

# MANPAV

## SEMINARIO SOBRE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS DE AEROPUERTOS Y CURSO RÁPIDO SOBRE LA INTERACCIÓN AERONAVE PAVIMENTO

### MANTENIMIENTOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE AEROPUERTOS MEDIANTE ÁRBOLES DE DECISIÓN PARA LA INDICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Lucia del Pilar Sáez Alván

Ing° Civil (Mestranda da Universidade de Sao Paulo-USP, Brasil)

E-mail: [saezlucia@hotmail.com](mailto:saezlucia@hotmail.com) - [lucisaez@usp.br](mailto:lucisaez@usp.br)

Dirección: Martin Oviedo 308 – Urb. La Mar, Pueblo Libre – Lima – Perú

Rua Antonio Heitor Garcia 400 Apt. 12 – EUA, Jd. Bonfiglioli

Cep:05588-000 Sao Paulo, SP – Brasil.

SANTA CRUZ DE LA SIERRA – BOLIVIA  
(22 - 26 JULIO – 2002)

# **MANTENIMIENTOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE AEROPUERTOS MEDIANTE ÁRBOLES DE DECISIÓN PARA LA INDICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO**

## **RESUMEN**

Se presentan todos los pasos de las investigaciones realizadas para el desarrollo de procedimientos necesarios para la indicación de estrategias de mantenimiento de pavimentos flexibles de aeropuertos en el Perú, a través del uso de árboles de decisión. Los trabajos fueron realizados en la Gerencia de Mantenimiento de Infraestructura Civil, de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A. (CORPAC S.A.), Lima, Perú, donde realicé mis prácticas profesionales por un período de un año, este trabajo fue base para la realización de mi Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, actualmente realizando Maestría en la Universidad de Sao Paulo USP, SP-BRASIL.

Para este trabajo se realizaron estudios teóricos para la utilización de los resultados de las evaluaciones llevadas a cabo por el uso del Método PCI ("Pavement Condition Index") en diversos aeropuertos peruanos, bajo la conducción de un experto de la OACI, Dr. Samuel Hanthequeste Cardoso, Ph.D. bajo la orientación de dicho experto, realicé todas las investigaciones para la realización de este trabajo.

Para la aplicación del Método PCI en los aeropuertos peruanos, el experto estableció un sistema de codificación de ocho dígitos para todas las áreas típicas, las secciones características y las unidades de muestreo de los pavimentos de los aeropuertos, el cual serviría para una aplicación rápida (pudiendo usarse en un programa de computadora). Los dos primeros se refieren al aeropuerto, los siguientes dos a las áreas típicas, los otros dos a las secciones características y los dos finales a las unidades de muestreo. Dicha codificación es la parte primordial para la realización de los árboles de decisión los cuales permiten indicar el mantenimiento tanto a nivel de red como a nivel de proyecto.

En el primer caso, se hacen indicaciones generales de mantenimientos, a partir del promedio de los valores de PCI para cada sección característica, lo que permite llegar a presupuestos a nivel de red. Para el segundo caso, el árbol de decisión considera cuatro grupos de fallas, basadas en las fallas producidas en los pavimentos de aeropuertos:

- 1) grupo de fallas superficiales,
- 2) grupo de grietas,
- 3) grupo de deformaciones plásticas y
- 4) grupo de parches.

Aplicándose este procedimiento, se puede llegar a las indicaciones automáticas e inmediatas de las mejores estrategias de mantenimiento para cada tipo de falla, con la consecuente optimización de los presupuestos para cada área específica de los pavimentos de los aeropuertos.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Una de las grandes preocupaciones de los administradores e ingenieros de infraestructura de aeropuertos es el mantenimiento de los pavimentos. La preservación del valor del patrimonio de las áreas pavimentadas depende, fundamentalmente, del mantenimiento de rutina y/o correctivo.

Pavimentos en buenas condiciones proporcionan además de menores costos, mayor seguridad a los usuarios, la conservación y restauración es un factor importante a ser considerado. La falta de mantenimiento significa desperdiciar inversiones realizadas anteriormente. El mantenimiento de pavimentos equivale a un costo de conservación, el gasto realizado para el mantenimiento de los pavimentos a lo largo del tiempo será compensado, pues, la no conservación de ellos trae consigo costos mayores que muchas veces no pueden ser considerados en las inversiones anuales. Con un buen mantenimiento se llega a tener un ahorro considerable en las inversiones anuales, para que los pavimentos de un aeropuerto puedan funcionar de forma segura, suave y sin que ocurra fenómenos inadecuados en la interacción aeronave/pavimento.

Actualmente, hay una gran cantidad de métodos de evaluación de las fallas superficiales de los pavimentos. Por otro lado, hay limitaciones en como transformar los resultados de las evaluaciones, sea a través de los índices que puedan ser obtenidos, o sea a través de la extensión y severidad de cada tipo de falla, en estrategias de mantenimiento de forma racional y económica.

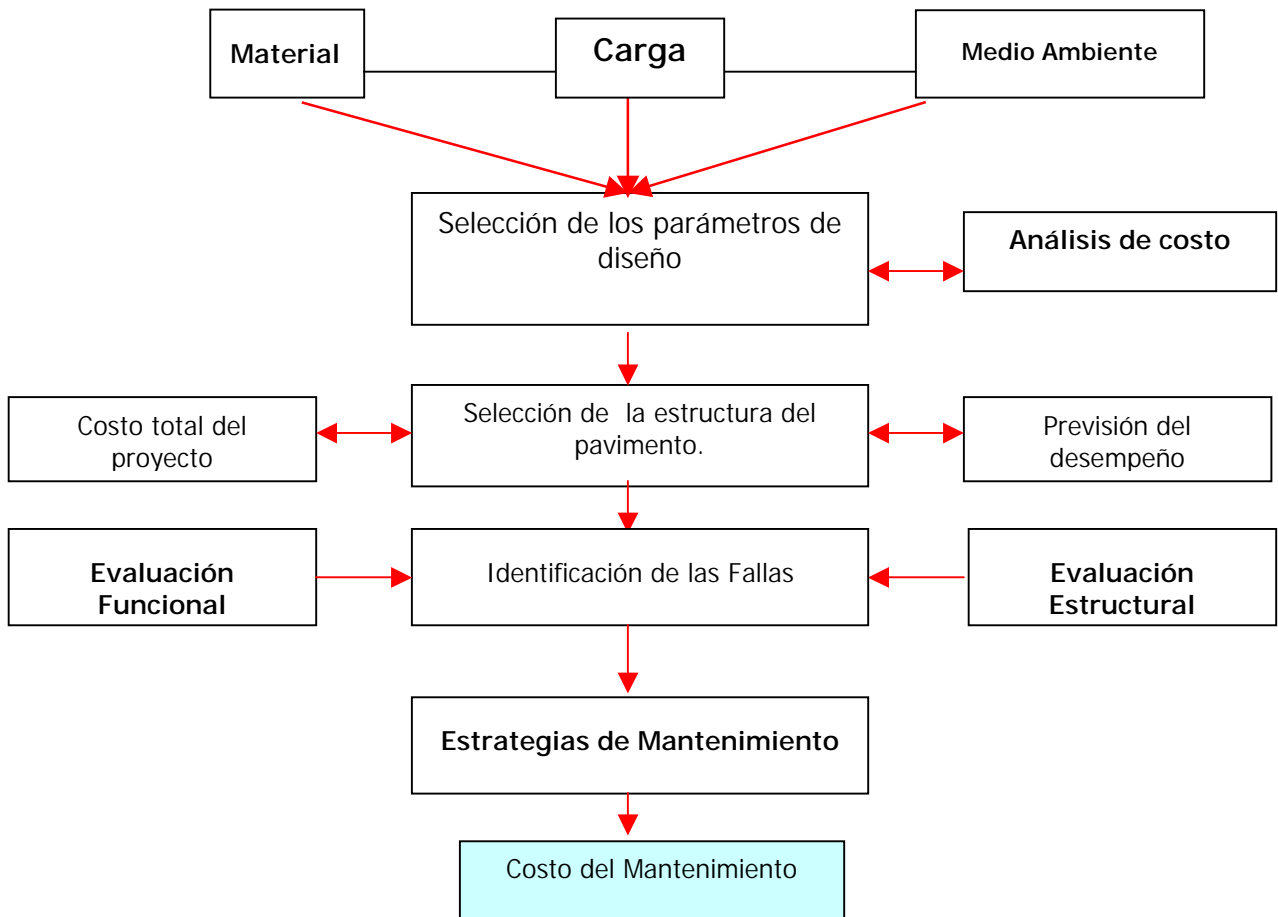
El objetivo de este trabajo es presentar una serie de árboles de decisión que permiten al ingeniero tener un puente entre las fallas identificadas en el campo y la correcta indicación de las respectivas estrategias de mantenimiento. Además, el método propuesto permite llegar a la elaboración de los presupuestos correspondientes.

## **2. OBJETIVOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

1. Verificar si el desempeño o la función esperada está siendo alcanzada.
2. Obtener información para el planeamiento de mantenimiento y/o restauración.
3. Obtener información para mejorar la tecnología de proyecto de mantenimiento y/o construcción.
4. Determinar la capacidad estructural

5. Determinar el deterioro físico (fallas de los pavimentos: grietas, deformación, envejecimiento, etc.)
6. Evaluar la buena calidad de rodaje y seguridad operacional de las aeronaves, bajo cualquier condición metereologica.
7. Reducir los costos de mantenimiento
8. Formar programas de banco de datos de confiabilidad para llegar a costos de mantenimiento preventivo.

Teniendo en claro los objetivos de la evaluación de los pavimentos, debemos buscar los factores que puedan afectar al deterioro de ellos. Hay muchos factores que actúan individualmente o en conjunto, estos factores pueden agruparse en:



**Figura 01** - Factores que interfieren en el diseño, y desempeño, costo del proyecto y costo del mantenimiento de los pavimentos.

### 3. MÉTODO DESARROLLADO PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO

En este trabajo la identificación de las fallas obtenidas en el campo fueron realizadas mediante el Método PCI (“Pavement Condition Index”).

El Método PCI (“Pavement Condition Index”) fue desarrollado por el Cuerpo de los Ingenieros del Ejército Americano (5, 6, 10)) y tiene como objetivo atribuir notas a los pavimentos, a través de la identificación y cuantificación de las fallas de los mismos en el campo.

Durante la identificación de las fallas en el campo, son medidas sus extensiones y apuntadas sus respectivas severidades, fichas de evaluación, las áreas de los pavimentos deben tener cerca de 450 m<sup>2</sup>. Estas áreas son llamadas Unidades de Muestreo (UM). Las UM componen las secciones características, que son áreas mayores de los pavimentos que tienen las mismas características de tráfico, de estructura, de condiciones de la subrasante y misma historia de mantenimiento.

Las secciones características, a su vez, son parte de las áreas típicas, que son las partes del aeropuerto que se destinan a determinado comportamiento de operaciones de los aviones, como por ejemplo, plataformas, calles de rodaje y pistas de aterrizaje.

De acuerdo al Método PCI, un pavimento perfecto recibe nota 100 y un pavimento completamente destruido tendrá nota 0 (cero). Para cada falla encontrada, con su respectiva severidad y densidad, se descontará puntos del valor máximo (100).

Mayores consideraciones sobre el Método PCI pueden ser encontradas en otros trabajos (Ref. 1, 5, 6, 10).

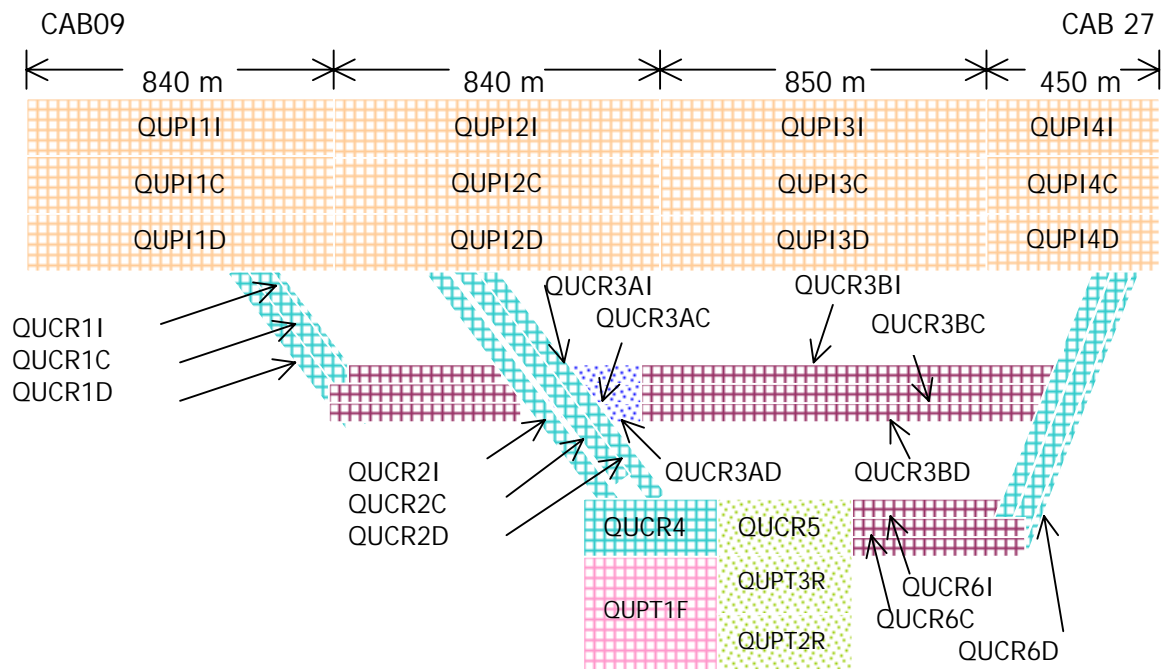
Para mejor aplicación de los conceptos del Método PCI, es necesario la codificación de cada área de los pavimentos, la cual nos facilita la identificación de las fallas en campo.


### SISTEMA DE CODIFICACIÓN ADOPTADO

Uno de los objetivos del desarrollo de los árboles de decisión es la indicación de estrategias de mantenimiento para los pavimentos a través del uso de computadoras. Como consecuencia, es necesario que, al considerar una red de pavimentos, tanto el aeropuerto como las áreas típicas, las secciones características y las Unidades de Muestreo deberán ser codificadas.

El sistema de codificación se basa en ocho dígitos. Como ejemplo, se presenta la Unidad de Muestreo **QUPI1102**, ubicada en la sección característica **QUPI11**, de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Arequipa.

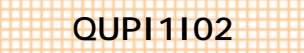
La Figura 01 muestra todas las secciones características, ya codificadas, de los pavimentos del aeropuerto de Arequipa.



 Concreto de cemento Portland

**Figura 02** – Configuración esquemática de las áreas típicas y secciones características de los pavimentos del aeropuerto de Arequipa

Donde:

 **QUPI1I02**

**QUPI1I02** = Unidad de Muestreo

**QU** = Codificación para el aeropuerto de Arequipa

**PI** = Codificación para el área típica – Pista de Aterrizaje

**1I** = Sección Característica, de modo que el número "1" corresponde al tramo uno de la pista y la letra "I" corresponde a la faja izquierda del eje de la pista, tomando siempre, como referencia, el sentido de la cabecera menor para la cabecera mayor de la pista

**02** = Unidad de Muestreo 02

#### 4. APLICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE DECISIÓN A NIVEL DE RED (PLANIFICACIÓN)

El primer árbol de decisión (Árbol de decisión 1) **figura 03** tiene como objetivo establecer las áreas típicas del aeropuerto considerado y hacer verificaciones en cuanto al coeficiente de fricción en las pistas de aterrizaje y a las deflexiones en las secciones características de todas las áreas típicas, como indica la Figura 02. Algunos aspectos y variables presentados en esta figura son mejor definidos a continuación.

$\mu$  = coeficiente de fricción (equipos del tipo "Mu-meter" o "Griptester")

$\delta_{\max \text{ media}}$  = deflexión máxima media (deflexiones obtenidas con viga Benkelman a través de la aplicación de 8,2 tf de carga en un eje trasero simple, con doble ruedas, de un camión)

EMF = estrategias de mantenimiento para recuperación de la fricción

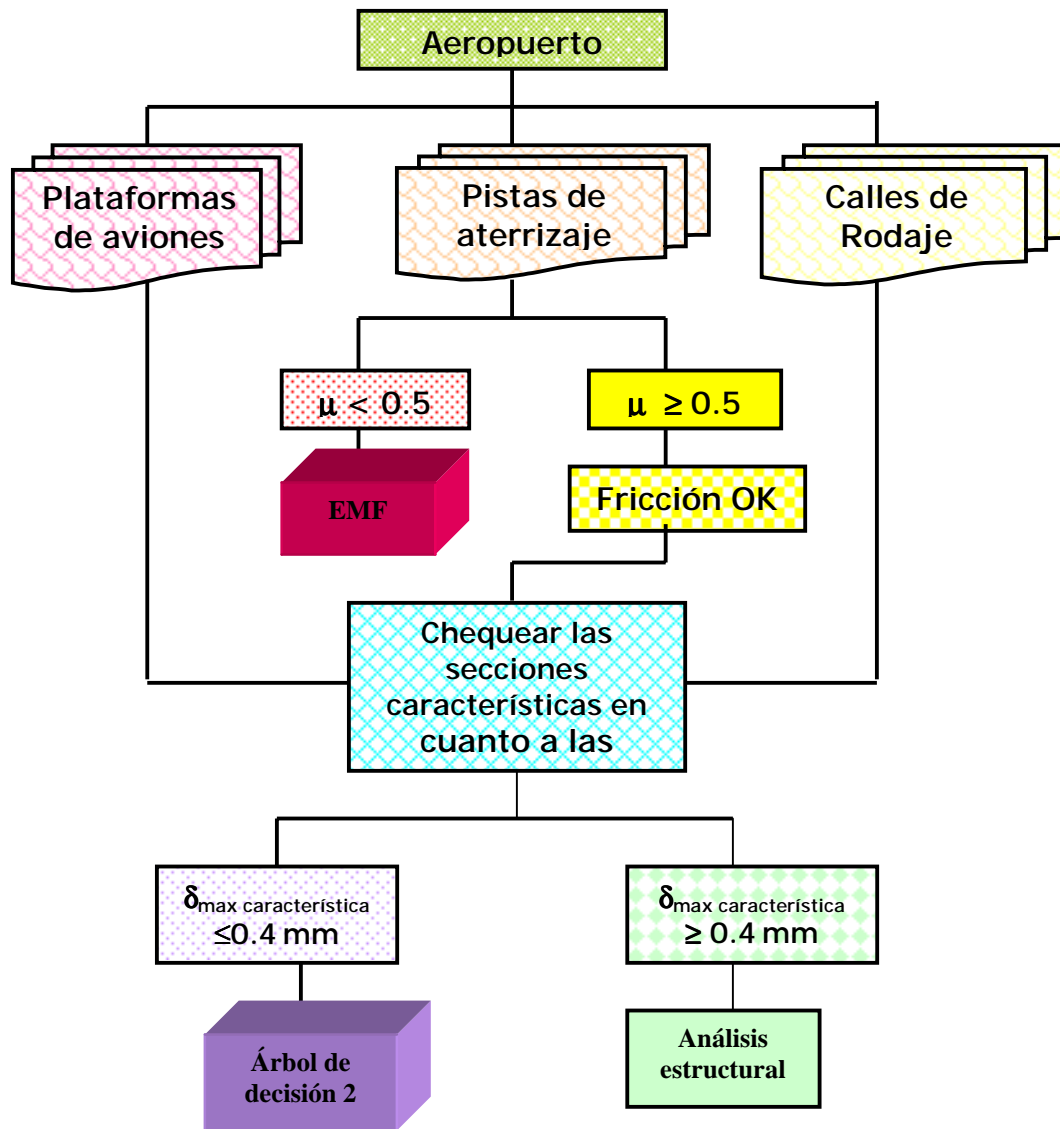


Figura 03 – Árbol de decisión 1

Las principales estrategias de mantenimiento sugeridas para la recuperación de la fricción (2, 3) son:

- Corrección de las fallas superficiales
- Aplicación de lechada asfáltica
- Aplicación de arena-asfalto.
- Fresaje
- Escarificaciones
- Aplicación de "grooving"
- Aplicación de Capa Porosa de Fricción (CPF)
- Aplicación de recapeos delgados
- Reciclaje en caliente
- Reciclaje en frío, etc.

Observaciones hechas en el Perú tienen indicado que, cuando un pavimento tiene deflexiones máximas medias por abajo de 0.4 mm, en general, el mismo no presenta problemas estructurales. En cuanto a este aspecto, Van Til & Valerga (13) sugirieron un valor de 0.35 mm como límite para las deflexiones máximas.

Tomando en cuenta el límite de 0.4 mm para las deflexiones máximas medias, el árbol de decisión 1 puede conducir, en algunos casos, al árbol de decisión 2 (Figura 04), como se indicó en la Figura 03.

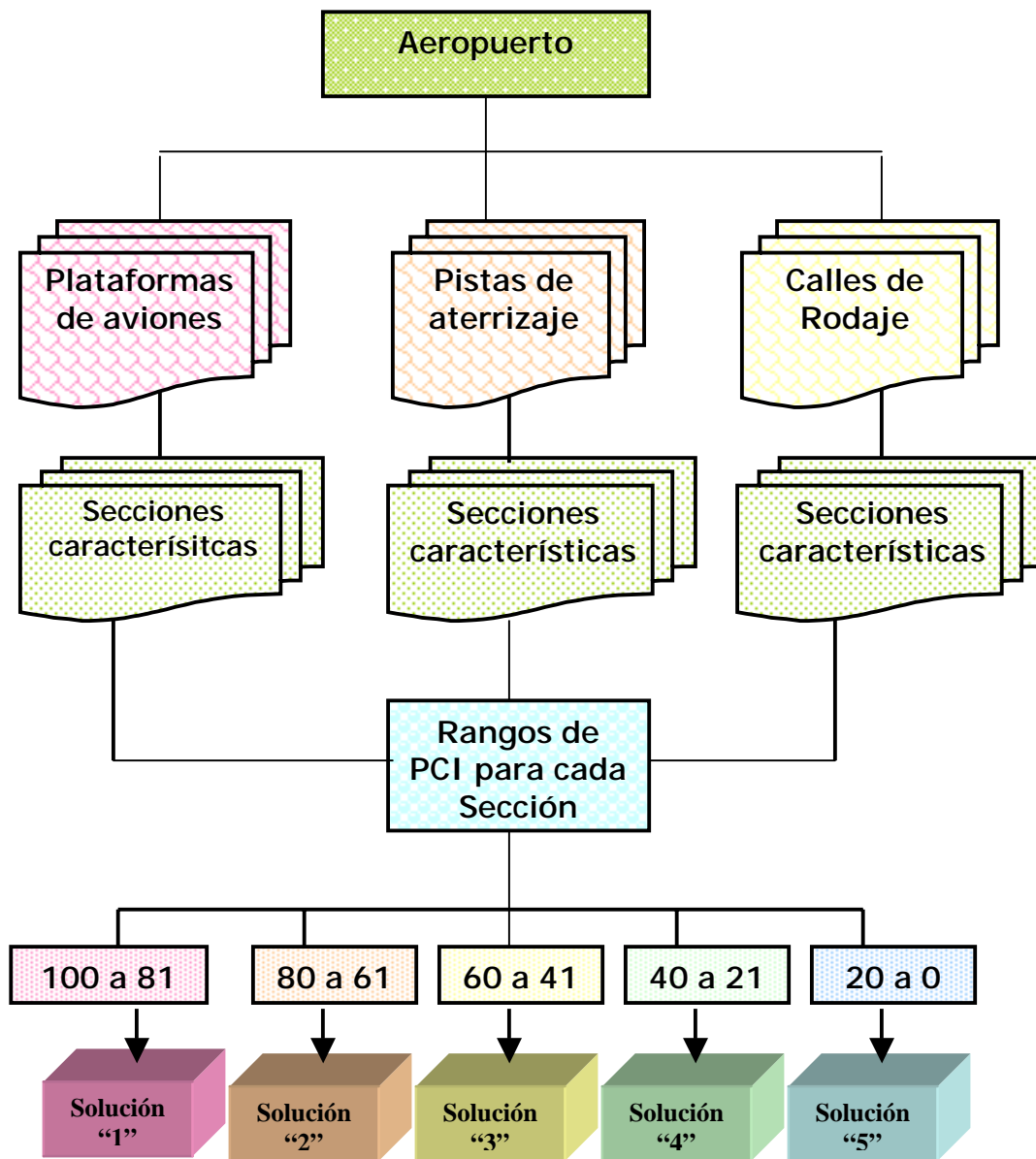


Figura 04 – Árbol de decisión 2

Las soluciones "1" a "5", indicadas en la Figura, están descritas en el Cuadro 01. Estas recomendaciones de estrategias de mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos fueron presentadas por Sharaf *et al* (11) para las instalaciones del Ejército Americano.

**Cuadro 01** – Indicación de intervenciones en función del PCI para planificación de presupuestos a nivel de red (11)

Rango de PCI	Solución	Indicación de intervención a nivel de red
100 a 81	"1"	Mantenimiento de rutina
80 a 61	"2"	Intervenciones más superficiales
60 a 41	"3"	Carpeta asfáltica funcional (< 5 cm)
40 a 21	"4"	Carpeta asfáltica estructural (> 5 cm)
20 a 0	"5"	Reconstrucción

### Ejemplo de aplicación

Aeropuerto ⇒ Arequipa ⇒ código **QU**

Área típica ⇒ pista de aterrizaje ⇒ código **QUPI**

Sección característica ⇒ tramo 1 – faja central ⇒ código **QUPI1C**

Área ⇒ 12600 m<sup>2</sup> (15m x 840 m)

Deflexión máxima = 35.91 x 10<sup>-2</sup> mm ⇒ árbol de decisión "2"

Árbol de decisión 2 ⇒ promedio del PCI = 43.7 ⇒ **solución "3"**

Asumiendo carpeta funcional de 3.8 cm (1.5")

Costo/m<sup>2</sup> de la intervención ⇒ US\$ 4.62

Costo total de la intervención ⇒ US\$ 4.62 x 12600 m<sup>2</sup> = **US\$ 58,212.00**

## 5. APLICACIONES DE LOS ÁRBOLES DE DECISIÓN A NIVEL DE PROYECTO

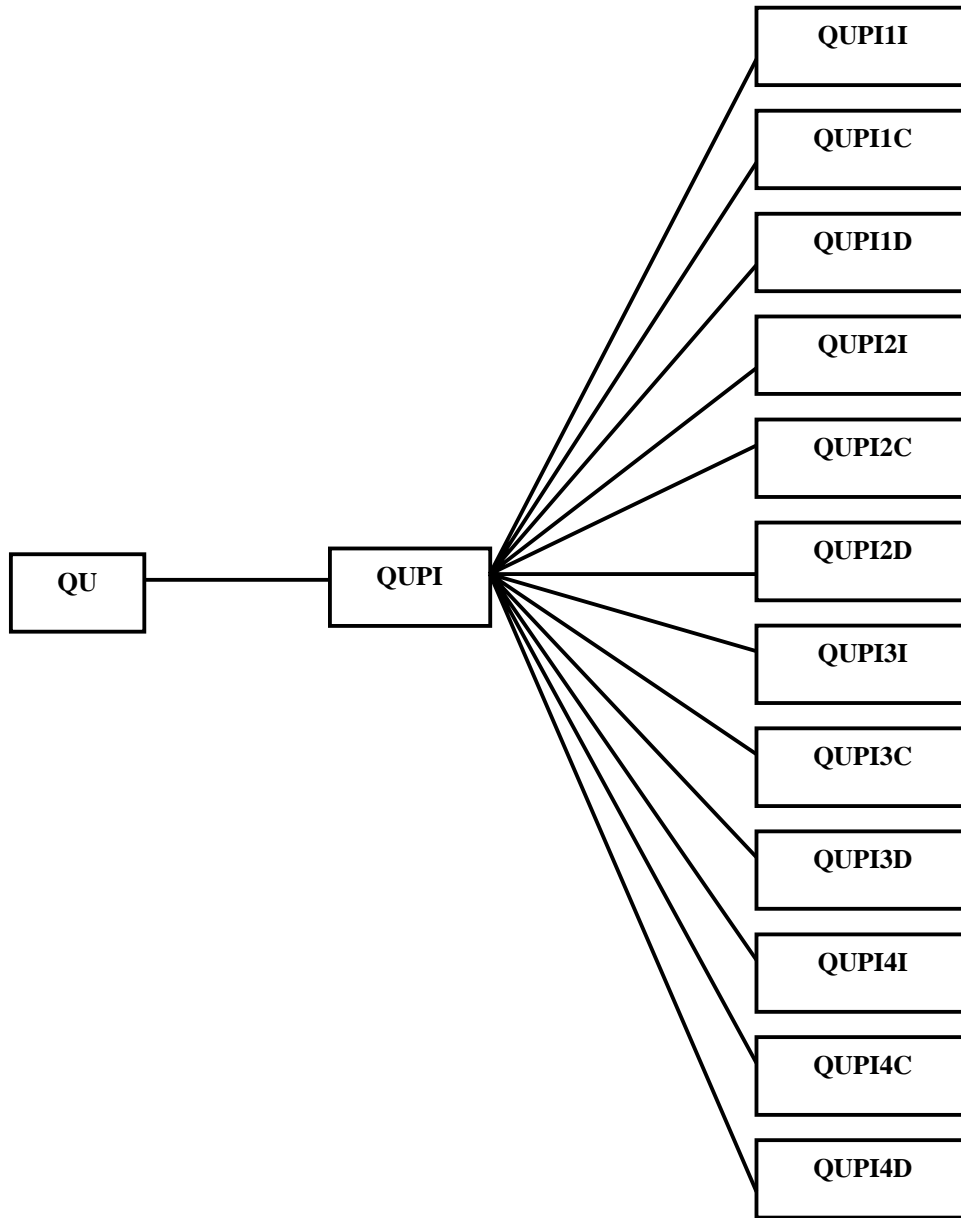
Árboles de decisión han sido utilizados por otros autores como Jugo (7), Hall *et al* (8).

El objetivo de la aplicación de los árboles de decisión, a nivel de proyecto, en esta investigación, es llegar hasta la definición de las estrategias de mantenimiento para cada tipo de falla.

Para esto, además de utilizar el sistema de codificación presentado anteriormente, fue necesario “trabajar” las 16 fallas descritas en el Método PCI (1, 5, 6, 10), de manera a considerarlas en 4 grupos, las cuales fueron relacionadas a 10 estrategias de mantenimiento (1, 4, 5, 9, 10, 12), como se resume en el Anexo 01.

Los 4 grupos de fallas considerados son presentados en el Anexo 02.

A continuación, se desarrolla un ejemplo para el aeropuerto de Arequipa, con árboles de decisión hasta al nivel de secciones características, para las áreas típicas “pista de aterrizaje”, “calles de rodaje” y “plataformas”, como son mostrados en las Figuras 05 a 08. Se asume que estos árboles de decisión son la secuencia natural de los árboles de decisión 1 y 2.



**Figura 05** – Árbol de decisión al nivel de secciones características para la pista de aterrizaje.

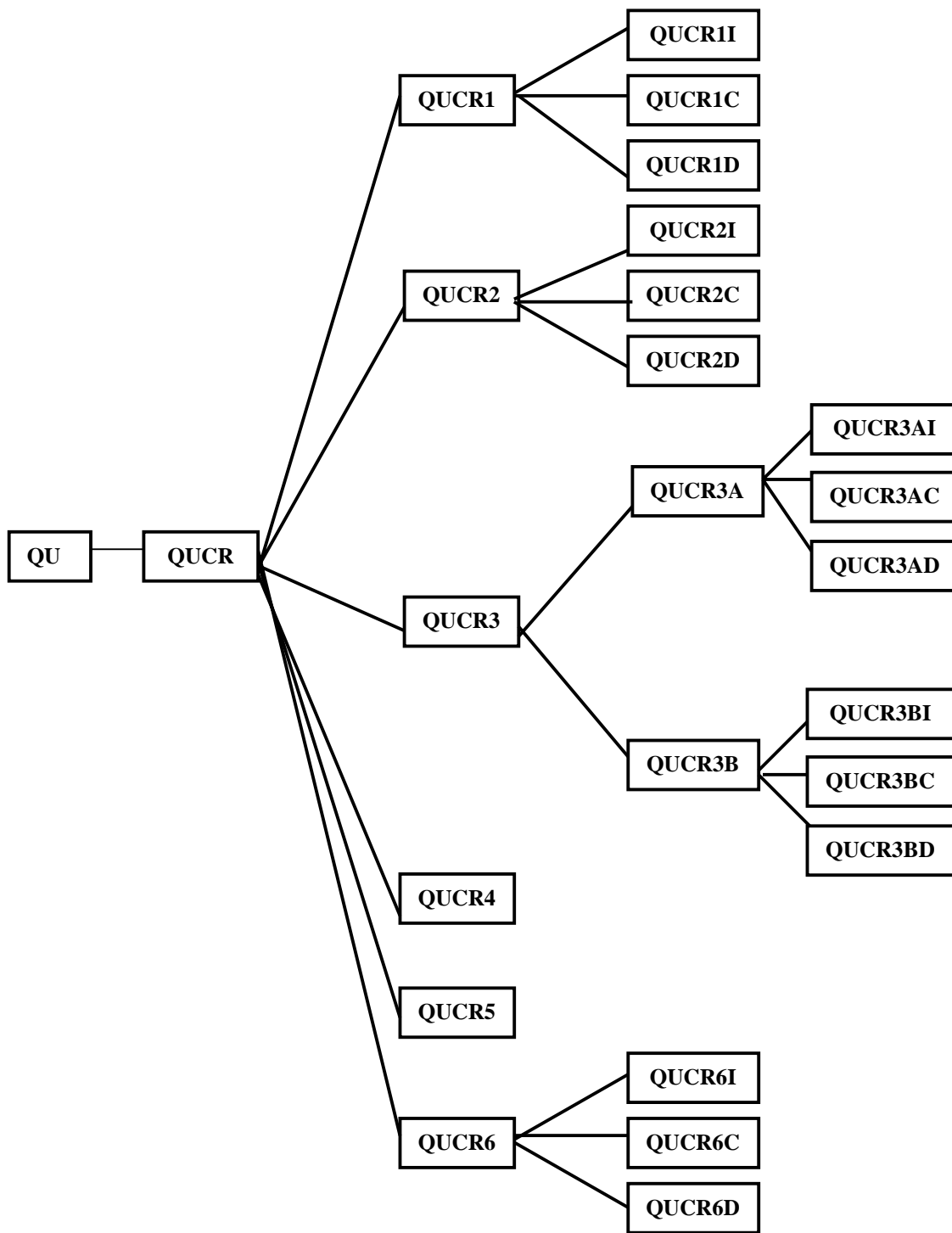
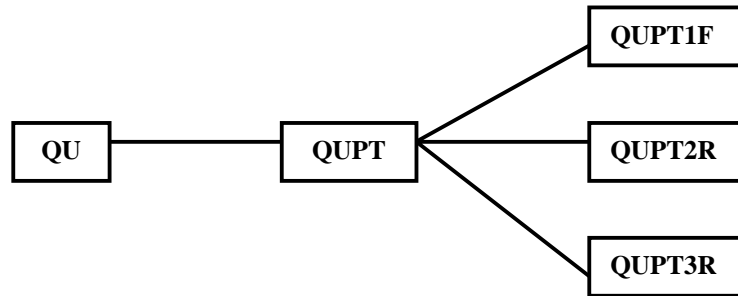
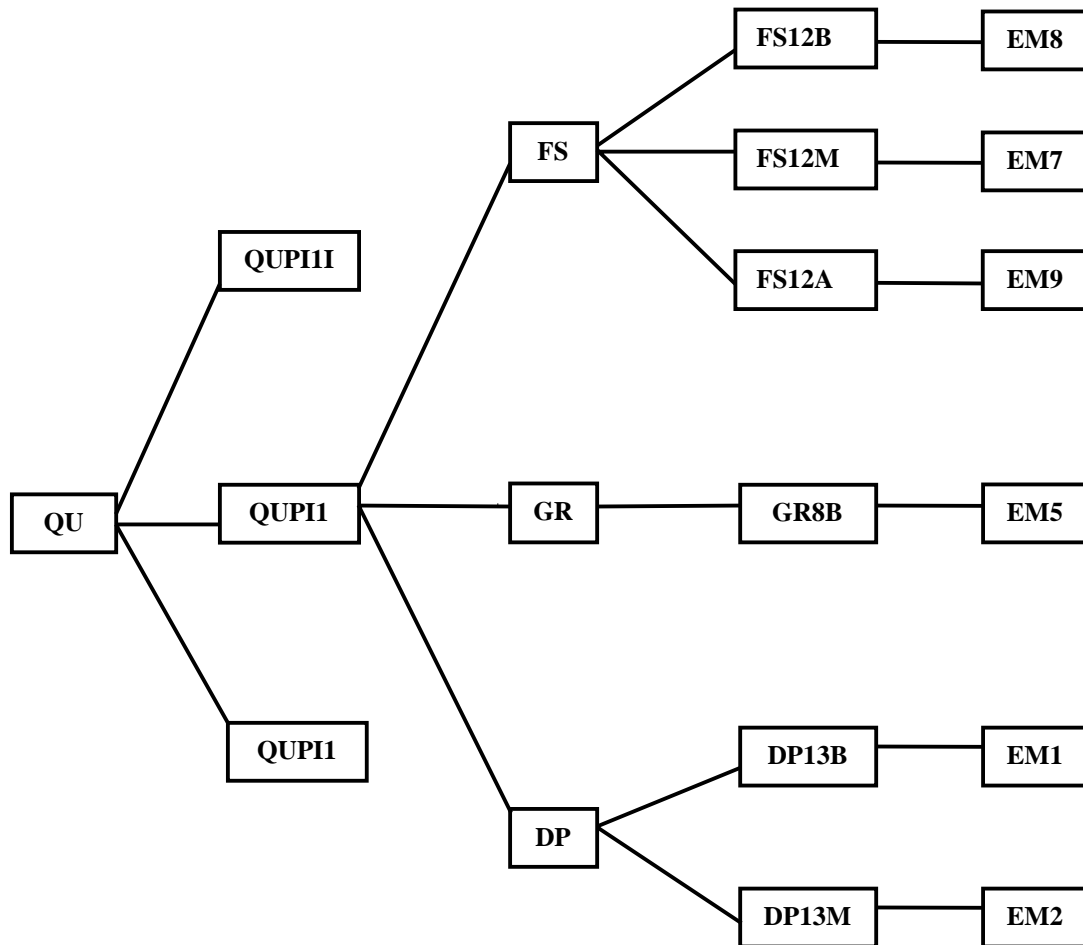


Figura 06 – Árbol de decisión al nivel de secciones características para las calles de rodaje



**Figura 07** – Árbol de decisión al nivel de secciones características para las plataformas

El árbol de decisión indicado en la Figura 08 es la aplicación, a nivel de proyecto, del mismo ejemplo desarrollado para la definición de las estrategias de mantenimiento a nivel de planificación, para la faja central, del primer tramo de la pista de aterrizaje.



**Figura 08** – Ejemplo de indicación de estrategias de mantenimiento a nivel de proyecto (sección característica **QUPI1C**, pista de aterrizaje, aeropuerto de Arequipa).

En el cuadro 02, las fallas encontradas pertenecen a tres grupos (las fallas que pertenecen a cada grupo serán presentadas en el anexo 2):

**Cuadro 02 – Simbología de la clasificación de las fallas**

<b>Clasificación de las fallas</b>	<b>Simbología</b>
Fallas Superficiales	<b>FS</b>
Grietas	<b>GR</b>
Deformaciones Plásticas	<b>DP</b>
Niveles de Severidad	<b>Bajo (B), Medio (M), Alto (A)</b>
Estrategias de mantenimiento	<b>EM</b>

El Cuadro 02 presenta los presupuestos calculados para las estrategias de mantenimiento recomendadas, a nivel de proyecto, para la faja central del primer tramo de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Arequipa (sección característica **QUPI 1C**). El valor encontrado es de **US\$ 54,740.45**.

Por lo tanto, la diferencia entre el presupuesto calculado a nivel de planificación y a nivel de proyecto, para el ejemplo presentado, es de 6.3%.

**Cuadro 03 – Intervenciones recomendadas y presupuesto para la faja central del tramo 1 de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Arequipa**

<b>Número de la falla*</b>	<b>Estrategia de mantenimiento</b>	<b>Extensión</b>		<b>Costos</b>		
		<b>m</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>m</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Total</b>
8	EM5	79.50	-	0.15 5	-	12.33
12 B	EM8	-	675.0 0	-	0.415	280.03
12 M	EM7	-	2700. 00	-	2.101	5673.81
12 A	EM9	-	3337. 50	-	14.50 4	48408.41
13 M	EM2	-	22.50	-	16.26 1	365.87
<b>Total general US\$</b>						<b>54740.45</b>

\* Ver Anexo 01; B, M, A = severidades baja, media y alta

Es importante observar que la falla codificada como **13B** tiene la estrategia de mantenimiento **EM1**, que no requiere ninguna acción (**NADA QUE HACER**).

## 6. CONCLUSIONES

Con buen conocimiento de la problemática de los pavimentos de aeropuertos se puede llegar a un buen mantenimiento en su debido momento. En este trabajo se demuestra, la factibilidad del uso de árboles de decisión para planificación de presupuestos para mantenimiento de los pavimentos de los aeropuertos en el Perú, tanto a nivel de red como a nivel de proyecto.

Para lo cual, en esta investigación, se adoptó un sistema de codificación de cuatro pares de dígitos. Los dos primeros identifican el aeropuerto, los dos siguientes a las áreas típicas, los otros dos a las secciones características y, los dos finales, a las Unidades de Muestreo (UM).

Dos árboles de decisión fueron desarrollados para planificar los presupuestos de mantenimiento de los pavimentos, a nivel de red, considerando el promedio de los valores de PCI de cada sección característica.

Para la estimación de los presupuestos de mantenimiento de los pavimentos, a nivel de proyecto, se desarrolló un conjunto de árboles de decisión, que toma en cuenta todas las áreas típicas con su respectiva codificación característica. A partir de este punto, las fallas son clasificadas en uno de los grupos "Superficiales", "Grietas", "Deformaciones Plásticas" y "Parches", siendo indicada la codificación de cada falla, como se describe en el trabajo. Una vez identificada la falla, se llega a la mejor estrategia de mantenimiento.

La diferencia de **6.3%** entre los presupuestos estimados a los niveles de planificación de red y de proyecto, para la faja central del primer tercio de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Arequipa, al cual lo tomamos como ejemplo nos muestra una buena indicación de la eficacia del procedimiento.

Estos árboles presentados en este trabajo pueden formar parte de un programa en computadora, donde los resultados serían inmediatos y así, durante toda la inspección de un aeropuerto podríamos darnos cuenta de una manera global del presupuesto requerido para dicho mantenimiento.

## REFERENCIAS

1. Cardoso, S.H. & Fernández, M.E., "Aplicaciones Prácticas del Método PCI para el Mantenimiento de Pavimentos de Aeropuertos", Proyecto PNUD/OACI PER/91/018, Lima, Perú, 1999, 232 pp.
2. Cardoso, S.H., Marcon, A.F., Aps, M. & Marcello, J.R.. "Proposta para Implantação de Centros de Análise e Controle de Acidentes (CACA) em Órgãos Rodoviários e de Vias Urbanas", 29ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv, Vol. 3, Cuiabá, MT, 23 a 27 de outubro, 1995, pp. 285-302.
3. Dahir, S.H.M. & Gramling, W.L., "Wet-Pavement Safety Programs", National Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Highway Practice, Nº 158, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1990, 54p.
4. DIRENG, "Manutenção Primária de Pavimentos de Asfalto e de Concreto de Cimento con Asfalto", Ministério da Aeronáutica, Diretoria de Engenharia da Aeronáutica, Rio de Janeiro, Brasil, Agosto, 1983, 49 pp.
5. FAA, "Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements", Advisory Circular AC 150/5380-6, 12/3/82, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Washington, D.C., 1982.
6. Hall, J.W., Jr. & Elsea, D.R., "Procedure for Condition Survey of Civil Airports", Report Nº FAA-RD-80-55, Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., May 1980.
7. Hall, K.T., Conner, J.M., Darter, M.I. & Carpenter, S.H., "Development of an Expert System for Concrete Pavement Evaluation and Rehabilitation", Proceedings, Second North American Conference on Managing Pavements, Toronto, November, 1987.
8. Jugo, A., "Development of a Rehabilitation Methodology Approach Hierarchy for Flexible Highway Pavement", Ph.D. Dissertation, University of Maryland, 1986, 305 pp.
9. OACI, "Manual-Guía de Administración del Mantenimiento de la Infraestructura Aeroportuaria", Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de Aviación Civil Internacional, Proyecto Regional RLA/92/031, Planificación y Sistematización de la Aviación Civil, Edición Preliminar, Diciembre, 1997, 138 pp.
10. Sáez Alvan L.P, "Estratégias para Mntenimientos de Pavimentos Flexibles en Aerpuertos ", tesis para Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad San Martin de Porras, Lima – Perú 2000, 289 pp.

11. Shahin, M.Y. & Walther, J.A., "Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using the PAVER System", USACERL TECHNICAL REPORT M-9005, U.S. Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory, U.S. Army Engineering and Housing Support Center, Washington, D.C., July 1990.
12. Sharaf, E.A., Shahin, M.Y. & Sinha, K.C., "Analysis of the Effect of Deferring Pavement Maintenance", Transportation Research Record, no 1205, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1988, pp. 29-35.
13. The Asphalt Institute, "Asphalt in Pavement Maintenance", The Asphalt Institute, Manual Series No. 16 (MS-16), March, 1983, 136 pp.
14. Van Til, C.J. & Vallerger, B.A., "Applications of a Theoretical Procedure to Airfield Pavement Evaluation and Overlay Design", Proceedings, 3<sup>rd</sup> International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Vol. 1, 1972, pp.1236-1243

## **Anexo 02 – Clasificación de las fallas por grupo**

### **FALLAS SUPERFICIALES (FS)**

- Exudación (**FS2**)
- Corrugación (**FS4**)
- Erosión (**FS6**)
- Contaminación por Aceite (**FS9**)
- Agregado Pulido (**FS11**)
- Desagregación/Envejecimiento (**FS12**)

### **GRIETAS (GR)**

- Grietas Piel de Cocodrilo (**GR1**)
- Grietas en Bloque (**GR3**)
- Grietas de Reflexión de Juntas (**GR7**)
- Grietas Longitudinales/Transversales (**GR8**)
- Grietas por deslizamiento (**GR15**)

### **DEFORMACIONES PLÁSTICAS (DP)**

- Depresión (**DP5**)
- Hundimiento de Sendas de Rodaje (**DP13**)
- Elevación en Encuentro de Losas (**DP14**)
- Expansión o Hinchamiento (**DP16**)

### **PARCHES (PA)**

- Parche (**PA10**)

**Anexo 01 – Estrategias de mantenimiento en función del tipo de fallas y de sus respectivas severidades**

<b>Tipo y número de falla (Método PCI)</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Trabajos a realizar</b>
Grieta Piel de Cocodrilo <b>Falla 1 – Severidad Baja</b>	EM1	Nada que hacer
Grieta Piel de Cocodrilo <b>Falla 1 – Severidad Media</b>	EM2	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 20 cm (8") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Grieta Piel de Cocodrilo <b>Falla 1 – Severidad Alta</b>	EM3	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 40 cm (16") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Exudación <b>Falla 2</b>	EM4	Aplicar agregado fino en el área afectada. El agregado debe ser calentado a 150 °C Pasar rodillo neumático Cuando el agregado se enfríe, barrer las partículas Si es necesario, repetir el proceso
Grietas en Bloque <b>Falla 3 – Severidad Baja</b>	EM1	Nada que hacer
Grietas en Bloque < 3 mm <b>Falla 3 – Severidad Media</b>	EM5	Limpiar las grietas con aire comprimido para retirar las partículas sueltas Sellar las grietas con asfalto diluido (o emulsión asfáltica)
Grietas en Bloque > 3 mm <b>Falla 3 – Severidad Alta</b>	EM6	Limpiar las grietas con aire comprimido para retirar las partículas sueltas Sellar las grietas con asfalto diluido (o emulsión asfáltica) y arena

Corrugación <b>Falla 4 – Severidad Baja</b>	EM1	Nada que hacer
Corrugación <b>Falla 4 – Severidad Media</b>	EM2	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 20 cm (8") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Corrugación <b>Falla 4 – Severidad Alta</b>	EM3	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 40 cm (16") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Depresión <b>Falla 5 – Severidad Baja</b>	EM1	Nada que hacer
Depresión <b>Falla 5 – Severidad Media</b>	EM2	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 20 cm (8") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Depresión <b>Falla 5 – Severidad Alta</b>	EM3	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 40 cm (16") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Erosión por Carbonización <b>Falla 6</b>	EM7	Aplicar lechada asfáltica con granulometría adecuada

Grietas por Reflexión de Juntas/Grietas Longitudinales/Transversales <b>Fallas 7 y 8 – Severidad Baja y Media (Apertura &lt; 3 mm)</b>	EM5	Limpiar las grietas con aire comprimido para retirar las partículas sueltas Sellar las grietas con asfalto diluido (o emulsión asfáltica)
Grietas por Reflexión de Juntas/Grietas Longitudinales/Transversales <b>Fallas 7 y 8 – Severidad Alta (Apertura &gt; 3 mm)</b>	EM6	Limpiar las grietas con aire comprimido para retirar las partículas sueltas Sellar las grietas con asfalto diluido (o emulsión asfáltica) y arena
Contaminación por Aceite <b>Falla 9</b>	EM8	Aplicar niebla asfáltica sobre la superficie del pavimento previamente limpiada
Parche <b>Falla 10 – Severidad Baja</b>	EM1	Nada que hacer
Parche <b>Falla 10 – Severidad Media</b>	EM2	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 20 cm (8") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Parche <b>Falla 10 – Severidad Alta</b>	EM3	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 40 cm (16") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Agregado Pulido <b>Falla 11</b>	EM7	Aplicar lechada asfáltica con granulometría adecuada
Desagregación/Envejecimiento <b>Falla 12 – Severidad Baja</b>	EM8	Aplicar niebla asfáltica sobre la superficie del pavimento previamente limpiada

Desagregación/Envejecimiento <b>Falla 12 – Severidad Media</b>	EM7	Aplicar lechada asfáltica con granulometría adecuada
Desagregación/Envejecimiento <b>Falla 12 – Severidad Alta</b>	EM9	Retirar la carpeta asfáltica, efectuando cortes rectangulares Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Hundimiento de Sendas de Rodaje <b>Falla 13 – Severidad Baja</b>	EM1	Nada que hacer
Hundimiento de Sendas de Rodaje <b>Falla 13 – Severidad Media</b>	EM2	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 20 cm (8") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Hundimiento de Sendas de Rodaje <b>Falla 13 – Severidad Alta</b>	EM3	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 40 cm (16") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Elevación en Encuentro de Losas <b>Falla 14</b>	EM2	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 20 cm (8") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Grietas por Deslizamiento <b>Falla 15</b>	EM10	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Limpiar la superficie con aire comprimido o escoba Aplicar una camada liviana de riego de liga Dejar que cure el riego de liga Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")

Expansión o Hinchamiento <b>Falla 16 – Severidad Baja</b>	EM1	Nada que hacer
Expansión o Hinchamiento <b>Falla 16 – Severidad Media</b>	EM2	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 20 cm (8") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")
Expansión o Hinchamiento <b>Falla 16 – Severidad Alta</b>	EM3	Retirar la carpeta asfáltica en el área afectada hasta 30 cm (1 pie) después de sus límites Escarificar y recompactar 40 cm (16") de base Imprimir la base Aplicar riego de liga en la base Aplicar y compactar carpeta asfáltica de 10 cm (4")