



# NUEVAS METODOLOGÍAS PARA EL DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS Y SU IMPLEMENTACIÓN EN LATINOAMÉRICA

Dr. Ing. Andrés Sotil Chávez, Ph.D., P.E.

Director de Carrera de Ingeniería Civil -



[asotil@usil.edu.pe](mailto:asotil@usil.edu.pe)



- **Presentación Personal**

- Universidad Nacional de Ingeniería (5 ciclos, 97-99)
- Arizona State University en 2001 (B.Sc.), 2003 (M.Sc.) y 2005 (Ph.D.)
- Investigador en Caracterización de Materiales – AASHTO 2008 y Superpave
- Experiencia Profesional en Estudios de Impacto Vial
- Experiencia Profesional en Proyectos Residenciales, Comerciales, Industriales, Turísticos y Aeroportuarios
- Docente Universitario de Pregrado y Postgrado
- Actualmente Director de la Carrera de Ingeniería Civil en la Universidad San Ignacio de Loyola

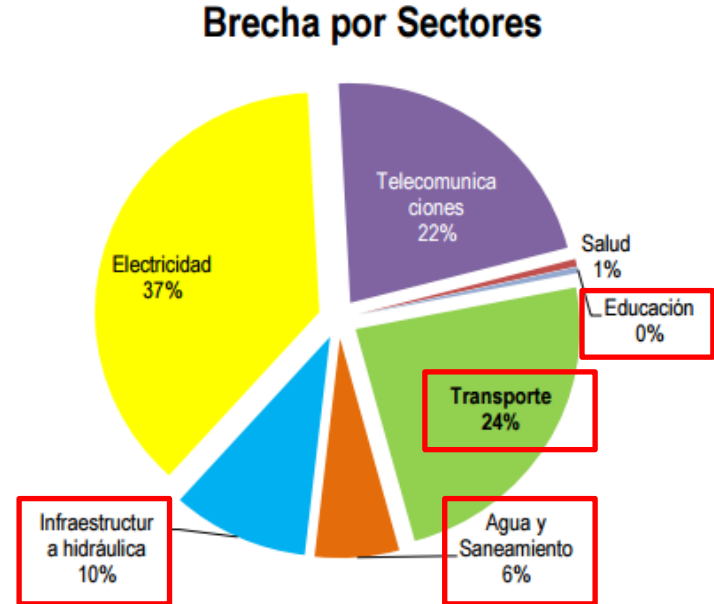


# Brecha de Infraestructura en el Perú

## Un gran Reto que afrontar

Sobre la base de información disponible 2012-2021, la brecha de infraestructura en el Perú bordea los US\$ 87.975 millones.

Sector	Brecha (US\$ MM)
<b>Transporte</b>	<b>20,935</b>
Aeropuertos	128
Puertos	708
Ferrocarriles	7,308
Redes Viales	12,791
<b>Agua y Saneamiento</b>	<b>5,335</b>
Agua potable	1,569
Acantilado Tratamiento de aguas res.	3,766
<b>Infraestructura hidráulica</b>	<b>8,682</b>
<b>Electricidad</b>	<b>32,987</b>
Electricidad	32,297
Hidrocarburos	690
<b>Telecomunicaciones</b>	<b>19,170</b>
Banda ancha	11,852
Telefonía móvil	4,973
Telefonía fija	2,345
<b>Salud</b>	<b>478</b>
<b>Educación</b>	<b>388</b>
	<b>87,975</b>



Fuente: Plan Nacional de Infraestructura 2012 – 2021 – AFIN (2012, Lima)  
Elaboración: OGPP-MTC



**INDICE DE COMPETITIVIDAD GLOBAL - FORO ECONÓMICO MUNDIAL (WEF)**

**ÍNDICE DE CALIDAD DE INFRAESTRUCTURA**

(1= subdesarrollado, 7= eficiente)

PERÚ	2008-2009		2009-2010		2010-2011		2011-2012		2012-2013		2013-2014		2015-2016	
	Ranking	Puntos	Ranking	Puntos	Ranking	Puntos	Ranking	Puntos	Ranking	Puntos	Ranking	Puntos	Ranking	Puntos
		83	3.95	78	4.01	73	4.11	67	4.21	61	4.28	61	4.25	69
Nº DE PAISES	134		133		139		142		144		148		144	
CALIDAD GLOBAL DE INFRAESTRUCTURA	113,0	2.4	97	2,9	92	3.6	105	3,5	111	3.4	101	3,6	112	3.2
Carreteras	99	2.6	93	2,9	92	3.3	98	3,2	100	3.1	98	3,3	111	3.0
Ferrocarriles	90	1.7	87	1,8	91	1.9	93	1,9	97	1.9	102	1,8	94	1.9
Puertos	127	2.3	126	2,7	113	3.5	106	3,5	111	3.5	93	3,7	86	3.6
Aeropuertos	94	3.9	87	4,1	78	4.4	70	4,6	74	4.5	85	4,2	82	4.1
Asiento avión disponible km / sem, mill	48	(HD)			47	(HD)	44		42	(HD)	40	(HD)	42	(HD)
Calidad del suministro eléctrico	69	4.7			68	4.8	68	4.9	74	4.8	73	4.9	85	3.9
Lineas telefónicas fijas	96	(HD)			94	(HD)	89	(HD)	87	(HD)	87	(HD)		
Suscripciones telefonía móvil					82	(HD)	72	(HD)	58	(HD)	93	(HD)		

(\*) Incluye transportes, telefonía y Energía  
Fuente: The Global Competitiveness Report  
Elaboración: P.VINOPEM/FISICA/2015.09

HD: dato duro

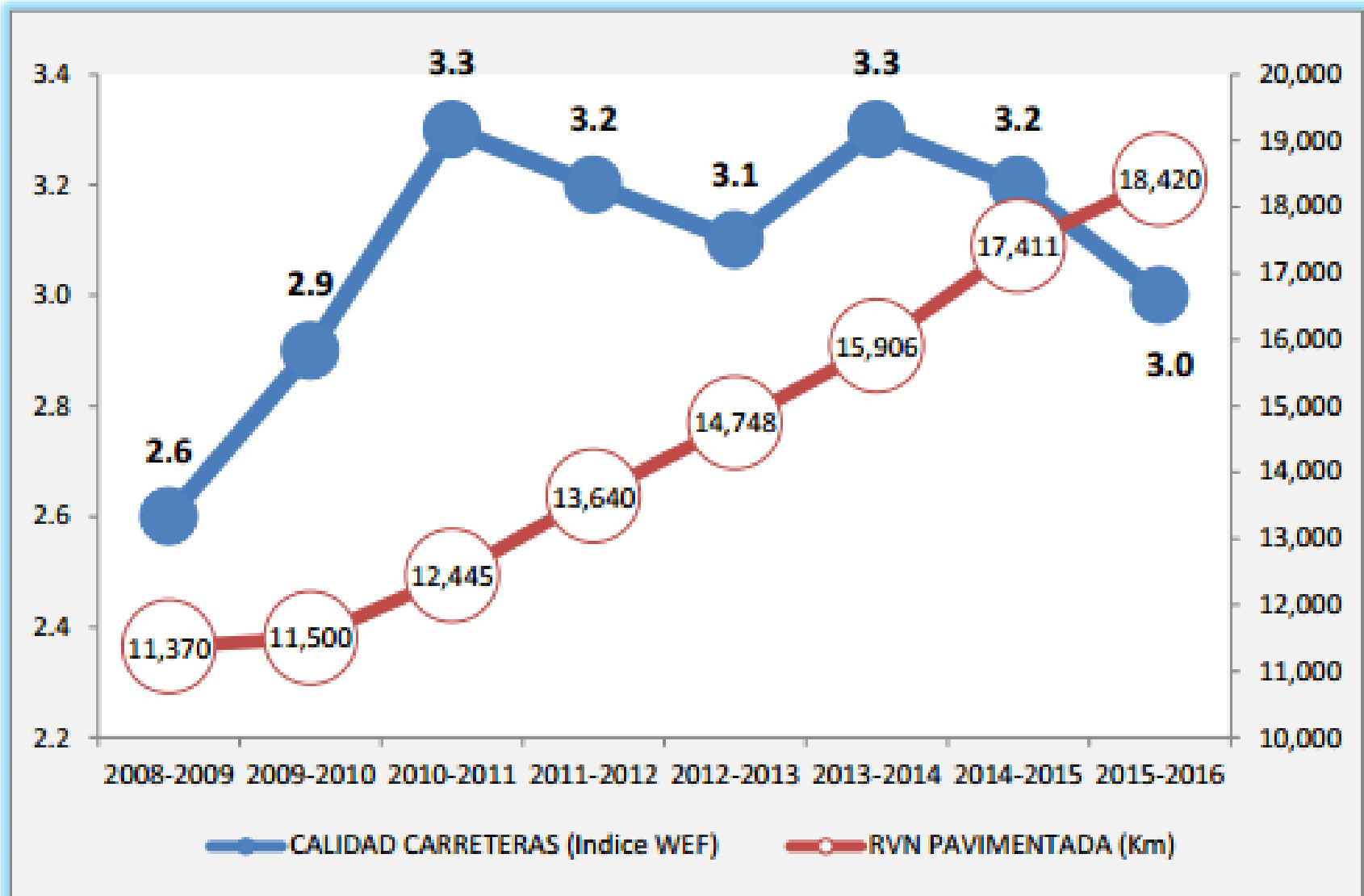
Al 2008-2009 de 134 países...

Perú ocupaba el puesto 99 con nivel 2.6 de 7.0 en  
Calidad de las Carreteras

Al 2015-2016 de 144 países...

Perú ocupa el puesto 111 con nivel de 3.0 de 7.0

**¿Qué paso?**



# SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS - SINAC

RED VIAL SINAC	Pavimentado	%	No Pavimentado	%	Red Vial Existente	%	%
RV NACIONAL <sup>1/</sup>	18.420	69,7	8.016	30,3	26.436	15,9	100
RV DEPARTAMENTAL	2.430	9,7	22.582	90,3	25.012	15,1	100
RV VECINAL <sup>2/</sup>	1.925	1,7	112.741	98,3	114.665	69,0	100
<b>TOTAL</b>	<b>22.775</b>	<b>13,7</b>	<b>143.339</b>	<b>86,3</b>	<b>166.114</b>	<b>100,0</b>	<b>100</b>

Elaborado por PVN-OPEI. Fuente: IVB 2010, MTC-OGPP-OE

1/ Red Vial Nacional actualizada a Dic 2015




2/ Información a Dic 2014 de RVD Y RVV (61.278 Kilómetros de RVV existente en proceso de formalización)

## RED VIAL NACIONAL


Gobierno Central  
MTC - Provías Nacional

### Red Vial Nacional (a Dic 2015) Principales ejes viales

#### 1. TRES EJES LONGITUDINALES

- Longitudinal de la costa 2,634 Km. 
- Longitudinal de la sierra 3,505 Km. 
- Longitudinal de la selva 1,809 Km. 

#### 2. VEINTE EJES

**TRANSVERSALES** 9,063 Km.   
Principales: norte, centro, sur

Sub Total 17,011 Km.

3. VARIANTES Y RAMALES 9,425 Km.

**TOTAL EXISTENTE 26,436 Km**





- Nuestra Competitividad como país es reducida.
- Datos:
  - Perú pavimenta cerca de 1,000 kms anuales
  - Red Vial Nacional cerca de 26,000 kms (70% pav.)
  - SINAC (MTC) cerca de 166,000 kms (13% pav.)
  - Info de MVCS (urbano) desconocido... pero estimable...





- Vías **Peruanas**

- SINAC (MTC, rural) 166,000 kms (13% pav.)
- MVCS (Urbano, estim.) 130,000 kms (25% pav.)
- Total Nacional 300,000 kms (cerca 20% pav.)

- ¿Cómo se diseñan y construyen nuestras vías?

- Manuales del MTC
- Manuales del MVCS

***MÉTODOS EMPÍRICOS***

- ¿Qué se viene en **inversión**?





# CUADRO Nº 2A

## Intervenciones en la Red Vial Nacional

### Gasto en Millones de S/. y US\$

INTERVENCIONES	EJECUTADO					EJECUTADO											PLAN	PROGRAMADO				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016P	2017P	2018P	2019P	2020P	2021P	
<b>MILLONES DE S/. (*)</b>																						
<b>RVN NO CONCESIONADA</b>	718	665	707	856	709	765	1,159	1,059	1,470	2,623	3,447	3,367	4,151	4,415	4,750	4,212	5,271	5,296	5,697	5,625	5,785	
Rehabilitación, mejoramiento y construcción	620	572	558	648	537	619	793	703	839	1,328	1,785	2,053	3,056	3,209	3,456	3,097	4,017	4,050	4,459	4,283	4,449	
Mantenimiento vial	98	93	149	208	172	146	366	357	631	1,295	1,662	1,313	1,095	1,205	1,295	1,115	1,254	1,246	1,237	1,342	1,336	
<b>RVN CONCESIONADA</b>	<b>0</b>					<b>109</b>	<b>196</b>	<b>484</b>	<b>1,990</b>	<b>2,385</b>	<b>2,096</b>	<b>1,590</b>	<b>1,973</b>	<b>1,819</b>	<b>1,918</b>	<b>1,487</b>	<b>1,681</b>	<b>1,809</b>	<b>1,905</b>	<b>2,165</b>	<b>2,165</b>	
Rehabilitación, mejoramiento y construcción						35	88	292	1,680	2,146	1,881	1,374	1,612	1,510	1,403	1,063	1,200	1,300	1,440	1,700	1,700	
Mantenimiento vial						0	74	108	192	310	240	215	216	361	310	515	424	481	509	465	465	465
<b>TOTAL GASTO</b>	<b>718</b>	<b>665</b>	<b>707</b>	<b>856</b>	<b>709</b>	<b>874</b>	<b>1,355</b>	<b>1,543</b>	<b>3,460</b>	<b>5,008</b>	<b>5,544</b>	<b>4,956</b>	<b>6,124</b>	<b>6,234</b>	<b>6,668</b>	<b>5,699</b>	<b>6,952</b>	<b>7,106</b>	<b>7,602</b>	<b>7,790</b>	<b>7,950</b>	

INTERVENCIONES	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016P	2017P	2018P	2019P	2020P	2021P	
<b>MILLONES DE US\$ (**)</b>																						
<b>RVN NO CONCESIONADA</b>	205	189	203	251	215	234	370	362	488	928	1,251	1,276	1,536	1,555	1,491	1,186	1,528	1,581	1,726	1,731	1,808	
Rehabilitación, mejoramiento y construcción	177	163	161	190	163	189	253	240	279	470	648	778	1,131	1,130	1,085	872	1,164	1,209	1,351	1,318	1,390	
Conservación y mantenimiento	28	26	43	61	52	45	117	122	209	458	603	498	405	425	406	314	363	372	375	413	417	
<b>RVN CONCESIONADA</b>	<b>0</b>					<b>33</b>	<b>63</b>	<b>165</b>	<b>661</b>	<b>844</b>	<b>761</b>	<b>603</b>	<b>730</b>	<b>641</b>	<b>602</b>	<b>419</b>	<b>487</b>	<b>540</b>	<b>577</b>	<b>666</b>	<b>677</b>	
Rehabilitación, mejoramiento y construcción						11	28	100	558	759	683	521	596	532	440	300	348	388	436	523	531	
Conservación y mantenimiento						0	23	34	66	103	85	78	82	134	109	162	119	139	152	141	143	145
<b>TOTAL GASTO</b>	<b>205</b>	<b>189</b>	<b>203</b>	<b>251</b>	<b>215</b>	<b>267</b>	<b>433</b>	<b>528</b>	<b>1,149</b>	<b>1,772</b>	<b>2,012</b>	<b>1,879</b>	<b>2,266</b>	<b>2,196</b>	<b>2,093</b>	<b>1,605</b>	<b>2,015</b>	<b>2,121</b>	<b>2,304</b>	<b>2,397</b>	<b>2,485</b>	

<b>Tipo de cambio promedio anual</b>	3.508	3.518	3.479	3.414	3.297	3.275	3.129	2.926	3.012	2.826	2.755	2.638	2.703	2.839	3.186	3.550	3.450	3.350	3.300	3.250	3.200
--------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

(\*) Consulta amigable - SIAF.

(\*\*) TC Bancario promedio BCRP y Estimado.

Fuente: PROVIAS NACIONAL/OPEI/PFISICA

Inversión en Rehab / Mejoram / Construcción en ambas RVN aproximada de US\$ 1,172 (872+300) millones y aumentará a 2021 a US\$ 1,921 (1390+531)...

Y no se tienen números del resto del SINAC y de la Red Vial Urbana



- “Invertir” esa suma con Métodos Empíricos...



Buenos (x%)



Malos (y%)



Muy Malos (z%)

... ¡Con fe!...

Es Gastar a Ciegas



- Y ese gasto, ¿como se “controla” ?



**También a ciegas**



# CONTROL DE CALIDAD

## *Estructuras con Asfaltos*

- ¿Si hay desviación en el huso granulométrico?
- ¿Si no se cumple el contenido de asfalto?
- ¿Si no se cumple la temperatura o porcentaje de compactación?
- *¿Cuánto más se deforma por estas desviaciones? ¿Cuánto más se agrieta?*

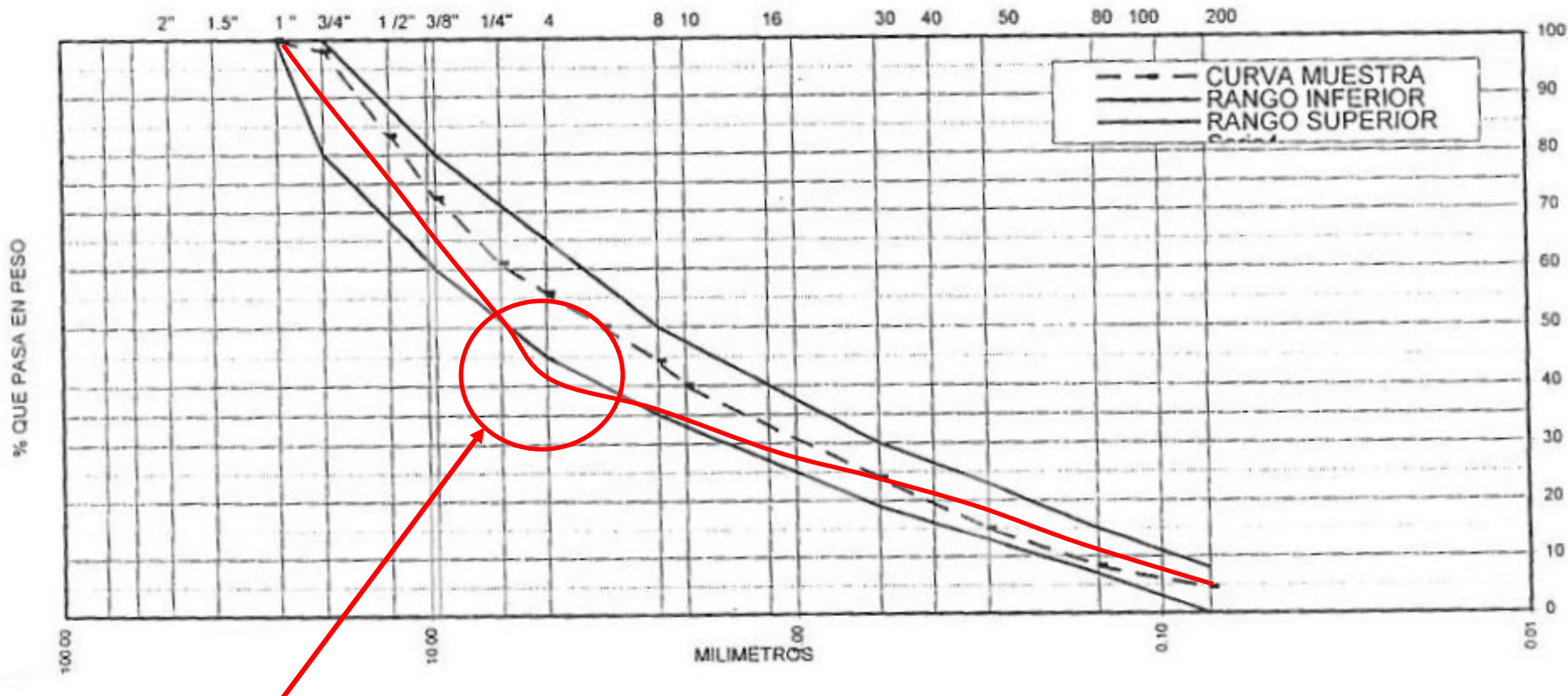
## *Estructuras de Concreto*

- ¿Si no cumple con  $f'c$  o porcentaje de vacíos?
- ¿Si no cumple con la relación  $a/c$ ?
- ¿Si no es curado apropiadamente?
- *¿Cuánto más grietas por contracción se generan? ¿Cuántos años menos durará si no cumple  $f'c$ ?*



# CONTROL DE CALIDAD

## CURVA GRANULOMETRICA



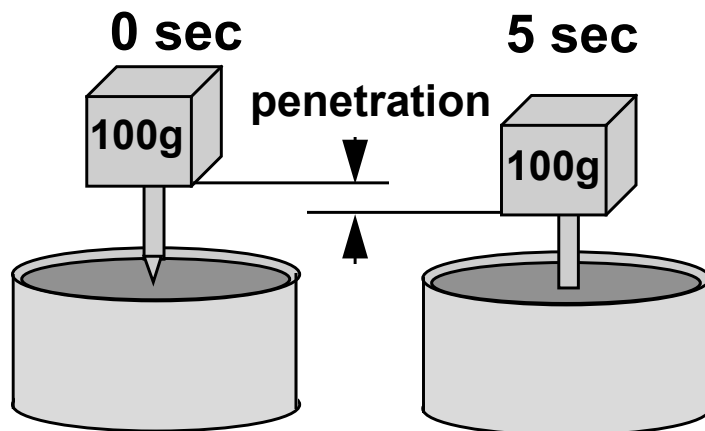
Fuera del Huso Granulométrico...

¿Cuánto mas (o menos) daño esto generaría?





# ¿CONTROL DE CALIDAD?



¿Y qué pasa con el contratista?

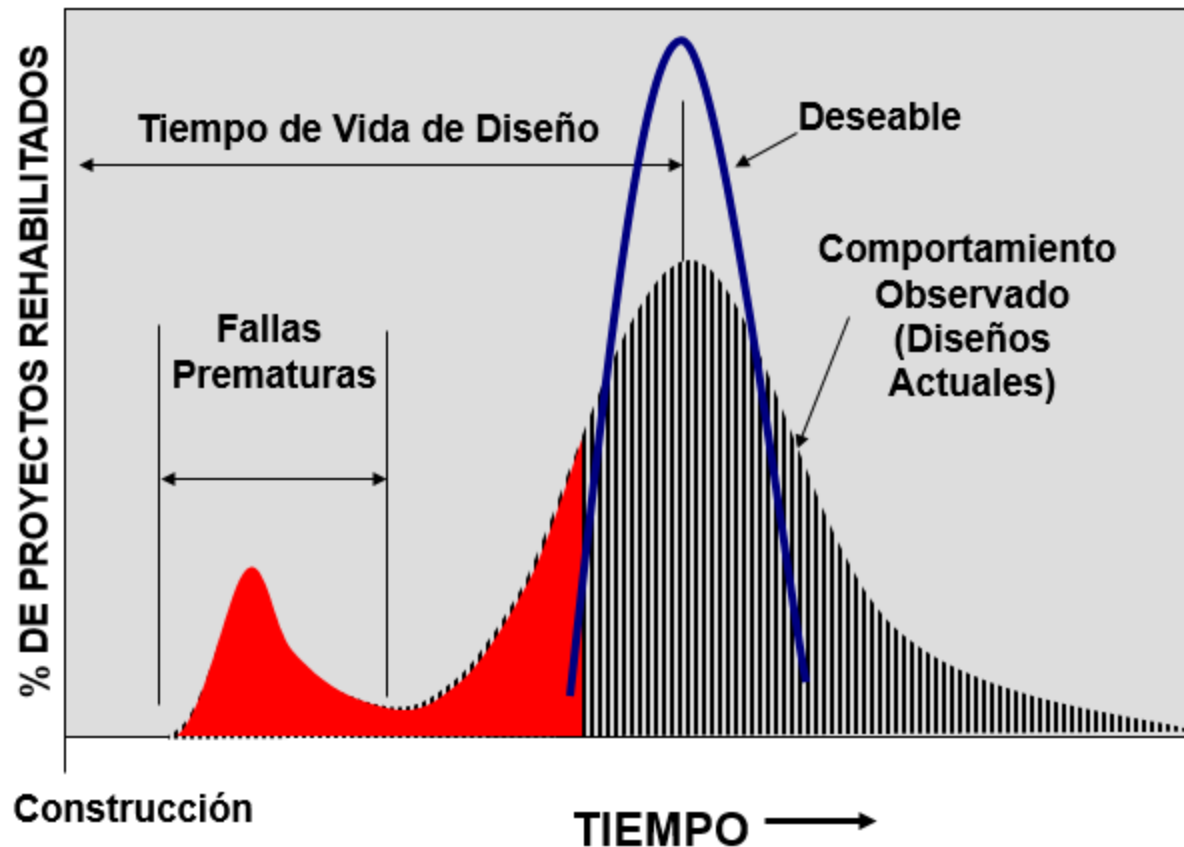
Si no cumple con lo pedido, se le sanciona o se le pide reconstruir... *¿está bien?*





# INVESTIGACIÓN EN PAVIMENTOS

- ¿Qué busca la investigación en pavimento?
- ¿Tiene sentido?





# DR. MATTHEW WITCZAK

## ARIZONA STATE UNIVERSITY

- En 1996 el Dr. M.W. Witczak de la University of Maryland gana dos proyectos de investigación:
  - NCHRP 1-37A para generar la **Guía de Diseño de Pavimentos del 2002** que reemplazaría al AASHTO 93. Esta guía por temas de tiempo se llama hoy la **Guia MEPDG AASHTO 2008**
  - NCHRP 9-19 para generar el ensayo de laboratorio que **confirme los ensayos SUPERPAVE** y que reemplace a la metodología Marshall





# MATTHEW WITCZAK

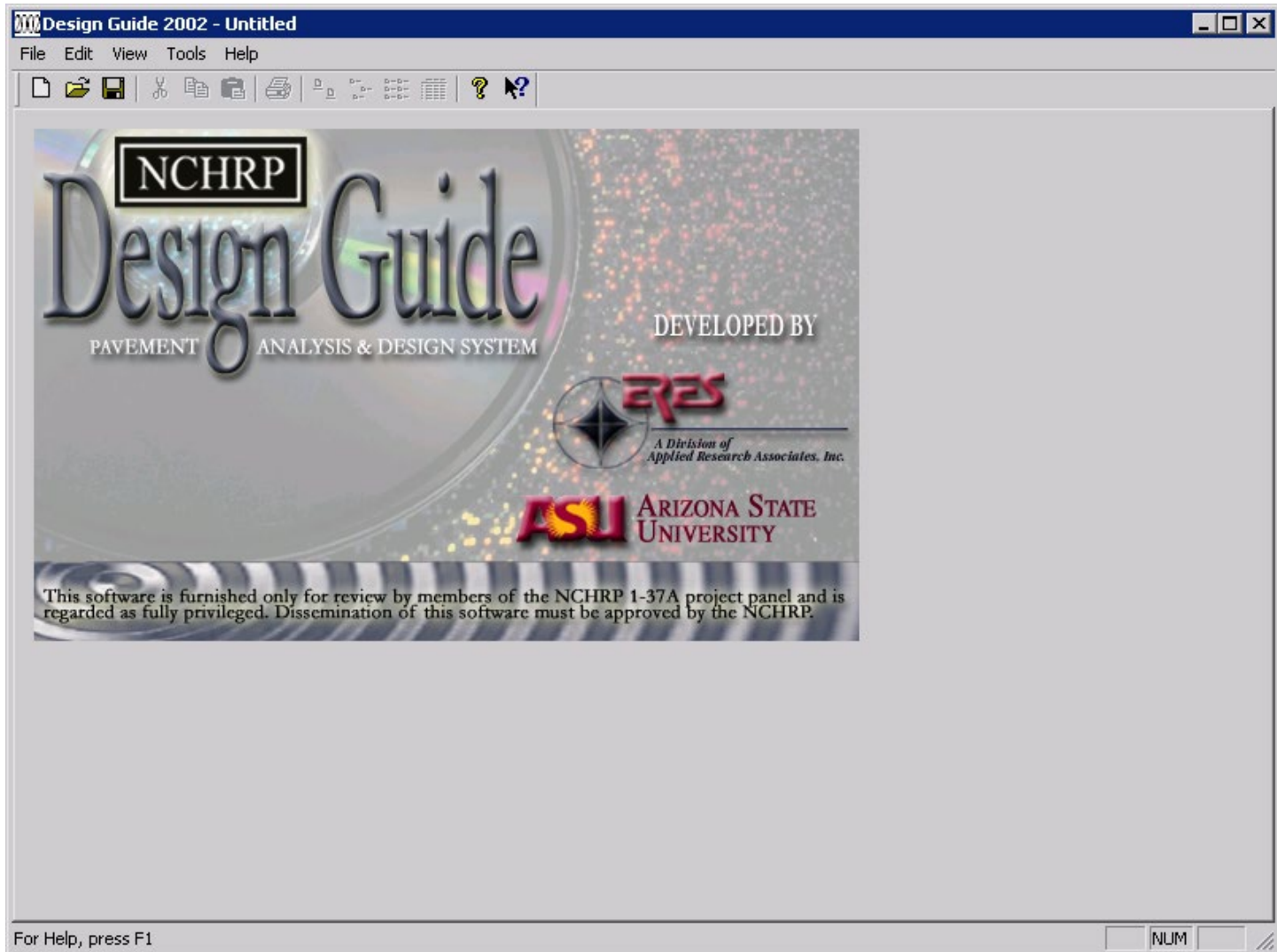
## ARIZONA STATE UNIVERSITY

- En 1999 Witczak se muda de Maryland a Arizona con sus dos proyectos
- Continúan con los trabajos en 2002 dentro del Advanced Pavement Research Group





# PRODUCTO DEL NCHRP 1-37A MEPDG





# CORRE EL PROGRAMA SOFTWARE EMITE PREDICCIÓN DE DAÑOS

The screenshot shows the 'Design Guide 2002 - 350102-2.dgp' software interface. The main window is divided into several sections:

- Project [C:\DG2002\Projects\350102-2.dgp]:** A tree view showing project components: General Information, Site/Project Identification, and Analysis Parameters.
- Inputs:** A tree view showing input parameters: Traffic (Traffic Volume Adjustment Factors, Axle Load Distribution Factors, General Traffic Inputs), Climate, Structure (Thermal Cracking, Drainage and Surface Properties), and Layers (Layer 1 - Asphalt concrete, Layer 2 - A-1-a, Layer 3 - A-7-6, Layer 4 - A-7-6).
- Results:** A tree view showing analysis results: Input Summary (Project, Traffic, Climatic, Design, Layer), Output Summary, and Flexible Summary (Layer Modulus, AC Modulus (plot), Fatigue Cracking, Surface Down Damage (plot), Surface Down Cracking (plot), Bottom Up Damage (plot), Bottom Up Cracking (plot), Thermal Cracking, Crack Depth (plot), Thermal (C-h) (plot), Crack Length (plot), Crack Spacing (plot), Rutting, Rutting (plot), IRI (plot)).
- Analysis Status:** A table showing the progress of different analysis types. A blue arrow points to this section.
- General Project Information:** A table showing project details.
- Properties:** A table showing analysis settings.
- Buttons:** 'Run Analysis' and 'StopAnalysis' buttons are visible at the bottom right.

At the bottom left, it says 'For Help, press F1'. At the bottom right, there is a 'NUM' indicator.

Analysis	% Complet
Traffic	100%
Climatic	100%
Thermal Cracking	100%
AC Analysis	00h 05min
Summary	0%

Parameter	Value
Type	New Flexible
Design Life	4 Years
Location	

Setting	Value
Units	US Customary
Analysis Type	Deterministic
Default Input	Level 3



# DETERIOROS PREDECIDAS





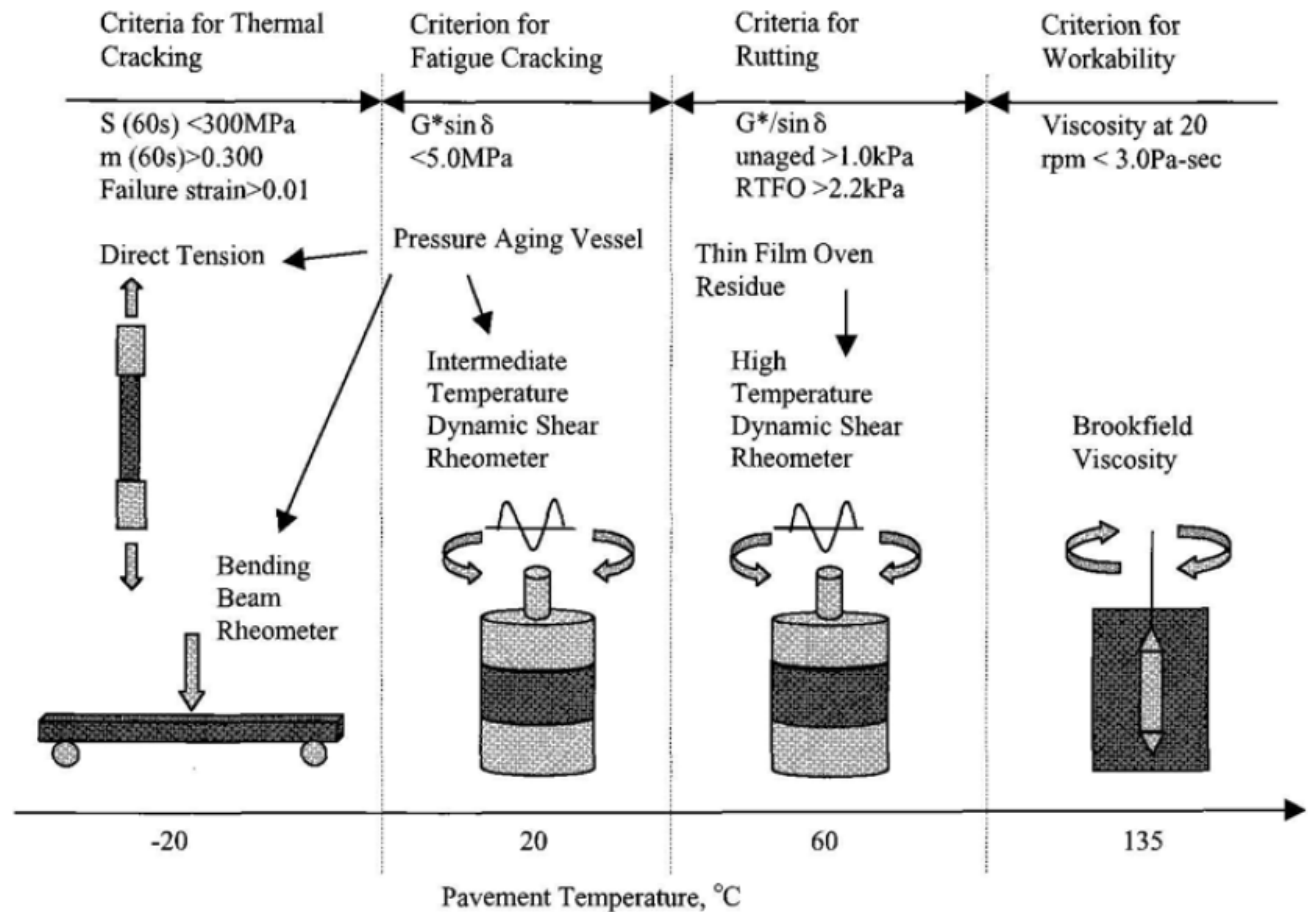
# PROBLEMAS CON MEPGD

- Modelos norteamericanos
- Base de datos de clima
- Base de datos de tráfico
- Base de datos de materiales
- Proyectos de calibración para países en Latinoamérica
  
- En el CILA 2011, Witczak dijo que MEPDG no era aplicable directamente para Latinoamérica



# MIENTRAS TANTO, SUPERPAVE

- Hasta fines de los 90's solo tenía ensayos de ligante



A summary of mechanical tests related to asphalt binder PG grading.





# MIENTRAS TANTO, SUPERPAVE

- Hasta fines de los 90's solo tenía ensayos de ligante

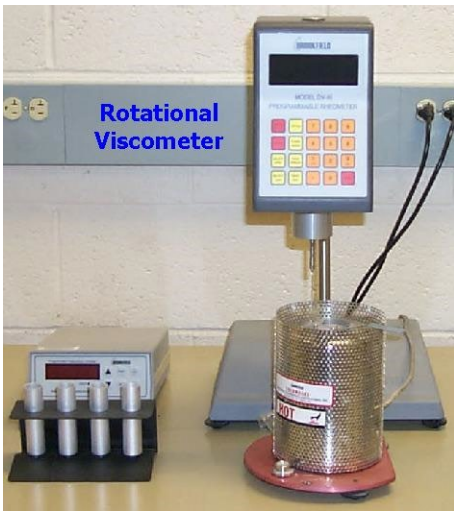


Figure 2: Close-up of the BBR beam on its supports.

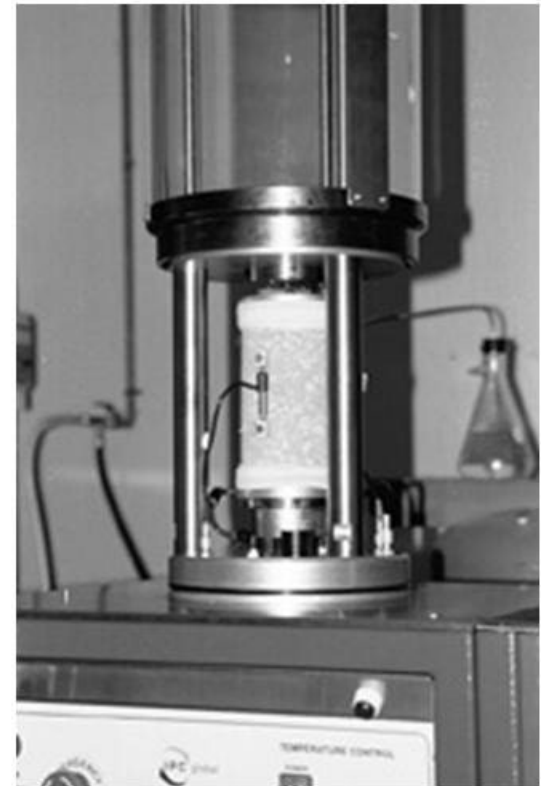


# MIENTRAS TANTO, SUPERPAVE

- Le faltaba ensayos de comportamiento de mezclas



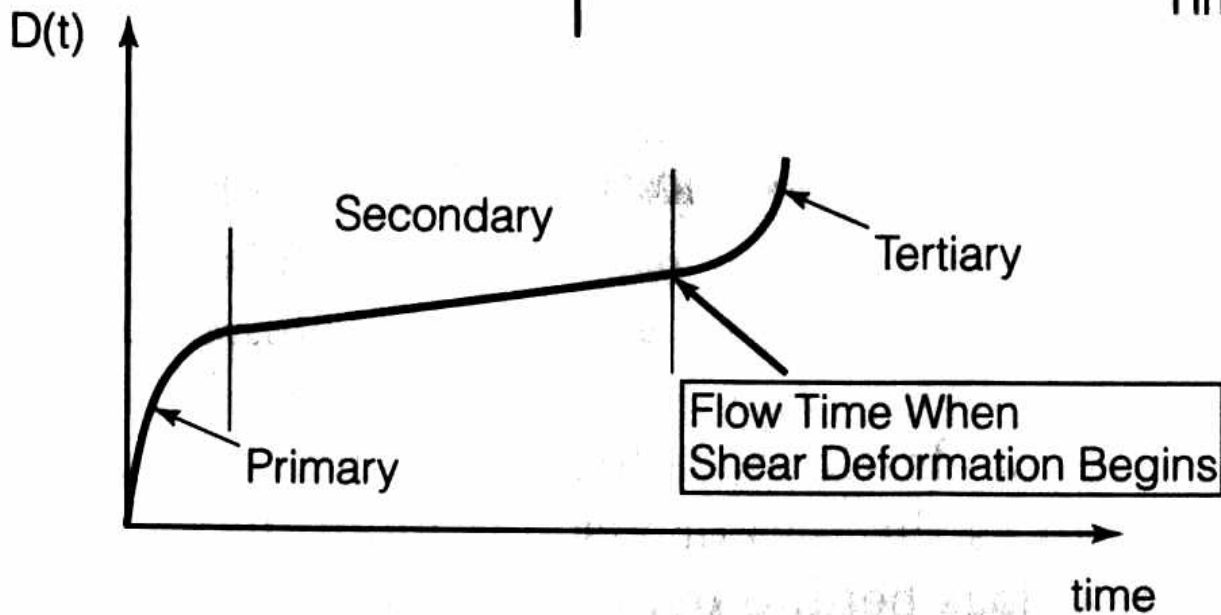
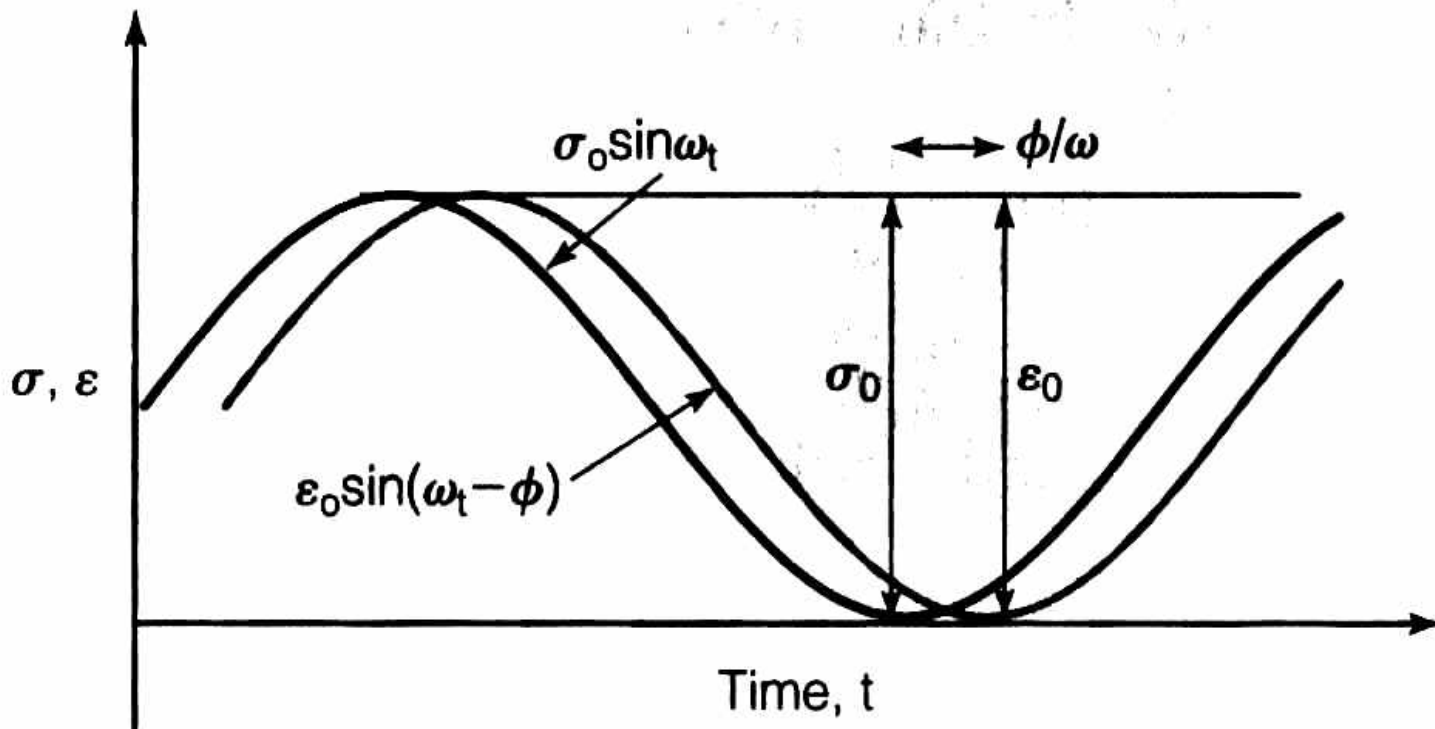
Interlaken SPT







# Ensayo del Modulo Dinámico

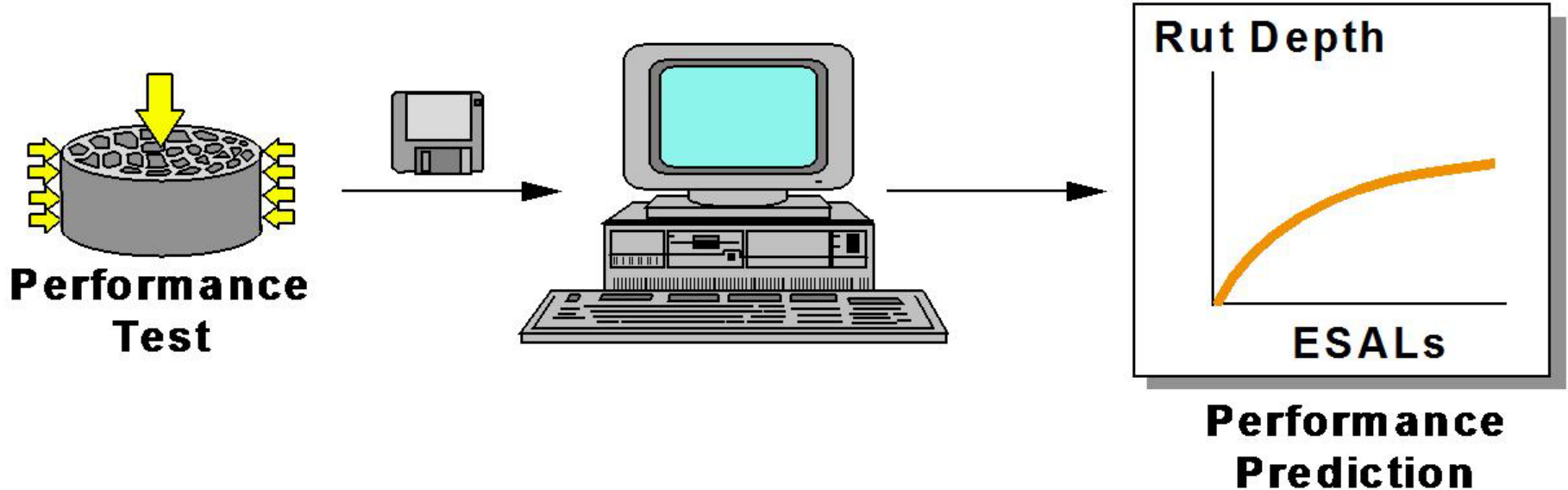


Tiempo de Flujo

Número de Flujo



# MEZCLA vs. ESTRUCTURA



## OBJETIVO:

Se busca un método que permita el diseño de mezcla que optimice el comportamiento de la estructura del pavimento y que sea una herramienta de medición del trabajo hecho por el contratista



# RESUMEN

- Países Latinoamericanos tenemos necesidades altísimas de **infraestructura** para mejorar nuestra competitividad
- Realizaremos **inversiones significativas** empleando **métodos empíricos**, con control de calidad basados en ensayos a materiales y no comportamiento.
- MEPDG – AASHTO 2008 tiene necesidades de calibración regional
- Superpave necesita de ensayos de mezcla para verificar el diseño *(que reemplace a Marshall)*



- Presentación Personal
  - Universidad Nacional de Ingeniería (1997-99)
  - Graduado de **Arizona State University** en 2001 (B.Sc.), 2003 (M.Sc.) y 2005 (Ph.D.)





# PREGUNTA FUNDAMENTAL

- El ensayo que realizas, ¿refleja comportamiento de campo?
- Si tu resultado se desvía por X%, ¿cuánto más ahuellamiento o agrietamiento se genera?
- Si puedo predecir comportamiento (AASHTO 2008 tiene esa característica), ¿lo puedo correlacionar con un ensayo de mezcla (Superpave)?



# RELACIÓN $E^*$ vs. AHUELLAMIENTO

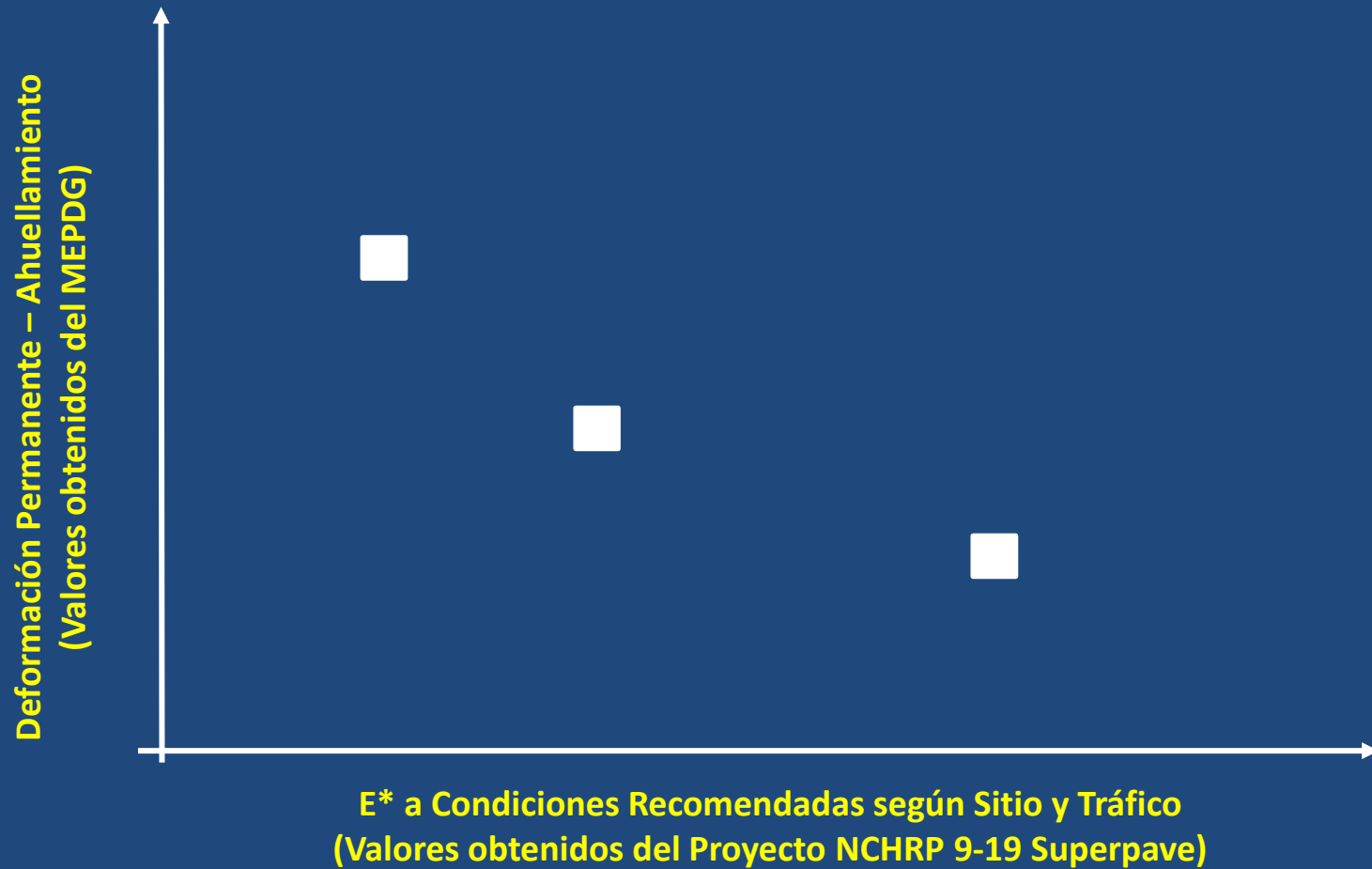
Deformación Permanente – Ahuellamiento  
(Valores obtenidos del MEPDG)



$E^*$  a Condiciones Recomendadas según Sitio y Tráfico  
(Valores obtenidos del Proyecto NCHRP 9-19 Superpave)

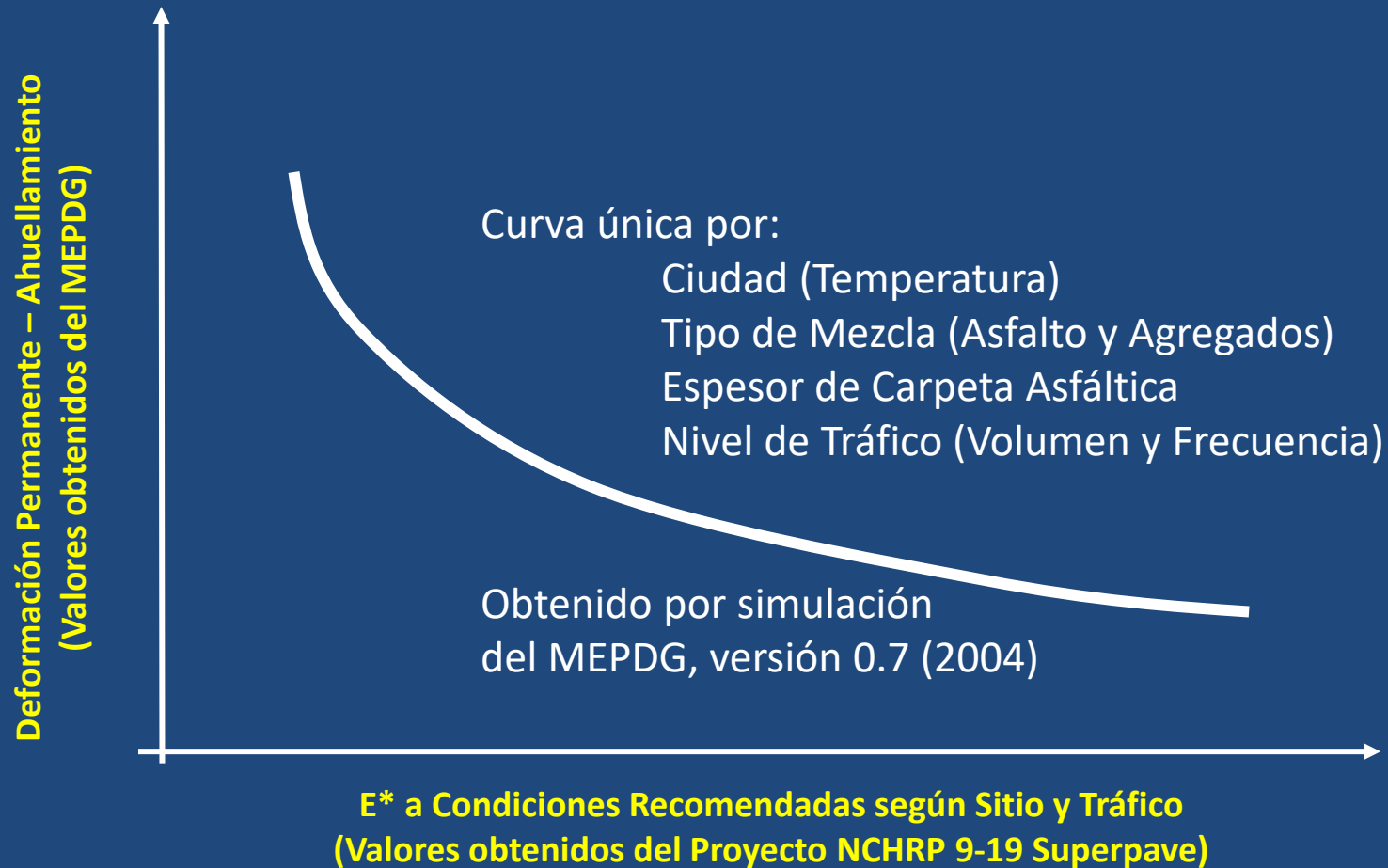


# RELACIÓN $E^*$ vs. AHUELLAMIENTO





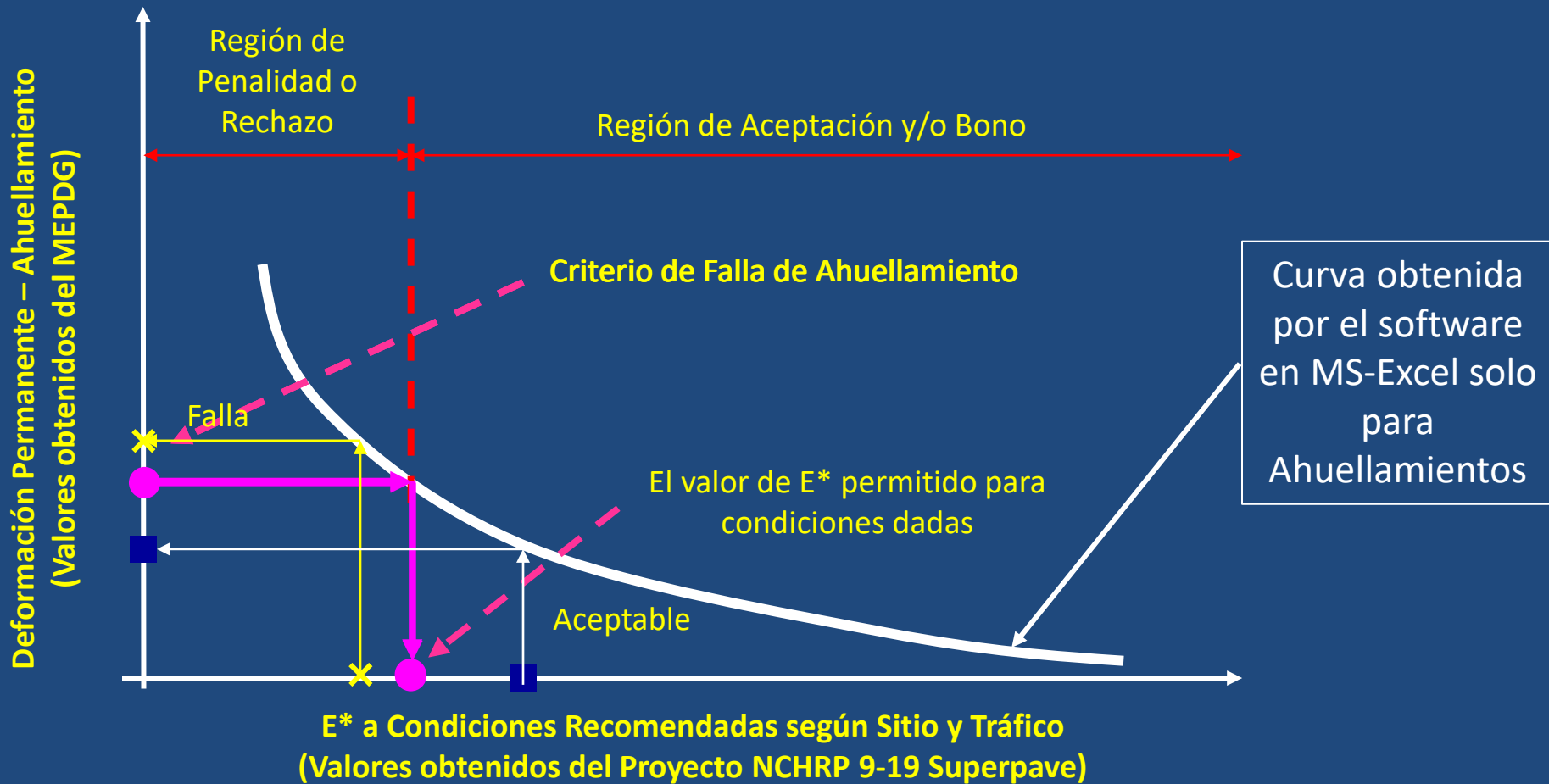
# RELACIÓN $E^*$ vs. AHUELLAMIENTO



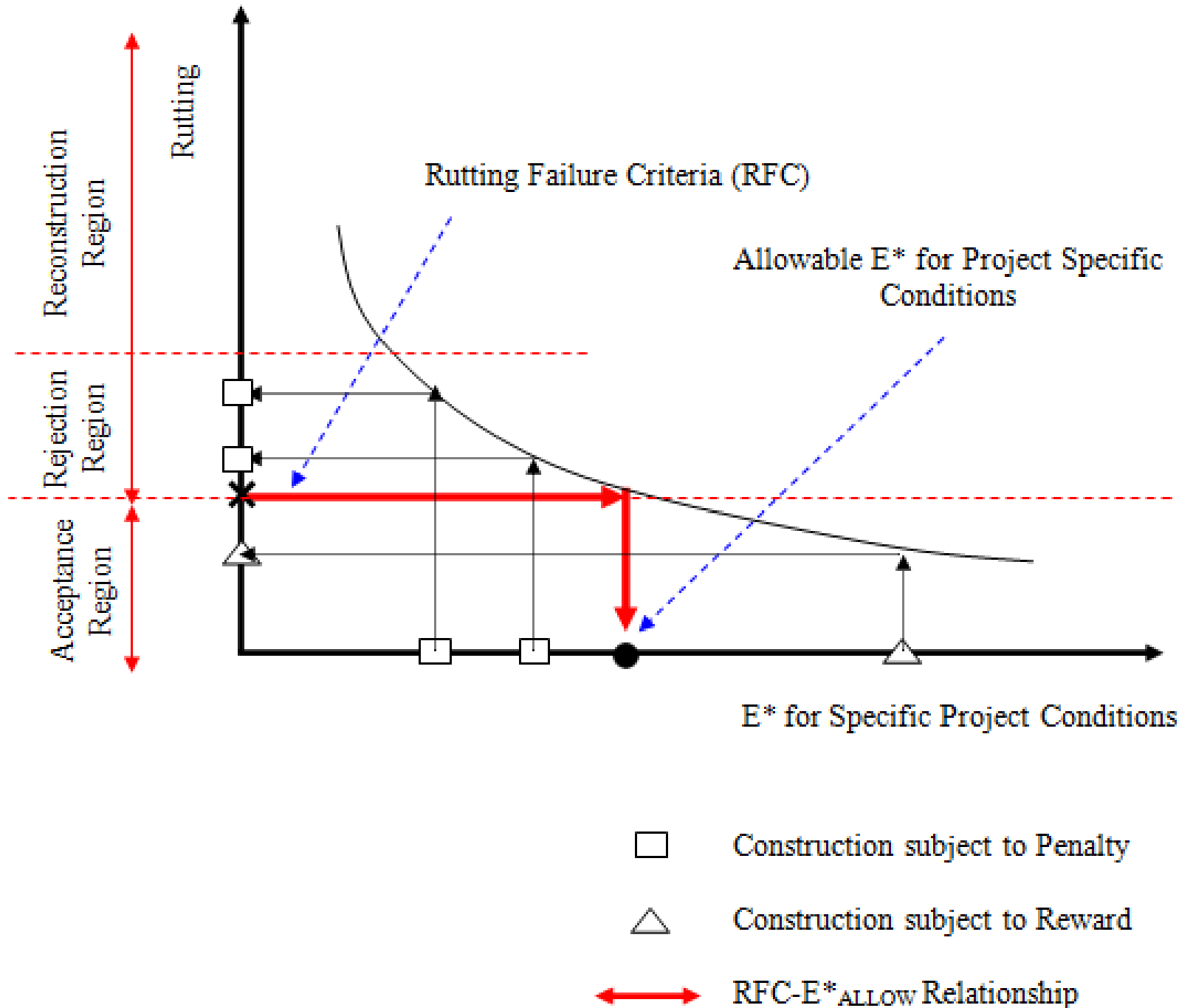




# RELACIÓN $E^*$ vs. AHUELLAMIENTO



# APLICACIÓN DEL E\*





**PRS:** especificación de Aceptación de Calidad (QA) basados en la correlación de propiedades fundamentales del material con el comportamiento

Si la especificación no deriva de una relación con el comportamiento, entonces...

*¿qué sentido tiene?*

# NCHRP

## REPORT 704

NATIONAL  
COOPERATIVE  
HIGHWAY  
RESEARCH  
PROGRAM

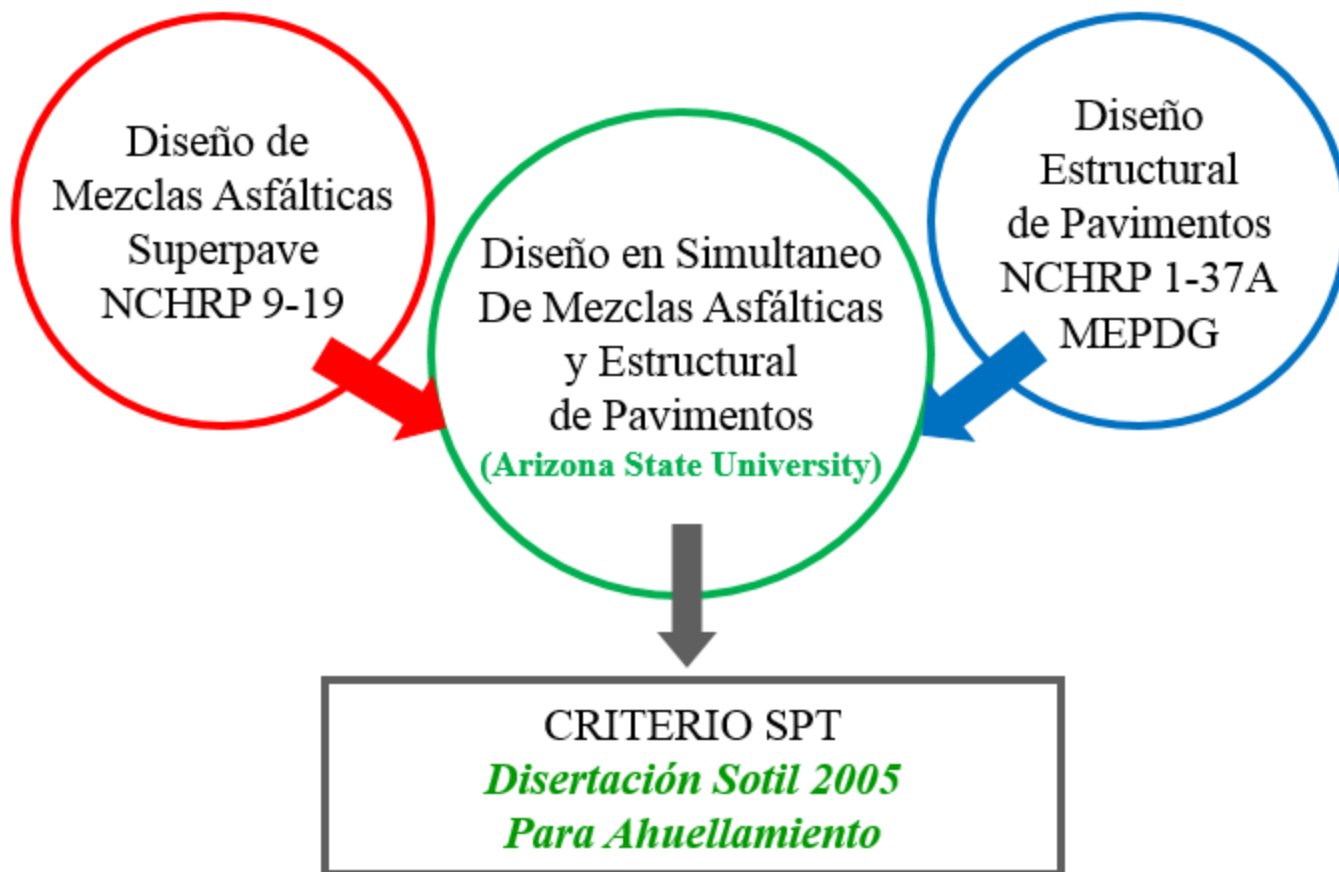
**A Performance-Related  
Specification for  
Hot-Mixed Asphalt**

*Reporte publicado  
en 2011*

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD  
OF THE NATIONAL ACADEMIES



# INTEGRACIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON DISEÑO DE ESTRUCTURA





# MEPDG y QRSS

- *Arizona State University* continuó el trabajo y extendió las predicciones del MEPDG en versión MS Excel para:
  - Ahuellamiento (Sotil, 2005)
  - Agrietamiento por Fatiga (NCHRP Report 704, 2011)
  - Agrietamiento Térmico (NCHRP Report 704, 2011)
  - IRI (NCHRP Report 704, 2011)
- En Abril 2006 se decidió modificar la presentación en MS Excel para un programa propio en versión MS Windows denominado:  
**Quality-Related Specification Software (QRSS) o  
Software de Especificaciones Relacionadas con la Calidad**



# Quality Related Specification

File Edit Project Help



Project Name: Kaiser Springs  
Project ID:  
Date of Analysis: 07/14/2009  
Operator: KSW  
Mode: Pay Performance Factors

- Includes
  - ✓ Traffic
  - ✓ Structure
  - ✓ Climate
  - ✓ Limits
  - ✓ Mix Design
  - ✓ Pay Factors
  - ✗ Job Mix Formula Solution
  - ✓ QA QC

Agency:   
Project ID:   
Project Name:   
Date of Analysis:   
Operator's Name:

Mode  
 Mix Design  
 Pay Performance Factors



**Material Properties**

**Design Volumetrics**

Air Voids (%)

Asphalt Content by Weight (%)

**Binder Characteristics**

Binder Type

Direct Input (A and VTS)

A (RTFD)

VTS (RTFD)

G<sub>b</sub>

**Target In-Situ Volumetrics**

Air Voids - V<sub>a</sub> (%)

G<sub>sb</sub>

G<sub>mm</sub>

Bulk Density - G<sub>mb</sub>

Asphalt Content by Weight (%)

Effective Binder Content by Volume - V<sub>beff</sub> (%)

VMA (%)

VFA (%)

* Sieve	% Passing
1 1/2 "	100
1 "	100
* 3/4 "	92
1/2 "	
* 3/8 "	53
* #4	34
#8	
#10	
#16	
#30	
#40	
#50	
#100	
* #200	4.1

\* Required Field

OK Cancel



# Quality Related Specification

File Edit Project Help



Project Name: Kaiser Springs  
Project ID:  
Date of Analysis: 07/14/2009  
Operator: KSW

- Inputs
  - Traffic
  - Structure
  - Climate
  - Limits
  - Mix Design
  - Pay Factors
  - Job Mix Formula Sol.
  - QA WQC

## Positioning

Longitude (degrees.mins): -113.660  
Latitude (degrees.mins): 35.160  
Elevation (ft): 3387

Import .icm    Approx. Climate

Mean Annual Air Temp. (F) 62.67  
Mean Monthly Air Temp. St. Dev. (F) 15.52  
Mean Annual Wind Speed (mph) 8.19  
Mean Annual Sunshine (%) 89.94  
Annual Cum. Rainfall Depth (in) 8.39

Export .icm

- AL, TUSCALOOSA | TUSCALOOSA MUNI OF
- AR, BLYTHEVILLE | BLYTHEVILLE MUNI AI
- AR, EL DORADO | S. AR RGNL AT GDWIN I
- AR, FAYETTEVILLE | DRAKE FIELD AIRPOF
- AR, FAYETTEVILLE/SPRINGDALE | NW AR
- AR, FORT SMITH | FORT SMITH REGIONAL
- AR, HARRISON | BOONE COUNTY AIRPOR
- AR, HOT SPRINGS | MEMORIAL FIELD AIRI
- AR, JONESBORO | JONESBORO MUNICIPA
- AR, LITTLE ROCK | ADAMS FIELD AIRPOR
- AR, MONTICELLO | MONTCELO MUNIVELLI
- AR, MOUNT IDA | MOUNT IDA
- AR, MOUNTAIN HOME | BAXTER CO REGIC
- AR, PINE BLUFF | GRIDER FIELD AIRPORT
- AR, RUSSELLVILLE | MUNICIPAL AIRPORT
- AR, TEXARKANA | TXARKNA RGNL WEBB F
- AR, WEST MEMPHIS | WEST MEMPHIS ML
- AZ, DOUGLAS BISBEE | BISBEE DOUGLAS
- AZ, FLAGSTAFF | FLAGSTAFF PULLIAM AIF
- AZ, GRAND CANYON | GRAND CANYON N/
- AZ, KINGMAN | KINGMAN AIRPORT

Select Station





## Quality Related Specification

File Edit Project Help



Project Name: Kaiser Springs

Project ID:

Date of Analysis: 07/14/2009

Operator: KSW

- Inputs
  - Traffic
  - Structure
  - Climate
  - Limits
  - Mix Design
  - Pay Factors
  - Job Mix Formula Sol.
  - QA & QC

### Average Allowable Distress Values

AC Rutting (in):

Fatigue Cracking (%):

Thermal Fracture (ft/mile):

# PRODUCTO FINAL DEL QRSS

El software determina los bonos o penalidades a ser aplicados a los contratistas según la predicción de comportamiento que viene del MEPDG y el resultado del E\* (Superpave)

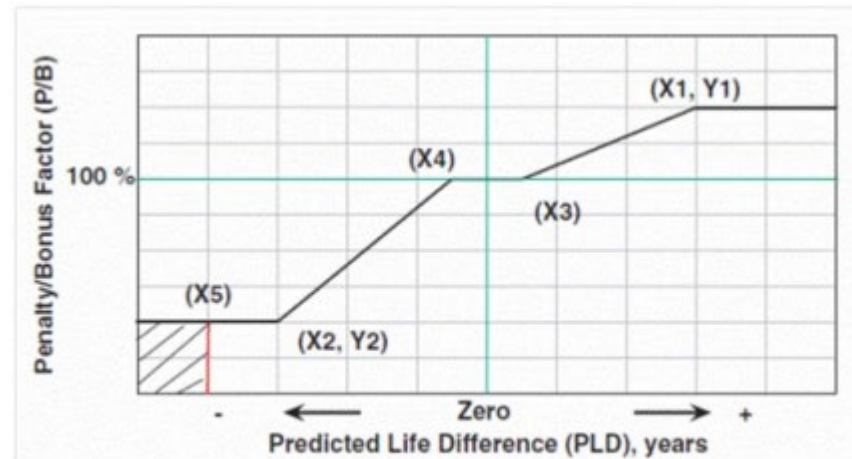
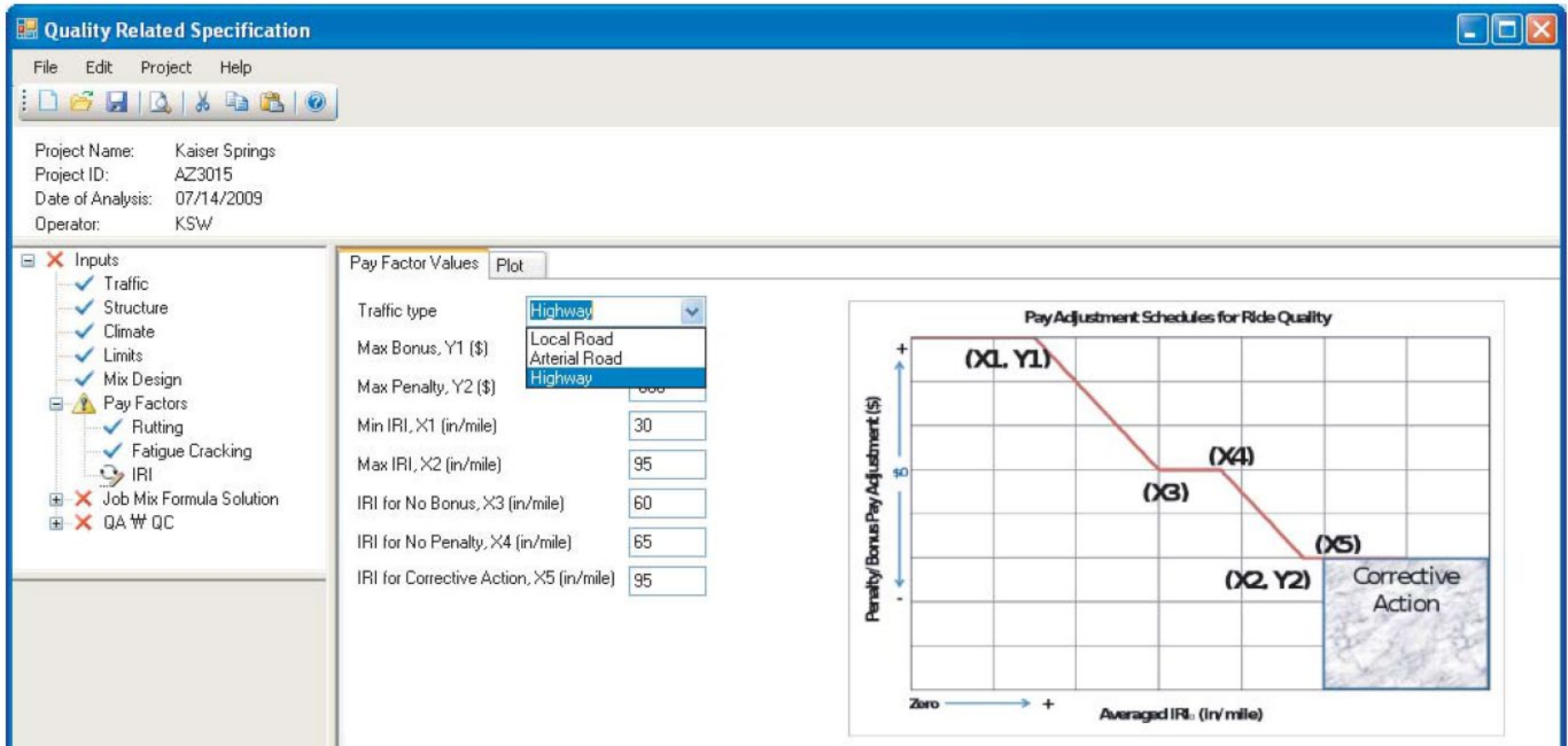


Figure 2.1: Pay adjustment versus PLD relationship for rut and fatigue-cracking (after El-Basyouny and Jeong, 2010)



# PRODUCTO FINAL DEL QRSS - IRI





# MEPDG Y QRSS

- Esto se presentó originalmente en 2005 (ahuellamiento) y se completó en 2011...
- Diseño y control de calidad basado en Predicción del Comportamiento nos permitirá tener pavimentos más duraderos
  - Menores costos de mantenimiento
  - Menores tiempos de mantenimiento
- Así se podrá aumentar con mayor confianza la cantidad de kilómetros de carretera a pavimentar
- **Al menos en Perú tenemos casi 250,000 km por pavimentar**



# ¿QUÉ NECESITAMOS LOS PAÍSES LATINOAMERICANOS?

- Decisión y un Planeamiento Estratégico
  - Costa Rica decidió hace 15 años
  - Colombia esta avanzando en los últimos 10 años
  - Brasil tiene sus propios avances, México está retomando el camino con nuevas generaciones
  - Nosotros... ¿Perú? ¿Paraguay?
- ¿Ir a MEPDG y Superpave?... No necesariamente, pero si tenemos que llegar a una comprensión fundamental de los datos de entrada de diseño



## ***PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO***

- Participantes
  - MTC, MVCS y MEF; CONCYTEC; INACAL
  - Empresas Constructoras y Diseñadoras
  - Empresas Proveedoras de Materiales
  - Universidades Públicas y Privadas

- Objetivo

***Buscar la mejora de la calidad de vida de los peruanos y de nuestra competitividad como país a través de nuestras vías rurales y urbanas.***



## *PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO*

- Tareas Pendientes (1)
  - Caracterizar los materiales y suelos **peruanos** con indicadores técnicamente confiables, objetivos y actualizados.
  - Caracterizar las condiciones externas **peruanas** (clima y tráfico) en forma estandarizada y replicable.
  - Caracterizar el comportamiento típico de **nuestros** pavimentos pavimentados (flexible, semirígidos, rígidos), y no pavimentados.




## ***PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO***

- Tareas Pendientes (1)
  - Capacitar a los jóvenes profesionales y los docentes universitarios en las mejores universidades del mundo
  - Implementar laboratorios de caracterización avanzada en la capital y principales regiones del país, en una relación entre universidad, organismos públicos y privados





## *PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO*

- Tareas Pendientes (2)
    - Entendiendo los materiales y suelos, clima y tráfico (INPUT), y comportamiento peruanos (OUTPUT)...
- 
- Con la gente capacitada y laboratorios implementados, desarrollar modelos propios y/o Calibrar modelos importados que enlacen el input y el output de manera estadísticamente confiable.



## ***PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO***

- Tareas Pendientes (3)
  - Diseñar y Construir con Nuevas Metodologías
  - Validar modelos
  - Mejoramiento continuo



## *PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO*

- ¿Estamos listos?
  - Recursos económicos
  - Tecnología / Laboratorios
  - Capital Humano
- Los dos primeros se pueden conseguir, pero la sostenibilidad viene del *Capital Humano*

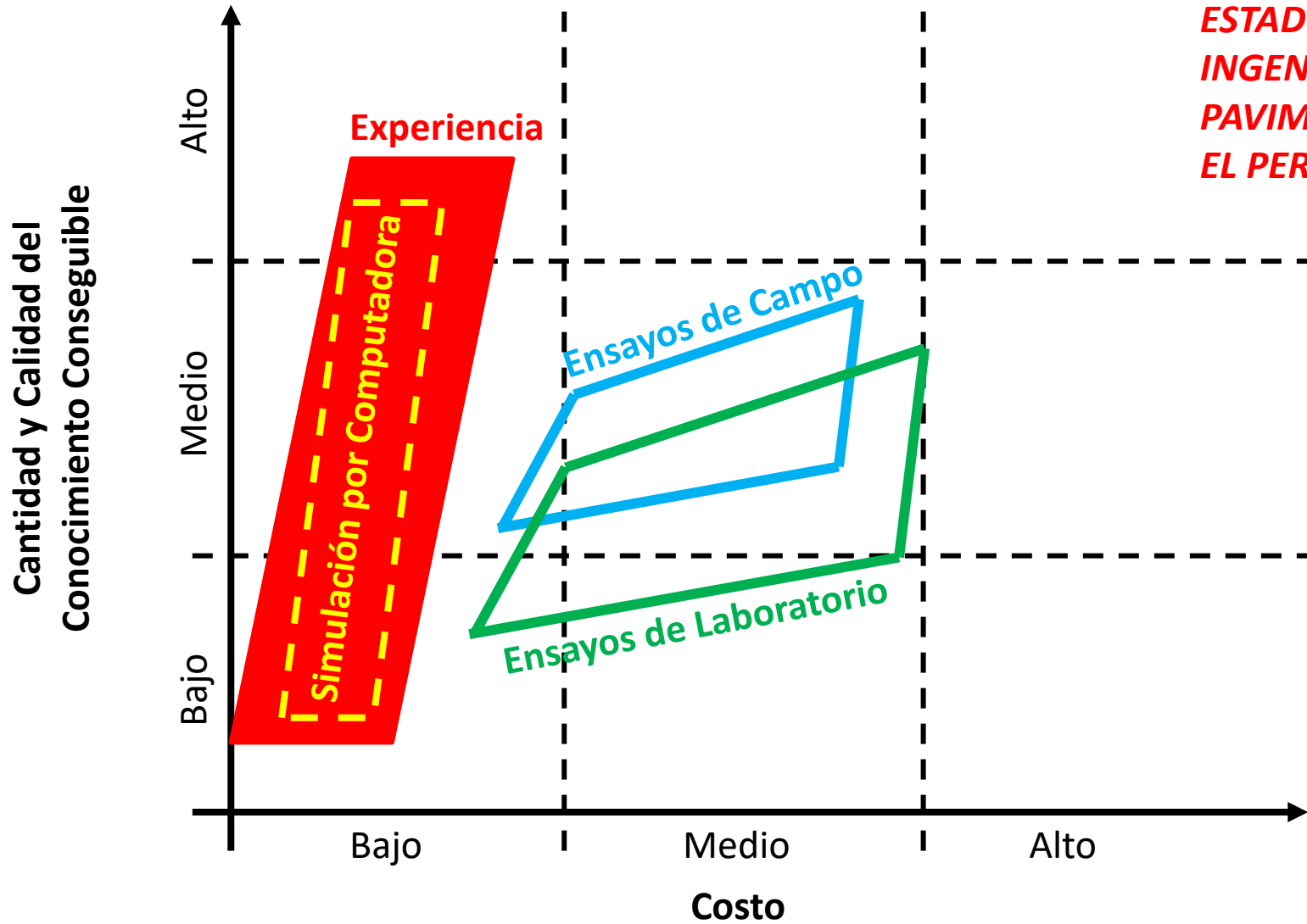




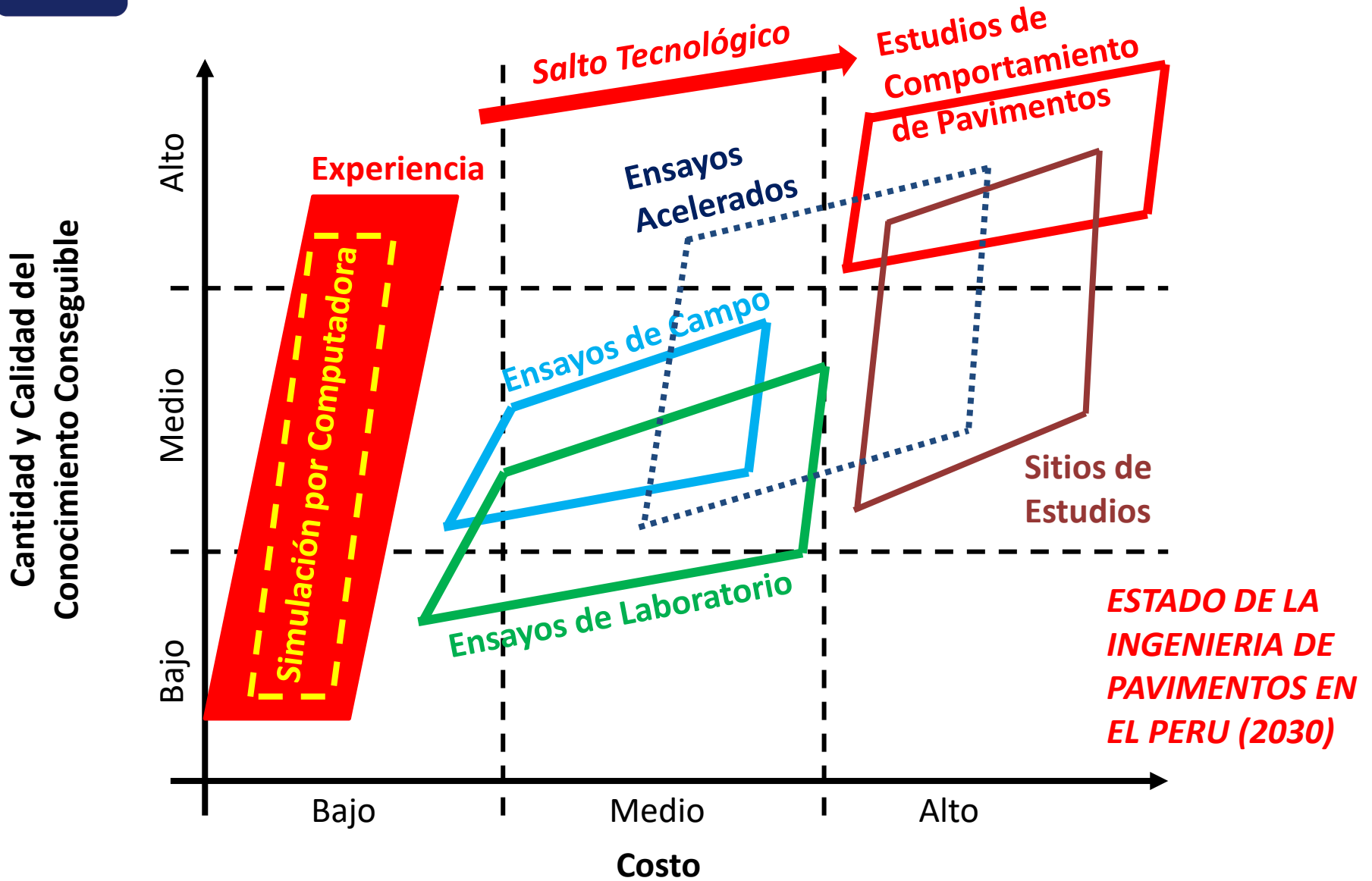
# Capital Humano

**8 Ph D**  
**16 M Sc**  
**Graduados de:**





**ESTADO DE LA INGENIERIA DE PAVIMENTOS EN EL PERU (2016)**





## *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*

CONOCER



CONTROLAR



MEJORAR

**1) 2016-2021:** Conocer materiales y datos de entrada, capacitar jóvenes ingenieros de pavimentos y actuales docentes universitarios

**2) 2021-2030:** Conocer comportamiento de pavimentos en forma acelerada y acumular datos en escala real

**3) 2030-2050:** Controlar y Mejorar



***MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN***

¿Preguntas?

asotil@usil.edu.pe (email)

profandressotil@hotmail.com (email)

Ing Andres Sotil (fb)