

# El HDM-4 Versión 2.08 (nueva versión) y su implementación y aplicación en proyectos de Infraestructura vial

Conferencista:  
**Ing. Mauricio Salgado Torres M.Sc.**

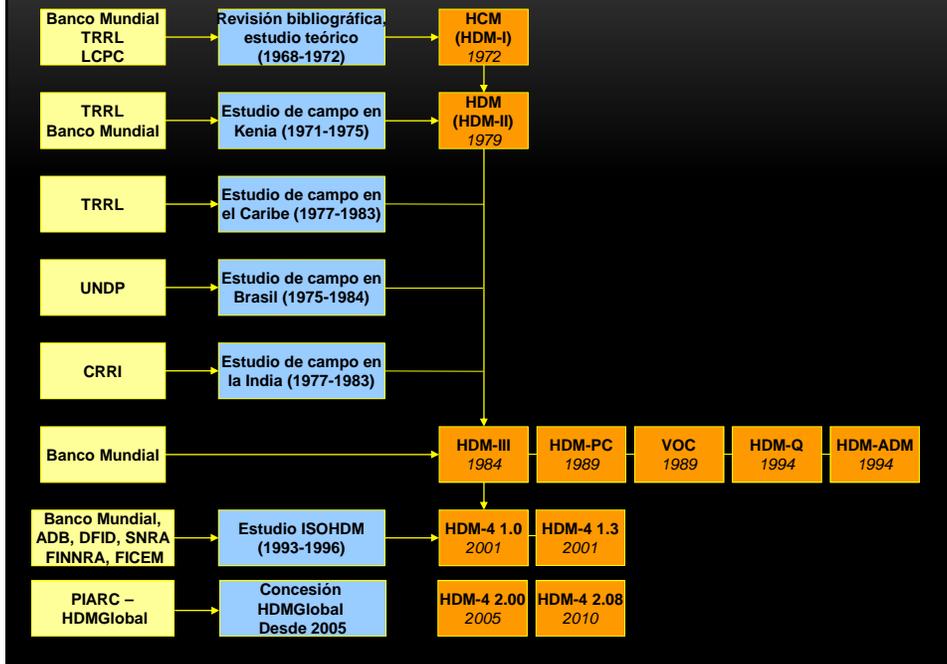
San Salvador, El Salvador  
Abril de 2011

## CONTENIDO DE LA CONFERENCIA

---

- Concepto y Estructura general del HDM-4
- Relación entre los componentes del HDM-4
- Diferencias generales del HDM-4 Versión 2.08 respecto de versiones anteriores
- Requisitos para una adecuada implementación del sistema
- Recomendaciones para el uso e implementación del HDM-4

# DESARROLLO HISTÓRICO DEL MODELO HDM



**HDMGLOBAL**  
HDM-4 Version 2

Inicio / Acerca de HDMGLOBAL

**Inicio**

**Acerca de HDMGlobal**

**Procedimiento**

HDM-4 Versión 2

**Concesión**

**Sobre HDM**

**Servicios**

**Recursos Técnicos**

**Estado**

**Comunicación**

**Proyectos**

**Publicación**

**Actualizaciones del Software**

**Descargas Gratuitas**

**Oportunidades**

**Noticias**

**Carreas y Empleo**

**Colaboración**

**Oficina Asesor**

**Reservar el Sitio**

**Search**

HDMGLOBAL es un consorcio internacional conformado por organizaciones académicas y empresas consultoras que han formado una sociedad para la administración del HCM-4. La concesión por cinco años fue otorgada por la FIDUC y comenzó a regir a partir del mes de Julio del 2005 con los derechos exclusivos para su distribución.

El consorcio tiene como ámbito de operaciones el Highway Management Research Group, con base en el Reino Unido, y está conformado por la asociación de la **Universidad de Birmingham**, en asociación con **Alinea** y **Scott Wilson**; **TSL Ltd** (miembro del grupo **Urbis**); **AGRS Transport Research Unit** de Australia; **ENPC** y **Sothrasville** de Francia; y el **ICM** de Chile. Los socios principales se complementan con organizaciones asociadas como **HPO** de España y el **ARC** de Bangladesh y estrechamente relacionadas con el **CGI** de India, **HRI** de la República Popular China, el **ITDRI** de Pakistán, y el **Tanwanan Technology Transfer Centre**.

La concesión incluye que el Consorcio deberá ofrecer lo siguiente:

- Apoyar a los usuarios y otros usuarios de software licencias para los usuarios usuarios de HCM-4 Versión 1.2 y para los nuevos usuarios de la Versión 2
- Desarrolla y administrado del sitio web de HCM-4, incluyendo una base de datos sobre preguntas de los usuarios y respuestas
- Organización de las ventas del software HCM-4 y la documentación, a través de todo el mundo.
- Operación de un club de usuarios de HCM-4 para facilitar los contactos, la retroalimentación derivada de las aplicaciones, etc.
- Organización de un sistema de cursos de capacitación para HCM-4
- Reentrenamiento de la protección del software contra copias ilegales y piratería del software
- Protección periódica de versiones actualizadas, incluyendo las acciones correctivas y las mejoras definitivas a través de la retroalimentación proporcionada por los usuarios
- Actualización regular de la documentación de HCM-4 en tres idiomas: Inglés, Francés y Español.
- Promover activamente la difusión de HCM-4 via Internet, artículos, participación en conferencias y cursos de capacitación

El consorcio deberá informar a un Comité examinador designado por la FIDUC y demostrar el cumplimiento de los requisitos exigidos por la concesión, en especial la calidad de servicio a los usuarios.

arob | Universidad de Birmingham | TSL | ENPC | Sothrasville | ICM | HPO | ARC | CGI | HRI | ITDRI | Tanwanan Technology Transfer Centre | **ATKINS**

# HDM – 4 ????



## HDM-4: Modelo de desarrollo y gestión de carreteras (Highway Development and Management model).

Es un conjunto de herramientas que facilitan la **toma de decisiones** a partir del análisis y optimización de inversiones destinadas al mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de carreteras, que puede ser utilizada para **evaluar, en términos técnicos y económicos, proyectos, programas y políticas de conservación.**



# HDM – 4

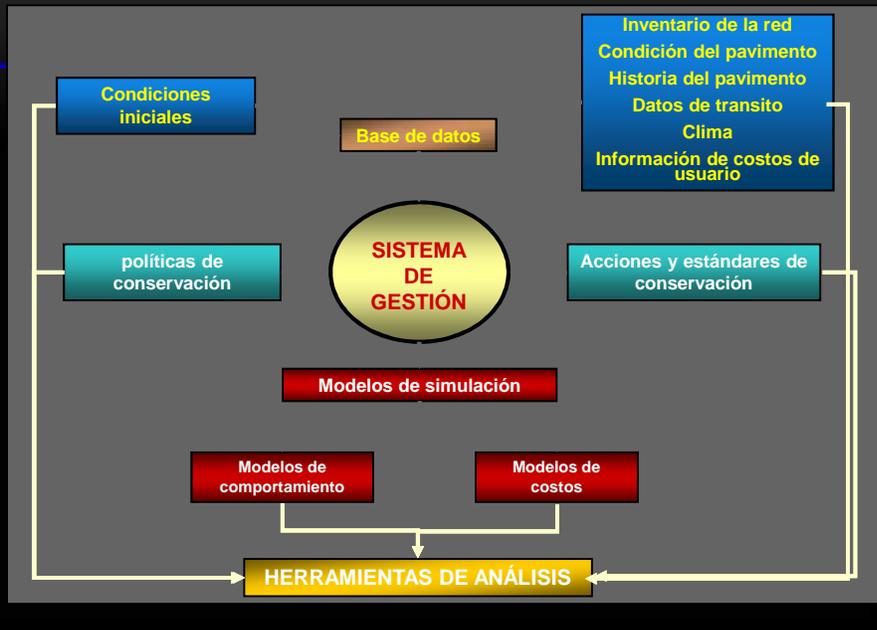


## HDM-4: Modelo de desarrollo y gestión de carreteras (Highway Development and Management model).

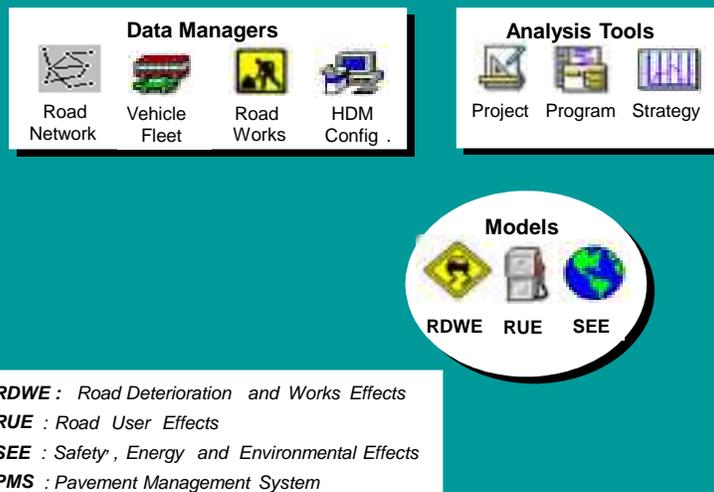
Es una herramienta de gestión de pavimentos pensada y diseñada para la gestión de red, pero que sabiendo como hacerlo es posible sacarle provecho a nivel de proyecto

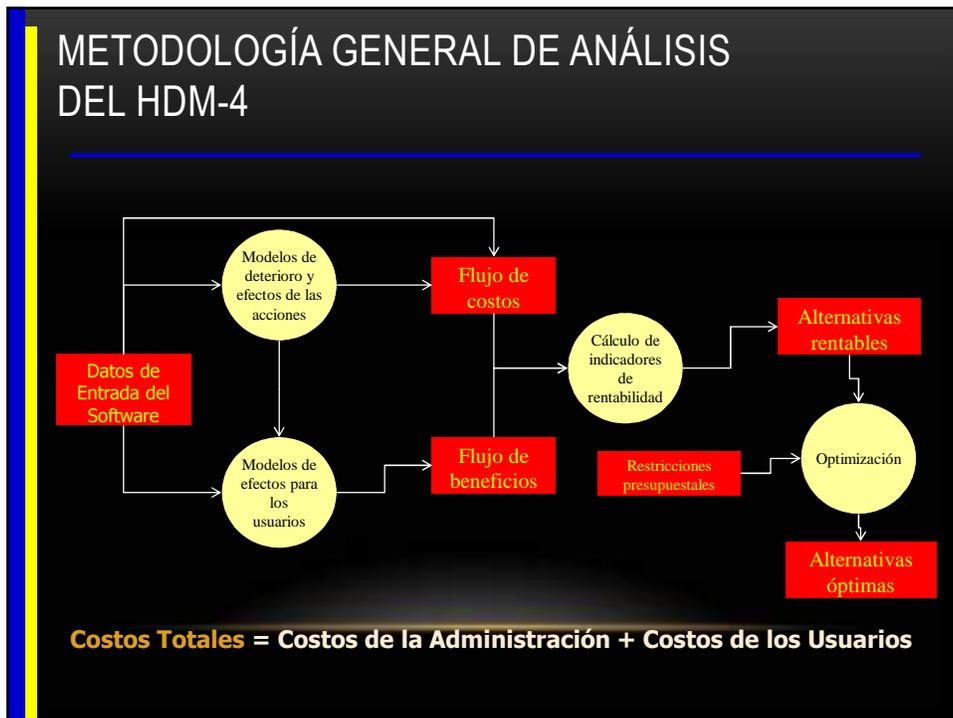
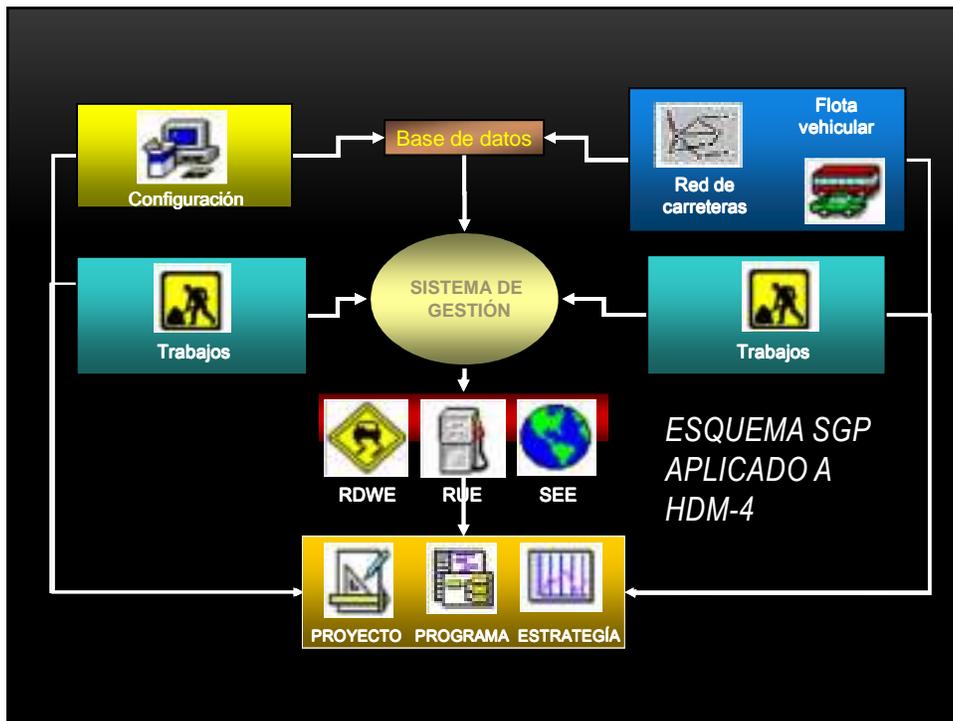


## ESQUEMA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS



## Arquitectura del sistema HDM4

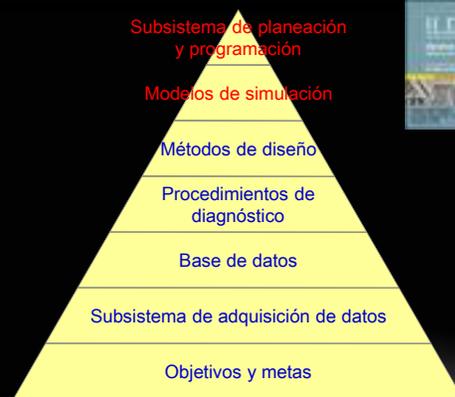




## PROCESOS DE GESTIÓN

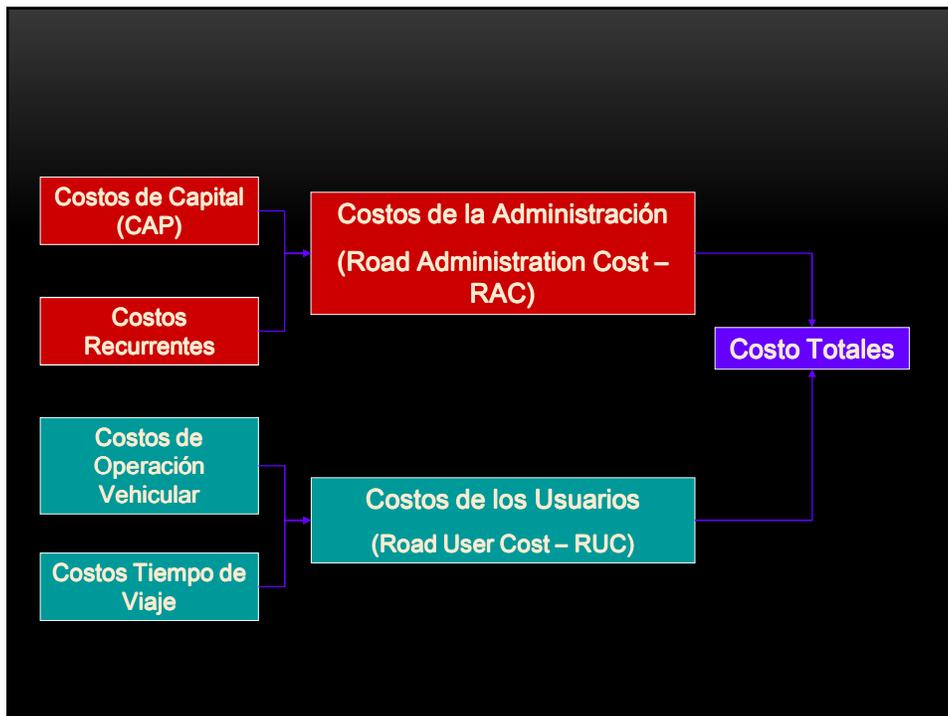
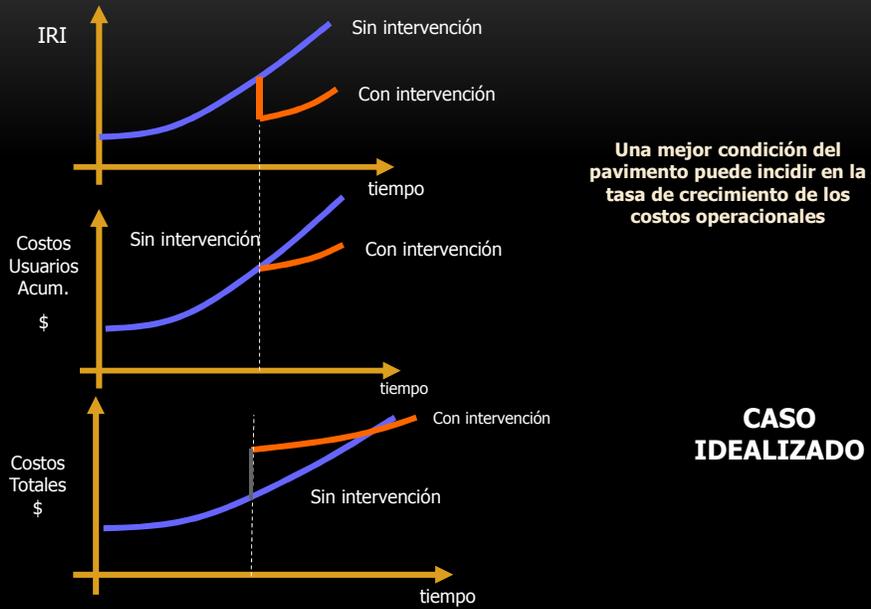
Actividad	Horizonte temporal	Personal responsable	Cobertura espacial	Detalle de los datos
Planeación	Largo plazo (estratégica)	Alta dirección	Toda la red	Muy general
Programación	Mediano plazo (táctica)	Mandos Medios	Red analizada	↓
Preparación	Año del presupuesto	Mandos Medios	Tramos	
Operación	Muy corto plazo	Personal operativo	Sectores	Detallado

## ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN

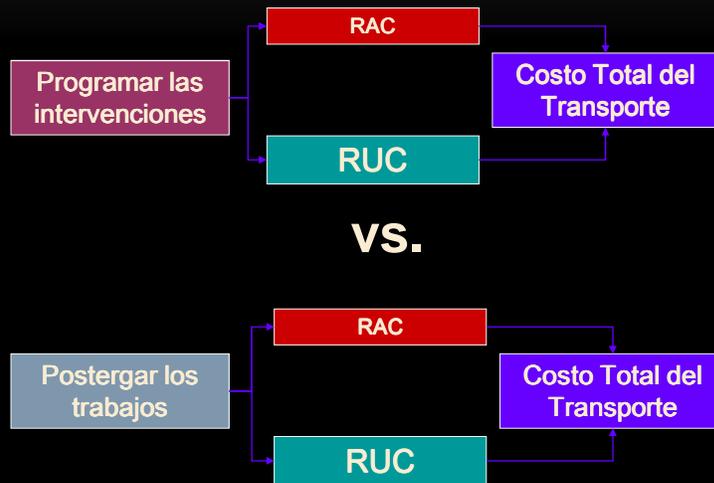


- Inventario de infraestructura
- Datos del tránsito
- Indicadores de los niveles de servicio
- Información del entorno
- Historial de reparaciones
- Catálogo de obras

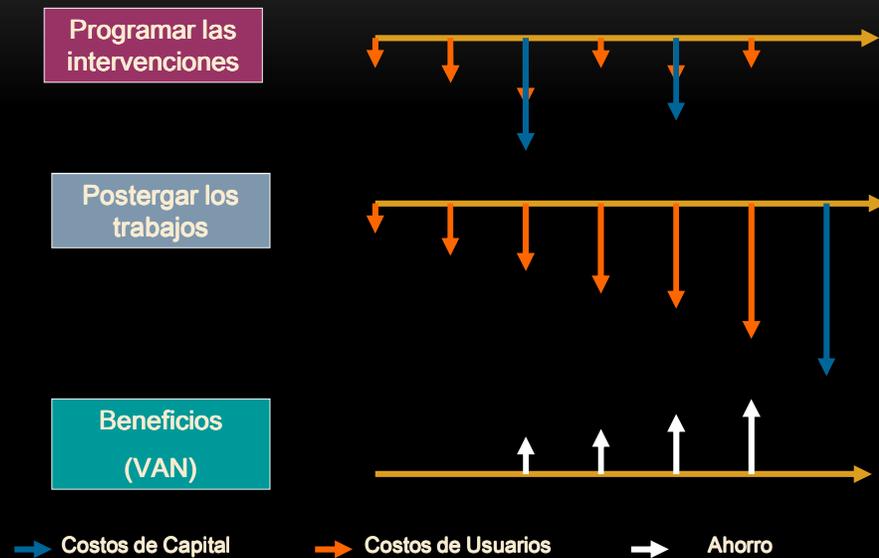
# IMPACTO DE LAS INTERVENCIONES SOBRE LOS COSTOS



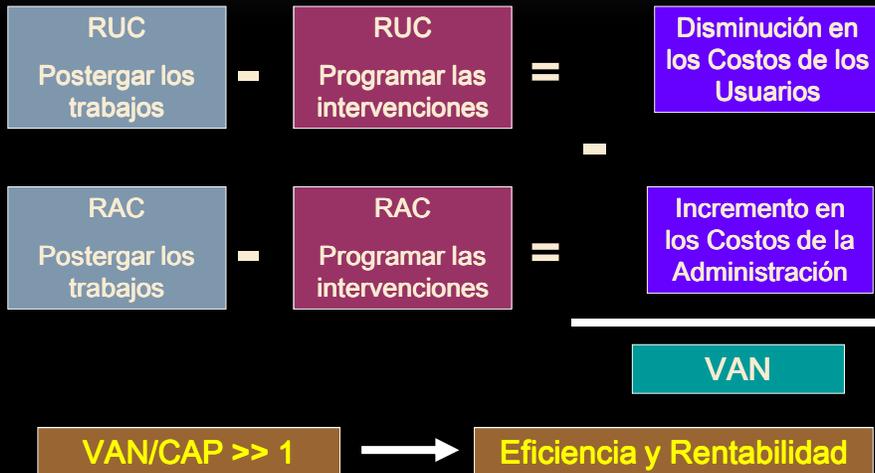
## COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS



## EVALUACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DE LA CONSERVACIÓN



## COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS



**H D M - 4**  
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

**Versión 2**  
*Herramienta para el análisis de opciones de inversión en carreteras*

Copyright © 2005 Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR/PIARC), París, por los patrocinadores del ISDHM. Todos los derechos reservados.

Association mondiale de la Route  
**AIPCR**  
**PIARC**  
World Road Association

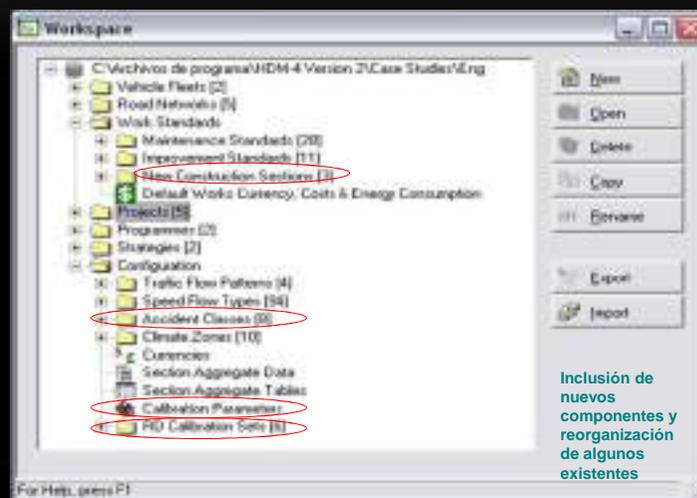
ID. del producto: 401007  
Tipo de Licencia: Versión completa - Licencia única  
Versión: 2.08

**Novedades de la Versión 2.08 del HDM-4**

## PRINCIPALES NOVEDADES DE LA VERSIÓN 2.08 DEL HDM-4

- Nuevos componentes en la estructura del Workspace.
- Modificaciones en la forma de presentación de algunas ventanas de la configuración.
- Inclusión en la configuración de módulos dedicados a la calibración.
- Inclusión de las tasas de crecimiento en la flota vehicular.
- Modificaciones en la forma de alimentar la información de la red de carreteras.
- Asignación del tránsito y composición de este en cada tramo de la red de carreteras.
- En la definición de tamos en la red de carretera se incorporan conceptos para evaluación de activos.
- En la definición de estándares de mantenimiento se pueden definir ahora varios criterios relacionados por Y y O.
- Se incorporan para los estándares de mantenimiento y de mejoramiento conceptos asociados con a evaluación de activos.
- Se modifica la estructura de las ventanas de las herramientas de análisis.
- Se incorpora el análisis de sensibilidad y el análisis multicriterio en el análisis por proyecto.
- En los Programas y las Estrategias se puede ahora optimizar varios escenarios de restricción presupuestaria.

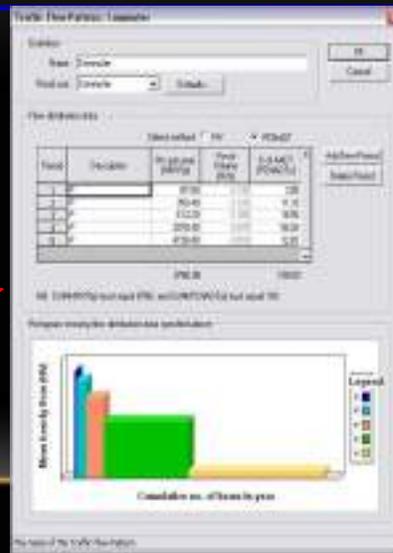
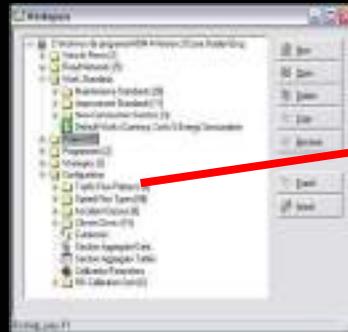
## COMPOSICIÓN DEL WORKSPACE



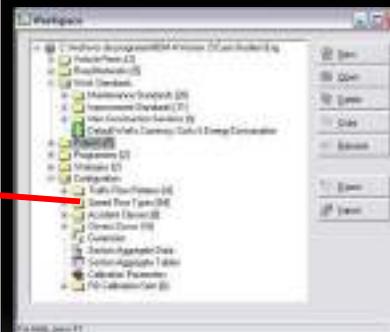
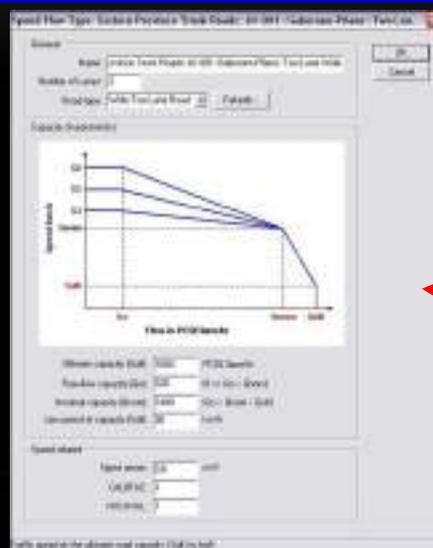
Inclusión de nuevos componentes y reorganización de algunos existentes

## CONFIGURACIÓN MODELO DE TRÁNSITO

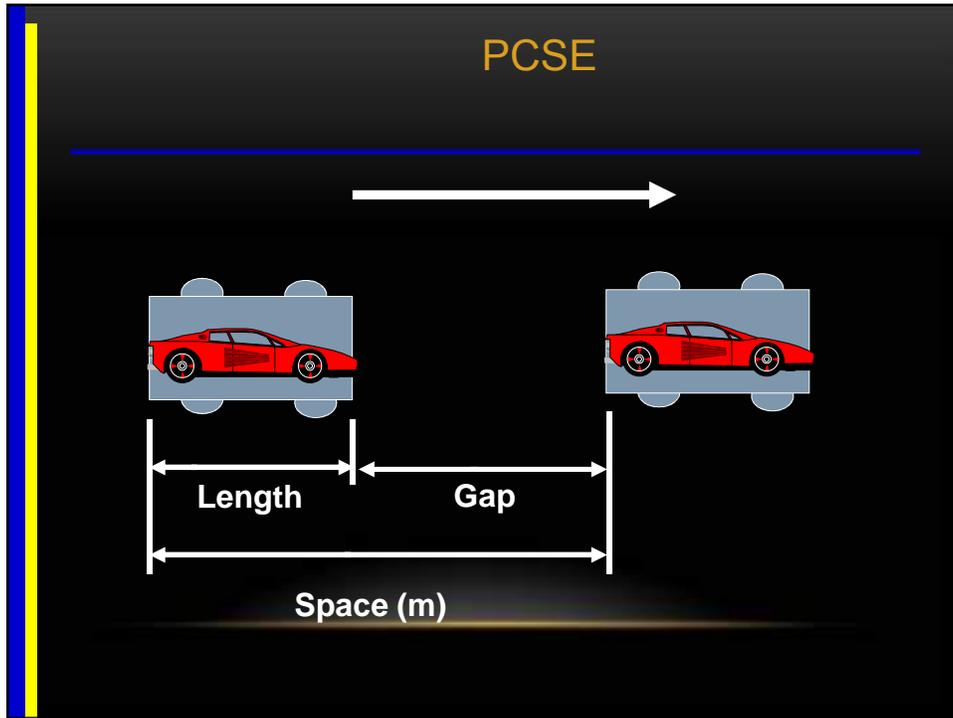
Presentación  
Gráfica que se  
ajusta según el  
modelo de tráfico  
seleccionado



## CONFIGURACIÓN RELACIONES DE FLUJO Y VELOCIDAD



Inclusión de gráfico explicativo  
de los parámetros empleados



## CONFIGURACIÓN CLASE DE ACCIDENTE

The screenshot shows a software interface for configuring accident classes. A 'Workspace' window displays a tree view of accident classes. A red arrow points from 'Accident Classes' in the tree to a 'New Accident Class' dialog box. The dialog box has fields for 'Name', 'Accident rate (y number per 100million vehicles)', and 'All accidents'.

Se independiza el concepto de Clasificación de Accidentes

## CONFIGURACIÓN PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN

Work on site (excluding) threshold: 100 %  
 Working on site (including) threshold: 100 %  
 Max. threshold of working for plastic flow effects: 100 %

Work Effects

Area of work on site (excluding) that triggers the patching: 100 %  
 % of work on site (including) in terms of TRGACT to be patched: 100 %  
 Area of concrete if not patching that triggers the patching: 100 %  
 % of concrete if not patching in terms of TRGACT to be patched: 100 %

Preparation/Work Activity	Finish	Events
Work on site	Work on site Only	Nothing
Work on site (including)	Stop	Nothing
Edge break	Repair	Repair
Formwork	Finish	Patch

Fix to Default  
 Apply Cancel

The percentage of work on site (excluding) in terms of TRGACT to be patched: 100 %

Se define desde la Configuración un conjunto de parámetros que delimitan el peso de ciertos parámetros en el deterioro y en el efecto de los trabajos

## CONFIGURACIÓN SET DE CALIBRACIÓN - RD

RD Calibration Set - Concrete Finishes: Trunk Road

Item: Concrete Finishes: Trunk Road  
 Show: Details | Overview

Model: RD (RD) - RD4 Road RD

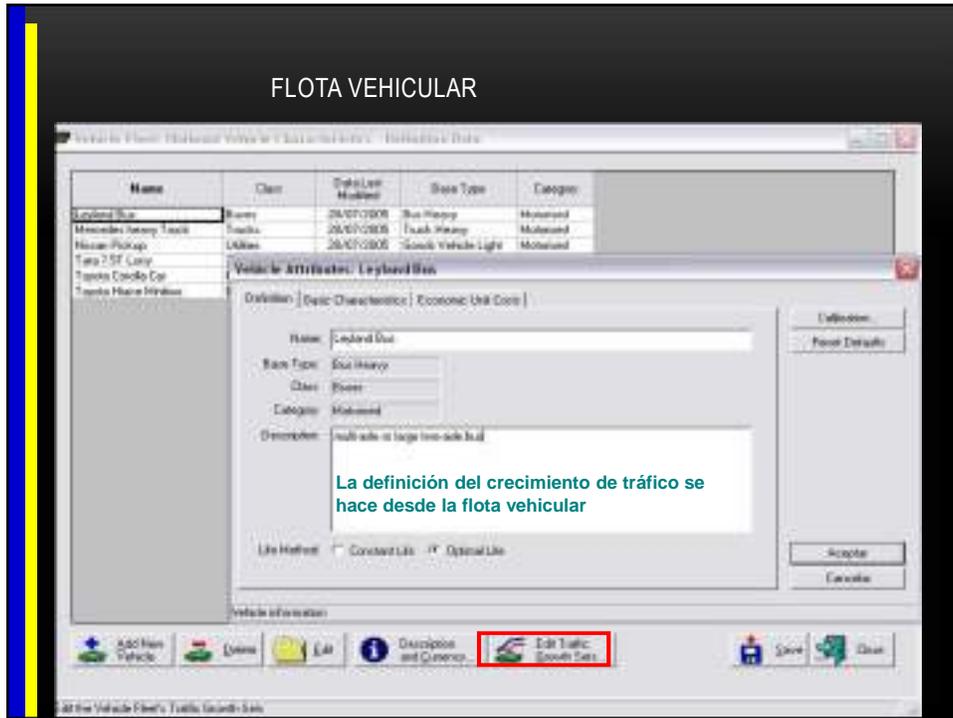
RD Calibration Item	Parent Item	Subtype	CDO
RD001	Apply No on Surface Base	Apply No Concrete	0.00
RD002	Apply No on Surface Base	Apply No Concrete	0.00
RD003	Apply No on Surface Base	Apply No Concrete	1.00
RD004	Surface Treatment on Surface B	Single (Structural Surface Base)	0.75
RD005	Surface Treatment on Surface B	Single (Structural Surface Base)	0.75
RD006	Apply No on Surface Base	Apply No Concrete	0.75
RD007	Apply No on Surface Base	Apply No Concrete	0.75
RD008	Apply No on Surface Base	Apply No Concrete	0.75

Apply Cancel

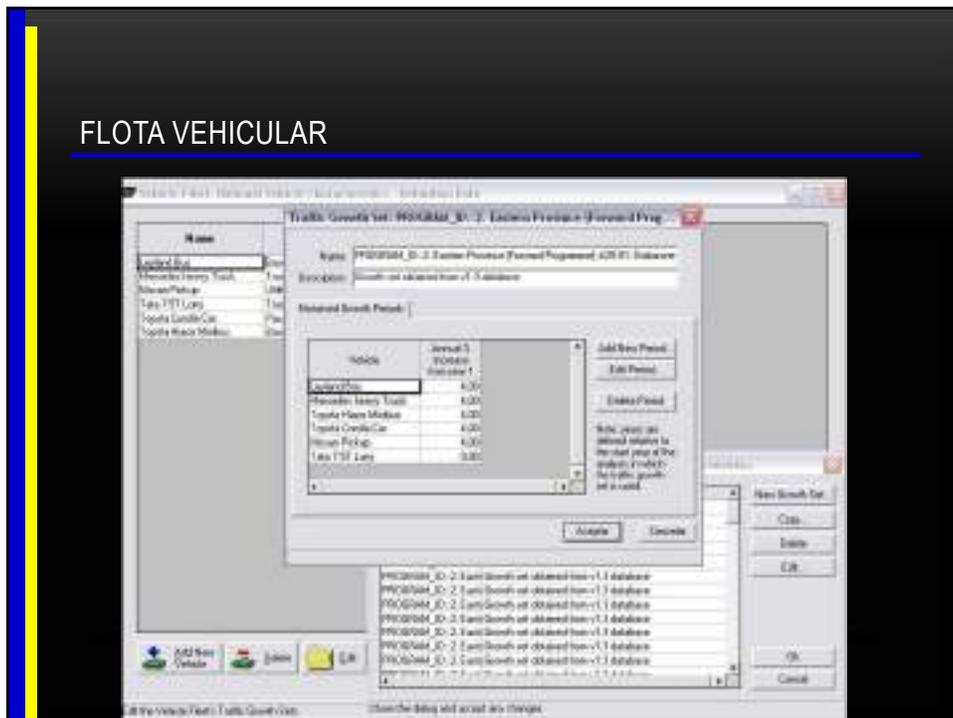
Ahora desde a configuración se pueden crear y definir set de calibración para los modelos de deterioro.

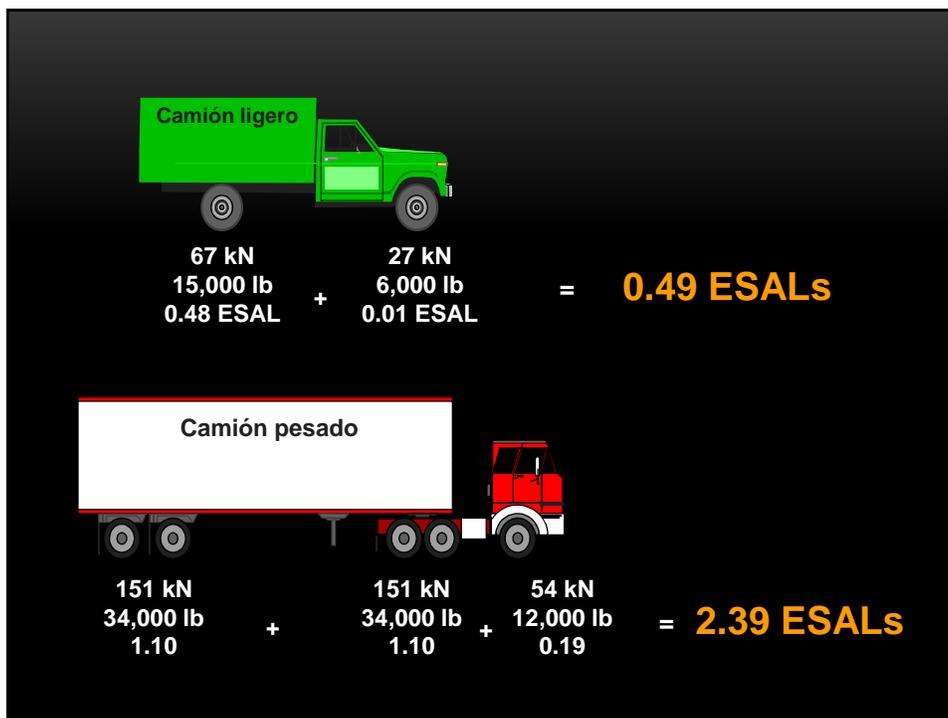
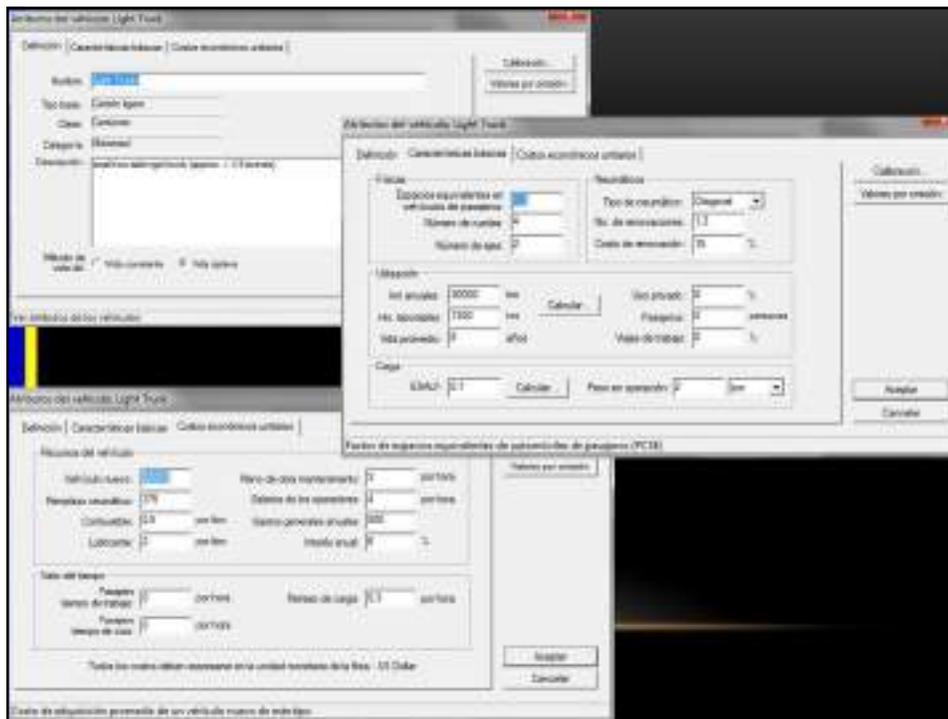


## FLOTA VEHICULAR

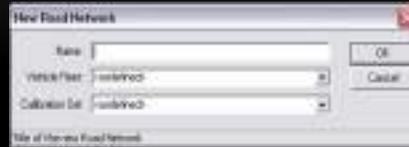


## FLOTA VEHICULAR





## RED DE CARRETERAS



ID	Description	Date	Status	Placement Type	Calibration Set	Length	Capacity	Traffic Flow	Shoulder	Speed Flow	Traffic Flow	Accident Class	Closure Class	Road Class	MHAET Year
A1-001	Autopista Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999
A1-002	Carretera Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999
A1-003	Carretera Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999
A1-004	Carretera Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999
A1-005	Carretera Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999

Al crear una Red de Carreteras nueva se debe definir la flota vehicular asociada y el set de calibración correspondiente

## RED DE CARRETERAS

ID	Description	Date	Status	Placement Type	Calibration Set	Length	Capacity	Traffic Flow	Shoulder	Speed Flow	Traffic Flow	Accident Class	Closure Class	Road Class	MHAET Year
A1-001	Autopista Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999
A1-002	Carretera Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999
A1-003	Carretera Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999
A1-004	Carretera Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999
A1-005	Carretera Pinar	26/05/2005	Operativa	Autopista	vehículo	1000	2.75	Traffic	1.00	5.00	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	Free-Flow	1999

El usuario a través del info puede a una red existente cambiar o editar la flota o el set de calibración asignado o algunos parámetros de evaluación como la moneda o el IRI terminal

## RED DE CARRETERAS

La definición de nuevos tramos es similar a la versión anterior

A pesar de haber asignado un set de calibración para la red cada tramo puede manejar su propio set de calibración si se requiere

## RED DE CARRETERAS

En la definición de tramos se incluye la definición de tráfico motorizado y la evaluación de activos

## ASPECTOS A DEFINIR EN UNA SECCIÓN NUEVA

- Nombre y codificación.
- Condiciones de flujo y velocidad.
- Modelo de tráfico.
- Zona Climática.
- Clase de Carretera.
- Nivel de tráfico.
- Tipo de geometría.
- Tipo de pavimento y características cualitativas del mismo.

The screenshot shows a software window titled 'Nuevo tramo con datos agregados'. It contains several input fields and dropdown menus for defining section parameters. The fields include: Nombre, ID, Nombre de la LAN, ID de línea, Longitud, Ancho de carril, Ancho de acera, Dirección del flujo, Ubicación punto, Clase de superficie, Clase de pavimento, Ancho de rodadura, Admisión punto, Calidad de la construcción, Tipo de velocidad, Modo de tráfico, Clase de carretera, Dirección, Tipo de control, Tolerancia, Inclinación, Cantidad de rebotes, Tipo de rebotes, and Tolerancia rebotes. There are also 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons at the bottom right.

## TRAMOS

Tipo de Pavimento

Flexible

Rígido

Clima

Cálido

Frío

Volumen de Tránsito

Bajo

Alto

Suelo de Fundación

CBR1

CBR2

Tramo 1

Tramo 2

Tramo 3

Tramo 4

Tramo 5

## ASPECTOS RELACIONADOS CON LA DEFINICIÓN DEL TRAMO

- Características de la Vía.
  - Longitud.
  - Ancho de calzada.
  - Ancho de bermas.
  - Número de carriles.
- Tránsito.
  - Motorizado y no motorizado (TMDA).
  - Año del dato de TMDA.
  - Dirección del Flujo



## DEFINICIÓN

Definición [ Geometría | Planimetría | Carreteras | Otros | Tránsito motorizado | Tránsito no motorizado | Visualización de acciones ]

Nombre: <input type="text" value="Sección E"/>	Tipo de velocidad: <input type="text" value="Two Lane Standard"/>
ID: <input type="text" value="Dist E"/>	Modo de tránsito: <input type="text" value="Commutar"/>
Nombre de la ruta: <input type="text" value="Trunk Link"/>	Clase de accidente: <input type="text" value="Two Lane Standard"/>
ID de enlace: <input type="text" value="TL-E"/>	Zona climática: <input type="text" value="Subtropical-Hot Sub-Humid"/>
Longitud: <input type="text" value="1"/> km	Tipo de carretera: <input type="text" value="Primary or Trunk"/>
Ancho de calzada: <input type="text" value="7.5"/> m	Serie de calibros: <input type="text" value="Western Province"/>
Ancho de aceras: <input type="text" value="1"/> m	Año de muestreo: <input type="text" value="Sección E"/>
Dirección del flujo: <input type="text" value="Una carril"/>	
Clase de superficie: <input type="text" value="Asfalto"/>	

Resumen del juego de calibración seleccionado:

Tipo de pavimento: <input type="text" value="Asfalto asfáltico sobre base granulada"/>
Resistencia superficial: <input type="text" value="Comunes asfalto"/>

Nombre del tramo:

## PARÁMETROS GEOMÉTRICOS BÁSICOS

- Ascensos y descensos.
- Curvatura horizontal.
- Limite de velocidad.
- Altitud.
- Tipo de drenaje.

Ascensos y descensos:	1	m/100m
No. de ascensos y descensos:	1	m/100m
Velocidad:	1	km/h
Curvatura horizontal promedio:	1	deg/100m
Altitud:	1	m
Limite de velocidad:	100	km/h
Cumplimiento del limite de velocidad:	1	%
Velocidad:	100	km/h



## TIPOS DE PAVIMENTOS

- **Vías pavimentadas con productos bituminosos.**
  - Mezclas asfálticas.
  - Tratamientos superficiales.
- **Vías pavimentadas con hormigón.**
  - Concreto simple con juntas con o sin transferencia de carga (JPCP).
  - Concreto reforzado con juntas (JRCP).
  - Concreto reforzado continuo (CRCP).
- **Vías en tierra o destapadas.**
  - Afirmados en grava, arena o tierra.



## CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

- Material superficial.
  - Tipo.
  - Espesor de la capa más reciente.
  - Espesor de capas antiguas o previas.
- Información histórica de construcción e intervenciones.
- Parámetros estructurales asignados o calculados.

## DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Layer	Coeff.	Thickness
Surface	1	50 mm
Base	0	200 mm
Subbase	0	150 mm
Subgrade CBR	21	8

## ESTRUCTURA PARA PAVIMENTO RÍGIDO

Capa superficial		Temperaturas de base		Wash lectura
Espesor	270 mm	Med.	Diferencia de temp. en °C	Finura
Concreto		1	4.44	0.89209
Longitud de base	7 m	2	3.33	0.87201
		3	2.22	0.852128
Capa de base		4	1.11	0.82946
Granos	10 mm	5	0.00	0.81046
Modulo	3000 MPa	6	1.11	0.820798
		7	2.22	0.821247
Construcción		8	3.33	0.821113
Mix de construcción	2011	9	4.44	0.82059
		10	5.56	0.82168

## PAVIMENTOS RÍGIDOS

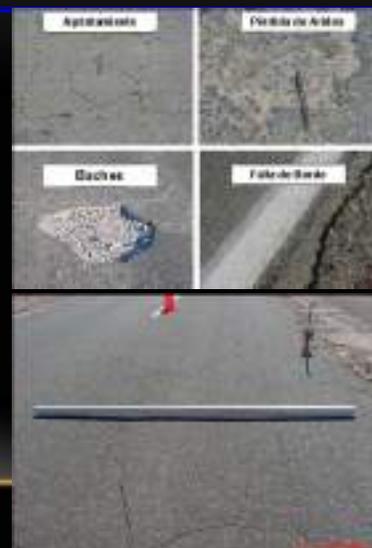
- Las principales consideraciones relacionadas con los pavimentos de concreto hidráulico tienen que ver con lo siguiente:
  - Propiedades de los materiales.
  - Condiciones de drenaje.
  - Porcentaje de refuerzo de acero.
  - Eficiencia de la transferencia de carga.
  - Ancho y condición lateral externa de los carriles.

## PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

- Módulos de elasticidad del concreto ( $E_c$ ).
- Módulos de rotura del concreto (MR28).
- Coeficiente térmico del concreto ( $\alpha$ ).
- Coeficiente de contracción del concreto ( $\gamma$ ).
- Relación de Poisson para el concreto ( $\mu$ ).
- Módulos de elasticidad para las barras metálicas ( $E_s$ ).
- Módulos de elasticidad de las bases (Ebase).
- Módulo de reacción de la subrasante (KSTAT)

## CATEGORÍAS DE DAÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

- **Defectos superficiales:**
  - Agrietamiento.
  - Pérdida de áridos.
  - Baches.
  - Fallas de Borde.
- **Deformaciones y rugosidad.**
  - Ahuellamiento.
  - Rugosidad.
- **Textura Superficial.**
  - Profundidad de la textura.
  - Resistencia al deslizamiento.



Temperatura del aire ambiente	20.00
Temperatura del ASF - superficie	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 1900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 2900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 3900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 4900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 5900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 6900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 7900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 8900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9000	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9100	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9200	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9300	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9400	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9500	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9600	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9700	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9800	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 9900	30.00
Temperatura del ASF - profundidad 10000	30.00

## INDICADORES DE CONDICIÓN PARA JPCP

- Rugosidad (IRI).
- Escalonamiento de juntas.
- Descascaramiento de juntas.
- Losas Agrietadas.
- Agrietamiento.



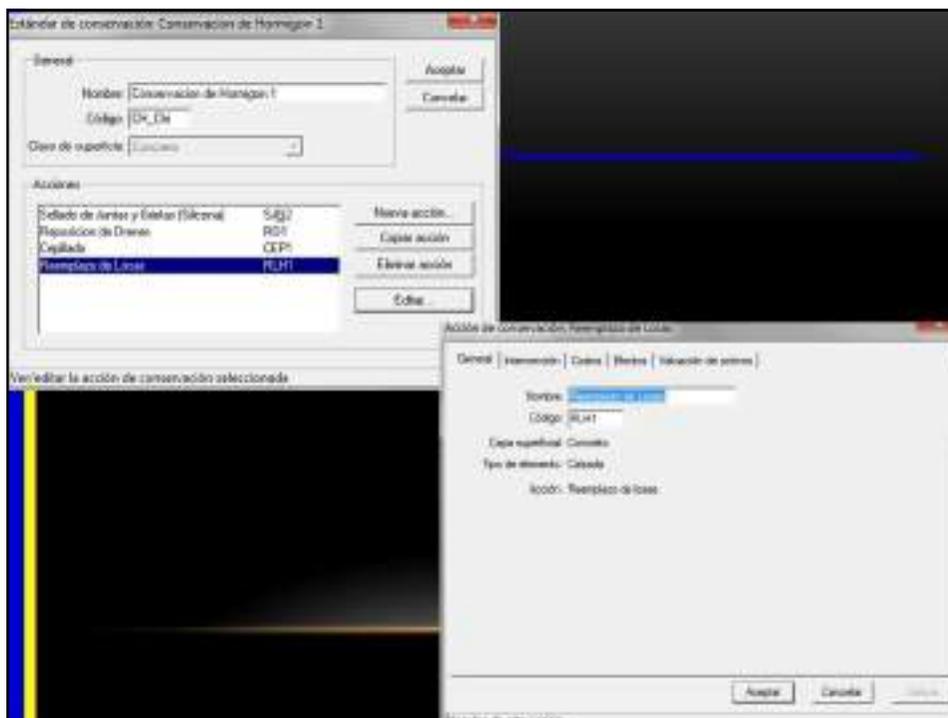
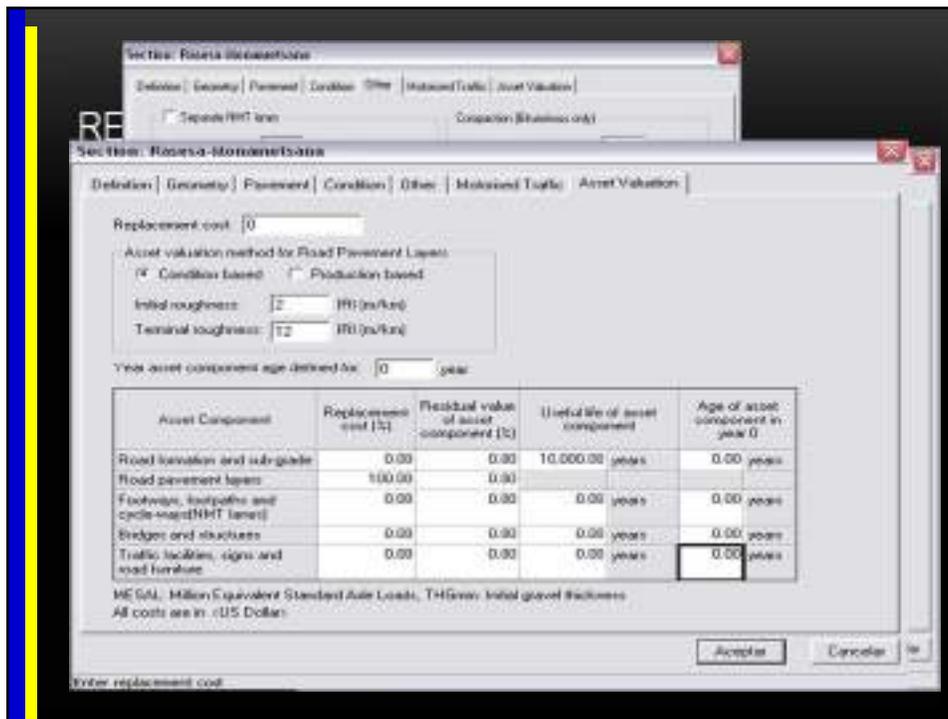
Condición al final del año	2010
Irregularidad (IRI - m/km)	2.00
Escalonamiento promedio (mm)	1.00
Juntas desportilladas (%)	0.00
Losas agrietadas (%)	0.00
Grietas definidas (No/km)	0.00
Fallas por km	0.00

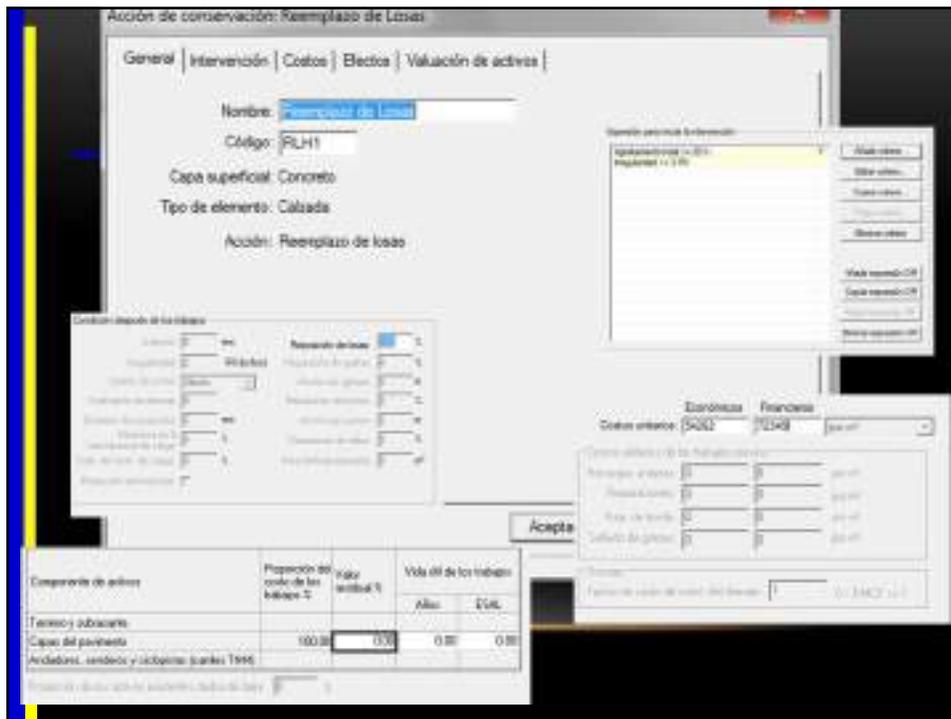


<input type="checkbox"/> Canchales separados para TBM Número de juntas: <input type="text"/>	Compactación (slo pavimento asfáltico) Compactación relativa: <input type="text"/> %
Acostamientos (Slo concreto) Tipo de acostamiento: <input type="text" value="No concreto"/>	Condición de la capa anterior (slo pav. asfáltico) Área de agrietamiento estructural total: <input type="text"/> % Área de agrietamiento ancho: <input type="text"/> % Grietas léxicas: <input type="text"/> no/km
Diseño Diseño de borde: <input type="text"/>	ELANES: <input type="text" value="2"/>

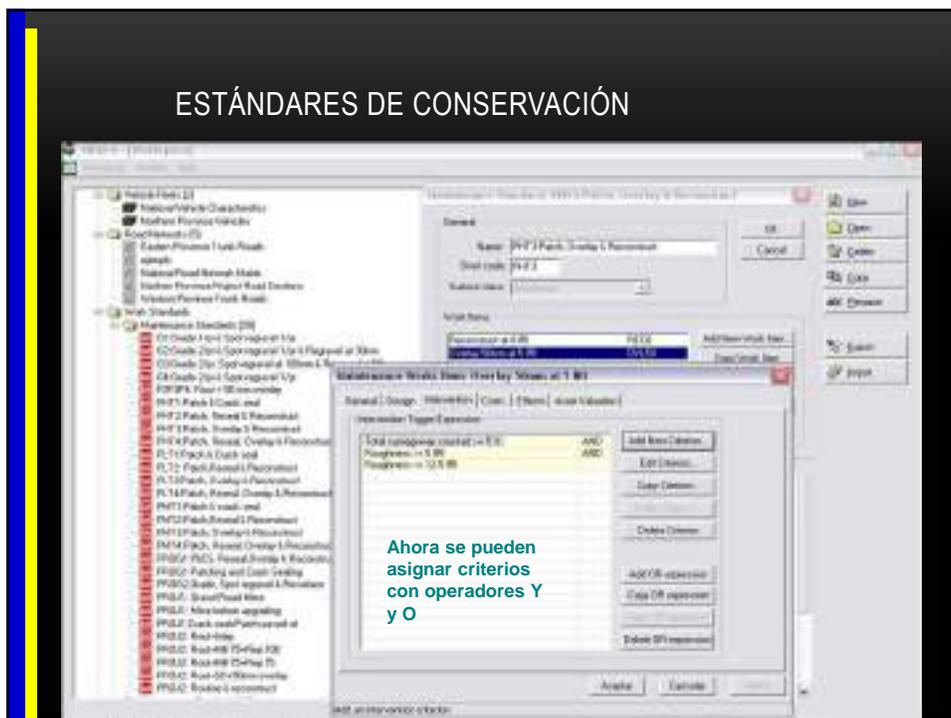
Rota vehicular usada para esta trans. /red de camiónes:

Año del año:	2009	<input type="text" value="Editar año..."/>
AUTO	4500.00	
BUS	500.00	
CAMION + 2 EJE/S	1000.00	
CAMION SIMPLE	670.00	
CAMIONETA	500.00	
<b>TDPA total</b>	<b>7570.00</b>	

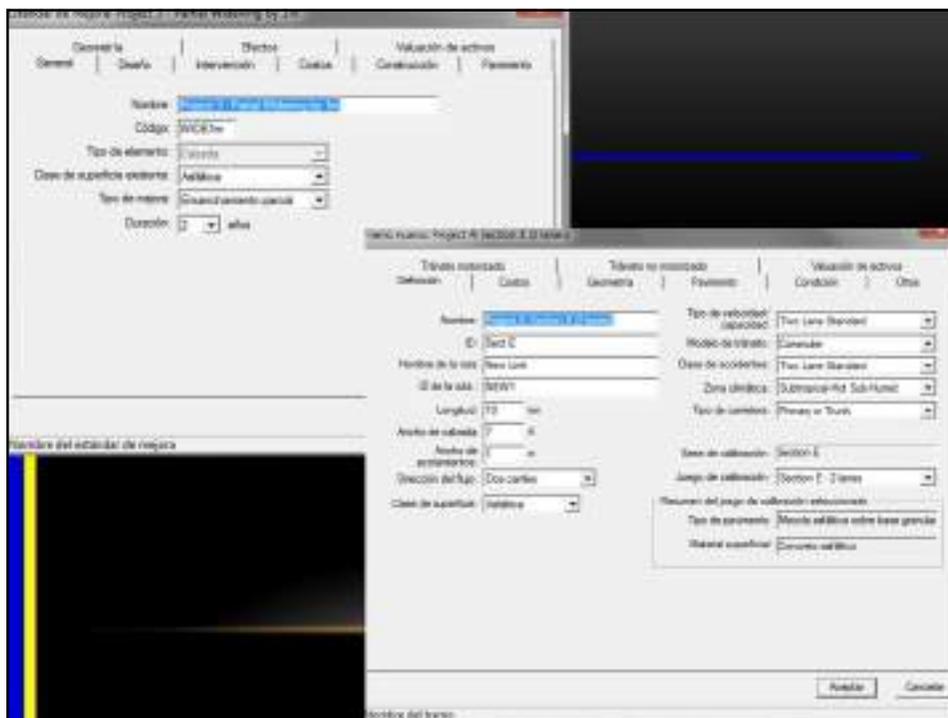
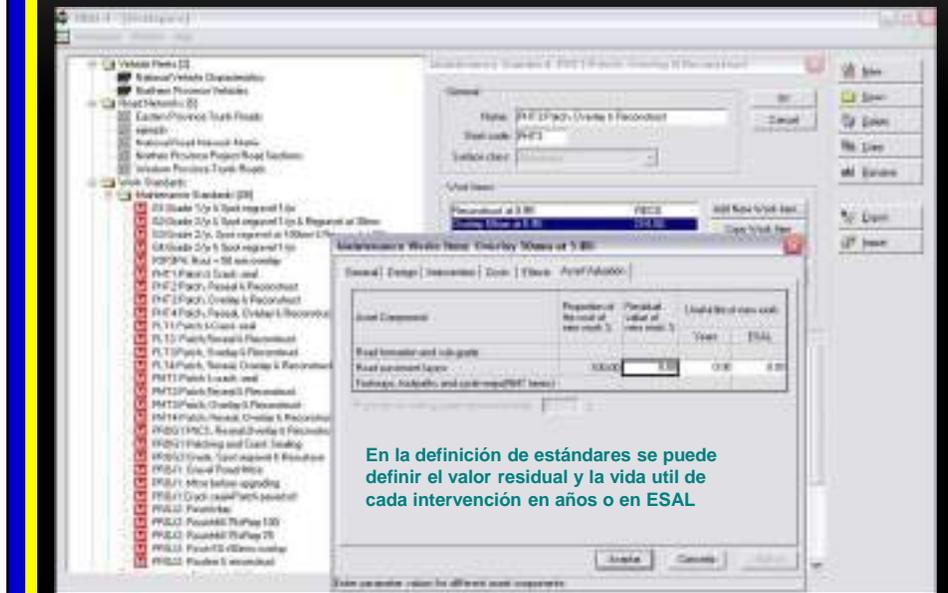




## ESTÁNDARES DE CONSERVACIÓN



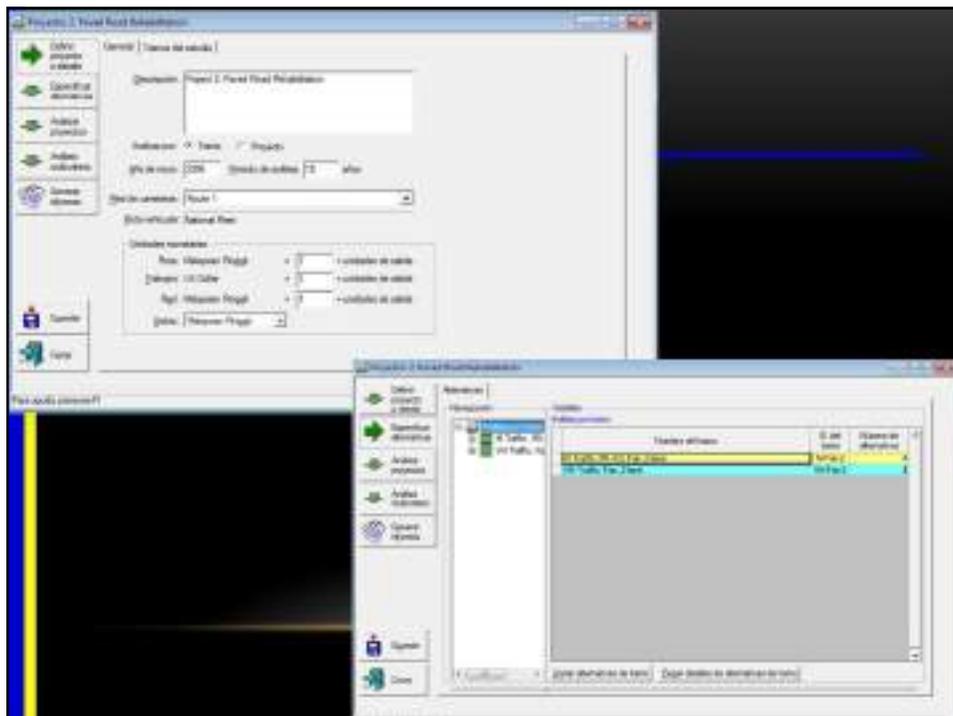
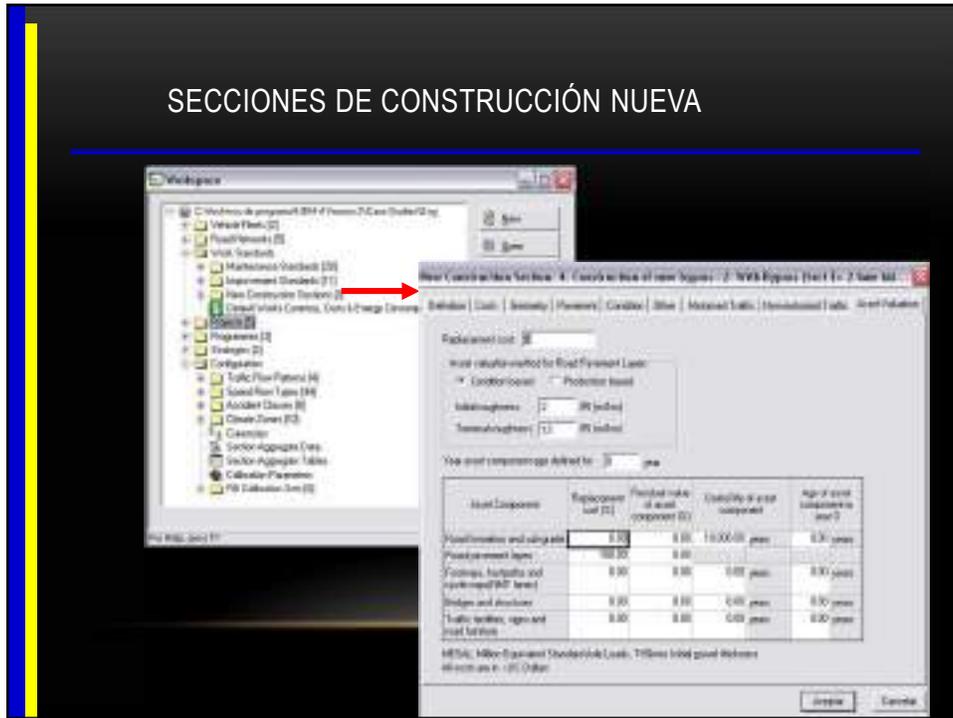
# ESTÁNDARES DE CONSERVACIÓN



## ESTÁNDARES DE MEJORAMIENTO

La definición de mejoramientos incluye la asignación de tráfico y la evaluación de activos

## SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN NUEVA



# PROYECTO

## Análisis por sección

Road	Definition of Section Alternatives				
Sections	1 (base)	2	3	4	5
Section A	Routine	Resealing			
Section B	Routine	Resealing	Overlay		
Section C	Routine	Resealing	Reconstruction	Widening	
Section D	Routine	Resealing	Overlay	Widening	Realignment
Section E	Grading	Regraveling	Paving		

Road	Section Alternatives Results				
Sections	1	2	3	4	5
Section A	0	NPV A2	NPV B3		
Section B	0	NPV B2	NPV C3		
Section C	0	NPV C2	NPV C3	NPV C4	
Section D	0	NPV D2	NPV D3	NPV D4	NPV D5
Section E	0	NPV E2	NPV E3		

## Análisis por proyecto

Road	Definition of Project Alternatives			
Sections	1 (base)	2	3	4
Section A	Routine	Resealing	Overlay	Reconstruction
Section B	Routine	Resealing	Overlay	Reconstruction
Section C	Routine	Overlay	Reconstruction	Widening
Section D	Routine	Overlay	Widening	Realignment
Section E	Grading	Regraveling	Paving	Widening

	Project Alternatives Results			
	1	2	3	4
Project	0	NPV 2	NPV 3	NPV 4

The screenshot shows the 'Configurar ejecución' (Configure execution) window in the Road Workbench software. The window is divided into several sections:

- Configurar ejecución:** Includes options for 'Mostrar gráficas económicas' (checked), 'Alternativa base' (set to 'Alternativa 1'), 'Tipo de actualización' (set to '1'), and 'Incluir de nodos' (with checkboxes for 'Relaciones Transición', 'Apoyos', and 'Definición de la subestructura').
- Acciones de registro:** Includes 'Guardar archivo de log' (checked), 'Guardar de la configuración de resultados' (checked), and 'Buscar datos de los gráficos' (checked).
- Uso de datos:** Includes 'Desactivar con la relación de datos' (checked).
- Configurar ejecución - Serabidai | Gestión conda:** Includes 'Control Geometry Analysis' (checked).

At the bottom, a table displays the results of the 'Base Sensitivity Scenario':

Descripción	Tráfico				Uso vial			
	10PA normal TM	TDFM normal TM	Enc. del tráfico normal	Cap. disp. atenuación	Tráfico permitido	Pico en día	ESALF	APM
Base Sensitivity Scenario	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Proyecto 2: Fvial Road Rehabilitacion

Configuración | Resultados | Resultados

Definir alternativas a detalle

Definir alternativas

Analizar alternativas

Analizar resultados

Generar informes

Guardar

Cancelar

Configurar reglas económicas

Alternativa base: [Road User Costs]

Tasa de actualización: [0.1]

Incluir de modo:

- Balance Económico
- Equivalencia
- Distribución de costos

Tabla de evaluación de resultados

- Costo de los usuarios de los vehículos
- Búsqueda de los vehículos por género

Tabla de expresión de resultados

Expresión: [Road User Costs (RUC) - Costo Usuario Vehículo] [Aceptar]

Resumen

Alternativas: 10 | Alternativas: 7 | Trazos: 2 | Alternativas de línea: 9

Di: análisis de sensibilidad

Detalle

¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +0. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +1. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +2. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +3. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +4. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +5. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +6. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +7. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +8. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +9. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad. ¿Qué alternativas de tráfico tienen algunos costos unitarios? +10. La alternativa propuesta que se basa en el análisis de sensibilidad.

Progreso

Trazos: [Barra de progreso]

Alternativas: [Barra de progreso]

Proyecto 2: Fvial Road Rehabilitacion

Configurar MCA | Resultados

Definir alternativas a detalle

Definir alternativas

Analizar alternativas

Analizar resultados

Generar informes

Guardar

Cancelar

Configurar MCA

Seleccionar criterios:

Criterio	Selección	Importancia relativa
Costo de los usuarios (RUC)	[+]	1 - Igual importancia
Valor presente neto (VPN)	[+]	1 - Igual importancia
Análisis de accidentes	[+]	1 - Igual importancia
Caraván	[+]	1 - Igual importancia
Congestión	[+]	1 - Igual importancia
Contaminación del aire	[+]	1 - Igual importancia
Eficiencia energética	[+]	1 - Igual importancia
Beneficios sociales	[+]	1 - Igual importancia
Políticas	[+]	1 - Igual importancia

Costo base: [Road User Costs (RUC)]

Calcular el análisis

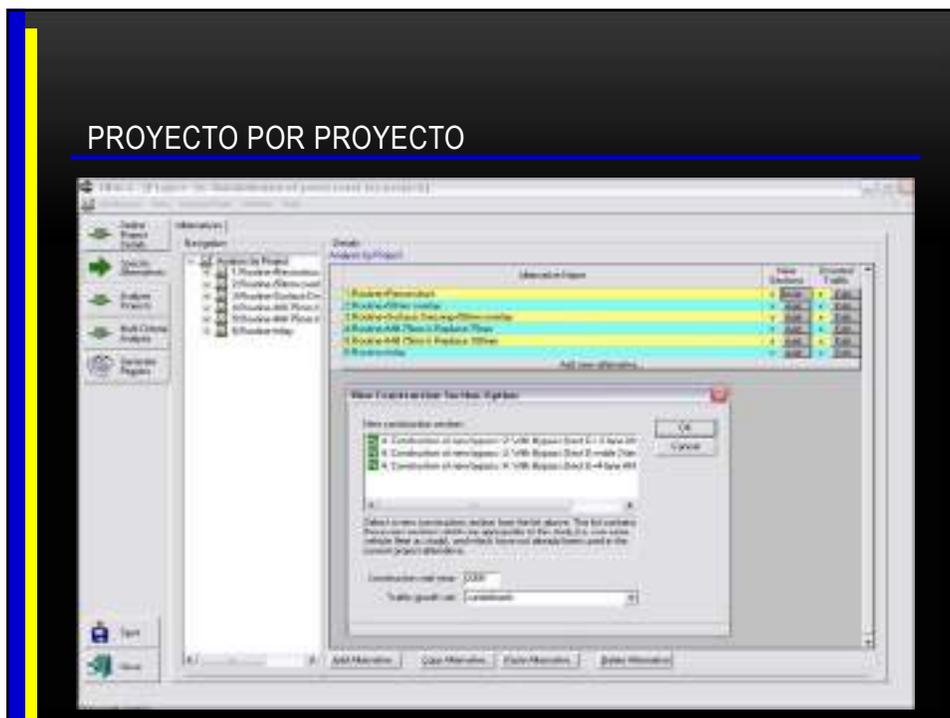
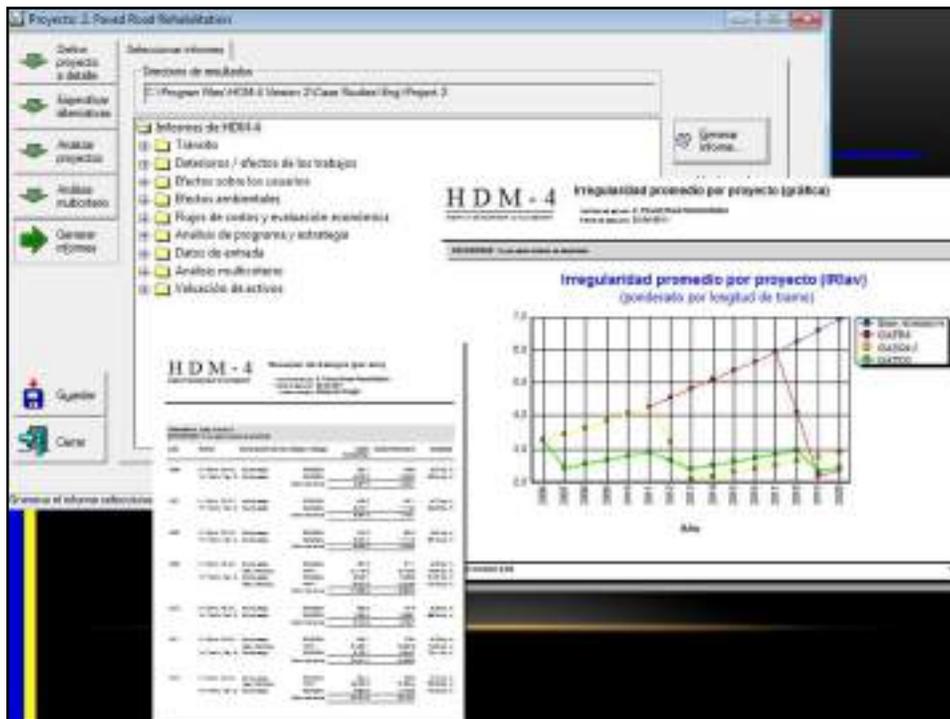
Avanzar: [Aceptar]

(Nota: Si se ha ejecutado un análisis de sensibilidad, MCA utilizará únicamente los resultados del escenario base)

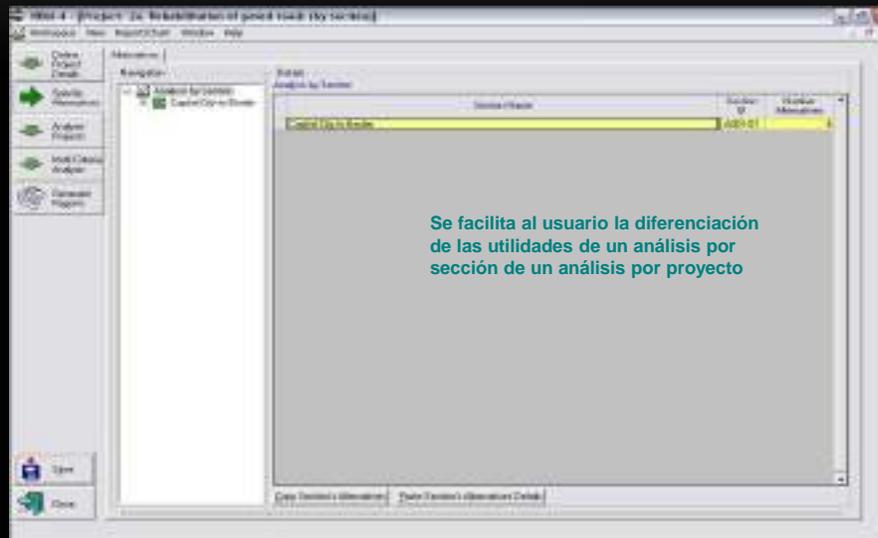
Selección prioritaria MCA

Configurar MCA | Resultados

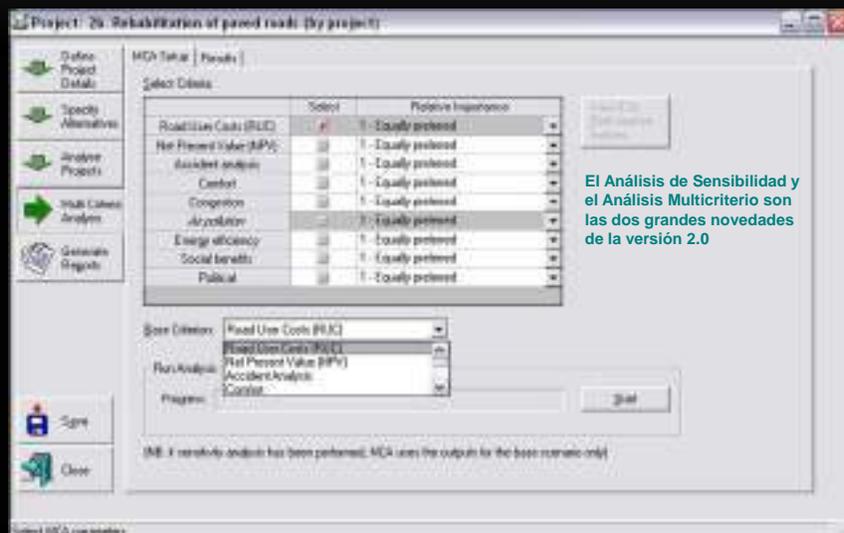
ID del trazo	Descripción del trazo	Costo Alternativo	Alternativas		
			GA103	GA5044	GA991
UH-Fas-2	Vía Tráfico, 10-3.0, Fas, 2-lanes	1.00000	1.00000	0.767308	0.291630
UH-Fas-7	Vía Tráfico, Fas, 7-lanes	1.00000	1.00000	0.761100	0.180700



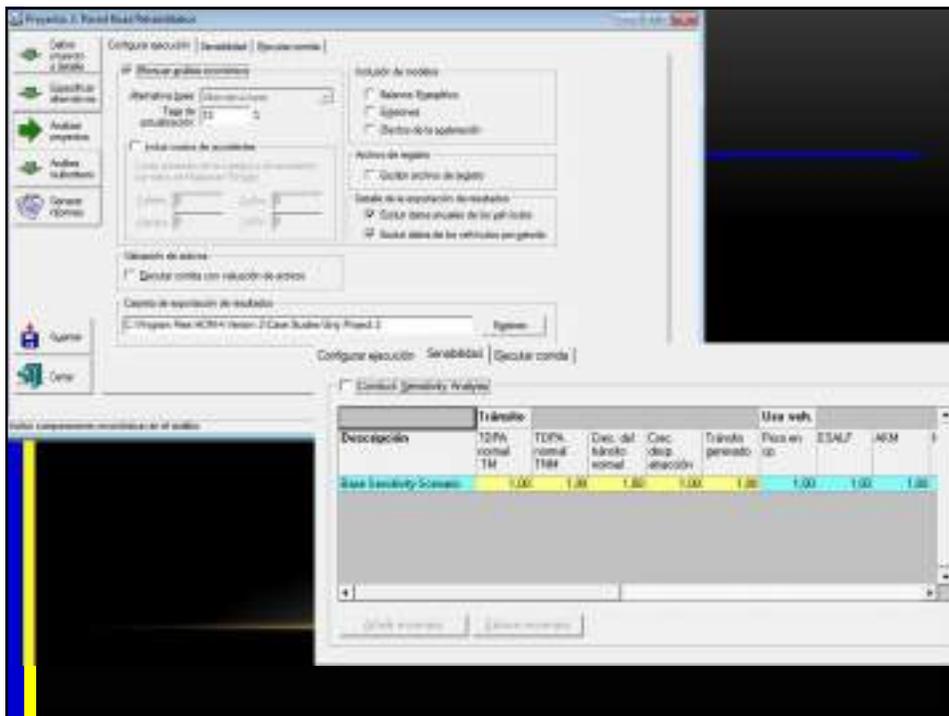
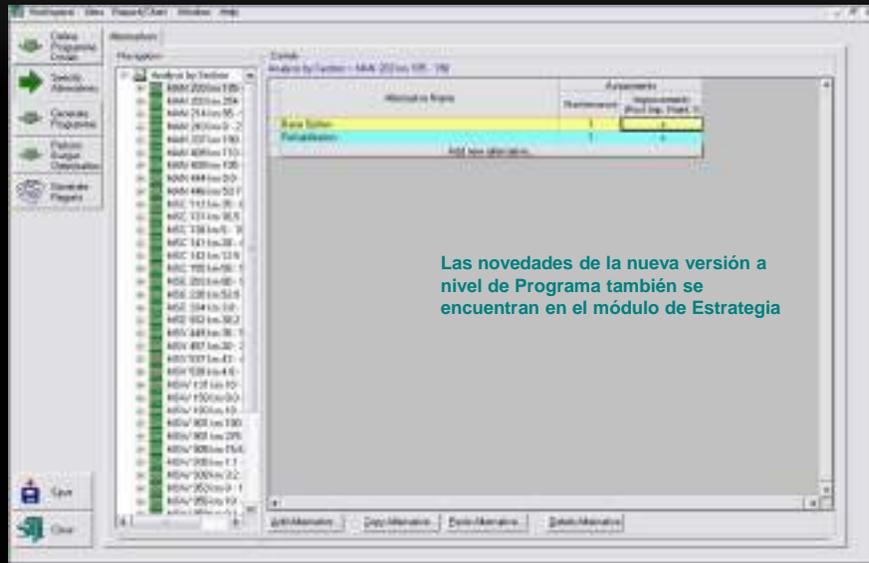
## PROYECTO POR SECCIÓN



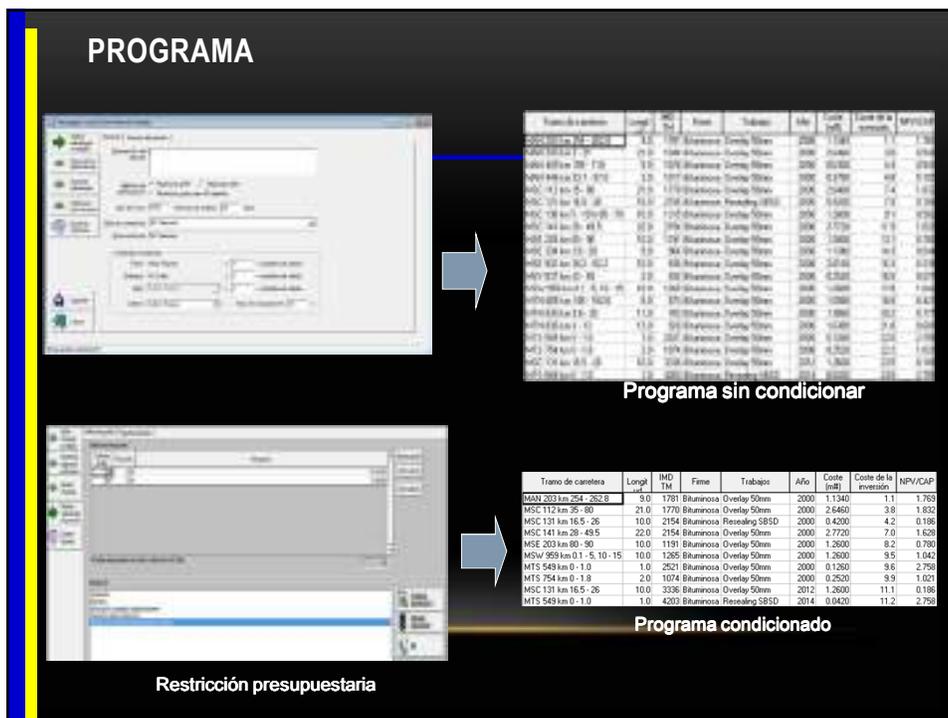
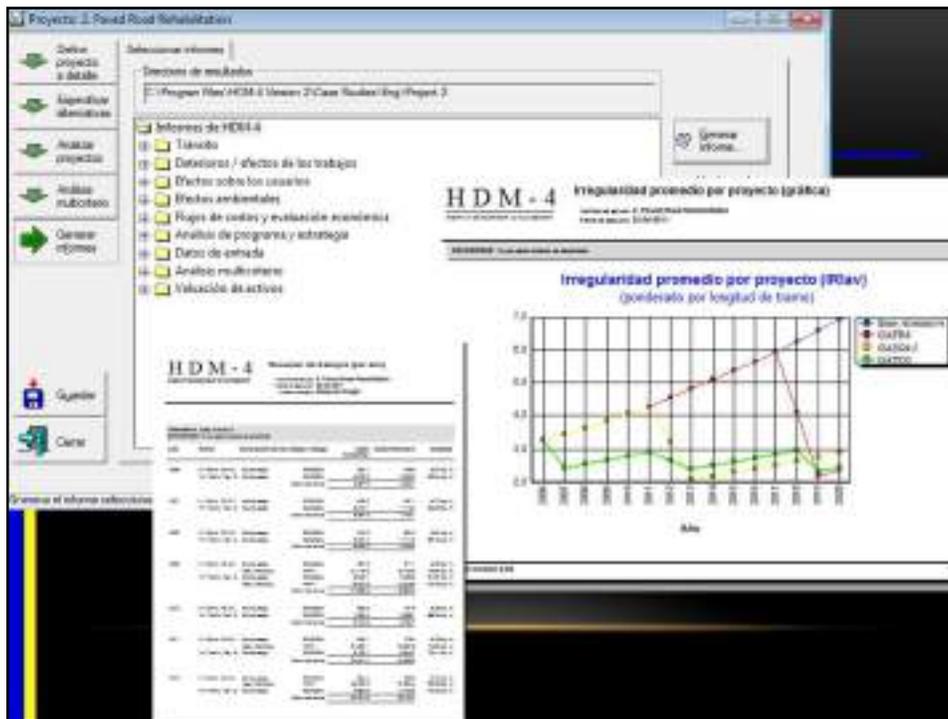
## PROYECTO POR PROYECTO

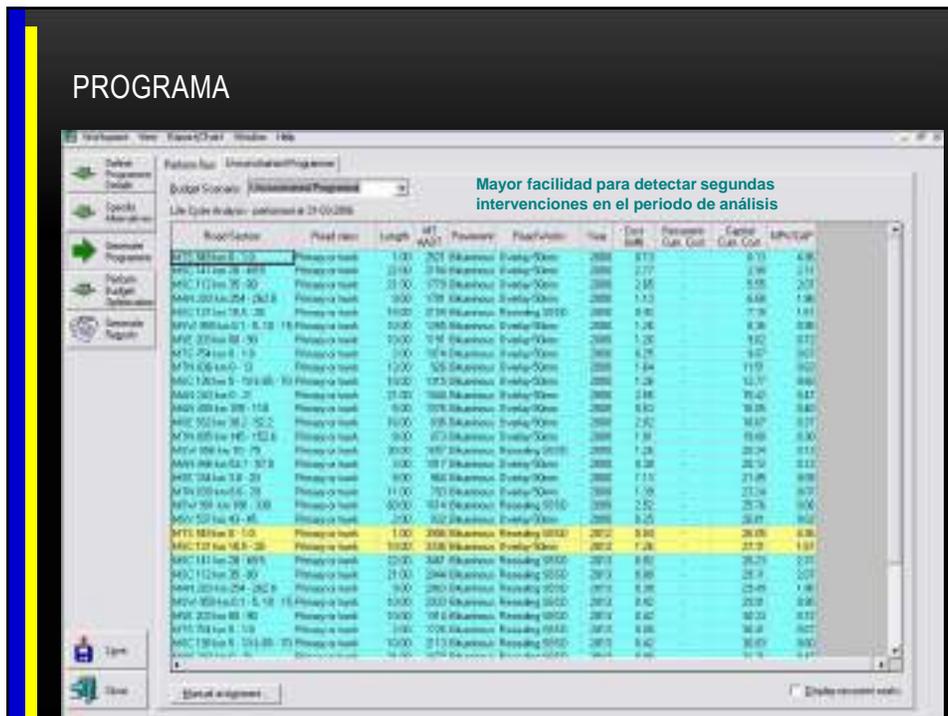
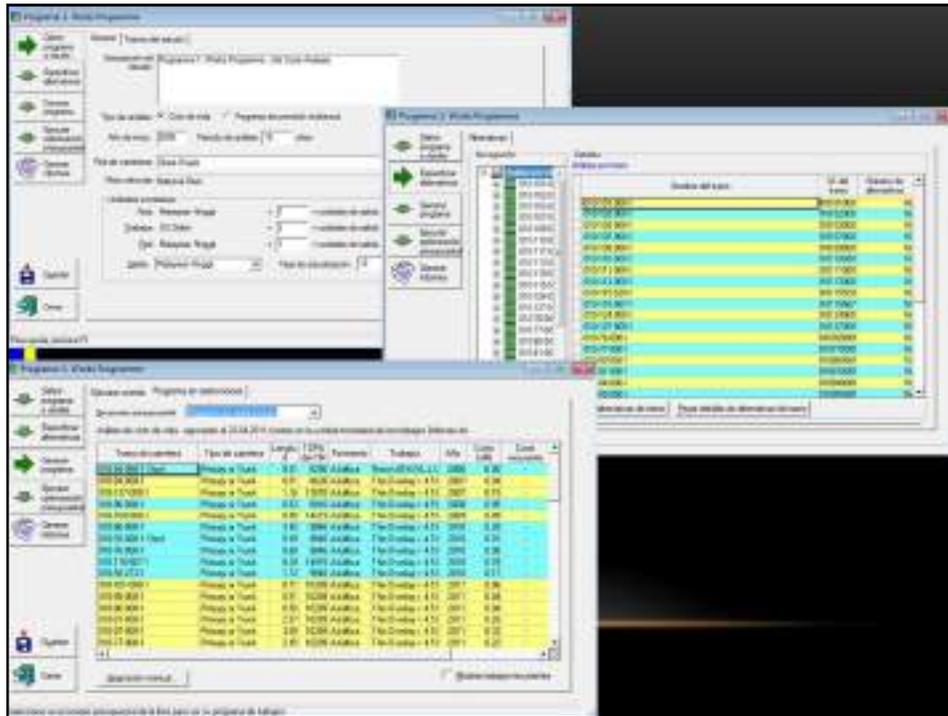


# PROGRAMA

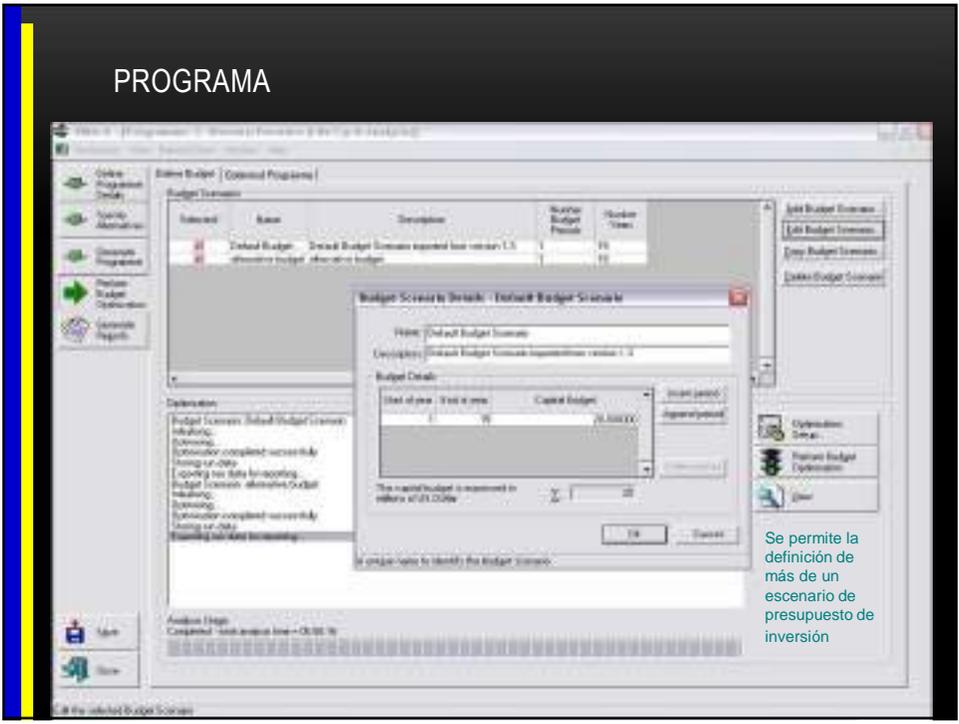




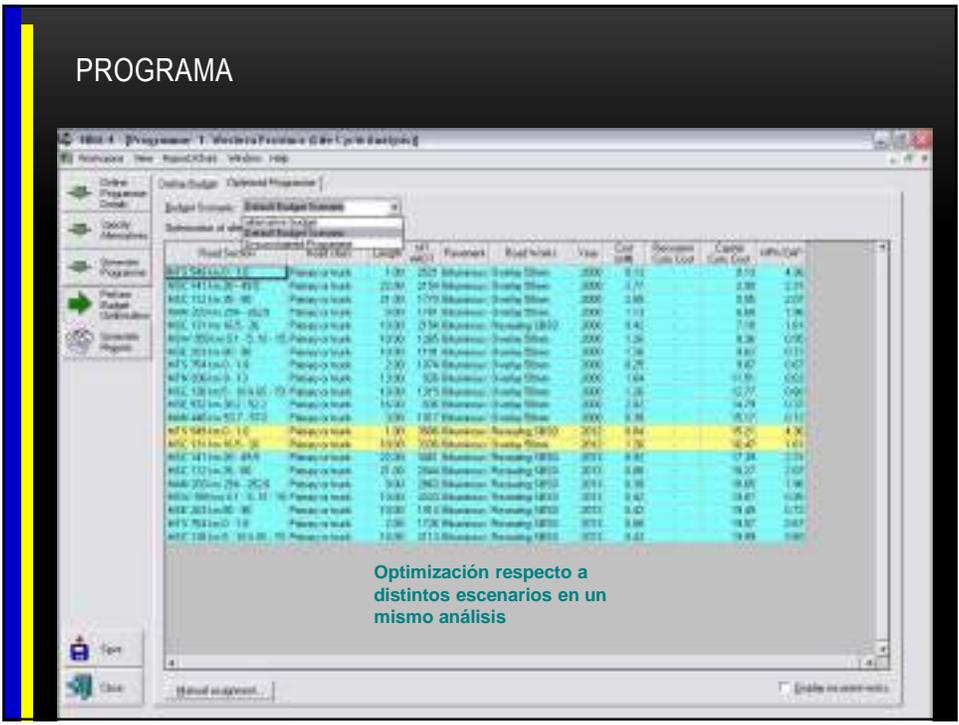




# PROGRAMA



# PROGRAMA



# ESTRATEGIA



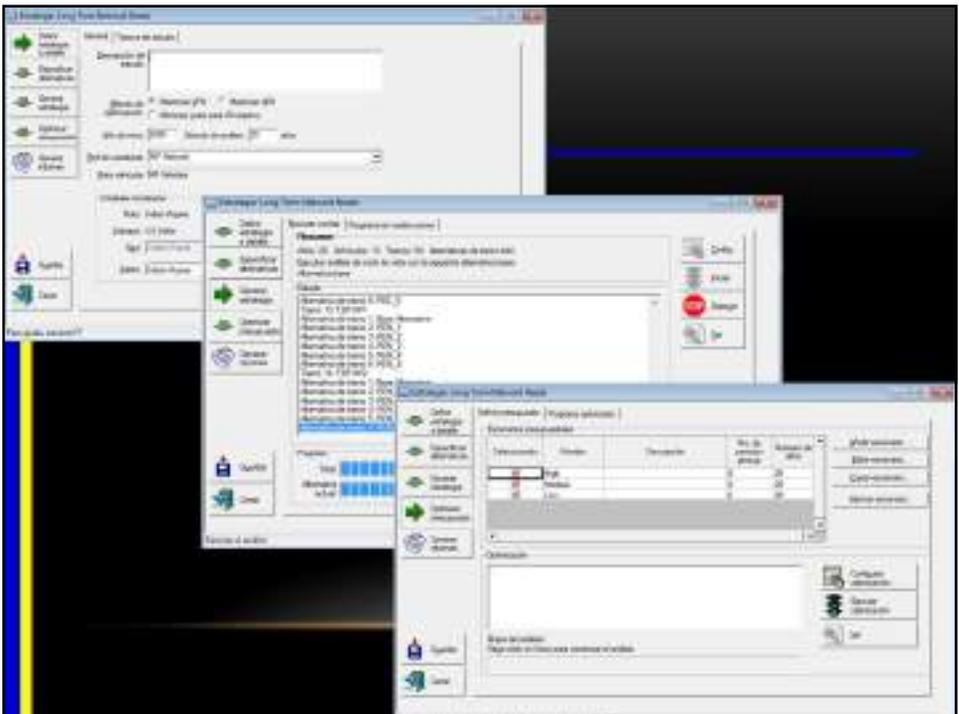
Descripción	ID	Tiempo de copia de operación
General Low Traffic	GLT	566.3
General Medium Traffic	GMT	566.3
General High Traffic Fair Condition	PHFC	566.3
General High Traffic Good Condition	PHGC	566.3
General High Traffic Poor Condition	PHPC	566.3
General Low Traffic Fair Condition	PLFC	566.3
General Low Traffic Good Condition	PLGC	566.3
General Low Traffic Poor Condition	PLPC	566.3
General Medium Traffic Fair Condition	PMFC	566.3
General Medium Traffic Good Condition	PMGC	566.3
General Medium Traffic Poor Condition	PMPC	566.3

- Base Option
- Level 2: Minimum Maintenance
- Level 3: Desired Maintenance
- Level 4: Ideal Maintenance

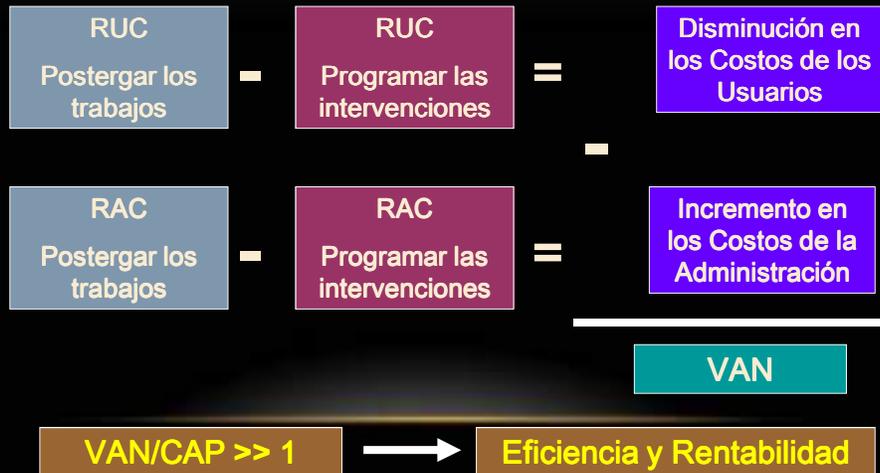
Tipo de camión	Clase de camión	Longitud	HT	Free	Tubo	Alto	Costo	Costo de	Costo de	Costo de
General High Traffic Good	Primary or Tusk	437.0	0.750	Blanqueado	Reconstruido al 80%	2000	6.047	0.0	160.125	
General Medium Traffic Fair C	Primary or Tusk	400.0	20.000	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	16.050	16.0	6.200	
General Low Traffic Fair C	Primary or Tusk	720.0	1200	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	24.000	40.0	10.500	
General Low Traffic Fair C	Primary or Tusk	420.0	1200	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	24.000	40.0	6.000	
General Medium Traffic Good	Primary or Tusk	300.0	20.0	Blanqueado	Revised at 25% surface damage	2000	10.700	74.5	4.100	
General Low Traffic Good Car	Primary or Tusk	410.0	15.0	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	14.200	10.0	8.010	
General High Traffic Fair Cond	Primary or Tusk	750.0	6.017	Blanqueado	Overley 50mm at 5 ft	2000	49.200	130.2	9.700	
General Medium Traffic Fair C	Primary or Tusk	400.0	20.0	Blanqueado	Overley 50mm at 5 ft	2000	60.000	100.1	6.200	
General Low Traffic Poor Con	Primary or Tusk	720.0	19.0	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	24.000	22.5	10.500	
General High Traffic Good Car	Primary or Tusk	234.0	8.032	Blanqueado	Overley 50mm at 5 ft	2000	29.400	20.0	8.910	
General Medium Traffic	Trolley or Local	1300.0	250	Sin pintura	GI4 Pavement GAT at AD1-250	2000	57.000	200.0	1.700	
General Low Traffic Fair Cond	Primary or Tusk	670.0	15.0	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	24.000	33.3	6.000	
General High Traffic Poor Con	Primary or Local	1700.0	115	Sin pintura	Regenerado al 50%	2000	10.200	248.0	103.200	
General Medium Traffic	Trolley or Local	1300.0	200	Sin pintura	GI4 Pavement GAT at AD1-250	2000	43.437	20.0	1.710	
General Low Traffic	Trolley or Local	1700.0	115	Sin pintura	Regenerado al 50%	2000	50.400	447.5	6.000	
General Low Traffic Poor Con	Primary or Tusk	720.0	10.0	Blanqueado	Reconstruido al 100%	2000	6.072	447.5	10.500	
General Medium Traffic	Trolley or Local	1300.0	200	Sin pintura	GI4 Pavement GAT at AD1-250	2000	43.437	400.0	1.710	
General Medium Traffic Good	Primary or Tusk	300.0	20.0	Blanqueado	Revised at 25% surface damage	2000	10.700	50.6	4.100	
General High Traffic Fair Cond	Primary or Tusk	350.0	9.080	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	13.200	51.5	8.700	
General Low Traffic Good Car	Primary or Tusk	410.0	20.0	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	14.200	52.7	8.010	
General High Traffic Good Car	Primary or Tusk	234.0	10.047	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	18.900	52.9	8.910	
General Low Traffic Poor Con	Primary or Tusk	420.0	10.020	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	15.200	65.2	10.500	
General Low Traffic	Trolley or Local	1700.0	140	Sin pintura	Regenerado al 50%	2000	40.424	503.6	6.000	
General Medium Traffic Fair C	Primary or Tusk	400.0	40.000	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	16.050	610.0	6.200	
General High Traffic Fair Cond	Primary or Tusk	350.0	10.041	Blanqueado	Overley 50mm at 5 ft	2000	49.200	65.0	8.700	
General Low Traffic Fair Cond	Primary or Tusk	670.0	20.0	Blanqueado	Revised at 20% surface damage	2000	24.000	60.0	6.000	
General Medium Traffic Good	Primary or Tusk	300.0	4.000	Blanqueado	Revised at 25% surface damage	2000	10.700	601.1	4.100	

Scenario	Cost	Benefit	Net Present Value
General High Traffic Good	6.047	160.125	154.078
General Medium Traffic Fair C	16.050	6.200	-10.050
General Low Traffic Fair C	24.000	10.500	-13.500
General Low Traffic Fair C	24.000	6.000	-18.000
General Medium Traffic Good	10.700	4.100	-6.600
General Low Traffic Good Car	14.200	8.010	-6.190
General High Traffic Fair Cond	49.200	9.700	-39.500
General Medium Traffic Fair C	60.000	6.200	-53.800
General Low Traffic Poor Con	24.000	10.500	-13.500
General High Traffic Good Car	29.400	8.910	-20.490
General Medium Traffic	57.000	1.700	-55.300
General Low Traffic Fair Cond	24.000	6.000	-18.000
General High Traffic Poor Con	10.200	103.200	93.000
General Medium Traffic	43.437	1.710	-41.727
General Low Traffic	50.400	6.000	-44.400
General Low Traffic Poor Con	6.072	10.500	4.428
General Medium Traffic	43.437	1.710	-41.727
General Medium Traffic Good	10.700	4.100	-6.600
General High Traffic Fair Cond	13.200	8.700	-4.500
General Low Traffic Good Car	14.200	8.010	-6.190
General High Traffic Good Car	18.900	8.910	-10.000
General Low Traffic Poor Con	15.200	10.500	-4.700
General Low Traffic	40.424	6.000	-34.424
General Medium Traffic Fair C	16.050	6.200	-9.850
General High Traffic Fair Cond	49.200	8.700	-40.500
General Low Traffic Fair Cond	24.000	6.000	-18.000
General Medium Traffic Good	10.700	4.100	-6.600

Optimización sujeta a restricción presupuestaria



## COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

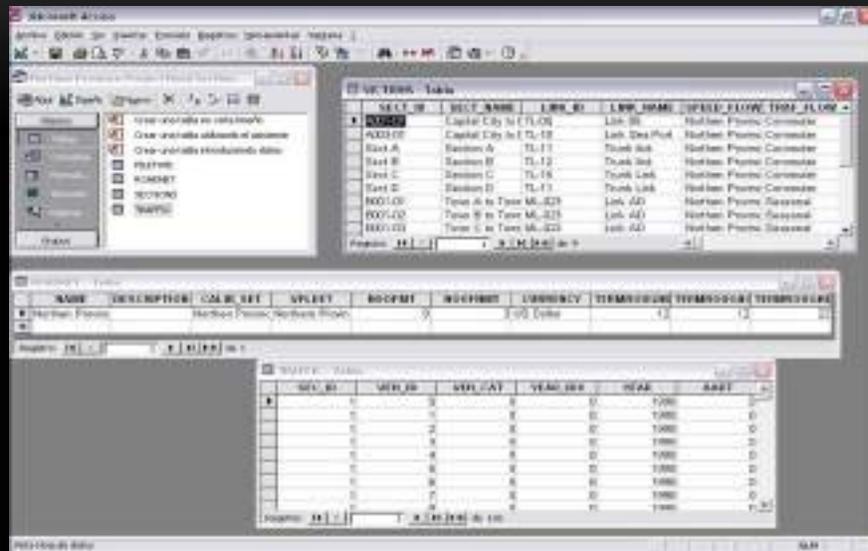


Tasa de descuento = 12%

Año	Inversión	Beneficios	Beneficio Neto	Factor de Valor presente	Valor presente neto
A	B	C	D=C-B	$E=1/(1+i)^A$	$F=D \cdot E$
0	10000	0	-10000	1.0	-10000
1	0	6500	6500	0.892	5804
2	0	3000	3000	0.797	2392
3	0	3000	3000	0.712	2135
4	0	5000	5000	0.636	3178
Total	10000	17500	7500	VPN	3508

Tasa de descuento	Valor presente neto
0.0%	7500
3.0%	6326
6.0%	5821
9.0%	4347
12.0%	3508
15.0%	2752
18.0%	2068
21.0%	1447
24.0%	881
27.0%	365
30.0%	-109
33.0%	-544
36.0%	-944
39.0%	-1315
42.0%	-1657
45.0%	-1975

## IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE DATOS



La migración de datos es generada automáticamente en archivos de Access lo que facilita su manejo

## HERRAMIENTAS ADICIONALES

- Incluye módulo externo de migración de datos de la versión 1.3 a la versión 2.0. (advertiendo que hay limitantes en la información que se puede trasladar de una versión a otra).
- Incluye módulo para migración y manejo de bases de datos

## LA CONFIABILIDAD DE LOS MODELOS DE PREDICCIÓN

- **Depende de la combinación de tres aspectos:**
  - La validez de las relaciones de los modelos
  - La exactitud y calidad de los datos de entrada
  - El análisis de los factores de la calibración empleados.
- Puesto que las relaciones de los modelos han demostrado ser consistentes y aplicables en varios países, la confiabilidad de la mayoría de los análisis depende de los datos de entrada y los factores de la calibración [Bennett et al 2000].

## CLASES DE SENSIBILIDAD

<b>Impacto</b>	<b>Clase de sensibilidad</b>	<b>Impacto Elasticidad</b>
<b>Alto</b>	<b>S-I</b>	<b>&gt; 0.50</b>
<b>Medio</b>	<b>S-II</b>	<b>0.20 – 0.50</b>
<b>Bajo</b>	<b>S-III</b>	<b>0.05 – 0.20</b>
<b>Insignificante</b>	<b>S-IV</b>	<b>&lt; 0.05</b>

## LA ELASTICIDAD DEL IMPACTO

---

- Es la relación porcentual entre la variación del resultado de una salida de un modelo con respecto a la variación de un parámetro de entrada, manteniendo constante los demás parámetros.

Por ejemplo:

Si un 10 por ciento de incremento en las cargas producidas por el tránsito causan un 2.9 por ciento de incremento en la rugosidad desarrollada después de cierto tiempo, *la elasticidad del impacto* en términos de las cargas debidas al tránsito para esta rugosidad resulta ser 0.29.

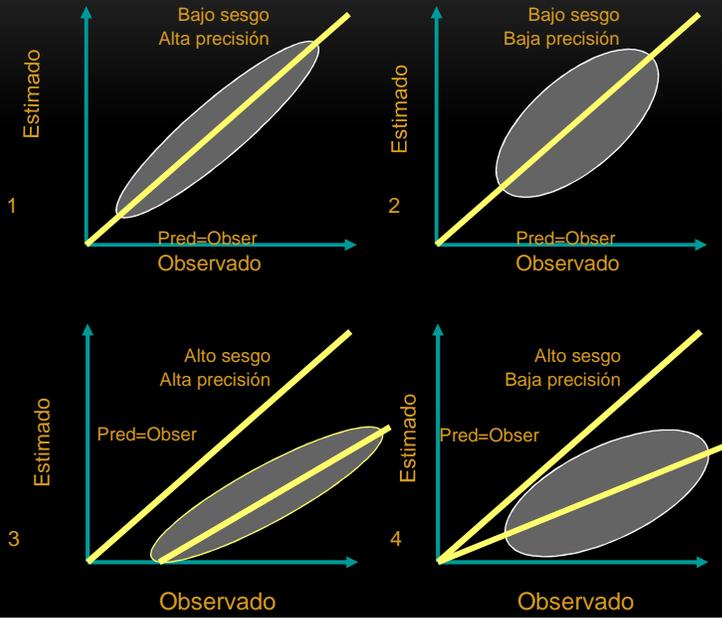
Si en cambio se presentara un decrecimiento de un 2.9 por ciento, el valor sería -0.29 [Bennett et al., 2000].

## ASPECTOS QUE JUSTIFICAN LA CALIBRACIÓN DEL HDM-4

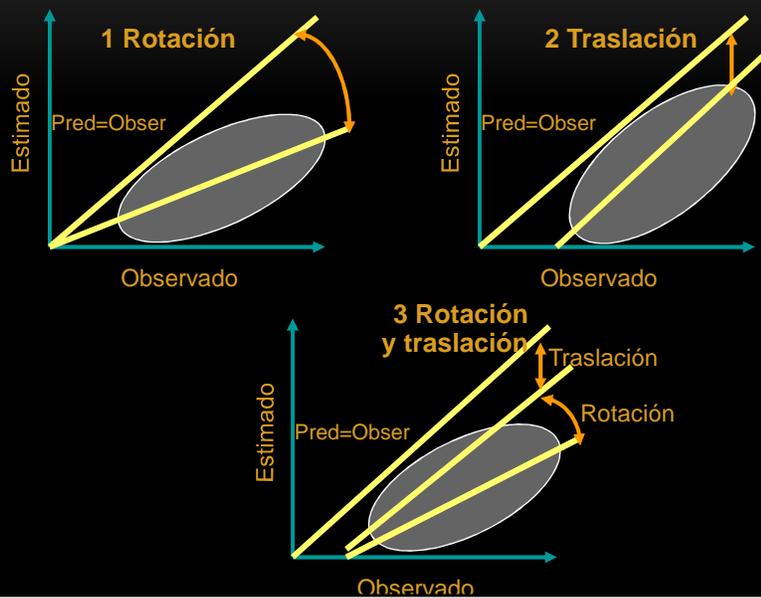
---

- Deterioro vial y efecto de los trabajos
  - Los modelos se deben ajustar para que reflejen fielmente el incremento de los deterioros locales y el efecto de las prácticas de mantenimiento.
- Efecto en los usuarios
  - Los modelos se ajustan para predecir correctamente la magnitud de los costos y la relación entre los componentes.

## SESGO Y PRECISIÓN



## APROXIMACIÓN A LA CALIBRACIÓN



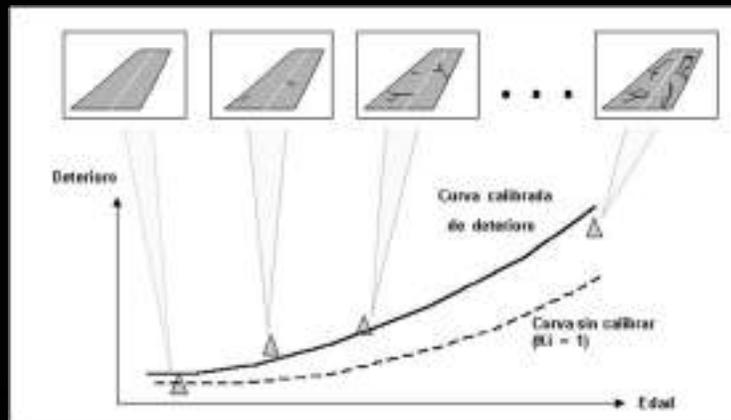


### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PARÁMETROS CRÍTICOS.

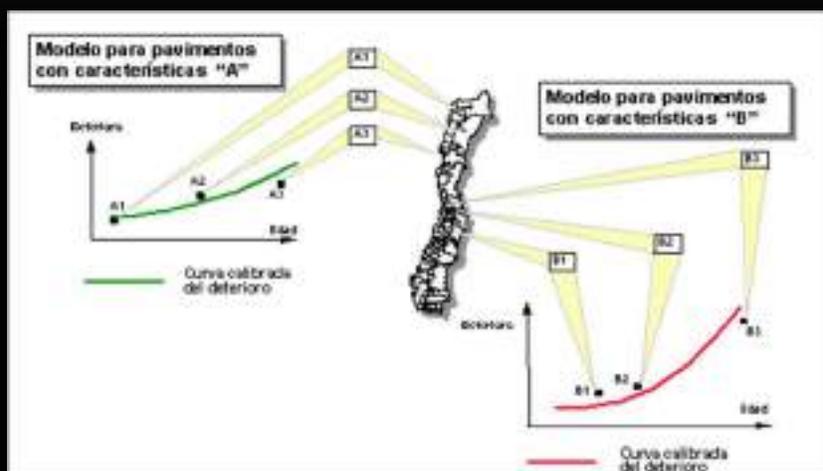
---

- Es importante conocer el nivel general de sensibilidad de cada uno de los parámetros que lo componen para poder dar énfasis apropiado a los parámetros más importantes y de mayor afectación.
- Las influencias individuales de los parámetros difieren según el parámetro y los valores asignados a otros parámetros en un análisis particular.
- La sensibilidad de los resultados a las variaciones en un parámetro varía por consiguiente bajo las circunstancias particulares bajo las que se realice.

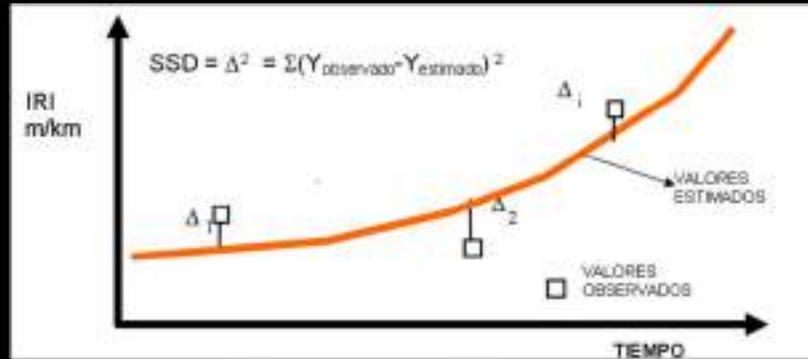
## DETERIORO DE UN PAVIMENTO



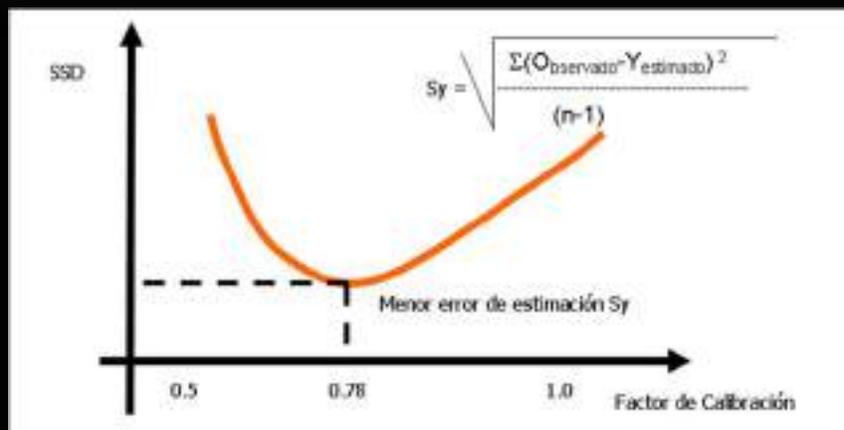
## METODOLOGÍA DE LAS VENTANAS



## AJUSTE DE LOS DATOS



## DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CALIBRACIÓN



## EXPERIENCIAS EN CHILE

1. Seguimiento para la calibración de modelos de deterioro de pavimentos asfálticos de Chile. Ministerio de Obras Públicas de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile (DICTUC S.A.) 1999 - 2001.
2. Estudio de análisis de sensibilidad de parámetros del modelos HDM-4 y actualización de la metodología para la determinación del estado de caminos pavimentados. Ministerio de Obras Públicas de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile (DICTUC S.A.). 2003-2004.
3. Modelos de Deterioro de Caminos No Pavimentados. Ministerio de Obras Públicas de Chile. 2007-2008.
4. Estudio para la modelación del deterioro de pavimentos de Hormigón y calibración del HDM-4 en Chile. Ministerio de Obras Públicas de Chile. 2008.
5. Estudio para la modelación del deterioro de pavimentos asfálticos y calibración del HDM-4 en Chile. Ministerio de Obras Públicas de Chile. 2009 - 2011

## CORREDORES DE MANTENIMIENTO INTEGRAL – (COLOMBIA) 2003-2009

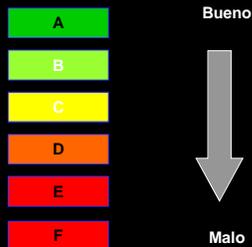
- Estudio de Estructuración del Programa de Conservación denominado "Corredores de Mantenimiento Integral" (2000 km de la Red Nacional Primaria por 5 años). **2003-2004. Universidad Javeriana**
- Seguimiento de los Contratos de "Corredores de Mantenimiento Integral".
  - Primera etapa **2004-2005. Universidad Javeriana**
  - Segunda etapa **2005-2009 . INVIAS**



## EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL PROYECTO CORREDORES DE MANTENIMIENTO INTEGRAL (INVIAS COLOMBIA).

El Invias necesitó la evaluación de la viabilidad de un esquema de gestión denominado corredores de mantenimiento integral en aproximadamente 2000 km para un periodo de 5 años. La evaluación técnica se base en los antecedentes de condición reportados por los administradores viales y el último inventario de medición de la red vial nacional. La evaluación económica estaba sujeta a una restricción presupuestaria tanto en monto como en flujo de caja.

### Clasificación de Condición Estructural y Funcional



## ALGUNAS PUBLICACIONES RELACIONADAS CON HDM-4

De Solminihac H., Hidalgo P., Salgado M., **Calibration of Performance Models for Surface Treatment to the Chilean Conditions: the HDM-4.** Eighth International Conference on Low-Volume Roads. Transportation Research Board. Transportation Research Record - Journal of the Transportation Research Board 1819. **Junio 2003.**

De Solminihac H., Hidalgo P., Salgado M., Altamira A. **Calibration of structural cracking models for asphalt pavements: HDM-4 case.** Indian Journal of Engineering & Materials Sciences, 193-201. **Junio 2003.**

De Solminihac H., Hidalgo P., Salgado M., Valdés M., **Calibración del Modelo de Grietas Estructurales para Pavimentos Asfálticos en HDM-4 a las condiciones de Chile.** Revista Ingeniería de Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción. Volumen 17 No.1 **Enero – Abril 2002.**

De Solminihac H., Salgado M., Hidalgo P., Valdés M., **Calibración del Modelo de Progresión de la Rugosidad (IRI) para Pavimentos Asfálticos en HDM-4 a las condiciones de Chile.** Revista Ingeniería de Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción. Volumen 17 No.2. **Mayo-Agosto 2002.**

MUCHAS GRACIAS POR SU AMABLE  
ATENCIÓN!!!

Ing. Mauricio Salgado Torres M.Sc.