



# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

## **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Sistema de gestión operativo de mantenimiento para la conservación de pavimentos en el área de movimiento - caso aeropuerto de Cajamarca 2017

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

#### **AUTOR:**

Miguel Angel Valdivia Avila

#### **ASESOR:**

Mg. Ing. Carlos Mario Fernández Diaz

Mg. Teresa Gonzales Moneada

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Administración y Seguridad de la Construcción

**LIMA - PERÚ**

Año 2017 - 1

# INDICE

PAGINA DEL JURADO	xiii
DEDICATORIA	xiv
AGRADECIMIENTO	xv
DECLARACION DE AUTENTICIDAD	xvi
PRESENTACION	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRAC	xix
I. INTRODUCCION	20
II. METODO	51
2.1 Diseño de investigación	52
2.1.1 Método.	52
2.1.2 Tipo de Estudio	52
2.1.3 Nivel de Estudio.	53
2.1.4 Diseño de la investigación	53
2.2. Variables, operacionalización.	54
2.2.1 Variables.	54
2.2.3 Operacionalización de las variables.	54
2.3 Población y muestra.	56
2.3.1 Población	56
2.3.2 Muestra	56
2.3.3 Muestreo	56
2.4 Técnicas de recolección de datos, validez y confiabilidad	57
2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	57
2.4.2 Instrumentos de investigación.	58
2.4.3 Validez	58
2.4.4 Confiabilidad.	59
2.5 Métodos de análisis.	59
2.5.1 Análisis descriptivo.	59
2.5.2 Aspectos Éticos	59
III. ANALISIS Y RESULTADOS.	60
3.1 Descripción de la zona de estudio	61

3.2 Recopilación de Información.	68
3.3 Procesamiento de la información recopilada.	77
3.4 Aplicación de método de análisis.	77
3.4.1 Determinación la incidencia de la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en las políticas de conservación de pavimentos de aeropuertos.	77
3.4.2 Demostración la contribución de implementar un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en los programas de mantenimiento de los pavimentos de aeropuertos.	112
3.4.3 Análisis de la intervención de un sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos del área de movimiento en la administración de gastos e inversiones.	120
3.4.4 Análisis y descripción de la influencia de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de movimiento de Aeropuertos.	126
IV. DISCUSIÓN	127
4.1 Optimización con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en las políticas de conservación de pavimentos de aeropuertos.	128
4.2 La mejora con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en los programas de mantenimiento de los pavimentos de aeropuertos.	128
4.3 La reducción de los gastos e inversiones con un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento en la administración de la conservación de los pavimentos.	129
4.4 La influencia de la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de movimiento de aeropuertos	129
V. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES.	131
Conclusiones	132
Las políticas de conservación de pavimentos.	132
Programas de mantenimiento	132
Administración de gastos e inversiones.	132

Sistema de gestión operativo de mantenimiento	132
Recomendaciones	133
Las políticas de conservación de pavimentos.	133
Programas de mantenimiento	133
Administración de gastos e inversiones	134
Sistema de gestión operativo de mantenimiento.	134
Otras recomendaciones.	134
Limitaciones	135
REFERENCIAS	137
ANEXOS	140
Matriz de Consistencia	141
Fichas validadas por Profesionales	142
Carta de Autorización de Aeropuertos del Perú para el uso Información de las EFEs	146
Glosario:	147
Ficha de registro de datos (coincide con la ASTM D 5340)	156
Registro de información de la evaluación del PCI realizada en la investigación	157
Evaluación de la condición funcional del pavimento (PCI) Norma ASTM D 5340 - índice de condición de pavimentos en aeropuertos.	182
Número clasificador pavimento (PCN)	184
Determinación de Condición de Seguridad de la superficie del pavimento.	199
Programas de Mantenimiento de Pavimentos (de acuerdo al contrato de concesión del estado peruano con AdP)	208
Determinación de la condición funcional del pavimento (PCI).	211
3.2.2 Recopilación de la evaluación de la rugosidad del pavimento	216
3.2.3 Recopilación de información de la determinación del PCN.	222
3.2.4 Recopilación de información de la vida remanente del pavimento	234
3.2.5 Medición de coeficiente de fricción de la pista de aterrizaje.	235
Panel fotográfico de evaluaciones no destructivas y destructivas EFE– AdP	239
Planos:	260

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Propuestas técnicas de EFE 2016	24
Figura 2. Documentos de la evaluación funcional y estructural 2016	24
Figura 3. Fallas estructural que no se identifican e intervienen a tiempo.	25
Figura 4. Fallas piel de cocodrilo que por su severidad generan cierre de la RWY	25
Figura 5. Fallas piel de cocodrilo que por su severidad generan cierre de la RWY	26
Figura 6. Tratamientos superficiales mal ejecutados y programados	26
Figura 7. Tratamientos superficiales que afectan a la seguridad operacional.	27
Figura 8. Excursión de pista de aeronave	27
Figura 9. PCN menor al ACN	28
Figura 10. Curva del deterioro de los pavimentos	46
Figura 11. Ubicación geográfica de la Provincia de Cajamarca	61
Figura 12. Ubicación del aeropuerto en la Provincia de Cajamarca	62
Figura 13. Pista de aterrizaje del aeropuerto de Cajamarca	62
Figura 14. Pasajeros del Aeropuerto de Cajamarca	65
Figura 15. Operaciones del Aeropuerto de Cajamarca	66
Figura 16. Equipos de relevamiento de la condición superficial del pavimento.	69
Figura 17. Información de salida de equipos de relevamiento de la condición superficial del pavimento.	69
Figura 18. Escalas de valores del PCI para la toma de decisiones	70
Figura 19. Medición de coeficiente de fricción	70
Figura 20. Escala del PCI por sectores de la pista de aterrizaje	70
Figura 21. Información gráfica de salida de los equipos laser	71
Figura 22. Ingreso de datos al software de gestión de pavimentos	71
Figura 23. Deflectómetro de impacto (FWD) – ensayos estructurales (no destructivos)	72
Figura 24. Extracción de testigos – ensayos estructurales (destructivos)	72
Figura 25. Evaluación de PCN y ACN	73
Figura 26. Daño generado al pavimento por el uso del pavimento de una aeronave con un ACN > PCN.	73

Figura 27. Modelo de Sistema de Gestión Operativa de Pavimentos	74
Figura 28. Los Casos de Uso integran el trabajo	75
Figura 29. Trazabilidad a partir de los Casos de Uso	75
Figura 30. Una iteración RUP	75
Figura 31. Estructura de RUP	76
Figura 32. Distribuciones típicas de esfuerzo y tiempo	76
Figura 33. Distribución típica de recursos humanos	76
Figura 34. Organigrama de la Gerencia de Infraestructura	78
Figura 35. Organigrama Propuesto para la implementación del SGMP	79
Figura 36. Resultados PCI en cada sección	80
Figura 37. Cálculo del espesor equivalente – Pista de aterrizaje y/o despegue	84
Figura 38. Ingreso de datos Software COMFAA Pista de Aterrizaje y/o despegue	85
Figura 39: Mix aeronaves aeropuerto de Cajamarca-pista de aterrizaje y/o despegue	85
Figura 40. Reporte de software COMFAA – Pista de aterrizaje y/o despegue	86
Figura 41. Reporte de Hoja Excel – Pista de Aterrizaje y/o despegue	86
Figura 42. Reporte de PCN Pista de aterrizaje y/o despegue	87
Figura 43. Mix de Aeronaves	88
Figura 44. PCI Historico	91
Figura 45. Resultados del PCI 2017 por cada tercio de RWY	92
Figura 46. PCI Tercio Izquierdo RWY Cajamarca	94
Figura 47. PCI Tercio Central RWY Cajamarca	94
Figura 48. PCI Tercio Central RWY Cajamarca	95
Figura 49. Escala de Condición del pavimento tercio izquierdo	95
Figura 50. Escala de Condición del pavimento tercio izquierdo	96
Figura 51. Escala de Condición del pavimento tercio izquierdo	96
Figura 52. Cantidades de fallas, severidades y cantidades incluyendo del tipo peladura	97
Figura 53. Cantidades de fallas, severidades y cantidades sin incluir del tipo peladura	97
Figura 54. Falla identificadas en la RWY Cajamarca 2017 - Peladura	98
Figura 55. Falla identificadas en la RWY Cajamarca del tipo 1 y 10	98

Figura 56. Falla identificadas en el tercio izquierdo	99
Figura 57. Falla identificadas en el tercio central de la RWY	100
Figura 58. Falla identificadas en el tercio derecho de la RWY	100
Figura 59. Resultados de rugosidad – Pista de aterrizaje y/o despegue	101
Figura 60. Promedios de rugosidad – Pista de aterrizaje y/o despegue	102
Figura 61. Calculo de la vida útil remanente del pavimento.	104
Figura 62. Coeficiente de fricción a 3.00m del eje central	104
Figura 63: Coeficiente de fricción a 6.00m del eje central	105
Figura 64: Coeficiente de fricción a 10.00m del eje central	105
Figura 65: Coeficiente de fricción a 18.00m del eje central	106
Figura 66. de Resultados de medición de coeficiente de fricción – 3m de distancia del eje	106
Figura 67. Control y reportes de gastos de mantenimiento rutinario al cierre de julio del 2017	121
Figura 68. Optimización recursos en el PMPP.	124
Figura 69. Optimización de tiempos de operatividad de la RWT	125
Figura 70: Pista de aterrizaje y/o despegue con calle de rodaje paralela	194
Figura 71: Pista de aterrizaje y/o despegue con calle de rodaje central	194
Figura 72. Índice de Condición del Pavimento (PCI) y escala de clasificación	215
Figura 73. Distribución de Ejes para Medicación del Boeing Bump Index (BBI)Figura N° .	217
Figura 74. Esquema de Medición de la Altura de Bache	218
Figura 75. Zonas de valores del BBI	222
Figura 76. Tipo de suelos – estrato 1	230
Figura 77. Tipo de suelos – estrato 2	231
Figura 78 Tipo de suelos – estrato 3	232
Figura 79. Tipo de suelos – estrato 4	233
Figura 80. Coeficiente de fricción – Pista de aterrizaje a 3 m del eje de pista	237
Figura 81. Evaluación de PCI	239
Figura 82. Evaluación de PCI	239
Figura 83. Evaluación de PCI	240
Figura 84 . Evaluación de PCI	240
Figura 85. Evaluación de PCI	241

Figura 86. Evaluación de PCI	241
Figura 87. Evaluación de PCI	242
Figura 88. Evaluación de PCI	242
Figura 89. Evaluación de PCI	243
Figura 90. Evaluación de PCI	243
Figura 91. Evaluación de PCI	244
Figura 92. Evaluación de PCI	244
Figura 93. Evaluación de PCI	245
Figura 94. Evaluación de PCI	245
Figura 95. Evaluación de PCI	246
Figura 96. Preparativos para Medición de fricción	246
Figura 97. Medición de coeficiente de Fricción	247
Figura 98. Medición de coeficiente de Fricción	247
Figura 99. Medición de coeficiente de Fricción	248
Figura 100. Medición de coeficiente de Fricción	248
Figura 101. Medición de coeficiente de Fricción	249
Figura 102. Medición de coeficiente de Fricción	249
Figura 103. D-01.-Proceso de extracción de núcleo diamantina	250
Figura 104. D-01.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la calle de rodaje Alfa	250
Figura 105. D-02.-Proceso de extracción de núcleo diamantino	251
Figura 106. D-02.-Proceso de extracción de núcleo diamantino	251
Figura 107. D-03.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	252
Figura 108. D-03.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	252
Figura 109. D-04.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	253
Figura 110. D-04.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	253
Figura 111. D-01.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	254



Figura 112. D-02.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	254
Figura 113. D-03.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	255
Figura 114. D-04.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	255
Figura 115. D-05.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	256
Figura 116. D-06.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	256
Figura 117. D-07.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	257
Figura 118.D-08.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	257
Figura 119. D-09.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	258
Figura 120. D-10.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	258
Figura 121. D-11.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje	259
Figura 122. Excavación de calicata Ejecución de la prospección a tajo abierto (calicata), al borde del margen de la calle de rodaje alfa, para calcular la capacidad portante (CBR) del terreno de fundación.	259

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	55
Tabla 2. Rangos y magnitud de validez	58
Tabla 3. Coeficiente de validez por juicio de expertos	59
Tabla 4. Población de Perú a junio 2015	63
Tabla 5. Población del INEI – 2015	64
Tabla 6. Pasajeros del Aeropuerto de Cajamarca	64
Tabla 7. Operaciones del Aeropuerto de Cajamarca	65
Tabla 8. Resultados PCI en cada sección	80
Tabla 9. PCI – Pista de aterrizaje y/o despegue	81
Tabla 10. Resultados de rugosidad – Pista de aterrizaje y/o despegue	82
Tabla 11. Operaciones anual 2015	83
Tabla 12. Valores de número de clasificador de Pavimento –PCN	87
Tabla 13. Coeficiente de fricción a 3.00m del eje central	89
Tabla 14. Coeficiente de fricción a 6.00m del eje central	89
Tabla 15 . Coeficiente de fricción a 10.00m del eje central	90
Tabla 16. Coeficiente de fricción a 18.00m del eje central	90
Tabla 17. Resumen de resultados de PCI desde el 2007 – 2017	91
Tabla 18. Resultados del PCI 2017 por cada tercio de RWY	92
Tabla 19. Fallas en el tercio izquierdo	99
Tabla 20. Fallas en el tercio central de la RWY	99
Tabla 21. Fallas en el tercio derecho de la RWY	100
Tabla 22. Resultados de rugosidad – Pista de aterrizaje y/o despegue	101
Tabla 23. Valores de número de clasificador de Pavimento –PCN	103
Tabla 24. Políticas de Conservación	108
Tabla 25. Fallas del tercio izquierdo (A) de la pista de aterrizaje	110
Tabla 26. Fallas del tercio central (B) de la pista de aterrizaje	110
Tabla 27. Fallas del tercio derecho (C) de la pista de aterrizaje	110
Tabla 28. Políticas de conservación tercio izquierdo de RWY	111
Tabla 29. Políticas de conservación tercio central de RWY.	111
Tabla 30. Políticas de conservación tercio izquierdo de RWY.	111
Tabla 31. Programa de Mantenimiento Preventivo Rutinario (PMPR)	113
Tabla 32. Programa de Mantenimiento Preventivo Periódico (PMPP)	114

Tabla 33. Programa de Mantenimiento Preventivo Rutinario (PMPR) utilizando la herramienta de SGP	118
Tabla 34. Programa de Mantenimiento Preventivo Periódico (PMPP) utilizando la herramienta de SGP.	119
Tabla 35. Presupuesto del programa de mantenimiento periódico del pavimento de la pista de aterrizaje mayo/2013 hasta abril/2018	122
Tabla 36. Presupuesto proyectado del programa de mantenimiento periódico del pavimento de la pista de aterrizaje mayo/2018 hasta abril/2023.	123
Tabla 37. Códigos de Pavimento para Reporte del PCN	185
Tabla 38. Condiciones estándar de soporte de la subrasante para el cálculo de pavimentos ACN	186
Tabla 39. Condiciones estándar de soporte de la subrasante	186
Tabla 40. Códigos de presión de las llantas para la notificación de PCN	187
Tabla 41. Espesores estándares de la FAA	189
Tabla 42. FAA Pavimento Flexible, Factor de Equivalencia rangos de capas	190
Tabla 43. Razón de P/TC estándar (ver nota)	196
Tabla 44. Desplazamiento lateral de los recorridos de evaluación	204
Tabla 45. Intervalo máximo de medición de coeficientes de rozamiento	205
Tabla 46. Niveles de rozamiento en las superficies de las pistas nuevas y en uso	206
Tabla 47 . Programa de mantenimiento preventivo rutinario vigente	210
Tabla 48. Programa de mantenimiento preventivo periódico vigente (2013 – 2018)	210
Tabla 49. sectorización de PCI	212
Tabla 50. Número de unidades de muestreo	212
Tabla 51. Matriz de tipos de fallas.	212
Tabla 52. Tipo de falla	213
Tabla 53. Calicatas en Pista de aterrizaje y/o despegue – EFE 2013	225
Tabla 54. Perforaciones Diamantinas - EFE 2015	226
Tabla 55. Ensayos realizados en Laboratorio de mecánica de suelos	227
Tabla 56. Ensayos de laboratorio estándares de capas granulares y suelo de fundación – pista de aterrizaje y/o despegue – EFE 2013	228

Tabla 57. Ensayos de laboratorio Próctor y CBR – Pista de aterrizaje y/o despegue-EFE 2013	229
Tabla 58. Tipo de suelos – estrato 1	230
Tabla 59. Tipo de suelos – estrato 2	230
Tabla 60. Tipo de suelos – estrato 3	231
Tabla 61 . Tipo de suelos – estrato 4	232
Tabla 62. CBR al 85% percentil obtenidos del retrocálculo – EFE 2014	234
Tabla 63. Resultados de medición de coeficiente de fricción a 3m del eje de RWY	238

## PAGINA DEL JURADO

---

Dr. Abel Alberto, Muñiz Paucarmayta  
Presidente

---

Mg. Feliz Delgado, Ramírez  
Vocal

---

Lic. Carlos Mario, Fernández Díaz  
Secretario

## ASESOR

---

Lic. Carlos Mario, Fernández Díaz  
Secretario

## **DEDICATORIA**

A mi familia por su apoyo e incentivo para lograr este proyecto, en especial a mi esposa e hijos por la invaluable comprensión, amor y aceptación de reducir el tiempo en familia con el fin de lograr este objetivo que nos demuestra que todo es posible.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por permitirme avanzar en la vida, a mis padres que me enseñaron que nada es imposible con el amor y esmero. A mi hermana que siempre estuvo con nosotros demostrando que con esfuerzo se logran los objetivos y sobre todo se traza el camino de ejemplo de superación para nuestros hijos.

Agradezco a la empresa Aeropuertos del Perú SA, con la tengo el orgullo de colaborar y colaboro con la autorización del uso la información de las evaluaciones funcionales y estructurales del aeropuerto de Cajamarca para el desarrollo de la presente investigación.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo Valdivia Avila, Miguel Angel con DNI N°09794633 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se incluyen en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 25 de Agosto del 2017.



## **PRESENTACION**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “SISTEMA DE GESTIÓN OPERATIVO DE MANTENIMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN EL ÁREA DE MOVIMIENTO – CASO AEROPUERTO DE CAJAMARCA 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El autor.

## RESUMEN

La presente investigación fijo objetivo, determinar el impacto de la implementación de un Sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos del área de movimiento – Caso Aeropuerto de Cajamarca, Perú. Se consideró como principales referencias bibliográficas: Anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), documentos afines del Departamento de Transportes de la Administración Federal de Aviación (FAA) y la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM).

Considerando que se cuenta mucha información histórica, producto de las evaluaciones funcionales y estructurales de los pavimentos desde el año 2007, la cual, por su volumen y nula consolidación, no es utilizada íntegramente, perdiéndose esta valiosa información en el tiempo por quedar desfasada. Cabe mencionar que, al no contar con una base de datos confiable y actualizada, no se ha logrado estandarizar las políticas de conservación de los pavimentos.

Por lo tanto, se requirió de una herramienta que permita la integración de la información histórica y actualizada de las evaluaciones funcionales y estructurales de la pista de aterrizaje, que permita un adecuado análisis del estado de pavimento para la toma de decisiones en la conservación de los pavimentos de la pista de aterrizaje, desarrollando adecuados programas de mantenimientos preventivos rutinarios y preventivos periódicos, los mismos que inciden directamente en los presupuestos del corto, mediano y largo plazo.

En este sentido, se desarrolló un sistema de gestión operativo para la conservación de los pavimentos del área de la pista de aterrizaje, demostrando la incidencia de esta herramienta integrando, ordenando, actualizando y aprovechando al máximo la información en la gestión de la conservación de los pavimentos aeroportuarios.

La metodología utilizada en esta investigación fue: el desarrollo de la evaluación del Índice de Condición de Pavimentos en Aeropuertos (PCI) Norma ASTM D 5340; consolidación de los resultados de las evaluaciones estructurales (PCN), de los resultados de evaluaciones de la rugosidad superficial, de los resultados de medición de coeficiente de fricción de la pista de aterrizaje y despegue. Ingresados en una base de datos que permite analizarla, procesarla y generar las políticas de conservación, programas de mantenimiento y presupuestos para el corto, mediano y largo plazo.

De esta manera, se pudo demostrar la influencia de la implementación de un sistema de gestión operativa en la conservación de los pavimentos aeroportuarios.

Palabras claves: Gestión de Pavimentos, pavimentos en asfálticos, pavimentos aeroportuarios, Norma ASTM D 5340, Mantenimiento de pista de aterrizaje.

## **ABSTRAC**

The objective of this research is to determine the impact of implementing an Operational Maintenance Management System to preserve pavements in maneuvering areas, focusing on the airport of Cajamarca, Peru as a case study.

Annex 14 of the International Civil Aviation Organization (ICAO), supporting documentation from the Federal Aviation Administration, an Agency of the Department of Transportation, and the American Society for Testing and Materials (ASTM) are used as main bibliographic references.

The vast quantity of reports evaluating the structure and functionality of pavements since 2007 and lack of consolidation are not used in their entirety. Furthermore, they are not stored in an efficient way resulting in the loss of valuable information over time. In the absence of a reliable and up-to-date database, it has not been possible to standardize pavement conservation policies.

Thus, there is a need for a tool that will integrate archival and current functional and structural evaluations. This tool will allow an adequate analysis of the pavement state and this, in turn, will contribute to developing adequate and realistic routine maintenance programs as well as periodic preventive ones that directly affect the maintenance budgets in the short, medium and long term.

In this sense, an operational management system was implemented for the maintenance of landing runway pavements, demonstrating the impact of this tool by integrating, ordering, updating and exploiting the information in the conservation management of runway pavements.

The methodologies used to assess evaluations are: the Pavement Condition Index (PCI) in accordance with Standard ASTM D 5340, consolidating results of the structural evaluations (PCN), surface roughness evaluation and friction coefficient measurement of the landing runway and takeoff, consolidating them in a database that allows analyzing, processing and generation of conservation policies, maintenance programs and budgets for the short, medium and long term.

This way, it is possible to demonstrate the impact of an operational management system for the conservation of airport pavements.

Keywords: Pavement management, asphaltic pavements, airport pavements, Standard ASTM D 53440, landing runway maintenance.

## **I. INTRODUCCION**

## **1.1 Realidad Problemática.**

La gestión de pavimentos como la conocemos en la actualidad es producto de un estudio de la AASHO en 1966, por un programa de investigación. "National Cooperation Highway Research Program" (NCHRP), con el objetivo de proveer las bases teóricas para extender los resultados de la famosa prueba AASHO realizada en Ottawa. Illinois, entre 1958 y 1961. Haas y Hudson en su libro "Pavement Management System" publicado en 1978, introdujeron definitivamente concepto de Sistema de gestión del pavimento en la Ingeniería. El presente proyecto de investigación es para la evaluar los beneficios de un sistema de gestión operativo de mantenimiento de los pavimentos del área de movimiento de aeropuertos, enmarcados en normativas locales (DGAC) e internacionales (OACI), esta última que en 1944 con el objetivo de promover el desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil en el mundo. En su calidad de organismo especializado de las Naciones Unidas, formula las normas y reglamentos internacionales requeridas para la protección, seguridad, eficiencia y regularidad del transporte aéreo, sirviendo como instrumento de cooperación en todos los campos de la aviación civil entre sus 185 estados contratantes.

El Perú cuenta con más de 200 aeródromos para uso de la aviación civil y militar, entre los cuales son 21 aeropuertos de mayor importancia por la cantidad de operaciones, pasajeros locales, ejecutivos y turistas, así como el traslado de carga. Se realizó las verificaciones y búsquedas identificando que, en la actualidad, las empresas de operan los aeropuertos más importantes en el Perú, no cuenta con un sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos. Asimismo, no se ha encontrado investigaciones científicas contemporáneas de sistemas de gestión de pavimentos aeroportuarios en nuestro país, lo cual nos lleva a intuir que resulta muy importante el desarrollo de investigaciones científicas e implementación de sistemas de gestión de mantenimiento de pavimentos aeroportuarios (SGMPA). Si bien es cierto, existen investigaciones científicas de sistemas de gestión de pavimentos viales (carreteras), estos sistemas no pueden ser aplicables a los sistemas de gestión de mantenimiento de los pavimentos del área de movimiento de aeropuertos, puesto que las severidades de los tipos de fallas en los pavimentos se fijan con distintos criterios técnicos y tiempos para las intervenciones son

distintos, asimismo la estructura, las configuraciones geométricas, pendientes y otras características del pavimentos estas están diseñados basados a normativas y reglamentos internacionales antes mencionados.

Entre los 21 aeropuertos más importantes del país, se encuentra el aeropuerto de Cajamarca -materia de este proyecto de investigación-, el mismo que fue concesionado juntamente con 11 aeropuertos más, por 25 años a partir del 11 de diciembre del 2006 a la empresa Aeropuertos del Perú (AdP). El aeropuerto de Cajamarca también llamado "MAYOR GENERAL FAP. ARMANDO REVOREDO IGLESIAS" DE CAJAMARCA" Esta ubicado en la región Quechua a 2.720 msnm, Provincia de Cajamarca, distrito de Baños del Inca. Cuenta con una pista de aterrizaje de 2,500 metros de largo por 45 de ancho, calle de acceso y Plataforma de aeronaves, todas con pavimentos flexible. Las aeronaves que operan son de LATAM, LCPerú, Star Perú, Militares, Chartes y otros cerrando el año 2016 con 3,702 operaciones y 326,346 pasajeros. En su mayoría las operaciones son con aeronaves del tipo C.

Aeropuertos del Perú (AdP), es la empresa concesionaria del primer grupo de aeropuertos ubicados en provincias norte y centro de la República del Perú, responsable de la mejora, mantenimiento, operación y explotación de los aeropuertos ubicados en: Anta, Cajamarca, Chachapoyas, Chiclayo, Iquitos, Pisco, Piura, Pucallpa, Talara, Tarapoto, Trujillo y Tumbes.

Si bien es cierto AdP, viene cumpliendo con el contrato de concesión el mismo que es supervisado permanentemente por OSITRAN y en el caso de la gestión de mantenimiento de los pavimentos se desarrollan de acuerdo con:

Programa de mantenimiento preventivo rutinario (PMR), con vigencia de un año. Elaborados de acuerdo a una realidad de un momento, día o mes a juicio de expertos sin una mayor fuente de base de datos por lo que, en gran parte de sus actividades de infraestructura o pavimentos se fijan frecuencias de intervenciones "Según necesidad" lo cual ya genera una incertidumbre y el programa de mantenimiento preventivo periódico (PMP), Elaborado por consultores externos que realizan sus propios inventarios de fallas (muestras representativas), pero igual

que PMR son de acuerdo a una realidad de un momento, mes o año. Se fijan frecuencias de actividades, pero peor aún el PMP tienen una vigencia de cinco años con especificaciones, metrados, y presupuestos, fijados para 05 largos años. Como comprenderán es imposible la elaboración de un PMP que no sufra variaciones por distintas condiciones como, el aumento de operaciones aéreas, deterioro de los pavimentos por condiciones climáticas, nuevas fallas funcionales y estructurales en varias zonas e incluso la misma pérdida de vida útil.

Asimismo, existe mucha información, que es generada y no es aprovechada en su integridad, entre ellas: 1) Evaluación de la condición funcional del pavimento (PCI), 2) Evaluaciones estructurales de los pavimentos (PCN), 3) Evaluación de resistencia al deslizamiento de pista de aterrizaje (Coeficiente de fricción), 4) Inspecciones locales de Identificación y seguimiento de fallas de severidad media y altas, 5) Inventario de los pavimentos, 6) Informes de ejecución de labores de mantenimiento preventivo Rutinario, 7) Dossier de labores del PMP, 8) Dossier de labores Mantenimiento Correctivo (MC), 9) Informes técnicos de evaluaciones estructurales y funcionales localizados, 10) Clima y fechas de temporada de lluvias, 11) Especificaciones técnicas de labores de mantenimiento, 12) Análisis de precios unitarios de labores de PMR PMP, 13) Trafico de aeronaves e itinerarios de vuelo de operaciones regulares, 14) Itinerarios de vuelos (ventanas de tiempo para ejecución de labores de mantenimiento), 15) otros.

El no uso de toda la información antes mencionada, así como la desactualización temprana de los programas de mantenimiento nos lleva a gestionar las actividades a ejecutarse solo con juicio de expertos o según necesidad lo que imposibilita una proyección de gastos en el corto, mediano y largo plazo en la conservación de los pavimentos.



**Figura 1. Propuestas técnicas de EFE 2016**  
Fuente: Propia



**Figura 2. Documentos de la evaluación funcional y estructural 2016**  
Fuente: Propia

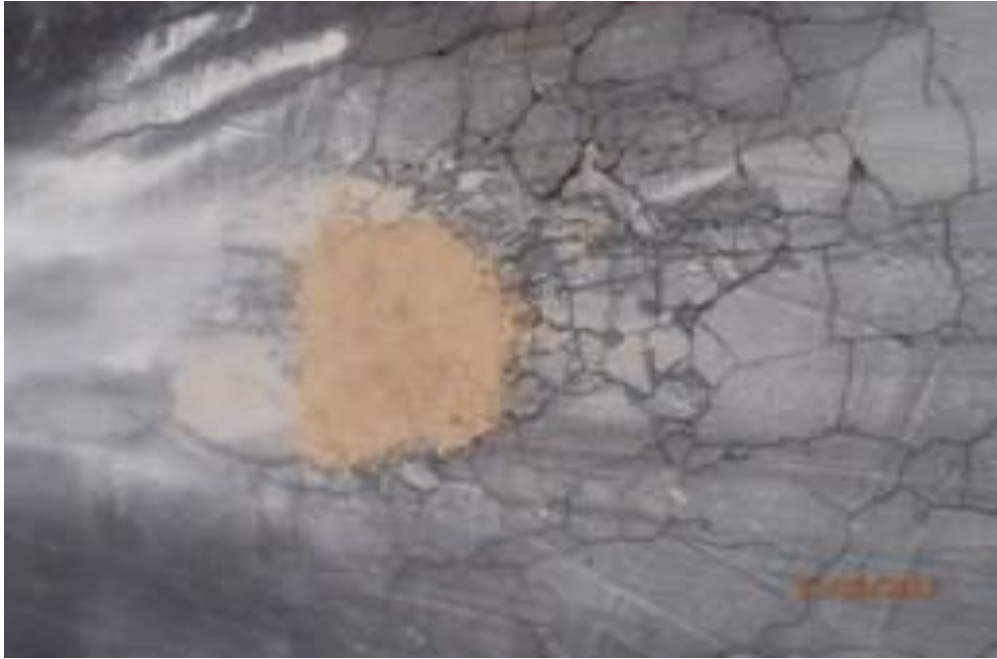




**Figura 3. Fallas estructural que no se identifican e intervienen a tiempo.  
Fuente: Propia**



**Figura 4. Fallas piel de cocodrilo que por su severidad generan cierre de la RWY  
Fuente: Propia**



**Figura 5. Fallas piel de cocodrilo que por su severidad generan cierre de la RWY**  
Fuente: Propia



**Figura 6. Tratamientos superficiales mal ejecutados y programados**  
Fuente: Propia



**Figura 7. Tratamientos superficiales que afectan a la seguridad operacional.**  
Fuente: Propia



**Figura 8. Excursión de pista de aeronave**  
Fuente: Propia



Figura 9. PCN menor al ACN  
Fuente ALACPA – 2012

## 1.2 Trabajos previos

### 1.2.1 Antecedentes

El estudio de los antecedentes es importante en la ejecución del proyecto, pues brindan un sendero durante el desarrollo de la investigación.

Para la elaboración del proyecto, se está considerando como antecedentes investigaciones de sistemas de gestión de mantenimiento y conservación de aeropuertos y de carreteras.

#### **Antecedentes Nacionales**

(Sáez Alván, 2002 pág. 3), *Mantenimiento de Pavimentos Flexibles de Aeropuertos mediante árboles de decisión para la indicación de estrategias de mantenimiento*. Esboza como **objetivos**, mostrar árboles (organigramas) de para la toma de decisiones que ayudan al administrador de la gestión de

mantenimiento, mediante la **metodología** de inspección visual tener, identificadas las fallas en el campo e identificando las respectivas estrategias de mantenimiento. Además, permite elaborar los presupuestos correspondientes. Asimismo, fija objetivos en la evaluación de pavimentos, entre ellas de verificar si el desempeño esperado se está alcanzado, generar información y utilizarla en la planificación del mantenimiento y rehabilitación, determinar el deterioro físico y evaluar la calidad de rodaje y seguridad operacional del aeropuerto para las aeronaves, bajo cualquier condición meteorológica, reducir los costos de mantenimiento y generar base de datos para llegar a costos de mantenimiento preventivo.

(Sáez Alván, 2002 pág. 17), **En consecuencia, de la investigación concluye** que con un buen conocimiento del estado de los pavimentos se puede desarrollar un adecuado mantenimiento con una programación de trabajo, de todo esto se desprende que, el uso de árboles de decisión en la planificación de presupuestos para mantenimiento, tanto a nivel de red como a nivel de proyecto es factible, en tal sentido el investigador adoptó un sistema de codificación de las Unidades de Muestreo (UM) y árboles de decisión desarrollados para planificación de los presupuestos de mantenimiento de los pavimentos, a nivel de red, utilizando el promedio de los valores de PCI de cada sección característica, como resultado se obtuvo la estimación de los presupuestos a nivel de proyecto, desarrollando árboles de decisión, tomando en cuenta las áreas típicas con su respectiva codificación. clasificando las fallas en grupos de superficiales, grietas, deformaciones plásticas y parches. Una vez identificada la falla, se llega a la mejor estrategia de mantenimiento, en tal sentido los árboles de toma de decisiones podrían formar parte de un programa en computadora, obteniendo los resultados inmediatos.

Se considera que, este es la mejor investigación científica realizada en el Perú en relacionados a la gestión de conservación de pavimentos y que aporta una base a la gestión de mantenimiento de pavimentos aeroportuarios, sin embargo podemos identificar que es del año 2000, lo cual nos demuestra la importancia de que se desarrollen investigaciones científicas de esta especialidad en el Perú, adicionalmente por las conclusiones obtenidas en el estudio de investigación, podemos determinar que demostró la importancia de realizar árboles de decisión

para la identificación de estrategias de mantenimiento utilizando adecuadamente los resultados de las evaluaciones funcionales de los pavimentos (PCI).

(Montoya Goicochea, 2007 pág. 13), **Implementación del sistema de gestión de pavimentos con herramientas HDM-4 para la Red Vial No 5 Tramo Ancón-Huacho-Pativilca** Propuso como **objetivos**, la implementación un sistema de gestión de pavimentos (SGP), con el fin de justificar las labores a desarrollar en futuras intervenciones de mantenimientos, asimismo acondicionar la base de datos implementada con anterioridad, desarrollar formatos de relevamiento de parámetros del inventario a fin de alimentar la base de datos; las cuales, reflejan la condición estructural y funcional del pavimento, para su interpretación en la herramienta HDM-4, y la calibración del sistema HDM-4 con valores reales de la Concesión.

(Montoya Goicochea, 2007 pág. 40) **La metodología** utilizada en el SGP comprende un grupo de conocimientos desarrollados con el fin de lograr una adecuada planificación, en el diseño e implementación de SGP y para ampliar el conocimiento de un sistema existente. Es un proceso amplio de solución desarrollado desde el análisis de conductas de proyectos eficientes y sistemáticos. (Montoya Goicochea, 2007 págs. 384 - 387), como **resultado en su investigación concluye** y rescatamos para la presente investigación que: ha Implementado un SGP, acondicionando la base de datos a los formatos flexibles que permiten desarrollar la información logrando un mejor entendimiento de las mismas. Además, estableció los procedimientos de relevamiento de datos de campo, Asimismo definió que un SGP, es un conjunto de procesos sistematizados, con objetivo de la optimizar los recursos económicos y contractuales en la planificación en la conservación y el análisis constante del pavimento. Demostró que para la Implementación de un SGP no necesariamente se requiere de un software especializado consolidar y gestionar los datos; en su investigación elaboró hojas de cálculo en Excel para el registro, preparación y procesamiento de datos para el abastecimiento de la base de datos del HDM-4, aportando con el análisis de la evolución del deterioro. Atendiendo al requerimiento, consideró idóneo comparar el

trazo del tramo con los parámetros contractuales, logrando rápidamente la identificación de qué tipo de intervención realizar para reducir la progresión de los tipos de fallas. Como consecuencia de aquello se analiza la estrategia para poder proyectar las distribuciones de las inversiones y una fecha aproximada de intervención ejecución por tramos, optimizando la estrategia y labores que conforman el Plan de Mantenimiento para cada tramo.

Hechas las consideraciones anteriores y si bien es cierto esta investigación no es dirigida a pavimentos aeroportuarios del área de movimiento y es del año 2007, es importante para el desarrollo y contraste de la investigación puesto que nos brinda valiosa información que se analizó durante el desarrollo de la investigación por coincidir en partes fundamentales como los procesos de relevamiento de datos, objetivos y conclusiones.

(Hidalgo Gamarra, 2006 pág. 18), ***Evaluación del sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú***. En esta investigación ***científica logra objetivos*** como, realizar un análisis crítico de la gestión de pavimentos (GP) en el país, analizando la eficiencia mediante de la comparación de varias metodologías de GP, proponiendo nuevas herramientas de GP o complementa las existentes en el mercado. Asimismo, muestra diferentes herramientas de GP usadas en el Perú y otros países, desarrollando un análisis cualitativo. También identifica las variables que inciden en la falla de los pavimentos flexibles. Compara la GP que se realiza en Perú & la que se desarrollan en otros países utilizando el programa Highway Development and Management System (HDM-4) para gestionar el mantenimiento o rehabilitación del pavimento, usando indicadores de deterioro y estándares de mantenimiento de cada localidad. Señala las prioridades de las labores de mantenimiento y/o rehabilitación.

(Hidalgo Gamarra, 2006 pág. 19), como ***metodología de investigación*** de su investigación fue la de comparar el empleo del software HDM-4; en la clarificación de los alcances de este software como herramienta en los SGP, con el empleo de base de datos Long Term Pavement Performance (LTPP); que contiene los datos de inventario de las vías de Estados Unidos, y su uso requiere el proceso de

relevamiento de datos. Asimismo, presenta el diagrama de flujo de metodología de trabajo visualizando claramente el orden de desarrollo de los objetivos antes mencionados.

(Hidalgo Gamarra, 2006 pág. 135) Como consecuencia de haber desarrollado un excelente trabajo de investigación indica **como conclusiones** que: el desarrollo del deterioro depende no solamente de las cargas de tránsito y los factores climáticos sino también de la calidad o comportamiento del pavimento en su puesta en servicio inicial, esto también está alineado diseño del pavimento y su construcción requiriendo de un presupuesto mayor en la construcción, lo que será conveniente en el largo plazo, reduciendo la inversión en la conservación o rehabilitación de los pavimentos. Lo demuestra comparando los costos de los pavimentos peruanos y estadounidense en las diferentes estrategias de mantenimiento.

Asimismo, hay que vigilar con cuidado el aumento de grietas por ser exponencial, el control del aumento del deterioro es primordial puesto que se ha visto que, a mayor progresión de los índices, más fuerte se torna y la aceleración en su severidad es mayor. Recordando que el objetivo de la gestión es conservar en óptimas condiciones los pavimentos logrando que lleguen a brindar el nivel de servicio de diseño. En tal sentido no debería permanecer solo en la teoría, puesto que con la administración de datos nos permite conocer la condición de deterioro del pavimento, es decir la severidad y cantidad de éste, logrando determinar programar y políticas eficientes en la vida útil remanente del pavimento.

De acuerdo con las conclusiones a lo antes descrito, se puede indicar que, las administraciones de las carreteras del Perú están desarrollando SGP, sin embargo, no se implementan por completo en los gobiernos locales, concesionarios y otros, lo que permita un monitoreo permanente y desarrollar una adecuada GMP reduciendo costos y mejorando el nivel de servicio de los pavimentos.



## Antecedentes internacionales.

(Osuma Ruiz, 2008 págs. ii - iii), **Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán. Sin.** El investigador logro como **objetivo** primordial de la investigación, la especificación de las partes y pasos a desarrollar para la puesta en servicio un sistema de administración de pavimentos (SAP) urbanos para la red vial de la ciudad, de una forma fácil y práctica, logrando un mantenimiento sistemático y ordenado de los pavimentos, con la identificación de prioridades y con la participación de todos los elementos involucrados.

Para lograr dicho objetivo, detalla que esencial que el SAP sea operativo, autosuficiente y amigable con el fin de que fácilmente sea usado a nivel local uniformizando criterios en el diseño, construcción, y diagnostique la condición del pavimento, proyectar su desempeño, y desarrollando un modelo de análisis de comparación de políticas de conservación de largo plazo y mantenimiento rutinarios permitiendo la toma de decisiones de la política ideal para cada caso, en base a criterios técnico – económicos.

(Osuma Ruiz, 2008 pág. V), Su **tipo de investigación** fue carácter descriptivo<sup>1</sup>-propositiva<sup>2</sup>. Enfocada a la determinación de una visión estratégica sobre el problema y de las opciones para solucionarlos. Planteando alternativas para mitigar la problemática y sus efectos; permitiendo un conveniente mantenimiento de las vías y logrando que los costos de operación de los usuarios se reduzcan en beneficio de la economía de la ciudad Mazathán.

(Osuma Ruiz, 2008 pág. 190), Entre sus **conclusiones** indica que. Los SAP son herramientas, con el objetivo de racionalizar la inversión durante la conservación de pavimentos permitiendo al administrador lograr una mayor

---

<sup>1</sup> Tipo de investigación en la que se utiliza principalmente el método de análisis, es decir, se descompone el objeto que se va a estudiar en sus distintos aspectos o elementos, para llegar a un conocimiento más especializado. Se realiza una exposición de hechos e ideas, explicando las diversas partes, cualidades o consecuencias.

<sup>2</sup> Tipo de investigación en la que el investigador realiza un análisis crítico de algún tema, para evaluar sus fallas y por último proponer cambios concretos.

eficiencia en la designación de presupuesto en el mantenimiento de las vías en beneficio de la sociedad mazatleca.

Asimismo, esperaba que, con la implementación del SAP, puedan pronosticar el desempeño estructural de los pavimentos y proponer estrategias de conservación garantizando un buen servicio de la red de vial de Mazatlán, con la seguridad de haber invertido adecuadamente los recursos disponibles de la ciudad. El SAP deberá estar bajo observación constante y actualizando con la experiencia e información cuantitativa del comportamiento de los pavimentos. Indica que se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se prolonga a menor costo cuando se implementa un SAP a intervalos estratégicamente planeados.

Expresado de otra manera, propone hacer uso de recursos económicos limitados, al identificando correctamente las fallas de los pavimentos, tratamientos adonios y seleccionando un plan de trabajos adecuado. Asimismo, señala que, para lograrlo implica más investigaciones y conocimientos del desempeño de los pavimentos.

(Castellón Camacho, 2007 págs. 3 - 4), **Sistema de Gestión de Pavimentos en el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós**. Propuso como **objetivo** desarrollar un instrumento para la Gestión de Pavimentos (GP) del Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós, tomando como cita al Anexo 14 de OACI y los documentos afines del Departamento de Transportes de la FAA y ASTM, gestando un método que permita con los parámetros identificados en la evaluación estructural y funcional y tomar decisiones para rehabilitar o mantener un pavimento. El investigador logro los objetivos de generar una herramienta permite un levantamiento de información analizándola y optimiza las inversiones, planificar los estudios y labores de mantenimiento en el periodo de la vida útil de los pavimentos del Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós, resulta oportuno indicar que para lograr lo antes indicado, el investigador logro sus objetivos específicos de recolectar información de campo y antecedentes de las obras en gabinete, identificó el estado de los pavimentos de las obras precedentes, determinó el PCN y vida remanente del pavimento basándose en el desarrollo de los modelos de deterioro,

logrando suministra información veraces del estado de los pavimentos. Asimismo, desarrolla un anteproyecto para la rehabilitación de sectores pavimentados del Aeropuerto.

El **tipo de investigación** que utilizó fue descriptivo, estableciendo un procedimiento amigable que permita al responsable de la GP disponer de una herramienta con la secuencia de todas las actividades a ejecutar durante las distintas fases la vida en servicio del pavimento, de esta forma se ejecuten las distintas labores que permitan priorizar las inversiones presentando opciones económicas y técnicas para cada necesidad.

(Castellón Camacho, 2007 pág. 14), Entre **sus conclusiones** podemos resaltar que, aportó una metodología base, en la evaluación estructural y funcional los pavimentos, planteamientos de opciones de rehabilitación y conservación, demostrando que el Sistema es una herramienta que mejorar la condición general de los pavimentos alineándose al presupuesto. Asimismo propuso la implementación y vigilancia del sistema realizando evaluaciones de los parámetro en el momento adecuado y definir las actividades de conservación o rehabilitación del pavimento evaluado, los procesos planteados en la herramienta para la unidad del área técnica responsable de la Infraestructura, generando registros históricos que obteniendo una base de datos a utilizar en el sistema, optimizando los recursos disponibles, identificando y ejecutando obras cuya postergación generaría una inversión mayor. También suministra información acertada del estado del pavimento, facilitando la decisión para la ejecución de los trabajos para recuperar parámetros de conservación dentro de la normativa comparando los diferentes escenarios de presupuesto, definiendo políticas de intervención definiendo un programa de inversión en largo plazo (rehabilitación), mantenimiento (corto, mediano plazo).

Por las consideraciones anteriores, demuestra la importancia y la necesidad de contar con un sistema de gestión operativo de pavimentos mostrando los beneficios que se puede obtener con la conservación de los pavimentos, el ahorro de las inversiones y sobre todo la seguridad operacional para las aeronaves en tierra.

Esta investigación resultó una de las más importantes en el desarrollo de la presente investigación puesto que se trata del desarrollo en la implementación de un sistema de gestión operativo de pavimentos en aeropuertos.

(Atiezo López, y otros, 2009 pág. 4), **Guía de inspección en pavimentos aeroportuarios**. El tesista se planteó como **objetivo** elaborar una guía de relevamiento en la evaluación superficial de los pavimentos flexibles y rígidos del área de movimiento en aeropuertos de México.

(Atiezo López, y otros, 2009 pág. 16) **La metodología** que empleo en la búsqueda de la solución en la investigación, iniciando de la base del método científico deductivo en los procesos de mantenimiento mediante la observando, midiendo, experimentando generando hipótesis, obteniendo resultados facilitando opciones para definir actividades seguir en el mantenimiento de los pavimentos aeroportuarios mexicanos.

Realizando una descripción analítica con prioridades. Su metodología en su desarrollo de la investigación se basó primordialmente en lograr conocimientos validos mediante indicadores confiables con un enfoque sistemático deductivo (del general a lo particular), lo que aportó en el análisis del mantenimiento a desarrollar en los pavimentos mediante la guía de inspección rápida. Su investigación fue descriptiva y cuantitativa. Investigando procedimientos existentes en demostrando que pocos explotadores de aeropuertos contaban con una guía de inspección.

(Atiezo López, y otros, 2009 pág. 94), de los planteamientos y procedimientos utilizados **concluye** que, con un buen conocimiento de la problemática de los tipos de fallas en los pavimentos, se puede llevar un adecuado levantamiento de información de los tipos de fallas y por consecuencia un buen trabajo de mantenimiento en los pavimentos de del área de movimiento de un aeropuerto. Demostró la sencillez en el uso de una guía de inspección en pavimentos aeroportuarios, apoyándose de tablas de tipos de fallas con sus respectivas severidades de pavimentos para luego, proceder con la planificación del mantenimiento en los pavimentos aeroportuarios en México.

Esta investigación también fue importante en el desarrollo de la presente investigación puesto que demostró que con un adecuado relevamiento de las fallas existentes durante las evaluaciones funcionales del pavimento se puede precisar los tipos de falla, cantidades, metrados y ubicación dentro de unidades de muestreo e incorporarla en el sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Sistema de gestión operativo de pavimentos.**

(Higuera, 2012 pág. 17), define un sistema de gestión de pavimentos como el procedimiento constante de administrar, coordinar y controlar las acciones para la conservación de las estructuras de pavimento en aceptables condiciones de servicio (estructural y funcional), optimizando los recursos disponibles para obtener el mayor beneficio social.

Pueden definir objetivos específicos de tipo técnico, económico y administrativo. Desde el punto de vista técnico, un sistema de gestión de pavimentos debe dirigirse al establecimiento de estrategias de conservación y a la definición de prioridades en las actuaciones implícitas, en estas estrategias.

Es preciso, por tanto, disponer de modelos de comportamiento de los pavimentos, con datos sobre la evolución real de los mismos y su estado en un momento dado.

Uno de los sistemas más difundidos en los países en desarrollo y patrocinado por el banco mundial es el denominado HDM III (Highway Design Maintenance). Actualmente se vienen implementando el HDM IV, el cual contempla pavimento flexibles y rígidos.

##### **1.3.1.1 Gestión de pavimentos.**

(Solminihaç T., 2005 pág. 15), El concepto de “gestión pavimentos” se encuentra desarrollándose activamente en los últimos 20 años mezclando las actividades para abastecer y gestionar pavimentos. Con el objetivo principal de

utilizar información segura y coherente en la generación de criterios de decisión, presentando opciones realistas y contribuyendo a la eficacia en para la toma de decisiones, así lograr una programación de actividades de intervenciones económicamente impecable y se provea una retroalimentación con el resultado de las decisiones ejecutadas. Se puede complementar que expertos pueden producir programas razonables, sin embargo, en una red extensa se hace indispensable estructurar la información. Cuando no cuenta con una herramienta de gestión, se cuenta solo con decisiones no exactas producto de soluciones limitadas en el mantenimiento, de dudosa efectividad con las restricciones de presupuesto en que generalmente se desarrollan.

### **1.3.1.2 Características de un sistema de gestión de operativo pavimentos.**

Un sistema de gestión operativo de pavimentos debe:

- Ser actualizable y flexible.
- Estar basado en atributos, criterios y restricciones cuantificables.
- Ser retroalimentable.
- Permitir comparar alternativas para la identificación y selección de soluciones óptimas.

### **1.3.1.3 Beneficios de implementar un sistema de gestión de pavimentos**

Según Bockelmann Et Al. (2001) un sistema de gestión de pavimentos trae consigo los siguientes beneficios:

- Adecuada conservación de las vías de la red a un costo apropiado.
- Mantenimiento de la red vías siguiendo un programa a largo plazo.
- Optimización de las inversiones y los beneficios de la red.
- Control permanente de los efectos de la vía sobre el medio ambiente.
- Efectividad de las acciones de conservación.
- Preservación del pavimento ante el incremento de las cargas.
- Valoración de la capacidad estructural de los pavimentos y, si es del caso, definición de las causas de las deficiencias y problemas existentes.
- Planeación de las actuaciones futuras.

- Monitoreo del deterioro de las estructuras de pavimentos, con la importancia que esto conlleva.

#### **1.3.1.4 Estructura de un sistema de gestión de pavimentos.**

El sistema simplificado propuesto por Haas et al. (1993), sobre la estructura de un sistema de gestión de pavimentos es el siguiente:

Se parte de la investigación para la planificación del sistema y se tienen en cuenta las deficiencias de este, la priorización de las necesidades y de los presupuestos. Posterior a esta etapa vienen el diseño de las soluciones. Aquí se considera los parámetros de diseño, las alternativas, el análisis integral y la optimización para buscar la solución más conveniente. El paso siguiente es la determinación de las soluciones, lo cual implica que dichas obras requieren de un mantenimiento y una evaluación de su comportamiento.

Toda información se debe almacenar en la correspondiente base de datos del sistema, la cuales son el elemento principal para efectuar las actividades de investigación, las acciones de mantenimiento, su evolución.

Las acciones de investigación influyen de manera directa en la planificación del sistema, el diseño de las soluciones, la construcción, el mantenimiento y la evaluación del sistema, lo cual significa la integralidad de este.

#### **1.3.1.5 Los sistemas de gestión como herramientas.**

Un sistema de gestión es una herramienta que permite:

- Definir procedimientos y análisis.
- Establecer procedimientos para la toma de información de campo.
- Determinar procedimientos de medición.
- Fijar criterios de decisión.
- Definir procesos de mejoramiento.

El uso de un sistema de gestión no lleva por su sola utilización a una solución de los problemas, pero si conduce a una óptima selección de alternativas de acuerdo con los criterios especificados y las condiciones preponderantes.

#### **1.3.1.6 Base de datos.**

La forma operativa para aprovechar la información necesaria para el funcionamiento de un sistema de gestión de pavimentos es la creación de las bases de datos.

Las bases de datos son conjuntos de ficheros informativos interrelacionados accesibles a numerosos usuarios, modificables en función de las necesidades y actualizables permanentemente. Si estos bancos de datos están organizados con una determinada lógica interna que permita su acceso informático, son nominados bases de datos.

En relación con los pavimentos, las fuentes de una base de datos son, por un lado, la inspección visual y la auscultación con aparatos, y por otro, el propio proyecto de construcción, los informes de control de calidad y los informes de las actuaciones de conservación llevadas a cabo durante la vida del pavimento.

La información mínima disponible de una base de datos ha de estar constituida por los siguientes parámetros:

- Inventario de la red.
- Datos de tránsito (volumen, composición, cargas, factores de equivalencia, otros).
- Secciones estructurales del pavimento.
- Deterioros superficiales.
- Regularidad superficial.
- Medidas de resistencia al deslizamiento.
- Deflexiones.
- Características de drenaje.
- Señalización y demarcación.
- Datos de las condiciones climáticas y ambientales.



### **1.3.1.7 Peculiaridades principales de la gestión de pavimentos.**

(Solminihaç T., 2005 pág. 17), Debe amigable para poder de ser usada por la entidad en sus diversos niveles y aportando en la toma de decisiones en cada uno de los proyectos de la red. Asimismo, el uso de un sistema de gestión adecuado permitirá lograr el máximo rendimiento de los recursos utilizados, valorando los diversos costos invertidos para conseguir el mejor sistema de gestión que requiere la organización por lo antes expuesto se identifican características en la gestión de pavimentos: capacidad de ser utilizado por los usuarios asignados, permitiendo ingresar o actualizar información y modificarlo con nuevos datos sin mayor complicación, presentar distintas estrategias dentro del análisis, capacidad de sustentar las alternativas de solución con procedimientos racionales, con características, criterios y restricciones medibles, Capaz de utilizar información permitiendo conocer las consecuencias de toma de decisiones.

Considerando que los pavimentos son estructuras distintas que involucran distintas variables: Como mix de cargas a la que están expuestas, requerimientos de medio ambiente, materiales y características de la construcción, mantenimiento, rehabilitaciones, etc. Siendo primordial conocer los factores técnicos y económicos que involucra su construcción, explotación y conservación para hacer una adecuada gestión de los pavimentos.

### **1.3.1.8 Sistemas de información.**

Los sistemas de información son herramientas desarrolladas para poder administra una gran cantidad de datos que son recolectados a lo largo del tiempo con el objeto de poder analizar y procesar la información en forma rápida y segura, obteniendo resultados rápidamente.

Estos sistemas se basan en personal altamente capacitado, tecnología computacional y equipos encargados de la recolección de datos. Esto en conjunto forma un sistema de información y su buena operación depende específicamente del funcionamiento coordinado de todos los elementos mencionados anteriormente.

La necesidad de tomar decisiones rápidas ha hecho que los sistemas de información sean una de las herramientas más utilizadas en el último tiempo, su desarrollo ha alcanzado niveles jamás imaginados, llegando al punto de tener

sistemas expertos que utilizan razonamiento deductivo, y redes neuronales que pueden “aprender” en base a los datos que va recibiendo a lo largo del tiempo.

### ***1.3.1.9 Implementación de un sistema de información.***

Implementar un sistema de información no es una tarea fácil, ya que normalmente implica cambios importantes en las organizaciones; por lo tanto, es necesario tener presente que debe existir un balance entre estrategia, organización y tecnología. Esto significa que la administración superior de la organización debe definir a una estrategia de negocio que incluya una organización administrativa y una tecnológica adecuada a los objetivos planteados asignando los recursos necesarios para alcanzar las metas propuestas.

### ***1.3.1.10 Sistemas de gestión de pavimentos en aeropuertos.***

La inexistencia de un adecuado sistema de priorización de necesidades de mantenimiento, hicieron colapsar los antiguos sistemas de asignación de recursos. Como solución a este problema de optimización, se desarrolló un sistema de gestión de pavimentos llamado PAVER. Este modelo, diseñado por Mohamed Shahin (1994) conjuntamente con el laboratorio de ingeniería de la armada de estados unidos (U.S.ARMY) y otros organismos de aviación de ese país, permitió implementar un modelo de priorización de todos los aeropuertos, logrando de esta manera optimizar los escasos recursos que se tienen para su conservación.

Para poder comparar el estado de un pavimento con otro, es necesario obtener un índice que permita reflejar su deterioro, el que estará determinado por la magnitud y severidad de cada tipo de falla. Ante lo anterior, surge de inmediato una duda, ¿Qué combinación de magnitud y severidad de las distintas fallas reflejara de mejor manera el real estado del pavimento?

Para responder a esta pregunta, la Federal Aviation Administration (FAA) desarrolló el PCI (Present Condition Index) que es un índice combinado que permite caracterizar el estado de un pavimento independientemente de los tipos de fallas que presente el valor de este índice varía entre 100 y 0, siendo el valor 100 la condición optima, (FAA 1982).

El sistema PAVER, incorpora este índice a su programa, entregando al administrador un índice de la condición del pavimento y las necesidades de mantenimiento y conservación que se deben aplicar a este, a partir de la evaluación que se les realice y de las políticas de conservación que establezca el administrador. Información a detalle ver sección de anexos.

#### **A. Determinación del número clasificador pavimento (PCN)**

El sistema PCN utiliza un formato codificado para maximizar la cantidad de información contenida en un número mínimo de caracteres y facilitar su informatización. El PCN de un pavimento se reporta como un número de cinco partes donde los siguientes códigos son ordenados y separados por barras inclinadas.

- a) Valor numérico del PCN
- b) Tipo de Pavimento
- c) Categoría de la subrasante
- d) Presión de llantas permisible
- e) Método utilizado para obtener el PCN.

Un ejemplo de un código PCN es 80/R/B/W/T; Información a detalle ver sección de anexos.

#### **B. Determinación de Condición de Seguridad de la superficie del pavimento**

Tiene como objetivo efectuar mediciones del coeficiente de resistencia al deslizamiento en la pista de aterrizaje y/o despegue, tomando en cuenta el Manual de servicios de aeropuertos, Parte 2, estado de la superficie de los pavimentos y la Circular OACI 329 AN/191 -Evaluación, mediciones y notificación del estado de la superficie de la pista-. Así como la Norma técnica complementaria NTC: 006-2013 DGAC/MTC, más información ver anexos.

### **1.3.2.1 Los Pavimentos del área de movimiento es conformada principalmente por:**

Área de movimiento: Es aquella parte del aeródromo utilizado para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves. En particular:

Pista de vuelo: Es el área rectangular preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves, excluyendo plataforma.

Calles de rodaje: Son vías establecidas para para el rodaje de las aeronaves y destinadas a enlazar distintas zonas del área de movimiento, incluyendo: Calles de acceso a puestos de estacionamientos, calles de rodaje en plataforma y calles de salida rápida.

Plataforma: La parte del aeródromo utilizada para dar cabida a las aeronaves para fines de embarque y desembarque de pasajeros, abastecimiento de combustible, correos o carga, estacionamiento o mantenimiento de aeronaves.

### **1.3.2.2 Políticas de conservación.**

Para materializar la conservación eficiente es imprescindible establecer las soluciones que se le asociará a cada tipo de falla, estas soluciones son las llamadas políticas de conservación.

Se establecen con anterioridad y se ingresan al programa para que este entregue o proponga los tipos de solución óptima que se debe aplicar en cada caso en particular. Por lo general, las políticas utilizadas son en función del PCI.

Estas políticas varían de acuerdo con las nuevas tecnologías que van apareciendo, es decir, se implementan nuevas soluciones para los deterioros que se puedan presentar. Ellas también varían en la medida que aumentan los ingresos para las mantenciones dado que se pueden implementar soluciones de mejor calidad y con anterioridad a la presencia de los deterioros.

De acuerdo con lo anterior, es importante señalar que normalmente, las políticas de conservación son diseñadas en forma reactiva y no preventiva, lo que produce un deterioro mayor en la infraestructura de aeropuertos, a nivel nacional. La razón principal de tener políticas reactivas son las restricciones presupuestarias que se tienen para realizar las conservaciones.

Todas estas soluciones que forman las políticas de conservación deben estar asociadas a un costo para que así el programa pueda elegir la óptima.

Como se ha señalado, el programa PAVER fue desarrollado para una óptima asignación de recursos en la mantención de aeropuertos, basándose principalmente en el PCI desarrollado por la FAA. En la actualidad, este índice se ha comenzado a utilizar no solo en aeropuertos sino también en pavimento urbanos e interurbanos, como una poderosa herramienta de gestión, pues permite comparar en una misma escala el estado de dos pavimentos que presenten distintos tipos y severidades de fallas. Por lo anterior se presenta a continuación la forma más detalla los procedimientos relacionados con el PCI.

### **3.2.2.3 Programas de Mantenimiento de Pavimentos**

Considerando que la investigación realizada es del aeropuerto de Cajamarca – Perú, la misma que esta concesionada a la empresa Aeropuertos del Perú del de diciembre del 2006, se considera los conceptos y definiciones dadas en el Contrato de Concesión del primer grupo de aeropuertos de provincia de la república del Perú, por lo que procedemos a detallar:

#### ***Mantenimiento***

Comprend las actividades rutinarias y periódicas necesarias para garantizar la confiabilidad y efectividad de los Bienes de la Concesión y requeridas para dar cumplimiento a los Requisitos Técnicos Mínimos establecidos en el Contrato. Incluye, más información en anexos.

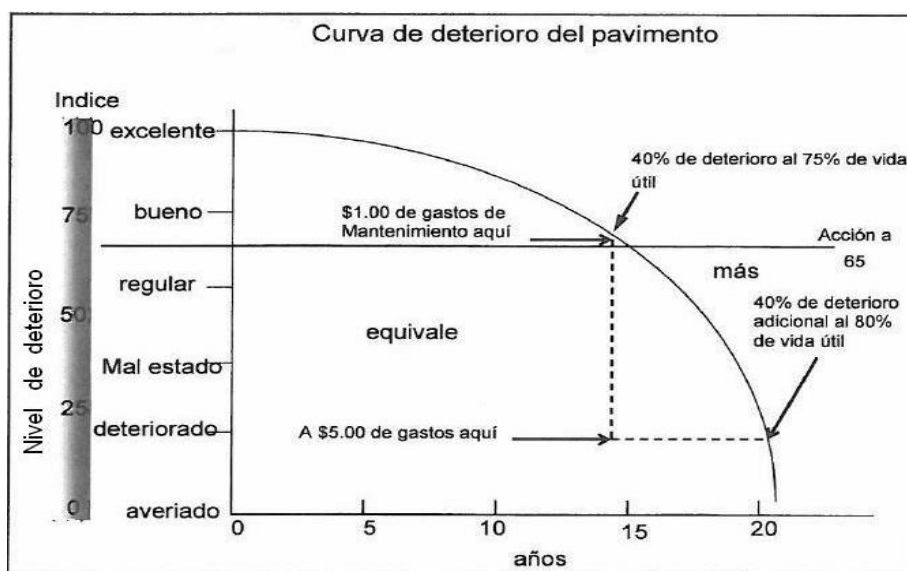
#### ***Beneficios de la planificación en la gestión de pavimentos.***

(Solminihac T., 2005 pág. 16), entre los beneficios de se obtienen en la planificación en un SGP, entre otros son la de recopila de información, que pueden distribuir en la organización, entre instituciones o en general, logrando mayores rendimientos con el dinero disponible, identificando las consecuencias de las alternativas de mantenimiento en base a experiencias anteriores.

Adicionalmente, la GP es un procedimiento global, que inserta todas las actividades implicadas en la generación de caminos, entre ellas: el registro de información inicial, planificación y programación de mantención, rehabilitación y construcción, y de seguimiento periódico del desempeño funcional y estructural de los pavimentos. Con el uso y desarrollo de la gestión identifica las tácticas de intervención priorizándolas para su implementación.

### 1.3.2.4 Administración de gastos e inversiones

Se ha corroborado que la vida útil de los pavimentos se amplía a un menor costo cuando se implementa un sistema de conservación con frecuencias técnica y económicamente planteados integrados estratégicamente a los programas de mantenimiento a razón de las políticas de conservación en el cual se utilizan modelos económicos para mejorar los rendimientos de los recursos financieros destinados para dicha gestión. Queda claro que las labores de mantenimiento no deben realizarse al azar, se debe utilizar políticas de conservación de acuerdo a un plan que garantice la administración efectiva de los gastos e inversiones en base a las condiciones de los pavimentos y al remanente de la vida útil, expansión y rehabilitación de los pavimentos.



**Figura 10. Curva del deterioro de los pavimentos**  
**Fuente: Mantenimiento y Gestión Vial –Segunda edición- ICG**

## **1.4 Formulación del problema.**

### **1.4.1 Problema general.**

¿Cómo influye la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de movimiento - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017?

### **1.4.2 Problema específico.**

¿Cuánto optimiza de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en las políticas de conservación de pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017?

¿Cuál es la mejora con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en los programas de mantenimiento de los pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017?

¿En cuánto reduce la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento en la administración de gastos e inversiones - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017?

## **1.5 Justificación del estudio.**

Los pavimentos de del área de movimiento son fundamental para la continuidad y seguridad operacional de un aeropuerto, si consideramos que, sin pista de aterrizaje, calles de rodaje ni plataforma de aeronaves no se puede considerar una infraestructura como aeropuerto.

Por lo antes expuesto la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos del área de movimiento del aeropuerto de Cajamarca resulta importante.

#### **1.5.1 Técnica.**

La investigación científica se desarrollará considerando las normativas internacionales de OACI de acuerdo con sus anexos y circulares, así mismo la normativa nacional de la DGAC – MTC y sus RAP y NTC relacionadas a diseño, construcción, mantenimiento y operación de aeródromos.

#### **1.5.2 Practica.**

Una vez que se aplique el sistema de gestión operativo de mantenimiento de los pavimentos del área de movimiento del aeropuerto de Cajamarca se mejorara en integración de información que implica directamente al estado de los pavimentos, proyección de rehabilitación, intervenciones a realizar con información presida con la cual se puede determinar programas, actividades con herramientas técnicas y financieras de: que, donde, cuando y cuanto se debe ejecutar como actividades de mantenimiento en la conservación de los pavimentos.

#### **1.5.3 Metodológica.**

El Presente estudio propone el uso de fichas de registro de tipos de fallas y severidad mediante fichas de recolección y registro de datos, cuadros estadísticos, usando sistemas informáticos de SQL server, visual studio.net. con métodos de recolección de datos de campo, determinación de políticas de intervención, análisis de costos y proyección en el corto, mediano y largo plazo.

Culminado la investigación los instrumentos podrá ser utilizados para investigaciones futuras.



#### **1.5.4 Económico.**

La construcción y rehabilitación de los pavimentos aeroportuarios son muy costosos y su ejecución resulta muy complicado si consideramos que el aeropuerto no debe dejar de operar puesto que tendría implicaciones fuertes a la economía no solo del operador también a toda la región de Cajamarca puesto que el aeropuerto es una puerta de ingresos de carga y pasajeros entre ellos turistas, ejecutivos y pobladores en general afectando el desarrollo de la región.

En este sentido resulta importante implementar un sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos del área de movimiento para conservar la vida útil, el nivel de servicio y la seguridad operacional que brindar un pavimento con una adecuada gestión desde un punto de vista financiero – técnico.

### **1.6 Hipótesis**

#### **1.6.1 Hipótesis General**

La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento influye en la conservación de pavimentos en área de movimiento - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.

#### **1.6.2 Hipótesis Específicas.**

La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento incide en las políticas de conservación de pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.

La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento contribuye en los programas de mantenimiento de los pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.

La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento interviene en la administración de gastos e inversiones - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.

## **1.7 Objetivos.**

### **1.7.1 Objetivo general.**

Describir la influencia de la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de movimiento - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.

### **1.7.2 Objetivo específico.**

1.- Determinar la optimización de la implementación de un sistema operativo de gestión de mantenimiento del área de movimiento, en las políticas de conservación de pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.

2.- Demostrar la mejoran con la implementación de un sistema operativo de gestión de mantenimiento del área de movimiento, en los programas de mantenimiento de los pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.

3.- Analizar la reducción de gastos con la implementación de un sistema operativo de gestión de mantenimiento del área de movimiento en la administración de gastos e inversiones en la conservación - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.

## **II. METODO**

## 2.1 Diseño de investigación

### 2.1.1 Método.

Según, (Tamayo Tamayo, 2003). “El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presenta sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica. Asimismo, es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo”.

De acuerdo con lo antes señalado, esta investigación se aplicó el **método científico**.

### 2.1.2 Tipo de Estudio

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2010 págs. 40-44) menciona que “la investigación aplicada, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven [...] le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad”. Asimismo, afirma que “la investigación aplicada “tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad”.

De acuerdo con lo antes señalado, esta investigación se clasifica como del **tipo aplicada**.

Bajo estas consideraciones el trabajo a realizar se enmarca como aplicada, ya que, con la aplicación del sistema de gestión operativo de mantenimiento, se buscará el mejor escenario para realizar el trabajo a un menor tiempo y costo y con ellos tomar decisiones inmediatas sobre el desarrollo y programación de labores de mantenimiento en los pavimentos del área de movimiento del aeropuerto de Cajamarca.

### 2.1.3 Nivel de Estudio.

De acuerdo con, (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 95). “El nivel explicativo va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de las relaciones entre conceptos; es decir esta dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relacionan dos o más variables”.

Bajo este análisis la investigación corresponde al **nivel explicativo**.

Después de la consideración anterior nuestro estudio tendrá un alcance explicativo, ya que se medirá el grado de influencia del sistema de la gestión de mantenimiento en los pavimentos del área de movimiento en el aeropuerto de Cajamarca.

### 2.1.4 Diseño de la investigación

(Carrasco Diaz, 2006 pág. 71), nos manifiesta que los tipos de diseño no experimentales son:

*“Aquellos cuyas variables independientes carecen de manipulación intencional, y no poseen grupo de control, ni mucho menos experimental. Analizan y estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia. Los diseños no experimentales presentan dos formas generales: los diseños Transeccionales o Transversales que a su vez se subdividen en Diseños Transeccionales Descriptivos, Diseños Transaccionales Explicativos-Causales y Diseños Transeccionales Correlacionales; y los Diseños Longitudinales que a su vez se subdividen en diseños longitudinales de tendencia o trend, Diseños Longitudinales de Evolución de grupos o Cohort y los Diseños Longitudinales de Panel”.*

Según este análisis, el diseño a aplicar en la presente investigación será el **no-experimental**.

Por otra parte, al realizar la simulación de escenario o alternativas se realiza la manipulación intencional de la gestión de mantenimiento y se determina la influencia en el tiempo y costo de esta manipulación.

## **2.2. Variables, operacionalización.**

### **2.2.1 Variables.**

#### **2.2.1.1 *Variable Independiente***

Sistema de gestión operativo de mantenimiento

#### **2.2.2 *Variable Dependiente***

Conservación de los pavimentos del área de movimiento.

### **2.2.3 Operacionalización de las variables.**

**Tabla 1. Operacionalización de las variables**

Variables	Definición Conceptual	Definición de Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Niveles
<b>Variable 1:</b> Gestión de mantenimiento.	Un sistema de gestión de pavimentos es el conjunto de operaciones que tiene como objetivo conservar por un periodo de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión. Todo lo anterior minimizando los costos monetarios, social y ecológico. (Hernan de solminihaç T, Gestión de infraestructura vial. Chile, (2005)	El Sistema de gestión de pavimentos se evalúa tomando en cuenta los resultados de las evaluaciones de la condición funcional del pavimento (PCI), estructural del pavimento y de la resistencia al deslizamiento, los cual se medirán tomando en cuenta sus tipos y características para los cuales se aplicaran, fichas de registro de tipos de fallas y severidad, medidor de fricción.	Evaluación de la condición funcional del pavimento (PCI)	Tipos de falla	Ficha de registro de datos de condición funcional del pavimento de la RWY	Bajo  Moderado  Alto
				Nivel de severidad		
				Metrados de las fallas		
			Determinación del número clasificador pavimento	Numero de clasificación del pavimento (PCN)	Ficha de registro de datos de los resultados de las Evaluaciones estructurales de la RWY	
				Identificación de fallas estructurales		
				Determinación de vida útil remanente		
			Determinación de Condición de Seguridad de la superficie del pavimento	Coefficiente de fricción	Ficha de registro de datos de la ultima medición de coeficiente de fricción de la pista la RWY	
				Macro y micro textura		
				Condición de la rugosidad		
<b>Variable 2:</b> Conservación de pavimentos	La conservación y mantenimiento del campo de vuelo - área de maniobras-son las actividades necesarias para mantener las condiciones iniciales del campo de vuelos de un aeropuerto en un optimo estado de servicio, tanto en condiciones operativas como de seguridad. Para ello de debe establecer y definir niveles de intervención, dentro del plazo de duración del elemento a mantener. Mag. Bermejo Fernanda, Ingeniero aeronáutico, Mantenimiento y conservación aeroportuaria, Madrid, Barajas (2005)	La conservación y mantenimiento del área de maniobras se evalúa tomando en cuenta la optimización de los recursos financieros, las identificación de las adecuadas especificaciones técnicas y programación de trabajos y las actividades de mantenimiento en los pavimentos, los cuales se medirán tomando en cuenta los tipos y características aplicando fichas de registro de gastos, control de retorno de inversión, check list entre otros.	Políticas de Conservación	Cuantificar los tipos de falla	Cuadro de resumen	
				Nivel de Severidad de fallas	Cuadro de resumen	
				Determinación técnica de tipos de intervención	Check list de alternativas técnicas de intervención	
			Programas de Mantenimiento de Pavimentos	P. Mantenimiento Preventivo Rutinario (PMPR)	Verificación Visual	
				P. Mantenimiento Correctivo (MC)	Verificación Visual	
				P. Mantenimiento Preventivo Periódico (PMPP)	Verificación Visual	
			Administración de gastos e inversiones	Corto plazo	Cuadros de proyección, control y reportes de gastos	
				Mediano Plazo		
				Largo Plazo		

Fuente: Propia

## **2.3 Población y muestra.**

### **2.3.1 Población**

(Sanchez Carlessi, y otros, 2006 págs. 236-237) menciona que es el “conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación”.

Bajo esta definición la población estará conformada en 126,300 m<sup>2</sup> de los pavimentos del área de movimiento (pista de aterrizaje, calle de rodaje y plataforma de aeronaves) del aeropuerto de Cajamarca.

### **2.3.2 Muestra**

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2014 pág. 173). “La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. El investigador pretende que los resultados encontrados en la muestra se generalicen o extrapolen a la población. El interés es que la muestra sea estadísticamente representativa”.

La presente investigación la muestra está conformada por la aplicación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en los 112,500 m<sup>2</sup> que representa el área pavimentada de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Cajamarca.

### **2.3.3 Muestreo**

De acuerdo con (Hernandez Sampieri, y otros, 2014 pág. 176) “las muestras no probabilísticas son aquellas en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador”.



En este caso se empleó el muestreo **no probabilístico intencional**, al respecto (Valderrama Mendoza, 2013 p. 193), dice que “es el que deliberadamente obtiene muestras que representen al universo”. El que es usado en el presente estudio considerando las características del universo estadístico.

Bajo estas consideraciones se aplicó el muestreo no probabilístico del tipo intencional.

## **2.4 Técnicas de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Como menciona (Sanchez Carlessi, y otros, 2006 pág. 151) son los “medios por los cuales el investigador procede a recoger información, [...], en función a los objetivos del estudio”.

Según (Carrasco Diaz, 2013 pág. 274) las técnicas más importantes que pueden emplearse en el trabajo metodológico de la investigación científica son los siguientes:

- Técnicas para la recolección de información mediante el análisis documental.
- Técnicas para la recolección de datos.
- Técnicas de laboratorio.
- Técnicas estadísticas.

Hecha la observación anterior la investigación emplea las técnicas para recolección de datos, y dentro de esta técnica la observación. El cual como refiere (Carrasco Diaz, 2013 pág. 283) (Carrasco Diaz, 2013, pág. 283) es un proceso intencional que nos permite recoger información precisa y objetiva sobre los rasgos y características de las unidades de análisis”. La observación es estructurada, deliberada y de campo.

## 2.4.2 Instrumentos de investigación.

Como lo define (Sanchez Carlessi, y otros, 2006 pág. 154) consiste en “herramientas específicas que se emplean en el proceso de recogida de datos. Los instrumentos se seleccionan a partir de la técnica previamente elegida”.

La ficha de observación según (2013 pág. 313) se emplea “para registrar datos que se generan como resultado del contacto directo entre el observador y la realidad que se observa”.

En consecuencia, en la siguiente investigación se emplea como técnica la observación y como instrumento la ficha de observación.

## 2.4.3 Validez

Como refiere (Mejia Mejia, 2005 págs. 23-24) la validez es una “cualidad que consiste en que las pruebas midan lo que pretenden medir. Las pruebas deben medir las características específicas de las variables para las cuales fueron diseñadas”. Sin embargo, añade, las pruebas no poseen validez universal. Una prueba válida para una situación determinada puede carecer de validez para otra. Asimismo, la “validez de contenido se determina generalmente mediante el juicio de expertos”. Para este fin se presenta la tabla:

**Tabla 2. Rangos y magnitud de validez**

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy Baja

**Fuente: Reproducido de** (Ruiz Bolivar, 2005 pág. 12)

**Tabla 3. Coeficiente de validez por juicio de expertos**

Descripción	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
Validez	0.85	0.88	0.95	0.89
Índice de Validez				0.89

Fuente: Propia

De la tabla, se observa que la validez del instrumento calificaría como muy alta.

#### **2.4.4 Confiabilidad.**

En este caso no se realizó el análisis de confiabilidad puesto que el instrumento utilizado es una ficha de observación directa y es conforme con la norma STM D 5340. (HERNANDEZ, 2014)

### **2.5 Métodos de análisis.**

En cuanto al método de análisis, para los datos al modelo de simulación se haciendo uso del programa Excel 2016, software del Equipo de medición de fricción (Sarsys), asimismo para la implementación del sistema de gestión operativa se podría utilizar el *Rational Unified Process* (RUP). producto comercial desarrollado y comercializado por Rational Software, una compañía de IBM.

#### **2.5.1 Análisis descriptivo.**

Para la recolección de mejores resultados en el presente proyecto de investigación se realizó gráficos, tablas, entre otros lo cual describen el comportamiento de las variables tanto dependiente como independiente. Esto facilitará la obtención de resultados en dicho estudio.

#### **2.5.2 Aspectos Éticos**

Se compromete en respetar los derechos de autoría, ensayos, artículos entre otros mediante las referencias y textos sido citados. También respeta la veracidad de los datos que fueron brindados y autorizados por la empresa Aeropuertos del Perú.

### **III. ANALISIS Y RESULTADOS.**

### 3.1 Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación de la investigación

El aeropuerto de Cajamarca también llamado "MAYOR GENERAL FAP. ARMANDO REVOREDO IGLESIAS" DE CAJAMARCA" Esta ubicado en la región Quechua a 2.720 msnm, Provincia de Cajamarca, distrito de Baños del Inca.

Cuenta con una pista de aterrizaje de 2,500 metros de largo por 45 de ancho, calle de acceso y Plataforma de aeronaves, todas con pavimentos flexible. Las aeronaves que operan son de LATAM, LCPerú, Star Perú, Militares, Chartes y otros cerrando el año 2016 con 3,702 operaciones y 326,346 pasajeros. En su mayoría las operaciones son con aeronaves del tipo C.

El departamento de Cajamarca se encuentra en la zona norte del Perú, cubre un área de 33 318 Km<sup>2</sup>, equivalente al 2,6 % del territorio nacional. Limitando por el norte con el Ecuador, por el este con la provincia de Amazonas, por el sur con el departamento de La Libertad y con el oeste con Piura y Lambayeque.

Está dividido en 13 provincias y 127 distritos, su capital es la ciudad de Cajamarca.

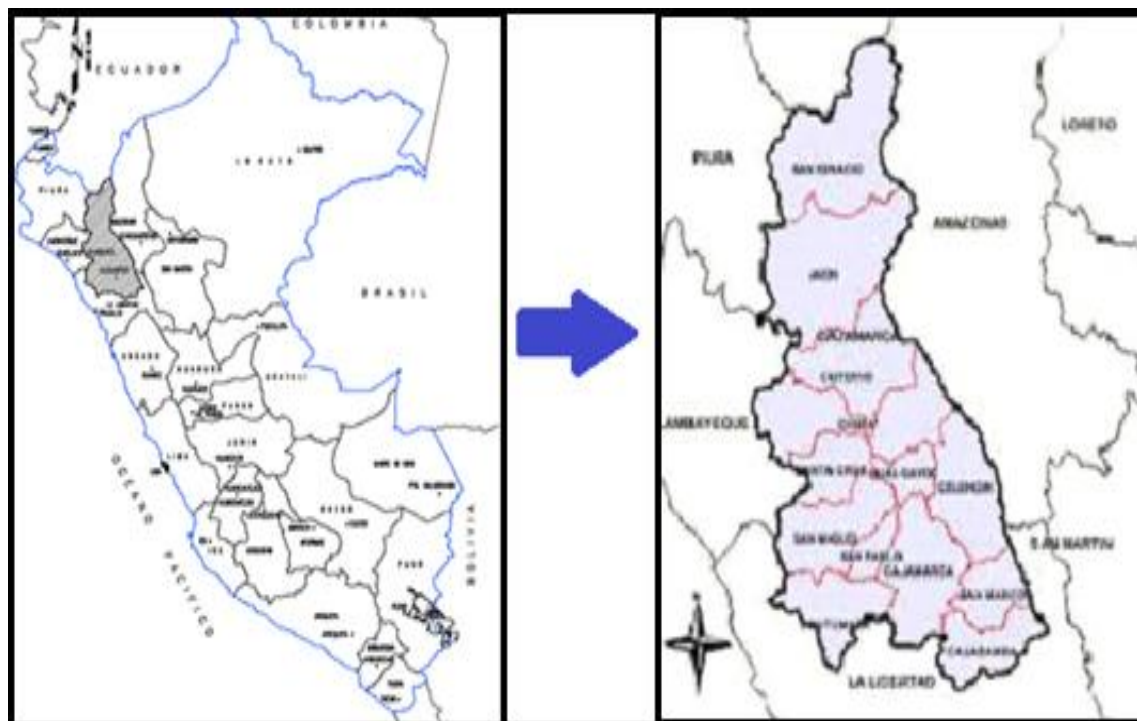


Figura 11. Ubicación geográfica de la Provincia de Cajamarca  
Fuente: EFE 2015



**Figura 12. Ubicación del aeropuerto en la Provincia de Cajamarca**  
Fuente: EFE 2015



**Figura 13. Pista de aterrizaje del aeropuerto de Cajamarca**  
Fuente: Propia.

### **Población de la provincia de Cajamarca.**

Según el INEI, la población de Cajamarca es de 1,529,855 habitantes que asciende al 5% de la población nacional al 30 de junio del 2015 la misma que está compuesta por 770,434 varones (50.36 %) y 759,321 mujeres (49.64 %), asimismo, se posiciona como la cuarta región más poblada del Perú con el 4.91% del total de la población, como lo muestra la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 4. Población de Perú a junio 2015

ITEMS	DEPARTAMENTO / PROVINCIA	2015	%
1	LIMA	9,834,631	31.57%
2	LA LIBERTAD	1,859,640	5.97%
3	PIURA	1,844,129	5.92%
4	CAJAMARCA	1,529,755	4.91%
5	PUNO	1,415,608	4.54%
6	JUNIN	1,350,783	4.34%
7	CUSCO	1,316,729	4.23%
8	AREQUIPA	1,287,205	4.13%
9	LAMBAYEQUE	1,260,650	4.05%
10	ANCASH	1,148,634	3.69%
11	LORETO	1,039,372	3.34%
12	CALLAO	1,013,935	3.25%
13	HUANUCO	860,548	2.76%
14	SAN MARTIN	840,790	2.70%
15	ICA	787,170	2.53%
16	AYACUCHO	688,657	2.21%
17	UCAYALI	495,511	1.59%
18	HUANCAVELICA	494,963	1.59%
19	APURIMAC	458,830	1.47%
20	AMAZONAS	422,629	1.36%
21	TACNA	341,838	1.10%
22	PASCO	304,158	0.98%
23	TUMBES	237,685	0.76%
24	MOQUEGUA	180,477	0.58%
25	MADRE DE DIOS	137,316	0.44%

Fuente: INEI

Asimismo, podemos identificar que la población del departamento de Cajamarca al 30 de junio del 2015 asciende a 1,529,755 habitantes, marcando un crecimiento de un 8.9% comparado con la población del año 2,000 como se puede deducir de la siguiente tabla:

Tabla 5. Población del INEI – 2015

<b>CAJAMARCA</b>			
<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>
2000	1,404,767	2008	1,485,188
2001	1,416,728	2009	1,493,159
2002	1,427,948	2010	1,500,584
2003	1,438,547	2011	1,507,486
2004	1,448,651	2012	1,513,892
2005	1,458,379	2013	1,519,764
2006	1,467,758	2014	1,525,064
2007	1,476,708	2015	1,529,755

Fuente: INEI

### Cantidad de pasajeros y operaciones.

Se puede determinar que el aumento de la cantidad de los pasajeros viene siendo una constante llegando de 76,672 pasajeros el año 2007 hasta los 344,945 (proyectando) al cierre del 2017, lo cual es un 349 % más, como se puede apreciar en la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 6. Pasajeros del Aeropuerto de Cajamarca

<b>Año</b>	<b>Pasajeros</b>
2007	76,672
2008	97,206
2009	127,147
2010	177,488
2011	201,250
2012	227,423
2013	252,299
2014	258,519
2015	275,201
2016	326,373
2017	344,945

Fuente: Aeropuertos del Perú SA.





**Figura 14. Pasajeros del Aeropuerto de Cajamarca**  
Fuente: Aeropuertos del Perú SA.

Asimismo, podemos identificar que existe una variación en la cantidad de operaciones que en el año 2007 se llegó a 3,384 y proyectar un cierre en diciembre del 2017 con 3,226 operaciones, si bien es cierto que la variación una reducción de 3.13% pero en el análisis anterior se determinó que hay un aumento del 349% de pasajeros, esto se debe que apartir del año 2009, se inició las operaciones de transporte de pasajeros y carga con aeronaves de mayor tamaño y por lógica de mayor capacidad de pasajeros.

**Tabla 7. Operaciones del Aeropuerto de Cajamarca**

Año	N° Operaciones
2007	3,384
2008	2,844
2009	2,889
2010	2,298
2011	2,689
2012	3,138
2013	3,256
2014	3,474
2015	3,370
2016	3,702
2017	3,226

Fuente: Aeropuertos del Perú SA.



**Figura 15. Operaciones del Aeropuerto de Cajamarca**  
**Fuente: Aeropuertos del Perú SA.**

### **Clima e hidrografía**

El clima del departamento de Cajamarca es variado, frío en las alturas de la sierra, cálido en las quebradas y templado en los valles. Las temperaturas diurnas se pueden elevar a más de 20°C, bajando en las noches a 0°C a partir de los 3 mil metros de altura, por lo menos durante los meses de invierno.

Las principales cuencas son: Marañón, conformada por los ríos Chinchipe, Chamaya, Llancono, Lunyhuy, Llanguat y Crisnejas principalmente, y la cuenca del Pacífico, conformada por los ríos Sangarará, Chancay, Saña, Chilete – Tembladera (afluentes del Jequetepeque), Chicama y otros.

### **Información Aeroportuaria del aeropuerto de Cajamarca**

- Horario de Operación: 06:00 a.m. a 18:00 p.m.
- Administrador Aeropuerto: Aeropuertos del Perú S.A. “Adp”
- Temperatura de referencia: 21.7 °C
- Elevación: 8,787 Ft.

- Coordenada Geográfica ARP: 07°08'24" S 078°29' 26" w
- Característica física área de movimiento
  - Pista: 2,500 x 45
  - Pavimento: Asfalto
  - Designador de Pista: 16/34
  - PCN: 44 F / D X / T
  - Franja de Pista: 2,620 X 150
  
- Característica física de la plataforma
- Plataforma: 3 Puestos Estacionamiento
  - Pavimento: Asfalto
  - PCN: 44 F/D / X / T
  - Aeronave máxima permisible: B 737 o similares.
  - Puestos de estacionamiento: 2
  
- Ayudas visuales (iluminación).
- Sistema PAPI
- Infraestructura / edificaciones
  - Terminal de pasajeros
  - Torre de control
  - Playa estacionamiento vehicular.
  - Sub estaciones eléctricas
  - Radio ayudas
  - Otros
  
- Aerolíneas con operaciones frecuentes
  - LAN
  - LC Busre
  - Star Up S.A.
  - Particulares
  - Militares
  
- Promedio operaciones aéreas diarias: 10 operaciones

### **3.2 Recopilación de Información.**

Es importante indicar que para lograr los objetivos de la investigación se ha desarrollado como plataforma de base de datos el Excel, con el cual se determina y demuestra la influencia que se puede lograr con la integración de la información, en este sentido los explotadores aeroportuarios implementen un sistema de gestión de administración de conservación para lo cual se explica en forma simplificada los procesos y resultados.

#### **¿Qué es un sistema de gestión de mantenimiento (SGM) para infraestructura aeroportuaria?**

“Es un sistema de administración de las conservaciones o mantenciones que deban efectuarse a la infraestructura para asegurar que cumpla con el nivel de servicio deseado durante su vida útil de diseño”.

#### **¿Para qué sirve un SGM?**

- Para determinar DÓNDE, CUÁNDO y QUÉ trabajo de mantenimiento realizar.
- Para priorizar los trabajos a ejecutar.
- Para mantener actualizado el inventario de infraestructura horizontal.
- Para anticiparse y actuar en forma preventiva.

¡Los proyectos correctivos son mucho más caros!!

#### **Garantizar adecuados niveles de servicio**

##### **▲ PARÁMETROS FUNCIONALES**

- PCI (Pavement Condition Index) - Visual
- Fricción (Mu meter, Grip tester, RFT, etc.)
- Perfilometría (láser, discontinua)

##### **▲ PARÁMETROS ESTRUCTURALES**

- Cono dinámico, Georadar
- Calicatas.

## Equipos necesarios:

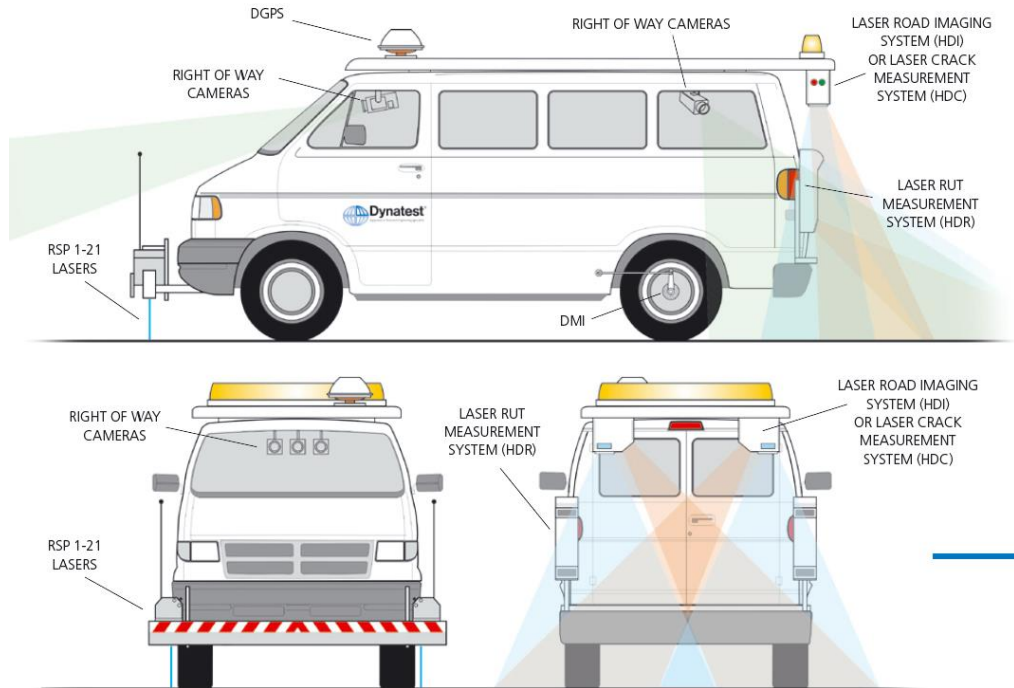


Figura 16. Equipos de relevamiento de la condición superficial del pavimento.  
Fuente: Curso de Capacitación de Mantenimiento de pavimentos – AdP

ID	Distress	Sever.	Distn.	Disks	Distn.	Local.	Local.	From	To	St.
01	Alligator Cracking	1	5.5298	8.4048	30.572	33.657	811.596	807.25	815.53	
02	Patching and Utility Cut Patching	1	4.5888	8.4048	21.054	33.657	811.613	807.37	815.85	
03	Alligator Cracking	3	5.1338	4.5298	26.349	33.657	818.273	816.92	820.54	
04	Alligator Cracking	1	3.4608	6.0208	12.016	33.657	821.368	818.26	824.37	
05	Alligator Cracking	1	5.0208	3.2948	33.946	33.657	822.696	821.054	824.33	
06	Alligator Cracking	1	4.4208	15.6328	19.548	33.657	992.251	984.59	1000.1	
					23.203	33.657	988.851	984.72	993.93	
					21.726	33.657	995.225	993.33	997.12	
					23.726	33.657	998.780	997.30	1000.2	

Figura 17. Información de salida de equipos de relevamiento de la condición superficial del pavimento.  
Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP

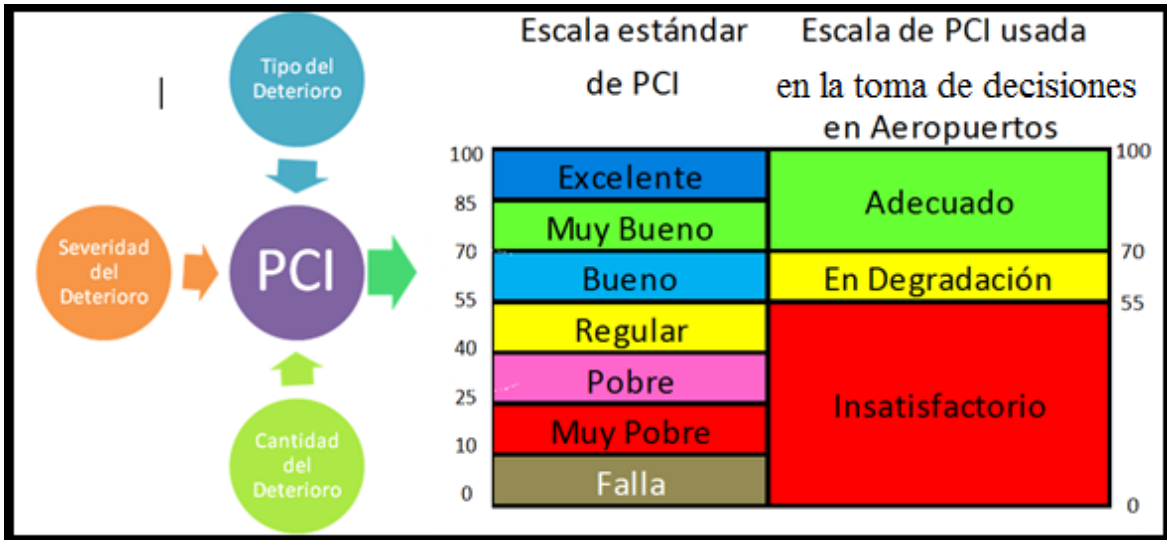


Figura 18. Escalas de valores del PCI para la toma de decisiones  
Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP

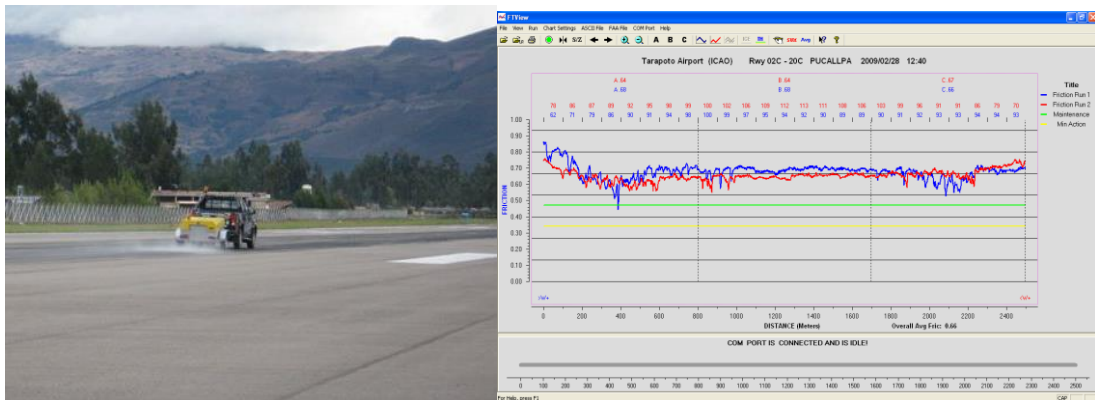


Figura 19. Medición de coeficiente de fricción  
Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP

## DETERMINACION DEL PCI

Áreas de Estudios (Secciones Homogéneas): Pista y Rodajes

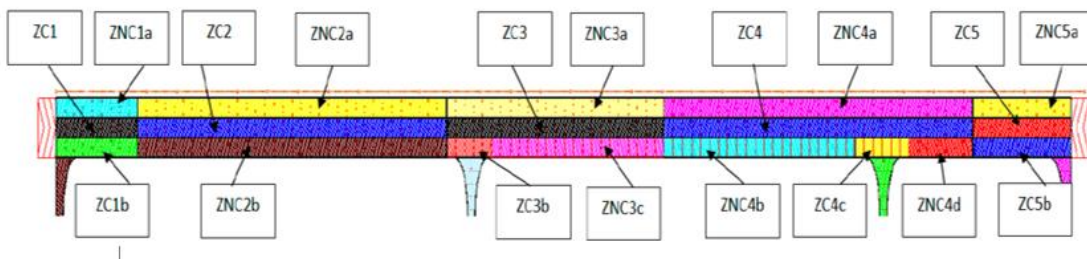


Figura 20. Escala del PCI por sectores de la pista de aterrizaje  
Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP

## EJEMPLO DE RELEVAMIENTO DE DETERIOROS

Fallas consideradas siguiendo la metodología para pavimentos aeroportuarios de concreto asfáltico y hormigón (plataforma):



Figura 21. Información gráfica de salida de los equipos laser  
Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP

### TRAMOS/RAMAS

ID de Rama: 1 | Prioridad: Alta

Nombre: RWY 02-20

Forma: Con Progresivas | Tipo: Asfalto

Longitud: 3359.0000 Metros

Ancho Promedio: 40.0000 Metros

Superficie Calculada (Suma de Secciones): 134248.1000 Metros Cuadrados

Ajuste de Superficie: 0.0000 Metros Cuadrados

Superficie Total: 134248.1 Metros Cuadrados

Tipo de Margen: Pavimentada

Ancho Margen: 1.5000 Metros

Comentarios:

### SECCIONES

ID de Sección: 3 | GIS

Nombre: 300

Rama: RWY 02-20

Progresivas: Inicio: 0 | Fin: 270

Dist. al Eje al Inicio: Izq.: 7.50 Lado: 0 | Der.: 0.00 Lado: 0

Dist. al Eje al Final: Izq.: 0.00 Lado: 0 | Der.: 7.50 Lado: 0

Longitud: 270.00 Metros

Ancho: 15.00 Metros

Perímetro: 570.00 Metros

Superficie: 0.0000 Metros Cuadrados

Ajuste de Superf.: 0.0000 Metros Cuadrados

Superficie Total: 0.0000 Metros Cuadrados

### U.DE MUESTRA

Rama: RWY 02-20

Sección: 300

Número 1 de M.:

Tipo: Inspeccionar

Longitud: 30.00 Metros

Ancho: 15.00 Metros

Perímetro: 91.00 Metros

Área: 445.0000 Metros Cuadrados

Comentarios:

Longitud de Leona:

Ancho de Leona:

Cantidad de Leona:

GIS:  GIS

Progresivas: Inicio: 0.00 | Fin: 30.00 | Dist. al Eje: Izq.: 22.50 | Lado: 7.50 | Lado: 0

Leona:

### Unidades de Muestra

Sección: 300

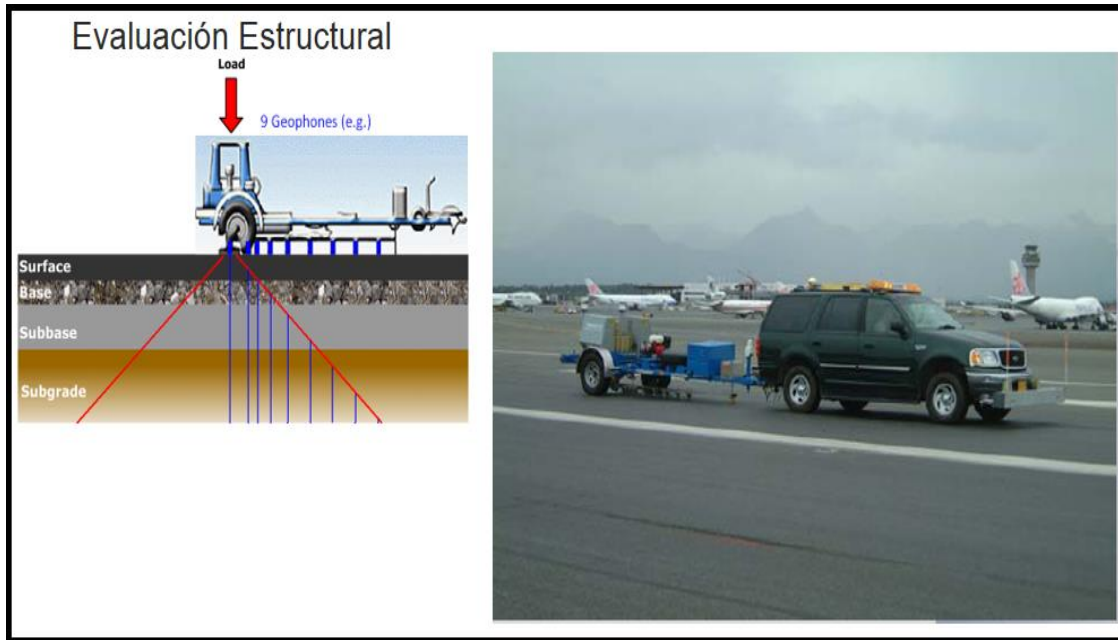
Fecha:

U.M. Variable: 1 variable

Falla	Sim.	Um.
1. Una fisura en la Sección		40.00
2. Una fisura en la Sección		40.00
3. Una fisura en la Sección		40.00
4. Una fisura en la Sección		40.00
5. Una fisura en la Sección		40.00
6. Una fisura en la Sección		40.00
7. Una fisura en la Sección		40.00
8. Una fisura en la Sección		40.00
9. Una fisura en la Sección		40.00
10. Una fisura en la Sección		40.00
11. PAVIMENTO DE ASFALTO		40.00

- Se ingresan los Tipos de Falla que surgen del relevamiento superficial de cada UM.

Figura 22. Ingreso de datos al software de gestión de pavimentos  
Fuente: X Seminarios ALACPA de Pavimentos Aeroportuarios – Mexico



**Figura 23. Deflectómetro de impacto (FWD) – ensayos estructurales (no destructivos)**  
Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP



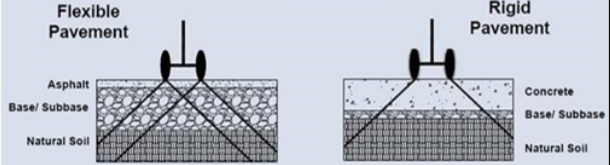
**Figura 24. Extracción de testigos – ensayos estructurales (destructivos)**  
Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP



**El concepto ACN-PCN fue introducido en 1981 por la OACI para medir la resistencia y duración de una pista de acuerdo a las aeronaves que operan esa pista.**

**ACN:** Aircraft Classification Number  
Indicador del peso ejercido en el tren principal del avión sobre la pista.

**PCN:** Pavement Classification Number  
Indicador de la resistencia de la pista

**Ejemplo ACN:**  
El ACN para operar con máximo peso en una pista con categoría F / B el ACN publicado para un avión es 61

**Ejemplo PCN:** 63 / F / B / W / T

Valor Asignado ←  
 2 Tipos de pavimento (R=Rígido F=Flexible) ←  
 Subsuelo (A=High;B=Medium;C=Low ;D=UltraLow) ←  
 Presión del Neumático (W= Cualquiera) ←  
 Modo de cálculo (T=técnico; U=No Técnico) ←

**Para operar sin restricción el PCN ≥ ACN**

Figura 25. Evaluación de PCN y ACN

Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP



Figura 26. Daño generado al pavimento por el uso del pavimento de una aeronave con un ACN > PCN.

Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP



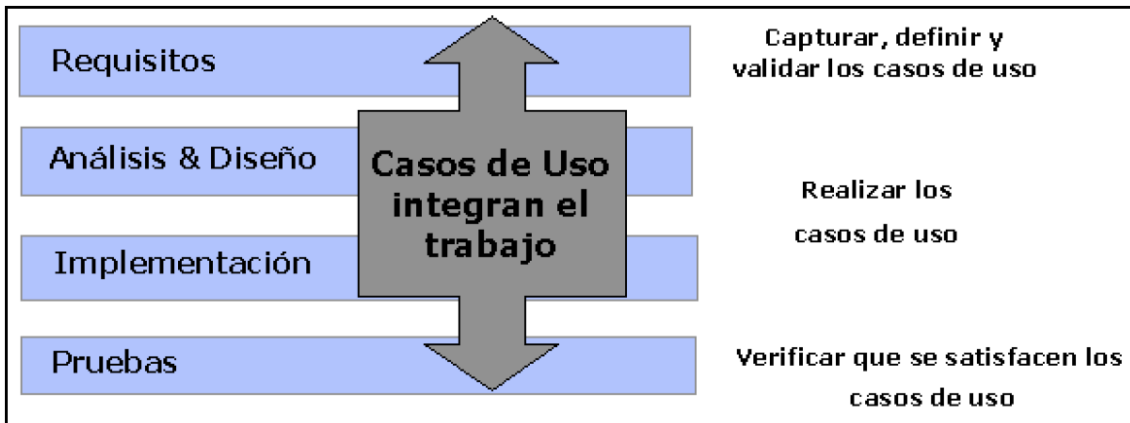
**Figura 27. Modelo de Sistema de Gestión Operativa de Pavimentos**  
Fuente: Curso de Capacitación de mantenimiento de pavimentos - AdP

En el mercado existen sistemas de gestión de pavimentos aeroportuarios como PAIVER, sin embargo, es recomendable que los explotadores aeroportuarios desarrollen sus propios sistemas adecuados a la realidad problemática de cada aeropuerto, podría utilizar el siguiente método:

### Proceso Unificado Rational Aplicado

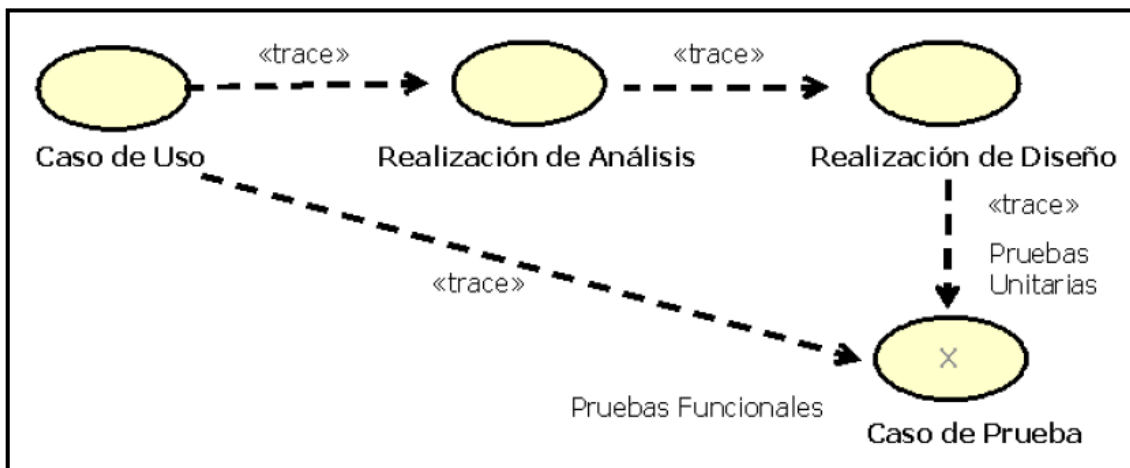
(Péaire, y otros, 2007) indica, "Rational Unified Process (RUP), es metodología de desarrollo de software con objeto de establecer bases, plantillas, y ejemplos para distinto aspectos y fases de desarrollo del software. Es herramientas de desarrollo de software que mezcla los aspectos del procedimientos de desarrollo (como técnicas, prácticas y fases definidas) con otros componentes como manuales, modelos, documentos, modelos, fuentes, código, etc.) dentro de un framework unificado. RUP establece 4 fases de desarrollo, organizadas en varias iteraciones

separadas satisfaciendo criterios definidos antes de iniciar la próxima fase”, en el anexo, se podrá identificar el resumen del Proceso Unificado Rational Aplicado.



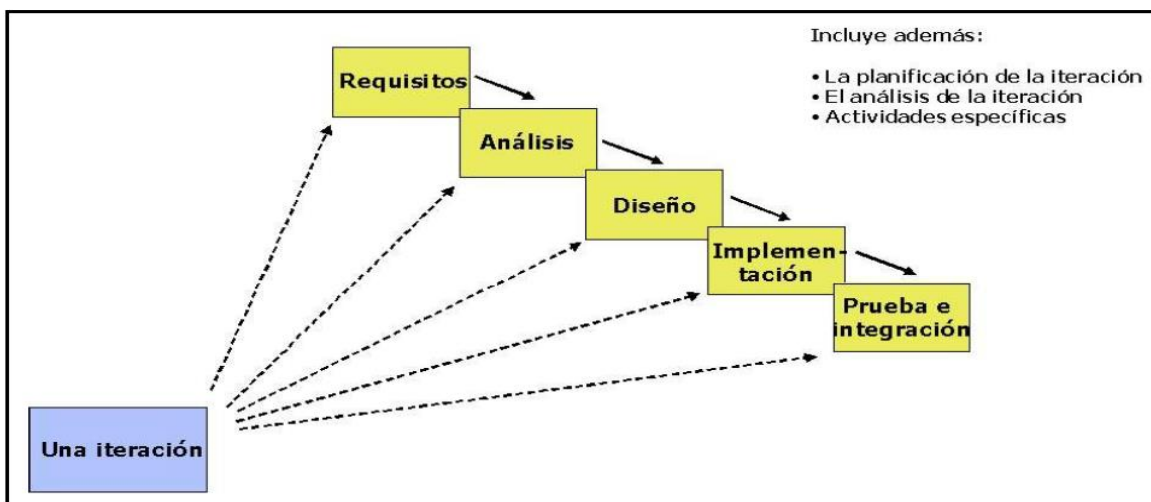
**Figura 28. Los Casos de Uso integran el trabajo**

Fuente: (Péaire, y otros, 2007) indica, Rational Unified Process (RUP)



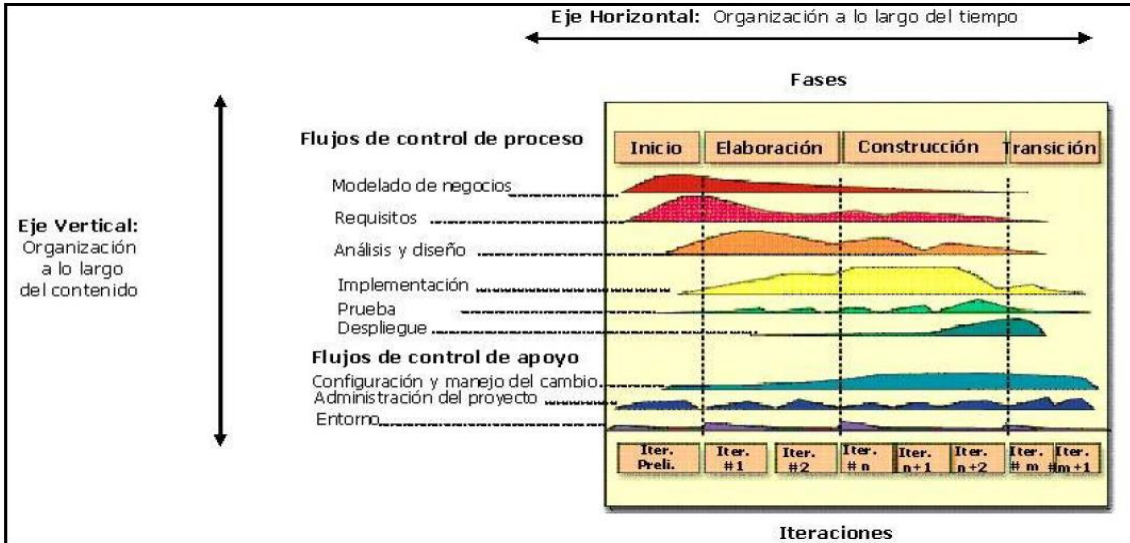
**Figura 29. Trazabilidad a partir de los Casos de Uso**

Fuente: (Péaire, y otros, 2007) indica, Rational Unified Process (RUP)



**Figura 30. Una iteración RUP**

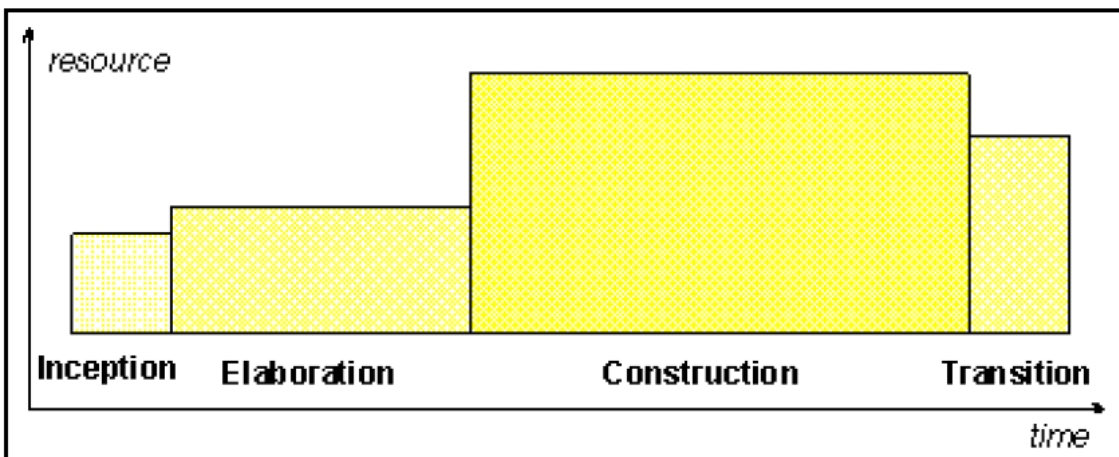
Fuente: (Péaire, y otros, 2007) indica, Rational Unified Process (RUP)



**Figura 31. Estructura de RUP**  
Fuente: (Péaire, y otros, 2007) indica, Rational Unified Process (RUP)

	Inicio	Elaboración	Construcción	Transición
<b>Esfuerzo</b>	<b>5 %</b>	<b>20 %</b>	<b>65 %</b>	<b>10%</b>
<b>Tiempo Dedicado</b>	<b>10 %</b>	<b>30 %</b>	<b>50 %</b>	<b>10%</b>

**Figura 32. Distribuciones típicas de esfuerzo y tiempo**  
Fuente: (Péaire, y otros, 2007) indica, Rational Unified Process (RUP)



**Figura 33. Distribución típica de recursos humanos**  
Fuente: (Péaire, y otros, 2007) indica, Rational Unified Process (RUP)

### **3.3 Procesamiento de la información recopilada.**

Esta información se basa en la recopilación de datos en campo en el desarrollo de la evaluación de la condición de los pavimentos (PCI) la misma que se encuentra en el anexo, esta información importante se obtuvo de acuerdo con la Norma ASTM D 5340-04) asimismo, con la consolidación de los resultados de las evaluaciones estructurales, de rugosidad y mediciones de coeficiente de fricción que se detallan en los siguientes análisis, asimismo, se registra más información en anexos de recopilación y procesamiento de información.

### **3.4 Aplicación de método de análisis.**

En la presente, se realizó el procesamiento de la información de los resultados de las evaluaciones funcionales, estructurales y de seguridad de los pavimentos de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Cajamarca (EFE). Mediante el uso de la información, la metodología de análisis y la implementación una herramienta de sistema de gestión operativo de pavimentos, permite analizar, calcular y de determinar la influencia, contribución y determinar los beneficios de contar con dicha herramienta contribuyendo en la gestión de conservación de los pavimentos del área de maniobra de un aeropuerto.

#### **3.4.1 Determinación la incidencia de la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en las políticas de conservación de pavimentos de aeropuertos.**

Los explotadores aeroportuarios, más aún las entidades que son responsables de la operación y mantenimiento de los pavimentos del área de maniobra de aeropuertos. Que no contar con una herramienta de sistema de gestión operativo de pavimentos, les resulta enmarañado la utilización y gestión de la información que se recibe de su área técnica o consultoras pues la abundante cantidad de información que se recopila de las evaluaciones funcionales y estructurales de los pavimentos del área de movimiento, es una gran cantidad lo que genera una pila de documentos en físico y mucha información en digital, la que al estar distribuida en distintas unidades de

muestreos, sectores, progresivas, ejes de pista, file de evaluación funcional, file de estructural, file evaluación de la seguridad operacional, etc. Dificulta utilización y la administración de esa valiosa información complicándose aún más cuando se debe contar con información histórica.

Con lo antes descrito se dificulta la revisión, evaluación y toma de decisiones para definir las políticas de conservación. En este sentido se determina la incidencia con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento.

### Organigrama Actual de la Gerencia de Infraestructura (Mantenimiento e Inversiones)

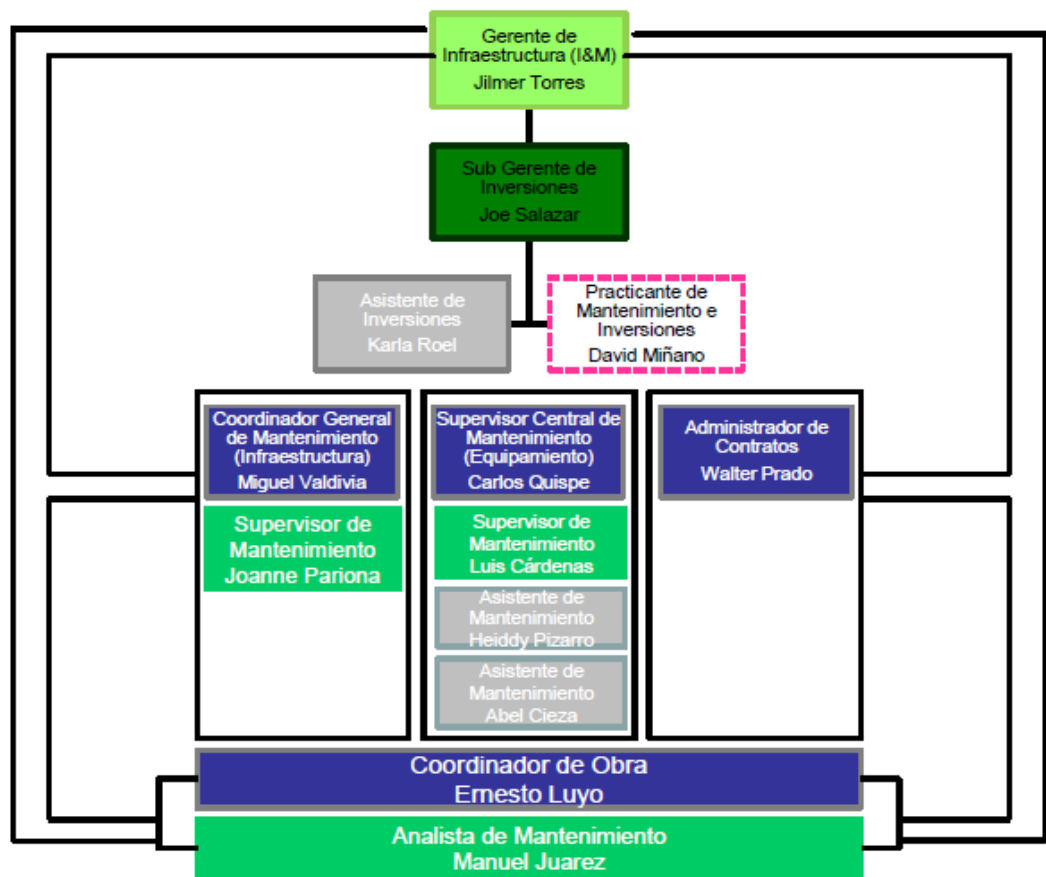
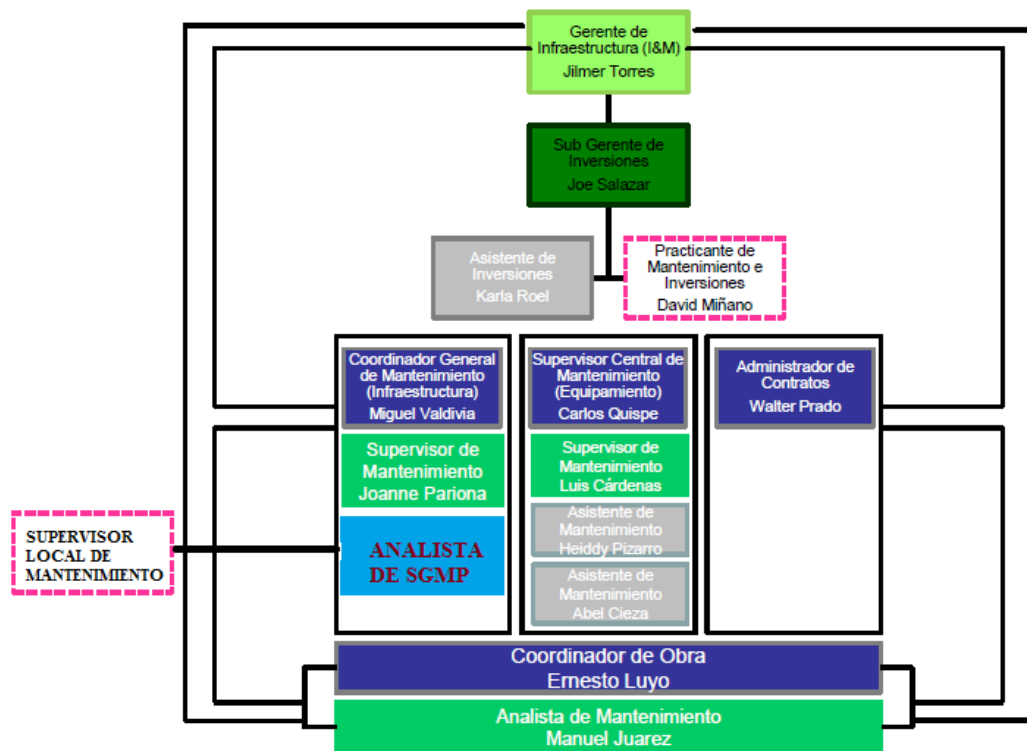


Figura 34. Organigrama de la Gerencia de Infraestructura  
Fuente: AdP.

## Propuesta de Organización de la Gerencia de Infraestructura (Mantenimiento e Inversiones)



**Figura 35. Organigrama Propuesto para la implementación del SGMP**  
Fuente: Propia

### Resultados de las evaluaciones del pavimento:

#### a) Resultados de la evaluación del PCI

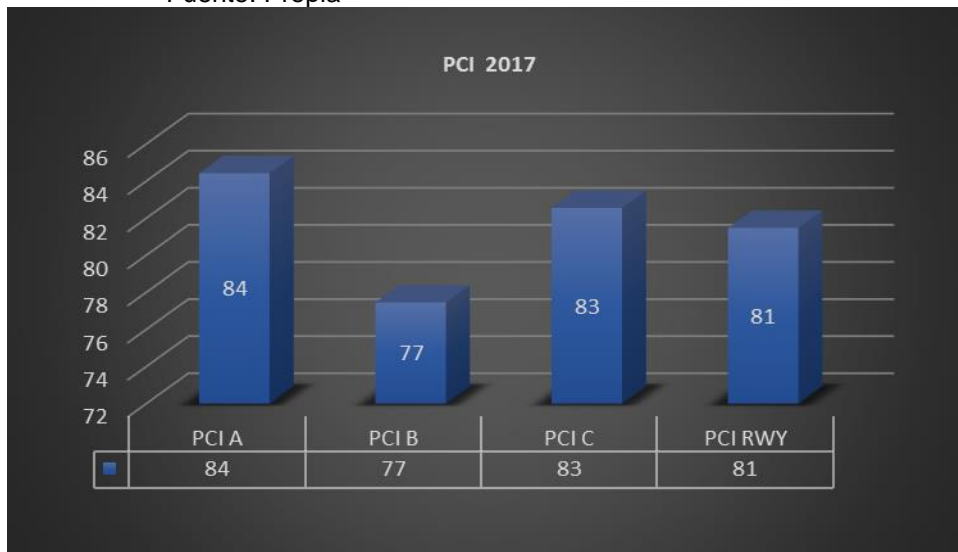
Para efectos de descripción de los resultados obtenidos, se presenta la sectorización y codificación adoptada para el aeropuerto de Cajamarca, así mismo, se presenta el resumen con los resultados de PCI y su valoración respectiva, obtenidos en cada sección.

Los resúmenes de los valores de PCI obtenidos en cada unidad de muestreo de cada sección se adjuntan en los anexos al presente.

**Tabla 8. Resultados PCI en cada sección**

PCI 2017		Clasificación
PCI A	84	Muy Bueno
PCI B	77	Muy Bueno
PCI C	83	Muy Bueno
PCI RWY	81	Muy Bueno

Fuente: Propia



**Figura 36. Resultados PCI en cada sección**

Fuente: Propia

El valor de PCI 81, obtenido en la pista de aterrizaje y/o despegue, corresponde a la valoración de fallas generalizadas correspondientes en su mayoría a las denominadas peladuras (fallas Tipo 12) de severidad leve y otras de menor cantidad en áreas, pero más preocupantes desde un punto de vista estructural, nos referimos a la falla piel de cocodrilo.



**Tabla 9. PCI – Pista de aterrizaje y/o despegue**

PCI: ASTM D 5340								
UNID MUEST:	PCI A	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO A	UNID MUEST:	PCI B	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO B	UNID MUEST:	PCI C	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO C
A-1	91	EXCELENTE	B-01	93	EXCELENTE	C-01	93	EXCELENTE
A-2	89	EXCELENTE	B-02	50	REGULAR	C-02	93	EXCELENTE
A-3	84	MUY BUENO	B-03	93	EXCELENTE	C-03	83	MUY BUENO
A-4	86	MUY BUENO	B-04	93	EXCELENTE	C-04	84	MUY BUENO
A-5	86	EXCELENTE	B-05	93	EXCELENTE	C-05	83	MUY BUENO
A-6	89	EXCELENTE	B-06	93	EXCELENTE	C-06	93	EXCELENTE
A-7	93	EXCELENTE	B-07	93	EXCELENTE	C-07	83	MUY BUENO
A-8	93	EXCELENTE	B-08	93	EXCELENTE	C-08	93	EXCELENTE
A-9	92	EXCELENTE	B-09	45	REGULAR	C-09	93	EXCELENTE
A-10	92	EXCELENTE	B-10	88	EXCELENTE	C-10	93	EXCELENTE
A-11	92	EXCELENTE	B-11	50	REGULAR	C-11	84	MUY BUENO
A-12	93	EXCELENTE	B-12	93	EXCELENTE	C-12	85	MUY BUENO
A-13	93	EXCELENTE	B-13	90	EXCELENTE	C-13	83	MUY BUENO
A-14	93	EXCELENTE	B-14	94	EXCELENTE	C-14	83	MUY BUENO
A-15	88	EXCELENTE	B-15	94	EXCELENTE	C-15	83	MUY BUENO
A-16	92	EXCELENTE	B-16	94	EXCELENTE	C-16	83	MUY BUENO
A-17	83	MUY BUENO	B-17	94	EXCELENTE	C-17	79	MUY BUENO
A-18	85	MUY BUENO	B-18	90	EXCELENTE	C-18	83	MUY BUENO
A-19	84	MUY BUENO	B-19	42	REGULAR	C-19	83	MUY BUENO
A-20	85	MUY BUENO	B-20	94	EXCELENTE	C-20	83	MUY BUENO
A-21	85	MUY BUENO	B-21	42	REGULAR	C-21	83	MUY BUENO
A-22	85	MUY BUENO	B-22	94	EXCELENTE	C-22	79	MUY BUENO
A-23	84	MUY BUENO	B-23	94	EXCELENTE	C-23	83	MUY BUENO
A-24	83	MUY BUENO	B-24	55	REGULAR	C-24	83	MUY BUENO
A-25	85	MUY BUENO	B-25	50	REGULAR	C-25	83	MUY BUENO
A-26	83	MUY BUENO	B-26	93	EXCELENTE	C-26	83	MUY BUENO
A-27	83	MUY BUENO	B-27	93	EXCELENTE	C-27	83	MUY BUENO
A-28	80	MUY BUENO	B-28	93	EXCELENTE	C-28	83	MUY BUENO
A-29	83	MUY BUENO	B-29	93	EXCELENTE	C-29	83	MUY BUENO
A-30	83	MUY BUENO	B-30	93	EXCELENTE	C-30	83	MUY BUENO
A-31	85	MUY BUENO	B-31	84	MUY BUENO	C-31	83	MUY BUENO
A-32	84	MUY BUENO	B-32	82	MUY BUENO	C-32	83	MUY BUENO
A-33	83	MUY BUENO	B-33	79	MUY BUENO	C-33	83	MUY BUENO
A-34	83	MUY BUENO	B-34	84	MUY BUENO	C-34	83	MUY BUENO
A-35	83	MUY BUENO	B-35	86	MUY BUENO	C-35	83	MUY BUENO
A-36	83	MUY BUENO	B-36	80	MUY BUENO	C-36	83	MUY BUENO
A-37	76	MUY BUENO	B-37	83	MUY BUENO	C-37	83	MUY BUENO
A-38	83	MUY BUENO	B-38	85	MUY BUENO	C-38	83	MUY BUENO
A-39	83	MUY BUENO	B-39	83	MUY BUENO	C-39	83	MUY BUENO
A-40	83	MUY BUENO	B-40	83	MUY BUENO	C-40	83	MUY BUENO
A-41	83	MUY BUENO	B-41	82	MUY BUENO	C-41	83	MUY BUENO
A-42	83	MUY BUENO	B-42	82	MUY BUENO	C-42	84	MUY BUENO
A-43	83	MUY BUENO	B-43	83	MUY BUENO	C-43	83	MUY BUENO
A-44	83	MUY BUENO	B-44	65	BUENO	C-44	83	MUY BUENO
A-45	80	MUY BUENO	B-45	86	MUY BUENO	C-45	83	MUY BUENO
A-46	83	MUY BUENO	B-46	45	REGULAR	C-46	83	MUY BUENO
A-47	83	MUY BUENO	B-47	85	MUY BUENO	C-47	83	MUY BUENO
A-48	83	MUY BUENO	B-48	37	POBRE	C-48	83	MUY BUENO
A-49	83	MUY BUENO	B-49	82	MUY BUENO	C-49	83	MUY BUENO
A-50	83	MUY BUENO	B-50	45	REGULAR	C-50	83	MUY BUENO
A-51	83	MUY BUENO	B-51	28	POBRE	C-51	83	MUY BUENO
A-52	83	MUY BUENO	B-52	60	BUENO	C-52	83	MUY BUENO
A-53	83	MUY BUENO	B-53	84	MUY BUENO	C-53	59	BUENO
A-54	83	MUY BUENO	B-54	53	REGULAR	C-54	83	MUY BUENO
A-55	83	MUY BUENO	B-55	50	REGULAR	C-55	30	POBRE
A-56	83	MUY BUENO	B-56	82	MUY BUENO	C-56	83	MUY BUENO
A-57	80	MUY BUENO	B-57	88	EXCELENTE	C-57	83	MUY BUENO
A-58	84	MUY BUENO	B-58	64	BUENO	C-58	83	MUY BUENO
A-59	83	MUY BUENO	B-59	83	MUY BUENO	C-59	83	MUY BUENO
A-60	83	MUY BUENO	B-60	79	MUY BUENO	C-60	79	MUY BUENO

A-61	83	MUY BUENO	B-61	45	REGULAR	C-61	84	MUY BUENO
A-62	83	MUY BUENO	B-62	84	MUY BUENO	C-62	80	MUY BUENO
A-63	83	MUY BUENO	B-63	46	REGULAR	C-63	83	MUY BUENO
A-64	83	MUY BUENO	B-64	83	MUY BUENO	C-64	83	MUY BUENO
A-65	83	MUY BUENO	B-65	52	REGULAR	C-65	83	MUY BUENO
A-66	83	MUY BUENO	B-66	83	MUY BUENO	C-66	80	MUY BUENO
A-67	83	MUY BUENO	B-67	50	REGULAR	C-67	83	MUY BUENO
A-68	83	MUY BUENO	B-68	83	MUY BUENO	C-68	80	MUY BUENO
A-69	84	MUY BUENO	B-69	83	MUY BUENO	C-69	79	MUY BUENO
A-70	83	MUY BUENO	B-70	81	MUY BUENO	C-70	79	MUY BUENO
A-71	83	MUY BUENO	B-71	81	MUY BUENO	C-71	83	MUY BUENO
A-72	83	MUY BUENO	B-72	84	MUY BUENO	C-72	84	MUY BUENO
A-73	83	MUY BUENO	B-73	85	MUY BUENO	C-73	83	MUY BUENO
A-74	83	MUY BUENO	B-74	85	MUY BUENO	C-74	83	MUY BUENO
A-75	83	MUY BUENO	B-75	84	MUY BUENO	C-75	83	MUY BUENO
A-76	83	MUY BUENO	B-76	83	MUY BUENO	C-76	84	MUY BUENO
A-77	83	MUY BUENO	B-77	83	MUY BUENO	C-77	83	MUY BUENO
A-78	83	MUY BUENO	B-78	83	MUY BUENO	C-78	83	MUY BUENO
A-79	83	MUY BUENO	B-79	83	MUY BUENO	C-79	83	MUY BUENO
A-80	83	MUY BUENO	B-80	83	MUY BUENO	C-80	83	MUY BUENO
A-81	84	MUY BUENO	B-81	83	MUY BUENO	C-81	83	MUY BUENO
A-82	83	MUY BUENO	B-82	83	MUY BUENO	C-82	83	MUY BUENO
A-83	84	MUY BUENO	B-83	85	MUY BUENO	C-83	86	EXCELENTE

Fuente: Propia

## b) Resultados de la evaluación de la rugosidad del pavimento.

El resumen de resultados obtenidos con el software PROFAA se indica a continuación para cada rama del aeropuerto:

**Tabla 10. Resultados de rugosidad – Pista de aterrizaje y/o despegue**

Descripción	Eje	Lado	Lado	Lado	Lado
		derecho a 5.2 m del eje	derecho a 3 m del eje	izquierdo a 3 m del eje	izquierdo a 5.2 m del eje
	R1	R2	R3	R4	R5
Mínimo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Máximo	0.6658	1.0575	0.8328	1.2484	1.1722
Promedio	0.1297	0.1798	0.1638	0.1866	0.2035
Valor cuadrático medio	<b>0.0656</b>	<b>0.0945</b>	<b>0.0849</b>	<b>0.1120</b>	<b>0.1008</b>

Fuente: EFE 2015

La pista de aterrizaje y/o despegue presenta valores promedios de BBI menores a uno (0.1297 a 0.2035) y por tanto es catalogada como una condición “**acceptable**”; así mismo se presentan sectores puntuales en los cuales la rugosidad alcanza una condición “**excesiva**” (1.0575 a 1.2484).

### c) Resultados de la evaluación de la determinación del PCN.

Como indicadores de la condición de seguridad del pavimento se debe reportar el Número Clasificador de Pavimentos (PCN) para los distintos sectores definidas en el Aeropuerto de Cajamarca (pista de aterrizaje y/o despegue, calle de rodaje alfa y plataforma de estacionamiento).

En este caso se efectuó perforaciones diamantinas y la excavación de una calicata cerca de la calle de rodaje, complementando las excavaciones señaladas en el EFE 2014, con la información mencionada de los distintos trabajos efectuados se reportará PCN de cada sector del aeropuerto.

Para el PCN se empleó el software COMFAA 3.0 desarrollado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y descrito en la parte 3, segunda edición del Manual de Diseño de Aeródromos y el procedimiento establecido en el Circular Advisory 150/5335-5C de la FAA (Administración de Aviación Federal).

#### Presentación de resultados

A continuación, se presenta los resultados de Tráfico obtenidos del análisis de las salidas anuales y número clasificador de pavimento - PCN. Los datos de entrada y salida se presentan en los anexos de COMFAA.

**Tabla 11. Operaciones anual 2015**

Tipo de Aeronave	% Participación	N° operaciones anuales 2015
<b>AIRBUS-A319</b>	50%	1680
<b>BOEING-B737-500</b>	11%	378
<b>DE HAVILLAND CA</b>	31%	1054
<b>OTROS</b>	8%	254

Fuente: EFE 2015

## Resultados del COMFAA

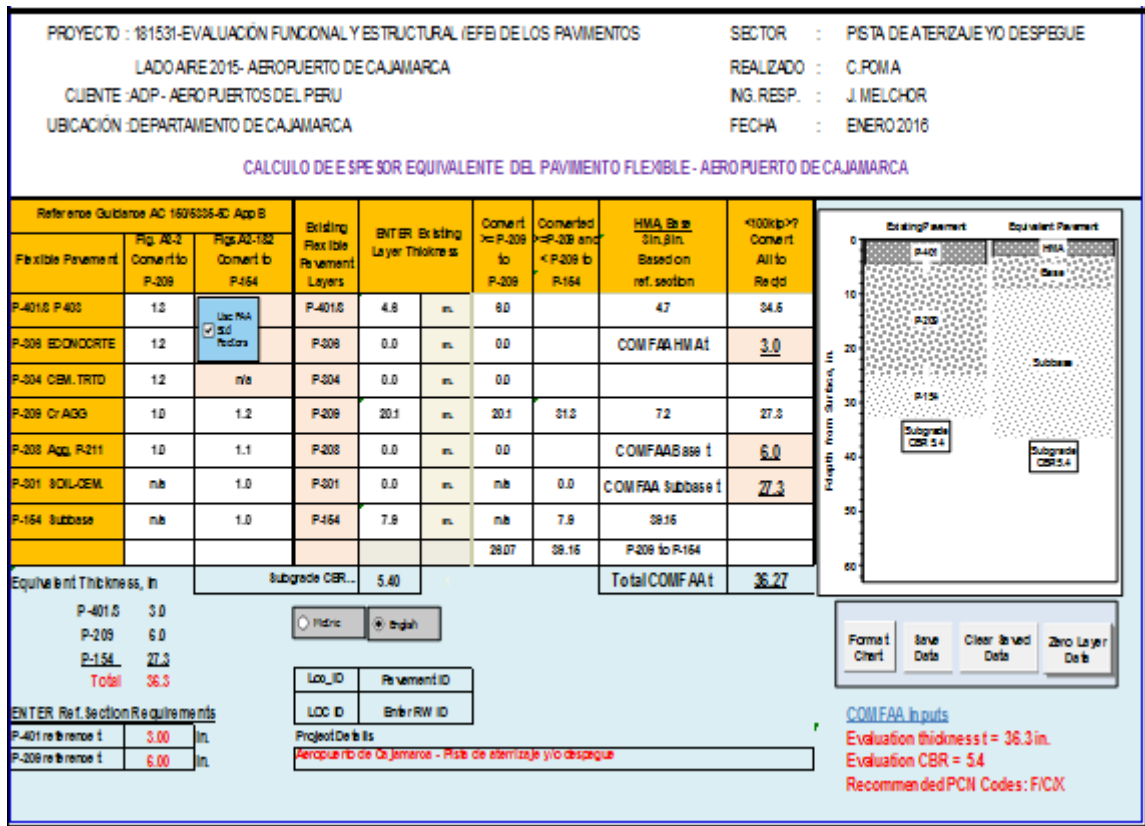


Figura 37. Cálculo del espesor equivalente – Pista de aterrizaje y/o despegue  
 Fuente: EFE 2015

Con los resultados de las diamantinas efectuadas en el EFE 2015, se consideró el espesor promedio de 11.90 cm (4.68 pulg), en el panel fotográfico se aprecia un recapeo de 1.5” en el tercio central como parte del programa de mantenimiento realizado en el 2014.

Con los resultados de las calicatas señaladas en el EFE 2013 se determinó el espesor de la base granular y la sub base granular, considerándose para la base un espesor de 51.00 cm (20.10 pulg) y para la sub base un espesor de 20.00 cm (8.00 pulg), los cuales se pueden apreciar en la tabla 6- ensayos de laboratorio estándares de capas granulares y suelo de fundación – pista de aterrizaje y/o despegue.

Se consideró un CBR DE 5.40% obtenido de los ensayos de deflectometría realizada en el año 2014 por Dynatest, en el EFE 2014.

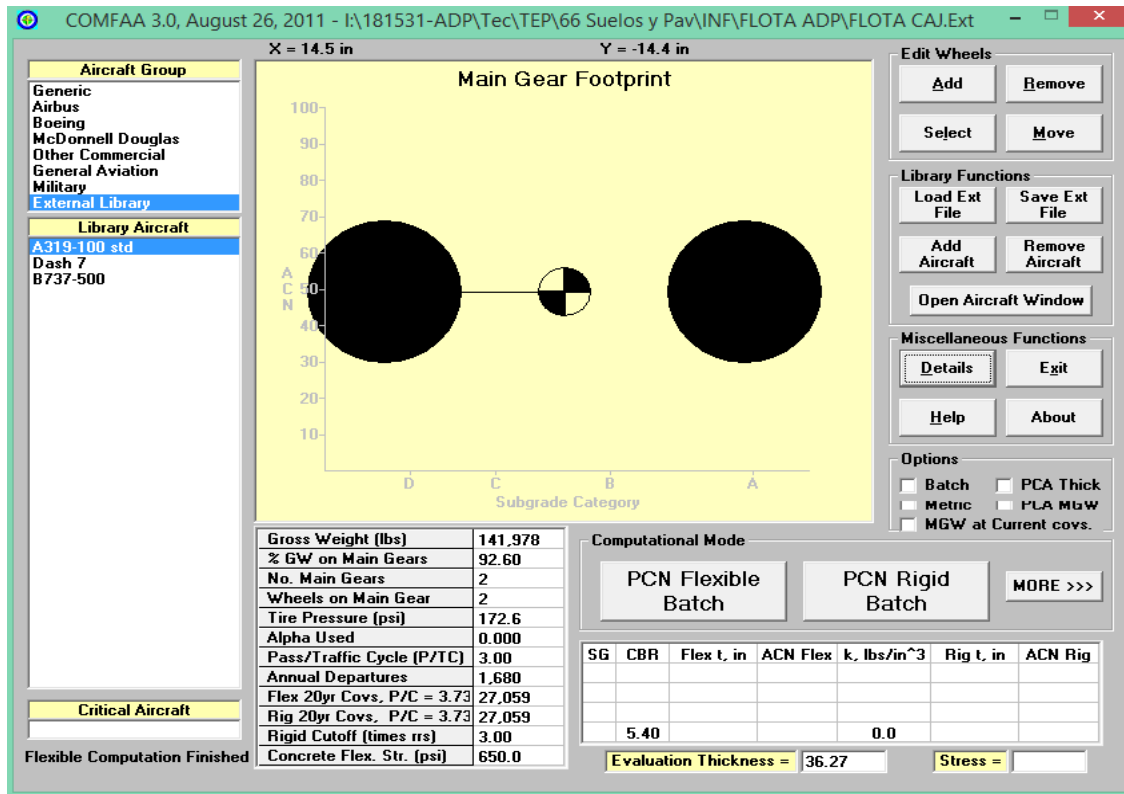


Figura 38. Ingreso de datos Software COMFAA Pista de Aterrizaje y/o despegue  
Fuente: EFE 2015

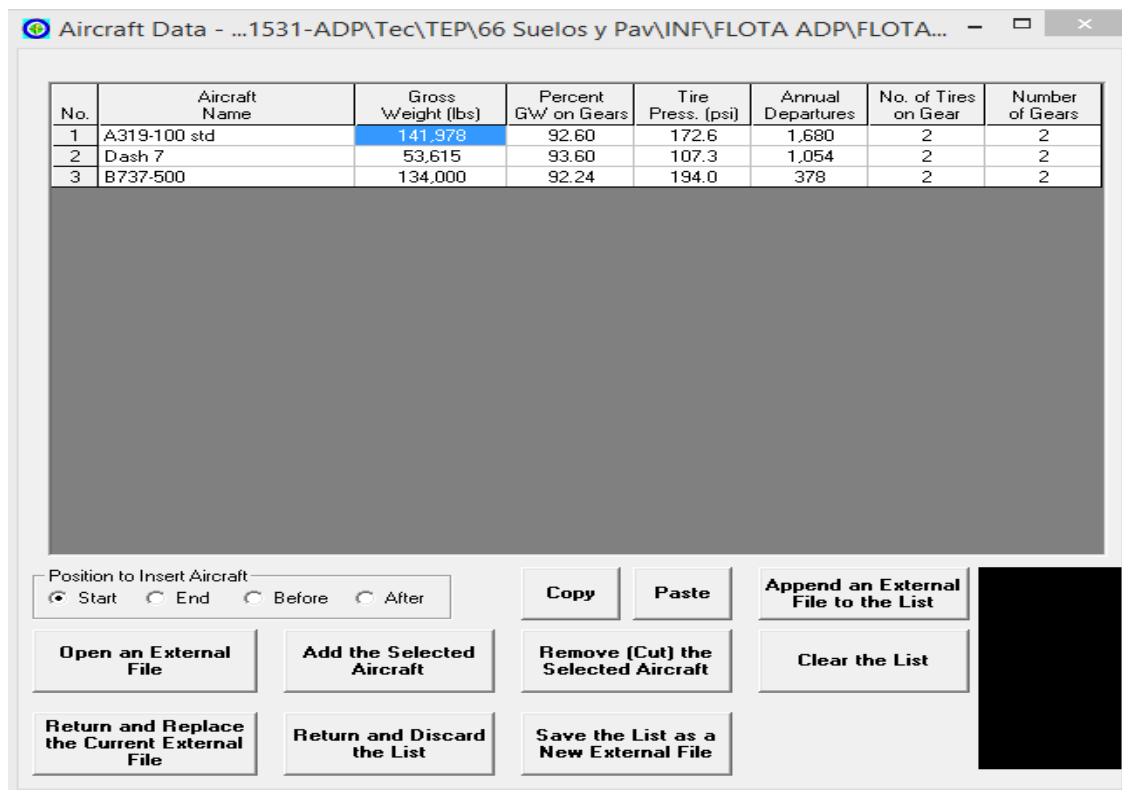


Figura 39: Mix aeronaves aeropuerto de Cajamarca-pista de aterrizaje y/o despegue  
Fuente: EFE 2015

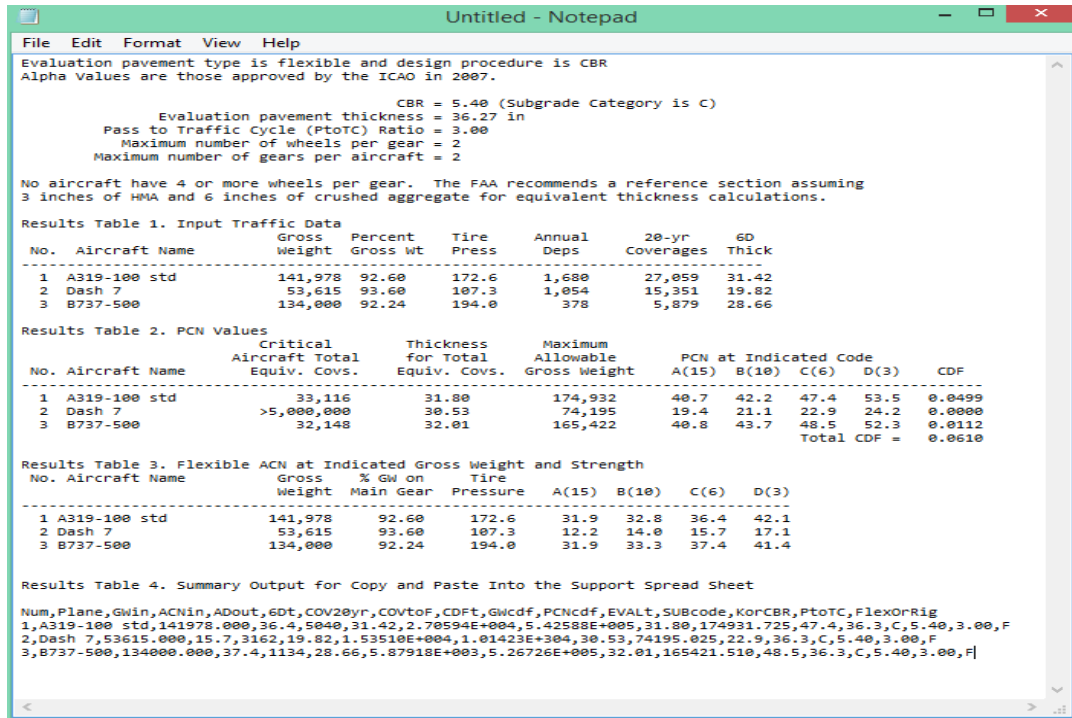


Figura 40. Reporte de software COMFAA – Pista de aterrizaje y/o despegue  
Fuente: EFE 2015



Figura 41. Reporte de Hoja Excel – Pista de Aterrizaje y/o despegue  
Fuente: EFE 2015

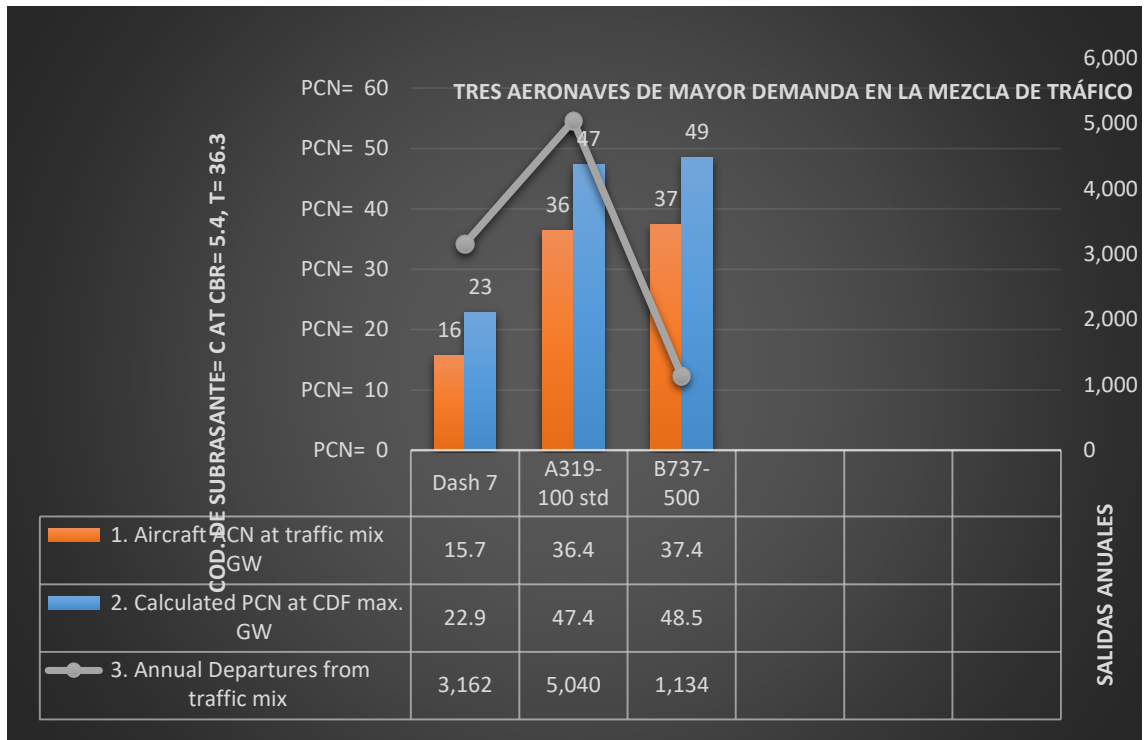


Figura 42. Reporte de PCN Pista de aterrizaje y/o despegue  
Fuente: EFE 2015

Se presenta la siguiente tabla con los PCN definidos para la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Cajamarca:

Tabla 12. Valores de número de clasificador de Pavimento –PCN

Aeropuerto	Componente	PCN COMFAA
CAJAMARCA	Pista de aterrizaje y/o despegue	49F/CX/T

Fuente: EFE 2015

**d) Resultados del cálculo e identificación de la vida útil remanente del pavimento.**

El análisis que se efectuaron con el software FAARFIELD, reveló que la vida remanente en el pavimento excede los 20 años.

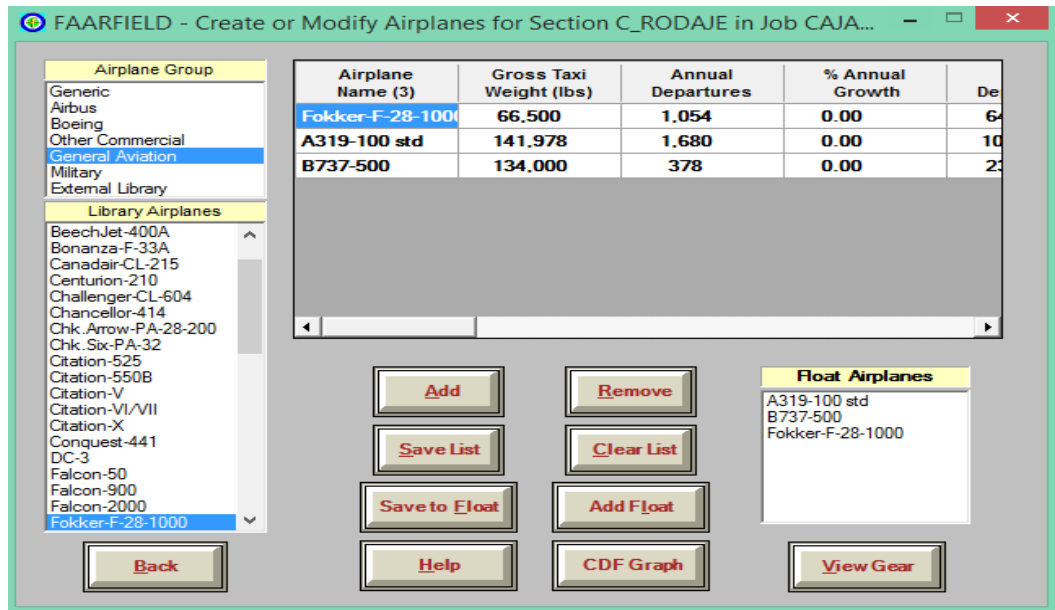


Figura 43. Mix de Aeronaves

Fuente: EFE 2015

Section PISTA DE ATERRIZAJE in Job CAJAMARCA.  
 Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\  
 Design Life = 20 years.

➤ Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness	Modulus	Poisson's	Strength
		in	psi	Ratio	R,psi
1	P-401/ P-403 HMA Surface	5	200,000	0.35	0
2	P-209 Cr Ag	20.1	68,380	0.35	0
3	P-154 UnCr Ag	14.2	15,010	0.35	0
4	Subgrade	0	4,950	0.35	0

Total thickness to the top of the subgrade = 39.30 in

➤ Airplane Information

No.	Name	Gross Wt.	Annual	% Annual
		lbs	Departures	Growth
1	Fokker-F-28-1000	66,500	1,054	0
2	A319-100 std	141,978	1,680	0
3	B737-500	134,000	378	0



➤ **Additional Airplane Information**

No.	Name	CDF	CDF Max	P/C
		Contribution	for Airplane	Ratio
1	Fokker-F-28-1000	0	0	1.29
2	A319-100 std	0.26	0.27	1.17
3	B737-500	0.06	0.08	1.22

Fuente: EFE – 2015

e) **Resultados de las mediciones de coeficiente de fricción.**

Los resultados obtenidos en la etapa de campo se determinó el coeficiente promedio de fricción para cada sección del pavimento existente:

**Tabla 13. Coeficiente de fricción a 3.00m del eje central**

Promedio de fricción: a 3.00m					
Sección	Derecha	Izquierda	Promedio	Rozamiento estimado en la superficie	Clave
A	0.69	0.81	0.75	Bueno	5
B	0.70	0.72	0.71	Bueno	5
C	0.75	0.70	0.72	Bueno	5
<b>Promedio</b>	0.71	0.74	0.73	Bueno	5

Fuente: Propia

**Tabla 14. Coeficiente de fricción a 6.00m del eje central**

Promedio de fricción: a 6.00m					
Sección	Derecha	Izquierda	Promedio	Rozamiento estimado en la superficie	Clave
A	0.71	0.78	0.74	Bueno	5
B	0.69	0.68	0.68	Bueno	5
C	0.72	0.59	0.65	Bueno	5
<b>Promedio</b>	0.71	0.70	0.69	Bueno	5

Fuente: Propia

**Tabla 15 . Coeficiente de fricción a 10.00m del eje central**

Promedio de fricción: a 10.00m					
Sección	Derecha	Izquierda	Promedio	Rozamiento estimado en la superficie	Clave
<b>A</b>	0.78	0.79	0.78	Bueno	5
<b>B</b>	0.80	0.78	0.79	Bueno	5
<b>C</b>	0.83	0.77	0.80	Bueno	5
<b>Promedio</b>	0.80	0.78	0.79	Bueno	5

Fuente: Propia

**Tabla 16. Coeficiente de fricción a 18.00m del eje central**

Promedio de fricción: a 18.00m					
Sección	Derecha	Izquierda	Promedio	Rozamiento estimado en la superficie	Clave
<b>A</b>	0.80	0.79	0.79	Bueno	5
<b>B</b>	0.78	0.78	0.78	Bueno	5
<b>C</b>	0.76	0.63	0.69	Bueno	5
<b>Promedio</b>	0.78	0.73	0.75	Bueno	5

Fuente: Propia

Tal como se aprecia en las tablas previas, el coeficiente de fricción en la pista de aterrizaje del aeropuerto de Cajamarca está catalogado como bueno.

Cabe indicar que el coeficiente de resistencia al deslizamiento, se efectuó sólo en la Pista de aterrizaje y/o despegue, teniendo en cuenta que en la plataforma de estacionamiento y calle de rodaje por su propia función y dimensiones no es posible que las aeronaves desarrollen velocidades elevadas que podrían conllevar en condiciones de pista mojada poner en riesgo la operación segura en estos sectores.

### **Análisis de resultados:**

#### **a) Análisis de los resultados de la evaluación del PCI**

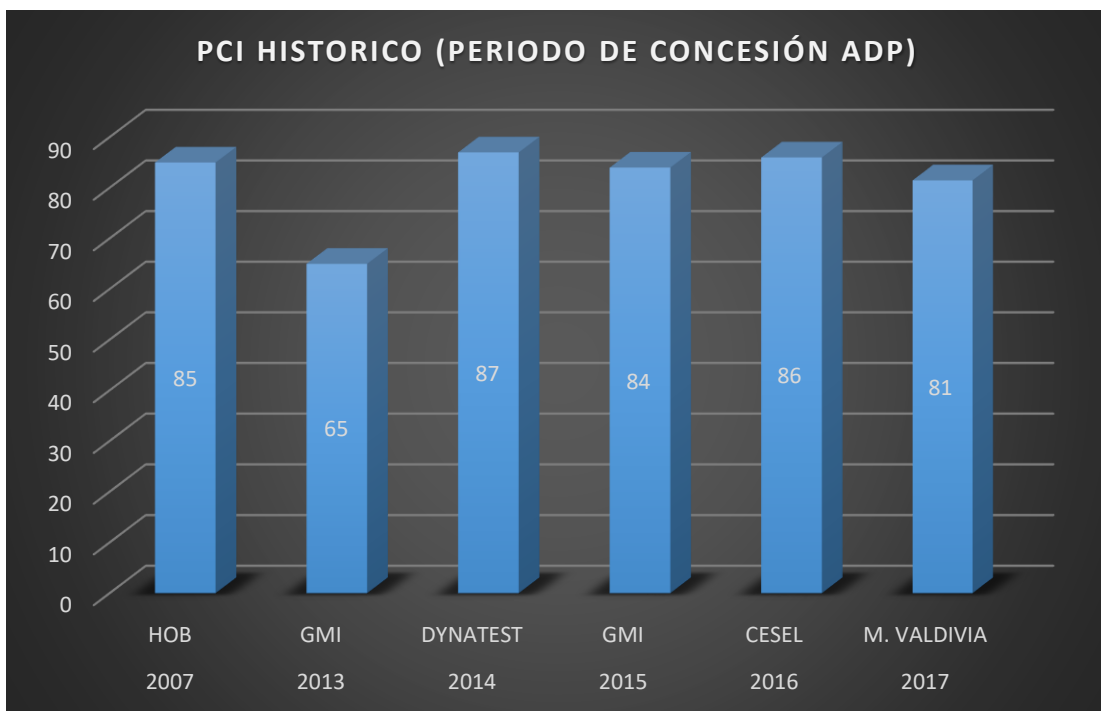
Con el análisis y uso de un sistema de gestión operativo de pavimentos del área de maniobra, el resultado de la evaluación de la condición superficial del pavimento se logra consolidar y explotar de tal manera que:

- **Se generar tablas y figuras de los resultados de las evaluaciones históricas.**

**Tabla 17. Resumen de resultados de PCI desde el 2007 – 2017**

PCI HISTORICO						
SECTOR	2007	2013	2014	2015	2016	2017
	HOB	GMI	DYNATEST	GMI	CESEL	M. VALDIVIA
<b>RWY</b>	85	65	87	84	86	81

Fuente: Propia



**Figura 44. PCI Historico**

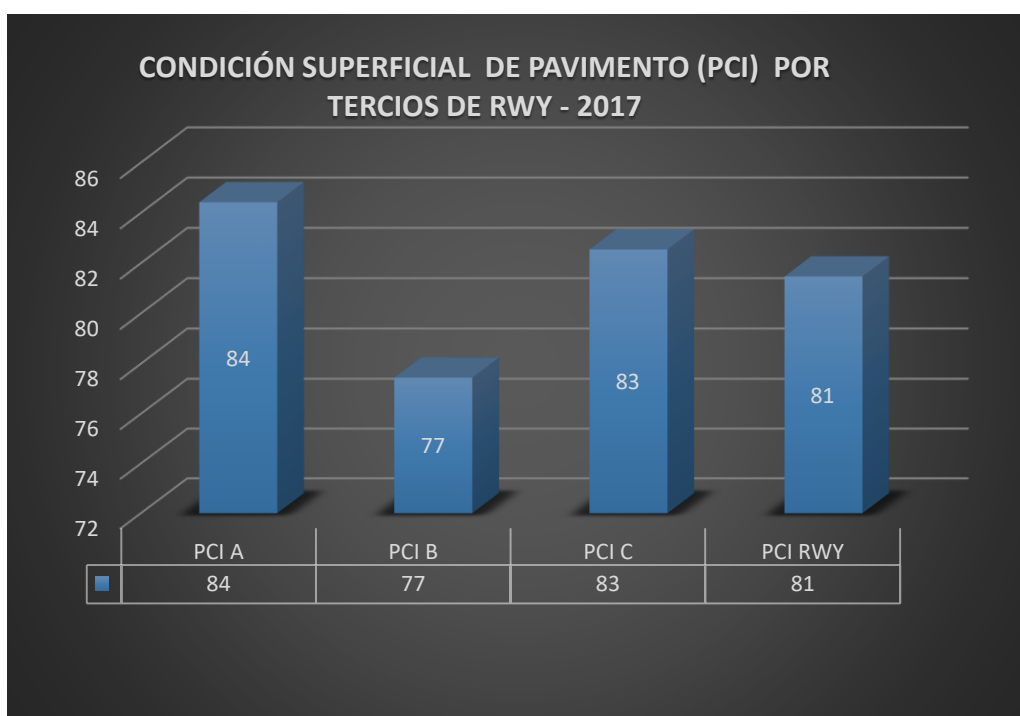
Fuente: propia

- Si bien es cierto se obtuvo el resultado del PCI de toda la pista de aterrizaje la cual es de 81 que se enmarcándose en la clasificación de muy bueno. Sin embargo, se requiere obtener más información como por ejemplo los PCI de cada tercio de pista, considerando que debemos ser más vigilantes con tercio central de la RWY.

**Tabla 18. Resultados del PCI 2017 por cada tercio de RWY**

PCI 2017		Clasificación
PCI A	84	Muy Bueno
PCI B	77	Muy Bueno
PCI C	83	Muy Bueno
PCI RWY	81	Muy Bueno

Fuente: Propia



**Figura 45. Resultados del PCI 2017 por cada tercio de RWY**

Fuente: Propia

- Se generan figuras, identificando fácilmente cada una de las unidades de muestreo de toda la pista de aterrizaje y despegue, sin ocupar tanto tiempo buscando en abundante documentación en físico y digital:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
A	91	89	84	86	86	89	93	93	92	92	93	93	93	88	92	85	85	84	85	85	85	84	83	85	83	83	80		
B	93	50	93	93	93	93	93	93	45	88	50	93	90	94	94	94	90	42	94	42	94	94	55	50	93	93	93		
C	93	93	83	84	83	93	83	93	93	93	84	85	83	83	83	83	79	83	83	83	83	79	83	83	83	83	83		
		0+030	0+060	0+090	0+120	0+150	0+180	0+210	0+240	0+270	0+300	0+330	0+360	0+390	0+420	0+450	0+480	0+510	0+540	0+570	0+600	0+630	0+660	0+690	0+720	0+750	0+780	0+810	0+840
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56		
	83	83	85	84	83	83	83	76	83	83	83	83	83	83	83	80	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83		
	93	93	84	82	79	84	86	80	83	85	83	83	82	82	83	65	86	86	85	45	82	45	72	60	84	53	50	82	
	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	84	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	59	83	83	83		
	0+870	0+900	0+930	0+960	0+990	1+020	1+050	1+080	1+110	1+140	1+170	1+200	1+230	1+260	1+290	1+320	1+350	1+380	1+410	1+440	1+470	1+500	1+530	1+560					
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83			
	80	84	83	83	83	83	83	83	83	83	83	84	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	84	83	84		
	88	64	83	79	45	84	46	83	52	83	50	83	83	81	81	84	85	85	84	83	83	83	83	83	83	83	85		
	83	83	83	79	84	80	83	83	83	80	83	80	79	79	83	84	83	83	83	84	83	83	83	83	83	83	86		
	1+710	1+740	1+770	1+800	1+830	1+860	1+890	1+920	1+950	1+980	2+010	2+040	2+070	2+100	2+130	2+160	2+190	2+220	2+250	2+280	2+310	2+340	2+370	2+400	2+430	2+460	2+490		

**Grafico 5: Unidades de Muestreo de la pista de aterrizaje:**  
**Fuente: Propia.**

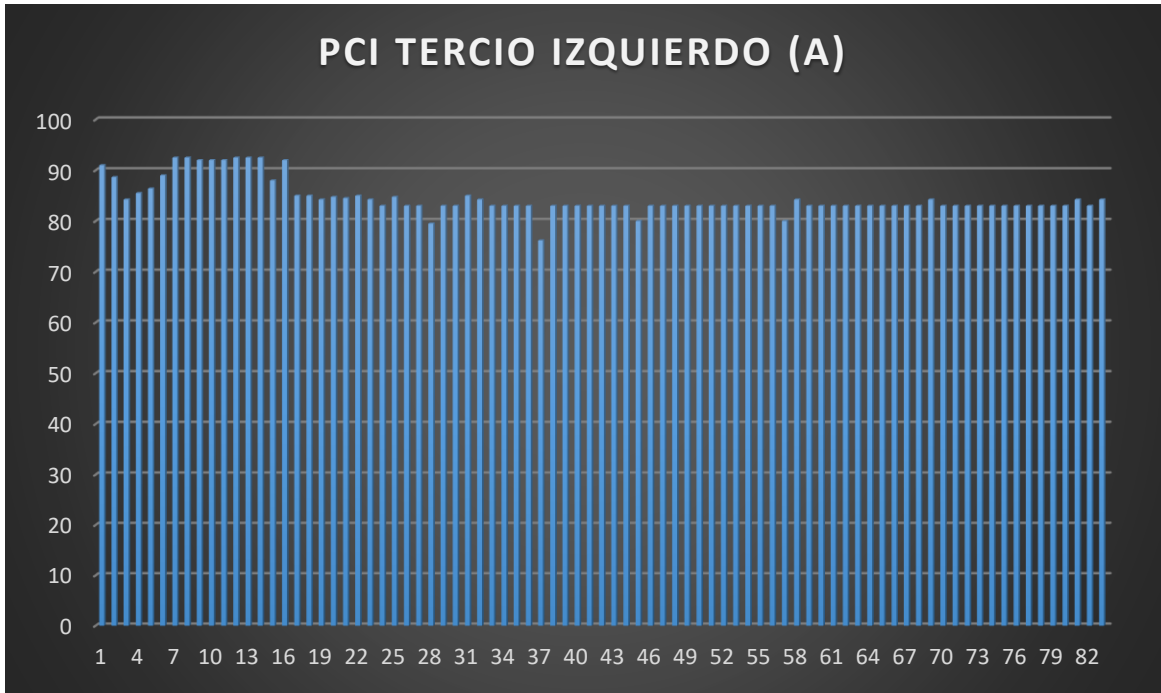


Figura 46. PCI Tercio Izquierdo RWY Cajamarca  
Fuente: Propia

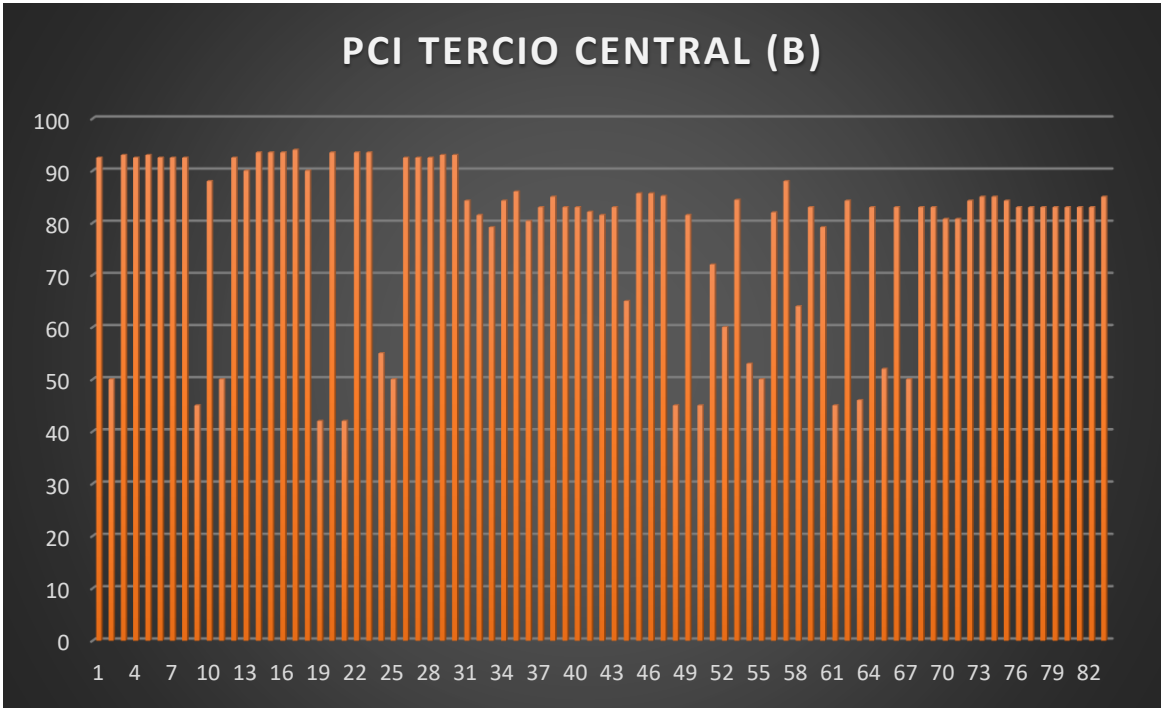
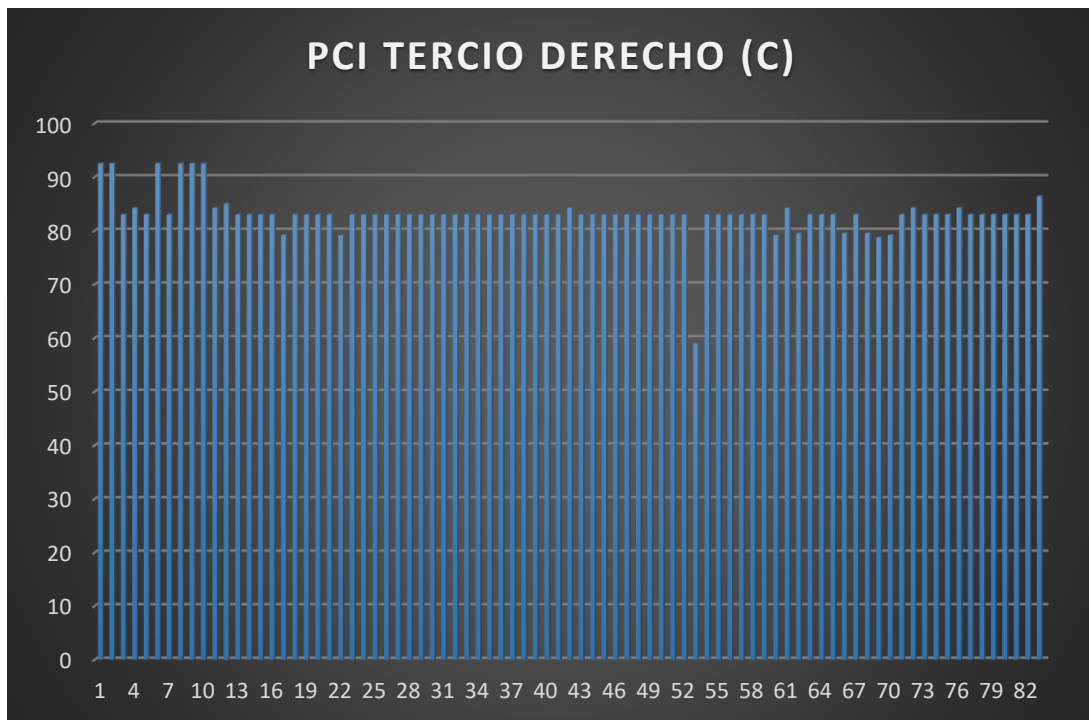
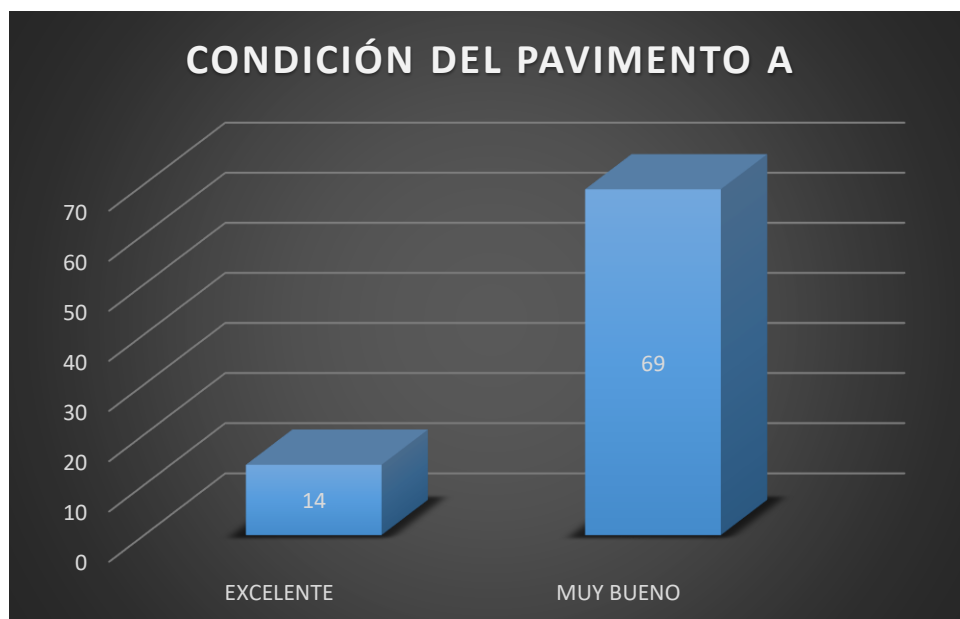


Figura 47. PCI Tercio Central RWY Cajamarca  
Fuente: Propia

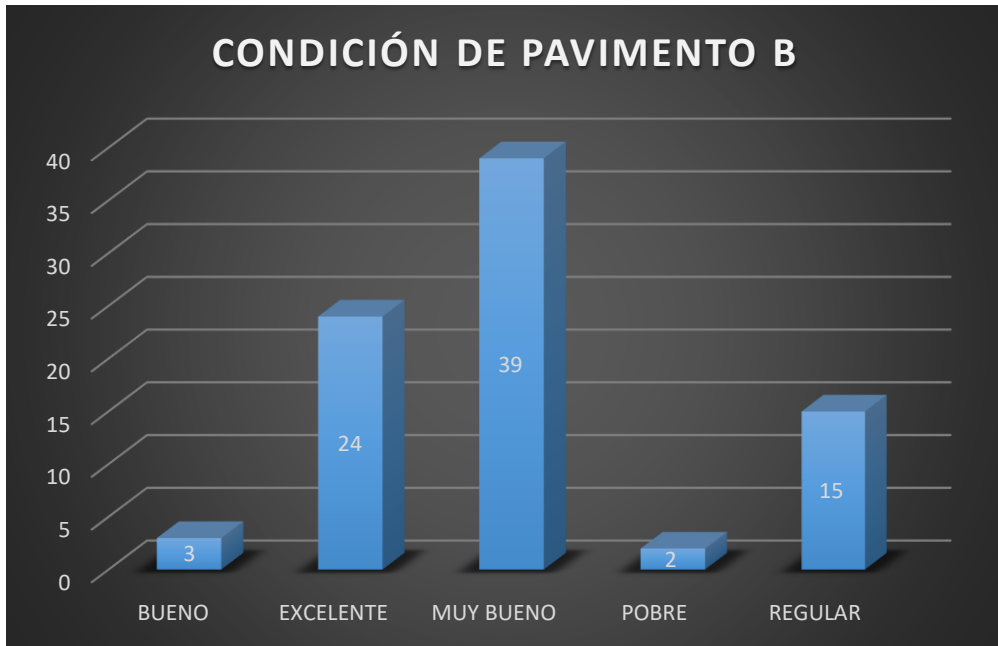


**Figura 48. PCI Tercio Central RWY Cajamarca**  
**Fuente: Propia**

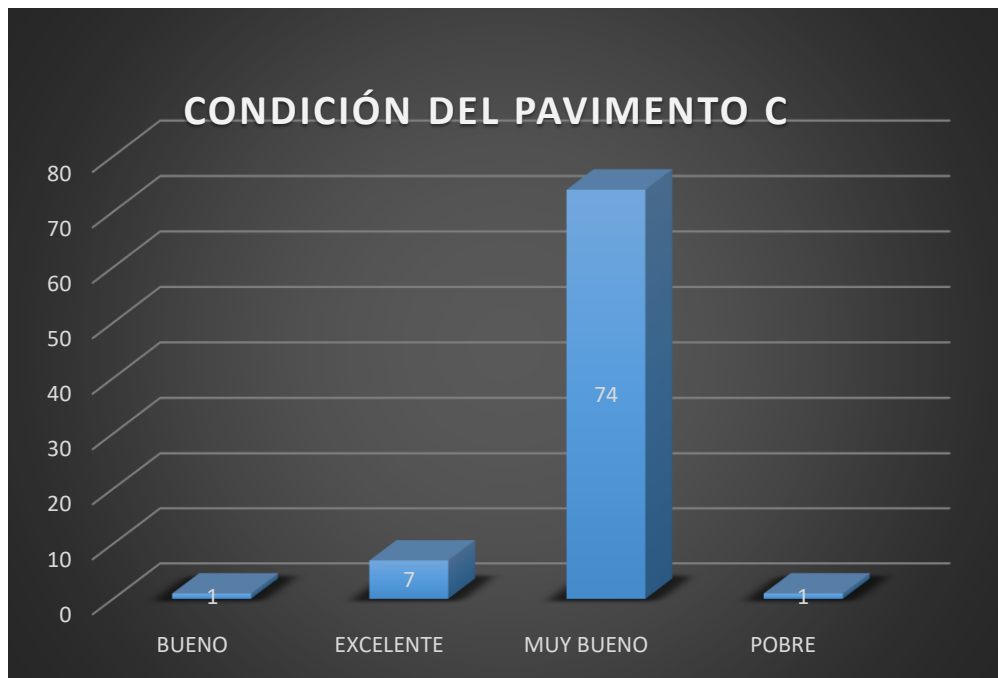
- Las tablas grafico anterior, permite identificar fácilmente las unidades de muestreo que vienen presentando mayor cantidad de fallas y sobre todo poner atención en aquellas que por su baja escala de PCI y tipos de fallas estructurales se deben priorizadas para su intervención.
- Genera graficas de incidencia de las clasificaciones del PCI por cada tercio de pista:



**Figura 49. Escala de Condición del pavimento tercio izquierdo**  
**Fuente: Propia**



**Figura 50. Escala de Condición del pavimento tercio izquierdo**  
**Fuente: Propia**



**Figura 51. Escala de Condición del pavimento tercio izquierdo**  
**Fuente: Propia**



- Se generan tablas y gráficos que permiten identificar las cantidades de fallas en toda la pista de aterrizaje mediante tablas y gráficos.

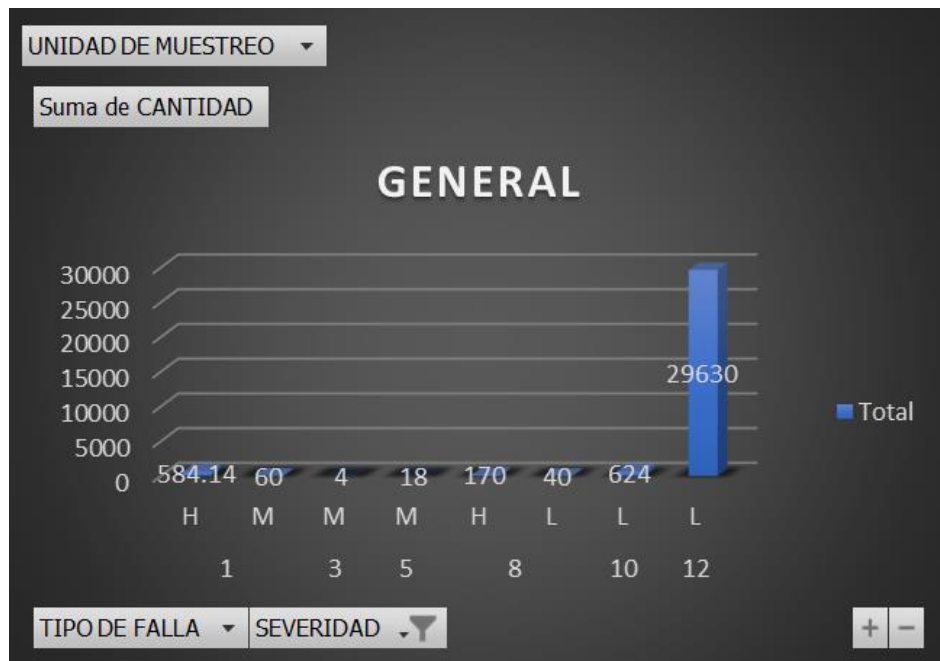


Figura 52. Cantidades de fallas, severidades y cantidades incluyendo del tipo peladura  
Fuente: Propia

- Al tener una mayor incidencia de la falla del tipo 12, no se logra visualizar con mayor detalle, el SGP te permite seleccionar o filtrar de tal forma que logre visualizar y evaluar su incidencia de cada tipo de falla.

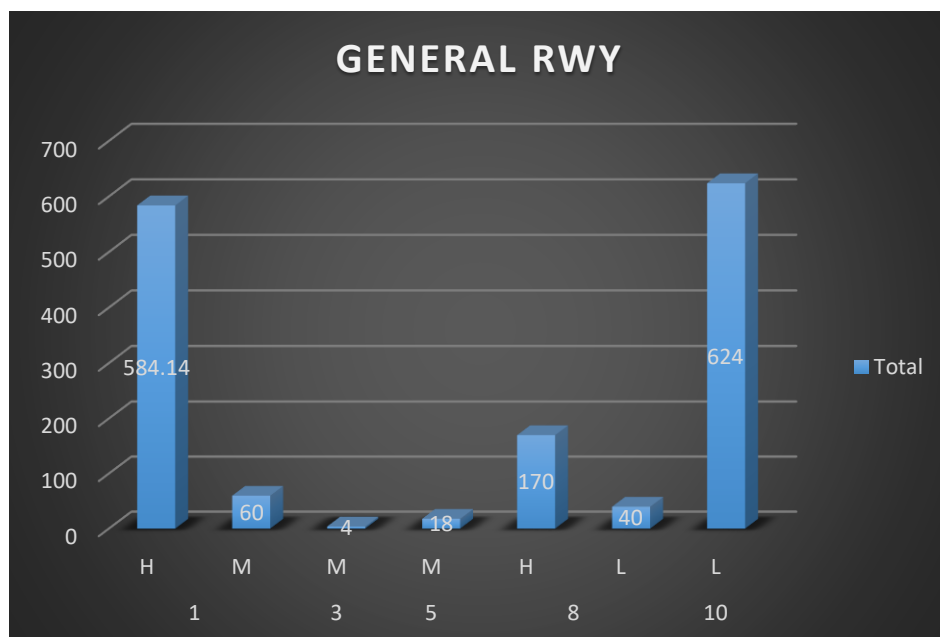


Figura 53. Cantidades de fallas, severidades y cantidades sin incluir del tipo peladura  
Fuente: Propia

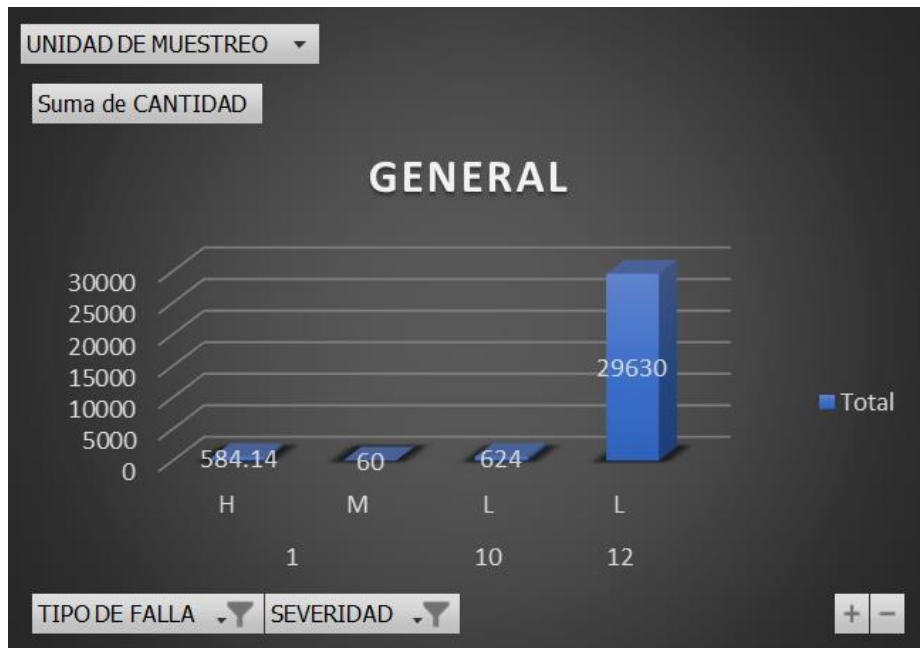


Figura 54. Falla identificadas en la RWY Cajamarca 2017 - Peladura  
Fuente: Propia

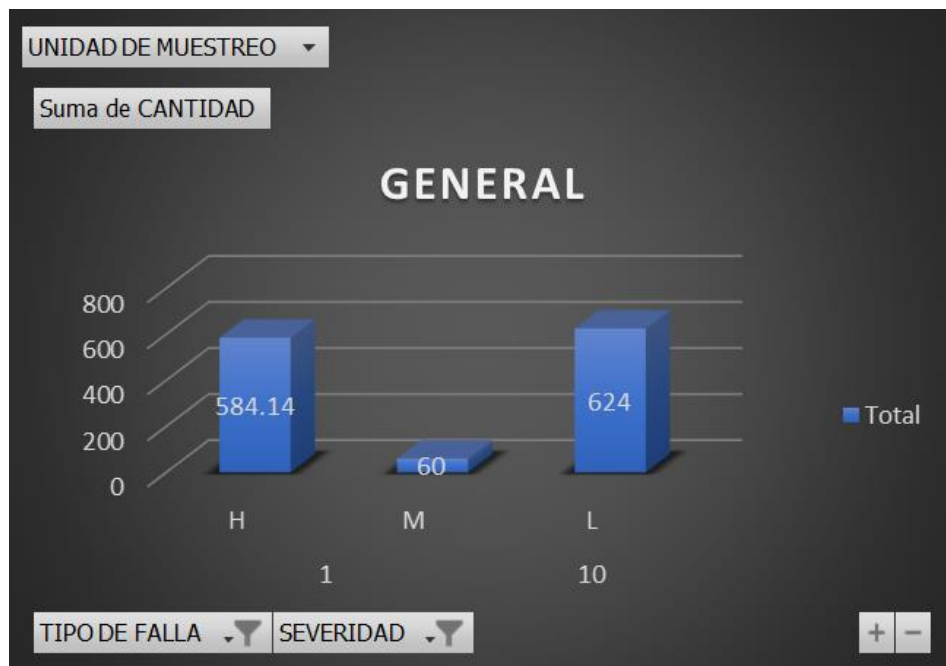


Figura 55. Falla identificadas en la RWY Cajamarca del tipo 1 y 10  
Fuente: Propia

- Se logra identificar los tipos de fallas y su incidencia por cada uno de sus tercios.

Tabla 19. Fallas en el tercio izquierdo

Fallas	Severidad	Metrado
Bacheos	L	214
Fisura long. y transv.	L	38
Peladura	L	10638

Fuente: Propia

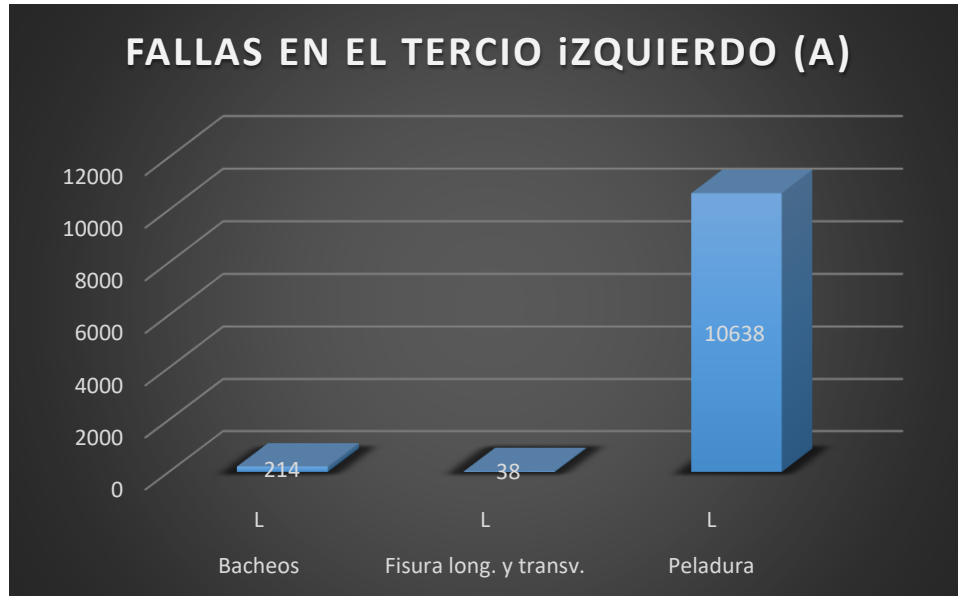
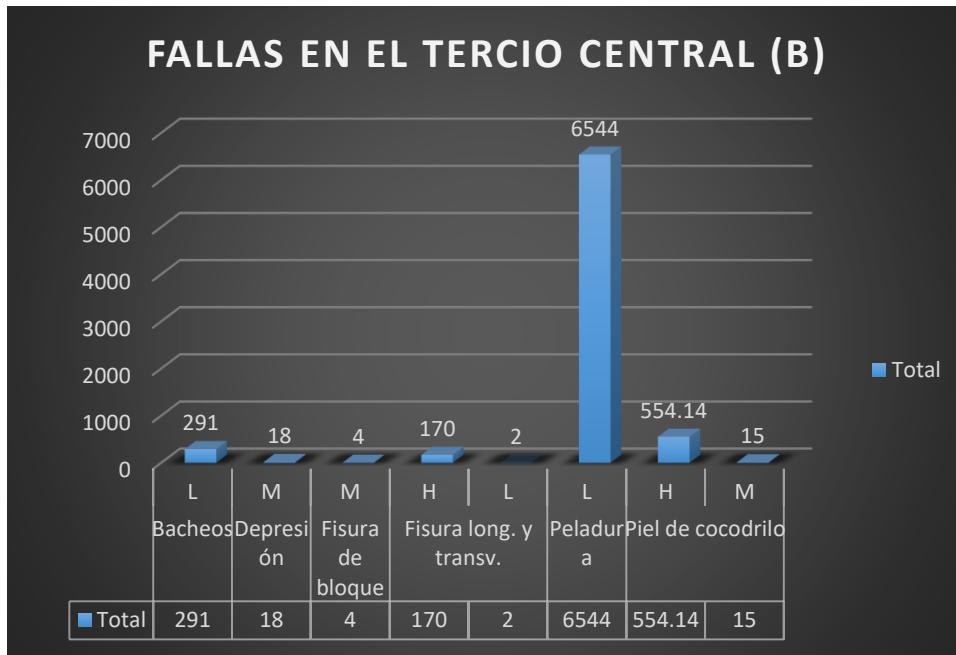


Figura 56. Falla identificadas en el tercio izquierdo  
Fuente: Propia

Tabla 20. Fallas en el tercio central de la RWY

Fallas	Severidad	Metrado
Bacheos	L	291
Depresión	M	18
Fisura de bloque	M	4
Fisura long. y transv.	H	170
Fisura long. y transv.	L	2
Peladura	L	6544
Piel de cocodrilo	H	584.14
Piel de cocodrilo	M	60

Fuente: Propia

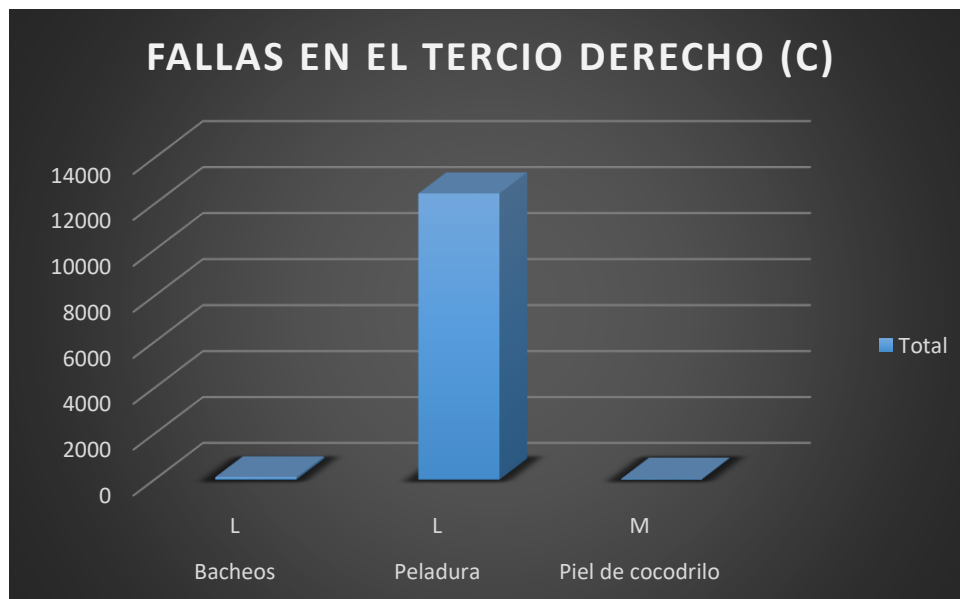


**Figura 57. Falla identificadas en el tercio central de la RWY**  
Fuente: Propia

**Tabla 21. Fallas en el tercio derecho de la RWY**

Fallas	Severidad	Metrado
Bacheos	L	110
Peladura	L	12457
Piel de cocodrilo	M	45

Fuente: Propia



**Figura 58. Falla identificadas en el tercio derecho de la RWY**  
Fuente: Propia

**b) Análisis de los resultados de la evaluación de la rugosidad del pavimento.**

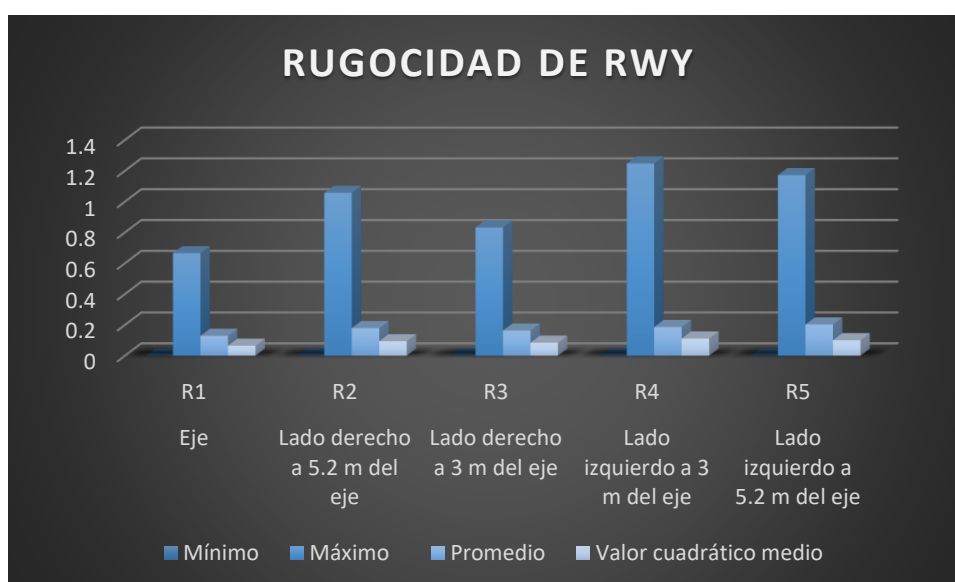
El resumen de resultados obtenidos con el software PROFAA se indica a continuación para cada rama del aeropuerto:

**Tabla 22. Resultados de rugosidad – Pista de aterrizaje y/o despegue**

Descripción	Eje	Lado derecho a 5.2 m del eje	Lado derecho a 3 m del eje	Lado izquierdo a 3 m del eje	Lado izquierdo a 5.2 m del eje
	R1	R2	R3	R4	R5
Mínimo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Máximo	0.6658	1.0575	0.8328	1.2484	1.1722
Promedio	0.1297	0.1798	0.1638	0.1866	0.2035
Valor cuadrático medio	<b>0.0656</b>	<b>0.0945</b>	<b>0.0849</b>	<b>0.1120</b>	<b>0.1008</b>

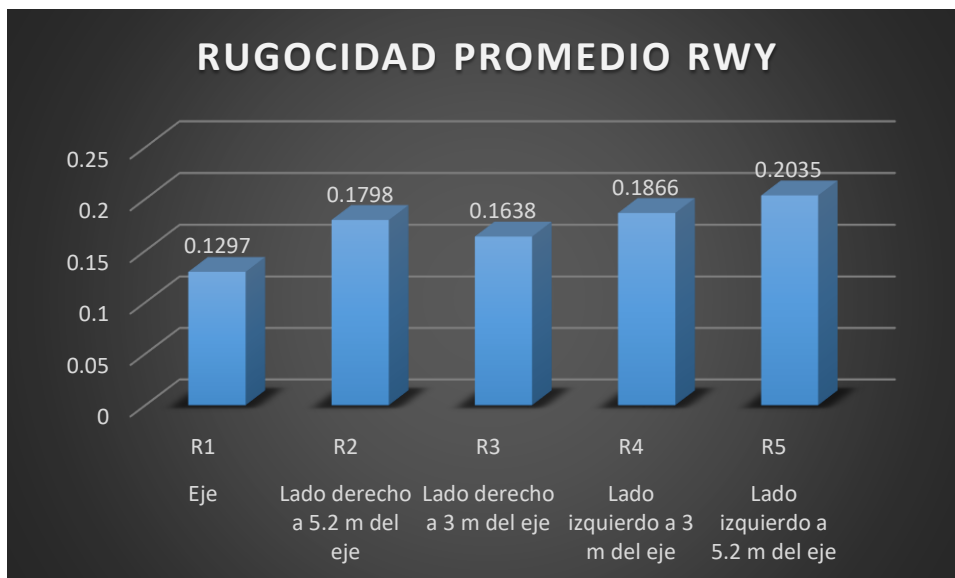
Fuente: EFE 2015

- Una herramienta de sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos del área de movimiento, brinda gráficos de fácil comprensión y análisis.



**Figura 59. Resultados de rugosidad – Pista de aterrizaje y/o despegue**

Fuente: EFE 2015



**Figura 60. Promedios de rugosidad – Pista de aterrizaje y/o despegue**

Fuente: EFE 2015

La pista de aterrizaje y/o despegue presenta valores promedios de BBI menores a uno (0.1297 a 0.2035) y por tanto es catalogada como una condición “**acceptable**”; así mismo se presentan sectores puntuales en los cuales la rugosidad alcanza una condición “excesiva” (1.0575 a 1.2484).

Para la pista de aterrizaje se muestran valores máximos de 1.0575 para el eje R2 (lado derecho a 5.2 m. del eje central), 1.2484 para el eje R4 (lado izquierdo a 3.0 m. del eje central) y 1.1722 para el eje R5 (lado izquierdo a 5.2 m. del eje central).

- a) Para el valor máximo de 1.0575, este se presenta desde 0+947.75 al 0+948.25 (0.50 m.) del eje R2 (lado derecho a 5.2 m. del eje central).
- b) Para el valor máximo de 1.2484, este se presenta desde 0+142.75 al 0+143.50 (0.75 m.), 0+183.00 al 0+183.50 (0.50 m.), 0+239.00 al 0+241.25 (2.25 m.), 1+613.25 al 1+615.50 (2.25 m.) y 1+811.50 al 1+813.50 (2.0 m.) del eje R4 (lado izquierdo a 3 m. del eje central).
- c) Para el valor máximo de 1.1722, este se presenta desde 0+182.00 al 0+183.50 (1.50 m.) del eje R5 (lado izquierdo a 5.2 m. del eje central).

De acuerdo con lo anterior, se verifica que los sectores que superan el BBI corresponden a zonas puntuales con una longitud desde 0.50m hasta 2.25m respectivamente, lo cual no amerita una intervención en el corto ni mediano plazo. Sin embargo, utilizando otras alternativas de solución en la pista de aterrizaje se buscaría corregir estas zonas, como el mantenimiento periódico realizando las alternativas de intervención 12 b y 12 c.

### c) Análisis de los resultados de la evaluación estructural PCN

Se presenta la siguiente tabla con los PCN definidos para la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Cajamarca:

**Tabla 23. Valores de número de clasificador de Pavimento –PCN**

Aeropuerto	Componente	PCN COMFAA
CAJAMARCA	Pista de aterrizaje y/o despegue	49F/CX/T

Fuente: EFE 2015

Consideraciones para el cálculo de PCN reportado:

- ✓ El  $P/Tc=3$ , esto debido a que la pista de aterrizaje y/o despegue hace la función de calle de rodaje.
- ✓ En los cálculos de espesores equivalentes, se tomó en cuenta los factores de aporte están dentro del rango recomendable en la circular Advisory 150/5335-5C, habiéndose empleado la hoja de soporte Excel que proporciona la metodología.

### d) Análisis de resultado de la vida útil remanente del pavimento.

El análisis que se efectuaron con el software FAARFIELD, reveló que la vida remanente en el pavimento excede los 20 años.

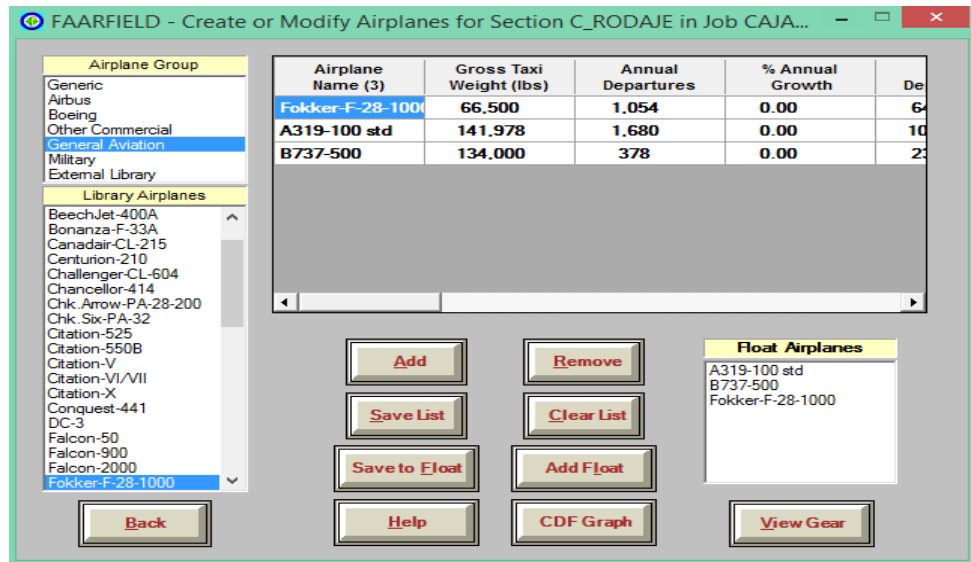


Figura 61. Cálculo de la vida útil remanente del pavimento.

Fuente: EFE 2015

- Mediante el software FAARFIELD se ha determinado que la útil del pavimento excede a los 20 años, siempre y cuando bajo las mismas consideraciones de operacionales funcionando y desarrollando una adecuada gestión en la conservación del pavimento del aérea de movimiento.

**e) Análisis de los resultados de las mediciones de coeficiente de fricción.**

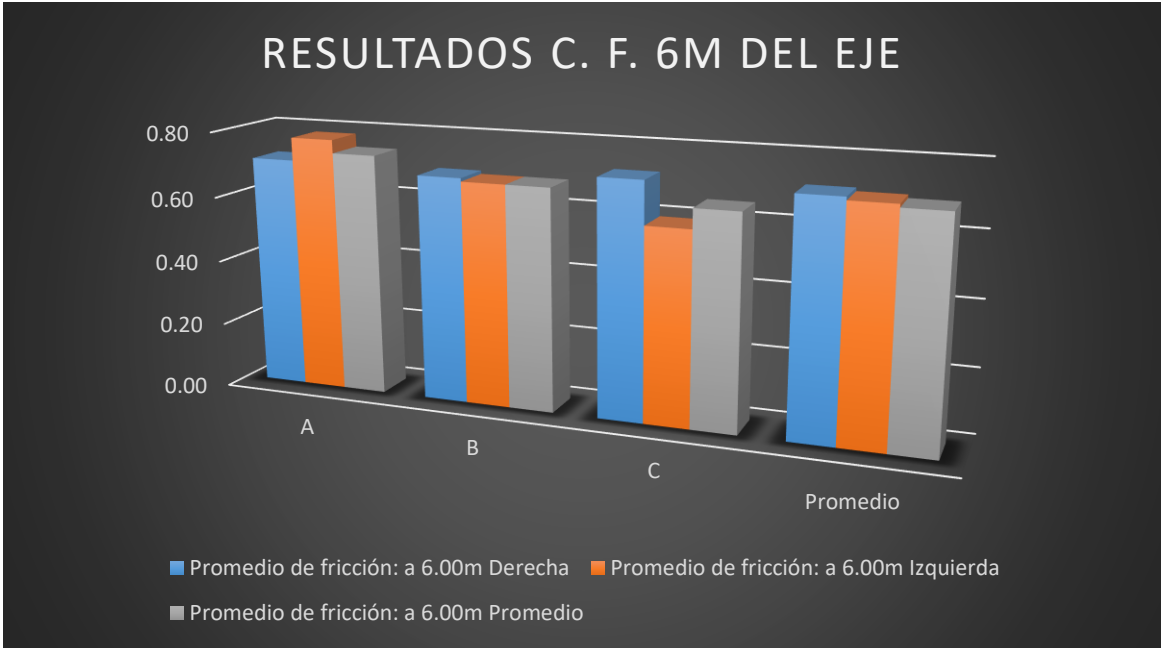
Los resultados obtenidos en la etapa de campo se determinó el coeficiente promedio de fricción para cada sección del pavimento existente:



Figura 62. Coeficiente de fricción a 3.00m del eje central

Fuente: Propia





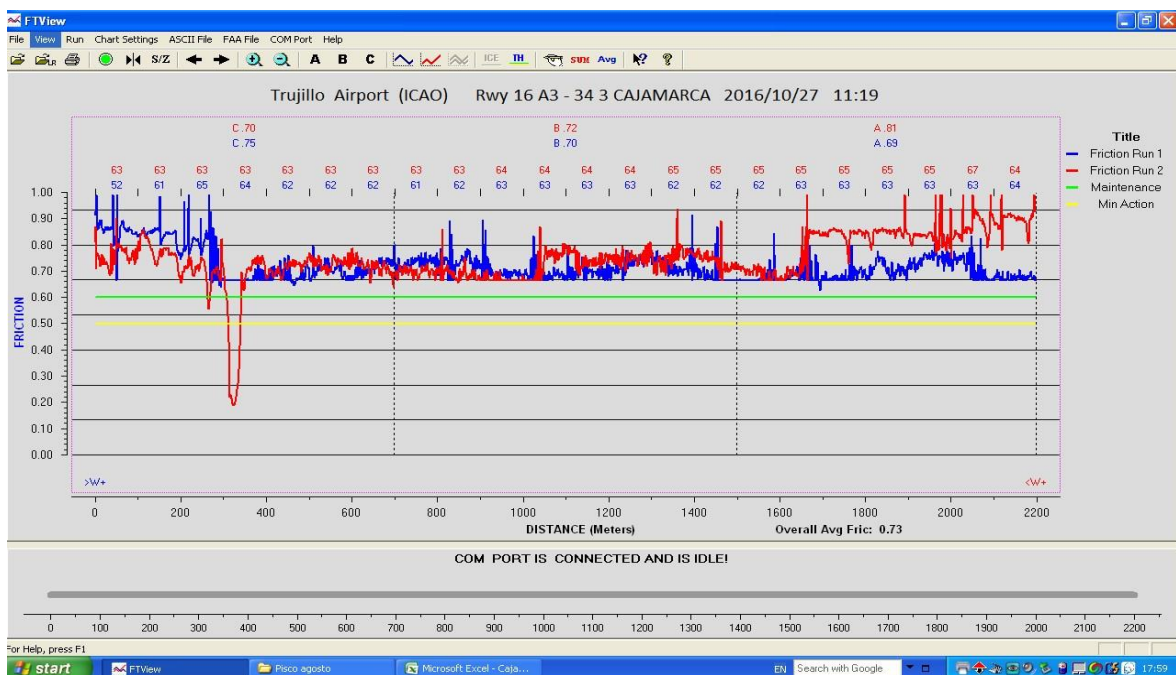
**Figura 63: Coeficiente de fricción a 6.00m del eje central**  
Fuente: Propia



**Figura 64: Coeficiente de fricción a 10.00m del eje central**  
Fuente: Propia



**Figura 65: Coeficiente de fricción a 18.00m del eje central**  
 Fuente: Propia



**Figura 66. de Resultados de medición de coeficiente de fricción – 3m de distancia del eje**  
 Fuente: Propia

Tal como se aprecia en las tablas y gráficos previos, el coeficiente de fricción en la pista de aterrizaje del aeropuerto de Cajamarca está catalogado como bueno. Cabe indicar que el coeficiente de resistencia al deslizamiento, se efectuó sólo en la Pista de aterrizaje y/o despegue, teniendo en cuenta que en la plataforma de estacionamiento y calle de rodaje por su propia función y dimensiones no es posible que las aeronaves desarrollen velocidades elevadas que podrían conllevar en condiciones de pista mojada poner en riesgo la operación segura en estos sectores. Asimismo, podemos identificar que existe una zona en la progresiva 0+460 (310+150m) que el coeficiente de fricción está por debajo de los niveles mínimos, esto no es significativo puesto que se trata de solo 10 m de longitud de pista, no es significativo para el promedio de los 100m con un coeficiente de fricción de 0.63, menos aún en el promedio del primer tercio central con un 0.75 de coeficiente de fricción.

Sin embargo, se debe tomar acciones con el fin de mejorar los valores encontrados.

- Se incorpora a la base de datos de las alternativas de intervención por cada tipo de fallas y sus severidades de acuerdo con los criterios técnicos, operacionales y en este caso a los términos del Contrato de Concesión donde se enmarca los tipos de intervenciones y sus respectivas frecuencias:

**Tabla 24. Políticas de Conservación**

Tipo de Falla	Descripción	Severidad	Tipo de intervención	Alternativa de Intervención	Descripción
1	Piel de cocodrilo	L	Rutinario	Q	Sellado superficial con mortero asfáltico
1	Piel de cocodrilo	M	Periódico	E	Bacheo superficial
1	Piel de cocodrilo	H	Correctivo	D	Bacheo profundo hasta nivel de sub rasante
1	Piel de cocodrilo	H	Rehabilitación	B	Bacheo profundo con mejoramiento de sub rasante
2	Exudación	L / M / H	Periódico	N	Retiro y sellado superficial
3	Fisura de bloque	L	Rutinario	P	Sellado de fisuras superficial con emulsión
3	Fisura de bloque	M	Periódico	O	Sellado de fisuras con elastómero en caliente
3	Fisura de bloque	H	Periódico	G	Fresado superficial, geomalla y reposición de capa asfáltica
4	Ondulación	L / M	Periódico	E	Bacheo superficial
4	Ondulación	H	Periódico	C	Bacheo profundo hasta nivel de base
5	Depresión	L	Rutinario	F	Capa nivelante con mortero asfáltico
5	Depresión	M	Periódico	E	Bacheo superficial
5	Depresión	H	Periódico	C	Bacheo profundo hasta nivel de base
5	Depresión	H	Rehabilitación	B	Bacheo profundo con mejoramiento de sub rasante
6	Erosión por chorro de turbina	L	Rutinario	K	Limpieza y observación
6	Erosión por chorro de turbina	M	Rutinario	F	Capa nivelante con mortero asfáltico
6	Erosión por chorro de turbina	H	Periódico	E	Bacheo superficial
7	Reflexión de juntas PCC	L	Rutinario	P	Sellado de fisuras superficial con emulsión
7	Reflexión de juntas PCC	M	Periódico	O	Sellado de fisuras con elastómero en caliente
7	Reflexión de juntas PCC	H	Periódico	G	Fresado superficial, geomalla y reposición de capa asfáltica
8	Fisura long. y transv.	L	Rutinario	P	Sellado de fisuras superficial con emulsión
8	Fisura long. y transv.	M	Periódico	O	Sellado de fisuras con elastómero en caliente
8	Fisura long. y transv.	H	Periódico	O	Sellado de fisuras con elastómero en caliente
9	Derrame de combustible	L	Rutinario	J	Lavado superficial
9	Derrame de combustible	M	Rutinario	I	Lavado con productos químicos

9	Derrame de combustible	H	Correctivo	E	Bacheo superficial
10	Bacheos	L	Rutinario	K	Limpieza y observación
10	Bacheos	M	Periódico	Q	Sellado superficial con mortero asfáltico
10	Bacheos	H	Correctivo	B	Bacheo profundo con mejoramiento de sub rasante
10	Bacheos	H	Rehabilitación	B	Bacheo profundo con mejoramiento de sub rasante
11	Agregado pulido	L	Periódico	K	Limpieza y observación
11	Agregado pulido	M / H	Periódico	L	Remoción de caucho y retexturado
12	Peladura	L	Rutinario	K	Limpieza y observación
12	Peladura	M	Periódico	Q	Sellado superficial con mortero asfáltico
12	Peladura	H	Periódico	H	Fresado y recrecimiento asfáltico
13	Ahuellamiento	L	Rutinario	F	Capa nivelante con mortero asfáltico
13	Ahuellamiento	M	Periódico	E	Bacheo superficial
13	Ahuellamiento	H	Periódico	C	Bacheo profundo hasta nivel de base
13	Ahuellamiento	H	Rehabilitación	B	Bacheo profundo con mejoramiento de sub rasante
14	PCC expuesto	L	Rutinario	M	Reposición de carpeta asfáltica
14	PCC expuesto	M	Periódico	M	Reposición de carpeta asfáltica
14	PCC expuesto	H	Periódico	A	Bacheo de cambio de asfalto y losa deteriorada
14	PCC expuesto	H	Periódico	G	Fresado superficial, geomalla y reposición de capa asfáltica
15	Fisuras por deslizamiento	L	Rutinario	P	Sellado de fisuras superficial con emulsión
15	Fisuras por deslizamiento	M	Periódico	O	Sellado de fisuras con elastómero en caliente
15	Fisuras por deslizamiento	H	Periódico	H	Fresado y reposición de carpeta asfáltica
16	Hinchamiento	L	Rutinario	K	Limpieza y observación
16	Hinchamiento	M	Periódico	E	Bacheo superficial
16	Hinchamiento	H	Periódico	C	Bacheo profundo hasta nivel de base
16	Hinchamiento	H	Rehabilitación	B	Bacheo profundo con mejoramiento de sub rasante
17	Señalización horizontal deteriorada	H	Rutinario	R	Repintado de señalización horizontal
17	Señalización horizontal deteriorada	H	Periódico	S	Remoción de pintura suelta y repintado de señalización horizontal

Fuente: Propia.

Considerando los análisis previamente realizados, implementando un sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos permite la toma de decisiones para determinar las políticas de conservación a desarrollar en la conservación de los pavimentos, tomando en consideración los tipos de fallas, sus severidades, sus ubicaciones, el tiempo de vida útil remanente de los pavimentos, la regularidad y coeficiente de fricción de la superficie de rodadura y mucha más información.

**Tabla 25. Fallas del tercio izquierdo (A) de la pista de aterrizaje**

Fallas	Severidad	Metrado
Bacheos	L	214
Fisura long. y transv.	L	38
Peladura	L	10,638

Fuente: Propia

**Tabla 26. Fallas del tercio central (B) de la pista de aterrizaje**

Fallas	Severidad	Metrado
Bacheos	L	291
Depresión	M	18
Fisura de bloque	M	4
Fisura long. y transv.	H	170
Fisura long. y transv.	L	2
Peladura	L	6,544
Piel de cocodrilo	H	554
Piel de cocodrilo	M	15

Fuente: Propia

**Tabla 27. Fallas del tercio derecho (C) de la pista de aterrizaje**

Fallas	Severidad	Metrado
Bacheos	L	110
Peladura	L	12,457
Piel de cocodrilo	M	45

Fuente: Propia.

Se logra generar las siguientes tablas las mismo que son demostrativos de la incidencia que tiene el sistema de gestión operativo de pavimentos del área de movimiento de aeropuertos en la determinación de las políticas de conservación en el corto plazo de los pavimentos:

**Tabla 28. Políticas de conservación tercio izquierdo de RWY**

Políticas de conservación a desarrollar en el tercio izquierdo (A) de la RWY					
Fallas	Severidad	Metrado	Tipo de Mantenimiento	Alternativa de Intervención	Descripción
Bacheos	L	214	Rutinario	K	Limpieza y observación
Fisura long. y transv.	L	38	Rutinario	P	Sellado de fisuras superficial con emulsión
Peladura	L	10,638	Rutinario	K	Limpieza y observación

Fuente: propia

**Tabla 29. Políticas de conservación tercio central de RWY.**

Políticas de conservación a desarrollar en tercio central (B) de la RWY					
Fallas	Severidad	Metrado	Tipo de Mantenimiento	Alternativa de Intervención	Descripción
Bacheos	L	291	Rutinario	K	Limpieza y observación
Depresión	M	18	Periódico	E	Bacheo superficial
Fisura de bloque	M	4	Periódico	O	Sellado de fisuras con elastómero en caliente
Fisura long. y transv.	H	170	Periódico	O	Sellado de fisuras con elastómero en caliente
Fisura long. y transv.	L	2	Rutinario	P	Sellado de fisuras superficial con emulsión
Peladura	L	6,544	Rutinario	K	Limpieza y observación
Piel de cocodrilo	H	554	Correctivo	D	Bacheo profundo hasta nivel de sub rasante
Piel de cocodrilo	M	15	Periódico	E	Bacheo superficial

Fuente: Propia.

**Tabla 30. Políticas de conservación tercio izquierdo de RWY.**

Políticas de conservación a desarrollar en tercio derecho (C) de la RWY					
Fallas	Severidad	Metrado	Tipo de Mantenimiento	Alternativa de Intervención	Descripción
Bacheos	L	110	Rutinario	K	Limpieza y observación
Peladura	L	12,457	Rutinario	K	Limpieza y observación
Piel de cocodrilo	M	45	Periódico	E	Bacheo superficial

Fuente: propia

Con la determinación de las políticas de conservación del aeropuerto se lograrán enmarcar los procedimientos constructivos, materiales, equipos, rendimientos, procesos de seguridad operacional obteniendo como resultados trabajos de calidad, reducir la afectación a las operaciones resguardando la seguridad

### **3.4.2 Demostración la contribución de implementar un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en los programas de mantenimiento de los pavimentos de aeropuertos.**

Parte fundamental en la gestión de conservación de los pavimentos, es la planificación de las labores a desarrollarse en el corto, mediano y largo plazo tomando en consideración ciertos factores como:

- Información histórica de las intervenciones realizadas.
- Estructura del pavimento.
- Comportamiento estructural del pavimento
- Desempeño funcional del pavimento.
- Valores de coeficiente de fricción y rugosidad del pavimento.
- Cantidad y frecuencia de operaciones.
- Temporada de lluvias.
- Horarios o ventanas libres de operaciones.
- Tiempo mínimo para ejecutar las labores cumpliendo con los procedimientos adecuados de las actividades a realizar.
- Disponibilidad de plantas de asfalto y/o equipos especializados en la localidad.
- Tiempos de elaboración de términos de referencias y procesos de selección.
- Gestión de NOTAM's de cierres totales o parciales de la pista de aterrizaje.
- Entre otras condiciones operacionales del aeropuerto.

Las siguientes tablas representan los programas de mantenimiento rutinario y periódico con los que se desarrolla la gestión de conservación si hacer uso de un sistema de gestión operativo de mantenimiento:



Tabla 31. Programa de Mantenimiento Preventivo Rutinario (PMPR)

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO 2017																					
Aeropuerto:		SPJR-Cajamarca		Grupo:		ELEM Electricidad / Electromecánica															
Revisión:		Rvc. C		SESP		Sistemas Especiales															
Fecha:		miércoles 15 de febrero de 2017		INFR		Infraestructura															
Grupo	Item	Clase	Descripción	Und	Cant.	Frecuencia	Inicio	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
								Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1.00.00			Mantenimiento Preventivo Rutinario																		
INFR	1.16.00	P	Conformación de franjas, roce de vegetación, limpieza de drenajes y Pavimentos																		
INFR	1.16.01	P	Conformación de franjas, roce de vegetación y limpieza de drenajes																		
INFR	1.16.01.01	P	Roce de vegetación (remoción de maleza)	Glb	1	Anual	Junio														
INFR	1.16.01.02	P	Limpieza de los sistemas de drenajes (remoción de maleza, residuos sólidos, de tierras y/o piedras).	Glb	1	Anual	Junio														
INFR	1.16.01.03	P	Conformación de franjas (remoción de maleza, residuos sólidos y subsanación de alteración de superficie)	Glb	1	Anual	Junio														
INFR	1.16.02	P	Pavimentos Lado aire																		
INFR	1.16.02.01	P	Limpieza del área de Movimiento (barrido de Pavimentos)	Glb	1	S.N.	S.N.														
INFR	1.16.02.02	P	Bacheo, sellados asfálticos (trabajos menores)	Glb	1	S.N.	S.N.														
INFR	1.16.02.03	P	Señalización horizontal lado aire (eje de pista de aterrizaje y cruces peatonales con baja nitidez visual de pintura)	Glb	1	Anual	Junio														
INFR	1.16.02.04	P	Medición de fricción de RWY	Glb	1	Anual	Octubre														

**Leyenda:**

Anual

Según Necesidad (S.N.)

Fuente: Propia

Tabla 32. Programa de Mantenimiento Preventivo Periódico (PMPP)

**SEGUNDO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIODICO (PMP) DEL PRIMER GRUPO DE AEROPUERTOS DE PROVINCIA DE LA REPUBLICA DEL PERU**

Aeropuerto : Cajamarca  
 Revision : L  
 Fecha : 19/06/2017  
 Moneda : Dolares Americanos  
 Tipo de Cambio : 3.34

ACTIVIDADES Y/O TAREAS	FRECUENCIA SUGERIDA	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR INTERVENCIÓN USD \$
Slurry asfáltico superficial (CQS)	cada 5 años	m <sup>2</sup>	112,500.00	\$1,559,547.00
Recapeo 1" lado aire	cada 5 años	m <sup>2</sup>	37,500.00	\$1,032,795.00
Impermeabilizado de pavimentos contra derrames de combustible y P. químico	cada 3 años	m <sup>2</sup>	6,462.70	\$66,346.13
Sellado de fisuras y grietas menores de 1"	cada 4 años	m	25,477.92	\$227,283.43
Sellado de grietas mayores a 1 1/2"	cada 4 años	m	650.00	\$10,142.81
Tratamiento de juntas	cada 4 años	m	418.00	\$6,001.74
Recapeo de 1" en pavimentos con superficies asfálticas	cada 5 años	m <sup>2</sup>	4,091.83	\$109,043.67
Bacheos de borde de pistas o márgenes	cada 5 años	m <sup>2</sup>	2,500.00	\$105,810.60
Estabilización y sellado de vías perimetrales	cada 3 años	m <sup>2</sup>	14,500.00	\$486,813.72
Señalización Vertical Lado Aire	cada 10 años	m <sup>2</sup>	31.50	\$6,642.43
Señalización horizontal Lado Aire	cada 2 años	m <sup>2</sup>	11,500.00	\$177,169.92
Remoción de caucho, retexturado y borrado de señalización horizontal	Segun Necesidad	m <sup>2</sup>	8,200.00	\$90,451.25
Estabilización taludes	cada 5 años	m <sup>2</sup>	0.00	\$0.00
Reconformación de taludes y niveles del sistema de drenajes	cada 3 años	m3	1,100.00	\$27,756.43
Bacheos superficiales en pavimentos rígidos	cada 5 años	m2	0.00	\$0.00
Conformación de terrenos lado aire	cada 5 años	Ha	24.30	\$41,434.39
FRESADO EN PAVIMENTO ASFÁLTICO	Sgún Necesidad	m2	12,500.00	\$36,332.34
<b>TOTAL COSTO DIRECTO + GG + UU + IGV</b>				-
<b>ESTUDIOS DE INGENIERIA (Pavimentos y Infraestructura Civil)</b>				7%
<b>ADMINISTRACION Y GERENCIA DE PROYECTOS</b>				4%
<b>OSITRAN</b>				5%
<b>TOTAL INTANGIBLES</b>				-
<b>TOTAL GENERAL</b>				-

<b>AÑO 1</b> 01-05-13 al 30-04-14	<b>AÑO 2</b> 01-05-14 al 30-04-15	<b>AÑO 3</b> 01-05-15 al 30-04-16	<b>AÑO 4</b> 01-05-16 al 30-04-17	<b>AÑO 5</b> 01-05-17 al 30-04-18	<b>TOTAL</b> US\$
	\$1,559,547.00				\$1,559,547.00
	\$1,032,795.00				\$1,032,795.00
	\$66,346.13			\$52,356.60	\$118,702.73
	\$227,283.43				\$227,283.43
					\$0.00
	\$6,001.74				\$6,001.74
	\$109,043.67				\$109,043.67
	\$105,810.60				\$105,810.60
	\$486,813.72				\$486,813.72
	\$6,642.43				\$6,642.43
	\$177,169.92			\$177,169.92	\$354,339.84
					\$0.00
	\$27,756.43			\$27,756.43	\$55,512.86
	\$41,434.39				\$41,434.39
	\$36,332.34				\$36,332.34
<b>\$0.00</b>	<b>\$3,882,976.79</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$257,282.95</b>	<b>\$4,140,259.75</b>
\$0.00	\$271,808.38	\$0.00	\$0.00	\$18,009.81	\$289,818.18
\$0.00	\$155,319.07	\$0.00	\$0.00	\$10,291.32	\$165,610.39
\$0.00	\$194,148.84	\$0.00	\$0.00	\$12,864.15	\$207,012.99
\$0.00	\$621,276.29	\$0.00	\$0.00	\$41,165.27	\$662,441.56
<b>\$0.00</b>	<b>\$3,882,976.79</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$298,448.22</b>	<b>\$4,802,701.30</b>

Fuente: Propia.

En las siguientes tablas se demuestra la contribución de un sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos del área de movimiento, en la elaboración y actualización de los programas de mantenimiento. Tomando en consideración las facilidades que nos brinda la herramienta de gestión basados en la información obtenida y registrada en la base de datos de:

- Ubicar la unidad de muestreo y/o tercio de pista que requiere intervenir.
- Evaluar las intervenciones realizadas en los últimos años.
- Evaluar la composición de las capas de la estructura del pavimento.
- Evaluar las propiedades de la carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante del pavimento.
- Evaluar el desempeño estructural del pavimento de la zona.
- Evaluar el desempeño de la condición funcional del pavimento
- Evaluar los resultados del coeficiente de fricción
- Evaluar los resultados de la rugosidad
- Horario de operación y/o ventanas libres de operaciones.
- Lista de políticas de conservación
- Frecuencias de intervenciones según el contrato privado o de concesión para la administración, operación y mantenimiento como es el caso del aeropuerto de Cajamarca.

Con el uso y análisis técnico de las facilidades brindadas antes descritas se logra generar y actualizar fácilmente los:

- Programa de mantenimiento preventivo rutinario
- Programa de mantenimiento preventivo periódico
- Programa de mantenimiento correctivos.

El último programa, es un nuevo producto que nos permite el uso de sistema de gestión operativo de pavimentos, puesto que al tener una base de datos que se puede actualizar con las inspecciones a pista y un lista de políticas de conservación identificadas, permite realizar intervenciones inmediatas - paliativas- y así programar el mantenimiento correctivo adecuado con la información del sistema y las posibilidades de intervenciones técnicas que se

cuentan en la localidad, programando su intervención a la brevedad posible sin afectar las operaciones con una solución técnica y definitiva al problema, realizando las coordinaciones adecuadas con los operadores aeroportuarios y emisión de NOTAM correspondientes.

En este caso, los resultados de la evaluación funcional del pavimento (PCI) y las tablas de políticas de conservación definidas, muestran que en el tercio central de la pista de aterrizaje existe la falla del tipo piel de cocodrilo de 554 m<sup>2</sup> con severidad H, esto nos lleva a intervenir a la brevedad, pero no significa que se realice labores inmediatas de alto costo y sin un tiempo de vida útil corta, por no haber utilizado todas las bondades que nos permite el uso de un sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos como se ha mencionado anteriormente.

Se identificaron las fallas el 15 de mayo del 2017 y se procedió de la siguiente manera:

- Se ejecutaron trabajos inmediatos de sellado superficial con mortero asfáltico, evitando que continúe ingresando agua superficial a la estructura del pavimento de la zona afectada y que se genere presencia de FOD.
- Ubicación de la unidad de muestreo y/o tercio de pista que requiere intervenir.
- Evaluación las intervenciones realizadas en los últimos años.
- Evaluación de la composición de las capas de la estructura del pavimento.
- Evaluación de las propiedades de la carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante del pavimento.
- Horario de operación y/o ventanas libres de operaciones.
- Lista de políticas de conservación
- Verificar y buscar equipos especializados como plantas de asfalto operativos.

En este último ítem se constató que no se contaba con una planta de asfalto operativa en la ciudad de Cajamarca, solo existía una planta produciendo a una

distancia de 45 KM aproximadamente, para uso exclusivo de la obra con horario de producción solo desde las 6 hasta las 14 horas.

Bajo estas condiciones no es técnicamente aceptado trabajar con este material, puesto que de lograr que vendan la mezcla asfáltica a otras obras, no se logra garantizar que este material mantenga su temperatura hasta la colocación la cual se estimó 12 horas después y considerando que las temperaturas ambientes en la pista de aterrizaje en horario nocturno bajan hasta los 2° C.

Por lo antes explicado, se determinó como alternativa de solución en la política de conservación de mantenimiento correctivo utilizar el Sistema de concreto de resistencia temprana, logrando llegar a  $f''c:280 \text{ Kg/cm}^2$  a las 5 horas y  $f''c:820 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, logrando que no se afecten las operaciones con el primer vuelo a las 6:15 am de una aeronave airbus A320 de LATAM (<https://vimeo.com/228420380>) clave: pacasmayo)

Las siguientes tablas demuestran los beneficios al contribuir en la generación y actualización de los programas de:

- a) Programa de mantenimiento preventivo rutinario
- b) Programa de mantenimiento preventivo periódico
- c) Programa de mantenimiento correctivos.

Tabla 33. Programa de Mantenimiento Preventivo Rutinario (PMPR) utilizando la herramienta de SGP  
**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO 2017**

Aeropuerto: SPJR-Cajamarca  
 Revisión: Rvc. D  
 Fecha: lunes 15 de mayo de 2017

Grupo: ELEM Electricidad / Electromecánica  
 SESP Sistemas Especiales  
 INFR Infraestructura / Pavimentos



Grupo	Item	Clase	Descripción	Und	Metrados	Frecuencia	Inicio	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
								Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes
								5	6	7	8	9	10	11	12
Pavimentos	1.16.00	P	Conformación de franjas, roce de vegetación, limpieza de drenajes y Pavimentos												
Pavimentos	1.16.01	P	Conformación de franjas, roce de vegetación y limpieza de drenajes												
Pavimentos	1.16.01.01	P	Roce de vegetación (remoción de maleza)	Ha	14.00	Anual	Mayo								
Pavimentos	1.16.01.02	P	Limpieza de los sistemas de drenajes (remoción de maleza, residuos sólidos, de tierras y/o piedras).	m	6,450.00	Cuatrimstral	Mayo								
Pavimentos	1.16.01.03	P	Conformación de franjas (remoción de maleza, residuos sólidos y subsanación de alteración de superficie)	Ha	28.00	Anual	Mayo								
Pavimentos	1.16.02	P	Pavimentos Lado aire												
Pavimentos	1.16.02.01	P	Control y monitoreo de FOD												
			Caminata FOD y limpieza del área de Movimiento	Glb		S.N.	S.N.								
Pavimentos	1.16.02.02	P	Fallas a intervenir en el Tercio Izquierdo de la RWY												
			<u>Bacheos</u>												
			Limpieza y observación	m2	214.00	Cuatrimstral	Mayo								
			<u>Fisura long. y transv.</u>												
			Sellado de fisuras superficial con emulsión	m	38.00	Semestral	Junio								
			<u>Peladura</u>												
			Limpieza y observación	m2	10,638.00	Cuatrimstral	Mayo								
Pavimentos	1.16.02.03	P	Fallas a intervenir en el Tercio Central de la RWY												
			<u>Bacheos</u>												
			Limpieza y observación	m2	291.00	Cuatrimstral	Mayo								
			<u>Fisura long. y transv.</u>												
			Sellado de fisuras superficial con emulsión	m	2.00	Semestral	Junio								
			<u>Peladura</u>												
			Limpieza y observación	m2	6,544.00	Cuatrimstral	Mayo								
Pavimentos	1.16.02.05	P	Fallas a intervenir en el Tercio Derecho de la RWY												
			<u>Bacheos</u>												
			Limpieza y observación	m2	110.00	Cuatrimstral	Mayo								
			<u>Peladura</u>												
			Limpieza y observación	m2	12,457.00	Cuatrimstral	Mayo								
Pavimentos	1.16.02.06	P	Señalización horizontal (eje de pista de aterrizaje y cruces peatonales)	Glb		Anual	Junio								
Pavimentos	1.16.02.07	P	Medición de coeficiente de fricción de RWY	Glb		Anual	Octubre								

Fuente: Propia

Tabla 34. Programa de Mantenimiento Preventivo Periódico (PMPP) utilizando la herramienta de SGP.

TERCER PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIODICO (PMPP) DEL PRIMER GRUPO DE AEROPUERTOS DE PROVINCIA DE LA REPUBLICA DEL PERU



Aeropuerto : Cajamarca  
 Revisión : A  
 Fecha : 15/08/2017  
 Infraestructura : Pavimentos

ACTIVIDADES Y/O TAREAS	Alternativa de Intervención	FRECUENCIA SUGERIDA	UNIDAD	CD+ GG+ Utl + IGV USD \$	CANTIDAD	COSTO POR INTERVENCIÓN USD \$	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL US\$
							01-05-18 al 30-04-19	01-05-19 al 30-04-20	01-05-20 al 30-04-21	01-05-21 al 30-04-22	01-05-22 al 30-04-23	
<b>Actividades identificadas con las evaluaciones funcionales</b>												
Bacheo superficial	E	Cada 2 años	m <sup>2</sup>	\$42.32	78	3,301	3,301					3,301
Sellado de fisuras con elastómero en caliente	O	Cada 2 años	m	\$8.92	170	1,517	1,517					1,517
<b>Actividades proyectadas con las evaluaciones funcionales</b>												
Sellado superficial con mortero asfáltico	Q	Cada 5 años	m <sup>2</sup>	\$13.86	75,000.00	1,039,698		1039698				1,039,698
Fresado y recrecimiento asfáltico	H	Cada 5 años	m <sup>2</sup>	\$27.54	37,500.00	1,032,795		1032795				1,032,795
Sellado de fisuras con elastómero en caliente	O	Cada 2 años	m	\$8.92	340.00	3,033		3,033		3,033		6,066
Bacheo superficial	E	Cada 5 años	m <sup>2</sup>	\$42.32	2,500.00	105,811		105810.6				105,811
Señalización horizontal Lado Aire	W	cada 2 años	m <sup>2</sup>	\$15.41	9,800.00	150,980		150,980		150,980		301,959
Remoción de caucho y retexturado	L	Segun Necesidad	m <sup>2</sup>	\$11.03	8,200.00	90,451						-
<b>TOTAL COSTO DIRECTO + GG + UU + IGV</b>						-	4,818	2,332,316	-	154,013	-	2,491,147
<b>ESTUDIOS DE INGENIERIA (Pavimentos y Infraestructura Civil)</b>						7%	-	163,262	-	10,781	-	174,380
<b>ADMINISTRACION Y GERENCIA DE PROYECTOS</b>						4%	193	93,293	-	6,161	-	99,646
<b>OSITRAN</b>						5%	241	116,616	-	7,701	-	124,557
<b>TOTAL INTANGIBLES</b>						-	434	373,171	-	24,642	-	398,583
<b>TOTAL GENERAL</b>						-	5,251	2,332,316	-	178,655	-	2,889,730

Fuente: Propia.

Con las tablas anteriores se demuestra la contribución en la generación de los programas de mantenimiento para la conservación los pavimentos obteniendo como producto programas reales con metrados y proyecciones sustentables ante las gerencias y reguladores respectivas para su aprobación los presupuestos con los que se deben contar en el corto, mediano y largo plazo.

### **3.4.3 Análisis de la intervención de un sistema de gestión operativo de mantenimiento de pavimentos del área de movimiento en la administración de gastos e inversiones.**

Con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento de los pavimentos del área de movimiento se busca la optimización de los recursos financieros los cuales como en toda gestión son limitados , en este sentido se procede al analizar la intervención de y sus beneficios del uso de las herramientas e información que nos permite acceder con el objetivo entre otros de maximizar los rendimientos del presupuesto en la gestión de conservación de los pavimentos del área de movimiento de un aeropuerto.

En la figura de control y reportes de gastos de mantenimiento rutinario, identifica que la administración de los gastos en el mantenimiento rutinario de los pavimentos no es el adecuado, considerando los resultados acumulados al cierre del mes de julio 2017. Se observa un gasto del 133% del presupuesto aprobado para los 12 aeropuertos en operados por AdP en la partida presupuestal de pavimentos, asimismo en el caso del aeropuerto de Cajamarca es del orden del 187%.

Por lo antes indicado, resulta importante, implementar un sistema de gestión operativo de mantenimientos de pavimentos, con el fin de tener claramente identificado y panificado las actividades de mantenimiento a realizar en el corto, mediano y largo plazo. Generando una adecuada proyección, control de los gastos y sobre todo buscando la optimización de los gastos e inversiones como se demuestra en los siguientes gráficos y tabla.



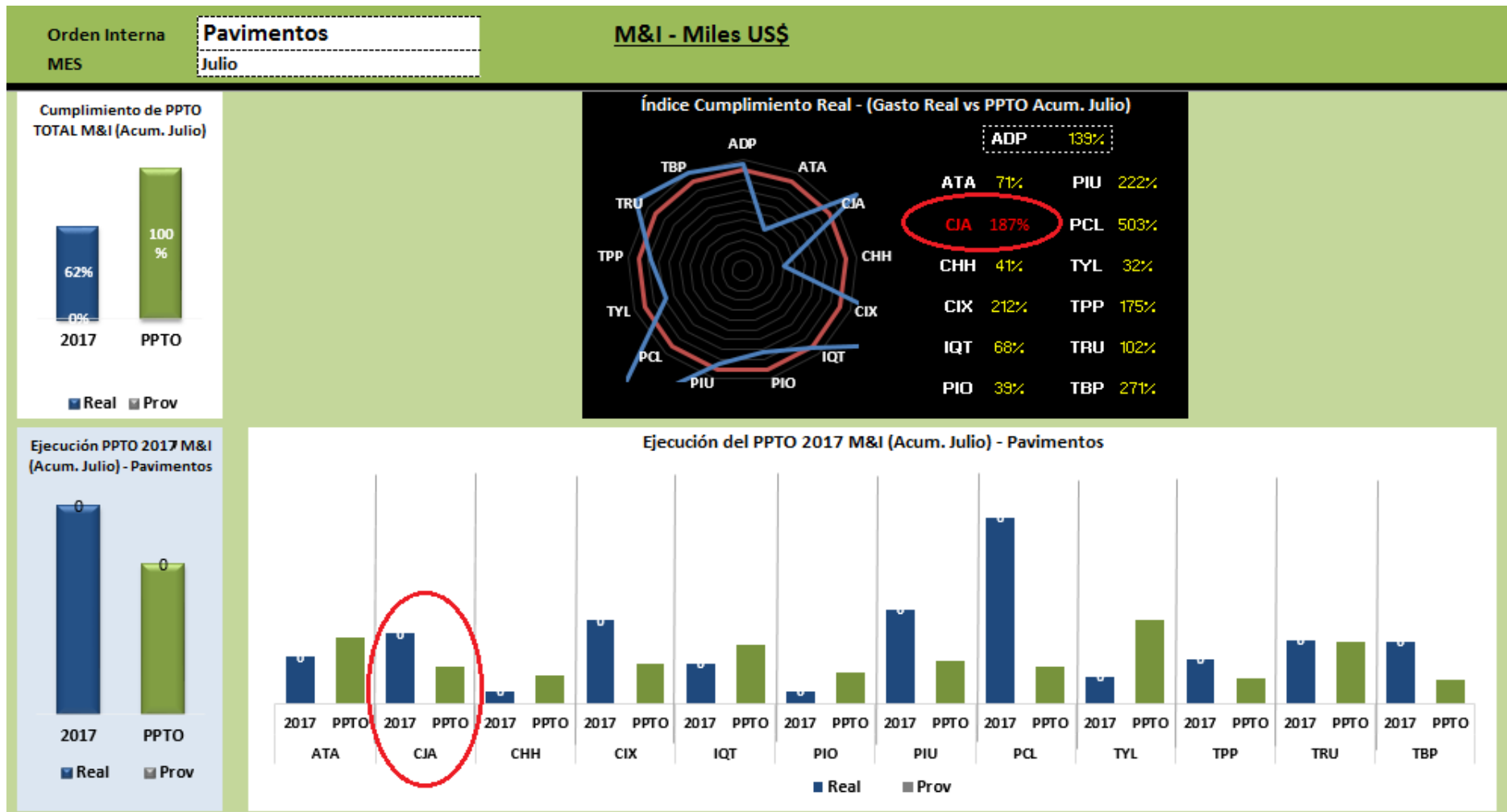


Figura 67. Control y reportes de gastos de mantenimiento rutinario al cierre de julio del 2017  
 Fuente: Propia

Tabla 35. Presupuesto del programa de mantenimiento periódico del pavimento de la pista de aterrizaje mayo/2013 hasta abril/2018

**SEGUNDO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIODICO (PMP) DEL PRIMER GRUPO DE AEROPUERTOS DE PROVINCIA DE LA REPUBLICA DEL PERU**

Aeropuerto : Cajamarca  
 Revision : L  
 Fecha : 19/06/2017  
 Moneda : Dolares Americanos  
 Tipo de Cambio : 3.34

ACTIVIDADES Y/O TAREAS	FRECUENCIA SUGERIDA	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR INTERVENCIÓN USD \$	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL US\$
					01-05-13 al 30-04-14	01-05-14 al 30-04-15	01-05-15 al 30-04-16	01-05-16 al 30-04-17	01-05-17 al 30-04-18	
Slurry asfáltico superficial (CQS)	cada 5 años	m <sup>2</sup>	112,500	1,559,547		1,559,547				1,559,547
Recapeo 1" lado aire	cada 5 años	m <sup>2</sup>	37,500	1,032,795		1,032,795				1,032,795
Sellado de fisuras y grietas menores de 1"	cada 4 años	m	25,478	227,283		227,283				227,283
Bacheos de borde de pistas o márgenes	cada 5 años	m <sup>2</sup>	2,500	105,811		105,811				105,811
Señalización horizontal Lado Aire	cada 2 años	m <sup>2</sup>	11,500	177,170		177,170			177,170	354,340
Remoción de caucho, retexturado y borrado de señalización hori	Segun Necesidad	m <sup>2</sup>	8,200	90,451						0
TOTAL COSTO DIRECTO + GG + UU + IGV				-	\$0	\$3,102,606	\$0	\$0	\$177,170	\$3,279,776
ESTUDIOS DE INGENIERIA (Pavimentos y Infraestructura Civil)				7%	\$0	\$217,182	\$0	\$0	\$12,402	\$229,584
ADMINISTRACION Y GERENCIA DE PROYECTOS				4%	\$0	\$124,104	\$0	\$0	\$7,087	\$131,191
OSITRAN				5%	\$0	\$155,130	\$0	\$0	\$8,858	\$163,989
TOTAL INTANGIBLES				-	\$0	\$496,417	\$0	\$0	\$28,347	\$524,764
TOTAL GENERAL				-	\$0	\$3,102,606	\$0	\$0	\$205,517	\$3,804,540

Fuente: Propia.

Tabla 36. Presupuesto proyectado del programa de mantenimiento periódico del pavimento de la pista de aterrizaje mayo/2018 hasta abril/2023.

TERCER PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIODICO (PMPP) DEL PRIMER GRUPO DE AEROPUERTOS DE PROVINCIA DE LA REPUBLICA DEL PERU



Aeropuerto : Cajamarca  
 Revision : A  
 Fecha : 15/08/2017  
 Moneda : Dolares Americanos  
 Tipo de Cambio : 3.34

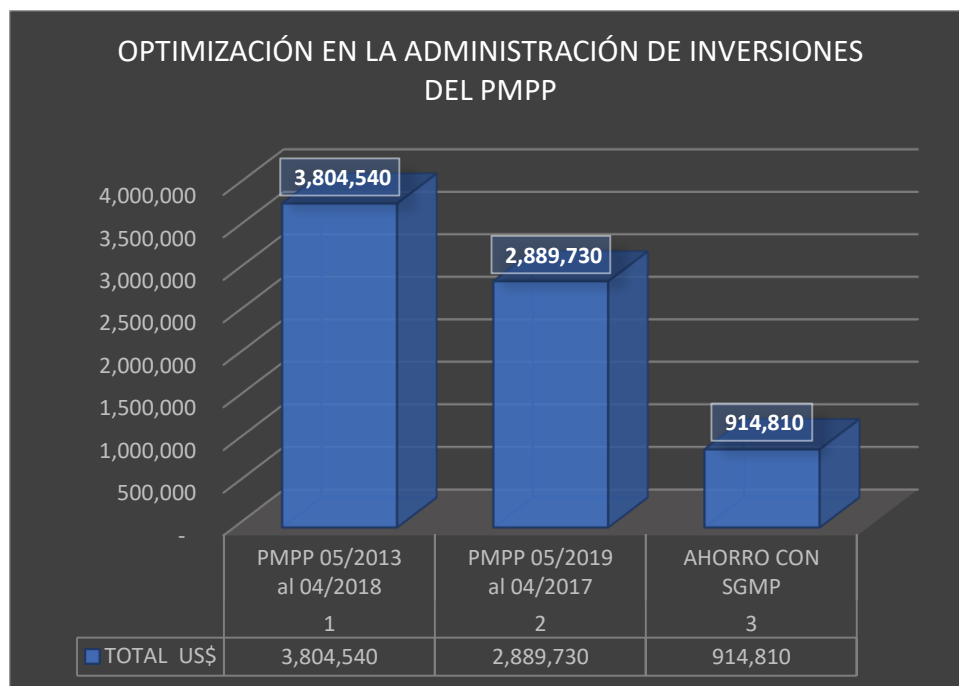
ACTIVIDADES Y/O TAREAS	Alternativa de Intervención	FRECUENCIA SUGERIDA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL US\$
			01-05-18 al 30-04-19	01-05-19 al 30-04-20	01-05-20 al 30-04-21	01-05-21 al 30-04-22	01-05-22 al 30-04-23	
<b>Actividades identificadas con las evaluaciones funcionales</b>								
Bacheo superficial	E	Cada 2 años	3,301					3,301
Sellado de fisuras con elastómero en caliente	O	Cada 2 años	1,517					1,517
<b>Actividades proyectadas con las evaluaciones funcionales</b>								
Sellado superficial con mortero asfáltico	Q	Cada 5 años		1039698				1,039,698
Fresado y recrecimiento asfáltico	H	Cada 5 años		1032795				1,032,795
Sellado de fisuras con elastómero en caliente	O	Cada 2 años		3,033		3,033		6,066
Bacheo superficial	E	Cada 5 años		105810.6				105,811
Señalización horizontal Lado Aire	W	cada 2 años		150,980		150,980		301,959
Remoción de caucho y retexturado	L	Segun Necesidad						-
<b>TOTAL COSTO DIRECTO + GG + UU + IGV</b>			4,818	2,332,316	-	154,013	-	2,491,147
<b>ESTUDIOS DE INGENIERIA (Pavimentos y Infraestructura Civil)</b>			-	163,262	-	10,781	-	174,380
<b>ADMINISTRACION y GERENCIA DE PROYECTOS</b>			193	93,293	-	6,161	-	99,646
<b>OSITRAN</b>			241	116,616	-	7,701	-	124,557
<b>TOTAL INTANGIBLES</b>			434	373,171	-	24,642	-	398,583
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>5,251</b>	<b>2,332,316</b>	<b>-</b>	<b>178,655</b>	<b>-</b>	<b>2,889,730</b>

Fuente: Propia.

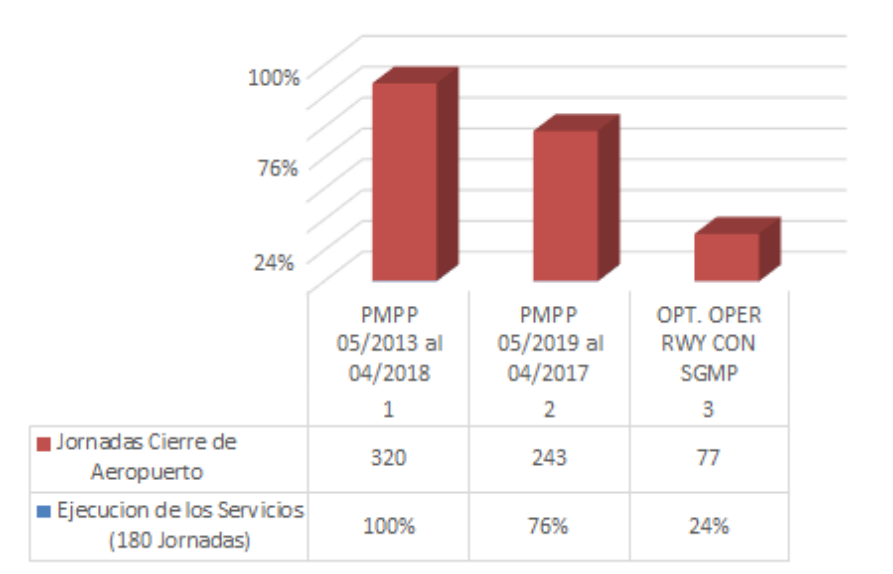
En la tabla el segundo PMP, Se puede determinar que el presupuesto asignado para las labores de mantenimiento periódico, desde abril 2013 hasta mayo del 2018 asciende a tres millones ochocientos cuatro mil quinientos cuarenta dólares americanos (\$3,804,540).

En la tabla del tercer PMP, se puede identificar que el presupuesto proyectado para el mantenimiento periódico del pavimento de la pista de aterrizaje desde abril 2018 hasta mayo 2023 se estima en dos millones ochocientos ochentainueve mil setecientos treinta dólares americanos (\$2,889,730).

Por lo antes expuesto, se determina del análisis que la intervención en la administración de los gastos e inversiones con el uso de un sistema de gestión operativo de mantenimiento de los pavimentos del área de movimiento es sumamente importante puesto que permite optimizar los recursos y hacer una adecuada proyección de gastos como lo demuestra el ahorro que se generaría en los próximos 5 años del cumplimiento del programa de mantenimiento.



**Figura 68. Optimización recursos en el PMPP.**  
Fuente: Propia



**Figura 69. Optimización de tiempos de operatividad de la RWT**  
**Fuente: Propia**

#### **3.4.4 Análisis y descripción de la influencia de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de movimiento de Aeropuertos.**

De acuerdo con los análisis realizados de los resultados de los objetivos precedentes planteados, se describe los procesos a seguir en las evaluaciones funcionales y estructurales. Asimismo, que con el uso de un sistema de gestión operativo de pavimentos nos permite:

- Registro de datos actuales e históricos.
- Evalúa y desarrolla figuras estadísticas por sectores.
- Se definen unidades de muestreo.
- Se identifican los tipos de fallas.
- Se determina las políticas de conservación.
- Se mejora los programas de mantenimientos rutinarios, periódicos.
- Se identifican labores de mantenimiento correctivo antes de que aumente la severidad de la falla.
- Permiten optimizar los recursos financieros en los gastos e inversiones en la conservación de los pavimentos.
  - o Para este caso hemos determinado que aplicando un sistema de gestión operativo, se espera:
    - Ahorro de US\$ 914,810.00 dólares americanos en un periodo de 5 años.
    - Disponibilidad de la pista operativa de 77 jornadas de trabajo menos usando el SGMP.

## **IV. DISCUSIÓN**

#### **4.1 Optimización con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en las políticas de conservación de pavimentos de aeropuertos.**

(Sáez Alván, 2002 págs. 5 - 8), en su investigación del ***Mantenimiento de Pavimentos Flexibles de Aeropuertos mediante árboles de decisión para la indicación de estrategias de mantenimiento.*** Muestra árboles de para la toma de decisiones que ayudan al administrador de la gestión de mantenimiento tener identificadas las fallas en el campo e identificando las respectivas estrategias de mantenimiento.

Se coincide en la importancia de identificar los tipos de fallas, sus severidades, su ubicación, la unidad de muestreo. Que permiten determinar alternativas de solución para cada tipo de fallas y priorizando de acuerdo con un análisis técnico y económico, por ello es necesario estandarizar las políticas de conservación

#### **4.2 La mejora con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, en los programas de mantenimiento de los pavimentos de aeropuertos.**

(Montoya Goicochea, 2007 pág. 33), indica y concordamos con su conclusión que, en la administración de pavimentos, entre sus objetivos básicos, es usar información segura y consistente y desarrollar criterios de decisión, otorgando alternativas contribuyendo a la eficiencia en la determinación de las decisiones, consiguiendo un programa de mantenimiento económicamente óptimo y en el cual se provea una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones implementadas.

Es concordante con nuestras conclusiones la importancia en una adecuada administración de conservación de los pavimentos, son los programas de mantenimiento rutinario, periódicos con un sistema de gestión operativa de



mantenimiento la cual permitirá tener datos confiables y actualizadas para la mejora en la elaboración de los programas de mantenimiento.

#### **4.3 La reducción de los gastos e inversiones con un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento en la administración de la conservación de los pavimentos.**

Contrastando con los objetivos de (Hidalgo Gamarra, 2006 pág. 31), *Evaluación del sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú indica que entre los propósitos principales de la implementación de un sistema de gestión de pavimentos* es la optimización de los costos y los beneficios de racionalizar el uso de recursos económicos.

En este sentido concordamos y demostrados que con el uso de un sistema de gestión operativo de manteniendo de pavimentos es factible la optimización de los recursos financieros, en el presente estado se ha determinado como ejemplo que en el periodo del segundo plan de mantenimiento periódico la inversión a realizar es de 5 años asciende a US\$ US\$ 3,804,540, con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento, en el tercer programa de mantenimiento periódico para un mismo periodo de 5 años, el monto se podría reducir a US\$ 2,889,730, generando un ahorro US\$ 914, 810, y 24% de jornadas de trabajo menos lo que significa 77 jornadas de trabajo menos, es decir mayor tiempo de disponibilidad de la pista de aterrizaje.

#### **4.4 La influencia de la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de movimiento de aeropuertos**

(Garcia , 2012 págs. 839 - 864), en su libro de Ingeniería Aeroportuaria 4ta edición la importancia de establecer un plan de inspección, y como consecuencia un programa de mantenimiento es primordial para operación, la vida útil del pavimento y la economía del aeropuerto.

También es importante resaltar que, según el (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2011 págs. 7 - 34) libro de Mantenimiento y Gestión Vial, indica que, se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se amplía con un menor

presupuesto, cuando se implementa un sistema de conservación , integrados a un programa de Gestión de Pavimentos en el cual contiene modelos económico para optimizar los fondos destinados a la conservación de los pavimentos.

Resulta que, con los antecedentes y teorías relacionadas antes descritas, se coincide en plenitud, puesto que como objetivo principal de la investigación de planteó describir cómo influye la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de movimiento de aeropuertos, lo que se demuestra que con el relevamiento de datos y registro de información de evaluación precedentes. el ingreso de la información recopila a la base de datos, el análisis y determinación de las políticas de conservación, la planificación y administración de los gastos e inversiones a desarrollarse en el corto, mediano y largo plazo.

## **V. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES.**

## **Conclusiones**

### **Las políticas de conservación de pavimentos.**

La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento optimiza las políticas de conservación de pavimentos, puesto que, de contar con solo 6 tipos de intervenciones, se ha pasado a identificar 17 políticas de conservación, permitiendo fijar los estándares de calidad de los trabajos de mantenimiento.

### **Programas de mantenimiento**

La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento, contribuye en la mejora de los programas de mantenimiento de los pavimentos, esto se demuestra que con una adecuada programación partiendo con una base de datos confiable, pasando de 2 intervenciones de mantenimiento rutinario al año y otra según necesidad (N veces), se fijan 18 intervenciones menores, con metrados e identificación de zonas a intervenir. Esto nos lleva a garantizar la continuidad y seguridad operacional del aeropuerto.

### **Administración de gastos e inversiones.**

La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de movimiento reduce los gastos e inversiones en la administración de la conservación de los pavimentos demostrando que se proyecta ahorrar US\$ 914,809.00 y se reduce en 24% jornadas de trabajo lo cual nos permite tener la pista de aterrizaje a disponibilidad de las operaciones de 77 jornadas de trabajo.

### **Sistema de gestión operativo de mantenimiento**

Por lo antes descrito, la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento influye en la conservación de pavimentos en área de movimiento, permitiendo consolidar, información actualizada e histórica de los trabajos y estudios realizados, para su uso con un análisis técnico y económico,

mejorando la gestión de conservación y la seguridad operacional en los pavimentos del área de movimiento.

## **Recomendaciones**

### **Las políticas de conservación de pavimentos.**

A la Dirección de Seguridad Aeronáutica, de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerios de Transportes y Comunicaciones (MTC), se sigue, considerando la alta y respetable capacidad de profesionales técnicos con los que cuenta, evaluar la emisión de una norma técnica complementaria que enmarque las frecuencias mínimas de realización de las evaluaciones de funcionales y estructurales en los pavimentos aeroportuarios, permitiendo que con la información obtenida y el uso de un sistema de gestión de pavimentos, se determinen las políticas de conservación estandarizando los trabajos de mantenimiento, considerando identificando los materiales y procedimientos constructivos a utilizar en el aérea de movimiento.

### **Programas de mantenimiento**

A la Dirección de Seguridad Aeronáutica, de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerios de Transportes y Comunicaciones (MTC), se sugiere que se continúe con los estudios con sus profesionales especializados, la emisión de una norma técnica complementaria, enmarcando que los programas de mantenimientos rutinarios y periódicos se generen con la información de entrada, los resultados de las evaluaciones de funcionales y estructurales a los pavimentos del área de movimiento, con el uso de una herramienta de gestión de mantenimiento de los pavimentos del área de movimientos de aeropuertos. Lo que permitirá generar y actualizar los programas de mantenimiento rutinarios, periódicos y de ser el caso identificar y ejecutar los mantenimientos correctivos antes de que la falla suba de severidad. Aportando en mejorar la seguridad y continuidad operacional del aeropuerto con la confiabilidad de los pavimentos en el tiempo.

## **Administración de gastos e inversiones**

A la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerios de Transportes y Comunicaciones (MTC), se sugiere continuar con las investigaciones y evaluar la necesidad de emisión de una NTC que enmarque el uso de los resultados de evaluaciones de funcionales y estructurales en la sustentación de los presupuestos de inversiones en la conservación o rehabilitación de los pavimentos del área de movimiento, permitiendo evaluar financieramente las inversiones durante la vida útil de los pavimentos implementando un sistema de conservación, lo que permitirá evaluar técnica y económicamente integrando estratégicamente a los programas de mantenimiento, a razón de las políticas de conservación en el cual se utilizan modelos económicos para mejorar los rendimientos de los recursos financieros destinados para dicha gestión.

### **Sistema de gestión operativo de mantenimiento.**

A la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerios de Transportes y Comunicaciones (MTC), se sugiere que con el personal altamente calificado con que cuenta, se continúe con los estudios y evalúen la emisión una norma técnica complementaria, que contemple recomendación la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento de pavimentos del área de movimiento, herramienta amigable en su uso del personal técnico de las gerencias responsables en la conservación de los pavimentos, permitiendo una adecuada gestión del mantenimiento de los pavimentos, mejorando la seguridad y continuidad operacional del aeropuerto.

### **Otras recomendaciones.**

- a) A la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), humildemente se sugiere, la evaluación de aclaración en la ASTM D 5340, Índice de Condición de Pavimentos en Aeropuertos (PCI), que las unidades de muestra de los pavimentos de hormigón (PCC)

y para pavimentos de concreto asfáltico (CA), se seleccionen, en las pistas de aterrizajes y pistas de taxeo en tercios (izquierdo, central y derecho) longitudinalmente a la senda de rodaje. Permitiendo una evaluación de pavimentos considerando los esfuerzos a los que está expuesto distintos tercios del pavimento.

- b) A la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerios de Transportes y Comunicaciones (MTC), se sugiere que con sus excelentes profesionales de gran experiencia y especialistas con los que cuenta, evalúen los intervalos máximos de medición de la NTC 006 -2013 emitida por DSA/DGAC/MTC - “Notificación de Superficies Pavimentadas con Presencia de Agua y Características de Rozamiento de pistas pavimentadas, considerando que a mi humilde sugerencia, dichos intervalos están medidos por cantidad de operaciones, sin embargo esta medición no es fiable, considerando que, la cantidad de operaciones anuales de una aeronave del “tipo A” se contabilizan igual que de una aeronave del “tipo D”, evidenciando que una aeronave del Tipo D genera mayor acumulación de caucho en el pavimento que una de menor ACN.

## **Limitaciones**

En la investigación, al no contar con un sistema de gestión operativo de pavimentos, y mucho menos un sistema dirigido a la gestión de conservación de pavimentos del área de movimientos de aeropuertos, se vio la necesidad de demostrar los beneficios de la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento para la conservación de los pavimentos, utilizando el programa Excel donde se ha logrado simulado los principales resultados que brinda un sistema de gestión operativo que existen en el mercado, como el programa de (ALACPA, 2013 págs. 33 - 46), en el X Seminario ALACPA de Pavimentos Aeroportuarios, se indicó que el software, Micropaver del Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, que tiene por objeto contar la información actualizada acerca del estado del Pavimento, Permite realizar Predicciones y

Costeos introduciendo el concepto de modelos de deterioro para las distintas secciones que componen las redes.

Se debe tener en consideración que el pavimento del área de movimientos del aeropuerto de Cajamarca es solo del tipo flexible, por lo tanto, los procedimientos para las evaluación funcional y estructural descritas en la presente investigación aplica solo para pavimentos aeroportuarios flexibles, no para pavimentos mixtos y tampoco para rígidos.



## REFERENCIAS

- ALACPA. 2013.** Asociación Latinoamericana y del Caribe de Pavimentos aeroportuarios web site. *Asociación Latinoamericana y del Caribe de Pavimentos aeroportuarios web site*. [En línea] 2 de Octubre de 2013. [Citado el: 26 de agosto de 2017.] [www.alacpa.org](http://www.alacpa.org).
- ASTM. 2005.** APENDICE XI DE NORMA ASTM D 5340 INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS EN AEROPUERTOS. *EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFALTICO (AC)*. s.l. : ASTM, 2005. Vol. 1.
- . **2005.** NORMA ASTM D 5340 . *INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS EN AEROPUERTOS (PCI)*. s.l. : ASTM, 2005. Vol. 1.
- Atiezo López, José Guillermo y Rosales Rodriguez, José Bernardo. 2008.** *Guía de inspección en pavimentos aeroportuarios*. Mexico : Instituto Politecnico Nacional - Tesis, 2008.
- 2013.** Carrasco Diaz. 2013.
- Carrasco Diaz, Sergio. 2013.** *Metodologia de la investigacion cientifica*. Lima : San Marcos, 2013.
- . **2006.** *Metodologia de la Investigación científica*. Primera. Lima : San Marcos, 2006.
- Castellón Camacho, Sidney Patricia. 2007.** *Sistema de Gestión de Pavimentos en el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós*. Costa Rica : Instituto Tecnológico de Costa Rica - Tesis, 2007.
- García , Marco Cruzado. 2012.** *Ingeniería Aeroportuaria 4ta edición*. Madrid : Fundación AENA, 2012.
- Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM (GREPECAS). 2015.** *Medidas de Mitigación en las Excursiones de Pista*. Mexico : OACI, 2015.
- Hernández Sampieri, Roberto, FERNANDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, María del Pilar. 2010.** *Metodología de la investigación*. Quinta edición. México D.F. : McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2010. pág. 613. 978-607-15-0291-9.
- Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014.** *Metodologia de la investigacion*. Mexico : McGRAW-HILL, 2014.
- Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014.** *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. Lima : Mc Graw Hill Education, 2014. ISBN/ 978-14562-2396-0.
- Hidalgo Gamarra, Joissy Catherine. 2006.** *Evaluación del sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú*. Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UTP) - Tesis, 2006.
- Higuera, Carlos Hernando. 2012.** *Nociones sobre evaluación y rehabilitación de estructuras de pavimentos*. Tunja : Universidad de Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2012. 978-958-660-187-0.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. 2011.** *Mantenimiento y Gestión Vial*. Lima : Instituto de la Construcción y Gerencia, 2011.
- Mejía Mejía, Elias. 2005.** *Técnicas e instrumentos de investigación*. Lima : San Marcos, 2005.
- Montoya Goicochea, Jorge Eduardo. 2007.** *Implementación del sistema de gestión de pavimentos con herramientas HDM-4 para la Red Vial No 5 Tramo Ancon-Huacho-Pativilca*. Lima : Universidad Ricardo Palma - Tesis., 2007.
- Norma ASTM D 5340 . 2005.** *Indice de Condición de Pavimentos en Aeropuertos (PCI)*. s.l. : ASTM, 2005.
- ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI). 2016.** *Anexo 14 al convenio sobre Aviación Civil - Aerodromos Volumen I - Séptima edición*. s.l. : ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI), 2016.

—. 2012. *Cir 329, Evaluación, medición y notificación del estado de la superficie de la pista*. Montreal : ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI), 2012. 978-92-9249-074-4.

**Osuma Ruiz, Rafael Eduardo. 2008.** *Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán*. Sin. Mazatlán : Universidad Nacional Autónoma de México - Tesis, 2008.

**Parella Stracuzzi, Santa y Martins Pestana, Feliberto. 2012.** *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas : FEDUPEL, 2012.

**Péraire, Cécile, y otros. 2007.** *The IBM Rational Unified Process for System z. s.l. : This edition applies to the IBM Rational Method Composer Version 7.1, 2007. 073848900X.*

**Ruiz Bolívar, Carlos. 2005.** *Programa Interinstitucional en Educación*. Bolivia : UPEL/PIDE, 2005.

**Sáez Alván, Lucía del Pilar. 2002.** *Mantenimiento de Pavimentos Flexibles de Aeropuertos mediante árboles de decisión para la indicación de estrategias de mantenimiento*. Lima : Seminario Sobre Mantenimiento de Pavimentos de Aeropuertos y Curso rápido sobre la interacción de aeronave pavimento, 2002.

**Sanchez Carlessi, Hugo y Reyes Meza, Carlos. 2006.** *Metodología y diseño en la investigación científica*. Lima : Vision Universitaria, 2006.

**Solminihac T., Hernán . 2005.** *Gestión de infraestructura vial*. Colombia : Alfaomega Grupo Editor, 2005.

**Tamayo Tamayo, Mario. 2003.** *EL PROCESO DE LA INVESTIGACION CINETIFICA*. Mexico : LIMUSA, S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES, 2003.

**Valderrama Mendoza, Santiago. 2013.** *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima : San Marcos, 2013. pág. 495. 978-612-302-878-7.

*Solminihac, H; Gestion de infraestructura vial. Chile, (2005)*

*Bermejo F., Ingeniero aeronáutico, Mantenimiento y conservación aeroportuaria, Madrid, Barajas (2005).*

*Osuna, R., Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán, Maestro en Ingeniería, Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de México (2008).*

*Castellón, S; Sistema de Gestión de Pavimentos en el Aeropuerto Internacional, Licenciatura en Ingeniería en Construcción, Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2007.*

*Atienzo, J; Guía de Inspección en Pavimentos Aeronáuticos, Ingeniero Aeronautico, Instituto Politécnico Nacional, México, 2008.*

*Sáez, L; Mantenimientos de Pavimentos Flexibles de Aeropuertos mediante árboles de decisión para la indicación de estrategias de mantenimiento, Ingeniería Civil, Universidad San Martín de Porres, 2000.*

*Montoya, J; Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca, INGENIERO CIVIL, UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, Lima, 2007.*

*Hidalgo, J; Evaluación del sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú, Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Perú, 2006.*

*Rodriguez, E; Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de Castilla, Bachiller, Ingeniería Civil, Universidad de Piura, Piura – Perú, 2009.*

*Higuera, C; Nociones sobre evaluación y rehabilitación de estructuras de pavimentos, Universidad pedagógica y técnica de Colombia, 2012.*

*Bockelmann. C; Castillo D. & Gordillo. C. Evaluación de pavimentos. Popaya. Universidad de Cauca, 2001*

*Solminihac, H; Gestión de infraestructura vial (3ra. Ed). Universidad Católica de Chile 2005*

*Bermejo, F; Ingeniero aeronáutico, Mantenimiento y conservación aeroportuaria, Madrid, Barajas (2005)*

*Haas, R; Moder pavement management. Hardcover 1993.*

*García, M; Ingeniería aeroportuaria (4ta Ed) 2013.*

*Carrasco, P; Revista de AENA, Evaluación estructural de pavimentos aeroportuarios (2da Ed) 2009.*

*Céspedes, A; Universidad Nacional de Cajamarca, Los pavimentos en las vías terrestres calles, carreteras y aeropuertos, 2002*

*Instituto de la construcción y gerencia, Gestión de infraestructura vial, (1ra Ed) 2006*

*Anexo 14 Volumen I OACI Diseño y operaciones de aeródromos.*

*Anexo 15 OACI Servicios de información aeronáutica.*

*PAR 314 DGAC/MTC Volumen I Diseño y operaciones de aeródromos.*

*Doc 9137-AN/898, OACI Parte 2, Manual de servicios de aeropuertos – Estado de la superficie de los pavimentos.*

*Doc 9137-AN/898, OACI Parte 8, Manual de servicios de aeropuertos - Servicios operacionales de aeropuerto.*

*Doc 9137-AN/898, OACI Parte 9, Manual de servicios de aeropuertos - Métodos de mantenimiento de aeropuertos.*

*ASTM D 5340 -PCI Índice de condición superficial de pavimentos.*

*Circular 329 AN/191- OACI Evaluación, medición y notificación del estado de la superficie de la pista.*

*Manual de inspección de Aeródromos (MIAGA) DGAC – MTC*

*[http://www.academia.edu/16248722/CARACTER%3%8DSTICAS\\_GENERALES\\_DEL\\_DEPARTAMENTO\\_DE\\_CAJAMARCA](http://www.academia.edu/16248722/CARACTER%3%8DSTICAS_GENERALES_DEL_DEPARTAMENTO_DE_CAJAMARCA)*


## **ANEXOS**


## Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general.</p> <p>¿Cómo influye la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de maniobras - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017?</p> <p>Problemas Específicos.</p> <p>1.- ¿Cuánto optimiza de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de maniobras, en las políticas de conservación de pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017?</p> <p>2.- ¿Cuál es la mejora con la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de maniobras, en los programas de mantenimiento de los pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017?</p> <p>3.- ¿En cuánto reduce la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de maniobras en la administración de gastos e inversiones - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017?</p>	<p>Objetivo general.</p> <p>Describir la influencia de la implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento en la conservación de pavimentos en área de maniobras - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.</p> <p>Objetivos específicos.</p> <p>1.- Determinar la optimización de la implementación de un sistema operativo de gestión de mantenimiento del área de maniobras, en de las políticas de conservación de pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.</p> <p>2.- Demostrar la mejoran con la implementación de un sistema operativo de gestión de mantenimiento del área de maniobras, en los programas de mantenimiento de los pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.</p> <p>3.- Analizar lla reducción de gastos con la implementación de un sistema operativo de gestión de mantenimiento del área de maniobras en la administración de gastos e inversiones en la conservación - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento influye en la conservación de pavimentos en área de maniobras - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.</p> <p>Hipótesis Específicas.</p> <p>1.- La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de maniobras, optimiza las políticas de conservación de pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.</p> <p>2.- La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de maniobras, contribuye en la mejora de los programas de mantenimiento de los pavimentos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.</p> <p>3.- La implementación de un sistema de gestión operativo de mantenimiento del área de maniobras reduce los gastos e inversiones en la administración de la conservación de los pavimntos - Caso de Aeropuerto de Cajamarca en el 2017.</p>	<p><b>Variable 1:</b></p> <p>Gestión de mantenimiento.</p> <p><b>Variable 2:</b></p> <p>Conservación de pavimentos</p>	<p><b>METODO:</b> Científico</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL:</b> Explicativo</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Pre experimental</p> <p><b>POBLACION:</b> 126,300 m2 de los pavimentos del área de maniobras (pista de aterrizaje, calle de rodaje y plataforma de aeronaves) del aeropuerto de Cajamarca</p> <p><b>MUESTREO:</b> No probabilístico del tipo intencional.</p> <p><b>MUESTRA:</b> Los 112,500 m2 que representa el área pavimentada de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Cajamarca.</p> <p><b>TECNICA:</b> - Observación directa.</p> <p><b>INSTRUMENTOS</b> - Ficha de recopilación de datos</p>

Fuente : Propia.

## Fichas validadas por Profesionales

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE REGISTRO DE DATOS																VALORACIÓN DE FICHA DE REGISTRO									
PROYECTO		SISTEMA DE GESTIÓN OPERATIVA DE MANTENIMIENTO PARA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN ÁREA DE MANIOBRAS – CASO AEROPUERTO DE CAJAMARCA 2017																0.9									
AUTOR		MIGUEL ANGEL VALDIVIA AVILA																0.85									
VARIABLE (1)		SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO																0.95									
DIMENSIÓN (1)		CRITERIOS DE CONSERVACIÓN																0.95									
<b>UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN - AEROPUERTO DE CAJAMARCA - PERÚ</b>																		0.95									
REGIÓN		CAJAMARCA				DISTRITO				BAÑOS DEL INCA				0.9													
PROVINCIA		CAJAMARCA				COORD. GEOGRAFICAS ARP:				07°08'24" S 078°29' 26" w				0.85													
FECHA DE FORMATO		10 DE MAYO 2017				M.S.N.M				2,676 m				0.95													
<b>I. EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DEL AREA DE MANIOBRAS (STANDARD TEST METHOD FOR AIRPORT PAVEMENT CONDITION INDEX SURVERYS ASTM D 5340-04)</b>																		0.9									
CLIENTE :		ADP: AEROPUERTOS DEL PERÚ				INSPECCIONADO POR :								0.95													
SECTOR :		RWY 16 / 34				APROBADO POR :								0.95													
TIPO DE PAVIMENTO:		FLEXIBLE				FECHA :								0.95													
DESCRIPCIÓN	PCI:ASTM D 5340-04			TIPO DE DETERIORO REGISTRADO																PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE						
	PROGRESIVA		ÁREA	Severidad	Pierde cordillo	Evaluación	fisura de bloque	Ondulación	Depresión	Erosión chorro de turbina	Reflexión de juntas PCC (m)	Fisuras long. Y transv. (m)	Derribo de combustible	Bacheos	Agregado Pulido	Peladura	Ahueamiento	PCC expuesto	Fisura por deslizamiento			Hinchamiento					
	Del km	Al km	m²																				1	2	3	4	5
B 1	00+000	00+030	450.00	L M H																							
B 2	00+030	00+060	450.00	L M H																							
B 3	00+060	00+090	450.00	L M H																							
B 4	00+090	00+120	450.00	L M H																							
B 5	00+120	00+150	450.00	L M H																							
B 6	00+150	00+180	450.00	L M H																							
B 7	00+180	00+210	450.00	L M H																							
B 8																											
Observaciones :																		0.9									
<b>EVALUADOR DE HOJA DE VALIDACIÓN</b>																		PROMEDIO									
NOMBRE:		WILSON ARANDA CHAVEZ																0.91									
INGENIERO:		CIVIL																									
EMPRESA:		OSITRAN																									
CARGO:		SUPERVISOR DE INVERSIONES																									
AREA:		GERENCIA DE SUPERVISION Y FISCALIZACION																									
 WILSON ARANDA CHAVEZ INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 54877																											

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		VALORACIÓN DE FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
PROYECTO	SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN ÁREA DE MANIOBRAS - CASO AEROPUERTO DE CAJAMARCA 2017				0.85
AUTOR	MIGUEL ANGEL VALDIVIA AVILA				
VARIABLE (1)	SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO				
DIMENSIÓN (1)	CRITERIOS DE CONSERVACIÓN				0.9
UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN - AEROPUERTO DE CAJAMARCA - PERÚ					
REGIÓN	CAJAMARCA	DISTRITO	BAÑOS DEL INCA		
PROVINCIA	CAJAMARCA	COORD. GEOGRAFICAS ARP:	07°08'24" S 078°29' 26" w		
FECHA DE FORMATO	10 DE MAYO 2017	M.S.N.M	2,676 m		0.96
I. EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DEL AREA DE MANIOBRAS (STANDARD TEST METHOD FOR AIRPORT PAVEMENT CONDITION INDEX SURVERYS ASTM D 5340-04)					
AEROPUERTO	CAJAMARCA	REALIZADO POR:			
ÁREA DE MUESTREO:	450m2	APROBADO POR:			
SECTOR :	RWY 16 / 34	FECHA:			
PAVIMENTO FLEXIBLE - FALLAS					
TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN	U. MED			
1	Piel de cocodrilo	m2			
2	Exudación	m2			
3	Fisura de bloque	m			
4	Ondulación	m2			
5	Depresión	m2			
6	Erosión por chorro de turbina	m2			
7	Reflexión de juntas PCC	m			
8	Fisura long. v transv.	m			
9	Derrame de combustible	m2			
10	Bacheos	m2			
11	Agregado pulido	m2			
12	Peladura	m2			
13	Ahuellamiento	m2			
14	PCC expuesto	m2			
15	Fisuras por deslizamiento	m			
16	Hinchamiento	m2			
SEVERIDAD	BAJO L	MEDIA M	ALTO H	0.95	
UNIDAD DE MUESTREO	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	0.9	
Observaciones :				0.85	
EVALUADOR DE HOJA DE VALIDACIÓN		FIRMA Y NUMERO DE CIP	PROMEDIO		
NOMBRE:	WILSON ARANDA CHAVEZ	 <small>WILSON ARANDA CHAVEZ INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 54877</small>	0.90		
INGENIERO:	CIVIL				
EMPRESA:	OSITRAN				
CARGO:	SUPERVISOR DE INVERSIONES				
AREA:	GERENCIA DE SUPERVISION Y FISCALIZACION				

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS**

<b>PROYECTO</b>	SISTEMA DE GESTIÓN OPERATIVA DE MANTENIMIENTO PARA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN ÁREA DE MANIOBRAS – CASO AEROPUERTO DE CAJAMARCA 2017		
<b>AUTOR</b>	MIGUEL ANGEL VALDIVIA AVILA		
<b>VARIABLE (1)</b>	SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO		
<b>DIMENSIÓN (1)</b>	CRITERIOS DE CONSERVACIÓN		

**UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN - AEROPUERTO DE CAJAMARCA - PERÚ**

<b>REGIÓN</b>	CAJAMARCA	<b>DISTRITO</b>	BAÑOS DEL INCA
<b>PROVINCIA</b>	CAJAMARCA	<b>COORD. GEOGRAFICAS ARP:</b>	07°08'24" S 078°29' 26" w
<b>FECHA DE FORMATO</b>	10 DE MAYO 2017	<b>M.S.N.M</b>	2,676 m

**I. EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DEL AREA DE MANIOBRAS (STANDARD TEST METHOD FOR AIRPORT PAVEMENT CONDITION INDEX SURVERYS ASTM D 5340-04)**


<b>CLIENTE :</b>	ADP. AEROPUERTOS DEL PERÚ	<b>INSPECCIONADO POR :</b>	
<b>SECTOR :</b>	RWY 16 / 34	<b>APROBADO POR :</b>	
<b>TIPO DE PAVIMENTO:</b>	FLEXIBLE	<b>FECHA :</b>	

DESCRIPCIÓN	PCI:ASTM D 5340-04			TIPO DE DETERIORO REGISTRADO																PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	
	PROGRESIVA		ÁREA m <sup>2</sup>	Severidad	Piel de cocodrilo	Exudación	fisura de bloque	Ondulación	Depresión	Erosión chorro de turбина	Reflexión de juntas PCC (m)	Fisuras long. Y transv. (m)	Derrame de combustible	Bacheos	Agregado Pulido	Peladura	Alvellamiento	PCC expuesto	Fisura por deslizamiento			Hinchamiento
	Del km	Al km																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16							
B 1	00+000	00+030	450.00	L M H																		
B 2	00+030	00+060	450.00	L M H																		
B 3	00+060	00+090	450.00	L M H																		
B 4	00+090	00+120	450.00	L M H																		
B 5	00+120	00+150	450.00	L M H																		
B 6	00+150	00+180	450.00	L M H																		
B 7	00+180	00+210	450.00	L M H																		
B 8																						

Observaciones :

**EVALUADOR DE HOJA DE VALIDACIÓN**

FIRMA Y NUMERO CIP

<b>NOMBRE:</b>	JUAN JOSE MAGUIÑA CORTEZ	 JUAN JOSE MAGUIÑA CORTEZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 82112
<b>INGENIERO:</b>	CIVIL	
<b>EMPRESA:</b>		
<b>CARGO:</b>		
<b>AREA:</b>		

VALORACIÓN DE FICHA DE REGISTRO

0.95

0.95

0.95

0.98

0.9

PROMEDIO

0.95





# Carta de Autorización de Aeropuertos del Perú para el uso Información de las EFES



Jr. Domenico Morelli 110 Of. 301 San Borja  
Lima - Perú  
T: (511) 513-3800  
F: (511) 513-3820  
www.adp.com.pe



**ADP**  
**CARGO**

Carta N° 30-2017-GG-AdP

Lima, 14 de agosto de 2017

Señores  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
Universidad César Vallejo - Sede Lima Norte  
Alfredo Mendiola 6232. Los Olivos  
Presente.-

Estimados señores,

Me es grato saludarlos y hacer referencia al proyecto de investigación: "Sistema de Gestión de Mantenimiento para Conservación de Pavimentos en el Área de Maniobras – Caso Aeropuerto de Cajamarca 2017", que nuestro colaborador **Miguel Angel Valdivia Avila**, identificado con DNI No. 09794633 y Código de la Universidad No. 6500076683, viene desarrollando en el marco de la etapa final de la carrera de Ingeniería Civil.

Al respecto, confirmamos que el Sr. Valdivia cuenta con la autorización de Aeropuertos del Perú S.A. para hacer uso de los resultados de las evaluaciones estructurales y funcionales de los pavimentos del lado aire del Aeropuerto de Cajamarca, los cuales fueron elaborados durante el periodo de la concesión hasta la fecha.

Agradeciendo su gentil atención, me despido.

Atentamente,

**Evans Avendaño Tapia**  
**Gerente General**

c.c. Miguel Angel Valdivia Avila



## Glosario:

El presente glosario está en concordancia con:

- Anexo 14 de OACI (ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI), 2016),
- Norma de identificación del *Índice de Condición de pavimento (PCI)* (Norma ASTM D 5340 , 2005).
- Circular OACI 329-AN/191 (ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI), 2012).

**Actuación humana.** Capacidades y limitaciones humanas que repercuten en la seguridad y eficiencia de las operaciones aeronáuticas.

**Aeródromo.** Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinado total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.

**Aeródromo certificado.** Aeródromo a cuyo explotador se le ha otorgado un certificado de aeródromo.

**Apartadero de espera.** Área definida en la que puede detenerse una aeronave, para esperar o dejar paso a otras, con objeto de facilitar el movimiento eficiente de la circulación de las aeronaves en tierra.

**Área de aterrizaje.** Parte del área de movimiento destinada al aterrizaje o despegue de aeronaves.

**Área de movimiento.** Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas.

**Área de movimiento.** Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, integrada por el área de movimiento y las plataformas.

**Área de seguridad de extremo de pista (RESA).** Área simétrica respecto a la prolongación del eje de la pista y adyacente al extremo de la franja, cuyo objeto

principal consiste en reducir el riesgo de daños a un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo.

**Área de señales.** Área de un aeródromo utilizada para exhibir señales terrestres.

**Aterrizaje interrumpido.** Maniobra de aterrizaje que se suspende de manera inesperada en cualquier punto por debajo de la altitud/altura de franqueamiento de obstáculos (OCA/H).

**ATC (Air Traffic Control) Control de Tránsito Aéreo.** Órgano operacional responsable por la prestación de los servicios de control de tránsito aéreo, además de los servicios de información de vuelo y de alerta.

**Baliza.** Objeto expuesto sobre el nivel del terreno para indicar un obstáculo o trazar un límite.

**Calidad de los datos.** Grado o nivel de confianza de que los datos proporcionados satisfarán los requisitos del usuario de datos en lo que se refiere a exactitud, resolución e integridad.

**Calle de rodaje.** Vía definida en un aeródromo terrestre, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeródromo, incluyendo:

- a) *Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave.* La parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves solamente.
- b) *Calle de rodaje en la plataforma.* La parte de un sistema de calles de rodaje situada en una plataforma y destinada a proporcionar una vía para el rodaje a través de la plataforma.

- c) *Calle de salida rápida.* Calle de rodaje que se une a una pista en un ángulo agudo y está proyectada de modo que permita a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores que las que se logran en otras calles de rodaje de salida y logrando así que la pista esté ocupada el mínimo tiempo posible.

**Clasificación de los datos aeronáuticos de acuerdo con su integridad.** La clasificación se basa en el riesgo potencial que podría conllevar el uso de datos alterados. Los datos aeronáuticos se clasifican como:

- a) *datos ordinarios:* muy baja probabilidad de que, utilizando datos ordinarios alterados, la continuación segura del vuelo y el aterrizaje de una aeronave corran riesgos graves que puedan originar una catástrofe;
- b) *datos esenciales:* baja probabilidad de que, utilizando datos esenciales alterados, la continuación segura del vuelo y el aterrizaje de una aeronave corran riesgos graves que puedan originar una catástrofe; y
- c) *datos críticos:* alta probabilidad de que, utilizando datos críticos alterados, la continuación segura del vuelo y el aterrizaje de una aeronave corran riesgos graves que puedan originar una catástrofe.

**Clasificación de la Condición del Pavimento:** es una descripción verbal de la condición del pavimento en función al valor del PCI, varía de Colapsado a Excelente.

**Coeficiente de rozamiento.** Relación sin dimensiones entre la fuerza del rozamiento que se produce entre dos cuerpos y la fuerza normal que presiona dichos cuerpos.

**Contaminantes.** Depósito (tal como la nieve, nieve fundente, hielo, agua estancada, barro, polvo, arena, aceite y caucho) sobre el pavimento que recorre una aeronave y cuyo efecto va en detrimento de las características de rozamiento de la superficie de dicho pavimento.

**Elevación del aeródromo.** Elevación del punto más alto del área de aterrizaje.

**Explotador de Aeródromo.** Es la persona Natural o Jurídica consignada en la autorización de funcionamiento, obligada a mantener o conservar el aeródromo y a comunicar a la DGAC las limitaciones temporales o permanentes que afecten su uso.

**Fallas del Pavimento:** indicadores externos del deterioro del pavimento causado por cargas, factores atmosféricos, deficiencias en su construcción, o una combinación de estas. Fallas típicas son las fisuras, el ahuellamiento, y peladura superficial del pavimento. Los tipos de falla y sus niveles de severidad detallados en el apéndice X1 para pavimentos Asfálticos (AC) y apéndice X2 para pavimentos de hormigón (PCC), deben ser utilizados para lograr valores de PCI precisos.

**Franja de calle de rodaje.** Zona que incluye una calle de rodaje destinada a proteger a una aeronave que esté operando en ella y a reducir el riesgo de daño en caso de que accidentalmente se salga de ésta.

**Franja de pista.** Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:

- a) reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista; y
- b) proteger a las aeronaves que la sobrevuelan durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

**Indicador de sentido de aterrizaje.** Dispositivo para indicar visualmente el sentido designado en determinado momento, para el aterrizaje o despegue.

**Longitud del campo de referencia del avión.** Longitud de campo mínima necesaria para el despegue con la masa máxima certificada de despegue al nivel del mar, en atmósfera tipo, sin viento y con pendiente de pista cero, como se indica en el correspondiente manual de vuelo del avión, prescrito por la autoridad que otorga el certificado, según los datos equivalentes que proporcione el fabricante del avión.

Longitud de campo significa longitud de campo compensado para los aviones, si corresponde, o distancia de despegue en los demás casos.

**Índice de Condición de pavimento (PCI):** es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor.

**Margen.** Banda de terreno que bordea un pavimento, tratada de forma que sirva de transición entre ese pavimento y el terreno adyacente.

**Número de clasificación de aeronaves (ACN).** Cifra que indica el efecto relativo de una aeronave sobre un pavimento, para determinada categoría normalizada del terreno de fundación.

*Nota.— El número de clasificación de aeronaves se calcula con respecto a la posición del centro de gravedad (CG), que determina la carga crítica sobre el tren de aterrizaje crítico. Normalmente, para calcular el ACN se emplea la posición más retrasada del CG correspondiente a la masa bruta máxima en la plataforma (rampa). En casos excepcionales, la posición más avanzada del CG puede determinar que resulte más crítica la carga sobre el tren de aterrizaje de proa.*

**Número de clasificación de pavimentos (PCN).** Cifra que indica la resistencia de un pavimento para utilizarlo sin restricciones.

**Objeto extraño (FOD).** Objeto inanimado dentro del área de movimiento que no tiene una función operacional o aeronáutica y puede representar un peligro para las operaciones de las aeronaves.

**Objeto frangible.** Objeto de poca masa diseñado para quebrarse, deformarse o ceder al impacto, de manera que represente un peligro mínimo para las aeronaves.

*Nota.— En el Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Parte 6, se da orientación sobre diseño en materia de frangibilidad.*

**Obstáculo.** Todo objeto fijo (ya sea temporal o permanente) o móvil, o partes del mismo, que:

- a) esté situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en la superficie;  
o
- b) sobresalga de una superficie definida destinada a proteger las aeronaves en vuelo;  
o
- c) esté fuera de las superficies definidas y sea considerado como un peligro para la navegación aérea.

**Índice de Condición de Pavimentos en aeropuertos (PCI):** Metodología tiene el propósito de determinar la condición de pavimentos de aeropuertos a través de inspecciones visuales en superficies pavimentadas con asfaltos, incluyendo capas porosas de alto grado de fricción (Porous Friction Courses), y con hormigón, simple o reforzado, de cemento Pórtland con juntas, usando el Índice de Condición de Pavimentos (PCI) como método de cuantificación normalizado.

**Muestra Adicional:** Una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las seleccionadas aleatoriamente para incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Estas unidades presentan condiciones extremas, muy pobres o excelentes, que no son típicas de la sección, y fallas poco comunes, como los cortes en el pavimento para instalaciones. Si una unidad de muestra con fallas inusuales es seleccionada aleatoriamente debe ser contabilizada como una Muestra Adicional y otra muestra aleatoria debe ser elegida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas no existen Muestras Adicionales.

**Muestra aleatoria:** Una unidad de muestra de la sección de pavimento seleccionada para la inspección utilizando técnicas aleatorias de muestreo como la tabla de número aleatorio o procedimiento sistemático aleatorio.



**NOTAM.** Aviso distribuido por medios de telecomunicaciones que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo.

**Pavimento.** Combinación de Sub Base, Base y Superficie de Rodadura, colocado sobre un terreno de fundación para soportar las cargas del tránsito y distribuirlas al terreno.

**Pavimento Compuesto.** Pavimento que consta de capas flexibles y capas rígidas, con o sin capas granulares de separación.

**Pavimento Flexible.** Estructura de pavimento que mantiene íntimo contacto con el terreno de fundación y reparte las cargas sobre el mismo y, por lo que a estabilidad se refiere, depende de la trabazón o entrelazamiento de los áridos, rozamiento y cohesión de las partículas.

**Pavimento Rígido.** Estructura de pavimento que distribuya las cargas al terreno de fundación y que tiene como superficie de rodadura una losa de concreto de cemento portland de resistencia a la flexión relativamente elevada.

**Pista.** Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

**Pista de vuelo visual.** Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos de aproximación visual o un procedimiento de aproximación por instrumentos a un punto más allá del cual pueda continuarse la aproximación en condiciones meteorológicas de vuelo visual.

**Pistas principales.** Pistas que se utilizan con preferencia a otras siempre que las condiciones lo permitan.

**Plataforma.** Área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

**Plataforma de viraje en la pista.** Una superficie definida en el terreno de un aeródromo adyacente a una pista con la finalidad de completar un viraje de 180° sobre una pista.

**Puesto de estacionamiento de aeronave.** Área designada en una plataforma, destinada al estacionamiento de una aeronave.

**Punto de espera de la pista.** Punto designado destinado a proteger una pista, una superficie limitadora de obstáculos o un área crítica o sensible para los sistemas ILS/MLS, en el que las aeronaves en rodaje y los vehículos se detendrán y se mantendrán a la espera, a menos que la torre de control de aeródromo autorice otra cosa.

**Punto de espera en la vía de vehículos.** Punto designado en el que puede requerirse que los vehículos esperen.

**Rama del Pavimento:** una Rama del pavimento es una parte identificable de la red de pavimentos que tiene una entidad singular y una función específica. Por ejemplo, cada pista, rodaje y plataforma, son áreas separadas.

**Superficie de Concreto Asfáltico (AC):** mezcla de agregados con cemento asfáltico actuando como aglomerante. Para fines de este método, este término también se refiere a superficies construidas con asfaltos derivados del carbón y asfaltos naturales.

**Superficie Porosas de alto grado de Fricción:** pavimentos asfálticos con una mezcla de agregados de granulometría abierta y asfalto actuando como aglomerante. Este es un subgrupo dentro las superficies pavimentadas con concreto asfáltico.

**Señal.** Símbolo o grupo de símbolos expuestos en la superficie del área de movimiento a fin de transmitir información aeronáutica.

**Sección de Pavimento:** es un área dentro del pavimento que presenta una construcción uniforme y continua, mantenimiento, historial de uso y condiciones uniformes. Una sección también debe tener el mismo volumen de tránsito e intensidad de carga.

**Señal de identificación de aeródromo.** Señal colocada en un aeródromo para ayudar a que se identifique el aeródromo desde el aire.

**Sistema de gestión de la seguridad operacional (SMS).** Enfoque sistemático para la gestión de la seguridad operacional que incluye las estructuras orgánicas, la obligación de rendición de cuentas, las políticas y los procedimientos necesarios.

**Sistema de parada.** Sistema diseñado para desacelerar a un avión en caso de sobrepaso de pista.

**Umbral.** Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.


**Umbral desplazado.** Umbral que no está situado en el extremo de la pista.

**Unidad de Muestra del Pavimento:** es una subdivisión de la sección del pavimento que tiene un rango estandarizado de tamaño. Para pavimentos de hormigón (PCC), se constituye de 20 losas continuas (+/- 8 si el total de losas de la sección no es divisible por 20, o para ajustar condiciones de campo específicas) y para pavimentos de concreto asfáltico (AC), y superficies con capas Porosas de alto grado de Fricción, se constituye de una superficie continua de 5000 ft<sup>2</sup> (+/- 2000 ft<sup>2</sup> (450 +/- 180 m<sup>2</sup>) si el pavimento no es divisible por 5000, o para ajustar condiciones de campo específicas).


**Zona de parada.** Área rectangular definida en el terreno situado a continuación del recorrido de despegue disponible, preparada como zona adecuada para que puedan pararse las aeronaves en caso de despegue interrumpido.

**Zona de toma de contacto.** Parte de la pista, situada después del umbral, destinada a que los aviones que aterrizan hagan el primer contacto con la pista.

## Ficha de registro de datos (coincide con la ASTM D 5340)

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	
<b>PROYECTO</b>	SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN ÁREA DE MANIOBRAS – CASO AEROPUERTO DE CAJAMARCA 2017		
<b>AUTOR</b>	MIGUEL ANGEL VALDIVIA AVILA		
<b>VARIABLE (1)</b>	SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO		
<b>DIMENSIÓN (1)</b>	CRITERIOS DE CONSERVACIÓN		
<b>UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN - AEROPUERTO DE CAJAMARCA - PERÚ</b>			
<b>REGIÓN</b>	CAJAMARCA	<b>DISTRITO</b>	BAÑOS DEL INCA
<b>PROVINCIA</b>	CAJAMARCA	<b>COORD. GEOGRAFICAS ARP:</b>	07°08'24" S 078°29' 26" w
<b>FECHA DE FORMATO</b>	10 DE MAYO 2017	<b>M. S.N.M</b>	2,676 m
<b>I. EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DEL AREA DE MANIOBRAS (STANDARD TEST METHOD FOR AIRPORT PAVEMENT CONDITION INDEX SURVERYS ASTM D 5340-04)</b>			
<b>AEROPUERTO</b>	CAJAMARCA	<b>REALIZADO POR:</b>	
<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>	450 m2	<b>APROBADO POR :</b>	
<b>SECTOR :</b>	RWY16 / 34	<b>FECHA:</b>	
<b>PAVIMENTO FLEXIBLE - FALLAS</b>			
TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN	U. MED	
1	Piel de cocodrilo	m2	
2	Exudación	m2	
3	Fisura de bloque	m	
4	Ondulación	m2	
5	Depresión	m2	
6	Erosión por chorro de turbina	m2	
7	Reflexión de juntas PCC	m	
8	Fisura long. y transv.	m	
9	Derrame de combustible	m2	
10	Bacheos	m2	
11	Agregado pulido	m2	
12	Peladura	m2	
13	Ahuellamiento	m2	
14	PCC expuesto	m2	
15	Fisuras por deslizamiento	m	
16	Hinchamiento	m2	
SEVERIDAD	BAJO L	MEDIA M	ALTO H
UNIDAD DE MUESTREO	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL
Observaciones :			

## Registro de información de la evaluación del PCI realizada en la investigación

		<b>FICHA DE REGISTRO DE DATOS</b>	
<b>PROYECTO</b>	SISTEMA DE GESTIÓN OPERATIVO DE MANTENIMIENTO PARA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN ÁREA DE MOVIMIENTO – CASO AEROPUERTO DE CAJAMARCA 2017		
<b>AUTOR</b>	MIGUEL ANGEL VALDIVIA AVILA		
<b>VARIABLE (1)</b>	SISTEMA DE GESTIÓN OPERATIVO DE MANTENIMIENTO		
<b>DIMENSIÓN (1)</b>	CRITERIOS DE CONSERVACIÓN		
<b>UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>			
<b>REGIÓN</b>	CAJAMARCA	<b>DISTRITO</b>	BAÑOS DEL INCA
<b>PROVINCIA</b>	CAJAMARCA	<b>COORD. GEOGRAFICAS ARP:</b>	07°08'24" S 078°29' 26" w
<b>FECHA DE FORMATO</b>	10 DE MAYO 2017	<b>M.S.N.M</b>	2,676 m
<b>I. EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DEL AREA DE MOVIMIENTO (STANDARD TEST METHOD FOR AIRPORT PAVEMENT CONDITION INDEX SURVERYS ASTM D 5340-04)</b>			
<b>AEROPUERTO</b>	CAJAMARCA	<b>REALIZADO POR:</b>	Miguel Valdivia V.
<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>	450m2	<b>APROBADOR:</b>	Miguel Valdivia V.
<b>SECTOR: Pista de Aterrizaje</b>	RWY 16 / 34	<b>FECHA:</b>	10/06/17
<b>PAVIMENTO FLEXIBLE - FALLAS</b>			
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>U. MED</b>
1	Piel de cocodrilo		m2
2	Exudación		m2
3	Fisura de bloque		m
4	Ondulación		m2
5	Depresión		m2
6	Erosión por chorro de turbina		m2
7	Reflexión de juntas PCC		m
8	Fisura long. y transv.		m
9	Derrame de combustible		m2
10	Bacheos		m2
11	Agregado pulido		m2
12	Peladura		m2
13	Ahuellamiento		m2
14	PCC expuesto		m2
15	Fisuras por deslizamiento		m
16	Hincharamiento		m2
<b>SEVERIDAD</b>	<b>BAJO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTO</b>
	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>H</b>

UNIDAD DE MUESTREO	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL
A-01	12	L	35.0
A-02	12	L	30.0
A-02	12	L	25.0
A-03	12	L	55.0
A-03	12	L	60.0
A-04	12	L	60.0
A-04	12	L	30.0
A-05	12	L	50.0
A-05	12	L	30.0
A-06	10	L	10.0
A-06	12	L	60.0
A-07	12	L	20.0
A-07	12	L	30.0
A-08	12	L	20.0
A-08	12	L	30.0
A-09	12	L	25.0
A-10	8	L	30.0
A-10	12	L	30.0
A-11	12	L	30.0
A-12	12	L	20.0
A-13	12	L	20.0
A-14	12	L	20.0
A-15	10	L	2.0
A-15	12	L	30.0
A-16	10	L	6.0
A-16	12	L	25.0
A-17	10	L	45.0
A-17	12	L	50.0
A-17	12	L	50.0

A-17	12	L	58.0
<b>A-18</b>	10	L	16.0
<b>A-18</b>	12	L	50.0
<b>A-18</b>	12	L	50.0
<b>A-18</b>	12	L	26.0
<b>A-19</b>	12	L	50.0
<b>A-19</b>	12	L	50.0
<b>A-19</b>	12	L	11.0
<b>A-20</b>	12	L	50.0
<b>A-20</b>	12	L	50.0
<b>A-20</b>	12	L	2.0
<b>A-21</b>	12	L	50.0
<b>A-21</b>	12	L	50.0
<b>A-21</b>	12	L	5.0
<b>A-22</b>	12	L	50.0
<b>A-22</b>	12	L	49.0
<b>A-23</b>	12	L	50.0
<b>A-23</b>	12	L	50.0
<b>A-23</b>	12	L	15.0
<b>A-24</b>	12	L	50.0
<b>A-24</b>	12	L	50.0
<b>A-24</b>	12	L	34.0
<b>A-25</b>	12	L	50.0
<b>A-25</b>	12	L	50.0
<b>A-25</b>	12	L	2.0
<b>A-26</b>	12	L	50.0
<b>A-26</b>	12	L	50.0
<b>A-26</b>	12	L	36.0
<b>A-27</b>	12	L	50.0
<b>A-27</b>	12	L	50.0

<b>A-27</b>	12	L	48.0
<b>A-28</b>	10	L	2.0
<b>A-28</b>	12	L	50.0
<b>A-28</b>	12	L	50.0
<b>A-28</b>	12	L	64.0
<b>A-29</b>	12	L	50.0
<b>A-29</b>	12	L	50.0
<b>A-29</b>	12	L	34.0
<b>A-30</b>	10	L	15.0
<b>A-30</b>	12	L	50.0
<b>A-30</b>	12	L	50.0
<b>A-30</b>	12	L	47.0
<b>A-31</b>	12	L	50.0
<b>A-31</b>	12	L	45.0
<b>A-32</b>	12	L	50.0
<b>A-32</b>	12	L	50.0
<b>A-32</b>	12	L	16.0
<b>A-33</b>	12	L	50.0
<b>A-33</b>	12	L	50.0
<b>A-33</b>	12	L	64.0
<b>A-34</b>	12	L	50.0
<b>A-34</b>	12	L	50.0
<b>A-34</b>	12	L	72.0
<b>A-35</b>	12	L	50.0
<b>A-35</b>	12	L	50.0
<b>A-35</b>	12	L	83.0
<b>A-36</b>	12	L	50.0
<b>A-36</b>	12	L	50.0
<b>A-36</b>	12	L	56.0
<b>A-37</b>	8	L	3.0



<b>A-37</b>	10	L	3.0
<b>A-37</b>	12	L	50.0
<b>A-37</b>	12	L	50.0
<b>A-37</b>	12	L	54.0
<b>A-38</b>	12	L	50.0
<b>A-38</b>	12	L	50.0
<b>A-38</b>	12	L	44.0
<b>A-39</b>	12	L	50.0
<b>A-39</b>	12	L	50.0
<b>A-39</b>	12	L	61.0
<b>A-40</b>	12	L	50.0
<b>A-40</b>	12	L	50.0
<b>A-40</b>	12	L	53.0
<b>A-41</b>	12	L	50.0
<b>A-41</b>	12	L	50.0
<b>A-41</b>	12	L	44.0
<b>A-42</b>	12	L	50.0
<b>A-42</b>	12	L	50.0
<b>A-42</b>	12	L	36.0
<b>A-43</b>	12	L	50.0
<b>A-43</b>	12	L	50.0
<b>A-43</b>	12	L	89.0
<b>A-44</b>	12	L	50.0
<b>A-44</b>	12	L	50.0
<b>A-44</b>	12	L	76.0
<b>A-45</b>	8	L	2.0
<b>A-45</b>	12	L	50.0
<b>A-45</b>	12	L	50.0
<b>A-45</b>	12	L	56.0
<b>A-46</b>	12	L	50.0

<b>A-46</b>	12	L	50.0
<b>A-46</b>	12	L	63.0
<b>A-47</b>	12	L	50.0
<b>A-47</b>	12	L	50.0
<b>A-47</b>	12	L	45.0
<b>A-48</b>	12	L	50.0
<b>A-48</b>	12	L	50.0
<b>A-48</b>	12	L	67.0
<b>A-49</b>	12	L	50.0
<b>A-49</b>	12	L	50.0
<b>A-49</b>	12	L	57.0
<b>A-50</b>	12	L	50.0
<b>A-50</b>	12	L	50.0
<b>A-50</b>	12	L	64.0
<b>A-51</b>	12	L	50.0
<b>A-51</b>	12	L	50.0
<b>A-51</b>	12	L	84.0
<b>A-52</b>	12	L	50.0
<b>A-52</b>	12	L	50.0
<b>A-52</b>	12	L	57.0
<b>A-53</b>	12	L	50.0
<b>A-53</b>	12	L	50.0
<b>A-53</b>	12	L	84.0
<b>A-54</b>	12	L	50.0
<b>A-54</b>	12	L	50.0
<b>A-54</b>	12	L	91.0
<b>A-55</b>	12	L	50.0
<b>A-55</b>	12	L	50.0
<b>A-55</b>	12	L	65.0
<b>A-56</b>	12	L	50.0

A-56	12	L	50.0
A-56	12	L	54.0
A-57	8	L	3.0
A-57	12	L	50.0
A-57	12	L	50.0
A-57	12	L	43.0
A-58	12	L	50.0
A-58	12	L	50.0
A-58	12	L	11.0
A-59	12	L	50.0
A-59	12	L	50.0
A-59	12	L	32.0
A-60	12	L	50.0
A-60	12	L	50.0
A-60	12	L	44.0
A-61	12	L	50.0
A-61	12	L	50.0
A-61	12	L	57.0
A-62	12	L	50.0
A-62	12	L	50.0
A-62	12	L	67.0
A-63	10	L	65.0
A-63	12	L	50.0
A-63	12	L	50.0
A-63	12	L	24.0
A-64	12	L	50.0
A-64	12	L	50.0
A-64	12	L	66.0
A-65	12	L	50.0
A-65	12	L	50.0

<b>A-65</b>	12	L	54.0
<b>A-66</b>	12	L	50.0
<b>A-66</b>	12	L	50.0
<b>A-66</b>	12	L	32.0
<b>A-67</b>	12	L	50.0
<b>A-67</b>	12	L	50.0
<b>A-67</b>	12	L	65.0
<b>A-68</b>	12	L	50.0
<b>A-68</b>	12	L	50.0
<b>A-68</b>	12	L	48.0
<b>A-69</b>	12	L	50.0
<b>A-69</b>	12	L	50.0
<b>A-69</b>	12	L	21.0
<b>A-70</b>	12	L	50.0
<b>A-70</b>	12	L	50.0
<b>A-70</b>	12	L	39.0
<b>A-71</b>	12	L	50.0
<b>A-71</b>	12	L	50.0
<b>A-71</b>	12	L	77.0
<b>A-72</b>	12	L	50.0
<b>A-72</b>	12	L	50.0
<b>A-72</b>	12	L	76.0
<b>A-73</b>	12	L	50.0
<b>A-73</b>	12	L	50.0
<b>A-73</b>	12	L	60.0
<b>A-74</b>	12	L	50.0
<b>A-74</b>	12	L	50.0
<b>A-74</b>	12	L	40.0
<b>A-75</b>	12	L	50.0
<b>A-75</b>	12	L	50.0

<b>A-75</b>	12	L	50.0
<b>A-76</b>	10	L	15.0
<b>A-76</b>	12	L	50.0
<b>A-76</b>	12	L	50.0
<b>A-76</b>	12	L	39.0
<b>A-77</b>	10	L	35.0
<b>A-77</b>	12	L	50.0
<b>A-77</b>	12	L	50.0
<b>A-77</b>	12	L	59.0
<b>A-78</b>	12	L	50.0
<b>A-78</b>	12	L	50.0
<b>A-78</b>	12	L	64.0
<b>A-79</b>	12	L	50.0
<b>A-79</b>	12	L	50.0
<b>A-79</b>	12	L	57.0
<b>A-80</b>	12	L	50.0
<b>A-80</b>	12	L	50.0
<b>A-80</b>	12	L	57.0
<b>A-81</b>	12	L	50.0
<b>A-81</b>	12	L	50.0
<b>A-81</b>	12	L	23.0
<b>A-82</b>	12	L	50.0
<b>A-82</b>	12	L	50.0
<b>A-82</b>	12	L	38.0
<b>A-83</b>	12	L	50.0
<b>A-83</b>	12	L	50.0
<b>A-83</b>	12	L	49.0
<b>B-01</b>	12	L	20.0
<b>B-02</b>	10	L	3.0
<b>B-02</b>	12	L	20.0

<b>B-02</b>	1	H	6.3
<b>B-03</b>	10	L	6.0
<b>B-03</b>	12	L	20.0
<b>B-04</b>	12	L	20.0
<b>B-05</b>	10	L	5.0
<b>B-05</b>	12	L	20.0
<b>B-06</b>	12	L	20.0
<b>B-07</b>	12	L	20.0
<b>B-08</b>	12	L	20.0
<b>B-09</b>	10	L	30.0
<b>B-09</b>	12	L	20.0
<b>B-09</b>	1	H	10.9
<b>B-10</b>	10	L	30.0
<b>B-10</b>	12	L	20.0
<b>B-11</b>	12	L	20.0
<b>B-11</b>	1	H	10.0
<b>B-12</b>	12	L	20.0
<b>B-13</b>	10	L	2.0
<b>B-13</b>	12	L	15.0
<b>B-14</b>	12	L	15.0
<b>B-15</b>	12	L	15.0
<b>B-16</b>	12	L	15.0
<b>B-17</b>	10	L	6.0
<b>B-17</b>	12	L	15.0
<b>B-18</b>	10	L	2.0
<b>B-18</b>	12	L	15.0
<b>B-19</b>	12	L	15.0
<b>B-19</b>	1	H	20.8
<b>B-20</b>	12	L	15.0
<b>B-21</b>	12	L	20.0

<b>B-21</b>	1	H	20.4
<b>B-22</b>	12	L	15.0
<b>B-23</b>	12	L	15.0
<b>B-24</b>	12	L	15.0
<b>B-24</b>	1	H	6.4
<b>B-25</b>	12	L	20.0
<b>B-25</b>	1	H	10.8
<b>B-26</b>	12	L	20.0
<b>B-26</b>	1	H	9.4
<b>B-27</b>	12	L	20.0
<b>B-28</b>	12	L	2.0
<b>B-29</b>	10	L	8.0
<b>B-29</b>	12	L	20.0
<b>B-30</b>	10	L	6.0
<b>B-30</b>	12	L	20.0
<b>B-31</b>	12	L	50.0
<b>B-31</b>	12	L	50.0
<b>B-31</b>	12	L	25.0
<b>B-32</b>	10	L	2.0
<b>B-32</b>	12	L	50.0
<b>B-32</b>	12	L	48.0
<b>B-33</b>	10	L	3.0
<b>B-33</b>	12	L	50.0
<b>B-33</b>	12	L	50.0
<b>B-33</b>	12	L	34.0
<b>B-34</b>	12	L	50.0
<b>B-34</b>	12	L	50.0
<b>B-34</b>	12	L	29.0
<b>B-35</b>	10	L	5.0
<b>B-35</b>	12	L	50.0

<b>B-35</b>	12	L	47.0
<b>B-36</b>	10	L	1.0
<b>B-36</b>	12	L	50.0
<b>B-36</b>	12	L	50.0
<b>B-36</b>	12	L	35.0
<b>B-37</b>	10	L	9.0
<b>B-37</b>	12	L	50.0
<b>B-37</b>	12	L	50.0
<b>B-37</b>	12	L	45.0
<b>B-38</b>	10	L	7.0
<b>B-38</b>	12	L	50.0
<b>B-38</b>	12	L	50.0
<b>B-38</b>	12	L	20.0
<b>B-39</b>	12	L	50.0
<b>B-39</b>	12	L	50.0
<b>B-39</b>	12	L	35.0
<b>B-40</b>	12	L	50.0
<b>B-40</b>	12	L	50.0
<b>B-40</b>	12	L	47.0
<b>B-41</b>	10	L	3.0
<b>B-41</b>	12	L	40.0
<b>B-41</b>	12	L	45.0
<b>B-42</b>	10	L	2.0
<b>B-42</b>	12	L	50.0
<b>B-42</b>	12	L	46.0
<b>B-43</b>	12	L	50.0
<b>B-43</b>	12	L	50.0
<b>B-43</b>	12	L	36.0
<b>B-44</b>	12	L	50.0
<b>B-44</b>	12	L	50.0



<b>B-44</b>	12	L	28.0
<b>B-45</b>	8	L	2.0
<b>B-45</b>	12	L	56.0
<b>B-46</b>	10	L	2.0
<b>B-46</b>	12	L	40.0
<b>B-46</b>	12	L	49.0
<b>B-46</b>	1	H	36.0
<b>B-47</b>	10	L	2.0
<b>B-47</b>	12	L	57.0
<b>B-48</b>	10	L	2.0
<b>B-48</b>	12	L	30.0
<b>B-48</b>	12	L	38.0
<b>B-48</b>	1	H	38.0
<b>B-49</b>	10	L	2.0
<b>B-49</b>	12	L	50.0
<b>B-49</b>	12	L	47.0
<b>B-50</b>	10	L	2.0
<b>B-50</b>	1	H	38.0
<b>B-50</b>	12	L	30.0
<b>B-50</b>	12	L	37.0
<b>B-51</b>	12	L	50.0
<b>B-51</b>	12	L	48.0
<b>B-51</b>	5	M	18.0
<b>B-51</b>	1	H	118.0
<b>B-52</b>	10	L	3.0
<b>B-52</b>	12	L	50.0
<b>B-52</b>	12	L	25.0
<b>B-52</b>	1	M	15.0
<b>B-52</b>	3	M	4.0
<b>B-53</b>	10	L	4.0

<b>B-53</b>	12	L	30.0
<b>B-53</b>	12	L	26.0
<b>B-54</b>	10	L	2.0
<b>B-54</b>	12	L	30.0
<b>B-54</b>	12	L	34.0
<b>B-54</b>	8	H	85.0
<b>B-55</b>	10	L	3.0
<b>B-55</b>	12	L	30.0
<b>B-55</b>	12	L	32.0
<b>B-55</b>	1	H	19.5
<b>B-56</b>	10	L	2.0
<b>B-56</b>	12	L	40.0
<b>B-56</b>	12	L	47.0
<b>B-57</b>	10	L	5.0
<b>B-57</b>	12	L	30.0
<b>B-57</b>	12	L	39.0
<b>B-58</b>	12	L	50.0
<b>B-58</b>	12	L	50.0
<b>B-58</b>	12	L	25.0
<b>B-58</b>	1	H	15.0
<b>B-59</b>	12	L	50.0
<b>B-59</b>	12	L	50.0
<b>B-59</b>	12	L	34.0
<b>B-60</b>	10	L	3.0
<b>B-60</b>	12	L	50.0
<b>B-60</b>	12	L	50.0
<b>B-60</b>	12	L	42.0
<b>B-61</b>	12	L	50.0
<b>B-61</b>	12	L	50.0
<b>B-61</b>	12	L	8.0

<b>B-61</b>	1	H	45.0
<b>B-61</b>	8	H	85.0
<b>B-62</b>	12	L	50.0
<b>B-62</b>	12	L	50.0
<b>B-62</b>	12	L	12.0
<b>B-63</b>	10	L	50.0
<b>B-63</b>	10	L	50.0
<b>B-63</b>	10	L	18.0
<b>B-63</b>	1	H	14.6
<b>B-64</b>	12	L	50.0
<b>B-64</b>	12	L	50.0
<b>B-64</b>	12	L	46.0
<b>B-65</b>	12	L	50.0
<b>B-65</b>	12	L	50.0
<b>B-65</b>	12	L	48.0
<b>B-65</b>	1	H	125.0
<b>B-66</b>	12	L	50.0
<b>B-66</b>	12	L	50.0
<b>B-66</b>	12	L	65.0
<b>B-67</b>	12	L	50.0
<b>B-67</b>	12	L	50.0
<b>B-67</b>	12	L	33.0
<b>B-67</b>	1	H	10.0
<b>B-68</b>	12	L	50.0
<b>B-68</b>	12	L	50.0
<b>B-68</b>	12	L	47.0
<b>B-69</b>	10	L	10.0
<b>B-69</b>	12	L	50.0
<b>B-69</b>	12	L	50.0
<b>B-69</b>	12	L	56.0

<b>B-70</b>	10	L	2.0
<b>B-70</b>	12	L	50.0
<b>B-70</b>	12	L	50.0
<b>B-70</b>	12	L	15.0
<b>B-71</b>	10	L	2.0
<b>B-71</b>	12	L	50.0
<b>B-71</b>	12	L	50.0
<b>B-71</b>	12	L	13.0
<b>B-72</b>	12	L	50.0
<b>B-72</b>	12	L	50.0
<b>B-72</b>	12	L	17.0
<b>B-73</b>	10	L	6.0
<b>B-73</b>	12	L	50.0
<b>B-73</b>	12	L	50.0
<b>B-73</b>	12	L	18.0
<b>B-74</b>	12	L	50.0
<b>B-74</b>	12	L	49.0
<b>B-75</b>	12	L	50.0
<b>B-75</b>	12	L	50.0
<b>B-75</b>	12	L	24.0
<b>B-76</b>	12	L	50.0
<b>B-76</b>	12	L	50.0
<b>B-76</b>	12	L	68.0
<b>B-77</b>	12	L	50.0
<b>B-77</b>	12	L	50.0
<b>B-77</b>	12	L	47.0
<b>B-78</b>	12	L	50.0
<b>B-78</b>	12	L	50.0
<b>B-78</b>	12	L	65.0
<b>B-79</b>	12	L	50.0

<b>B-79</b>	12	L	50.0
<b>B-79</b>	12	L	34.0
<b>B-80</b>	12	L	50.0
<b>B-80</b>	12	L	50.0
<b>B-80</b>	12	L	36.0
<b>B-81</b>	12	L	50.0
<b>B-81</b>	12	L	50.0
<b>B-81</b>	12	L	37.0
<b>B-82</b>	12	L	50.0
<b>B-82</b>	12	L	50.0
<b>B-82</b>	12	L	35.0
<b>B-83</b>	12	L	50.0
<b>B-83</b>	12	L	50.0
<b>B-83</b>	12	L	29.0
<b>C-01</b>	12	L	20.0
<b>C-02</b>	10	L	20.0
<b>C-03</b>	12	L	50.0
<b>C-03</b>	12	L	50.0
<b>C-03</b>	12	L	55.0
<b>C-04</b>	12	L	50.0
<b>C-04</b>	12	L	50.0
<b>C-04</b>	12	L	24.0
<b>C-05</b>	12	L	50.0
<b>C-05</b>	12	L	50.0
<b>C-05</b>	12	L	35.0
<b>C-06</b>	12	L	20.0
<b>C-07</b>	12	L	50.0
<b>C-07</b>	12	L	50.0
<b>C-07</b>	12	L	32.0
<b>C-08</b>	12	L	20.0

<b>C-09</b>	12	L	20.0
<b>C-10</b>	10	L	20.0
<b>C-11</b>	12	L	50.0
<b>C-11</b>	12	L	50.0
<b>C-11</b>	12	L	23.0
<b>C-12</b>	12	L	50.0
<b>C-12</b>	12	L	48.0
<b>C-13</b>	12	L	50.0
<b>C-13</b>	12	L	50.0
<b>C-13</b>	12	L	65.0
<b>C-14</b>	12	L	50.0
<b>C-14</b>	12	L	50.0
<b>C-14</b>	12	L	74.0
<b>C-15</b>	12	L	50.0
<b>C-15</b>	12	L	50.0
<b>C-15</b>	12	L	86.0
<b>C-16</b>	12	L	50.0
<b>C-16</b>	12	L	50.0
<b>C-16</b>	12	L	97.0
<b>C-17</b>	10	L	3.0
<b>C-17</b>	12	L	50.0
<b>C-17</b>	12	L	50.0
<b>C-17</b>	12	L	65.0
<b>C-18</b>	12	L	50.0
<b>C-18</b>	12	L	50.0
<b>C-18</b>	12	L	74.0
<b>C-19</b>	12	L	50.0
<b>C-19</b>	12	L	50.0
<b>C-19</b>	12	L	65.0
<b>C-20</b>	12	L	50.0

C-20	12	L	50.0
C-20	12	L	50.0
C-21	12	L	50.0
C-21	12	L	50.0
C-21	12	L	40.0
C-21	12	L	40.0
C-22	10	L	3.0
C-22	12	L	50.0
C-22	12	L	50.0
C-22	12	L	75.0
C-23	12	L	50.0
C-23	12	L	50.0
C-23	12	L	65.0
C-24	12	L	50.0
C-24	12	L	50.0
C-24	12	L	84.0
C-25	12	L	50.0
C-25	12	L	50.0
C-25	12	L	65.0
C-26	12	L	50.0
C-26	12	L	50.0
C-26	12	L	68.0
C-27	12	L	50.0
C-27	12	L	50.0
C-27	12	L	47.0
C-28	12	L	50.0
C-28	12	L	50.0
C-28	12	L	63.0
C-29	12	L	50.0
C-29	12	L	50.0

<b>C-29</b>	12	L	87.0
<b>C-30</b>	12	L	50.0
<b>C-30</b>	12	L	50.0
<b>C-30</b>	12	L	95.0
<b>C-31</b>	12	L	50.0
<b>C-31</b>	12	L	50.0
<b>C-31</b>	12	L	67.0
<b>C-32</b>	12	L	50.0
<b>C-32</b>	12	L	50.0
<b>C-32</b>	12	L	50.0
<b>C-33</b>	12	L	50.0
<b>C-33</b>	12	L	50.0
<b>C-33</b>	12	L	60.0
<b>C-34</b>	12	L	50.0
<b>C-34</b>	12	L	50.0
<b>C-34</b>	12	L	65.0
<b>C-35</b>	12	L	50.0
<b>C-35</b>	12	L	50.0
<b>C-35</b>	12	L	87.0
<b>C-36</b>	12	L	50.0
<b>C-36</b>	12	L	50.0
<b>C-36</b>	12	L	45.0
<b>B-37</b>	12	L	50.0
<b>B-37</b>	12	L	50.0
<b>B-37</b>	12	L	55.0
<b>C-38</b>	12	L	50.0
<b>C-38</b>	12	L	50.0
<b>C-38</b>	12	L	50.0
<b>C-39</b>	12	L	50.0
<b>C-39</b>	12	L	50.0



C-39	12	L	64.0
C-40	12	L	50.0
C-40	12	L	50.0
C-40	12	L	62.0
C-41	12	L	50.0
C-41	12	L	50.0
C-41	12	L	73.0
C-42	12	L	50.0
C-42	12	L	50.0
C-42	12	L	25.0
C-43	12	L	50.0
C-43	12	L	50.0
C-43	12	L	63.0
C-44	12	L	50.0
C-44	12	L	50.0
C-44	12	L	89.0
C-45	12	L	50.0
C-45	12	L	50.0
C-45	12	L	67.0
C-46	12	L	50.0
C-46	12	L	50.0
C-46	12	L	65.0
C-47	12	L	50.0
C-47	12	L	50.0
C-47	12	L	74.0
C-48	12	L	50.0
C-48	12	L	50.0
C-48	12	L	99.0
C-49	12	L	50.0
C-49	12	L	50.0

C-49	12	L	57.0
C-50	12	L	50.0
C-50	12	L	50.0
C-50	12	L	69.0
C-51	12	L	50.0
C-51	12	L	50.0
C-51	12	L	47.0
C-52	12	L	50.0
C-52	12	L	50.0
C-52	12	L	35.0
C-53	12	L	50.0
C-53	12	L	50.0
C-53	12	L	97.0
C-53	1	M	45.0
C-54	12	L	50.0
C-54	12	L	50.0
C-54	12	L	65.0
C-55	12	L	50.0
C-55	12	L	50.0
C-55	12	L	64.0
C-56	10	L	12.0
C-56	12	L	50.0
C-56	12	L	50.0
C-56	12	L	78.0
C-57	10	L	30.0
C-57	12	L	50.0
C-57	12	L	50.0
C-57	12	L	74.0
C-58	10	L	6.0
C-58	12	L	50.0

C-58	12	L	50.0
C-58	12	L	65.0
C-59	12	L	50.0
C-59	12	L	50.0
C-59	12	L	66.0
C-60	10	L	3.0
C-60	12	L	50.0
C-60	12	L	50.0
C-60	12	L	43.0
C-61	12	L	50.0
C-61	12	L	50.0
C-61	12	L	26.0
C-62	10	L	2.0
C-62	12	L	50.0
C-62	12	L	50.0
C-62	12	L	69.0
C-63	12	L	50.0
C-63	12	L	50.0
C-63	12	L	53.0
C-64	12	L	50.0
C-64	12	L	50.0
C-64	12	L	81.0
C-65	12	L	50.0
C-65	12	L	50.0
C-65	12	L	60.0
C-66	10	L	2.0
C-66	12	L	50.0
C-66	12	L	50.0
C-66	12	L	50.0
C-67	12	L	50.0

<b>C-67</b>	12	L	50.0
<b>C-67</b>	12	L	40.0
<b>C-68</b>	10	L	2.0
<b>C-68</b>	12	L	50.0
<b>C-68</b>	12	L	50.0
<b>C-68</b>	12	L	36.0
<b>C-69</b>	10	L	4.0
<b>C-69</b>	12	L	50.0
<b>C-69</b>	12	L	50.0
<b>C-69</b>	12	L	49.0
<b>C-70</b>	10	L	3.0
<b>C-70</b>	12	L	50.0
<b>C-70</b>	12	L	50.0
<b>C-70</b>	12	L	66.0
<b>C-71</b>	12	L	50.0
<b>C-71</b>	12	L	50.0
<b>C-71</b>	12	L	51.0
<b>C-72</b>	12	L	50.0
<b>C-72</b>	12	L	50.0
<b>C-72</b>	12	L	30.0
<b>C-73</b>	12	L	50.0
<b>C-73</b>	12	L	50.0
<b>C-73</b>	12	L	97.0
<b>C-74</b>	12	L	50.0
<b>C-74</b>	12	L	50.0
<b>C-74</b>	12	L	80.0
<b>C-75</b>	12	L	50.0
<b>C-75</b>	12	L	50.0
<b>C-75</b>	12	L	65.0
<b>C-76</b>	12	L	50.0

<b>C-76</b>	12	L	50.0
<b>C-76</b>	12	L	23.0
<b>C-77</b>	12	L	50.0
<b>C-77</b>	12	L	50.0
<b>C-77</b>	12	L	44.0
<b>C-78</b>	12	L	50.0
<b>C-78</b>	12	L	50.0
<b>C-78</b>	12	L	67.0
<b>C-79</b>	12	L	50.0
<b>C-79</b>	12	L	50.0
<b>C-79</b>	12	L	45.0
<b>C-80</b>	12	L	50.0
<b>C-80</b>	12	L	50.0
<b>C-80</b>	12	L	32.0
<b>C-81</b>	12	L	50.0
<b>C-81</b>	12	L	50.0
<b>C-81</b>	12	L	85.0
<b>C-82</b>	12	L	50.0
<b>C-82</b>	12	L	50.0
<b>C-82</b>	12	L	66.0
<b>C-83</b>	12	L	50.0
<b>C-83</b>	12	L	50.0
<b>C-83</b>	12	L	70.0

## **Evaluación de la condición funcional del pavimento (PCI) Norma ASTM D 5340 - índice de condición de pavimentos en aeropuertos.**

El Método PCI, fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE UU y ejecutado por los ingenieros Srs. Mohamed Y. Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn, con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles, a través del Índice Pavement Condition Index P.C.I.

Para pavimentos de aeropuertos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como, por ejemplo: la Federal Aviation Administration (FAA 1982), el U.S. Department of Defence (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), la American Public Work Association (APWA 1984), etc.

En 1982 la Federal Aviation Administration FAA, a través de su Circular AC 150/5380-6 de 03/12/1982, denominada "Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement", recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE UU.

Actualmente el PCI para aeropuertos cuenta con la designación ASTM D-5340. El Índice de condición del pavimento nos permitió:  
Determinar el estado de los pavimentos del aeropuerto de Cajamarca en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.

Obtener un indicador que permita comparar con un criterio uniforme la condición y comportamiento de los pavimentos en relación a otros aeropuertos.

Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras y actividades de mejoramiento y rehabilitación de los pavimentos.

Obtener información relevante de retroalimentación respecto del comportamiento de las soluciones adoptadas en el diseño, evaluación y criterios de mantenimiento de pavimentos.

Generar información para posterior seguimiento en forma continua y segura de la condición de los pavimentos de aeropuertos.

## Significado del PCI

El PCI es un índice numérico, que fluctúa entre 0 (falla) y 100 (excelente). Su cálculo se basa en los resultados de la Inspección visual de los pavimentos, en la cual se identifican los tipos de deterioro existentes, así como su severidad y cantidad.

### Conceptualización del Método

El nivel de daño de un pavimento depende del tipo de deterioro, su severidad y su cantidad (o densidad). La gran cantidad de 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 detallado conocimiento del comportamiento de los pavimentos, aportes de un gran número de ingenieros expertos en pavimentos, ensayos en terreno y evaluación de procedimientos, y descripciones precisas de los tipos de deterioros (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 y rígidos).

La norma ASTM D-5340-02 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 asfálticos se han definido 16 deterioros característicos (carpeta asfáltica) y para los Rígidos 15 deterioros característicos para pavimentos (losas de hormigón), cada uno de ellos puede tener asociado un nivel de severidad “leve”, “mediano” o “alto”.

El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el

rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento.

### ***Metodología de evaluación.***

La evaluación de los pavimentos se realiza a través de la inspección visual. La manera de inspeccionarlo depende del tipo de superficie que posean para todos los tipos de superficie se debe realizar una primera división, en distintas zonas características. Cada una de estas zonas poseen secciones de pavimento que tienen una edad parecida, están sometidas al mismo tipo de sollicitaciones, son de un mismo tipo de pavimento y presentan los mismos deterioros.

Una vez realizada esta primera zonificación, se secciona cada una de estas zonas en diferentes unidades de muestreo dependiendo del tipo de pavimento que se quiere evaluar. Para pavimentos de hormigón la división se realiza en unidades de 20 losas cada una. Para pavimentos de asfalto, las unidades de muestreo se establecen cada 450 m<sup>2</sup>.

### **Número clasificador pavimento (PCN)**

- a) **Valor numérico del PCN:** es un indicador numérico de la capacidad de carga relativa de un pavimento en términos de carga estandarizada de una sola llanta a una presión de 181 psi (1.25 MPa) (12.75 kg/cm<sup>2</sup>). Este valor debería reportarse como un solo número, redondeado al número entero más cercano a la fracción decimal. Para pavimentos de distintas resistencias, el PCN debería reportarse como el de la sección con menor capacidad de carga. Si el segmento de menor resistencia no se encuentra en una zona de uso pesado de la pista o calles de Acceso deberá utilizarse el mejor criterio ingenieril para reportar el valor más representativo.
  
- b) **Tipo de pavimento:** Al reportar el valor PCN deberá considerar el tipo particular de pavimento al que nos estamos refiriendo sea este rígido o flexible. La siguiente tabla describe la nomenclatura para indicar cada tipo:



**Tabla 37. Códigos de Pavimento para Reporte del PCN**

Tipo de Pavimento	Código de Pavimento
<b>Flexible</b>	F
<b>Rígido</b>	R

Fuente: EFE 2015 - AdP

i) Pavimento Flexible. Los pavimentos flexibles soportan la carga por apoyo en vez de por flexión. Estos comprimen una serie de capas de materiales seleccionados diseñados para distribuir la carga gradualmente a partir de la superficie a las capas inferiores. El diseño asegura que la carga que se transmite a cada capa sucesiva no excederá la capacidad de soporte de la misma.

ii) Pavimento Rígido. Los pavimentos rígidos se consideran como una losa estructuralmente rígida que soporta por si sola las cargas sobre el pavimento. Su rigidez estructural y su comportamiento de viga, habilita al pavimento rígido para distribuir las cargas en una gran área de la subrasante. La capacidad de carga de una estructura rígida de pavimento depende en mayor medida de la resistencia de la losa estructural, la cual cuenta con un apoyo uniforme en las capas subyacentes.

iii) Pavimentos Compuestos. Combinaciones diferentes de tipos de pavimentos y capas estabilizadas producen pavimentos combinados los cuales pueden ser clasificados como rígidos o flexibles. Una sección transversal de pavimento puede comprimir múltiples elementos estructurales que pueden ser representativos de ambos tipos de pavimentos. Comúnmente este tipo de pavimentos resulta de la superposición de diferentes capas que se han colocado durante la vida útil del pavimento. Cuando tenemos una estructura de este tipo la misma debe reportarse como la que represente más precisamente su comportamiento estructural. El método utilizado en el cálculo del PCN es la mejor guía para determinar cuál es el mejor tipo que se debe reportar. Por ejemplo, si una pista está compuesta por un pavimento rígido que fue asfaltado posteriormente la manera usual de determinar su capacidad de

carga es la de convertir esa estructura en una capa de pavimento rígido equivalente. En este caso se debería reportar el mismo como pavimento del tipo rígido. Como guía general, cuando una sobrecapa bituminosa alcanza del 75% al 100% del espesor de la capa de pavimento rígido este puede considerarse como pavimento flexible. Se permite incluir una nota indicando que el pavimento es de construcción mixta, pero sólo el tipo de clasificación, "R" o "F", se utiliza en la evaluación de la capacidad de carga del pavimento.

- c) **Categoría de la Resistencia de la Subrasante:** Hay 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 38. Condiciones estándar de soporte de la subrasante para el cálculo de pavimentos ACN**

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

Fuente: EFE 2015 - AdP

**Tabla 39. Condiciones estándar de soporte de la subrasante**

Categoría resistencia de la subrasante	Soporte de la subrasante, CBR-Valor	Representa	Código Designación
<b>Alto</b>	15	$CBR \geq 13$	A
<b>Medio</b>	10	$8 < CBR < 13$	B
<b>Bajo</b>	6	$4 < CBR \leq 8$	C
<b>Muy Bajo</b>	3	$CBR \leq 4$	D

Fuente: EFE 2015 - AdP

**d) Presión de Llantas Permisible.** La siguiente tabla en lista las categorías de las presiones permisibles para el sistema ACN-PCN. Estos códigos aplican para ambos tipos de pavimentos sin embargo la aplicación de las presiones permisibles difieren sustancialmente en pavimentos rígidos o flexibles.

**Tabla 40. Códigos de presión de las llantas para la notificación de PCN**

Categoría	Código	Rango de presión de neumáticos
<b>Alto</b>	W	No hay límite de presión
<b>Medio</b>	X	Presión limitada a 218 psi (1.5 MPa)
<b>Bajo</b>	Y	Presión limitada a 145 psi (1.00 MPa)
<b>Muy Bajo</b>	Z	Presión limitada a 73 psi (0.50 MPa)

Fuente: EFE 2015 - AdP

i) Presión de Inflado en Pavimentos Rígidos. La presión de las llantas de las aeronaves tiene muy poco efecto sobre las superficies de concreto con cemento Portland. Inherentemente los pavimentos rígidos son suficientemente fuertes como para soportar presiones mayores a las actualmente utilizadas por la aviación comercial y usualmente pueden clasificarse como W.

ii) Presión de Inflado en Pavimentos Flexibles. La presión de llantas debería restringirse en superficies de concreto asfáltico, dependiendo de la calidad de asfalto y de las condiciones climáticas. El efecto de la presión de inflado en la capa asfáltica tiene que ver con la capacidad de resistencia al cortante de la mezcla o a su densificación. Un pavimento asfáltico mal construido estará propenso al ahuellamiento debido a su consolidación al ser sometido a las cargas. La principal preocupación para resistir los efectos de la presión de inflado es la estabilidad o capacidad a cortante de las mezclas de baja calidad. Una mezcla bien preparada y bien colocada que cumpla con la especificación técnica requerida podrá soportar una presión excesiva de hasta 218 psi (1.5 MPa). Mezclas mal preparadas y colocadas pueden mostrar daños bajo presiones de inflado de 100 psi (0,7 MPa) o menos. Aunque estos efectos son independientes del espesor de la capa de asfalto, una capa con un espesor de

4" a 5" (10,2 a 12,7 cm) bien colocada podrá en general clasificarse como X o W, mientras que capas más delgadas con una calidad pobre del asfalto no deberían reportarse más allá de una clasificación Y.

**e) Método Utilizado para Determinar el PCN:** Se reconocen dos métodos de evaluación en el sistema PCN. Si su evaluación fue obtenida mediante un estudio técnico, el método de evaluación debería clasificarse como T. Por otro lado, si la evaluación para obtener el PCN fue mediante el "Método de la aeronave" debería clasificarse como U. Evaluación técnica implica que debe haberse utilizado algún estudio técnico y cálculos en la determinación del PCN. Ejemplo de Reporte de PCN. Un ejemplo de un código PCN es 80/F/B/W/T donde 80 representa el valor numérico del PCN, F representa Pavimento Flexible, B representa subrasante de resistencia media, W representa presión permisible de inflado de llantas alta y T Representa que el valor PCN se obtuvo 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 de la mezcla de tráfico.

Se efectuará empleando el software COMFAA que es un programa de uso general que funciona en dos modos: Modo de cálculo de ACN y Modo espesor del pavimento.

#### **I. Pavimento flexible – Propiedades de la sección – Determinación del Espesor Equivalente.**

Para fines de evaluación, el espesor de la sección de pavimento flexible bajo consideración se debe hacer referencia a las secciones de pavimento estándar flexibles. La sección estándar es el requisito de espesor total calculado por el programa COMFAA suponiendo el espesor mínimo de cada capa de la superficie de asfalto, el espesor mínimo de capa de base de material con un CBR 80% o superior, y una capa sub-base con un espesor variable de CBR 20 o mayor. Para sistemas de pavimentos flexibles, se utilizan dos secciones de referencia estructurales estándar.

Cuando ningunos aviones en el grupo de tráfico tienen cuatro o más ruedas en un tren de aterrizaje principal, la capa de rodadura asfáltica espesor mínimo exigido es de 3 pulgadas y la base de agregado de alta calidad es mínimo es de 6 pulgadas.

Cuando una o más aeronaves del grupo de tráfico tienen cuatro o más ruedas de un tren de aterrizaje principal, la capa de rodadura asfáltica espesor mínimo exigido es de 5 pulgadas y la base de agregado de alta calidad es mínimo es de 8 pulgadas. Se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 41. Espesores estándares de la FAA**

Referencia estructural	Menor que cuatro ruedas en el tren de aterrizaje	Cuatro o más ruedas en el tren de aterrizaje
<b>Concreto asfáltico (FAA ítem P-401)</b>	3	5
<b>Calidad de base granular (FAA ítem P-209)</b>	6	8

Fuente: EFE 2015 - AdP

Si el pavimento tiene un exceso de material o materiales mejorados, el espesor total del pavimento puede ser incrementado de acuerdo con el método FAA (se indica en la Tabla siguiente). El pavimento se considera que tiene exceso de carpeta asfáltica, que se puede convertir a un espesor equivalente adicional, cuando el espesor alto es mayor que el espesor mínimo de referencia. El pavimento también puede considerarse que tiene exceso de espesor de la base cuando el agregado tiene una alta calidad o el espesor de la base con agregado triturado es mayor que el espesor mínimo que la base con agregado de alta calidad o de otros materiales mejorados, tales como la estabilización con asfalto o materiales tratados con cemento. Del mismo modo, los materiales de base mejoradas adicionales también se pueden convertir en material de sub-base adicional para añadir al espesor total del pavimento. Se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 42. FAA Pavimento Flexible, Factor de Equivalencia rangos de capas**

Item estructural	Descripción	Rango para convertir a P - 209	Recomendado. Para convertir a P-209	Rango para convertir a P - 154	Recomendado Para convertir a P-154
<b>P-501</b>	Concreto de cemento portland	-.-	-.-	-.-	-.-
<b>P-401</b>	Mezcla de pavimento asfáltico (HMA)	1.2 a 1.6	1.6	1.7 a 2.3	2.3
<b>P-403</b>	Mezcla de pavimento asfáltico (HMA)	1.2 a 1.6	1.6	1.7 a 2.3	2.3
<b>P-306</b>	Subbase de concreto (ESC)	1.2 a 1.6	1.2	1.6 a 2.3	1.6
<b>P-304</b>	Base tratada con cemento (CTB)	1.2 a 1.6	1.2	1.6 a 2.3	1.6
<b>P-212</b>	Capa de base (especial)	-.-	-.-	-.-	-.-
<b>P-213</b>	Base tratada con acilla y arena	-.-	-.-	-.-	-.-
<b>P-220</b>	Base de Caliche	-.-	-.-	-.-	-.-
<b>P-209</b>	Base con agregado chancado	1.0	1.0	1.2 a 1.6	1.4
<b>P-208</b>	Capa de base de agregados	1.0	1.0	1.0 a 1.5	1.2
<b>P-211</b>	Capa de base de roca limosa	1.0	1.0	1.0 a 1.5	1.2
<b>P-301</b>	Capa de base con suelo cemento.	n/a	-.-	1.0 a 1.5	1.2
<b>P-154</b>	Capa de Subbase	n/a	-.-	1.0	1.0
<b>P-501</b>	Concreto con cemento portland	rango para convertir a P-401 (2.2 a2.5), recomendación 2.5			

**Fuente: EFE 2015**

Nota: el juicio de ingeniería se puede utilizar para ajustar los factores recomendados para todos los elementos estructurales dentro de los límites mostrados en la tabla previa. Incluir justificación de los factores de conversión más altos o más bajos que los factores recomendados cuando informen sobre los valores PCN.

#### **a) Modo computacional ACN**

- ✓ Calcula el número ACN para aviones en los pavimentos flexibles.
- ✓ Calcula el número ACN para aeronaves en pavimentos rígidos.
- ✓ Calcula el espesor del pavimento flexible basado en el procedimiento de la OACI (método CBR) para los valores por defecto de CBR (15, 10, 6 y 3).
- ✓ Calcula espesor de la losa de pavimento rígido basado en los procedimientos de la OACI (método Asociación de Cemento Portland, caso de carga interior) para los valores por defecto de k (552.6 , 294.7 , 147.4 y 73.7 lb/in<sup>3</sup> [ 150 , 80 , 40 y 20 MN/m<sup>3</sup> ] ) .

Los espesores calculados en el modo de ACN son para condiciones específicas detectadas por la OACI para la determinación de ACN y no destinados a ser utilizados para diseñar un nuevo pavimento. Para pavimentos flexibles, se especifica una presión de los neumáticos estándar de 181 psi (1,25 MPa) y 10.000 coberturas. Para los pavimentos rígidos, un nivel de tensión admisible de 399 psi es identificado por la OACI. El espesor calculado en el modo ACN tiene significado para la determinación de la carga permisible del pavimento sólo para las condiciones específicas detectadas por la OACI.

#### **b) Modo de espesor del pavimento.**

- ✓ Calcula el espesor total del pavimento flexible basado en el método FAA CBR especificado en AC 150/5320-62, Pavimentos Aeroportuarios Diseño y Evaluación, para valores de CBR y los niveles de cobertura especificados por el usuario.
- ✓ Calcula espesor de la losa de pavimento rígido basado en el método FAA Westergaard (análisis de la carga de borde) se especifica en el AC 150/5320-6 los valores de k y niveles de cobertura especificados por el usuario.

Los requisitos de espesor de pavimento asociados con los procedimientos de ACN -PCN se basan en procedimientos históricos identificados en las versiones anteriores de AC 150/5320-6.

#### ***Uso del programa COMFAA***

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

#### **a) ACN. El usuario -**

- ✓ Se selecciona la aeronave deseada.,
- ✓ Se confirma las propiedades físicas de la aeronave. Sólo el peso bruto, peso bruto por ciento en el engranaje principal, y la presión de los neumáticos son cambiables. Todas las demás propiedades son fijadas por la norma de la OACI.
- ✓ Se hace clics en el botón "más" , y

- ✓ Se hace clic en el botón rígido o flexible ACN para determinar el ACN de las cuatro condiciones de sub-rasante estándar.
- ✓ Se hace clic en el botón "Detalles" para ver los parámetros utilizados para calcular ACN.

#### **b) PCN. El usuario**

- ✓ Se añade la aeronave "mezcla de tráfico" de la pista en un archivo externo,
- ✓ Se confirman las propiedades físicas de un avión a otro en la mezcla de tráfico,
- ✓ Se ingresan las entradas/salidas ya sea anuales o coberturas de la aeronave,
- ✓ Se introduce el espesor equivalente de pavimento para la evaluación y el valor relativo de soporte de la subrasante (CBR).
- ✓ Hacer clic en el botón " menos" para activar el modo de cálculo de lotes PCN, y
- ✓ Hacer clic sobre el lote flexible PCN o el botón de lotes rígido PCN para determinar el PCN del pavimento.
- ✓ Se hace clic en el botón "Detalles" para ver los parámetros utilizados para calcular PCN.

#### ***Tráfico Equivalente***

El procedimiento detallado basado en el factor de daño acumulado (CDF) permite el cálculo del efecto combinado de múltiples aeronaves en la mezcla de tráfico para un aeropuerto. Esto es necesario ya que el procedimiento utilizado para calcular ACN permite sólo una aeronave en un momento. Mediante la combinación de todos los aviones en una mezcla de tráfico en una aeronave crítica equivalente, el cálculo de un PCN que incluye los efectos de todo el tráfico se vuelve posible.

La evaluación de tráfico equivalente sólo es necesario en el proceso de determinación del PCN utilizando el método de evaluación técnica.

Con el fin de llegar a un PCN técnico, es necesario determinar el peso bruto máximo de cada aeronave en la mezcla de tráfico, que va a generar la estructura de pavimento



conocido. Esto a su vez requiere que las características de la sección transversal y aviones de carga del pavimento sean examinadas en detalle.

### ***Terminología de Tráfico Equivalente***

Con el fin de determinar un PCN, basado en el método de evaluación técnica, es necesario definir los términos comunes usados en el tráfico de aeronaves y el pavimento de carga. Los términos de la llegada, salida, paso, la cobertura, la repetición de carga, operación y ciclo de tráfico se usan indistintamente por diferentes organizaciones para determinar el efecto del tráfico de aeronaves que opera en un pavimento. Es importante determinar que los movimientos de aeronaves necesitan ser contadas cuando se considera el estrés pavimento y cómo los diversos términos de movimiento se aplican en relación con el diseño del pavimento y el proceso de evaluación. Para los fines de este documento, que se diferencian de la siguiente manera:

- a) Llegada (Landing) y de salida (Despegue):** Por lo general, los aviones llegan a un aeropuerto con una menor cantidad de combustible que se utiliza en el despegue. Como consecuencia, la tensión de la carga de las ruedas en el pavimento de la pista es menor que cuando se aterriza en el despegue debido al menor peso de la aeronave como consecuencia del combustible utilizado durante el vuelo y el ascensor en las alas. Esto es cierto incluso en el impacto touchdown en que todavía queda levantar en las alas, lo que alivia la fuerza vertical dinámica. Debido a esto, el procedimiento de diseño de la FAA sólo tiene en cuenta las salidas y no tiene en cuenta el conteo de 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 carga), y la operación de aterrizaje debe ser contado como un despegue de pavimento ciclos de carga de estrés. En este último escenario, hay dos tensiones iguales de carga sobre el pavimento para cada cuenta de tráfico (salida), en lugar de sólo uno. Sin importar el método de recuento de las tensiones de carga, un ciclo de tráfico se define como un despegue y un aterrizaje de la misma aeronave, con sujeción a un mayor refinamiento de la definición en el texto siguiente.

b) **Pase:** Un pase es un movimiento de una sola vez de la aeronave sobre el pavimento de la pista. Podría ser una llegada, una salida, una operación de taxi (circulación interna), o los tres, dependiendo de la magnitud de carga y la ubicación de las calles de rodaje. Figura 1 muestra los patrones de tráfico habituales para pistas que tengan cualquiera de las calles de rodaje paralelas o calles de rodaje centrales. Una calle de rodaje paralela requiere que ninguno o muy poco de la pista pueda utilizar como parte del movimiento de taxis. Una calle de rodaje central requiere que una gran parte de la pista se utiliza durante el movimiento de Taxi (rodaje).

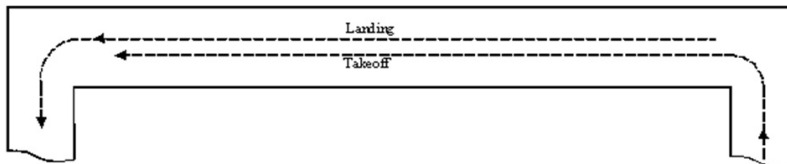


Figura 70: Pista de aterrizaje y/o despegue con calle de rodaje paralela

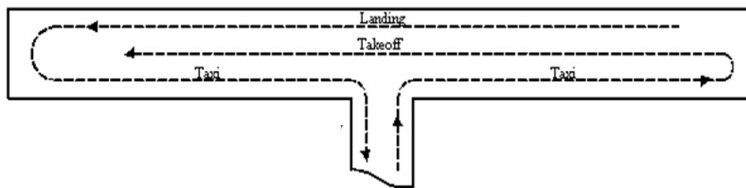


Figura 71: Pista de aterrizaje y/o despegue con calle de rodaje central

- **Escenario de calle de rodaje paralela:** En el caso de la calle de rodaje paralela, que se muestra como la figura 1, se pueden presentar dos posibles situaciones de carga. Ambas situaciones suponen que el número de pasajeros y de carga útil de carga es de aproximadamente el mismo para todo el ciclo de aterrizaje y despegue:

1) Si la aeronave obtiene de combustible en el aeropuerto, un ciclo de tráfico se compone de una sola pasada ya que la tensión de carga de aterrizaje se considera a un nivel reducido, que es una equivalencia fraccionaria. Para esta condición sólo el pase de despegue se cuenta, y la relación de pasadas a los ciclos de tráfico ( $P / TC$ ) es 1.

2) Si la aeronave no obtiene el combustible en el aeropuerto, a continuación, pasa tanto de aterrizaje y despegue deben ser contados, y un ciclo de tráfico se compone de dos pasadas. En este caso, la relación  $P / TC$  es 2.

- **Escenario con Calle de rodaje central:** Para una configuración de pista de rodaje central, se muestra como la gráfica previa, también hay dos posibles situaciones de carga que pueden ocurrir. Tal como se hizo para la condición de calle de rodaje paralela, ambas situaciones suponen que la carga útil es de aproximadamente el mismo para todo el ciclo de aterrizaje y despegue:

1) Si la aeronave obtiene de combustible en el aeropuerto, tanto el despegue y el taxi para pases de despegue deben ser contados, ya que dan lugar a un ciclo de tráfico consistente en dos pasadas a la tensión máxima de carga. El pase de aterrizaje puede ser ignorado en este caso. Se reconoce que sólo una parte de la pista se utiliza durante algunas de estas operaciones, pero es conservador suponer que toda la pista está cubierta cada vez que se produce un pase. Para esta situación, la relación  $P/TC$  es 2.

2) Si la aeronave no obtiene el combustible en el aeropuerto, a continuación, pase tanto en el aterrizaje y despegue deben contarse, junto con el pase de taxi, y un ciclo de tráfico se compone de tres pases en cargas de igual magnitud. En este caso, la relación  $P/TC$  es 3.

- **Un enfoque simplificado:** pero menos conservadora sería utilizar una relación  $P / TC$  de 1 para todas las situaciones. Desde un aterrizaje y un despegue sólo se aplican a plena carga en el tercio final de la pista (extremos opuestos para ningún cambio en la dirección del viento), este enfoque menos conservador podría ser utilizado para contar una pasada tanto para el aterrizaje y el despegue. Sin embargo, la FAA recomienda la realización de evaluaciones de aeropuertos en el lado conservador, que es asumir cualquiera de los pases cubre toda la pista.

**Tabla 43. Razón de P/TC estándar (ver nota)**

Circulación de rodaje, en servicio de la pista de aterrizaje	P / TC, obtiene combustible en el aeropuerto (El peso de salida es más que la llegada)	P / TC, No obtiene combustible en el aeropuerto (la salida tiene igual de peso que la llegada)
<b>Paralelo</b>	1	2
<b>Central</b>	2	3

Fuente: EFE 2015 - ADP

**Nota:** Los índices P/TC estándar son números enteros 1, 2, y 3. El rango de valores que se pueden introducir en el software es ,001-10,0. Esta característica permite la flexibilidad en los casos en que unas fracciones del total del tráfico podrán utilizar diferentes pistas u otros pavimentos.

### **Calculo de Tráfico equivalente**

Con el fin de completar los cálculos de tráfico equivalentes para la conversión de una de las aeronaves en la mezcla a otro, se utiliza un procedimiento basado en el factor de daño acumulado (CDF). La metodología CDF es similar a la utilizada en los procedimientos de diseño incorporados en el programa de diseño FAARFIELD, requerido por AC 150/5320-6, y proporciona resultados más consistentes que el método de carga de la rueda (como en la CBR de la FAA y los métodos de Westergaard) cuando la mezcla de tráfico contiene una amplia gama de geometrías de engranaje y las cargas de puntal. La diferencia primaria entre el procedimiento FCD y el del FAARFIELD es que en este el CDF es sumado sobre todas las aeronaves para producir el criterio para el diseño mientras que en el procedimiento en descripción el CDF se utiliza para convertir el tráfico para la mezcla completa en un número equivalente de coberturas de uno de los aviones en la mezcla. Esa aeronave se designa la aeronave "crítica" o aeronaves "más exigente" para la determinación de PCN o el "diseño" aeronaves para el diseño de espesor (CBR de la FAA y los métodos de Westergaard).

En el método de carga de la rueda, se selecciona uno de los aviones en la mezcla como la aeronave crítica y a continuación, se convierte el tráfico de las otras aeronaves en el tráfico equivalente de la aeronave crítica.

Se calcula como sigue:

$$TC / C = P / C \div P / TC$$

**Ecuación A-1**

Dónde:

TC= Ciclos de tráfico.

C= Coberturas.

P= Pases

$$TC_{CRTGE} = TC_{CNV} \times 0.8^{(M-N)}$$

**Ecuación A-2**

Dónde:

TC CNV= Número de ciclos de tráfico de la aeronave convertida.

TC CRTGE= Número de ciclos de tráfico de la aeronave crítica equivalente al número de ciclos de tráfico de la aeronave debido a la conversión de tipo de engranaje equivalente.

N= El número de llantas en tren de aterrizaje de la aeronave convertida.

M= El número de llantas de tren de aterrizaje de la aeronave crítica.

$$\log(TC_{CRTE}) = \log(TC_{CRGTE}) \times \sqrt{\frac{W_{CRT}}{W_{CNV}}}$$

$$TC_{CRTE} = \log(TC_{CRGTE}) \times \sqrt{\frac{W_{CRT}}{W_{CNV}}}$$

**Ecuación A-3**

TC CRTE= Número de ciclos de tráfico de la aeronave crítica equivalente al número de ciclos de tráfico de la aeronave debido a la conversión de tipo de engranaje y magnitudes de cargas equivalentes.

TC CRTGE= Número de ciclos de tráfico de la aeronave crítica equivalente al número de ciclos de tráfico de la aeronave debido a la conversión de tipo de engranaje equivalente.

W CNV = Carga de la Llanta de la aeronave convertida.

W CRT = Carga de la Llanta de la aeronave crítica.

$$TC_{CRTE} = \log(TC_{CNV} \times 0.8^{(M-N)})^{\sqrt{W_{CRT}/W_{CNV}}}$$

**Ecuación A-4**

$$CDF_{CNV} = \frac{C_{CNV}}{C_{CNVF}} = \frac{\text{Coberturas de la aeronave convertida}}{\text{Coberturas para falla el pavimento por carga de la aeronave convertida}}$$

CDF<sub>CNV</sub> = Factor de daño acumulado resultante de las coberturas del avión convertido.

$$CDF_{CRTE} = \frac{C_{CRTE}}{C_{CRTF}} = \frac{\text{Coberturas equivalentes del avión crítico}}{\text{Coberturas para falla el pavimento por carga de la aeronave crítica}}$$

CDF<sub>CRTE</sub> = Factor de daño acumulado resultante de las coberturas de la aeronave crítica.

CDF es la fracción del total de la vida del pavimento usado por operaciones de la aeronave indicada sobre el pavimento. Por lo tanto, se deduce que el CDF para la aeronave equivalente es igual a CDF para la aeronave convertida.

$$\frac{C_{CRTE}}{C_{CRTF}} = \frac{C_{CNV}}{C_{CNVF}} \quad \text{y} \quad C_{CRTE} = \frac{C_{CNV}}{C_{CNVF}} C_{CNV}$$

$$TC_{CNV} = PC_{CNV} \times C_{CNV} \quad \text{y} \quad TC_{CRTE} = PC_{CRT} \times C_{CRTE}$$

#### Ecuación A-5

Dónde:

TC CNV = número de ciclos de tráfico de la aeronave convertida.

TC CRTE = número de ciclos de tráfico de la aeronave crítica equivalente de tráfico de la aeronave convertida.

PC CNV = Pase a la relación de cobertura para la aeronave convertida.

PC CRT = Pase a la relación de cobertura para la aeronave crítica.

$$TC_{CRTE} = \frac{PC_{CRT}}{PC_{CNV}} \frac{C_{CRTF}}{C_{CNVF}} TC_{CNV}$$

$$C_{CRTEI} = C_{CRTF} \times CDF_{CNVI}$$

Dónde:

C<sub>CRTEI</sub> = número de coberturas equivalentes de la primera aeronave de la lista, incluyendo la aeronave crítica.

CDF<sub>CNVI</sub> = El CDF de la primera aeronave de la lista, incluyendo el avión crítico.

$$C_{CRTEI} = \sum_{I=1}^N C_{CRTEI} = \sum_{I=1}^N C_{CRTF} \times CDF_{CNVI} = C_{CRTF} \sum_{I=1}^N CDF_{CNVI} \quad \text{Ecuación A-6}$$

Dónde:

N= Número total de aeronaves de la lista incluyendo la aeronave crítica

$$CDF_T = \frac{C_{CRITTotal}}{C_{CNTF}} = \sum_{I=1}^N CDF_{CNVI} \quad \text{Ecuación A-7}$$

CDFT= Factor de daño total.

Por tanto, el Factor de daño acumulado total, es la suma de todo el conjunto de tráfico incluyendo, la aeronave crítica.

### **Resumen de Reporte del PCN.**

Para la determinación del PCN se ha tomado la data de las aeronaves con mayores coberturas en el aeropuerto, considerando la siguiente información:

- ✓ Método de Evaluación Técnica.
- ✓ Determinación del volumen de tráfico.
- ✓ Determinación del Valor numérico del PCN en calles de acceso y rodaje.
- ✓ Valores numéricos del PCN de la Pista Principal.
- ✓ Resumen de Valores de PCN calculados.
- ✓ Reporte de Valores de PCN calculados.

### **Determinación de Condición de Seguridad de la superficie del pavimento.**

Tiene como objetivo efectuar mediciones del coeficiente de resistencia al deslizamiento en la pista de aterrizaje y/o despegue, tomando en cuenta el Manual de servicios de aeropuertos, Parte 2, estado de la superficie de los pavimentos y la Circular OACI 329 AN/191 -Evaluación, mediciones y notificación del estado de la superficie de la pista-. Así como la Norma técnica complementaria NTC: 006-2013 DGAC/MTC.

### ***Coefficiente de rozamiento***

Se trata de una respuesta sistémica generada por el sistema dinámico que se compone de:

- a) la superficie del pavimento;
- b) el neumático;
- c) los contaminantes; y
- d) la atmósfera.

Durante mucho tiempo se ha tratado de correlacionar la respuesta del sistema obtenida mediante un dispositivo de medición con la respuesta del sistema de aeronave, medida en la misma superficie. Se ha llevado a cabo un número considerable de actividades de investigación que han aportado una nueva óptica de los complejos procesos que se producen. No obstante, hasta la fecha, no existe una relación universalmente aceptada entre el coeficiente de rozamiento medido y la respuesta del sistema de aeronave, aunque un Estado utiliza el coeficiente de rozamiento medido por un decelerómetro y lo relaciona con las distancias de aterrizaje de los aviones.

### ***Dispositivos de medición del rozamiento***

Los dispositivos de medición del rozamiento tienen dos utilidades particulares y diferentes en un aeródromo:

- a) Para el mantenimiento del pavimento de la pista, como herramienta para medir el rozamiento en relación con:
  - El nivel de mantenimiento; y
  - El nivel mínimo de rozamiento;
- b) Para su utilización operacional como herramienta de ayuda al evaluar el rozamiento superficial estimado cuando en la pista hay nieve compactada y hielo.



### ***Criterios establecidos por los Estados para las características de rozamiento***

Los Estados deberían establecer criterios para las características de rozamiento relacionadas con los diferentes niveles mencionados en 4.3 y, dentro de ello, determinar los criterios de performance para la aprobación de los dispositivos de medición del rozamiento que se utilizarán en el Estado. En el Doc 9137, Parte 2, Tabla 3-1, se indican los niveles de rozamiento asociados con algunos dispositivos de medición del rozamiento. Sin embargo, hay que señalar que los de la Tabla 1-3 se refieren a pruebas específicas y dispositivos específicos de medición del rozamiento y no pueden, ni deben, tomarse como valores de rozamiento globales válidos para otros dispositivos de medición del rozamiento de la misma marca y tipo.

### ***Criterios de performance establecidos por los Estados para los dispositivos de medición del rozamiento***

Los Estados están obligados a garantizar que los dispositivos aceptables de medición del rozamiento cumplan los criterios de performance establecidos por el Estado, teniendo en cuenta factores tales como la repetibilidad y la reproducibilidad de los dispositivos individuales de medición del rozamiento. Con el fin de utilizar correctamente la Tabla 3-1 del Doc 9137, Parte 2, los Estados deben contar con métodos de calibración y correlación adecuados. La repetibilidad y la reproducibilidad de los equipos de medición continua del rozamiento deben cumplir los criterios de performance basados en la medición de una superficie de prueba de 100 m de longitud. Esta longitud corresponde a la considerada significativa para el mantenimiento y la notificación por la OACI.

Actualmente, puede lograrse una repetibilidad del orden de  $\pm 0,03$  y una reproducibilidad del orden de  $\pm 0,07$  unidades de coeficiente de rozamiento. Sin embargo, aún no ha habido un consenso internacional sobre cómo expresar la repetibilidad y la reproducibilidad en el contexto de las medidas de rozamiento que se utilizarán para fines de mantenimiento y notificación en los aeródromos, aunque se dispone de diversos principios de diseño y de medición.

Un reto importante para los fabricantes de dispositivos de medición del rozamiento es la sustitución urgente del Centro de Vuelo Wallops de la NASA, situado

en la costa oriental de Virginia, Estados Unidos, que ya no está disponible para las pruebas de certificación de dispositivos de medición del rozamiento. En el futuro tendrá que haber instalaciones aprobadas por el Estado para asumir el papel del Centro de Vuelo Wallops de la NASA.

No hay, en la actualidad, procedimientos aceptados a nivel mundial encaminados al desarrollo de métodos y logística para la utilización de dispositivos de medición del rozamiento. Los Estados han optado por desarrollar métodos y logística basados en las condiciones locales y los parques históricos de aparatos de medición del rozamiento dentro del Estado. Algunos Estados han desarrollado procedimientos para el control de las incertidumbres inherentes y han aprobado determinados dispositivos de medición del rozamiento, así como sobre la forma de utilizarlos en relación con los criterios de diseño y mantenimiento establecidos por el Estado.

El estado peruano mediante la Norma técnica complementaria NTC: 006-2013 DGAC/MTC de notificación de superficies pavimentadas con presencia de agua y características de rozamiento de pistas pavimentadas. Como objetivo de proveer el mecanismo que le permita proporcionar información a los pilotos y explotadores aéreos la información pertinente acerca de las condiciones en que una pista, o parte de la misma, no cumpla con las características de rozamiento igual o superior al nivel mínimo de rozamiento especificado en la presente Norma.

### ***Características de Rozamiento de las Superficies de rodaduras de pistas Pavimentadas.***

- El Explotador del aeródromo debe establecer y proporcionar a la DGAC un procedimiento mediante el cual comunica a los explotadores aéreos la condición de rozamiento de la pista de aterrizaje.
- El procedimiento será aceptado por la DGAC y debe contener como mínimo lo siguiente:
  - a. Equipo de medición continua y sus características.
  - b. Medidas de seguridad a adoptar durante las mediciones.
  - c. Registro de las mediciones de la pista.
  - d. Coordinaciones con las áreas involucradas (Explotador de Aeródromo, AIS, ATC).

- e. Designación de responsabilidades.
  - f. Solicitud de la publicación de los resultados de las mediciones.
- El Explotador del aeródromo proporcionará información confiable de la presencia de contaminantes sobre la superficie de la pista. Evaluará el tipo, distribución y espesor del contaminante. La evaluación se hará para cada tercio de la pista.
  - El Explotador del aeródromo solicitará la notificación de la condición de pista contaminada mediante la emisión de un NOTAM.
  - El explotador del aeródromo removerá los depósitos de caucho, marcas de pintura y otros contaminantes de la pista, para lo cual podrá optar por cualquiera de los métodos existentes (por ejemplo: agua a alta presión, químicos, impacto a la velocidad, etc.), siempre y cuando la pista se encuentre libre de agua estancada y evitando que se dañe el pavimento.
  - El explotador del aeródromo después de que han sido removidos los contaminantes por cualquiera de los métodos antes mencionados, deberá efectuar las mediciones de fricción a fin de evaluar su eficacia.
  - El Explotador del aeródromo evaluará las condiciones de las pistas cuando están secas y limpias, a fin de determinar las características de rozamiento, usando un dispositivo humectador automático de medición continua del rozamiento, realizando dos recorridos de chequeo uno al inicio y otro al final de los recorridos de evaluación y se comprobará que la diferencia entre valores están dentro del intervalo que permite el fabricante.

El ensayo consistirá en realizar recorridos de ida y vuelta cubriendo toda la longitud de la pista, paralelos al eje de la pista y a cada lado del mismo a las distancias especificadas en la siguiente tabla, en función de la anchura de la pista.

**Tabla 44. Desplazamiento lateral de los recorridos de evaluación**

Anchura de la Pista	Desplazamientos laterales recomendados con respecto al eje de pista para realizar la medición del coeficiente de rozamiento (metros)										N° de mediciones totales
	Lado izquierdo					Lado derecho (sentido de aproximación)					
	Área externa de la pista			Área central de la pista		Área central de la pista		Área externa de la pista			
18 m				6	3	3	6				4
23 m			10	6	3	3	6	10			6
30 m			10	6	3	3	6	10			6
45 m		18	10	6	3	3	6	10	18		8
60 m	22	18	10	6	3	3	6	10	18	22	10

Fuente: NTC: 006-2013 DGAC/MTC

- Las mediciones del rozamiento en las pistas existentes, nuevas o repavimentadas se harán con un dispositivo de medición continua del rozamiento, utilizando un neumático de rodadura no acanalado o ranurado. El dispositivo deberá tener humectador automático para que las mediciones de las características de rozamiento de la superficie puedan efectuarse cuando la capa del agua sea de por lo menos de 1 mm de espesor.
- El Explotador del aeródromo, dentro de los treinta (30) días calendarios de finalizados los trabajos de construcción, mejoramiento y/o rehabilitación, entregará a la DGAC para su publicación la información sobre el nivel de rozamiento de la pista.
- El explotador del aeródromo cuando compruebe que el rozamiento en cualquier parte de una pista es inferior al valor establecido por el Numeral en la presente Norma, solicitará la emisión del NOTAM especificando la parte de la pista que está por debajo del nivel mínimo de rozamiento.
- De presentarse las condiciones indicadas en el Numeral anterior, el explotador del aeródromo adoptará las medidas correctivas de mantenimiento en un plazo que no exceda los siete (7) días calendarios, una vez ejecutados las acciones correctivas solicitará la cancelación del NOTAM.

- Cuando las características de rozamiento de una pista puedan ser reducidas debido a un drenaje deficiente, debido a lo escaso de las pendientes o a la existencia de depresiones, el explotador del aeródromo deberá efectuar otra medición, esta vez en circunstancias normales representativas de la lluvia en la localidad. Esta medición difiere de la anterior por el hecho de que, por lo general, la altura del agua en las zonas de drenaje deficiente es mayor en el caso de la lluvia local. Por lo tanto, es más factible, en el caso de la medición anterior, que los resultados permitan determinar cuáles son las áreas problemáticas con valores de rozamiento bajos que podrían causar el hidroplaneo. Si las circunstancias no permiten efectuar mediciones en condiciones normales representativas de la lluvia, puede simularse esta situación.
- El explotador de aeródromo realizará evaluaciones periódicas de las características de rozamiento de la pista para identificar los cambios producidos en las mismas y si fuese necesario, realizar las actuaciones necesarias para mantener los niveles de rozamiento de la pista por encima del Nivel Previsto de Mantenimiento especificado en la Norma.
- El explotador de aeródromo deberá realizar evaluaciones periódicas para la medición de los coeficientes de rozamiento. El intervalo entre estas evaluaciones no deberá ser superior al establecido en la siguiente tabla, siempre que el valor de rozamiento obtenido esté por encima del nivel de rozamiento mínimo recogido en la Norma.

**Tabla 45. Intervalo máximo de medición de coeficientes de rozamiento**

Para Aeródromos con Operaciones Anuales	Intervalo máximo de medición
Menos de 5,000	Anual
De 5,000 a 30,000	Cada 6 meses
Más de 30,000	Cada 4 meses

Fuente: NTC: 006-2013 DGAC/MTC

- Adicionalmente a las frecuencias establecidas el explotador del aeródromo cuando lo estime conveniente medirá el coeficiente de rozamiento.
- Explotador de aeródromo medirá el coeficiente de rozamiento a requerimiento de la DGAC.

- Para realizar la medida del rozamiento de la pista deberán seguirse, las instrucciones del fabricante de acuerdo con el equipo para su manejo y se realizarán en estrecha coordinación con el ATC para así asegurar que los ensayos se realicen cumpliendo todos los requisitos de seguridad operacional. No resulta excluyente, y podrá utilizarse cualquier otro equipamiento que sea debidamente acreditado con el certificado de garantía del fabricante. Se establecen los siguientes niveles de coeficiente de rozamiento:
  - a. Nivel previsto de mantenimiento: es el nivel de rozamiento por debajo del cual deben adoptarse medidas correctivas de mantenimiento para mejorar el rozamiento de la pista.
  - b. Nivel mínimo de rozamiento; se publicará un NOTAM indicando que la pista puede estar resbaladiza cuando esta mojada y se adoptarán urgentemente medidas correctivas para restaurar los niveles adecuados de rozamiento.
  - c. Objetivo de diseño para nuevas superficies; es el nivel de rozamiento que deben tener las superficies de las pistas nuevas o repavimentadas.

**Tabla 46. Niveles de rozamiento en las superficies de las pistas nuevas y en uso**

Equipo de ensayo	Neumático de ensayo		Velocidad en ensayo (Km/h)	Profundidad del agua de ensayo (mm)	Objetivo de diseño para superficies de pistas	Nivel previsto de mantenimiento	Nivel mínimo de rozamiento
	Tipo	Presión (Kpa)					
(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Remolque medidor del valor Mu	A	70	65	1	0.72	0.52	0.42
	A	70	95	1	0.66	0.38	0.26
Deslizómetro	B	210	65	1	0.82	0.6	0.5
	B	210	95	1	0.74	0.47	0.34
Vehículo medidor del rozamiento en la superficie	B	210	65	1	0.82	0.6	0.5
	B	210	95	1	0.74	0.47	0.34
Vehículo medidor del rozamiento en la pista	B	210	65	1	0.82	0.6	0.5
	B	210	95	1	0.74	0.54	0.41
Vehículo medidor del rozamiento TATRA	B	210	65	1	0.76	0.57	0.48
	B	210	95	1	0.67	0.52	0.42
Remolque medidor de asimiento Grip Tester	C	140	65	1	0.74	0.53	0.43
	C	140	95	1	0.64	0.36	0.24
Probador de Fricción de Remolque SARSYS (*)	D	700	65	1	0.82	0.6	0.5
	D	700	95	1	0.74	0.7	0.34
Dynatest Friction Runway Tester	B	210	65	1	0.82	0.6	0.5
	B	210	95	1	0.72	0.47	0.34

**Neumático de ensayo**

**Tipo A:** Dos neumáticos de caucho y de rodadura lisa.

**Tipo B:** Un neumático de caucho y de rodadura lisa.

**Tipo C:** Similar al Tipo B pero de menor tamaño.

**Tipo D:** Un neumático de caucho y de rodadura ranurada.

Fuente: NTC: 006-2013 DGAC/MTC

(\*) Equipo utilizado en las mediciones de coeficiente de fricción.

### **La conservación de los pavimentos de aeropuertos.**

Son todas las acciones que se realizan y necesarias para mantener los componentes iniciales de los pavimentos del aérea de movimiento de un aeropuerto en un óptimo estado de servicio, tanto en condiciones operativas como de seguridad. Usando políticas de conservación tomando en cuenta su costo/beneficio de acuerdo a la vida útil remanente del pavimento y de los recursos financieros que se disponen para dicha gestión.

Esta comprendido el mantenimiento preventivo y no incluye la construcción de pavimentos nuevos o de rehabilitaciones de los mismos. Sin embargo, es importante tener enlace permanente de los proyectos nuevos a realizar de nuevas construcciones e informar de las áreas que se requerirían su rehabilitación en el corto y mediano plazo lo cual es parte fundamental para la toma de decisiones en las políticas de conservación.

La gestión en la conservación de los pavimentos implica identificar las labores de mantenimiento adecuado con la aplicación a la infraestructura adecuada en el momento adecuado, es decir, que, como y cuando valorando costo/beneficio de acuerdo con los presupuestos con los que se cuenta en el corto, mediano y largo plazo.

## **Programas de Mantenimiento de Pavimentos (de acuerdo al contrato de concesión del estado peruano con AdP)**

### ***Mantenimiento***

Comprende las actividades rutinarias y periódicas necesarias para garantizar la confiabilidad y efectividad de los Bienes de la Concesión y requeridas para dar cumplimiento a los Requisitos Técnicos Mínimos establecidos en el Contrato. Incluye,

#### **- Mantenimiento Preventivo:**

Labor programada de mantenimiento llevada a cabo para evitar fallas de la Infraestructura Aeroportuaria o una reducción de la eficiencia de la misma. Puede ser rutinario, o periódico:

##### **➤ “Mantenimiento Rutinario”.**

Aquellas actividades de Mantenimiento Preventivo que se efectúan repetidamente dentro de los diferentes ejercicios anuales con el propósito de garantizar la confiabilidad y efectividad de la Infraestructura Aeroportuaria, tal como fue diseñada, a efectos de atender adecuadamente el tráfico de pasajeros y carga acorde con los Requisitos Técnicos Mínimos exigidos para los Aeropuertos. Comprende, entre otras, las siguientes actividades:

- Limpieza del área de movimiento, vías de acceso y zona de estacionamiento vehicular
- Verificación y mantenimiento de la señalización horizontal y vertical
- Replantado y arreglo de las áreas verdes
- Parchados, tratamiento de fisuras y subsanación de baches
- Control de vegetación o de arena
- Limpieza general del edificio de terminal
- Roce de vegetación
- Conformación de franjas
- Limpieza del sistema de drenaje
- Mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua
- Estabilización de taludes y control de erosión de los mismos



- Mantenimiento general de las vías de acceso internas
- Mantenimiento general del estacionamiento vehicular

➤ **“Mantenimiento Periódico”.**

Aquellas actividades de mantenimiento preventivo que se efectúan dependiendo del movimiento del número de operaciones aéreas y el correspondiente tráfico de pasajeros y carga, ó cuando así se requiera por erosión o cualquier otro factor ocasionado por el paso del tiempo, lo que ocurra primero. Dichas actividades de mantenimiento se efectúan en intervalos mayores a los 365 días con el propósito de garantizar la confiabilidad y efectividad de la Infraestructura Aeroportuaria tal como fue diseñada. Son actividades periódicas, cuya ejecución es determinada por la inadecuación de algún índice que establece las capacidades estructurales. Comprende entre otras, el control general de la rugosidad del pavimento e Incluye:

- Sellado asfáltico de las superficies
- Sellado de fisuras
- Tratamiento de Juntas
- Pintado de la señalización horizontal
- Estabilización de taludes y control de erosión de los mismos
- Limpieza y mantenimiento general de las defensas ribereñas
- Remoción de caucho

➤ **“Mantenimiento Correctivo”:**

Labor de mantenimiento llevada a cabo con el objetivo de corregir inmediatamente cualquier falla o imperfección imprevista en la Infraestructura Aeroportuaria que atente contra la seguridad operacional del Aeropuerto.

***Normas Mínimas Requeridas para el Mantenimiento del Lado Aire***


El Mantenimiento Preventivo Rutinario y Periódico de los pavimentos deberá llevarse a cabo de acuerdo con las normas y recomendaciones internacionales que se refieran a las mejores prácticas de mantenimiento de infraestructura aeroportuaria y cualquier regulación que dicte la Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú.

**“Programa de Mantenimiento Periódico”.**

Es el documento que el CONCESIONARIO deberá presentar al OSITRAN cada 5 Años, en el cual se detallará las actividades de Mantenimiento Periódico previstas a ejecutarse con la finalidad de garantizar la confiabilidad y efectividad de la Infraestructura Aeroportuaria.

**Los programas de mantenimiento de los pavimentos del área de movimiento del aeropuerto de Cajamarca, vigentes y aprobados por OSITRAN son:**


**Tabla 47 . Programa de mantenimiento preventivo rutinario vigente**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO 2017																							
Aeropuerto: SPJR-Cajamarca		Grupo: ELEM Electricidad / Electromecánica																					
Revisión: Rvc. C		SESP Sistemas Especiales																					
Fecha: miércoles 15 de febrero de 2017		INFR Infraestructura																					
Grupo	Item	Clase	Descripción	Und	Cant.	Frecuencia	Inicio	Meses															
								ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
<b>Mantenimiento Preventivo Rutinario</b>																							
INFR	1.16.00	P	Conformación de franjas, roce de vegetación, limpieza de drenajes y Pavimentos																				
INFR	1.16.01	P	Conformación de franjas, roce de vegetación y limpieza de drenajes																				
INFR	1.16.01.01	P	Roce de vegetación (remoción de maleza)	Gbt	1	Anual	Junio																
INFR	1.16.01.02	P	Limpieza de los sistemas de drenajes (remoción de maleza, residuos sólidos, de tierras y/o piedras).	Gbt	1	Anual	Junio																
INFR	1.16.01.03	P	Conformación de franjas (remoción de maleza, residuos sólidos y subsanación de alteración de superficie)	Gbt	1	Anual	Junio																
INFR	1.16.02	P	Pavimentos Lado aire																				
INFR	1.16.02.01	P	Limpieza del área de Movimiento (barrido de Pavimentos)	Gbt	1	S.N.	S.N.																
INFR	1.16.02.02	P	Bacheo, sellados asfálticos (trabajos menores)	Gbt	1	S.N.	S.N.																
INFR	1.16.02.03	P	Señalización horizontal lado aire (eje de pista de aterrizaje y crucesos peatonales con baja nitidez visual de pintura)	Gbt	1	Anual	Junio																
INFR	1.16.02.04	P	Medición de fricción de RWY	Gbt	1	Anual	Octubre																

<b>Leyenda:</b>
Anual 
Según Necesidad (S.N.) 

Fuente: PMR – AdP

**Tabla 48. Programa de mantenimiento preventivo periódico vigente (2013 – 2018)**

SEGUNDO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIODICO (PMP) DEL PRIMER GRUPO DE AEROPUERTOS DE PROVINCIA DE LA REPUBLICA DEL PERU														
Aeropuerto : Cajamarca														
Revisión : L														
Fecha : 19/06/2017														
Moneda : Dolares Americanos														
Tipo de Cambio : 3.34														
Infraestructura	ACTIVIDADES Y/O TAREAS	SUSTENTO TECNICO ECONOMICO (STE)	FRECUENCIA SUGERIDA	UNIDAD	CD (APUS) USD \$	CD+ GG+ UI + IGV USD \$	CANTIDAD	COSTO POR INTERVENCIÓN USD \$	AÑO 1 01-05-13 al 30-04-14	AÑO 2 01-05-14 al 30-04-15	AÑO 3 01-05-15 al 30-04-16	AÑO 4 01-05-16 al 30-04-17	AÑO 5 01-05-17 al 30-04-18	TOTAL US\$
PAVIMENTOS	Slurry asfáltico superficial (CCS)	STE-014	cada 5 años	m <sup>2</sup>	\$9.79	\$13.86	112,500.00	\$1,559,547.00		\$1,559,547.00				\$1,559,547.00
	Recapeo 1" lado aire		cada 5 años	m <sup>2</sup>	\$19.45	\$27.54	37,500.00	\$1,032,795.00		\$1,032,795.00				\$1,032,795.00
	Impermeabilizado de pavimentos contra derrames de combustible y P. químicos		cada 3 años	m <sup>2</sup>	\$7.25	\$10.27	6,462.70	\$66,346.13		\$66,346.13			\$52,356.60	\$118,702.73
	Sellado de fisuras y grietas menores de 1"		cada 4 años	m	\$6.30	\$8.92	25,477.92	\$227,283.43		\$227,283.43				\$227,283.43
	Sellado de grietas mayores a 1 1/2"		cada 4 años	m	\$11.02	\$15.60	650.00	\$10,142.81						\$0.00
	Tratamiento de juntas		cada 4 años	m	\$10.14	\$14.36	418.00	\$6,001.74		\$6,001.74				\$6,001.74
	Recapeo de 1" en pavimentos con superficies asfálticas		cada 5 años	m <sup>2</sup>	\$18.82	\$26.65	4,091.83	\$109,043.67		\$109,043.67				\$109,043.67
	Bacheos de borde de pistas o margenes		cada 5 años	m <sup>2</sup>	\$29.89	\$42.32	2,500.00	\$105,810.60		\$105,810.60				\$105,810.60
	Estabilización y sellado de vías		cada 3 años	m <sup>2</sup>	\$23.71	\$33.57	14,500.00	\$486,813.72		\$486,813.72				\$486,813.72
	Señalización Vertical Lado Aire		cada 10 años	m <sup>2</sup>	\$148.92	\$210.87	31.50	\$6,642.43		\$6,642.43				\$6,642.43
	Señalización horizontal Lado Aire		cada 2 años	m <sup>2</sup>	\$10.88	\$15.41	11,500.00	\$177,169.92		\$177,169.92			\$177,169.92	\$354,339.84
	Remoción de caucho, retexturado y borrado de señalización horizontal		Segun Necesidad	m <sup>2</sup>	\$7.79	\$11.03	8,200.00	\$90,451.25						\$0.00
	Estabilización taludes		cada 5 años	m <sup>2</sup>	\$22.75	\$32.21	0.00	\$0.00						\$0.00
	Reconformación de taludes y niveles del sistema de drenajes		cada 3 años	m3	\$17.82	\$25.23	1,100.00	\$27,756.43		\$27,756.43			\$27,756.43	\$55,512.86
	Bacheos superficiales en pavimentos		cada 5 años	m2	\$44.38	\$62.84	0.00	\$0.00						\$0.00
	Conformación de terrenos lado aire		cada 5 años	Ha	\$1,204.18	\$1,705.12	24.30	\$41,434.39		\$41,434.39				\$41,434.39
	FRESADO EN PAVIMENTO ASFÁLTICO		Partidas Nuevas	Segun Necesidad	m2		\$2.91	12,500.00	\$36,332.34		\$36,332.34			
<b>TOTAL COSTO DIRECTO + GG + UI + IGV</b>										\$3,882,976.79		\$257,282.95	\$4,140,259.75	

Fuente: 2do PMP – AdP

## **Determinación de la condición funcional del pavimento (PCI).**

La evaluación tuvo por objetivo la determinación del Índice de condición del pavimento (PCI), los resultados permitieron establecer el estado actual de deterioro del pavimento.

Consistió las labores en campo con el fin de identificar la condición superficial de los pavimentos (PCI), de la pista de aterrizaje y despegue, de acuerdo a la norma ASTM D 5340, que nos brinda los procedimientos para la evaluación superficial de los pavimentos de las áreas de movimiento de aeropuertos.

Asimismo, se realizó trabajos de gabinete procesando la información relevada de la pista de aterrizaje, así como recopilar y registra en base a los resultados de las evaluaciones de la condición superficial anteriores desarrollados por consultores especializados contratados por la empresa Aeropuertos del Perú desde el inicio de la concesión.

## **Trabajos de Campo**

Se realizaron en el mes de mayo del 2017, consistiendo en la evaluación de los pavimentos del sistema de pistas, mediante una inspección visual del estado actual de deterioro del pavimento, medición de la condición superficial mediante relevamiento de fallas para la determinación valor del PCI (Índice de Condición del Pavimento) La que se realizó mediante el método de evaluación PCI tomando como referencia lo establecido en la Norma ASTM D 5340-12, (Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys).

Dicha labor se realizó ingresando a la base de datos de una hoja Excel que es la ficha de recolección de datos 1 la mismas que nos permitió registra y administra la información de:

- Las unidades de muestreo.
- Las secciones de la pista de aterrizaje separándolos en tercio izquierdo, central y derecho de la pista de aterrizaje.
- Los tipos de fallas y sus respectivas severidades encontradas en cada unidad de muestreo.
- Los metrados por cada tipo de falla.

Los trabajos de campo se efectuaron en la RWY, un enmallado de 15.0m por 30.0m y 15.0m por 40.0m, áreas que corresponden a 246 unidades de muestreo de 450 m<sup>2</sup> y 3 unidades de muestro de 600 m<sup>2</sup> analizadas en su totalidad.

**Tabla 49. sectorización de PCI**

SECCIÓN	SIGNIFICADO
RWY A	PISTA TERCIO IZQUIERDO
RWY B	PISTA TERCIO CENTRAL
RWY A	PISTA TERCIO DERECHO

Fuente: Propia

Estas secciones fueron ubicadas y pintadas sobre el pavimento a fin de facilitar al evaluador la identificación de las fallas existentes en cada área del pavimento:

**Tabla 50. Número de unidades de muestreo**

SECCIÓN	UNIDADES DE MUESTREO
RWY A	83
RWY B	83
RWY A	83

Fuente: Propia

**Tabla 51. Matriz de tipos de fallas.**

PAVIMENTO FLEXIBLE - FALLAS		
TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN	U. MED
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>
2	Exudación	m <sup>2</sup>
3	Fisura de bloque	m
4	Ondulación	m <sup>2</sup>
5	Depresión	m <sup>2</sup>
6	Erosión por chorro de turbina	m <sup>2</sup>
7	Reflexión de juntas PCC	m
8	Fisura long. y transv.	m
9	Derrame de combustible	m <sup>2</sup>
10	Bacheos	m <sup>2</sup>
11	Agregado pulido	m <sup>2</sup>
12	Peladura	m <sup>2</sup>
13	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
14	PCC expuesto	m <sup>2</sup>
15	Fisuras por deslizamiento	m
16	Hinchamiento	m <sup>2</sup>

Fuente: Propia

**Tabla 52. Tipo de falla**

Ítem	Tipo de falla	Descripción
1	Piel de cocodrilo	Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo.
2	Exudación	La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.
3	Fisura de bloque	Las fisuras en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).
4	Ondulación	Es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.
5	Depresión	Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta.
6	Erosión por chorro de turbina	La erosión por chorro de turbina produce áreas oscuras en la superficie del pavimento donde el ligante bituminoso ha sido quemado o carbonizado. Las áreas quemadas pueden variar en profundidad hasta aproximadamente 1/2 in. (13 mm).
7	Reflexión de juntas PCC	Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

8	Fisuras longitudinales y transversales	<p>Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.</li> <li>2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.</li> <li>3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto.</li> </ol> <p>Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.</p>
9	Derrame de combustible	Es el deterioro o reblandecimiento de la superficie del pavimento producido por el derrame de combustible u otros disolventes.
10	Bacheos	Un bacheo es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.
11	Agregado pulido	Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.
12	Peladura	Es el desgaste de la superficie del pavimento causado por el desprendimiento de los agregados y la pérdida de asfalto. Ello podría ser un indicativo de que el ligante asfáltico se ha endurecido significativamente.
13	Ahuellamiento	El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.
14	PCC expuesto	Ocasionalmente los pavimentos de concreto se expanden incrementando su longitud; producto de ello corre el asfalto de la superficie y en consecuencia este se hincha hasta producirse la rotura.
15	Fisura por deslizamiento	<p>El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).</p> <p>Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento.</p>
16	Hinchamiento	El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento –una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

Fuente: EFE 2015

La información de recopilada del relevamiento del estado superficial de la pista de aterrizaje se ubica en el anexo

### Trabajos de Gabinete.

Los trabajos de gabinete consistieron en preparar los archivos electrónicos de las planillas de relevamiento de fallas, donde se han consignado los tipos de falla, cantidad y nivel de severidad. Toda la Información de campo recogida fue anotada en los formatos correspondientes según el tipo de pavimento los cuales se adjuntan en los anexos.

### Metodología utilizada para la determinación del PCI (Índice de Condición del Pavimento)

El Índice de condición del pavimento es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, valores a los cuales se asocia una descripción verbal que varía de colapsado a excelente, según se muestra a continuación:

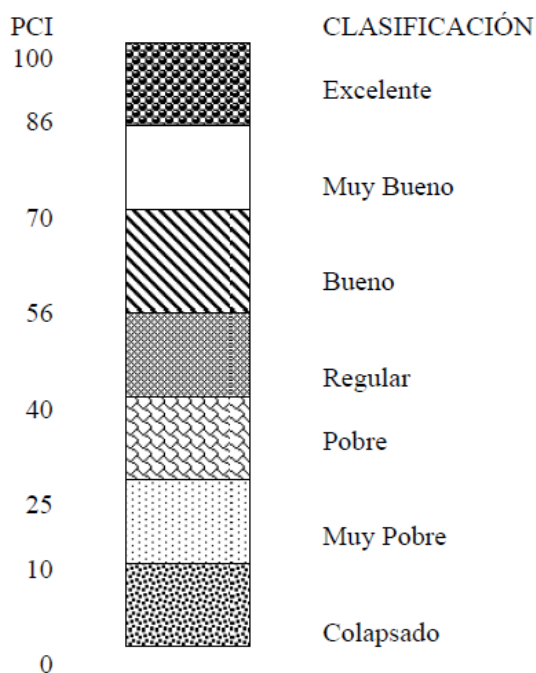


Figura 72. Índice de Condición del Pavimento (PCI) y escala de clasificación  
Fuente: ASTM D 5340

La información obtenida en el relevamiento de fallas se utiliza para calcular el PCI de cada unidad de muestra, el PCI de la sección de un pavimento se determina en base a los valores de PCI determinados para cada unidad de muestra.

El proceso de cálculo es el mismo, tanto para pavimentos flexibles como para pavimentos rígidos, la diferencia es 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; una vez definidos los tipos de falla, clasificadas según el grado de severidad, según el tipo de pavimento, se han hallado los totales de las secciones dañadas para definir la densidad en que ésta se presenta:

$$\text{Dens. (\%)} = \frac{\text{Área de las fallas}}{\text{Área muestra (m}^2\text{)}}$$

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 5340-12, 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  $m$ :

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

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

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

$$\text{PCI} = 100 - \text{VDC}$$

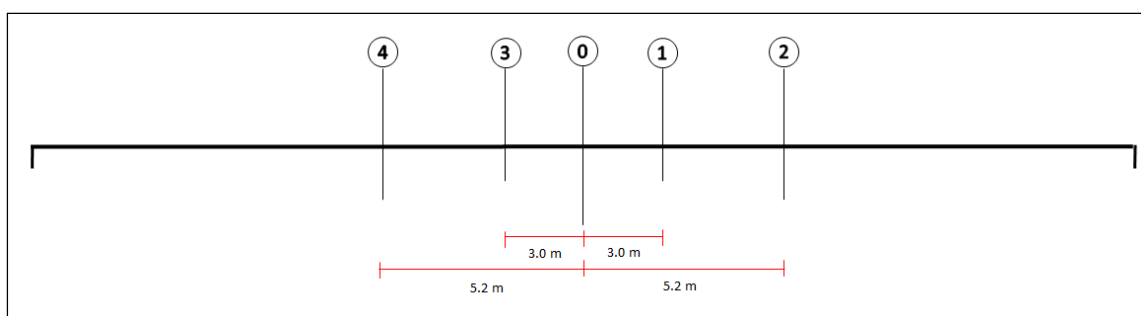
### **3.2.2 Recopilación de la evaluación de la rugosidad del pavimento**

Con el fin de determinar la regularidad de la superficie de rodadura del pavimento con el fin de identificar sectores que estuviese vulnerando los parámetros fijados en la normativa técnica vigente.



## Trabajos de campo.

De acuerdo con lo establecido en el AC 150/5380-9, para los trabajos en campo se determinó cinco (5) ejes longitudinales, distribuidos de la siguiente manera: Un (01) en el eje central, 02 a 3.0m del eje (01 hacia el lado derecho y 01 hacia el lado izquierdo) y dos (02) a 5.2m del eje (01 hacia el lado derecho y 01 hasta el lado izquierdo), a continuación se muestra gráfica de lo mencionado.

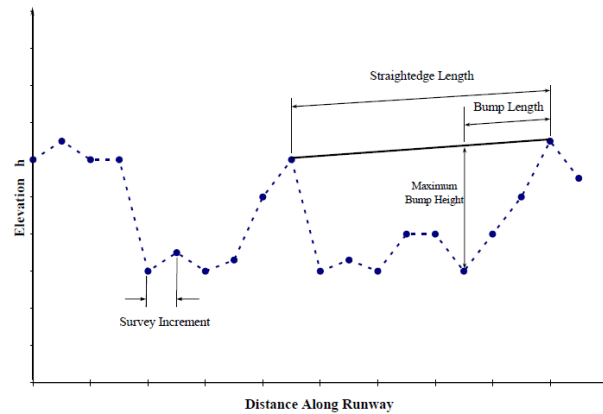


**Figura 73. Distribución de Ejes para Medicación del Boeing Bump Index (BBI) Figura N° .**  
**Fuente: AC150/5380-9 FAA**

El equipo utilizado para la realización del ensayo en campo, fue el Perfilómetro Portátil de Superficie 5051 Mark III L2.2 de Dynatest, el cual consiste en una barra de aluminio instalada en la parte frontal del vehículo determinado para la realización del ensayo, contiene dos sensores laser (uno a cada lado izquierdo- derecho de la barra), que tienen por objetivo medir la elevación de la barra sobre la superficie del pavimento en varios puntos a lo largo del eje. Cuenta con dos acelerómetros inerciales cuya función es neutralizar los desplazamientos verticales por efectos de vibración, un odómetro instalado en el vehículo que halla el perfil y registra las distancias de los puntos evaluados, en este caso, en correspondencia al AC 150/5380-9 los intervalos para la toma de datos fueron de 0.25 metros.

En cuanto a los trabajos en gabinete, se tuvo en cuenta las investigaciones realizadas y recomendaciones dadas en los términos de referencia, de lo cual se infiere que la base del método Boeing Bump es construir una regla virtual entre dos puntos en el perfil de elevación longitudinal de una pista y medir la desviación de la regla a la superficie del pavimento. El procedimiento informa la altura del bache (bump height) como una desviación máxima (positiva o negativa) de la regla a la superficie del pavimento.

La longitud de impacto (bump length) es la distancia más corta desde cualquier extremo de la regla hasta la ubicación donde se mide el evento del impacto. En el siguiente esquema (Figura N° 11), se aprecia lo indicado.



**Figura 74. Esquema de Medición de la Altura de Bache**  
Fuente: AC150/5380-9 FAA

Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo, se empleó el programa Convert Profile Format que modifica la extensión de los archivos almacenados en formato “.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.

### **Trabajos de Gabinete**

Para la determinación de la rugosidad del pavimento se empleó la AC N°150/5380-9 “Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness, la cual contiene procedimientos para evaluar el perfil de la superficie del pavimento en función de la rugosidad y el impacto que la rugosidad del pavimento puede tener en los aviones civiles.

#### **a. Categorías de rugosidad en pavimentos aeroportuarios**

La FAA separa la rugosidad del pavimento en dos categorías en función de las dimensiones y la frecuencia de la desviación de la superficie, las que se indican a continuación:

**i. Baches Únicos:**

Son baches aislados, donde los cambios en la elevación del pavimento suelen ocurrir sobre una distancia relativamente corta de 100 metros (328 pies) o menos. Los cambios del perfil pueden ocurrir como una desviación vertical, abrupta o como una desviación más gradual de un perfil de pavimento que estaba previsto. Dependiendo de la velocidad operativa y longitud del golpe, un sistema de suspensión de avión puede no ser capaz de absorber por completo la energía producida cuando encuentra un bache. Se caracteriza por que los componentes de la aeronave y ocupantes sienten el impacto como un golpe o una sacudida repentina.

**ii. Perfil de Rugosidad:**

La FAA define el perfil de rugosidad como perfil de desviaciones de la superficie presentes sobre una porción de la pista que provocan los aviones para responder de una manera que puede aumentar la fatiga en componentes de aviones, reducir la acción de frenado, perjudicar las operaciones de cabina, y/o causa molestias a los pasajeros. La respuesta depende del tamaño de la aeronave, el peso y velocidad de operación. Incluso cuando la rugosidad no causa molestias a los pasajeros, todavía puede afectar a la vida de los componentes de avión o disminuir la seguridad de funcionamiento del avión.

**iii. Boeing Bump Index (BBI)**

La aplicación del método Boeing Bump a un perfil de pavimento puede consumir demasiado tiempo y constituye una tarea tediosa, ya que cada punto en la encuesta de perfil debe ser evaluado para todas las posibles longitudes de regla no graduadas. Para resumir los criterios Bump y compararlos con los criterios calculados con otras medidas de la rugosidad, la FAA ha creado un parámetro adicional para el procedimiento de Boeing Bump. Este nuevo índice, es llamado el "Índice de Bump Boeing" (BBI).

## **b. Labores de gabinete**

Luego de culminar con la toma de datos base en campo, estos fueron almacenados en archivos de extensión RSP según la configuración de prueba (Test Setup) a partir del cual con la opción Report se pueden generar reportes de IRI, RI Number y Eventos en archivos diferentes con extensión .IRI y .EVT los cuales fueron empleados para su procesamiento con el software “ProFAA” de la FAA.

### **i. Determinación del BBI**

Para determinar el BBI se siguió en concordancia con AC N°150/5380-9 “Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness”, el siguiente procedimiento:

5. Para un punto de muestra seleccionada en el perfil, calcular la altura y longitud del bache para todas las longitudes de borde recto.
6. Para cada longitud de la regla, calcular el límite de la altura de bache aceptable (límite superior de la zona aceptable) para la longitud del bache computarizada.
7. Para cada longitud regla, calcular la relación (medida de altura de bache) / (límite de la altura de bache aceptable).
8. Se repiten los pasos 1 a 4 para todos los puntos de muestra en el perfil.

El BBI para el punto de la muestra seleccionada es la más grande de todos los valores calculados en el paso 3 para el punto de la muestra seleccionada. Si el valor del índice calculado es inferior a 1,0 de rugosidad cae en la zona aceptable, si es superior a 1,0, cae en la zona excesiva o inaceptable.

### **ii. Desarrollo de Software para calcular el Boeing Bump Index (BBI)**

Para ayudar en el desarrollo de un programa informático para calcular el BBI, la FAA ha creado modelos matemáticos de los criterios de las curvas superior e inferior, como se indica a continuación:

### 1. Bajo la Curva límite (límite superior de la zona aceptable)

$$H = 1.713187 + 0.800872L - 0.031265L^2 + 0.000549L^3 \quad (L < 20 \text{ metros})$$

$$H = 6.4 + 0.16L \quad (20 < L < 60 \text{ metros})$$

### 2. Límite superior de la curva (límite superior de la zona excesivo)

$$H = 2.747222 + 1.433399L - 0.183730L^2 + 0.013426L^3 \quad (L < 5 \text{ metros})$$

$$H = 2.7590 + 1.085822L - 0.053024L^2 + 0.001077L^3 \quad (5 < L < 20 \text{ metros})$$

$$H = 7.775 + 0.20375L \quad (20 < L < 60 \text{ metros})$$

Dónde:

La FAA ha desarrollado el software para ayudar al cálculo del BBI "ProFAA", el cual se ha empleado para calcular el BBI del Aeropuerto en evaluación.

### iii. Criterios de Evaluación

**Aceptable:** La FAA espera que un pavimento recién construido o rehabilitado de lugar a combinaciones de altura y longitud de bache que caen dentro de la región inferior del rango aceptable.

Siempre que la rugosidad este encima de la zona aceptable, la fatiga de los engranajes del avión se vuelve más importante que el malestar del pasajero o de las limitaciones de la aceleración de la cabina.

**Excesivo:** La FAA alienta a los operadores de aeropuertos a reparar pavimentos con niveles de rugosidad que entran en la zona excesiva. La respuesta del avión a niveles excesivos de rugosidad se vuelve notablemente intolerable para la tripulación del avión y los pasajeros. La magnitud de esta rugosidad creará malestar agudo para todos los ocupantes del avión. Las interferencias en el instrumento de la cabina pueden ser graves. Este nivel de rugosidad también puede resultar en una incapacidad a corto plazo para dirigir el avión. Reparaciones de pavimento inmediatas son necesarias en este nivel, pero no se requiere el cierre del pavimento afectado.

**Inaceptable:** Los niveles de rugosidad en el orden inaceptable, requieren un cierre inmediato de la zona del pavimento afectado. Las reparaciones son necesarias para restaurar el pavimento a un nivel aceptable.

La siguiente gráfica muestra las zonas de evaluación aceptables, excesivas, e inaceptables en términos de BBI. Cuando el valor de BBI es inferior a 1,0, el criterio Boeing Bump Index está en la zona aceptable. Valores de BBI mayores que 1,0 caería en cualquiera de las zonas excesivas o inaceptables.

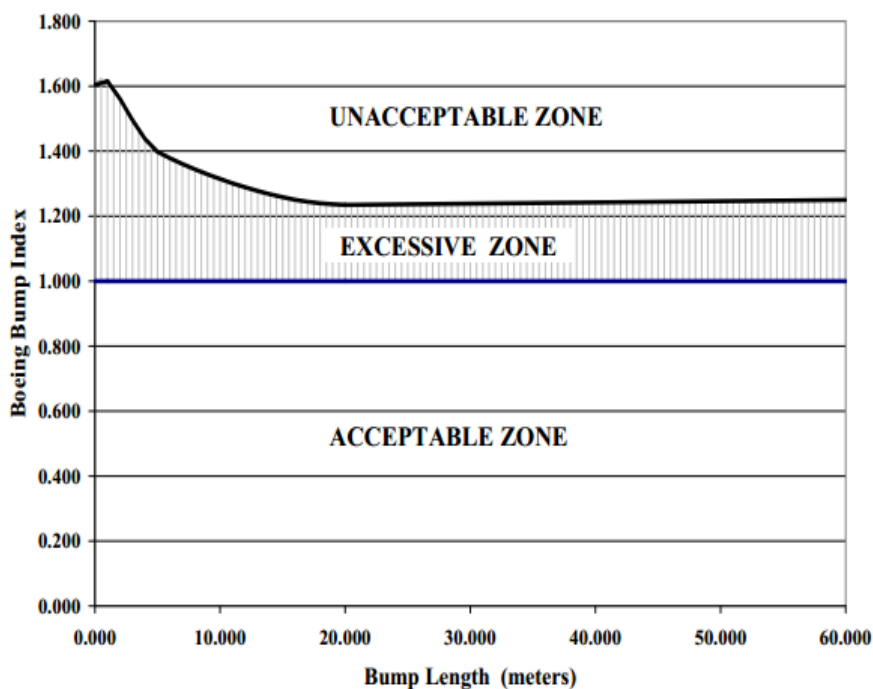


Figura 75. Zonas de valores del BBI  
Fuente: EFE 2015

### 3.2.3 Recopilación de información de la determinación del PCN.

Con el objetivo recopilar información de los estudios realizadas por consultorías contratadas por Aeropuertos del Perú (AdP) con el fin de determinar la capacidad portante del pavimento lo cual se denomina como PCN

El sistema PCN utiliza un formato codificado para maximizar la cantidad de información contenida en un número mínimo de caracteres y facilitar su informatización. El PCN de un pavimento se reporta como un número de cinco partes donde los siguientes códigos son ordenados y separados por barras inclinadas.

- a) Valor numérico del PCN
- b) Tipo de Pavimento
- c) Categoría de la subrasante
- d) Presión de llantas permisible
- e) Método utilizado para obtener el PCN.

Según el procedimiento indicado en el ítem 1.1.2.1.2 de la presente investigación

### **Trabajos de Gabinete.**

Los objetivos fijados de la investigación se basan en recopilar, analizar y utilizar los resultados de los ensayos por empresas consultoras que brindan servicio a Aeropuertos del Perú como parte de la evaluación funcional y estructural de los pavimentos del lado aire, entre las cuales encontraremos y utilizaremos los resultados de las:

- Calicatas
- Deflexiones
- Diamantinas
- Cálculos del PCN
- Calculo de la vida remanente del pavimento

### **Procesado de la información recopilada.**

Revisión e ingreso a la base de datos de los resultados de los ensayos en campo y laboratorio realizados a la pista de aterrizaje y despegue con lo que hemos obtenido la siguiente información:

#### **Estudio de suelos y capas del pavimento**

La información correspondiente al estudio de suelos ha sido obtenida de los informes de evaluación funcional y estructural de los pavimentos del lado aire del aeropuerto de Cajamarca en el EFE 2013.

El objetivo del estudio de suelos y capas del pavimento es determinar las características físico-mecánicas de los materiales que conforman la estructura del pavimento existente y suelos subyacentes al mismo y definir en forma objetiva el valor relativo de soporte que permita cuantificar su aporte.

Asimismo, permitió realizar la comparación entre los valores relativos de soporte (CBR) obtenidos mediante ensayos de laboratorio y los calculados mediante la evaluación no destructiva del pavimento (evaluación estructural) del EFE 2014, a partir de los cuales se efectuará el cálculo y reporte del número de clasificación del pavimento (PCN) de las diferentes ramas del aeropuerto mayor general FAP Armando Revoredo Iglesias.

La metodología seguida para la ejecución del estudio comprendió básicamente una investigación de campo a lo largo de los diferentes sectores del área de movimiento del aeropuerto, a través perforaciones diamantinas y una prospección de exploración a cielo abierto (calicata), con obtención en cada caso de muestras representativas, que fueron objeto de ensayos en laboratorio. Finalmente, con los datos obtenidos se realizaron las labores de gabinete, para consignar los resultados del estudio. La metodología empleada comprendió las siguientes actividades:

- Elaboración de un programa de exploración de campo
- Excavación de calicata, con una profundidad mínima de 3.0 m o hasta encontrar imposibilidad de un mayor avance debido a la presencia de la napa freática, la existencia de suelos cementados, bolonería y/o mantos rocosos.
- Registro del perfil estratigráfico la calicata ejecutada.
- Muestreo representativo de las diferentes capas que compone la subrasante existente, para ensayos de clasificación correspondientes.
- Ejecución de ensayos de verificación de la capacidad portante de la subrasante, tales como Próctor y CBR.
- Ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete para determinar las características generales de los suelos.

Se consideró los resultados señalados en el EFE 2013, el cual comprendió la excavación manual de cinco (05) calicatas en la pista de aterrizaje y/o despegue, con una profundidad hasta 3.0 m. (o más en caso de encontrar variabilidad en la columna estratigráfica a esa profundidad) o hasta encontrar la presencia de napa freática, bolonería o mantos rocosos. Cabe indicar que a dicha profundidad se verificó la continuidad del material subyacente a la estructura del pavimento existente



correspondiendo este por tanto al suelo de fundación. La ubicación de las calicatas se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 53. Calicatas en Pista de aterrizaje y/o despegue – EFE 2013**

Calicut	Ubicación	Progressive	Lado
<b>C1</b>	Pista de aterrizaje y/o despegue	0+250	Carril central – lado derecho
<b>C2</b>	Pista de aterrizaje y/o despegue	0+750	Carril central – lado izquierdo
<b>C3</b>	Pista de aterrizaje y/o despegue	1+250	Carril central – lado derecho
<b>C4</b>	Pista de aterrizaje y/o despegue	1+750	Carril central – lado izquierdo
<b>C5</b>	Pista de aterrizaje y/o despegue	2+250	Carril central – lado derecho

Fuente: EFE 2013

Del mismo modo se efectuaron perforaciones diamantinas, con la finalidad de obtener testigos de mezcla asfáltica y determinar los espesores, porcentajes de asfalto, resistencias, granulometría, vacíos etc. Se consideró 16 perforaciones diamantinas (09) perforaciones diamantinas en la pista de aterrizaje y/o despegue, cuyas ubicaciones se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 54. Perforaciones Diamantinas - EFE 2015**

Identificación	Sector	Coordenadas	
		Este	Norte
D-01	Pista de aterrizaje y/o despegue	777,663	9,209,187
D-02	Pista de aterrizaje y/o despegue	777,555	9,209,484
D-03	Pista de aterrizaje y/o despegue	777,462	9,209,721
D-03'	Pista de aterrizaje y/o despegue	777,431	9,209,752
D-04	Pista de aterrizaje y/o despegue	777,102	9,210,530
D-04'	Pista de aterrizaje y/o despegue	777,324	9,210,044
D-05	Pista de aterrizaje y/o despegue	777,189	9,210,325
D-06	Pista de aterrizaje y/o despegue	777,089	9,210,615
D-07	Pista de aterrizaje y/o despegue	776,939	9,210,929

Fuente: EFE 2013

Como parte de los trabajos se mantuvo permanente coordinación con la jefatura de operaciones del aeropuerto con la finalidad de no interrumpir las operaciones aéreas, en ese sentido los trabajos se efectuaron en intervalos de tiempos sin tráfico aéreo y en horario nocturno. Se han tenido en cuenta los requerimientos de seguridad para el desplazamiento de unidades y personal del aeropuerto, asimismo toda prospección fue inmediatamente repuesta luego de muestreada compactando los materiales empleados (material granular y mezcla asfáltica) garantizando la seguridad de las operaciones, así como del pavimento, evitando que se vean afectadas las capas inferiores por efecto de contaminación.

**a) Ensayos capas granulares y suelos de fundación**

De cada calicata que realizaron en campo se obtuvieron muestras representativas de cada capa identificada las cuales fueron sometidas a los siguientes ensayos:

Los resultados de los ensayos estándar realizados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 55. Ensayos realizados en Laboratorio de mecánica de suelos**

Ensayo	Norma
Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM C-136
Límite Líquido y Límite Plástico	ASTM D-4318
Contenido de Humedad	ASTM D-2216
Equivalente de Arena	ASTM D-241
Próctor Modificado	ASTM D-1557
Relación de Soporte de California (C.B.R.)	ASTM D-1883

**Fuente: EFE 2013**

**Tabla 56. Ensayos de laboratorio estándares de capas granulares y suelo de fundación – pista de aterrizaje y/o despegue – EFE 2013**

Progresiva	Calicata	Muestra	Lado	Profundidad	Porcentaje que pasa			Límites de Consistencia pasante la N° 40		Humedad natural %	Clasificación	
					# 4	# 40	# 200	L.L.	I.P.		SU CS	AAST HO
<b>Km 0+250</b>	C-01	M-1	Eje	0.12 - 0.67 m.	48.2	29.2	18.5	17.3	NP	4.4	GM	A-1-b(0)
		M-2	Eje	0.67 - 1.17 m.	58.7	39.1	25.5	16.4	NP	5.8	GM	A-2-4(0)
		M-3	Eje	1.17 - 1.87 m.	44.7	28.1	17.6	17.3	NP	5.4	GM	A-1-b(0)
		M-4	Eje	0.87 - 3.00 m.	10.0	90.1	82.6	36.5	12.2	12.8	CL	A-6(10)
<b>Km 0+750</b>	C-02	M-1	Eje	0.10 - 0.60 m.	48.8	31.7	22	16.4	NP	4.6	GM	A-1-b(0)
		M-2	Eje	0.625 - 0.975 m.	39.4	24.9	16.7	32.2	7	6.5	GM	A-2-4(0)
		M-3	Eje	1.325 - 3.00 m.	10.0	90.9	84.6	38.6	12.4	15.7	ML	A-6(11)
<b>Km 1+250</b>	C-03	M-1	Eje	0.12 - 0.62 m.	46.1	27.9	18.6	16.4	NP	4.3	GM	A-1-b(0)
		M-2	Eje	0.645 - 1.095 m.	51.6	32.7	21	16.4	NP	5.5	GM	A-1-b(0)
		M-3	Eje	1.095 - 1.495 m.	10.0	52.2	38.9	17.2	NP	12.2	SM	A-4(0)
<b>Km 1+750</b>	C-04	M-1	Eje	0.12 - 0.77 m.	48.1	28	19.8	16.5	NP	3.4	GM	A-1-b(0)
		M-2	Eje	0.795 - 1.345 m.	56.1	35.7	23.9	17.3	NP	5.2	GM	A-1-b(0)
		M-3	Eje	1.345 - 3.00 m.	10.0	95.6	91.1	43.4	21.2	14.7	CL	A-7-6(21)
<b>Km 2+250</b>	C-05	M-1	Eje	0.12 - 0.67 m.	55.5	35.9	24.9	17.6	NP	4.4	GM	A-1-b(0)
		M-2	Eje	0.695 - 0.895 m.	56.4	34.3	21.2	16.4	NP	5.5	GM	A-1-b(0)
		M-3	Eje	0.895 - 1.095 m.	10.0	89.4	82.2	39.7	13.2	13.5	ML	A-6(11)
		M-4	Eje	1.095 - 3.00 m.	10.0	85.3	77.9	44.4	19.9	12.9	CL	A-7-6(16)

Fuente: EFE 2013

Se calcularon los valores porcentuales de C.B.R. para 95% y 100% de la máxima densidad seca para cada material.

**Tabla 57. Ensayos de laboratorio Próctor y CBR – Pista de aterrizaje y/o despegue-EFE 2013**

Progre siva	Cali cata	Mu estr a	La do	Profundi dad	Límites de Consist encia Pasant e La N° 4		Hum edad natur al%	Clasificaci ón		Compact ación ASTM D-1557		C.B.R. ASTM D-1883 0.1 "		C.B.R. ASTM D-1883 0.2 "	
					L. L.	I. P.		SU CS	AAS THO	M. D. S	O. C. H	9 5 %	10 0 %	9 5 %	10 0 %
<b>Km. 00+25 0</b>	C- 01	M-1	Ej e	0.12 - 0.67 m.	17 .3	N P	4.4	G M	A-1- b(0)	2.2 37	6.3	5 3. 2	67 .6	6 0. 2	75 .7
<b>Km. 00+25 0</b>	C- 01	M-3	Ej e	1.17 - 1.87 m.	17 .3	N P	5.4	G M	A-1- b(0)	2.1 34	5.0	6 4. 2	78 .7	6 6. 5	83 .1
<b>Km. 00+75 0</b>	C- 02	M-1	Ej e	0.105 - 0.605 m.	16 .4	N P	4.6	G M	A-1- b(0)	2.1 24	8.0	5 6. 8	82 .6	6 2. 4	89 .0
<b>Km. 00+75 0</b>	C- 02	M-3	Ej e	1.33 - 3 m.	38 .6	12 .4	15.7	ML	A- 6(11 )	1.7 27	22. 2	5. 6	7. 6	6. 3	8. 1
<b>Km. 01+25 0</b>	C- 03	M-1	Ej e	0.12 - 0.62 m.	16 .4	N P	4.3	G M	A-1- b(0)	2.1 93	7.3	5 1. 9	87 .8	5 3. 4	89 .7
<b>Km. 01+25 0</b>	C- 03	M-3	Ej e	1.095 - 1.495 m.	17 .2	N P	12.2	S M	A- 4(0)	1.9 39	6.7	3 1. 7	46 .0	3 4. 6	49 .9
<b>Km. 01+75 0</b>	C- 04	M-1	Ej e	0.12 - 0.77 m.	16 .5	N P	3.4	G M	A-1- b(0)	2.2 86	6.4	6 4. 3	93 .6	6 7. 1	98 .2
<b>Km. 01+75 0</b>	C- 04	M-3	Ej e	1.245 - 3 m.	43 .4	21 .2	14.7	CL	A-7- 6(21 )	1.6 9	20. 5	4. 6	5. 9	5. 5	6. 6
<b>Km. 02+25 0</b>	C- 05	M-1	Ej e	0.12 - 0.67 m.	17 .6	N P	4.4	G M	A-1- b(0)	2.2 6	4.3	6 1. 8	87 .7	6 8. 8	95 .5
<b>Km. 02+25 0</b>	C- 05	M-3	Ej e	0.895 - 1.095 m.	39 .7	13 .2	13.5	ML	A- 6(11 )	1.8 26	8.7	9. 0	12 .3	1 0. 0	13 .5

Fuente: EFE 2013

## b) Trabajo de gabinete.

### Perfil estratigráfico de la pista de aterrizaje y despegue.

Con la información integrada, tanto de campo como de laboratorio, se estableció los horizontes de los materiales existentes en el aeropuerto de Cajamarca:

### Estrato 1 – Base granular (M-1)

El estrato 1 corresponde a la capa del pavimento denominada “base granular” y está compuesta por gravas limosas de gradación variable (GM) no plásticas (NP) y con una humedad entre 3.4% a 6.5%.

Tabla 58. Tipo de suelos – estrato 1

SUCS	%
<b>GM</b>	100.00%

Fuente: EFE 2014

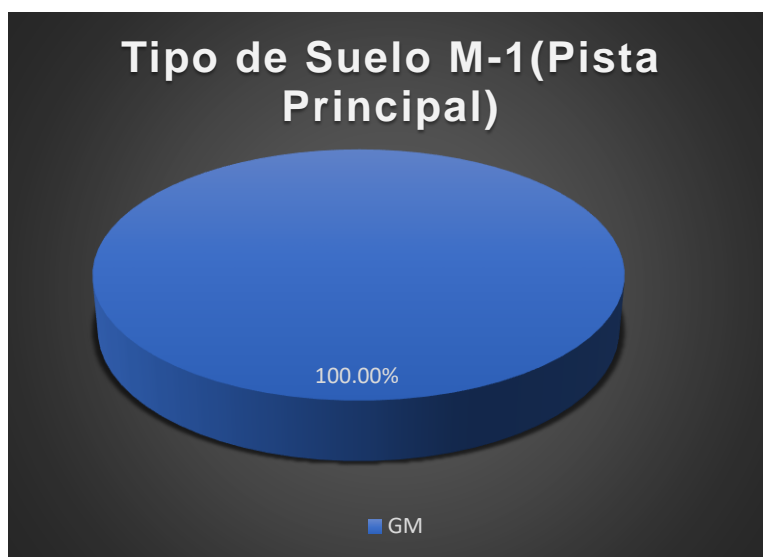


Figura 76. Tipo de suelos – estrato 1

Fuente: EFE 2014

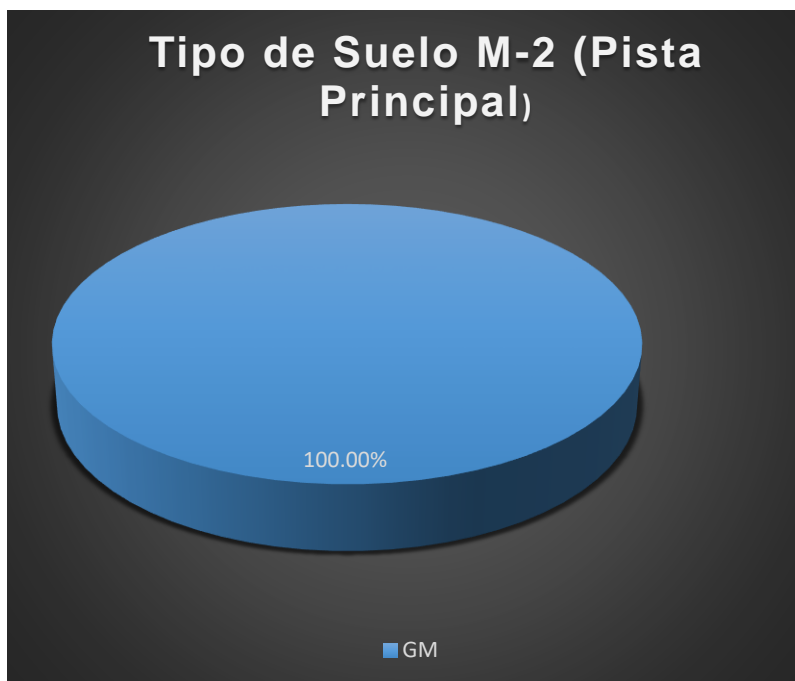
### Estrato 2 – Sub base granular (M-2)

El estrato 2 corresponde a la capa del pavimento denominada “sub base granular” y está compuesta principalmente por una grava limosa (GM) no plástica (NP), con una humedad de 5.8%.

Tabla 59. Tipo de suelos – estrato 2

SUCS	%
<b>GM</b>	100.00%

Fuente: EFE 2014



**Figura 77.** Tipo de suelos – estrato 2  
Fuente: EFE 2013

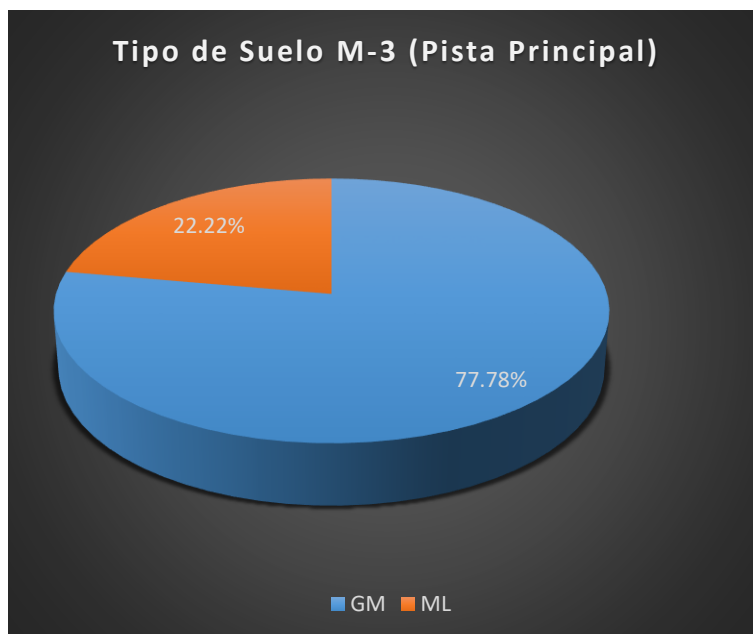
### Estrato 3 – Relleno (M-3)

El estrato 3 corresponde a material de relleno y está compuesto principalmente por gravas limosas (GM) no plásticas (NP) con una humedad del 5.4% y en menor medida por Limos de baja plasticidad (ML) con una humedad de 13.5%.

**Tabla 60.** Tipo de suelos – estrato 3

SUCS	%
<b>GM</b>	77.78%
<b>ML</b>	22.22%

Fuente: EFE 2013



**Figura 78 Tipo de suelos – estrato 3**  
Fuente: EFE 2013

#### **Estrato 4 – Suelo de fundación (M-4)**

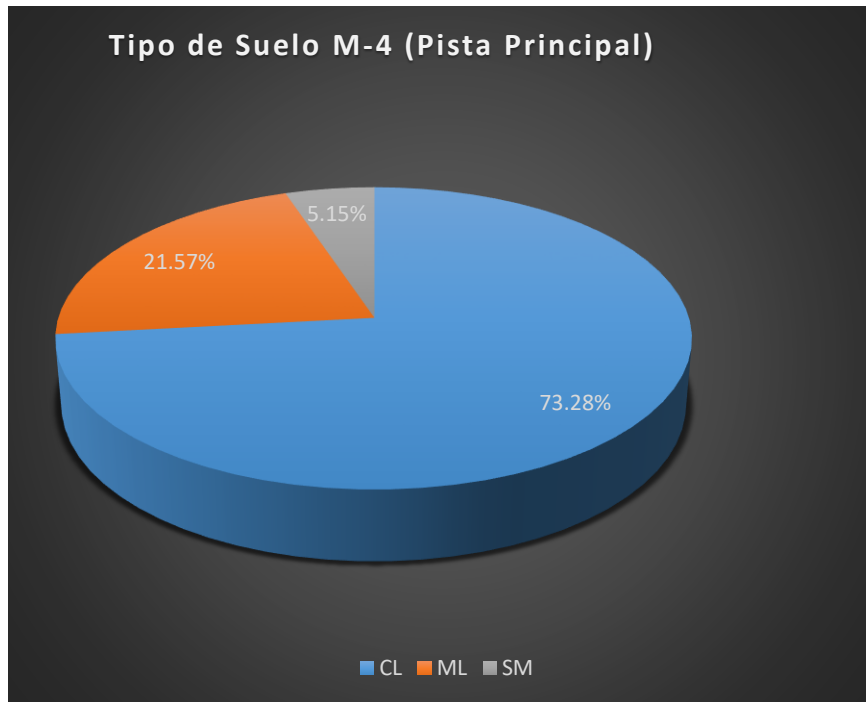
El estrato 4 corresponde al suelo de fundación y está compuesto principalmente por arcillas de baja plasticidad con una humedad entre 12.8%-14.7% y en menor medida por Limos de baja Plasticidad (ML) poco húmedas.

**Tabla 61 . Tipo de suelos – estrato 4**

SUCS	%
<b>CL</b>	57.68%
<b>ML</b>	38.27%
<b>SM</b>	4.05%

Fuente: EFE 2013





**Figura 79. Tipo de suelos – estrato 4**  
Fuente: EFE 2013

#### **i. Estudios de calicatas**

Con los reportes de las diamantinas realizadas en el EFE 2014, se determinó que la pista de aterrizaje y/ o despegue tiene un espesor promedio de 11.9cm, un espesor mínimo de 6.74cm y el máximo de 14.97cm las cuales se pueden apreciar en el panel fotográfico del anexo.

#### **Conclusiones del estudio de suelos**

En base a los resultados obtenidos y los antecedentes de las evaluaciones anteriores, se consideraron las siguientes conclusiones:

- a. El método de exploración consistió en prospecciones a cielo abierto (calicatas) con una profundidad mínima alcanzada de 3.00m, o hasta llegar a encontrar la presencia de rocas, suelos orgánicos, bloques y bolonería y la extracción de núcleos diamantinos.
- b. El estudio comprendió las calicatas señaladas en el EFE 2013 con un total de cinco (05) calicatas en pista de aterrizaje y/o despegue.
- c. Se detectó la presencia de nivel freático en la progresiva 1+250 de la pista de aterrizaje y/o despegue a una profundidad de 1.50m.

- d. Con la información integrada, tanto de campo como de laboratorio, se infirió el perfil estratigráfico de la vía analizada. Dicho perfil está sustentado en el análisis de la totalidad de ensayos de caracterización de laboratorio (análisis granulométrico, límites de consistencia y clasificación), así como los datos consignados en los registros de perforación y vistas fotográficas.
- e. La pista de aterrizaje y/ o despegue tiene un espesor promedio de 11.9cm, un espesor mínimo de 6.74cm y el máximo de 14.97cm las cuales se pueden apreciar en el panel fotográfico.
- f. La subrasante está conformada principalmente por grava limosa (GM), en menor medida la presencia de limos inorgánicos (ML), arcillas inorgánicas con limos (CL-ML) y arenas limosas (SM).

### **Evaluación de la condición estructural del pavimento.**

Para la pista de aterrizaje y/o despegue y plataforma de estacionamiento se ha utilizado el valor de CBR obtenido del retrocálculo de la EFE 2014 aprobada:

**Tabla 62. CBR al 85% percentil obtenidos del retrocálculo – EFE 2014**

Sector	CBR 85% Percentil
<b>Pista de aterrizaje y/o despegue</b>	5.4
<b>Plataforma de estacionamiento</b>	6.1

Fuente: EFE 2014

### **3.2.4 Recopilación de información de la vida remanente del pavimento**

Con el objetivo de consolidar información de los estudios realizadas por consultorías contratadas por Aeropuertos del Perú (AdP) con el fin de identificar y registra en el SGP la vida remante del pavimento en base a los resultados obtenidos de los ensayos de para la determinación del PCN y el uso de programa FAARFIELD.

## **Trabajos de Gabinete.**

Los consultores contratados por Aeropuertos del Perú S.A. utilizaron el programa FAARFIELD para determinar la vida estructural disponible del pavimento basado en el mix de aeronaves que se esperan en un promedio de 20 años. Esta herramienta sirve para efectuar la revisión de los espesores de pavimento y efectuar su correspondiente redimensionamiento utilizando el mix de aeronaves y la estructura del pavimento determinado en las evaluaciones estructurales del pavimento.

### **3.2.5 Medición de coeficiente de fricción de la pista de aterrizaje.**

Con el objetivo efectuar mediciones del coeficiente de resistencia al deslizamiento en la pista de aterrizaje y/o despegue, se ha empleado el equipo Trailer Friction Tester (STFT) para lo cual se tuvo en cuenta los criterios ingenieriles y como referencia la Norma BS 7941-2. Norma de Referencia BS 7941-2.

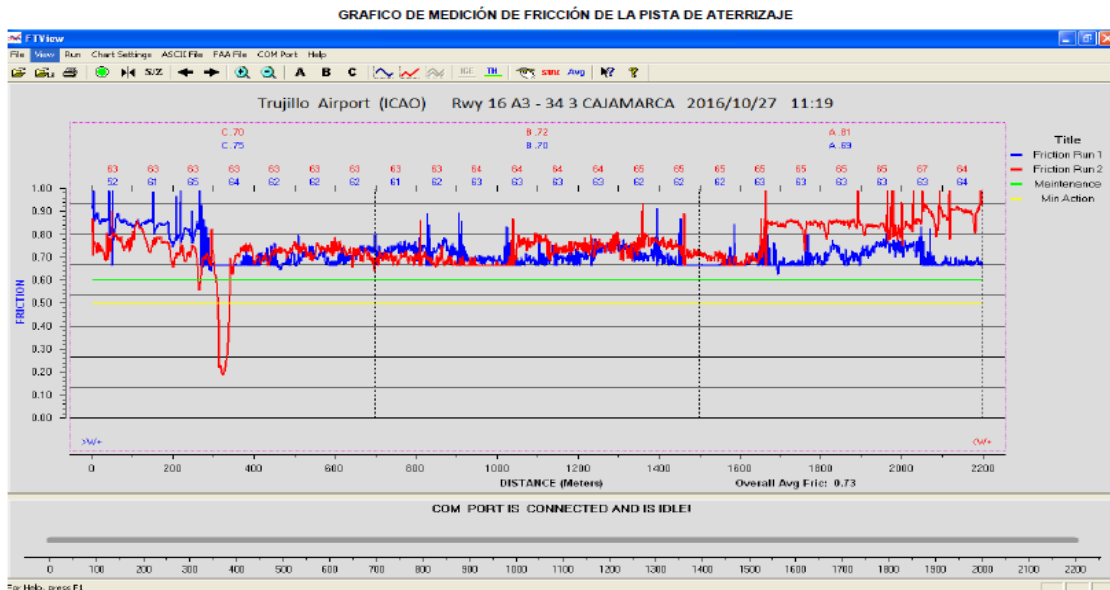
## **Trabajos de Campo.**

La medición del coeficiente de fricción del pavimento existente en la pista de aterrizaje y/o despegue se realizó el 27 de octubre del 2016, mediante la operación de equipo Trailer Friction Tester (STFT). La metodología seguida se resume a continuación:

- ✓ Pruebas de funcionamiento eléctrico.
- ✓ Carga de baterías.
- ✓ Verificación de no presencia de fugas de aceite hidráulico.
- ✓ Verificación de presión de llantas laterales.
- ✓ Verificación del estado (presión y caucho) de la rueda medidora.
- ✓ Calibración vertical del equipo medidor de fricción.
- ✓ Calibración horizontal del equipo medidor de fricción.
- ✓ Pruebas de testeo al equipo.

- ✓ Llenado de tanque de agua.
- ✓ Conectar al gancho de remolque de la camioneta del cual se fijará el equipo.
- ✓ Conectar el sistema de datos del equipo hacia la cabina de la camioneta.
- ✓ Programación de pista (16 /34) y distancia a medir (considerara solo 2,200 metros de pista de aterrizaje, se descuenta 150 m del inicio y final de pista para lograr una adecuada velocidad y frenado de la camioneta.
- ✓ Trasladarse hacia el umbral de pista (16) a 3 metros de distancia del eje de pista.
- ✓ Ubicarse por lo menos 150 metros del punto de inicio del tramo de evaluación.
- ✓ Realizar prueba de testeó al equipo.
- ✓ Arrancar el vehículo remolcador y alcanzar la velocidad de medición (65 Km/h) permaneciendo a la misma velocidad aproximada durante todo el recorrido de medición.
- ✓ Cuando se llegue al punto de inicio del tramo de evaluación (progresiva 0+150), indicar al equipo el inicio de adquisición de datos.
- ✓ Terminado de medir los 2,200 m, el equipo automáticamente deja de esparcir agua y sube la rueda medidora.
- ✓ Proceder a girar los 180° en la pista y procede a medir el otro lado del eje con la misma distancia que se midió (3 m del eje de pista).
- ✓ Considerando que la pista de aterrizaje y despegue de Cajamarca tiene un ancho de 45 metros. Se debe medir en ambos lados a una distancia del eje de 3, 6, 10 y 18 metros según la normativa vigente (NTC -DGAC/MTC)
- ✓ Recolectar los datos de la evaluación, verificando el cumplimiento de la velocidad de medición y flujo de agua.

El equipo tiene la facultad de transportar los resultados de las mediciones de coeficiente de fricción mostrando en primera instancia el pantallazo de graficas de las mediciones de coeficiente de fricción con el fin de tener a la mano un primer resultado y verificar si la medición fue realizada correctamente:



**Figura 80. Coeficiente de fricción – Pista de aterrizaje a 3 m del eje de pista**  
**Fuente: Propia**

### Trasferencia de resultados de equipo

Como referencia se indica que la RAP 314 Aeródromos Volumen I Diseño y Operaciones de Aeródromos aprobada con Resolución Directoral N°097-2011-MTC/12.04, Publicada el 30 de abril del 2011, así como, el documentos de OACI 9137- Manual de servicios de aeropuertos Parte 2, la Circular OACI 329 AN/191 -Evaluación, mediciones y notificación del estado de la superficie de la pista-.. y la Norma técnica complementaria NTC: 006-2013 DGAC/MTC. Establece que se deben medir periódicamente las características de rozamiento de la superficie de la pista con un dispositivo de medición continua del rozamiento, dotado de un humectador automático; asimismo se indica que se deben adoptar medidas correctivas de mantenimiento cuando las características de rozamiento de toda pista, o de parte de ella, sean inferiores al nivel mínimo de rozamiento especificado por la Dirección General de Aeronáutica Civil – DGAC - NTC: 006-2013 DGAC/MTC.

## Trabajos de gabinete.

Se realizaron las revisiones y seccionamientos de los resultados obtenidos con la transferencia de información del equipo de medición de fricción por cada medida realizada de acuerdo con la distancia del eje de 3, 6, 10 y 18 metros que indica la normativa vigente.

**Tabla 63. Resultados de medición de coeficiente de fricción a 3m del eje de RWY**

Distancia (m)	Lado Derecho de eje de RWY		Lado Izquierdo de eje de RWY		Promedio de C. Fricc. C/100m
	Prom. Velocidad (Km/h)	Prom. C. Fricc. cada 100m	Prom. Velocidad (Km/h)	Prom. C. Fricc. cada 100m	
000 - 100	52	0.86	63	0.75	0.81
100 - 200	61	0.84	63	0.77	0.81
220 - 300	65	0.78	63	0.69	0.74
300 - 400	64	0.67	63	0.57	0.62
400 - 500	62	0.68	63	0.71	0.70
500 - 600	62	0.70	63	0.73	0.72
600 - 700	62	0.71	63	0.71	0.71
700 - 800	61	0.73	63	0.69	0.71
800 - 900	62	0.73	63	0.69	0.71
900 - 1000	63	0.69	64	0.66	0.68
1000 - 1100	63	0.68	64	0.72	0.70
1100 - 1200	63	0.69	64	0.74	0.72
1200 - 1300	63	0.72	64	0.75	0.74
1300 - 1400	62	0.72	65	0.75	0.74
1400 - 1500	62	0.68	65	0.73	0.71
1500 - 1600	62	0.67	65	0.69	0.68
1600 - 1700	63	0.68	65	0.75	0.72
1700 - 1800	63	0.68	65	0.84	0.76
1800 - 1900	63	0.70	65	0.84	0.77
1900 - 2000	63	0.74	65	0.83	0.79
2000 - 2100	63	0.71	67	0.87	0.79
2100 - 2200	64	0.67	64	0.89	0.78
<b>Promedio general:</b>					<b>0.73</b>

Fuente: Propia

## Panel fotográfico de evaluaciones no destructivas y destructivas EFE– AdP

### Panel Fotográfico de Evaluación PCI



**Figura 81. Evaluación de PCI**

**Fuente: Propia**



**Figura 82. Evaluación de PCI**

**Fuente: Propia**



**Figura 83. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 84 . Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**





**Figura 85. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 86. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 87. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 88. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 89. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 90. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 91. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 92. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 93. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 94. Evaluación de PCI**  
**Fuente: Propia**



**Figura 95. Evaluación de PCI**  
Fuente: Propia

### 7.3.1 Panel Fotográfico Evaluación Medición de coeficiente de fricción.



**Figura 96. Preparativos para Medición de fricción**  
Fuente: Propia



**Figura 97. Medición de coeficiente de Fricción**  
Fuente: Propia



**Figura 98. Medición de coeficiente de Fricción**  
Fuente: Propia



**Figura 99. Medición de coeficiente de Fricción**

Fuente: Propia



**Figura 100. Medición de coeficiente de Fricción**

Fuente: Propia





**Figura 101. Medición de coeficiente de Fricción**  
Fuente: Propia



**Figura 102. Medición de coeficiente de Fricción**  
Fuente: Propia

#### 7.4 Panel fotográfico de Evaluación Destructivas EFE – 2015 - AdP



Figura 103. D-01.-Proceso de extracción de núcleo diamantina  
Fuente: EFE – 2015 - AdP

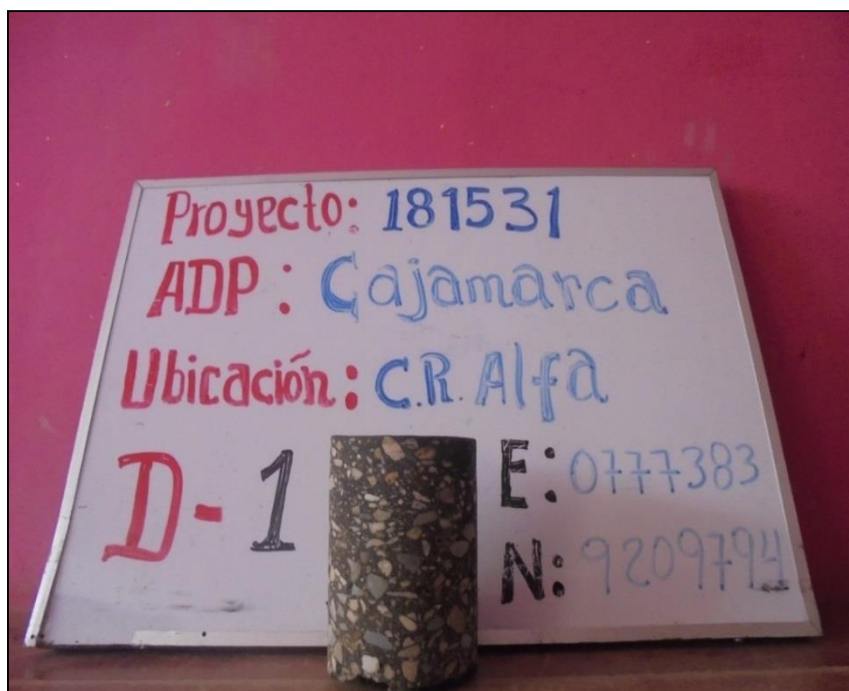


Figura 104. D-01.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la calle de rodaje Alfa  
Fuente: EFE – 2015 – AdP.



Figura 105. D-02.-Proceso de extracción de núcleo diamantino  
Fuente: EFE – 2015 - AdP

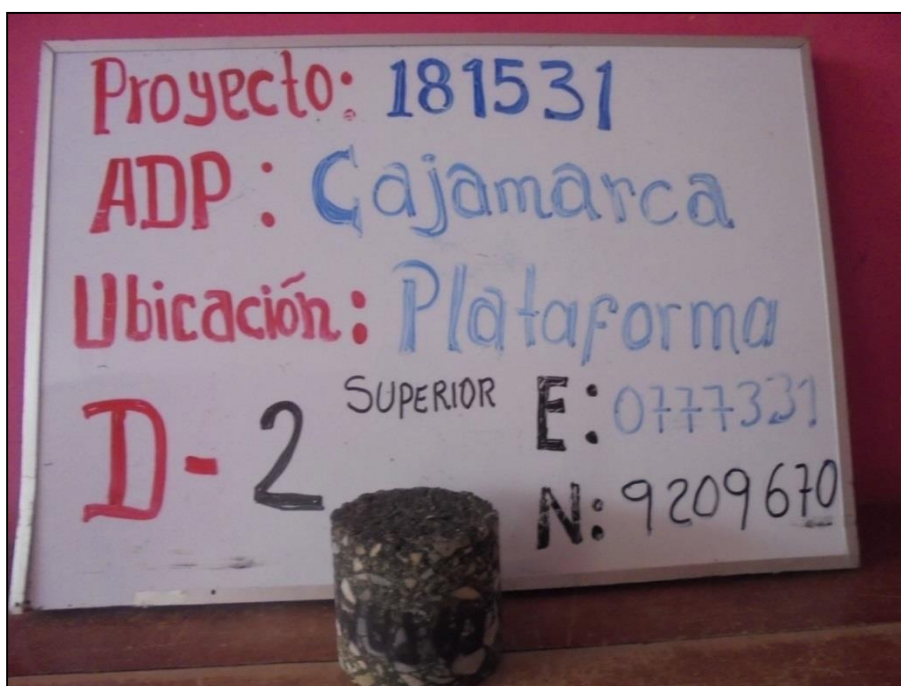


Figura 106. D-02.-Proceso de extracción de núcleo diamantino  
Fuente: EFE – 2015 - AdP

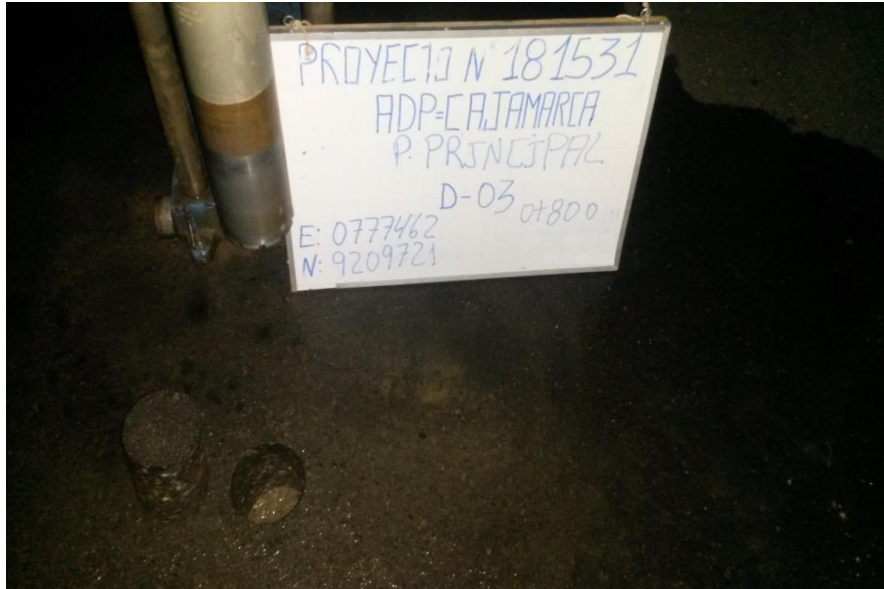


Figura 107. D-03.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP

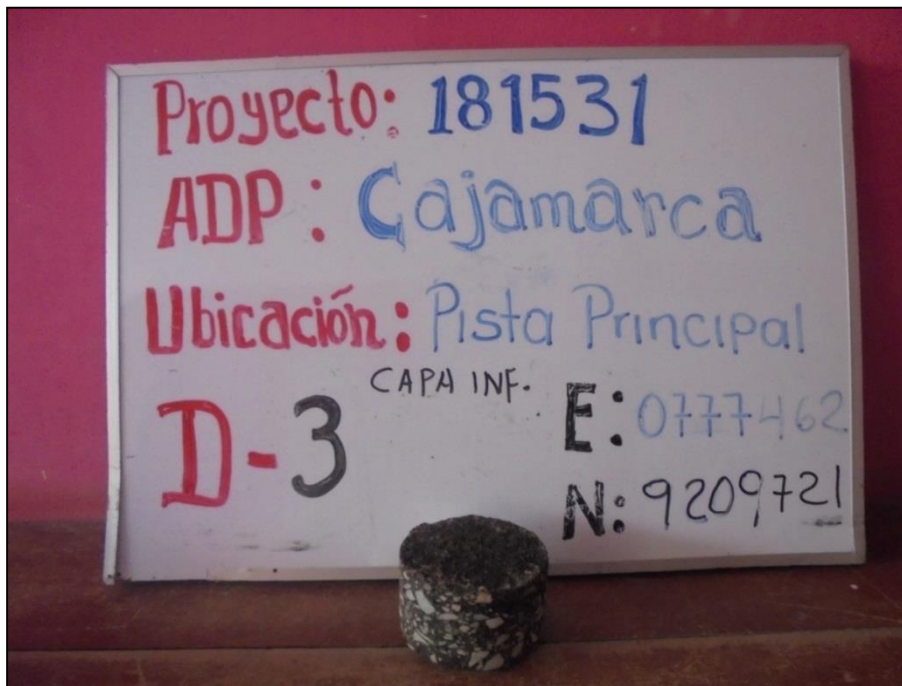


Figura 108. D-03.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 109. D-04.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP

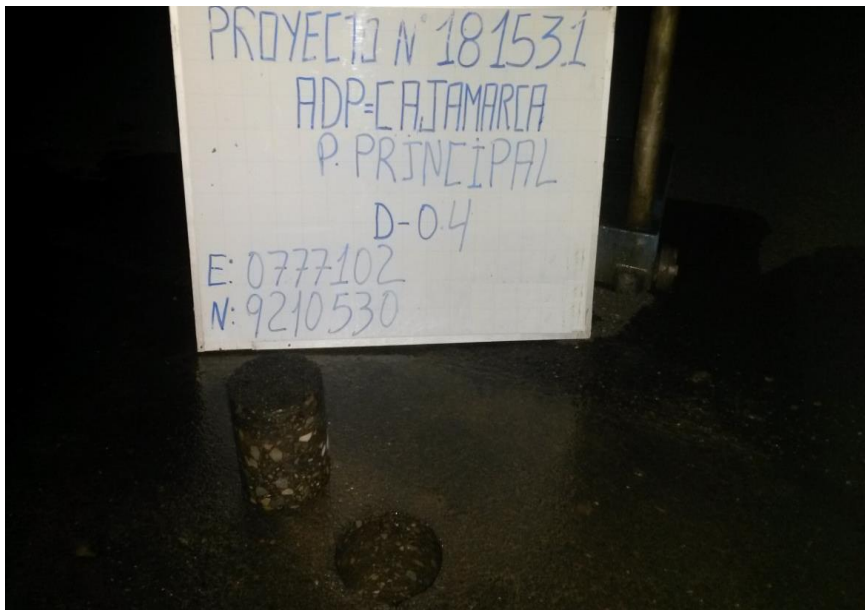


Figura 110. D-04.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 111. D-01.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 112. D-02.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP

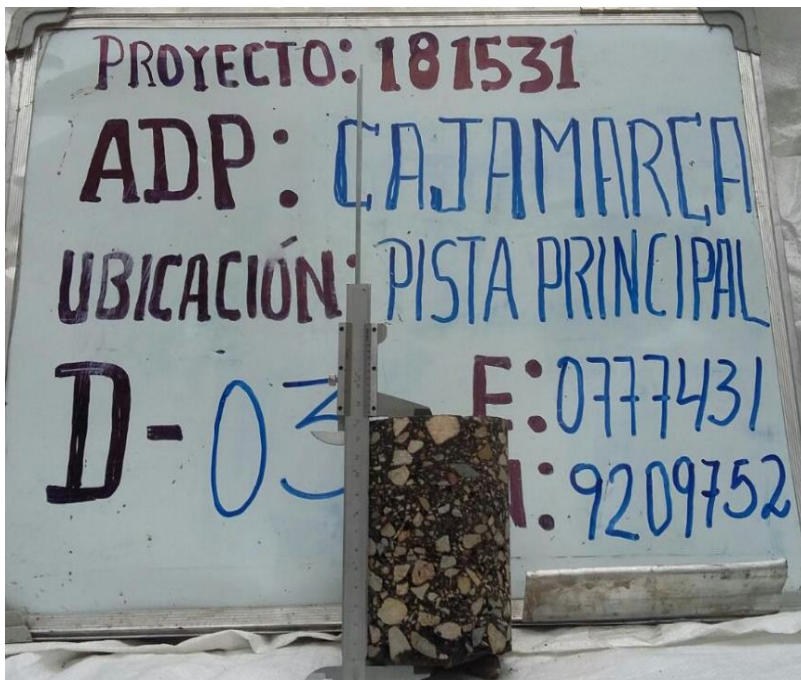


Figura 113. D-03.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 114. D-04.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 115. D-05.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 116. D-06.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP





Figura 117. D-07.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 118.D-08.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP

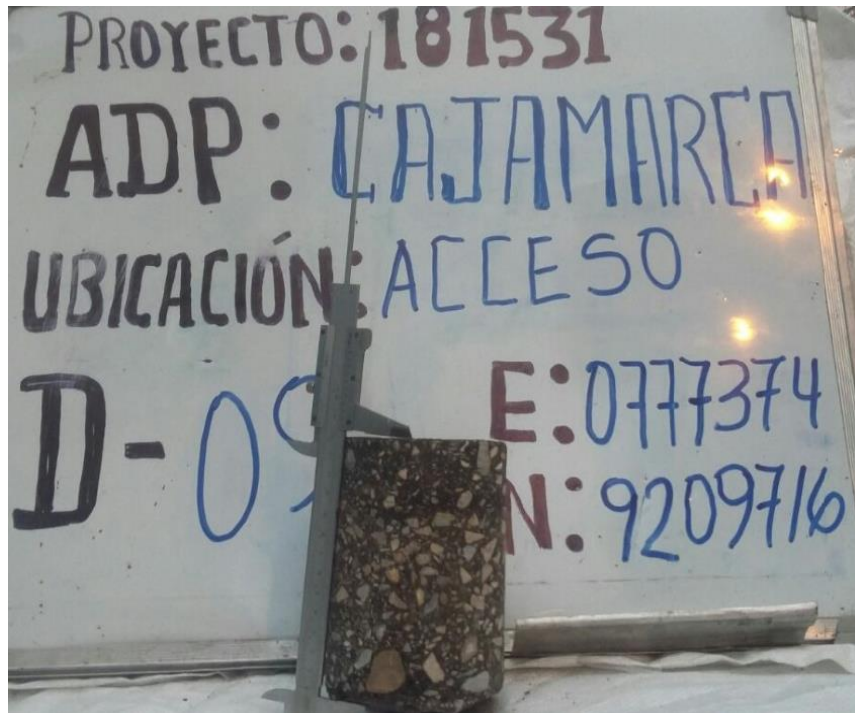


Figura 119. D-09.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 120. D-10.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP



Figura 121. D-11.-Proceso de extracción de núcleo diamantino en la pista de aterrizaje  
Fuente: EFE – 2015 - AdP

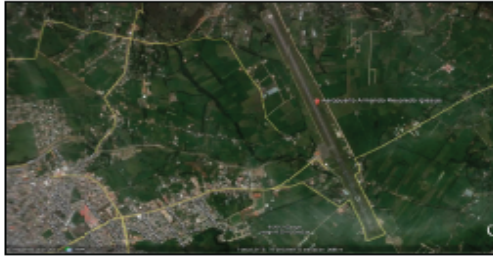


Figura 122. Excavación de calicata Ejecución de la prospección a tajo abierto (calicata), al borde del margen de la calle de rodaje alfa, para calcular la capacidad portante (CBR) del terreno de fundación.

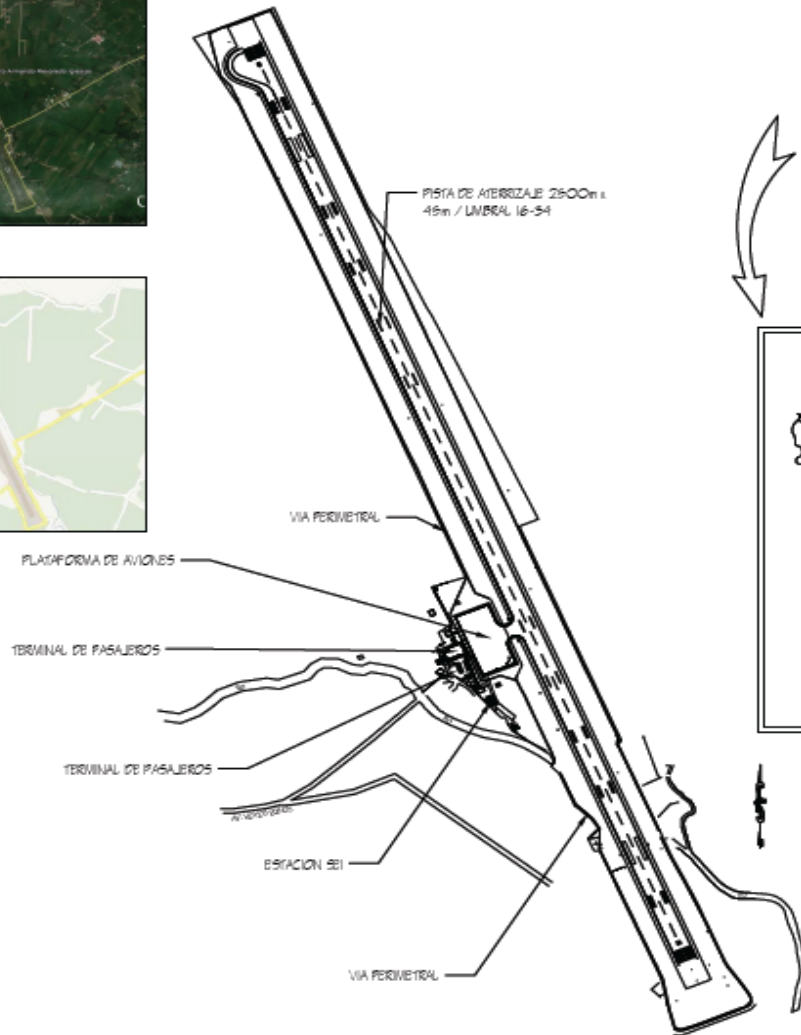
**Planos:**

# UBICACION

## VISTA DEL GOOGLE EARTH



## VISTA DEL GOOGLE MAPS



AEROPUERTO  
Maestr General FAP Armando Revoredo Iglesias



LEONARDO  
DEPARTAMENTO CAJAMARCA  
PROVINCIA CAJAMARCA  
DISTRITO BAÑOS DEL INCA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CAJAMARCA	CAJAMARCA	BAÑOS DEL INCA

REVISOR	FECHA	DESCRIPCION DE LOS CAMBIOS	REVISOR	FECHA

PROYECTO	FECHA	DESCRIPCION DE LOS CAMBIOS	PROYECTO	FECHA

PROYECTO  
**SISTEMA DE GESTION OPERATIVO DE MANTENIMIENTO PARA LA CONVERSION DE PAVIMENTOS EN EL AREA DE MANIOBRAS - CASO AEROPUERTO DE CAJAMARCA 2017**

SECCION  
**AEROPUERTO DE CAJAMARCA**

PLANO  
**UBICACION SPUR-PMP-U**



ESCALA	EDIFICACION DE PLANO	NUMERO DE PLAN
1:6,000	SPUR-PMP-U	04
FECHA 2017	REVISOR 01	



# SISTEMA DE GESTIÓN OPERATIVO DE MANTENIMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN EL ÁREA DE MANIOBRAS – CASO AEROPUERTO DE CAJAMARCA 2017

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	6%
2	<b>www.ptolomeo.unam.mx:8080</b> Fuente de Internet	1%
3	<b>pirhua.udep.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
4	<b>pt.scribd.com</b> Fuente de Internet	1%
5	<b>www.corpac.gob.pe</b> Fuente de Internet	1%
6	<b>repository.unimilitar.edu.co</b> Fuente de Internet	1%
7	<b>www.scribd.com</b> Fuente de Internet	1%
8	<b>www.dgac.go.cr</b> Fuente de Internet	<1%

9	<a href="http://www.gdsig.com.ar">www.gdsig.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://www.bcrp.gob.pe">www.bcrp.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.mtc.gob.pe">www.mtc.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
14	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://www.siboif.gob.ni">www.siboif.gob.ni</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://www.proinversion.gob.pe">www.proinversion.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad de Ciencias y Humanidades Trabajo del estudiante	<1 %
19	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %

[repositoriotec.tec.ac.cr](http://repositoriotec.tec.ac.cr)



20	Fuente de Internet	<1%
21	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%
22	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
23	aulavirtual.aidico.es Fuente de Internet	<1%
24	www.icao.int Fuente de Internet	<1%
25	spij.minjus.gob.pe Fuente de Internet	<1%
26	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
27	store1.icao.int Fuente de Internet	<1%
28	intranet.cip.org.pe Fuente de Internet	<1%
29	myslide.es Fuente de Internet	<1%
30	prezi.com Fuente de Internet	<1%

www.ecofield.com.ar

31	Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://www.interpatagonia.cl">www.interpatagonia.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="http://www.sct.gob.mx">www.sct.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://www.litoral.com.ar">www.litoral.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://www.inei.gob.pe">www.inei.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://www.ositran.gob.pe">www.ositran.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://www.hrc.es">www.hrc.es</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://www.girasolfundacion.es">www.girasolfundacion.es</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://www.opcionempleo.com.pe">www.opcionempleo.com.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://pis1.wikispaces.com">pis1.wikispaces.com</a> Fuente de Internet	<1 %
41	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
	<a href="http://www.aragob.es">www.aragob.es</a>	

42

Fuente de Internet

<1%

---

43

Submitted to Universidad Catolica Los Angeles  
de Chimbote

Trabajo del estudiante

<1%

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 20 words

Excluir bibliografía

Apagado