



centro de educación continua  
división de estudios de posgrado  
facultad de ingeniería unam



DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

APLICACION DE LA COMPUTACION EN PAVIMENTOS

M. EN C. RODOLFO TELLEZ G.

SEPTIEMBRE, 1980



Dentro de las ramas de la Ingeniería civil, pueden considerarse a las vías terrestres como fundamentales para el desarrollo de un país. Por los beneficios socioeconómicos que generan, la magnitud de la inversión que representan, el tiempo que deben mantenerse prestando un servicio adecuado, etc., es claramente palpable la importancia de su correcta planeación, diseño y construcción.

El diseño de pavimentos para carreteras y aeropistas involucra estudios complejos de suelos y materiales, su comportamiento bajo cargas y su habilidad para soportar el tránsito durante todas las condiciones climatológicas a lo largo de su vida de diseño útil.

El campo de diseño de los pavimentos debe ser dinámico conforme a la tecnología cambiante día con día y por los requerimientos impuestos por el creciente tráfico aéreo y carretero y las sobrecargas involucradas. En el pasado, la "regla del dedo" basada en experiencias previas gobernaba y tipificaba los diseños. Durante el período de 1920 a 1940, los ingenieros se concentraron en evaluar propiedades estructurales de los suelos, por lo que fué posible conseguir gran cantidad de información y datos que permitieron desarrollar teorías y modelos realísticos en el diseño de pavimentos.

Experimentos masivos a gran escala, como BATES, WASHO y AASHO, definieron los derroteros a seguir por muchos años resultando en mé-

todos usuales hasta la fecha. Sin embargo, esos métodos actuales de diseño no son considerados del todo adecuados. Son empíricos por naturaleza o no han sido implementados para usos generales. Debe recordarse aquí la complejidad del sistema de pavimentos. Concientes de ello, la investigación ha seguido su formato dinámico hasta llegar a las computadoras.

La Ingeniería de sistemas está siendo aplicada a la solución de problemas e implementación de los actuales métodos de diseño y construcción. Los programas resultantes que han sido creados para estos fines permiten al ingeniero de diseño realizar un sistema de análisis detallado y preciso de la vida y comportamiento de un pavimento sobre cualquier período de diseño.

Obras de gran envergadura como carreteras y aeropuertos; no permiten reglas de dedo, recetas de proyectos tipos o soluciones al azar, dada la enorme inversión y beneficios que representan en todos conceptos. Si también se toma en cuenta la necesidad prioritaria de mantener y conservar la red carretera nacional existente con presupuestos limitados, la rehabilitación y conservación refuerzan la urgencia de "diseños efectivos". Las computadoras definitivamente son al presente, herramientas muy útiles para la correcta planeación, diseño y construcción de estas obras civiles.

Existen programas de computadora muy versátiles para pavimentos de caminos y aeropistas. Constantemente son experimentados y actualizados para cumplir con sus objetivos eficientemente. Los hay para sistemas múltiples de capas que sirven para estudiar con detalle esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles y rígidos. Estos programas permiten analizar cada capa componente de la estructura y también la consideración de cargas múltiples repetidas en el diseño. Predicciones de fatiga son analizadas con precisión.

El ingeniero de diseño debe tomar en cuenta los costos iniciales de construcción, de mantenimiento, intereses, amortización, etc. etc., para integrar un sistema de aproximadamente 50 variables básicas de entrada al programa. Entonces, con el auxilio de la computadora se obtendrán múltiples alternativas de diseño de entre las que se seleccionarán aquellas óptimas basadas en el costo mínimo.

No debe olvidarse la importancia del criterio y experiencia del ingeniero especialista al llevar a cabo los pasos previos al proceso de computación, contemplados en la "metodología mecánica" del sistema de pavimentos:

I) INVESTIGACION DE CAMPO

{ pruebas no destructivas  
medición de deflexiones  
inventario de condiciones existentes  
muestreo de materiales

II) DETERMINACION EN LABORATORIO { propiedades elásticas de mats. obtenidos

III) ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL PAVIM. EXISTENTE

IV) EVALUACION DE LAS ESTRATEGIAS A SEGUIR PARA ALTERNATIVAS DE REHABILITACION Y REFUERZO.

Al finalizar este proceso, se estará en posibilidad de integrar valores adecuados para las múltiples variables que requiere la computadora para ejecutar el programa.

Antes de entrar al desarrollo general de los programas de computadora, su funcionamiento y puntos negativos, es conveniente mencionar una comparación subjetiva entre métodos de diseño empíricos y métodos de Ingeniería de sistemas.

Mé refiero a los métodos de diseño MS-11 y MS-11-A del Instituto del Asfalto de los EE.UU. El primero es un método empírico tradicional que no está del todo actualizado principalmente en cuanto a tipo y peso de aeronaves muy recientes (ej. Concorde). Por otro lado, está sujeto a errores de cálculo y apreciación por el número y complejidad de sus diagramas, aunado al tiempo excesivo de cálculo para obtener diseños.

El Instituto del Asfalto reconoció estas limitaciones y diseñó recientemente el programa de computadora MS-11-A para el diseño de pavimentos flexibles en aeropistas, que estando actualizado para todo tipo de aeronaves, cargas y operaciones, permiten al Ingeniero obtener diferentes alternativas de diseño estructural, costos, rehabilitación programada, etc. en un tiempo mínimo de aprox. 30 segundos de ejecución del programa. Esto representa una ventaja adicional al poderse modificar valores numéricos y restrictivos para analizar diferentes condiciones de análisis y así obtener el diseño óptimo a un costo mínimo.

Ahora bien, debemos recordar que la computadora siendo una herramienta de mucha utilidad, a final de cuentas es una máquina compleja que estará sujeta al criterio y arbitrio del Ingeniero diseñador por lo que se refiere a programación.

La programación requiere de reglas básicas a seguir y lenguajes sofisticados, por lo que el Ingeniero debiera conocerlas para no cometer errores que por ejemplo, le lleven a un loop sin término, (infinite-loop), ó la no ejecución del programa por usar valores fuera de límite, ó a consumir un tiempo excesivo en la ejecución del programa (p.e. 300 segundos). Es primordial la investigación cuidadosa de datos básicos para las variables de entrada al programa y el mantener actualizados los programas de computadora para diseño, conforme a la dinámica cambiante en esta tecnología y conforme a las necesidades particula-

res de cada obra.

Usualmente los programas de computadora para el diseño de pavimentos son ejecutados con una rutina principal y 8 subrutinas que realizan 5 funciones básicas:

- 1.- Lectura de datos básicos de entrada
- 2.- Solución de valores admisibles (p.e. tránsito)
- 3.- Solución de valores predecibles
- 4.- Determinación de espesores de diseño (alternativas)
- 5.- Determinación de requisitos para refuerzo o rehabilitación.

Existe primeramente una "interacción" lógica de datos básicos de entrada:

- a) Variables de cargas
- b) Variables climatológicas
- c) Variables de caracterización materiales
- d) Variables de construcción
- e) Variables de diseño estructural
- f) Variables de mantenimiento, etc.

Estas variables y su interacción lógica serán procesadas a través de un modelo estructural del pavimento que considerará respuestas primarias (deflexiones, deformaciones, esfuerzos, deterioro, etc) y respues



tas limitativas (ruptura, distorsión, desintegración, etc.)

Entre los procesos de respuestas primarias y limitativas, se analizan las propiedades de la sup. rodante a deslizamiento, rugosidad, tracción, etc. En el caso de aeropistas, a la altura de este nivel se procesan las variables restrictivas de ruido, polución y congestión.

Del modelo estructural básico o primario, se desprende otro submodelo que analiza criterios de decisión en base a la disponibilidad de — fondos, seguridad de operación, confort, costos de mantenimiento y de usuarios, que serán evaluados y sopesados para cada alternativa y junto con el resultado del primer modelo mecánico, se integrará para nuevo análisis y selección de alternativas, cuya combinación y selección serán impresas finalmente para su revisión y decisión.

Como ejemplo de aplicación práctico, se menciona el programa de computadora LVR (Low Volume Roads) para diseño de caminos revestidos y pavimentados de bajo costo y bajo volumen, que en su última versión maneja eficientemente 50 variables, que al ser procesadas durante la ejecución del programa en aprox. 22 segundos, se obtienen 40 alternativas de diseño basadas en costo mínimo, incluyendo costos finales y periodicidad y tipo de rehabilitación o refuerzo para cumplir perfectamente con la vida útil de diseño especificada.

Existen a la fecha un gran número de programas de computadora disponibles para el Ingeniero de diseño en pavimentos rígidos o flexibles, - para aeropuertos o caminos. Sin embargo, se tratarán aquí solo los - más usuales y actualizados. Estos programas han sido experimentados con magníficos resultados en diferentes obras de gran envergadura como son los aeropuertos internacionales de O'Hare, en Chicago, USA, Dallas-Ft Worth, en Texas, Washington, D.C. y sistemas interestatales de los Estados Unidos y Brazil.

A continuación, se da un listado de programas disponibles y posteriormente se explica en términos generales sus aplicaciones y funcionamiento.

## LISTADO DE PROGRAMAS DISPONIBLES

DENOMINACION	NOMBRE	FUNCION	PROYECTO/INSTITUCION
FPS-2	FLEXIBLE PAVEMENT SYSTEM	Diseñar sistemas de Pavimentos Flexibles	123 U.S. Dept. of Transp. CFHR, Univ. of Texas Austin Texas A M Univ. Texas Highway Depart.
LVR 1-11	LOW VOLUME ROADS	Diseño caminos revestidos y pavimentados flexibles para bajo volumen, de bajo costo.	60 U.S. Forest Service Dept. of Agriculture U. Texas at Austin C.A.T.S.
MS-11-A	COMPUTER PROGRAM FOR ASPHALT PAVEMENTS FOR AIR CARRIER AIRPORTS	Diseño de pavimentos flexibles para aeropuertos	1973 The Asphalt Institute U.S.A.
RPS-2	RIGID PAVEMENT SYSTEM 2	Diseño de pavimentos rígidos de concreto hidráulico	123-21, 1974 Texas Transportation Institute Texas A M Univ. Univ. of Texas at Austin Texas Highway Department
TMA	TRAFFIC MIX ANALYSIS	Predicción de tráfico - aéreo para el diseño - de aeropistas y cargas equivalentes.	The Asphalt Institute, U. S. A.
MODIAS 1-10	MODULUS OF ELASTICITY	Caracterización de materiales, analizando - propiedades elásticas.	Center for Highway Research. Council for Advanced Transportation Studies
CRCP-1 CRCP-2	CONTINUOUSLY REINFORCED CONCRETE PAVEMENT	Diseño de pavimentos rígidos de concreto - reforzado o armado - continuo sin juntas, para aeropistas y carreteras.	177.- Center for Highway Research Austin Research Engrs. Texas Highway Dept. FHWA

DENOMINACION	NOMBRE	FUNCION	PROYECTO/INSTITUCION
PLOT-2	DEFLECTION PROFILE	Análisis, recolección e impresión del contorno de deflexiones medidas continuas. Registro de condiciones existentes sobre la superficie de rodamiento.	Federal Highway Procedure "Design Procedure"
TVAL-2	STATISTICAL ANALYSIS	Análisis Estadístico de cualquier índole para estudio de datos iniciales, p.e. deflexiones medidas e inventario - carreteras.	Statistical Analysis of Design Sections, FHWA "Design Procedure"
RPOD-1	RIGID PAVEMENT OVERLAY DESIGN	Diseño de refuerzos o sobrecarpetas para pavimentos rígidos.	77-66, 67 FHWA, U.S.A.
RPOD-2	RIGID PAVEMENT OVERLAY DESIGN, UP-DATED	Diseño de refuerzos en pavimentos rígidos, considerando criterios por deflexiones, fatiga y grietas (predicción).	177-13 / FHWA, U.S.A. Center for Highway Research Texas Highway Depart.
RFLCR-1	REFLECTION CRACKING PROGRAM	Procedimiento Racional de evaluación grietas y grietas reflejadas en sobrecarpetas.	177-13-1 Center for Highway Research.
SLAB-30 SLAB-49	SLAB ANALYSIS SLAB ANALYSIS	Programas de diseño y análisis, empleando teoría elástica para múltiples capas de pavimentos para carreteras y aeropistas	Transportation Facilities Branch, Department of the Army, U.S.A.
EISYM-5	ELASTIC SYSTEM ANALYSIS LAYERED	Criterios de falla, esfuerzos-deformación y predicciones son procesadas aquí.	Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California U.S.A.
SHELL BISTRO	MULTI LAYERED ELASTIC SYSTEM ANALYSIS		Shell Oil Company, U.S.A.

## PROGRAMAS DE APOYO A LOS ANTERIORES

DENOMINACION	NOMBRE	FUNCION	PROYECTO/INSTITUCION
ACAP-1 ACAP-2	Airport Capacity Analysis Airport Capacity Analysis	Analisis y Diseño Capacidad en base al tráfico aéreo de aero- puertos	University of Texas at Austin CFHR CATS
GEOPRO SIMPRO TEXAS MODEL	A Geometric Processor Simulator Process  Texas Model	Tráfico y su análisis para intersecciones de carreteras y ur- banas.	Texas Highway Dept.  F A A FHWA

Es importante hacer notar el tipo de computadora que puede ejecutar - los programas a continuación enlistados; esto es,

C D C	5000
C D C	6400
C D C	6600
I B M	360
I B M	370
UNIVAC	1108

Usualmente cada programa es diseñado en un específico lenguaje — (p.e. Fortran V) y para un tipo o modelo de computadora (p.e. CDC-6600). Por supuesto haciendo las modificaciones necesarias se puede convertir el sistema para procesarse en diferente computadora, - pero existe el inconveniente de incremento o reducción del tiempo - para ejecución del programa. Caso específico: el programa LVR-11 está diseñado para procesarse en computadora CDC-6600, que es - la más rápida a la fecha. Al ejecutarse los cambios a IBM-360, el mismo programa tarda de 4 a 5 veces más su tiempo de ejecución, - lo que deberá considerarse para fines de "costo/tiempo/ejecución".

FPS 2 FLEXIBLE PAVEMENT SYSTEM 2

El programa de computadora para sistemas de pavimentos flexibles - No. 2, auxilia a los Ingenieros de diseño para entender los efectos de las diferentes variables que intervienen en el diseño de un pavimento del tipo flexible de una manera más eficiente.

Está basado en el criterio de diseño por deflexiones, las cuales son obtenidas en el campo a través de empleo de equipos de evaluación tales como Dynaflect y Viga Benkelman.

Los valores obtenidos de deflexiones en los diferentes tramos seleccionados junto con datos de tránsito para ejes equivalentes, factores de clima, resistencia de los materiales por emplear, etc. esto es, - variables de diseño, de limitaciones, junto con variables de costos, totalizan 45 diferentes tipos de datos básicos de entrada para resolver el programa y obtener de una manera eficiente, rápida y precisa diferentes alternativas de diseño de la estructura total del pavimento flexible y sus costos respectivos.

Se obtienen además, dentro del periodo de diseño de vida útil del - pavimento, el número y tiempo a efectuar de refuerzos necesarios para asegurar metas de duración de la estructura.

Listado:

Proyecto Investigación 1-8-69-123

1 9 7 2

U.S. DOT

Texas Highway Department

Texas AEM (TTI)

University of Texas at Austin

(CPHR)



LVR, LVR 11 LOW VOLUME ROADS

El diseño de pavimentos de bajo costo y para bajos volúmenes de — tránsito es un procedimiento complejo que involucra numerosas variables. La complejidad de interacción entre ellas se ha ido solucionando gracias a mejores informaciones de campo y a programas de computadora tales como el "LVR" "Caminos de bajo volumen".

Desde su creación en 1974 se ha ido mejorando y modificando, hasta llegar a la versión "LVR-11", de enero 1979, considerada como uno de los programas óptimos para diseño de carreteras económicas.

En términos generales, este programa de computadora puede ser utilizado para calcular los diseños más económicos y favorables para pavimentos con carpeta asfáltica.

Pero además, este programa está diseñado para resolver caminos revestidos con grava que cumplen con ciertos requerimientos especificados por el ingeniero diseñador. Como ejemplo de estos requisitos podríamos mencionar la vida de diseño deseada, restricciones referentes a costo inicial de construcción, frecuencia de las rehabilitaciones; etc.

El costo total obtenido incluye los costos inicial, de rehabilitaciones mayores, riegos de sello para carpetas asfálticas, mantenimiento menor y costos por retraso para usuarios. Además el programa calculará el costo de operación de vehículos si así se especificara cuando se realiza la programación inicial.

El programa LVR-10 de computadora actualmente maneja 50 variables a la vez. Podemos mencionar algunas de las más importantes para este tipo de diseño de pavimentos: ejes equivalentes, valor relativo de soporte en la cimentación, factores regionales climáticos, espesores de sobrecarpeta supuestos, valor de recuperación de la inversión, tiempo entre rehabilitaciones, índice de servicio, interés, propiedades de materiales, etc.

Otra innovación importante del programa es el conocimiento del "modelo de falla" que controla el diseño y su ejecución. En el LVR se analizan los modelos de AASHO, el de pérdida de agregados y el de deformación permanente bajo la rodada (rutting).

El tiempo de ejecución total del programa variará dependiendo los valores específicos asignados a variables, pero para dar una idea, varía de medio segundo a 30 segundos en condiciones normales, (corriendo el programa en CDC-6600).

Es importante hacer notar que dentro de los resultados obtenidos — cuando se usa este programa, se tienen 40 diferentes diseños óptimos para las condiciones especificadas desde el inicio, en orden progresivo, desde el "diseño óptimo estructural con el mínimo costo" hasta la alternativa 40, lo que permite al ingeniero diseñador — elegir una o varias alternativas que sean totalmente compatibles a sus necesidades y presupuesto, que a final de cuentas registrarán la decisión final.

Listado =

Proyecto No. 60

U.S. Forest Service

Depto. Agricultura

Council for Advanced

Transport. Studies

University of Texas at

Austin.

MS - 11 - A ASPHALT PAVEMENTS FOR AIRPORTS

El programa de computadora MS-11-A es la última versión del Instituto del Asfalto Norteamericano para el diseño de pavimentos flexibles asfálticos para aeropuertos. La versión data de 1973 y sigue básicamente la secuencia de diseño y cálculo establecida para la versión manual de cálculo dada en su publicación MS-11. Por supuesto modificada para proceso en computadora y actualizada para todos y cada uno de los nuevos tipos de aeronaves, incluyendo el "Concorde".

Si alguno de los presentes ha realizado el diseño manual usando MS-11, se dará cuenta del tiempo a invertir y de las posibilidades de error continuas. Por ello este programa de computadora es sumamente útil en cuanto a ahorro de tiempo invertido, variables de entrada de diseño totalmente revisadas y actualizadas y la variedad de resultados y alternativas obtenidas para el proyecto total de las pistas de aterrizaje, de taxeo, cabeceras y plataformas.

Además proporciona el diseño de refuerzos o sobrecarpetas requeridas para alargar vida útil al pavimento.

El programa está hecho para lenguaje FORTRAN V en computadora tipo UNIVAC 1108 con un control EXEC 2 modificado de ejecución.

Con algunas modificaciones a seguir se puede operar el programa en computadoras IBM-360, 370 o CDC-6000 series.

Básicamente el programa sigue los pasos enumerados a continuación:

- 1 rutina principal
- 8 subrutinas que desarrollan 5 funciones:
  - a) leer datos de entrada
  - b) solucionar valores admisibles de tráfico
  - c) solucionar valores predecibles de tráfico
  - d) determinar espesores de diseño
  - e) determinar requisitos de sobrecarpeta o rehabilitación

Estado: MS-11-A 1973

Computer Program for Full -  
Depth Asphalt Pavements for  
Air Carrier Airports  
The Asphalt Institute, U.S.A.

**RPS 2     RIGID PAVEMENT SYSTEM 2**

El programa de computadora para sistemas de diseño de pavimentos rígidos RPS-2, es una versión moderna del FSP-2 que básicamente funciona de manera semejante, pero con variables adicionales y algunas restricciones diferentes para superficies de rodamiento hechas con cemento portland.

Este programa fue actualizado en 1974 conjuntamente por varios organismos de Investigación (tales como U.T., Texas A M, CFHR) para el Departamento de Carreteras del Estado de Texas.

Este tipo de programa permite al Ingeniero de diseño realizar un sistema de análisis de la vida y comportamiento del pavimento rígido sobre cualquier período de vida útil deseado.

Con el manejo de aproximadamente 50 variables y factores de entrada, el Ingeniero puede seleccionar una solución óptima basada en el costo mínimo.

El programa contempla el diseño de pavimentos rígidos construídos con juntas transversales, y sin refuerzo.

El sistema empleado por este programa está basado en métodos empíricos del Cuerpo de Ingenieros para pavimentos de aeropistas, en especial cuando se analizan los refuerzos por sobrecarpetas.

Listado:

Reporte No. 123-21, Enero 1974

T T I

T A M

U T

T H Department

T M A    THE ASPHALT INSTITUTE COMPUTER PROGRAM  
FOR TRAFFIC MIX ANALYSIS

Al mismo tiempo que se creó el programa MS-11-A para pavimentos de aeropuertos, fue desarrollado este programa de computadora para análisis de tráfico aéreo, el TMA, el cual predice las repeticiones de deformación equivalentes de una aeronave estandar, producidas por una mezcla de tránsito aéreo proyectada al futuro.

Específicamente determina las repeticiones de deformaciones sobre diferentes espesores de concreto asfáltico asumidos para cada modelo de falla. Considera varias condiciones básicas tales como: peso total de la aeronave al despegar (es variable) y como aeronaves - prototipo al DC-8-63 F y B-727-200.

El número de operaciones en todos los sentidos de orientación para la pista de despegue y aterrizaje es uno de los factores básicos en el programa para determinar daños producto de la fatiga y para estimar periodos de refuerzo al pavimento.

Para realizar el diseño y análisis de las sobrecarpetas y rehabilitación de las pistas para el aeropuerto nacional de Washington, D.C. fué utilizado este programa de computadora por el Dr. Witczak, lo



cual ejemplifica la efectividad de este programa de computadora.

Listado:

Traffic Mix Analysis, Computer Program

The Asphalt Institute U.S.A.



C R C P - 1 CONTINUOUSLY REINFORCED

C R C P - 2 CONCRETE PAVEMENT

Dentro de los pavimentos existentes a la fecha, tanto para carreteras como para aeropistas, el pavimento de concreto reforzado sin juntas es considerado como el óptimo, el más caro inicialmente pero el más barato y el mejor a largo plazo. Algunos técnicos lo llaman "zero maintenance", o sea cero mantenimiento mayor a lo largo de la vida útil del pavimento.

El programa de computadora CRCP-1 y el actualizado CRCP-2 diseñan este pavimento premium; — con base a variables de entrada tales como factores regionales de ambiente, temperaturas, tráfico, costos, resistencias de materiales, etc., el programa analiza diferentes alternativas estructurales y costos, resultando en las más idóneas.

En la versión actualizada CRCP-2, el programa de computadora analiza detalladamente el diseño de pavimentos reforzados de concreto continuos basados en contracciones de los materiales y caídas de la temperatura ambiental.

Ejemplo: Pista de despegue y aterrizaje en el aeropuerto  
Internacional de O'Hare, Chicago, U.S.A.

Listado: CRCP - 1

CRCP - 2

Proyectos 3-8-75-177 CFHR

177-9 ARE

T H Dept.

FHWA

PLOT 2      DEFLECTION PROFILE PROGRAM

Para el correcto diseño de un pavimento o su rehabilitación, se requieren datos, pruebas, información y mediciones de campo que serán parámetros básicos.

Con tal información obtenida, el programa PLOT 2 calculará y dibujará el contorno o espectro de las deflexiones medidas, que junto con las observaciones en el campo de la condición existente del pavimento ( sup. de rodamiento), permitirán conocer de antemano tres puntos fundamentales:

- 1) pavimento      c /vida remanente potencial
- 2) pavimento severamente agrietado que no pueda tener vida remanente
- 3) pavimento que falle totalmente aún antes de reforzado.

Cuando se tienen evaluaciones por realizar en pavimentos de longitud considerable, este programa demuestra obviamente los beneficios al ahorrar muchísimo tiempo en el proceso de obtener el espectro total de las deflexiones obtenidas p.e. Dynaflect o Viga Benkelman.

Listado:

PLOT 2      Computer Program  
of FHWA "Design Procedure"  
DOT, U.S.A.

TVAL 2      STATISTICAL ANALYSIS PROGRAM

Junto con el programa PLOT 2 antes mencionado, el programa TVAL 2 constituye una herramienta valiosa para el diseño y evaluación de pavimentos.

Este programa analiza estadísticamente las secciones de diseño por evaluar. Determina estadísticamente si estas secciones seleccionadas, son diferentes significativamente entre sí.

También obtiene medias y desviaciones standard de la información de deflexiones de diseño características de los tramos, que serán representativas de toda la longitud de camino en estudio.

Este programa de computadora forma parte también del procedimiento general de diseños de la FHWA.

Listado:      TVAL 2

Statistical Analysis of Design Sections

Computer Program of FHWA Design Procedure

D O T, U.S.A.

RPOD 1 RIGID PAVEMENT OVERLAY DESIGN

El programa de computadora para diseño de sobrecarpetas en pavimentos rígidos fue desarrollado por ARE, Inc. para la Administración Federal de Carreteras de los EE.UU.

Este programa de computadora es básicamente un método de diseño - para evaluar y diseñar los espesores requeridos de las sobrecarpetas en pavimentos rígidos, basado en valores estructurales del pavimento existente y su vida restante o remanente. La evaluación de las capas está basada en criterios de falla por fatiga.

El ingeniero diseñador deberá especificar módulos de elasticidad, espesores de capas existentes, relación o módulo de Poisson, deflexión característica permisible, tráfico, etc. El número de variables que intervienen varía pero no excede de 17. Como resultado, se obtendrá al final del proceso de computación, el espesor requerido de la sobrecarpeta o refuerzo para soportar el tráfico proyectado durante el período de vida útil por diseñar.

Estado: RPOD - 1  
Rigid Pavement Overlay Design  
Computer Program

Proyecto: FHWA-RD-77-66, 67

Después de experimentar con el programa RPOD-1 extensamente para la FHWA, el estado de Texas decidió implementar tal programa - para hacerlo más compatible con su equipo y necesidades. El resultado fué la versión moderna RPOD-2, que fué modificado para incluir el diseño de sobrecarpetas asfálticas en pavimentos sin vida remanente. Además se añadieron valores límites para módulos elásticos en subbases clases 3 y 4 de pavimentos rígidos totalmente fallados y se consieran producto de carga producida con equipos Dynaflect.

Este programa de computadora analiza las grietas producto de fatiga, caracterizando el material de cimentación usando deflexión de diseño y datos de laboratorio.

En resumen, obtiene los espesores del refuerzo para la vida útil especificada empleando criterios de fatiga (miner's).

Listado:            RPOD-2

FHWA

CFHR

Report No. 177-13

Texas Highway Department



**HFLCR - 1      REFLECTION CRACKING PROGRAM**

El programa de computadora sobre grietas reflejadas está diseñado principalmente para proporcionar un procedimiento racional de evaluación de susceptibilidad a las grietas reflejadas en la sobrecarpeta.

Trabaja esencialmente en sobrecarpetas de concreto asfáltico para pavimentos rígidos, pero se adapta también para otros tipos de refuerzo. El proceso calcula deformaciones horizontales (térmicamente inducidas), esfuerzos de tensión, cargas verticales y deformaciones producto de esfuerzos cortantes debido a deflexiones diferenciales en discontinuidades del pavimento existente.

El método sugiere que las deformaciones calculadas sean comparadas con las máximas permitidas.

Información adicional básica es necesaria tal como:

- espaciamiento entre grietas
- espaciamiento entre juntas
- movimiento horizontal de la losa a diferentes temperaturas
- deflexiones diferenciales verticales

Junto con los programas de computadora PLOT-2, TVAL-2, RPOD 2,

el RFLCR-1, completa el procedimiento actual de diseño de pavimentos de la FHWA y ahora usado también por el SDHPT Texas,

Listado:

1978 Versión

CFHR

Report No. 177-13 .

PROGRAMAS VARIOS REFERENTES A DISEÑO DE PAVIMENTOS EMPLEANDO TEORIA ELASTICA LINEAL PARA MULTIPLES CAPAS.

Existen en la actualidad, diferentes y sumamente valiosos programas de computadora, como herramienta fundamental para el ingeniero de diseño, en donde se utilizan básicamente teorías elásticas para múltiples capas en diseño de pavimentos carreteros y aeroportuarios.

El criterio de falla, con diferentes hipótesis reconocidas, ha sido introducido en estos modelos o programas junto con teorías elásticas de esfuerzo - deformación y predicción de esfuerzos.

Programas como ELSYM-5, SLAB-30, SLAB-49 son muy útiles para diseños normales, pero tienen limitaciones en cuanto al número de capas componentes. En cambio, los programas CHEVRON y SHELL BISTRO pueden aceptar un sinnúmero de capas componentes de la estructura total.

En el diseño de pistas del aeropuerto Internacional de Dallas - Ft Worth, fueron empleados los programas de CHEVRON y SHELL BISTRO obteniéndose magníficos resultados.

Listado:

SLAB 30 Computer program      Transportation Facilities  
Branch,

SLAB 49 Computer program      Department of the Army  
U.S.A.

ELSYM-5 Computer program      Institute of Transportation  
and Traffic Engineering,  
University of California

SHELL      Computer program      SHELL OIL Company,  
BISTRO      U.S.A.

\* \* \*