 <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	1 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Propósito: METODO ESTANDARIZADO PARA REPORTE DE RESISTENCIA DE PAVIMENTOS DE AERODROMOS- PCN

CA# AHAC-AGA-09-Rev.1 Fecha: 21/01/2016

1. PROPÓSITO DE ESTA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO.

Esta Circular de Asesoramiento (CA) provee una guía para el uso del método estandarizado de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para reportar la resistencia de los pavimentos de aeropuertos. El método estandarizado es conocido como el Número de Clasificación de Aeronave – Número de Clasificación de Pavimento (ACN-PCN).

2. QUE CANCELA ESTA CA.

Por ser la primera versión de la metodología, esta circular no cancela ningún documento anterior.

3. A QUIEN AFECTA ESTA CA.


Este documento afecta las responsabilidades de los operadores de aeródromos en el Estados miembros de COCESNA.

4. MATERIAL DE LECTURA RELACIONADO. Las publicaciones enlistadas en el Apéndice 4 proveen más información acerca del desarrollo y uso del método ACN-PCN.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	i de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

INDICE

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.0 ANTECEDENTES.....	1
1.1 DESARROLLO DE UN MÉTODO ESTANDARIZADO	1
a. Definición de ACN.....	1
b. Definición de PCN.....	1
c. Metodología del Sistema.....	1
1.2 APLICACIÓN.....	1
1.3 LIMITACIONES DEL SISTEMA ACN-PCN.....	1
CAPITULO 2. DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE CLASIFICACIÓN DE AERONAVE.....	3
2.0 DETERMINACIÓN DEL ACN.....	3
2.1 CATEGORÍA DE SUBRASANTE.....	3
Tabla 2-1 Condiciones Estándar de Soporte de Subrasante para Cálculo del ACN en Pavimentos Rígidos	3
Tabla 2-2 Condiciones Estándar de Soporte de Subrasante para Cálculo del ACN en Pavimentos Flexibles	3
2.2 FRECUENCIA OPERACIONAL.....	3
2.3 ACN PARA PAVIMENTOS RIGIDOS.....	4
2.4 ACN PQRQ PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	4
2.5 CALCULO DEL ACN.....	4
2.6 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LOS VALORES ACN.....	4
CAPITULO 3 DETERMINACIÓN DEL ACN UTILIZANDO EL COMFAA	5
3.0 ANUNCIO DE LA APLICACIÓN COMFAA	5
3.1 ORIGEN DEL LA APLICACIÓN COMFAA.....	5
3.2 LA APLICACIÓN COMFAA.....	5
3.3 BIBLIOTECA INTERNA DE AERONAVES	6
3.4 BIBLIOTECA EXTERNA DE AERONAVES.....	6
3.5 UTILIZANDO LA APLICACIÓN COMFAA	6
Figura 3-1. Operación del programa COMFAA en Modo ACN.....	7
Figura 3-2 Operación del programa COMFAA en Modo de Espesor de Pavimento.....	8
CAPITULO 4 DETERMINACIÓN DEL VALOR NUMÉRICO DEL PCN.....	9
4.0 CONCEPTO DEL PCN.....	9
4.1 DETERMINACIÓN DEL VALOR NUMÉRICO DEL PCN.....	9
4.2 UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE LA AERONAVE PARA DETERMINAR EL PCN.....	9
a. Supuestos para el uso del Método de Aeroplano	9
b. Imprecisiones en el uso de Método del Aeroplano	9
4.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN TÉCNICA PARA DETERMINAR EL VALOR PCN.....	10
a. Determinación de valor PCN.....	10
b. Concepto del Tráfico Equivalente.....	10
c. Conteo de Operaciones de Aeronaves.....	10
4.4 LIMITACIONES DEL PCN.....	11
4.5 EL REPORTE DEL PCN	11
a. Valor numérico del PCN.....	11
b. Tipo de Pavimento	11
Tabla 4-1 Códigos de Pavimento para reporte del PCN	11
i) Pavimentos Flexibles.....	11
ii) Pavimentos Rígidos	12

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	ii de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

iii) Pavimentos Compuestos	12
c. Categoría de Resistencia de la Subrasante.....	12
d. Presión de Llantas Permisible.....	12
Tabla 4-2 Códigos de Presión de Llantas para reporte de PCN	12
i) Presión de Inflado en Pavimentos Rígidos	12
ii) Presión de Inflado en Pavimentos Flexibles	12
e. Método Utilizado para determinar el PCN	13
f. Ejemplo de Reporte de PCN	13
e. Reporte de valores de PCN a la FAA	13
APÉNDICE 1. TRAFICO EQUIVALENTE	1
1.0 TRAFICO EQUIVALENTE.....	1
1.1 TERMINOLOGÍA PARA TRAFICO EQUIVALENTE	1
a. Llegada (Aterrizaje) y Salidas (Despegues)	1
b. Pasada	2
Figura A1-1 Patrones de Distribución de la Carga de Tráfico.....	2
c. Interacción (<i>Coverage</i>).....	3
d. Operación.....	4
e. Ciclo de Tráfico y Relación de Ciclos de Tráfico	4
Tabla A1-1 Relación TC/C para Pavimentos Flexibles-Sin Carga de Combustible Adicional.....	5
Tabla A1-2 Relación TC/C para Pavimentos Flexibles-Con Carga de Combustible Adicional.....	5
Tabla A1-3 Relación TC/C para Pavimentos Rígidos-Sin Carga de Combustible Adicional.....	6
Tabla A1-4 Relación TC/C para Pavimentos Rígidos-Con Carga de Combustible Adicional.....	6
1.2 TRAFICO EQUIVALENTE BASADO EN EL TIPO DE TREN DE ATERRIZAJE.....	7
Tabla A1-5. Factores de Conversión para Pasar de un tipo de Tren de Aterrizaje a otro	7
Tabla A1-6. Equivalencia de Conversión a Tren de Aterrizaje de Doble Tándem (2D).....	8
Tabla A1-7. Equivalencia de Conversión a Tren de Aterrizaje Tipo Dual (D).....	8
1.3 TRAFICO EQUIVALENTE BASADO EN LA MAGNITUD DE LA CARGA	9
Tabla A1-8 Ciclos de Tráfico Equivalente basados en la magnitud de la carga.....	10
APÉNDICE 2. EJEMPLOS DE DETERMINACIÓN DEL PCN.....	1
1.0 UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE AERONAVE.....	1
1.1 EJEMPLO DEL USO DEL MÉTODO DE LA AERONAVE PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.....	2
Tabla A2-1 Uso de Aeronave y Tráfico para Pavimentos Flexibles	2
1.2 EJEMPLO DEL USO DEL MÉTODO DE LA AERONAVE PARA PAVIMENTO RÍGIDO.....	2
Tabla A2-2 Tabla A2-1 Uso de Aeronave y Tráfico para Pavimentos Rígidos.....	3
2.0 EL MÉTODO DE EVALUACIÓN TÉCNICA.....	4
2.1 EVALUACIÓN TÉCNICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES	4
2.2 EJEMPLOS DE EVALUACIÓN TÉCNICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	7
a. Ejemplo 1. Pavimento Flexible	7
Figura A2-1 Corte Transversal Ejemplo de Pavimento Flexible	7
Tabla A2-3 Determinación de la Aeronave Crítica. Evaluación Técnica.....	8
Tabla A2-4 Salidas Anuales Equivalentes de la Aeronave Crítica	9
b. Ejemplo 2. Pavimento Flexible.....	10
c. Ejemplo 3. Pavimento Flexible.....	10
d. Ejemplo 4. Pavimento Flexible.....	11
2.3 EVALUACIÓN TÉCNICA DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	11
2.4 EJEMPLOS DE EVALUACIÓN TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	13
a. Ejemplo 1. Pavimento Rígido.....	13



 <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	iii de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Figura A2-2 Corte Transversal Pavimento Rígido.....	14
Tabla A2-5 Evaluación Técnica de Tráfico. Pavimento Rígido	14
Tabla A2-6. Determinación de la Aeronave Crítica. Evaluación Técnica.....	15
Tabla A2-7 Salidas Anuales Equivalentes de la Aeronave Crítica	15
b. Ejemplo 2. Pavimento Rígido.....	16
C. Ejemplo 3. Pavimento Rígido.....	17

APÉNDICE 3. EVALUACIÓN DE LA SOBRECARGA DE PAVIMENTOS POR EL SISTEMA ACN-PCN.....	1
1.0 GUÍA PARA EVALUACIÓN DE SOBRECARGA EN PAVIMENTOS DE LA OACI.....	1
1.1 GUÍA DE SOBRECARGA	1
1.2 AJUSTES PARA SOBRECARGAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	2
a. Caso 1. Sobrecarga en Pavimento Flexible.....	3
b. Caso 2. Sobrecarga en Pavimento Flexible	3
Figura A3-1. B747-400. Pavimento Flexible. ACN Versus Peso Bruto	4
Figura A3-2 B747-400. Vida Útil de Pavimento Flexible Versus ACN	4
Tabla A3-1. Datos para la Construcción de Curvas de Vida de Pavimento Flexible para B747-44	5
Figura A3-3. B747-400, Vida Útil de Pavimento Flexible	6
c. Caso 3. Sobrecarga en Pavimento Flexible	7
Tabla A3-2. Sobrecarga con Aeronave Adicionada en Pavimento Flexible.....	7
Tabla A3-3. Tráfico Equivalente, Nueva Aeronave, Pavimento Flexible.....	8
1.3 AJUSTES PARA SOBRECARGAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	8
a. Caso 1. Sobrecarga en Pavimento Rígido.....	8
Figura A3-4. B747-400. Pavimento Rígido. ACN Versus Peso Bruto	9
Figura A3-5 B747-400. Vida Útil de Pavimento Rígido Versus ACN	10
Tabla A3-4. Datos para la Construcción de Curvas de Vida de Pavimento Flexible para B747-44	10
Figura A3-6. B747-400, Vida Útil de Pavimento Rígido	12
b. Caso 2. Sobrecarga en Pavimento Rígido.....	13
Tabla A3-5. Ejemplo de Sobrecarga en Pavimento Rígido con Nueva Aeronave.....	13
Tabla A3-6. Salidas Equivalentes Anuales de Aeronave Crítica	14
APÉNDICE 4. MATERIAL DE LECTURA RELACIONADO.....	1

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	1 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.0 ANTECEDENTES. Honduras es miembro de la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) y está obligado por los acuerdos del tratado a cumplir con los requerimientos de la OACI en la mejor forma posible con el Anexo 14 y la Convención Internacional de Aviación Civil-Aeródromos que requiere que cada país miembro publique información sobre la resistencia de los pavimentos de cada aeropuerto público en su propia Publicación de Información Aeronáutica (AIP).

2.0 1.1 DESARROLLO DE UN MÉTODO ESTANDARIZADO. En 1977 la OACI creó un grupo de estudio para desarrollar un método internacional único para reportar la capacidad soportante de los pavimentos. El grupo de trabajo desarrolló y la OACI lo adoptó el método Aircraft Classification Number – Pavement Classification Number (ACN-PCN). Mediante este método es posible expresar el efecto de una aeronave individual en los diferentes pavimentos mediante un único número que varía de acuerdo con el peso del aeroplano y su configuración (sea presión de llantas, geometría del tren de aterrizaje, tipos de pavimentos y capacidad de la subrasante). Este número se denomina Aircraft Classification Number (ACN) (Número de Clasificación de Aeronave). Por otra parte la capacidad para soportar carga del pavimento puede ser expresada como un único número, sin necesidad que indicar una aeronave particular o información detallada de la estructura del pavimento. Este número es el Pavement Classification Number (PCN) [Número de Clasificación del Pavimento].


a. Definición de ACN. El ACN se define como un número que expresa el efecto relativo de una aeronave de un peso dado, sobre una estructura de pavimento para una resistencia de Subrasante específica.

b. Definición de PCN. El PCN es un número que expresa la capacidad de soportar carga de un pavimento para operaciones sin restricciones.

c. Metodología del Sistema. El método ACN-PCN está concebido de manera tal que un pavimento con un valor de PCN particular pueda soportar sin restricciones de peso, una aeronave que posea un valor de ACN igual o menor que el valor PCN del pavimento. Esto es posible hacerlo debido a que tanto el ACN como el PCN se calculan con base en los mismos fundamentos técnicos.

1.2 APLICACIÓN. La utilización del método estandarizado de reporte de resistencia de pavimentos aplica solamente cuando estos poseen resistencias mayores a 12,500 lbs (5,700 kg). La metodología para reportar capacidades de pavimentos menores a 12,500 lbs (5,700 kg) permanece invariable.

1.3 LIMITACIONES DEL SISTEMA ACN-PCN. El sistema ACN-PCN solo se concibe como un método para reportar la resistencia relativa de los pavimentos de manera que los operadores de aeropuertos puedan evaluar la operación aceptable de los aeropuertos. No debe entenderse como un procedimiento de diseño o evaluación de pavimentos. Tampoco restringe la metodología utilizada para diseñar o evaluar una estructura de pavimento.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	2 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

CAPITULO 2. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CLASIFICACIÓN DE AERONAVE.

2.0 DETERMINACIÓN DEL ACN. Los fabricantes de aeronaves proveen el valor oficial del ACN para cada modelo de aeroplano. El cálculo del valor ACN requiere de información detallada de las características operacionales de la aeronave tales como el centro de gravedad aft máximo, el peso máximo en rampa, distancia entre ruedas, presión de llantas y otros factores.

2.1 CATEGORÍA DE SUBRASANTE. El método utiliza cuatro niveles estándar de resistencia de la subrasante para pavimentos rígidos y cuatro niveles de resistencia de subrasante para pavimentos flexibles. Estas condiciones de resistencia estándar se utilizan para representar un rango de condiciones de la subrasante como se muestra en las Tablas 2-1 y 2-2.


Tabla 2.1. Condiciones estándar de soporte de la subrasante para el cálculo de pavimentos rígidos ACN

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

Tabla 2.2. Condiciones estándar de soporte de la subrasante para el cálculo de pavimentos flexibles ACN

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

2.2 FRECUENCIA OPERACIONAL. La frecuencia operacional se define en términos de la interacción (*Coverage*) la cual representa la aplicación de la carga máxima sobre un punto del pavimento. La palabra "interacción" no debe confundirse con otros términos comunes utilizados en referencia al movimiento de aeronaves. Cuando un avión se mueve a lo largo de una sección del pavimento, a menudo lo hace con un patrón perfectamente recto a la largo de la misma ruta que lo hizo anteriormente. Este "taxeo" se asume que puede ser modelado como una distribución normal estadística. Cuando una aeronave se mueve por una calle de rodaje o pista, puede pasar repetidamente por un punto específico que recibe la aplicación de la carga máxima. Es fácil observar el número de pasadas que una aeronave puede hacer sobre un pavimento, pero el número de "interacciones" debe ser obtenido matemáticamente con base en la relación pasada-interacción para cada aeronave.

 <p>GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	3 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

2.3 ACN PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS. Los requerimientos de flotación del tren de aterrizaje para pavimentos rígidos fueron determinados por las solución Westergaard para una placa elástica con carga, en una fundación tipo Winkler (caso de carga interna), asumiendo esfuerzos de trabajo en el concreto de 399 psi (2,75 MPa), (28,1 Kg/cm²).

2.4 ACN PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES. Los requerimientos de flotación del tren de aterrizaje para pavimentos flexibles se determinan por el método del California Bearing Ratio (CBR) para cada categoría de resistencia de subrasante. El CBR utiliza la solución de Boussinesque para esfuerzos y desplazamientos en un medio homogéneo e isotrópico. Para estandarizar el cálculo del ACN y eliminar la frecuencia operacional de la escala de calificación relativa, el método ACN-PCN especifica que los valores ACN se determinan a una frecuencia de 10,000 interacciones.

2.5 CALCULO DEL ACN. Se calcula la carga para una rueda única basada en una derivación matemática que define la interacción en aterrizaje de tren/pavimento, utilizando los parámetros definidos para cada sección del mismo. La carga para rueda única implica esfuerzos iguales en la estructura de pavimento y elimina la necesidad de especificar un espesor de pavimento para efectos comparativos. Esto se logra igualando el espesor derivado para un tren de aterrizaje dado con el espesor derivado de la carga de rueda única a una presión de inflado estándar de 181 psi (1,25 Mpa) (12,74 Kg/cm²). Se define el valor ACN como el doble de la carga para rueda única derivada (expresado en toneladas métricas).

2.6 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DETERMINACIÓN DE LOS VALORES ACN. La OACI ha adoptado condiciones de operación estándar para determinar los valores ACN debido a que las aeronaves pueden operarse con varios pesos y centros de gravedad. Se debe determinar el ACN a distintos pesos y ubicación de centros de gravedad hasta producir el máximo valor de ACN. Se asumen las presiones de llanta recomendadas por los fabricantes para las condiciones establecidas. Los fabricantes de aeronaves publican la información de los pesos máximos y centros de gravedad en sus manuales *Airplane Characteristics for Airport Planning (ACAP)* (Características de Aeronaves para Planeamiento de Aeropuertos).

CAPITULO 3. OBTENCIÓN DE LOS VALORES DEL ACN UTILIZANDO LA APLICACIÓN COMFAA

3.0 EL ANUNCIO DE LA APLICACIÓN COMFAA. La FAA desarrolló una aplicación que calcula los valores de ACN utilizando los procedimientos y condiciones especificados por OACI con la finalidad de facilitar el uso del sistema ACN-PCN. Esta aplicación se denomina COMFAA y puede ser descargada junto con su código fuente y documentación de soporte del sitio de Internet de la FAA en el sitio: <http://www.airporttech.tc.faa.gov/naptf/download/index1.asp>.


Este es una aplicación útil para determinar un valor de ACN bajo distintas condiciones, no obstante, el usuario debe recordar que los valores oficiales de ACN los provee el fabricante de las aeronaves.

3.1 ORIGEN DE LA APLICACIÓN COMFAA. En el Apéndice 2 del Manual de Diseño de Aeródromos de la OACI, Parte 3, Pavimentos, hay procedimientos para determinar el ACN. Este apéndice provee además códigos de programa en FORTRAN capaces de calcular los valores ACN de diversas aeronaves para pavimentos rígidos y flexibles. El listado de programas en el Apéndice 2 del manual de OACI fueron escaneados ópticamente y el código en FORTRAN fue trasladado a Visual Basic 6.0 para ser incorporado dentro del COMFAA.

3.2 LA APLICACIÓN COMFAA. La aplicación COMFAA es un programa de uso general que opera en dos modos computacionales: Modo de Cómputo de ACN y Modo de Espesor de Pavimento.

a. Modo de Cómputo de ACN:

- Calcula el valor ACN para aeronaves sobre pavimentos flexibles
- Calcula el valor ACN para aeronaves sobre pavimentos rígidos.
- Calcula el espesor de pavimentos flexibles basado en el procedimiento de OACI (método CBR) para valores de CBK por defecto (15, 10,6 y 3).

 <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	4 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

- Calcula el espesor de la losa de pavimento rígido basado en los procedimientos de OACI (método de la Portland Cement Association, caso de carga interna) para valores por defecto de k (522.6, 294.7, 147.4, y 73.7 lb/in³) [150, 80, 40 y 20 MN/m³].

Nota: En modo de cálculo del ACN el espesor calculado es para condiciones específicas identificadas por OACI para la determinación del ACN. Para pavimentos flexibles se especifica una presión de inflado de 181 psi (1.25 MPa) y 10,000 interacciones¹ (C). Para pavimentos rígidos OACI establece un esfuerzo permisible de 399 psi (2,75 MPa), (28,1 Kg/cm²). Estos parámetros raramente son utilizados actualmente como criterio para el diseño de pavimentos. El espesor calculado en el Modo de Cómputo de ACN casi no tiene significado para los requerimientos de diseño de pavimentos y no debería ser utilizado para determinar la carga permisible sobre la losa.

b. Modo de Espesor de Pavimento:

- Calcula el espesor total del pavimento flexible basado en el método FAA CBR especificado en la AC 150/5320-6D, Airport Pavement Design and Evaluation, para valores de CBR y niveles de I especificados por el usuario.
- Calcula el espesor de la losa para pavimentos rígidos basado en el método FAA Westergaard (análisis de carga de borde) especificado en la AC 150/5320-6D para valores de k y niveles de I especificados por el usuario.

3.3 BIBLIOTECA INTERNA DE AERONAVES. La aplicación COMFAA contiene una biblioteca interna de aeronaves que incluye las más grandes actualmente en operación tanto civil como militar. Esta biblioteca está basada en la información suministrada directamente por los fabricantes o bien obtenida de los manuales ACAP. Las características por defecto de aeronaves en la biblioteca interna representan las condiciones estándar de la OACI para el cálculo del valor ACN. Estas características incluyen el centro de gravedad en la posición aft máxima para cada aeronave en el Modo ACN mientras que en el Modo de Espesor de Pavimento el centro de gravedad se encuentra fijo para distribuir el 95% de la carga bruta máxima en el tren de aterrizaje principal de todas las aeronaves.


3.4 BIBLIOTECA EXTERNA DE AERONAVES. La aplicación COMFAA permite la utilización de una biblioteca externa de aeronaves donde las características de las mismas pueden ser cambiadas o adicionar otras aeronaves a discreción. Sus funciones permiten al usuario modificar las características de una aeronave y guardar la modificación en la biblioteca externa. No hay garantías que aseguren que los parámetros de aeronaves en la biblioteca externa sean posibles o apropiados. El usuario es el responsable de asegurarse que todos los datos son correctos.

Cuando se guarda una aeronave de la biblioteca interna a la externa, la aplicación calculará el área de toma de contacto de las llantas basado en la carga bruta máxima, centro de gravedad aft y presión de llantas. Este valor se guardará en la biblioteca externa y se utiliza para el cálculo de la relación pasadas vs Interacciones (pass-to-coverage) P/C^2 en el Modo de Espesor de Pavimento. Dado que el área de toma de contacto de las llantas es constante, la relación P/C es constante también en el Modo de Espesor de Pavimento. La relación fija P/C podría ser utilizada para convertir pasadas vs Interacciones en la determinación de espesores de pavimento y operaciones de aeronave equivalente.

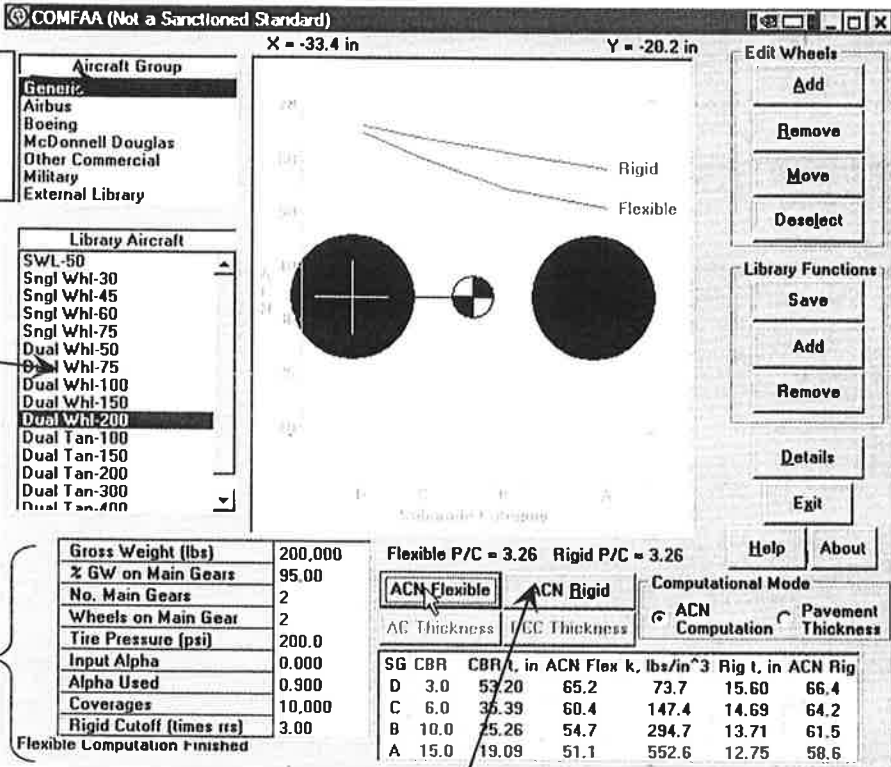
3.5 UTILIZANDO LA APLICACIÓN COMFAA. La utilización de la aplicación para el cálculo de valores ACN es visualmente interactivo e intuitivo. El usuario selecciona la aeronave, contra las propiedades físicas de la misma y hace click en el botón de ACN flexible o ACN rígido para determinar el ACN para las cuatro

¹ La FAA utiliza el término "Coverage" el cual se refiere a un número estadístico de pasadas por un punto crítico de sobre el pavimento con la carga máxima. En esta traducción se denominará Interacciones (I).

² Del T. Dado que hemos definido "coverage" como I esta relación sería P/I , sin embargo se continuará definiendo en este texto como P/C .

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	5 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

condiciones estándar de la subrasante. La aplicación incluye un sistema de ayuda que colabora con el usuario. Las figuras 3-1 y 3-2 detallan la operación de la aplicación COMFAA.



1. Selección del grupo de Aeronaves

2. Selección de aeronave


3. Confirmación de parámetros de Aeronaves

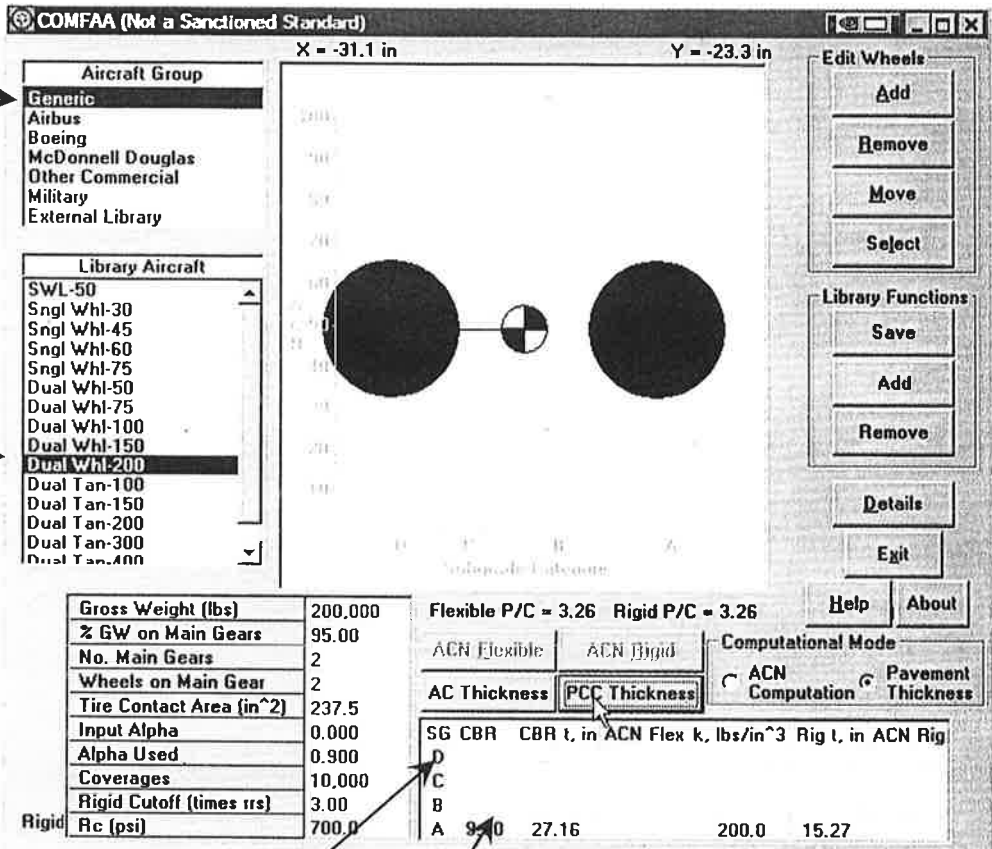
4. Click para calcular valores del ACN

Calculador valores ACN

SG	CBR	CBR _f , in	ACN Flex k, lbs/in ³	Rig t, in	ACN Rig
D	3.0	53.20	65.2	15.60	66.4
C	6.0	35.39	60.4	14.69	64.2
B	10.0	25.26	54.7	13.71	61.5
A	15.0	19.09	51.1	12.75	58.6

Figura 3-1. Funcionamiento del COMFAA en Modo ACN

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	6 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016



1. Selección del grupo de Aeronaves

2. Selección de aeronave

3. Confirmación de parámetros de Aeronaves


4. Click para entrar a los valores de CBR o valores k

5. Click para calcular espesor de pavimento

6. Calculo de espesor de pavimento

Gross Weight (lbs)	200,000	Flexible P/C = 3.26	Rigid P/C = 3.26
% GW on Main Gears	95.00	ACN Flexible	ACN Rigid
No. Main Gears	2	AC Thickness	PCC Thickness
Wheels on Main Gear	2	ACN Computation	Pavement Thickness
Tire Contact Area (in ²)	237.5	SG	CBR
Input Alpha	0.000	C	CBR t, in
Alpha Used	0.900	B	ACN Flex k, lbs/in ³
Coverages	10,000	A	Rig t, in
Rigid Cutoff (times rrs)	3.00		
Rigid Rc (psi)	700.0		

Figura 3-2. Operación del Programa de COMFAA en Modo Espesor de Pavimento.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	7 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

CAPITULO 4. DETERMINACIÓN DEL VALOR NUMÉRICO DEL PCN

4.0 CONCEPTO DE PCN. En términos fundamentales, la determinación de una clasificación de pavimento en términos de PCN es un proceso en que se determina el ACN para la aeronave crítica y se reporta el valor ACN como el PCN para la estructura de pavimento. Bajo estas condiciones, cualquier aeronave con un valor ACN igual o menor al valor PCN podrá operar con seguridad sin ninguna limitación en la presión de las llantas.


4.1 DETERMINACIÓN DEL VALOR NUMÉRICO DEL PCN. La obtención del valor numérico del PCN para un pavimento dado puede basarse en dos procedimientos. Estos son conocidos como la utilización del "método de la aeronave" y el "método de evaluación técnica". La OACI da la libertad a los estados miembros para determinar cómo será determinado el valor del PCN de acuerdo con las prácticas internas particulares de evaluación de pavimentos. Puede utilizarse cualquier procedimiento para obtener el valor PCN, pero el método que se utilice deberá ser reportado como parte integral de su informe de clasificación.

4.2 UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE LA AERONAVE PARA DETERMINAR EL VALOR PCN. El método de la aeronave es un procedimiento simple donde se obtienen los valores ACN de todas las aeronaves que utilizan el aeródromo y se reporta como PCN el valor mayor de los mismos. Este es un método fácil de aplicar y no requiere de ningún conocimiento detallado de la estructura del pavimento.

a. Supuestos en la Utilización del Método de la Aeronave. Una de las hipótesis en el uso del método de la aeronave es que la estructura de pavimento tiene la capacidad estructural para que operen todas las aeronaves presentes en la combinación de tráfico y que cada uno de ellos puede operar sobre la estructura de pavimento sin restricciones.

b. Imprecisiones de la Utilización del Método de la Aeronave. La precisión de este método aumenta considerablemente cuando se encuentra disponible la información del tráfico de aeronaves. Puede ocurrir una sobreestimación importante del valor del PCN si este valor se determina utilizando como base una aeronave con ACN alto pero que frecuenta el aeropuerto en pocas ocasiones. De igual forma puede darse una utilización poco rentable de la estructura si se subestima la capacidad del pavimento restringiendo el tráfico de aeronaves que podrían ser aceptables. Aunque no existen límites mínimos en la frecuencia de operación, antes que una aeronave sea considerada parte del tráfico normal, la autoridad que hace el reporte debe utilizar un criterio racional adecuado, para evitar subestimar o sobreestimar la capacidad del pavimento. La utilización del método de la aeronave no es muy recomendable en términos generales debido a las consideraciones descritas anteriormente.

4.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN TÉCNICA PARA DETERMINAR EL VALOR PCN. Es difícil obtener en forma exacta la resistencia de un pavimento ya que esta varía según la escogencia de una única combinación de parámetros como: las condiciones de carga de la aeronave, la frecuencia de operaciones y las condiciones de soporte de la estructura del mismo. El Método de Evaluación Técnica pretende direccionar estas u otras variables específicas del sitio para determinar razonablemente la resistencia del pavimento. En términos generales, para una estructura de pavimento y una aeronave dadas, el número de operaciones permisibles (tráfico) decrecerá conforme la intensidad de carga sobre el mismo aumente (mayor peso de aeronave). Es completamente posible que dos estructuras de pavimento con diferentes secciones transversales reporten resistencias similares pero el número de operaciones permisibles de una aeronave sean considerablemente diferentes. Esta discrepancia debe ser considerada por el operador del aeropuerto y puede requerir de la implementación limitaciones operacionales más allá del método ACN-PCN. Todos los factores relacionados en la determinación de la clasificación del pavimento son importantes, por lo cual la clasificación de pavimentos no debe ser vista en términos absolutos sino más bien como estimaciones de un valor representativo. Una evaluación de pavimento exitosa es la que logra asignarle una clasificación de resistencia considerando los efectos de todas las variables aplicables.

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	8 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

La precisión de una evaluación técnica es mayor que la utilización del procedimiento de aeronave pero requiere mucho más tiempo y recursos. La evaluación de un pavimento requerirá de una combinación de inspecciones en sitio, pruebas de carga, laboratorio y criterio ingenieril. Es común pensar una clasificación de la resistencia de un pavimento en términos de resistencia última o de falla instantánea, no obstante, raramente un pavimento se saca de servicio debido a fallas estructurales instantáneas. Una disminución en el nivel de servicio de un pavimento normalmente se le atribuye a un incremento en la rugosidad de la superficie o a defectos localizados tales como ahuellamientos o fisuras. En la determinación de la adecuación de una estructura de pavimento no solo debe considerarse la magnitud de las cargas sino también el impacto del efecto acumulado del volumen de tráfico sobre su vida útil.


a. Determinación del valor PCN. El valor PCN se determina a partir de la capacidad de carga permisible. Aunque es importante tener claro que el PCN no es un parámetro de diseño de pavimentos, este se obtiene en forma similar. Se determinará una capacidad de carga permisible mediante los mismos principios utilizados en el diseño de pavimentos tomando en cuenta parámetros como la frecuencia de las operaciones y los niveles de esfuerzo permisibles. Al determinar el PCN la capacidad de carga permisible a menudo se establece en términos del tipo de tren de aterrizaje de la aeronave y su peso bruto, de la misma forma que estos mismos parámetros son utilizados en el diseño de estructuras de pavimento. Aparte de la capacidad de carga, pero igual de importante, tenemos la frecuencia de operaciones. En la determinación de una capacidad de carga permisible, la evaluación debe direccionar el análisis de manera tal que esta se dé bajo una frecuencia de operaciones razonable. Una vez que hemos establecido la capacidad de carga permisible la obtención del valor PCN es un proceso sencillo que consiste en determinar el valor ACN de la aeronave que representa la carga máxima permisible y reportar ese valor como el PCN.

b. El Concepto de Tráfico Equivalente. El método ACN-PCN se basa en procedimientos de diseño que establecen una aeronave como la más crítica o bien la más demandante para la estructura de pavimento. Los cálculos necesarios para determinar el PCN pueden hacerse solo para un tipo de aeronave a la vez. El método ACN-PCN no aborda directamente la forma de representar una mezcla de tráfico como una sola aeronave. Para tomar en cuenta esta limitación, La AHAC utiliza el concepto de aeronave equivalente para consolidar las mezclas completas de tráfico en una sola aeronave representativa. El procedimiento para establecer la aeronave equivalente a partir de una combinación de tráfico se encuentra en el Apéndice A1.

c. Conteo de Operaciones de Aeronaves. Cuando se evalúa o se diseña una sección transversal de pavimento es de suma importancia el conteo del número de veces que el pavimento será sometido a esfuerzos. Como fue discutido en el párrafo 2-2 una aeronave puede tener que pasar sobre una sección dada de pavimento muchas veces antes que la porción de pavimento que se está evaluando reciba una carga completa. Aunque existen procedimientos estadísticos para determinar las pasadas requeridas para considerar una aplicación de carga completa, la evaluación de una sección para determinar el PCN debe considerar también la forma en que la aeronave aplica la carga al pavimento en cuestión. Se utiliza un criterio conservador cuando se asume que cada aeronave que utiliza el aeropuerto deberá aterrizar y despegar una vez por cada ciclo. Debido a que el peso de una aeronave usualmente es menor en el aterrizaje que en el despegue, los procedimientos de diseño solamente consideran para el análisis, una pasada con el peso de salida. Esto se evalúa en general en términos de salidas anuales. En el Apéndice A-1 se encuentra una descripción detallada del análisis de tráfico.

4.4 LIMITACIONES DEL PCN. El valor de PCN es un dato que se utiliza solamente para reportar la resistencia relativa del pavimento y no debería ser utilizado como parámetro de diseño de pavimentos o bien como sustituto de una evaluación. El diseño de pavimentos y su evaluación son problemas complejos de Ingeniería que requieren de análisis detallados y nunca pueden reducirse a un simple número. La clasificación PCN es una escala continua para comparar la resistencia de los pavimentos donde valores más altos representan capacidades de carga mayores.

4.5 EL REPORTE DEL 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.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	9 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

- Valor numérico del PCN
- Tipo de Pavimento
- Categoría de la subrasante
- Presión de llantas permisible
- Método utilizado para obtener el PCN.

Un ejemplo de un código PCN es 80/R/B/W/T y se explica en el párrafo 4.5.f.

a. El 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/cm²). 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 rodaje deberá utilizarse el mejor criterio ingenieril para reportar el valor más representativo.

b. Al reportar el valor PCN deberá considerar el tipo particular de pavimento al que nos estamos refiriendo sea este rígido o flexible. La Tabla 4-1 describe la nomenclatura para indicar cada tipo:


Tabla 4-1. Códigos de Pavimento para Reporte del PCN

Tipo de Pavimento	Código de Pavimento
Flexible	F
Rígido	R

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 cómo pavimento del tipo rígido. Como guía general, cuando una sobre capa bituminosa alcanza del 75 al 100% del espesor de la capa de pavimento rígido este puede considerarse como pavimento flexible. Se permite incluir

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	9 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

- Valor numérico del PCN
- Tipo de Pavimento
- Categoría de la subrasante
- Presión de llantas permisible
- Método utilizado para obtener el PCN.

Un ejemplo de un código PCN es 80/R/B/W/T y se explica en el párrafo 4.5.f.

a. El 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/cm²). 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 rodaje deberá utilizarse el mejor criterio ingenieril para reportar el valor más representativo.

b. Al reportar el valor PCN deberá considerar el tipo particular de pavimento al que nos estamos refiriendo sea este rígido o flexible. La Tabla 4-1 describe la nomenclatura para indicar cada tipo:


Tabla 4-1. Códigos de Pavimento para Reporte del PCN

Tipo de Pavimento	Código de Pavimento
Flexible	F
Rígido	R

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 cómo pavimento del tipo rígido. Como guía general, cuando una sobre capa bituminosa alcanza del 75 al 100% del espesor de la capa de pavimento rígido este puede considerarse como pavimento flexible. Se permite incluir

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	10 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

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. Como fue visto en el párrafo 2-1 hay identificadas 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 Tablas 2-1 y 2-2.

d. Presión de Llantas Permisible. La Tabla 4-2 enlista 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.


TABLE 4-2. Códigos de presión de neumático para reportar el PCN

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

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 especificaciones técnicas requeridas, 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. Si se utilizó el Método de la Aeronave significa que el PCN fue obtenido seleccionando el ACN máximo entre las aeronaves que operan en el aeródromo y que no causan daños en el pavimento. Los valores de PCN obtenidos por el método de "Evaluación Técnica"

 <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	11 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

deberán reportarse a la AHAC al Proceso de Certificación de Aeródromos. La base de datos de la NASR deberá ser presentados a la AHAC, y archivado en el expediente del aeropuerto.

f. Ejemplo de Reporte de PCN. Un ejemplo de un código PCN es 80/R/B/W/T donde 80 representa el valor numérico del PCN, R representa Pavimento Rígido, 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.

g. Reporte de valores PCN a la AHAC, Proceso Certificación y Vigilancia de Aeródromos. Una vez que se haya determinado el código del PCN este deberá reportarse al Proceso de Certificación y vigilancia de Aeródromos de la AHAC mediante un oficio dirigido al encargado del Proceso. El Proceso de Certificación y Vigilancia de Aeródromos presentara el código para su publicación mediante un (AIP) a las oficinas de AIS. Los ACN de las aeronaves podrán entonces ser comparados con el PCN del aeródromo publicado para determinar cuáles pueden operar en condiciones seguras en su pista, calles de rodaje y plataformas sin ninguna limitación de depresión de llantas.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	1 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

APÉNDICE 1. TRAFICO EQUIVALENTE

1.0 TRAFICO EQUIVALENTE. Aquí se presenta un método detallado para permitir el cálculo del efecto combinado de múltiples aeronaves en la combinación de tráfico de un aeropuerto, Este tráfico combinado se conjuntará en el tráfico equivalente de la aeronave crítica. Esto es necesario debido a que la metodología que se utiliza para el cálculo del ACN permite solamente una aeronave a la vez. Al combinar todo el tráfico del aeródromo y representarlo como el equivalente de la aeronave crítica, se torna posible el cálculo de un PCN que incluya el efecto de todo el tráfico del aeródromo. Se sabe que existen otros métodos para determinar el tráfico equivalente, no obstante, esta metodología es recomendada.


La evaluación del tráfico equivalente que se describe en esta sección se necesita solo para determinar el PCN usando el Método Técnico y puede descartarse si se utiliza el Método de la Aeronave para ese fin.

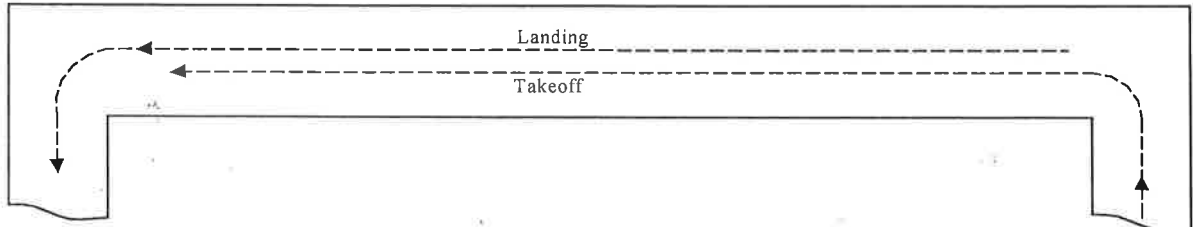
Para poder llegar a obtener un PCN por el Método Técnico se requiere determinar el máximo peso bruto permisible o más común de la aeronave crítica. (Por ejemplo el peso permisible en una configuración de tren de aterrizaje dada). Esto a su vez requiere que el diseño del pavimento y las características de carga del avión sean examinados en detalle. Consecuentemente la información que se presenta en este apéndice parece de primera mano aplicable al diseño de pavimentos en vez de para obtener el valor PCN, sin embargo con este conocimiento un ingeniero podrá llegar a obtener el PCN con una base técnica sólida.

1.1 TERMINOLOGÍA DE TRAFICO EQUIVALENTE. Para determinar el PCN, con base en el método de evaluación técnica, es necesario definir un conjunto de términos comunes utilizados en el tráfico de aeronaves y las cargas sobre el pavimento. Los términos llegados, salidos, pasados, interacción, repeticiones de carga y ciclo de tráfico son utilizados frecuentemente por diferentes organizaciones cuando se determina el efecto del tráfico de aeronaves que operan en una pista. No solo es importante determinar cuáles de los movimientos de las aeronaves es necesario contabilizar cuando se consideran los esfuerzos en el pavimento, sino también, cómo estos movimientos intervienen en el proceso de diseño y evaluación del pavimento. En términos generales y para los fines de este documento, vamos a diferenciarlos de la manera siguiente:

a. Llegada (Aterrizaje) y Salida (Despegue). Normalmente los aeroplanos llegan a un aeropuerto con menor cantidad de combustible que con la que salen. Consecuentemente el esfuerzo que recibe el pavimento en el aterrizaje es menor que en el despegue debido a la diferencia de peso. Esto es cierto aunque la aeronave al aterrizar carga la zona de toma de contacto debido a la sustentación que le dan las alas, las que atenúan el impacto de la carga vertical dinámica. Es por esta razón que procedimiento de diseño de pavimento de la AHAC solamente considera el conteo de los despegues e ignora los aterrizajes. No obstante si las aeronaves no cargan combustible adicional en el aeropuerto entonces el peso en la llegada será el mismo que el peso de salida (descontando los cambios de pasajeros u la carga) y la operación de aterrizaje debería contabilizarse como un despegue para efectos de los ciclos de carga. En este último escenario tenemos para efectos de contabilización, dos esfuerzos iguales sobre el pavimento para cada conteo de tráfico (despegue) en vez de uno. Independientemente del método de conteo de esfuerzos de carga que se utilice, un ciclo de tráfico se define como un despegue y un aterrizaje de una aeronave determinada, sujeto a un mayor refinamiento de la definición en el texto siguiente.

b. Pasada. Una pasada es un recorrido de una sola vez de una aeronave sobre una pista. Esta podría ser una llegada, una salida, un recorrido por calles de rodaje ("taxeo") o las tres cosas dependiendo de la magnitud de la carga y la ubicación de las calles. La Figura A1-1 muestra patrones de tráfico típicos para pistas que tengan calles de rodaje paralelas o centrales. Con calles de rodaje paralelas una pequeña parte de la pista o bien ninguna parte es utilizada para el "taxeo". Una calle de rodaje central produce que una parte de la pista se utilice para taxeo.

 <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	2 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016



A1-1a. Pista con Calles de Rodaje Paralelas

Figure

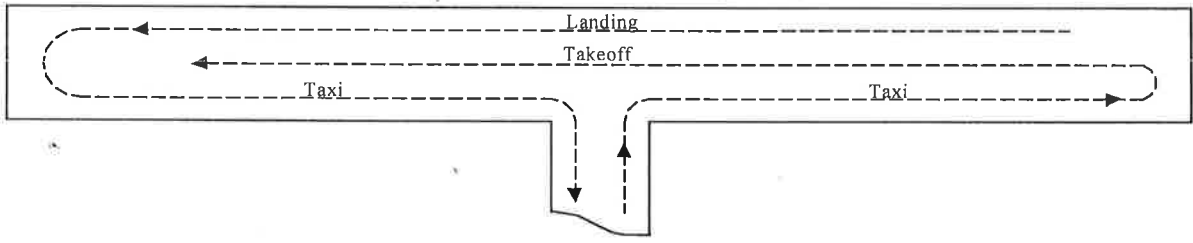



Figura A1-1b. Pista con Calle de Rodaje Central

Figura A1-1. Patrones de Distribución de Carga de Tráfico

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	3 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

i) Escenario de Calle de Rodaje Paralela. En el caso de calles paralelas como se muestra en la figura A-1 pueden ocurrir dos posibilidades de carga. Ambas asumen que el conteo de pasajeros y la carga útil son aproximadamente las mismas para el ciclo completo de despegue y aterrizaje:

1) Si la aeronave carga combustible en el aeropuerto, entonces el ciclo de tráfico consiste en solo una pasada ya que los esfuerzos por la carga en el aterrizaje se consideran a un nivel reducido como una equivalencia fraccional. Para esta condición solo se contabilizará el ciclo de despegue y la relación de pasadas con los ciclos de tráfico (P/TC) será 1.

2) Si la aeronave no carga combustible en el aeropuerto entonces deberían contabilizarse las dos pasadas: aterrizaje y despegue. En este caso el ciclo de carga serán dos pasadas con iguales esfuerzos por la carga y la relación P/TC será 2.

ii) Escenario de Calle de Rodaje Central. En una configuración con calle de rodaje central, como se muestra en el la Figura A1-1b, también pueden ocurrir dos situaciones de carga. Como se hizo en la configuración de calles paralelas ambas situaciones asumen que la carga útil es aproximadamente la misma para el ciclo completo de aterrizaje y despegue:

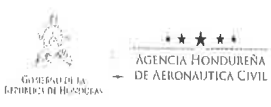
1) Si la aeronave carga combustible en el aeropuerto, entonces deberían contabilizarse el despegue y el taxeo para el despegue lo que resultará en un ciclo de tráfico consistente en dos pasadas con el máximo esfuerzo. En este caso puede ignorarse el pase del aterrizaje. Se entiende que solo una parte de la pista se utiliza durante algunas de estas operaciones, sin embargo conservadoramente se asumirá que toda la pista será cubierta cada vez. Para esta situación la relación P/TC será 2.

2) Si la aeronave no carga combustible en el aeropuerto entonces deberían considerarse ambos movimientos: aterrizaje y despegue junto con el taxeo. El ciclo de tráfico consistirá en 3 pasadas con cargas de igual magnitud. En este caso P/TC será 3.

iii) Un enfoque simplificado pero menos conservador sería considerar la relación $P/TC=1$ para todas las situaciones. Ya que un aterrizaje y despegue solo aplica la carga máxima a quizás en un tercio de la pista (extremos opuestos sin cambios en la dirección del viento) este enfoque menos conservador podría ser utilizado para contabilizar un pase para ambos aterrizaje y despegue. Sin embargo la AHAC recomienda conducir las evaluaciones de aeropuertos de manera conservadora es decir asumir que cualquiera de las pasadas cubren la totalidad de la pista.

c. Interacción (I) (Coverage). Cuando una aeronave se mueve por una pista a menudo viaja en línea recta o sobre la misma ruta de rodaje anterior. Este "carreteo" puede modelarse como una distribución normal estadística. Una Interacción ocurre cuando un área unitaria del pavimento ha sido atravesada por una rueda del tren de aterrizaje principal. Por aleatoriedad esta área unitaria puede no ser atravesada por la rueda todas las veces que la aeronave se encuentra en la pista. El número de pasadas que se requiere para atravesar estadísticamente un área específica una vez sobre el pavimento se expresa mediante el índice pasadas contra Interacciones (P/C).

Aunque los términos Interacción y P/C por lo general han sido aplicados a los pavimentos rígidos y flexibles, la relación P/C tiene un significado diferente cuando se aplica a pavimentos flexibles. Esto es debido a la forma en que se considera que reaccionan los pavimentos rígidos y flexibles a los distintos tipos de configuraciones de tren de aterrizaje. Para configuraciones de ruedas en tandem como el tantem dual (2D) y tandem triple dual (3D), las relaciones son diferentes para pavimentos flexibles y rígidos. La utilización del mismo término para ambos tipos de pavimentos puede ser confusa. Le corresponde al analista seleccionar el valor apropiado.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	4 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Las pasadas de aeronaves se pueden determinar (contar) por observación pero la Interacción es una variable que utiliza la aplicación COMFAA. La relación P/C es necesaria para convertir pasadas a Interacciones para ser utilizadas en la aplicación COMFAA y la relación P/C se puede determinar con el programa COMFAA. Esta relación es diferente para cada aeronave por las diferencias en el número de ruedas, configuración del tren de aterrizaje, área de contacto de las llantas y las cargas en el tren de aterrizaje. Aunque la relación cambia ligeramente para cada aeronave cuando el área de contacto de la llanta varía debido a las diferentes cargas aplicadas, para el propósito de este documento la relación P/C se reportará como la relación obtenida con la aplicación COMFAA en el modo de espesor de pavimento. En este modo la relación P/C se basa en la deflexión de las llantas recomendada por el fabricante a un 95% de la carga bruta en el tren de aterrizaje principal.

Las relaciones P/C para trenes con ruedas en tandem son diferentes para pavimentos rígidos y flexibles. Esto se da por la diferencia en que cada tipo de pavimento maneja los esfuerzos. Se asume que el patron de carga en pavimento flexible tiene una serie de esfuerzos máximos dependiendo del número de ruedas en el tandem, mientras que el pavimento rígido actúa como una losa simple deflectable con un único esfuerzo máximo por grupo de ruedas. En general un tren en arreglo simple o dual proveerá un solo esfuerzo por carga en cada pasada sin importar el tipo de pavimento ya que solo hay un juego de ruedas atravesando un punto dado del pavimento. Sin embargo un tren de doble tandem esfuerza doblemente un pavimento flexible ya que hay dos repeticiones de la carga pero esfuerza un pavimento rígido solo una vez debido al efecto de una sola carga de esfuerzo por grupo de llantas. De la misma forma un tren de tandem triple dual esfuerza el pavimento flexible tres veces pero solo una al pavimento rígido. Trenes de aterrizaje con una distancia entre tandems mayores a 72 pulgadas (182 cm) son tratados como picos individuales de carga para pavimentos rígidos o flexibles en la aplicación COMFAA.

d. Operación. El significado de este término no está muy claro cuando se utiliza en diseño o evaluación de pavimentos. Puede significar un despegue a máxima carga o bien aterrizaje a mínima carga. A menudo se utiliza indistintamente para pasada o ciclo de tráfico. Cuando se utiliza esta descripción para la actividad de una aeronave se debe dar información adicional. En general es preferible utilizar términos más precisos como los descritos en esta sección.

e. Ciclo de Tráfico y Relación de Ciclo de Tráfico. Como hemos visto un ciclo de tráfico puede incluir una pasada de aterrizaje, una pasada de despegue, una pasada de taxeo o a las tres. Para diseño o evaluación de pavimentos se requiere la relación de los ciclos de tráfico contra las Interacciones (TC/C) en pavimento flexible, en vez de pasadas contra Interacciones (P/C) ya que podría haber una o más pasadas por ciclo de tráfico. Cuando se asume para conteo una sola pasada por la superficie de operación por ciclo de tráfico, entonces la relación P/C será suficiente. Sin embargo cuando nos encontramos en situaciones donde más de una pasada se considera que ocurra durante el ciclo de aterrizaje o despegue entonces se hace necesaria la relación TC/C con el fin de contabilizar apropiadamente todo el tráfico. Estas situaciones ocurren más a menudo cuando tenemos calles de rodaje centrales o cuando el combustible no se dispensa en el aeropuerto.


La ecuación A1-1 transforma la relación P/C en la relación TC/C para pavimentos rígidos o flexibles incluyendo las relaciones de pasadas con los ciclos de tráfico (P/TC) descritas:

$$\frac{TC}{C} = \frac{P}{TC} \quad (\text{Ecuación A1-1})$$

Donde:

TC= Ciclos de Tráfico
C= Interacciones
P= Pasadas

La relación TC/C se puede ilustrar mejor con ejemplos. La Tabla A1-1 muestra las relaciones típicas para pistas de pavimento flexible en las cuales el combustible no se dispensa en el aeropuerto. También se muestran valores típicos de P/C, pero relaciones diferentes pueden ser sustituidas para otras aeronaves.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	5 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Refiérase a la figura A1-1 como guía para determinar el número de pasadas utilizadas para cada conteo de tráfico. Observe que que el número de ciclos de tráfico para completar una Interacción se reduce considerablemente para una pista con calle de rodaje central. Ocurre al revés con una pista con calle de rodaje paralela. El efecto de esto es que una pista con calle de rodaje central experimentará más esfuerzos por carga para cada conteo de tráfico que una pista con calle de rodaje paralela.

TablaA1-1. TC /C Pavimentos Flexibles sin combustible adicional obtenido

Tipo de calle de rodaje	Tren Dual Típico(D)	Tren Dual Típico (2D)	Tren Triple DualTípico Tandem (3D)
P/C	3.6	1.8	1.4
P/TC - Paralelo	2	2	2
P/TC - Central	3	3	3
TC/C - Paralelo	1.8	0.9	0.7
TC/C - Central	1.2	0.6	0.5

La Tabla A1-2 muestra la misma información anterior considerando que el combustible se dispensa en el aeropuerto. Comparando estas dos tablas se puede ver que para una pista que tiene una calle de rodaje central donde el combustible no se obtiene en el aeropuerto, hay más ciclos de tráfico que en una pista con calles paralelas y el combustible si se dispensa en el aeropuerto. Por ejemplo, el valor típico para un tren dual típico con calle de rodaje central indicado en la Tabla A1-1 es de 1.2 comparado con el valor de 3.6 cuando hay calles paralelas indicado en la Tabla A1-2 dando como resultado un numero de pasadas tres veces mayor para cada conteo de tráfico. Además, conforme aumenta el número de ruedas, la relación TC/C disminuye sin importar la configuración de las calles de rodaje. En consecuencia habrá más ciclos de carga en terminos de Interacciones por conteo de tráfico en un pavimento flexible con el aumento del número de ruedas


TablaA1-2. TC /C Pavimentos Flexibles con combustiblea dicional obtenido

Tipo de calle de rodaje	Tren Dual Típico (D)	Tren Dual Típico (2D)	Tren Triple DualTípico Tandem (3D)
P/C	3.6	1.8	1.4
P/TC - Paralelo	1	1	1
P/TC - Central	2	2	2
TC/C - Paralelo	3.6	1.8	1.4
TC/C - Central	1.8	0.9	0.7

La Tabla A1-3 muestra las relaciones típicas para pavimentos rígidos cuando el combustible no se obtiene en el aeropuerto, mientras que la Tabla A1-4 muestra la misma información para el caso en que el combustible se dispensa en el aeropuerto. Se puede ver la misma comparación anterior en la cual se se observa que existen diferentes números de ciclos de tráfico dependiendo de la configuración geométrica de las calles de rodaje, sin embargo a diferencia del ejemplo con pavimento flexible la relación de ciclos de tráfico con respecto a los esfuerzos por la carga no es muy sensible a la configuración del tren de aterrizaje. Por ejemplo en las Tablas A1-3 y A1-4 se observa que los trenes de aterrizaje dual y tandem dual tienen la misma relación TC/C, mientras que el tren tipo tandem triple dual es apenas un poco diferente. El efecto de esto es que para la misma configuración de calles de rodaje y situación de carga de combustible, el nivel de repeticiones de carga por ciclo de tráfico en un pavimento rígido es virtualmente el mismo independientemente de la configuración del tren de aterrizaje.

TablaA1-3. TC /C de pavimentos rígidos sin combustible adicional obtenido

Tren Dual Típico	Tren Dual Típico	Tren Triple
------------------	------------------	-------------

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	6 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Tipo de calle de rodaje	(D)	(2D)	DualTípico Tandem (3D)
P/C	3.6	3.6	4.2
P/TC - Paralelo	2	2	2
P/TC - Central	3	3	3
TC/C - Paralelo	1.8	1.8	2.1
TC/C - Central	1.2	1.2	1.4

Cuadro A1-4. TC /C Pavimentos rígidos con combustible adicional obtenido

Tipo de calle de rodaje	Tren Dual Típico (D)	Tren Dual Típico (2D)	Tren Triple DualTípico Tandem (3D)
P/C	3.6	3.6	4.2
P/TC - Paralelo	1	1	1
P/TC - Central	2	2	2
TC/C - Paralelo	3.6	3.6	4.2
TC/C - Central	1.8	1.8	2.1

1.2 TRAFICO EQUIVALENTE BASADO EN EL TIPO DE TREN DE ATERRIZAJE. Para completar el cálculo del tráfico equivalente primero deben convertirse a aeronave críticas el resto de las aeronaves significativas en la composición del tráfico del aeropuerto, en términos de tipo de tren de aterrizaje y ciclos de tráfico, ya que estas deben contabilizarse para el diseño general de la vida útil del pavimento. Luego, los tipos de tren deben su vez convertirse en su equivalente a la aeronave crítica en términos de magnitud de carga. La aeronave crítica es la que regularmente utiliza el pavimento y que posee el mayor requerimiento de espesor, basado en sus características operacionales individuales.

Cuadro A1-5. Factores de conversión para convertir de un tipo tren de aterrizaje a otro

Para Convertir desde un tren Típico (N)	Para tren Típico (M)	Multiplique ciclos de Trafico
S	D	0.80
S	2D	0.51
S	3D	0.33
D	S	1.25
D	2D	0.64
D	3D	0.41
2D	S	1.95
2D	D	1.56
2D	3D	0.64
3D	S	3.05
3D	D	2.44
3D	2D	1.56
2D/2D2	D	1.56
2D/2D2	2D	1.00

La ecuación general para esta conversión es:

$$0.8^{M-N}$$

(Ecuación A1-2)

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	7 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Dónde:

M= Número de ruedas del tren de aterrizaje principal de la aeronave crítica

N= Número de ruedas del tren de aterrizaje de la aeronave convertida.

Las Tablas A1-6 y A1-7 muestran ejemplos del uso de los factores de conversión de tren de aterrizaje. La Tabla A1-6 muestra las equivalencias de tren para el tipo doble tándem (2D) en una composición de tráfico dada, mientras que la A1-7 muestra lo mismo para el tren tipo dual (D). Los totales de ciclos de tráfico se muestran para efectos comparativos únicamente y no son necesariamente para el cálculo de la aeronave crítica. Como puede verse de la comparación de estos totales, la selección de la aeronave crítica es muy importante para el proceso general de evaluación en el que una escogencia incorrecta nos llevaría a un número equivocado de ciclos de tráfico equivalente. Esto es evidente en la Tabla A1-6 donde el total general de ciclos de tráfico es de 15,200, comparado con el total equivalente para los ciclos de tráfico de tándem dual de 12,632, mientras que el total equivalente de ciclos de tráfico dual es de 19,970.


Cuadro A1-6. Equivalencia de conversión a un tipo de Tren de doble tándem (2D)

Aeronave	Tren Típico	Ciclo de tráfico anual (TC)	Factor de Conversión	Total Equivalente (2D) TC
727-200	D	400	0.64	256
737-300	D	6,000	0.64	3840
A319-100	D	1,200	0.64	768
B747-400	2D/2D2	3,000	1.0	3,000
B767-200ER	2D	2,000	1.0	2,000
DC8-63	2D	800	1.0	800
A300-B4	2D	1,500	1.0	1,500
B777-200	3D	300	1.56	468
		15,200		12,632

Cuadro A1-7. Equivalencia de conversión a una velocidad doble (D) Tipo

Aeronave	Tren Típico	Ciclo de tráfico anual (TC)	Factor de Conversión	Total Equivalente (2D) TC
727-200	D	400	1.0	400
737-300	D	6,000	1.0	6,000
A319-100	D	1,200	1.0	1,200
B747-400	2D/2D2	3,000	1.56	4,680
B767-200ER	2D	2,000	1.56	3,120
DC8-63	2D	800	1.56	1,248
A300-B4	2D	1,500	1.56	2,340
B777-200	3D	300	2.44	732
		15,200		19,720

1.3 TRAFICO EQUIVALENTE BASADO EN LA MAGNITUD DE LA CARGA. Después de que hemos agrupado las aeronaves en la misma configuración de tren de aterrizaje, es necesario determinar el total de ciclos de tráfico equivalentes en cada aeronave en términos de la aeronave crítica basado en la magnitud de la carga relativa. De la misma forma que en el procedimiento de conversión del tipo de tren (párrafo 1.2) este paso requiere seleccionar primero la aeronave crítica.

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	8 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Cuando calculamos el tráfico equivalente de la aeronave critica basados en la magnitud de la carga se requiere considerar ciertas reglas de simplificación:

- Para el cálculo de los ciclos de tráfico equivalentes generalmente es suficiente utilizar cargas de rueda única con el 95% del peso bruto de la aeronave sobre el tren de aterrizaje principal.
- Como es difícil determinar los pesos operacionales actuales o proyectados, la AHAC recomienda utilizar para el cálculo los máximos pesos de taxeo para cada aeronave.

Después de que los tipos de tren de aterrizaje de la mezcla de tráfico son convertidos al de la aeronave crítica (Párrafo 1.2), los ciclos de tráfico de cada aeronave deben ser convertidos al tráfico equivalente de la aeronave crítica. Esta conversión abordó el efecto de la magnitud de la carga de las ruedas y puede ser calculada aplicando la ecuación A1-3:


$$\text{Log}R_1 = \text{Log}R_2 * \sqrt{\frac{W_1}{W_2}} \quad \text{ó} \quad R_1 = (R_2) \sqrt{\frac{W_2}{W_1}} \quad (\text{Ecuación A1-3})$$

Dónde: R_1 = Tráfico equivalente de la aeronave crítica
 R_2 = Ciclos de tráfico de una aeronave dada expresado en términos del tren de aterrizaje de la aeronave crítica.
 W_1 = Carga de rueda de la aeronave crítica.
 W_2 = Carga de rueda de la aeronave en cuestión.


La Tabla A1-8 muestra la manera en que los cálculos de arriba se combinan para determinar los ciclos de tráfico equivalente de la aeronave crítica. Para este ejemplo asuma que el B747-400 es la aeronave crítica. Como puede observarse los 3,000 ciclos anuales del B747-400 han aumentado a un equivalente de 7,692 debido a efecto combinado del tráfico de las otras aeronaves. La columna R_2 proviene de la Tabla A1-6.

Cuadro A1-8. Ciclos equivalente tráfico en función de magnitud de la carga

Aeronave	Peso Operativo lb	(W_2) Carga en una sola rueda lb	(R_2) (2D) TC	(W_2/W_1) ^{1/2} Relación de la rueda de carga	(R_1) Equivalente B747-400 TC
727-200	185,000	43,938	256	0.95	194
737-300	130,000	30,875	3,840	0.796	716
A319-100	145,000	34,438	768	0.841	268
B747-400	820,000	48,688 (W_1)	3,000	1.000	3,000 (Aeronave Critica)
B767-200ER	370,000	43,938	2,000	0.950	1,368
DC8-63	330,000	39,188	800	0.897	403
A300-B4	370,000	43,938	1,500	0.950	1,041
B777-200	600,000	47,500	468	0.988	434
			12,632		7,424

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS	* * * * * AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
		ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
		PAGINA	9 de 53
		EDICION/REVISIÓN:	Original
		FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Observe que un factor sensible en esta tabla es la carga de una sola rueda y su relación con la carga de una sola rueda de la aeronave crítica. Cualquier cambio en la magnitud de la carga de una sola rueda se refleja en la relación de carga de rueda que se utiliza como exponente en el cálculo de los ciclos de tráfico equivalente. Por ejemplo el tráfico equivalente del 727-200, se observa que disminuye de 256 a 194. Por otro lado el tráfico equivalente del 777-200 disminuye de 468 a 434 debido a la magnitud relativa de las cargas de una sola rueda.

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	1 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

APÉNDICE 2. EJEMPLOS DE DETERMINACIÓN DEL PCN

1.0 UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE LA AERONAVE. Este método para determinar el PCN se describe en los pasos siguientes. Este procedimiento puede utilizarse cuando hay un conocimiento limitado del tráfico existente y de las características de la pista. También es útil cuando un análisis de ingeniería no es posible o bien no se desea hacerlo. Las autoridades aeroportuarias deben ser más cuidadosas en el uso de un PCN de aeronave en que la clasificación no haya sido determinada rigurosamente.

Hay dos pasos a seguir para llegar a la utilización de un PCN de aeronave:

- Determinar la aeronave con el ACN más alto en la combinación de tráfico que utiliza la pista. Esta será la aeronave crítica.
- Asignar el ACN de la aeronave crítica como el valor PCN.

Estos dos pasos se explican en detalle:

1. Asignar el código de tipo de superficie del pavimento sea F o R.
2. De los registros disponibles determinar la resistencia promedio de la subrasante del pavimento. Si este dato no es conocido clasifique con buen criterio como Alta (*High*), Media (*Medium*), Baja (*Low*) o Ultra Baja (*Ultra Low*).
3. Determinar cuál aeronave posee el máximo ACN de las de aeronaves que utilizan la pista, basado en el código de superficie asignado en el paso 1 y el código de subrasante asignado en el paso 2. Los valores de ACN pueden obtenerse con la aplicación COMFAA o mediante los gráficos de ACN que se encuentran en los manuales ACAP publicados por los fabricantes. Utilice la misma clasificación de la subrasante para cada aeronave cuando determine el ACN máximo. Base los ACN en el máximo peso de operación de las aeronaves en el aeropuerto si dispone de la información; en su defecto utilice un estimado del peso bruto máximo permisible publicado de la aeronave en cuestión. La aeronave con el ACN más grande que utiliza el pavimento será la aeronave crítica.
4. El PCN será simplemente el ACN de la aeronave crítica con la presión de llantas apropiada y los restantes códigos de evaluación. El valor numérico del PCN puede ajustarse para arriba o para abajo a criterio de la autoridad aeroportuaria. Algunas razones para hacer este ajuste pueden ser restricciones operacionales o las condiciones del pavimento.
5. El código de presión de llantas (W, X, Y, o Z) debe ser representativo de la mayor presión de llanta de la flota de aeronaves que utilizan la pista. Para pavimentos flexibles debería utilizarse el código X si no existe un dato evidente a partir del tráfico existente. Se entiende comúnmente que el concreto hidráulico puede soportar altas presiones de inflado de llantas así que el pavimento rígido normalmente se codifica como W.
6. En la evaluación del PCN que utiliza el método de la aeronave se reporta como U.

1.1 EJEMPLO DEL USO DEL MÉTODO DE LA AERONAVE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES. El ejemplo siguiente ilustra el uso del método de la aeronave para obtener el PCN en pavimentos flexibles:

Un aeropuerto tiene una pista flexible (superficie de asfalto) con una resistencia de la subrasante de CBR 9 y un tráfico que tiene los pesos brutos que se muestran en la Tabla A2-1.


	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	2 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Tabla A2-1. Utilización aeronaves y tráfico en pavimento flexible


Aeronave	Peso Operativo lb	presión de los Neumáticos(psi)	%De peso bruto en el Tren principal ACN	ACN F/B	Salidas Anuales
B727-200	185,000	148	96.00	48	400
B737-300	130,000	195	90.86	32	6,000
A319-100	145,000	196	92.60	34	1,200
B747-400	820,000	200	93.32	59	3,000
B767-300ER	370,000	190	92.40	50	2,000
DC8-63	330,000	194	96.12	53	800
A300-B4	370,000	205	94.00	57	1,500
B777-200	600,000	215	95.42	52	300

- Como es un pavimento flexible la codificación según la Tabla 4-1 es F.
- El CBR de la sub rasante bajo el pavimento es 9 o categoría Media por el que el código apropiado es B (Tabla 2-2)
- La presión de inflado de llantas más grande en el conjunto es de 215 psi por lo que el código de presión de llantas es X (Tabla 4-2).
- De la lista se obtiene que la aeronave crítica es el B747-400 porque tiene el ACN más grande del grupo a los pesos operacionales mostrados (59/F/B). Además hace un servicio regular comparado con el resto del tráfico que lo califica como una posible aeronave crítica.
- Debido a que no se ha hecho ningún análisis de ingeniería en este ejemplo y la clasificación se ha hecho con base en una revisión del tráfico de las aeronaves que utilizan la pista, el código de evaluación del párrafo 4.5 es U.
- Basado en los resultados de los pasos anteriores, el pavimento podría tentativamente clasificarse como PCN 59/F/B/X/U, asumiendo que el pavimento se desempeña satisfactoriamente con el tráfico actual.

Si el pavimento mostrara signos de deterioro, esta clasificación habría que ajustarla hacia abajo a criterio de la autoridad aeroportuaria. Si se baja la clasificación, una o más aeronaves tendrán un ACN que excede la clasificación asignada. Esto puede requerir que haya que restringir el peso bruto máximo de esas aeronaves o bien considerar un reforzamiento del pavimento. La clasificación PCN podría también ser ajustada hacia arriba dependiendo del desempeño del pavimento bajo el tráfico actual.

1.2 EJEMPLO DEL USO DEL MÉTODO DE LA AERONAVE PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS. El siguiente ejemplo ilustra el uso del método de la aeronave para obtener el PCN para pavimentos rígidos:

Un aeropuerto posee un pista de pavimento rígido (superficie de concreto) con un módulo de resistencia de la subrasante $k=200$ pci y un tráfico que posee los pesos brutos operativos u ACN's que se muestra en la tabla A2-2.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	3 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

TablaA2-2. Utilización de aeronaves y tráfico en pavimento rígido


Aeronave	Peso Operativo lbs	presión de los Neumáticos(psi)	%De peso bruto en el Tren principal de ACN	ACN R/C	Salidas anuales
B727-200	185,000	148	96.00	56	400
B737-300	130,000	195	90.86	38	6,000
A319-100	145,000	196	92.60	42	1,200
B747-400	820,000	200	93.32	68	3,000
B767-300ER	370,000	190	92.40	58	2,000
DC8-63	330,000	194	96.12	62	800
A300-B4	370,000	205	94.00	67	1,500
B777-200	600,000	215	95.42	77	300

- Como este es un pavimento rígido el código de tipo de pavimento es R (Tabla 4-1)
- La resistencia de la subrasante es $k=200$ pci que es una categoría baja por lo que el código apropiado es C (Tabla 2-1).
- La presión máxima en el conjunto de tráfico es de 215 psi por lo que el código de presión de llantas es X como se ve en la Tabla 4-2. No obstante como el concreto normalmente soporta presiones más altas debería más bien asignarse el código W.
- De la lista de arriba la aeronave crítica es el B777-200 porque tiene el ACN más alto del grupo a los pesos operacionales mostrados (77/R/C). Sin embargo la aeronave crítica podría ser también el A300-B4 con ACN 67/R/C o el B747-400 con ACN 68/R/C ya que esas aeronaves poseen mayores frecuencias que el B777-200.
- Debido a que no se ha hecho ningún análisis de ingeniería en este ejemplo y la clasificación se ha hecho con base en una revisión del tráfico de las aeronaves que utilizan la pista, el código de evaluación del párrafo 4.5 es U.
- Con base en los pasos anteriores, tentativamente el pavimento puede ser clasificado como PCN 77/R/C/W/U con el fin de abarcar todo el tráfico actual

Si el pavimento mostrara signos de deterioro, esta clasificación habría que ajustarla hacia abajo a criterio de la autoridad aeroportuaria. Si se baja la clasificación, una o más aeronaves tendrán un ACN que excede la clasificación asignada. Esto puede requerir que haya que restringir el peso bruto máximo de esas aeronaves o bien considerar un reforzamiento del pavimento. La clasificación PCN podría también ser ajustada hacia arriba dependiendo del desempeño del pavimento bajo el tráfico actual.

2.0 EL MÉTODO DE EVALUACIÓN TÉCNICA. Debería utilizarse este método para determinar el valor PCN cuando sea posible obtener información confiable del tráfico y características del pavimento. A pesar de que el método de evaluación técnica provee una buena representación de las condiciones existentes, la autoridad aeroportuaria debería ser un poco flexible en su aplicación debido a que hay muchas variables en la estructura del pavimento así como en el método de análisis por sí mismo. El objetivo del método técnico es determinar el peso bruto permisible de la aeronave crítica con el fin de evaluar el PCN.

2.1 EVALUACIÓN TÉCNICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES. La lista siguiente resume el procedimiento del método técnico para pavimentos flexibles:

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	4 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016


- Determinar el volumen de tráfico por tipo de aeronave y número de operaciones de cada uno que el pavimento soportará a lo largo de su vida útil.
- Convertir este tráfico al equivalente de aeronave crítica.
- Determinar las características del pavimento, incluyendo el CBR de la subrasante y espesor del mismo.
- Calcular el peso máximo permisible de la aeronave crítica que utilizará ese pavimento.
- Calcular el ACN de la aeronave crítica para su peso bruto máximo permisible.
- Asignar el PCN al ACN de la aeronave crítica.

Estos pasos se explicarán con mayor detalle y se ilustrará el procedimiento con varios ejemplos más adelante.

1. Determinar el volumen de tráfico en términos de ciclos de tráfico para cada aeronave que se ha utilizado o se tiene planeado utilizar durante la vida útil del pavimento. Registre todo el tráfico significativo incluyendo los vuelos fuera de itinerario, vuelos chárter y militares lo más exactamente posible. Debe incluirse todo el tráfico desde la construcción inicial o el último recarpeteo así como el tráfico que ocurrirá antes de la próxima reconstrucción o recarpeteo. Si la vida útil del pavimento no se conoce o es indeterminada asuma un periodo de tiempo razonable. La vida útil normal de un pavimento es de 20 años sin embargo su expectativa de vida puede variar dependiendo de las condiciones actuales del mismo, las condiciones climáticas y las prácticas de mantenimiento.


La información necesaria para obtener el volumen de tráfico es:

- Ciclos de tráfico pasados, presentes y futuros de cada aeronave significativa
 - Pesos máximos de operación.
 - Distribución típica del peso en los trenes de nariz y principal. Si no se conoce se asume un 95% del peso sobre el tren principal.
 - Tipo de tren de aterrizaje (dual, tándem dual, etc)
 - Presión de llantas del tren principal.
 - La relación de pasadas con Interacciones (P/C) para cada aeronave que pueda ser considerada aeronave crítica.
 - Prácticas de carga de combustible en el aeropuerto.
 - Tipo de calles de rodaje – paralelas o centrales.
2. Determinar que aeronave en el conjunto de tráfico del paso 1 es crítica o más significativa. Esto se necesita ya que el procedimiento de ACN implementado en la aplicación COMFAA solo puede utilizar una aeronave a la vez. La aeronave crítica será la que requiera el mayor espesor de pavimento con base en su peso bruto máximo individual, volumen de tráfico, relación P/C y presión de llantas. No necesariamente será la que tenga el ACN más grande o el mayor peso bruto.
 3. La aplicación COMFAA calcula el espesor del pavimento con base en las Interacciones en vez de ciclos de tráfico o pasadas por tanto se requiere convertir estos tipos de frecuencias en Interacciones utilizando la relación pasadas con respecto a Interacciones. Las relaciones específicas P/C pueden calcularse con el COMFAA para pavimentos flexibles.
 4. Utilizando los factores de conversión de la tabla A1-5, convertimos el volumen de tráfico de cada aeronave en la mezcla en su equivalente de aeronave crítica según las distintas configuraciones de tren de aterrizaje. Por ejemplo si la aeronave crítica tiene un tren dual entonces otras

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	5 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

aeronaves con trenes de rueda simple, en tándem doble o triple deben convertirse a tren dual equivalente.

5. Determinar los ciclos de tráfico equivalente de la aeronave crítica con base en la magnitud de la carga en una rueda simple para cada aeronave en el conjunto del tráfico. Este cálculo se efectúa con la ecuación A1-3.
6. Calcular la relación TC/C para la aeronave crítica con la Ecuación A1-1 según el tipo de configuración de calles de rodaje y condiciones de carga de combustible.
7. Con información de campo o con los planos constructivos documentar el CBR promedio del suelo de la subrasante. Alternativamente hacer pruebas de laboratorio a la subrasante para obtener los valores de CBR. Es sumamente importante la precisión en la obtención del CBR ya que variaciones muy pequeñas en este dato podrían resultar en variaciones desproporcionadas en el peso permisible de la aeronave crítica y su correspondiente PCN.
8. Determinar el espesor total del pavimento y las propiedades de la sección transversal. Para efectos de evaluación el espesor de la sección del pavimento en consideración debe referenciarse con una sección estándar de pavimento. La sección estándar será el espesor total requerido calculado con el COMFAA asumiendo que el asfalto tiene un espesor mínimo, que la base tiene también un espesor mínimo de material con un CBR 80 o mayor y una sub-base de espesor variable con un CBR 20 o más alto. Si el pavimento tiene exceso de material o materiales mejorados el espesor total puede aumentarse de acuerdo con la metodología descrita en el párrafo 321 de la AC 150/5320-6D. Se considera que un pavimento tiene exceso de asfalto que puede convertirse en un espesor adicional equivalente cuando el espesor del asfalto es mayor que el mínimo requerido para la aeronave crítica. El espesor mínimo de la superficie de asfalto será de 4 pulgadas para aeronaves jet de fuselaje estándar y 5 pulgadas para aeronaves de fuselaje ancho. Se puede considerar que la estructura de pavimento tiene un espesor excesivo de base cuando su sección transversal tiene un espesor de base mayor que el mínimo especificado en la Tabla 3-4 de la AC 150/5320-6D o cuando se utilicen gravas estabilizadas con cemento Portland o asfalto para la base. Asimismo espesores adicionales de sub-base o materiales mejorados en ella deben también ser convertidos a un espesor total adicional.
9. Calcule el peso máximo permisible de la aeronave crítica con la aplicación COMFAA en Modo de Diseño de Pavimento utilizando el tráfico equivalente y la relación TC/C de la aeronave crítica, el espesor equivalente de pavimento y el valor promedio del CBR de la subrasante.
10. Asigne la resistencia CBR de la subrasante obtenida en el paso 7 el código estándar apropiado ACN-PCN de la subrasante de acuerdo con la Tabla 2-2.
11. Ahora ya se puede determinar el ACN de la aeronave crítica utilizando la aplicación COMFAA en el Modo de ACN. Ingresar como dato el peso máximo permisible de la aeronave crítica y calcular el ACN con base en el código de subrasante del paso 10. Alternativamente el gráfico de ACN versus Peso Bruto publicado por el fabricante en el manual ACAP.
12. Asignar el código de presión de inflado de llantas con base en la presión máxima en la mezcla de tráfico según la Tabla 4-2. Cuando asigne el código, recuerde considerar la calidad de la superficie asfáltica como fue visto en la sección 2-1.
13. Como la evaluación es técnica asigne el código T como fue descrito en el párrafo 4-5e.
14. El valor numérico del PCN será el mismo valor de ACN obtenido para la aeronave crítica calculado en el paso 11.
15. Si el peso bruto permisible del paso 11 es igual o mayor que el peso bruto operacional de la aeronave crítica requerido para la vida útil del pavimento deseada, entonces el pavimento es

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	6 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

capaz de soportar el tráfico esperado durante el período de tiempo establecido en la planificación inicial. En consecuencia el valor PCN asignado en el paso 14 es suficiente. Si el peso bruto permisible del paso 11 es menor que el peso bruto requerido de la aeronave crítica para la vida útil del pavimento entonces el PCN puede asignarse como igual al ACN de la aeronave crítica pero con una expectativa de vida útil menor para el pavimento. Adicionalmente puede ser necesario desarrollar una relación entre el peso bruto permisible con base en el PCN asignado versus vida útil del pavimento. Cualquier sobrecarga debería ser tratada en términos de ACN y operaciones equivalentes de aeronave crítica por operación individual. La permisividad de las sobrecargas deberán negociarse con la autoridad del aeropuerto ya que no se puede asumir ninguna aprobación de previo. En el Apéndice 3 de este documento se encuentran procedimientos específicos relativos a la relación entre vida útil y peso bruto para pavimentos flexibles.

2.2 EJEMPLOS DE EVALUACIÓN TÉCNICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES. Los siguientes cuatro ejemplos ayudan a ilustrar el método de evaluación técnica para determinar el PCN en pavimentos flexibles. El primer ejemplo es para un pavimento con baja resistencia, con un volumen de tráfico que ha aumentado al punto en que su vida útil se ha reducido con respecto al diseño original. En el segundo el pavimento tiene una resistencia más que adecuada para soportar el tráfico pronosticado. El tercero es igual que el segundo excepto que la pista tiene una calle de rodaje central en ves de paralela. El cuarto discute el efecto en la vida útil del pavimento de un PCN más alto en vez de una reducción en el peso permisible.

a. Ejemplo #1 Pavimento Flexible. Un aeropuerto tiene una pista de pavimento flexible (superficie de asfalto) con una sub rasante CBR 9 y un espesor total de 32 pulgadas, como se muestra en la figura A2-1 (un mínimo de 5 pulgadas de carpeta asfáltica, un mínimo de 8 pulgadas de base y un espesor variable de sub base). En general las aeronaves cargan combustible en el aeropuerto antes del despegue y la pista tiene calles de rodaje paralelas. El pavimento se diseñó para una vida útil de 20 años. Se asume para este ejemplo que el tráfico será constante durante la vida útil del pavimento. El tráfico se muestra en la Tabla A2-3, la cual es similar a la Tabla A2-1 con alguna información adicional.

5 in. asphalt surface course

8 in. crushed gravel


19 in. crushed gravel and sand

subgrade

Figura A2-1. Ejemplo de Sección Transversal de Pavimento Flexible.

Cuadro A2-3. Evaluación Técnica. Determinación Aeronave Crítica

Aeronave	presión de los	ACN F/B	salidas anuales	Flexible **P/C	Espesor requerido
----------	----------------	---------	-----------------	----------------	-------------------

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	7 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

	Peso operativo (lbs)	Neumáticos (psi)		(in.)		
B727-200	185,000	148	48	400	2.92	22.6
B737-300	130,000	195	35	6,000	3.79	22.7
A319-100	145,000	196	35	1,200	3.18	20.3
B747-400	820,000	200	59	3,000	1.73	30.9
B767-300ER	370,000	190	52	2,000	1.80	27.9
DC8-63	330,000	194	52	800	1.68	26.6
A300-B4	370,000	205	57	1,500	1.75	29.1
B777-200	600,000	215	51	300	1.42	28.0

** P / C, determinada a 95 por ciento de la carga bruta en el engranaje principal


Los espesores resultantes del pavimento para cada tipo de aeronave se muestran en la Tabla A2-3. El B747-400 requiere el espesor mayor individual (30,9 pulgadas) para su tráfico total durante 20 años, por tanto es la aeronave crítica. Observe que los espesores individuales de cada aeronave son menores que el espesor existente de 32 pulgadas.

La Tabla A2-4 muestra la conversión de los despegues de las otras aeronaves al equivalente de la aeronave crítica (B747-400). Se utilizaron los factores de conversión de la Tabla A1-5 para convertir la configuración de los trenes de aterrizaje a su equivalente de tándem dual para las salidas. Las salidas anuales equivalentes al B747-400 fueron calculadas con la Ecuación A1-3. A pesar de que el B747-400 solo tuvo 3,000 salidas anuales el efecto del resto del tráfico aumentó su número a un equivalente de 7,424.

Observe que el total de las salidas anuales equivalentes del B767-300ER y el A300-B4 deberían también ser las mismas debido a que las cargas de ruedas asumidas son las mismas que las de la aeronave crítica. Sin embargo, esto no será cierto para el B777-200 debido a que tiene una configuración diferente de tren de aterrizaje. Nótese también el efecto de la carga en rueda en las salidas equivalentes anuales de la aeronave crítica. Cargas en rueda de aeronaves individuales que son mayores que la de la aeronave crítica aumentan a las salidas equivalentes de la aeronave crítica por un factor mayor que uno, mientras que cargas menores adicionan por un factor menor que uno. Esta interrelación muestra la necesidad de considerar cuidadosamente la carga de cada aeronave en el conjunto de tráfico cuando se determina el equivalente.

En el cuadro A2-4. Equivalentes de salidas anuales de aeronave crítica

Aeronave	salidas anuales	Tipo de tren	Factor del tipo de tren	(R ₂) Equiv. (2D) Salidas	(W ₂) Carga en Ruedas (lbs)	(W ₁) B747-400 Carga en ruedas (lbs)	(R ₁) B747-400 Equiv. Salidas Anual
B727-200	400	D	0.64	256	43,938	48,688	194
B737-300	6,000	D	0.64	3,840	30,875	48,688	716
A319-100	1,200	D	0.64	768	34,438	48,688	268
B747-400	3,000	2D/2D2	1.00	3,000	48,688	48,688	3,000
B767-300ER	2,000	2D	1.00	2,000	43,938	48,688	1368
DC8-63	800	2D	1.00	800	39,188	48,688	403
A300-B4	1,500	2D	1.00	1,500	43,938	48,688	1,041
B777-200	300	3D	1.56	468	47,500	48,688	434
	15,200						7,424

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	8 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Una vez conocido el tráfico equivalente total de la aeronave crítica, podemos calcular la relación de ciclos de tráfico según la configuración de calles de rodaje y condiciones de carga de combustible. Utilizando una relación P/C de aeronave crítica de 1.73 (Tabla A2-3) y una relación P/TC de 1 para calles paralelas (Tabla A1-2), el ciclo de tráfico a relación se puede calcular con la ecuación A1-1:

$$\frac{TC}{C} = 1.73 + 1 = 1.73$$

Ahora ya es posible calcular el peso máximo permisible del B747-400 crítico para este pavimento. Los datos de entrada para la aplicación COMFAA son como sigue:

Aeronave Crítica	B747-400
Espesor de Pavimento	32 pulgadas
CBR de la Subrasante	9.0 (B)
Presión de llantas	200 psi (X)
Porcentaje de peso sobre el tren principal	95 %
Relación TC/C	1.73
Vida útil del Pavimento	20 años
Salidas equivalentes anuales	7,424
Interacciones totales (TC/1.73) * 20	85,827

Para estas condiciones, la aplicación COMFAA calculó un peso permisible para el B747-400 de 797,500 libras. Luego el programa determinó un ACN para el B747-400 con este peso el cual es 56.4/F/B, para una clasificación recomendada del pavimento de PCN 56/F/B/X/T.

Con referencia en la Tabla A2-3, puede observarse que el B747-400 y el A300-B4 deberían restringir sus operaciones en esta pista ya que sus ACN son 59/F/B y 57/F/B respectivamente y ambos son mayores que el PCN recomendado de 56/F/B. Aparentemente este pavimento no es adecuado para la operación del tráfico existente o bien los pesos tendrán que restringirse o en su defecto la vida útil del pavimento será menor a la esperada. En el Apéndice 3 se efectúan un análisis de esta situación y se dan los requerimientos necesarios para hacer ajustes.

b. Ejemplo 2. Pavimento Flexible. Este ejemplo tiene los mismos parámetros de entrada que el primero excepto que la sección transversal del pavimento se ha aumentado a 36 pulgadas.

Los datos de entrada para la aplicación COMFAA para este ejemplo son:

Aeronave Crítica	B747-400
Espesor de Pavimento	36 pulgadas
CBR de la Subrasante	9.0 (B)
Presión de llantas	200 psi (X)
Porcentaje de peso sobre el tren principal	95 %
Relación TC/C	1.73
Vida útil del Pavimento	20 años
Salidas equivalentes anuales	7,424
Interacciones totales (TC/1.73) * 2	85,827

Para estas condiciones el peso máximo permisible calculado para el 747-400 es de 923,000 libras. La aplicación COMFAA determinó un ACN para el B747-400 con este peso de 69.3/F/B para una clasificación recomendada de PCN 69/F/B/X/T.

Al revisar la Tabla A2-3 se observa que todo el tráfico tiene ACNs menores que el PCN recomendado por lo que se puede concluir que este pavimento será adecuado para soportar el tráfico durante su vida útil de diseño y que no será necesario hacer ningún ajuste a su sección transversal o vida útil. Nótese que un aumento de 4 pulgadas en el espesor de la estructura de pavimento produjo un aumento de 13 en el PCN.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	9 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

c. Ejemplo 3. Pavimento Flexible. El único cambio que tiene este ejemplo con el segundo es que la configuración de la calle de rodaje es central en vez de paralela, como la que se muestra en la figura A1-1b. Utilizando los datos de la tabla A1-2, la relación P/TC cambia de 1 a 2. De la ecuación A1-1, la relación TC/C para la aeronave crítica el B747-400 viene a ser:

$$\frac{TC}{C} = 1.73 \div 2 = 0,865$$

Los parámetros de la entrada para el COMFAA son:

Aeronave Crítica	B747-400
Espesor de Pavimento	36 pulgadas
CBR de la Subrasante	9.0 (B)
Presión de llantas	200 psi (X)
Porcentaje de peso sobre el tren principal	95 %
Relación TC/C	0.86
Vida útil del Pavimento	20 años
Salidas equivalentes anuales	7,424
Interacciones totales (TC/1.73) * 20	85,827

En estas condiciones el peso máximo permisible calculado es para el 747-400 de 875,000 libras. El COMFAA determinó que para este paso el ACN para el 747-400 es 64.2/F/B para un PCN recomendado de la pista de PCN 64/F/B/X/T. El efecto neto en el cambio en la configuración de la calle de rodaje es una reducción en el PCN de 5.


d. Ejemplo 4. Pavimento Flexible. Una forma alternativa de ver el efecto de la calle central versus la calle de rodaje paralela sería considerar cuanto cambia la vida útil del pavimento en vez del PCN. Si el PCN del ejemplo 2 se mantuviera en 69/F/B/X/T, el cual es equivalente al peso máximo permisible del B747-400 de 923,000 libras, en este caso la vida útil del pavimento podría reducirse 20 a 10 años. Esto se debe al cambio en la relación TC/C de 1.73 a 0.86. Se obtendría un efecto similar si el combustible no se dispensara en el aeropuerto, (esto fue obtenido en el primer ejemplo de pavimento flexible).

2.3 EVALUACIÓN TÉCNICA DE PAVIMENTOS RÍGIDOS. La siguiente lista resume los pasos para utilizar el método de evaluación técnica para pavimentos rígidos:


- Determinar el volumen de tráfico en términos del tipo de aeronaves y número de operaciones de cada uno que operarán durante la vida útil del pavimento.
- Convertir el tráfico total en el equivalente a la aeronave crítica (de diseño).
- Determinar las características del pavimento incluyendo el módulo k del suelo de la subrasante, espesor de la losa de concreto y el módulo de elasticidad.
- Calcular el peso bruto máximo permisible de la aeronave crítica.
- Encontrar o determinar el ACN de la aeronave crítica con a su máximo peso bruto permisible de acuerdo con determinó en el paso anterior.
- Asignar el PCN como el ACN recién calculado.

A continuación se explican en detalle los pasos anteriores:

1. Determinar el volumen de tráfico de la misma forma que se indicó en el párrafo A2-2.1 para pavimentos flexibles.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	10 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

2. Determinar cuál aeronave en el conjunto del tráfico es el crítico o el más significativo. La aeronave crítica será la que requiera del mayor espesor de pavimento con base en su peso bruto máximo individual, volumen de tráfico, relación P/C y presión de llantas. No es necesariamente el que tenga el mayor ACN o el mayor peso.
3. El procedimiento de diseño para pavimento rígido implementado en la aplicación COMFAA calcula el espesor de pavimento con base en los esfuerzos de borde en el concreto el cual dependerá del número de repeticiones de carga que produzca la mezcla de tráfico. Por esto se requerirá convertir los ciclos de tráfico o pasadas a repeticiones de carga por medio de la utilización a través de la relación pasadas vs repeticiones de carga. En la aplicación COMFAA se calculan las relaciones P/C para cualquier aeronave sobre el pavimento.
4. Utilizando los factores de conversión de la Tabla A1-5, convertir el volumen de tráfico de cada aeronave en la mezcla al equivalente de aeronave crítica con base en las diferencias en la configuración de tren de aterrizaje.
5. Determinar los ciclos de tráfico equivalentes a la aeronave crítica con base en la carga en rueda simple de cada aeronave en el tráfico por medio de la Ecuación A1-3.
6. Calcular la relación TC/C de la aeronave crítica a partir de la Ecuación A1-1 para el tipo de calle de rodaje y sistema de carga de combustible
7. Utilizando los ciclos de carga equivalente del paso 5 y la relación TC/C del paso 6, calcular las repeticiones de carga equivalente de la aeronave crítica con base en la expectativa de vida del pavimento.
8. Obtener las características del pavimento incluyendo el espesor de la losa de concreto, el módulo de ruptura del concreto y el valor promedio k de la subrasante. En la aplicación COMFAA el módulo de elasticidad del concreto se establece en 4,000,000 psi y la relación de Poisson en 0,15. Es importante la precisión con que se obtiene el valor k de la subrasante sin embargo variaciones pequeñas en este módulo no afectará significativamente el valor PCN. Si el pavimento posee una buena sub-base y/o una sub-base estabilizada entonces podemos ajustar el valor k de la subrasante hacia arriba a un valor equivalente al diseñar de pavimento rígido, como resultado de la mejora en la capacidad de soporte. Los ajustes en el módulo de la subrasante se hacen con base en las Figuras 2-4 y 3-16 de la AC 150/5320-6D.
9. Una vez conocidos el espesor de la losa de concreto, el módulo de la subrasante y los parámetros de la aeronave crítica podemos calcular al peso bruto máximo permisible utilizando la aplicación COMFAA en el modo de diseño de pavimento. Mediante el establecimiento de las Interacciones (*Coverages*) totales, se puede ajustar el peso bruto de la aeronave para que sea el adecuado para el espesor del pavimento.
10. Asignar el módulo de la subrasante (valor k) al código estándar más cercano del ACN-PCN. El valor de k reportado para efectos del PCN será el valor k mejorado que se encuentre en la parte superior de todas las capas mejoradas. Los rangos de valores k de la subrasante se encuentran en la Tabla 2-1.
11. Ahora podemos determinar el ACN de la aeronave crítica con la aplicación COMFAA. Ingrese el peso bruto permisible de la aeronave crítica obtenido en el paso 9 y calcule el ACN para el código estándar de sub-base del paso 10. Para efectos comparativos consulte el gráfico "ACN versus Peso Bruto" en el manual ACAP del fabricante.
12. Asignar el código de presión de inflado de llantas con base en la presión máxima de inflado obtenida en el conjunto del tráfico. Como se discutió anteriormente los pavimentos rígidos

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	11 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016


usualmente tiene la capacidad de soportar altas presiones de inflado por lo que en general su clasificación será W.

13. Como el método de evaluación utilizado es técnico se asignará el código T como se discutió en el párrafo 4.5e.
14. El valor del PCN será el valor numérico de ACN de la aeronave crítica que se acaba de calcular en el paso 11.
15. Si el peso bruto permisible del paso 11 es igual o mayor que el peso operacional de la aeronave crítica requerido para la vida útil del pavimento deseada entonces el pavimento es capaz de soportar el tráfico previsto en el período de diseño y consecuente el PCN que se determinó en el paso 12 es suficiente. Si el peso bruto permisible del paso 11 es menor que el peso operacional de la aeronave crítica requerido para la vida útil del pavimento deseada entonces podemos asignar un PCN igual al ACN de la aeronave a ese peso pero aceptando una vida útil menor del pavimento rígido. Además puede ser necesario desarrollar una relación entre el peso máximo permisible con base en el PCN asignado versus vida útil del pavimento. En el Apéndice 3 se proveen procedimientos sobre cómo relacionar la vida del pavimento y peso bruto para pavimentos rígidos en términos del PCN. Toda sobrecarga debería ser tratada en términos de ACN y operaciones críticas equivalentes por cada operación individual. Se debe negociar con la autoridad aeroportuaria cualquier autorización de sobrecarga ya que no se puede asumir ninguna aprobación de previo. El Apéndice 3 provee procedimientos específicos acerca de cómo relacionar vida útil con pesos brutos sobre pavimentos rígidos.

2.4 EJEMPLOS DE EVALUACIÓN TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS.

Los tres ejemplos siguientes ayudan a explicar mejor este método para establecer el PCN. El primer ejemplo es para un pavimento con de baja resistencia, con un volumen de tráfico que ha aumentado al punto en que su vida útil se ha reducido con respecto al diseño original. En el segundo tiene el pavimento una resistencia más que adecuada para soportar el tráfico pronosticado. El tercero es igual que el segundo excepto que las aeronaves generalmente no obtienen combustible en el aeropuerto.

a. Ejemplo 1. Pavimento Rígido. Un aeropuerto tiene una pista rígida (superficie de concreto) con un valor k efectivo de 200 pci y un espesor de losa de 14 pulgadas como se muestra en la figura A2-2. El concreto tiene un módulo de ruptura de 700 psi, un módulo de elasticidad de 4,000,000 psi y una relación de Poisson de 0,15. La pista tiene una calle de rodaje paralela y generalmente las aeronaves reciben combustible adicional en el aeropuerto antes de su salida. La vida útil estimada del pavimento es de 20 años a partir de la construcción original. El tráfico que se muestra en la Tabla A2-5 básicamente es la misma que la tabla A2-1, pero se han agregado relaciones P/C y repeticiones de carga.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	12 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

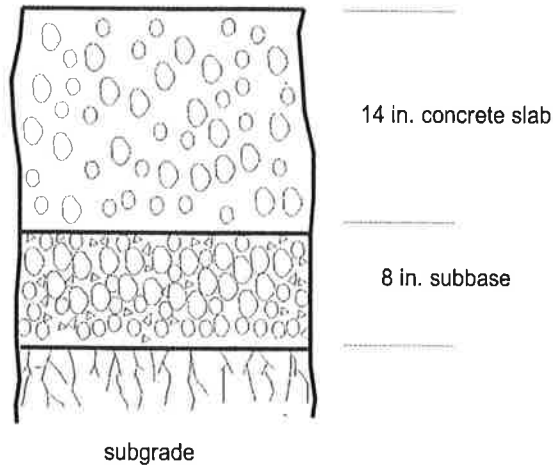


Figura A2-2 Sección Transversal de Pavimento Rígido

La aeronave crítica será la que requiera el mayor espesor para su magnitud de carga y frecuencia. El espesor que se requiera para cada aeronave podrá determinarse con la aplicación COMFAA en el modo de diseño de pavimento. El número de repeticiones de carga debe calcularse primero para cada aeronave utilizando la Ecuación A1-1 y luego convertido a Interacciones (*coverages*) para ser usado por el COMFAA. Como se obtiene combustible adicional en el aeropuerto y la calle de rodaje es paralela entonces:

$$P/TC = 1$$

$$TC/C = P/C$$

$$\text{Interacciones (C)} = \text{salidas anuales} * 20 \text{ años} \div TC/C$$


Las Interacciones resultantes se muestran para cada aeronave en la Tabla 2-5. El espesor requerido de pavimento rígido para el peso operacional de cada aeronave y su frecuencia se muestra en la Tabla 2-6.

Cuadro A2-5. Evaluación Técnica Tráfico. Pavimento Rígido

Aeronave	Peso operativo, lbs	Presión del neumático (psi)	ACN (R/C)	** P/C	Salidas Anuales	Interacciones
B727-200	185,000	148	55	2.92	400	2,740
B737-300	130,000	195	38	3.79	6,000	31,662
A319-100	145,000	173	42	3.18	1,200	7,547
B747-400	820,000	200	68	3.46	3,000	17,341
B767-300ER	370,000	190	58	3.60	2,000	11,111
DC8-63	330,000	194	62	3.35	800	4,776
A300-B4	370,000	205	67	3.49	1,500	8,595
B777-200	600,000	215	77	4.25	300	1,412

** PC rígido determinó a 95 por ciento de la carga bruta tren principal

La Tabla A2-6 muestra que el B747-400 es la aeronave crítica con base en el espesor requerido sin embargo, el A300-B4 podría también considerarse como crítico porque su espesor requerido está muy cerca del B747-400. En este ejemplo el B777-200 no es la aeronave crítica a pesar de su alto ACN por su número de Interacciones relativamente bajo.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	13 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Cuadro A2-6. Evaluación Técnica. Determinación Aeronave Crítica

Aeronave	Peso operativo lb	Espesor requerido (in.)
B727-200	185,000	13.0
B737-300	130,000	13.2
A319-100	145,000	11.1
B747-400	820,000	14.1
B767-300ER	370,000	12.8
DC8-63	330,000	12.5
A300-B4	370,000	13.6
B777-200	600,000	11.5

Table A2-7. Salidas Equivalenten Anuales de Aeronave Crítica

Aeronave	Salidas Anuales	Tipo de tren	(R ₂) Equiv. (2D) Salidas	(W ₂) carga en la rueda	(W ₁) B747-400 Carga en Rueda	(R ₁) B747-400 Salidas Anuales Equivalentes
B727-200	400	D	256	43,938	48,688	194
B737-300	6,000	D	3,840	30,875	48,688	716
A319-100	1,200	D	768	34,438	48,688	268
B747-400	3,000	2D/2D2	3,000	48,688	48,688	3,000
B767-200ER	2,000	2D	2,000	43,938	48,688	1,368
DC8-63	800	2D	800	39,188	48,688	403
A300-B4	1,500	2D	1,500	43,938	48,688	1,041
B777-200	300	3D	468	47,500	48,688	434
	15,200					7,424

Todas las salidas en el tráfico deben ser convertidas a las equivalentes del B747-400 como se muestra en la Tabla 2-7. Observe que este cuadro es idéntico al A2-4 para los ejemplos de pavimentos flexibles.

Antes de poder determinar el peso bruto máximo permisible de la aeronave crítica con la aplicación COMFAA el tráfico previsto reportado de salidas anuales deberá convertirse a Interacciones totales (Interacciones de por vida). Como se indicó anteriormente, como en general se obtiene combustible en el aeropuerto y hay calle de rodaje paralela deberían utilizarse las siguientes relaciones:


$$P/TC=1$$

$$P/C= 3,46$$

$$TC/C= 3,46$$

$$\text{Interacciones totales} = 7,424 * 20 \text{ años} \div 3,46 = 42,913$$

Los datos de entrada para la aplicación COMFAA (en modo de diseño de pavimento) son:

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	14 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Aeronave Crítica	B747-400
Interacciones	42,913
Porcentaje de peso en tren principal	95.0 %
Presión de inflado de llantas	200 psi (código X) área de contacto de llantas 260.4 sq. in.
Espesor de la losa	14. pulgadas
Resistencia a la flexión de la losa	700 psi
Valor k efectivo de subrasante	200 pci(código C)

Para estas condiciones se puede utilizar el COMFAA para iterar una solución ajustando el peso bruto de la aeronave hasta que se obtenga el espesor conocido del pavimento. En este ejemplo el peso bruto permisible calculado del B747-400 es de 762,000 libras. Cambiando el COMFAA a modo de ACN e ingresando el peso permisible calculado obtenemos un ACN de 61.3/R/C para el B747-200. El PCN final recomendado será 61/R/C/W/T. Como se mencionó antes aunque ninguna aeronave del conjunto excede el código de inflado de llantas X, este código para pavimento rígido es generalmente W.

Basado en los ACN de la Tabla A2-5 se puede observar que el B747-400, el BC8-63, el A300-B4, y el B777-200 deberían restringirse en sus operaciones en esta pista debido a que todos sus ACN respectivos 68/R/C, 62/R/C, 67/R/C y 77/R/C son mayores que el PCN obtenido de 61/R/C/W/T. Aparentemente este pavimento no está preparado para recibir el tráfico existente así que deberán restringirse los pesos operacionales o bien aceptar que la vida útil del pavimento será menor que la de diseño. En el Apéndice 3 se hace un análisis de esta situación y de los requerimientos para hacer los ajustes necesarios.

b. Ejemplo 2. Pavimento Rígido. Este ejemplo tiene los mismos datos que el anterior excepto que el espesor de la losa se ha aumentado a 16 pulgadas. Los datos de entrada al COMFAA son los siguientes:

Aeronave Crítica	B747-400
Interacciones	42,913
Porcentaje de peso en tren principal	95.0 %
Presión de inflado de llantas	200 psi (código X) área de contacto de llantas 260.4 sq. in.
Espesor de la losa	16 pulgadas
Resistencia a la flexión de la losa	700 psi
Valor k efectivo de subrasante	200 pci(código C)

Para estas condiciones el peso bruto permisible calculado es de 890,000 libras. El ACN B747-400 es 76.2/R/C para un PCN recomendado de la pista de PCN 76/R/C/W/T.

Puede observarse en la Tabla A2-5 que todas las aeronaves del tráfico tienen ACNs menores que el PCN recomendado. Puede por lo tanto asumirse con seguridad que el pavimento de esta pista puede asumir el tráfico existente durante su vida útil de diseño y no se requiere ningún ajuste en la sección transversal del pavimento.


c. Ejemplo 3. Pavimento Rígido. El único cambio en este ejemplo con respecto al anterior es que las aeronaves no obtienen combustible en el aeropuerto. Utilizando la Tabla A1-3, la relación P/TC cambia de 1 a 2. Utilizando la Ecuación A1-2 la relación TC/C para el B747-400 será:

$$TC/C = 3.46 \div 2 = 1.73$$

Donde:

$$P/TC = 2$$

$$P/C = 3.46$$


 <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	15 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Por tanto las Interacciones de por vida serán: $7,424 * 20 \text{ años} + 1.73 = 85,827$

Los parámetros de entrada para la aplicación COMFAA en el modo de espesor de pavimento serán:

Aeronave Crítica	B747-400
Interacciones	85,827
Porcentaje de peso en tren principal	95.0 %
Presión de inflado de llantas	200 psi (código X) área de contacto de llantas 260.4 sq. in.
Espesor de la losa	16 pulgadas
Resistencia a la flexión de la losa	700 psi
Valor k efectivo de subrasante	200 pci(código C)

Para estas condiciones el peso bruto permisible para el B747-400 es de 851,000 libras. El ACN del B747-400 es 71,6/R/C, para un PCN recomendado de PCN 72/R/C/W/T. Esta clasificación podría requerir que el B777 tenga pequeñas restricciones de peso. Sin embargo como no se obtiene combustible adicional, su peso de aterrizaje probablemente ya sea menor que la posible restricción.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	1 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

APÉNDICE 3. EVALUACIÓN DE SOBRECARGAS EN PAVIMENTOS MEDIANTE EL SISTEMA ACN-PCN

1.0 GUÍA PARA EVALUACIÓN DE SOBRECARGA DE PAVIMENTOS. Durante la vida útil de un pavimento existe la posibilidad de que en el tráfico actual o futuro se excedan las cargas más allá de la clasificación que le fue otorgada. La OACI tiene implementado un método simplificado para contabilizar sobrecargas menores en el cual estas pueden ajustarse mediante la aplicación de un porcentaje fijo al PCN existente.

El procedimiento de OACI para operaciones con sobrecarga se encuentra basado en tráficos menores o limitados que posean un ACN mayor al PCN reportado. Las cargas que sean mayores que el PCN definido acortarán la vida útil de diseño del pavimento mientras que cargas más pequeñas producirán deterioro en el pavimento a una tasa reducida. En su comportamiento estructural de los pavimentos no fallan catastróficamente, salvo que se produzca una sobrecarga masiva. Debido a esto son aceptables las sobrecargas pequeñas que puedan producir las aeronaves. Esto tendrá un impacto menor en la expectativa de vida del pavimento y una aceleración pequeña en su deterioro. Para este tipo de sobrecargas en las cuales la magnitud de la sobrecarga y/o frecuencias no ameriten un análisis técnico detallado se sugieren los siguientes criterios:

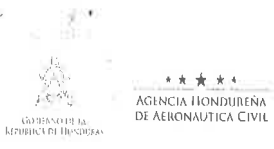
- No deberían verse afectados pavimentos flexibles con ciclos ocasionales de tráfico de aeronaves con un ACN que no exceda el 10% de PCN publicado.
- No deberían verse afectados pavimentos rígidos o compuestos con ciclos ocasionales de tráfico de aeronaves con un ACN que no exceda el 5 % del PCN publicado.
- El número total de ciclos de tráfico con sobrecarga no debería exceder aproximadamente en un 5 % el número total anual de ciclos de tráfico.
- No deberían permitirse sobrecargas en pavimentos que muestren signos de deterioro, durante los períodos de deshielo luego de heladas o cuando la resistencia del pavimento o de la subrasante hayan sido debilitadas por el agua.
- Donde se manejan operaciones con sobrecargas, la autoridad aeroportuaria debería revisar las condiciones más importantes del pavimento regularmente y también revisar periódicamente los criterios para operaciones con sobrecargas debido a que una repetición excesiva de éstas puede causar un severo acortamiento en su vida útil o bien requerir de una rehabilitación mayor.

Ciertamente estos criterios dan poca orientación a la autoridad aeroportuaria en cuanto al impacto de estas operaciones con sobrecarga en el pavimento, en términos de reducción de la vida útil o el aumento de los requerimientos de mantenimiento. Este apéndice trata sobre los métodos para hacer concesiones de sobrecargas en pavimentos rígidos y flexibles que claramente indiquen estos efectos y permitan a la autoridad determinar el impacto económico y de vida útil de ellos.

1.1 Guía de Sobrecarga. La guía de evaluación de sobrecarga en este apéndice se aplica principalmente a los pavimentos flexibles que tienen valores de PCN que fueron establecidos mediante el método técnico. Los pavimentos que su clasificación se haya efectuado mediante el método de la aeronave podrán utilizar la guía para evaluación de la sobrecarga proveída por la OACI. Los procedimientos que se presentan aquí se basan en la aplicación COMFAA.

Los ajustes para sobrecargas en pavimentos inician con el supuesto de que algunas aeronaves en la mezcla de tráfico tienen ACN que exceden el PCN. Si se han seguido todos los pasos descritos en el Apéndice 2 para el método técnico, ya fueron obtenidos la mayoría de los datos necesarios para ejecutar un análisis de sobrecarga.

Para el primer ejemplo de pavimento flexible del apéndice 2 se encontró que el B747-400 y el A300-B4 tenían un ACN que excedía la clasificación recomendada de la pista. De igual forma para el primer ejemplo de pavimento rígido los ACN del B747-400, A300-B4, DC8-63 y B777-200 excedían la clasificación recomendada de la pista. Individualmente ninguna de las aeronaves en la mezcla de tráfico posee

 <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	2 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

requerimientos mayores que los espesores de pavimento existentes, no obstante aún cuando todas las aeronaves de la mezcla de tráfico fueron consideradas para obtener el peso bruto máximo para la aeronave crítica, el PCN recomendado no es el adecuado para los aviones más grandes. Para resolver esta clase de problemas la autoridad aeroportuaria tiene tres opciones cuando hace la selección de la clasificación de resistencia de un pavimento:

1. Deja el PCN como se obtuvo a partir del método de evaluación técnica pero tiene el conocimiento de que hay algunas aeronaves que puede permitir su operación con un ACN mayor que el PCN publicado, o bien hacerlo con restricciones de peso para no sobrepasar el PCN.
2. Aumenta el PCN engrosando el pavimento o reconstruyéndolo para poder operar aeronaves con ACN más altos.
3. Ajusta su PCN al valor de la aeronave con el ACN más alto y reconoce que tendrá que efectuar un mantenimiento mayor que finalmente resultará en una reconstrucción o recarpeteo antes de lo planeado.

La primera opción requiere que la autoridad aeroportuaria esté constantemente al cuidado de la totalidad del tráfico en términos de pesos operacionales y frecuencia de las cargas. Si el conjunto de tráfico tiene cambios que afecten los factores que intervinieron en el método técnico de evaluación del PCN luego este tendrá que ajustarse de manera que se reflejen los cambios. También tendrá que hacer concesiones internas o bien evitar operaciones de aeronaves que excedan el PCN.

La segunda opción elimina los problemas que tratamos al discutir la primera opción pero requiere de gastos adicionales para llevar el pavimento a la resistencia requerida por todas las aeronaves en el tráfico. Sin embargo al aumentar la capacidad de carga del pavimento permitirá las operaciones a la resistencia requerida y por el período de diseño completo.

La tercera opción tiene el beneficio de permitir a todas las aeronaves en la combinación de tráfico operar a como sea necesario. No obstante al aumentar el PCN artificialmente, la vida útil del mismo se reducirá a menos que se aumente su espesor.


Cada una de estas opciones será tratada en las partes siguientes, primero para pavimentos flexibles y luego para los rígidos.

1.2 AJUSTES PARA SOBRECARGAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES. La manera más eficiente de describir los procedimientos para sobrecargas en pavimentos flexibles es hacer referencia al ejemplo 1 en el Apéndice 2 (Párrafo 2.2a). En este ejemplo encontramos dos aeronaves que excedían la capacidad del pavimento. La clasificación que se derivó fue PCN 56/B/F/X/T con el tráfico operando en la pista de la Tabla A2-3.

a. Caso 1. Sobrecarga en Pavimento Flexible. La Tabla A2-3 indica que el B747-400 operó a un peso bruto de 820,000 libras con un ACN de 57/F/B. Una reducción de los pesos brutos al PCN nominal de 56/F/B/X/T daría lugar a peso bruto de 797,500 libras para el B747-400 y de 366,500 libras para el A300-B4. Aunque la restricción en los pesos operación resuelve el problema de la carga sobre el pavimento, tiene la desventaja de que restringe la operación de la aerolínea. Además tendrían que restringirse también nuevos tráficos de aeronaves con ACN mayores que el PCN.

b. Caso 2. Sobrecarga en Pavimentos Flexibles. En vez de restringir los pesos de operación de las aeronaves el aeropuerto podría reconstruir el pavimento agregando una capa adicional. Los pasos de cálculo para determinar la sobre capa para un pavimento flexible son:

- Construir un gráfico ACN versus peso bruto como el que se muestra en la Figura A3-1, para la aeronave crítica (B747-400) con el mismo tipo de código de la subrasante que se determinó anteriormente. Los datos para hacer el gráfico se pueden obtener con la aplicación COMFAA calculando el ACN a diferentes pesos brutos. Observe en la figura que la relación entre el ACN y el peso bruto no es una línea recta sino más bien una curva suave

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	3 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

debido a que se deriva de un cálculo repetitivo del ACN para distintos pesos brutos en vez de conectar simplemente los valores máximo y mínimo.

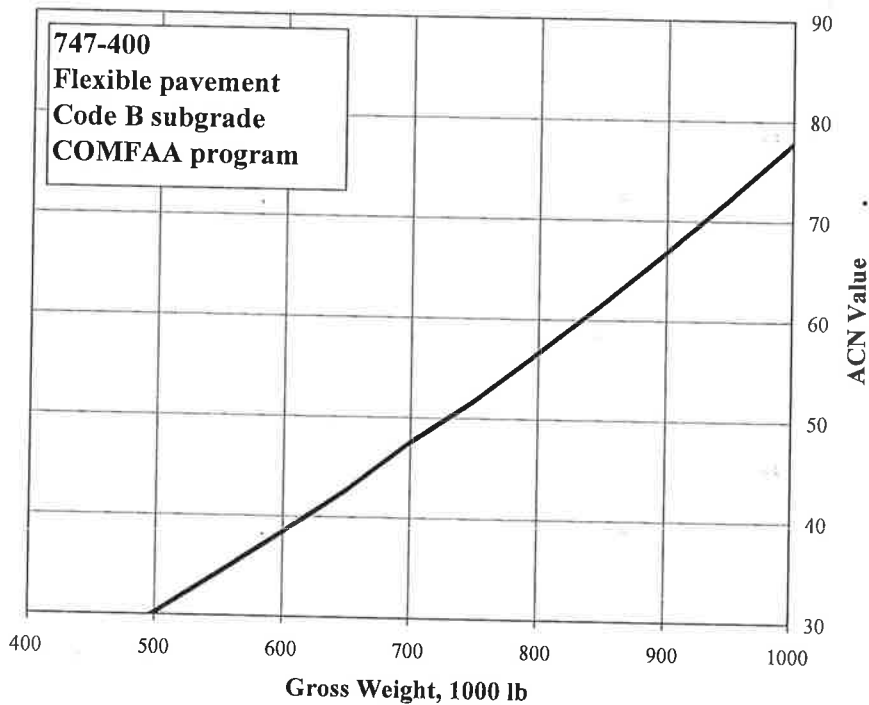



Figura A3-1. ACN del B747-400 Versus Peso Bruto

- Utilice la aplicación COMFAA para los datos de la vida útil del pavimento versus el ACN, como se muestra en la Figura A3-2. Este grafico es similar al que se encuentra en la Sección 7 del manual ACAP del fabricante excepto que el CBR y el espesor del pavimento no se muestran porque ya fueron fijados. Por ejemplo, tenemos cuatro parámetros básicos para el diseño de pavimentos:
 - CBR de la subrasante.
 - Espesor del pavimento
 - Peso bruto de la aeronave
 - Volumen de tráfico y vida útil

Para estos cuatro elementos las únicas variables son el peso bruto y la vida útil en términos de los ciclos de tráfico anual. Al relacionar el peso bruto con el ACN (como se hizo en la figura A3-1), el ACN puede ser sustituido en el eje de las abscisas de la Figura A3-2. Para cada vida útil de pavimento se puede encontrar un peso bruto que satisfaga el CBR de la subrasante y el espesor del pavimento, los cuales luego se convierten en un ACN. La Tabla A3-1 contiene parte de los datos que se utilizaron en la aplicación COMFAA para construir las curvas de las Figura A3-2 para el B747-400 con un CBR de 9 de la subrasante.

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	4 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

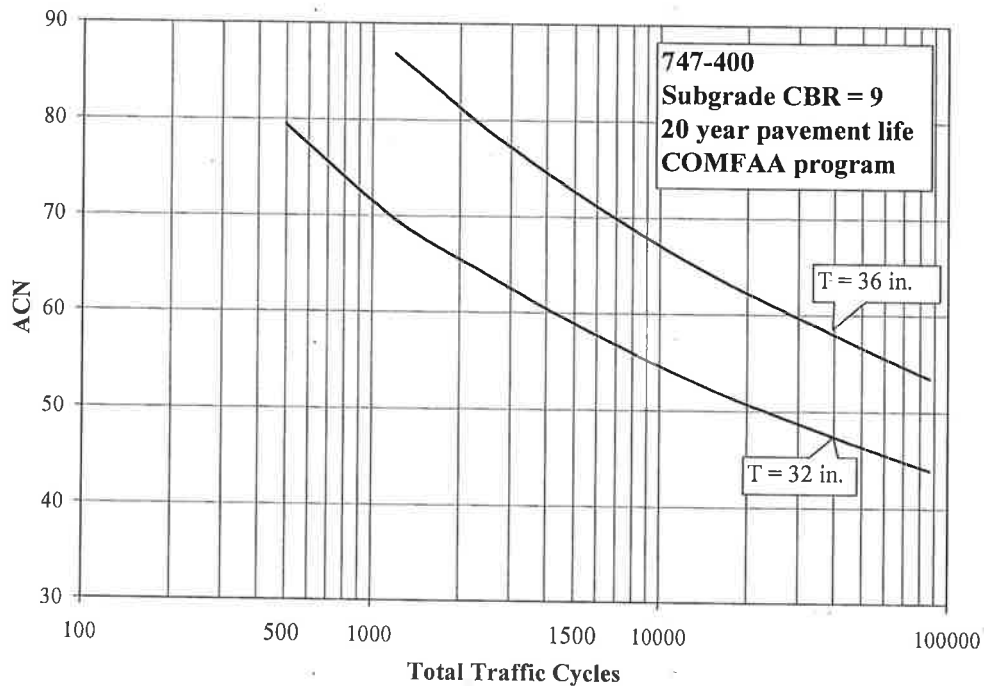



Figura A3-2 Vida Útil de Pavimento Flexible Versus ACN

Cuadro A3-1. Los datos para la construcción de curvas de vida útil del pavimento flexible para B747-400

B747-400	Interacciones	T=32	T=32	T=36	T=36
Salidas anuales	(P/C = 1.73)	Peso Bruto	ACN	Peso Bruto	ACN
500	5,780	1,014,000	79.4	--	--
1,200	13,873	926,000	69.6	1,075,000	86.8
2,400	27,746	875,000	64.2	1,013,000	79.3
3,000	34,682	858,000	62.5	994,500	77.2
5,000	57,803	822,500	58.9	953,400	72.6
7,424	85,827	797,500	56.4	923,000	69.3
20,000	231,214	738,500	50.7	855,000	62.2
50,000	578,035	690,400	46.3	800,000	56.6
86,500	1,000,000	664,000	43.9	768,000	53.5

Nota: Pass para el índice de cobertura determinado para configuración del avión, reportados por los fabricantes de aviones para calcular el valor de ACN (carga bruta, centro de gravedad, presión de los neumáticos).

Ahora podemos relacionar los efectos del peso bruto, ACN y vida útil del pavimento combinando los dos gráficos como se muestra en la Figura A3-3. El lado izquierdo de la figura es el gráfico de la Figura A3-1 mientras que el lado derecho es el gráfico de la Figura A3-2. Ahora puede observarse que cómo el peso bruto de la aeronave crítica de 797,500 libras (PCN 56/F/B/X/T) se iguala con los 7,424 ciclos de tráfico equivalente del B747-400 anuales por 20 años. Si aumentáramos el PCN a 69/F/B/X/T para alojar los pesos más altos el número de ciclos de tráfico para la aeronave crítica con 923,000 libras de peso bruto se

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	5 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

reduciría a 1,254 anuales durante 20 años de vida útil. Esto efectivamente reduciría la vida útil del pavimentos de 20 a apenas 3 años ($1,254 * 20 \div 7,424 = 3.38$).

Este ejemplo nos muestra que un pavimento de 32 pulgadas de espesor se encuentra por debajo del espesor de diseño para el tráfico esperado en los próximos 20 años. Por lo tanto es razonable esperar que será necesario un carpeteo adicional que complete un espesor efectivo de 36 pulgadas para que el pavimento dure 20 años con las 7,424 salidas anuales. Esto se puede ver gráficamente en la figura A3-3. También se puede ver en esta figura que para cualquier combinación de pesos brutos de aeronave crítica en términos de ACN podemos conocer la vida útil del pavimento. De esta forma la autoridad aeroportuaria puede determinar fácilmente con un gráfico de este tipo las concesiones que puede hacer para sobrecarga en el tráfico. Además ahora tiene la información necesaria para asignar un PCN. Si se aumenta el PCN a un nivel que permita todo el tráfico actual se puede determinar el espesor de la sobrecapa que será necesario colocar. Además se puede determinar el impacto de la aeronave con el ACN más grande en los requerimientos de espesor de la sobrecapa. Puede ser necesario repetir el proceso si se agregan más aeronaves a la combinación de tráfico debido a que su impacto no se ha contabilizado para este cálculo. De igual forma si hay cualquier cambio significativo en la combinación de tráfico la clasificación debería revisarse.

Este ejemplo solo intenta ilustrar el efecto del espesor del pavimento en la clasificación PCN. Los requerimientos de espesor de sobrecapa para efectos de diseño deberían determinarse utilizando la AC150/5320-6.



AGENCIA HONDUREÑA
DE AERONAUTICA CIVIL

CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
PAGINA	6 de 53
EDICION/REVISIÓN:	Original
FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

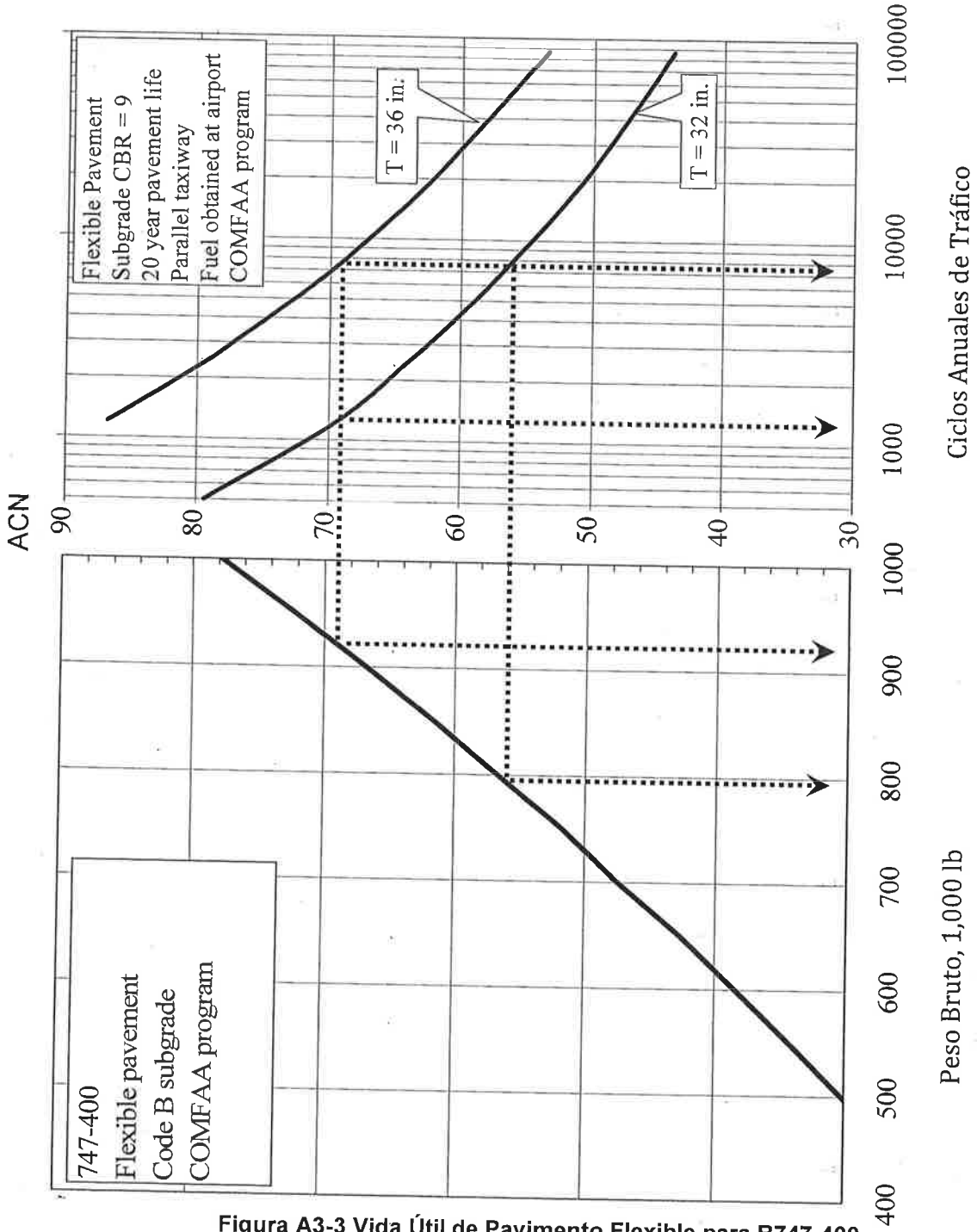



Figura A3-3 Vida Útil de Pavimento Flexible para B747-400

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	7 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

c. **Caso 3. Sobrecarga en Pavimento Flexible.** Este ejemplo ilustrará el efecto de la sobrecarga permisible de la OACI según la cual la sobrecarga no será mayor al 10% del PCN y el número de ciclos de tráfico no excede el 5% del total anual.

La Tabla A2-3 se repite aquí como Tabla A3-2 pero con una nueva aeronave adicionada a la combinación de tráfico con un ACN 10% mayor que el PCN de 56/F/B/X/T. El número total de salidas anuales como se muestra en la Tabla A2-4 es de 15,200 en la cual 760 es el 5% del total. Este monto se muestra en la Tabla A3-3.

Tabla A3-2. Avión flexible sobrecarga Pavimento Alta

Aeronave	Peso operativo, (lbs)	Presión del neumático (psi)	ACN F/B	Salidas Anuales	Flexible **P/C	Requerido, (in.)
B727-200	185,000	148	48	400	2.92	22.6
B737-300	130,000	195	35	6,000	3.79	22.7
A319-100	145,000	196	35	1,200	3.18	20.3
B747-400	820,000	200	59	3,000	1.73	30.9
B767-300ER	370,000	190	52	2,000	1.80	27.9
DC8-63	330,000	194	52	800	1.68	26.6
A300-B4	370,000	205	57	1,500	1.75	29.3
B777-200	600,000	215	51	300	1.42	28.0
L1011-500	463,000	184	62	760	1.80	28.6

** Flexible P / C, determinada a 95 por ciento de la carga bruta tren principal


Al calcular la aeronave crítica para una cantidad anual equivalente de despegues de 7,934 el peso bruto permisible se reduce de 979,500 a 793,500 libras para un ACN de 56.0/F/B. Además para el mismo peso bruto permisible de 797,500 libras t un ACN de 56.4/F/B el espesor del pavimento debería aumentarse a 32.13 pulgadas en vez de las 32 pulgadas actuales.

Este ejemplo muestra el impacto en el espesor del pavimento y en el PCN para una nueva aeronave que se encuentra dentro de los lineamientos de la OACI de no más del 10% de sobrecarga y no más de 5% en el aumento del tráfico. Sabiendo el impacto que puedan tener nuevas aeronaves en el espesor del pavimento, la autoridad aeroportuaria puede tomar decisiones sobre sus efectos relativos.

Aunque estos ejemplos fueron para las condiciones específicas que fueron descritas, esta metodología puede también ser aplicada a cualquier otra condición de sobrecarga en el tráfico.

Cuadro A3-3. Pavimento Flexible Nuevo Avión Tráfico Equivalente

Aeronave	Salidas Anuales	Tipo de tren	(R ₂) Equiv. (2D) Salidas	(W ₂)	(W ₁)	(R ₁)
				Carga en Ruedas (lbs)	B747-400 Carga en Ruedas (lbs)	B747-400 Equiv. Salidas Anuales
B727-200	400	D	256	43,938	48,688	194
B737-300	6,000	D	3,840	30,875	48,688	716
A319-100	1,200	D	768	34,438	48,688	268
B747-400	3,000	2D/2D2	3,000	48,688	48,688	3,000
B767-300ER	2,000	2D	2,000	43,938	48,688	1,368
DC8-63	800	2D	800	39,188	48,688	403
A300-B4	1,500	2D	1,500	43,938	48,688	1,041
B777-200	300	3D	468	47,500	48,688	434
L1011-500	760	2D	760	54,981	48,688	510
	15,960					7,934

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	8 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

1.3 AJUSTES PARA SOBRECARGAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS. Como hicimos con los casos de sobrecarga en pavimentos flexibles, los procedimientos para sobrecarga en pavimentos rígidos pueden explicarse mejor continuando con el análisis de la evaluación técnica de pavimentos del primer ejemplo del Apéndice 2 (Párrafo 2.4a). En este ejemplo, donde se obtuvo un PCN de 61/R/C/W/T se encontró que el B747-400, el A300-B4, EL B777-200 Y EL DC863 excedían la capacidad del pavimento como se mostró en la Tabla A2-5. Esta situación requiere que se hagan ajustes para permitir que estas aeronaves operen a sus pesos brutos óptimos. Estos ajustes tendrán que ver con o reducir la vida útil del pavimento o bien engrasar el pavimento para aumentar su resistencia.

Un segundo caso de sobrecarga examina el efecto de un tráfico ocasional de aeronaves con un ACN mayor que el PCN.

a. Caso 1. Sobrecarga en Pavimento Rígido. La evaluación de la sobrecarga en pavimento rígido es similar que en pavimento flexible. Primero es necesario determinar las variables que influyen en la vida del pavimento y luego utilizar la aplicación COMFAA para examinar los resultados. Los pasos necesarios para determinar los efectos de la sobrecarga en pavimentos son:

1. Construya un gráfico de ACN versus peso bruto como se muestra en la Figura A3-4, para la aeronave crítica B747-400 para el tipo de subrasante que se determinó previamente. Observe que la forma de la línea es una curva suave ya que para crearla se utilizaron varios puntos en vez de solo unir el valor máximo y el mínimo. El gráfico de la figura A3-4 puede generarse con la aplicación COMFAA calculando valores de ACN a distintos pesos brutos.
2. Construya un gráfico de ACN versus vida útil del pavimento como se muestra en la figura A3-5. Los datos para la Figura A3-5 pueden generarse con la aplicación COMFAA ingresando primero las repeticiones de carga (Interacciones) [Coverages] en modo de espesor de pavimento y luego ajustando el peso bruto hasta que se logre el espesor de pavimento deseado. Luego, pasando a modo de ACN e ingresando el peso bruto permisible obtenemos el valor ACN. Es posible generar un gráfico como el de la figura A3-5 porque ya conocemos los datos de la clasificación de la subrasante y el espesor del pavimento lo que permite reducir las variables a vida útil del pavimento y peso bruto. Al relacionar el ACN con el peso bruto, como en la figura A3-5, puede utilizarse el ACN en vez de el peso bruto en el eje de las ordenadas del gráfico de la Figura A3-5. Cada uno de estos pasos se ilustrarán utilizando los datos del primer ejemplo para pavimento rígido en el Apéndice 2.



AGENCIA HONDUREÑA
DE AERONÁUTICA CIVIL

CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
PAGINA	9 de 53
EDICION/REVISIÓN:	Original
FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

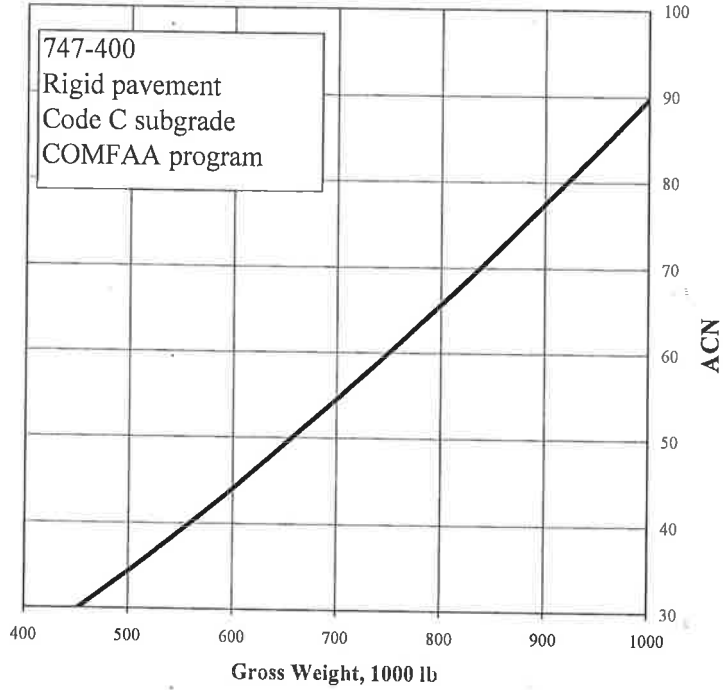
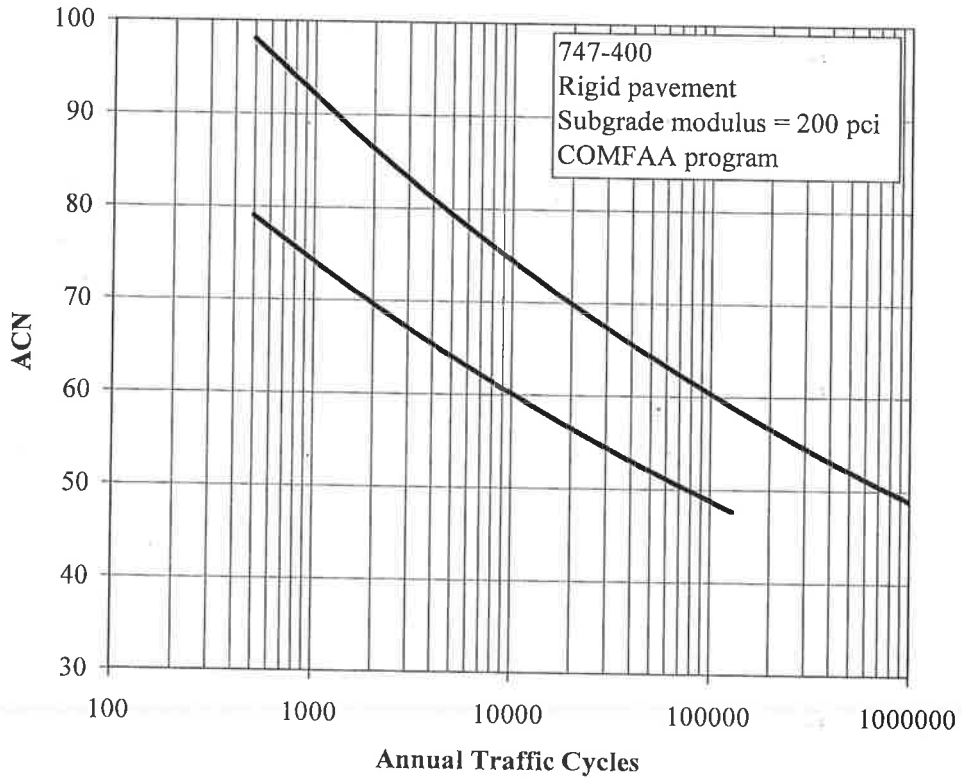


Figura A3-4. ACN de B747-400 en Pavimento Rígido Versus Peso Bruto





	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	10 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Figura A3-4. Vida Útil con B747-400 en Pavimento Rígido Versus ACN

Cuadro A3-4. Los datos para la construcción de curvas de vida útil del pavimento rígido de B747-400

Ciclos anuales de tráfico	repeticiones de carga (Interacciones) (P/C = 3.46)	T=14 peso bruto ht (lbs)	T=14		T=16	
			ACN	peso bruto ht (lbs)	ACN	peso bruto ht (lbs)
500	2,890	910,000	78.6	1,063,000	97.7	
1,200	6,936	871,000	73.9	1,015,000	91.6	
2,400	13,873	827,100	68.8	962,000	85.0	
3,000	17,341	813,500	67.2	947,000	83.1	
5,000	28,902	783,900	63.8	913,500	79.0	
7,424	42,913	762,000	61.3	890,000	76.2	
20,000	115,607	714,500	56.1	835,000	69.7	
50,000	289,017	675,000	51.8	786,250	64.1	
86,500	500,000	654,000	49.6	760,000	61.1	
129,750	750,000	638,500	48.0	742,000	59.1	

- Ahora es posible relacionar los efectos del peso bruto, ACN y vida útil del pavimento combinando estos dos gráficos como se muestra en la Figura A2-6. El lado derecho de la figura es el gráfico de la Figura A3-4, mientras que el gráfico de la izquierda es el de la Figura A3-5. Podemos observar que la clasificación PCN 61/R/B/W/T para un pavimento de 14 pulgadas se iguala con los 7,424 ciclos por año del B747-400 con un peso de 762,000 libras.
- La línea para un espesor de 16 pulgadas en las Figuras A3-5 y A3-6 muestran como la vida útil del pavimento aumentó con la adición de dos pulgadas de concreto. Esta línea se ha incluido no para hacer ver que una capa adicional de dos pulgadas es recomendable sin más bien para mostrar el efecto que produce el aumento en el espesor. Como puede verse un pavimento de 16 pulgadas puede soportar el B747-400 con 890,000 libras de peso. Alternativamente con un peso bruto de 762,000 libras el B747-400 puede operarse en un pavimento más delgado por alrededor de 85,000 ciclos anuales. Lo que no se muestra directamente en la Figura A3-6 es que un pavimento de 15 pulgadas (una pulgada adicional) puede permitir la operación de 25,000 ciclos de tráfico anuales del B747-400 con 762,000 libras de peso.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	11 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

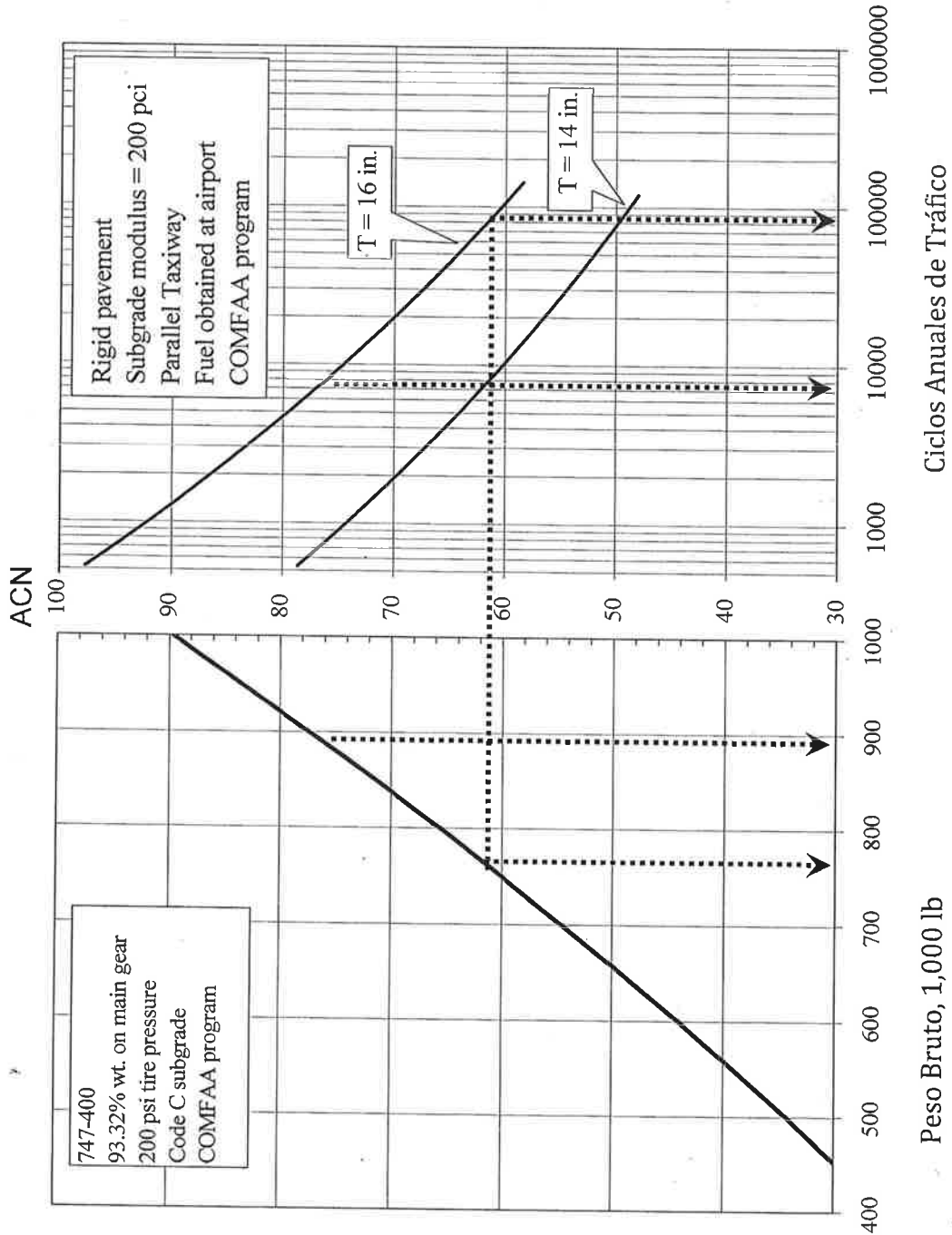



Figura A3-6. Vida Útil de Pavimento para B747-400

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA:	12 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA:	Febrero/2016

b. **Caso 2. Sobrecarga en Pavimento Rígido.** Este ejemplo ilustra el efecto de la sobrecarga permisible de la OACI en la que el ACN no puede ser mayor al 5% del valor PCN y el número de ciclos de tráfico no exceda en más de un 5% del tráfico anual total.

La Tabla A2-5 se repite aquí como Tabla A3-5, pero con una nueva aeronave agregada a la combinación de tráfico. El ACN de la nueva aeronave es un 5% mayor que el PCN de 61/R/C/W/T. Las 760 salidas anuales representa el 5% de las 15,200 salidas anuales como se muestra en la Tabla A2-4.

Cuadro A3-5. Pavimento Rígido Ejemplo sobrecarga con nuevo avión


Aeronave	Peso operativo, lbs	Presión de neumático (psi)	ACN (R/C)	** P/C	Salidas Anuales	repeticiones de carga
B727-200	185,000	148	55	2.92	400	2,740
B737-300	130,000	195	38	3.79	6,000	31,662
A319-100	145,000	173	42	3.18	1,200	7,547
B747-400	820,000	200	68	3.46	3,000	17,341
B767-300ER	370,000	190	58	3.60	2,000	11,111
DC8-63	330,000	194	62	3.35	800	4,776
A300-B4	370,000	205	67	3.49	1,500	8,596
B777-200	600,000	215	77	4.25	300	1,412
A300-600R	362,250	231	64	3.39	760	4,484

** PC rígido determinado a 95 por ciento de la carga bruta tren principal y en las características de operación recomendadas fabricante para el cálculo de ACN


Seguidamente es necesario determinar el nuevo número total de salidas de la aeronave crítica B747-400. Para hacer esto la Tabla A2-7 se muestra aquí como la Tabla A3-6 con el nuevo A300-600R incluido. Como se puede ver en esta tabla, el número de salidas equivalentes del B747-400 ha aumentado de 7,424 a 7,934. Las nuevas salidas equivalentes de 7,934 se convierten en 45,861 repeticiones de carga en su vida útil ($7,934 * 20 \div 3,46 = 45,861$). A partir de la aplicación COMFAA se calcula que el nuevo peso bruto permisible para el B747-400 es de 758,000 libras y su ACN para este peso es de 60.9/R/C

Cuadro A3-6 Salidas equivalentes anuales de aeronave crítica

Aeronave	Salidas Anuales	Tren principal	(R ₂) carga de la rueda	(W ₂) carga en la rueda	(W ₁) B747-400 carga de la rueda	(R ₁) B747-400 Salidas Equiv. Anuales
727-200	400	D	256	43,938	48,688	194
737-300	6,000	D	3,840	30,875	48,688	716
A319-100	1,200	D	768	34,438	48,688	268
B747-400	3,000	2D/2D2	3,000	48,688	48,688	3,000
B767-200ER	2,000	2D	2,000	43,938	48,688	1,368
DC8-63	800	2D	800	39,188	48,688	403
A300-B4	1,500	2D	1,500	43,938	48,688	1,041
B777-200	300	3D	468	47,500	48,688	434
A300-600R	760	2D	760	42,988	48,688	510
	15,960					7,934

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	13 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

El nuevo PCN recomendado debería ser PCN 61/R/C/W/T. Note que este nuevo PCN es el mismo que el existente debido al redondeo. Alternativamente el efecto en el espesor del pavimento puede verse manteniendo el peso bruto de la aeronave crítica a las mismas 762,000 libras. El espesor resultante de la losa de concreto es de 10.04 pulgadas. El aumento de 0.04 pulgadas no es práctico ni para medirlo ni para constructivos

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-009
	ASUNTO:	Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos-PCN
	PAGINA	1 de 53
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

APÉNDICE 4. MATERIAL DE LECTURA RELACIONADO

Las siguientes publicaciones fueron utilizadas en la elaboración de esta Circular de Asesoramiento:

a. AC 150/5320-6, Airport Pavement Design and Evaluation. This publication is available free of charge from the Department of Transportation, Section, M-442.32, Washington, DC, 20590.

c. ICAO Bulletin, Official Magazine of International Civil Aviation, Airport Technology, Volume 35, No. 1, Montreal, Quebec, Canada H3A 2R2, January 1980.

MATERIAL DE LECTURA RELACIONADO

Advisory Circular de la FAA No. AC 150/ 5335-5A de fecha 28/09/06.

<http://www.airporttech.tc.faa.gov/naptf/download/index1.asp>

COMENTARIOS:

Comentarios acerca de esta Circular de Asesoramiento favor enviarlos al Departamento de Certificación y Vigilancia de Aeródromos de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil, Tegucigalpa.



Cnel. José Israel Navarro

Director General

AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL