de los estratos.....	100
Figura N°46 Distribución de los ejes de medición de deflexiones en pavimento flexibles.....	101
Figura N°47 Distribución de los ejes de medición de deflexiones en pavimento rígidos.....	101
Figura N°48 Interfaz del software Elmod 6 utilizado para el retro-calculo.....	103
Figura N°49 Datos de entrada de la estructura de pavimento flexible a Elmod 6.....	104
Figura N°50 Datos de entrada de la estructura de pavimento rígido a Elmod 6.....	104
Figura N°51 Proceso de estimación de módulos en Elmod 6.....	105
Figura N°52 Ventana de Ingreso de Espesores y Módulos en Elmod 6.....	106
Figura N°53 Perfil de Espesores Obtenidos con Georadar en Elmod 6.....	106
Figura N°54 Data de Espesores de Georadar en Elmod 6.....	107
Figura N°55 Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Rígido)	119
Figura N°56 Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)	120
Figura N°57 Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)	121
Figura N°58 Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Rígido).....	122
Figura N°59 Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Rígido).....	122
Figura N°60 Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Flexible) ..	123
Figura N°61 Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible)	123
Figura N°62 Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible) ..	124
Figura N°63 Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Flexible).....	125
Figura N°64 Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Flexible).....	125
Figura N°65 Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Rígido)	126
Figura N°66 Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)	126
Figura N°67 Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)	127
Figura N°68 Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Rígido).....	128
Figura N°69 Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Rígido).....	128
Figura N°70 Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Flexible) ..	129
Figura N°71 Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible)	129
Figura N°72 Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible) ..	130
Figura N°73 Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Flexible).....	131
Figura N°74 Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Flexible).....	131
Figura N°75 Cálculo de Vida Remanente en FAARFIELD – Pista de Aterrizaje (Rígido).....	132
Figura N°76 Cálculo de Vida Remanente en FAARFIELD – Pista de Aterrizaje (Flexible).....	132
Figura N°77 Reporte de BBI de los ejes en la Pista de Aterrizaje	138
Figura N°78 Resumen de promedio de espesores.....	140
Figura N°79 Deflectograma obtenidos en el pavimento flexible	141
Figura N°80 Gráfico de la eficiencia de transferencia de carga longitudinal.....	143
Figura N°81 Gráfico de la eficiencia de transferencia de carga trasversal	143

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

ASTM	Asociación Americana de Ensayos de Materiales.
ACN	Número de Clasificación de Aeronaves.
ACRP	Airport Cooperative Research Program.
PCN	Número de Clasificación de Pavimentos.
CBR	California Bearing Ratio (Índice de Penetración California).
CDF	Cumulative Damage Factor.
PCI	Índice de Condición del Pavimento.
VDC	Valor Deducido Corregido.
ELMOD	Evaluation of Layer Moduli Overlay Design.
K	Módulo de reacción.
LTE	Load Transfer Efficiency.
Mpa	Megapascal.
BBI	Boeing Bump Index (Índice de Impacto de Boeing).
FAA	Federal Aviation Administration.
HWD	Heavy Weight Deflectometer.
GPR	Ground Penetrating Radar.
RSP	Road Surface Profiles.
PMD	Peso Máximo al Despegue.
RESA	Runway End Safety Area.
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional.
AASHTO	La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La elaboración del presente trabajo de suficiencia profesional se fundamenta en la evaluación del pavimento con métodos no destructivos de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Pisco, conducida a la identificación de las diversas fallas existentes tanto superficiales como estructurales y de acuerdo a la gravedad proponer alternativas de soluciones técnicas que estén señaladas en las Normas Internacionales adoptadas en nuestro país.

Los acontecimientos producidos durante los últimos años han desarrollado tesis de grado que abarcan la evaluación de pavimentos aeroportuarios, algunos con temas específicos sobre la evaluación estructural aplicando la Viga Benkelman o evaluación de rugosidad con uso del Bump Integrator; de igual modo, se han elaborado trabajos de mejoramiento y diseño de aeropuertos; sin embargo, no existe registro de tesis sobre la evaluación funcional y estructural de los pavimentos de pistas de aterrizaje de aeropuertos con equipos de alta precisión como: Deflectómetro de Impacto, Perfilómetro Láser y Georadar, motivo por el cual se justifica la elaboración del presente trabajo que además, se pretende incrementar el nivel académico relacionado con la evaluación de pavimentos aeroportuarios.

1.1. ANTECEDENTES

El incremento de las operaciones aéreas, el tamaño y peso de los aviones de nueva generación, han generado la necesidad del empleo de nuevos métodos para la evaluación, diseño y construcción de pavimentos para aeropuertos. En los aeropuertos existentes surgen la necesidad de evaluar la capacidad de carga con la finalidad de definir medidas para reforzar la estructura del pavimento, también se hace necesario la evaluación para realizar un óptimo diseño, el empleo de materiales o los métodos de construcción, los cuales pueden influir en el deterioro rápido del pavimento.

Como antecedentes de estudio relacionados con la evaluación de pavimentos aeroportuarios, en la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú, el Ingeniero Angel Aquije en el año 2011, ha desarrollado un estudio en donde realiza las evaluaciones de los pavimentos del área de movimientos del aeropuerto de Talara, con la finalidad de determinar el estado del pavimento en términos de su integridad estructural y nivel de servicio para plantear alternativas de solución técnicas para el mejoramiento del pavimento. En el referido estudio, el autor

desarrolla la evaluación funcional y estructural de los pavimentos usando metodologías de la Federal Aviation Administration – FAA, para dar cumplimiento a las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional – OACI.

En el referido estudio la evaluación estructural del pavimento tuvo como finalidad los siguientes aspectos, determinar el CBR y el espesor existente del paquete estructural mediante ensayos destructivos como calicatas y diamantinas; por otro lado, se determinó la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante mediante el empleo de la Viga Benkelman de doble brazo, mientras que en la evaluación funcional tuvo como objetivo determinar el Índice Internacional de Rugosidad – IRI, para lo cual se empleó el equipo Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation - MERLIN y también determinó el Índice de Condición del Pavimento - PCI.

En la Universidad Ricardo Palma, Dany Guzmán y Javier Ulloa en el año 2015, han desarrollado la evaluación estructural, superficial y funcional del pavimento de la pista principal del aeropuerto de Pisco, con la finalidad de cumplir con la Norma establecida por las FAA, utilizando las metodologías del tipo descriptivo-aplicada y de diseño cualitativo-cuantitativo. Determinan valores de evaluación funcional como es el BBI, en lo estructural las deflexiones mediante el uso del software BAKFAA y la determinación del PCN, por su parte en la evaluación estructural determinó el PCI.

En la Universidad Central Marta Abreu de las Villas de Cuba, Luis Pernús (2016) realiza una evaluación de la pista del aeropuerto de Santa Clara para determinar la capacidad portante y el estado de la superficie, con el fin de soportar el incremento de las cargas que se espera para los próximos años, brindar los resultados de recientes investigaciones geotécnicas para determinar las características físico-mecánicas de los materiales componentes de la pista y ofrecer una descripción del método Aircraft Classification Number – Pavement Classification Number (ACN-PCN), establecido por la OACI desde noviembre 25, 1981.

La aplicación de equipos convencionales para la evaluación de pavimentos como Viga Benkelman, MERLIN y también las perforaciones que se hace a cielo abierto sobre la estructura de las pistas de aterrizaje, no son recomendables en aeropuertos con tráfico aéreo, debido a que dichas evaluaciones son lentas como es el caso del empleo de la Viga Benkelman y equipo MERLIN y en el caso de las perforaciones deterioran la superficie del pavimento que perjudican

en las operaciones aéreas, en ese sentido los administradores de los aeropuertos optan por realizar evaluaciones mediante equipos de alta precisión como: “Perfilómetro Láser clase 1 (RSP – Road Surface Profiles)” que permite medir la regularidad superficial del pavimento, “Deflectómetro de Impacto (HWD – Heavy Weight Deflectometer)” para realizar la evaluación estructural del sistema Subrasante - Pavimento y “Georadar (GPR – Ground Penetrating Radar)” para medir los espesores de la estructura del pavimento.

En la actualidad en nuestro país los administradores de los aeropuertos, de acuerdo a los Términos de Referencia de los Contratos de Concesión, realizan anualmente las evaluaciones funcionales y estructurales de los pavimentos de las pistas de aterrizaje en aeropuertos bajo su administración, por lo que durante mi desempeño pre-profesional he participado en la evaluación de los pavimentos del aeropuerto de Pisco y que hoy presento como Trabajo de Suficiencia Profesional para obtener el Título de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.2. PROBLEMÁTICA

Hoy en día existen 54 aeropuertos en todo el Perú, siendo el más importante e internacional el Aeropuerto Jorge Chávez; sin embargo, tenemos como internacionales a los aeropuertos de Arequipa, Tacna, Iquitos, Pucallpa, Talara, Cusco, Trujillo y Juliaca, pero debido a su baja demanda de pasajeros internacionales, la mayoría de estos no reciben vuelos desde el extranjero. El aeropuerto de Chiclayo es considerado internacional por ser el aeropuerto alternativo al Jorge Chávez en el norte del país, debido a su lejanía con la ciudad de Lima se necesita un aeropuerto alternativo, para los vuelos nacionales y extranjeros. Ante el incremento actual de los vuelos aéreos y el incremento de turistas a nuestro país, se ve afectada la capacidad de nuestro aeropuerto principal, por tal motivo el aeropuerto de Pisco es considerado como un aeropuerto internacional o alternativo, razón por lo cual la FAA recomienda cumplir con los estándares en ese sentido anualmente la concesión ADP Perú realiza evaluaciones de carácter funcional y estructural de todo el lado aire (pista de aterrizaje, calles de rodaje y plataforma de estacionamiento).

En la actualidad la mayoría de aeropuertos de nuestro país presentan problemas en su infraestructura debido a la antigüedad de su construcción, dentro de ellos, las pistas de aterrizaje, uno de los aeropuertos es el internacional de Pisco, en donde los pavimentos de la pista de aterrizaje ocasionan altos costos de

mantenimiento, pues descuidar su mantenimiento podría contribuir a ocasionar accidentes durante las operaciones aéreas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La evaluación de los pavimentos del aeropuerto de Pisco realizado mediante los métodos No Destructivos con equipos de medición de última generación, permitirá al concesionario del aeropuerto de Pisco, la empresa Aeropuertos del Perú, a mejorar la toma de decisiones al determinar los Programas de Mantenimiento Periódico y Rutinario, Rehabilitación y Mejoramiento del Lado Aire, mejorando a cumplir los compromisos establecidos en el Contrato de Concesión suscrito con el Estado Peruano.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar el estado funcional y estructural del pavimento de la pista de aterrizaje del aeropuerto de la ciudad de Pisco, mediante Métodos No Destructivos (NDT) y utilizando equipos de alta precisión, para formular alternativas técnicas de solución para el mejoramiento del pavimento.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la condición funcional de irregularidad y el deterioro de la superficie del pavimento, mediante perfilómetro láser y la metodología del PCI.
- Determinar la condición estructural del pavimento, mediante el Deflectómetro de Impacto.
- Verificar los espesores de la estructura del pavimento con el equipo Georadar.
- Caracterizar valores de: PCN, Vida Remanente Y Transferencia de cargas, utilizando el Deflectómetro de Impacto.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis General

- El empleo de equipos de alta precisión en la evaluación No Destructiva de pavimentos mejorará la toma de decisiones para formular los programas de mantenimiento de los pavimentos del aeropuerto internacional de Pisco.

1.5.2 Hipótesis Específica

- Mediante la recopilación de datos con el equipo Perfilómetro láser, se determinará los valores del Boeing Bump Index (BBI).
- Mediante la recopilación de información con el Deflectómetro de Impacto, se determinarán las Deflexiones máximas, módulos elásticos y transferencias de carga.
- Mediante la recopilación de datos con el equipo Georadar se determinarán los espesores de los pavimentos.

1.6. METODOLOGÍA

Los pasos adoptados en el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional fueron los siguientes:

- Recopilación bibliográfica acerca de los siguientes temas: Pavimentos aeroportuarios, Análisis elásticos de capas, Ensayo no destructivo, Evaluaciones Funcionales y Estructurales, normativas y recomendaciones de la OACI.
- Capacitaciones para el manejo de equipos como el Perfilómetro láser (RSP), Georadar (GPR) y Deflectómetro de Impacto (HWD).
- Capacitaciones de manejo con el software recomendado por la FAA como es el caso de FAARFIELD, COMFAA y PROFAA. De la misma forma los programas Elmod6 y Radan7.
- Recopilación de información de estudios anteriores del proyecto, para tener un conocimiento de las limitaciones y consideraciones que se evaluarán en la etapa experimental del trabajo.
- Toma de datos en campo a través de los equipos de alto rendimiento y lo realizado de manera visual, siguiendo los lineamientos de la OACI y recomendaciones de algunos programas de investigación Airport Cooperative Research Program (ACRP).
- Procesamiento de los datos obtenidos en campo con los software (ProFAA 3.0.0, FAARFIELD 1.42 o COMFAA 3.0) de acuerdo al tipo de evaluación, para luego ser analizado y verificado según las recomendaciones por la OACI y FAA.
- Emisión de conclusiones y recomendaciones de la evaluación realizada de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Pisco.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Para el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional en mención será necesario el conocimiento de los siguientes conceptos:

2.1. AERÓDROMO

La Organización de Aviación Civil Internacional define como: “Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves”.

2.2. AEROPUERTO

La Ley N°27261 – Ley de Aeronáutica Civil del Perú, define como: “Es el aeródromo de uso público que cuenta con edificaciones, instalaciones, equipos y servicios destinado en forma habitual a la llegada, salida y movimiento de aeronaves, pasajeros y carga en su superficie. Las áreas que lo conforman son intangibles, inalienables e imprescriptibles y las áreas circundantes son zonas de dominio restringido”.

Todo aeródromo que, a juicio de las autoridades competentes del Estado, posee instalaciones suficientes para ser consideradas de importancia en Aviación Civil.

Elementos que conforman el área de movimiento:

Área de aterrizaje y despegue: El principal componente de esta área es la pista de despegue y aterrizaje, que está compuesto por el umbral (comienzo de la pista utilizable); la zona de toma de contacto, donde las aeronaves realizan el primer contacto con la pista; la zona de parada, preparada para casos de despegues interrumpidos; y la zona libre de obstáculos, donde se realiza parte del ascenso del avión.

Área de maniobras: Es la encargada de conectar las zonas de estacionamiento de las aeronaves y la pista de aterrizaje y despegue. Está compuesto por la calle de rodaje.

Plataforma de estacionamiento de aeronaves: zona destinada al estacionamiento de aeronaves para facilitar el embarque o desembarque de pasajeros o cargas, abastecimiento de combustible o mantenimiento.

2.3. PAVIMENTOS

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción de tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito. [Rico, 1977].

La solución del pavimento de una pista aérea puede ejecutarse sobre la base de dos tipos de soluciones diferentes:

2.3.1 Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos se caracteriza por estar conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya sobre capas de material granular, las cuales generalmente van disminuyendo su calidad conforme se acercan más a la subrasante. Esto se debe a que los esfuerzos que se producen por el tránsito van disminuyendo con la profundidad. [Huang, 2004].

La figura 2.1 muestra la sección transversal típica de un pavimento flexible.

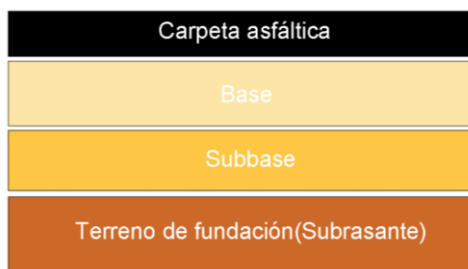


Figura N°1 Sección Transversal típica de un pavimento Flexible

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Pavimento rígido

Un pavimento rígido, tiene como elemento estructural fundamental una losa de concreto. Esta se apoya sobre una capa de material seleccionado, a la que se da el nombre de subbase; cuando la subrasante del pavimento tenga una calidad suficientemente buena, la losa de concreto puede colocarse directamente sobre

ella, prescindiéndose así de una subbase. De lo que se trata es que la losa de concreto tenga un apoyo suficientemente uniforme y estable. [Rico, 1977].



Figura N°2 Sección Transversal típica de un pavimento rígido

Fuente: Elaboración propia

2.4. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS

Como toda infraestructura de Ingeniería, los pavimentos tienen un ciclo de vida que se inicia en el Diseño, luego se construyen, con la puesta en servicio se deterioran requiriendo mantenimiento y rehabilitación, al término de lo cual es necesario su evaluación para determinar estrategias de mejoramiento o un nuevo diseño.



Figura N°3 Análisis de costo del ciclo de vida (ACCV)

Fuente: IJATES

Las estrategias de mantenimiento y rehabilitación de las estructuras del pavimento son de vital importancia a lo largo de su vida útil ya que éstas se van deteriorando con el tiempo y con el aumento gradual del tránsito. El objeto de la administración o gestión de pavimentos, es la preservación de la inversión inicial

mediante la aplicación oportuna de tratamientos adecuados de mantenimiento y rehabilitación para prolongar la existencia del mismo.

2.4.1 Diseño

Es la fase en la cual se dimensionan las diferentes capas que componen la estructura del pavimento y predice su comportamiento, las mismas que con una adecuada calidad de materiales y procedimientos constructivos, deben soportar las cargas impuestas por las aeronaves a lo largo de su vida útil.

Para el diseño de pavimentos de un Aeropuerto, entre muchas otras, se emplean las metodologías recomendadas por la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos (FAA), las cuales se encuentra descrita en la circular AC 150/5320 6G, que usa la versión 2.0 del software FAARFIELD, y es la circular vigente. Para elegir el tipo de pavimento se realiza un análisis económico de los diseños; sin embargo, para el caso de los pavimentos de la plataforma, se determina que estos deben ser rígidos, al margen del resultado económico, esto debido a que las plataformas se encuentran sometidas a cargas puntuales por un tiempo prolongado, lo cual puede generar una deflexión considerable en caso sea un pavimento flexible.

2.4.2 Construcción

Una de las principales funciones del pavimento de un aeropuerto es generar la seguridad y esto inicia con la construcción. Los requisitos de capacidad portante, características y durabilidad de la superestructura y la infraestructura imponen unos estándares de calidad especialmente altos tanto para las pistas de aterrizaje como para las pistas de desplazamiento en tierra, las zonas de aparcamiento y las áreas de estacionamiento permanente.

2.4.3 Mantenimiento

Los Aeropuertos como muchas otras organizaciones necesitan proporcionar mantenimiento a las instalaciones y los activos, que garantice su utilidad y seguridad operacional para la continuidad del negocio y los servicios. No importa el tamaño del aeropuerto o aeródromo, las pistas de aterrizaje son infraestructuras clave que requieren que se mantengan sus superficies en condiciones óptimas con el fin de mantener las operaciones de aeronaves continuas y seguras durante el aterrizaje y despegue. Los Aeropuertos podrán

establecer organizaciones grandes o pequeñas de mantenimiento para hacer frente a esta responsabilidad operativa.

Dependiendo del tamaño y necesidades del aeropuerto (después de una evaluación completa de todas las infraestructuras e instalaciones del aeropuerto), se pueden establecer muchos tipos diferentes de organizaciones de mantenimiento. Algunos aeropuertos asignan la responsabilidad de mantenimiento bajo el área de Operaciones, otros aeropuertos establecen Mantenimiento como un área operativa, y otros manejan el mantenimiento como servicio de outsourcing, etc. Sin embargo, una buena práctica es que el mantenimiento del pavimento y el mantenimiento de ayudas visuales sean funcionalmente independientes en el organigrama con sus propios recursos de personal.

Las responsabilidades de mantenimiento del pavimento deben ser gestionados por un ingeniero civil, un experto en pavimento, ingeniero de aeródromo o similar, con amplio conocimiento y experiencia en las técnicas y procedimientos para prevenir y reparar la superficie del pavimento.

2.4.4 Rehabilitación

La rehabilitación de los pavimentos puede implicar la renovación total del pavimento o bien, la reconstrucción de zonas específicas. Dependerá de distintos factores y sus condiciones de deterioro.

La oportuna detección de deterioros en el pavimento, así como la rápida intervención se traduce en un estado óptimo, el cual permite la realización de las operaciones aérea salvaguardando la seguridad y economía del pavimento. Si las fallas no se atienden cuando son menores, en ocasiones es necesario interrumpir las actividades produciendo molestia en los usuarios y requiriendo mayores montos de inversión para su intervención. Estas rehabilitaciones pueden ser parciales o totales, dependerá de las evaluaciones ejecutadas y el grado de deficiencias encontradas en las pistas, calles o plataformas.

2.4.5 Mejoramiento

Los trabajos de mejoramiento de un pavimento están orientado a ampliar la capacidad estructural, algunos de los trabajos de mejoramiento de mayor importancia que se presentan en la zona aeronáutica de un aeropuerto, son las

siguientes: Recapado, bacheo y reposición de las losas de concreto en pistas, calles de rodaje y plataformas.

2.5. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO

La evaluación del estado del pavimento es el paso fundamental para asignar las acciones más adecuadas de conservación o mantenimiento que deben ser aplicadas en el pavimento. El diagnóstico de las condiciones del pavimento comprende la evaluación del estado funcional y una evaluación de las condiciones estructurales.

2.5.1 Tipos de Fallas

Para la identificación de los tipos de fallas se necesita realizar la evaluación funcional y estructural, para ello se requiere conocer las variedades de deficiencias que se encuentran en los diferentes tipos de pavimentos como son:

a. Pavimentos flexibles

- Fisuras y Grietas: por deslizamiento, en bloque, longitudinales, transversales, piel de cocodrilo, reflexión de juntas PCC.
- Deterioro superficial: bacheos, ahuellamiento, agregado pulido, hinchamiento.
- Otros Deterioros: exudación, peladura, depresión, ondulación, derrame de combustible, erosión por chorro de turbina, PCC expuesto.

b. Pavimentos rígidos

- Juntas: deficiencia del sellado, separación de la junta longitudinal, juntas saltadas.
- Fisuras y Grietas: grietas de esquina, longitudinales, transversales y diagonales, grieta de durabilidad, grietas desordenadas.
- Deterioro superficial: fisuramiento por retracción, desintegración, baches.
- Otros Deterioros: escalonamiento de juntas y grietas, defectos de la superficie, parches, bombeo, asentamientos.

2.5.2 Evaluación tipo Funcional

La evaluación del estado funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie que se traduce en el grado de confort que brinda a los usuarios y que afectan negativamente a la seguridad de las operaciones aéreas.

- a) Parámetros que definen:
- Índice de la Condición del Pavimentos (PCI)
 - Macrotextura y microtextura
 - Boeing Bump Index (BBI).
 - Regularidad superficial (regla 3m)

En la presente evaluación se ha analizado y calculado el BBI y PCI.

2.5.2.1 Regularidad superficial BBI

Las superficies de los pavimentos en aeropuertos no deben presentar irregularidades que afecten la seguridad de las operaciones, daños, o aumentar la fatiga estructural de un avión. Los ingenieros hacen referencia a estas irregularidades de la superficie como rugosidad del pavimento. Debido a las variabilidades existentes en el tamaño y el performance del avión, la industria aeroespacial ha elaborado metodologías para cuantificar la rugosidad en valores representativos para la correcta operación de los aviones.

Las diferencias elevadas de altura sobre el pavimento en la pista de aterrizaje pueden generar incremento de esfuerzos en los componentes del avión, reducir la eficacia de frenado, dificultar la lectura de los instrumentos de cabina para los pilotos, y / o causar molestias a los tripulantes. Por lo general, grandes golpes de longitud de onda son los más recurrentes y habitualmente no son visibles a simple vista.

La FAA adoptó el concepto de Boeing Bump y Boeing Bump Index para poder determinar y controlar las irregularidades en la superficie de pavimento de aeropuertos.

El Boeing Bump consiste en la evaluación de un perfil de superficie de pavimento para identificar posibles desviaciones de superficie de un solo evento que puedan afectar las operaciones de las aeronaves.

La metodología para determinar la rugosidad superficial BBI, se realizó en 2 etapas: la primera corresponde al trabajo de campo y la segunda al procesamiento de datos recolectados.

La evaluación se realizó siguiendo el procedimiento descrito en el AC150/5380-9 “Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness”.

2.5.2.2 Descripción del equipo

Para los trabajos de campo, se emplea perfilómetro láser de superficie Dynatest (Road Surface Profilometer, RSP) (Figura 4) que permite efectuar mediciones de las elevaciones del perfil longitudinal, y con ello se determina el valor del indicador de regularidad BBI que representa la irregularidad superficial. Además, el RSP muestra, calcula y almacena los parámetros de ahuellamiento y textura superficial y registra distancias, ubicación GPS y velocidad de operación del equipo. Estas mediciones se realizan en tiempo real, de manera continua y a velocidades de operación del vehículo.

El equipo Road Surface Profilometer, RSP, utilizado en estas mediciones, tiene la siguiente configuración:

- Una (1) unidad de transductores (viga) equipada con cinco (5) sensores láser, dos (2) acelerómetros.
- Un (1) odómetro (DMI) para medir distancia y velocidad con alta precisión.
- Un computador, para procesar los datos de los transductores, producir y almacenar los resultados de las mediciones efectuadas.



Figura N°4 Perfilómetro láser Dynatest RSP Mk-III

Fuente: Elaboración propia

La medición del perfil longitudinal se basa en el método de "South Dakota". Un acelerómetro se utiliza para obtener el movimiento vertical del cuerpo del vehículo, y un sensor láser se utiliza para medir el desplazamiento entre la carrocería del vehículo y el pavimento. El perfil de la superficie del pavimento se obtiene sumando el movimiento vertical del vehículo con la distancia al pavimento.

Los RSP de Dynatest son Clase I según las especificaciones dadas por el Banco Mundial, así como la norma ASTM E950, y el estándar AASHTO M 328-10.

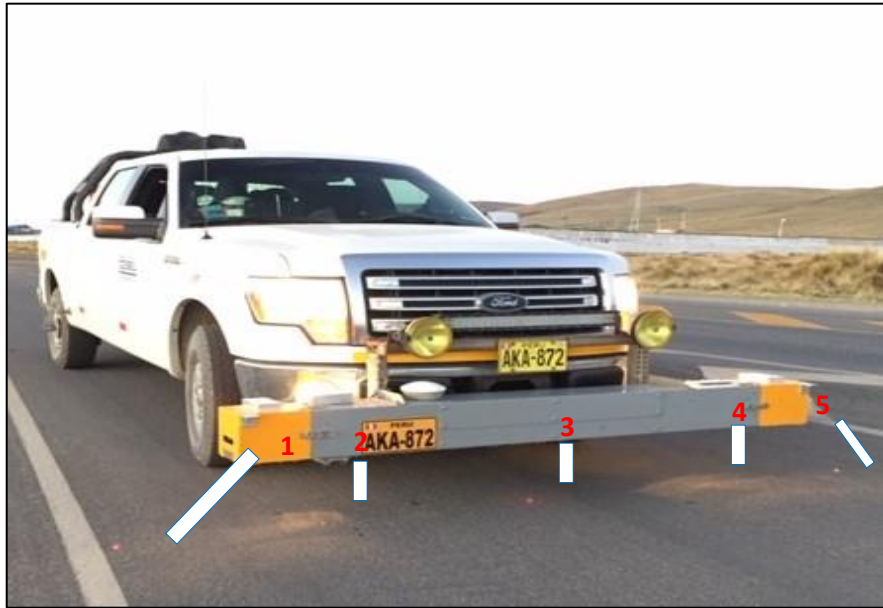


Figura N°5 Ubicación de los sensores en el RSP Mk-III

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la viga del RSP se tienen instalados cinco (5) sensores láser y dos (2) acelerómetros colocados estratégicamente para medir todo el ancho de la pista. Estos dispositivos miden, por triangulaciones, la distancia entre la barra del RSP y la superficie del ancho del sector a medir, ubicados según lo indica la Figura 5.

Los sensores de las posiciones 2, 3 y 4 son los utilizados para la medición del perfil longitudinal, la combinación de los anteriores más los sensores 1 y 5 son utilizados para la medición del ahuellamiento. Los dos acelerómetros se encuentran ubicados en la posición de los sensores láser 2 y 4, los cuales se encargan de convertir la aceleración vertical en una medida de referencia inercial. Adicionalmente, el equipo de medición también posee un sistema de posicionamiento global (GPS), lo cual permite integrar fácilmente la información a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

La velocidad de medida puede variar entre 20 y 110 km/h, sin que esta afecte el normal funcionamiento del equipo.

El ancho de banda en términos de longitud de onda comprende desde 0,01 m hasta 100 m, a 72 km/h.

La resolución en la escala vertical es de 0,05 mm y en la horizontal de 3 mm, independientemente de la velocidad.

2.5.2.3 Índice de la Condición del Pavimento (PCI)

La evaluación superficial del pavimento tiene por objetivo la determinación del valor del PCI (Pavement Condition Index), los resultados de esta evaluación permitirán establecer el estado de deterioro del pavimento y los niveles de intervención a recomendar.

El PCI es un indicador numérico que va de 0 (falla) a 100 (excelente). Su cálculo se basa en los resultados de una inspección visual del pavimento, que determina los tipos de deterioro presentes, así como su severidad y cantidad.

La extensión del daño al pavimento depende del tipo de deterioro, su severidad y su cantidad (o densidad). Un gran número de posibles combinaciones de deterioros, severidades y densidades posibles, es resuelta por el método introduciendo el "valor deducido", factor de ponderación, para indicar "en qué grado afecta" a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, severidad y densidad.

Basado en un conocimiento detallado del comportamiento del pavimento, aportes de un gran número de ingenieros profesionales en pavimentación, evaluación de campo, procedimientos de prueba y una descripción precisa de los tipos de deterioro (deterioros característicos), niveles de severidad y sus correspondientes "valores deducidos", se llegó a determinar un "índice de deterioro", es decir, el índice PCI. Se ha mencionado el término "tipos de deterioro" o "Deterioros Característicos". Estos deterioros son los que generalmente se presentan en los pavimentos, habiendo sido tipificados y descritos en forma precisa para los distintos tipos de pavimentos flexibles. La Norma ASTM D-5340-20 contiene el manual en el cual se describen dichos deterioros característicos, indicándose además cómo identificar los diferentes niveles de severidad asociados a ellos. En el caso de pavimentos flexibles se han definido dieciséis deterioros característicos (carpeta asfáltica) y para los rígidos, quince deterioros característicos (losas de hormigón). Cada uno de ellos puede tener asociado un nivel de severidad, tales como: "leve", "mediano" o "alto".

La auscultación de información para el cálculo de PCI puede ser obtenida mediante equipos multifuncionales o de manera tradicional, mediante inspección visual.

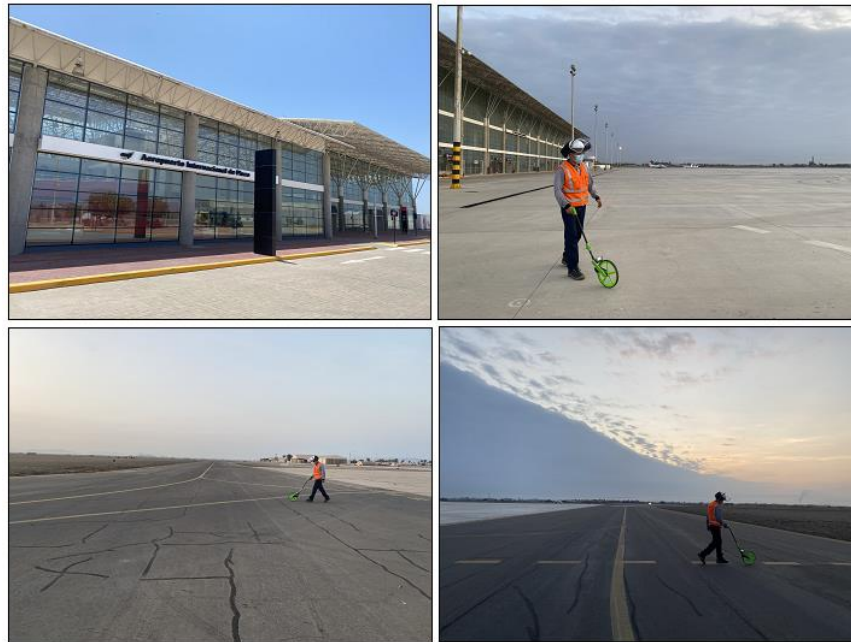


Figura N°6 Auscultación de la superficie del pavimento de manera tradicional

Fuente: Elaboración propia

2.5.3 Evaluación del tipo Estructural

La evaluación estructural de pavimentos consiste, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento – subrasante en una estructura existente. La falta de capacidad portante de un pavimento generaría un deterioro progresivo, lo cual se vería manifestado en los grados excesivos de agrietamientos, ahuellamientos y deformaciones; sin embargo, estos deterioros pueden ser recuperados a través de las aplicaciones de una conservación preventiva.

La evaluación estructural de un pavimento determina la capacidad portante del pavimento en cualquier momento de su vida de servicio, para cuantificar y establecer las necesidades de refuerzo. La estructura de un pavimento tiene cierta capacidad para absorber el trabajo de deformación como energía elástica potencial por cada carga circulante durante su vida útil, retirada la carga, dicha energía es la determinante en la recuperación elástica o casi elástica de las deformaciones producidas, la que será tanto más completa cuan menor

relajación de la energía elástica se ha producido durante el tiempo que ha actuado la carga.

Entre los parámetros que tenemos y se van a obtener son los siguientes:

- Deflexiones
- Capacidad de Soporte de Suelo (CBR)
- Módulo de elasticidad
- Módulo de Reacción
- Transferencia de carga

2.5.3.1 Métodos para la evaluación estructural de pavimentos

i. Evaluación estructural basada en ensayos destructivos

La ejecución de estos ensayos, requiere alterar el pavimento existente en algún punto. [Thenoux Z., 2019]. Entre los ensayos destructivos más utilizados para la evaluación de la capacidad de soporte de la estructura existente, se encuentran:

a) Excavación de calicatas. Este procedimiento corresponde al procedimiento tradicional de recolectar información de diseño y tiene como objetivo la determinación de distintas propiedades de los materiales de las capas que conforman el pavimento, para el diseño y/o evaluación estructural.

b) Extracción de testigos. Mediante una extractora de testigos, se obtiene una probeta cilíndrica de las capas superficiales del pavimento. En general solo es aplicable a la extracción de materiales de capas de asfalto y hormigón. Permite medir los espesores y propiedades mecánicas de resistencia de capas cementadas.

ii. Evaluación estructural basada en ensayos no destructivos

Se denominan así, debido a que permiten estudiar la capacidad estructural existente de un pavimento sin necesidad de intervenir este en ningún punto. (Thenoux Z., 2019). Entre los métodos no destructivos, se reconocen dos clases: Medidas de Deflexión y Evaluaciones Empíricas.

a) Medidas de Deflexión: Estos métodos se basan en producir deformaciones elásticas o deflexiones en el pavimento mediante dispositivos especiales, los cuales actúan bajo una sollicitación estática o dinámica. Estas deflexiones desaparecen una vez que deja de actuar el dispositivo de medición.

Existen varios equipos capaces de medir deflexiones, destacándose entre los más importantes los siguientes:

- Viga Benkelman
- Deflectómetro de Impacto (HWD)

Lo anterior se basa en las recomendaciones de Ensayos No Destructivos (NDT), la cual se encuentra en el apéndice C, párrafo C.12 de la circular AC 150/5320-6G-Airport Pavement Design and Evaluation.

2.5.3.2 Equipos para realizar evaluaciones no destructivas de pavimentos

A. Georadar

Este equipo permite obtener información del interior de un medio o cuerpo de forma indirecta y no destructiva mediante ondas electromagnéticas. La técnica usada para realizar este análisis tiene como base la teoría del campo de electromagnetismo de Maxwell, el cual mantiene una relación de las propiedades cuantitativas de los materiales. El Geo-Radar de Penetración (GPR) utiliza las características de la onda del campo electromagnético, la cual depende de la magnitud relativa de la energía perdida (asociado a la conductividad) respecto a la energía almacenada (relacionada con la constante dieléctrica y permeabilidad). El campo electromagnético puede presentarse como una onda que muestra el cambio en las propiedades físicas del material, lo que permite identificar la presencia de las diferentes capas de material o presencia de diferentes elementos (p.e. tuberías, alcantarillas, vacíos, entre otros), por lo que cuando este pulso choca con una interfaz entre las capas de los materiales con diferentes propiedades dieléctricas, permeabilidad magnética o conductividad (en términos geológicos se habla de: tipo de material, cantidad de agua y densidad del material), parte de la onda se refleja y el resto de la energía continúa hasta la siguiente interfaz, como se puede ver gráficamente en la Figura 7 y Figura 8.



Figura N°7 Equipo de Georadar

Fuente: Elaboración propia

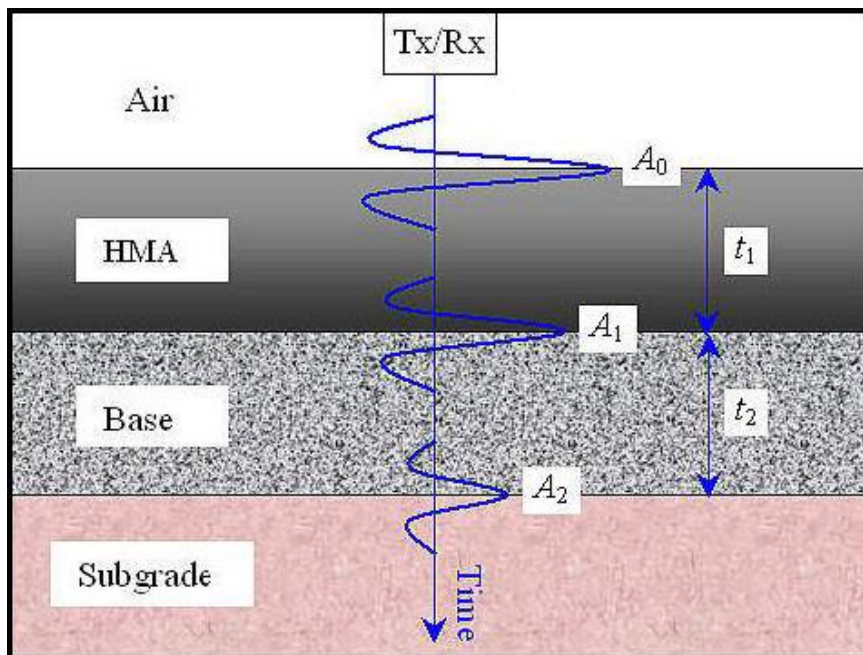


Figura N°8 Propagación de ondas electromagnéticas en el pavimento flexible

Fuente: Accuracy of Ground Penetrating Radar for Estimating Rigid and Flexible Pavement Layer Thicknesses

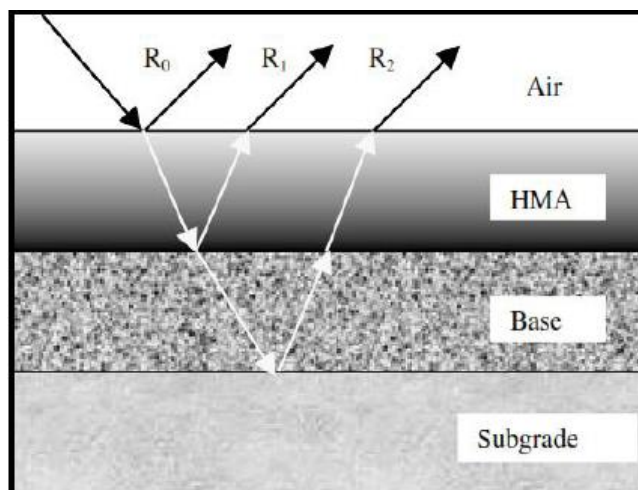


Figura N°9 Reflexiones típicas de la señal del GPR

Fuente: Approach to Determining In Situ Dielectric Constant of Pavements

i. Mediciones realizadas con Georadar (GPR)

Las mediciones con Equipo Georadar (GPR), se ejecutó con el sistema RoadScanTM 30 que provee al usuario una herramienta para la rápida determinación de los espesores de capas de pavimento. El RoadScan puede obtener datos a altas velocidades, lo cual es una ayuda importante debido a las pocas horas de trabajo que se permite en las pistas de aeropuertos, de manera de no interrumpir las operaciones aéreas. Para este proyecto, se midió a velocidad promedio de 50 km/h.

Este sistema permite medir espesores de pavimento, evaluación de bases y subbases, medición del asfalto disponible antes de recapados y fresados, además de integrarse con el HWD y otros dispositivos de ensayos.

Es importante indicar que el sistema RoadScan TM 30 no requiere extracción de muestras para calibración y la calidad de los datos no se ve afectada por la condición de la capa superficial a evaluar.

El equipo GPR utilizado para la medición de las condiciones subsuperficiales normalmente consiste de dos antenas, una antena hace la función de transmisora y la otra receptora, estas antenas pueden ubicarse en cajas distintas, en un montaje denominado biestático.

Para describir el funcionamiento básico del método, en la (Figura 10) se muestra una secuencia en la cual el emisor y el receptor son desplazados conjuntamente sobre el suelo, emitiéndose pulsos y midiendo las correspondientes señales

reflejadas. Para cada posición de emisión se muestra la correspondiente señal recibida como función del tiempo. Este tipo de gráficos se denomina traza o barrido. En cada caso, los tiempos de ida y vuelta registrados por el receptor para los pulsos recibidos se vinculan con las profundidades de los reflectores.

La antena receptora detecta las ondas EM cuando éstas se reflejan desde las interfaces, debido a que las propiedades del material (constante dieléctrica) cambia. Estas señales se envían a la unidad de control para amplificación y posterior procesamiento. Como las antenas se mueven a lo largo de una línea topográfica, se recoge una serie de escaneos y se colocan uno al lado del otro para formar un perfil del subsuelo (Figura 11).

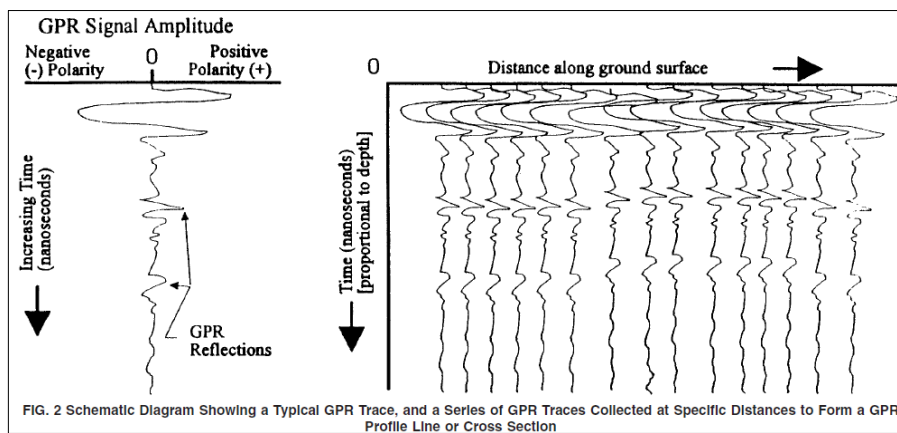


Figura N°10 Esquema de Propagación de Ondas

Fuente: ASTM D6432

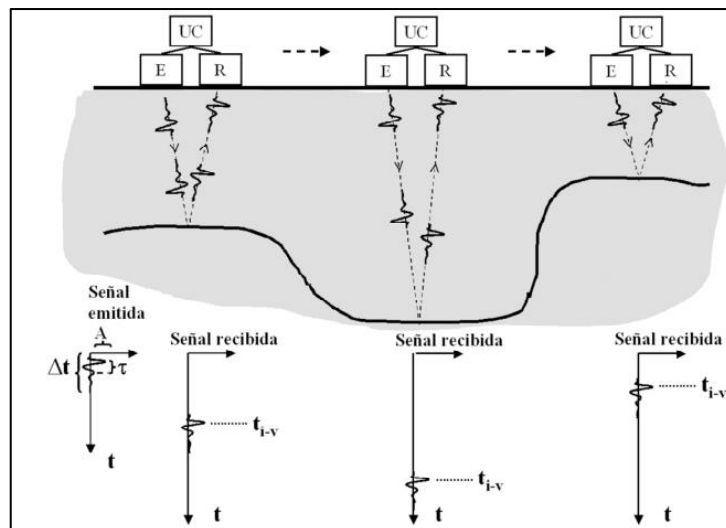


Figura N°11 Secuencia en la cual un emisor y un receptor son desplazados conjuntamente sobre el suelo

Fuente: ASTM D6432

ii. Constantes dieléctricas

La permitividad dieléctrica relativa es una medida adimensional de la capacidad de un material para almacenar una carga cuando un campo eléctrico es aplicado. La constante dieléctrica es la parte real de la permitividad dieléctrica, y este varía según el material. En materiales secos o con poco contenido de agua, la densidad aparente en seco influye en la constante dieléctrica. Mientras que, en suelos saturados o parcialmente saturados, la constante dieléctrica está determinada mayormente por la cantidad de agua.

La energía del radar se refleja en los límites de materiales eléctricamente diferentes donde hay un contraste en las constantes dieléctricas (es decir, donde hay impedancia eléctrica). Estos límites generalmente ocurren en los límites estratigráficos, pero pueden ocurrir en la capa freática y dentro de las unidades estratigráficas donde se producen cambios en las propiedades eléctricas.

El valor escogido de constante dieléctrica define la relación entre tiempo y profundidad para el archivo.

Las constantes dieléctricas deben ser determinadas por:

- a. Calibraciones in situ sobre objetivos de profundidad conocida.
- b. Calibraciones de punto de profundidad común o punto medio (CDP o CMP) utilizando antenas biestáticas sobre un reflector de profundidad conocida (como la capa freática) o,
- c. Velocidades estimadas o constantes dieléctricas observadas en sitios similares.

Los valores típicos de constantes dieléctricas para los materiales comunes pueden verse en la tabla 1.

Tabla N°1 Constantes dieléctricas

Fuente: Elaboración propia

Material	Dieléctrica
Aire	1
Hielo glacial	3.6
PVC	3
Asfalto	3 - 5
Concreto	4 - 11
Granito	4 - 7
Arenisca	6
Shale	5 - 15

Material	Dieléctrica
Caliza	4 - 8
Basalto	8 - 9
Arenas saturadas de agua (20% porosidad)	19 - 24
Suelos y sedimentos	4 - 30
Agua	81

iii. Limitaciones del estudio

A continuación, se describen las principales limitaciones del estudio de espesores empleando la tecnología de GPR:

- La determinación de los espesores en cargas granulares se ve influenciado por el porcentaje de humedad que estas tengan, lo que afecta la estimación real del espesor correspondiente a cada capa granular adyacente.
- El ensayo no se puede realizar mientras haya precipitaciones o presencia de una película de aguas sobre el pavimento.
- La presencia de zonas ricas en arcillas crea condiciones en las que la penetración de la señal GPR es limitada.
- Cuando hay presencia de capas de concreto muy grandes, no es posible determinar otras capas inmediatas bajo ella. Esto siempre y cuando se mida con antenas de baja frecuencia.
- Las capas de concreto generan cambio dieléctrico entre capas es importante, permitiendo definir con mayor facilidad su espesor.
- La presencia de aviones, antenas u equipos de alta frecuencia pueden generar distorsión en las mediciones, debido al ruido, señal o frecuencias de estas.
- Sin información de espesores de diseño o sondeos, no es posible determinar el tipo de material, solo especular según el cambio de dieléctrica y la reflexión de onda que exista.

B. Deflectómetro de Impacto HWD (Heavy Weight Deflectometer)

Este equipo es un sistema de medición montado en un carro de arrastre, capaz de aplicar cargas tipo impulso que simulan el paso de una rueda sobre el pavimento y con ello estimar la respuesta estructural del mismo frente a las acciones de las aeronaves. Contiene una configuración de masas que se dejan caer y que combinada con la altura de caída permiten aplicar cargas entre 30 y

270 kN, con un sistema de buffers o cojines que mantienen la duración del pulso de carga entre 20 y 30 milisegundos. El sistema incluye un sistema GPS para georreferenciación de las mediciones, además de un sistema medidor de distancia para referencia lineal por kilometraje. El sistema mide automáticamente las temperaturas 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.

i. Mediciones realizadas con Deflectómetro de Impacto (HWD)

La condición estructural del pavimento fue evaluada mediante el empleo del Deflectómetro de Impacto HWD (Heavy Weight Deflectometer) fabricado por la empresa Dynatest. Este equipo realiza un ensayo no destructivo del pavimento el cual consiste en la aplicación de cargas dinámicas en un punto, a partir de las cuales se miden las deflexiones originadas a determinadas distancias. Este equipo ejerce una fuerza de impacto originada por caída libre y se miden las deflexiones con nueve geófonos ubicados uno en el centro del platillo y el resto a distancias preestablecidas. Los niveles de carga están configurados para simular el peso de las ruedas de las aeronaves, como son los de 120 kN, 180 kN y 270 kN.

La gráfica de distribución de geófonos (eje X) Vs. Deflexiones verticales (eje Y) es denominada el cuenco de deflexiones.

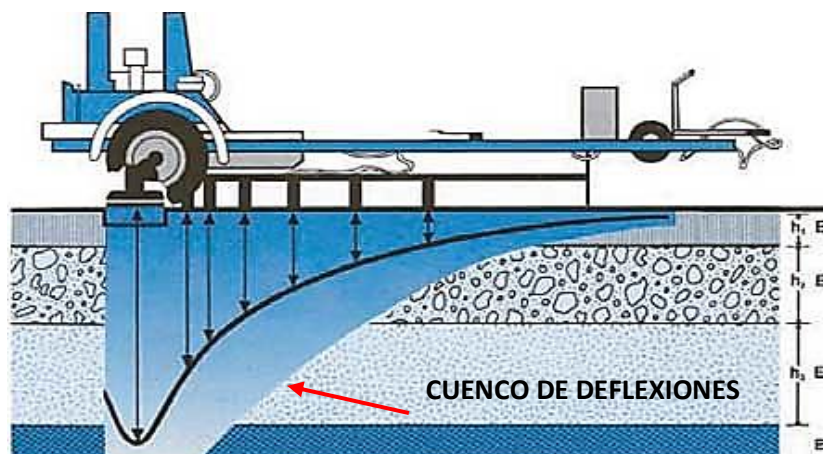


Figura N°12 Ensayo No destructivo realizado por el Deflectómetro de Impacto

Fuente: Dynatest

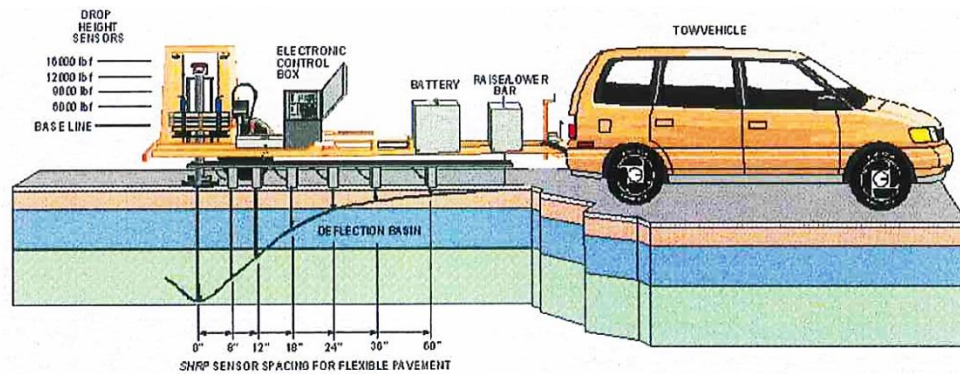


Figura N°13 Componentes del Deflectómetro de Impacto HWD

Fuente: Dynatest

Para calcular el parámetro geomecánico del suelo de fundación (módulo resiliente) a través de las mediciones en campo del Deflectómetro de impacto, se emplean el cuenco de deflexiones e iteraciones sucesivas.

ii. Deflexiones

La esquematización de los parámetros de deflexión en función de la distancia o estación, puede ser muy útil para definir subsecciones de pavimento con características similares. Las gráficas de los perfiles longitudinales tanto de la deflexión máxima como de las mediciones de deflexión más alejadas del punto de aplicación de carga, deben realizarse para el pavimento que se está evaluando.

Con la evaluación de éstos y otros perfiles longitudinales, los segmentos de pavimentos con características de respuesta significativamente diferentes, se pueden visualizar o diseñar estadísticamente, o ambos, como subsecciones individuales.

a. Deflexión máxima ($D_{m\acute{a}x}$)

La deflexión registrada en el sensor ubicado en el sitio de aplicación de la carga corresponde al valor de $D_{m\acute{a}x}$; describe cómo se comporta globalmente el pavimento ante una carga, pero no necesariamente refleja la resistencia individual de alguna de las capas. Bajo el mismo nivel de carga, los sistemas de pavimento débiles tendrán mayor $D_{m\acute{a}x}$ que aquellos sistemas fuertes.

Reflejo de la condición de todas las capas estructurales con una contribución del 70% de la subrasante.

b. Factores de forma (BLI, MLI, LLI)

Horak y Emery (2009) (Evaluation of airport pavements with FWD deflection bowl parameter benchmarking methodology), planteó dividir las cuencas de deflexión en las tres zonas ilustrativas como se aprecia en la Figura N°14.

La zona 1 ubicada hasta 0.3m aproximadamente del eje de carga, es cóncava hacia arriba y se asocia con la rigidez de las capas superiores de rodadura y base principalmente. La zona 2 o zona de inflexión, está comprendida entre 0.3 m y 0.6 m del eje de carga, donde se presenta el cambio de curvatura en la cuenca y el punto de inflexión; se asocia principalmente con la rigidez de capa de subbase. La zona 3 presenta concavidad hacia abajo y se extiende hasta donde la deflexión sea cero; aunque esta zona comúnmente se limita entre 0.6 y 2.0 m del eje de carga, la extensión real depende del espesor de la estructura de pavimento y de la respuesta de las capas inferiores.

Con base en estas zonas, Horak y Emery (2006) propusieron los factores de forma BLI, MLI y LLI, cuya representación y determinación se ilustra en la Figura N°14. Mediante estos índices se intenta describir el comportamiento del pavimento, considerando la porción de la cuenca de deflexiones comprendida hasta una distancia de 0.9 m del eje de carga.

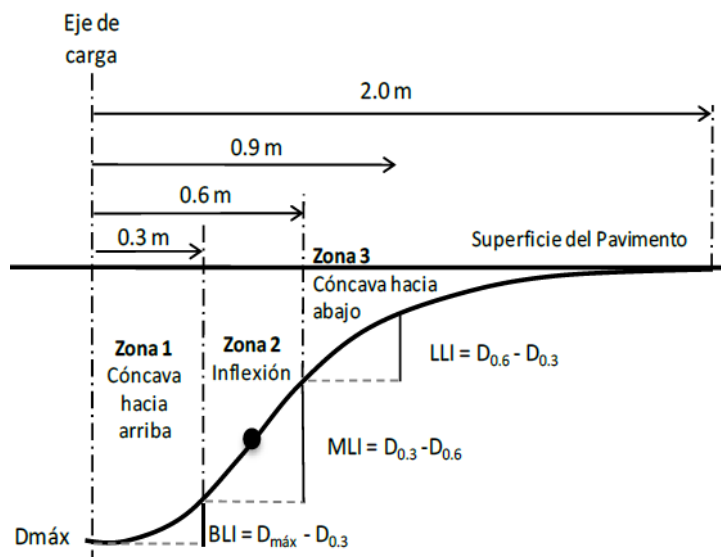


Figura N°14 Zonas de curvatura en cuencas de deflexión

Fuente: Adaptada de Horak y Emery (2008)

BLI se denomina Índice de la base y refleja la rigidez de la zona I; MLI es el Índice de capas intermedias y representa la rigidez de la zona II; finalmente, LLI

se conoce como Índice de capas inferiores y representa la deformación por compresión sobre dichas capas.

BLI = $D_0 - D_{300}$; reflejo de la condición estructural de la capa base o capas asociadas a la profundidad evaluada (hasta los 300 mm aproximadamente)

MLI = $D_{300} - D_{600}$; Reflejo de la condición estructural de la subbase o capa asociada a la profundidad evaluada (desde 300 hasta 600 mm aproximadamente)

LLI = $D_{600} - D_{900}$; Reflejo de la condición estructural de las capas bajas y subrasante o capa asociada a la profundidad evaluada (desde 600 hasta 900 mm aproximadamente).

En la siguiente tabla, se incluyen rangos propuestos para juzgar la condición de un pavimento en función de algunos de los índices descritos, dependiendo del tipo de base predominante en el pavimento.

Tabla N°2 Rangos de referencia para tensión de contacto de 1700 KPa en pavimento aeroportuario de base granular

Fuente: Adaptada de Horak y Emery (2008)

Clasificación de condición estructural	Rangos de parámetros del cuenco de deflexión			
	Do (μm)	BLI (μm)	MLI (μm)	LLI(μm)
Buena	< 1500	< 600	< 300	< 180
Regular	1500-2500	600-1500	300-600	180-300
Severa	> 2500	> 1500	> 600	> 300

iii. Módulos Elásticos

La estimación de los módulos que componen la estructura del pavimento, se basa en el retro análisis elástico no lineal, efectuado con el apoyo del software Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design (Elmod 6), desarrollado por Dynatest, el mismo que toma en consideración las reglas empíricas que usualmente presentan dificultades en su idealización dada la amplia gama de tipos de pavimento, tipos de cargas y condiciones medioambientales locales; en ese sentido el software empleado, tiende a reducir la dependencia de las aproximaciones empíricas, de tal modo que la estructura del pavimento sea analizado como la mayoría de las otras estructuras de ingeniería a través de la utilización de deformaciones unitarias y tensiones calculadas y admisibles en los puntos críticos del pavimento, debido a cargas específicas, utilizando un enfoque mecanicista.

Los recursos que emplea el software en el análisis de módulos del pavimento están contenidos en el módulo FEM (Finite Element Module), el mismo que hace uso de programas de elementos finitos axial simétrico, contando para ello las opciones LET (Linear Elastic Theory) que utiliza el programa WESLEA, y MET (Method of Equivalent Thickness) similar al método utilizado en ELMOD con factores mejorados de ajuste.

En línea con lo descrito, el CBR adoptado ha sido calculado siguiendo la metodología de la FAA, a partir del análisis retro calculado mediante el software Elmod.

iv. Cálculo para las notificaciones de PCNs

El procedimiento empleado para la notificación del PCN, está basado en el AC 150/5335-5C: Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN, de la Federal Aviation Administration (FAA), el mismo que proporciona una guía para el uso del Método Normalizado de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para informar la Resistencia de la pista de aterrizaje, calle de rodaje y plataforma de estacionamiento de aeronaves de los aeropuertos.

v. Tráfico aéreo

El método detallado basado en el procedimiento del factor de daño acumulativo (CDF) permite calcular el efecto combinado de múltiples aeronaves en la mezcla de tráfico de un aeropuerto. Este tráfico combinado se reúne en el tráfico equivalente de un avión crítico. Esto es necesario ya que el procedimiento usado para calcular ACN permite solamente un avión a la vez. Al combinar todos los aviones en la mezcla de tráfico en una aeronave crítica equivalente, el cálculo de un PCN que incluye los efectos de todo el tráfico se hace posible. La metodología utilizada para determinar ACN / PCN no considera el avión de diseño crítico usado para determinar los requisitos dimensionales del aeropuerto.

La evaluación del tráfico equivalente sólo se necesita en el proceso de determinación de PCN utilizando el método técnico y puede no tenerse en cuenta cuando se emplea el método de utilización de aeronaves.

Para llegar a un PCN derivado técnicamente, es necesario determinar el peso bruto máximo permisible de cada aeronave en la mezcla de tráfico, lo que generará la estructura de pavimento conocida. Esto a su vez requiere que la sección transversal del pavimento y las características de carga de la aeronave sean examinadas en detalle. En consecuencia, la información presentada en

este apéndice aparece al principio para aplicar al diseño del pavimento en lugar de una determinación PCN. Sin embargo, con este conocimiento en la mano, un ingeniero será capaz de llegar a un PCN que tendrá una sólida base técnica.

A. Terminología de tráfico equivalente

Para determinar un PCN, basándose en el método de evaluación técnica, es necesario definir términos comunes utilizados en el tráfico de aeronaves y en la carga del pavimento. Los términos llegada, salida, paso, cobertura, repetición de carga, operación y ciclo de tráfico son utilizados a menudo de forma intercambiable por diferentes organizaciones al determinar el efecto del tráfico de aeronaves que operan en un pavimento. Es importante determinar qué movimientos de aeronaves se deben contar cuando se considera el estrés del pavimento y cómo se aplican los diferentes términos de movimiento en relación con el proceso de diseño y evaluación del pavimento. A efectos del presente documento, se diferencian de la siguiente manera:

- Llegada (Landing) y salida (TakeOff)

Normalmente, los aviones llegan a un aeropuerto con una cantidad menor de combustible que la que se usa al despegar. Como consecuencia, la carga de tensión de las ruedas en el pavimento de la pista es menor al aterrizar que al despegar debido al menor peso de la aeronave como resultado del combustible utilizado durante el vuelo y el ascensor en las alas. Esto es cierto incluso en el impacto del touchdown en que todavía hay levantamiento en las alas, que alivia la fuerza vertical dinámica. Debido a esto, el procedimiento de diseño del pavimento de la FAA sólo considera las salidas e ignora el conteo del tráfico de llegada. Sin embargo, si la aeronave no recibe combustible adicional en el aeropuerto, entonces el peso de aterrizaje será sustancialmente el mismo que el peso de despegue (descontando los cambios en el recuento de pasajeros y la carga) y la operación de aterrizaje debe ser contada como despegue para los ciclos de tensión en el pavimento. En este último escenario, hay dos tensiones de carga iguales en el pavimento para cada cuenta de tráfico (salida), en lugar de una sola. Independientemente del método de cálculo de las tensiones de carga, se define un ciclo de tráfico como un despegue y un aterrizaje de la misma aeronave, a reserva de un perfeccionamiento adicional de la definición del texto siguiente.

- Pase

Un pase es un movimiento único del avión sobre el pavimento de la pista. Podría ser una llegada, una salida, una operación de taxi, o las tres, dependiendo de la magnitud de carga y la ubicación de las calles de rodaje. Las Figuras 15 y 16 muestran patrones típicos de tráfico para pistas que tienen calles de rodaje paralelas o calles de rodaje centrales. Una pista de rodaje paralela requiere que nada o muy poco de la pista se utilice como parte del movimiento del taxi. Una calle de rodaje central requiere que una gran porción de la pista se utilice durante el movimiento del taxi.

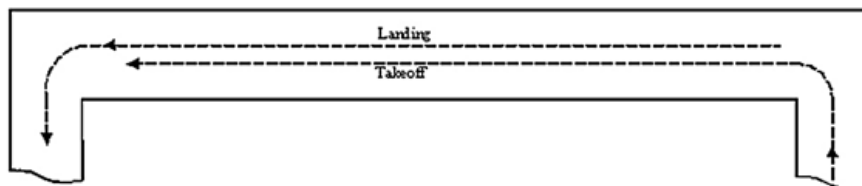


Figura N°15 Pista de aterrizaje con calle de rodaje paralela

Fuente: 150/5335-5C

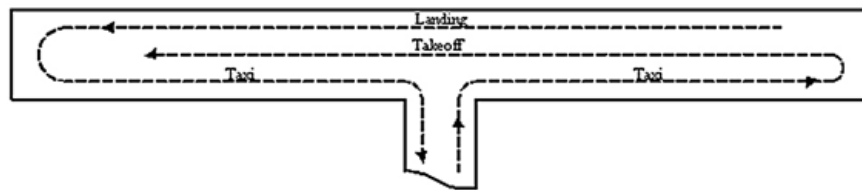


Figura N°16 Pista de aterrizaje con calle de rodaje central

Fuente: 150/5335-5C

En el caso de la calle de rodaje paralela pueden ocurrir dos situaciones de carga posibles. Ambas situaciones suponen que el recuento de pasajeros y la carga útil del cargamento son aproximadamente los mismos para todo el ciclo de aterrizaje y despegue:

1. Si la aeronave obtiene combustible en el aeropuerto, entonces un ciclo de tráfico consta de un solo paso, ya que la carga de esfuerzo de aterrizaje se considera a un nivel reducido, que es una equivalencia fraccional. Para esta condición sólo se cuenta el pase de despegue y la relación de pasadas a ciclos de tráfico (P / TC) es 1.

2. Si la aeronave no obtiene combustible en el aeropuerto, se deben contar tanto los pases de aterrizaje como los de despegue, y un ciclo de tráfico consta de dos pasadas de igual carga de esfuerzo. En este caso, la relación P / TC es 2.

Para una configuración de calle de rodaje central también pueden presentarse dos posibles situaciones de carga. Como se hizo para la condición de calle de rodaje paralela, ambas situaciones suponen que la carga útil es aproximadamente la misma para todo el ciclo de aterrizaje y despegue:

1. Si la aeronave obtiene combustible en el aeropuerto, entonces tanto el despegue como los pasajes de taxi a despegue deben ser contados ya que resultan en un ciclo de tráfico consistente en dos pases con el esfuerzo de carga máximo. El pase de aterrizaje puede ser ignorado en este caso. Se reconoce que sólo parte de la pista se utiliza durante algunas de estas operaciones, pero es conservador suponer que toda la pista se cubre cada vez que ocurre un paso. Para esta situación, la relación P / TC es 2.
2. Si la aeronave no obtiene combustible en el aeropuerto, se deben contar tanto los pases de aterrizaje como los de despegue, junto con el pase de taxi, y un ciclo de tráfico consta de tres pasadas en cargas de igual magnitud. En este caso, la relación P / TC es 3.

Un enfoque simplificado, pero menos conservador, sería utilizar una relación P / TC de 1 para todas las situaciones. Dado que un aterrizaje y un despegue sólo se aplican a plena carga a tal vez el tercio final de la pista (los extremos opuestos para ningún cambio en la dirección del viento), este enfoque menos conservador podría utilizarse para contar un paso para el aterrizaje y despegue. Sin embargo, la FAA recomienda realizar evaluaciones aeroportuarias en el lado conservador, que es asumir que cualquiera de los pasos cubre toda la pista. La siguiente tabla resume el valor del P/TC :

Tabla N°3 Resumen de valores de P/TC

Fuente: AC 150/5335-5C

Circulación en calles de rodaje en servicio de la PA	P/TC. Obtiene combustible en el aeropuerto (El peso de salida es mayor que el de llegada)	P/TC. No obtiene combustible en el aeropuerto (La salida tiene igual peso que el de llegada)
Paralelo	1	2
Central	2	3

Nota: Las relaciones P / TC estándar son números enteros 1, 2 y 3. El rango de valores que se pueden introducir en el software es de 0,001 a 10,0. Esta característica permite flexibilidad en aquellos casos en que una fracción del tráfico total puede utilizar pistas de despegue u otros pavimentos diferentes.

- Tráfico del aeropuerto de Pisco

El tráfico empleado en la determinación del Número Clasificador del Pavimento (PCN) deriva de la base de datos de las operaciones 2019, esto a razón que en marzo del 2020 se paralizaron las operaciones aéreas a nivel nacional debido a la pandemia covid-19.

Para el procesamiento de información se han considerado todas las aeronaves clasificándolas según su peso y en ello el promedio anual de salidas, previo descarte de las operaciones de helicópteros:

Tabla N°4 Resumen de las operaciones del año 2020

Fuente: Elaboración propia

Marca y Tipo	PMD(lb)	% del peso en tren de aterrizaje principal	Presión en neumático (psi)	Total de salida anual
B767-200	361 000	92.30	190.0	1
B747-400	877 000	93.32	200.0	2
Baron-E-55	5 100	100.00	50.0	31 205
Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	320
Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	583
B737-300	140 000	90.86	201.0	137
A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	42
A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	14

Se ha asumido para el mix, aeronaves de peso superiores a 2 Ton, sin embargo para el modelamiento se ha considerado analizar con y sin la aeronave (Baron-E-55), de donde se deduce que no influye en los valores de PCN y vida Remanente. Adicionalmente el B747-400, es la aeronave crítica según el contrato de concesión para el aeropuerto de Pisco.

vi. Espesores asumidos

Se realizó el cálculo del espesor equivalente utilizando la hoja de cálculo brindada por la FAA titulada COMFAA-30-SUPPORT-AC5335-5C-8-18-17. Los datos de ingreso fueron los espesores reales y los factores de conversión mostradas en el capítulo.

vii. Cálculo de Vida Remanente de la pista de aterrizaje

El Programa FAARFIELD además de determinar los espesores de las capas de la estructura de un pavimento nuevo, también calcula su vida remanente a partir de una estructura existente, capacidad de soporte de la subrasante y mix de aeronaves. El cálculo de la vida estructural disponible servirá para efectuar la revisión de los espesores del pavimento y efectuar posteriormente si amerita su correspondiente correctivo.

Adicionalmente, podemos señalar que toda la información sobre el mix de aeronaves fue proporcionada por AdP, y se aprecia en la siguiente figura:

The screenshot shows the FAARFIELD v 1.41 software interface. On the left, there is a tree view for 'Airplane Group' with categories like 'Generic' (Airbus, Boeing, etc.) and 'Library Airplanes' (SWL-50, S-30, etc.). The main window displays a table with the following data:

Airplane Name (9)	Gross Taxi Weight (lbs)	Annual Departures	% Annual Growth
B767-200	361,000	1	4.80
B747-400	877,000	1	4.80
B747-400 Belly	877,000	1	4.80
Baron-E-55	6,199	31,205	4.80
Fokker-F-28-1000	60,001	320	4.80
Falcon-50	38,799	583	4.80
B737-300	140,000	137	4.80
A319-100 opt	150,796	42	4.80
A320-200 Twin	---	---	---

Below the table are several control buttons: 'Add', 'Remove', 'Save List', 'Clear List', 'Save to Float', 'Add Float', 'Back', 'Help', 'CDF Graph', and 'View Gear'. There is also a 'Float Airplanes' section on the right.

Figura N°17 Mix de Aeronaves FAARFIELD

Fuente: Elaboración propia

Nota: En el software FAARFIELD en la librería no se encuentran todas las aeronaves, razón por la cual se crean Aeronaves Genéricas y estas se adaptan para que cumplan con similares características como es (peso, ejes y cantidad de ruedas en cada eje del tren de aterrizaje), tal como se puede apreciar en la Tabla N° 4. Las salidas anuales consideradas para el cálculo de la vida remanente con el programa FAARFIELD se obtuvieron del reporte de operaciones de ADP del año 2020 para el aeropuerto de Pisco, con un porcentaje de crecimiento de 4.8% por parte de los aviones ligeros, que se encuentra en el rango entre 4.5 -5%.

viii. Transferencia de carga en Pavimento Rígido

La transferencia de carga de una losa a otra es importante debido a que disminuye las deflexiones entre las losas y por consiguiente los esfuerzos que se presentan en el concreto, además, garantizan una continuidad estructural del pavimento. Para ello se realizaron ensayos con el deflectómetro de impacto (HWD) en las juntas transversales y longitudinales de las losas de hormigón.

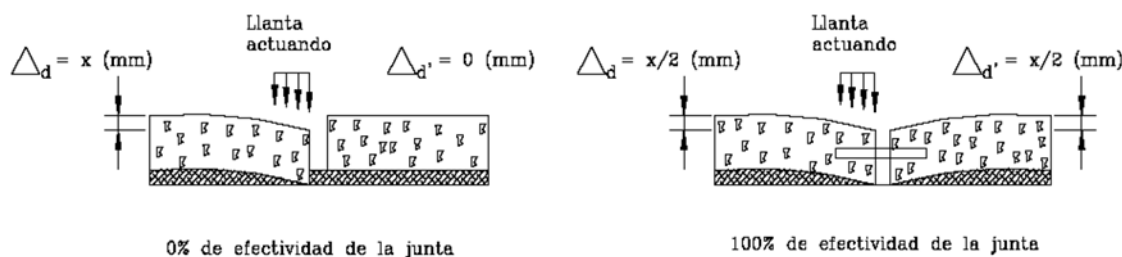


Figura N°18 Desplazamiento y eficiencia de transferencia de carga

Fuente: Puerto Avella, 2005

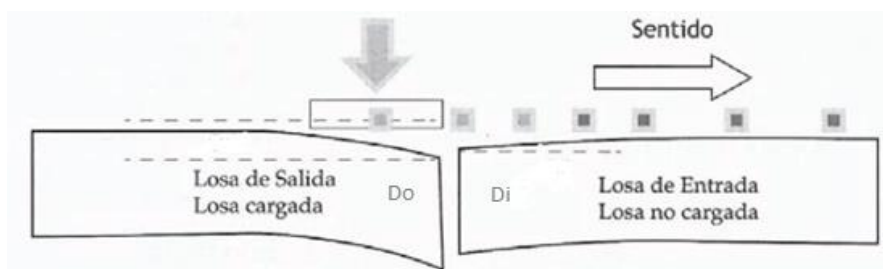


Figura N°19 Referencia de la posición de placa y geófonos en las losas

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de transferencia de carga depende de muchos factores, incluida la configuración de los engranajes, el área de contacto de la llanta, la temperatura del pavimento, el uso de pasadores y el uso de una base estabilizada debajo de la capa superficial de la losa.

De acuerdo con la AC 150/5370 - 11B la transferencia de carga es aceptable en un rango de 70% a 90%, 50% a 70% justa y menores a 50% pobre, lo que para el presente informe se asigna un valor promedio aceptable para LTE (*Load transfer efficiency*).

La eficiencia de la transferencia de carga de la deflexión (T.C.), según el AC 150/5370-11B se calculará con la siguiente ecuación:

$$T.C. = \left(\frac{D_i}{D_o}\right) * 100\%$$

Dónde:

$T.C.$: Eficiencia de la transferencia de carga en porcentaje

D_o : Desviación en la losa cargada, normalmente debajo de la placa de carga

D_i : Desviación en la losa no cargada

Para este escenario, se realizó a calcular la eficiencia de transferencia de carga usando datos reportados del segundo y tercer geófonos del Deflectómetro de Impacto (HWD).

La ubicación del plato donde caen las cargas para cada tipo de evaluación en la transferencia de carga se dio de acuerdo a la siguiente imagen:

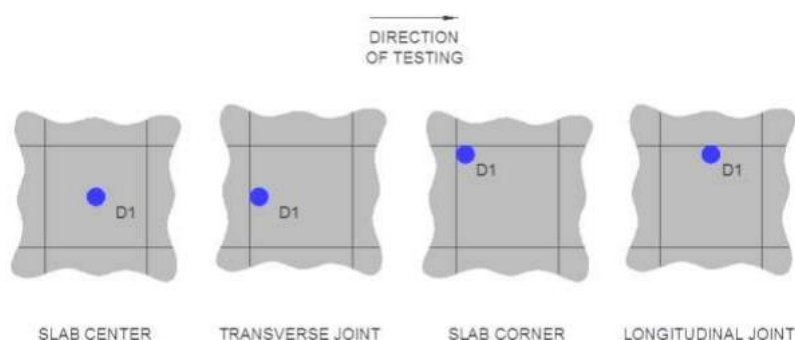


Figura N°20 Ubicaciones del plato en las losas

Fuente: AC 150/5370-11B

De igual modo en la siguiente tabla se muestra la ubicación y las distancias para la toma de datos.

Tabla N°5 Ubicaciones y espaciamiento típicos de prueba en pistas, pies (m)

Fuente: AC 150/5370-11B

Test type	Jointed PCC and HMA overlaid PCC				HMA			
	Project level		Network level		Project level		Network level	
	Offset, ft. (m)	Spacing, ft. (m)	Offset, ft. (m)	Spacing, ft. (m)	Offset, ft. (m)	Spacing, ft. (m)	Offset, ft. (m)	Spacing, ft. (m)
Center	10 (3) 30 (9) 65 (20)	100 (30) 100-200 (30-60) 400 (120)	10 (3)	200-400 (60-120)	10 (3) 20 (6) 65 (20)	100 (30) 100-200 (30-60) 200-400 (60-120)	10 (3)	200-400 (60-120)
Transverse Joint	10 (3) 30 (9) 65 (20)	100-200 (30-60) 200-400 (60-120) 400 (120)	10 (3)	400 (120)				
Longitudinal Joint	20 (6) 40 (12) 60 (18)	200 (60) 400 (120) 400 (120)						
Corner	20 (6) 40 (12) 60 (18)	200 (60) 400 (120) 400 (120)						

ix. Vida Remanente del Pavimento

Determinar la vida remanente de un pavimento significa calcular el tiempo que tiene la estructura antes de que sea necesaria una sobre capa, a pesar de que existen diferentes metodologías se reconoce que el método de espectros de daño definido por Miner en 1945 considera deterioros por fatiga y por deformación y el método mecanicista por excelencia.

Es la vida estructural disponible del pavimento basado en la mezcla de aeronaves. Mediante el programa FAARFIELD se obtendrá dichos valores, de la misma forma se efectuará la revisión de los espesores y validar su correspondiente redimensionamiento.

x. Concepto del método ACN-PCN

El documento Anexo 14 al Convenio de Aviación Civil Internacional, define así el ACN y el PCN:

ACN: Se define como un número que expresa el efecto relativo de una aeronave de un peso dado, sobre una estructura de pavimento para una resistencia de subrasante indicada.

PCN: Es un número que expresa la capacidad de soportar carga de un pavimento para realizar operaciones sin restricciones.

En ese sentido, el método ACN-PCN no es un método de cálculo, diseño o evaluación, sino la notificación bajo condiciones normalizadas de un pavimento para permitir la operación de una aeronave sin limitaciones.

El cálculo de los valores de PCN-ACN se realiza mediante el programa COMFAA, en donde se introduce los valores de espesores obtenidos por el GEORADAR y el mix de aeronaves que se genera de las operaciones efectuadas en el año.

CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO

3.1. UBICACIÓN

El Aeropuerto Internacional de Pisco – Capitán FAP Renán Elías Olivera, se ubica en el distrito de San Andrés – Provincia de Pisco, en el departamento de Ica, en la región costa del Perú.

Como referencia, se sitúa aproximadamente en el Km 231 de la vía Panamericana Sur y sus coordenadas son: Latitud $13^{\circ}44'41.3''S$ / Longitud $76^{\circ}13'13.56''O$ / Altitud 12 m.s.n.m.

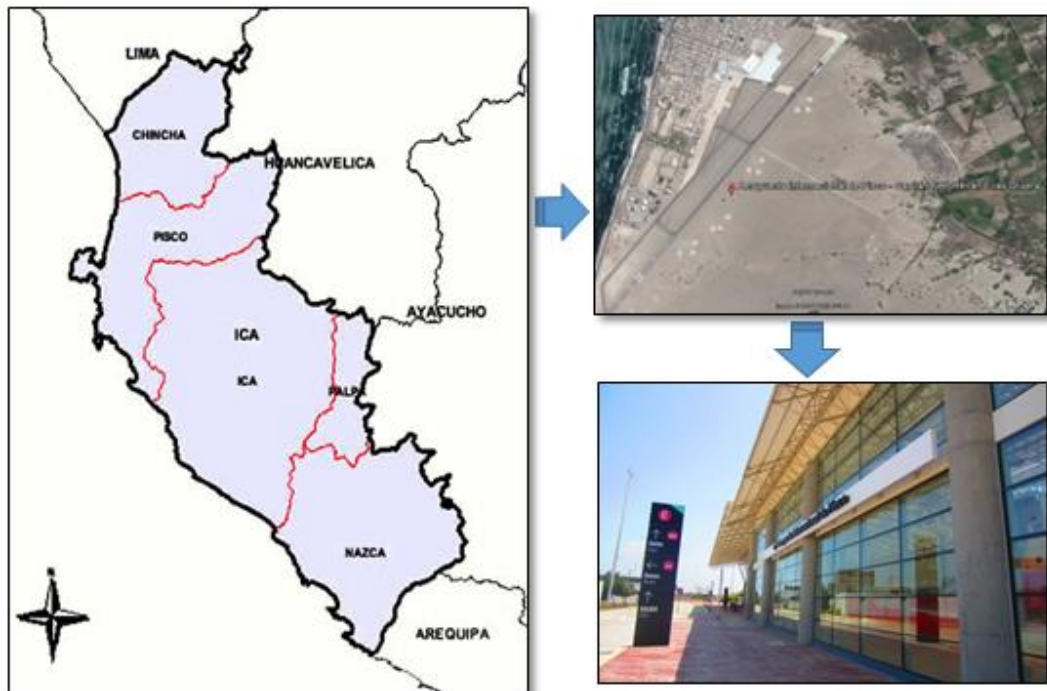


Figura N°21 Ubicación del Aeropuerto.

Fuente: Elaboración propia

El Aeropuerto cuenta con una pista de aterrizaje pavimentada con pavimento flexible y rígido de 3 020 m de largo y 45 m de ancho, 7 calles de rodajes y 2 plataformas de estacionamiento para las operaciones de las aeronaves.

Las características del Aeropuerto de Pisco a evaluar se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N°6 Elemento de objeto a evaluación

Fuente: Elaboración propia

Sección	Tipo Pav.	Estructura de pavimento existente				Sub tramo (km-km)
		Mezcla Asfáltica (mm)	Losa Concreto (mm)	Base Granular (mm)	Sub Base Granular (mm)	
Pista de Aterrizaje CP	Losa C*	-	300	330	-	0+000 - 0+300
	Flexible	120	-	130	200	0+300 - 3+020

C*: Concreto

3.2. ALCANCES

Para la presente Tesis de Suficiencia Profesional, se tienen los siguientes componentes relativos a la evaluación estructural y funcional del pavimento de la pista de aterrizaje:

- Determinación del Boeing Bump Index (BBI). Se ejecuta la medición del perfil longitudinal con equipo Perfilómetro Láser Clase 1, para la determinación del BBI como indicador de la rugosidad de pavimentos en aeropuertos según lo señalado por parte de la FAA en la circular de asesoramiento AC 150/5380-9 "Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness", para la pista de aterrizaje.
- Determinación de los espesores de estructuras de pavimentos de la pista de aterrizaje, por medio de la medición con el equipo Georadar.
- Determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), es un indicador de la condición superficial del pavimento, a partir de la inspección detallada al 100% de los pavimentos de la pista de aterrizaje.
- Determinación de la condición estructural del pavimento, mediante las siguientes actividades:
 - Cálculo del Pavement Classification Number (PCN), el cual es una medida de la capacidad o resistencia estructural del pavimento para soportar las cargas de las pasadas de ruedas de las aeronaves.
 - Cálculo de la vida remanente de los pavimentos de la pista de aterrizaje.
 - Transferencia de cargas en la parte de pavimentos rígidos de la pista de aterrizaje.

CAPÍTULO IV: ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS EXISTENTES

En este capítulo se va a revisar, evaluar y establecer un diagnóstico de los estudios de suelos y capas del pavimento de estudios anteriores.

4.1. TRABAJOS DE CAMPO

En el 2019 se ejecutaron exploraciones destructivas a través de calicatas tanto en la pista de aterrizaje, calles de rodaje, plataforma antigua, franja de seguridad, zona de RESA, cerco y vía perimetral. A partir de las exploraciones se pudo establecer el perfil estratigráfico y la capacidad portante de los suelos con fines del diseño de los pavimentos y el cerco perimetral.

Los trabajos de campo se ejecutaron entre los meses de abril a mayo del 2019, con este propósito se efectuaron en las diversas unidades de plataforma prospecciones alternadas.

Los segmentos que han sido objetos de evaluación se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla N°7 Prospecciones destructivas ejecutadas

Fuente: AdP

Segmento	Calicatas	Diamantinas
Pista de Aterrizaje Principal	10	13
Calle de Rodaje Eco	9	7
Calle de Rodaje Alfa	2	2
Calle de Rodaje Bravo	2	1
Calle de Rodaje Charly	2	1
Calle de Rodaje Delta	2	1
Calle de Rodaje A1	1	1
Calle de Rodaje E1	4	2
Calle de Rodaje F	1	-
Plataforma Antigua	4	5
Franja de Seguridad	9	-
Zona RESA	2	-
Cerco Perimétrico	14	-
Total	62	33

4.1.1 Registro de excavaciones

Con el fin de evaluar los espesores reales y las características principales de los materiales que comprenden la capa asfáltica y losas de concreto se han realizado la extracción de 33 testigos distribuidos a lo largo de toda la pista.

Complementariamente una vez extraídos los testigos con diamantinas y de acuerdo al plan trabajo formulado se ha planteado la ejecución de ensayos de penetración dinámica de cono (DPC-ASTM D 695-03), con el propósito de verificar la resistencia in-situ CBR de las capas que componen la estructura del pavimento, además de la subrasante.

4.1.2 Registro de perforaciones diamantinas

En la siguiente tabla se muestra la fecha de ejecución y las coordenadas donde se situaron:

Tabla N°8 Ubicación de la extracción de las diamantinas ejecutadas

Fuente: AdP

Código	Material	Coordenadas		Progresiva km	Código	Material	Coordenadas		Progresiva km
		E	N				E	N	
DP-1	Asfalto	367162	8479103	2+920	DP-18	Asfalto	367555	8479725	0+080
DP-2	Asfalto	367338	8479270	2+855	DP-19	Asfalto	367076	8479089	0+080
DP-3	Asfalto	367501	8479502	2+370	DP-20	Asfalto	367113	8479305	0+293
DP-4	Asfalto	367648	8479680	2+157	DP-21	Asfalto	367540	8479846	0+980
DP-5	Asfalto	367720	8479738	2+050	DP-22	Asfalto	367919	8480308	1+580
DP-6	Asfalto	367852	8479934	1+817	DP-23	Asfalto	368285	8480740	2+145
DP-7	Asfalto	368058	8480144	1+520	DP-24	Asfalto	368571	8481089	2+595
DP-8	Asfalto	368225	8480367	1+245	DP-25	Asfalto	368715	8481272	2+830
DP-9	Asfalto	368403	8480575	0+970	DP-26	Asfalto	368301	8480953	0+115
DP-10	Asfalto	368590	8480836	0+850	DP-27	Asfalto	368133	8480788	0+565
	Concreto								
DP-11	Asfalto	368770	8481025	0+400	DP-28	Asfalto	368035	8480603	0+357
DP-12	Concreto	368876	8481161	0+215	DP-29	Concreto	368148	8480918	0+022
DP-13	Concreto	368970	8481296	0+053	DP-30	Concreto	368120	8480961	0+064
DP-14	Concreto	368901	8481345	0+072	DP-31	Concreto	368065	8480943	0+110
DP-15	Concreto	368822	8481347	0+148	DP-32	Concreto	368094	8481004	0+105
DP-16	Concreto	368517	8480874	0+080	DP-33	Concreto	368167	8480972	0+025
DP-17	Asfalto	368164	8480465	0+085					

De acuerdo con la Norma ASTM D 695-03, el ensayo DPC consiste en cuantificar la razón de penetración de una punta cónica normada por medio de la aplicación de una pesa de 8 kg (DCP 8kg) a través de suelos inalterados y/o compactados. La razón de penetración se correlaciona con la capacidad de soporte in-situ, tal y como se estima con el ensayo de CBR in-situ. También a partir de este ensayo se puede estimar la densidad del suelo, si se conoce el tipo de suelo y el contenido de humedad.

No obstante, este ensayo presenta limitaciones cuando los estratos contienen suelos gravosos y bolonería, ocasionando rechazos muy superficialmente. En el

presente estudio, en todos los ensayos ejecutados no ha sido posible obtener la razón de penetración ya que el rechazo fue muy superficial, dado que la estructura de pavimento como los suelos de fundación se trata de suelos gravosos y con bolonería.

4.1.3 Ensayos de laboratorio

Básicamente constituye en determinar las características generales de los suelos mediante los ensayos de laboratorio y los trabajos de gabinete.

Los trabajos de laboratorio y gabinete se efectuaron en base a los lineamientos de los Términos de Referencia y la FAA AC 150/5320 6F, para lo cual se efectuaron los siguientes ensayos de caracterización físico mecánica, en muestras alteradas tomadas en campo.

En los siguientes cuadros se muestran los resúmenes de los resultados de los ensayos de clasificación, además se muestran las calicatas donde se realizaron los ensayos de compactación y soporte además de los ensayos especiales.

- A partir de las muestras de suelo que se obtuvieron de las calicatas excavadas se realizaron los ensayos de laboratorio estándar siguientes:

Tabla N°9 Ensayos estándar de clasificación de suelos

Fuente: AdP

Ensayo	Norma
Análisis del tamaño de las partículas de los suelos	ASTM D 422
Análisis Granulométrico de agregados finos y gruesos	ASTM C 136
Contenido de humedad de los suelos	ASTM D 2216
Límite Líquido, Límite de plástico e índice de plasticidad de los suelos	ASTM D 4318
Clasificación SUCS	ASTM D 2487
Clasificación AASHTO	AASHTO M 145

La ejecución de los ensayos estándar permitió clasificar a los suelos mediante los sistemas conocidos como son AASHTO (AASHTO M-145) y SUCS (ASTM D 2487).

- De igual modo a partir de las pruebas de suelo que se extrajeron de las calicatas excavadas se realizaron ensayos de laboratorio, de compactación y resistencia; además, los siguientes ensayos:

Tabla N°10 Ensayos de comportamiento

Fuente: AdP

Ensayo	Norma
Proctor modificado	ASTM D 1557
Relación de soporte de California (CBR)	ASTM D 1883
Densidad de campo	ASTM D 1556
Equivalente de arena	ASTM D 2419
Materia orgánica	ASTM C 140
Durabilidad del agregado fino y grueso	ASTM C 88
Partículas Chatas y Alargadas	ASTM D 4791
Porcentaje de Caras de Fractura	ASTM D 5821
Contenido de Sulfatos	ASTM D 516
Contenido Cloruros	ASTM D 512
Contenido sales solubles totales	MTC E 219, NL Y 8
Ensayos de PDC	ASTM D 695-03

Conforme señala la norma ASTM D 1883, la relación de soporte de los suelos es reportada a 0.1". La ejecución de los ensayos de compactación y resistencia permitió la determinación de la capacidad de soporte CBR.

- De igual modo a partir de los núcleos que se obtuvieron de las diamantinas tanto en el pavimento asfáltico como en las losas de concreto hidráulico se realizaron los siguientes ensayos:

Tabla N°11 Ensayos de comportamiento y caracterización

Fuente: AdP

Ensayo	Norma
Medida del espesor de los núcleos de concreto y asfalto	MTC E-712
Resistencia a la compresión de los núcleos de concreto	ASTM C 39
Peso unitario de mezclas asfálticas	MTC E506
Lavado asfáltico	ASTM D 2172
Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos	ASTM D 546
Penetración del asfalto recuperado	ASTM D 5
Viscosidad del asfalto recuperado	ASTM D 217

Los resultados de los ensayos estándar realizados se presentan a continuación:

Tabla N°12 Ensayos estándar y de resistencia – pista de aterrizaje

Fuente: AdP

N°	Prof. Estrato (m)	ASTM C-136, ASTM D-422 % de material que pasa tamiz					ASTM C-117 %#200	ASTM D-4318		ASTM D-2487, AASHTO M-145 Clasificación		ASTM C-566 H. Nat. (%)	ASTM D-2419 E.A. (%)	ASTM C-131 Abrasión (%)	ASTM D-1556 Dens. Camp.	ASTM D-1557 Proct. modif.		ASTM D-1883 CBR	
		3"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200		L.L.	I.P.	AASHTO	SUCS					M.D.S	O.C.H.	95%	100%
CP-1	0.15 - 0.30	100.0	46.9	39.7	23.6	3.5	3.8	-	NP	A-1-a (0)	GP	1.4	55	22.5	2.133	2.194	8.0	45.9	61.0
	0.30 - 0.50	100.0	63.9	57.1	34.5	5.0	6.2	-	NP	A-1-b (0)	SP	2.5	55	23.8	2.102	2.208	7.2	46.2	61.5
	0.50 - 2.00	100.0	35.2	31.3	20.4	3.3	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	2.8	52	-	2.062	2.154	7.6	38.2	49.9
CP-2	0.15 - 0.30	100.0	46.9	39.2	22.8	2.8	-	-	NP	A-1-a (0)	GW	0.8	59	17.7	2.131	2.183	9.5	43.9	58.4
	0.30 - 0.50	100.0	30.0	27.1	17.9	4.1	-	-	NP	A-1-a (0)	GW	1.0	57	-	2.072	2.167	9.4	45.0	59.4
	0.50 - 1.20	100.0	38.4	36.3	12.5	0.5	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	1.5	58	-	2.091	2.213	8.3	38.7	52.4
	1.20 - 2.50	100.0	25.9	24.7	4.9	0.3	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	6.8	54	-	2.075	2.193	7.6	40.1	53.2
CP-3	0.20 - 0.30	100.0	84.7	82.8	68.3	3.3	3.8	-	NP	A.3 (0)	SP	1.3	57	19.3	1.893	1.936	11.8	21.8	28.9
	0.30 - 0.50	100.0	30.8	27.1	15.4	2.1	3.1	-	NP	A-1-a (0)	GW	0.7	59	20.1	2.078	2.171	7.9	34.6	47.7
	0.50 - 2.50	100.0	16.0	14.2	8.4	1.2	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	3.5	54	-	2.076	2.188	7.1	48.2	64.1
CP-4	0.10 - 0.30	100.0	30.6	27.6	17.2	2.3	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	0.7	53	20.7	2.148	2.196	8.6	48.5	64.3
	0.30 - 0.75	100.0	99.2	98.7	73.1	3.6	-	-	NP	A.3 (0)	SP	2.9	55	-	1.884	1.971	8.8	27.5	36.0
	0.75 - 2.00	100.0	93.5	92.8	83.1	8.5	-	-	NP	A.3 (0)	SP-SM	3.9	54	-	1.854	1.970	10.7	26.3	35.1
CP-5	0.10 - 2.00	100.0	35.9	31.9	12.9	1.1	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	0.4	51	23.1	2.085	2.186	7.5	45.6	60.8
CP-6	0.15 - 0.35	100.0	38.3	34.1	22.8	4.3	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	9.9	56	21.6	2.116	2.179	8.8	44.2	58.8
	0.35 - 0.55	100.0	31.0	25.8	17.5	5.3	-	-	NP	A-1-a (0)	GW-GM	8.0	53	-	2.074	2.185	8.4	48.4	59.4
	0.55 - 2.00	100.0	56.5	54.3	28.2	1.9	-	-	NP	A-1-b (0)	SP	10.1	52	-	2.050	2.179	7.5	39.0	51.8
CP-7	0.15 - 0.35	100.0	34.5	31.3	19.0	3.6	4.6	-	NP	A-1-a (0)	GP	1.2	57	22.-3	2.133	2.188	8.3	46.4	61.8
	0.35 - 0.55	100.0	27.5	24.3	14.9	2.5	3.4	-	NP	A-1-a (0)	GP	1.0	54	23.6	2.081	2.181	8.3	44.8	59.8
	0.55 - 2.00	100.0	20.9	18.3	9.1	1.9	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	8.6	57	-	2.059	2.183	7.1	49.0	65.0
CP-8	0.30 - 0.60	100.0	78.1	76.4	67.2	4.4	-	-	NP	A.3 (0)	SP	1.8	55	17.8	1.951	1.993	8.5	26.1	34.8
	0.60 - 0.80	100.0	56.1	52.8	38.6	5.5	-	-	NP	A-1-b (0)	SP-SM	2.4	53	-	1.899	1.991	7.9	33.5	46.8
	0.80 - 2.10	100.0	40.4	37.4	22.8	4.2	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	7.2	56	-	2.063	2.181	7.9	42.1	54.8
CP-9	0.15 - 0.30	100.0	43.6	38.7	25.1	5.6	-	-	NP	A-1-a (0)	GP-GM	2.0	54	18.5	2.126	2.176	9.2	44.6	59.4
	0.30 - 0.50	100.0	45.6	42.6	28.1	7.1	-	-	NP	A-1-a (0)	GP-GM	10.1	52	-	2.074	2.169	10.3	38.3	50.9
	0.50 - 0.80	100.0	100.0	99.7	80.3	7.6	-	-	NP	A.3 (0)	SP-SM	11.6	49	-	1.875	1.984	7.5	25.6	34.3
	0.80 - 2.10	100.0	66.0	63.8	40.9	5.8	-	-	NP	A-1-b (0)	SP-SM	9.2	50	-	1.864	1.979	9.3	29.0	38.8
C-10	0.30 - 0.50	100.0	56.6	47.6	31.3	7.6	8.8	-	NP	A-1-b (0)	SP-SM	1.3	46	18.1	2.105	2.161	8.2	47.5	63.3
	0.50 - 0.60	100.0	39.4	34.5	17.6	2.8	3.9	-	NP	A-1-a (0)	GP	6.6	45	21.2	2.071	2.173	7.9	48.4	63.2
	0.60 - 1.20	100.0	40.4	37.4	22.8	4.2	-	-	NP	A-1-a (0)	GP	7.2	48	-	2.068	2.188	6.9	38.8	52.2

4.1.4 Perfil estratigráfico

El trazo del aeropuerto de Pisco atraviesa mayoritariamente zonas de depósitos de conglomerados y arenas eólicas propias de la franja costera de nuestro litoral, siendo una constante afloramientos de gravas de matriz arenosa, bolonería heterométrica con algún grado de intemperización. Estas formaciones exponen a manera bancos o depósitos aluviales, los cuales en gran medida han sido empleados como suelos agrícolas y pastoreo en menor grado.

A. Pista de aterrizaje CP

La plataforma de la pista de aterrizaje está compuesta por secciones en relleno, en la cual se distingue una primera capa o base granular de 0.10 m. a 0.30 m. de espesor, dispuesta por debajo de una capa asfáltica (0.10 m. a 0.15 m) y/o losas de concreto de (0.30 m), donde los suelos con tamaños menores a 3", contienen estratos granulares, los que en el sistema SUCS están constituidos en un 100%, de los cuales el 56% contienen gravas limpias (GW, GP), el 11% contienen gravas con finos (GP-GM), 22% son arenas limpias (SP) y 11% son arenas con finos (SP-SM).

Tabla N°13 Clasificación SUCS, primer estrato (Base) – pista de aterrizaje

Fuente: AdP

Clasificación General	Tipo de material	Clasificación SUCS	Cantidad	Porcentaje %	
Suelos granulares	Grava Limpia	GW	1	56%	100%
		GP	4		
	Gravas con Finos	GP-GM	1	11%	
	Arena Limpia	SP	2	22%	
	Arenas con Finos	SP-SM	1	11%	
Total			9	100%	100%

Seguidamente se cuenta con un segundo estrato o sub base granular cuyo espesor fluctúa entre 0.10 m a 0.45 m, donde los suelos con tamaños menores a 3", contienen estratos granulares, los que en el sistema SUCS están constituidos en un 100%, de los cuales el 44% contienen gravas limpias (GW, GP), el 22% contienen gravas con finos

(GW-GM, GP-GM), 22% son arenas limpias (SP) y 11% son arenas con finos (SP-SM).

Tabla N°14 Clasificación SUCS, segundo estrato (Sub base) – pista de aterrizaje

Fuente: AdP

Clasificación General	Tipo de material	Clasificación SUCS	Cantidad	Porcentaje %	
Suelos granulares	Grava Limpia	GW	2	44%	100%
		GP	2		
	Gravas con Finos	GP-GM	1	22%	
		GW-GM	1		
	Arena Limpia	SP	2	22%	
	Arenas con Finos	SP-SM	1	11%	
Total			9	100%	100%

Finalmente, en los suelos de fundación los suelos menores a 3", contienen hasta dos estratos los que en el sistema SUCS están constituidos en un 100%, de los cuales el 67% contienen gravas limpias (GP), el 8% son arenas limpias (SP) y 25% son arenas con finos (SP-SM).

Tabla N°15 Clasificación SUCS, suelo de fundación – pista de aterrizaje

Fuente: AdP

Clasificación General	Tipo de material	Clasificación SUCS	Cantidad	Porcentaje %	
Suelos granulares	Grava Limpia	GP	8	67%	100%
	Arena Limpia	SP	1	8%	
	Arenas con Finos	SP-SM	3	11%	
Total			12	100%	100%

En cuanto a los resultados de compactación y resistencia CBR de los suelos identificados, los resultados se reportan al 95% de su máxima densidad seca, considerada la condición más crítica, luego de la saturación de los suelos a 4 días de inmersión en agua.

Tabla N°16 Valores de CBR por estrato – pista de aterrizaje

Fuente: AdP

Estrato	Grado de compact. (%)	CBR	
		Promedio	Percentil 85%
Base	97.5	41	29.7
Sub base	95.4	40.8	33.8
Fundación	94.6	38.4	28.1

4.1.5 Nivel freático

Dada la proximidad al mar, si se han identificado niveles de agua freática, cuya ubicación más superficial se ha identificado en el área de RESA-2, a mayor profundidad entre 2.60 a 3.00 m, en la plataforma antigua, la calle de rodaje Alfa, Bravo.

4.1.6 Evaluaciones de carpeta asfáltica y concreto hidráulico

Los resultados de los ensayos practicados tanto en los núcleos asfálticos y de concretohidráulico son como sigue:

Tabla N°17 Ensayos sobre núcleos asfálticos y de concreto hidráulico

Fuente: AdP

Código	Sector	Tipo de núcleo	Altura Total (cm)	MTC E 503, ASTM D546, AASHTO T30 % Material que Pasa - Tamiz										Contenido de asfalto (%)	Peso unitario (g/cm3)	Penetración ASTM D5	Viscosidad Cinemática ASTM D2170	Resistencia a la Compresión (Kg/cm2) ASTM C-39
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200						
PD-1	Pista de Aterrizaje	Asfalto	12	100	100	88.5	83.6	70.4	63.9	30.8	14	5.5	6.31	2.393	40	730	-	
PD-2		Asfalto	12	100	96.3	80.8	73.8	60.4	47.3	21.9	6.5	4.8	6.56	2.404	41	960	-	
PD-3		Asfalto	10	100	98.6	89.5	84.2	73	62.3	39.6	20.6	15.5	6.59	2.413	50	7830	-	
PD-4		Asfalto	10	100	95.4	80.3	70	60.3	50.5	29.6	15.2	6.8	6.31	2.403	43	1020	-	
PD-5		Asfalto	14	100	97.8	85.6	77.7	60	46.3	25.9	8.7	2	6.35	2.406	51	880	-	
PD-6		Asfalto	14	100	94.4	80.8	71.2	55.4	43.2	25.2	8.8	6	6.44	2.396	38	2150	-	
PD-7		Asfalto	15	100	91.1	72.2	62.4	46.5	34.7	18.3	4.2	1.6	6.35	2.392	48	789	-	
PD-8		Asfalto	14	100	96.4	86	79	63	47.4	21.6	7.5	4.2	6.27	2.405	43	975	-	
PD-9		Asfalto	25	100	78.4	65.8	58.4	46.4	39.1	26.4	13.4	9.6	6.23	2.401	37	1835	-	
PD-10		Asfalto	14	100	98.1	83.9	78.8	67.8	52.6	28.2	13.1	5.2	6.91	2.392	45	780	-	
		Concreto	18		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	289
PD-11		Asfalto	14	100	100	82.1	76	52.8	36.8	12.7	4.2	2.8	6.1	2.412	36	2845	-	
PD-12		Concreto	31		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	225.8
PD-13	Concreto	31		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	224	

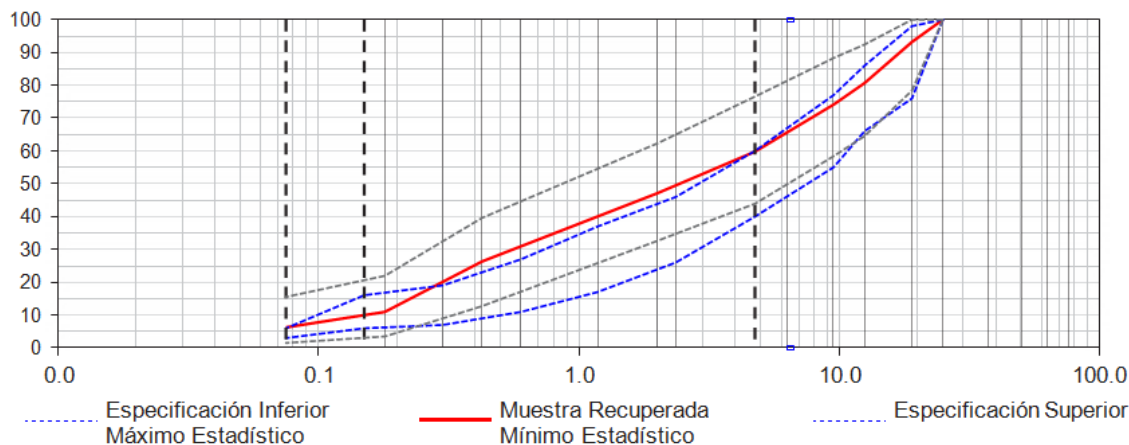


Figura N°22 Curva Granulométrica resultante - carpeta asfáltica

Fuente: AdP

De acuerdo con la figura anterior, se ha verificado la granulometría de acuerdo con lo señalado por la circular AC 150/5320-6F, para el huso granulométrico con tamaño máximo 1", resultando en la verificación gradaciones heterogéneas, además que mayoritariamente los agregados se ubicaron hacia el límite superior, lo que nos señala que se trata de una mezcla asfáltica con gradación fina.

Los resultados de penetración y viscosidad en las muestras recuperadas indican que el cemento asfáltico se halla envejecido. Se ha encontrado una heterogeneidad en los resultados de Penetración y Viscosidad del asfalto recuperado en concordancia con la norma de ensayo ASTM D5 y ASTM 2170, luego de efectuar la recuperación por el método Abson. La penetración a 0.1 mm alcanzó un valor mínimo de 36, promedio 42.9 y máximo de 51. La viscosidad cinemática alcanzó un mínimo de 730 cSt, promedio de 1891 cSt y máximo 7830 cSt.

4.1.7 Resumen de resultados

De acuerdo con los núcleos extraídos se ha posibilitado la verificación de los espesores siguiendo el procedimiento MTC E712, se ha encontrado lo siguiente:

- Pista de aterrizaje: El total medido fue mínimo 10cm, promedio 14cm, máximo 24cm. Se ha descontado en cada caso 18mm de mortero asfáltico doble, consecuentemente el espesor efectivo de mezcla asfáltica es mínimo 8cm, promedio 12cm, máximo 23cm. De igual modo, en los sectores por losa de concreto hidráulico los espesores encontrados fueron: mínimo 18cm, promedio 27cm, máximo 31cm.

Complementariamente, el peso unitario de los núcleos asfálticos indica que la mezcla aún mantiene una densidad adecuada. Los valores de peso unitario están comprendidos entre 2.392 gr/cm³ a 2.413 gr/cm³, con un valor promedio de 2.402 gr/cm³. Esta condición muestra un peso adecuado y homogéneo.

La resistencia a la compresión de los núcleos de concreto hidráulico es baja con resultados relativamente uniformes, las muestras han presentado resistencias a la compresión entre 224 kg/cm² a 289 kg/cm² y un valor promedio de 246.3 kg/cm².

CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO

Para la evaluación de la condición funcional del pavimento se determinaron:

El BBI, siguiendo el procedimiento indicado en el AC 150/5380-9 "Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness", para evaluar el perfil de la superficie del pavimento en función de la regularidad.

Asimismo, se precisa el valor del PCI (Pavement Condition Index), estos resultados efectuados con la evaluación nos brindan el grado de deterioro del pavimento a nivel superficial y en base a ello recomendar las intervenciones señaladas en las normas.

Los trabajos fueron ejecutados en el mes de enero 2021, y abarcaron los pavimentos de la pista de aterrizaje. Las mediciones se realizaron de la cabecera de mayor numeración a la de menor denominación (22-04) para facilidad en el análisis y consistencia en las mediciones, así mismo fueron reportados los resultados.

5.1. EVALUACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL BBI

5.1.1 Procedimientos para la regularidad superficial BBI

Debido a que la precisión del procedimiento del Boeing Bump cambia si el intervalo de la evaluación cambia (las representaciones de las condiciones de campo aumentan a medida que disminuye el intervalo de la evaluación), la FAA recomienda que los trabajos se realicen en un intervalo de 0.25 metros (0.82 pies).

Asimismo, ya que la ubicación del tren de aterrizaje del avión respecto a la línea central de una pista varía de un avión a otro (no es necesario que la posición del tren de aterrizaje coincida exactamente con la posición de la sección transversal), la FAA recomienda medir el perfil de la superficie de la pista de aterrizaje a lo largo del eje central y en un desplazamiento lateral (izquierdo y derecho) que se aproxima a la aeronave que utiliza el aeropuerto. Un desplazamiento de 3.05 metros (10 pies) puede dirigirse eficazmente a los aviones del Grupo de Diseño de Aviones (ADG) II y III, mientras que un desplazamiento de 5.22 metros (17.5 pies) puede dirigirse a los aviones ADG IV,

V y VI, en estos tipos se encuentran aviones los de tipo Airbus y Boeing en su mayoría dependerá de sus operaciones que realizan.

De acuerdo con lo establecido en la circular FAA 150/5380-9, para la ejecución de los trabajos en campo se determinaron inicialmente cinco (5) ejes longitudinales, distribuidos de la siguiente manera: Un eje central (eje0), dos mediciones a 3.0 m del eje (al costado derecho y costado izquierdo del eje) (ejes 1 y 3) y dos mediciones a 5.2 m del eje, nuevamente, una medición a cada costado del eje (ejes 2 y 4). Esta ubicación, corresponde a la posición de la huella derecha del equipo en la ejecución de las mediciones.

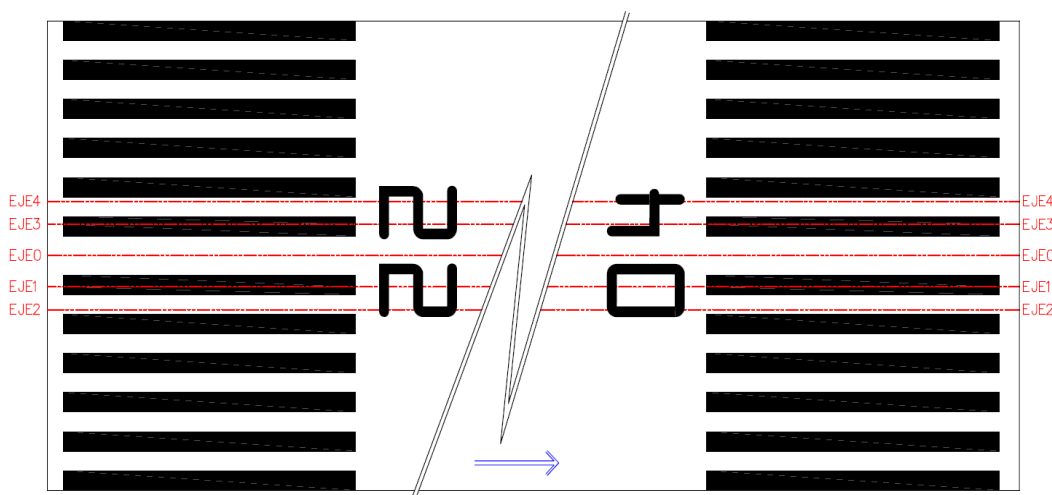


Figura N°23 Ejes para medición del Boeing Bump Index (BBI)

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los trabajos en gabinete, se tuvo en cuenta las normativas presentadas.

La base del método Boeing Bump es construir una regla hipotética entre dos puntos de la altura longitudinal de la pista de aterrizaje y medir la desviación vertical de la regla con respecto al superficie del pavimento. (Nota: la regla predeterminada es una línea imaginaria entre dos puntos en el perfil y no incluye herramientas ni mecanismos físicos). El procedimiento establece el "Bump Height" como la desviación (positiva o negativa) de la regla a la superficie del pavimento, además describe al "Bump Length" como la distancia más corta entre cada extremo de la regla y la ubicación donde se mide el Bump Height, conforme la siguiente Figura 24.

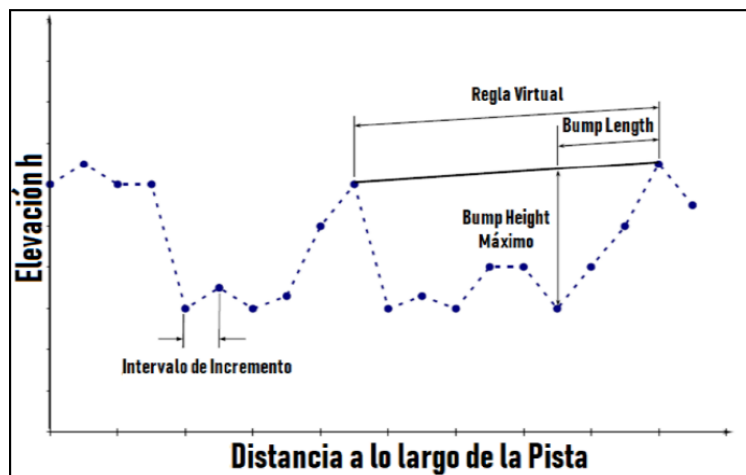


Figura N°24 Altura y longitud de Bache (Bump Height y Bump Length)

Fuente: AC150/5380-9

A. Desarrollo del Boeing Bump Index (BBI)

Aplicar el método Boeing Bump a un perfil de pavimento puede ser una tarea desalentadora, ya que cada punto en la encuesta de perfil debe evaluarse para todas las longitudes de regla posibles. Para cualquier caso dado de rugosidad de la pista, la altura y la longitud del foso son importantes, particularmente cuando se consideran estrategias para reducir la aspereza mediante el mantenimiento.

Para resumir, los criterios de impacto y comparar los criterios de impacto calculado con otras medidas de rugosidad, la FAA creó un parámetro adicional para el proceso Boeing Bump. Este nuevo índice, conocido como "Boeing Bump Index" (BBI), se determina mediante el siguiente proceso:

1. Para un punto de muestra específico en el perfil, calcule las alturas y longitudes del bache para todas las longitudes de la regla.
2. Para cada longitud de la regla (entre 0.5 m y 120 m), calcule el límite de altura aceptable del bache (límite superior de la zona aceptable) para la longitud calculada del bache.
3. Para cada longitud de la regla, calcule el cociente (altura medida del bache) / (límite de la altura aceptable del bache).
4. Se repite los pasos del 1 al 4 para todos los puntos de muestra en el perfil.

El BBI del punto de muestra dado es el mayor de todos los valores calculados en el paso 3 para el punto de muestra dado. Si el valor calculado del índice es

inferior a 1.0, entonces la rugosidad es baja y está en la zona aceptable, si es mayor que 1.0, entonces cae en la zona excesiva o inaceptable.

Para evaluar los parámetros Boeing Bump se plotea y compara cada uno de éstos en la Figura 25.

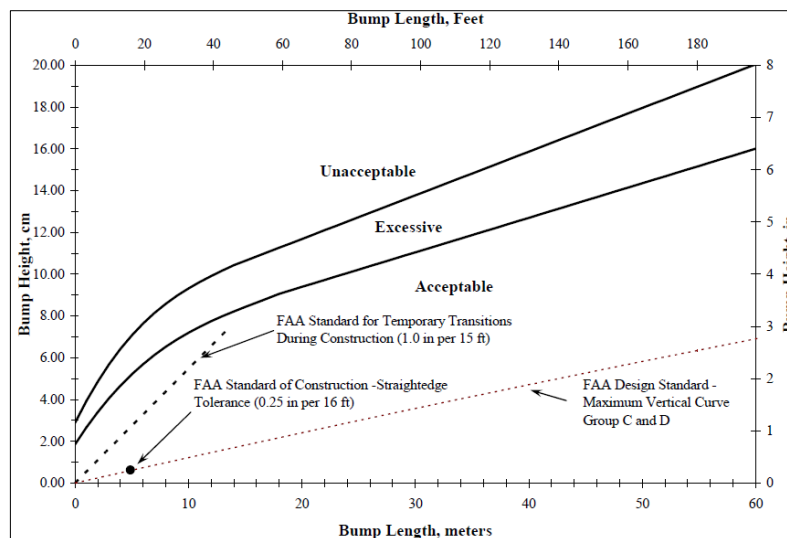


Figura N°25 Criterios de aceptación de la Rugosidad y Parámetros Boeing Bump

Fuente: AC150/5380-9

B. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación definen las condiciones operacionales y el impacto estructural sobre las aeronaves.

- a) Aceptable: La Administración Federal de Aviación espera que el pavimento recién construido o rehabilitado den como resultado una combinación de altura y longitud de baches, que se encuentren por debajo del rango aceptable.

La experiencia ha demostrado que los pilotos comienzan a reportar una rugosidad excesiva cuando las condiciones se acercan a la zona "excesiva". A medida que comienzan a surgir los informes de los pilotos, los operadores de aeropuertos deben comenzar a identificar los sitios de interrupción y prepararse para las acciones correctivas. Estos preparativos deben incluir actividades programadas de mantenimiento para el monitoreo del perfil en la acera.

Cuando la rugosidad está por encima de la zona aceptable, la fatiga de la aeronave se vuelve más importante que la incomodidad de los pasajeros o la aceleración limitada de la cabina.

- b) Excesivo: Rugosidad de esta magnitud creará molestias agudas para todos los ocupantes en el avión. Las interferencias de los instrumentos en la cabina pueden ser peligrosas. Este nivel de rugosidad también puede provocar que una aeronave no pueda conducir a corto plazo, así como una reducción excesiva de la vida de fatiga de la nariz y el engranaje principal. La FAA sugiere a los operadores de aeropuertos a reparar los pavimentos a medida que los niveles de rugosidad entran en la zona excesiva.
- c) Inaceptable: El grado de rugosidad en la zona inaceptable requiere el cierre inmediato del pavimento afectado. Las reparaciones son necesarias para devolver el pavimento a un nivel aceptable.

En el siguiente esquema Figura 26, se aprecia los criterios de evaluación arriba indicados:

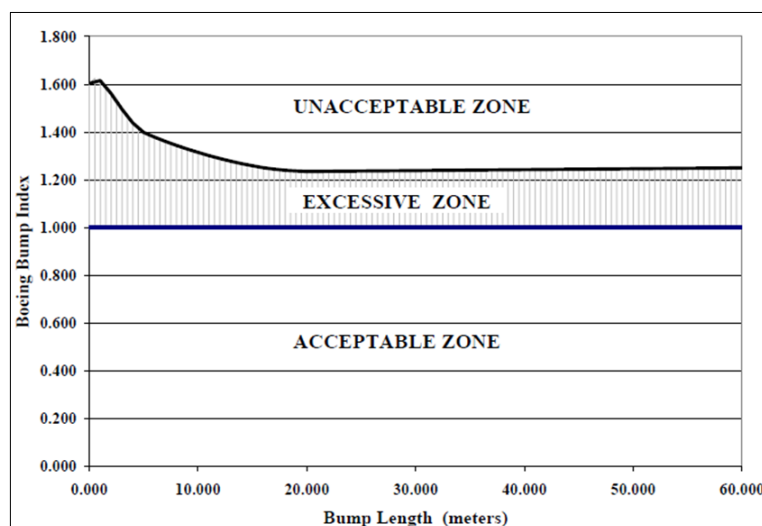


Figura N°26 Criterios de aceptación de Rugosidad

Fuente: AC150/5380-9

C. Desarrollo del programa ProFAA

El ProFAA es un programa informático de la Administración Federal de Aviación para calcular los índices de rugosidad del perfil de elevación del pavimento. El análisis de datos realizado por el programa incluye la simulación de los siguientes dispositivos o procedimientos y el cálculo de los índices asociados:

- Straight Edge

- Boeing Bump
- Paso de bandas RMS

Las funciones principales de ProFAA son:

- Leer y visualizar el perfil de elevación
- Visualizar la velocidad del vehículo de perfilado si está disponible un archivo de datos de entrada adecuado.
- Calcular y representar gráficamente los valores de los componentes del índice de rugosidad a lo largo del pavimento.
- Calcular y visualizar valores de índice de resumen.
- Agregue todos los resultados del análisis a un archivo de texto.
- Procesar por lotes un número de perfiles almacenados bajo nombres de ruta de acceso especificados.

El programa ProFAA de la FAA puede aceptar datos de entrada de varios formatos, convertir los datos de entrada en el formato preferido y calcular los parámetros de rugosidad BBI y otros parámetros de rugosidad del pavimento.

Dado que el formato de archivo de datos de perfil aceptado por ProFAA no suele ser emitido por equipo de perfil comercial, y diferentes formatos son utilizados por diferentes fabricantes de equipos, el software incluye un programa de utilidad de conversión llamado "Convert Profile Format" para convertir los formatos de datos de perfil más comunes a lo que requiere ProFAA. En este caso, transforma la información de los archivos de la extensión de los archivos almacenados en formato ".RSP" del equipo Dynatest RSP a archivos con extensión ".pro", para posteriormente con el empleo del programa ProFAA, obtener los perfiles de los ejes y el Boeing Bump Index.

Uso del Programa CONVERT PROFILE FORMAT

1. Seleccione el archivo de entrada "Input File" y el archivo de salida "Output File".
2. Pulse el botón "Read File" para abrir un cuadro de diálogo estándar de selección de archivos de Windows.
3. Seleccione el archivo. Una vez que el programa lo convierte, puede cargarlo en ProFAA.
4. Presione el botón "Plot" para trazar los archivos de entrada y salida en la pantalla, para que pueda verificar la conversión visualmente.

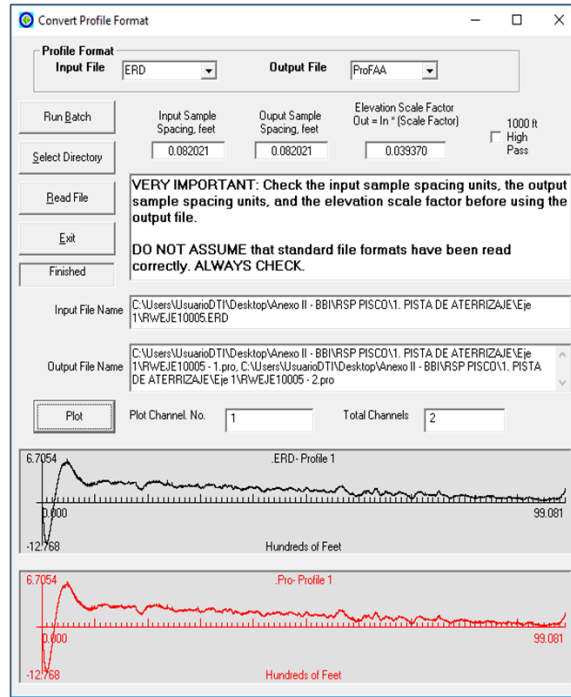


Figura N°27 Programa Convert Profile Format

Fuente: Elaboración propia

D. Calcular el BBI

1. Para calcular el BBI del perfil en el archivo de salida, inicie ProFAA, seleccione el sistema "Metric Unit" o inglesa para la salida y visualización del programa, luego presione "Read File" para seleccionar el archivo y seleccione el Boeing Bump Index en la Lista de índices.

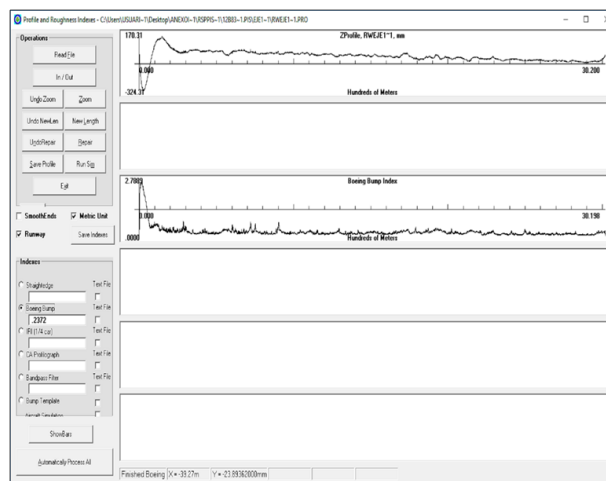
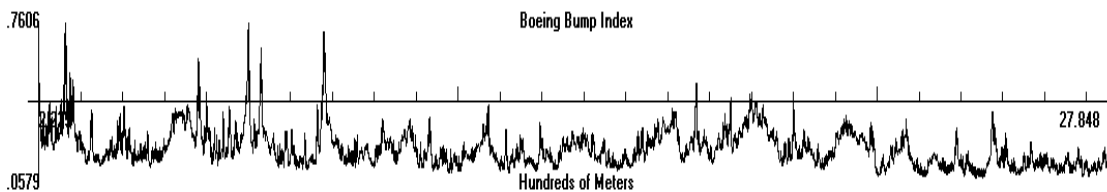


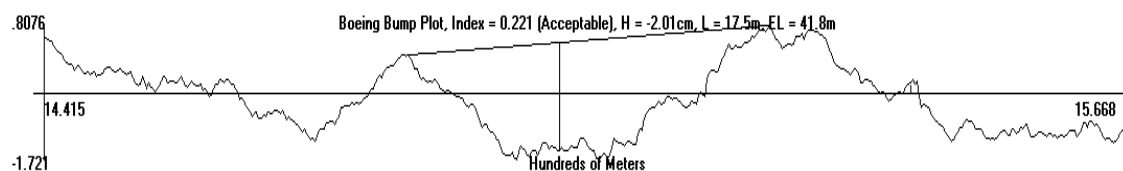
Figura N°28 Programa ProFAA

Fuente: Elaboración propia

- Para examinar la sección con más detalle, presione el botón "Zoom" y haga clic a la izquierda y derecha de la sección que desea ampliar.



- Haga clic con el botón derecho en una posición del gráfico ampliado donde se desee que el valor del BBI sea leído. Una segunda vista aparecerá en uno de los cuadros de imagen debajo del diagrama BBI con información relevante sobre el cálculo, incluyendo la posición de la regla a partir de la cual se calculó el BBI.



5.1.2 Determinación de la regularidad superficial BBI

En las siguientes figuras se apreciarán las curvas del Perfil Longitudinal y Boeing Bump Index (BBI), tomando como punto de inicio el eje central (Eje 0) de la pista de aterrizaje, el cual presenta valores de BBI mayores a 1, considerándose en condición "inacceptable".

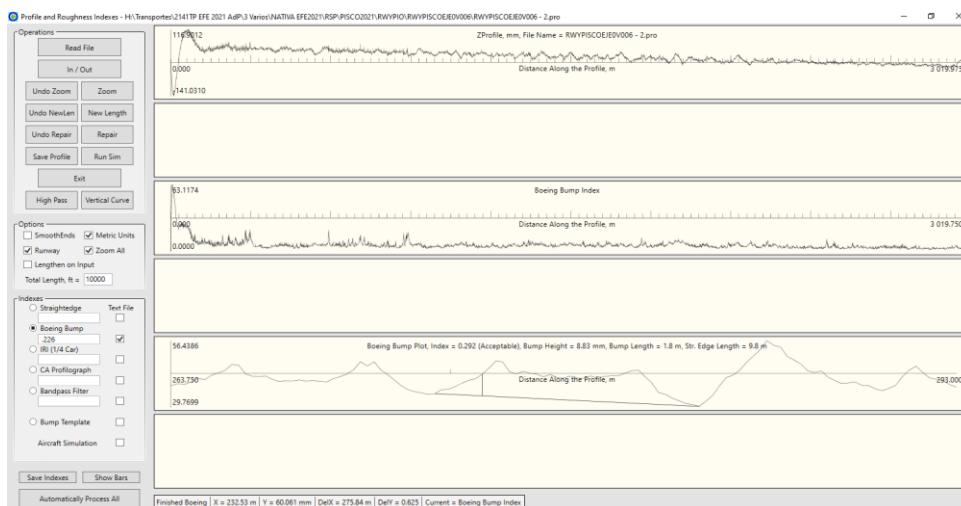


Figura N°29 Reporte de BBI en eje central de Pista de Aterrizaje

Fuente: Elaboración propia, utilizando el software ProFAA

En la siguiente figura se aprecia las curvas del Perfil Longitudinal y Boeing Bump Index (BBI) a lo largo del eje 1 de la pista de aterrizaje, el cual presenta valores de BBI mayores a 1, considerándose en condición “inaceptable”.

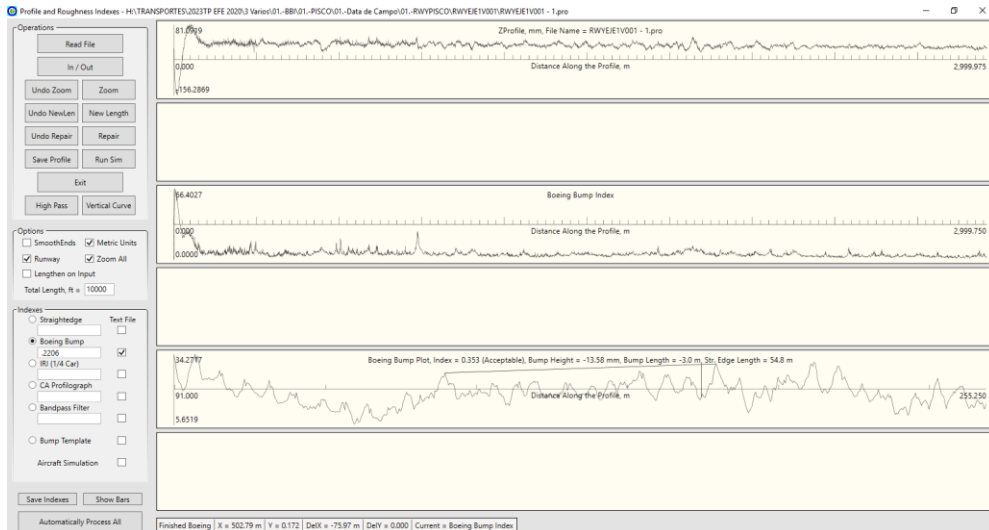


Figura N°30 Reporte de BBI en eje 1 de Pista de Aterrizaje

Fuente: Elaboración propia, utilizando el software ProFAA

En la siguiente figura se aprecia las curvas del Perfil Longitudinal y Boeing Bump Index (BBI) a lo largo del eje 2 de la pista de aterrizaje, el cual presenta valores de BBI mayores a 1, considerándose en condición “inaceptable”.

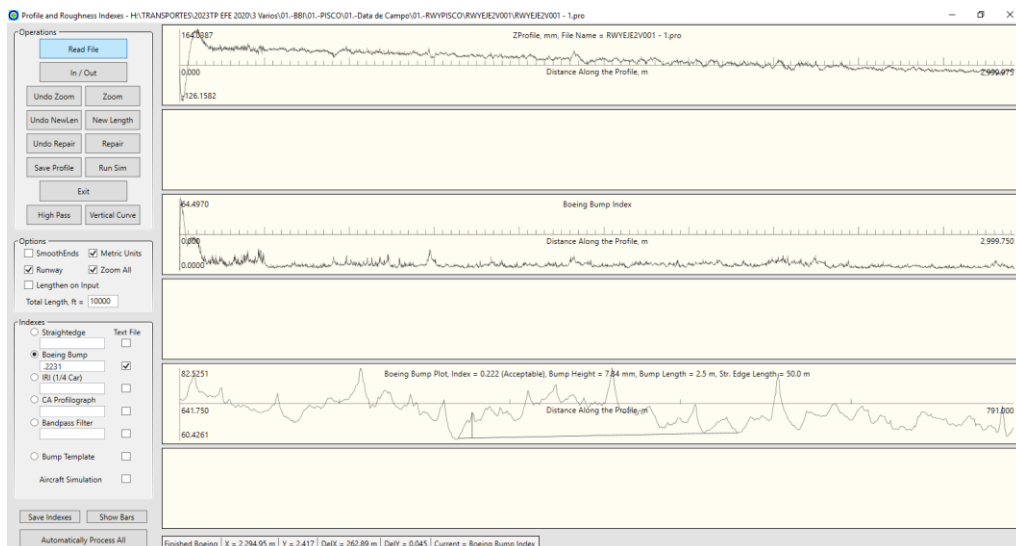


Figura N°31 Reporte de BBI en eje 2 de Pista de Aterrizaje

Fuente: Elaboración propia, utilizando el software ProFAA

En la siguiente figura se aprecia las curvas del Perfil Longitudinal y Boeing Bump Index (BBI) a lo largo del eje 3 de la pista de aterrizaje, el cual presenta valores de BBI mayores a 1, considerándose en condición “inaceptable”.

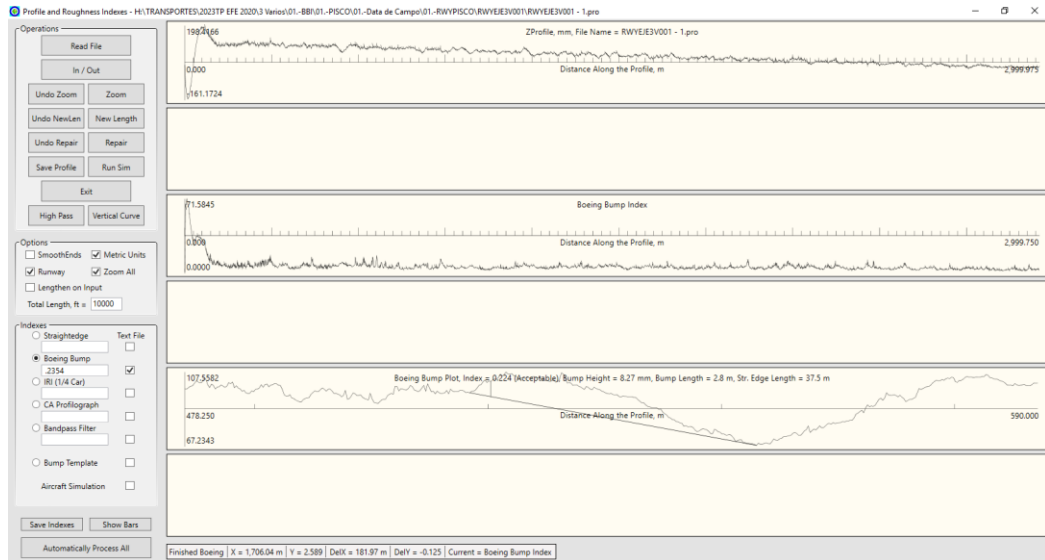


Figura N°32 Reporte de BBI en eje 3 de Pista de Aterrizaje

Fuente: Elaboración propia, utilizando el software ProFAA

En la siguiente figura se aprecia las curvas del Perfil Longitudinal y Boeing Bump Index (BBI) a lo largo del eje 4 de la pista de aterrizaje, el cual presenta valores de BBI mayores a 1, considerándose en condición “inaceptable”.

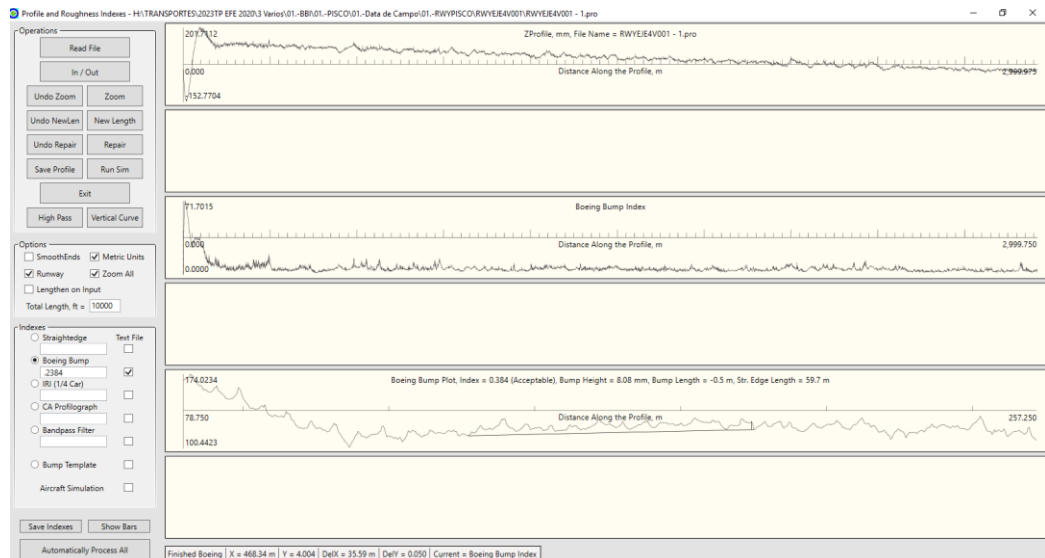


Figura N°33 Reporte de BBI en eje 4 de Pista de Aterrizaje

Fuente: Elaboración propia, utilizando el software ProFAA

5.2. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

5.2.1 Procedimientos de la Evaluación de PCI

El procedimiento de la evaluación de PCI se ha dado de manera tradicional, quiere decir mediante inspección visual, en donde se han podido recolectar los diferentes tipos de fallas, para ello se ha seguido los lineamientos de los siguientes procedimientos.

5.2.1.1 Procedimiento para el relevamiento de fallas

Para realizar el trabajo de campo, se ha desarrollado en la pista de aterrizaje, un enmallado con unidades de muestreo de 450 m² +/- 180 m² en pavimentos flexibles y unidades de muestreo de 20 +/- 8 losas en pavimento rígidos. Estas dimensiones se colocan y pintan sobre el pavimento a fin de facilitar al evaluador la identificación de las posibles fallas.

- Elección de las Unidades de Muestreo a ser evaluadas

El número de unidades de muestra a analizar puede variar desde todas las unidades en una sección hasta el número de unidades de muestra que permita un nivel de confianza del 95% o menos.

- Elección de las Unidades de Muestreo a ser evaluadas

El número de unidades de muestra a analizar puede variar desde todas las unidades en una sección hasta el número de unidades de muestra que permita un nivel de confianza del 95% o menos.

El número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas (n) en una determinada sección para obtener un nivel de confianza adecuado (95% de confiabilidad), se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Ns^2}{\left[\left(\frac{e^2}{4} \right) (N - 1) + s^2 \right]}$$

e : error aceptable en la estimación del PCI de la sección +/- 5 puntos del PCI

s : desviación estándar del PCI entre unidades de muestra de la misma sección

N : Número total de unidades de muestra en la sección.

Sin embargo, un nivel de confiabilidad menor al 95%, dependiendo de las condiciones en que se encuentre el pavimento, puede ser usado según las condiciones y objetivos de la inspección, la siguiente Tabla presenta un criterio alternativo para determinar el número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas:

Tabla N°18 Determinación del número de unidades de muestra a inspeccionar

Fuente: ASTM D5340-20

DADAS	INSPECCIONAR
1 a 5 unidades de muestreo	1 unidad de muestra
6 a 10 unidades de muestreo	2 unidades de muestra
11 a 15 unidades de muestreo	3 unidades de muestra
16 a 40 unidades de muestreo	4 unidades de muestra
Más de 40 unidades de muestreo	10%

Una vez que se ha determinado el número de unidades de muestra, se calcula el intervalo de espaciamiento entre las unidades, el intervalo de espaciamiento (i) se calcula con la siguiente fórmula, redondeando el resultado al número entero inmediato superior:

$$i = \frac{N}{n}$$

N : Número total de unidades de muestreo en la sección

n : Número total de unidades de muestreo a ser analizadas

Para la selección de las cantidades de las unidades de muestreo, se ha tomado en cuenta lo establecido en la norma ASTM D5340, en el ITEM 7.5.1 indica que también se puede tomar todas las unidades de muestreo para ser inspeccionados tal como en nuestro caso.

- Pista de Aterrizaje

Tiene una longitud total de 3,020 m y un ancho de 45m, los primeros 300 m es pavimento rígido y los siguientes 2720 m es flexible. Para la evaluación del pavimento flexible, se procedió a dividir en 3 secciones de 15 m cada una; de acuerdo a su longitud (2720 m) se obtuvieron un total de 273 unidades de muestra (91 por sección), 15 x 30m cada una. En el caso del pavimento rígido

que consta de 300 m se dividió en 3 secciones, cada una comprende 10 unidades de muestra las cuales están conformadas por 18 losas cada una (3 x 6 losas), cada losa mide 5.00 m x 5.00 m. Todas las unidades de muestreo se han evaluado en su totalidad, siguiendo el criterio recomendado por la Norma ASTM D 5340-20.

5.2.1.2 Procedimiento para la determinación del PCI

El Índice de Condición del Pavimento es una evaluación numérica que se combina condición del pavimento que varía entre 0 y 100, con valores asociados a una descripción verbal que va de Colapsado a Excelente, como se muestra a continuación:



Figura N°34 Clasificación del pavimento por el método PCI

Fuente: ASTM D5340-20

La información obtenida durante el Relevamiento de daños, se utiliza para calcular el PCI de cada unidad de muestra.

El procedimiento de cálculo es el mismo, tanto para pavimentos flexibles como para pavimentos rígidos, excepto que en el caso de los pavimentos flexibles se analizan las unidades de muestreo por áreas y en los rígidos en función al número de losas; después de determinar los tipos de falla, categorizados por severidad, por tipo de pavimento, el número total de secciones dañadas para definir la densidad en que ésta se presenta:

$$\text{Dens. (\%)} = \frac{\text{Área de las fallas}}{\text{Área muestra (450 M2)}}$$

Con este valor, se calculan los Valores Deducidos (VD), utilizando las curvas para la obtención del Valor Deducido que se muestran en la Norma ASTM D 5340-20, según sea el tipo de pavimento rígido o flexible.

$$\text{VD} = F (\text{Densidad, Nivel de severidad})$$

Luego se procede a calcular el Valor Deducido Corregido (VDC), a partir del cálculo del número máximo de fallas permitidas m :

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95} \right) * (100 - HDV)$$

HDV = Mayor valor deducido individual para la muestra "i"

A partir del máximo Valor Deducido Corregido (VDC) se calcula el PCI de la unidad de muestra analizada, según la siguiente expresión:

$$PCI = 100 - VDC$$

A continuación, se presenta, un ejemplo de cálculo para pavimento flexible; en el caso de un pavimento rígido el proceso es similar, con la excepción de que se utilizan las curvas exclusivas para pavimentos rígidos y el porcentaje de densidad se calcula en función al número de losas.

- Cálculo del PCI para pavimentos flexibles

Para el caso del cálculo en una unidad de muestreo, se procede a:

1. Sumar el metrado total de cada tipo de falla según su grado de severidad y registrarla en la columna total de la planilla de evaluación del índice de condición del pavimento.
2. Calcular el porcentaje de densidad dividiendo el área afectada por el tipo de falla y su nivel de severidad entre el área total de la unidad de muestreo.

- Determinar el valor deducido para cada tipo de falla y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor deducido de daño” que se adjuntan en la Norma ASTM D 5340-20 como se muestra a continuación:

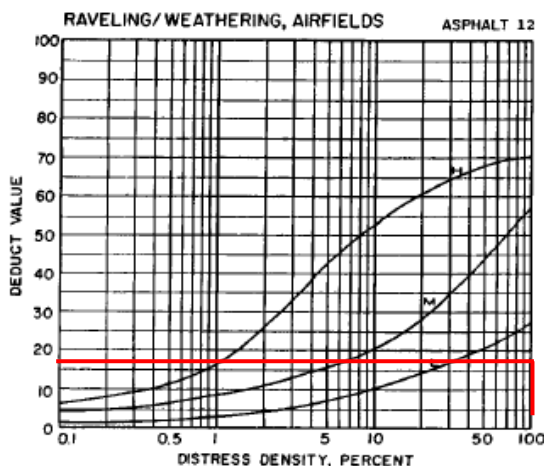


FIG. X3.14 Weathering/Raveling

Figura N°35 Curva para obtener el valor deducido (falla tipo 12)

Fuente: ASTM D5340-20

Tabla N°19 Cálculo de PCI para pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

DEFECTO	SEVERIDAD	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
7	L	40			40	10	8
8	L	15			15	3.8	7
12	L	320			320	80	25

- Determinar el Valor Deducido Corregido, calculando m , a partir del máximo Valor Deducido, para el ejemplo:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right) * (100 - 46) = 6.12$$

Observamos que: el valor de m es mayor al número total de valores deducidos, por lo cual se usara todos los valores deducidos para la determinación.

Se ordenan los Valores Deducidos en forma descendente; luego determinamos el número de valores deducidos, “ q ”, mayores que 5, determinamos el valor deducido total (**VDT**) sumando todos los valores deducidos individuales, el valor deducido corregido (**VDC**), se obtiene de la curva de corrección pertinente al tipo

de pavimento; luego reducimos el menor valor individual deducido mayor que 5, a 5, así repetimos hasta que se cumpla la condición “q” igual a 1.

$$VDT = F(q, VDT)$$

Tabla N°20 Cálculo del valor deducido

Fuente: Elaboración propia

Nº	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	25	8	0.74	0	0	34	2	21
2	25	5	0.74	0	0	31	1	31
VDC								31

5. El valor máximo de la columna, es el Valor Máximo Deducido, con el cual se calcula el valor de PCI:

$$PCI = 100 - 54 = 46$$

Los deterioros de los pavimentos de aeropistas están numerados del 41 al 57 (asfalto) y de 61 a 76 (hormigón), tal como se presentan en las siguientes tablas:

Tabla N°21 Deterioros del método PCI en pavimentos flexibles de aeropistas

Fuente: Propia según lo definido en la ASTM D5340-20

Tipo de Pavimento	Código	Tipo de Deterioro	Unidad
Flexible	1	Grieta de cocodrilo	m2
	2	Exudación	m2
	3	Grietas en bloque	m2
	4	Corrugación	m2
	5	Depresión	m2
	6	Erosión por chorro de turbina	m2
	7	Grieta por reflexión de juntas	m
	8	Grietas longitudinales, transversales	m
	9	Derrame de combustible	m2
	10	Parqueo	m
	11	Agregado pulido	m2
	12	Disgregación o erosión superficial	m2
	13	Ahuellamiento	m2
	14	Levantamiento del pavimento	m2
	15	Grieta por deslizamiento	m2
	16	Expansión o hinchamiento	m2
	17	Meteorización o desgaste por envejecimiento	m2

Tabla N°22 Deterioros del método PCI en pavimentos rígidos de aeropistas

Fuente: Propia según lo definido en la ASTM D5340-04

Tipo de Pavimento	Código	Tipo de Deterioro	Unidad
Rígido	1	Levantamiento de losas	Losas
	2	Grieta de esquina	Losas
	3	Grietas long., transv y diag.	Losas
	4	Grieta de durabilidad	Losas
	5	Daño a sellos de juntas	Losas
	6	Parchado pequeño	Losas
	7	Parchado grande	Losas
	8	Huecos superficiales	Losas
	9	Bombeo	Losas
	10	Grietas desordenas y desagregación superficial	Losas
	11	Asentamientos	Losas
	12	Desnivelación de losas	Losas
	13	Grietas por retracción	Losas
	14	Desprendimiento en junta	Losas
	15	Desprendimiento de esquina	Losas
	16	Reacción de Sílice Alcalina	Losas

- Tratamientos aplicados para la preservación de pavimento

Para el tema de recomendaciones de tratamientos se utilizó como guía al programa de la FAA "Airport Cooperative Research Program (ACRP)", en donde nos indica por el tipo de valoración que tratamiento utilizar de acuerdo a la Tabla 23.

Tabla N°23 Synthesis 22, Escala de clasificación de PCI

Fuente: Airport Cooperative Research Program (ACRP)

Valoración PCI	Descripción	Tratamientos aplicables para la preservación del pavimento
86 - 100	Bueno: Solamente un leve daño	Mantenimiento rutinario solamente
71 - 85	Satisfactorio: Bajos y Medios daños	Mantenimiento preventivo
56 - 70	Aceptable: Algunos de los daños son severos	Mantenimiento correctivo y rehabilitación
41 - 55	Pobre: La severidad de algunos de los daños pueden causar problemas operativos	Rehabilitación o reconstrucción
26 - 40	Muy pobre: Los daños severos causan problemas opcionales	Rehabilitación o reconstrucción
11 - 25	Serio: Muchos daños severos causan restricciones operacionales	Reparaciones y reconstrucciones inmediatas
0 - 10	Falla: El deterioro del pavimento impide operaciones seguras de la aeronave	Reconstrucción

5.2.2 Determinación de los valores de PCI

De acuerdo a los lineamientos que se ha ejecutado para el cálculo del PCI, esta se ha desarrollado conforme a la sectorización para tener más detallado dichos resultados.

A. Pista de aterrizaje – Sección C (Rígido 0+000 - 0+300)

A continuación, se muestra el resumen de deterioros del pavimento rígido de la sección C, con un total de 180 losas desde la progresiva 0+000 a 0+300.

Tabla N°24 Resumen del deterioros – Sección C (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
2	LEVE	GRIETA DE ESQUINA	15	8.33	und
2	MODERADO	GRIETA DE ESQUINA	4	2.22	und
3	LEVE	GRIETAS LONG., TRANSV. Y DIAG.	90	50.00	und
5	LEVE	DAÑO A SELLOS DE JUNTAS	14	7.78	und
5	MODERADO	DAÑO A SELLOS DE JUNTAS	2	1.11	und
6	LEVE	PARCHADO PEQUEÑO	16	8.89	und
8	-	HUECOS SUPERFICIALES	6	3.33	und
10	LEVE	GRIETAS DESORDENADAS Y DESAGREGACIÓN SUPERFICIAL	41	22.78	und
10	MODERADO	GRIETAS DESORDENADAS Y DESAGREGACIÓN SUPERFICIAL	4	2.22	und
14	LEVE	DESPRENDIMIENTO EN JUNTA	114	63.33	und
14	MODERADO	DESPRENDIMIENTO EN JUNTA	16	8.89	und
15	LEVE	DESPRENDIMIENTO DE ESQUINA	10	5.56	und
15	MODERADO	DESPRENDIMIENTO DE ESQUINA	11	6.11	und

Tabla N°25 Resumen de PCI para la Sección C (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
1C	60	ACEPTABLE
2C	45	POBRE
3C	69	ACEPTABLE
4C	60	ACEPTABLE
5C	62	ACEPTABLE
6C	63	ACEPTABLE
7C	54	POBRE
8C	59	ACEPTABLE
9C	44	POBRE
10C	41	POBRE

El valor PCI promedio ponderado en la sección rígida C es 56, siendo en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

B. Pista de aterrizaje – Sección C (Flexible 0+300 - 3+020)

Mediante las diferencias acumuladas se han sectorizado la sección C, como se puede apreciar en la siguiente figura:

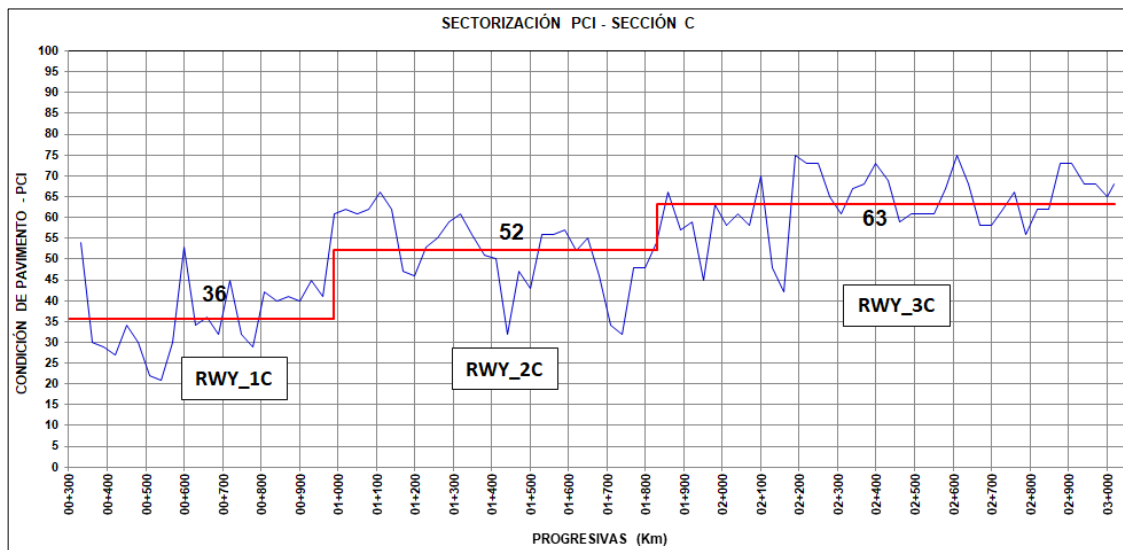


Figura N°36 Sectorización de PCI en pista de aterrizaje sección C

Fuente: Elaboración propia

- RWY_1C:

La sección RWY_1C pertenece a la parte central de la pista de aterrizaje (Pavimento flexible), desde la progresiva 0+300 hasta 0+990, con un ancho de 15m, tiene un área de 10,350m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°26 Resumen de deterioros – Sección RWY_1C

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
3	LEVE	FISURA EN BLOQUE	8047.50	77.75	m2
5	LEVE	DEPRESIÓN	49.50	0.48	m2
6	-	EROSIÓN POR CHORROS DE TURBINA	5178.45	50.03	m2
7	LEVE	REFLEXIÓN DE JUNTAS PPC	0.02	0.0001	m2
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	816.00	2.40	m
9	-	DERRAME DE COMBUSTIBLE	973.04	9.40	m2
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	58.50	0.57	m2
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	9700.00	93.72	m2
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	1107.50	10.70	m2
15	-	FISURA POR DESLIZAMIENTO	4.20	0.04	m2

Asimismo, los valores de Condición de Pavimento que dan lugar al cuadro anterior, se muestran a continuación:

Tabla N°27 Resumen de PCI para RWY_1C

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
11C	54	POBRE
12C	30	MUY POBRE
13C	29	MUY POBRE
14C	27	MUY POBRE
15C	34	MUY POBRE
16C	30	MUY POBRE
17C	22	SERIO
18C	21	SERIO
19C	30	MUY POBRE
20C	53	POBRE
21C	34	MUY POBRE
22C	36	MUY POBRE
23C	32	MUY POBRE
24C	45	POBRE
25C	32	MUY POBRE
26C	29	MUY POBRE
27C	42	POBRE
28C	40	POBRE
29C	41	POBRE
30C	40	POBRE
31C	45	POBRE
32C	41	POBRE
33C	61	ACEPTABLE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_1C es 37, encontrándose en condición **MUY POBRE**, según la norma ASTM D 5340-20.

- RWY_2C:

La sección RWY_2C pertenece a la parte central de la pista de aterrizaje, desde la progresiva 0+990 hasta 1+830, con un ancho de 15m, tiene un área de 12,600m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°28 Resumen de deterioros – Sección RWY_2C

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
3	LEVE	FISURA EN BLOQUE	1412.5	11.2	m2
4	LEVE	ONDULACIÓN	3.0	0.02	m2
5	LEVE	DEPRESIÓN	100.5	0.8	m2
6	-	EROSIÓN POR CHORROS DE TURBINA	4.5	0.04	m2
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	746.0	1.8	m
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	130.5	1.0	m2
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	12170.0	96.6	m2
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	1456.5	11.6	m2
13	MODERADO	AHUELLAMIENTO	105.0	0.8	m2
17	LEVE	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	450.0	3.6	m2

Tabla N°29 Resumen de PCI para RWY_2C

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
34C	62	ACEPTABLE
35C	61	ACEPTABLE
36C	62	ACEPTABLE
37C	66	ACEPTABLE
38C	62	ACEPTABLE
39C	47	POBRE
40C	46	POBRE
41C	53	POBRE
42C	55	ACEPTABLE
43C	59	ACEPTABLE
44C	61	ACEPTABLE
45C	56	ACEPTABLE
46C	51	POBRE
47C	50	POBRE
48C	32	MUY POBRE
49C	47	POBRE
50C	43	POBRE
51C	56	ACEPTABLE
52C	56	ACEPTABLE
53C	57	ACEPTABLE
54C	52	POBRE
55C	55	ACEPTABLE
56C	46	POBRE
57C	34	MUY POBRE
58C	32	MUY POBRE
59C	48	POBRE
60C	48	POBRE
61C	54	POBRE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_2C es 52, encontrándose en condición **POBRE**, según la norma ASTM D 5340-20.

- RWY_3C:

La sección RWY_3C pertenece a la parte central de la pista de aterrizaje, desde la progresiva 1+830 hasta 3+020, con un ancho de 15m, tiene un área de 17,850m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°30 Resumen de deterioros – Sección RWY_3C

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
1	LEVE	PIEL DE COCODRILO	65.8	0.37	m2
5	LEVE	DEPRESIÓN	86.2	0.48	m2
6	-	EROSIÓN POR CHORROS DE TURBINA	20.0	0.11	m2
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	124.0	0.21	m
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	9.6	0.05	m2
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	17075.0	95.66	m2
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	958.0	5.37	m2
13	MODERADO	AHUELLAMIENTO	30.0	0.17	m2
16	LEVE	HINCHAMIENTO	30.0	0.17	m2
17	LEVE	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	1800.0	10.08	m2

Asimismo, los valores de Condición de Pavimento que dan lugar al cuadro anterior, se muestran a continuación:

Tabla N°31 Resumen de PCI para RWY_3C

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
62C	66	ACEPTABLE
63C	57	ACEPTABLE
64C	59	ACEPTABLE
65C	45	POBRE
66C	63	ACEPTABLE
67C	58	ACEPTABLE
68C	61	ACEPTABLE
69C	58	ACEPTABLE
70C	70	SATISFACTORIO
71C	48	POBRE
72C	42	POBRE
73C	75	SATISFACTORIO
74C	73	SATISFACTORIO

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
75C	73	SATISFACTORIO
76C	65	ACEPTABLE
77C	61	ACEPTABLE
78C	67	ACEPTABLE
79C	68	ACEPTABLE
80C	73	SATISFACTORIO
81C	69	ACEPTABLE
82C	59	ACEPTABLE
83C	61	ACEPTABLE
84C	61	ACEPTABLE
85C	61	ACEPTABLE
86C	67	ACEPTABLE
87C	75	SATISFACTORIO
88C	68	ACEPTABLE
89C	58	ACEPTABLE
90C	58	ACEPTABLE
91C	62	ACEPTABLE
92C	66	ACEPTABLE
93C	56	ACEPTABLE
94C	62	ACEPTABLE
95C	62	ACEPTABLE
96C	73	SATISFACTORIO
97C	73	SATISFACTORIO
98C	68	ACEPTABLE
99C	68	ACEPTABLE
100C	65	ACEPTABLE
101C	68	ACEPTABLE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_3C es 64, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

En consecuencia, se tiene que el valor PCI promedio para la sección C (0+300 a 3+020) en pavimento flexible es 53 en condición **ACEPTABLE**, donde puede apreciarse la mayor severidad de daños ubicado en la progresiva 0+300 a 0+990, presentando mayores porcentajes de falla a la denominada erosión superficial (12), fisura en bloque (3) y erosión por chorro de turbina (6).

C. Pista de Aterrizaje – sección D (Rígido 0+000 – 0+300)

A continuación, se muestra el resumen de deterioros del pavimento rígido de la sección D, con un total de 180 losas desde la progresiva 0+000 a 0+300.

Tabla N°32 Resumen de deterioros – Sección D (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
2	LEVE	GRIETA DE ESQUINA	3	1.67	und
2	MODERADO	GRIETA DE ESQUINA	4	2.22	und
3	LEVE	GRIETAS LONG., TRANSV. Y DIAG.	70.0	38.89	und
5	LEVE	DAÑO A SELLOS DE JUNTAS	30	16.67	und
5	MODERADO	DAÑO A SELLOS DE JUNTAS	3	1.67	und
6	LEVE	PARCHADO PEQUEÑO	14.0	7.78	und
8	-	HUECOS SUPERFICIALES	8	4.44	und
10	LEVE	GRIETAS DESORDENADAS Y DESAGREGACIÓN SUPERFICIAL	50.0	27.78	und
10	MODERADO	GRIETAS DESORDENADAS Y DESAGREGACIÓN SUPERFICIAL	9	5.00	und
14	LEVE	DESPRENDIMIENTO EN JUNTA	80.0	44.44	und
14	MODERADO	DESPRENDIMIENTO EN JUNTA	26	14.44	und
15	LEVE	DESPRENDIMIENTO DE ESQUINA	14.0	7.78	und
15	MODERADO	DESPRENDIMIENTO DE ESQUINA	1	0.56	und

Tabla N°33 Resumen PCI para la Sección D (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
1D	45	POBRE
2D	53	POBRE
3D	59	ACEPTABLE
4D	56	ACEPTABLE
5D	71	SATISFACTORIO
6D	56	ACEPTABLE
7D	66	ACEPTABLE
8D	54	POBRE
9D	64	ACEPTABLE
10D	50	POBRE

El valor PCI promedio ponderado en la sección rígida es 57, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

D. Pista de Aterrizaje – sección D (Flexible 0+300 – 3+020)

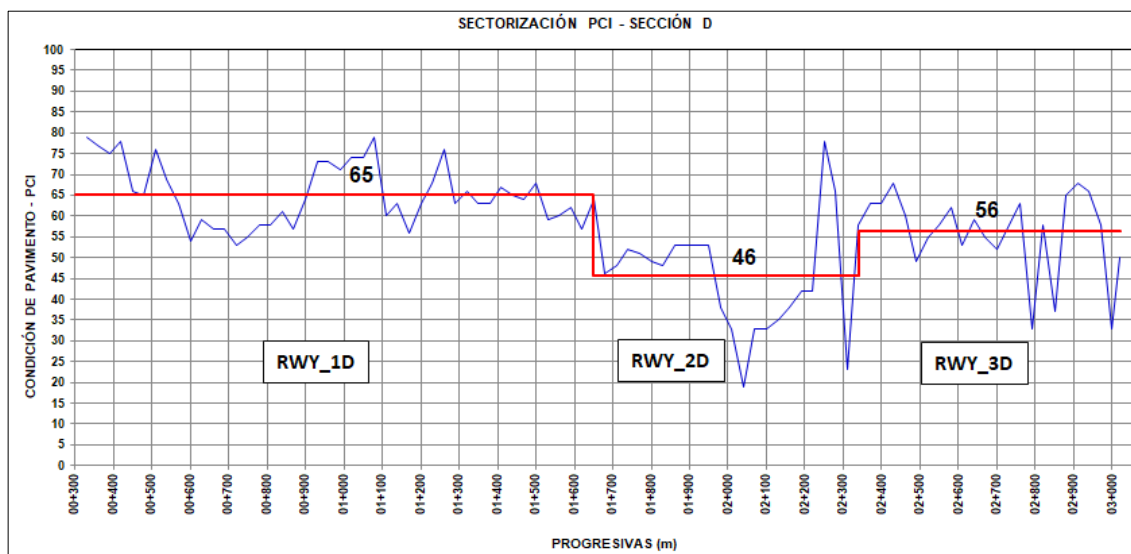


Figura N°37 Sectorización de PCI en pista de aterrizaje sección D

Fuente: Elaboración propia

- RWY_1D:

La sección RWY_1D pertenece a la parte derecha de la pista de aterrizaje (Pavimento flexible), desde la progresiva 0+300 hasta 1+650, con un ancho de 15m, tiene un área de 20,250m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°34 Resumen de deterioros – Sección RWY_1D

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
3	LEVE	FISURA EN BLOQUE	4680.0	23.11	m2
4	LEVE	ONDULACIÓN	8.0	0.04	m2
5	LEVE	DEPRESIÓN	608.2	3.00	m2
7	LEVE	REFLEXIÓN DE JUNTAS PPC	0.0	0.0001	m2
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	795.5	1.20	m
8	MODERADO	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	200.0	0.30	m
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	211.4	1.04	m2
10	MODERADO	BACHEO O PARCHES	3.8	0.019	m2
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	13085.0	64.62	m2
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	78.0	0.39	m2
14	LEVE	LEVANTAMIENTO DEL PAVIMENTO	2.7	0.013	m2
17	LEVE	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	4950.0	24.44	m2

Tabla N°35 Resumen PCI para la RWY_1D

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
11D	79	SATISFACTORIO
12D	77	SATISFACTORIO
13D	75	SATISFACTORIO
14D	78	SATISFACTORIO
15D	66	ACEPTABLE
16D	65	ACEPTABLE
17D	76	SATISFACTORIO
18D	69	ACEPTABLE
19D	63	ACEPTABLE
20D	54	POBRE
21D	59	ACEPTABLE
22D	57	ACEPTABLE
23D	57	ACEPTABLE
24D	53	POBRE
25D	55	ACEPTABLE
26D	58	ACEPTABLE
27D	58	ACEPTABLE
28D	61	ACEPTABLE
29D	57	ACEPTABLE
30D	64	ACEPTABLE
31D	73	SATISFACTORIO
32D	73	SATISFACTORIO
33D	71	SATISFACTORIO
34D	74	SATISFACTORIO
35D	74	SATISFACTORIO
36D	79	SATISFACTORIO
37D	60	ACEPTABLE
38D	63	ACEPTABLE
39D	56	ACEPTABLE
40D	63	ACEPTABLE
41D	68	ACEPTABLE
42D	76	SATISFACTORIO
43D	63	ACEPTABLE
44D	66	ACEPTABLE
45D	63	ACEPTABLE
46D	63	ACEPTABLE
47D	67	ACEPTABLE
48D	65	ACEPTABLE
49D	64	ACEPTABLE
50D	68	ACEPTABLE
51D	59	ACEPTABLE
52D	60	ACEPTABLE
53D	62	ACEPTABLE
54D	57	ACEPTABLE

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
55D	64	ACEPTABLE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_1D es 65, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

- RWY_2D:

La sección RWY_2D pertenece a la parte derecha de la pista de aterrizaje (Pavimento flexible), desde la progresiva 1+650 hasta 2+340, con un ancho de 15m, tiene un área de 10,350m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°36 Resumen de deterioros – Sección RWY_2D

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
1	LEVE	PIEL DE COCODRILO	131.5	1.27	m ²
3	LEVE	FISURA EN BLOQUE	225.0	2.17	m ²
5	LEVE	DEPRESIÓN	433.6	4.19	m ²
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	150.5	0.44	m
8	MODERADO	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	120.0	0.35	m
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	121.2	1.17	m ²
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	5325.0	51.45	m ²
12	MODERADO	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	4500.0	43.48	m ²
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	240.0	2.32	m ²
17	LEVE	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	4500.0	43.48	m ²

Tabla N°37 Resumen PCI para la RWY_2D

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
56D	46	POBRE
57D	48	POBRE
58D	52	POBRE
59D	51	POBRE
60D	49	POBRE
61D	48	POBRE
62D	53	POBRE
63D	53	POBRE
64D	53	POBRE
65D	53	POBRE
66D	38	MUY POBRE

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
67D	33	MUY POBRE
68D	19	SERIO
69D	33	MUY POBRE
70D	33	MUY POBRE
71D	35	MUY POBRE
72D	38	MUY POBRE
73D	42	POBRE
74D	42	POBRE
75D	78	SATISFACTORIO
76D	66	ACEPTABLE
77D	23	SERIO
78D	58	ACEPTABLE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_2D es 45, encontrándose en condición **POBRE**, según la norma ASTM D 5340-20.

- RWY_3D:

La sección RWY_3D pertenece a la parte derecha de la pista de aterrizaje (Pavimento flexible), desde la progresiva 2+340 hasta 3+020, con un ancho de 15m, tiene un área de 10,200m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°38 Resumen de deterioros – Sección RWY_3D

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
5	LEVE	DEPRESIÓN	49.0	0.48	m2
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	613.5	1.83	m
8	MODERADO	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	140.0	0.42	m
9	-	DERRAME DE COMBUSTIBLE	3.0	0.03	m2
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	935.0	9.17	m2
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	8850.0	86.76	m2
12	MODERADO	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	1220.0	11.96	m2
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	168.0	1.65	m2
17	LEVE	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	5850.0	57.35	m2

Tabla N°39 Resumen PCI para la RWY_3D

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
79D	63	ACEPTABLE
80D	63	ACEPTABLE
81D	68	ACEPTABLE

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
82D	60	ACEPTABLE
83D	49	POBRE
84D	55	ACEPTABLE
85D	58	ACEPTABLE
86D	62	ACEPTABLE
87D	53	POBRE
88D	59	ACEPTABLE
89D	55	ACEPTABLE
90D	52	POBRE
91D	58	ACEPTABLE
92D	63	ACEPTABLE
93D	33	MUY POBRE
94D	58	ACEPTABLE
95D	37	MUY POBRE
96D	65	ACEPTABLE
97D	68	ACEPTABLE
98D	66	ACEPTABLE
99D	58	ACEPTABLE
100D	33	MUY POBRE
101D	50	POBRE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_3D es 56, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

En consecuencia, el PCI promedio para la sección D en pavimento flexible es 58, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, desde la progresiva 0+300 a 3+020.

E. Pista de Aterrizaje – Sección I (Rígido 0+000 – 0+300)

A continuación, se muestra el resumen de deterioros del pavimento rígido de la sección I, con un total de 180 losas desde la progresiva 0+000 a 0+300.

Tabla N°40 Resumen de deterioros – Sección I (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
2	MODERADO	GRIETA DE ESQUINA	1	0.56	und
3	LEVE	GRIETAS LONG., TRANSV. Y DIAG.	98	54.44	und
3	MODERADO	GRIETAS LONG., TRANSV. Y DIAG.	5.0	2.78	und
5	LEVE	DAÑO A SELLOS DE JUNTAS	11	6.11	und
5	MODERADO	DAÑO A SELLOS DE JUNTAS	2	1.11	und
6	LEVE	PARCHADO PEQUEÑO	19.0	10.56	und
8	-	HUECOS SUPERFICIALES	8	4.44	und
10	LEVE	GRIETAS DESORDENADAS Y DESAGREGACIÓN SUPERFICIAL	63	35.00	und
10	MODERADO	GRIETAS DESORDENADAS Y DESAGREGACIÓN SUPERFICIAL	10	5.56	und
14	LEVE	DESPRENDIMIENTO EN JUNTA	69	38.33	und

14	MODERADO	DESPRENDIMIENTO EN JUNTA	17	9.44	und
15	LEVE	DESPRENDIMIENTO DE ESQUINA	3	1.67	und
15	MODERADO	DESPRENDIMIENTO DE ESQUINA	3	1.67	und

Tabla N°41 Resumen PCI para la sección I (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
1I	51	POBRE
2I	56	ACEPTABLE
3I	68	ACEPTABLE
4I	62	ACEPTABLE
5I	55	ACEPTABLE
6I	68	ACEPTABLE
7I	61	ACEPTABLE
8I	54	POBRE
9I	52	POBRE
10I	36	MUY POBRE

El valor PCI promedio ponderado en la sección rígida es 56, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

F. Pista de Aterrizaje – Sección I (Flexible 0+300 – 3+020)

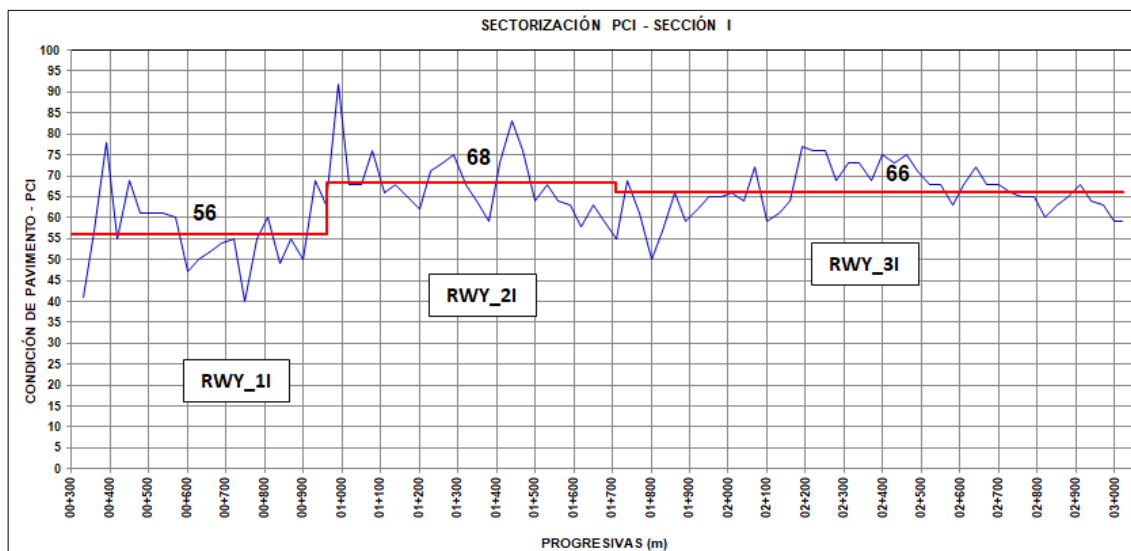


Figura N°38 Sectorización de PCI en pista de aterrizaje sección I

Fuente: Elaboración propia

- RWY_11:

La sección RWY_11 pertenece a la parte izquierda de la pista de aterrizaje (Pavimento flexible), desde la progresiva 0+300 hasta 0+960, con un ancho de 15m, tiene un área de 9,900m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°42 Resumen de deterioros – Sección RWY_11

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
3	LEVE	FISURA EN BLOQUE	5400.0	54.55	m2
5	LEVE	DEPRESIÓN	516.5	5.22	m2
6	-	EROSIÓN POR CHORROS DE TURBINA	247.3	2.50	m2
7	LEVE	REFLEXIÓN DE JUNTAS PPC	4.6	0.05	m2
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	562.0	1.73	m
8	MODERADO	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	175.0	0.54	m
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	124.5	1.26	m2
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	2248.0	22.71	m2
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	44.0	0.44	m2
17	LEVE	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	4050.0	40.91	m2

Tabla N°43 Resumen PCI para RWY_11

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
11I	41	POBRE
12I	57	ACEPTABLE
13I	78	SATISFACTORIO
14I	55	ACEPTABLE
15I	69	ACEPTABLE
16I	61	ACEPTABLE
17I	61	ACEPTABLE
18I	61	ACEPTABLE
19I	60	ACEPTABLE
20I	47	POBRE
21I	50	POBRE
22I	52	POBRE
23I	54	POBRE
24I	55	ACEPTABLE
25I	40	POBRE
26I	55	ACEPTABLE
27I	60	ACEPTABLE
28I	49	POBRE
29I	55	ACEPTABLE
30I	50	POBRE
31I	69	ACEPTABLE
32I	63	ACEPTABLE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_1I es 56, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

- RWY_2I:

La sección RWY_2I pertenece a la parte izquierda de la pista de aterrizaje (Pavimento flexible), desde la progresiva 0+960 hasta 1+710, con un ancho de 15m, tiene un área de 11,250m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°44 Resumen de deterioros – Sección RWY_2I

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
1	LEVE	PIEL DE COCODRILO	28.0	0.25	m2
5	LEVE	DEPRESIÓN	77.8	0.69	m2
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	507.5	1.37	m
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	101.6	0.90	m2
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	7430.0	66.04	m2
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	15.0	0.13	m2
17	LEVE	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	2025.0	18.00	m2

Tabla N°45 Resumen PCI para RWY_2I

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
33I	92	BUENO
34I	68	ACEPTABLE
35I	68	ACEPTABLE
36I	76	SATISFACTORIO
37I	66	ACEPTABLE
38I	68	ACEPTABLE
39I	65	ACEPTABLE
40I	62	ACEPTABLE
41I	71	SATISFACTORIO
42I	73	SATISFACTORIO
43I	75	SATISFACTORIO
44I	68	ACEPTABLE
45I	64	ACEPTABLE
46I	59	ACEPTABLE
47I	73	SATISFACTORIO
48I	83	SATISFACTORIO
49I	76	SATISFACTORIO
50I	64	ACEPTABLE
51I	68	ACEPTABLE
52I	64	ACEPTABLE
53I	63	ACEPTABLE
54I	58	ACEPTABLE
55I	63	ACEPTABLE

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
56I	59	ACEPTABLE
57I	55	ACEPTABLE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_2I es 68, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

- RWY_3I:

La sección RWY_3I pertenece a la parte izquierda de la pista de aterrizaje (Pavimento flexible), desde la progresiva 1+710 hasta 3+020, con un ancho de 15m, tiene un área de 10,200m². En la siguiente tabla se muestra el resumen de deterioros, cantidad y factor de afectación:

Tabla N°46 Resumen de deterioros – Sección RWY_3I

Fuente: Elaboración propia

DAÑO	SEVERIDAD	TIPO DE FALLA	CANTIDAD	% DE FALLA	UND
1	LEVE	PIEL DE COCODRILO	8.1	0.04	m2
5	LEVE	DEPRESIÓN	435.2	2.21	m2
6	-	EROSIÓN POR CHORROS DE TURBINA	4.6	0.02	m2
8	LEVE	FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	228.0	0.35	m
9	-	DERRAME DE COMBUSTIBLE	6.3	0.03	m2
10	LEVE	BACHEO O PARCHES	164.8	0.84	m2
12	LEVE	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	17100.0	87.02	m2
12	MODERADO	DISGREGACIÓN O EROSIÓN SUPERFICIAL	15.0	0.08	m2
13	LEVE	AHUELLAMIENTO	61.1	0.31	m2
17	LEVE	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	5400.0	27.48	m2
17	MODERADO	METEORIZACIÓN O DESGASTE POR ENVEJECIMIENTO	450.0	2.29	m2

Tabla N°47 Resumen PCI para RWY_3I

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
58I	69	ACEPTABLE
59I	61	ACEPTABLE
60I	50	POBRE
61I	57	ACEPTABLE
62I	66	ACEPTABLE
63I	59	ACEPTABLE
64I	62	ACEPTABLE
65I	65	ACEPTABLE
66I	65	ACEPTABLE
67I	66	ACEPTABLE

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
68I	64	ACEPTABLE
69I	72	SATISFACTORIO
70I	59	ACEPTABLE
71I	61	ACEPTABLE
72I	64	ACEPTABLE
73I	77	SATISFACTORIO
74I	76	SATISFACTORIO
75I	76	SATISFACTORIO
76I	69	ACEPTABLE
77I	73	SATISFACTORIO
78I	73	SATISFACTORIO
79I	69	ACEPTABLE
80I	75	SATISFACTORIO
81I	73	SATISFACTORIO
82I	75	SATISFACTORIO
83I	71	SATISFACTORIO
84I	68	ACEPTABLE
85I	68	ACEPTABLE
86I	63	ACEPTABLE
87I	68	ACEPTABLE
88I	72	SATISFACTORIO
89I	68	ACEPTABLE
90I	68	ACEPTABLE
91I	66	ACEPTABLE
92I	65	ACEPTABLE
93I	65	ACEPTABLE
94I	60	ACEPTABLE
95I	63	ACEPTABLE
96I	65	ACEPTABLE
97I	68	ACEPTABLE
98I	64	ACEPTABLE
99I	63	ACEPTABLE
100I	59	ACEPTABLE
101I	59	ACEPTABLE

El valor PCI promedio ponderado en la sección RWY_3I es 66, encontrándose en condición **ACEPTABLE**, según la norma ASTM D 5340-20.

En consecuencia, el PCI promedio para la sección I es 64 encontrándose en condición **ACEPTABLE**, desde la progresiva 0+300 a 3+020.

De la sectorización, podemos observar que la mayor incidencia de deterioro en valor promedio PCI se encuentra en la sección central C (Zona cargada) y sección D (derecha); la primera de la progresiva 0+300 a 0+990, donde se ha calculado un valor promedio de 37 en condición MUY POBRE, y la segunda, de la progresiva 1+650 a 2+340 con un valor promedio de 45 en condición POBRE, observándose en estos tramos erosión superficial (12), grietas longitudinales y

transversales (8), grietas en bloque (3), desgaste por envejecimiento (17) y erosión por chorro de turbina (6).

En consecuencia, se ha encontrado que la pista de aterrizaje en Pavimento Flexible sección C – Zona cargada tiene un 47.1% del área total en condición **ACEPTABLE**, 26.5% en condición **POBRE**, 15.4% en condición **MUY POBRE**, 8.8% en condición **SATISFACTORIO** y 2.2% en condición **SERIO**. Tal como se muestra en la figura a continuación:

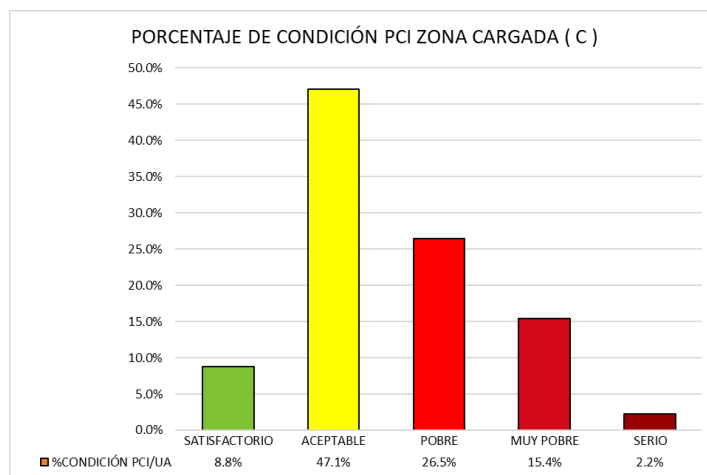


Figura N°39 Porcentaje de condición PCI en pista de aterrizaje – Pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

Respecto al Pavimento Rígido, se ha encontrado que la pista de aterrizaje sección C – Zona cargada tiene un 60% del total de losas en condición **ACEPTABLE** y 40% en condición **POBRE**. Tal como se muestra en la figura a continuación:

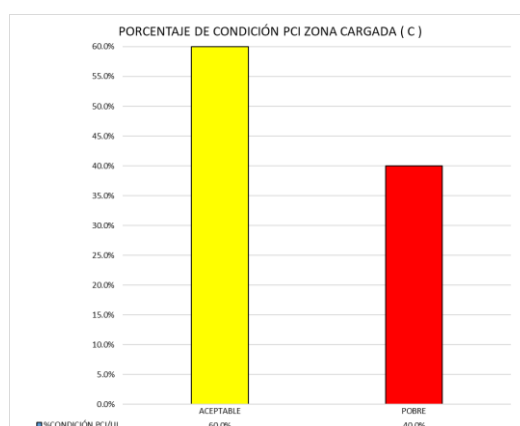


Figura N°40 Porcentaje de condición PCI en pista de aterrizaje – Pavimento rígido

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

6.1. OBTENCIÓN DE LOS ESPESORES CON GEORADAR

6.1.1 Procedimientos para la evaluación

Se realizaron las mediciones de prospección geofísica mediante equipo de georadar, la cual, tuvo como principal objetivo la detección de espesores de la estructura del pavimento que se emplearon como insumo en el análisis de las mediciones de deflectometría y, posteriormente, en la determinación de la capacidad estructural.

Para ello se ha procedido a realizar el procesamiento de información mediante el programa RADAN 7.0.

Los radagramas (Figura 41) son visualizados, procesados y analizados con ayuda de la herramienta software RADAN 7.0 y su módulo GSSI RoadScan, el cual permite identificar las capas que conforman la estructura del pavimento con facilidad, mostrando de manera fiable la localización y profundidad de cada una de ellas. RADAN 7.0 permite además, la aplicación de filtros que mejoren la visualización de las capas, mejorando el ruido generado por otras ondas EM al momento de la medición, también permite la aplicación de puntos de referencia con el fin de mejorar los espesores obtenidos, la unión de archivos para observar tramos consecutivos, dibujar las diferentes capas, obtener su dieléctrica y las profundidades de la misma a lo largo de todo el tramo, determinación de constantes dieléctricas de los distintos materiales, determinar la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas (siempre y cuando se usen determinado tipo de antenas); los datos pueden obtenerse cada metro, o pueden obtenerse en una longitud promedio.

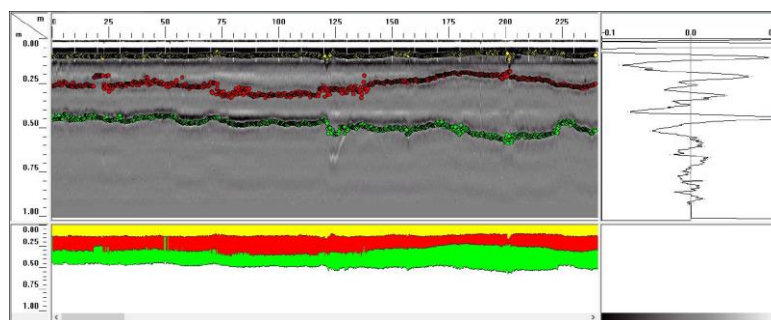


Figura N°41 Procesamiento del georadar con el software Radan (Radagrama)

Fuente: Elaboración propia

a) Partes del Archivo

En la siguiente imagen se aprecian los nombres de cada elemento que figura en el Radan 7.

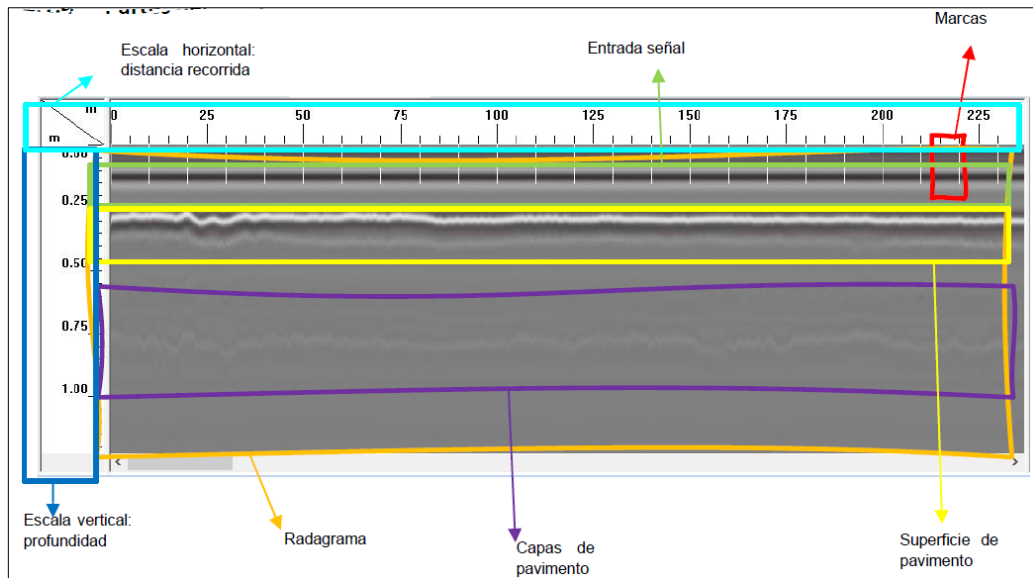


Figura N°42 Partes de archivo .dzt

Fuente: Elaboración propia

b) Horn calibration

Esta herramienta sirve para hacer el procesamiento del archivo de calibración hecho en campos antes de iniciar las mediciones para las antenas. Este archivo es el que se ve con olas (Figura 43) y hay que procesarlo con ayuda de esta herramienta.

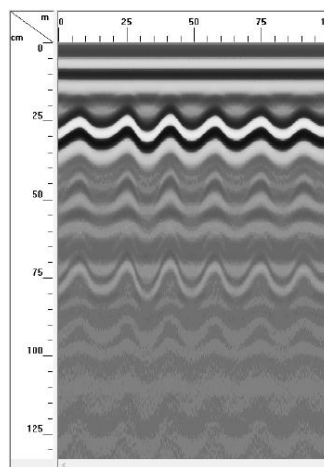


Figura N°43 Archivo de calibración

Fuente: Elaboración propia

c) Ground Truth

Esta herramienta ayuda a ajustar de forma manual e individual el espesor de las capas en función de una profundidad verdadera medida (apiques o sondeos). Esta herramienta es una de las formas de calibrar y obtener de forma realista las constantes dieléctricas de los materiales presentes en la zona a ser analizadas. A medida que se ingresan los distintos espesores de cada capa reales obtenidos en una campaña de extracción de núcleos y sondeos bajo la línea medida, van apareciendo en la tabla de Ground Truth los distintos valores de constante dieléctrica, modificando de forma realista los espesores obtenidos durante el procesamiento de la información.

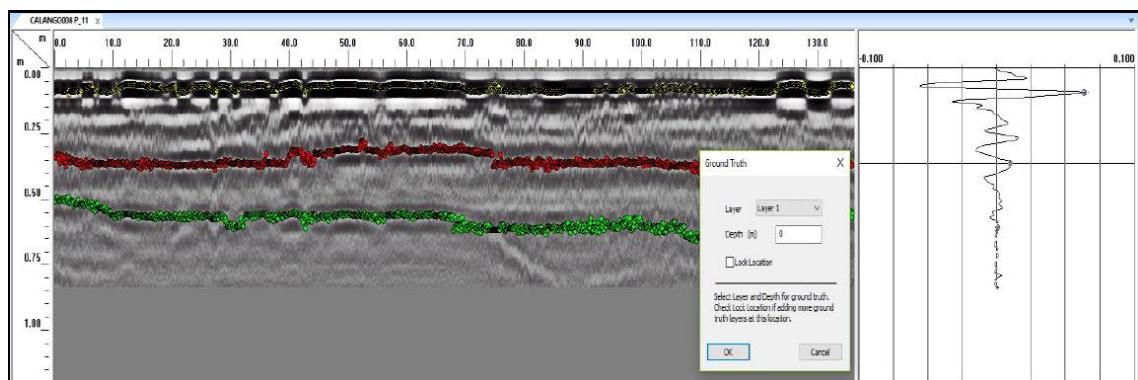


Figura N°44 Herramienta Ground Truth

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Determinación de los espesores

Los resultados de los antecedentes geotécnicos del aeropuerto cuentan con calicatas y diamantinas, dichos valores recolectados son usados en la calibración de los datos de Georadar. Cada uno de los valores de calicatas es puesto en los archivos respectivos para obtener las dieléctricas que describan al material.

Las mediciones con equipo Georadar han complementado la información de espesores que se tienen registrados en los pavimentos del Aeropuerto; la distribución de los ejes de medición con el Georadar son las indicadas en la figura 46, los cuales han seguido el mismo patrón de toma de datos de las mediciones deflectométricas.

Para la versión presentada se genera un promedio cada 30, 60 y 120 m en toda la pista de aterrizaje; esto se presenta en el Anexo 02-GPR. Además se podrá

visualizar los promedios para cada capa en todos los ejes evaluados y la representación de las estratigrafías que existen.

Tabla N°48 Promedio de espesores en los ejes

Fuente: Elaboración propia

Capa	Promedio en los ejes - Pavimento Flexible (mm)					
	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4	EJE 5	EJE 6
Carpeta Asfáltica	135	135	135	135	135	135
Base	136	136	136	136	136	136
Sub base	200	200	199	200	200	200
Capa	Promedio en los ejes - Pavimento Rígido (mm)					
	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4	EJE 5	EJE 6
Losa de concreto	300	300	300	300	300	300
Base	330	330	330	330	330	330

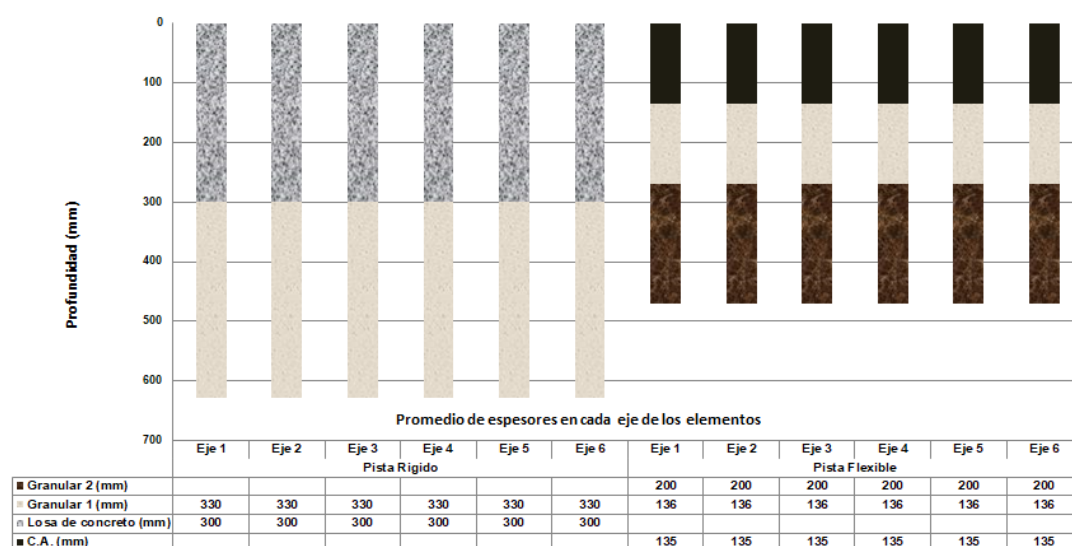


Figura N°45 Promedio de espesores por ejes de los estratos

Fuente: Elaboración propia

6.2. OBTENCIÓN DEL MÓDULO ELÁSTICO CON DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO

6.2.1 Procedimiento de la evaluación

Para realizar el ensayo se distribuyeron los ejes de medición en base a lo establecido en el Circular de Asesoramiento "AC150/5370-11B: Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements". El cuadro

siguiente presenta la distribución de los ejes de medición para sistemas de pavimentos rígidos y flexibles.

De acuerdo a la flota usuaria de aeronaves se determinaron los valores de presiones de inflado esperados y, a su vez, con base en éstos, se determinaron los niveles de carga para la ejecución de las mediciones deflectométricas, las cuales se realizaron con 2 niveles de carga: 225 y 270 kN. Se aplicó la carga sobre la placa de diámetro de 45 cm, de esta manera, se buscó obtener esfuerzos de contacto de 1 415 y 1 698 kPa, respectivamente, representativos de los intervalos de presión de inflado de las aeronaves en operación en el aeropuerto.

Tabla N°49 Ubicación y espaciado típico para pista de aterrizaje, pies (m)

Fuente: AC 150/5370-11B

Test type	Jointed PCC and HMA overlaid PCC				HMA			
	Project level		Network level		Project level		Network level	
	Offset, ft. (m)	Spacing, ft. (m)	Offset, ft. (m)	Spacing, ft. (m)	Offset, ft. (m)	Spacing, ft. (m)	Offset, ft. (m)	Spacing, ft. (m)
Center	10 (3) 30 (9) 65 (20)	100 (30) 100-200 (30-60) 400 (120)	10 (3)	200-400 (60-120)	10 (3) 20 (6) 65 (20)	100 (30) 100-200 (30-60) 200-400 (60-120)	10 (3)	200-400 (60-120)
Transverse Joint	10 (3) 30 (9) 65 (20)	100-200 (30-60) 200-400 (60-120) 400 (120)	10 (3)	400 (120)				
Longitudinal Joint	20 (6) 40 (12) 60 (18)	200 (60) 400 (120) 400 (120)						
Corner	20 (6) 40 (12) 60 (18)	200 (60) 400 (120) 400 (120)						

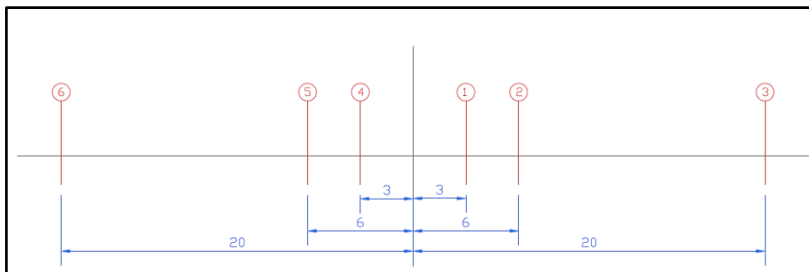


Figura N°46 Distribución de los ejes de medición de deflexiones en pavimento flexibles

Fuente: Elaboración propia

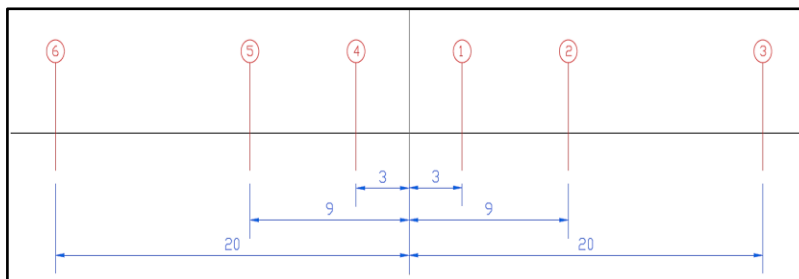


Figura N°47 Distribución de los ejes de medición de deflexiones en pavimento rígidos

Fuente: Elaboración propia

A. Análisis de Retrocálculo

Es posible calcular la resistencia de las capas de pavimento a partir de los datos de deflexión obtenidos mediante los ensayos de prueba con el HWD. El proceso utilizado para realizar este análisis se conoce como cálculo inverso (retrocálculo) porque el ingeniero normalmente hace lo opuesto al diseño tradicional del pavimento. En lugar de determinar el espesor de cada capa de pavimento sobre la base de las resistencias de capa asumidas, el retro-cálculo implica resolver las resistencias de las capas de pavimento en función del espesor de la capa uniforme existente. La resistencia de la capa se conoce como módulo de elasticidad de Young o simplemente el módulo de elasticidad.

Las anomalías de la cuenca de deflexiones podrían ocurrir por varias razones, incluyendo la presencia de una grieta cerca de la placa de carga, un error de configuración del sensor, sensor y NDT que no funciona, sensores no calibrados adecuadamente, huecos, pérdida de soporte, curvatura de la temperatura o deformación de la losa de concreto, O varias otras razones. El ingeniero debe revisar los datos de deflexión y eliminar los datos que tienen las siguientes anomalías.

- Tipo 1: En este caso, las deflexiones de uno o más sensores son mayores que las deflexiones bajo el plato. Este tipo de anomalía puede producir grandes errores durante el proceso de retro-cálculo.
- Tipo 2: Esta anomalía ocurre cuando existe un inusual decrecimiento en la deflexión entre dos sensores adyacentes. Debido a que la teoría elástica asume que las deflexiones disminuyen cuando la distancia al plato de carga aumenta, el decrecimiento será gradual y relativamente consistente entre dos sensores.
- Tipo 3: Similar al tipo 1, ocurre cuando la deflexión en el sensor más lejano entre dos sensores adyacentes es mayor que la deflexión en el sensor más cercano al plato de carga.

B. Uso del programa Elmod 6

ELMOD es un software desarrollado por Odemark el cual utiliza el método de espesores equivalentes para efectuar el retrocálculo. Considerando un espesor equivalente, la estructura de pavimento en capas se transforma en un sistema Boussinesq equivalente por encima de la subrasante. Las ventajas de este

enfoque son que la no linealidad del material se puede considerar y el cálculo es más rápido que el análisis elástico estratificado convencional. Es capaz de analizar hasta una estructura de cuatro capas de pavimento. Para cada caída del HWD, calcula las relaciones de esfuerzos no lineales de la subrasante. Durante el retro-cálculo, primero calcula el módulo de la subrasante usando las deflexiones externas. Utilizando la deflexión central y la forma de la cuenca de deflexiones, se determinan los módulos de la HMA y de las bases granulares. El módulo de la subrasante en el centro de la placa de carga se ajusta entonces para el nivel de tensión y se comprueban las deflexiones exteriores. Una nueva iteración se hace en esta etapa, si es necesario. Este programa también es capaz de determinar la vida restante y el grosor de recubrimiento requerido.

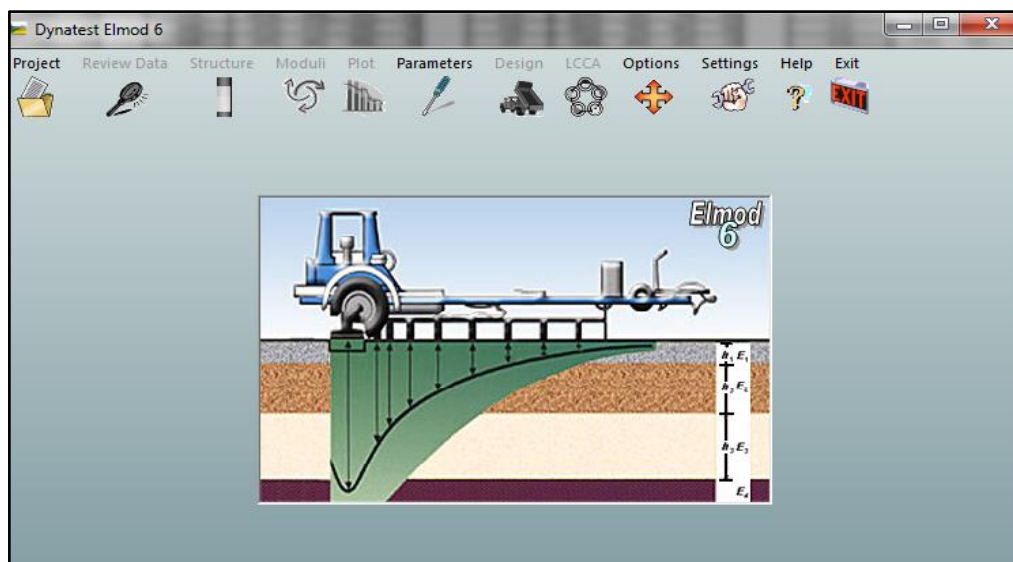


Figura N°48 Interfaz del software Elmod 6 utilizado para el retro-cálculo

Fuente: Elaboración propia

Los datos de entrada al software son los siguientes:

- Espesores de las capas del pavimento: Carpeta de rodaje, base de agregado y profundidad hasta un lecho de capa rígida
- Módulos semillas para las capas del pavimento
- Configuración de los sensores del HWD
- Carga de impulso del HWD
- Mediciones de las deflexiones en un lugar de ensayo

Structure: TWDELTAFLXJE1LD0001_mdb

Section: 1

From: 0 To: 0.15 Use parameter setup: SIDefault

Layer	Thickness (mm)	Seed Modulus (MPa)	Material
1	109.2	2500	AC
2	152.4	300	Granular
3	132.1	150	Granular
4		50	Clay
5			

Max depth to rigid layer: mm PCC is layer no.: None Use GPR Data:

Buttons: Add section after no. 1, Delete section no. 1, View structure, Import/edit GPR data, Use PCC Joint ID Numbers, Verify Slabs, Change channels for joint calculation, Cancel, Save.

Figura N°49 Datos de entrada de la estructura de pavimento flexible a Elmod 6

Fuente: Elaboración propia

Structure: PLTNEWJE10002 - Centro_mdb

Section: 1

From: 0.011 To: 0.326 Use parameter setup: SIDefault

Layer	Thickness (mm)	Seed Modulus (MPa)	Material
1	350	28000	Cement-bound
2	152.4	360	Granular
3	203.2	210	Granular
4		150	Clay
5			

Max depth to rigid layer: mm PCC is layer no.: 1 Use GPR Data:

Buttons: Add section after no. 1, Delete section no. 1, View structure, Import/edit GPR data, Use PCC Joint ID Numbers, Verify Slabs, Change channels for joint calculation, Cancel, Save.

Figura N°50 Datos de entrada de la estructura de pavimento rígido a Elmod 6

Fuente: Elaboración propia

Con la sección transversal del pavimento, conociendo los espesores de las capas, se hace un primer intento con el retro-cálculo para hallar los módulos de las capas usando los módulos de "semilla" obtenidas de la tabla N°50.

Ya que la respuesta del pavimento sometido a cargas es afectada por la temperatura, se ha considerado el Modelo de BELLS para el estimar la temperatura a la mitad de la capa de asfalto. El software necesita del dato de la temperatura promedio un día antes del ensayo, el cual se ha introducido para cada sección del aeropuerto.

Tabla N°50 Valores de módulos típicos y rango de valores para materiales de pavimentos

Fuente: AC 150/5370-11B

Material	Low Value, PSI (MPa)	Typical Value, PSI (MPa)	High Value, PSI (MPa)
Asphalt concrete	70,000 (500)	500,000 (3,500)	2,000,000 (14,000)
Portland cement concrete	1,000,000 (7,000)	5,000,000 (35,000)	9,000,000 (60,000)
Lean-concrete base	1,000,000 (7,000)	2,000,000 (14,000)	3,000,000 (20,000)
Asphalt-treated base	100,000 (700)	500,000 (3,500)	1,500,000 (10,000)
Cement-treated base	200,000 (1,400)	750,000 (5,000)	2,000,000 (14,000)
Granular base	10,000 (70)	30,000 (200)	50,000 (350)
Granular subbase or soil	5,000 (30)	15,000 (100)	30,000 (200)
Stabilized soil	10,000 (70)	50,000 (350)	200,000 (1,400)
Cohesive soil	3,000 (20)	7,000 (50)	25,000 (170)

Con la configuración de la estructura definida, se procede con realizar el retro-cálculo.

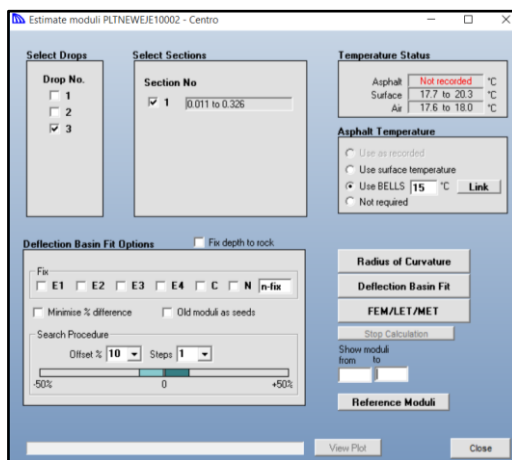


Figura N°51 Proceso de estimación de módulos en Elmod 6

Fuente: Elaboración propia

C. Uso de data Georadar (GPR) en el programa Elmod 6

En el programa ELMOD existe una función para emplear los espesores obtenidos a través de las mediciones con el equipo Georadar, de manera de realizar el retrocálculo con los espesores de cada punto donde se obtuvo deflexiones con el equipo Deflectómetro de Impacto. En las siguientes ventanas se aprecia el proceso para dicha función:

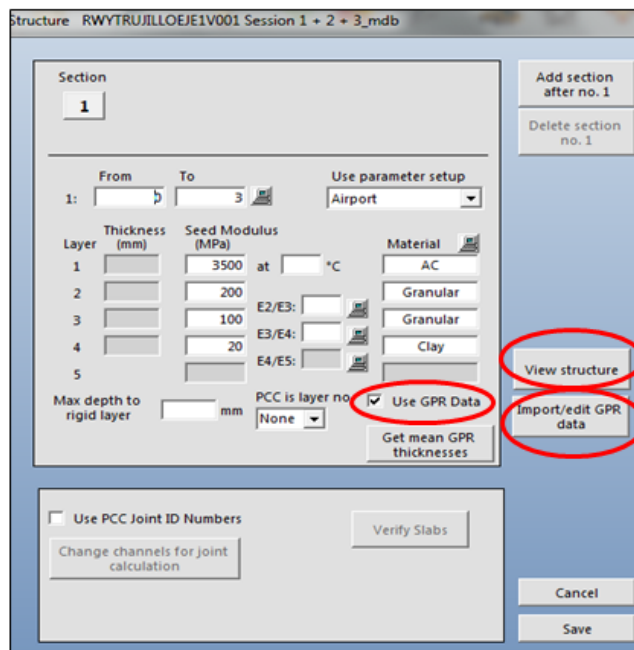


Figura N°52 Ventana de Ingreso de Espesores y Módulos en Elmod 6

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se aprecia que se activa las funciones de Georadar, haciendo clic en el casillero “Use GPR Data”.

Luego se hace clic en “View Structure” para visualizar el perfil obtenido con equipo Georadar, cuya vista se aprecia en la siguiente figura:

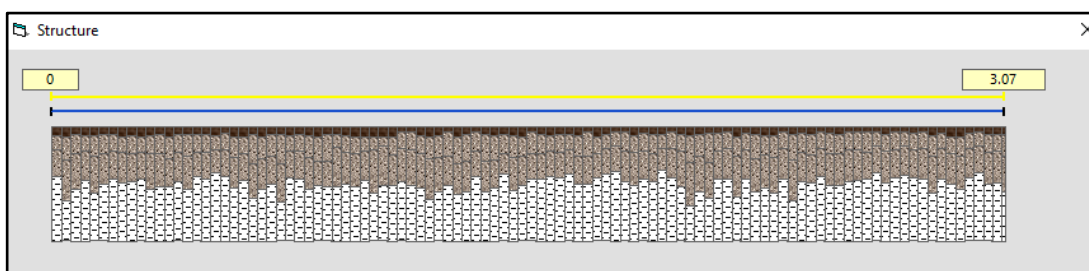


Figura N°53 Perfil de Espesores Obtenidos con Georadar en Elmod 6

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se hace clic en el casillero “import/edit GPR Data”, que permite pegar toda la información de espesores del eje correspondiente. Con ello, aparecerá una ventana que se muestra a continuación:

Thickness data

Import new data from text file Paste Excel data

Chainage	Layer 1 (mm)	Layer 2 (mm)	Layer 3 (mm)	Layer 4 (mm)
0	58	109	209	
0.03	74	176	324	
0.06	49	150	278	
0.09	58	122	231	
0.12	58	161	285	
0.15	49	151	243	
0.18	54	127	217	
0.21	73	117	241	
0.24	56	144	218	
0.27	69	118	207	
0.3	56	139	285	
0.33	52	155	253	
0.36	73	169	219	

Click cells to edit
<Alt> + Click station to remove test point

Cancel
Save

Figura N°54 Data de Espesores de Georadar en Elmod 6

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones en la pista, calles y plataforma se realizó de la siguiente manera:

- Las mediciones en la pista de aterrizaje se han diferenciado debido a que en los 300m es rígida y la medida ahí fue separado a 3, 9, y 20m, mientras que la parte flexible se evaluó en 6 ejes, separados a 3, 6 y 20 m a cada lado del eje central de la pista, lo golpes realizados en los ejes 1 y 4 fueron a cada 30m, mientras que en los ejes 2 y 5 a cada 60m y finalmente en los ejes 3 y 6 a cada 120m.

D. Sectores homogéneos

Para hallar los sectores homogéneos, se utilizó el método de análisis por diferencias acumuladas que recomienda la circular de la FAA AC 150/5370-11B. En este método, los tramos homogéneos se localizan entre puntos con cambios en el sentido de la pendiente y se resume de la siguiente manera:

Tabla N°51 Solución tabular para método de diferencias acumuladas

Fuente: AASHTO de 1993

(1) Abscisa (m)	(2) Valor de res- puesta del pavimento (r_i)	(3) Número del inter- valo (n)	(4) Distancia del intervalo (Δx_i)	(5) Distancia acumulada ($\sum \Delta x_i$)	(6) Valor de res- puesta prome- dio (\bar{r}_i)	(7) Área del intervalo real (a_i)	(8) Área acumulada ($\sum a_i$)	(9) $Z_i = (8) - F \times (5)$
1	r_1	1	Δx_1	Δx_1	$\bar{r}_1 = r_1$	$a_1 = \bar{r}_1 \times \Delta x_1$	a_1	$Z_{x1} = a_1 - F \cdot \Delta x_1$
2	r_2	2	Δx_2	$\Delta x_1 + \Delta x_2$	$\bar{r}_2 = (r_1 + r_2)/2$	$a_2 = \bar{r}_2 \times \Delta x_2$	$a_1 + a_2$	$Z_{x2} = (a_1 + a_2) - F \cdot (\Delta x_1 + \Delta x_2)$
		3	Δx_3	$\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$	$\bar{r}_3 = (r_2 + r_3)/2$	$a_3 = \bar{r}_3 \times \Delta x_3$	$a_1 + a_2 + a_3$:
3	r_3	N_i	Δx_{N_i}	$\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_{N_i}$	$\bar{r}_{N_i} = (r_{n-1} + r_n)/2$	$a_{N_i} = \bar{r}_{N_i} \times \Delta x_{N_i}$	$a_1 + a_2 + a_3 + a_{N_i}$	$Z_{x_{N_i}} = (a_1 + \dots + a_{N_i}) - F \cdot (\Delta x_1 + \dots + \Delta x_{N_i})$
L_p	r_n							

$$F = \frac{At}{L}$$

Dónde:

At = Sumatoria de los valores obtenidos de área acumulada

L = Longitud de tramo en estudio (Km)

6.2.1.1 Metodología de PCN utilizada

Se empleará el método ACN-PCN desarrollado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), que se describe en la Parte III de la segunda edición del Manual de Diseño de Aeródromos y cuyo procedimiento se describe en el Advisory Circular 150/5335-5C (2014) de la Administración de Aviación Federal (FAA).

El sistema PCN utiliza un formato codificado para aumentar la cantidad de información contenida en un número mínimo de caracteres y para facilitar el tratamiento informático. El PCN para un pavimento se indica como un número de cinco partes donde se ordenan y separan los siguientes códigos mediante barras diagonales: Valor numérico de PCN / Tipo de pavimento / Categoría de subrasante / Presión permitida de los neumáticos / Método utilizado para determinar el PCN.

- Valor numérico de PCN

El valor numérico de PCN indica la capacidad de carga de un pavimento en términos de una carga estándar de una sola rueda a una presión de neumático de 181 psi (1,25 MPa). El valor de PCN se debe registrar en números enteros, redondeando cualquier fracción de partes al número entero más cercano. Para pavimentos de diversas resistencias, el valor numérico PCN de control para el segmento más débil del pavimento debería ser normalmente reportado como la

resistencia del pavimento. El juicio de ingeniería puede ser requerido en que si el segmento más débil no está en la parte más usada de la pista, entonces otro segmento representativo puede ser más apropiado para determinar PCN.

- Tipo de Pavimento

Con el fin de informar los valores de PCN, se considera que los tipos de pavimento funcionan como estructuras flexibles o rígidas.

La siguiente Tabla enumera los códigos de pavimento con el propósito de reportar PCN.

Tabla N°52 Códigos del pavimento para el reporte del PCN

Fuente: Anexo 14

Tipo de Pavimento	Código de Pavimento
Flexible	F
Rígido	R

A. Pavimento Flexible

Los pavimentos flexibles soportan cargas a través de apoyos en lugar de la acción por flexión. Comprenden varias capas de materiales seleccionados diseñados para distribuir gradualmente las cargas de la superficie a las capas inferiores. El diseño garantiza que la carga transmitida a cada capa sucesiva no supere la capacidad de carga de la capa.

B. Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos emplean una sola capa estructural, que es muy dura o rígida, para soportar las cargas del pavimento. La rigidez de la capa estructural y su comportamiento de viga permiten que el pavimento rígido distribuya cargas sobre una gran área de la subrasante. La capacidad de carga de una estructura rígida depende en gran medida de la resistencia de la capa estructural, que depende de un soporte uniforme de las capas inferiores.

- Categoría de la resistencia de la subrasante

Existen identificados cuatro resistencias estándar de la subrasante para el cálculo y reporte de los valores ACN y PCN. Los valores para pavimentos rígidos y flexibles se encuentran en las siguientes tablas:

Tabla N°53 Condiciones estándar de resistencia de la subrasante para el cálculo del ACN en pavimentos rígidos

Fuente: Anexo 14

Categoría de resistencia de la subrasante	Soporte de la subrasante k-Valor, pci (MN/m ³)	Representación pci (MN/m ³)	Código designado
Alto	552.6 (150)	$k \geq 442$ (≥ 120)	A
Medio	294.7 (80)	$221 < k < 442$ ($60 < k < 120$)	B
Bajo	147.4 (40)	$92 < k < 221$ ($25 < k \leq 60$)	C
Muy Bajo	73.7 (20)	$k \leq 92$ (≤ 25)	D

Tabla N°54 Condiciones estándar de resistencia de la subrasante para el cálculo del ACN en pavimentos flexibles

Fuente: Anexo 14

Categoría de resistencia de la subrasante	Soporte de Subrasante Valor de CBR	Representación CBR (%)	Código designado
Alto	15	$CBR \geq 13$	A
Medio	10	$8 < CBR < 13$	B
Bajo	6	$4 < CBR \leq 8$	C
Muy Bajo	3	$CBR \leq 4$	D

- Presión de llantas permisible

Los códigos de presión de los neumáticos se aplican igualmente a las secciones de pavimento rígidas o flexibles; Sin embargo, la aplicación de la presión permisible del neumático difiere substancialmente para los pavimentos rígidos y flexibles. La siguiente tabla muestra las categorías de presión de llanta permisible por el método ACN-PCN.

Tabla N°55 Código de presión de llantas para notificación de PCN

Fuente: Anexo 14

Categoría	Código	Rango de presiones de llanta
Sin límite	W	Sin límite de presión
Alto	X	Presión limitada a 254 psi (1.75 MPa)
Medio	Y	Presión limitada a 181 psi (1.25 MPa)
Bajo	Z	Presión limitada a 73 psi (0.5 MPa)

A. Presión de Llantas en Pavimentos Rígidos

La presión de los neumáticos de los aviones tendrá poco efecto en los pavimentos con superficies de cemento Portland (concreto). Los pavimentos rígidos son lo suficientemente fuertes como para resistir presiones de los neumáticos más altas que las utilizadas actualmente por los aviones comerciales y generalmente se pueden clasificar como código W.

B. Presión de Llantas en Pavimentos Flexibles

Las presiones de los neumáticos pueden estar restringidas en concreto asfáltico (asfalto), dependiendo de la calidad de la mezcla asfáltica y de las condiciones climáticas. Los efectos de la presión de los neumáticos sobre una capa de asfalto se refieren a la estabilidad de la mezcla en resistencia al cizallamiento o densificación. Un pavimento de asfalto mal construido puede estar sujeto al constante fisuramiento debido a la consolidación bajo carga. La principal preocupación en resistir los efectos de la presión de los neumáticos es con la estabilidad o resistencia al corte de mezclas de menor calidad. Una mezcla adecuadamente preparada y colocada que cumpla con la especificación FAA artículo P-401 puede soportar una presión de neumático sustancial en exceso de 1,58 MPa (218 psi). El artículo P-401, Pavimentos para Asfalto en Mezcla en caliente (HMA), se proporciona en la versión actual de AC 150 / 5370-10, Normas para Especificar la Construcción de Aeropuertos. Las mezclas mal preparadas y colocadas pueden mostrar dificultades a presiones de neumáticos de 100 psi (0,7 MPa) o menos. Aunque estos efectos son independientes del espesor de la capa asfáltica, los pavimentos con asfalto bien colocado de 10 a 12 pulgadas (10,2 a 12,7 cm) de grosor pueden clasificarse generalmente con el código X o W, mientras que el pavimento más delgado de asfalto de menor calidad no debe ser Clasificado por encima del código Y.

- Método utilizado para determinar el PCN

El método PCN establece dos sistemas de evaluación del pavimento. Si la evaluación representa los resultados de un estudio técnico, el método de evaluación debe codificarse en T. Si la evaluación se basa en la experiencia "Utilización de aeronaves", el método de evaluación debe codificarse como U. La evaluación técnica implica que algún tipo de estudio técnico y de cálculo se ha utilizado en la determinación del PCN. El uso de la evaluación de aeronaves significa que el PCN se determinó seleccionando el ACN más alto entre las

aeronaves que usan actualmente la instalación y no causando problemas de pavimento.

Un ejemplo de un código PCN es 80 / R / B / W / T, donde 80 expresa el valor numérico de PCN, R pavimento rígido, B subrasante de resistencia media, W presión de neumático alta permisible y T un valor de PCN obtenido mediante una evaluación técnica.

- Método de evaluación técnica

El método de evaluación técnica para determinar un PCN requiere el espesor del pavimento y las propiedades de la sección transversal, así como detalles del mix del tráfico.

Se efectuará empleando el software COMFAA que es un programa de uso general que puede ser usado de dos formas: modo de cálculo de ACN y modo de cálculo de espesores.

- Pavimentos flexibles: propiedades de la sección y determinación del espesor equivalente

Para efectos de evaluación, el espesor real de la sección de pavimento flexible considerada debe convertirse en una sección de pavimento flexible estándar. La sección estándar, que corresponde al requisito de espesor total calculado por el programa COMFAA, asume un espesor de capa definido para la superficie de asfalto flexible, un espesor de capa definido de material de base de agregado con un CBR 80 o superior y una capa de base subyacente de grosor variable con un CBR 20 o mayor. Para sistemas de pavimento flexibles, se han definido dos secciones de referencia estructurales estándar.

Cuando ninguna aeronave en la mezcla de tráfico tiene cuatro o más ruedas en un engranaje principal, la estructura de referencia que se utilizará es: 3 pulgadas de curso de superficie de asfalto (P401) y 6 pulgadas de tramo de base de agregado triturado (P209). Cuando una o más aeronaves en la mezcla de tráfico tienen cuatro o más ruedas en un engranaje principal, la estructura de referencia a utilizar es: 5 pulgadas de curso de superficie de asfalto (P401) y 8 pulgadas de base de agregado triturado (P209).

Tabla N°56 Espesores estándares de la FAA

Fuente: AC 150/5335-5C

Referencia Estructural	Menor que cuatro ruedas en el tren de aterriaje	Cuatro o más ruedas en el tren de aterriaje
Concreto asfáltico (FAA item P-401)	3	5
Calidad de base granular (FAA item P-209)	6	8

Si el pavimento contiene material en exceso o materiales mejorados, el espesor total del pavimento se puede aumentar de acuerdo con el método de la FAA. Se considera que el pavimento tiene exceso de asfalto, que puede ser convertido en espesor extra equivalente, cuando el espesor del asfalto es mayor que el espesor mínimo de asfalto de la sección de pavimento referenciada. También se puede considerar que el pavimento tiene un exceso de espesor de base de agregado cuando la sección transversal tiene un espesor de base de agregado triturado de alta calidad mayor que el espesor mínimo de la base de agregado triturado de alta calidad de la sección de pavimento referenciada o cuando otros materiales mejorados, Estabilización o materiales tratados con cemento. Del mismo modo, también se pueden convertir materiales de base mejorados adicionales en material de base secundaria adicional para añadir al espesor total del pavimento. Se detalla en la siguiente tabla:

Tabla N°57 Rango de factores de equivalencia para las capas en pavimentos flexibles

Fuente: AC 150/5335-5C

Structural Item	Description	Range Convert to P-209	Recommended Convert to P-209	Range Convert to P-154	Recommended Convert to P-154
P-501	Portland Cement Concrete (PCC)	--	--	--	--
P-401	Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)	1.2 to 1.6	1.6	1.7 to 2.3	2.3
P-403	Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)	1.2 to 1.6	1.6	1.7 to 2.3	2.3
P-306	Econocrete Subbase Course (ESC)	1.2 to 1.6	1.2	1.6 to 2.3	1.6
P-304	Cement Treated Base Course (CTB)	1.2 to 1.6	1.2	1.6 to 2.3	1.6
P-212	Shell Base Course	--	--	--	--
P-213	Sand-Clay Base Course	--	--	--	--
P-220	Caliche Base Course	--	--	--	--
P-209	Crushed Aggregate Base Course	1.0	1.0	1.2 to 1.6	1.4
P-208	Aggregate Base Course	1.0	1.0	1.0 to 1.5	1.2
P-211	Lime Rock Base Course	1.0	1.0	1.0 to 1.5	1.2
P-301	Soil-Cement Base Course	n/a	--	1.0 to 1.5	1.2
P-154	Subbase Course	n/a	--	1.0	1.0
P-501	Portland Cement Concrete (PCC)	Range Convert to P-401 2.2 to 2.5, 2.5 Recommended			

Nota: El criterio de ingeniería se puede usar para ajustar los factores recomendados para todos los ítems estructurales dentro de los rangos mostrados en la tabla.

- Pavimentos rígidos: Propiedades de la sección y determinación del soporte de la subrasante mejorada

Para la determinación de PCN se necesitan las características del pavimento rígido, incluyendo el módulo de la subrasante, k , el espesor del concreto y la resistencia a la flexión. El módulo de cimentación (valor k) se asigna al material directamente debajo de la capa de pavimento de concreto. Sin embargo, el valor de k para la subrasante se determina y luego se ajusta para tener en cuenta las capas (subbases) mejoradas entre la capa de concreto y la subrasante. Hay correcciones de valores k disponibles para sub-bases con agregado no triturado, sub-bases de agregados triturados y subbases estabilizadas con cemento asfáltico o cemento Portland. El valor de k puede aumentarse de acuerdo con los métodos descritos en el método FAA Westergaard. El espesor del concreto en un pavimento rígido puede incrementarse si se ha colocado una capa de asfalto sobre la superficie. Cada 2,5 pulgadas de asfalto puede convertirse a 1,0 pulgadas de concreto.

Este valor de la resistencia a flexión se puede calcular a partir de los resultados de los ensayos a compresión realizados en testigos diamantinos. La correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión es $M_r = 2.58 \times \sqrt{f'_c}$.

Para facilitar el uso del sistema de ACN-PCN, la FAA ha desarrollado una aplicación de software que determina el espesor de evaluación tanto para pavimentos flexibles y rígidos y el valor k de la subrasante para pavimentos rígidos. El programa de soporte es una hoja de cálculo, que se puede actualizar periódicamente.

6.2.1.2 Modelación

El uso del programa COMFAA para calcular los valores de ACN para determinar PCN es visualmente interactivo e intuitivo.

A. Pasos para el cálculo del ACN

- Seleccionar la aeronave deseada,
- Confirmar las propiedades físicas de la aeronave. Sólo el peso bruto, el peso bruto porcentual del equipo principal y la presión de los neumáticos son variables. Todas las demás propiedades son fijadas por la norma de la OACI.
- Hacer clic en el botón "MORE" y

- Ejecutar con un clic en el botón ACN Flexible o ACN Rígido para determinar el ACN para las cuatro condiciones de subred estándar.
- Hacer clic en el botón "Detalles" para ver los parámetros utilizados para calcular ACN.

B. Pasos para el cálculo del PCN

- Agregar la aeronave del mix del tráfico de la pista a un archivo externo,
- Confirmar las propiedades físicas de cada avión individual en la mezcla de tráfico,
- Ingresar salidas anuales o coberturas de la aeronave,
- Introducir el espesor de evaluación y la resistencia de soporte de la subrasante,
- Introducir la resistencia del hormigón si analiza un pavimento rígido,
- Hacer clic en el botón "MENOS" para activar el modo de computación PCN por lotes, y
- Hacer clic en el botón PCN Flexible Batch o PCN Rigid Batch para determinar el PCN del pavimento.
- Hacer clic en el botón "Detalles" para ver las tablas de resultados.

6.2.2 Determinación de los valores

6.2.2.1 Determinación de valores obtenidos con HWD

A. Deflexiones en Pista

Para una mayor precisión de las deflexiones que existen en la pista de aterrizaje, se ha procedido a sectorizar por tercios a las zonas cargadas y no cargadas, de ello se han obtenido los valores de deflexión promedio, desviación estándar y la clasificación de la condición estructural. Hacer hincapié que la zona cargada está atribuida a la evaluación en los ejes 1,2, 4 y 5 respectivamente, mientras que las zonas no cargadas es la evaluada en los ejes 3 y 6.

En la tabla, se presentan los datos de la deflexión central para un esfuerzo de 1698 KPa (carga de 270 KN) y las condiciones estructurales de acuerdo al parámetro de **E. Horak (Evaluation of airport pavements with FWD deflection bowl parameter benchmarking methodology)**, en donde indica que las deflexiones menores a 1500 micrones es catalogada como "Buena", deflexiones

que se encuentran en el rango entre 1500-2500 micrones catalogada como “Regular” y deflexiones mayores a 2500 micrones catalogada como “Severa”.

Tabla N°58 Resumen de sectorización en los ejes, pista de aterrizaje flexible

Fuente: Elaboración propia

Eje	Localización del Sector				Do		Clasificación de Condición Estructural
	Sector N°	Km Inicial	Km Final	Distancia (km)	Valores Estadísticos		
					Do prom.	Desv. Estándar	
Eje 1 (+3)	RWY_C2	000+300	001+110	810	533	176	Buena
	RWY_C3	001+110	002+100	990	720	154	Buena
	RWY_C4	002+100	003+000	900	885	246	Buena
Eje 4 (-3)	RWY_C2	000+300	001+110	810	470	223	Buena
	RWY_C3	001+110	002+100	990	693	171	Buena
	RWY_C4	002+100	003+000	900	890	246	Buena
Eje 2 (+6)	RWY_C2	000+300	000+840	540	460	187	Buena
	RWY_C3	000+840	001+920	1 080	649	179	Buena
	RWY_C4	001+920	003+000	1 080	982	217	Buena
Eje 5 (-6)	RWY_C2	000+300	000+840	540	442	243	Buena
	RWY_C3	000+840	001+920	1 080	643	197	Buena
	RWY_C4	001+920	003+000	1 080	904	174	Buena
Eje 3 (+20)	RWY_D2	000+300	001+140	840	603	324	Buena
	RWY_D3	001+140	002+100	960	719	92	Buena
	RWY_D4	002+100	002+940	840	941	165	Buena
Eje 6 (-20)	RWY_I2	000+300	001+140	840	622	301	Buena
	RWY_I3	001+140	002+100	960	819	240	Buena
	RWY_I4	002+100	002+940	840	867	218	Buena

De los resultados obtenidos en la clasificación de condición estructural del pavimento, se aprecia que las deflexiones tanto en las zonas cargadas y no cargadas se encuentran en condiciones Buenas.

Tabla N°59 Resumen de sectorización en los ejes, pista de aterrizaje rígido

Fuente: Elaboración propia

Eje	Sector N°	Do		Clasificación de Condición Estructural
		Valores Estadísticos		
		Do prom.	Desv. Estándar	
Eje 1 (+3)	RWY_C1	395	97	Buena
Eje 4 (-3)	RWY_C1	286	140	Buena
Eje 2 (+6)	RWY_C1	263	41	Buena
Eje 5 (-6)	RWY_C1	325	93	Buena
Eje 3 (+20)	RWY_D1	209	22	Buena
Eje 6 (-20)	RWY_I1	226	33	Buena

B. Módulos en Pista

En las siguientes tablas se podrán apreciar el resumen de los valores obtenidos por los diferentes ejes y sectorizado por sub tramos tanto en las zonas cargadas y no cargadas. Se presentan valores obtenidos después de realizar el descarte de los puntos en los cuales no se logró una convergencia satisfactoria.

A continuación, se muestra el promedio, desviación y percentil al 85% de los módulos de subrasante de los resultados obtenidos, debido a que estos datos son utilizados para realizar el cálculo de CBR.

Tabla N°60 Resumen de resultados Módulos de la subrasante, pista de aterrizaje flexible

Fuente: Elaboración propia

LOCALIZACIÓN DEL SECTOR				MÓDULO ELÁSTICO, (Esub) Mpa			CBR	CBR prom
EJE	Sector No.	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	Valores estadísticos				
				prom	Desviación estándar	Percentil (85%)		
Eje 1	1	K00+300	K02+220	151	56	104	10.1	11.0
	2	K02+220	K02+460	208	44	133	12.8	
	3	K02+460	K03+000	146	47	104	10.1	
Eje 4	1	K00+300	K02+220	167	55	118	11.4	11.3
	2	K02+220	K02+460	213	127	131	12.7	
	3	K02+460	K03+000	141	48	101	9.8	
Eje 2	1	K00+300	K02+220	148	37	118	11.5	9.8
	2	K02+220	K02+460	218	97	101	9.7	
	3	K02+460	K03+000	104	44	86	8.3	
Eje 5	1	K00+300	K02+220	167	64	106	10.3	9.4
	2	K02+220	K02+460	206	105	117	11.3	
	3	K02+460	K03+000	115	43	69	6.6	
Eje 3	1	K00+300	K01+260	112	98	39	3.8	14.6
	2	K01+260	K01+500	992	691	390	37.7	
	3	K01+500	K02+940	109	71	23	2.2	
Eje 6	1	K00+300	K01+260	121	38	91	8.8	8.5
	2	K01+260	K01+500	106	20	87	8.4	
	3	K01+500	K02+940	160	78	87	8.4	
LOCALIZACIÓN DEL SECTOR				MÓDULO ELÁSTICO, (Esub) Mpa			CBR	CBR prom
EJE	Sector No.	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	prom	Desviación estándar	Percentil (85%)		
Zona	1	K00+300	K02+220	158	53	112	10.8	10.4

LOCALIZACIÓN DEL SECTOR				MÓDULO ELÁSTICO, (Esub) Mpa			CBR	CBR prom
EJE	Sector No.	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	Valores estadísticos				
				prom	Desviación estándar	Percentil (85%)		
cargada	2	K02+220	K02+460	211	93	120	11.6	11.5
	3	K02+460	K03+000	126	46	90	8.7	
Zona no cargada	1	K00+300	K01+260	116	68	65	6.3	
	2	K01+260	K01+500	549	356	238	23.0	
	3	K01+500	K02+940	134	75	55	5.3	

Se ha obtenido el módulo de elasticidad de la subrasante conforme a lo indicado en el AC 150/5320-6F en el apéndice C. Por lo tanto, el CBR de la pista de aterrizaje se obtendría de la siguiente manera:

$$E_{sub}(85\% \text{ Percentil}) = 119 \text{ Mpa} = 119 \text{ Mpa} \times 145.038 \left(\frac{\text{Psi}}{\text{Mpa}} \right) = 17,259 \text{ psi}$$

$$CBR = \frac{E_{sub}(\text{psi})}{1500} = \frac{17,259 \text{ psi}}{1500} = 11.5\%$$

La relación $E_{sub} = 1500 \times CBR$ se encuentra expresada en el AC 150/5370-11B para el uso del módulo de elasticidad de la subrasante en el retro-cálculo.

Para el caso de pavimento rígido, se tiene el siguiente resultado:

Tabla N°61 Resumen de resultados Módulos de la subrasante, pista de aterrizaje rígido

Fuente: Elaboración propia

EJES	Módulo Elástico (Mpa)			k
	E1	E2	Esub	
EJE1	4 028	38	197	233.2
EJE2	21 535	264	78	113.4
EJE3	18 653	187	75	109.7
EJE4	13 865	179	55	84.4
EJE5	22 669	175	65	98.2
EJE6	22 395	248	76	111.7
Promedio	16144	175	89	122
Máximo	37734	504	272	301
Mínimo	1202	18	22	42
Desviación Estándar	9100	119	58	61
Percentil (85%)			58	
k			90.5	

Se ha obtenido el módulo de elasticidad de la subrasante conforme a lo indicado en el AC 150/5320-6F en el apéndice C. Por lo tanto, el módulo de reacción k de la subrasante se obtendría de la siguiente manera:

$$E_{sub} (85\% \text{ Percentil}) = 58 \text{ Mpa} = 58 \text{ Mpa} \times 145.038 \left(\frac{\text{Psi}}{\text{Mpa}} \right) = 8,412.20 \text{ psi}$$

$$E_{sub} = 26 \times k^{1.284} \rightarrow k = \left(\frac{8,412.20 \text{ psi}}{26} \right)^{0.779} = 90.5 \text{ pci}$$

La relación $E_{sub} = 26 \times k^{1.284}$ se encuentra expresada en el AC 150/5370-11B para el uso del módulo de reacción K de la subrasante en el retro-cálculo.

6.2.2.2 Determinación de PCN-ACN con COMFAA

Con los resultados del retro-cálculo para la determinación del CBR y módulo de reacción (K), espesor equivalente obtenido con el Georadar y los factores de conversión mostrados en la tabla N° 48.

En el análisis, la relación P/TC en la pista de aterrizaje se ha considerado el valor de 1, debido a las situaciones de pase en el aeropuerto.

- Con Aeronave Baron-E-55
- ➔ Pista de Aterrizaje – Tramo Rígido

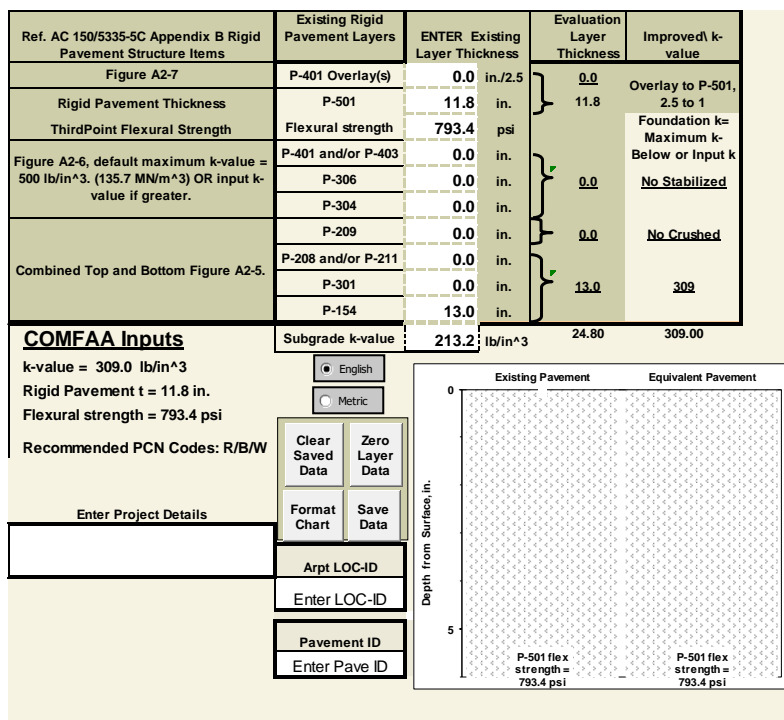


Figura N°55 Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

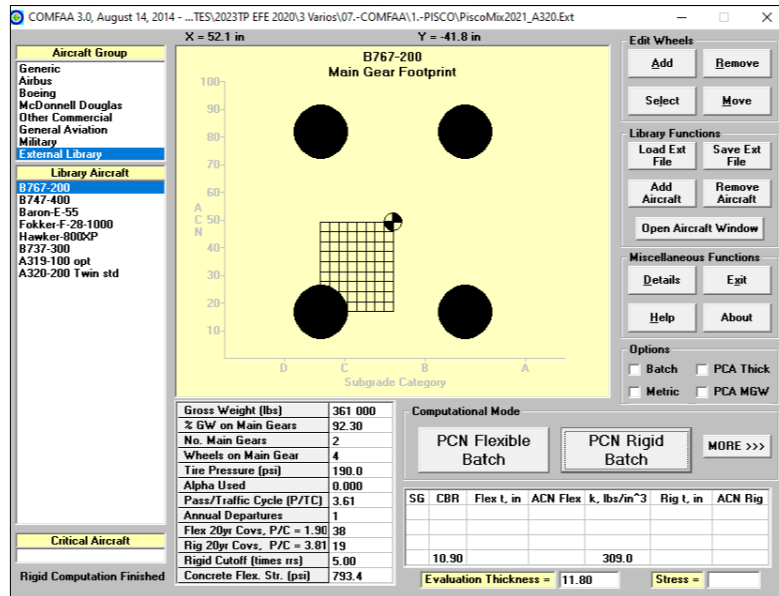


Figura N°56 Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

This file name = PCN Results Rigid 14-12-21 16:33:10.txt
Library file name = H:\TRANSPORTES\2023TP EFE 2020\3 Varios\07.-COMFAA\1.-PISCO\PiscoMix2021_A320.Ext
Units = English

Evaluation pavement type is rigid
Equivalent coverages computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.
Maximum gross weight computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.

k Value = 309.0 lbs/in³ (Subgrade Category is B(295))
flexural strength = 793.4 psi
Evaluation pavement thickness = 11.80 in
Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 3.61 (non-standard)

Maximum number of wheels per gear = 4
Maximum number of gears per aircraft = 4

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	1	19	8.00
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	2	41	9.38
3	Baron-E-55	6 199	100.00	50.0	31 205	206 962	2.95
4	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	320	6 109	6.37
5	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	583	7 922	6.08
6	B737-300	140 000	90.86	201.0	137	2 556	10.27
7	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	42	774	9.98
8	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	14	280	10.49

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	PCN on B(295)
1	B767-200	19 982	10.56	437 786	13.68	0.0001
2	B747-400	2 199	10.72	1 030 678	15.42	0.0028
3	Baron-E-55	>5,000,000	11.50	6 595	2.77	0.0000
4	Fokker-F-28-1000	>5,000,000	10.99	68 662	7.60	0.0000
5	Hawker-800XP	>5,000,000	11.04	44 198	6.95	0.0000
6	B737-300	4 794	10.47	176 645	12.78	0.0798
7	A319-100 opt	4 068	10.52	189 156	12.82	0.0285
8	A320-200 Twin std	1 091	10.97	198 895	13.39	0.0384
Total CDF =						0.1497

Results Table 3. Rigid ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(295)
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	12.06	46.7
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	13.85	63.0
3	Baron-E-55	6 199	100.00	50.0	2.69	1.9
4	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	7.05	14.7
5	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	6.46	12.2
6	B737-300	140 000	90.86	201.0	11.25	40.1
7	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	11.33	40.7
8	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	12.39	49.5

Results Table 4. Summary Output for Copy and Paste Into the Support Spread Sheet

Num,Plane,GWin,ACNin,ADout,6Dt,COV20yr,COVtoF,CDft,GWcdf,PCNcdf,EVALt,SUBcode,KorCBR,PtoTC,FlexOrRig
1,B767-200,361000.000,46.7,4,8.00,1.89543E+001,1.33492E+005,10.56,437785.705,61.3,11.8,B,309.00,3.61,R
2,B747-400,877000.000,63.0,7,9.38,4.14068E+001,1.46908E+004,10.72,1030678.118,79.4,11.8,B,309.00,3.61,R
3,Baron-E-55,6199.000,1.9,112650,2.95,2.06962E+005,2.67877E+029,11.50,6594.848,2.0,11.8,B,309.00,3.61,R
4,Fokker-F-28-1000,60001.000,14.7,1155,6.37,6.10896E+003,2.13701E+009,10.99,68662.403,17.3,11.8,B,309.00,3.61,R
5,Hawker-800XP,38799.000,12.2,2105,6.08,7.92175E+003,1.29692E+010,11.04,44198.043,14.2,11.8,B,309.00,3.61,R
6,B737-300,140000.000,40.1,495,10.27,2.55556E+003,3.20252E+004,10.47,176645.279,52.9,11.8,B,309.00,3.61,R
7,A319-100 opt,150796.000,40.7,152,9.98,7.74320E+002,2.71784E+004,10.52,189155.597,53.3,11.8,B,309.00,3.61,R
8,A320-200 Twin std,172842.000,49.5,51,10.49,2.80036E+002,7.28588E+003,10.97,198894.932,58.5,11.8,B,309.00,3.61,R

Figura N°57 Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

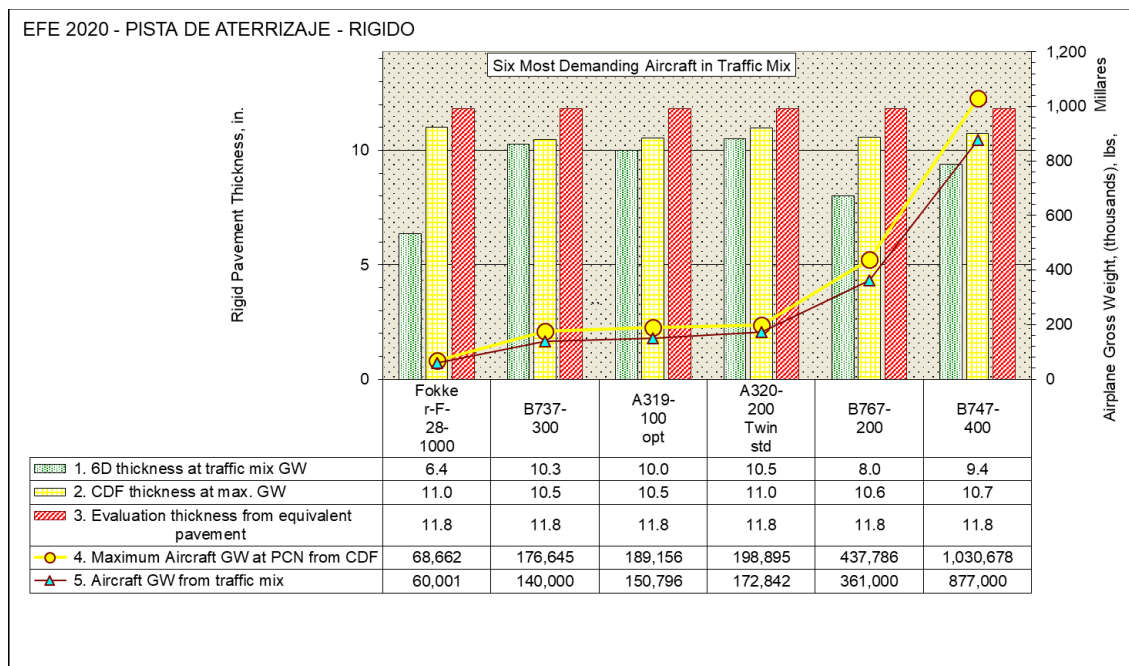


Figura N°58 Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

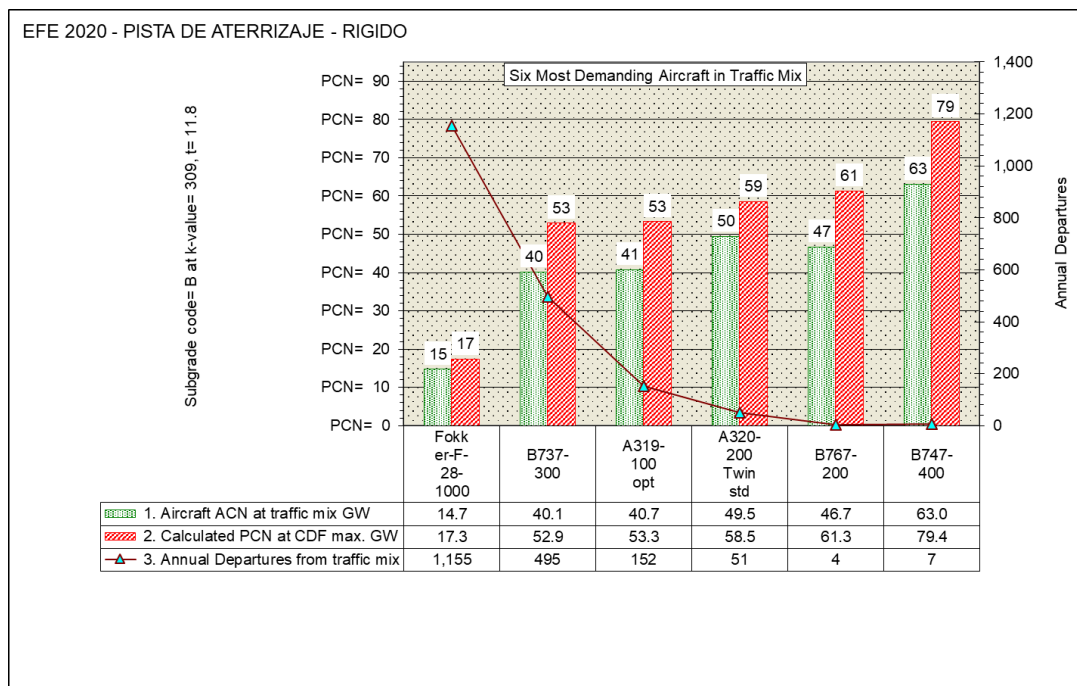


Figura N°59 Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

➔ Pista de Aterrizaje – Tramo Flexible

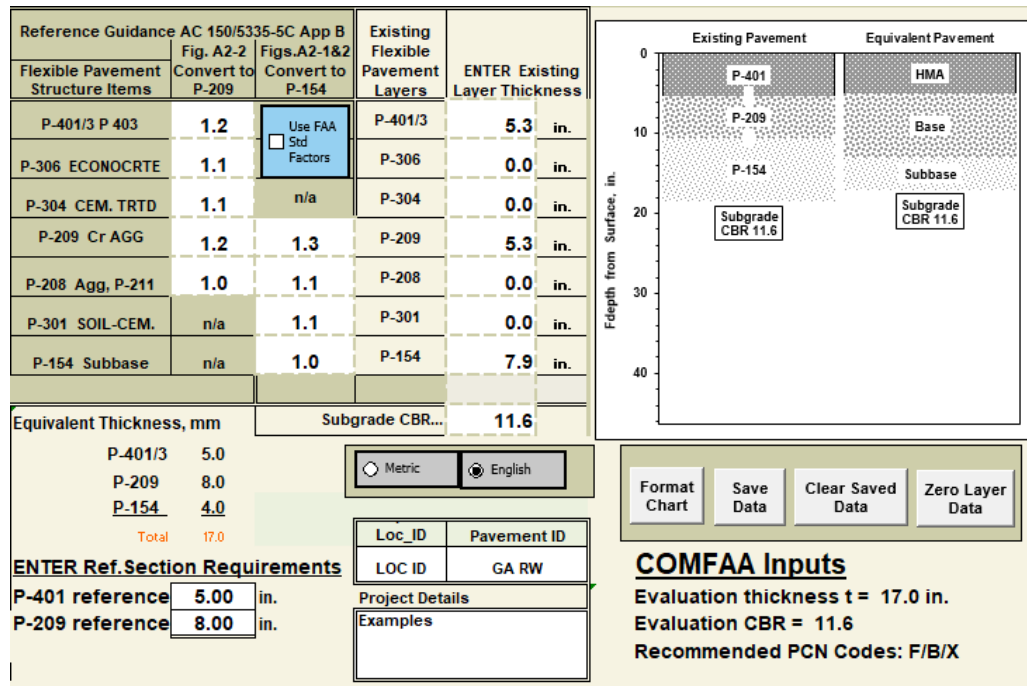


Figura N°60 Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

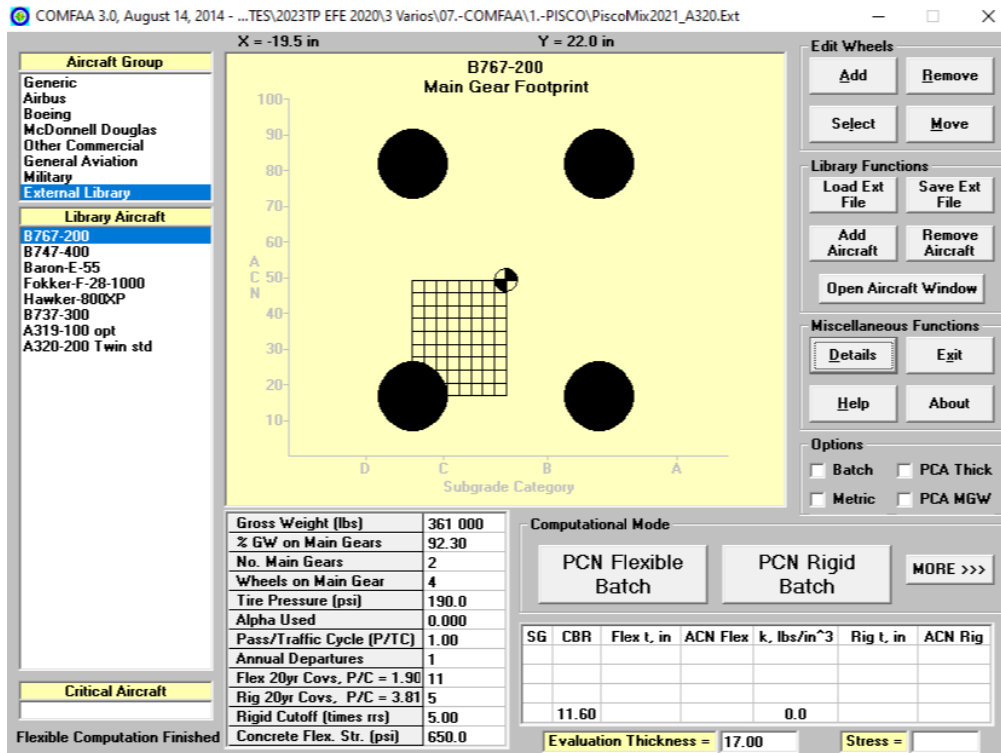


Figura N°61 Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

This file name = PCN Results Flexible 14-12-21 13;19;47.txt
Library file name = H:\TRANSPORTES\2023TP EFE 2020\3 Varios\07.-COMFAA\1.-PISCO\PiscoMix2021_A320.Ext
Units = English

Evaluation pavement type is flexible and design procedure is CBR.
Alpha Values are those approved by the ICAO in 2007.

CBR = 11.60 (Subgrade Category is B(10))
Evaluation pavement thickness = 17.00 in
Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00
Maximum number of wheels per gear = 4
Maximum number of gears per aircraft = 4

At least one aircraft has 4 or more wheels per gear. The FAA recommends a reference section assuming 5 inches of HMA and 8 inches of crushed aggregate for equivalent thickness calculations.

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	1	11	8.74
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	2	23	11.96
3	Baron-E-55	6 199	100.00	50.0	31 205	57 330	4.16
4	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	320	1 692	9.82
5	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	583	2 194	9.01
6	B737-300	140 000	90.86	201.0	137	708	14.63
7	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	42	214	12.99
8	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	14	78	12.32

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on B(10)
1	B767-200	337	15.78	406 722	24.77	0.0142	52.6
2	B747-400	90	15.26	1 038 714	29.66	0.1165	75.4
3	Baron-E-55	>5,000,000	7.47	32 102	9.81	0.0000	8.2
4	Fokker-F-28-1000	>5,000,000	16.84	60 866	12.69	0.0000	13.8
5	Hawker-800XP	>5,000,000	16.66	40 109	11.51	0.0000	11.3
6	B737-300	1 761	15.95	155 984	21.60	0.1832	40.0
7	A319-100 opt	1 455	15.92	168 654	21.74	0.0672	40.4
8	A320-200 Twin std	474	15.67	198 482	24.48	0.0746	51.4
Total CDF =						0.4557	

Results Table 3. Flexible ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(10)
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	22.84	44.7
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	26.29	59.3
3	Baron-E-55	6 199	100.00	50.0	4.31	1.6
4	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	12.57	13.5
5	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	11.27	10.9
6	B737-300	140 000	90.86	201.0	20.16	34.8
7	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	20.33	35.4
8	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	22.45	43.2

Results Table 4. Summary Output for Copy and Paste Into the Support Spread Sheet

Num,Plane,GWin,ACNin,ADout,6Dt,COV20yr,COVtoF,CDFt,GWcdf,PCNcdf,EVALt,SUBcode,KorCBR,PtoTC,FlexOrRig
1,B767-200,361000.000,44.7,1,8.74,1.05010E+001,7.39576E+002,15.78,406721.892,52.6,17.0,B,11.60,1.00,F
2,B747-400,877000.000,59.3,2,11.96,2.29401E+001,1.96866E+002,15.26,1038714.340,75.4,17.0,B,11.60,1.00,F
3,Baron-E-55,6199.000,1.6,31205,4.16,5.73303E+004,1.01423E+304,7.47,32101.580,8.2,17.0,B,11.60,1.00,F
4,Fokker-F-28-1000,60001.000,13.5,320,9.82,1.69223E+003,8.63284E+009,16.84,60865.790,13.8,17.0,B,11.60,1.00,F
5,Hawker-800XP,38799.000,10.9,583,9.01,2.19439E+003,4.65206E+148,16.66,40109.193,11.3,17.0,B,11.60,1.00,F
6,B737-300,140000.000,34.8,137,14.63,7.07910E+002,3.86330E+003,15.95,155984.366,40.0,17.0,B,11.60,1.00,F
7,A319-100 opt,150796.000,35.4,42,12.99,2.14493E+002,3.19186E+003,15.92,168653.611,40.4,17.0,B,11.60,1.00,F
8,A320-200 Twin std,172842.000,43.2,14,12.32,7.75723E+001,1.04039E+003,15.67,198482.105,51.4,17.0,B,11.60,1.00,F

Figura N°62 Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

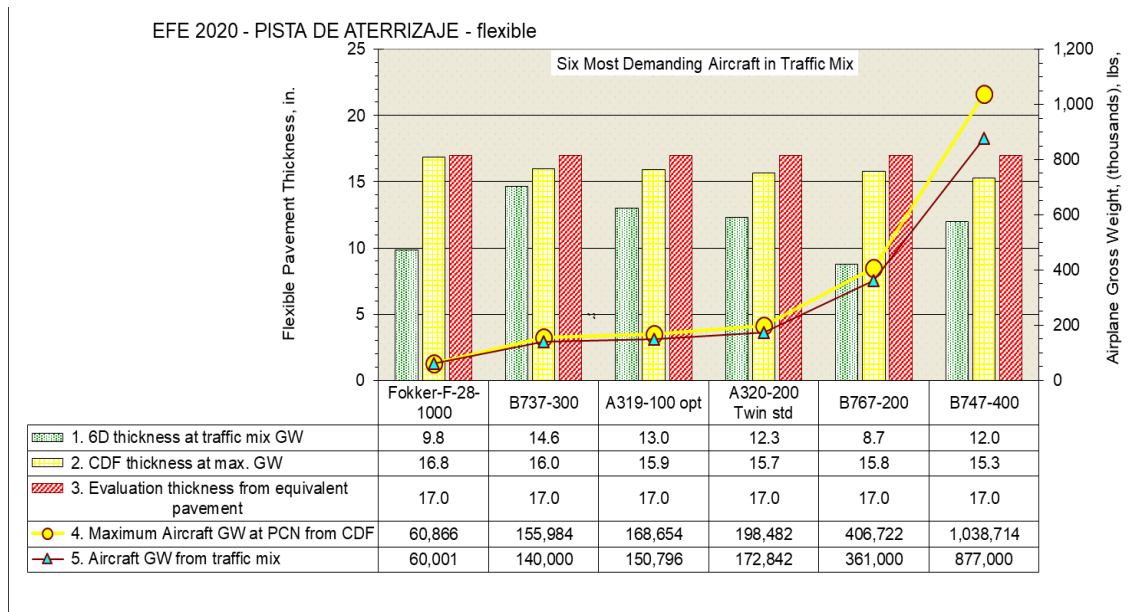


Figura N°63 Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

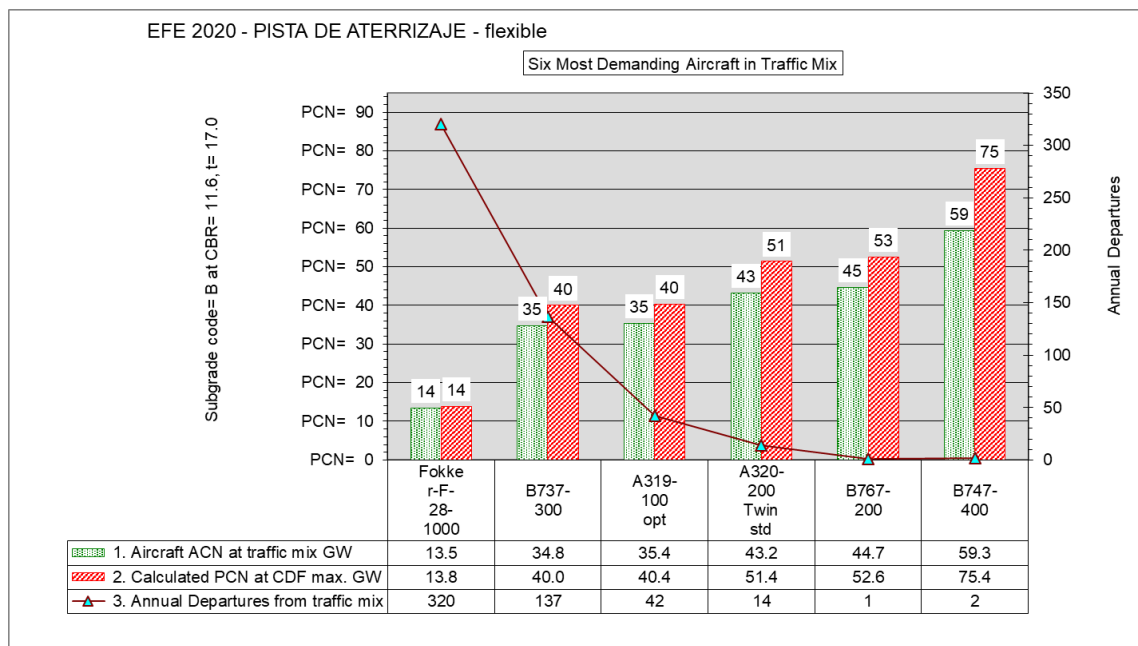


Figura N°64 Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

- Sin Aeronave Baron-E-55
- ➔ Pista de Aterrizaje – Tramo Rígido

Ref. AC 150/5335-5C Appendix B Rigid Pavement Structure Items	Existing Rigid Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness	Evaluation Layer Thickness	Improved k-value
Figure A2-7	P-401 Overlay(s)	0.0 in./2.5	0.0	Overlay to P-501, 2.5 to 1
Rigid Pavement Thickness	P-501	11.8 in.	11.8	
ThirdPoint Flexural Strength	Flexural strength	793.4 psi		Foundation k= Maximum k-Below or Input k
Figure A2-6, default maximum k-value = 500 lb/in ³ . (135.7 MN/m ³) OR input k-value if greater.	P-401 and/or P-403	0.0 in.	0.0	No Stabilized
	P-306	0.0 in.		
	P-304	0.0 in.		
	P-209	0.0 in.	0.0	No Crushed
	P-208 and/or P-211	0.0 in.		
Combined Top and Bottom Figure A2-5.	P-301	0.0 in.	13.0	309
	P-154	13.0 in.		
COMFAA Inputs		Subgrade k-value	213.2 lb/in ³	24.80 309.00
k-value = 309.0 lb/in ³ Rigid Pavement t = 11.8 in. Flexural strength = 793.4 psi Recommended PCN Codes: R/B/W				

English Metric

Clear Saved Data Zero Layer Data

Format Chart Save Data

Arprt LOC-ID

Enter LOC-ID

Pavement ID

Enter Pave ID

Figura N°65 Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

Parameter	Value
Gross Weight (lbs)	361 000
% GW on Main Gears	92.30
No. Main Gears	2
Wheels on Main Gear	4
Tire Pressure (psi)	190.0
Alpha Used	0.000
Pass/Traffic Cycle (P/T/C)	3.61
Annual Departures	1
Flex 20yr Covs, P/C = 1.90	38
Rig 20yr Covs, P/C = 3.81	19
Rigid Cutoff (times rrs)	5.00
Concrete Flex. Str. (psi)	793.4

Figura N°66 Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

This file name = PCN Results Rigid 4-04-2022 16;45;35.txt
Library file name = C:\Users\misidro\Documents\Acces\MICH\Master y Maestría\Titu.preg\TSP\Anexos\Anexo 05\PCN\PiscoMix2021_A320.Ext
Units = English

Evaluation pavement type is rigid
Equivalent coverages computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.
Maximum gross weight computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.

k Value = 309.0 lbs/in³ (Subgrade Category is B(295))
flexural strength = 793.4 psi
Evaluation pavement thickness = 11.80 in
Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 3.61 (non-standard)

Maximum number of wheels per gear = 4
Maximum number of gears per aircraft = 4

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	1	19	8.00
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	2	41	9.38
3	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	320	6 109	6.37
4	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	583	7 922	6.08
5	B737-300	140 000	90.86	201.0	137	2 556	10.27
6	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	42	774	9.98
7	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	14	280	10.49

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on B(295)
1	B767-200	19 982	10.56	437 786	13.68	0.0001	61.3
2	B747-400	2 199	10.72	1 030 678	15.42	0.0028	79.4
3	Fokker-F-28-1000	>5,000,000	10.99	68 662	7.60	0.0000	17.3
4	Hawker-800XP	>5,000,000	11.04	44 198	6.95	0.0000	14.2
5	B737-300	4 794	10.47	176 645	12.78	0.0798	52.9
6	A319-100 opt	4 068	10.52	189 156	12.82	0.0285	53.3
7	A320-200 Twin std	1 091	10.97	198 895	13.39	0.0384	58.5
					Total CDF =	0.1497	

Results Table 3. Rigid ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(295)
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	12.06	46.7
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	13.85	63.0
3	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	7.05	14.7
4	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	6.46	12.2
5	B737-300	140 000	90.86	201.0	11.25	40.1
6	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	11.33	40.7
7	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	12.39	49.5

Results Table 4. Summary Output for Copy and Paste Into the Support Spread Sheet

Num,Plane,GWin,ACNin,ADout,6Dt,COV20yr,COVtoF,CDFt,GWcdf,PCNcdf,EVALt,SUBcode,KorCBR,PtoTC,FlexOrRig
1,B767-200,361000.000,46.7,4,8.00,1.89543E+001,1.33492E+005,10.56,437785.705,61.3,11.8,B,309.00,3.61,R
2,B747-400,877000.000,63.0,7,9.38,4.14068E+001,1.46908E+004,10.72,1030678.118,79.4,11.8,B,309.00,3.61,R
3,Fokker-F-28-1000,60001.000,14.7,1155,6.37,6.10896E+003,2.13701E+009,10.99,68662.403,17.3,11.8,B,309.00,3.61,R
4,Hawker-800XP,38799.000,12.2,2105,6.08,7.92175E+003,1.29692E+010,11.04,44198.043,14.2,11.8,B,309.00,3.61,R
5,B737-300,140000.000,40.1,495,10.27,2.55556E+003,3.20252E+004,10.47,176645.279,52.9,11.8,B,309.00,3.61,R
6,A319-100 opt,150796.000,40.7,152,9.98,7.74320E+002,2.71784E+004,10.52,189155.597,53.3,11.8,B,309.00,3.61,R
7,A320-200 Twin std,172842.000,49.5,51,10.49,2.80036E+002,7.28588E+003,10.97,198894.932,58.5,11.8,B,309.00,3.61,R

Figura N°67 Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

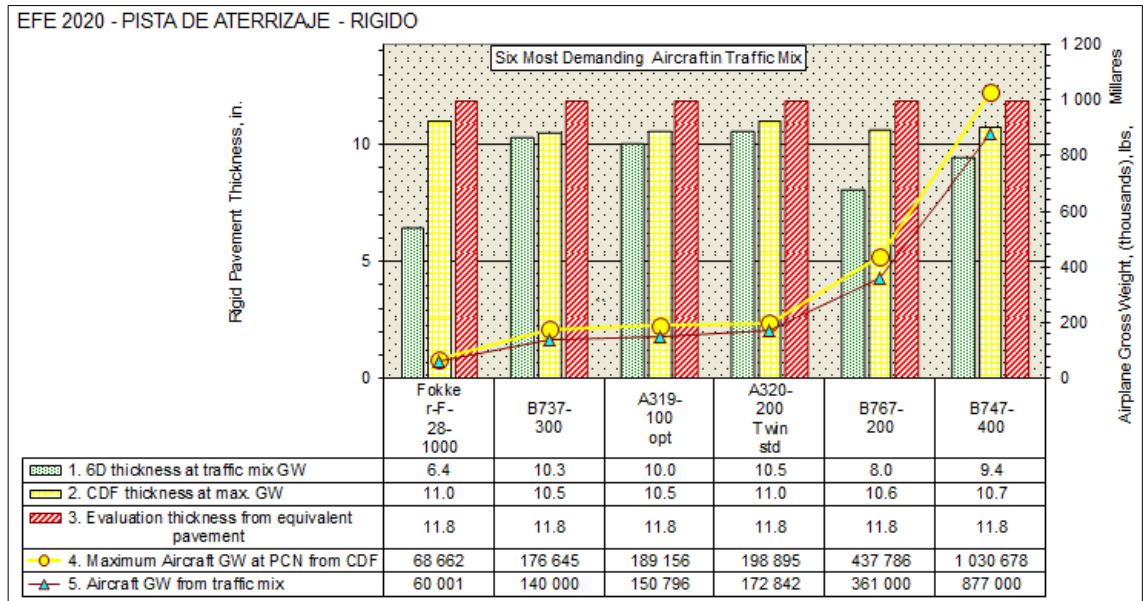


Figura N°68 Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

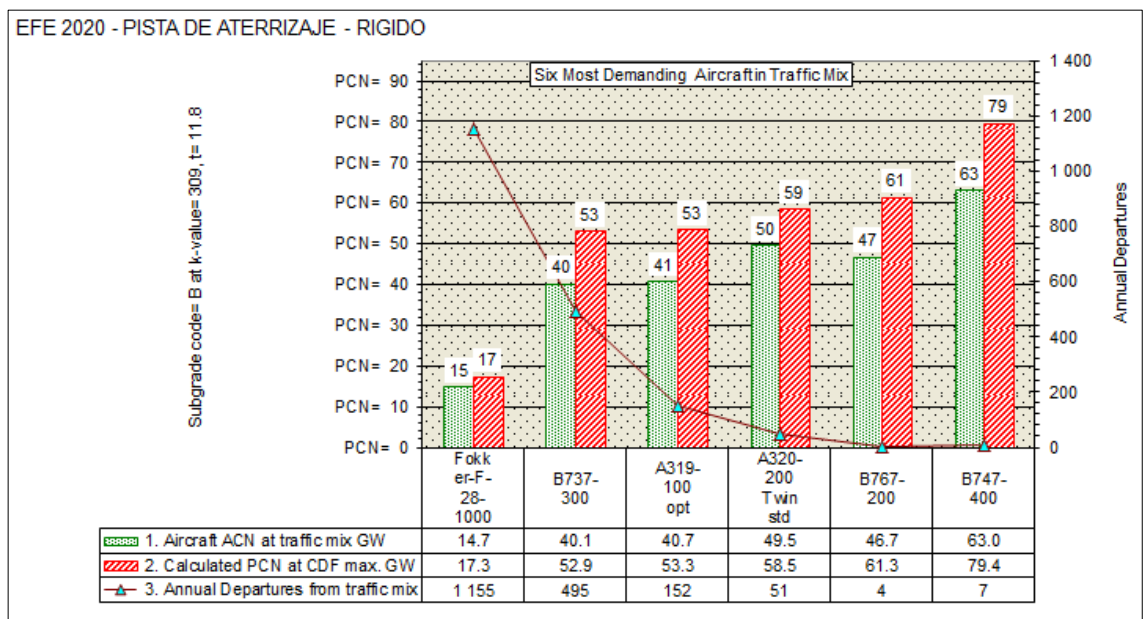


Figura N°69 Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

➔ Pista de Aterrizaje – Tramo Flexible

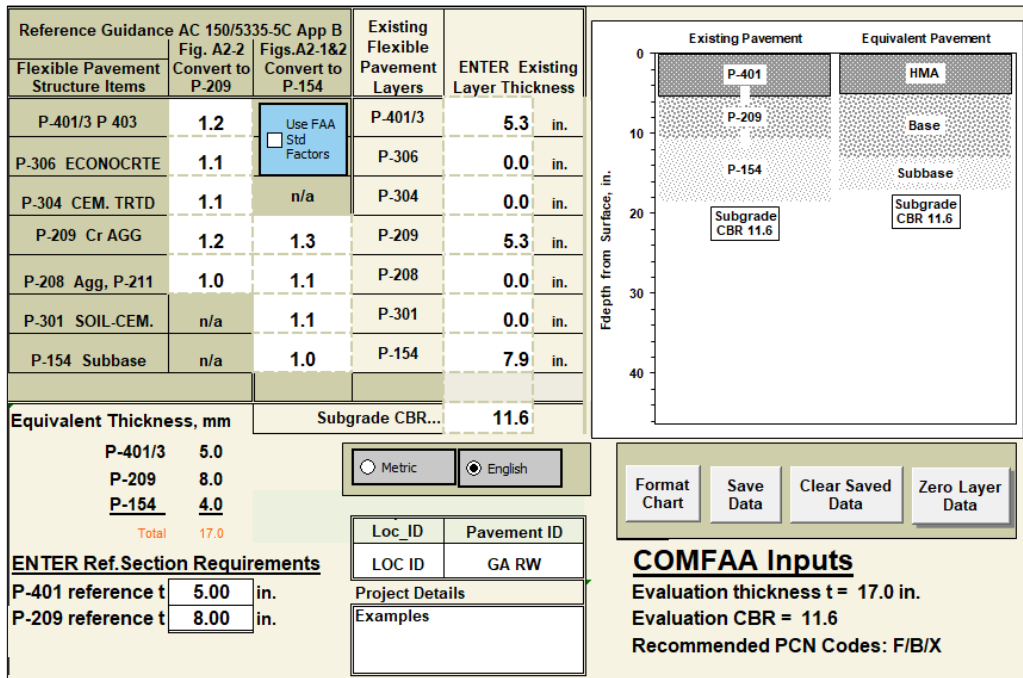


Figura N°70 Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

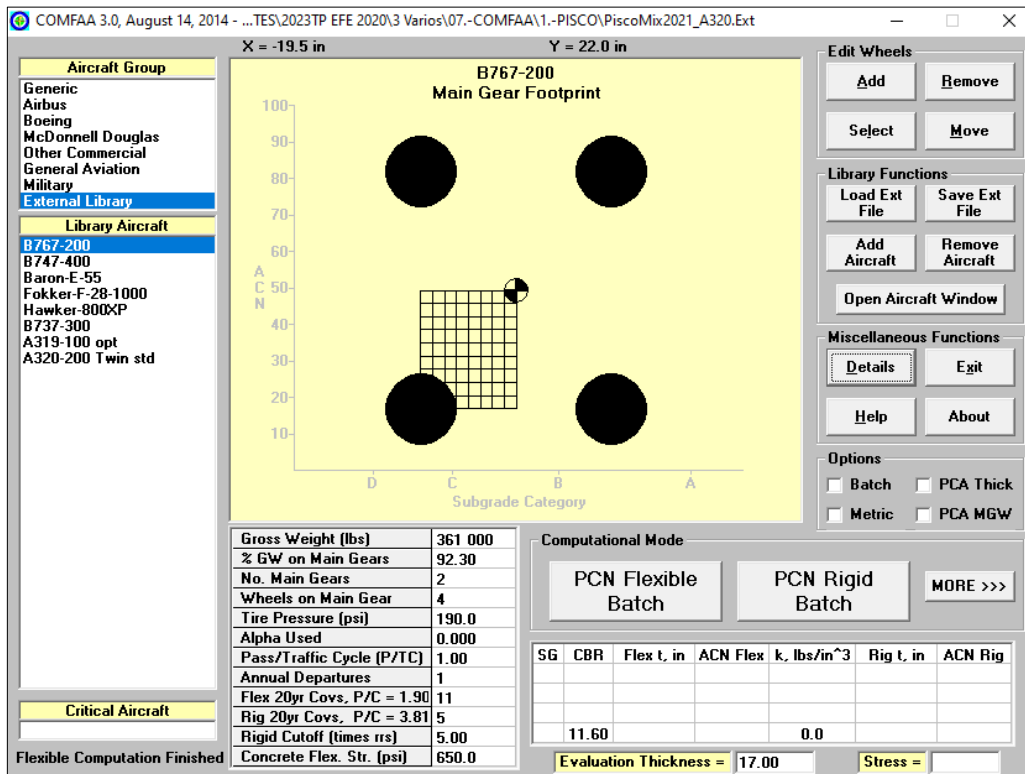


Figura N°71 Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

This file name = PCN Results Flexible 4-04-2022 16;33;10.txt
Library file name = C:\Users\misidro\Documents\Acces\MICH\Master y Maestría\Titu.preg\TSP\Anexos\Anexo 05\PCN\PiscoMix2021_A320.Ext
Units = English

Evaluation pavement type is flexible and design procedure is CBR.
Alpha Values are those approved by the ICAO in 2007.

CBR = 11.60 (Subgrade Category is B(10))
Evaluation pavement thickness = 17.00 in
Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00
Maximum number of wheels per gear = 4
Maximum number of gears per aircraft = 4

At least one aircraft has 4 or more wheels per gear. The FAA recommends a reference section assuming 5 inches of HMA and 8 inches of crushed aggregate for equivalent thickness calculations.

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	1	11	8.74
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	2	23	11.96
3	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	320	1 692	9.82
4	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	583	2 194	9.01
5	B737-300	140 000	90.86	201.0	137	708	14.63
6	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	42	214	12.99
7	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	14	78	12.32

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on B(10)
1	B767-200	337	15.78	406 722	24.77	0.0142	52.6
2	B747-400	90	15.26	1 038 714	29.66	0.1165	75.4
3	Fokker-F-28-1000	>5,000,000	16.84	60 866	12.69	0.0000	13.8
4	Hawker-800XP	>5,000,000	16.66	40 109	11.51	0.0000	11.3
5	B737-300	1 761	15.95	155 984	21.60	0.1832	40.0
6	A319-100 opt	1 455	15.92	168 654	21.74	0.0672	40.4
7	A320-200 Twin std	474	15.67	198 482	24.48	0.0746	51.4
						Total CDF =	0.4557

Results Table 3. Flexible ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(10)
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	22.84	44.7
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	26.29	59.3
3	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	12.57	13.5
4	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	11.27	10.9
5	B737-300	140 000	90.86	201.0	20.16	34.8
6	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	20.33	35.4
7	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	22.45	43.2

Results Table 4. Summary Output for Copy and Paste Into the Support Spread Sheet

Num,Plane,GWin,ACNin,ADout,6Dt,COV20yr,COVtoF,CDFt,GWcdf,PCNcdf,EVALt,SUBcode,KorCBR,PtoTC,FlexOrRig
1,B767-200,361000.000,44.7,1,8.74,1.05010E+001,7.39576E+002,15.78,406721.892,52.6,17.0,B,11.60,1.00,F
2,B747-400,877000.000,59.3,2,11.96,2.29401E+001,1.96866E+002,15.26,1038714.340,75.4,17.0,B,11.60,1.00,F
3,Fokker-F-28-1000,60001.000,13.5,320,9.82,1.69223E+003,8.63284E+009,16.84,60865.790,13.8,17.0,B,11.60,1.00,F
4,Hawker-800XP,38799.000,10.9,583,9.01,2.19439E+003,4.65206E+148,16.66,40109.193,11.3,17.0,B,11.60,1.00,F
5,B737-300,140000.000,34.8,137,14.63,7.07910E+002,3.86330E+003,15.95,155984.366,40.0,17.0,B,11.60,1.00,F
6,A319-100 opt,150796.000,35.4,42,12.99,2.14493E+002,3.19186E+003,15.92,168653.611,40.4,17.0,B,11.60,1.00,F
7,A320-200 Twin std,172842.000,43.2,14,12.32,7.75723E+001,1.04039E+003,15.67,198482.105,51.4,17.0,B,11.60,1.00,F

Figura N°72 Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

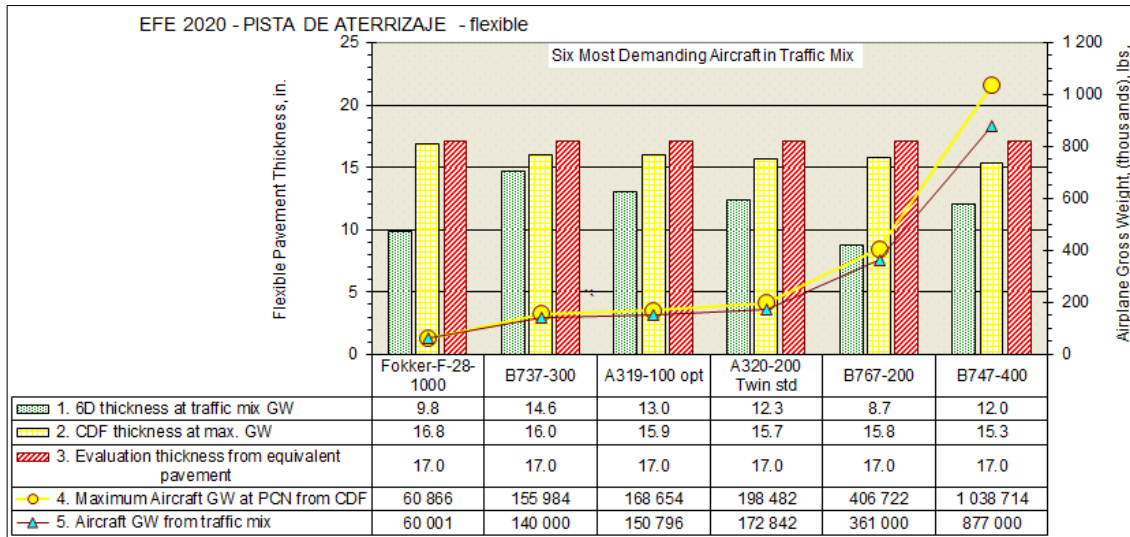


Figura N°73 Gráfico de Esesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

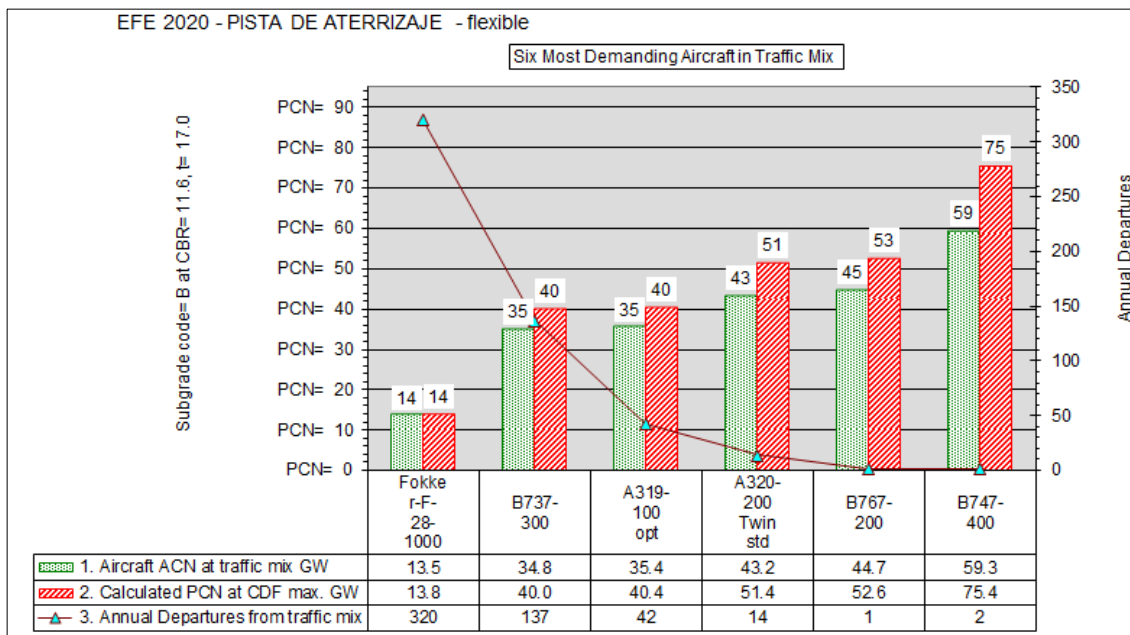


Figura N°74 Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

Se han obtenido valores de CDF<1 en la pista de aterrizaje tanto pavimento flexible y rígido. Para estos casos, el AC 150/5335-5C Apéndice D, señala que aún no hay la necesidad de realizar posibles mantenimientos mayores.

6.2.2.3 Determinación de Vida Remanente

El cálculo de la vida remanente para los diferentes pavimentos se aprecia en las siguientes imágenes:

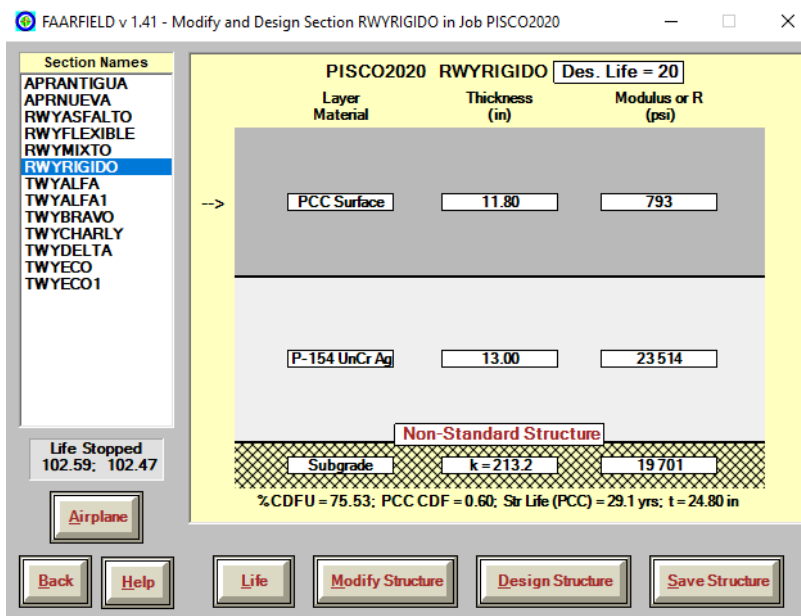


Figura N°75 Cálculo de Vida Remanente en FAARFIELD – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

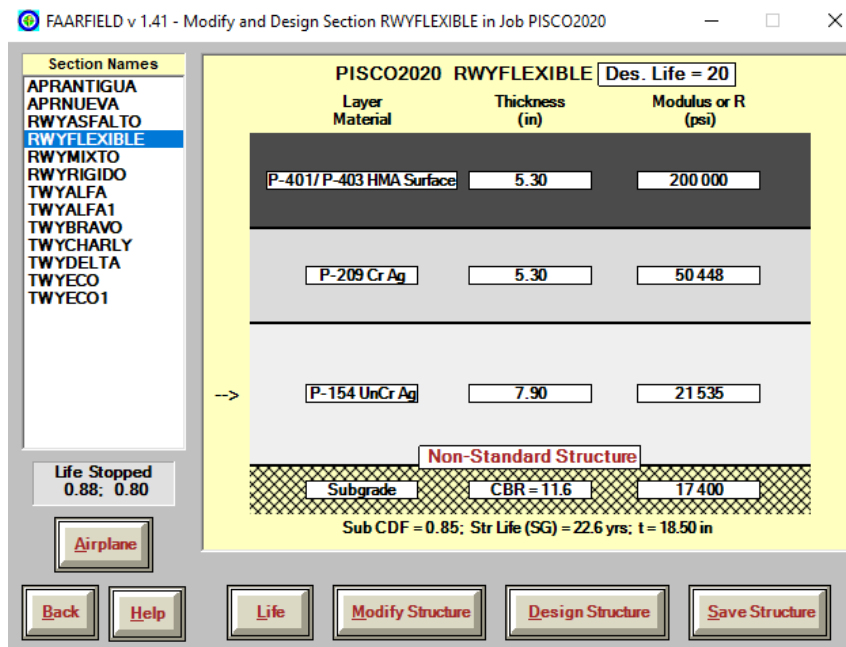


Figura N°76 Cálculo de Vida Remanente en FAARFIELD – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

6.2.2.4 Determinación de Transferencia de Cargas

La medición de transferencia de carga en juntas del pavimento rígido en pista de aterrizaje se efectuó de acuerdo a la ubicación y distanciamiento que se recomienda en AC 150/5370-11B.

En las tablas siguientes, se presentan el resumen de los resultados obtenidos para cada eje del análisis de transferencia de carga en juntas longitudinales y transversales.

Tabla N°62 Resumen de transferencia de carga longitudinal

Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN	EJE	KM	D2 (µm)	D3 (µm)	TRANSFERENCIA DE CARGA	
					%	Condición
P. ATERRIZAJE	1	0 + 000	178	167	93.89	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 005	944	421	44.61	POBRE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 010	712	609	85.56	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 020	902	493	54.71	JUSTA
P. ATERRIZAJE	1	0 + 025	896	274	30.54	POBRE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 030	954	254	26.68	POBRE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 010	954	537	56.33	JUSTA
P. ATERRIZAJE	2	0 + 025	818	702	85.81	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 000	286	275	96.25	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 005	936	686	73.28	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 010	853	766	89.75	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 025	666	596	89.53	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 030	924	656	71.05	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 035	212	174	81.69	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 010	927	795	85.72	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 025	1183	453	38.29	POBRE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 000	135	124	91.35	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 005	380	295	77.65	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 010	757	481	63.58	JUSTA
P. ATERRIZAJE	5	0 + 025	259	242	93.29	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 030	900	323	35.89	POBRE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 035	172	152	87.88	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 010	557	489	87.89	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 025	799	579	72.46	ACEPTABLE

Tabla N°63 Resumen de transferencia de carga transversal

Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN	EJE	KM	D2 (µm)	D3 (µm)	TRANSFERENCIA DE CARGA	
					%	Condición
P. ATERRIZAJE	1	0 + 000	795	663	83.45	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 030	741	557	75.09	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 060	694	503	72.55	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 090	405	391	96.62	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 120	347	329	94.84	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 150	234	229	98.03	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 180	601	581	96.79	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 210	520	516	99.19	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 240	397	365	91.87	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 270	708	602	85.12	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 300	774	637	82.32	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 000	718	619	86.18	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 060	680	657	96.60	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 120	401	398	99.18	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 180	255	245	96.23	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 240	482	393	81.57	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 300	1037	708	68.29	JUSTA
P. ATERRIZAJE	3	0 + 000	583	428	73.44	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 120	295	267	90.35	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 240	541	486	89.78	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 000	595	490	82.27	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 030	669	495	74.09	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 060	594	522	87.89	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 090	829	765	92.26	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 120	606	584	96.35	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 150	511	506	98.98	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 180	655	634	96.85	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 210	598	597	99.90	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 240	526	492	93.53	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 270	982	967	98.54	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 300	1078	699	64.83	JUSTA
P. ATERRIZAJE	5	0 + 000	724	585	80.69	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 060	845	688	81.34	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 120	229	218	95.15	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 180	350	349	99.54	ACEPTABLE

SECCIÓN	EJE	KM	D2 (µm)	D3 (µm)	TRANSFERENCIA DE CARGA	
					%	Condición
P. ATERRIZAJE	5	0 + 240	454	406	89.49	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 300	887	683	76.93	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 000	523	380	72.53	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 120	308	286	92.89	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 240	630	572	90.81	ACEPTABLE

CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FUNCIONAL

7.1.1 Resultados de BBI

Las mediciones en la pista de aterrizaje se dieron en dirección del umbral de pista 22 hacia el umbral de pista 04.

Los resultados obtenidos con el programa ProFAA, se muestran a continuación:

Tabla N°64 Resultados de Rugosidad – Pista de Aterrizaje

Fuente: Elaboración propia

Descripción	Eje	Lado derecho a 3 m del eje	Lado derecho a 5.2 m del eje	Lado izquierdo a 3 m del eje	Lado izquierdo a 5.2 m del eje
	Central	1	2	3	4
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximo	2.48	2.62	2.59	2.46	2.63
Promedio	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22
RMS	0.20	0.23	0.21	0.21	0.24

La pista de aterrizaje presenta valores promedio de Boeing Bump Index (BBI) inferiores a uno (1), considerándose en condición “**acceptable**”; sin embargo, existen valores máximos superiores a uno (1), considerándose en condición “**inacceptable**”, el mayor valor de BBI máximo es igual a 2.63, y se presenta en el Eje 4 ubicado en el Km 0+006.

Los valores promedios de rugosidad menores a uno van de (0.15 a 0.74) desde la progresiva 0+068 hasta los 0+300 del tramo (rígido), considerándose en condición “**acceptable**”, sin embargo existen valores superiores a uno en el tramo de 0+000 a 0+068, debido que a la hora de toma de velocidad del vehículo existen junta de dilatación que separa la estructura de RESA con la Pista de aterrizaje, otro punto es que la velocidad del vehículo es inferior a la velocidad recomendada (>35 Km/h) razón por lo cual estos datos no podrían ser admitidos en el resultado.

En el tramo de 0+300 hasta el 3+000 del pavimento flexible, la condición es “**aceptable**”, sin embargo existen tramos puntuales donde los valores de rugosidad llegan se superior al valor de (1) que es en la progresiva 0+898, debido a que se puede presenciar fallas como fisuras en bloque, depresión y parches de severidad media.

- Reporte de Sectores de BBI superiores a 1

En la siguiente tabla se aprecian los sectores y valores de BBI, en donde no cumplen con lo recomendado por la FAA y realizar algún tipo de intervención para mejorarlo.

Tabla N°65 Resultados de valores BBI mayores a 1 – Pista de Aterrizaje

Fuente: Elaboración propia

AEROPUERTO PISCO - BBI MAYOR >1													
Eje 0		Eje 1			Eje 2			Eje 3			Eje 4		
Km		Km			Km			Km			Km		
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
0+001	0+046	0+001	0+066	0+001	0+026	0+001	0+066	0+001	0+064	0+064	0+071	0+001	0+071
0+050	0+051												

En la siguiente figura se representan los resultados obtenidos de los ejes evaluados en toda la longitud de la pista de aterrizaje.

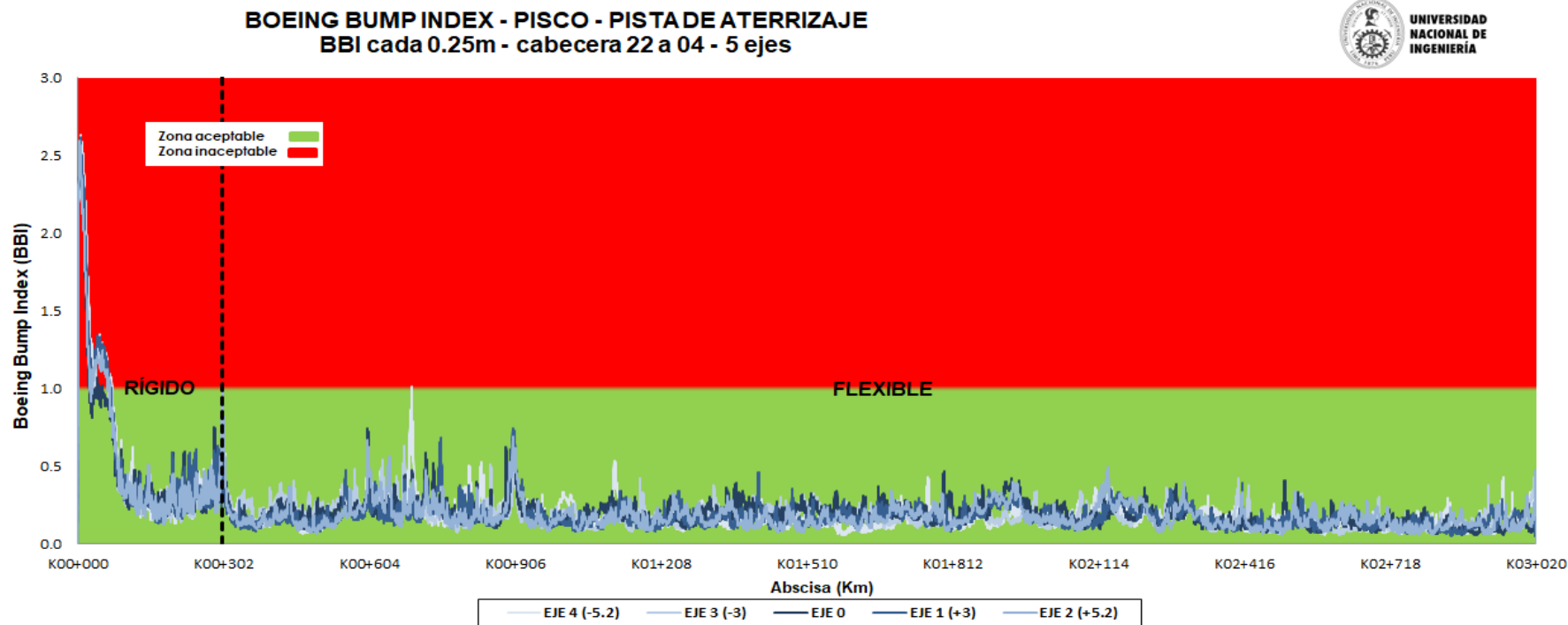


Figura N°77 Reporte de BBI de los ejes en la Pista de Aterrizaje

Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Resultados de PCI

Procesada la información obtenida en campo en la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Pisco, mediante la metodología antes mencionada y en función a lo establecido en la Norma ASTM D 5340, se presenta el resumen con los resultados del PCI y sus respectivas valoraciones.

Se muestra el cuadro resumen de los valores PCI, cabe recalcar que la pista de aterrizaje fue dividida en 3 secciones catalogadas como Izquierdo (I), Centro (C) y Derecho (D), tanto para pavimento flexible y rígido como se muestra:

Tabla N°66 Resumen del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	TIPO DE PAVIMENTO	SECCIÓN	VALOR PCI DE LA SECCIÓN	PCI PROMEDIO	CONDICIÓN
Pista de Aterrizaje (Rígido 0+000 - 0+300)	Rígido	I	56	56	ACEPTABLE
	Rígido	C	56		
	Rígido	D	57		
Pista de Aterrizaje (Flexible 0+300 - 3+020)	Flexible	I	64	58	ACEPTABLE
	Flexible	C	53		
	Flexible	D	58		

La evaluación realizada en el pavimento rígido (0+000 – 0+300) de la pista de aterrizaje, registra un PCI promedio 56, considerándose en condición **ACEPTABLE**, el cual corresponde a la valoración de fallas que presenta en su mayoría denominadas grietas longitudinales, transversales y diagonales (03), daño en sello de juntas (05), grietas desordenadas y desagregación superficial (10) y desprendimiento en junta (14).

Con respecto al pavimento flexible (0+300 – 3+020) presenta un valor de PCI promedio 58, considerándose en condición **ACEPTABLE** y corresponde a la valoración de fallas que presenta en su mayoría denominadas depresión (05), grietas longitudinales y transversales (08), erosión superficial (12), parcheo (10), ahuellamiento (13) y desgaste por envejecimiento (17).

7.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

7.2.1 Resultados de la evaluación con GPR

Para el análisis actual de los espesores a fin de sacar un valor característico a lo largo de la longitud, se realiza un promedio para cada eje, que luego serán usados para el reporte de PCN y la estimación de la vida remanente. Los valores podrán ser vistos en la siguiente tabla y la figura.

Tabla N°67 Resumen de los espesores en la pista de aterrizaje

Fuente: Elaboración propia

Capa	Resumen de espesores (mm)	
	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Losa de concreto	-	300
Carpeta Asfáltica	135	-
Base	136	330
Sub base	200	-

De igual modo, están representados los promedios de espesores tanto en el pavimento flexible y rígido en la siguiente figura.

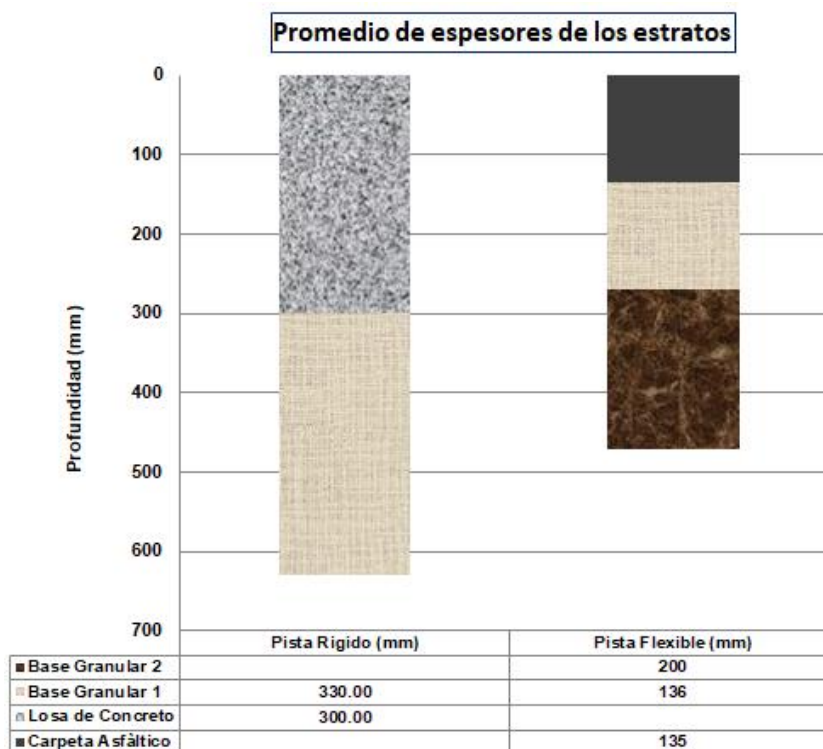


Figura N°78 Resumen de promedio de espesores

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Resultados de la evaluación con HWD

A. Deflexiones en Pista

Según los resultados obtenidos en la pista de aterrizaje en el sector del pavimento flexible y rígido se han encontrado valores inferiores a 1500 micrones; en ese sentido son catalogadas como “Buena”, según el parámetro de Horak.

Tabla N°68 Valores estadísticos de deflexiones en los ejes, pista de aterrizaje flexible y rígido

Fuente: Elaboración propia

VALORES ESTADÍSTICOS	Resumen de resultados de Deflexión – Pav. Flexible					
	Cada 30 m		Cada 60m		Cada 120m	
	EJE1 (+3)	EJE4 (-3)	EJE2 (+6)	EJE5 (-6)	EJE3 (+20)	EJE6 (-20)
Promedio (µm)	720	695	749	710	760	779
Mínimo (µm)	216	163	168	175	150	202
Máximo (µm)	1428	1530	1438	1237	1233	1265
Desv. Estándar (µm)	240	274	286	266	256	278
VALORES ESTADÍSTICOS	Resumen de resultados de Deflexión Pav. Rígido					
	Cada 30 m		Cada 60m		Cada 120m	
	EJE1 (+3)	EJE4 (-3)	EJE2 (+6)	EJE5 (-6)	EJE3 (+20)	EJE6 (-20)
Promedio (µm)	395	286	263	325	209	226
Mínimo (µm)	230	194	204	194	190	189
Máximo (µm)	574	692	301	433	232	247
Desv. Estándar (µm)	97	140	41	93	22	33

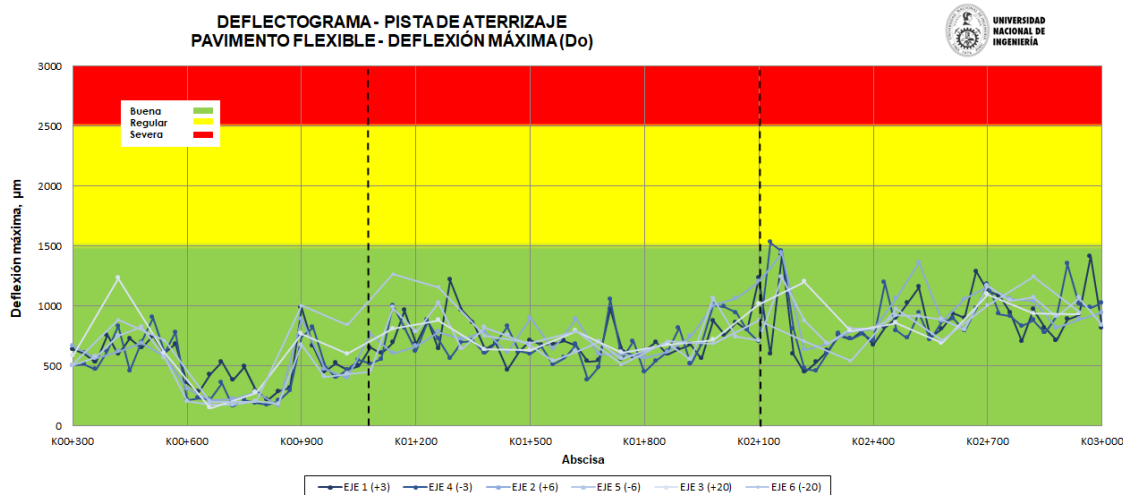


Figura N°79 Deflectograma obtenidos en el pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

B. Módulos en Pista

De acuerdo al retro-cálculo que se realizó en el programa ELMOD 6, se han obtenidos valores de módulos de la subrasante que serán utilizados para

encontrar el valor del CBR en pavimento flexible o el módulo de reacción en pavimentos rígidos, dichos valores se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla N°69 Valores de CBR y K obtenidos en la pista de aterrizaje

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Pavimento	Esub (Mpa)	CBR (%)	Ksub (pci)
P.A. Flexible	119	11.5	--
P.A. Rígido	58	--	90.5

7.2.3 Resultados de PCN-ACN con COMFAA

De la ayuda del COMFAA, se han encontrado que el factor de daño acumulativo (CDF) es inferior a uno (1), podemos señalar según el apéndice C del circular AC 150/5335-5C, que no hay la necesidad de realizar posibles mantenimientos mayores.

A continuación, se presentan los PCN adoptados para los dos tipos de pavimentos encontrados en la pista de aterrizaje del aeropuerto internacional de Pisco:

Tabla N°70 PCN Adoptado

Fuente: Elaboración propia

COMPONENTE	PCN CALCULADO
Pista de aterrizaje (Rígido)	59/R/B/W/T
Pista de aterrizaje (Flexible)	51/F/B/X/T

- (1) Para el cálculo del PCN un pavimento rígido se halla con el valor de k (K equivalente).
- (2) Cabe recalcar que dichos valores son en función al aeronave más desfavorable que opera en este caso es el A320-200 Twin std.

7.2.4 Resultados de Vida Remanente

Basado en los resultados de vida remanente en la pista de aterrizaje, se presenta un Sub CDF menor a uno (1) y una vida remanente superior a 20, por lo que no hay aún la necesidad de realizar una rehabilitación.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de los valores obtenidos para las dos secciones de la pista, tanto en flexible y rígido:

Tabla N°71 Vida Remanente

Fuente: Elaboración propia

Sección	Vida Remanente
Pista de Aterrizaje (Rígido)	>20
Pista de Aterrizaje (Flexible)	>20

7.2.5 Resultados de la Evaluación de Transferencia de Cargas

Las siguientes gráficas definen que ejes de la pista de aterrizaje tienen un buen desempeño en conjunto, tanto en transferencias de cargas longitudinales y transversales, en donde podemos señalar que la transferencia de carga transversal se encuentra “**Aceptable**” en su gran mayoría, mientras que la transferencia longitudinal podemos señalar que existen puntos en donde se encuentra en condición “pobre” y “regular”; sin embargo, encontramos transferencia del tipo “**Aceptable**” de manera más representativa.

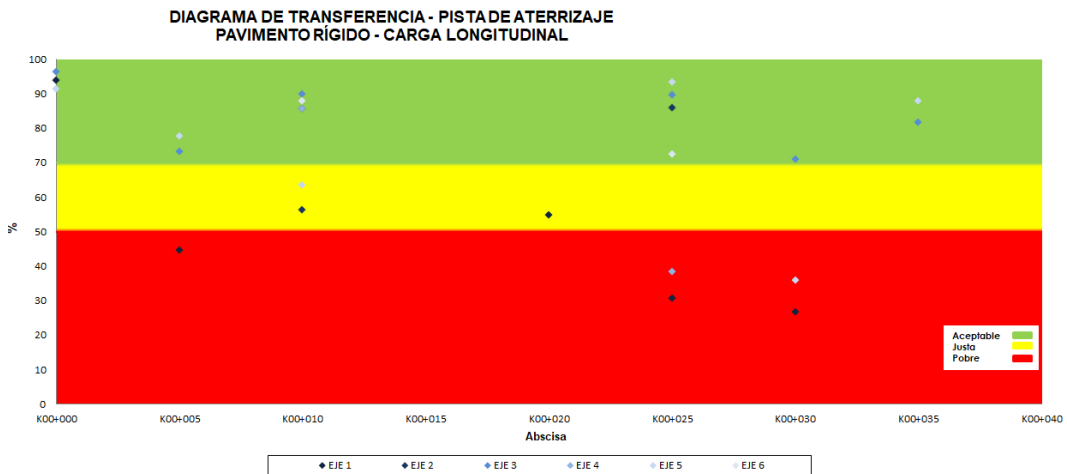


Figura N°80 Gráfico de la eficiencia de transferencia de carga longitudinal

Fuente: Elaboración propia

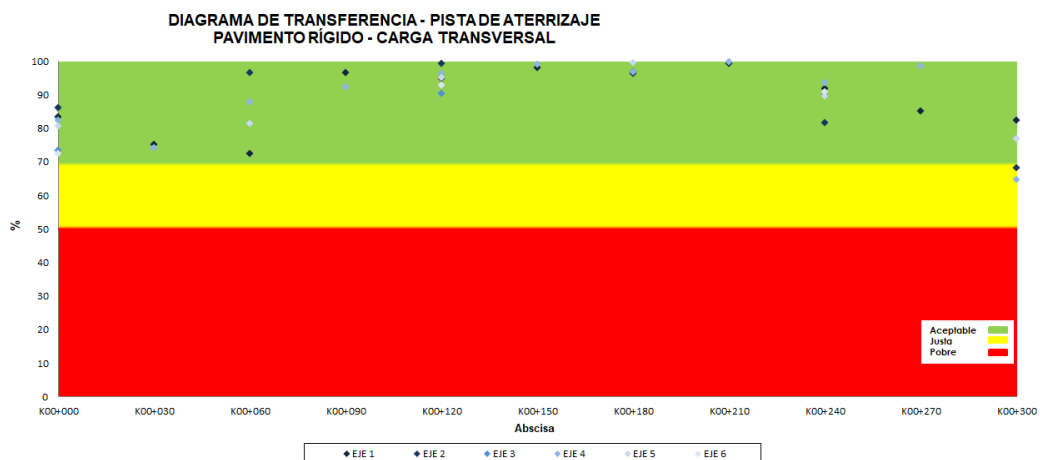


Figura N°81 Gráfico de la eficiencia de transferencia de carga transversal

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

De las evaluaciones realizadas a los pavimentos de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Pisco, se concluye:

- 1) Respecto de la regularidad, las mediciones en la pista de aterrizaje fueron tomadas en el sentido del umbral de pista 22 hacia el umbral de pista 04, en ellas presentan valores promedios menores a uno (0.15 a 0.74) desde la progresiva 0+068 hasta los 0+300 del tramo (rígido), considerándose en condición “aceptable” según la norma ASTM 5340; sin embargo, existen valores superiores a uno en el tramo de 0+000 a 0+068, debido que a la hora de toma de velocidad del vehículo existen junta de dilatación que existen entre la progresiva 0+000 y 3+000 con la Pista de aterrizaje, las cuales no generan ningún peligro para la operación.
- 2) Por otro lado en el tramo de 0+300 hasta el 3+000 del pavimento flexible, la condición “aceptable”, sin embargo existen algunos tramos puntuales donde los valores de rugosidad llegan al valor de (1) como en la progresiva 0+898, debido a que existen en el tramo fallas como fisuras en bloque, depresión y parches de severidad media.
- 3) Los tramos de la siguiente tabla requieren una intervención superficial como bacheos o selladuras de fisuras, debido a que los valores de BBI son superiores a uno (1) calificados como “Inaceptable”.

AEROPUERTO PISCO - BBI MAYOR >1													
Eje 0		Eje 1				Eje 2		Eje 3		Eje 4			
Km		Km				Km		Km		Km			
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
0+001	0+031	0+001	0+029	0+001	0+026	0+001	0+072	0+001	0+071	0+001	0+071	0+001	0+071
		0+041	0+041	0+034	0+063								
0+035	0+066	0+046	0+046	0+065	0+066								
		0+050	0+052										

- 4) La evaluación realizada en el pavimento rígido (0+000 – 0+300) de la pista de aterrizaje, registra un PCI promedio 56, considerándose en condición ACEPTABLE. Las fallas que presenta en su mayoría son grietas longitudinales, transversales y diagonales (03), daño en sello de juntas (05), grietas desordenadas y desagregación superficial (10) y desprendimiento en junta (14).

- 5) Con respecto al pavimento flexible (0+300 – 3+020) de la pista, presenta un valor de PCI promedio 58, considerándose en condición ACEPTABLE. Las fallas que presenta en su mayoría son depresión (05), grietas longitudinales y transversales (08), erosión superficial (12), fisura en bloque (3), ahuellamiento (13) y desgaste por envejecimiento (17).
- 6) Con respecto a las mediciones ejecutadas con el Georadar, se comprueba la cantidad de capas con los reportes de calicatas pasadas, y es con estos valores con los que se trabaja.
- 7) De las mediciones de deflexiones de los pavimentos realizadas a lo largo de la pista de aterrizaje con el equipo Deflectómetro de Impacto Pesado (HWD), los cuales han sido evaluados para esfuerzo de 1698 KPa (carga de 270 KN), obteniéndose resultados menores a 1500 micrones y otros que se encuentran en el rango de 1500 – 2500 micrones, concluyéndose como buenas y regular respectivamente según el parámetro de Horak, tanto en los ejes de las zonas de carga y de no carga.
- 8) Las deflexiones de las progresivas de 0+000 hasta 0+300, en donde se encuentra el pavimento rígido se clasifica en condición estructural “Buena”, tal como se puede apreciar en la Tabla N° 58.
- 9) Los valores de las deflexiones del pavimento flexible de la pista, tanto en la zona cargada y no cargada se encuentra en condición estructural “Buena”, tal como se muestra en la Tabla N° 59.
- 10) Se reporta el PCN del pavimento de la pista con y sin la aeronave BARON-E-55 en donde se aprecia que los resultados son valores conservadores, no existe variación. Estos valores son los siguientes:

COMPONENTE	PCN CALCULADO
Pista de aterrizaje (Rígido)	59/R/B/W/T
Pista de aterrizaje (Flexible)	51/F/B/X/T

- 11) Se reporta valores de vida remanente mayores a 20 años y Sub CDF inferior a 1, por lo que se evidencia el buen estado del pavimento y no hay necesidad de realizar alguna rehabilitación a corto plazo.
- 12) Con respecto a los valores obtenidos, se puede indicar que las transferencias de carga transversal y longitudinal en la pista de aterrizaje cumple un buen desempeño en conjunto conllevando a la condición ACEPTABLE.

RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos de la evaluación estructural y funcional del aeropuerto de Pisco, se recomienda las siguientes intervenciones en la pista de aterrizaje del aeropuerto.

1. De los resultados de la medición funcional se recomienda realizar las siguientes: limpieza o corrección de baches elevadas del pavimento lo cual perjudica a la operación segura de las aeronaves.
2. Se recomienda tomar las mediciones con el Perfilómetro láser, en meses de escasas de lluvia, ya que estos influyen negativamente en la toma de datos de regularidad.
3. Con respecto a la condición superficial del pavimento es preciso señalar lo siguiente:

SECCIÓN	ITEM	PROGRESIVAS	PCI	CONDICIÓN	RECOMENDACIÓN
D	Rígido	0+000 - 0+300	57	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.
	RWY_1D	0+300 - 1+650	65	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.
	RWY_2D	1+650 - 2+340	45	Pobre	Rehabilitación o reconstrucción.
	RWY_3D	2+340 - 3+020	56	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.
C	Rígido	0+000 - 0+300	56	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.
	RWY_1C	0+300 - 0+990	37	Muy pobre	Rehabilitación o reconstrucción.
	RWY_2C	0+990 - 1+830	52	Pobre	Rehabilitación o reconstrucción.
	RWY_3C	1+830 - 3+020	64	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.
I	Rígido	0+000 - 0+300	56	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.
	RWY_1I	0+300 - 0+960	56	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.
	RWY_2I	0+960 - 1+710	68	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.
	RWY_3I	1+710 - 3+020	66	Aceptable	Mantenimiento correctivo y rehabilitación.

4. Se recomienda realizar inspecciones anuales de deterioros del pavimento, para así tener un historial de la condición del pavimento y calibrar la curva de deterioro para una mejor planificación de las actividades de mantenimiento del aeropuerto de Pisco.
5. Se recomienda realizar una la calibración de los espesores de estratos obtenidos con el Georadar con lo obtenido de los datos de las calicatas y diamantinas para tener los espesores más reales en todo la pista de aterrizaje.

6. Se recomienda realizar la toma de mediciones con el Deflectómetro de Impacto, en meses de escasas de lluvia y elevadas temperaturas, ya que estos influyen negativamente en la toma de datos.
7. No estando normado las deflexiones máximas se recomienda considerar como bueno a valores inferiores de 1500 micrones, regular a los que va entre el rango de 1500 a 2500 micrones y malo superiores a 2500 micrones.
8. Se recomienda realizar un modelamiento mediante software basado en elementos finitos (Abaqus y FEAFAA), ya que estas permiten simular el comportamiento de la variabilidad de deflexiones entre dos losas continuas y estos resultados deberá ser comparadas con los valores obtenidos con el Deflectómetro de Impacto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A.C. 150/5380-9, "Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness", FAA (2009).
- [2] A.C. 150/5370-11B, "Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements", FAA (2011).
- [3] A.C. 150/5335-5C, "Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN", FAA (2014).
- [4] A.C. 150/5370-10G, "Standards for Specifying Construction of Airports", FAA (2014).
- [5] A.C. 150/5320-6F, "Airport Pavement Design and Evaluation", FAA (2017).
- [6] ACRP SYNTHESIS 22, "Airport Cooperative Research Program", (2011)
- [7] ASTM D 5340-20, "Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys", (2020).
- [8] Aquije, A. 2011. Evaluación de los Pavimentos de la Pista de Aterrizaje, Calles de Rodaje y Plataforma de estacionamiento del Aeropuerto de Talara. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3306>
- [9] Cortés, O. Propiedades que definen los materiales resilientes. Revista de tecnología – Volumen 14., 117-126, (2015).
- [10] Guzmán, D y Ulloa, J. 2015. Evaluación Estructural, Superficial y Funcional del Pavimento de la Pista Principal Aeropuerto de Pisco: Renan Elias Olivera. <https://core.ac.uk/download/pdf/337285504.pdf>
- [11] Hoffman, Mario. Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (Ensayos no destructivos), 1985.
- [12] Horak, E. Evaluation of Airport Pavements with FWD Deflection bowl Parameter Benchmarking Methodology.
- [13] Horak, E. y Emery S. Using Falling Weight Deflectometer Readings to Conduct Structural Benchmarking of Airport Structures.
- [14] ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, "Manual de Proyecto de Aeródromos (DOC 9157-AN/901). Parte 3 – Pavimentos", (1983).

- [15] Pavement analysis and design (segunde d.). Pearson Education Hall Huang, Y. H. (2004)
- [16] ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, "Diseño y Operaciones de aeródromos. Vol I", (2020).
- [17] Rico, A. La ingeniería de suelos en las vías terrestres. Volumen 2. Mexico D.F. Limusa. (1997).
- [18] Rodríguez, Y. 2016. Evaluación de la pista aérea del aeropuerto internacional "Abel Santamaría" de la ciudad de Santa Clara empleando el método ACN-PCN.
<http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/8672>
- [19] Thenoux, Z. 2019. Revista de Ingeniería de Construcción.
<http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/364/306>.

ANEXOS

Anexo 01: Reporte de Relevamiento de fallas para PCI

Anexo 02: Reporte de Deflexiones (Módulo elásticos, CBR procesado estadística)

Anexo 03: Reporte de medición de espesores (GPR)

Anexo 04: Reporte de mediciones de regularidad superficial de pista BBI

Anexo 05: Reporte del PCN y vida remanente (FAARFIELD y COMFAA)

Anexo 06: Reporte de Análisis de transferencia de carga

Anexo 07: Panel fotográfico

ANEXOS

Anexo 01:

Reporte de Relevamiento de fallas para PCI

EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

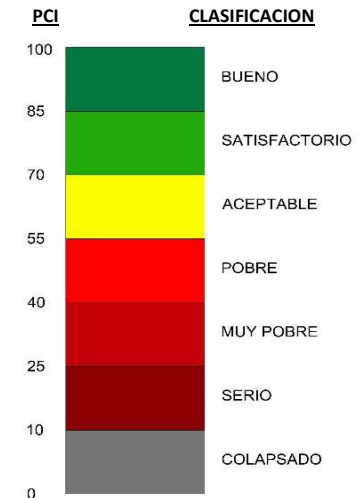
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION C)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
1	450.0	11C	46	54	POBRE
2	450.0	12C	70	30	MUY POBRE
3	450.0	13C	71	29	MUY POBRE
4	450.0	14C	73	27	MUY POBRE
5	450.0	15C	66	34	MUY POBRE
6	450.0	16C	70	30	MUY POBRE
7	450.0	17C	78	22	SERIO
8	450.0	18C	80	20	SERIO
9	450.0	19C	70	30	MUY POBRE
10	450.0	20C	47	53	POBRE
11	450.0	21C	66	34	MUY POBRE
12	450.0	22C	64	36	MUY POBRE
13	450.0	23C	68	32	MUY POBRE
14	450.0	24C	55	45	POBRE
15	450.0	25C	68	32	MUY POBRE
16	450.0	26C	70	30	MUY POBRE
17	450.0	27C	58	42	POBRE
18	450.0	28C	60	40	POBRE
19	450.0	29C	59	41	POBRE
20	450.0	30C	60	40	POBRE
21	450.0	31C	55	45	POBRE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

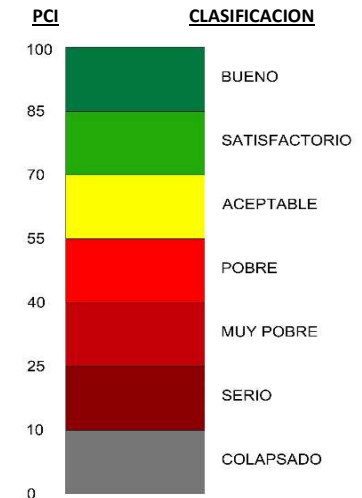
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION C)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
22	450.0	32C	59	41	POBRE
23	450.0	33C	39	61	ACEPTABLE
24	450.0	34C	38	62	ACEPTABLE
25	450.0	35C	39	61	ACEPTABLE
26	450.0	36C	38	62	ACEPTABLE
27	450.0	37C	34	66	ACEPTABLE
28	450.0	38C	38	62	ACEPTABLE
29	450.0	39C	53	47	POBRE
30	450.0	40C	55	45	POBRE
31	450.0	41C	47	53	POBRE
32	450.0	42C	45	55	ACEPTABLE
33	450.0	43C	41	59	ACEPTABLE
34	450.0	44C	39	61	ACEPTABLE
35	450.0	45C	44	56	ACEPTABLE
36	450.0	46C	49	51	POBRE
37	450.0	47C	50	50	POBRE
38	450.0	48C	68	32	MUY POBRE
39	450.0	49C	53	47	POBRE
40	450.0	50C	57	43	POBRE
41	450.0	51C	44	56	ACEPTABLE
42	450.0	52C	44	56	ACEPTABLE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021

AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

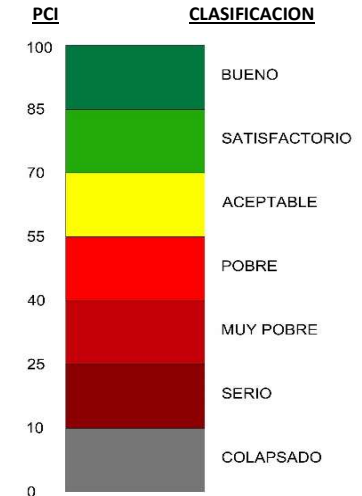
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION C)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
43	450.0	53C	43	57	ACEPTABLE
44	450.0	54C	48	52	POBRE
45	450.0	55C	45	55	ACEPTABLE
46	450.0	56C	54	46	POBRE
47	450.0	57C	66	34	MUY POBRE
48	450.0	58C	68	32	MUY POBRE
49	450.0	59C	52	48	POBRE
50	450.0	60C	51	49	POBRE
51	450.0	61C	46	54	POBRE
52	450.0	62C	34	66	ACEPTABLE
53	450.0	63C	43	57	ACEPTABLE
54	450.0	64C	41	59	ACEPTABLE
55	450.0	65C	55	45	POBRE
56	450.0	66C	37	63	ACEPTABLE
57	450.0	67C	42	58	ACEPTABLE
58	450.0	68C	39	61	ACEPTABLE
59	450.0	69C	42	58	ACEPTABLE
60	450.0	70C	30	70	SATISFACTORIO
61	450.0	71C	52	48	POBRE
62	450.0	72C	57	43	POBRE
63	450.0	73C	25	75	SATISFACTORIO

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION C)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
64	450.0	74C	27	73	SATISFACTORIO
65	450.0	75C	27	73	SATISFACTORIO
66	450.0	76C	35	65	ACEPTABLE
67	450.0	77C	39	61	ACEPTABLE
68	450.0	78C	33	67	ACEPTABLE
69	450.0	79C	32	68	ACEPTABLE
70	450.0	80C	27	73	SATISFACTORIO
71	450.0	81C	31	69	ACEPTABLE
72	450.0	82C	40	60	ACEPTABLE
73	450.0	83C	39	61	ACEPTABLE
74	450.0	84C	39	61	ACEPTABLE
75	450.0	85C	39	61	ACEPTABLE
76	450.0	86C	33	67	ACEPTABLE
77	450.0	87C	25	75	SATISFACTORIO
78	450.0	88C	32	68	ACEPTABLE
79	450.0	89C	42	58	ACEPTABLE
80	450.0	90C	42	58	ACEPTABLE
81	450.0	91C	38	62	ACEPTABLE
82	450.0	92C	34	66	ACEPTABLE
83	450.0	93C	44	56	ACEPTABLE
84	450.0	94C	38	62	ACEPTABLE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021

AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION C)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
85	450.0	95C	38	62	ACEPTABLE
86	450.0	96C	27	73	SATISFACTORIO
87	450.0	97C	27	73	SATISFACTORIO
88	450.0	98C	32	68	ACEPTABLE
89	450.0	99C	32	68	ACEPTABLE
90	450.0	100C	35	65	ACEPTABLE
91	300.0	101C	32	68	ACEPTABLE
PROMEDIO				53	POBRE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION D)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
1	459.0	11D	21	79	SATISFACTORIO
2	569.5	12D	23	77	SATISFACTORIO
3	578.0	13D	25	75	SATISFACTORIO
4	535.5	14D	22	78	SATISFACTORIO
5	382.5	15D	34	66	ACEPTABLE
6	459.0	16D	35	65	ACEPTABLE
7	382.5	17D	24	76	SATISFACTORIO
8	459.0	18D	31	69	ACEPTABLE
9	459.0	19D	37	63	ACEPTABLE
10	459.0	20D	46	54	POBRE
11	459.0	21D	41	59	ACEPTABLE
12	459.0	22D	43	57	ACEPTABLE
13	459.0	23D	43	57	ACEPTABLE
14	459.0	24D	47	53	POBRE
15	459.0	25D	45	55	ACEPTABLE
16	459.0	26D	42	58	ACEPTABLE
17	459.0	27D	42	58	ACEPTABLE
18	459.0	28D	39	61	ACEPTABLE
19	459.0	29D	43	57	ACEPTABLE
20	459.0	30D	36	64	ACEPTABLE
21	459.0	31D	27	73	SATISFACTORIO

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

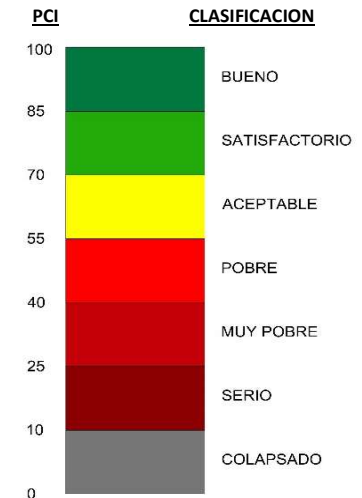
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION D)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
22	459.0	32D	27	73	SATISFACTORIO
23	569.5	33D	29	71	SATISFACTORIO
24	578.0	34D	26	74	SATISFACTORIO
25	535.5	35D	26	74	SATISFACTORIO
26	382.5	36D	21	79	SATISFACTORIO
27	459.0	37D	40	60	ACEPTABLE
28	382.5	38D	37	63	ACEPTABLE
29	459.0	39D	44	56	ACEPTABLE
30	459.0	40D	37	63	ACEPTABLE
31	459.0	41D	32	68	ACEPTABLE
32	459.0	42D	24	76	SATISFACTORIO
33	459.0	43D	37	63	ACEPTABLE
34	459.0	44D	34	66	ACEPTABLE
35	459.0	45D	37	63	ACEPTABLE
36	459.0	46D	37	63	ACEPTABLE
37	459.0	47D	33	67	ACEPTABLE
38	459.0	48D	35	65	ACEPTABLE
39	459.0	49D	36	64	ACEPTABLE
40	459.0	50D	32	68	ACEPTABLE
41	459.0	51D	41	59	ACEPTABLE
42	459.0	52D	40	60	ACEPTABLE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION D)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
43	459.0	53D	38	62	ACEPTABLE
44	569.5	54D	43	57	ACEPTABLE
45	578.0	55D	36	64	ACEPTABLE
46	535.5	56D	54	46	POBRE
47	382.5	57D	52	48	POBRE
48	459.0	58D	48	52	POBRE
49	382.5	59D	49	51	POBRE
50	459.0	60D	51	49	POBRE
51	459.0	61D	52	48	POBRE
52	459.0	62D	47	53	POBRE
53	459.0	63D	47	53	POBRE
54	459.0	64D	47	53	POBRE
55	459.0	65D	47	53	POBRE
56	459.0	66D	62	38	MUY POBRE
57	459.0	67D	67	33	MUY POBRE
58	459.0	68D	81	19	SERIO
59	459.0	69D	67	33	MUY POBRE
60	459.0	70D	67	33	MUY POBRE
61	459.0	71D	65	35	MUY POBRE
62	459.0	72D	62	38	MUY POBRE
63	459.0	73D	58	42	POBRE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

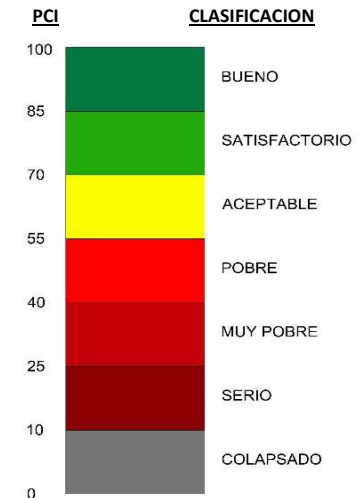
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION D)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
64	459.0	74D	58	42	POBRE
65	569.5	75D	22	78	SATISFACTORIO
66	578.0	76D	34	66	ACEPTABLE
67	535.5	77D	77	23	SERIO
68	382.5	78D	42	58	ACEPTABLE
69	459.0	79D	37	63	ACEPTABLE
70	382.5	80D	37	63	ACEPTABLE
71	459.0	81D	32	68	ACEPTABLE
72	459.0	82D	40	60	ACEPTABLE
73	459.0	83D	51	49	POBRE
74	459.0	84D	45	55	ACEPTABLE
75	459.0	85D	42	58	ACEPTABLE
76	459.0	86D	38	62	ACEPTABLE
77	459.0	87D	47	53	POBRE
78	459.0	88D	41	59	ACEPTABLE
79	459.0	89D	45	55	ACEPTABLE
80	459.0	90D	48	52	POBRE
81	459.0	91D	42	58	ACEPTABLE
82	459.0	92D	37	63	ACEPTABLE
83	459.0	93D	67	33	MUY POBRE
84	459.0	94D	42	58	ACEPTABLE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION D)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
85	459.0	95D	63	37	MUY POBRE
86	569.5	96D	35	65	ACEPTABLE
87	578.0	97D	32	68	ACEPTABLE
88	535.5	98D	34	66	ACEPTABLE
89	382.5	99D	42	58	ACEPTABLE
90	459.0	100D	67	33	MUY POBRE
91	382.5	101D	50	50	POBRE
			PROMEDIO	58	ACEPTABLE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

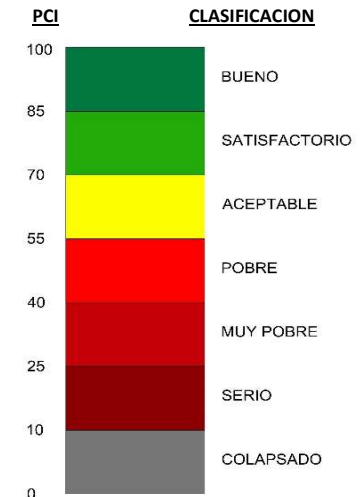
METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION I)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
1	450.0	11l	59	41	POBRE
2	450.0	12l	43	57	ACEPTABLE
3	450.0	13l	22	78	SATISFACTORIO
4	450.0	14l	45	55	ACEPTABLE
5	450.0	15l	31	69	ACEPTABLE
6	450.0	16l	39	61	ACEPTABLE
7	450.0	17l	39	61	ACEPTABLE
8	450.0	18l	39	61	ACEPTABLE
9	450.0	19l	40	60	ACEPTABLE
10	450.0	20l	53	47	POBRE
11	450.0	21l	50	50	POBRE
12	450.0	22l	48	52	POBRE
13	450.0	23l	46	54	POBRE
14	450.0	24l	45	55	ACEPTABLE
15	450.0	25l	60	40	POBRE
16	450.0	26l	45	55	ACEPTABLE
17	450.0	27l	40	60	ACEPTABLE
18	450.0	28l	51	49	POBRE
19	450.0	29l	45	55	ACEPTABLE
20	450.0	30l	50	50	POBRE
21	450.0	31l	31	69	ACEPTABLE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION I)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
22	450.0	32I	37	63	ACEPTABLE
23	450.0	33I	8	92	BUENO
24	450.0	34I	32	68	ACEPTABLE
25	450.0	35I	32	68	ACEPTABLE
26	450.0	36I	24	76	SATISFACTORIO
27	450.0	37I	34	66	ACEPTABLE
28	450.0	38I	32	68	ACEPTABLE
29	450.0	39I	35	65	ACEPTABLE
30	450.0	40I	38	62	ACEPTABLE
31	450.0	41I	29	71	SATISFACTORIO
32	450.0	42I	27	73	SATISFACTORIO
33	450.0	43I	25	75	SATISFACTORIO
34	450.0	44I	32	68	ACEPTABLE
35	450.0	45I	36	64	ACEPTABLE
36	450.0	46I	41	59	ACEPTABLE
37	450.0	47I	27	73	SATISFACTORIO
38	450.0	48I	17	83	SATISFACTORIO
39	450.0	49I	24	76	SATISFACTORIO
40	450.0	50I	36	64	ACEPTABLE
41	450.0	51I	32	68	ACEPTABLE
42	450.0	52I	36	64	ACEPTABLE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION I)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
43	450.0	53l	37	63	ACEPTABLE
44	450.0	54l	42	58	ACEPTABLE
45	450.0	55l	37	63	ACEPTABLE
46	450.0	56l	41	59	ACEPTABLE
47	450.0	57l	45	55	ACEPTABLE
48	450.0	58l	31	69	ACEPTABLE
49	450.0	59l	39	61	ACEPTABLE
50	450.0	60l	50	50	POBRE
51	450.0	61l	43	57	ACEPTABLE
52	450.0	62l	34	66	ACEPTABLE
53	450.0	63l	41	59	ACEPTABLE
54	450.0	64l	39	61	ACEPTABLE
55	450.0	65l	35	65	ACEPTABLE
56	450.0	66l	35	65	ACEPTABLE
57	450.0	67l	34	66	ACEPTABLE
58	450.0	68l	36	64	ACEPTABLE
59	450.0	69l	28	72	SATISFACTORIO
60	450.0	70l	41	59	ACEPTABLE
61	450.0	71l	39	61	ACEPTABLE
62	450.0	72l	36	64	ACEPTABLE
63	450.0	73l	23	77	SATISFACTORIO

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021
AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION I)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
64	450.0	74I	24	76	SATISFACTORIO
65	450.0	75I	24	76	SATISFACTORIO
66	450.0	76I	31	69	ACEPTABLE
67	450.0	77I	27	73	SATISFACTORIO
68	450.0	78I	27	73	SATISFACTORIO
69	450.0	79I	31	69	ACEPTABLE
70	450.0	80I	25	75	SATISFACTORIO
71	450.0	81I	27	73	SATISFACTORIO
72	450.0	82I	25	75	SATISFACTORIO
73	450.0	83I	29	71	SATISFACTORIO
74	450.0	84I	32	68	ACEPTABLE
75	450.0	85I	32	68	ACEPTABLE
76	450.0	86I	37	63	ACEPTABLE
77	450.0	87I	32	68	ACEPTABLE
78	450.0	88I	28	72	SATISFACTORIO
79	450.0	89I	32	68	ACEPTABLE
80	450.0	90I	32	68	ACEPTABLE
81	450.0	91I	34	66	ACEPTABLE
82	450.0	92I	35	65	ACEPTABLE
83	450.0	93I	35	65	ACEPTABLE
84	450.0	94I	40	60	ACEPTABLE

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021

AEROPUERTO CAPITAN FAP RENAN ELIAS OLIVERA - SAN ANDRES - PISCO - ICA

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASTM D 5340 - 20

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) PISTA DE ATERRIZAJE (SECCION I)

(PAVIMENTO FLEXIBLE 0+300 A 3+020)

N°	AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	VRC	PCI	CLASIFICACION
85	450.0	95I	37	63	ACEPTABLE
86	450.0	96I	35	65	ACEPTABLE
87	450.0	97I	32	68	ACEPTABLE
88	450.0	98I	35	65	ACEPTABLE
89	450.0	99I	37	63	ACEPTABLE
90	450.0	100I	41	59	ACEPTABLE
91	450.0	101I	41	59	ACEPTABLE
PROMEDIO				64	ACEPTABLE

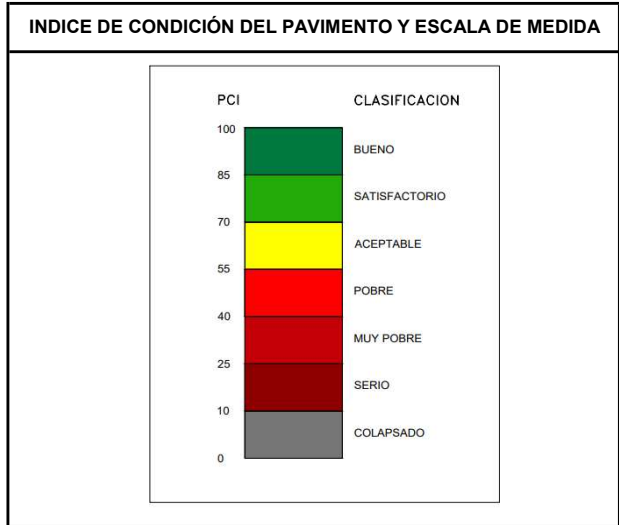
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA



	“EVALUACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE DEL AEROPUERTO DE PISCO”	
	MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASTM D 5340 - 20	

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

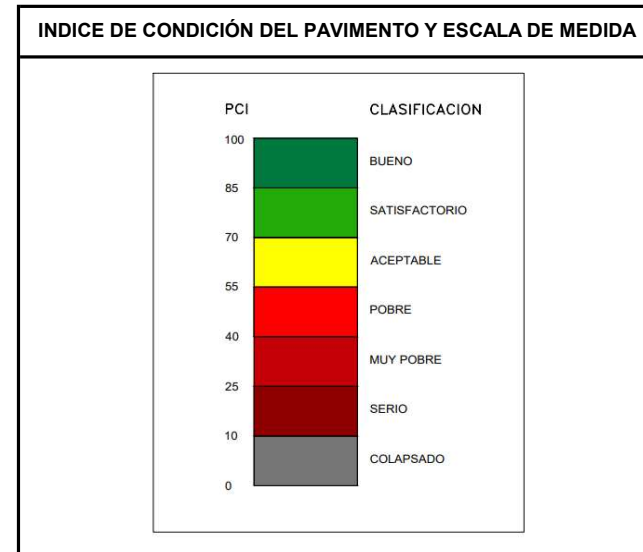
COMPONENTE:				SECCIÓN:			
PISTA DE ATERRIZAJE				D			
ITEM	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA		ÁREA m2	PCI	CLASIFICACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
		INICIO	FIN				
1	1D	0+000	0+030	450	45	POBRE	Manual
2	2D	0+030	0+060	450	53	POBRE	Manual
3	3D	0+060	0+090	450	59	ACEPTABLE	Manual
4	4D	0+090	0+120	450	56	ACEPTABLE	Manual
5	5D	0+120	0+150	450	71	SATISFACTORIO	Manual
6	6D	0+150	0+180	450	56	ACEPTABLE	Manual
7	7D	0+180	0+210	450	66	ACEPTABLE	Manual
8	8D	0+210	0+240	450	54	POBRE	Manual
9	9D	0+240	0+270	450	64	ACEPTABLE	Manual
10	10D	0+270	0+300	450	50	POBRE	Manual
PROMEDIO					57	ACEPTABLE	



	“EVALUACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE DEL AEROPUERTO DE PISCO”	
	MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASTM D 5340 - 20	

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

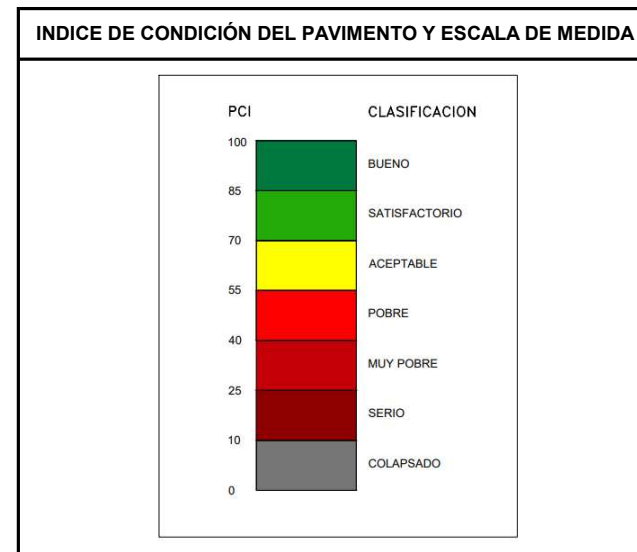
COMPONENTE:		SECCIÓN:					
PISTA DE ATERRIZAJE		C					
ITEM	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA		ÁREA m2	PCI	CLASIFICACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
		INICIO	FIN				
1	1C	0+000	0+030	450	60	ACEPTABLE	Manual
2	2C	0+030	0+060	450	45	POBRE	Manual
3	3C	0+060	0+090	450	69	ACEPTABLE	Manual
4	4C	0+090	0+120	450	60	ACEPTABLE	Manual
5	5C	0+120	0+150	450	62	ACEPTABLE	Manual
6	6C	0+150	0+180	450	63	ACEPTABLE	Manual
7	7C	0+180	0+210	450	54	POBRE	Manual
8	8C	0+210	0+240	450	59	ACEPTABLE	Manual
9	9C	0+240	0+270	450	44	POBRE	Manual
10	10C	0+270	0+300	450	41	POBRE	Manual
PROMEDIO					56	ACEPTABLE	



	“EVALUACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE DEL AEROPUERTO DE PISCO”	
	MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL ASTM D 5340 - 20	

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

COMPONENTE:		SECCIÓN:					
		PISTA DE ATERRIZAJE		I			
ITEM	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA		ÁREA m2	PCI	CLASIFICACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
		INICIO	FIN				
1	1I	0+000	0+030	450	51	POBRE	Manual
2	2I	0+030	0+060	450	56	ACEPTABLE	Manual
3	3I	0+060	0+090	450	68	ACEPTABLE	Manual
4	4I	0+090	0+120	450	62	ACEPTABLE	Manual
5	5I	0+120	0+150	450	55	ACEPTABLE	Manual
6	6I	0+150	0+180	450	68	ACEPTABLE	Manual
7	7I	0+180	0+210	450	61	ACEPTABLE	Manual
8	8I	0+210	0+240	450	54	POBRE	Manual
9	9I	0+240	0+270	450	52	POBRE	Manual
10	10I	0+270	0+300	450	36	MUY POBRE	Manual
PROMEDIO					56	ACEPTABLE	



Anexo 02:

Reporte de Deflexiones (Módulo elásticos, CBR procesado estadística)

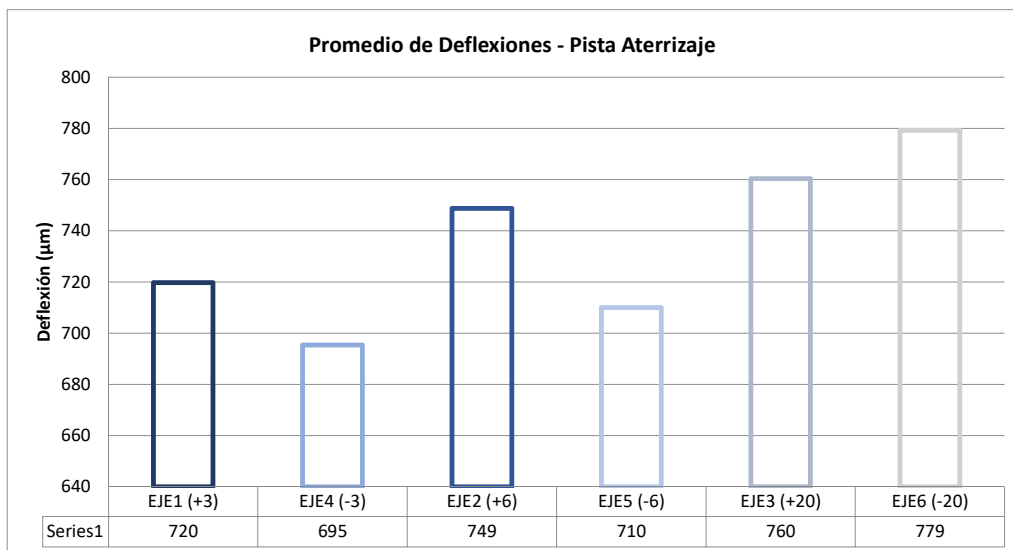


UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERÍA

EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - PAVIMENTO ASFÁLTICO Deflexión Normalizada - Clasificación de Condición Estructural - SECTORIZACIÓN - RESUMEN

Evaluaciones Funcionales y Estructurales de los Pavimentos de la pista de aterrizaje							
Aeropuerto: Pisco		Longitud: 3 050			Área: Pista de Aterrizaje		
Eje	Localización del Sector				Do		Clasificación de Condición Estructural
	Sector N°	Km Inicial	Km Final	Distancia (km)	Valores Estadísticos Do prom.	Desv. Estándar	
Eje 1 (+3)	RWY_C2	000+300	001+110	810	533	176	Buena
	RWY_C3	001+110	002+100	990	720	154	Buena
	RWY_C4	002+100	003+000	900	885	246	Buena
Eje 4 (-3)	RWY_C2	000+300	001+110	810	470	223	Buena
	RWY_C3	001+110	002+100	990	693	171	Buena
	RWY_C4	002+100	003+000	900	890	246	Buena
Eje 2 (+6)	RWY_C2	000+300	000+840	540	460	187	Buena
	RWY_C3	000+840	001+920	1 080	649	179	Buena
	RWY_C4	001+920	003+000	1 080	982	217	Buena
Eje 5 (-6)	RWY_C2	000+300	000+840	540	442	243	Buena
	RWY_C3	000+840	001+920	1 080	643	197	Buena
	RWY_C4	001+920	003+000	1 080	904	174	Buena
Eje 3 (+20)	RWY_D2	000+300	001+140	840	603	324	Buena
	RWY_D3	001+140	002+100	960	719	92	Buena
	RWY_D4	002+100	002+940	840	941	165	Buena
Eje 6 (-20)	RWY_I2	000+300	001+140	840	622	301	Buena
	RWY_I3	001+140	002+100	960	819	240	Buena
	RWY_I4	002+100	002+940	840	867	218	Buena

VALORES ESTADÍSTICOS	Resumen de resultados de Deflexión					
	Cada 30 m		Cada 60m		Cada 120m	
	EJE1 (+3)	EJE4 (-3)	EJE2 (+6)	EJE5 (-6)	EJE3 (+20)	EJE6 (-20)
Promedio (µm)	720	695	749	710	760	779
Mínimo (µm)	216	163	168	175	150	202
Máximo (µm)	1428	1530	1438	1237	1233	1265
Desv. Estándar (µm)	240	274	286	266	256	278





**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERÍA**

**EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - PAVIMENTO
ASFÁLTICO - Módulo Elástico
CBR - SECTORIZACIÓN - RESUMEN**

Evaluaciones Estructurales de los Pavimentos de la pista de aterrizaje

Aeropuerto: Pisco

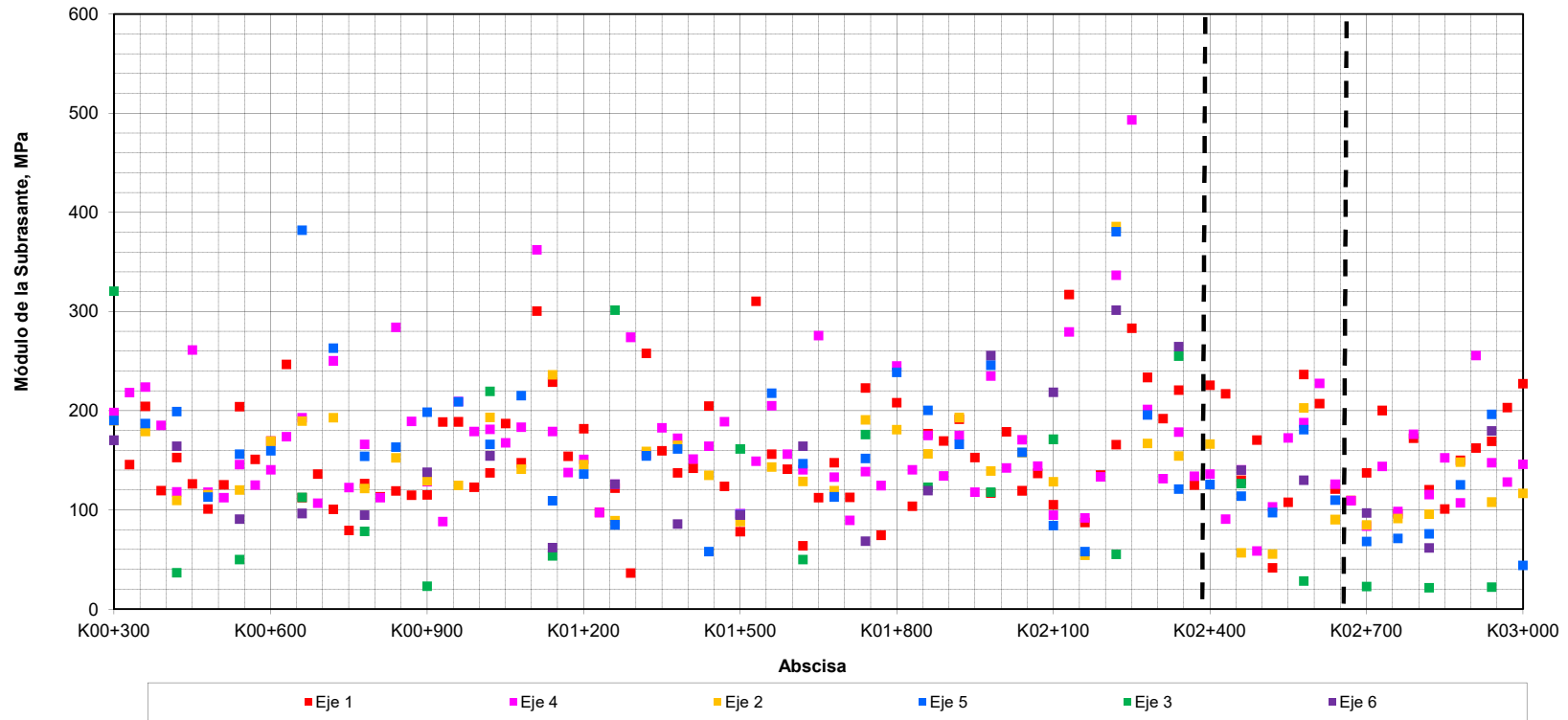
Longitud: 3 020

Tramo : Pista de Aterrizaje - Flex.

LOCALIZACIÓN DEL SECTOR				MÓDULO ELÁSTICO, (Esub) Mpa			CBR	CBR prom
EJE	Sector No.	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	Valores estadísticos				
				prom	Desviación estándar	Percentil 85%) (
Eje 1	1	K00+300	K02+220	151	56	104	10.1	11.0
	2	K02+220	K02+460	208	44	133	12.8	
	3	K02+460	K03+000	146	47	104	10.1	
Eje 4	1	K00+300	K02+220	167	55	118	11.4	11.3
	2	K02+220	K02+460	213	127	131	12.7	
	3	K02+460	K03+000	141	48	101	9.8	
Eje 2	1	K00+300	K02+220	148	37	118	11.5	9.8
	2	K02+220	K02+460	218	97	101	9.7	
	3	K02+460	K03+000	104	44	86	8.3	
Eje 5	1	K00+300	K02+220	167	64	106	10.3	9.4
	2	K02+220	K02+460	206	105	117	11.3	
	3	K02+460	K03+000	115	43	69	6.6	
Eje 3	1	K00+300	K01+260	112	98	39	3.8	14.6
	2	K01+260	K01+500	992	691	390	37.7	
	3	K01+500	K02+940	109	71	23	2.2	
Eje 6	1	K00+300	K01+260	121	38	91	8.8	8.5
	2	K01+260	K01+500	106	20	87	8.4	
	3	K01+500	K02+940	160	78	87	8.4	
LOCALIZACIÓN DEL SECTOR				MÓDULO ELÁSTICO, (Esub) Mpa			CBR	CBR prom
EJE	Sector No.	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	Valores estadísticos				
				prom	Desviación estándar	Percentil 85%) (
Zona cargada	1	K00+300	K02+220	158	53	112	10.8	10.4
	2	K02+220	K02+460	211	93	120	11.6	
	3	K02+460	K03+000	126	46	90	8.7	
Zona no cargada	1	K00+300	K01+260	116	68	65	6.3	11.5
	2	K01+260	K01+500	549	356	238	23.0	
	3	K01+500	K02+940	134	75	55	5.3	

EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - PAVIMENTO ASFÁLTICO

Método Retrocáculo - MÓDULO DE LA SUBRASANTE



Anexo 03:

Reporte de medición de espesores (GPR)



Resultados de Calibración de Espesores de la Estructura del Pavimento Asfáltico en Pista de Aterrizaje

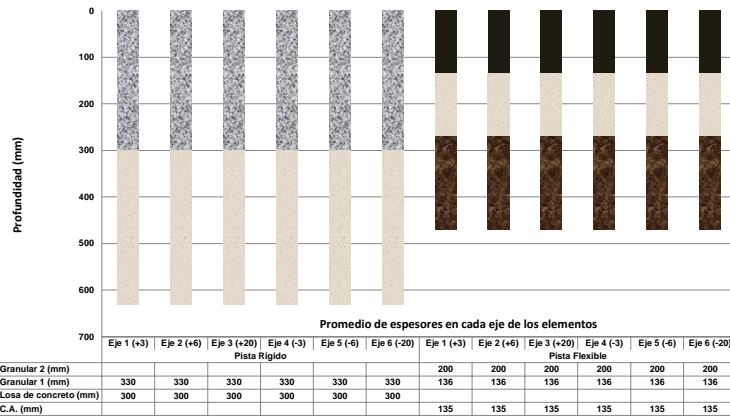
EVALUACIONES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DE LA PISTA DE ATERRIZAJE

AEROPUERTO: Pisco

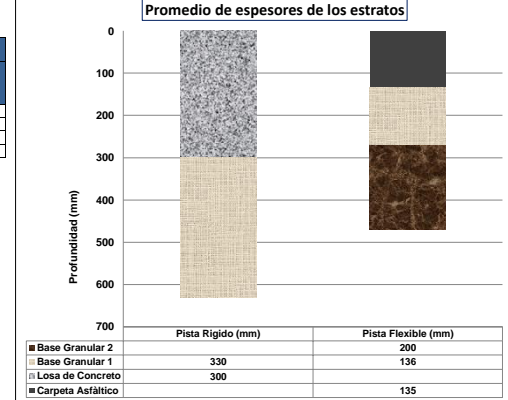
LONGITUD: 3+020

ÁREA: Pista de aterrizaje

Espesores de la estructura obtenidos de la calibración con Georadar					
Zona	Ejes	C.A. (mm)	Loza de concreto (mm)	Granular 1 (mm)	Granular 2 (mm)
Pista Rígido	Eje 1 (+3)		300	330	
	Eje 2 (+6)		300	330	
	Eje 3 (+20)		300	330	
	Eje 4 (-3)		300	330	
	Eje 5 (-6)		300	330	
	Eje 6 (-20)		300	330	
Pista Flexible	Eje 1 (+3)	135		136	200
	Eje 2 (+6)	135		136	200
	Eje 3 (+20)	135		136	200
	Eje 4 (-3)	135		136	200
	Eje 5 (-6)	135		136	200
	Eje 6 (-20)	135		136	200



Resumen de espesores de la estructura existente obtenido con Georadar		
Estructura	Pista Rígido (mm)	Pista Flexible (mm)
Carpeta Asfáltico		135
Loza de Concreto	300	
Base Granular 1	330	136
Base Granular 2		200



Anexo 04:

Reporte de mediciones de regularidad superficial de pista BBI



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERÍA**

EVALUACIÓN FUNCIONAL - PAVIMENTO ASFÁLTICO RESUMEN - BBI - Comparación - Zona excesiva

Evaluación Funcional de la pista de aterrizaje

Aeropuerto: Pisco

Longitud: 3 020

Área : Pista de Aterrizaje

Descripción	Lado izquierdo a 5.2 m del eje	Lado izquierdo a 3 m del eje	Eje	Lado derecho a 3 m del eje	Lado derecho a 5.2 m del eje
	4	3	0	1	2
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximo	2.63	2.46	2.48	2.62	2.59
Promedio	0.22	0.22	0.23	0.22	0.22
RMS	0.24	0.21	0.20	0.23	0.21
V. caracteris.	0.18	0.12	0.15	0.14	0.14

EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LA PISTA DE ATERRIZAJE

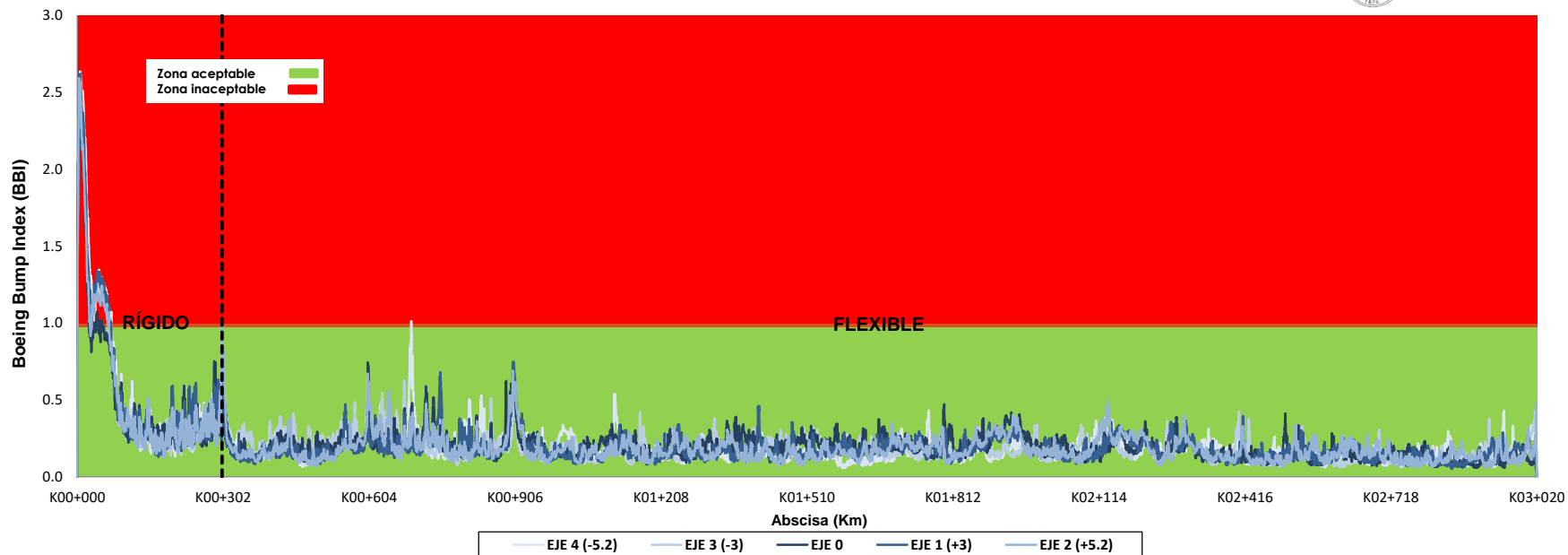
“CAPITÁN FAP RENÁN ELÍAS OLIVERA” - PISCO

EVALUACIÓN FUNCIONAL - PAVIMENTO ASFÁLTICO

BOEING BUMP INDEX - PISCO - PISTA DE ATERRIZAJE

BBI cada 0.25m - cabecera 22 a 04 - 5 ejes

RESUMEN - BBI - Comparación - Zona excesiva



Anexo 05:

Reporte del PCN y vida remanente (FAARFIELD y COMFAA)

➤ CÁLCULO DE PCN

➔ Pista de Aterrizaje – Tramo Rígido

Ref. AC 150/5335-5C Appendix B Rigid Pavement Structure Items	Existing Rigid Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness	Evaluation Layer Thickness	Improved k-value	
Figure A2-7	P-401 Overlay(s)	0.0 in./2.5	0.0 11.8	Overlay to P-501, 2.5 to 1	
Rigid Pavement Thickness	P-501	11.8 in.			
ThirdPoint Flexural Strength	Flexural strength	793.4 psi	0.0	Foundation k= Maximum k- Below or Input k No Stabilized	
Figure A2-6, default maximum k-value = 500 lb/in ³ . (135.7 MN/m ³) OR input k-value if greater.	P-401 and/or P-403	0.0 in.			
	P-306	0.0 in.			
	P-304	0.0 in.			
Combined Top and Bottom Figure A2-5.	P-209	0.0 in.	0.0	No Crushed	
	P-208 and/or P-211	0.0 in.			
	P-301	0.0 in.	13.0	309	
	P-154	13.0 in.			
COMFAA Inputs		Subgrade k-value	213.2 lb/in ³	24.80	309.00

k-value = 309.0 lb/in³
Rigid Pavement t = 11.8 in.
Flexural strength = 793.4 psi
Recommended PCN Codes: R/B/W

Enter Project Details

Arprt LOC-ID
Enter LOC-ID
Pavement ID
Enter Pave ID

Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

COMFAA 3.0, August 14, 2014 - ...TES\2023TP EFE 2020\3 Varios\07.-COMFAA\1.-PISCO\PiscoMix2021_A320.Ext

X = 52.1 in Y = -41.8 in

Aircraft Group

- Generic
- Airbus
- Boeing
- McDonnell Douglas
- Other Commercial
- General Aviation
- Military
- External Library
- Library Aircraft
- B767-200
- B747-400
- Baron-E-55
- Fokker-F-28-1000
- Hawker-800XP
- B737-300
- A319-100 opt
- A320-200 Twin std

Library Aircraft

- B767-200
- B747-400
- Baron-E-55
- Fokker-F-28-1000
- Hawker-800XP
- B737-300
- A319-100 opt
- A320-200 Twin std

Critical Aircraft

- Rigid Computation Finished

Subgrade Category

Computational Mode

PCN Flexible Batch PCN Rigid Batch MORE >>>

SG	CBR	Flex t, in	ACN Flex k, lbs/in ³	Rig t, in	ACN Rig
	10.90		309.0		

Evaluation Thickness = 11.80 Stress =

Input Parameters:

- Gross Weight (lbs): 361 000
- % GW on Main Gears: 92.30
- No. Main Gears: 2
- Wheels on Main Gear: 4
- Tire Pressure (psi): 190.0
- Alpha Used: 0.000
- Pass/Traffic Cycle (P/T/C): 3.61
- Annual Departures: 1
- Flex 20yr Covs. P/T/C = 1.90: 38
- Rig 20yr Covs. P/T/C = 3.81: 19
- Rigid Cutoff (times rrs): 5.00
- Concrete Flex. Str. (psi): 793.4

Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

This file name = PCN Results Rigid 14-12-21 16;33;10.txt
Library file name = H:\TRANSPORTES\2023TP EFE 2020\3 Varios\07.-COMFAA\1.-PISCO\PiscoMix2021_A320.Ext
Units = English

Evaluation pavement type is rigid
Equivalent coverages computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.
Maximum gross weight computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.

k Value = 309.0 lbs/in³ (Subgrade Category is B(295))
flexural strength = 793.4 psi
Evaluation pavement thickness = 11.80 in
Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 3.61 (non-standard)
Maximum number of wheels per gear = 4
Maximum number of gears per aircraft = 4

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	1	19	8.00
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	2	41	9.38
3	Baron-E-55	6 199	100.00	50.0	31 205	206 962	2.95
4	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	320	6 109	6.37
5	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	583	7 922	6.08
6	B737-300	140 000	90.86	201.0	137	2 556	10.27
7	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	42	774	9.98
8	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	14	280	10.49

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on B(295)
1	B767-200	19 982	10.56	437 786	13.68	0.0001	61.3
2	B747-400	2 199	10.72	1 030 678	15.42	0.0028	79.4
3	Baron-E-55	>5,000,000	11.50	6 595	2.77	0.0000	2.0
4	Fokker-F-28-1000	>5,000,000	10.99	68 662	7.60	0.0000	17.3
5	Hawker-800XP	>5,000,000	11.04	44 198	6.95	0.0000	14.2
6	B737-300	4 794	10.47	176 645	12.78	0.0798	52.9
7	A319-100 opt	4 068	10.52	189 156	12.82	0.0285	53.3
8	A320-200 Twin std	1 091	10.97	198 895	13.39	0.0384	58.5
Total CDF =						0.1497	

Results Table 3. Rigid ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(295)
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	12.06	46.7
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	13.85	63.0
3	Baron-E-55	6 199	100.00	50.0	2.69	1.9
4	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	7.05	14.7
5	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	6.46	12.2
6	B737-300	140 000	90.86	201.0	11.25	40.1
7	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	11.33	40.7
8	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	12.39	49.5

Results Table 4. Summary Output for Copy and Paste Into the Support Spread Sheet

Num,Plane,GWin,ACNin,ADout,6Dt,COV20yr,COVtoF,CDFt,GWcdf,PCNcdf,EVALt,SUBcode,KorCBR,PtoTC,FLexOrRig
1,B767-200,361000.000,46.7,4,8.00,1.89543E+001,1.33492E+005,10.56,437785.705,61.3,11.8,B,309.00,3.61,R
2,B747-400,877000.000,63.0,7,9.38,4.14068E+001,1.46908E+004,10.72,1030678.118,79.4,11.8,B,309.00,3.61,R
3,Baron-E-55,6199.000,1.9,112650,2.95,2.06962E+005,2.67877E+029,11.50,6594.848,2.0,11.8,B,309.00,3.61,R
4,Fokker-F-28-1000,60001.000,14.7,1155,6.37,6.10896E+003,2.13701E+009,10.99,68662.403,17.3,11.8,B,309.00,3.61,R
5,Hawker-800XP,38799.000,12.2,2105,6.08,7.92175E+003,1.29692E+010,11.04,44198.043,14.2,11.8,B,309.00,3.61,R
6,B737-300,140000.000,40.1,495,10.27,2.55556E+003,3.20252E+004,10.47,176645.279,52.9,11.8,B,309.00,3.61,R
7,A319-100 opt,150796.000,40.7,152,9.98,7.74320E+002,2.71784E+004,10.52,189155.597,53.3,11.8,B,309.00,3.61,R
8,A320-200 Twin std,172842.000,49.5,51,10.49,2.80036E+002,7.28588E+003,10.97,198894.932,58.5,11.8,B,309.00,3.61,R

Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

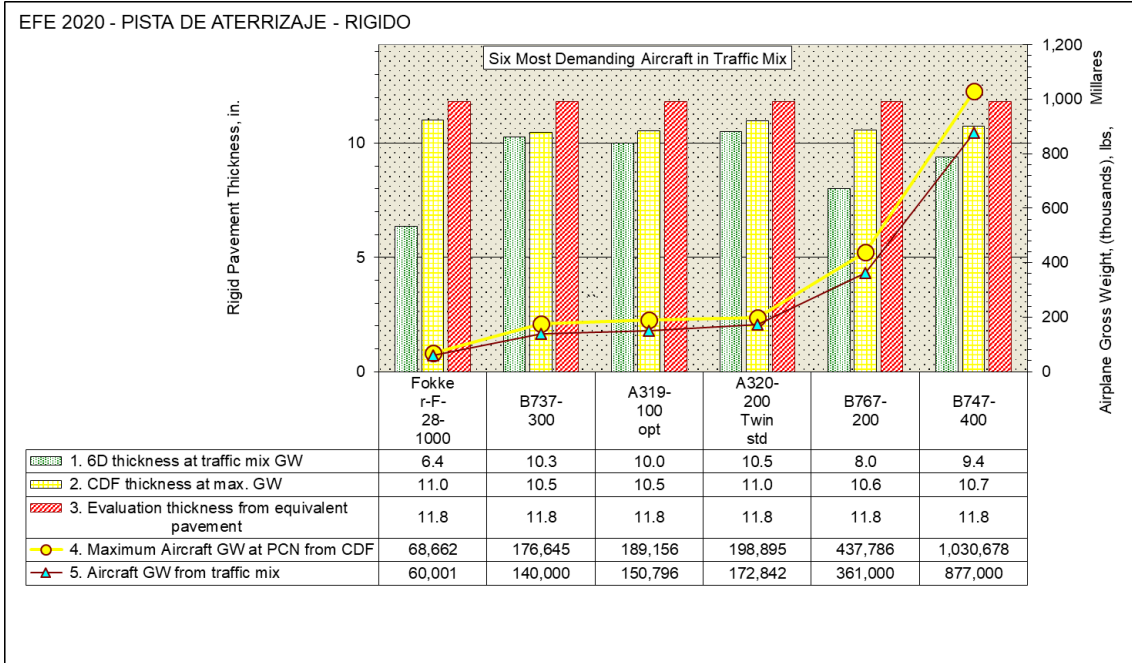


Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

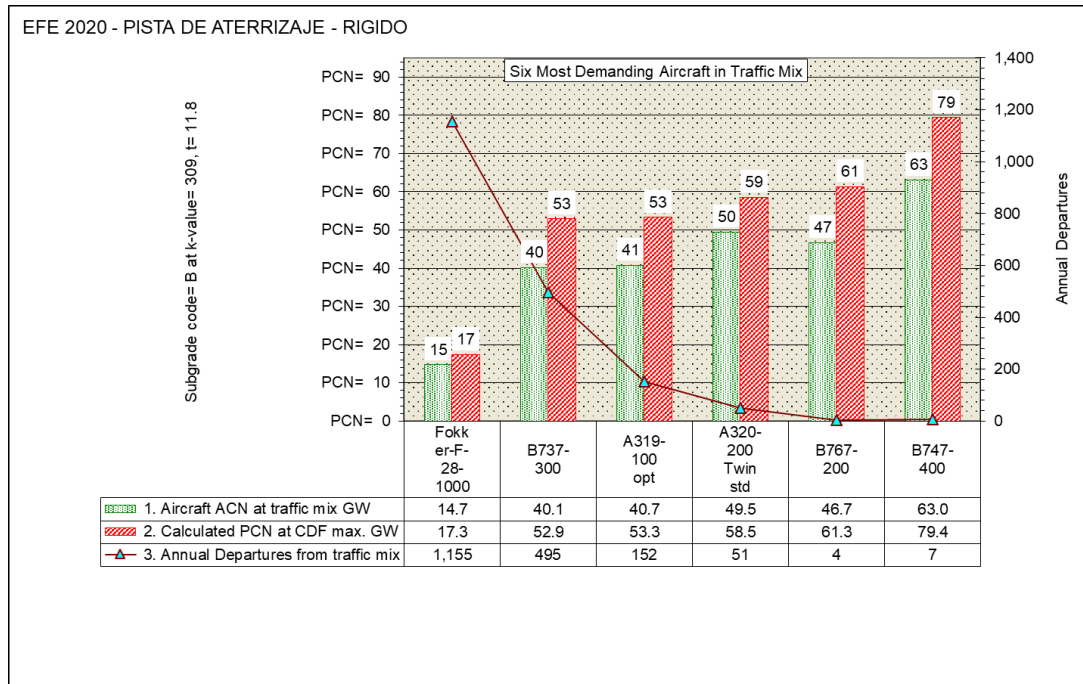


Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

➔ Pista de Aterrizaje – Tramo Flexible

Reference Guidance	AC 150/5335-5C App B Fig. A2-2 Convert to P-209	Figs.A2-1&2 Convert to P-154	Existing Flexible Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness
P-401/3 P 403	1.2	<input type="checkbox"/> Use FAA Std Factors	P-401/3	5.3 in.
P-306 ECONOCRTE	1.1		P-306	0.0 in.
P-304 CEM. TRTD	1.1	n/a	P-304	0.0 in.
P-209 Cr AGG	1.2	1.3	P-209	5.3 in.
P-208 Agg, P-211	1.0	1.1	P-208	0.0 in.
P-301 SOIL-CEM.	n/a	1.1	P-301	0.0 in.
P-154 Subbase	n/a	1.0	P-154	7.9 in.
Equivalent Thickness, mm				Subgrade CBR... 11.6
P-401/3	5.0			
P-209	8.0			
P-154	4.0			
Total	17.0			

Loc_ID	Pavement ID
LOC ID	GA RW

ENTER Ref. Section Requirements

P-401 reference 5.00 in.

P-209 reference 8.00 in.

COMFAA Inputs
Evaluation thickness t = 17.0 in.
Evaluation CBR = 11.6
Recommended PCN Codes: F/B/X

Cálculo de Espesor Equivalente – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

COMFAA 3.0, August 14, 2014 - ...TES\2023TP EFE 2020\3 Varios\07.-COMFAA\1.-PISCO\PiscoMix2021_A320.Ext

X = -19.5 in Y = 22.0 in

Aircraft Group

- Generic
- Airbus
- Boeing
- McDonnell Douglas
- Other Commercial
- General Aviation
- Military
- External Library

Library Aircraft

- B767-200
- B747-400
- Baron-E-55
- Fokker-F-28-1000
- Hawker-800XP
- B737-300
- A319-100 opt
- A320-200 Twin std

Critical Aircraft

Flexible Computation Finished

B767-200 Main Gear Footprint

Subgrade Category

Gross Weight (lbs)	361 000
% GW on Main Gears	92.30
No. Main Gears	2
Wheels on Main Gear	4
Tire Pressure (psi)	190.0
Alpha Used	0.000
Pass/Traffic Cycle (P/TC)	1.00
Annual Departures	1
Flex 20yr Covs. P/C = 1.90	11
Rig 20yr Covs. P/C = 3.81	5
Rigid Cutoff (times rrs)	5.00
Concrete Flex. Str. (psi)	650.0

Computational Mode

PCN Flexible Batch PCN Rigid Batch MORE >>>

SG	CBR	Flex t, in	ACN Flex	k, lbs/in ³	Rig t, in	ACN Rig
	11.60			0.0		

Evaluation Thickness = 17.00 Stress =

Ingreso de datos al COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

This file name = PCN Results Flexible 14-12-21 13;19;47.txt
Library file name = H:\TRANSPORTES\2023TP EFE 2020\3 Varios\07.-COMFAA\1.-PISCO\PiscoMix2021_A320.Ext
Units = English

Evaluation pavement type is flexible and design procedure is CBR.
Alpha Values are those approved by the ICAO in 2007.

CBR = 11.60 (Subgrade Category is B(10))
Evaluation pavement thickness = 17.00 in
Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00
Maximum number of wheels per gear = 4
Maximum number of gears per aircraft = 4

At least one aircraft has 4 or more wheels per gear. The FAA recommends a reference section assuming 5 inches of HMA and 8 inches of crushed aggregate for equivalent thickness calculations.

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	1	11	8.74
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	2	23	11.96
3	Baron-E-55	6 199	100.00	50.0	31 205	57 330	4.16
4	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	320	1 692	9.82
5	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	583	2 194	9.01
6	B737-300	140 000	90.86	201.0	137	708	14.63
7	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	42	214	12.99
8	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	14	78	12.32

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on B(10)
1	B767-200	337	15.78	406 722	24.77	0.0142	52.6
2	B747-400	90	15.26	1 038 714	29.66	0.1165	75.4
3	Baron-E-55	>5,000,000	7.47	32 102	9.81	0.0000	8.2
4	Fokker-F-28-1000	>5,000,000	16.84	60 866	12.69	0.0000	13.8
5	Hawker-800XP	>5,000,000	16.66	40 109	11.51	0.0000	11.3
6	B737-300	1 761	15.95	155 984	21.60	0.1832	40.0
7	A319-100 opt	1 455	15.92	168 654	21.74	0.0672	40.4
8	A320-200 Twin std	474	15.67	198 482	24.48	0.0746	51.4
Total CDF =						0.4557	

Results Table 3. Flexible ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(10)
1	B767-200	361 000	92.30	190.0	22.84	44.7
2	B747-400	877 000	93.32	200.0	26.29	59.3
3	Baron-E-55	6 199	100.00	50.0	4.31	1.6
4	Fokker-F-28-1000	60 001	95.00	96.0	12.57	13.5
5	Hawker-800XP	38 799	95.00	135.0	11.27	10.9
6	B737-300	140 000	90.86	201.0	20.16	34.8
7	A319-100 opt	150 796	91.40	200.1	20.33	35.4
8	A320-200 Twin std	172 842	94.00	200.1	22.45	43.2

Results Table 4. Summary Output for Copy and Paste Into the Support Spread Sheet

Num,Plane,GWin,ACNin,ADout,6Dt,COV20yr,COVtoF,CDFt,GWcdf,PCNcdf,EVALt,SUBcode,KorCBR,PtoTC,FlexOrRig
1,B767-200,361000.000,44.7,1,8.74,1.05010E+001,7.39576E+002,15.78,406721.892,52.6,17.0,B,11.60,1.00,F
2,B747-400,877000.000,59.3,2,11.96,2.29401E+001,1.96866E+002,15.26,1038714.340,75.4,17.0,B,11.60,1.00,F
3,Baron-E-55,6199.000,1.6,31205,4.16,5.73303E+004,1.01423E+304,7.47,32101.580,8.2,17.0,B,11.60,1.00,F
4,Fokker-F-28-1000,60001.000,13.5,320,9.82,1.69223E+003,8.63284E+009,16.84,60865.790,13.8,17.0,B,11.60,1.00,F
5,Hawker-800XP,38799.000,10.9,583,9.01,2.19439E+003,4.65206E+148,16.66,40109.193,11.3,17.0,B,11.60,1.00,F
6,B737-300,140000.000,34.8,137,14.63,7.07910E+002,3.86330E+003,15.95,155984.366,40.0,17.0,B,11.60,1.00,F
7,A319-100 opt,150796.000,35.4,42,12.99,2.14493E+002,3.19186E+003,15.92,168653.611,40.4,17.0,B,11.60,1.00,F
8,A320-200 Twin std,172842.000,43.2,14,12.32,7.75723E+001,1.04039E+003,15.67,198482.105,51.4,17.0,B,11.60,1.00,F

Resultados obtenidos COMFAA – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

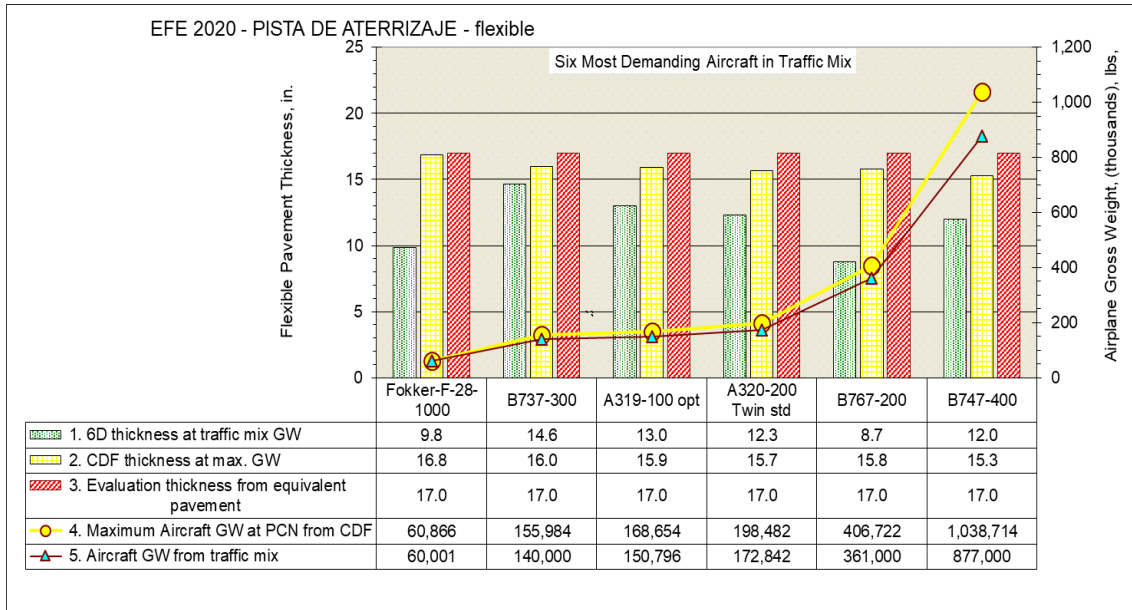


Gráfico de Espesores Equivalentes – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

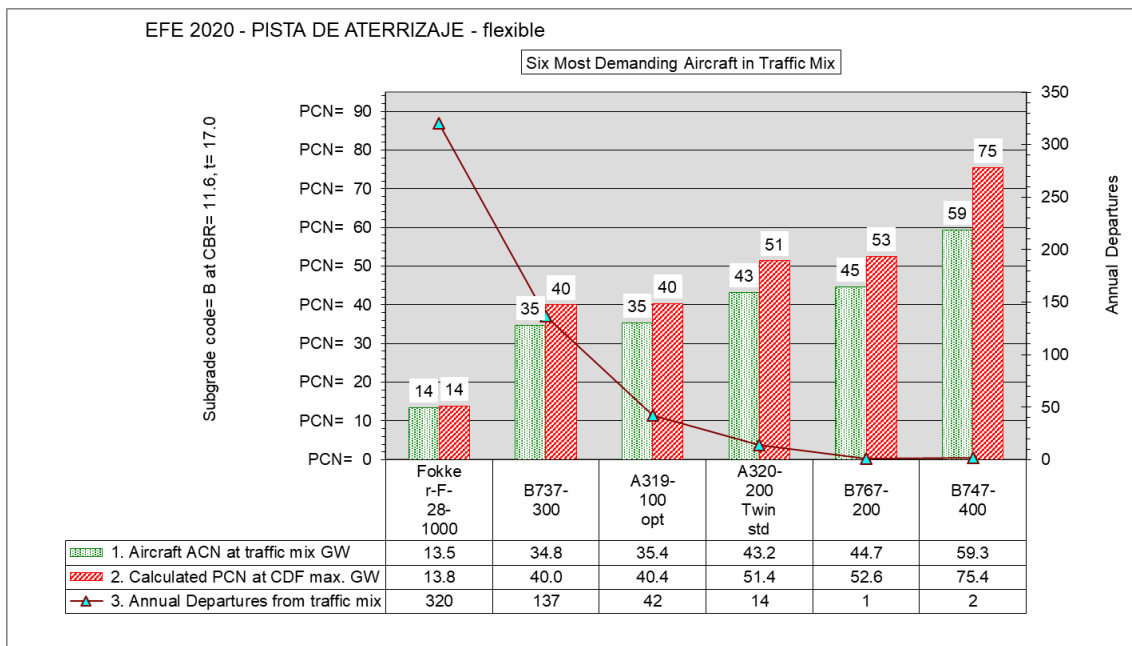


Gráfico de PCN – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

➤ CÁLCULO DE VIDA REMANENTE

FAARFIELD v 1.41 - Modify and Design Section RWYRIGIDO in Job PISCO2020

Section Names: APRANTIGUA, APRNUEVA, RWYASFALTO, RWYFLEXIBLE, RWYMIXTO, **RWYRIGIDO**, TWYALFA, TWYALFA1, TWYBRAVO, TWYCHARLY, TWYDELTA, TWYECO, TWYECO1

Life Stopped: 102.59; 102.47

Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (in)	Modulus or R (psi)
PCC Surface	11.80	793
P-154 UnCr Ag	13.00	23 514
Non-Standard Structure		
Subgrade	k = 213.2	19 701

%CDFU = 75.53; PCC CDF = 0.60; Str Life (PCC) = 29.1 yrs; t = 24.80 in

Buttons: Back, Help, **Life**, Modify Structure, Design Structure, Save Structure

Cálculo de Vida Remanente en FAARFIELD – Pista de Aterrizaje (Rígido)

Fuente: Elaboración propia

FAARFIELD v 1.41 - Modify and Design Section RWYFLEXIBLE in Job PISCO2020

Section Names: APRANTIGUA, APRNUEVA, RWYASFALTO, **RWYFLEXIBLE**, RWYMIXTO, RWYRIGIDO, TWYALFA, TWYALFA1, TWYBRAVO, TWYCHARLY, TWYDELTA, TWYECO, TWYECO1

Life Stopped: 0.88; 0.80

Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (in)	Modulus or R (psi)
P-401/ P-403 HMA Surface	5.30	200 000
P-209 Cr Ag	5.30	50 448
P-154 UnCr Ag	7.90	21 535
Non-Standard Structure		
Subgrade	CBR = 11.6	17 400

Sub CDF = 0.85; Str Life (SG) = 22.6 yrs; t = 18.50 in

Buttons: Back, Help, **Life**, Modify Structure, Design Structure, Save Structure

Cálculo de Vida Remanente en FAARFIELD – Pista de Aterrizaje (Flexible)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 06:

Reporte de Análisis de transferencia de carga



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERÍA**

EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - PAVIMENTO RÍGIDO

Transferencia de Cargas Transversales - Condiciones

Evaluación Estructural del pavimento rígido de la pista de aterrizaje

Aeropuerto: Pisco

Longitud: 300

Área: Pista de Aterrizaje

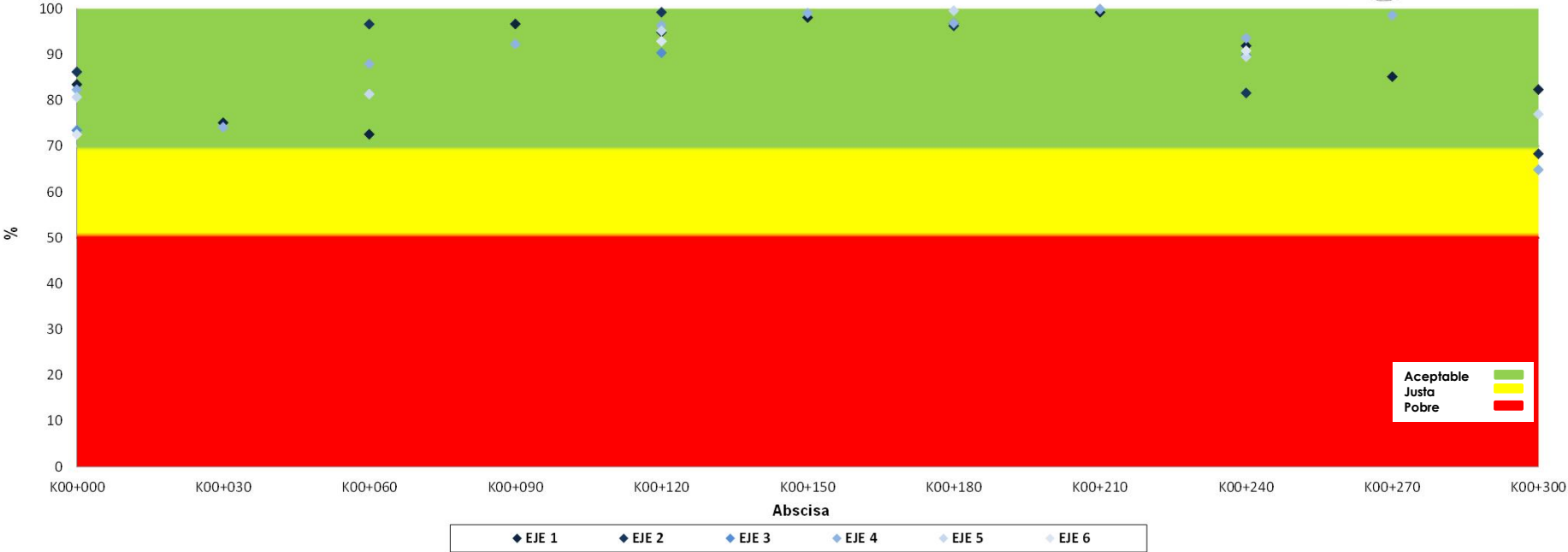
SECCIÓN	EJE	KM	D2 (µm)	D3 (µm)	TRANSFERENCIA DE CARGA	
					%	Condición
P. ATERRIZAJE	1	0 + 000	795	663	83.45	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 030	741	557	75.09	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 060	694	503	72.55	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 090	405	391	96.62	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 120	347	329	94.84	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 150	234	229	98.03	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 180	601	581	96.79	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 210	520	516	99.19	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 240	397	365	91.87	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 270	708	602	85.12	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 300	774	637	82.32	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 000	718	619	86.18	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 060	680	657	96.60	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 120	401	398	99.18	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 180	255	245	96.23	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 240	482	393	81.57	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 300	1037	708	68.29	JUSTA
P. ATERRIZAJE	3	0 + 000	583	428	73.44	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 120	295	267	90.35	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 240	541	486	89.78	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 000	595	490	82.27	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 030	669	495	74.09	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 060	594	522	87.89	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 090	829	765	92.26	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 120	606	584	96.35	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 150	511	506	98.98	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 180	655	634	96.85	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 210	598	597	99.90	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 240	526	492	93.53	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 270	982	967	98.54	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 300	1078	699	64.83	JUSTA
P. ATERRIZAJE	5	0 + 000	724	585	80.69	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 060	845	688	81.34	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 120	229	218	95.15	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 180	350	349	99.54	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 240	454	406	89.49	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 300	887	683	76.93	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 000	523	380	72.53	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 120	308	286	92.89	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 240	630	572	90.81	ACEPTABLE

EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021

"CAPITÁN FAP RENÁN ELÍAS OLIVERA" - PISCO



DIAGRAMA DE TRANSFERENCIA - PISTA DE ATERRIZAJE
PAVIMENTO RÍGIDO - CARGA TRANSVERSAL





EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - PAVIMENTO RÍGIDO

Transferencia de Cargas Longitudinales - Condiciones

Evaluación Estructural del pavimento rígido de la pista de aterrizaje

Aeropuerto: **Pisco**

Longitud: **300**

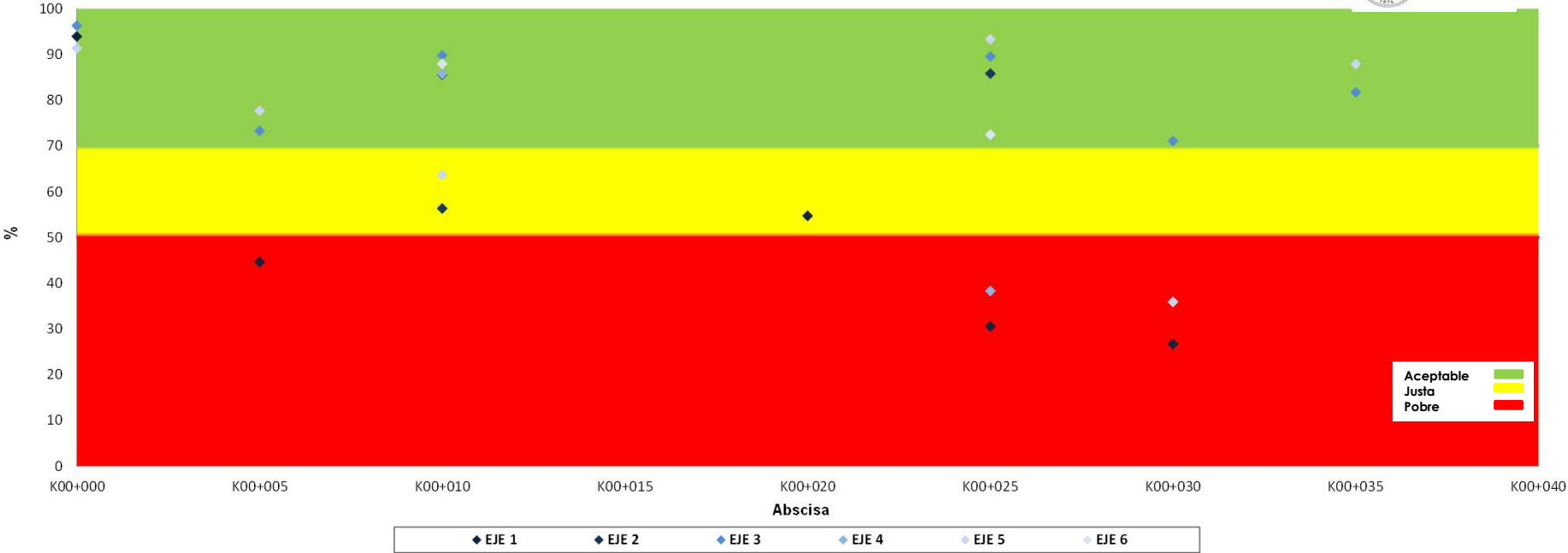
Área : **Pista de Aterrizaje**

SECCIÓN	EJE	KM	D2 (µm)	D3 (µm)	TRANSFERENCIA DE CARGA	
					%	Condición
P. ATERRIZAJE	1	0 + 000	178	167	93.89	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 005	944	421	44.61	POBRE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 010	712	609	85.56	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 020	902	493	54.71	JUSTA
P. ATERRIZAJE	1	0 + 025	896	274	30.54	POBRE
P. ATERRIZAJE	1	0 + 030	954	254	26.68	POBRE
P. ATERRIZAJE	2	0 + 010	954	537	56.33	JUSTA
P. ATERRIZAJE	2	0 + 025	818	702	85.81	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 000	286	275	96.25	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 005	936	686	73.28	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 010	853	766	89.75	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 025	666	596	89.53	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 030	924	656	71.05	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	3	0 + 035	212	174	81.69	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 010	927	795	85.72	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	4	0 + 025	1183	453	38.29	POBRE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 000	135	124	91.35	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 005	380	295	77.65	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 010	757	481	63.58	JUSTA
P. ATERRIZAJE	5	0 + 025	259	242	93.29	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 030	900	323	35.89	POBRE
P. ATERRIZAJE	5	0 + 035	172	152	87.88	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 010	557	489	87.89	ACEPTABLE
P. ATERRIZAJE	6	0 + 025	799	579	72.46	ACEPTABLE
SECCIÓN	EJE	KM		Long. (m)	TRANSFERENCIA DE CARGA	
		Inicio	Final		%	Condición
P. ATERRIZAJE	1	0 + 000	0 + 030	30	56.00	JUSTA
	2	0 + 010	0 + 025	15	71.07	ACEPTABLE
	3	0 + 000	0 + 035	35	83.59	ACEPTABLE
	4	0 + 010	0 + 025	15	62.01	JUSTA
	5	0 + 000	0 + 035	35	74.94	ACEPTABLE
	6	0 + 010	0 + 025	15	80.18	ACEPTABLE

EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2021

"CAPITÁN FAP RENÁN ELÍAS OLIVERA" - PISCO

**DIAGRAMA DE TRANSFERENCIA - PISTA DE ATERRIZAJE
PAVIMENTO RÍGIDO - CARGA LONGITUDINAL**



Anexo 07:

Panel fotográfico

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS DE LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL AEROPUERTO DE PISCO MEDIANTE MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS



Foto N° 01: Medición con el Deflectómetro de Impacto (HWD) transferencia de carga.

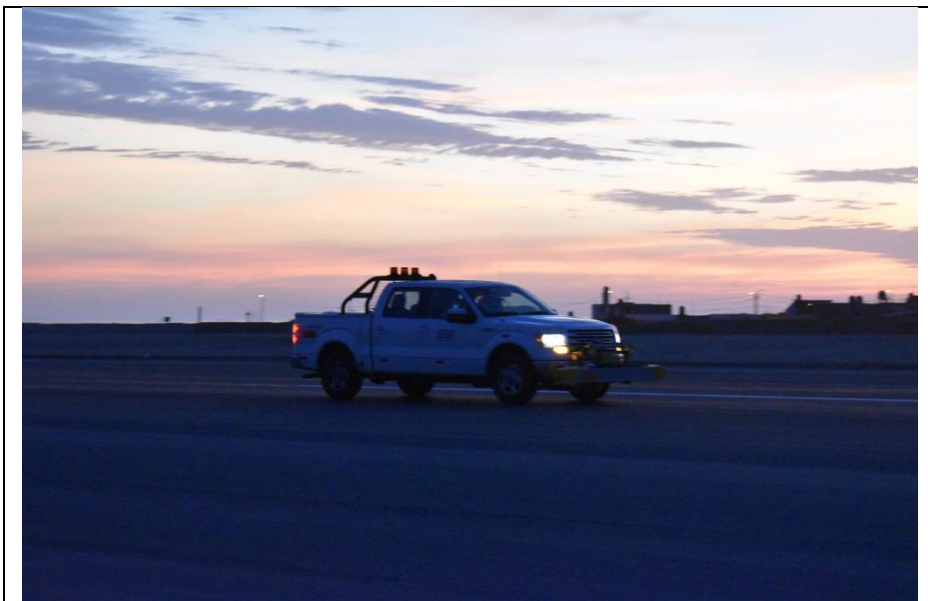


Foto N° 02: Medición con el perfilómetro láser (RSP) en la pista de aterrizaje.

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS DE LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL AEROPUERTO DE PISCO MEDIANTE MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS



Foto N° 03: Calibración del perfilómetro láser (RSP).

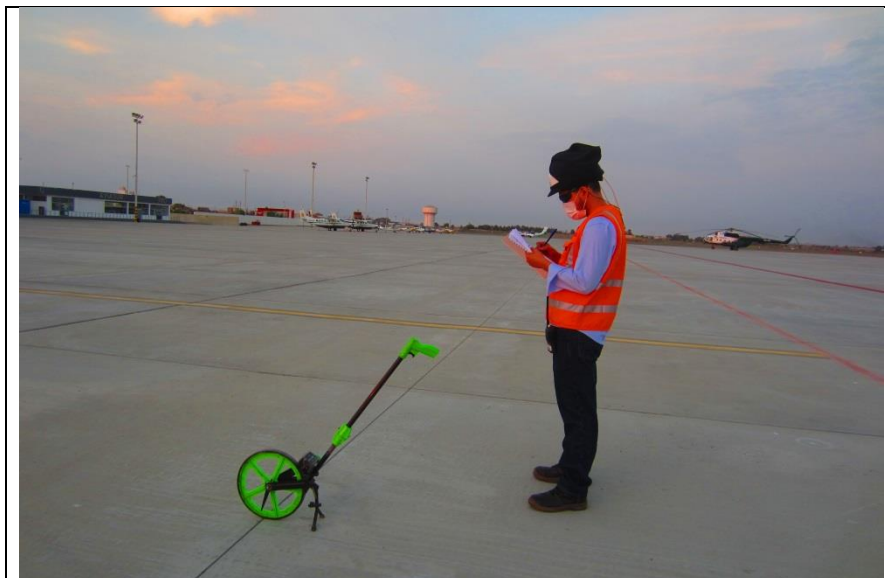


Foto N° 04: Medición con odómetro manual, para determinar las unidades de muestra y realizar el relevamiento de fallas.

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS DE LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL AEROPUERTO DE PISCO MEDIANTE MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS



Foto N° 05: Medición con equipo Georadar (GPR).



Foto N° 06: Medición con odómetro manual y relevamiento de fallas en la plataforma de estacionamiento antigua.