

DIAGNÓSTICO PAVIMENTOS POR MÉTODO PCI **AEROPUERTO ARTURO MERINO BENÍTEZ**

1 INTRODUCCIÓN

La Dirección de Aeropuertos (DAP) del Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile ha encargado, mediante Resolución DAP Exenta N° 1142 tramitada el día 03 de agosto de 2011, a Ghisolfo Ingeniería de Consulta el desarrollo del estudio de “Diagnostico Pavimentos por Método PCI Aeropuerto Arturo Merino Benítez, a efectos de poder decidir las acciones a seguir que se deriven de dichas auscultaciones. El área que cubre el contrato corresponde al área de movimiento de aeronaves, incluyendo calles de rodaje y plataformas interiores del aeropuerto y parte de la calle de rodaje Delta y excluye la plataforma comercial del edificio terminal, plataforma militar Fach, parte de la calle de rodaje Delta y plataformas interiores de carácter privado.

El presente documento forma parte de la Etapa 1 de dicho estudio y contiene la medición de los deterioros y el registro de la condición del pavimento de las Unidades de Muestra definidas.

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

El Aeropuerto Arturo Merino Benítez (SCEL) es el principal aeropuerto de Chile que sirve tanto a la ciudad de Santiago, como aeropuerto nacional, como a todo el país como aeropuerto internacional, ya que es la puerta de entrada para las líneas aéreas extranjeras que conectan Chile con el resto del mundo.

Está ubicado a 14 kilómetros al noroeste de Santiago y tiene una elevación de 474 m.s.n.m.

Es administrado por la Dirección General de Aeronáutica Civil y la operación del edificio terminal está concesionada (SCL Terminal Aéreo S.A.). Cuenta con (como se puede observar en Anexo N°6 “Planta de situación existente”) aduana, Policía Internacional, dependencias de sanidad a través del Servicio Agrícola y Ganadero, AIS¹, ATS², ARO³, MET⁴, abastecimiento de combustible y servicio de escala, todas las cuales operan 24 horas. No tiene servicio de descongelamiento.

Tiene también instalaciones de manipulación de carga, instalaciones para reabastecimiento de combustible, espacio de hangar para aeronaves visitantes, e instalaciones para reparación de aeronaves.

¹ Aeronautical Information Service (Servicio de Información Aeronáutica)

² Servicio de Tránsito Aéreo

³ Oficina de notificación de los servicios de tránsito aéreo

⁴ Meteorología

En cuanto a extinción de incendios, es un Aeródromo CAT9, tiene equipo de salvamento y para retiro de aeronaves inmovilizadas cuenta con 5 elevadores neumáticos de 25 toneladas cada uno.

Hay un hotel frente al edificio terminal y otro a unos 5 km, prácticamente en el acceso al aeropuerto, cuenta con restaurantes, servicio de transporte a la ciudad de Santiago, taxis, instalaciones y servicios médicos, oficinas bancarias, de correos y de turismo.

Actualmente el mantenimiento de los pavimentos de aeropuertos es abordado desde el punto de vista de la relación costo-beneficio. En otras palabras, se pasó del concepto de mantenimiento, caracterizado por la simple ejecución de obras de conservación y rehabilitación, al concepto de administración de pavimentos, donde se conjugan los factores que inciden en el deterioro de los pavimentos, con las acciones de conservación aplicadas a partir de determinados estándares de servicio.

Lo anterior ha significado que, con el propósito de optimizar los recursos destinados a la conservación de los pavimentos, se hayan desarrollado metodologías de inspección de deterioros y herramientas analíticas para la obtención de indicadores de estado y acciones de conservación, permitiendo elaborar planes de mantenimiento de mediano a largo plazo de manera más racional.

En el caso de los pavimentos de aeropuertos, a diferencia de los de carreteras, es posible encontrar situaciones estructurales diferentes en tramos cortos, correspondientes a distintas etapas de construcción, o ampliaciones por cambios en el flujo de aviones, o debido a la operación de nuevas aeronaves de mayores dimensiones. Además de la medición de las características físicas, estructurales y funcionales del pavimento, tales como los espesores, deflexión, regularidad superficial y fricción, tiene fundamental importancia la determinación de la condición del pavimento, a través de una evaluación visual de fallas o deterioros.

La metodología de evaluación de pavimentos de aeropuertos ha sido establecida por la norma ASTM D5340 "Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys".

La evaluación de pavimentos tiene dos componentes:

- i. Evaluación Estructural
- ii. Evaluación Visual o Superficial

1.1.1 Evaluación Estructural

Mediante la evaluación estructural es posible obtener información acerca del comportamiento del pavimento producto de las solicitaciones de carga generadas por el tránsito de aeronaves y efectos ambientales, tales como temperatura y humedad, entre otros.

1.1.2 Evaluación Superficial

Mediante la evaluación visual o superficial es posible obtener información acerca del estado del pavimento, a través de sus características superficiales, presentes en el momento de la evaluación.

Estos dos componentes se complementan mutuamente, para permitir la obtención de resultados, aplicables a la planificación de obras de mantenimiento, proyectos de mejoramiento, elección de técnicas de reparación, control de calidad de mantenimiento, y verificación de la capacidad estructural del pavimento.

En la actualidad existen equipos de alto rendimiento, además de los métodos tradicionales, para la evaluación estructural y la superficial de los pavimentos, que permiten recabar antecedentes acerca de la deflexión bajo solicitaciones de cargas, regularidad de los perfiles transversales y longitudinales (rugosidad y ahuellamiento), coeficiente de fricción, espesor y características de los materiales componentes (utilizando el Georadar). Sin embargo esta información debe ser complementada con una inspección visual de los deterioros.

Para los pavimentos de aeropuertos es necesario precisar algunas particularidades en función de la magnitud de las cargas solicitantes, y la diversidad de soluciones estructurales que se pueden dar, para las diferentes fallas que presenta el pavimento en longitudes relativamente cortas, y los usos diferenciados que tienen las áreas pavimentadas de un aeropuerto.

El método de evaluación descrito en la norma ASTM D5340 permite determinar la condición de los pavimentos de aeropuertos a través de una auscultación visual, aplicable tanto a pavimentos asfálticos como de hormigón.

2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PCI CITADO EN LA NORMA ASTM D5340

Este método tiene el propósito de determinar la condición de pavimentos de aeropuertos, a través de inspecciones visuales en superficies pavimentadas con asfalto, incluyendo mezclas abiertas de alto grado de fricción y con hormigón, simple o reforzado, con juntas, usando el Índice de Condición de Pavimentos (PCI) como método de cuantificación normalizado.

El PCI para pavimentos de aeropuertos fue desarrollado por el cuerpo de Ingenieros de la US Army con fondos provistos por la US Air Force. Posteriormente fue verificado y adoptado por la FAA y la US Naval Facilities Engineering Command.

2.1 TERMINOLOGÍA

2.1.1 Definición de Términos Específicos a esta Norma:

a) 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, pésimas o muy buenas, que no son típicas de la sección, y fallas poco comunes, como los cortes en el pavimento para instalaciones. Si se selecciona aleatoriamente una unidad de muestra con fallas inusuales, ésta debe ser contabilizada como una Muestra Adicional y por lo tanto debe elegirse otra muestra aleatoria. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas no existen Muestras Adicionales.

b) Pavimento de Concreto Asfáltico:

Mezcla de agregados con cemento asfáltico actuando como ligante. Para fines de este método, este término también se refiere a superficies construidas con asfaltos derivados del carbón y asfaltos naturales.

c) 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.

d) Índice de Condición de pavimento (PCI):

Es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento, fluctuando entre 0 y 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor.

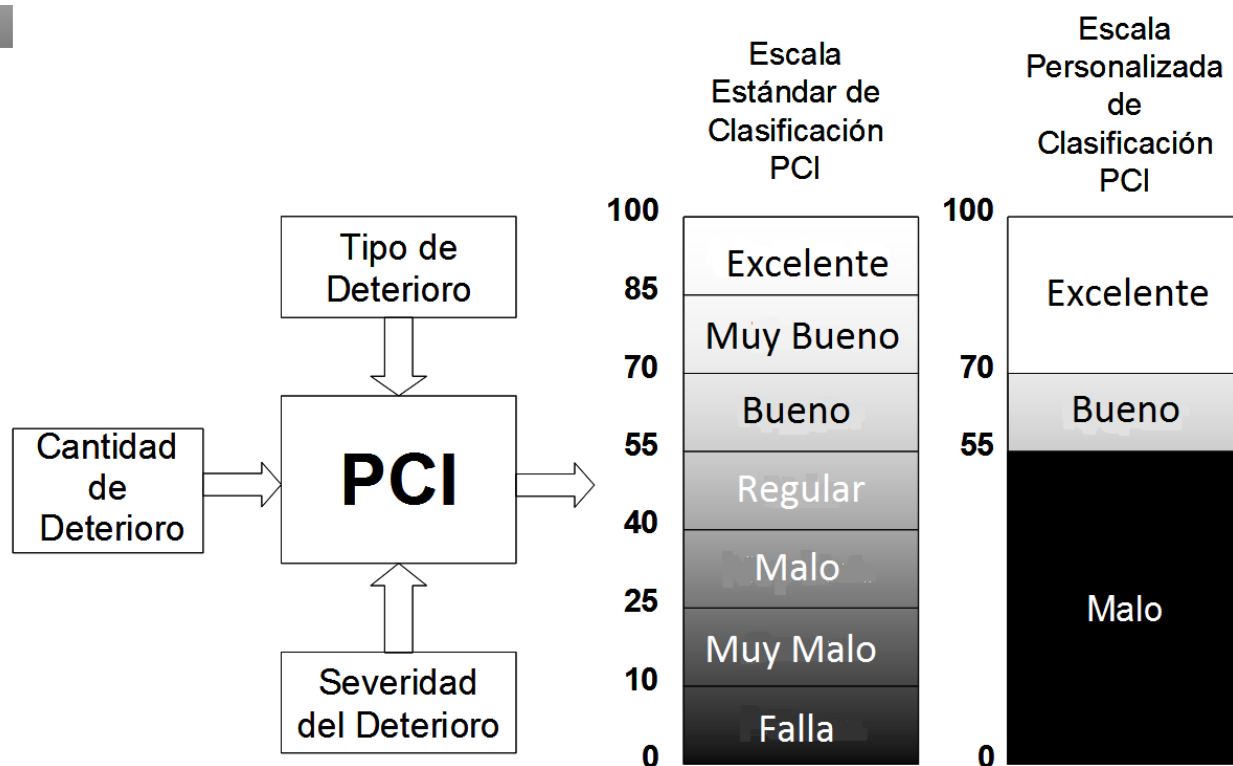
e) El parámetro PCI (Pavement Condition Index):

Es un indicador del estado estructural y funcional de un pavimento. En la Figura N° 2-1 se muestra el uso del PCI para definir los diversos estados de una estructura de pavimento.

f) Clasificación de la Condición del Pavimento:

Es una descripción verbal de la condición del pavimento en función del valor del PCI. Varía desde Excelente a Falla tal cómo se muestra en la Figura N° 2-1.

Figura N° 2-1
Escala de Clasificación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)



g) Fallas del Pavimento:

Son indicadores externos del deterioro del pavimento causado por cargas, factores climáticos, deficiencias en su construcción, o una combinación de éstos. Fallas típicas son las grietas, ahuellamiento, y peladura superficial del pavimento. Para obtener valores más precisos de PCI, deben utilizarse los tipos de falla y sus niveles de severidad para pavimentos asfálticos y de hormigón.

Las tablas siguientes muestran los tipos de fallas y sus niveles de severidad que actualmente son considerados por el método PCI:

Tabla N° 2-1
Deterioros, Fallas y Niveles de Severidad de Pavimentos Asfálticos

N°	Tipo de Falla	Nivel de severidad			Observaciones
		Bajo (B); Low (L)	Medio (M); Medium (M)	Alto (A); High (H)	
1	Agrietamiento por fatiga (piel de cocodrilo)	Longitudinales finas, poco interconectadas, sin saltadura	Interconectadas, leve saltadura	Bordes redondeados con saltadura	
2	Exudación	Debe medirse cuando su magnitud afecta la resistencia al deslizamiento			
3	Agrietamiento tipo bloque	Sin saltadura, sin sellado, ancho < 6 mm. Buen sellado ancho > 6 mm	Leve saltadura, sin sellado o mal sellado, ancho > 6 mm	Con saltadura	Bloques de 0,30 x 0,30m a 3m x 3m
4	Corrugación (ondulación)	Altura menor de 6 mm	Altura entre 6 mm y 13 mm	Altura mayor de 13 mm	Pistas y Calles de Rodaje
		Altura menor de 13 mm	Altura entre 13 mm y 25 mm	Altura mayor de 25 mm	Plataformas
5	Hundimiento (depresión)	Profundidad entre 3 y 13 mm	Profundidad entre 13 y 25 mm	Profundidad mayor de 25 mm	Pistas y Calles de Rodaje
		Profundidad entre 13 y 25 mm	Profundidad entre 25 y 50 mm	Profundidad mayor de 50 mm	Plataformas
6	Erosión por chorro de Jet	Suficiente con señalar que existe erosión por chorro de jet			Área con asfalto quemado, prof. aprox. 13 mm
7	Agrietamiento por reflexión de juntas	Grietas con poca saltadura, o sin saltaduras selladas o no selladas de ancho < 6 mm. Grietas selladas de cualquier ancho	Grietas con saltadura moderada sellada o no sellada de cualquier ancho, grietas selladas con saltadura baja a media con sello en regular estado, o no selladas de ancho > 6 mm.	Grietas con saltadura severa no selladas o selladas de cualquier ancho	
8	Agrietamiento lineal (longitudinal o transversal)	Grietas con poca saltadura, o sin saltaduras selladas o no selladas de ancho < 6 mm. Grietas selladas de cualquier ancho	Grietas con saltadura moderada sellada o no sellada de cualquier ancho, grietas selladas con saltadura baja a media con sello en regular estado, o no selladas de ancho > 6 mm.	Grietas con saltadura severa no selladas o selladas de cualquier ancho	
9	Por derrame de Combustible	Suficiente con señalar que existe derrame de combustible			
10	Bacheo	Buen estado y comportamiento satisfactorio	Algo deteriorado y afecta, en parte, a la calidad de la rodadura	Muy deteriorado y afecta, significativamente a la calidad de la rodadura. Requiere ser reemplazado	
11	Áridos pulidos	Si existe, debe considerarse en la evaluación del estado del pavimento como un deterioro			Apreciación al tacto
12	Pérdida de áridos y Peladuras (disgregación)	Bajo desprendimiento de áridos, en 1 m ² hay entre 5 y 20 áridos menos, y no	en 1 m ² hay entre 21 y 40 áridos menos, y se sueltan entre 21 y 40	en 1 m ² hay más de 41 áridos menos, y se sueltan más de 40	

N°	Tipo de Falla	Nivel de severidad			Observaciones
		Bajo (B); Low (L)	Medio (M); Medium (M)	Alto (A); High (H)	
		se sueltan más de 20			
13	Ahuellamiento	Profundidad entre 6 mm y 13 mm	Profundidad entre 13 y 25 mm	Profundidad mayor de 25 mm	Regla de 3 m
14	Desplazamiento por empuje de losas de hormigón	Bajo desplazamiento con poca incidencia en la calidad de la rodadura y sin fisuras	Significativo desplazamiento con irregularidad superficial o agrietamiento del pavimento	Gran desplazamiento con severa irregularidad superficial o agrietamiento del pavimento	
15	Agrietamiento por Deslizamiento	Suficiente con señalar que existe agrietamiento por deslizamiento			
16	Hinchamiento	Elevación menor de 19 mm	Elevación entre 19 y 38 mm	Elevación mayor de 38 mm	

Fuente: M.Y. Shahin. Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots. Second Edition. 2005

Tabla N° 2-2
Deterioros, Fallas y Niveles de Severidad de Pavimentos de Hormigón

N°	Tipo de Falla	Nivel de severidad			Observaciones
		Bajo (B); Low (L)	Medio (M); Medium (M)	Alto (A); High (H)	
1	Levantamiento (Blow Up)	Levantamiento o rompimiento no inhabilita al pavimento y afecta levemente a la calidad de la rodadura	Levantamiento o rompimiento no inhabilita al pavimento, pero afecta significativamente la calidad de la rodadura	Levantamiento o rompimiento inhabilita al pavimento	
2	Grieta de esquina (Cracking Corner)	Bajo agrietamiento, poca o ninguna saltadura	Moderado agrietamiento, saltaduras moderadas, grietas no selladas tienen un ancho entre 3 y 25 mm, grietas selladas con leve o sin saltaduras, pero sello en regular estado, trozo de esquina con grietas	Grietas selladas o no selladas con saltaduras severas, grietas no selladas tienen un ancho mayor a 25 mm, trozo de esquina con grietas severas	
3	Grietas lineales, transversales y diagonales	Grietas con poca o ninguna saltadura, sin sello con ancho menor a 3 mm, con sello de cualquier ancho, pero sello en buen estado o losa dividida hasta en tres trozos con grietas de baja severidad	Grietas selladas o no con saltaduras moderadas, grietas no selladas tienen un ancho entre 3 y 25 mm, grietas selladas con leve o sin saltaduras, pero sello en regular estado, hasta 3 trozos pero dos grietas al menos de mediana severidad	Grietas selladas o no con saltaduras severas, grietas no selladas tienen un ancho mayor a 25 mm	
4	Grietas de Durabilidad (Durability "D")	Grietas "D" angostas en una zona limitada de la losa (esquina o a lo largo)	Grietas "D" en una zona considerable de la losa con baja o nula	Grietas "D" en área considerable de la losa con desintegración	

N°	Tipo de Falla	Nivel de severidad			Observaciones
		Bajo (B); Low (L)	Medio (M); Medium (M)	Alto (A); High (H)	
	Cracking)	de una junta), baja o nula desintegración	desintegración; o grietas "D" en área limitada (esquina o a lo largo de una junta), pero con pérdida de material y desintegración		
5	Deterioro del Sello de Junta (Joint Seal Damage)	Sello en buen estado en toda la sección, con algún(os) de los deterioros de los niveles siguientes	Sello en regular estado en toda la sección, con deterioros de severidad media. Sello requiere ser reemplazado dentro de los próximos 2 años	Sello en mal estado en toda la sección, con deterioros de severidad alta. Sello requiere ser reemplazado inmediatamente	
6	Bacheo pequeño (menor a 1,5 m ²)	Bacheo funciona bien, con bajo o sin deterioro	Bacheo deteriorado, y/o bordes con saltaduras	Bacheo deteriorado con bordes saltados o grietas al interior de él	
7	Bacheo grande (mayor a 0,45 m ²)	Bacheo funciona bien, con bajo o sin deterioro	Bacheo deteriorado, y/o bordes con saltaduras	Bacheo deteriorado alta incidencia en la calidad de la rodadura. Requiere reemplazo	
8	Desprendimientos por disgregación de áridos (Popouts)	Más de 3 desprendimientos por 0,9 m ² en toda la losa			
9	Bombeo (Pumping)	Suficiente con señalar que existe bombeo			
10	Agrietamiento tipo mapeo, descascamiento (Scaling, Map Cracking and Cracking)	Solo grietas sin descascamiento	Descascamiento menor al 5 %	Descascamiento mayor al 5 %	
11	Asentamiento o Escalonamiento (Settlement or Faulting)	Desnivel < 6 mm	Desnivel entre 6 y 13 mm	Desnivel entre 13 y 25 mm	Pistas y Calles de Rodaje
		Desnivel entre 3 y 13 mm	Desnivel > 13 mm	Desnivel > 25 mm	Plataformas
12	CuarTEAMIENTO o Losa fracturada (Shattering Slab Intersecting Cracks)	Losa fracturada en 4 ó 5 trozos con grietas de baja severidad	Losa fracturada en 4 ó 5 trozos con más de 15% de grietas de media; o más de 6 trozos con más del 85% de grietas de baja severidad	Losa fracturada en 4 ó 5 trozos con algunas o todas las grietas de alta severidad; o más de 6 trozos con más del 15% de grietas de media o alta severidad	No calificar por otros deterioros Losas divididas en 4 ó más
13	Grietas de contracción (Shrinkage Cracks)	Suficiente con señalar que existen grietas de contracción			Grietas finas y cortas que no ocupan toda la losa
14	Saltadura de Juntas transversales y longitudinales (Spalling Transverse and Longitudinal Joints)	Largo saltadura > 0,6 m: menos de 3 trozos con grietas de baja a media severidad o juntas levemente dañadas Largo saltadura < 0,6 m: saltaduras con trozos pequeños	Largo saltadura > 0,6 m: más de 3 trozos con grietas de baja a media severidad; o menos de 3 trozos con más de una grieta de alta media severidad; o juntas medianamente dañadas	Largo saltadura mucho mayor a 0,6 m; mas de 3 trozos con una o más grietas de alta severidad; o juntas severamente dañadas Largo saltadura < 0,6 m: saltaduras con	

N°	Tipo de Falla	Nivel de severidad			Observaciones
		Bajo (B); Low (L)	Medio (M); Medium (M)	Alto (A); High (H)	
			Largo saltadura < 0,6 m: saltaduras con desprendimiento de trozos	desprendimiento de trozos	
15	Saltadura de grieta de esquina (Spalling Corner)	Saltadura con 1 ó 2 trozos con grietas de baja severidad; o Saltadura con 1 grieta de media severidad	Saltadura con 2 o más trozos con grietas de media severidad; o saltadura con 1 grieta de alta severidad o saltadura muy deteriorada	Saltadura con 2 o más trozos con grietas de alta severidad; o saltadura pérdida de trozos ó saltadura severamente deteriorada	

Fuente: M.Y. Shahin. Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots. Second Edition. 2005

h) Unidad de Muestra del Pavimento:

Es una subdivisión de la sección del pavimento que tiene una dimensión estandarizada. Para pavimentos de hormigón está constituida por 20 losas continuas (± 8 losas si el total de ellas en la sección no es divisible por 20, o para ajustar condiciones específicas de terreno), y para pavimentos de concreto asfáltico y superficies con capas de fricción porosas, se constituye de una superficie continua de $465 \pm 186 \text{ m}^2$, si el pavimento no es divisible por 465 m^2 o para ajustar condiciones específicas de terreno.

i) Sección de Pavimento:

Corresponde a un área dentro del pavimento con similares características en cuanto a edad y tipo de construcción, mantenimiento, historia de uso y estado. Una sección también debe tener el mismo volumen de tránsito e intensidad de carga.

j) Capa Superficial de Fricción Porosa:

Tipo de pavimento asfáltico consistente en una mezcla asfáltica de graduación abierta de características drenantes y de alto coeficiente de fricción.

k) Pavimento de Hormigón:

Denominación que recibe la mezcla de agregados, agua, cemento hidráulico y aditivos, la cual incluye a los pavimentos de hormigón simples con juntas y reforzados.

l) 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.

3 CATASTRO DE LOS DETERIOROS

3.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

3.1.1 Informes de Diagnósticos de Pavimentos según Método PCI Anteriores

Para obtener antecedentes de las unidades de muestra inspeccionadas con anterioridad y ver su condición, se concurrió al CEDOC de la DAP Nacional a revisar los antecedentes disponibles de estudios anteriores. De la visita se obtuvo el informe denominado “Diagnostico y Programa De Conservación Aeropuerto Comodoro Arturo Merino Benítez – Santiago” realizado por ARCADIS entre los años 2007 – 2009 (Anexo N°1.1). En dicho informe se recopiló información geotécnica y de PCI anteriores, los cuales abarcan inspecciones llevadas a cabo los años 2007, 2006, 2005, 2004, 2002, 2000, 1998, 1997, 1995, 1990 a diferentes sectores del área de movimiento.

Las inspecciones visuales realizadas en el informe citado anteriormente se desarrollaron entre el 1 y 25 de octubre del año 2007. Además se definen programas de conservación para los próximos 10 años.

3.1.2 Características de las Ramas, Secciones y Unidades de Muestra

Respecto a la definición de las ramas, secciones y unidades de muestra (UM), se desarrolló la siguiente metodología:

- Se analizaron las unidades de muestra de estudios PCI anteriores.
- Se revisaron los años de construcción y tipo de pavimento de las diferentes pistas y calles de rodaje consideradas, a efectos de definir las diferentes secciones a auscultar.
- Se recopiló información de las mantenciones efectuadas en el aeropuerto desde el año 2007 a la fecha.
- Se calcularon las unidades de muestra mínimas a inspeccionar, según lo determina el método más adelante, para cada sección definida.
- Una vez definida las diferentes secciones y determinadas las unidades de muestra, se preparan planos con las diferentes secciones y se concurre a terreno a verificar in-situ que la información sea correcta.
- Luego de la verificación in-situ, se preparan los planos definitivos con las diferentes secciones y ramas definidas.

3.1.3 Información Relativa a la Demanda de Aeronaves.

En Anexo N°1.3 se adjunta estudio de demanda⁵ de aeronaves recientemente realizado por este consultor para el aeropuerto.

3.1.4 Proyección del PCI Realizada en Estudios Anteriores.

La última proyección del PCI se realizó en el estudio definido en el acápite 3.1.1.

3.1.5 Conservaciones Efectuadas desde el Último Informe de PCI Realizado

Se ha recopilado información de las conservaciones realizadas desde el año 2007 a la fecha, a efectos de incorporar dicha información para definir las zonas características. Las conservaciones realizadas son las siguientes:

- **Conservación Rutinaria Aeropuerto Arturo Merino Benítez 2010-2011**, relevantemente se destaca el recapado asfáltico, previo fresado de la carpeta existente en 8 cm., de calle Zulu en un ancho aproximado de 21 metros, en un desarrollo aproximado de 2433 metros, que incluyó el recapado del Rodaje Whiskey desde la barra de parada hacia Zulu. También destaca el recapado de la Pista 17R-35L (segunda pista) en un ancho aproximado de 20 metros, entre los kilómetros 2.154 al 2.965.
- **Reparaciones finales, Convenio Besalco – DAP, Construcción Segunda Pista Aeropuerto AMB.** Se destaca aquí reparaciones finales de pavimentos de la segunda Pista de AMB (17R-35L) entre los Kilómetros 2.972,7 al 4.132, Rodaje Uniform entre los kilómetros 1.512 al 2.001, Zulu entre los kilómetros 1.718 al 1.954 y Victor entre los kilómetros 4.132 al 4.231, consistente en fresado de carpeta asfáltica existente en 8 cm., y posterior recapado de asfalto en el mismo espesor. Estas reparaciones se llevaron a cabo entre el 04 de Enero al 21 de Marzo de 2007.
- **Conservación Mayor Aeropuerto AMB Año 2008-2009**, Reposición de Losas de Hormigón de espesor 0,41m., sobre un paquete estructural conformado por 0,35 m. de pomacita y 0,25m. de sub base granular de CBR \geq a 40%. Se destaca reposición del Rodaje Hotel entre Kilo e India y Hotel entre Kilo y Alfa.
- **Conservación Mayor Aeropuerto AMB Año 2007-2008.** Los trabajos realizados en esta conservación son los siguientes:
 - Conservación franja de seguridad oriente, pista 17L-35R
 - Reposición de pavimentos en plataforma de carga

⁵ Estudio de Demanda: "Diseño Ampliación Área de Movimiento Pista 17R/35L, Aeropuerto Arturo Merino Benítez", Ghisolfo Ingeniería de Consulta, año 2011.

- Apartadero de espera umbral norte pista 17L-35R
- Reposición de losas en umbral norte pista 17L-35R

Se destaca reposición Umbral Norte Pista 17L (pista principal) y ampliación de Bahía de Espera.

- **Plano de Proyecto Conservación Mayor Aeropuerto AMB 2010-2011**, actualmente en ejecución Obra 3 “Reposición de Losas Calle de Rodaje Kilo entre Lima y Hotel”, obra involucrada en sector a efectuar Estudio de PCI.

Estas consideraciones se ven reflejadas en los planos de planta general y perfiles tipo (Anexo N°2.1)

3.1.6 Reconocimiento en Terreno de las Estructuras de Pavimento a Evaluar

Una vez definidas las nuevas zonas características y unidades de muestra, se procedió a validar en terreno la información obtenida o rectificar en los casos que se presentaron diferencias.

3.2 COORDINACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) es la encargada de otorgar las tarjetas de ingreso TICA, a efectos de que los profesionales de la empresa puedan ingresar y desplazarse por la parte aeronáutica del Aeropuerto y poder llevar a cabo la auscultación visual. Los profesionales, técnicos y vehículos fueron acreditados ante esa Dirección, siguiendo todos los procedimientos solicitados, hasta la obtención de las TICAS.

Antes del ingreso a los sectores de calles de rodaje y plataforma se asistió a charlas de Seguridad, Prevención de Riesgos, Medio Ambiente y Fiscalización impartidas por profesionales de la DGAC.

Durante el desarrollo de los trabajos de demarcación e inspección de pavimentos, se coordinaba diariamente, con profesionales de la DGAC y Torre de Control, el cierre parcial de sectores de rodaje a efectos de llevar a cabo el trabajo de manera segura e informada.

Para zonas más sensibles, como es el caso de las pistas 17L-35R y 17R-35L, se coordinaba la ventana de cierre con 2 días de anticipación, con personal de la DGAC.

3.3 TRABAJOS PRELIMINARES

3.3.1 Análisis del Último Diagnóstico PCI de las Zonas a Evaluar

Según lo describe el método, se debe realizar una revisión y análisis de los informes de PCI realizados con anterioridad en la zona de estudio. En el anexo 1.1 se ha recopilado el último informe PCI realizado en el aeropuerto Arturo Merino Benítez. Se realiza un análisis de dicha información y se tiene como antecedente a la hora de definir las zonas características y unidades de muestra del presente trabajo.

3.3.2 Definición de Zonas Características y Unidades de Muestra

En primera instancia se determinaron, según lo estipulado en los términos de referencia del estudio, las superficies de los sectores a inspeccionar, los cuales son los siguientes:

Tabla N° 3-1
Superficies a evaluar según Método PCI

Cuadro de superficies PCI:	
	m ²
Pista 17L-35R	171.450
Pista 17R-35L	173.700
Alfa	98.590
Bravo	14.702
Charlie	17.843
Delta	14.964
Eccho	3.241
Foxtrot	2.000
Juliet	2.160
Kilo	31.912
Mike	5.929
Tango	29.303
Uniform	12.937
Victor	4.815
Whiskey	10.670
Zulu	59.995
Hotel	124.497
India	
Lima	
Papa	
Romeo	
Quebec	
Plataforma Papa y Acceso	18.574
Plataforma Sierra	23.940
Plataforma DGAC y acceso	4.499
TOTAL	825.721

Fuente: Términos de Referencia del Estudio

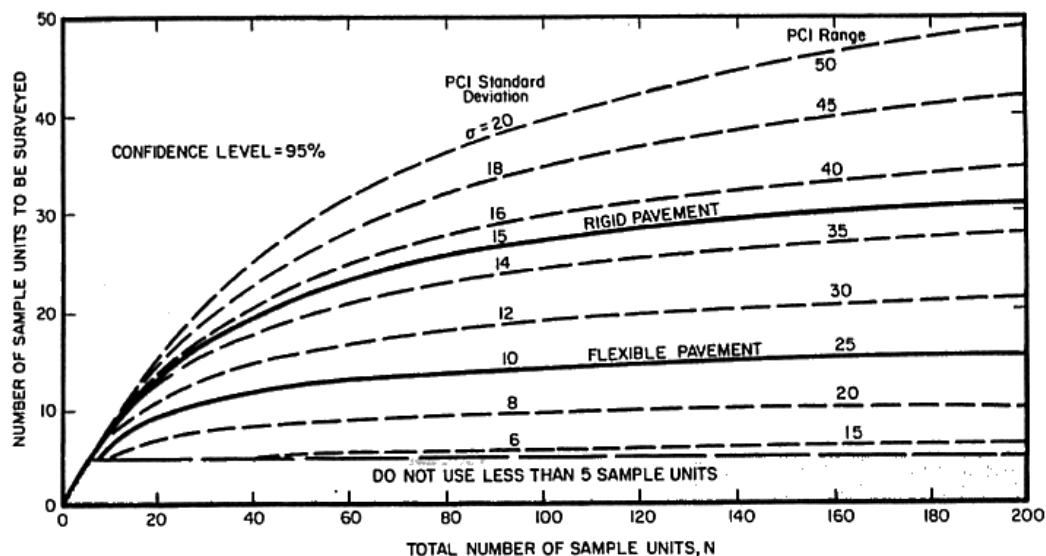
Unidades de Muestreo). Las curvas de la Figura N° 3-2 fueron construidas a partir de la Ecuación 1:

$$n = \frac{N * s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right) (N - 1) + s^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- N : número total de unidades de muestreo en la sección de pavimento
- e : error permisible en la estimación del PCI de la sección (se fijó igual a 5 para la elaboración de las curvas)
- s : desviación estándar del PCI entre las Unidades de Muestra de la sección

Figura N° 3-2
Selección del número mínimo de Unidades de Muestra (de Shahin et al 1976-84)



Fuente: Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots. Second Edition. M. Y. Shahin

Las curvas del PCI pueden usarse basadas en la desviación estándar de los datos de las UM, o rango del PCI (es decir, los PCI más bajos son restados de las unidades de muestreo de PCI más altos).

3.3.3.2 Selección de las Unidades de Muestra a Inspeccionar

Según la norma ASTM D5340, se recomienda que las UM a inspeccionar estén espacias a distancias regulares y que la primera unidad sea seleccionada en forma aleatoria. Esta técnica conocida como “aleatorio sistemático” se describe a continuación:

El intervalo de muestreo (i) se determina de la relación $i=N/n$, donde N es el número total de Unidades de Muestra disponibles y n es el mínimo de Unidades de Muestra a ser inspeccionadas. El intervalo de muestreo (i) se redondea al entero menor.

El(los) comienzo(s) aleatorio(s) es (son) seleccionado(s) aleatoriamente entre la Unidad 1 y el intervalo de muestra (i). Por ejemplo, si el intervalo i es 3 el comienzo aleatorio debiera estar entre la unidad 1 y la 3.

Las Unidades de muestra a ser inspeccionadas se definen como s, s+i, s+2i, etc. Si el comienzo seleccionado es 3, y el intervalo de muestra es 3 las UM a ser inspeccionadas son 6, 9, 12, etc.

En algunos casos se omitió esta regla estudiándose el 100% de las UM por Zona Característica, para poder realizar una comparación con los resultados de PCI anteriores del sector.

Las zonas características y unidades de muestras definidas en el presente estudio se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 3-2
Unidades de Muestra a estudiar y UM mínimas

Sector	Sub Sector	Zona Característica		Unidades de Muestra		CALCULO UM MÍNIMAS			
		Designación	Área	Total	A estudiar	TIPO PAV	DESV ESTÁNDAR (S)	UM MÍNIMAS	
ORIENTE	Pista 17L-35R (1)			418	247				
		US-35	18.954	30	14	A	10	11	
		P1-US2	12.150	27	16	H	15	16	
		P1-US1	3.240	5	5	H	15	5	
		P1-1	4.440	10	7	A	10	7	
		P1-2	23.850	53	27	A	10	13	
		P1-3	31.740	71	35	A	10	14	
		P1-4	19.710	44	22	A	10	12	
		P1-5	4.380	10	7	A	10	7	
		P1-6	2.220	4	4	A	10	4	
		P1-7	11.925	26	14	A	10	11	
		P1-8	15.870	36	18	A	10	12	
		P1-9	9.855	22	12	A	10	10	
		P1-10	2.190	4	4	A	10	4	
		P1-UN1	15.030	27	16	H	15	16	
		P1-UN2	5.167	5	5	H	15	5	
		P1-UN2'	2.567	10	10	H	15	8	
		P1-UN3	5.430	6	6	H	15	6	
		P1-UN3a	4.894	8	8	H	15	7	
		P1-UN3b	971	2	2	H	15	2	
		P1-UN4	10.080	18	13	H	15	13	
		Alfa			125	49			
			RA-0	73.063	125	49	H	15	29
		RA-1	29.238	66	14	A	10	14	
	Bravo			21	21				

Sector	Sub Sector	Zona Característica		Unidades de Muestra		CALCULO UM MÍNIMAS			
		Designación	Área	Total	A estudiar	TIPO PAV	DESV ESTÁNDAR (S)	UM MÍNIMAS	
		DB-1	3.855	6	6	H	15	6	
		DB-2	10.988	15	15	H	15	11	
	Charlie			27	24				
		DC-1	9.963	13	11	H	15	10	
		DC-4	4.940	9	8	H	15	8	
		DC-4a	2.175	5	5	H	15	5	
	Delta			27	27				
		DD-1	4.128	6	6	H	15	6	
		DD-2	1.395	3	3	H	15	3	
		DD-3	5.010	6	6	H	15	6	
		DD-5	3.756	7	7	H	15	6	
		DD-4	4.669	5	5	A	10	4	
	Eccho			3	3				
		DE-1	2.677	2	2	H	15	2	
		DE-2	564	1	1	H	15	1	
	Foxtrot			3	3				
		DF-1	1.416	2	2	H	15	2	
		DF-2	564	1	1	H	15	1	
	Juliet			2	2				
		DJ-1	1.053	1	1	H	15	1	
		DJ-2	1.052	1	1	H	15	1	
	Kilo			47	39				
		RK-1	17.160	18	15	H	15	13	
		RK-1'	1.068	4	4	H	15	4	
	RK-2	9.593	17	12	H	15	12		
	RK-L	1.969	8	8	H	15	7		
CENTRO									
	Hotel			54	43				
		RH-1	1.238	4	4	H	15	4	
		RH-1'	3.609	20	14	H	15	14	
		RH-2	1.486	4	4	H	15	4	
		RH-3	14.077	17	12	H	15	12	
		RH-4	3.518	6	6	H	15	6	
		RH-4a	1.620	3	3	H	15	3	
India				25	19				
		RI-2	2.329	5	5	H	15	5	
		RI-3	9.000	20	14	H	15	14	
Lima				53	44				
		RL-1	11.940	23	17	H	15	15	
		RL-1a	8.747	6	6	H	15	6	
		RL-2	3.468	11	9	H	15	9	
		RL-3	4.193	13	12	H	15	10	
Mike*				12	11				
		DM-1	6.088	12	11	H	15	10	
Tango*				55	24				
		RT-1	4.982	7	6	A	10	6	
		RT-2	19.138	41	12	A	10	12	
		RT-3	5.176	7	6	A	10	6	
Plataforma Papa y Acceso*				27	20				
		PL-PAPA	13.800	15	11	H	15	11	
		PA-HPAPA	2.914	3	3	H	15	3	
		PA-APAPA	3.692	9	6	A	10	6	
Plataforma Sierra*				27	20				
		PL-LAN	24.840	27	20	H	15	16	
Plataforma DGAC y acceso*				9	9				
		PLH-DGAC	2.450	4	4	H	15	4	
		PLA-DGAC	1.790	4	4	A	10	4	
		AH-DGAC	583	1	1	H	15	1	
PONIENTE									
	Pista 17R-35L (2)			393	222				
		P2-US	16.780	37	22	A	10	12	
		P2-1	23.083	51	26	A	10	13	
		P2-2	7.560	16	16	A	10	9	
		P2-3	3.150	7	6	A	10	6	
		P2-3'	18.900	42	21	A	10	12	
		P2-3"	20.305	45	22	A	10	12	

Sector	Sub Sector	Zona Característica		Unidades de Muestra		CALCULO UM MÍNIMAS		
		Designación	Área	Total	A estudiar	TIPO PAV	DESV ESTÁNDAR (S)	UM MÍNIMAS
		P2-4	3.150	7	7	A	10	6
		P2-1e	23.082	50	25	A	10	13
		P2-2e	15.120	32	20	A	10	11
		P2-3e	42.210	92	25	A	10	14
		P2-4e	6.300	14	14	A	10	8
	Uniform			24	11			
		DU-1	12.937	24	11	A	10	10
	Victor			10	10			
		DV-1	4.815	10	10	A	10	7
	Whiskey			19	15			
		DW-1	5.055	11	7	A	10	7
		DW-1'	3.446	8	8	A	10	6
	Zulu			130	65			
		RZ-1	51.980	113	56	A	10	15
		RZ-1'	7.708	17	9	A	10	9
	Papa			17	12			
		RP-1	11.277	17	12	H	15	12
	Romeo			9	8			
		RR-1	7.010	9	8	H	15	8
	Quebec			19	17			
		RQ-1	5.027	10	9	H	15	8
		RQ-2	4.625	9	8	H	15	8

Fuente: Elaboración Propia

El área total que se muestra en la Tabla N° 3-2 considera el total de UM, inspeccionadas y no inspeccionadas, pero no considera el área total de la zona característica.

El plano con las zonas características y unidades de muestra a inspeccionar se muestran en el Anexo N°2 del presente informe.

3.4 CATASTRO DE TERRENO

3.4.1 Demarcación de Unidades de Muestra

Una vez definido lo anterior, se procedió a la demarcación de las unidades de muestra de las distintas zonas características. En lugares donde se observó la existencia de marcas anteriores se remarcaron o bien se conservaron si su estado visual era óptimo. La marca realizada en pavimentos de asfalto y hormigón se hizo con pintura de pavimento blanca, dibujando el numero en aquellas que debían ser inspeccionadas y dejando en blanco las que no.

Figura N° 3-3
Labores de Demarcación de Unidades de Muestra



Fuente: Elaboración Propia

3.4.2 Levantamiento de Deterioros Superficiales Según Método PCI

Para desarrollar esta actividad se dividió el trabajo en grupos de 1 a 4 persona por Zona Característica, dependiendo de la cantidad de UM que se debían inspeccionar. Durante el tiempo de duración de los trabajos y rodaje por las pistas y calles del aeropuerto se solicitó autorización a la Torre de Control del Aeropuerto.

Los deterioros observados se registraron en fichas de inspección de pavimentos previamente diseñadas, acorde a lo estipulado en la Norma ASTM D5340. Cabe mencionar que previo a ir a terreno, se impartió un curso a todo el equipo profesional y auxiliar requerido para el desarrollo del trabajo, con los conceptos comprendidos en el método PCI, el que se ejercitó en áreas de prueba a efectos de uniformar criterios en la calificación de los deterioros de cada unidad de muestra.

Como medio de apoyo y verificación de la labor de auscultación realizada en terreno por personal de la Consultora, en algunas zonas características se ha empleado el sistema “Pave Inspect”, que incorpora tecnología de punta para el registro de imágenes del estado de la superficie de los pavimentos y su posterior inspección visual en gabinete. Este sistema registra la presencia de deterioros y captura cualquier aspecto que sea relevante, con el fin de servir de base para la definición del estado actual de los pavimentos. Las imágenes son procesadas y la inspección visual se realiza en gabinete por profesionales especializados, quedando el registro fotográfico de respaldo para ser consultado en cualquier momento. Además se debe destacar que el sistema está acondicionado de tal manera que la captura de imágenes se puede realizar tanto en horas diurnas como en horas nocturnas. Los sectores en que se ha complementado la auscultación con este sistema son las pistas principales (17L-35R, 17R-35L) y las calles de rodaje Zulú y Tango.

Figura N° 3-4
Auscultación Complementaria Mediante Sistema Pave Inspect, Calle de Rodaje Tango.



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3-5
Medición de Ahuellamiento, Pista 17R/35L



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3-6
Medición de Ahuellamiento, Calle de Rodaje Tango.



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3-7
Catastro Deterioros, Plataforma Sierra.



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3-8
Equipo de Inspección N° 1, Pista 17R/35L.



Fuente: Elaboración Propia

3.4.2.2 Inspección de Deterioros de Pavimento de Hormigón

La inspección se realiza registrando los deterioros que se encuentran en cada losa dentro de la ficha de inspección de condición para pavimentos rígidos que se muestra en la en la Tabla N° 3-4

El método PCI incluye las definiciones y procedimientos de medición de deterioros para pavimentos rígidos de aeropuertos y carreteras. Se debe tener una ficha de inspección por cada Unidad de Muestra.

Algunos de los deterioros que considera el método PCI para pavimentos de hormigón son: grietas de esquina, longitudinales, transversales y diagonales; daño en el sello de las juntas, bacheo, bombeo, escalonamiento y saltadura de juntas y grietas, entre otro

Tabla N° 3-4
Ficha de Inspección de Deterioros – Pavimentos de Hormigón

FICHA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO DE HORMIGÓN DE AEROPUERTO PARA UNA UNIDAD DE MUESTRA									
RAMA: _____		SECCIÓN: _____			U DE MUEST: _____				
INSP. POR: _____		FECHA: _____			Á DE MUEST: _____				
TIPOS DE DETERIOROS					ESQUEMA				
1 Levantamiento					9 Bombeo				
2 Grieta de Esquina					10 Descascaramiento				
3 Grietas Long./Transv./Diag.					11 Escalonamiento				
4 Grietas tipo "D"					12 Fragmentación				
5 Daño del sello de junta					13 Grieta de retracción				
6 Baches pequeños					14 Saltadura de junta				
7 Baches grandes					15 Saltadura de esquina				
8 Popouts									
TIPO DETER	SEVERIDAD	N° LOSAS	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					10
									9
									8
									7
									6
									5
									4
									3
									2
									1
					1	2	3	4	

Fuente: Elaboración Propia

Para el apoyo a la inspección de los deterioros en las unidades de muestra se utilizaron odómetros, huinchas, reglas de 3,6 m, reglas de 15 cm, pintura y brochas.

El respaldo de los formularios llenados en terreno se muestran en el Anexo N° 3.

3.4.2.3 Procesamiento de la Información en Gabinete

Una vez terminado el proceso de inspección en terreno, se ordenó y clasificó la información en planillas Excel, donde se completó con el resumen de los deterioros encontrados por zona característica y unidad de muestra. Dicho registro se muestra en el Anexo N° 4.

4 **BIBLIOGRAFÍA**

- “Diagnóstico y Programa de Conservación Aeropuerto Comodoro Arturo Merino Benítez – Santiago”, Arcadis, 2009.
- “Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys”, ASTM 5340, March 2005.
- “Conservaciones Rutinarias y Mayores realizadas en el Aeropuerto desde año 2007 a la fecha”, informado por Dirección Regional de Aeropuertos.
- “Diseño Ampliación Área de Movimiento Pista 17R/35L, Aeropuerto Arturo Merino Benítez”, Ghisolfo Ingeniería de Consulta, año 2011.

Indice

1	INTRODUCCIÓN.....	1-1
1.1	Antecedentes Generales.....	1-1
1.1.1	Evaluación Estructural	1-2
1.1.2	Evaluación Superficial.....	1-3
2	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PCI CITADO EN LA NORMA ASTM D5340.....	2-4
2.1	Terminología.....	2-4
2.1.1	Definición de Términos Específicos a esta Norma:	2-4
3	CATASTRO DE LOS DETERIOROS	3-10
3.1	Recopilación de Información.....	3-10
3.1.1	Informes de Diagnósticos de Pavimentos según Método PCI Anteriores	3-10
3.1.2	Características de las Ramas, Secciones y Unidades de Muestra	3-10
3.1.3	Información Relativa a la Demanda de Aeronaves.....	3-11
3.1.4	Proyección del PCI Realizada en Estudios Anteriores.	3-11
3.1.5	Conservaciones Efectuadas desde el Último Informe de PCI Realizado	3-11
3.1.6	Reconocimiento en Terreno de las Estructuras de Pavimento a Evaluar.....	3-12
3.2	Coordinación para la Planificación del Trabajo	3-12
3.3	Trabajos Preliminares	3-13
3.3.1	Análisis del Último Diagnóstico PCI de las Zonas a Evaluar	3-13
3.3.2	Definición de Zonas Características y Unidades de Muestra.....	3-13
3.3.3	Unidades de Muestra.....	3-14
3.4	Catastro de Terreno	3-19
3.4.1	Demarcación de Unidades de Muestra	3-19
3.4.2	Levantamiento de Deterioros Superficiales Según Método PCI	3-19
4	BIBLIOGRAFÍA.....	4-26

Anexos

Anexo N° 1:	Recopilación de Antecedentes (Magnético).
Anexo N° 2:	Plano con Unidades de Muestras.
Anexo N° 2.1:	Planta General y perfil tipo.
Anexo N° 2.2:	Zonas Características y Unidades de Muestra.
Anexo N° 3:	Registro Planillas de Terreno (Magnético).
Anexo N° 4:	Resumen Deterioros por Unidades de Muestra
Anexo N° 5:	Norma ASTM 5340 (Magnético).
Anexo N° 6:	Planta Infraestructura Existente en AMB.
Anexo N° 7:	Registro Grafico Sistema PAVE INSPECT (Magnético).