TABLA DE CONTENIDO

1. PRÓPOSITO DE ESTA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO 2
2. QUE CANCELA ESTA CA. 2
3. A QUIEN AFECTA ESTA CA. 2
4. APLICABILIDAD 2
5. PRINCIPALES CAMBIOS DE ESTA REVISIÓN 3

1. Material de Lectura Relacionado. 3

6. EFECTIVIDAD 3
7. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS 4
8. REFERENCIAS DOCUMENTALES 8

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN 9
1.1 ANTECEDENTES. 9
1.2 DESARROLLO DE UN MÉTODO ESTANDARIZADO. 9
1.3 Nueva Definición 10
1.3.1 Definición de ACR 10
1.3.2 Definición del PCR. 10
1.3.3 Metodología del Sistema. ¿Por qué CAMBIAR DE METODO? 10
1.4 Aplicación. 11
1.5 Limitaciones del sistema ACR-PCR. 11
CAPITULO 2. DETERMINACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LA AERONAVE. 12
2.1 Determinación del ACR. 12
2.2 Categoría de la subrasante. 12
2.3 Frecuencia operativa. 12
2.4 ACR rígido y flexible. 13
2.5 Cálculo de ACR. 13
2.6 Variables involucradas en la determinación de los valores de ACR. 13
CAPÍTULO 3. Determinación de los valores de ACR y PCR 15
3.1 Modelos matemáticos. 15
3.2 OACI-ACR 1.3 y FAARFIELD 2.0. 15
3.3 FAARFIELD 2.0. 15
3.4 Biblioteca externa de aeronaves. 16
3.5 Cómo se determinan los ACR. 16
CAPÍTULO 4. Determinación del valor numérico de PCR 30
4.1 Concepto PCR. 30
4.2 Determinación del valor numérico de PCR. 30
4.3 Uso del método de la Aeronave Usuaria para determinar el PCR. 30
4.4 Método de evaluación técnica para determinar el PCR. 31
4.5 Notificación del PCR. 37
APÉNDICE A. TRÁFICO EQUIVALENTE 42
APÉNDICE B. EJEMPLOS DE DETERMINACIÓN DEL PCR. 48
APÉNDICE D. NOTIFICACIÓN DE CAMBIOS EN DETERMINADOS ELEMENTOS DE LOS DATOS DE LA PISTA 105
APÉNDICE E. MATERIAL DE LECTURA RELACIONADO 107
APÉNDICE F. FORMULARIO DE COMENTARIOS A ESTA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO 108

1. PRÓPOSITO DE ESTA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO

Esta circular de Asesoramiento (CA) provee una guía para la presentación de informes sobre el uso del método estandarizado de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), para reportar la resistencia de los Pavimentos Aeroportuarios. El método estandarizado es conocido como el Índice de Clasificación de Aeronave – Índice de Clasificación de Pavimento (ACR-PCR). Asimismo, orienta a los explotadores de aeródromos sobre la determinación, notificación y publicación de la resistencia de los pavimentos de pistas, calles de rodaje y plataformas, de conformidad con el Anexo 14, Volumen I, de la OACI y la RAC 14 de Honduras.

2. QUE CANCELA ESTA CA.

Esta Circular, cancela la Circular SDT-AGA-CIR-02: AHAC-AGA-02 Rev.01, Guía para regular el uso de pavimentos de pista cuando el ACN de la Aeronave es mayor que el PCN de la pista y CA#: AHAC-AGA-009 Rev.01, de fecha 21/01/2016, Método estandarizado para reporte de resistencia de pavimentos de aeródromos- PCN.

3. A QUIEN AFECTA ESTA CA.

Este documento afecta la responsabilidad de todos los operadores de Aeródromos Internacionales y Nacionales en el Estado de Honduras, en particular a los explotadores de aeródromos de uso público cuyos pavimentos estén destinados a aeronaves con masa en plataforma superior a 5 700 kg, así como a los inspectores de aeródromos de la AHAC.

4. APLICABILIDAD

Esta CA no constituye una regulación y no es jurídicamente vinculante por sí misma. Su aplicación es voluntaria y constituye material de orientación para la aplicación del método estandarizado ACR-PCR. Describe un medio aceptable, pero no el único, para cumplir con los requisitos de la RAC 14 y de la RAC 139 relativos a la notificación de la resistencia de los pavimentos. Cuando el explotador de aeródromo opte por un método alternativo, deberá demostrar ante la AHAC que dicho método proporciona un nivel de seguridad operacional equivalente.

5. PRINCIPALES CAMBIOS DE ESTA REVISIÓN

Esta revisión incorpora los siguientes cambios principales:

a) Incorpora el método ACR-PCR adoptado mediante la Enmienda 15 del Anexo 14, Volumen I, plenamente aplicable desde el 28 de noviembre de 2024, en sustitución del método ACN-PCN.
b) Agrega la aplicabilidad de esta CA y precisa su efectividad.
c) Actualiza las definiciones e incorpora las abreviaturas utilizadas en el documento.
d) Sustituye las referencias normativas por la normativa hondureña aplicable (RAC 14 y RAC 139).
e) Incorpora la forma de notificar la resistencia de pavimentos destinados a aeronaves con masa igual o inferior a 5 700 kg.
f) Precisa la notificación y publicación del PCR en la AIP de Honduras.
g) Corrige inconsistencias técnicas y editoriales en los capítulos y en los ejemplos del Apéndice B.
h) Organiza las referencias conforme a las Normas APA (7.ª edición) y agrega el Apéndice F, Formulario de comentarios.

1. Material de Lectura Relacionado.

Las publicaciones enlistadas en el Apéndice E proveen más información acerca del desarrollo y uso del método ACR-PCR

6. EFECTIVIDAD

Esta CA se hace efectiva desde la fecha de su promulgación.

De conformidad con la Enmienda 15 del Anexo 14, Volumen I, el método ACR-PCR es plenamente aplicable desde el 28 de noviembre de 2024. Los explotadores de aeródromos que aún notifiquen la resistencia de sus pavimentos mediante el método ACN-PCN deben determinar el PCR de sus pistas, calles de rodaje y plataformas y remitirlo a la AHAC para su publicación en la AIP de Honduras.

7. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Aeródromo. Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.
Área de aterrizaje. Parte del área de movimiento destinada al aterrizaje o despegue de aeronaves.

Actuación humana. Capacidades y limitaciones humanas que repercuten en la seguridad y eficiencia de las operaciones aeronáuticas.
Área de maniobras. Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas.

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

Área de trabajos. Parte de un aeródromo en que se están realizando trabajos de mantenimiento de construcción.

Alcance visual en la pista (RVR). Distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie o las luces que la delimitan o señalan su eje.

Densidad de tránsito de aeródromo.

i. **Reducida.** Cuando el número de movimientos durante la hora punta media no es superior a 15 por pista, o típicamente inferior a un total de 20 movimientos en el aeródromo.
ii. **Media.** Cuando el número de movimientos durante la hora punta media es del orden de 16 a 25 por pista, o típicamente entre 20 a 35 movimientos en el aeródromo.
iii. **Intensa**. Cuando el número de movimientos durante la hora punta media es del orden de 26 o más por pista o típicamente superior a un total de 35 movimientos en el aeródromo.

Explotador de aeródromo. Se refiere al titular del Certificado de Operación de Aeródromo. Persona individual o jurídica, de derecho público o privado, nacional o extranjera, a la que se le ha otorgado, la explotación comercial, administración mantenimiento y funcionamiento de un aeródromo.

Explotador Aéreo. Persona, organización o empresa involucrada en la operación de una aeronave.

Incursión de pista. Todo suceso en un aeródromo que suponga la presencia incorrecta de una aeronave, vehículo o persona en el área protegida de una superficie designada para el aterrizaje o despegue de una aeronave.

Lugar crítico (Hot Spot). Sitio de un área de movimiento del aeródromo donde ya han ocurrido colisiones o incursiones en pista o donde hay más riesgo de que ocurran y donde se requiere mayor atención de los pilotos/conductores.

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

Operador del aeródromo. Entidad, persona física o jurídica autorizada para operar un aeródromo, titular del Certificado de Aeródromo. Responsable de la operación del aeródromo, mediante la gestión de operaciones, la gestión del mantenimiento y la gestión del riesgo.

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

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

Servicio de dirección de plataforma. Servicio proporcionado para regular las actividades y el movimiento de las aeronaves y vehículos en la plataforma.

Señal. Símbolo o grupo de símbolos expuestos en la superficie del área de

movimiento a fin de transmitir información aeronáutica

Vía de vehículos. Un camino de superficie establecido en el área de movimiento destinado a ser utilizado exclusivamente por vehículos.

Aeronave crítica (para el cálculo del PCR). Aeronave de la combinación de tránsito que produce la mayor contribución al factor de daño acumulativo (CDF) y cuyo ACR, calculado a su peso bruto máximo admisible, determina el valor del PCR.

Carga derivada de rueda única (DSWL). Carga aplicada por una rueda única, con una presión de inflado normalizada de 1,50 MPa (218 psi), que produce en la estructura de pavimento de referencia el mismo efecto que el tren de aterrizaje principal de la aeronave evaluada.

Factor de daño acumulativo (CDF). Relación entre el número de repeticiones de carga aplicadas y el número de repeticiones admisibles hasta la falla. Un CDF igual a 1,0 indica que se ha consumido la vida estructural del pavimento.

Índice de clasificación de aeronaves (ACR). Cifra que expresa el efecto relativo de una aeronave, con una masa y una configuración del tren de aterrizaje determinadas, sobre un pavimento, para una categoría normalizada de resistencia de la subrasante.

Índice de clasificación de pavimentos (PCR). Cifra que expresa la resistencia de un pavimento para operaciones sin restricciones.

Operación con sobrecarga. Operación de una aeronave cuyo ACR excede el PCR publicado para el pavimento utilizado.

Pasada. Movimiento único de una aeronave sobre un punto o una sección del pavimento.

Pavimento flexible. Estructura de pavimento con superficie asfáltica que distribuye las cargas por capas hacia la subrasante.

Pavimento rígido. Estructura de pavimento con una losa de concreto de cemento hidráulico que distribuye las cargas por acción de flexión.

Subrasante. Suelo natural o mejorado sobre el cual se apoya la estructura del pavimento.

Abreviaturas

2D	Tren de aterrizaje de doble tándem (dual-tándem)
2D/2D	Tren de aterrizaje múltiple de doble tándem
AC	Circular de asesoramiento de la FAA (Advisory Circular)
ACAP	Manual de características de la aeronave para la planificación aeroportuaria
ACN	Número de clasificación de aeronaves (método anterior)
ACR	Índice de clasificación de aeronaves (Aircraft Classification Rating)
AHAC	Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil
AIP	Publicación de información aeronáutica
AIS	Servicio de información aeronáutica
ASTM	ASTM International (normas de ensayo de materiales)
CA	Circular de asesoramiento
CBR	Relación de soporte de California (California Bearing Ratio)
CDF	Factor de daño acumulativo
COCESNA	Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea
D	Tren de aterrizaje de rueda doble
DSWL	Carga derivada de rueda única
E	Módulo de elasticidad
FAA	Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos
FAARFIELD	Programa de diseño de pavimentos por análisis elástico multicapa de la FAA
HMA	Mezcla asfáltica en caliente (Hot Mix Asphalt)
HWD	Deflectómetro de impacto pesado (Heavy Weight Deflectometer)
LEA	Análisis elástico multicapa (Layered Elastic Analysis)
MAGW	Peso bruto máximo admisible
NOTAM	Aviso a los aviadores
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
P/C	Relación pasadas-cobertura

P/TC Relación pasadas-ciclos de tránsito
PCC Concreto de cemento hidráulico (Portland)
PCN Número de clasificación de pavimentos (método anterior)
PCR Índice de clasificación de pavimentos (Pavement Classification Rating)
RAC Regulación de Aeronáutica Civil de Honduras
S Tren de aterrizaje de rueda única
SCI Índice de condición estructural

8. REFERENCIAS DOCUMENTALES

Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil. *RAC 139: Certificación de aeródromos*.

Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil. *RAC 14, Volumen I: Diseño y construcción de aeródromos*.

Organización de Aviación Civil Internacional. (2022a). *Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional: Aeródromos. Volumen I: Diseño y operaciones de aeródromos* (9.ª ed.). OACI.

Organización de Aviación Civil Internacional. (2022b). *Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Parte 3: Pavimentos* (3.ª ed.). OACI.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

Honduras es miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional (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 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, Aeródromos, Volumen I, que requiere que cada país miembro publique información sobre la resistencia de los pavimentos de cada aeródromo de uso público en su propia Publicación de Información Aeronáutica (AIP) (Organización de Aviación Civil Internacional [OACI], 2022a). En el ámbito nacional, este requisito se recoge en la RAC 14, Volumen I, de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC).

1.2 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; luego en 2009, la OACI estableció un Grupo de Estudio para investigar la actualización del método internacional de notificación de la resistencia de los Pavimentos. El grupo de trabajo desarrolló y la OACI lo adoptó con la enmienda 15 del Anexo 14, el método de clasificación de Aeronaves – Clasificación de Pavimentos (ACR-PCR). Utilizando este método, es posible expresar el efecto de una aeronave individual en diferentes pavimentos con un número único, la Clasificación de Aeronaves (ACR). El ACR varía según el peso y la configuración de la aeronave (por ejemplo, la presión de los neumáticos, la geometría del tren de aterrizaje, etc.), el tipo de pavimento y la resistencia de la subrasante. Por el contrario, la capacidad de carga de un pavimento se puede expresar mediante un solo número único, el Índice de Clasificación de Pavimento (PCR), sin especificar una aeronave en particular o información detallada sobre la estructura del pavimento. El procedimiento detallado para el cálculo del ACR se describe en el Manual de diseño de aeródromos, Parte 3 (OACI, 2022b).

1.3 Nueva Definición

En la actualidad la OACI tiene una **Nueva Definición (vigente desde 28.11.2024) PCR** – Pavement Classification Rating (Índice de Clasificación del Pavimento) **ACR** – Aircraft Classification Rating (Índice de Clasificación de la Aeronave) Mediante este método es posible expresar el efecto relativo de una aeronave individual con cierta configuración, sobre una estructura de pavimento a una resistencia de la subrasante establecida, 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 Rating (ACR) (Índice de Clasificación de Aeronave). Por otra parte, la capacidad para soportar carga del pavimento puede ser expresada como un único número, que expresa la capacidad de soportar carga de un pavimento sin restricción de carga. Este número es el Pavement Classification Rating (PCR) [Índice de Clasificación del Pavimento].

1.3.1 Definición de ACR

El ACR es un número que expresa el efecto relativo de una aeronave en una configuración dada de neumáticos, sobre una estructura de pavimento para una resistencia de subrasante estándar especificada.

1.3.2 Definición del PCR.

El PCR es un número que expresa la capacidad de carga de un pavimento para operaciones sin restricciones.

1.3.3 Metodología del Sistema. ¿Por qué CAMBIAR DE METODO?

1) Existe una inconsistencia entre el ACN/PCN y el método de diseño de pavimentos.
2) El método de diseño LEA (Linear Elastic Analysis) puede ser implementado con la tecnología actual.
3) Se requiere que el método de clasificación de resistencia se correlacione mejor con el método de diseño.
4) Se requiere considerar las distintas configuraciones de ruedas que existen hoy en día.
5) Se requiere considerar el efecto de nuevos y mejorados materiales en la resistencia obtenida.

ESTE CAMBIO PERMITIRÁ ALINEAR EL MÉTODO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS CON EL MÉTODO DEL INDICE DE CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS (PCR).

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

1.4 Aplicación.

La utilización del método estandarizado de reporte de resistencia de pavimentos aplica solamente a los pavimentos de aeródromos de uso público que poseen resistencias mayores a 12,500 lbs (5,700 kg) o superiores. La metodología para reportar capacidades de pavimentos menores a 12,500 lbs (5,700 kg) consiste únicamente en reportar la resistencia del pavimento. Se trata únicamente de informar el peso bruto y la configuración del tren de aterrizaje de la aeronave que se puede acomodar.

De conformidad con el Anexo 14, Volumen I, para los pavimentos destinados a aeronaves con masa en plataforma igual o inferior a 5 700 kg, la resistencia se notificará indicando la masa máxima admisible de la aeronave y la presión máxima admisible de los neumáticos; por ejemplo: 4 000 kg/0,50 MPa (OACI, 2022a).

1.5 Limitaciones del sistema ACR-PCR.

El sistema ACR-PCR solo se concibe como un método para que los operadores de aeropuertos puedan evaluar la operación aceptable de las Aeronaves. 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.

No existe correlación matemática entre el sistema anterior de informes de resistencia de pavimentos ACN-PCN de la OACI y el nuevo sistema ACR-PCR de la OACI.

CAPITULO 2. DETERMINACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LA AERONAVE.

2.1 Determinación del ACR.

Los fabricantes de aeronaves deben proporcionar el cálculo oficial del valor del ACR para cada modelo de aeroplano. El cálculo del valor ACR requiere de información detallada de las características operacionales de la aeronave tales como el centro de gravedad en su posición más retrasada (a popa), el peso máximo en rampa, ancho de vía y separación de las ruedas del tren de aterrizaje y la presión de los neumáticos.

2.2 Categoría de la subrasante.

El método ACR-PCR adopta cuatro niveles estándar de resistencia de la subrasante para pavimentos rígidos y flexibles. Estas categorías estándar se utilizan para representar una gama de condiciones como se muestra en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1

Condiciones estándar de Subrasante para el cálculo del ACR

Categoría de resistencia de la subrasante	Soporte de la subrasante E (módulo de elasticidad) psi (MPa)	Representatividad del E (módulo de elasticidad) psi (MPa)	Designación de código
Alto	29008 (200)	E ≥ 21.756 (≥150)	A
Medio	17405 (120)	E ≥14.504 <21.756 (≥100 <150)	B
Bajo	11603 (80)	E≥8.702 <14.504 (≥60 <100)	C
Ultra bajo	7252 (50)	E < 8.702 (< 60)	D

2.3 Frecuencia operativa.

La frecuencia operativa se define en términos de interacciones de carga que representan una aplicación de carga completa en un punto específico del pavimento Las aeronaves rara vez viajan en un camino perfectamente recto o a lo largo de la misma ruta. Las interacciones están modeladas por una distribución normal

estadística que tiene en cuenta el desplazamiento de los aviones. Puede tomar varios pases a lo largo del pavimento para que un punto específico en el pavimento reciba una aplicación de carga completa de la aeronave. Es fácil observar el número de pasadas que una aeronave puede hacer en un pavimento dado, pero el número de pasadas debe derivarse matemáticamente en función de una relación de paso-a-interacción establecida para cada aeronave.

2.4 ACR rígido y flexible.

Para pavimentos rígidos y flexibles, los requisitos de soporte del tren de aterrizaje de una aeronave están determinados por el "método de capa elástica" para cada categoría de soporte de la subrasante.

2.5 Cálculo de ACR.

Utilizando los parámetros definidos para cada tipo de sección de pavimento, se calcula matemáticamente una única carga de rueda derivada para definir la interacción tren de aterrizaje/pavimento. La carga rueda única derivada, implica esfuerzos iguales sobre la estructura del pavimento y elimina la necesidad de especificar el espesor del pavimento para fines comparativos. Esto se logra equiparando el espesor derivado para el tren de aterrizaje de una aeronave determinada con el espesor derivado para la carga de una sola rueda a una presión estándar de los neumáticos de 218 psi (1,5 MPa). El ACR se define como dos veces la carga derivada de una sola rueda (expresada en centenas de kilogramos).

2.6 Variables involucradas en la determinación de los valores de ACR.

Debido a que las aeronaves pueden ser operadas en varias combinaciones de peso y centro de gravedad, la OACI adoptó condiciones de operación estándar para determinar los valores de ACR. Los fabricantes de aeronaves publican información sobre el peso máximo y el centro de gravedad en el Manual de Características de los Aviones para la Planificación Aeroportuaria (ACAP). El ACR se determina en la combinación de peso y centro de gravedad que crea el valor máximo de ACR. Se supone que las presiones de los neumáticos son las recomendadas por el fabricante para las condiciones señaladas.

2.6.1 Para estandarizar el cálculo de ACR para un pavimento flexible, la carga de una sola rueda derivada se calcula a una presión constante de 218 psi (1.50 MPa) en relación con un espesor total ***t*** calculado para 36,500 pasadas de la aeronave.

2.6.2 Para estandarizar los cálculos ACR para pavimentos rígidos, se estipula un esfuerzo estándar de σ = 399 psi (2.75 MPa). Hay que tomar en cuenta que el esfuerzo de trabajo utilizado para el diseño de pavimentos no tiene relación con el esfuerzo estándar utilizado para los informes de resistencia del pavimento.

CAPÍTULO 3. Determinación de los valores de ACR y PCR

3.1Modelos matemáticos.

El modelo matemático utilizado en el método ACR-PCR es el Análisis de Capa Elástica (LEA). El modelo LEA asume que la estructura del pavimento ya sea flexible o rígida, puede representarse mediante capas homogéneas, elásticas e isotrópicas dispuestas como una pila. Cada capa ***i***, en el sistema se caracteriza por un módulo de elasticidad ***Ei***, la relación de Poisson ***vi***, y el espesor uniforme de la capa ***ti***. Se supone que las capas tienen una extensión horizontal infinita, y se supone también que la capa inferior, o subrasante, se extiende verticalmente hasta el infinito (es decir, la subrasante se modela como un semiespacio elástico). Debido a la naturaleza elástica lineal del modelo, cargas de rueda individuales se pueden sumar para obtener las respuestas combinadas de esfuerzo-deformación ante la carga compleja de un tren de aterrizaje de múltiples ruedas. El uso del modelo LEA permite la correlación con los métodos de diseño de pavimentos en todo el mundo.

3.2 OACI-ACR 1.3 y FAARFIELD 2.0.

Para facilitar el uso del sistema ACR-PCR, la FAA desarrolló una aplicación de software, ICAO-ACR 1.3, que calcula los valores de ACR utilizando los procedimientos y condiciones especificados por la OACI y puede utilizarse para determinar los valores de PCR siguiendo los procedimientos de esta CA (Federal Aviation Administration [FAA], 2022). La aplicación está incluida dentro de FAARFIELD 2.0 el programa de diseño de pavimentos de la FAA.

Estos programas de dominio público ICAO-ACR y FAARFIELD están disponibles en: https://www.faa.gov/airports/engineering/design_software/

3.3 FAARFIELD 2.0.

3.3.1 Biblioteca Interna de Aeronaves.

FAARFIELD 2.0 contiene una biblioteca interna de aeronaves que cubre un conjunto de los grandes aviones comerciales y militares actualmente en operación.

La biblioteca interna se basa en la información de la aeronave proporcionada directamente por los fabricantes u obtenida de los manuales ACAP. Las

características predeterminadas de las aeronaves en la biblioteca interna representan las condiciones estándar de la OACI para el cálculo del ACR. Estas características incluyen el centro de gravedad en la posición máxima de popa para cada aeronave. Los cambios que se hagan en las características de las aeronaves de la biblioteca interna no son permanentes a menos que una aeronave de la biblioteca interna se agregue a una biblioteca externa.

3.4 Biblioteca externa de aeronaves.

3.4.1 FAARFIELD 2.0 permite crear una biblioteca de aeronaves externa donde se pueden cambiar las características de la aeronave y agregar aeronaves adicionales según se desee. Las funciones permiten a los usuarios modificar las características de una aeronave y guardar la aeronave modificada en la biblioteca externa. No hay salvaguardas en el programa FAARFIELD 2.0 para asegurar que los parámetros de aeronaves en la biblioteca externa sean factibles o apropiados. El usuario es responsable de asegurarse de que todos los datos sean correctos.

3.4.2 Cuando se guarda una aeronave desde la biblioteca interna a la biblioteca externa, el programa FAARFIELD 2.0 calculará el área de contacto del neumático en función de la carga bruta, el centro de gravedad máximo de popa y la presión de los neumáticos. Este valor se registra en la biblioteca externa y se utiliza para calcular la relación pasada-interacción de carga (P/C) en el modo de espesor del pavimento. Dado que el contacto con el neumático es constante, la relación P/C también es constante en el modo de espesor del pavimento. Esta relación P/C fija se utiliza para convertir pasadas en interacciones de carga para la determinación del espesor del pavimento y operaciones equivalentes de la aeronave.

3.5 Cómo se determinan los ACR.

El Apéndice 2 del Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Parte 3: Pavimentos, tercera edición (OACI, 2022b), proporciona procedimientos para determinar la Clasificación de Aeronaves (ACR). La FAA desarrolló el software ICAO-ACR 1.3 para calcular los ACR de acuerdo con las normas de la OACI. ICAO-ACR 1.3 es utilizado internamente por FAARFIELD 2.0 para calcular los ACR.

3.5.1 Pavimentos rígidos ACR.

El procedimiento ACR de pavimento rígido relaciona la carga derivada en una sola rueda a una presión constante de los neumáticos de 218 psi (1,50 MPa) con un espesor de losa de hormigón de referencia ***t***. Tiene en cuenta las categorías de la subrasantes detalladas en el párrafo 2.2 y utiliza una resistencia del hormigón estándar de 399 psi (2,75 MPa). Debemos tener en cuenta que, debido a que se utiliza una resistencia de concreto estándar, no se necesita información sobre la resistencia a la flexión del pavimento o el número de interacciones de carga para el cálculo de ACR en pavimento rígido.

Los siguientes pasos se utilizan para determinar el ACR rígido de una aeronave:

3.5.1.1 **Estructura de pavimento de referencia.**

Utilizando los datos de requisitos de pavimento publicados por el fabricante, se obtiene el espesor de referencia ***t*** para una masa de aeronave dada, el valor de E de la subrasante y la resistencia estándar de concreto para la notificación, es decir, 399 psi (2.75 MPa). Se utiliza entonces la sección transversal que se muestra en la Tabla 3-1 para el modelo LEA para las cuatro categorías de subrasante.

Tabla 3-1
Estructura de pavimento de referencia para ACR rígido

Descripción de la capa	Designación	Espesor, en (mm)	E, psi (MPa)	v
Capa de Superficie (PCC)	Capa 1	variable	4,000,000 (27 579)	0.15
Capa de base (agregado triturado)	Capa 2	7.9 (200)	72,519 (500)	0.35
Subrasante	Capa 3	infinito	Párrafo 2.2, Tabla 2-1	0.40

El espesor mínimo permitido de la Capa 1 en el modelo LEA es de 2 pulgadas (50,8 mm). Los cálculos LEA asumen además que la interfaz horizontal entre la Capa 1 y la Capa 2 no produce unión entre ellas (deslizamiento completo), y que la interfaz

horizontal entre la capa 2 y Capa 3 es de enlace completo, es decir, están unidas mecánicamente.

Dentro del modelo LEA, el esfuerzo **σ** es el esfuerzo horizontal máximo calculado en la parte inferior de la Capa 1 (la capa de hormigón de cemento hidráulico).

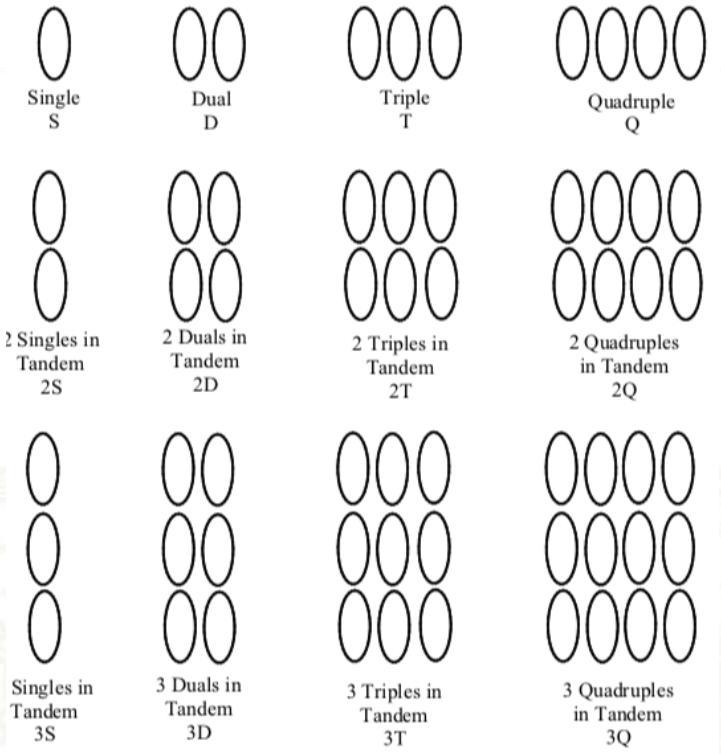
3.5.1.2 Tren de aterrizaje de evaluación.

El valor ACR se calcula para una sola configuración del conjunto del tren de aterrizaje principal (es decir, para 2 ruedas en un conjunto dual o D, 4 ruedas en un conjunto dual-tándem, o conjunto 2D).

Para tipos de tren de aterrizaje más complejos con más de 2 grupos de ruedas (es decir, que tienen una designación en la Orden 5300.7 de la FAA, Convención de nomenclatura estándar para configuraciones de tren de aterrizaje de aeronaves, que consta de más de dos caracteres, Ver figura 3.5.1.2), el conjunto individual en el tren principal con el ACR rígido más grande determina el ACR rígido para esa aeronave. Todas las configuraciones se evalúan en la masa y centro de gravedad que produce la mayor carga total del tren de aterrizaje principal sobre el pavimento.

Figura 3.5.1.2

Configuraciones genéricas de trenes de aterrizaje



3.5.1.3 Puntos de evaluación de esfuerzos.

El número de puntos de evaluación LEA es igual al número de ruedas del tren en evaluación. Los puntos de evaluación se encuentran en la parte inferior de la Capa 1, debajo del punto central de cada rueda. El espesor ***t*** de la capa 1 se ajusta iterativamente hasta que el esfuerzo máximoobtenido sobre todos los puntos de evaluación sea igual a 399 psi (2,75 MPa). La ***t*** resultante es el espesor de referencia para el ACR.

3.5.1.4 Cálculo DSWL (Carga derivada en rueda única).

Utilizando el espesor de referencia anterior y el mismo modelo LEA que se muestra en la Tabla 3-1, calcula una carga derivada de rueda única (DSWL) para la subrasante seleccionada. Manteniendo una presión constante de los neumáticos de 218 psi (1,50 MPa), ajusta la magnitud de la carga de una sola rueda hasta que es esfuerzo horizontal máximo en la parte inferior de la Capa 1 sea igual a 399 psi (2,75 MPa). Para la evaluación de los esfuerzos bajo la carga de una sola rueda, usa

un punto de evaluación ubicado en la parte inferior de la Capa 1, directamente debajo del centro de la rueda.

3.5.1.5 Cálculo DSWL modificado para aviones ligeros.

Para algunas aeronaves ligeras, el espesor de referencia requerido ***t*** es inferior al espesor mínimo permitido. Utilice los siguientes pasos modificados para calcular DSWL cuando el espesor teórico de la capa 1 que hace que la tensión máxima sea igual a 399 psi (2,75 MPa) sea inferior a 2 pulgadas (50,8 mm).

1. Determine el valor del esfuerzo (inferior a 399 psi (2,75 MPa)) correspondiente al espesor mínimo de hormigón permitido de 2 pulgadas (50,8 mm).
2 Calcule DSWL para la subrasante seleccionada utilizando el espesor mínimo de hormigón de 2 pulgadas (50,8 mm) de la estructura de referencia. Manteniendo una presión constante de los neumáticos de 218 psi (1,50 MPa), la magnitud de la carga de una sola rueda se ajusta hasta que la tensión horizontal máxima en la parte inferior de la Capa 1 sea igual al valor de tensión determinado utilizando el espesor mínimo.

3.5.1.6 Cálculo del ACR.

El Índice de Clasificación de la Aeronave (ACR), para la masa y subrasante seleccionada, es dos veces la carga derivada de una sola rueda en 100 kg. El valor numérico de ACR puede redondearse al múltiplo más cercano de diez para la notificación.

3.5.2 Pavimentos flexibles.

El procedimiento ACR para pavimento flexible relaciona la carga derivada de una sola rueda a una presión constante de los neumáticos de 218 psi (1,50 MPa) con un espesor total *de* referencia ***t*** calculado para 36.500 pasadas de la aeronave. Tiene en cuenta las cuatro categorías de subrasante descritas.

3.5.2.1 Estructura de pavimento de referencia.

El sistema ACR-PCR debe cubrir una amplia gama de aeronaves que pesan desde unas pocas hasta varios cientos de toneladas. Se han elegido estructuras de referencia para producir espesores apropiados para las categorías de subrasante

estándar y para el rango de pesos de aeronaves utilizados. La determinación de las estructuras de referencia para el cálculo en pavimento flexible del ACR consiste en definir los materiales y las propiedades constitutivas de las diversas capas. Todas las capas están definidas por: Módulo elástico ***E*****,** relación de Poisson **ν**, y (excepto para la capa de diseño) el espesor. Los cálculos LEA asumen que todas las interfaces horizontales entre capas están completamente unidas. En las tablas siguientes se definen las estructuras de referencia que se utilizarán para calcular el ACR en pavimento flexible.

Tabla 3-2a
Estructura de referencia para ACR flexible (aeronave equipada con 2 o menos ruedas en todas las patas del tren de aterrizaje principal)

Descripción de la capa	Espesor, Pulg. (mm)	*E*, psi (MPa)	*ν*
Capa de superficie (asfalto)	3 (76)	200,000 (1379)	0.35
Capa de base (agregado triturado)	Variable	Párrafo 3.5.2.2	0.35
Subrasante	infinito	Párrafo 2.2 Tabla 2-1	0.35

Tabla 3-2b
Estructura de referencia para ACR flexible (aeronave equipada con más de 2 ruedas en cualquier tramo del tren de aterrizaje principal)

Descripción de la capa	Espesor, Pulg. (mm)	*E*, psi (MPa)	*ν*
Capa de superficie (asfalto)	5 (127)	200,000 (1379)	0.35
Capa de base (agregado triturado)	variable	Párrafo 3.5.2.2	0.35
Subrasante	infinito	Párrafo 2.2 Tabla 2-1	0.35

En el modelo LEA, el espesor mínimo permitido de la capa variable (capa de base) es de 1 pulgada (25,4 mm). Debido al número intencionalmente limitado de estructuras de referencia, los espesores de capa calculados pueden no ser realistas en los extremos del rango de pesos de la aeronave. Sin embargo, esto no invalida el concepto de ACR, en el que ***t*** es un indicador relativo en lugar de la base para un diseño práctico.

3.5.2.2 Módulo de capa base.

Todas las estructuras de pavimento flexible de referencia incluyen una capa de espesor variable por encima de la subrasante, que representa una capa base de agregado triturado. El módulo de elasticidad E de la capa de espesor variable no se fija en el procedimiento ACR, sino que es una función del espesor y del módulo de elasticidad de la subrasante. Dentro del modelo LEA, la capa de base se subdivide en pequeñas subcapas y luego se asigna un valor de módulo a cada subcapa utilizando un procedimiento iterativo como se explica a continuación. Los valores de módulo se asignan a las subcapas siguiendo el procedimiento del programa informático FAARFIELD (versión 2.0) de la FAA, para el artículo P-209 (agregado triturado). Los pasos en el procedimiento son los siguientes:

Paso 1. Determine el número de subcapas *N*. Si el espesor de la capa base *tB* es inferior a 15 pulgadas (381 mm), entonces *N* = 1 y no se requiere subcapa. Si *tB* es mayor o igual a 15 pulgadas (381 mm), el número de subcapas será:

$$N = int\left(\frac{t_B}{254} + 0.5\right)$$

donde t_B está en mm, y la función *int* devuelve la parte entera del argumento (es decir, redondea hacia abajo al siguiente número entero).

Paso 2. Determine el espesor de cada subcapa. Si *N* = 1, entonces el espesor de la subcapa es igual al espesor de la capa base *tB*. Si *N* > 1, entonces el grosor de la *subcapa* inferior N - 1 es de 10 pulgadas (254 mm), y el espesor de la capa superior sub es $t_B - (N - 1) * 10$ pulgadas (254 mm). Tenga en cuenta que, en general, las *subcapas* N no tienen el mismo grosor. Por ejemplo, si el grosor de la capa base es de 26 pulgadas (660 mm), y luego a partir del paso 1, el número de subcapas es 3; las 2 subcapas inferiores serán cada una de 10 pulgadas (254 mm), mientras que la subcapa

superior es de 6 pulgadas (152 mm) (26 pulgadas (660 mm) – 2 × 10 pulgadas
(254 mm)).

Paso 3. Asigne un valor *de módulo E* a cada subcapa. Los valores del módulo aumentan de abajo hacia arriba, lo que refleja el efecto del confinamiento creciente del material agregado. Los valores de módulo vienen dados por la siguiente ecuación:

$$E_n = E_{n-1} * \{1 + [log_{10}(t_n) - log_{10}(25.4)] * (c - d * [log_{10}(E_{n-1}) + log_{10}(145.037)])\}$$

Dónde:

E_n = el módulo de la subcapa actual en psi (MPa);

E_{n-1} = el módulo de la subcapa inmediatamente debajo de la subcapa actual; o el módulo de la subrasante cuando la subcapa actual es la subcapa inferior;

t_n= el espesor de la subcapa actual en pulgadas (mm);

c = 10,52 (constante)

d = 2,0 (constante).

La ecuación anterior se aplica recursivamente comenzando con la subcapa inferior.

Paso 4. El procedimiento de asignación de módulos en el paso 3 debe modificarse para las dos subcapas superiores siempre que t_B sea entre 5 pulgadas (127 mm) y 10 pulgadas (254 mm) mayor que un múltiplo entero de 10 pulgadas (254 mm). Esta modificación asegura que el módulo de todas las subcapas sea una función continua del espesor de la capa, sin discontinuidades. Si $N > 1$ y t_B excede un múltiplo entero de 10 pulgadas (254 mm) por más de 5 pulgadas (127 mm), pero menor de 10 pulgadas (254 mm), entonces:

1. La subcapa superior (subcapa N) tiene entre 5 pulgadas (127 mm) y 10

pulgadas (254 mm) de espesor, y todas las subcapas debajo de ella (subcapas 1 a N-1) tienen 10 pulgadas (254 mm) de espesor.

2. Usando la ecuación en el Paso 3, calcule el módulo E que se obtendría para la subcapa N para un espesor de subcapa superior asumido tn igual a 10 pulgadas (254 mm).

3. Calcular el módulo de la subcapa N-1 (es decir, la subcapa inmediatamente debajo de la subcapa superior) utilizando la ecuación del Paso 3, pero sustituyendo t_n = 20 in (508 mm) – t_N, donde t_N es el espesor real de la subcapa superior en mm.
Calcule el módulo de la subcapa *N* mediante interpolación lineal entre E_{N-1} (el módulo de la subcapa N-1) y E_{254}:

$$E_N = E_{N-1} + (2t_N - 254) * \frac{E_{254} - E_{N-1}}{254}$$

3.5.2.3 **Tren de aterrizaje de evaluación.**

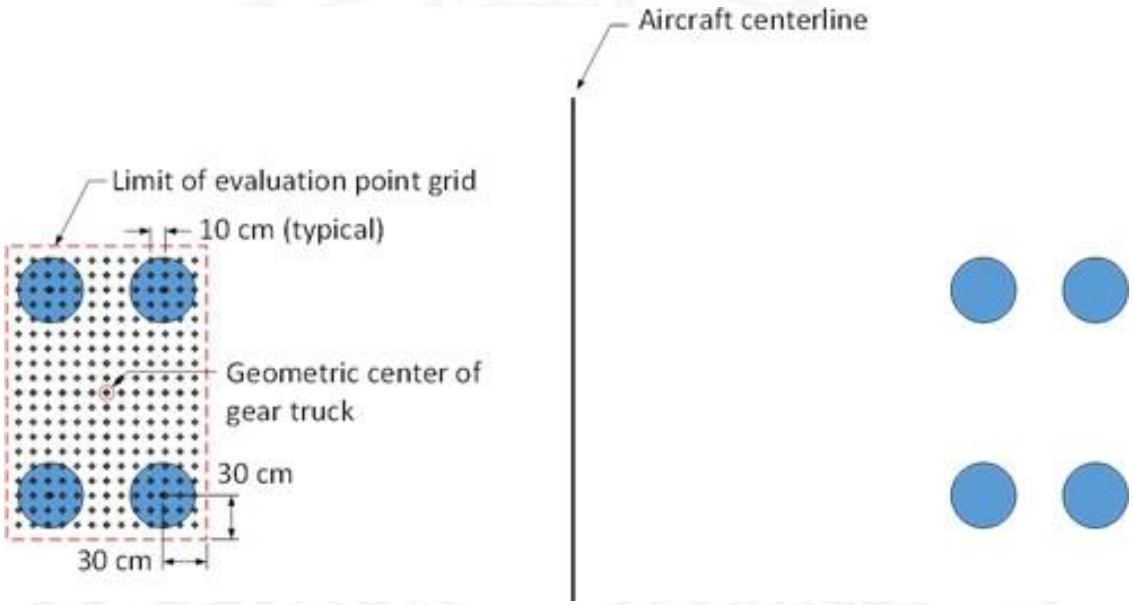
El valor ACR se calcula utilizando todas las ruedas del tren de aterrizaje principal (las ruedas del tren de aterrizaje de la nariz no están incluidas). Los trenes de aterrizaje principales se evalúan en la masa y centro de gravedad que produce la mayor carga total de tren de aterrizajes principales en el pavimento.

3.5.2.4 **Puntos de evaluación de deformación.**

Dentro del modelo LEA, la deformación **ε** es la deformación vertical máxima calculada en la superficie superior de la subrasante (capa más baja). En el programa informático ICAO-ACR, las deformaciones se calculan en puntos de evaluación específicos en función de la geometría del tren de aterrizaje en evaluación. Los puntos de evaluación se colocan directamente debajo del punto central de cada rueda, y en los puntos definidos por una cuadrícula rectangular regular, espaciada a intervalos de 10 cm, y orientada paralelamente a los ejes principales del tren

1. Para los trenes de aterrizaje principales simples que consisten en dos grupos (es decir, para 2 ruedas en un conjunto dual o ensamblaje D, 4 ruedas en un conjunto dual-tándem o ensamblaje 2D, etc.), el origen de la cuadrícula se establece en el centro geométrico de un grupo. Los límites de la cuadrícula se extienden 30 cm más allá de las coordenadas máximas de las ruedas en todos los lados del conjunto (Figura 3-1).

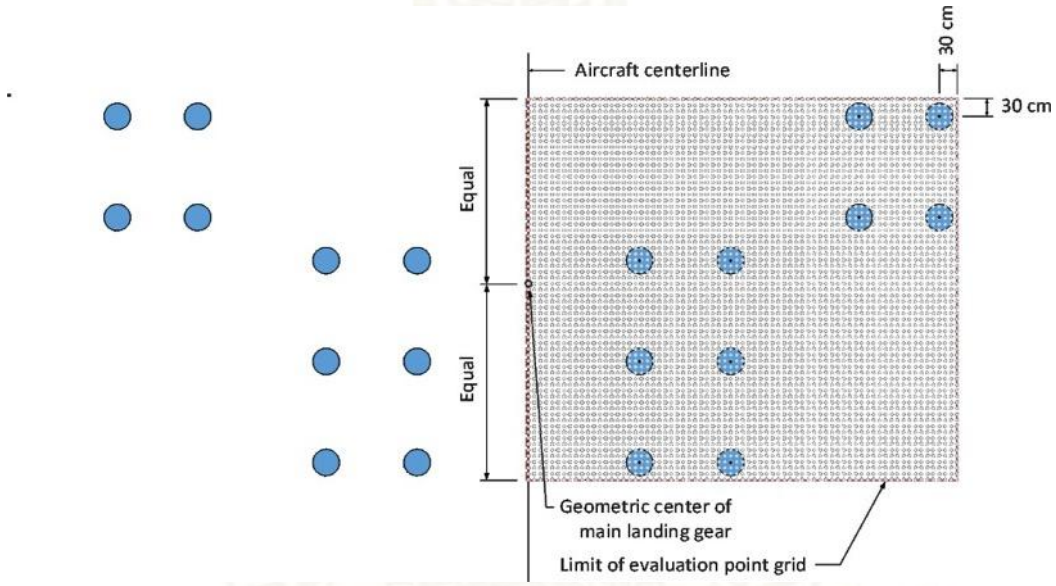
Figura 3-1
Definición de cuadrícula para la organización simple del tren de aterrizaje principal.



2. Para tipos de trenes más complejos con más de dos tándems que comprenden el conjunto principal del tren de aterrizaje (es decir, todas las aeronaves cuya designación de tren consta de más de dos caracteres en la Orden 5300.7 de la FAA, Convención de nomenclatura estándar para configuraciones de tren de aterrizaje de aeronaves Ver figura 3.5.1.2), el origen de la cuadrícula se encuentra en el centro geométrico de todo el conjunto del tren de aterrizaje. Los límites de la cuadrícula se extienden 11,8 pulgadas (30 cm) más allá de las coordenadas

máximas de la rueda en todos los lados (Figura 3-2). A los efectos de calcular las coordenadas centrales geométricas, todas las ruedas incluidas deben cargarse por igual, independientemente de las diferentes cargas de las ruedas o presiones de los neumáticos.

Figura 3-2
Definición de cuadrícula para el tren de aterrizaje principal de aeronaves complejas



La deformación ε es el máximo de las deformaciones calculadas para todos los puntos de evaluación.

ICAO-ACR detecta automáticamente simetrías dentro de la cuadrícula de puntos de evaluación para reducir el número de cálculos requeridos. En el caso de B787-9, solo se puede calcular la mitad de la cuadrícula de puntos de evaluación debido a la simetría transversal.

3.5.2.5 Modelo de daños.

El procedimiento de ACR en pavimento flexible se basa en el criterio de falla de la subrasante asociado con la ley de daños elementales:

$$D_e(\varepsilon) = \frac{1}{C_{e(\varepsilon)}}$$

Esta ley elemental de daños se basa en la noción de ciclo de carga (perfil de deformación de pico único con valor máximo ε), que no se puede aplicar a arreglos con ejes en tándem que producen perfiles de deformaciones complejas, posiblemente con múltiples picos de deformación y sin retorno al esfuerzo cero entre picos.

Por lo tanto, la ley de daños elementales se extiende a una forma integral continua:

$$D = \int_{x=-\infty}^{x=+\infty} < \frac{dD_e(x)}{dx} > dx$$

Donde x se refiere a la posición longitudinal a lo largo del tren de aterrizaje y <y> a la parte positiva de y.

3.5.2.6 Cálculo DSWL (Carga derivada en rueda única).

Utilizando los datos de requisitos de pavimento publicados por el fabricante, calcule el espesor de referencia ***t*** para la masa de aeronave dada, el valor E de la subrasante y 36,500 pasadas de la aeronave. Utilice la estructura de pavimento de referencia adecuada del punto 3.5.2.1 con los puntos de evaluación descritos en el punto 3.5.2.4. El espesor de la capa variable (diseño) se ajusta hasta que el daño calculado a partir de 3.5.2.5 es igual a 1.0. El espesor resultante **t** es el espesor de referencia para ACR.

Utilizando el espesor de referencia anterior y el mismo modelo LEA que en el punto 3.5.2.1, obtenga una carga de rueda única derivada para la subrasante seleccionada. Manteniendo la presión constante de los neumáticos de 218 psi (1.50 MPa), la magnitud de la carga de una sola rueda se ajusta hasta que el daño sea igual a 1.0 para 36,500 pasadas. Para la evaluación de los esfuerzos bajo la carga de una sola rueda, use un punto de evaluación ubicado en la parte superior de la subrasante, directamente debajo del centro de la rueda

3.5.2.7 Cálculo DSWL modificado para aviones ligeros.

Para algunas aeronaves ligeras, el espesor de referencia requerido ***t*** es inferior al

espesor mínimo permitido. Utilice los siguientes pasos modificados para calcular DSWL cuando el grosor teórico de la capa de diseño variable que hace que el daño sea igual a 1,0 para 36.500 pasadas de aeronave, es inferior a 1 pulgada (25,4 mm):

1. Determine el valor de la deformación vertical máxima en la parte superior de la subrasante correspondiente al espesor mínimo permitido de la capa de diseño variable de 1 pulgada (25,4 mm).

2. Calcule DSWL para la subrasante seleccionada utilizando el espesor mínimo de la estructura de referencia. Manteniendo la presión constante de los neumáticos de 218 psi (1,50 MPa), la magnitud de la carga de una sola rueda se ajusta hasta que el esfuerzo vertical máximo en la parte superior de la subrasante sea igual al valor determinado en el punto 3.5.2.

3.5.3 Cálculo de ACR.

3.5.3.1 Índice de Clasificación de la Aeronave (ACR), en la categoría de masa y subrasante seleccionada, es dos veces mayor que la DSWL en 100 kg. El valor numérico de ACR puede redondearse al múltiplo más cercano de diez para la notificación.

3.5.3.2 Las aeronaves normalmente tienen sus neumáticos inflados a la presión correspondiente a la masa bruta máxima sin empuje del motor, y mantienen esta presión independientemente de la variación en las masas de despegue. Sin embargo, hay ocasiones en que las operaciones a masas reducidas, centro de gravedad modificado y/o presión reducida de los neumáticos son productivas y es necesario calcular los ACR reducidos. Para calcular el ACR para estas condiciones, la presión de inflado ajustada de los neumáticos debe introducirse en el campo de entrada dedicado a la OACI-ACR.

3.5.4 Utilizando el Programa OACI-ACR para calcular el ACR.

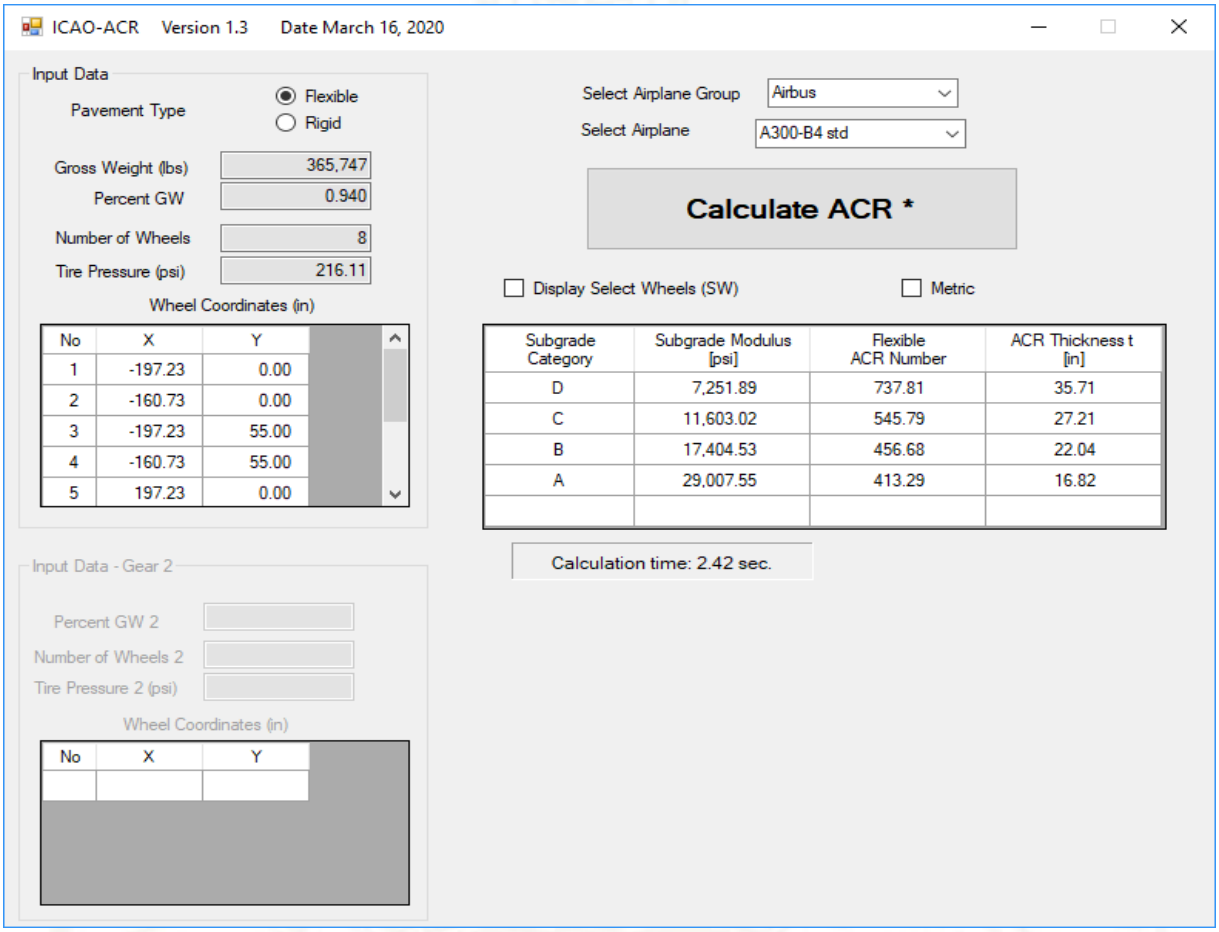
El uso del programa ICAO-ACR para calcular los valores de ACR es visualmente interactivo e intuitivo, véase la Figura 3-3.

1. El usuario selecciona:
   a. Tipo de pavimento, flexible o rígido.
   b. Grupo de aviones y Avión (ajustando el peso y el porcentaje de GW si es necesario.

2 Calcular ACR.

Luego, el programa calcula los valores de ACR para las 4 categorías de subrasante.

Figura 3-3
Captura de pantalla ICAO-ACR



CAPÍTULO 4. Determinación del valor numérico de PCR

4.1Concepto PCR.

La resistencia de un pavimento se informa en términos de la clasificación de carga de la aeronave que el pavimento puede aceptar sin restricciones. El término operaciones sin restricciones en la definición de PCR no significa operaciones ilimitadas. Sin restricciones se refiere a la relación del PCR del pavimento con el ACR de la aeronave, y que es permisible que una aeronave opere sin restricción de peso cuando el PCR es mayor o igual que el ACR. El término operaciones ilimitadas no tiene en cuenta la vida útil. El PCR por reportar es tal que la resistencia del pavimento es suficiente para el tráfico actual y futuro analizado, y debe ser reevaluada si el tráfico cambia significativamente. Un cambio significativo en el tráfico se indicaría mediante la introducción de un nuevo tipo de aeronave o un aumento en los niveles actuales de tráfico de aeronaves no contabilizados en el análisis PCR original.

4.2 Determinación del valor numérico de PCR.

La determinación del valor numérico de PCR para un pavimento en particular puede basarse en uno de dos procedimientos: el “Uso del método de la aeronave Usuaria” o el “Método de evaluación técnica”. Los procedimientos de la OACI permiten a los Estados miembros decidir cómo se determinarán los valores de PCR. Cualquiera de los procedimientos puede utilizarse para determinar un PCR, pero la metodología utilizada debe informarse como parte de la calificación publicada.

4.3 Uso del método de la Aeronave Usuaria para determinar el PCR.

El método de utilización de aeronaves es un procedimiento en el que se determinan los valores de ACR para todas las aeronaves que actualmente utilizan la instalación de pavimento y el mayor valor de ACR se informa como PCR. Este método es fácil de aplicar y no requiere un conocimiento detallado de la estructura del pavimento. La categoría de soporte de subrasante no es una entrada crítica cuando se realiza un PCR basada en el método Aeronaves en Uso. La categoría de soporte de subrasante recomendada cuando no se dispone de información debe ser la categoría B. Véase el apéndice B, apartado B.1 , para ver un ejemplo del método Aeronaves en Uso.

4.3.1 Supuestos del método de uso de aeronaves.

Una suposición subyacente con el Método de Uso de Aeronaves es que la estructura del pavimento tiene la capacidad estructural para acomodar todas las aeronaves en la mezcla de tráfico, y que cada aeronave es capaz de operar en la estructura del pavimento sin restricción de peso. La metodología utilizada para determinar ACR/PCR no considera la aeronave de diseño crítico utilizada para determinar los requisitos dimensionales del aeropuerto.

4.3.2 Inexactitudes del método Aeronaves en Uso.

La precisión de este método depende de tener registros del tráfico de aeronaves anteriores. Una sobreestimación significativa de la capacidad del pavimento puede resultar para determinar el PCR si se escoge una aeronave excesivamente dañina, que utiliza el pavimento con muy poca frecuencia. Del mismo modo, una subestimación significativa de la capacidad de pavimentación puede conducir a un uso antieconómico del pavimento al impedir que cierto tráfico que podría ser aceptable opere en el aeródromo.

Aunque no existen límites mínimos en la frecuencia de operación antes de que una aeronave se considere parte del tráfico normal, se debe utilizar un enfoque racional para evitar exagerar o subestimar la capacidad del pavimento. Es buena idea un método consistente basado en una frecuencia mínima del período de diseño de 250 salidas anuales. No es aconsejable el uso del método de la aeronave a largo plazo debido a las preocupaciones enumeradas anteriormente.

4.4 Método de evaluación técnica para determinar el PCR.

La resistencia de una sección de pavimento variará dependiendo de la composición del tráfico de la aeronave y el número de operaciones combinadas con el tipo de estructura del pavimento y las condiciones de soporte de subrasante. El método de evaluación técnica intenta abordar estas y otras variables específicas para determinar la resistencia razonable del pavimento. En términos generales, para una estructura de pavimento dada y una aeronave determinada, el número permitido de operaciones (tráfico) disminuirá a medida que aumente la intensidad de la carga del pavimento (aumento del peso de la aeronave). Es muy posible que dos estructuras de pavimento con diferentes secciones transversales informen una resistencia similar. Sin embargo, las operaciones de aeronaves permitidas serán considerablemente diferentes. Esta discrepancia debe ser reconocida por el operador de aeródromo y puede requerir limitaciones operativas administradas

fuera del sistema ACR-PCR. Todos los factores involucrados en la determinación de una clasificación de pavimento son importantes, y es por esta razón que las clasificaciones de pavimento no deben verse en términos absolutos, sino más bien como estimaciones de un valor representativo. Una evaluación exitosa del pavimento es aquella que asigna una calificación de resistencia del pavimento que considera los efectos de todas las variables en el pavimento.

4.4.1 La precisión de una evaluación técnica es mejor que la producida con el procedimiento de la aeronave, pero requiere información adicional. La evaluación del pavimento puede requerir una combinación de inspecciones in situ, pruebas de soporte de carga y juicio de ingeniería. Es común pensar en la calificación de resistencia del pavimento en términos de resistencia final o criterios de falla inmediata. Sin embargo, los pavimentos rara vez se retiran del servicio debido a una falla estructural instantánea. Una disminución en la capacidad de servicio de un pavimento se atribuye comúnmente a aumentos en la rugosidad de la superficie o daños localizados, como ahuellamientos o grietas. La determinación de la adecuación de una estructura de pavimento no solo debe considerar la magnitud de las cargas de pavimento, sino también el impacto del efecto acumulado del tráfico durante la vida útil prevista del pavimento. Para determinar un PCR por el método técnico se requiere información sobre: (1) la composición y frecuencia del tráfico de aeronaves, (2) espesor, tipo de material y resistencia de cada capa de estructura de pavimento y (3) módulo elástico de subrasante. Para ejemplos de evaluación técnica para determinar el PCR, véase el apéndice B, párrafo B.2.

4.4.2 Procedimiento recomendado para la evaluación técnica (T) del PCR.

El siguiente procedimiento para obtener el PCR consiste en el cálculo de un ACR de aeronave. Este párrafo explica los pasos para convertir la combinación de uso del tráfico de aeronaves en una aeronave crítica equivalente o de referencia al peso bruto máximo permitido, que luego producirá un CDF (Factor de daño acumulativo) de 1.0 en el pavimento evaluado. El cálculo del ACR sigue el procedimiento del ACR descrito en el punto 3.5.

El procedimiento de PCR considera las características de la estructura del pavimento y el pronóstico de tráfico de aeronaves durante el período de vida seleccionado. El período de vida útil debe reflejar el diseño de los pavimentos

nuevos y la vida útil restante de los pavimentos en servicio. El PCR debe ser válida solo para este período de uso. Se requiere una nueva evaluación después de la rehabilitación del pavimento o cuando el tráfico cambia en comparación con el tráfico inicial. Se supone que en general un PCR se calculará junto con un proyecto de construcción o como parte de un programa de gestión de pavimentos.

El procedimiento de PCR implica los siguientes pasos:

Paso 1. Recopilar todos los datos relevantes del pavimento (espesores de capa, módulos elásticos y relación de Poisson entre todas las capas, tráfico de aeronaves utilizado o proyectado) utilizando las mejores fuentes de datos disponibles,

Paso 2. Definir la combinación de aeronaves por tipo de aeronave, número de salidas (u operaciones consistentes con las prácticas de diseño del pavimento) y peso de la aeronave que se espera que experimente el pavimento evaluado a lo largo de su diseño o vida estructural restante estimada.

Nota: El procedimiento de la FAA asume que las pasadas se distribuyen por una función de distribución gaussiana (o normal), con una desviación estándar s = 30,54 pulgadas (776 mm) independientemente del tipo de aeronave.

Paso 3. Calcule los ACR para cada aeronave en la mezcla de aeronaves a su peso operativo y registre el máximo ACR obtenido.

Nota: Los cálculos ACR deben seguir el procedimiento del párrafo 3.5.

Paso 4. Calcular el CDF (factor de daño acumulativo) máximo de la mezcla de aeronaves y registrar el valor.

Nota: el CDF se calcula con cualquier modelo de daño / falla consistente con el procedimiento utilizado para el diseño del pavimento.

Paso 5. Seleccione la aeronave con la mayor contribución a la CDF máxima como la aeronave crítica. Esta aeronave se designa AC(i), donde *i* es un valor índice con un valor inicial de 1.

Elimine todas las aeronaves que no sean la aeronave crítica actual AC(i) de la lista de tráfico.

Paso 6. Ajustar las salidas anuales de la aeronave crítica hasta que el CDF máximo de la aeronave sea igual al valor registrado en (4). Registrar las salidas anuales equivalentes de la aeronave crítica,

Paso 7. Ajustar el peso crítico de la aeronave para obtener un CDF máximo de 1.0 para el número de salidas anuales obtenidas en la etapa (6). Este es el peso bruto máximo permisible (MAGW) para la aeronave crítica.

Paso 8. Calcular el ACR de la aeronave crítica en su MAGW. El valor obtenido se designa como PCR(i).

Nota: Los cálculos ACR deben seguir el procedimiento del párrafo 3.5.

Paso 9. Si AC(i) es el máximo ACR de aeronave del paso 3, salta al paso 13. De lo contrario, continúe con el paso 10.

Paso 10. Eliminar la aeronave crítica actual AC(i) de la lista de tráfico y volver a introducir la otra aeronave que antes no se consideraba como aeronave crítica. La nueva lista de aeronaves, que no contiene ninguna de las aeronaves críticas anteriores, se conoce como la lista reducida de aeronaves. Incremente el valor del índice ($i = i+1$).

Paso 11. Calcular el CDF máximo de la lista de aeronaves reducidas y seleccionar la nueva aeronave crítica AC(i),

Paso 12. Repita los pasos 5-9 para AC(i). En el paso 6, utilice el mismo CDF máximo calculado para la combinación inicial de aeronaves para calcular las salidas anuales equivalentes para la lista reducida.

Paso 13. El PCR por notificar es el valor máximo de todas las PCR(i) calculadas. La aeronave crítica es la aeronave asociada a este valor máximo de PCR(i).

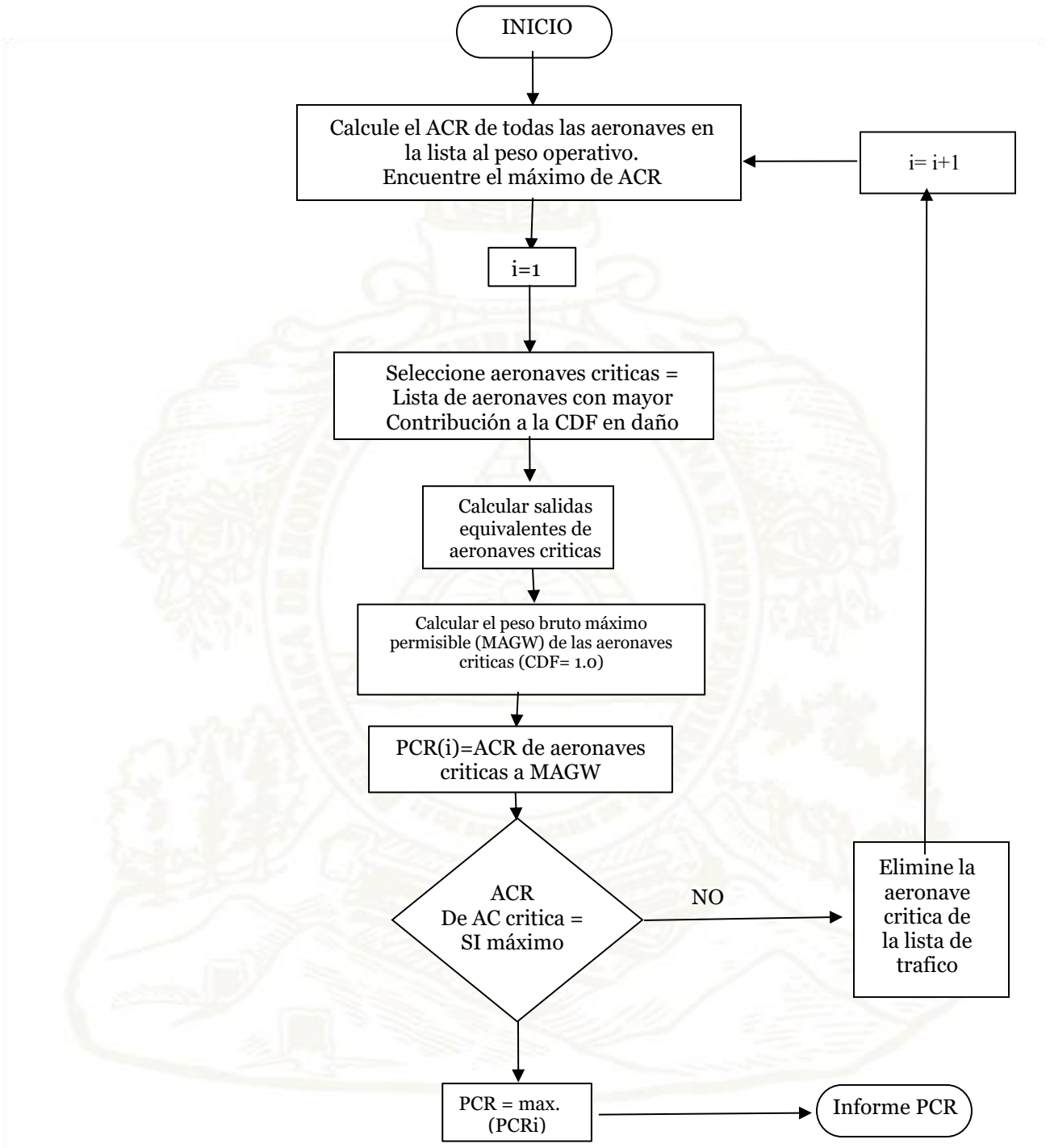
Un diagrama de flujo del procedimiento anterior se muestra en la Figura 4-1. El propósito de los pasos 10-12 es considerar ciertos casos con un gran número de salidas anuales de una aeronave de corto / mediano alcance (como el B737 o el A320) y un número relativamente pequeño de salidas de una aeronave de largo alcance (por ejemplo, el B777). Sin este paso, las aeronaves más pequeñas se identificarían genéricamente como las críticas, con el resultado de que el PCR requeriría restricciones irrazonables de peso operativo en aeronaves más grandes (irrazonables porque el tráfico de diseño ya incluía las aeronaves grandes). Tenga en cuenta que, si la aeronave crítica inicial también es la aeronave en la lista con el ACR máximo en su peso operativo, entonces el procedimiento se completa en una sola iteración, sin

reducción posterior a la lista de tráfico.

El procedimiento anterior devuelve un valor numérico de PCR determinado de forma única en función de la aeronave crítica identificada.

Figura 4-1

Diagrama de flujo del procedimiento de cálculo de PCR recomendado



Ejemplos de cálculo del PCR.

Véase el Apéndice B para ver ejemplos de cálculo y evaluación de qué PCR informar.

4.4.4 Limitaciones del PCR.

El valor del PCR no debe utilizarse para el diseño del pavimento ni como sustituto de la evaluación. El diseño y la evaluación de pavimentos son problemas de ingeniería comunes que requieren análisis detallados. No se pueden reducir a un simple número. El sistema de clasificación PCR utiliza una escala continua para comparar la capacidad del pavimento donde los valores más altos representan pavimentos con mayor capacidad de carga.

4.5 Notificación del PCR.

El sistema de PCR utiliza un formato codificado para maximizar la cantidad de información contenida en un número mínimo de caracteres y facilitar la informatización. El PCR se informa como un código de cinco caracteres donde los siguientes que están ordenados y separados por barras diagonales: Valor numérico de PCR / Tipo de pavimento / Categoría de subrasante / Presión permitida de los neumáticos / Método utilizado para determinar el PCR.

4.5.4 Valor numérico de PCR.

El valor numérico de PCR indica la capacidad de carga de un pavimento en términos de una carga estándar de rueda única a una presión de neumáticos de 218 psi (1,5 MPa). El valor del PCR debe informarse en números enteros, redondeando cualquier parte fraccionaria al número entero más cercano. Para pavimentos de diversas resistencias, normalmente debe informarse como la resistencia del pavimento el valor numérico de PCR para el segmento más débil del pavimento. Se puede requerir un juicio de ingeniería si el segmento más débil no está en la parte más utilizada de la pista, en estos casos otro segmento representativo puede ser más apropiado para determinar el PCR.

4.5.5 Tipo de pavimento.

A los efectos de informar los valores de PCR, se considera que los tipos de

pavimento funcionan como estructuras flexibles o rígidas. En la Tabla 4-1 se enumeran los códigos de pavimento a los efectos de la notificación del PCR.

Tabla 4-1
Códigos de pavimento para la notificación de PCR

Tipo de pavimento	Código de pavimento
Flexible	F
Rígido	R

1. **Pavimento flexible.**
   Los pavimentos flexibles resisten cargas principalmente mediante acción de soporte en lugar de la acción de flexión. Comprenden varias capas de materiales seleccionados diseñados para distribuir gradualmente las cargas desde la superficie hasta las capas inferiores. El diseño garantiza que la carga transmitida a cada capa sucesiva hacia abajo no exceda la capacidad de carga de la capa.

2. **Pavimento rígido.**
   Los pavimentos rígidos emplean una sola capa estructural, que es muy rígida por naturaleza, para soportar las cargas sobre el pavimento. La resistencia de la capa estructural y el modelo resultante como de viga permiten que el pavimento rígido distribuya las cargas en una gran área de la subrasante. La capacidad de carga de una estructura rígida de pavimento depende en gran medida de la resistencia de la capa estructural, basado en una distribución de carga uniforme en las capas inferiores.

3. **Pavimento compuesto.**
   Distintas combinaciones de tipos de pavimento y capas estabilizadas con cemento pueden dar como resultado pavimentos complejos que podrían clasificarse como entre rígidos o flexibles.
   Una sección de pavimento puede comprender múltiples elementos estructurales representativos de pavimentos rígidos y flexibles. Los pavimentos compuestos son a menudo el resultado de capas superpuestas aplicadas en varias etapas de la vida útil de la estructura del pavimento. Si un pavimento es de construcción

compuesta, el tipo de pavimento debe ser reportado como el tipo que refleja con mayor precisión el comportamiento estructural del mismo. El FAARFIELD considerará que un pavimento rígido recubierto de pavimento flexible es un pavimento rígido hasta que el espesor de la superposición coincida con la rigidez de la capa. Es una buena práctica incluir una nota que indique que el pavimento es de construcción compuesta, y anotar cuál es la superficie en la capa superior.

4.5.6 Categoría de resistencia de subrasante.

Como se indica en el párrafo 2.2, se han identificado cuatro capacidades de carga subyacentes para calcular y notificar los valores de ACR o PCR. La Tabla 2-1 enumera los valores para pavimentos rígidos y flexibles.

4.5.7 Presión permitida de los neumáticos.

La Tabla 4-2 enumera las categorías de presión identificadas de neumáticos permitidas por el sistema ACR-PCR. Los códigos de presión de los neumáticos se aplican igualmente a las secciones de pavimento rígidas o flexibles; sin embargo, la aplicación de los diferenciales de presión de neumáticos permitidos difiere sustancialmente para pavimentos rígidos y flexibles.

Tabla 4-2

Códigos de presión de neumáticos para informes de PCR

Categoría	Código	Rango de presión de los neumáticos
Ilimitado	W	Sin límite de presión
Alto	X	Presión limitada a 254 psi (1,75 MPa)
Medio	Y	Presión limitada a 181 psi (1,25 MPa)
Bajo	Z	Presión limitada a 73 psi (0,50 MPa)

1. **Presiones de neumáticos en pavimentos rígidos.**

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

2 **Presiones de neumáticos en pavimentos flexibles.**

Las presiones de los neumáticos pueden restringirse en el concreto asfáltico (HMA), dependiendo de la calidad de la mezcla asfáltica y las condiciones climáticas. Los efectos de la presión de los neumáticos en una capa de asfalto se relacionan con la estabilidad de la mezcla para resistir el cizallamiento (esfuerzo cortante) o la densificación. Un pavimento asfáltico mal construido puede estar sujeto a ahuellamientos debido a su consolidación bajo carga. La principal preocupación en la resistencia a los efectos de la presión de los neumáticos es la estabilidad o resistencia al cizallamiento de mezclas de menor calidad.

Una mezcla debidamente preparada y colocada que cumpla con la especificación de la FAA P-401 puede soportar una presión sustancial de los neumáticos superior a 218 psi (1.5 MPa). El tipo P-401, Pavimento de mezcla asfáltica, figura en la versión actual de AC 150/5370-10, Normas para especificar la construcción de aeropuertos. Las mezclas que utilizan materiales de menor calidad y/o bajos estándares de construcción pueden mostrar fallas bajo presiones de neumáticos de 100 psi (0.7 MPa) o menos. Aunque estos efectos son independientes del espesor de la capa de asfalto, los pavimentos con asfalto bien colocado de 4 a 5 pulgadas (10.2 a 12.7 cm) generalmente se pueden clasificar con el código X o W, mientras que pavimentos de asfalto más delgados y de menor calidad no deben clasificarse por encima del código Y.

4.5.8 Método utilizado para determinar el PCR.

El sistema de PCR reconoce dos métodos de evaluación del pavimento. Si la evaluación representa los resultados de un estudio técnico, el método de evaluación debe ser incluido en el reporte. Si la evaluación se basa en la experiencia de "Uso de aeronaves", el método de evaluación debe codificarse U. La evaluación técnica implica que alguna forma de estudio técnico y cálculo estuvo involucrada en la determinación del PCR. El uso de la evaluación por el método de la aeronave en uso significa que el PCR se determinó seleccionando el ACR más alto entre las aeronaves que actualmente utilizan la instalación sin causar daños en el pavimento.

4.5.9 Ejemplo de informes de PCR.

Un ejemplo de un código PCR es 800/R/B/W/T, con:

1. 800 expresando el valor numérico del PCR,
2. R para pavimento rígido,
3. B para subrasante de capacidad de carga media,
4. W para una alta presión permitida de los neumáticos, y
5. T para un valor de PCR obtenido mediante una evaluación técnica.

4.5.10 Reporte de los valores de PCR (véase el Apéndice D).

Una vez determinado el valor del PCR, el explotador de aeródromo debe registrar el código completo y remitirlo a la AHAC, la cual lo difundirá, por medio del Servicio de Información Aeronáutica (AIS), en la Publicación de Información Aeronáutica (AIP) de Honduras. El ACR de una aeronave puede entonces compararse con el PCR publicado para determinar si la resistencia del pavimento impone restricciones de peso o de presión de los neumáticos a la aeronave en estudio.

La resistencia de los pavimentos se publica en la sección AD 2.8 (plataformas y calles de rodaje) y en la sección AD 2.12 (características físicas de las pistas) de la AIP. Todo cambio temporal que afecte la resistencia del pavimento se notificará mediante NOTAM.

APÉNDICE A. TRÁFICO EQUIVALENTE

A.1 Tráfico equivalente.

A.1.1 Un método detallado basado en el procedimiento del factor de daño acumulativo (CDF) permite el cálculo del efecto combinado de múltiples aeronaves en la mezcla de tráfico de un aeropuerto. Este tráfico combinado se une en el tráfico equivalente de una aeronave crítica. Esto es necesario ya que el procedimiento utilizado para calcular el ACR solo permite una aeronave a la vez. Al combinar todas las aeronaves de la mezcla de tráfico en una aeronave crítica equivalente, es posible la obtención de un solo PCR que incluya los efectos de todo el tráfico. La metodología utilizada para determinar ACR/PCR no considera la aeronave de diseño crítico utilizada para determinar los requisitos dimensionales del aeropuerto.

A.1.2 La evaluación del tráfico equivalente, descrita en esta sección, sólo es necesaria en el proceso de determinación del PCR utilizando el método técnico y puede no tenerse en cuenta cuando se emplea el método de aeronaves en uso.

A.1.3 Para llegar a un PCR técnicamente derivada, es necesario determinar el peso máximo bruto de cada aeronave en la mezcla de tráfico. Esto, requiere a su vez, que la sección transversal del pavimento y las características de carga de la aeronave se examinen en detalle. En consecuencia, la formación presentada en este apéndice parece aplicarse al principio al diseño del pavimento en lugar de a una determinación de PCR. Sin embargo, con este conocimiento en la mano, un ingeniero podrá llegar a un PCR que tendrá una base técnica sólida.

A.2 Terminología de tráfico equivalente.

Para determinar un PCR, basado en el método de evaluación técnica, es necesario definir términos comunes utilizados en el tráfico de aeronaves y en la carga de los pavimentos. Los términos llegada, salida, pase, interacción de carga (cobertura), repetición de carga, operación y ciclo tráfico a menudo son utilizados indistintamente por diferentes organizaciones al determinar el efecto del tráfico de aeronaves que opera en un pavimento. Es importante determinar cuáles movimientos de aeronaves deben contarse al considerar el esfuerzo en el pavimento y cómo se aplican los diversos términos de movimiento en relación con el proceso de diseño y evaluación del pavimento.

A los efectos del presente documento, se diferencian de la siguiente manera:

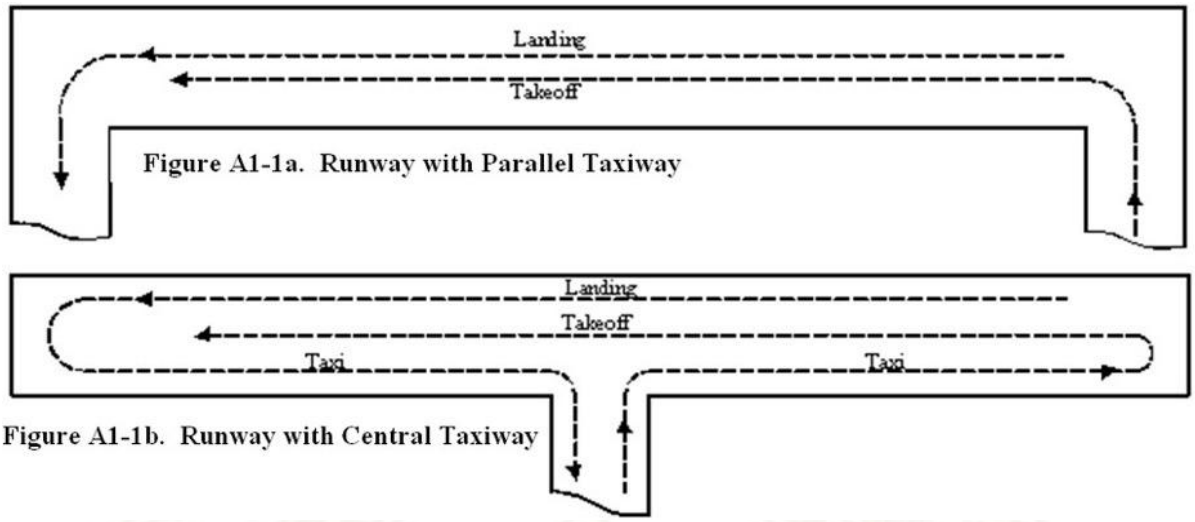
A.2.1 Llegada (aterrizaje) y salida (despegue).

Las aeronaves llegan a un aeropuerto con una cantidad menor de combustible que la que se utilizó durante el despegue. Como consecuencia, la carga de las ruedas en el pavimento de la pista es menor al aterrizar que al despegar debido al menor peso de la aeronave como resultado del combustible consumido durante el vuelo y la sustentación en las alas. Esto es cierto incluso en el impacto de aterrizaje, ya que todavía hay sustentación en las alas, lo que alivia la fuerza vertical dinámica. Debido a esto, el procedimiento de diseño del pavimento de la FAA solo considera las salidas e ignora el recuento del tráfico de llegada. Ahora bien, si la aeronave no recibe combustible adicional en el aeropuerto, entonces el peso de aterrizaje será sustancialmente el mismo que el peso de despegue (descontando los cambios en el número de pasajeros y la carga), y entonces la operación de aterrizaje debe contarse como un despegue para los ciclos de carga del pavimento. En este último escenario, hay dos esfuerzos de carga iguales en el pavimento para cada recuento de tráfico (salida), en lugar de solo una. Independientemente del método de conteo de ciclos de carga, un ciclo de tráfico se define como un despegue y un aterrizaje de la misma aeronave, sujeto a un refinamiento adicional de la definición en el siguiente texto.

A.2.2 Pasada.

Una pasada es un movimiento único de la aeronave sobre el pavimento de la pista. Podría ser una llegada, una salida, una operación de taxeo o las tres, dependiendo de la magnitud de la carga y la ubicación de las calles de rodaje. La Figura A-1 muestra los patrones de tráfico típicos para las pistas que tienen calles de rodaje paralelas o calles de rodaje centrales. Una calle de rodaje paralela requiere que no se utilice nada o muy poco de la pista como parte del movimiento de taxeo. Una calle de rodaje central requiere que una gran parte de la pista se utilice durante el movimiento del taxeo.

Figura A-1
Patrones de distribución de carga de tráfico



A.2.2.1 ***Escenario de calle de rodaje paralela.***

En el caso de la calle de rodaje paralela, que se muestra como Figura A1-1a en la Figura A-1, pueden ocurrir dos posibles situaciones de carga. Ambas situaciones asumen que el recuento de pasajeros y la carga útil de carga son aproximadamente los mismos para todo el ciclo de aterrizaje y despegue:

1. Si la aeronave obtiene combustible en el aeropuerto, entonces un ciclo de tráfico implica una sola pasada, ya que la carga de aterrizaje se considera a un nivel reducido, que es una equivalencia fraccionaria. Para esta condición solo se cuenta la pasada de despegue, y la relación entre pasadas y ciclos de tráfico (P/TC) es 1.
2. Si la aeronave no obtiene combustible en el aeropuerto, se deben contar las pasadas de aterrizaje y despegue, y un ciclo de tráfico consiste en dos pasadas de igual tensión de carga. En este caso, la relación P/TC es 2.

A.2.2.2 ***Escenario de la calle de rodaje central.***

Para una configuración de calle de rodaje central, que se muestra como Figura A1-1b en la Figura A-1, también hay dos posibles situaciones de carga que pueden ocurrir. Como se hizo para la condición de calle de rodaje paralela, ambas

situaciones asumen que la carga útil es aproximadamente la misma para todo el ciclo de aterrizaje y despegue:

1. Si la aeronave obtiene combustible en el aeropuerto, entonces se deben contar tanto los pases de despegue como los de taxeo a despegue, ya que dan como resultado un ciclo de tráfico que consiste en dos pasadas a carga máxima. El pase de aterrizaje puede ser ignorado en este caso. Se reconoce que solo se utiliza una parte de la pista durante algunas de estas operaciones, pero es conservador suponer que toda la pista está cubierta cada vez que se produce un pase. Para esta situación, la relación P/TC es 2.
2. Si la aeronave no obtiene combustible en el aeropuerto, entonces se deben contar tanto los pases de aterrizaje como los de despegue, junto con el pase de taxi, y un ciclo de tráfico consta de tres pasadas a cargas de igual magnitud. En este caso, la relación P/TC es 3.

A.2.2.3 Un enfoque simplificado, pero menos conservador, sería utilizar una relación P/TC de 1 para todas las situaciones. Dado que un aterrizaje y un despegue solo aplican carga completa a tal vez el tercio final de la pista (extremos opuestos para que no haya cambio en la dirección del viento), este enfoque menos conservador podría usarse para contar una pasada tanto para el aterrizaje como para el despegue. Sin embargo, la FAA recomienda realizar evaluaciones aeroportuarias en el lado conservador, que es asumir que cualquiera de los pases cubre toda la pista.

A.2.2.4 En la Tabla A-1 se resume el análisis de la relación P/TC estándar.

Tabla A-1
Resumen de la relación P/TC estándar (véase la nota)

Calle de rodaje que sirve a la pista	**P/TC Combustible obtenido en el aeropuerto (es decir, el peso bruto de salida es mayor que el peso bruto de llegada).**	**P/TC No se obtiene combustible en el aeropuerto (es decir, el peso bruto de salida es el mismo que el peso bruto de llegada).**
Paralelo	1	2
Central	2	3

Nota: Las relaciones P/TC estándar son los números enteros 1, 2 y 3. El rango de valores que se pueden ingresar en el software es de 0.001 a 10.0. Esta característica permite flexibilidad en aquellos casos en que una fracción del tráfico total puede utilizar diferentes pistas u otras aceras. Por ejemplo, una relación P/TC de 0,5 multiplica las coberturas de cada aeronave por 0,5, lo que aumentará el PCR del pavimento.

A.2.3 Interacción de Carga (cobertura).

A.2.3.1 Cuando un avión se mueve a lo largo de una pista, rara vez viaja en una línea perfectamente recta o por exactamente la misma trayectoria que antes. Pasará por una zona unitaria específica de la pista con cierta frecuencia mediante una distribución normal estadística. Una interacción (cobertura) ocurre cuando un área unitaria de la pista ha sido atravesada por una rueda del tren principal de la aeronave. Debido al recorrido, es posible que esta área no esté cubierta por la rueda cada vez que la aeronave esté en la pista. El número de pasadas requeridas para cubrir estadísticamente el área de la unidad una vez, en el pavimento se expresa mediante la relación pasada a cobertura (P/C).

A.2.3.2 Aunque los términos cobertura y relación P/C se han aplicado comúnmente tanto a pavimentos flexibles como rígidos, la relación P/C tiene un significado ligeramente diferente cuando se aplica a pavimentos flexibles en lugar de pavimentos rígidos. Esto se debe a la forma en que se considera que los pavimentos flexibles y rígidos se adaptan a varios tipos de configuraciones de trenes de aterrizaje. Para configuraciones de tren de aterrizajes con ruedas en tándem, como

doble tándem (2D) y triple tándem dual (3D), las relaciones son diferentes para pavimentos flexibles y rígidos, y usar el mismo término para ambos tipos de pavimento puede ser confuso.

A.2.3.3 Las pasadas de aeronaves se pueden determinar (contar) mediante observación, pero las coberturas son el parámetro utilizado por el programa FAARFIELD. La relación P/C es necesaria para convertir pasadas en coberturas para su uso en el programa. Esta relación es diferente para cada aeronave debido al diferente número de ruedas, configuraciones de trenes principales, áreas de contacto de neumáticos y carga en el tren. Afortunadamente, la relación P / C para cualquier aeronave es determinada automáticamente por el programa FAARFIELD y el usuario solo necesita preocuparse por las pasadas.

A.2.4 Operación.

El significado de este término no está claro cuando se usa en el diseño o evaluación de pavimentos. Podría significar una salida a plena carga o un aterrizaje a carga mínima. Es preferible utilizar los términos más precisos de salida o aterrizaje.

APÉNDICE B. EJEMPLOS DE DETERMINACIÓN DEL PCR.

B.1 El método de la aeronave en uso.

B.1.1 El método la aeronave para determinar el PCR se presenta en los siguientes pasos. Este procedimiento se puede utilizar cuando hay un conocimiento limitado del tráfico existente y las características de la pista. También es útil cuando el análisis de ingeniería no es posible. Debido a que el índice no se ha determinado rigurosamente, se debe tener más cuidado al aplicar un PCR con el método de la aeronave que con un PCR técnica.

B.1.2 El procedimiento básico para llegar a un PCR por el método de la aeronave es:

1. Determinar el ACR para cada aeronave en la mezcla de tráfico que actualmente utiliza el pavimento**.**
2. Asigne el valor de ACR más alto como PCR.

B.1.3 Los ejemplos de los párrafos B.2 y B.3 muestran los pasos necesarios para realizar los cálculos de ACR utilizando ICAO-ACR, y los resultados. Tanto para superficies de pavimento flexibles como rígidas, los pasos detallados son los siguientes:

1. Asigne el tipo de superficie del pavimento como código F o R.
2. A partir de los registros disponibles, determine la resistencia de la subrasante. Si no se conoce la resistencia de la subrasante, use Medio.
3. Determine qué aeronave tiene el ACR más alto de la lista de aeronaves que usan regularmente el pavimento, según el tipo de código de superficie asignado en el Paso 1 y el código de subrasante en el Paso 2. Los valores de ACR pueden determinarse a partir del programa ICAO-ACR, o a partir de gráficos ACR que se encuentran en los manuales ACAP publicados por el fabricante. Utilice el mismo código de subrasante para cada una de las aeronaves al determinar el ACR máximo. Basar los ACR en el peso operativo más alto de la aeronave en el aeropuerto si se dispone de datos; de lo contrario, utilice una estimación o el peso bruto máximo permitido publicado de la aeronave en cuestión. Reporte el ACR de la aeronave con el ACR más alto que utiliza regularmente el pavimento como PCR para el

pavimento.

Nota: La FAA recomienda que se considere que una aeronave "usa regularmente" un aeropuerto si tiene 250 salidas anuales. Utilice el juicio de ingeniería para aeronaves de uso estacional u ocasional.

4. El PCR es el ACR más alto de todas las aeronaves usuarias, con la presión de los neumáticos adecuada y los códigos de evaluación agregados. El valor numérico del PCR podrá ajustarse al alza o a la baja a preferencia de la autoridad aeroportuaria. Los ajustes no se consideran una práctica estricta, pero las razones para el ajuste pueden incluir restricciones locales, permisos para ciertas aeronaves o las condiciones del pavimento.

5. El código de presión de los neumáticos (W, X, Y o Z) debe representar la presión más alta de los neumáticos de la flota de aeronaves que actualmente utiliza el pavimento. Para pavimentos flexibles, se debe usar el código X si no se evidencia una presión más alta de los neumáticos entre el tráfico existente.

   Comúnmente se entiende que el concreto puede tolerar presiones de neumáticos sustancialmente más altas, por lo que la clasificación del pavimento rígido normalmente debe darse como W.

6. El método de evaluación para el método de uso de aeronaves se informa como U.

B.2 Ejemplo del método de la aeronave en uso para pavimentos flexibles.

B.2.1 El siguiente ejemplo ilustra el proceso de PCR de aeronaves para pavimentos flexibles:

B.2.2 Un aeropuerto tiene una pista con la mezcla de tráfico conocida que se muestra en la Tabla B-1. La pista tiene un pavimento flexible (con superficie asfáltica) con una resistencia subrasante estimada de CBR 9. Aplicando la conversión $E = 1500 \times \text{CBR}$ da estimación $E = 13{,}500$ psi, lo que lo coloca en la categoría de subcategoría C.

Tabla B-1

Uso del tráfico de aeronaves para un pavimento flexible

No.	Nombre de la aeronave	Peso bruto, lb.	Salidas anuales	Presión de los neumáticos, psi
1	A300-B4 Std	365,747	1,500	216.1
2	A319-100 Std	141,978	1,200	172.6
3	B737-300	140,000	6,000	201.0
4	B747-400	877,000	1,000	200.0
5	B767-200 ER	396,000	2,000	190.0
6	B777-200 ER	657,000	1,000	205.0
7	DC8-63	330,000	3,000	194.0

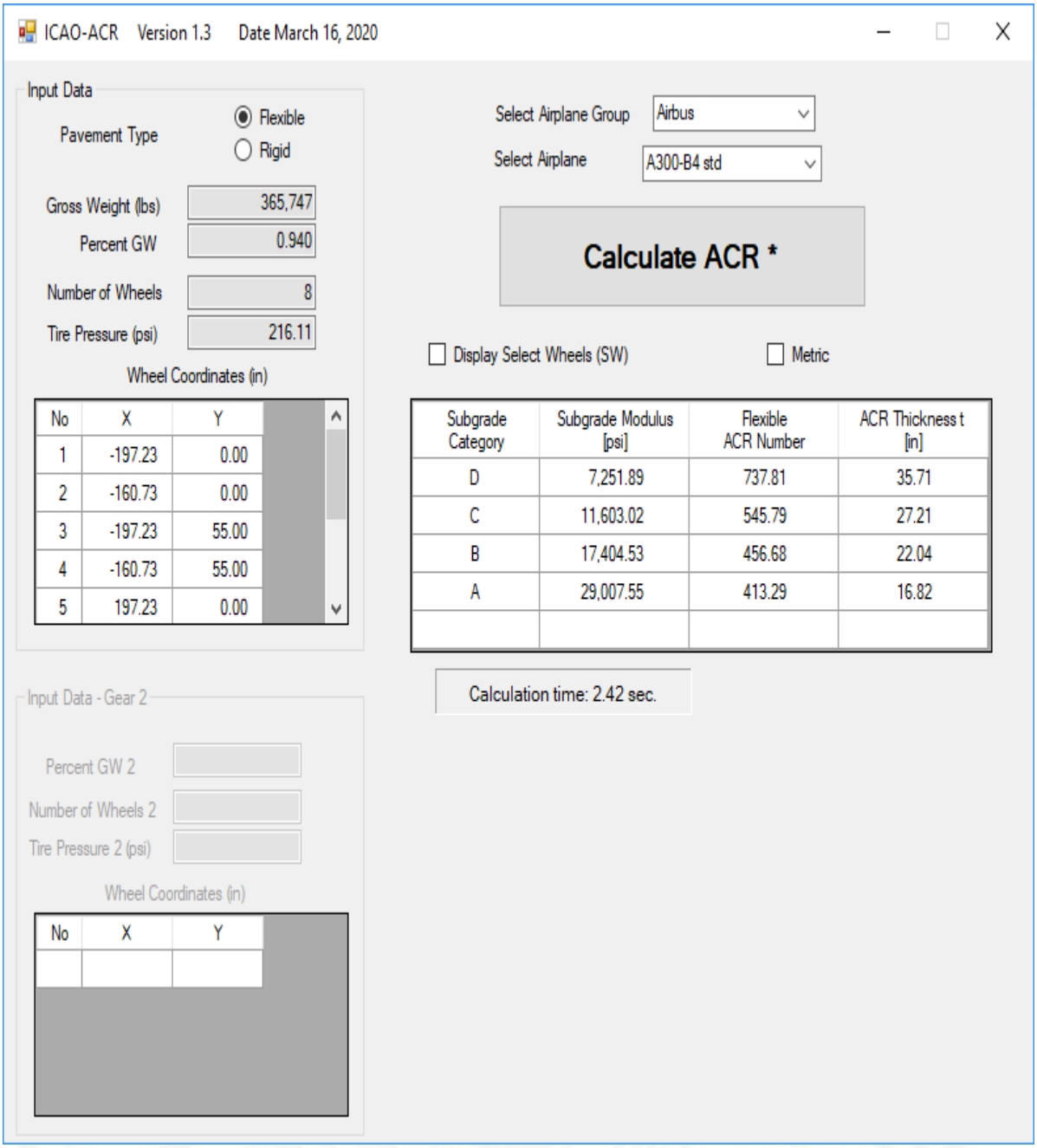
B.2.3 Determine los valores de ACR flexible para cada avión indicado en la Tabla B-1 utilizando ICAO-ACR. La Figura B-1 muestra un cálculo de muestra de la OACI-ACR para el A300-B4, el primer avión de la lista. Para la categoría de subrasante C, el número ACR flexible es 545.79. La Tabla B-2 enumera los valores de ACR calculados para todas las aeronaves en operación. Tenga en cuenta que el número de salidas anuales no es necesario para determinar el ACR; sin embargo, verifique que el número de operaciones anuales califique a la aeronave como de "uso regular".

Tabla B-2

Valores ACR flexibles para el uso de aeronaves en la Tabla B-1

No.	Nombre de la aeronave	ACR/F/C
1	A300-B4 Std	545.79
2	A319-100 Std	326.02
3	B737-300	345.93
4	B747-400	606.91
5	B767-200 ER	507.86
6	B777-200 ER	585.58
7	DC8-63	523.07

Figura B-1


ICAO-ACR Version 1.3 Date March 16, 2020
Input Data
Pavement Type
Flexible
Rigid
Gross Weight (lbs) 365,747
Percent GW 0.940
Number of Wheels 8
Tire Pressure (psi) 216.11
Wheel Coordinates (in)
No X Y
1 -197.23 0.00
2 -160.73 0.00
3 -197.23 55.00
4 -160.73 55.00
5 197.23 0.00
Input Data - Gear 2
Percent GW 2
Number of Wheels 2
Tire Pressure 2 (psi)
Wheel Coordinates (in)
No X Y
Select Airplane Group Airbus
Select Airplane A300-B4 std
Calculate ACR *
Display Select Wheels (SW)
Metric
Subgrade Category | Subgrade Modulus [psi] | Flexible ACR Number | ACR Thickness t [in]
D 7,251.89 737.81 35.71
C 11,603.02 545.79 27.21
B 17,404.53 456.68 22.04
A 29,007.55 413.29 16.82
Calculation time: 2.42 sec.

Ejemplo de cálculo ICAO-ACR para A300-B4 Std (Flexible)

1. Dado que se trata de un pavimento flexible, el código de tipo de pavimento es F.
2. La categoría de capacidad de carga de subrasante es Baja, por lo que el código apropiado es C.
3. La presión más alta de los neumáticos de cualquier avión en la mezcla de tráfico es de 216.1 psi, por lo que el código de presión de los neumáticos es X.
4. De la Tabla B-2, el avión crítico es el B747-400, porque tiene el ACR más alto del grupo en los pesos operativos mostrados (607/F/C). Además, tiene servicio regular.
5. Dado que se realizó un análisis de ingeniería mínimo en este ejemplo, y la calificación se determinó simplemente mediante el examen de la aeronave actual que utiliza la pista, el código de evaluación es U.
6. Sobre la base de los resultados de los pasos anteriores, el pavimento de la pista debe clasificarse tentativamente como PCR 610 / F / C / X / U, suponiendo que el pavimento esté funcionando satisfactoriamente bajo el tráfico actual.
7. Si este pavimento fuera una calle de rodaje, el aeropuerto podría calificar esta calle de rodaje con el mismo PCR.

B.2.4 Si el pavimento muestra signos evidentes de afectación, esta calificación debe ser ajustada a la baja por la autoridad aeroportuaria. Si la calificación se reduce, entonces una o más de las aeronaves tendrán ACR que excedan la calificación asignada. Esto puede requerir que el aeropuerto restrinja el peso bruto permitido para esas aeronaves o considere el mejoramiento del pavimento.

B.3 Ejemplo del método de la aeronave en uso para pavimentos rígidos.

Un aeropuerto tiene una pista con la mezcla de tráfico conocida que se

muestra en la Tabla B-1. La pista tiene un pavimento rígido (con superficie de hormigón). El suelo subrasante tiene un módulo E estimado = 15.000 psi, lo cual lo coloca en la categoría de subrasante B.

B.3.1 Determinar los valores rígidos de ACR para cada avión listados en la Tabla B-1 utilizando ICAO-ACR. La Figura B-2 muestra un cálculo de muestra de la OACI-ACR para el A300-B4, el primer avión de la lista. Para la categoría de subrasante B, el número ACR rígido es 600.2. La Tabla B-3 enumera los valores calculados de ACR para todas las aeronaves operativas.

Tenga en cuenta que el número de salidas anuales no es necesario para determinar el ACR; sin embargo, verifique que el número de operaciones anuales califique a la aeronave como de en "uso regular". También tenga en cuenta que no se necesita información sobre la resistencia o el espesor del concreto in situ para realizar los cálculos de ACR.

Tabla B-3

Valores rígidos de ACR para el uso de aeronaves en la Tabla B-1

No.	Nombre de la aeronave	ACR/R/B
1	A300-B4 Std	600.02
2	A319-100 Std	380.09
3	B737-300	403.48
4	B747-400	685.56
5	B767-200 ER	563.26
6	B777-200 ER	739.73
7	DC8-63	552.47

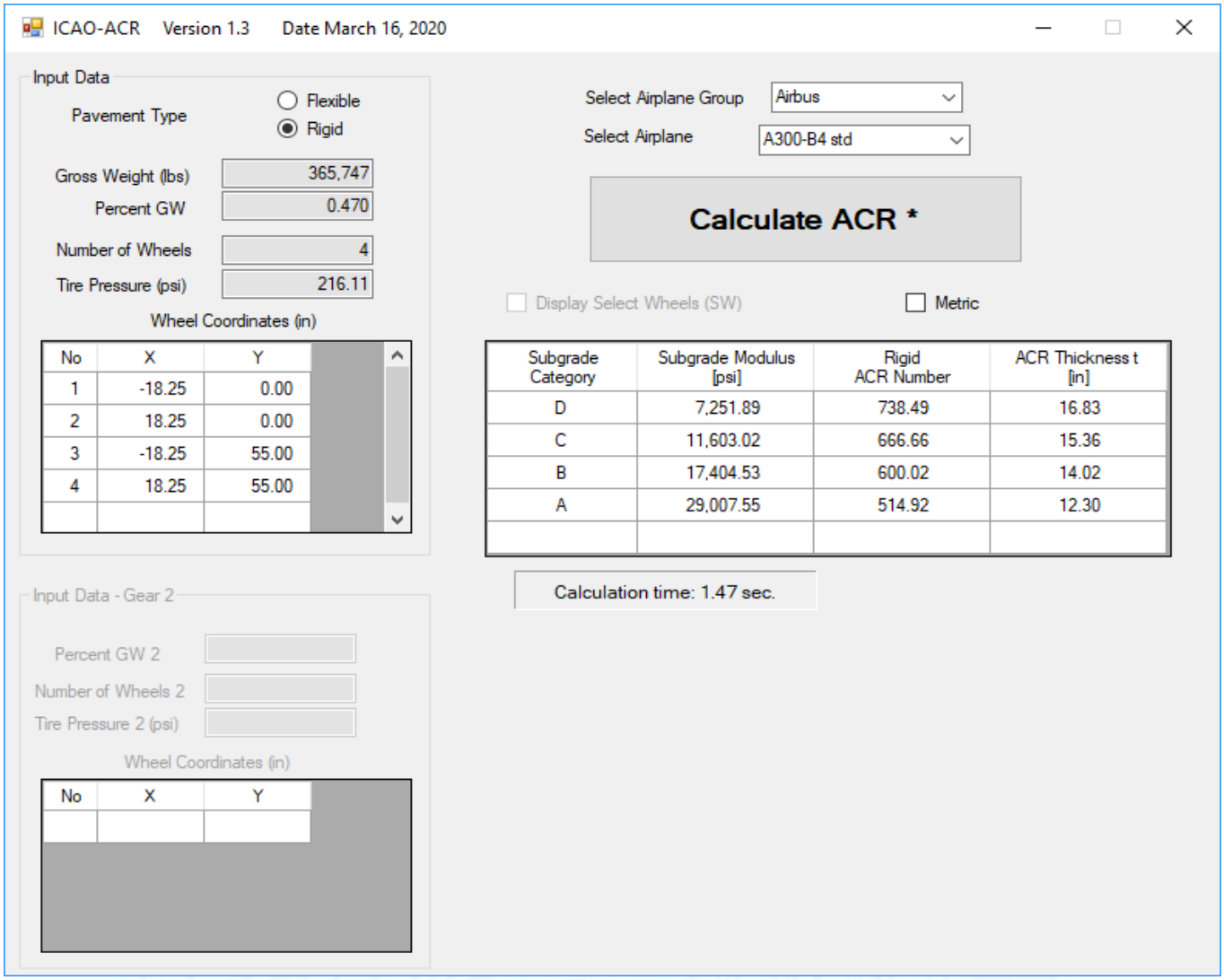
1. Dado que se trata de un pavimento rígido, el código de tipo de pavimento es R.
2. La categoría de capacidad de carga de subrasante es Media, por lo que el código apropiado es B.
3. Las superficies de concreto pueden tolerar altas presiones de los neumáticos,

así que use el código de presión de los neumáticos W para el pavimento rígido.

4. El B777-200 tiene el ACR más alto del grupo en los pesos operativos mostrados (740/R/B).
5. Dado que no se realizó ningún análisis de ingeniería en este ejemplo, y la calificación se determinó simplemente mediante el examen de la aeronave actual que utiliza la pista, el código de evaluación es U.
6. Sobre la base de estos pasos, el pavimento debe clasificarse tentativamente como PCR 740 / R / B / W / U para acomodar todo el tráfico actual.

B.3.2 Si el pavimento muestra signos evidentes de afectación, esta calificación debe ser ajustada a la baja por la autoridad aeroportuaria. Si la calificación se reduce, entonces una o más de las aeronaves tendrán ACR que excedan la calificación asignada. Esto puede requerir que el aeropuerto restrinja el peso bruto permitido para esas aeronaves o que considere el mejoramiento del pavimento. La calificación también podría ajustarse al alza, dependiendo del rendimiento del pavimento bajo el tráfico actual.

FiguraB-2



Ejemplo de cálculo ICAO-ACR para A300-B4 Std (rígido)

B.4 El método de evaluación técnica.

Utilizamos el método de evaluación técnica para determinar el PCR cuando existe un conocimiento fiable de las características existentes del tráfico y del pavimento. El grosor de la carpeta y los datos de sección transversal de la estructura, y los recuentos de tráfico precisos, son necesarios para realizar esta evaluación. Los ejemplos ilustran el uso del programa informático FAARFIELD 2.0 para determinar el PCR por el método técnico para pavimentos flexibles y rígidos.

B.5 Evaluación Técnica para pavimentos flexibles.

La siguiente lista resume los pasos para utilizar el método de evaluación técnica para pavimentos flexibles:

1. Determine los tipos de aeronaves y el número de salidas anuales de cada tipo de aeronave que experimentará el pavimento a lo largo de su vida útil.
2. Determine el módulo elástico subrasante. El módulo puede determinarse a partir de datos test o convertirse a partir del valor CBR utilizando $E = 1.500 \times \text{CBR}$ (para E en psi).
3. Determine las características de la capa de pavimento. En FAARFIELD, cada capa por encima de la subrasante se caracteriza por su grosor y módulo elástico *E*. Para los materiales que cumplen con la especificación de la FAA, FAARFIELD asignará el valor *E* automáticamente o permitirá al usuario seleccionarlo de un rango permitido.
4. Determinar la relación P/TC para el pavimento utilizando los criterios del Apéndice A.
5. Ingrese toda la información en FAARFIELD y ejecute la evaluación de PCR.

B.6 Ejemplos de evaluación técnica para pavimentos flexibles.

Los siguientes tres ejemplos demuestran el método de evaluación técnica para determinar el PCR para pavimentos flexibles.

1. El ejemplo 1 es un pavimento con exceso de resistencia en relación con el volumen de tráfico de uso (CDF total < 1).
2. El ejemplo 2 tiene un espesor aproximadamente igual al requisito estructural para el tráfico de 20 años (CDF total ≈ 1).
3. El ejemplo 3 muestra cómo notificar el PCR cuando el pavimento

considerado contiene un exceso significativo de resistencia en relación con la carga impuesta por el tráfico previsto (TOTAL CDF << 1).

B.6.1 Ejemplo de pavimento flexible 1.

B.6.1.1 Un aeropuerto tiene un pavimento flexible (con superficie de asfalto) con un CBR subrasante de 8 y un grosor total de 32.0 pulgadas. La estructura es: capa superficial de asfalto de 4 pulgadas (tipo P-401), base estabilizada tratada con cemento de 5 pulgadas (tipo P-304), capa base estándar de 6 pulgadas (tipo P-209) y capa estándar de 17 pulgadas de subbase (artículo P-154). La combinación de tráfico es la misma que en el ejemplo Uso de aeronaves (Tabla B-1). Se supone a los efectos de este ejemplo que el nivel de tráfico es constante durante el período de tiempo de 20 años. El combustible adicional generalmente se obtiene en el aeropuerto antes de la salida, y la pista tiene una calle de rodaje paralela (relación P / TC = 1). El pavimento fue diseñado para una vida útil de 20 años.

Introduzca los datos en FAARFIELD. Después de abrir FAARFIELD, seleccione "PCR" en la lista desplegable de funciones en la parte superior de la pantalla. Seleccione el *nuevo tipo de pavimento flexible* en la lista desplegable Tipo de pavimento. Introduzca o modifique las capas de la estructura directamente en la tabla Capas de pavimento, o haciendo clic en la imagen de la sección transversal del pavimento. Usando la biblioteca de aeronaves, ingrese a la lista de aeronaves de la Tabla B-3 y modifique los pesos brutos y las salidas anuales según sea necesario. El valor predeterminado de P/TC es 1 y no es necesario cambiarlo. La figura B-3 muestra la pantalla de usuario de FAARFIELD con todos los datos introducidos para este ejemplo.

Figura B-3

Captura de pantalla de FAARFIELD en modo PCR con datos para el ejemplo flexible 1

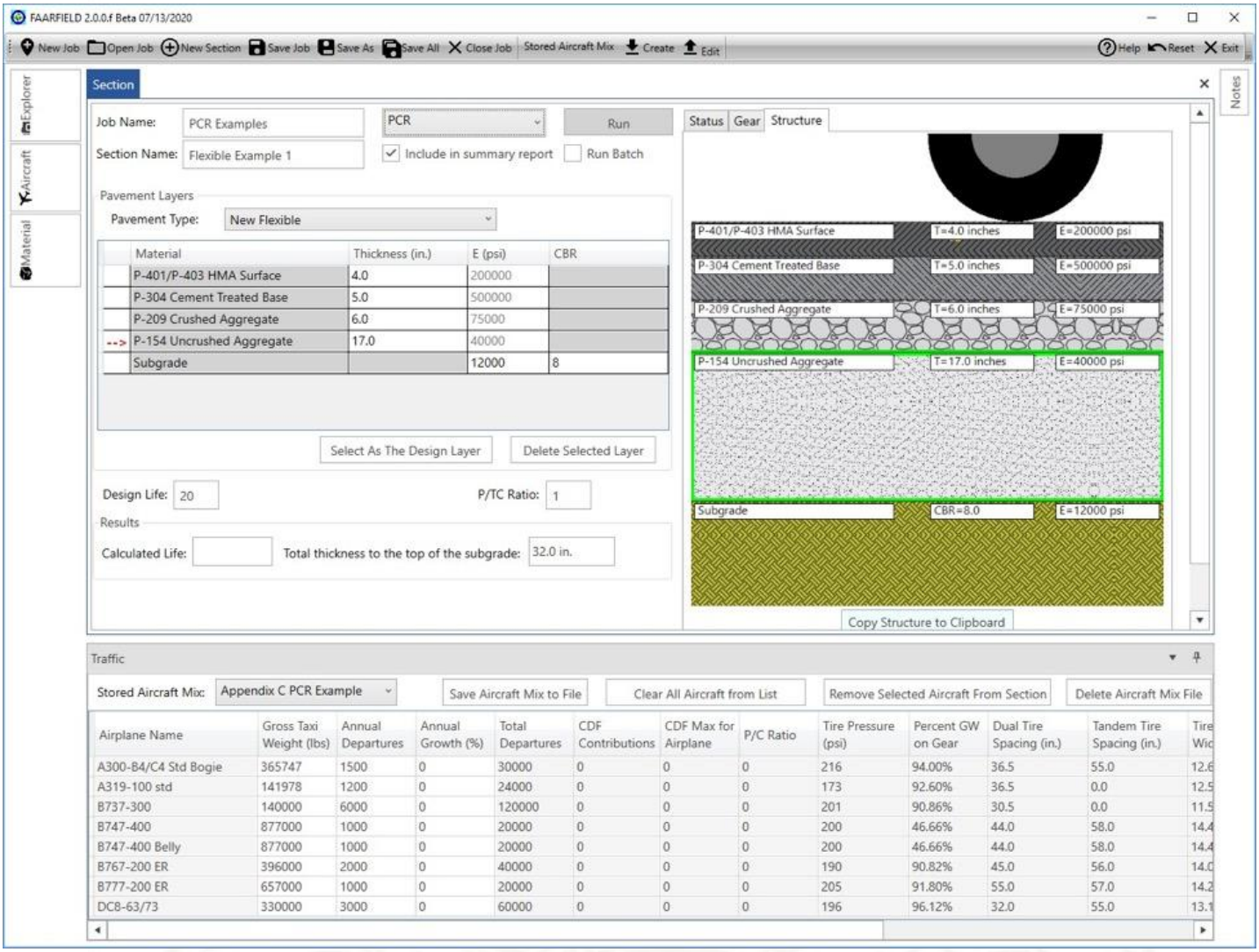


Figura B-4

Salida FAARFIELD PCR – Ejemplo flexible 1

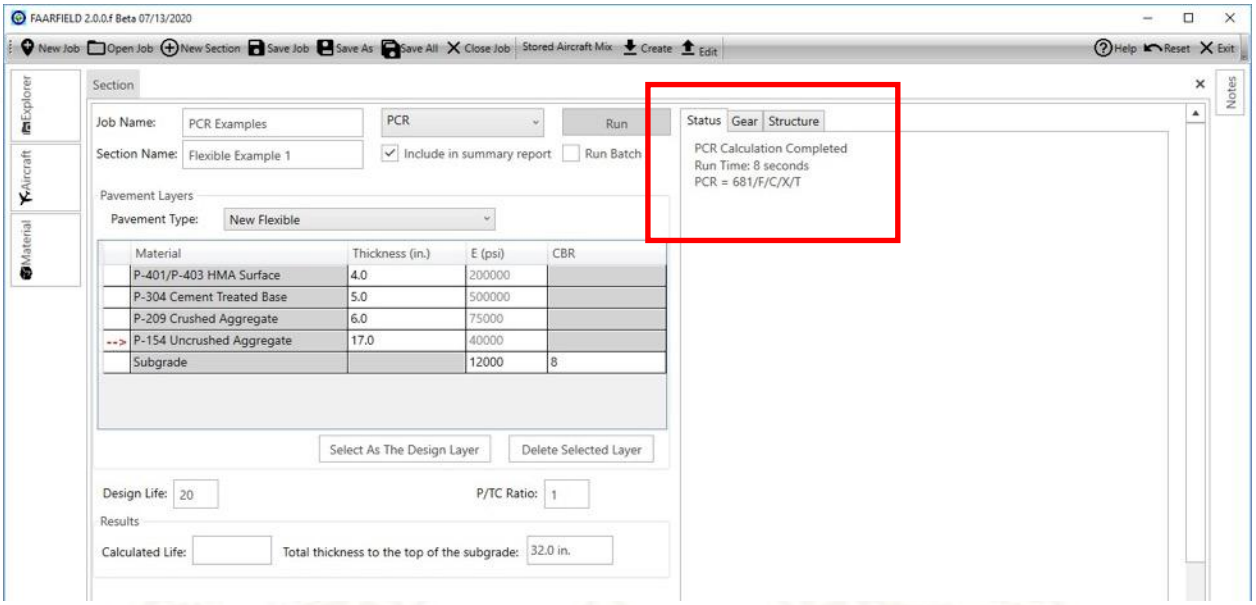
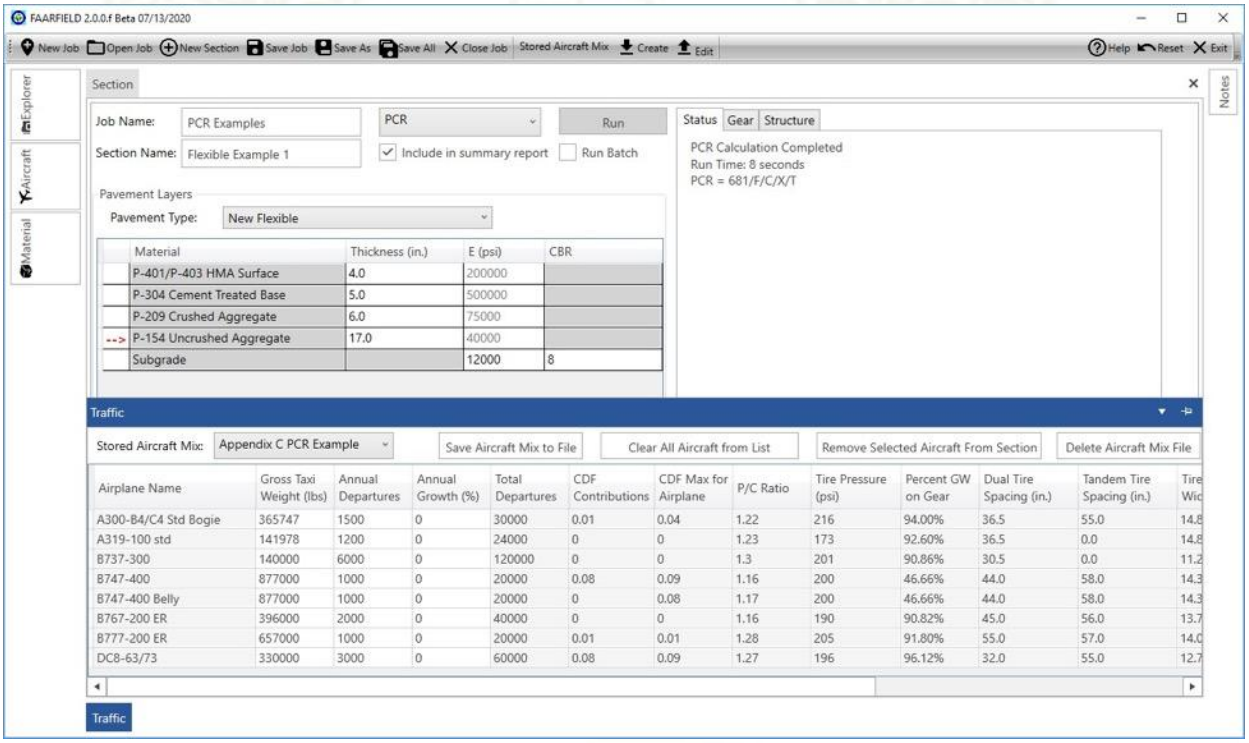


Figura B-5

Tabla de tráfico FAARFIELD – Ejemplo flexible 1



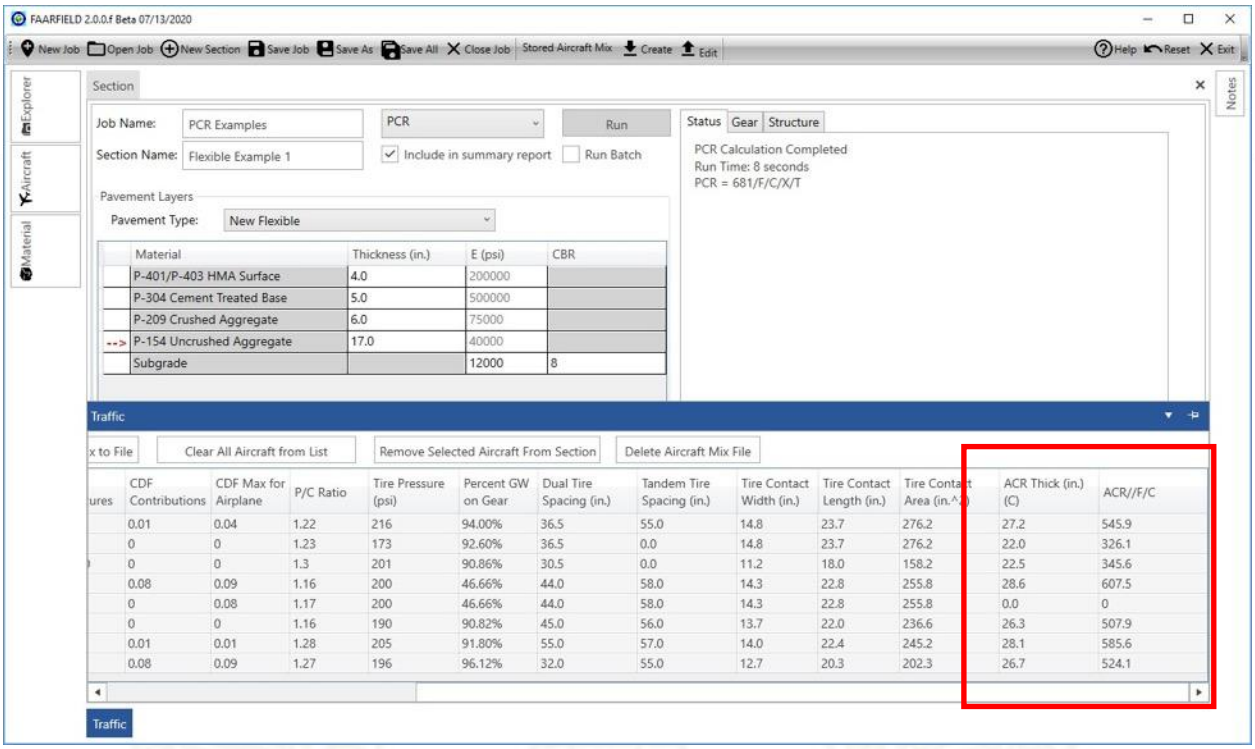


Figura B-6

Tabla de tráfico FAARFIELD: ejemplo flexible 1 (valores ACR)

B.6.1.2 Haga clic en "Ejecutar". FAARFIELD realizará el cómputo del PCR de forma automática. Cuando se complete el cálculo, el valor calculado del PCR aparecerá en la pantalla "Estado" en la parte superior derecha (Figura B-4). Para este ejemplo, el PCR calculada es 681/F/C/X/T. Tenga en cuenta que FAARFIELD identifica automáticamente la categoría de subrasante correcta en función de las propiedades introducidas. FAARFIELD selecciona X como la categoría de presión de neumáticos predeterminada, pero el usuario puede optar por indicar una categoría diferente en función de la información que tenga sobre la mezcla de la carpeta asfáltica.

B.6.1.3 La tabla Tráfico proporciona información adicional sobre el cálculo del PCR (Figura B-5). Las columnas "CDF Contributions" y "CDF Max for Airplane" muestran la contribución de CDF de cada aeronave en la mezcla

en el desplazamiento crítico para la mezcla de tráfico y para la aeronave individual, respectivamente. El CDF total para este ejemplo es 0,180 y es inferior a 1.0, lo que indica que el pavimento flexible tiene un exceso de capacidad estructural para el tráfico de uso. Tenga en cuenta que los valores de CDF pueden diferir de los valores calculados para la misma combinación de tráfico en el modo Diseño. Esto se debe a las diferentes características del tren de aterrizaje (porcentaje del peso bruto en el tren principal y presión de los neumáticos) utilizadas para los cálculos de PCR y los cálculos para diseño.

B.6.1.4 Al desplazarse hacia la derecha de la tabla de tráfico FAARFIELD se muestran los valores ACR calculados de la aeronave usuaria en sus pesos operativos (Figura B-6). Los espesores de ACR y los del ACR para pavimento flexible se muestran para cada aeronave de acuerdo con la categoría de subrasante del pavimento que se está evaluando. En este ejemplo, todos los ACR son menores que el PCR calculada, por lo tanto, todas las aeronaves pueden operar en el pavimento sin restricciones.

B.6.1.5 Desde la barra del explorador, seleccione "Gráfico PCR". FAARFIELD muestra un gráfico de barras que muestra visualmente los valores de ACR de los seis aviones más exigentes de la lista. La barra negra horizontal representa el valor calculado de PCR. Este gráfico muestra que todos los valores de ACR son menores que el PCR, por lo tanto, todas las aeronaves pueden operar sin restricciones. El valor de PCR aparece en la tabla de la columna asociada a la aeronave crítica. En este ejemplo, la aeronave crítica para los cálculos de PCR es la B747-400, que también es la aeronave con el ACR más alto en peso operativo.

B.6.1.6 En la barra del explorador, seleccione "Informe PCR". FAARFIELD muestra los detalles del cálculo del PCR, en forma de tres tablas:

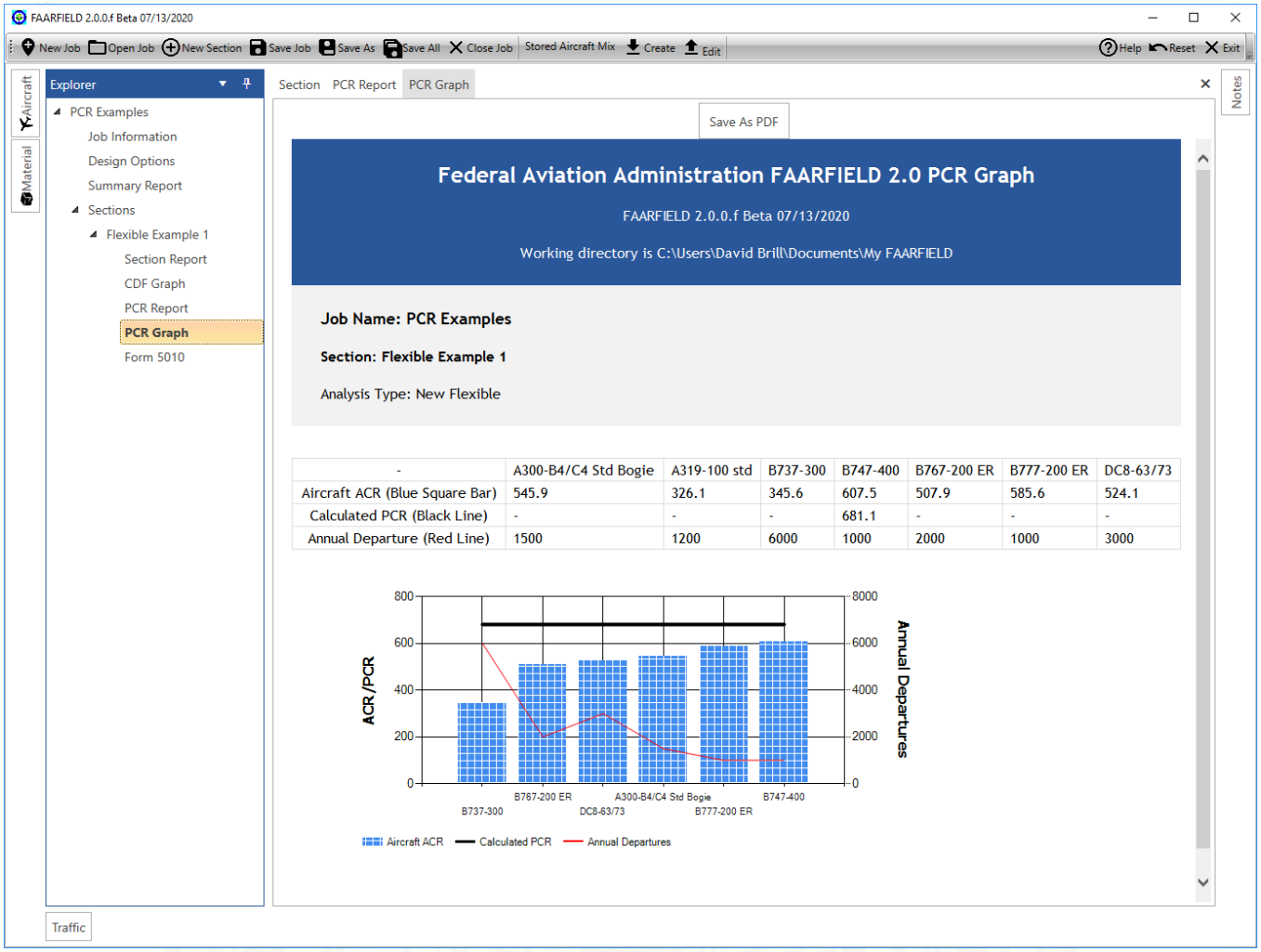
1. La Tabla de Resultados 1 informa los datos de tráfico de entrada para todas las aeronaves en la lista. El porcentaje bruto que tenemos en el tren principal y los valores de presión de los neumáticos son los aplicables a los cálculos de ACR, y pueden diferir de los valores utilizados para el diseño.
2. En el cuadro de resultados 2 se proporciona información sobre las aeronaves críticas: las salidas anuales equivalentes de aeronaves críticas (que serán iguales o superiores a las salidas anuales reales de

esa aeronave en el cuadro de resultados 1); el MAGW calculado de la aeronave crítica (que será mayor que el peso bruto operativo si el ACR < PCR); el espesor del ACR para la aeronave crítica al MAGW, y el PCR, que se define como el ACR de la aeronave crítica en el MAGW.

3. La Tabla de Resultados 3 enumera la información ACR calculada para la aeronave usuaria.

   Al hacer clic en "Guardar como PDF" en la parte superior de la pantalla, se obtiene una copia del informe generado (Figura B-8).

Figura B-7
FAARFIELD Gráfico PCR – Ejemplo flexible 1



-	A300-B4/C4 Std Bogie	A319-100 std	B737-300	B747-400	B767-200 ER	B777-200 ER	DC8-63/73
Aircraft ACR (Blue Square Bar)	545.9	326.1	345.6	607.5	507.9	585.6	524.1
Calculated PCR (Black Line)	-	-	-	681.1	-	-	-
Annual Departure (Red Line)	1500	1200	6000	1000	2000	1000	3000

Figura B-8a

Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 PCR Report

FAARFIELD 2.0.0.f Beta 07/13/2020

Working directory is C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD

Job Name: PCR Examples

Section: Flexible Example 1

This file name = PCR Results for Flexible 2020-07-15 11:34:46.txt

Evaluation pavement type is flexible and design program is FAARFIELD.

Section name: Flexible Example 1 in job file: C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD\PCR Examples.JOB.xml

Units = US Customary

Analysis Type: New Flexible

Subgrade Modulus =12000psi (Subgrade Category is C(11k))

Evaluation Pavement Thickness = 32.0 in.

Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00

Maximum number of wheels per gear = 6

CDF = 0.180

At least one aircraft has 4 or more wheels per gear.

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight	Tire Pressure psi	Annual Departure	20 Years Coverage
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	1500	24508
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	1200	19573
3	B737-300	140000	90.86	201.0	6000	92631
4	B747-400	877000	46.66	200.0	1000	17187
5	B747-400 Belly	877000	46.66	200.0	1000	17156
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	2000	34480
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	1000	15661
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	3000	47172

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo flexible 1

Figura B-8b
Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo flexible 1 (continuación)

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight	Tire Pressure psi	Annual Departure	20 Years Coverage

Results Table 2. ACR Value

No.	Aircraft Name	Critical aircraft Total equiv. departures	Max allowable Gross Weight of critical aircraft	ACR Thick at max. MGW (in.)	PCR//F/C
1	B747-400	1790	947124	30.06	681.1

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

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight on Main Gear	Tire Pressure psi	ACR Thick (in.)(C)	ACR//F/C
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	27.2	545.9
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	22	326.1
3	B737-300	140000	90.86	201.0	22.5	345.6
4	B747-400	877000	93.32	200.0	28.6	607.5
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	26.3	507.9
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	28.1	585.6
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	26.7	524.1

B.6.2 Ejemplo de pavimento flexible 2.

B.6.2.1 El segundo ejemplo tiene el mismo tráfico y CBR de subrasante que el Ejemplo 1, pero con una sección transversal reducida que da como

resultado un CDF total aproximadamente igual a 1. La estructura es la que se muestra en la Figura B-9, y los demás datos de entrada son los que se muestran en la Figura B-3. Como en el Ejemplo Flexible 1, el aeropuerto tiene una configuración de calle de rodaje paralela (Figura A1-1a) tal que la relación P/TC = 1

Después de ejecutar el programa en modo PCR, el Gráfico de PCR y el Informe de PCR se muestran en las Figuras B-10 y B-11, respectivamente. Para este ejemplo, el PCR calculada es 617/F/C/X/T y el CDF total = 0,990. La Figura B-10 muestra que todas las aeronaves operativas tienen ACR < PCR. Por lo tanto, no se requieren restricciones de peso en la flota operativa, lo que es consistente con CDF < 1.0. En general, CDF > 1.0 indica que al menos una aeronave de la flota tendrá ACR > PCR.

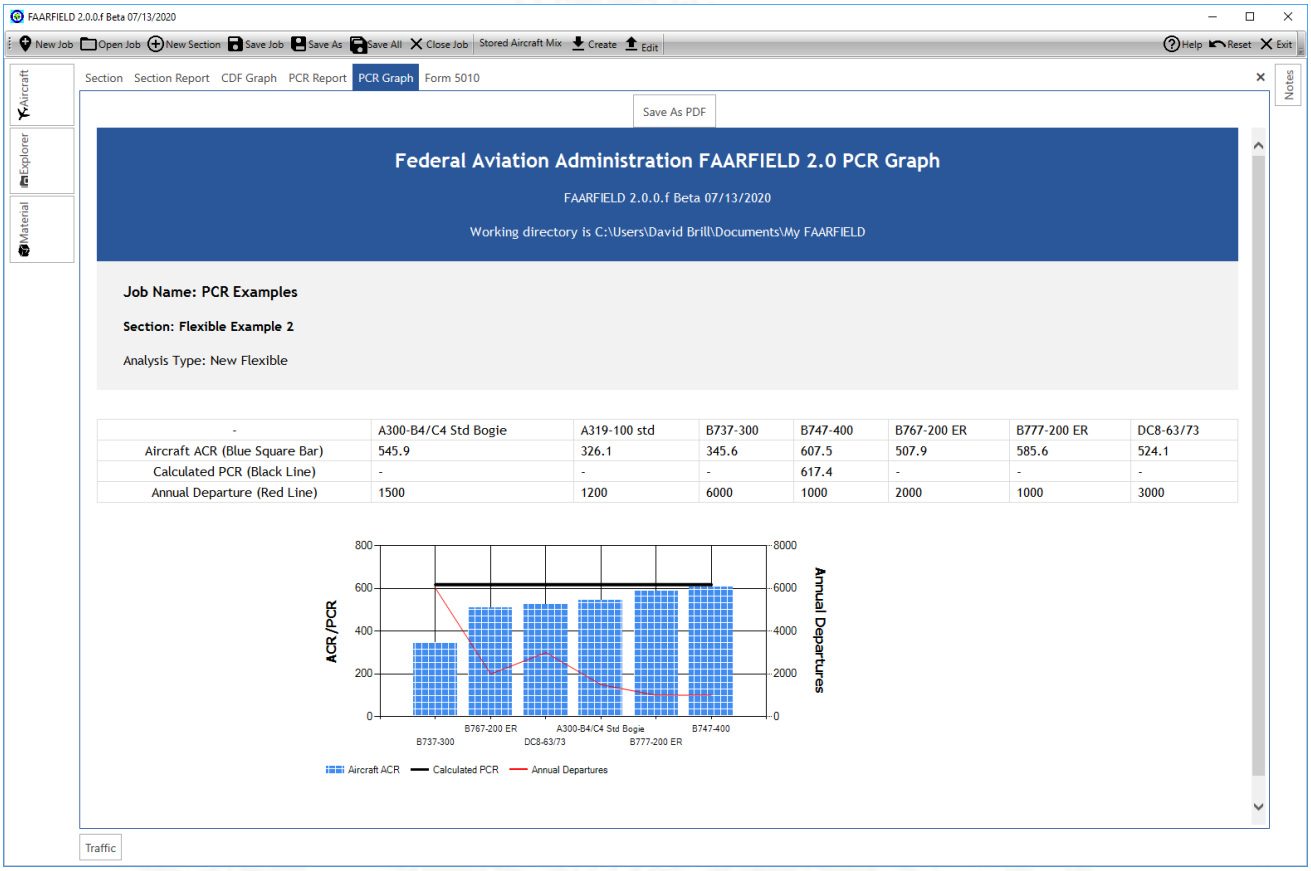
Figura B-9

Estructura de pavimento flexible para el ejemplo flexible 2



Figura B-10

Gráfico de PCR para el ejemplo flexible 2



-	A300-B4/C4 Std Bogie	A319-100 std	B737-300	B747-400	B767-200 ER	B777-200 ER	DC8-63/73
Aircraft ACR (Blue Square Bar)	545.9	326.1	345.6	607.5	507.9	585.6	524.1
Calculated PCR (Black Line)	-	-	-	617.4	-	-	-
Annual Departure (Red Line)	1500	1200	6000	1000	2000	1000	3000

Figura B-11

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo flexible 2

Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 PCR Report

FAARFIELD 2.0.0.f Beta 07/13/2020

Working directory is C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD

Job Name: PCR Examples

Section: Flexible Example 2

This file name = PCR Results for Flexible 2020-07-15 12:42:08.txt

Evaluation pavement type is flexible and design program is FAARFIELD.

Section name: Flexible Example 2 in job file: C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD\PCR Examples.JOB.xml

Units = US Customary

Analysis Type: New Flexible

Subgrade Modulus =12000psi (Subgrade Category is C(11k))

Evaluation Pavement Thickness = 29.7 in.

Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00

Maximum number of wheels per gear = 6

CDF = 0.990

At least one aircraft has 4 or more wheels per gear.

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight	Tire Pressure psi	Annual Departure	20 Years Coverage
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	1500	24126
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	1200	19266
3	B737-300	140000	90.86	201.0	6000	90850
4	B747-400	877000	46.66	200.0	1000	16970
5	B747-400 Belly	877000	46.66	200.0	1000	16938
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	2000	33248
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	1000	14912
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	3000	46328

Figura B-11

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo flexible 2 (continuación)

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight	Tire Pressure psi	Annual Departure	20 Years Coverage

Results Table 2. ACR Value

No.	Aircraft Name	Critical aircraft Total equiv. departures	Max allowable Gross Weight of critical aircraft	ACR Thick at max. MGW (in.)	PCR//F/C
1	B747-400	1875	886680	28.76	617.4

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

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight on Main Gear	Tire Pressure psi	ACR Thick (in.)(C)	ACR//F/C
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	27.2	545.9
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	22	326.1
3	B737-300	140000	90.86	201.0	22.5	345.6
4	B747-400	877000	93.32	200.0	28.6	607.5
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	26.3	507.9
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	28.1	585.6
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	26.7	524.1

B.6.2.2 Asumiendo de que el aeropuerto tenga una configuración de calle de rodaje central en lugar de paralela duplica efectivamente el número de coberturas en la pista y reduce el PCR. En la Figura B-12, el único cambio es que la relación P/TC se ha incrementado de 1 a 2, lo que refleja la configuración de la calle de rodaje central en la Fig. A1-1b. Con este cambio, el PCR calculada es ahora de 589/F/C/X/T, y la CDF total es de 1,52. Debido a que el CDF total > 1.0, esperamos que al menos uno de los aviones enumerados tenga ACR > PCR. La figura B-13 muestra que este es de hecho el caso, que el ACR del B747-400 supera el PCR en aproximadamente un 3%. Siguiendo la guía de la OACI que permite operaciones de sobrecarga ocasionales por parte de aeronaves con ACR hasta un 10% por encima del PCR reportada, las operaciones del B747-400 aún se permitirían en este pavimento, pero el número de tales operaciones a peso completo se limitaría al 5% de las operaciones totales en la calle de rodaje. Además, el pavimento de la calle de rodaje debería ser monitoreado para detectar daños y después de cada operación con sobrecarga.

Figura B-12

Salida FAARFIELD PCR – Ejemplo flexible 2 (con P/TC = 2)

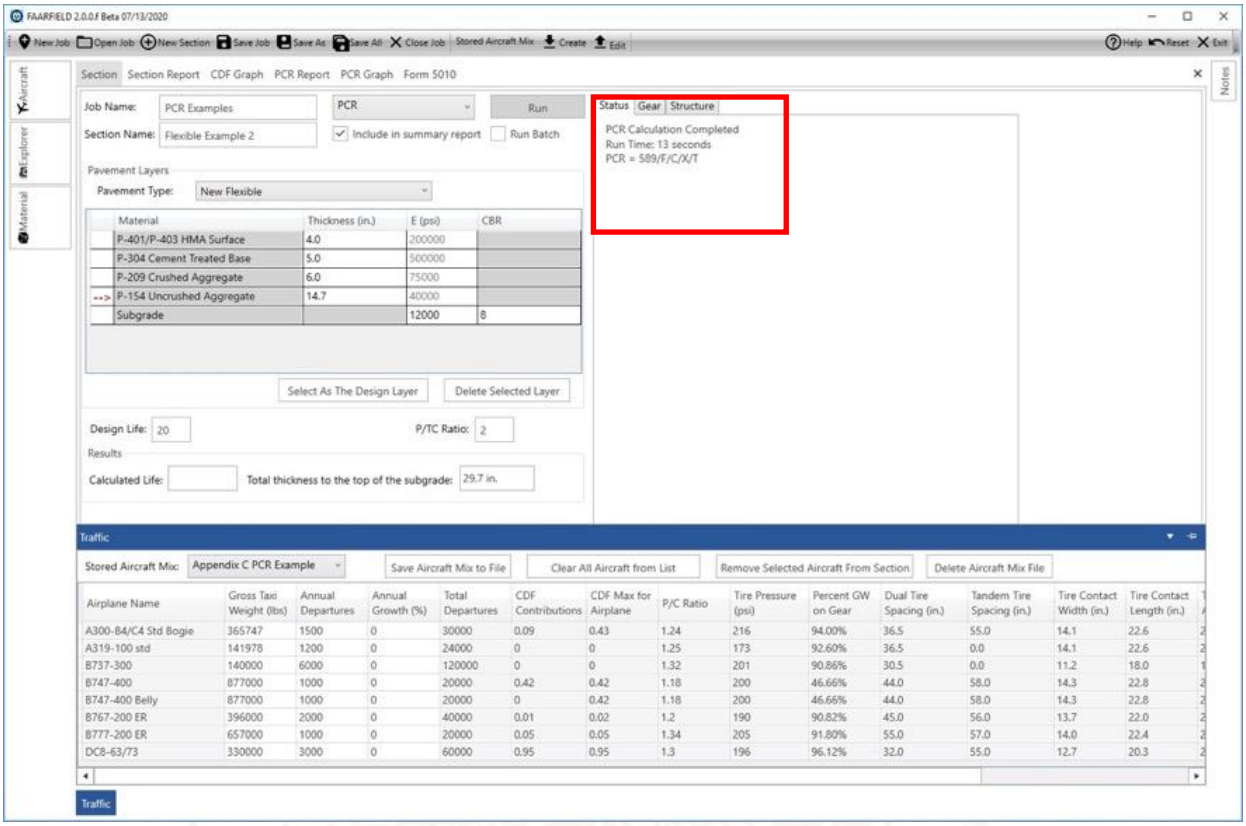
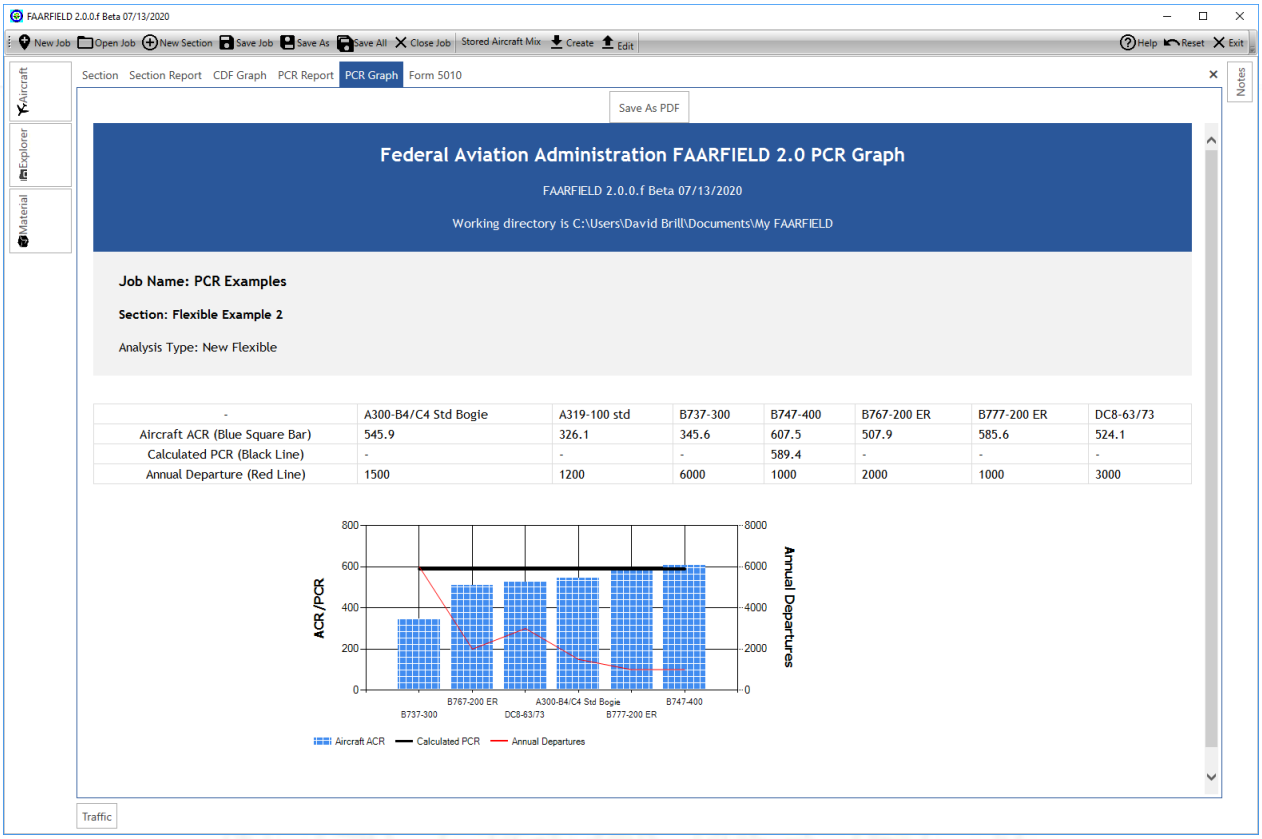


Figura B-13

FAARFIELD Gráfico PCR – Ejemplo flexible 2 (con P/TC = 2)



-	A300-B4/C4 Std Bogie	A319-100 std	B737-300	B747-400	B767-200 ER	B777-200 ER	DC8-63/73
Aircraft ACR (Blue Square Bar)	545.9	326.1	345.6	607.5	507.9	585.6	524.1
Calculated PCR (Black Line)	-	-	-	589.4	-	-	-
Annual Departure (Red Line)	1500	1200	6000	1000	2000	1000	3000

B.6.3 Ejemplo de pavimento flexible 3.

B.6.3.1 Una pista de aterrizaje de aeropuerto se encuentra en una región sujeta a heladas estacionales. Para satisfacer los requisitos de diseño para la protección contra heladas, el material subrasante susceptible a las heladas se ha eliminado y reemplazado a una profundidad por debajo de la línea de escarcha con material de subbase P-154 adicional, más allá de lo que requeriría FAARFIELD para el soporte estructural. La estructura tal como está construida es: capa superficial de asfalto de 4 pulgadas (tipo P-401), base estabilizada de asfalto de 5 pulgadas (tipo P-403), capa base estándar de 8 pulgadas (tipo P-209) y capa subbase estándar de 60 pulgadas (tipo P-154), CBR 4 de subrasante. La combinación de tráfico es la misma que en el ejemplo (Tabla B-1). A los efectos de este ejemplo, se supone que el nivel de tráfico es constante durante el período de 20 años.

El combustible adicional se obtiene en el aeropuerto antes de la salida, y la pista tiene una calle de rodaje paralela (relación P/TC = 1). El pavimento fue diseñado para una vida útil de 20 años.

B.6.3.2 Introduzca los datos en FAARFIELD. Después de abrir FAARFIELD, seleccione "PCR" en la lista desplegable de funciones en la parte superior de la pantalla. Seleccione la lista Nuevo pavimento flexible en la lista desplegable Tipo de pavimento. Introduzca o modifique las capas de la estructura directamente en la tabla *Pavement Layers*, o haciendo clic en la imagen de la sección transversal del pavimento. Uso de la aeronave, ingrese la lista de aeronaves de la Tabla B-1 y modifique los pesos brutos y las salidas anuales según sea necesario. El valor predeterminado de P/TC es 1 y no es necesario cambiarlo. La figura B-14 muestra la pantalla de usuario de FAARFIELD con todos los datos introducidos para este ejemplo.

B.6.3.3 Haga clic en "Ejecutar". FAARFIED realizará los cálculos de PCR de forma automática. Cuando se complete el cálculo, el valor calculado del PCR aparecerá en la pantalla "Estado" en la parte superior derecha (Figura B-15). Para este ejemplo, FAARFIELD calculó un PCR 1568/F/D/X/T. Como se muestra en el informe de PCR (Fig. B-16), CDF reportado = 0.000, lo que indica que la estructura es muy fuerte en relación con los requisitos del tráfico de uso, y el CDF calculado real es insignificante.

B.6.3.4 Dado que no existe un límite superior en la escala ACR-PCR, sería aceptable publicar el PCR 1568/F/D, que tendría el efecto de permitir operaciones sin restricciones de todas las aeronaves. Sin embargo, tal número no tiene un significado práctico, porque ninguna aeronave existente o planificada posee números ACR en ese rango. Una alternativa más conservadora sería establecer arbitraria mente un valor un 25% mayor que el ACR más grande de todos los aviones que usan en la lista y publicar ese valor como PCR. En este ejemplo, el ACR más grande es para el B777-200ER (878/F/D), por lo que se podría publicar un PCR = 1098/F/D/X/T.

Figura B-14

Captura de pantalla de FAARFIELD en modo PCR con datos para el ejemplo flexible 3

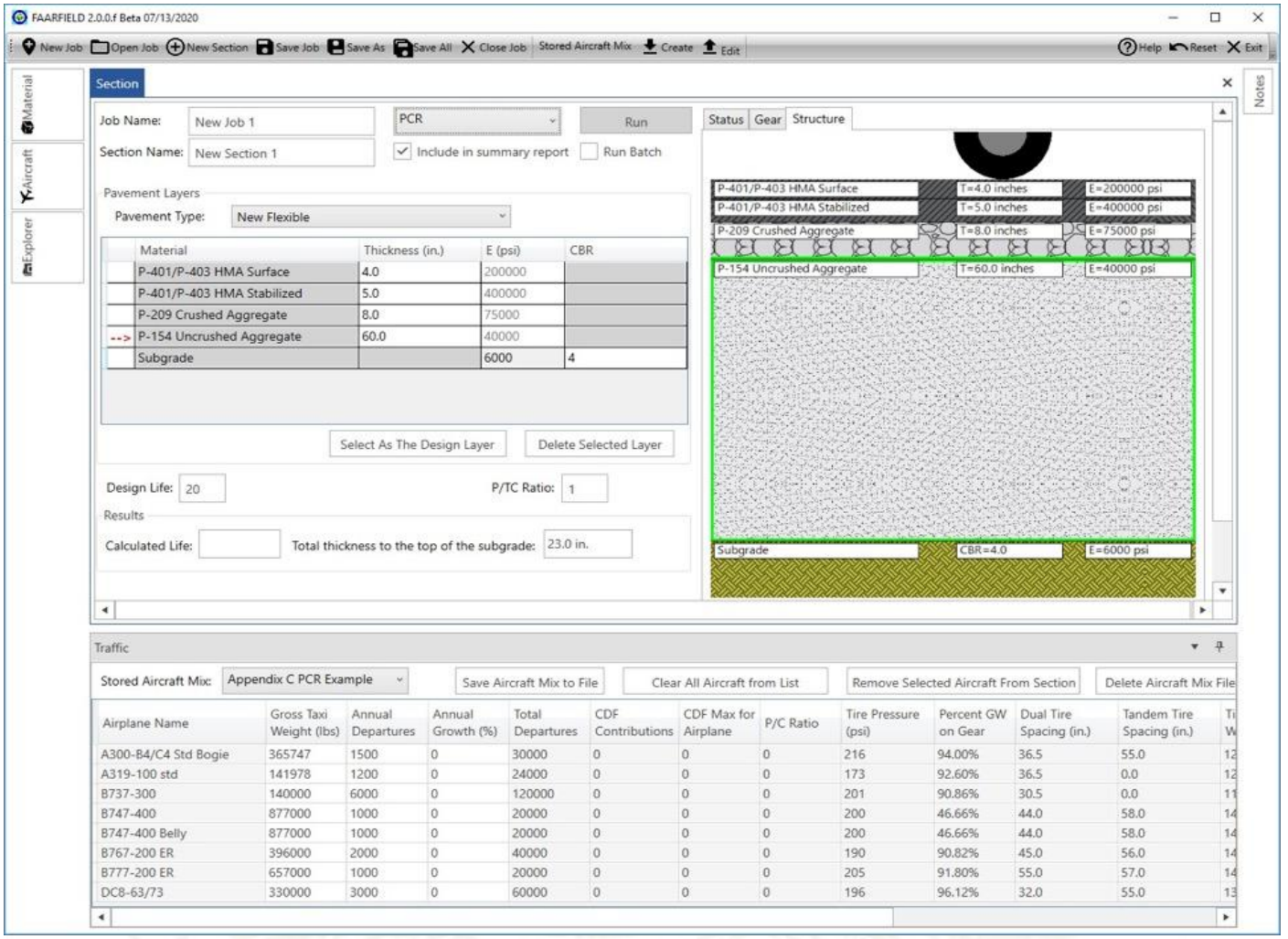


Figura B-15

Salida FAARFIELD PCR – Ejemplo flexible 3

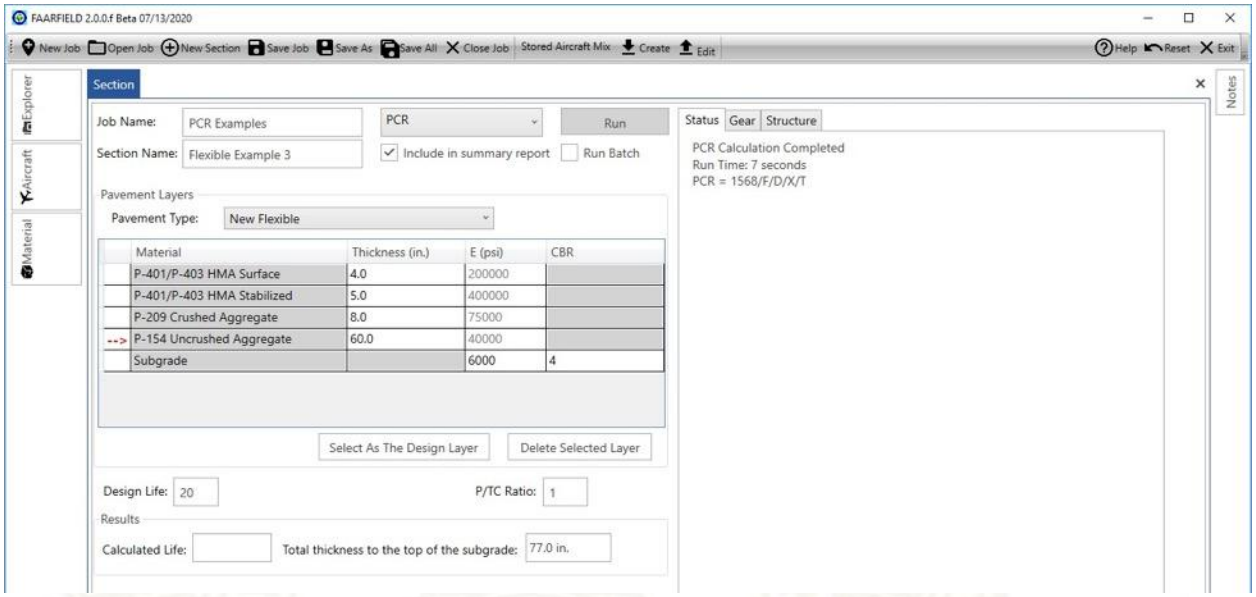


Figura B-16

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo flexible 3

Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 PCR Report

FAARFIELD 2.0.0.f Beta 07/13/2020

Working directory is C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD

Job Name: PCR Examples

Section: Flexible Example 3

This file name = PCR Results for Flexible 2020-07-15 17:29:57.txt

Evaluation pavement type is flexible and design program is FAARFIELD.

Section name: Flexible Example 3 in job file: C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD\PCR Examples.JOB.xml

Units = US Customary

Analysis Type: New Flexible

Subgrade Modulus =6000psi (Subgrade Category is D(7k))

Evaluation Pavement Thickness = 77.0 in.

Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00

Maximum number of wheels per gear = 6

CDF = 0.000

At least one aircraft has 4 or more wheels per gear.

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight	Tire Pressure psi	Annual Departure	20 Years Coverage
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	1500	28846
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	1200	23068
3	B737-300	140000	90.86	201.0	6000	113729
4	B747-400	877000	46.66	200.0	1000	19454
5	B747-400 Belly	877000	46.66	200.0	1000	19531
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	2000	38939
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	1000	19651
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	3000	57089

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo flexible 3 (continuación)

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight	Tire Pressure psi	Annual Departure	20 Years Coverage

Results Table 2. ACR Value

No.	Aircraft Name	Critical aircraft Total equiv. departures	Max allowable Gross Weight of critical aircraft	ACR Thick at max. MGW (in.)	PCR//F/D
1	B777-200 ER	1000	879098	48.96	1567.9

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

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight on Main Gear	Tire Pressure psi	ACR Thick (in.)(D)	ACR//F/D
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	35.7	738.3
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	27	364.8
3	B737-300	140000	90.86	201.0	27.7	388.7
4	B747-400	877000	93.32	200.0	37.6	832.4
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	34.3	664
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	38.4	878.1
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	35.1	709.9

B.7 Evaluación Técnica para Pavimentos Rígidos.

La siguiente lista resume los pasos para utilizar el método de evaluación técnica para pavimentos rígidos:

1. Determine el tipo de aeronaves y el número de salidas anuales de cada tipo de aeronave que experimentará el pavimento a lo largo de su vida útil.
2. Determine el módulo elástico subrasante. El módulo puede determinarse a partir de los datos de prueba o convertirse a partir del valor CBR utilizando E = 1.500 × CBR (para E en psi).
3. Determine el espesor del hormigón y la resistencia a la flexión. La resistencia a la flexión es una estimación de la resistencia del hormigón que se obtendría de una prueba de rotura de viga de cuatro puntos siguiendo la norma ASTM C 78. Si no se dispone de datos de prueba, el ingeniero debe estimar la resistencia a la flexión in situ a partir de los registros de diseño, las correlaciones de la resistencia a la flexión con la resistencia a la tracción de un cilindro, o las correlaciones de la resistencia a la flexión con el módulo E del hormigón in situ (por ejemplo, a partir de pruebas HWD[1]).
4. Determinar las otras características del pavimento. En FAARFIELD, cada capa por encima de la subrasante y por debajo del hormigón se caracteriza por su espesor y módulo elástico E. Para los materiales que cumplan con una especificación de la FAA, FAARFIELD asignará el valor E automáticamente, o también permite al usuario seleccionarlo en un rango de valores permitido.
5. Determinar la relación P/TC para el pavimento utilizando los criterios del Apéndice A.
6. Ingrese toda la información en FAARFIELD y ejecute la evaluación de PCR.

B.8 Ejemplos de evaluación técnica para pavimentos rígidos.

Los siguientes tres ejemplos demuestran el método de evaluación técnica para determinar un PCR para pavimentos rígidos.

1. El ejemplo 1 está subdiseñado en relación con el volumen de tráfico de uso (CDF total > 1). El PCR calculada requerirá restricciones de peso operativo en el tráfico de uso.
2. El ejemplo 2 tiene un espesor aproximadamente igual al requisito

[1] Deflectómetro de impacto pesado (HWD)

estructural para el tráfico de 20 años (CDF total ≈ 1).

3. El ejemplo 3 muestra cómo reportar PCR cuando un pavimento existente tiene una sobrecapa de asfalto delgada, pero funciona estructuralmente como un pavimento rígido.

B.8.1 Ejemplo de pavimento rígido 1.

B.8.1.1 Un aeropuerto tiene un pavimento de pista rígido (con superficie de concreto). La resistencia a la flexión in situ es de 650 psi. La estructura es: capa superficial de concreto de 16 pulgadas (tipo P-501), base estabilizada de asfalto de 8 pulgadas (tipo P-403) y capa base estándar de 6 pulgadas (tipo P-209) colocada directamente sobre una subrasante preparada. A partir de las pruebas de HWD en la pista, el módulo subrasante se estima en E = 7.800 psi. La combinación de tráfico es la misma que en la Tabla B-1. Se suponed a los efectos de este ejemplo que el nivel de tráfico es constante durante el período de tiempo de 20 años. Por lo general, se obtiene combustible adicional en el aeropuerto antes de la salida, y la pista tiene una calle de rodaje paralela (relación P/TC = 1). El pavimento está diseñado para una vida útil de 20 años.

B.8.1.2 Introduzca los datos en FAARFIELD. Después de abrir FAARFIELD, seleccione "PCR" en la lista desplegable de funciones en la parte superior de la pantalla. Seleccione el nuevo tipo de pavimento rígido en la lista desplegable *Tipo de pavimento*. Introduzca o modifique las capas de la estructura directamente en la tabla *Capas de pavimento*, o haciendo clic en la imagen de la sección transversal del pavimento. Utilizando la biblioteca de aeronaves, ingrese la lista de aeronaves de la Tabla B-1 y modifique los pesos brutos y las salidas anuales según sea necesario. El valor predeterminado de P/TC es 1 y no es necesario cambiarlo. La figura B-17 muestra la pantalla de usuario de FAARFIELD con todos los datos introducidos para este ejemplo.

B.8.1.3 Haga clic en "Ejecutar". FAARFIELD realizará los cálculos de PCR automáticamente. Cuando se complete el cálculo, el valor calculado del PCR aparecerá en la pantalla *"Status"* en la parte superior derecha (Figura B-18). Para este ejemplo, el PCR calculada es 917/R/D/W/T. Tenga en cuenta que

FAARFIELD identifica automáticamente la categoría subrasante correcta en función de las propiedades de subrasante introducidas. FAARFIELD selecciona 'W' como la categoría de presión de neumáticos predeterminada para pavimentos rígidos, porque se supone que las superficies de concreto tolerarán altas presiones de neumáticos.

B.8.1.4 La tabla Tráfico proporciona información adicional sobre el cálculo del PCR (Figura B-19). Las columnas "*CDF Contributions*" y "*CDF Max for Airplane*" muestran la contribución de CDF de cada aeronave en la mezcla con la desviación crítica para la mezcla de tráfico, y para las aeronaves individualmente, respectivamente. El CDF total para este ejemplo es de 4,84. El CDF total para este ejemplo es mayor que 1.0, lo que indica que el pavimento rígido tiene una capacidad estructural insuficiente para el tráfico en uso. Tenga en cuenta que los valores de CDF pueden diferir de los valores compuestos para la misma mezcla de tráfico en el modo Diseño. Esto se debe a las diferentes características del tren de aterrizaje (porcentaje del peso bruto en el tren principal y presión de los neumáticos) utilizados para los cálculos de PCR y los cálculos de diseño.

B.8.1.5 Moviéndose a la derecha de la tabla de tráfico FAARFIELD muestra los valores ACR calculados de la aeronave usuaria en sus pesos operativos (Figura B-20). Los espesores de ACR y los valores del ACR rígido se muestran para cada aeronave para la categoría de subrasante del pavimento que se está evaluando. En este ejemplo, el ACR calculado para el ER B777-200 (ACR 1040/R/D) supera el PCR calculada. Si el aeropuerto publica el PCR calculada, entonces serán necesarias restricciones de peso operativo en el ER B777-200. Las posibles alternativas a la restricción del peso operativo son (a) proporcionar una sobrecapa para aumentar la capacidad estructural de la pista; o (b) permitir operaciones de sobrecarga ocasional del ER B777-200 en la pista, sujeto a la limitación de que el número de tales operaciones de sobrecarga no exceda el 5 por ciento de las operaciones totales. Esta última opción es posible porque el ACR del B777-200ER en su peso operativo máximo no excede el PCR en más del 10 por ciento.

B.8.1.6 En la barra *Explorer*, seleccione "Gráfico PCR". FAARFIELD muestra un gráfico de barras que muestra visualmente los valores de ACR de los seis

aviones más exigentes de la lista (Fig. B-21). La barra negra horizontal representa el valor calculado de PCR. Este gráfico muestra que los valores de ACR son menores que los del PCR, a excepción del mencionado B777-200 ER. El valor de PCR aparece en la tabla de la columna asociada a la aeronave crítica. En este ejemplo, la aeronave crítica para los cálculos de PCR es también el B747-400.

B.8.1.7 En la barra del explorador, seleccione "*PCR Report*". FAARFIELD muestra los detalles del cálculo del PCR, en forma de tres tablas:

1. La Tabla de Resultados 1 informa los datos de tráfico de entrada para todas las aeronaves que utilizan. El porcentaje de peso bruto en el tren de aterrizaje principal y los valores de presión de los neumáticos son los aplicables a los cálculos de ACR, y pueden diferir de los valores utilizados para el diseño.
2. En el cuadro de resultados 2 se proporciona información sobre la aeronave crítica: las salidas anuales equivalentes de aeronaves críticas (que deben ser iguales o superiores a las salidas anuales reales de esa aeronave en el cuadro de resultados 1); el MAGW calculado de la aeronave crítica (que será mayor que el peso bruto operativo si el ACR < PCR); el grosor del ACR para la aeronave crítica en el MAGW, y el PCR, que se define como el ACR de la aeronave crítica en el MAGW.
3. La Tabla de Resultados 3 enumera la información ACR calculada para la aeronave usuaria. Si el CDF es mayor que 1.0, al menos una de las aeronaves enumeradas tendrá ACR > PCR

B.8.1.8 Al hacer clic en "Guardar como PDF" en la parte superior de la pantalla, se obtiene una copia del informe generado (Figura B-22).

Figura B-17

Captura de pantalla de FAARFIELD en modo PCR con datos para el ejemplo rígido 1

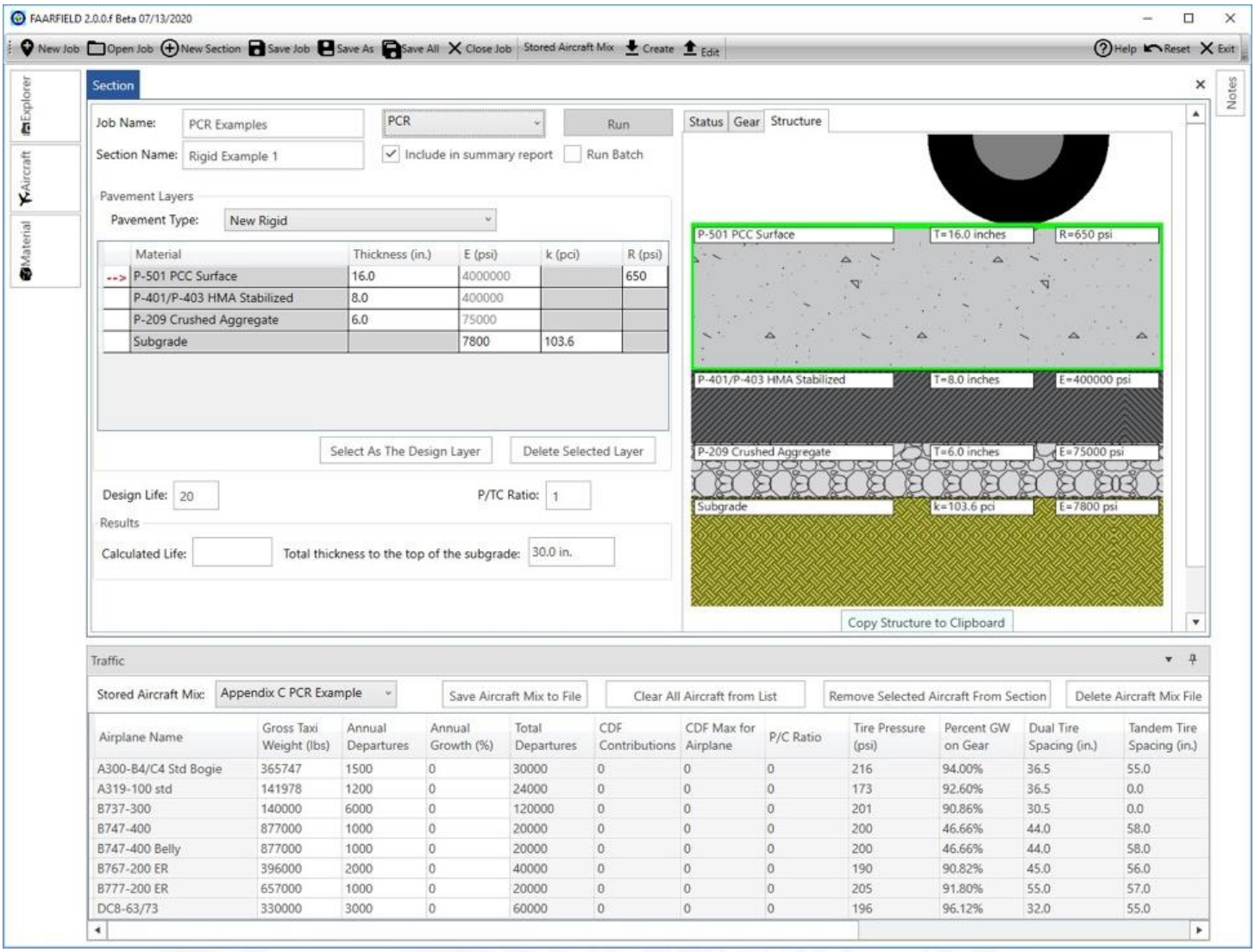


Figura B-18

Salida FAARFIELD PCR – Ejemplo rígido 1

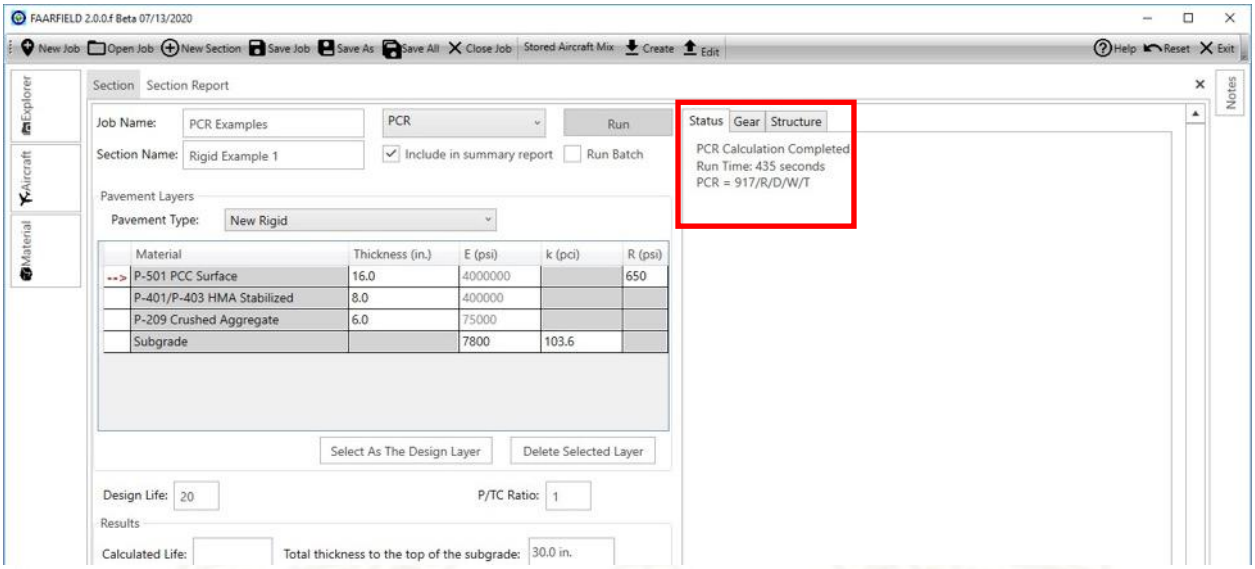


Figura B-19

Tabla de tráfico FAARFIELD – Ejemplo rígido 1

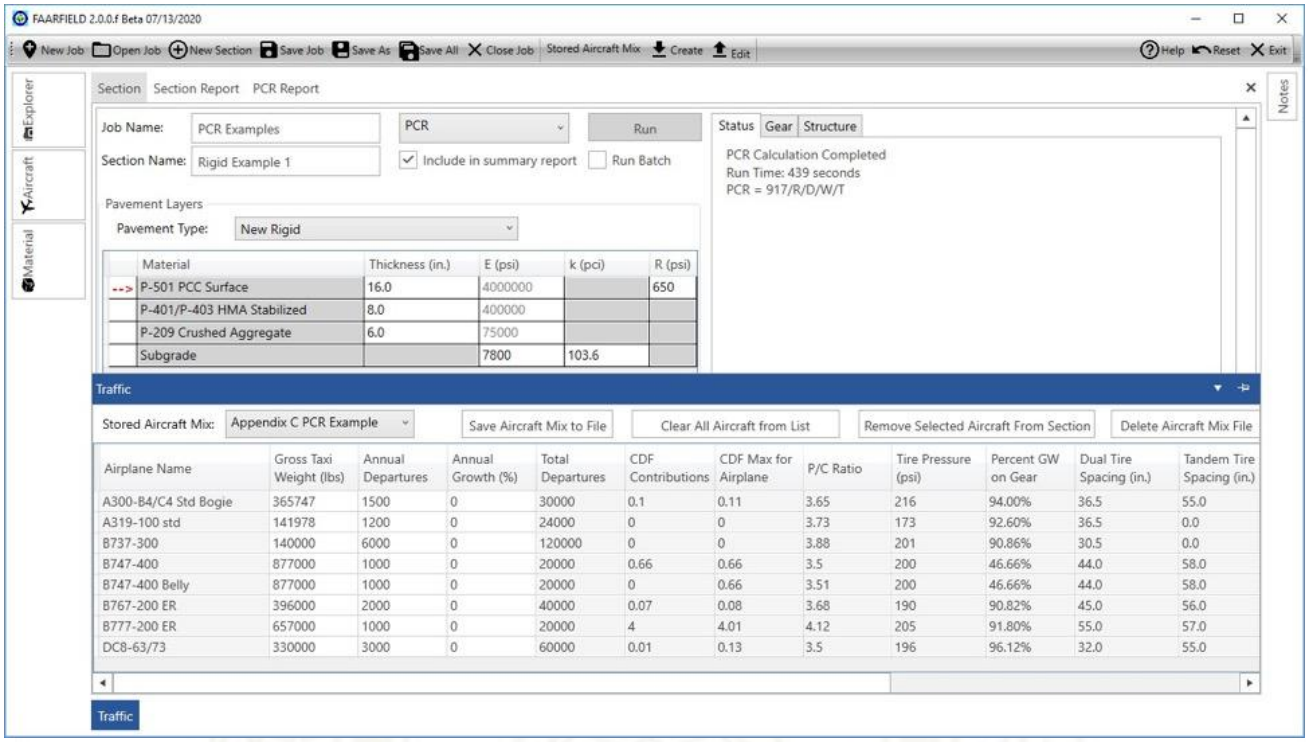


Figura B-20

Tabla de tráfico FAARFIELD – Ejemplo rígido 1 (Valores de ACR)

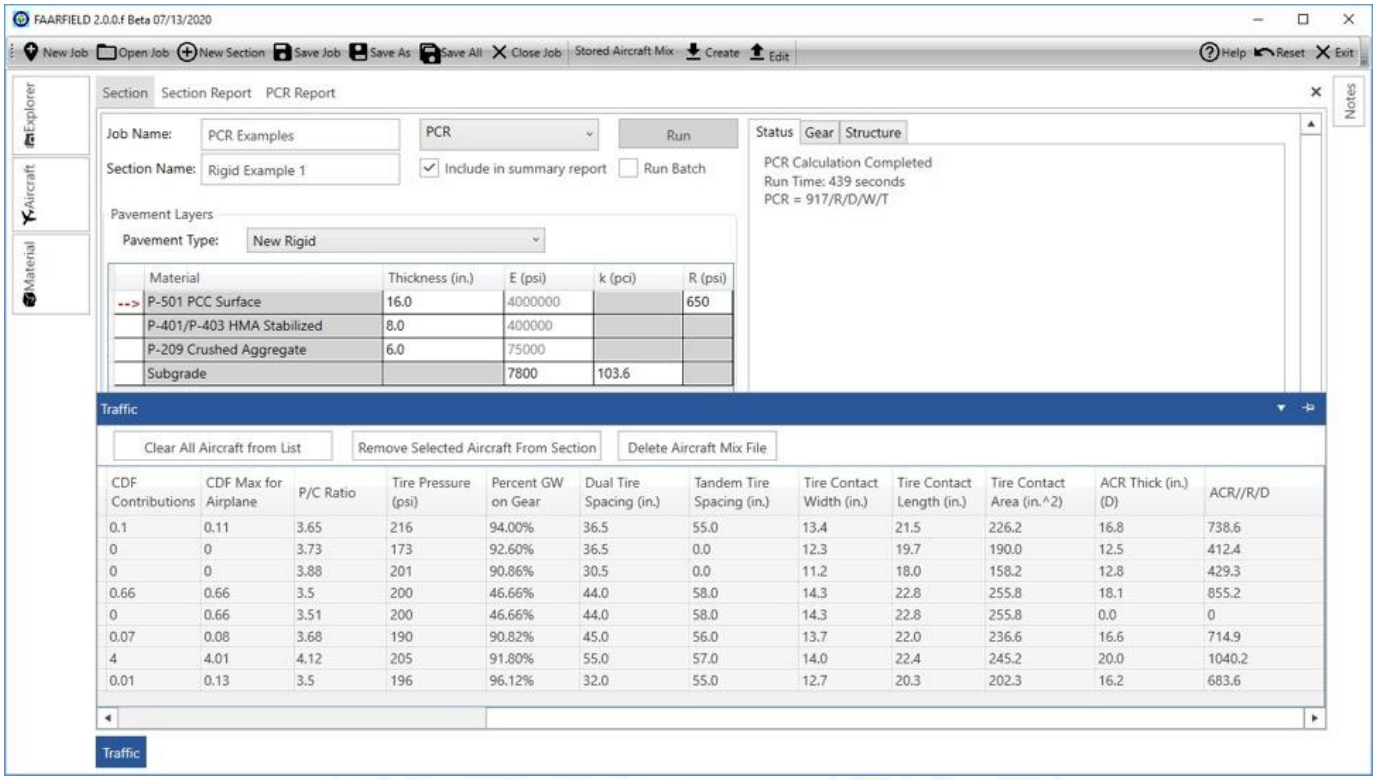
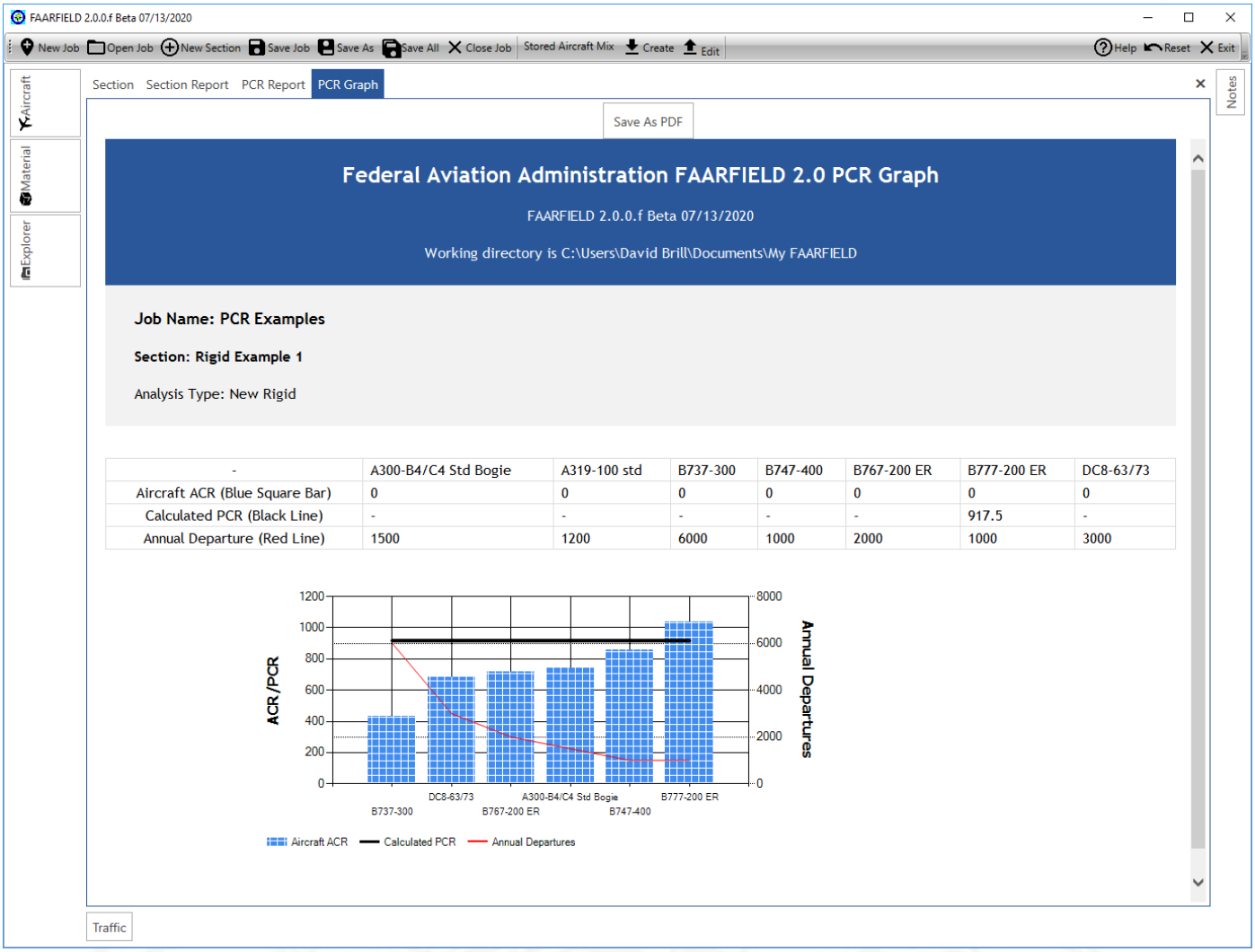


Figura B-21

FAARFIELD Gráfico PCR – Ejemplo rígido 1



-	A300-B4/C4 Std Bogie	A319-100 std	B737-300	B747-400	B767-200 ER	B777-200 ER	DC8-63/73
Aircraft ACR (Blue Square Bar)	0	0	0	0	0	0	0
Calculated PCR (Black Line)	-	-	-	-	-	917.5	-
Annual Departure (Red Line)	1500	1200	6000	1000	2000	1000	3000

Figura B-22a

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo rígido 1

Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 PCR Report

FAARFIELD 2.0.0.f Beta 07/13/2020

Working directory is C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD

Job Name: PCR Examples

Section: Rigid Example 1

This file name = PCR Results Rigid 2020-07-16 17:52:37.txt

Evaluation pavement type is rigid and design program is FAARFIELD.

Section name: Rigid Example 1 in job file: C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD\PCR Examples.JOB.xml

Units = US Customary

Analysis Type: New Rigid

Subgrade Modulus =7800psi (Subgrade Category is D(7k))

Evaluation Pavement Thickness = 30.0 in.

Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00

Maximum number of wheels per gear = 6

CDF = 4.840

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight	Tire Pressure psi	Annual Departure	20 Years Coverage
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	1500	8225
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	1200	6435
3	B737-300	140000	90.86	201.0	6000	30892
4	B747-400	877000	46.66	200.0	1000	5717
5	B747-400 Belly	877000	46.66	200.0	1000	5705
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	2000	10883
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	1000	4853
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	3000	17124

Figura B-22b

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo rígido 1 (continuación)

Results Table 2. ACR Value

No.	Aircraft Name	Critical aircraft Total equiv. departures	Max allowable Gross Weight of critical aircraft	ACR Thick at max. MGW (in.)	PCR//R/D
1	B777-200 ER	1202	606255	18.77	917.5

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

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight on Main Gear	Tire Pressure psi	ACR Thick (in.)(D)	ACR//R/D
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	16.8	738.6
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	12.5	412.4
3	B737-300	140000	90.86	201.0	12.8	429.3
4	B747-400	877000	93.32	200.0	18.1	855.2
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	16.6	714.9
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	20	1040.2
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	16.2	683.6

B.8.2 Ejemplo de pavimento rígido 2.

B.8.2.1 El segundo ejemplo tiene el mismo tráfico y estructura de pavimento rígido que el Ejemplo 1, pero la resistencia estimada del concreto se incrementa a 720 psi. La estructura es la que se muestra en la Figura B-23, y los demás datos de entrada son los que se muestran en la Figura B-17. Como en el Ejemplo Rígido 1, el aeropuerto tiene una configuración de calle de rodaje paralela (Figura A1-1a) tal que la relación P/TC = 1. Después de ejecutar el PCR, el Gráfico de PCR y el Informe de PCR se muestran en las Figuras B-24 y B-25, respectivamente. Para este ejemplo, el PCR calculado es 1089/R/D/W/T y el CDF total = 0,540. Siguiendo la práctica de informar el PCR al múltiplo par más cercano de diez, se publica el PCR 1090/R/D/W/T. La Figura B-24 muestra que todas las aeronaves operativas tienen ACR < PCR. Por lo tanto, no se requieren restricciones de peso en la flota operativa, lo que es consistente con CDF < 1.0. (En general, CDF > 1.0 indica que al menos una aeronave en la flota tendrá ACR > PCR).

Figura B-23

Estructura de pavimento rígido para el ejemplo rígido 2

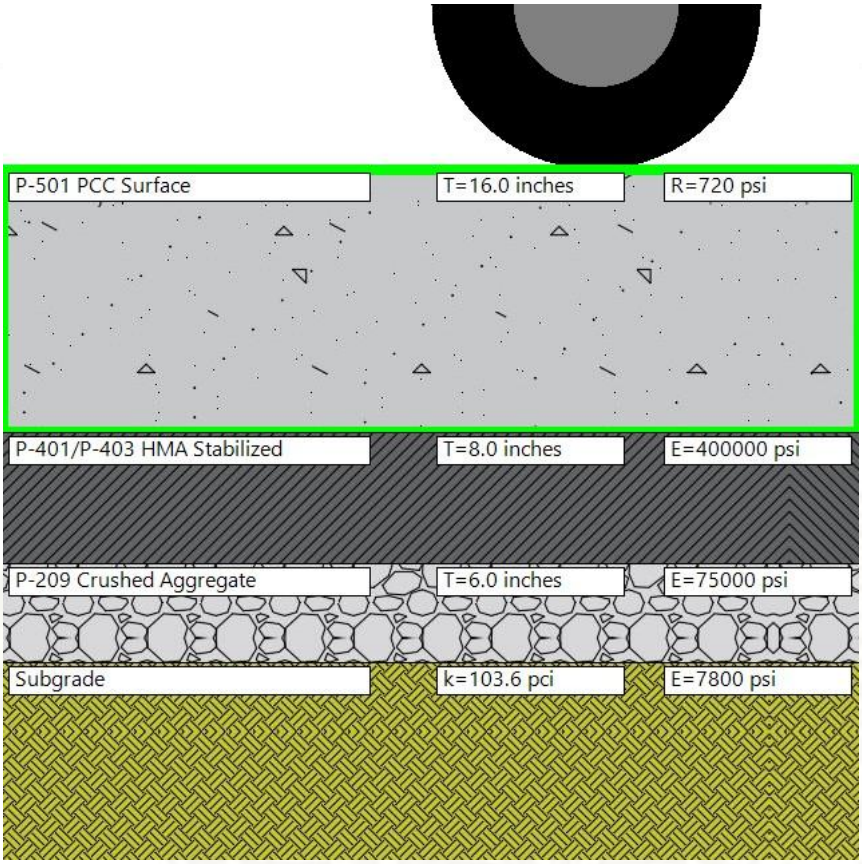
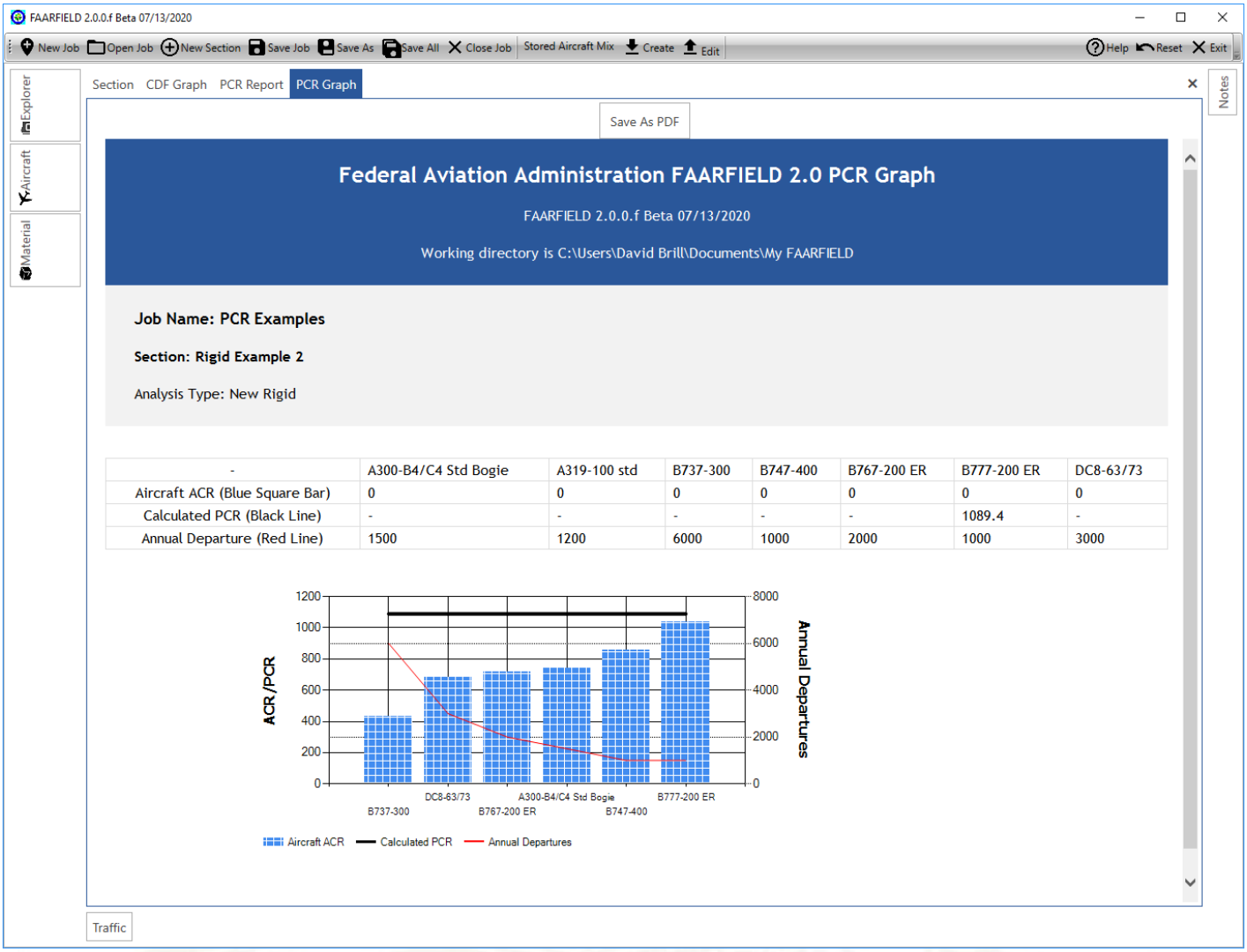


Figura B-24
FAARFIELD Gráfico PCR – Ejemplo rígido 2



-	A300-B4/C4 Std Bogie	A319-100 std	B737-300	B747-400	B767-200 ER	B777-200 ER	DC8-63/73
Aircraft ACR (Blue Square Bar)	0	0	0	0	0	0	0
Calculated PCR (Black Line)	-	-	-	-	-	1089.4	-
Annual Departure (Red Line)	1500	1200	6000	1000	2000	1000	3000

Figura B-25

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo rígido 2

Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 PCR Report

FAARFIELD 2.0.0.f Beta 07/13/2020

Working directory is C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD

Job Name: PCR Examples

Section: Rigid Example 2

This file name = PCR Results Rigid 2020-07-17 13:24:42.txt

Evaluation pavement type is rigid and design program is FAARFIELD.

Section name: Rigid Example 2 in job file: C:\Users\David Brill\Documents\My FAARFIELD\PCR Examples.JOB.xml

Units = US Customary

Analysis Type: New Rigid

Subgrade Modulus =7800psi (Subgrade Category is D(7k))

Evaluation Pavement Thickness = 30.0 in.

Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00

Maximum number of wheels per gear = 6

CDF = 0.540

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight	Tire Pressure psi	Annual Departure	20 Years Coverage
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	1500	8225
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	1200	6435
3	B737-300	140000	90.86	201.0	6000	30892
4	B747-400	877000	46.66	200.0	1000	5717
5	B747-400 Belly	877000	46.66	200.0	1000	5705
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	2000	10883
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	1000	4853
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	3000	17124

Informe de PCR de FAARFIELD – Ejemplo rígido 2 (continuación)

Results Table 2. ACR Value

No.	Aircraft Name	Critical aircraft Total equiv. departures	Max allowable Gross Weight of critical aircraft	ACR Thick at max. MGW (in.)	PCR//R/D
1	B777-200 ER	1157	676972	20.46	1089.4

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

No.	Aircraft Name	Gross Weight lbs	Percent Gross Weight on Main Gear	Tire Pressure psi	ACR Thick (in.)(D)	ACR//R/D
1	A300-B4/C4 Std Bogie	365747	94.00	216.1	16.8	738.6
2	A319-100 std	141978	92.60	173.0	12.5	412.4
3	B737-300	140000	90.86	201.0	12.8	429.3
4	B747-400	877000	93.32	200.0	18.1	855.2
6	B767-200 ER	396000	90.82	190.0	16.6	714.9
7	B777-200 ER	657000	91.80	205.0	20	1040.2
8	DC8-63/73	330000	96.12	196.0	16.2	683.6

B.8.2.2 Suponiendo que el aeropuerto tenga una configuración de calle de rodaje central en lugar de paralela, duplica efectivamente el número de coberturas en la pista y reduce el PCR. En la Figura B-26, el único cambio es que la relación P/TC se ha incrementado de 1 a 2, reflejando la configuración de la calle de rodaje central en la Fig. A1-1b. Con este cambio, el PCR calculada es ahora 1034/R/D/W/T, y el CDF total es de 1,07. Siguiendo la práctica de informar del PCR al múltiplo par más cercano de diez, publique el PCR 1030/R/D/W/T. Debido a que el CDF total > 1.0, esperamos que al menos uno de los aviones enumerados tenga ACR > PCR. La figura B-27 muestra que este es el caso, que el ACR del B777-200 ER (1040/R/D) ahora supera ligeramente el PCR publicada (en menos del 1%). Siguiendo la orientación de la OACI que permite operaciones de sobrecarga ocasionales por parte de aeronaves con ACR hasta un 10% por encima del PCR reportada, las operaciones del B777-200 ER seguirían estando permitidas en este pavimento, pero el número de tales operaciones a peso completo se limitaría al 5% de las operaciones totales en la calle de rodaje. Además, el pavimento de la calle de rodaje debe ser monitoreado para detectar daños después de cada operación de sobrecarga.

Figura B-26

Salida FAARFIELD PCR – Ejemplo rígido 2 (P/TC = 2)

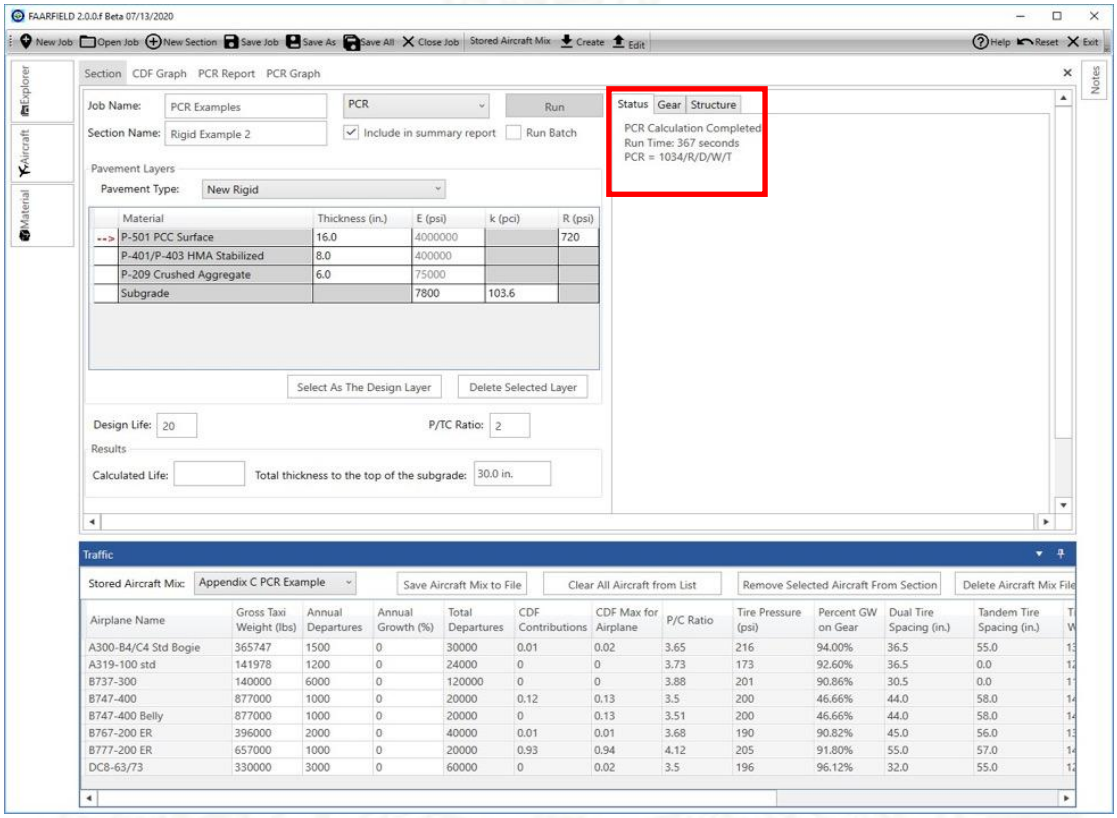
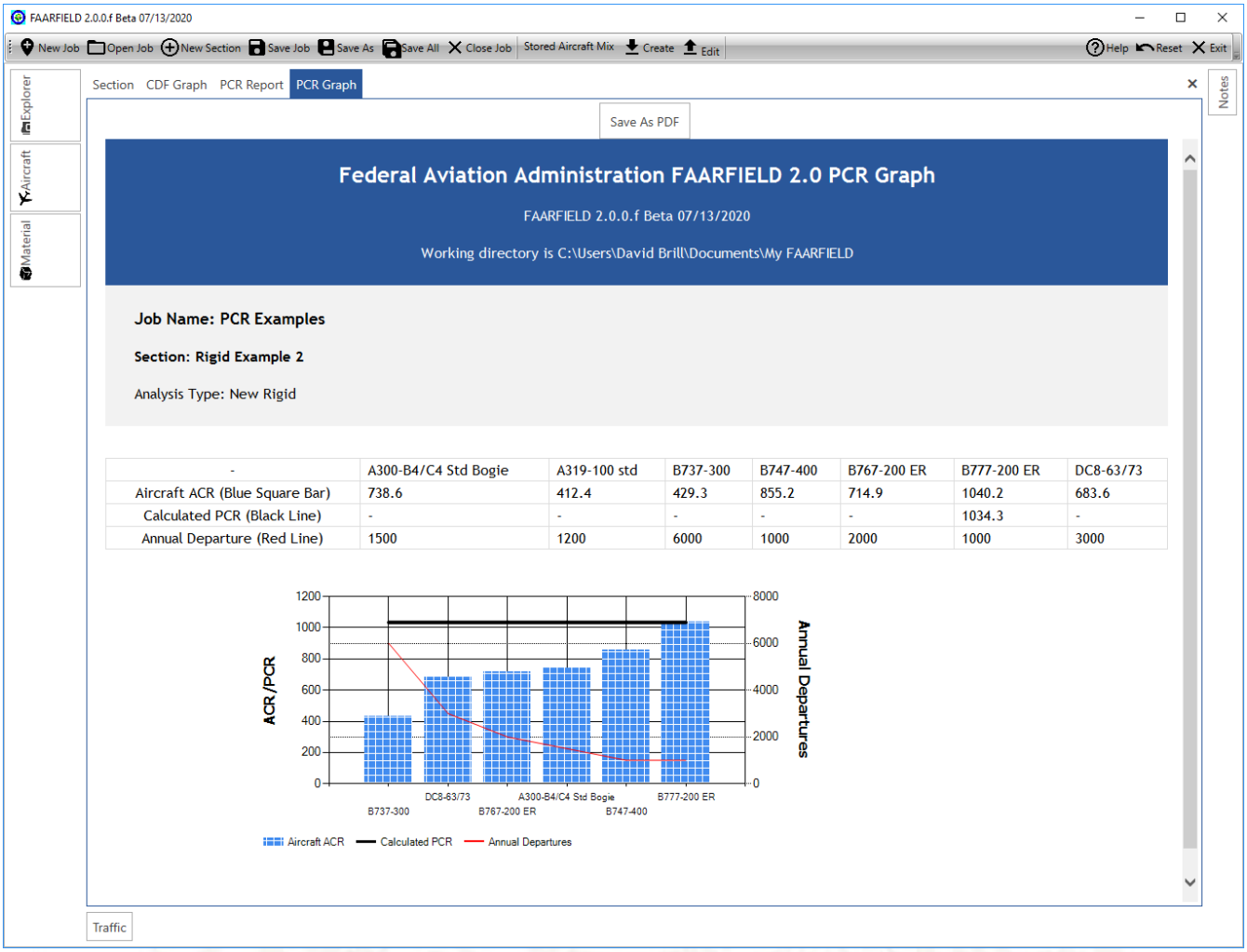


Figura B-27

Gráfico PCR FAARFIELD – Ejemplo rígido 2 (P/TC = 2)



-	A300-B4/C4 Std Bogie	A319-100 std	B737-300	B747-400	B767-200 ER	B777-200 ER	DC8-63/73
Aircraft ACR (Blue Square Bar)	738.6	412.4	429.3	855.2	714.9	1040.2	683.6
Calculated PCR (Black Line)	-	-	-	-	-	1034.3	-
Annual Departure (Red Line)	1500	1200	6000	1000	2000	1000	3000

B.8.3 Ejemplo de pavimento rígido 3.

B.8.3.1 El tercer ejemplo tiene el mismo tráfico que los ejemplos 1 y 2, pero en este caso el pavimento de hormigón existente se ha colocado una sobrecapa en algún momento con una superficie de asfalto delgada. El sistema ACR-PCR de la OACI no incluye clasificaciones separadas para pavimentos compuestos o superpuestos. A todos los pavimentos se les asigna "R" o "F" en el PCR del tipo de pavimento. En general, el código de la letra debe reflejar el comportamiento estructural primario del pavimento. En otras

palabras, si el pavimento resiste principalmente las cargas a través de la acción de flexión en la losa, entonces el pavimento debe recibir una clasificación R, de lo contrario, se usa F. Como se ilustra en este ejemplo, FAARFIELD puede ayudar a hacer esta determinación en función de las características del pavimento introducido.

B.8.3.2 Supongamos que la estructura del pavimento es como se muestra en la Figura B-28. Introduzca los datos en FAARFIELD. Después de abrir FAARFIELD, seleccione "PCR" en la lista desplegable de funciones en la parte superior de la pantalla. Seleccione el "HMA en rígido" tipo de pavimento de la lista desplegable "*Pavement Type*". Introduzca o modifique las capas de la estructura directamente en la tabla *Pavement Layers*, o haciendo clic en la imagen de la sección transversal del pavimento. De forma predeterminada, al hormigón posterior se le asigna un valor de índice de condición estructural (SCI) de 80 antes de la superposición. Dada la dificultad de determinar la condición estructural in situ de la capa de concreto en una estructura superpuesta, generalmente es suficiente retener el valor predeterminado de SCI al determinar el PCR. Sin embargo, el ingeniero debe asegurarse de que el valor de la resistencia a la flexión R sea representativo de la resistencia a la flexión in situ real, ya que la resistencia a la flexión del hormigón tiene un efecto significativo en el PCR. Utilizando la biblioteca de aeronaves, ingrese la lista de aeronaves de la Tabla B-1 y modifique los pesos brutos y las salidas anuales según sea necesario. El valor predeterminado de P/TC es 1 y no es necesario cambiarlo.

B.8.3.3 Haga clic en "Ejecutar". FAARFIELD realizará los cálculos de PCR automáticamente. Cuando se complete el cálculo, el valor calculado del PCR aparecerá en la pantalla "*Status*" en la parte superior derecha (Figura B-29). Para este ejemplo, el PCR calculada es 774/R/B/W/T. A pesar de que el pavimento tiene una superposición de asfalto, FAARFIELD informa un PCR rígida porque la resistencia primaria a la carga proviene de la losa PCC de 16 pulgadas. Tenga en cuenta que FAARFIELD identifica automáticamente la categoría de subrasante correcta en función de las propiedades introducidas. FAARFIELD selecciona W como la categoría de presión de neumáticos predeterminada para pavimentos rígidos. Sin embargo, en este caso puede ser necesario informar una categoría de

presión de neumáticos más baja dependiendo de la calidad de la superficie de asfalto superpuesta. Siguiendo con la práctica de informar el PCR al múltiplo más cercano de diez, y después de determinar que el asfalto de superficie puede tolerar presiones de neumáticos de hasta 254 psi, publique PCR 770 / R / B / X / T.

Figura B-28

Estructura de pavimento rígido con superposición de asfalto delgada para el ejemplo rígido 3

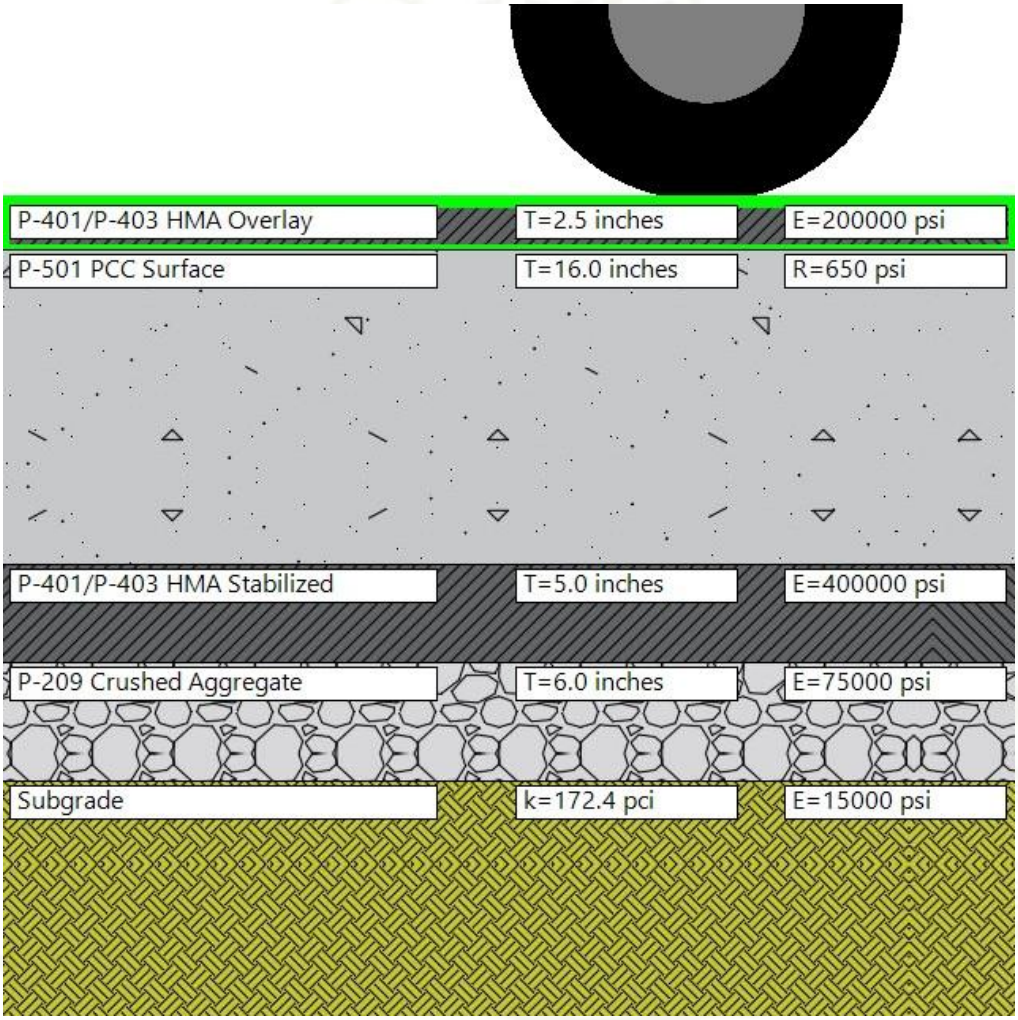
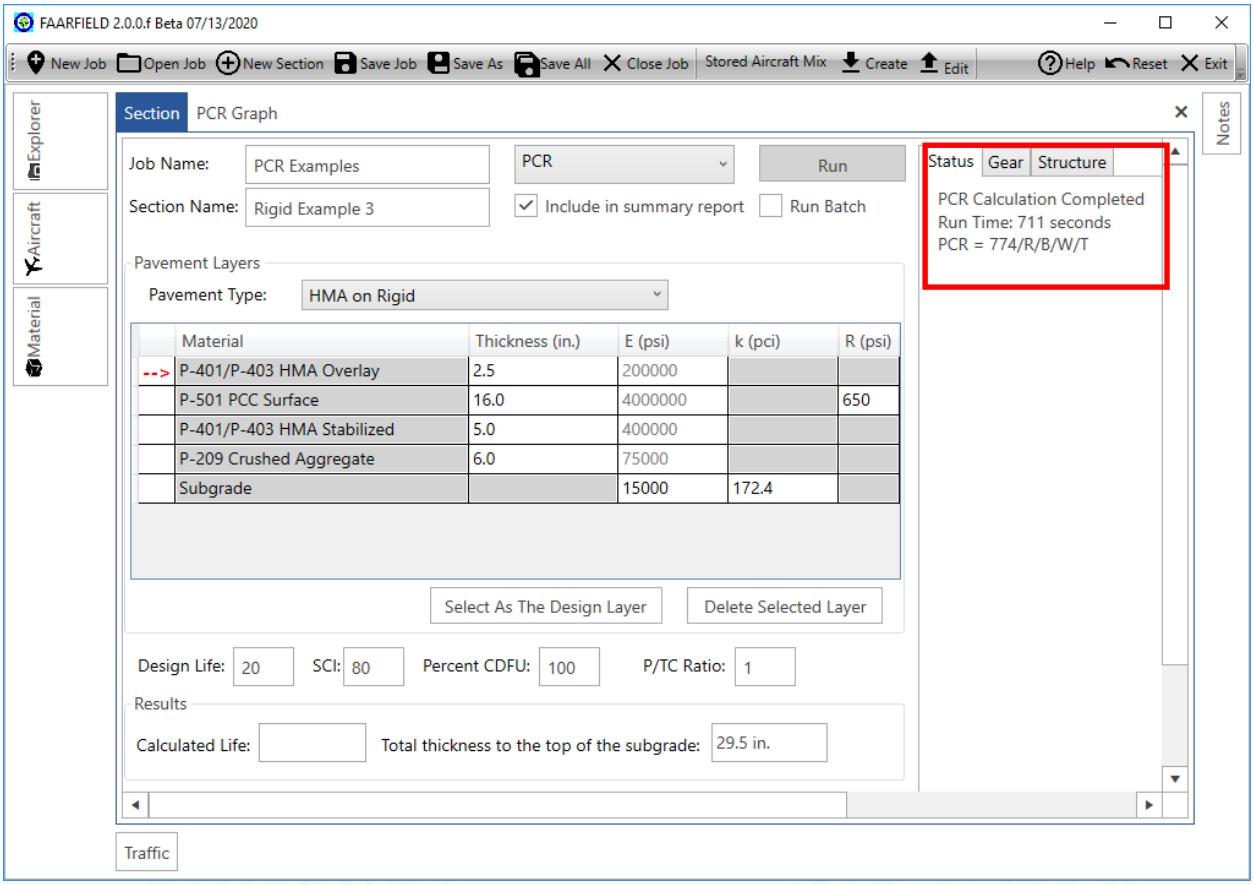


Figura B-29

Salida de PCR FAARFIELD – Ejemplo rígido 3



APÉNDICE C. EVALUACIÓN DE LA SOBRECARGA DEL PAVIMENTO POR EL SISTEMA ACR-PCR

C.1 Guía de evaluación de la sobrecarga de pavimento de la OACI.

C.1.1 En la vida de un pavimento, es posible que el tráfico actual o el futuro carguen el pavimento de tal manera que se supere la calificación de pavimento asignada. La OACI proporciona un método simplificado para tener en cuenta la sobrecarga menor del pavimento en el que la sobrecarga puede ajustarse aplicando un porcentaje fijo al PCR existente (OACI, 2022b).

C.1.2 El procedimiento de la OACI para las operaciones de sobrecarga se basa en el tráfico menor o limitado que tiene ACR que exceden el PCR notificada. Las cargas que son más grandes que el PCR definida acortarán la vida útil del diseño del pavimento, mientras que las cargas más pequeñas consumirán la vida útil a un ritmo reducido. Con la excepción de la sobrecarga masiva, los pavimentos no fallan repentina o catastróficamente. Como resultado, la sobrecarga menor ocasional es aceptable con solo una pérdida limitada de la esperanza de vida del pavimento y una aceleración relativamente pequeña del deterioro del pavimento.

C.1.3 Se recomiendan las siguientes pautas al evaluar sobrecargas:

1. Para pavimentos flexibles o rígidos, el tráfico ocasional de aeronaves con un ACR que no exceda el 10 por ciento por encima del PCR informado no debe afectar negativamente al pavimento. Por ejemplo, un pavimento con PCR= 600 puede soportar un tráfico limitado de aeronaves con ACR=660.
2. La cantidad anual de tráfico de sobrecarga no debe exceder aproximadamente el 5 por ciento del tráfico total anual de aeronaves. No hay una guía exacta para elegir un número de operaciones que represente el 5 por ciento.
3. Normalmente no se deben permitir sobrecargas en pavimentos que ya presenten signos de problemas estructurales, o cuando la resistencia del pavimento o su subrasante pueda debilitarse por el agua.
4. Cuando se realizan operaciones con sobrecarga, el explotador del aeropuerto debe inspeccionar regularmente el estado del pavimento. Periódicamente, el explotador del aeropuerto debe revisar los criterios que utiliza para las operaciones con sobrecarga. La repetición excesiva

de sobrecargas puede causar una reducción significativa en la vida útil del pavimento o acelerar el momento en que el pavimento requerirá una rehabilitación importante.

C.1.4 Estos criterios proporcionan un proceso coherente y repetible que el explotador del aeropuerto puede utilizar para controlar el impacto las operaciones con sobrecarga en el pavimento en términos de reducción de la vida útil o aumento de las necesidades de mantenimiento. En este apartado se analizan los métodos para hacer concesiones para sobrecarga en pavimentos flexibles y rígidos que indicarán claramente estos efectos y darán al gestor la capacidad de reducir el impacto tanto en el aspecto económico como en términos de la vida útil del pavimento.

C.2 Guía para sobrecarga.

C.2.1 La guía de evaluación de sobrecarga en este apéndice se aplica principalmente a pavimentos flexibles y rígidos que tienen valores de PCR que fueron establecidos por el método técnico. Los pavimentos que tienen clasificaciones determinadas por el Método la Aeronave en Uso pueden utilizar esta guía de sobrecarga siempre que se sigan procedimientos de inspección de pavimentos muy frecuentes.

C.2.2 Los ajustes para sobrecargas de pavimento comienzan con la suposición de que algunas de las aeronaves en la mezcla de tráfico tienen ACR que exceden el PCR. Si se realizó un análisis técnico, entonces la mayoría de los datos necesarios ya existen para realizar un análisis de sobrecarga.

C.2.3 El PCR recomendada no es adecuada para la mezcla de tráfico cuando el CDF total>1. Los aeropuertos tienen tres opciones al evaluar qué calificación de resistencia del pavimento publicar:

1. Que el PCR se mantenga como derivada del método de evaluación técnica, pero conserve el conocimiento local de que hay algunas aeronaves en la mezcla de tráfico a las que se les puede permitir operar con ACR que exceden el PCR publicada o a un peso reducido para no exceder el PCR.
2. Proporcionar un aumento del PCR mediante la adición de una sobrecapa o mediante la reconstrucción del pavimento para acomodar aeronaves con ACR más altos.

3. Ajustar el PCR hacia arriba a la de la aeronave con el ACR más alto, pero reconociendo la necesidad de esperar un posible mantenimiento severo. Esto resultará en un aumento de costos tempranos de mantenimiento y también aumentará los costos de los proyectos de reconstrucción o de sobrecapas. Esto es, en esencia, cambiar la clasificación de PCR a una clasificación de uso más alta, aceptando potencialmente reducir la vida útil restante del pavimento.

APÉNDICE D. NOTIFICACIÓN DE CAMBIOS EN DETERMINADOS ELEMENTOS DE LOS DATOS DE LA PISTA

Esta Circular de Asesoramiento afecta a los siguientes datos de la pista del aeropuerto.

D.1 Peso bruto permitido.

Los datos de peso de la aeronave se informan utilizando este CA basado en el PCR calculado para el pavimento que fue evaluando.

D.1.1 Fuentes de datos.

El explotador de aeródromo determina los datos de capacidad de soporte del pavimento y los remite a la AHAC, que es responsable de su publicación en la AIP de Honduras. La información debe contener los cinco elementos del código; por ejemplo, 573/F/C/W/T.

D.1.2 Reporte del Peso Bruto Permisible.

El peso bruto permitido de la aeronave para cada configuración de tren de aterrizaje que puede utilizar la pista en cuestión se deberá incluir en el Manual de Aeródromo del aeropuerto.

D.2 Clasificación de pavimentos (PCR).

D.2.1 Fuente de datos.

La fuente de datos de clasificación de pavimentos (PCR) es el explotador del aeródromo. Los inspectores de aeródromos de la AHAC deberán solicitar al explotador del aeródromo que tenga reportado el PCR de las pistas, calles de rodaje y plataformas antes de la certificación del aeródromo y lo mantenga actualizado de acuerdo con las condiciones de tráfico.

D.2.2 Notificación de PCR.

El PCR es un número que expresa la capacidad de carga de un pavimento basado en todo el tráfico de aeronaves que opera regularmente en los pavimentos y debe estar apropiadamente publicado en las secciones AD 2.8 y

AD 2.12 de la AIP de Honduras para todo aeródromo de uso público que opere vuelos internacionales.

D.2.3 Cambios en la clasificación del pavimento.

Todo cambio en el PCR derivado de rehabilitación, reconstrucción, colocación de sobrecapas, deterioro estructural o cambios significativos en el tránsito deberá ser notificado a la AHAC por el explotador del aeródromo, con el respaldo técnico correspondiente, para su actualización en la AIP. Los cambios temporales se notificarán mediante NOTAM.

APÉNDICE E. MATERIAL DE LECTURA RELACIONADO

Durante el desarrollo de esta CA se utilizaron las siguientes publicaciones, citadas conforme a las Normas APA (7.ª edición):

Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea. (2022). *Método estandarizado de notificación de la resistencia de los pavimentos aeroportuarios – PCR* (Circular de Asesoramiento CA-AGA-01/2022, Rev. 0). COCESNA-ACSA.

Federal Aviation Administration. (s.f.). *FAARFIELD 2.0 e ICAO-ACR* [Software]. U.S. Department of Transportation. https://www.faa.gov/airports/engineering/design_software

Federal Aviation Administration. (2005). *Standard naming convention for aircraft landing gear configurations* (Order 5300.7). U.S. Department of Transportation.

Federal Aviation Administration. (2018). *Standard specifications for construction of airports* (Advisory Circular 150/5370-10H). U.S. Department of Transportation. https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars

Federal Aviation Administration. (2021). *Airport pavement design and evaluation* (Advisory Circular 150/5320-6G). U.S. Department of Transportation. https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars

Federal Aviation Administration. (2022). *Standardized method of reporting airport pavement strength – PCR* (Advisory Circular 150/5335-5D). U.S. Department of Transportation. https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars

Organización de Aviación Civil Internacional. (1980, enero). Airport technology. *Boletín de la OACI, 35*(1).

Organización de Aviación Civil Internacional. (2022a). *Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional: Aeródromos. Volumen I: Diseño y operaciones de aeródromos* (9.ª ed.). OACI.

Organización de Aviación Civil Internacional. (2022b). *Manual de diseño de aeródromos (Doc 9157), Parte 3: Pavimentos* (3.ª ed.). OACI.

APÉNDICE F. FORMULARIO DE COMENTARIOS A ESTA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO

Si encuentra un error en esta CA, tiene recomendaciones para mejorarla o sugerencias para incluir nuevos temas, puede informarlo a la AHAC completando este formulario y remitiéndolo al área de Aeródromos y Ayudas Terrestres (AGA) al correo electrónico _____.

Asunto: CA AHAC-AGA-009 _____ Fecha: _____/_____/_____

☐ Se ha observado un error (de procedimiento o tipográfico) en el párrafo _____ de la página _____.

☐ Se recomienda que el párrafo _____ de la página _____ se modifique de la siguiente manera (si es necesario, utilice hojas adicionales):

_____

_____

_____

☐ En una futura revisión de esta CA, se solicita incluir el siguiente tema (describa brevemente lo que desea agregar; si es necesario, utilice hojas adicionales):

_____

_____

_____

☐ Otros comentarios:

_____

_____

☐ Deseo conversar sobre los comentarios anteriores. Favor contactarme al

(teléfono / correo electrónico): _____

Presentado por: _____

Organización: _____

Cargo: _____

Firma: _____

1. COMENTARIOS

   Comentarios acerca de esta Circular de Asesoramiento favor enviarlos al Departamento de Certificación y Vigilancia, AHAC, Tegucigalpa, Honduras.

2. APROBACION

Circular de Asesoramiento: METODO ESTANDARIZADO PARA INFORMAR DE LA RESISTENCIA DE LOS PAVIMENTOS DEL AEROPUERTO – ACR-PCR.

Abogada Belkis Escobar
Directora Ejecutiva
AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL