



Desarrollos Recientes en Tecnologías Aplicadas a la Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Ing. César A. Constantino, Ph.D.
Director Corporativo – Procesos y Calidad



Ciudad de México
Centro Banamex
14 de octubre de 2009





Contenido

- Introducción
 - Nuestra Industria... Hoy...
 - Especificaciones por Desempeño
- Tecnologías Aplicadas
 - BASF Green SenseSM
 - iCRETE[®]
 - NIST VCCTL
 - TEKLA - BIM
- Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto
- Resumen

Agradecimientos





Introducción





Nuestra Industria... Hoy...



¿Calentamiento?





Nuestra Industria... Hoy...



¿Enfriamiento?





Nuestra Industria... Hoy...



Sustentabilidad



Significa... ¡Más Concreto!





Nuestra Industria... Hoy...

Webconference

Sostenibilidad en la construcción industrializada

Conferencista:

Fernando Mayagoitia Witron.

Consultor experto en temas de construcción masiva, sostenibilidad e industrialización. Fundador de Lean House Consulting de México, ha sido conferencista en múltiples foros internacionales sobre vivienda industrializada y sostenibilidad. Fue Gerente técnico de Urbi Construcciones en la mayor etapa de crecimiento de esta empresa hasta llegar a ser la segunda desarrolladora de vivienda en el país azteca.

Ciudad de origen: **México D.F, México**

Fecha: 2 de abril de 2009
Hora: 09:00h (Hora de Bogotá, Colombia – GMT-5h)
Idioma: Español
Duración aproximada: 1,5 horas
Sistema de sonido: VoIP





Nuestra Industria... Hoy...

- XVII Jornadas Chilenas del Hormigón
 - Escuela de Ingeniería en Construcción, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad Central



- **Hormigones para el futuro**

- ◆ Nano tecnologías
- ◆ Hormigones sustentables
- ◆ Innovación en prefabricación
- ◆ y otros ...

- **Gestión de calidad del hormigón**

- ◆ Calidad de Mezclas
- ◆ Calidad de la construcción
- ◆ Tecnologías de colocación
- ◆ y otros ...

- **Durabilidad en hormigón armado**

- ◆ Corrosión
- ◆ Aceros especiales
- ◆ Ataques de sales
- ◆ y otros ...





Nuestra Industria... Hoy...

- Diseño “verde”

- Prácticas de diseño y construcción con el objetivo de **reducir** en gran medida o **eliminar** ciertos **impactos** negativos de las edificaciones sobre el medio ambiente y sus ocupantes

- Emplazamiento sostenible
- Protección y eficiencia del agua
- Eficiencia energética y energía renovable
- Conservación de materiales y recursos naturales
- Calidad ambiental interior



Consejo de Construcción Verde de los Estados Unidos





Nuestra Industria... Hoy...



Draft 7.3
Nov 14, 2008

CONCRETE SUSTAINABILITY

A VISION FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION WITH CONCRETE IN NORTH AMERICA

Initiated by the Strategic Development Council (SDC), this document is the result of efforts by a diverse group of concrete industry volunteers who have contributed their time and experience throughout 2007 and 2008. The SDC also thanks the many Concrete and Masonry-Related Associations (CAMRA) who supported the SDC's efforts with financial and in-kind support (a list of those supporters can be found at www.concretesdc.org).

Without a renewed mandate or additional financial resources from the concrete industry, this initiative is on hold. However, this document is made available to be used in whole or in part by the various segments of the concrete community as they seek to construct a vision and plan of action for their own unique segments. In using the material and background information from these documents, the SDC trusts that individuals or organizations will acknowledge the source and their use of such information and the leadership of the SDC as part of this effort.

The Strategic Development Council, again, thanks all who participated in this effort.

November 14, 2008

Learn more at www.concretesdc.org

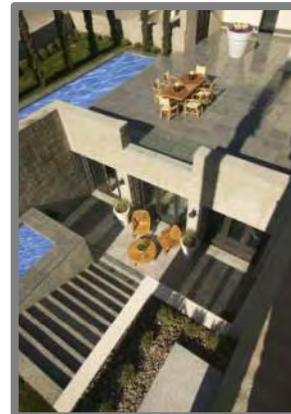
www.concretesdc.org



Agregados de Concreto Reciclado



Pavimento Permeable



Residencia Modelo
Home Energy Rating = 90
ENERGY STAR® > 86



Sistema ICF
Formaleta Aislante para
Encofrado de Concreto



Materiales Cementantes
Suplementarios





Nuestra Industria... Hoy...





Nuestra Industria... Hoy...



American Shotcrete Association	American Society of Concrete Contractors	Architectural Precast Association	Cast Stone Institute	Concrete Reinforcing Steel Institute	Concrete Sawing & Drilling Association	Concrete Foundations Association	Interlocking Concrete Pavement Institute
National Concrete Masonry Association	National Precast Concrete Association	Post-Tensioning Institute	Precast / Prestressed Concrete Institute	RMC Research and Education Foundation	Silica Fume Association	Tile Roofing Institute	Tilt-Up Concrete Association



Joint Sustainability Initiative Iniciativa Conjunta para Sustentabilidad

www.concretejsi.net





Nuestra Industria... Hoy...



¿Cuál Es Nuestra Imagen?





Nuestra Industria... Hoy...

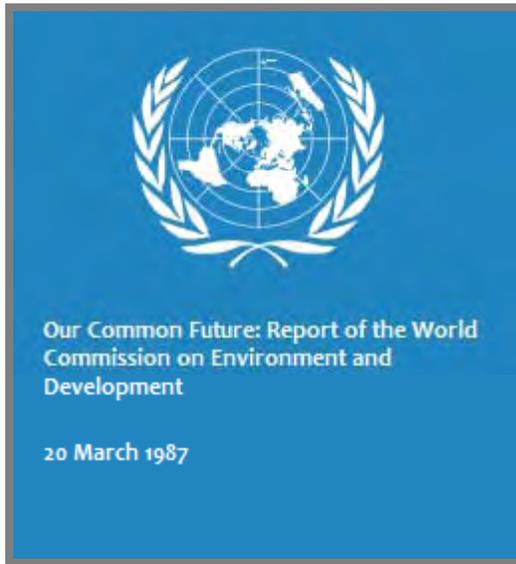


Amigos para el Cambio
11 de julio de 2009

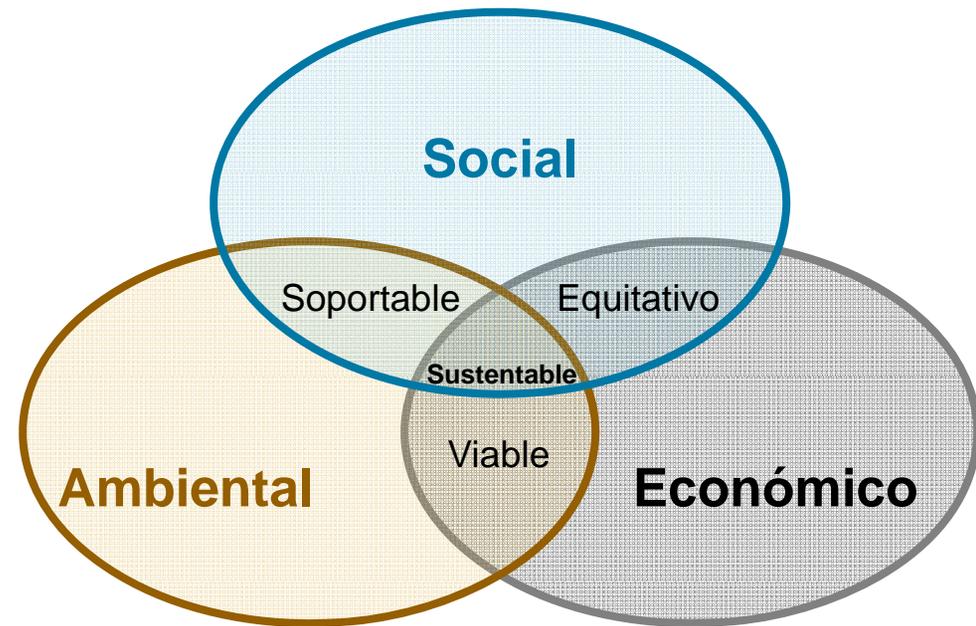
The screenshot shows the Disney Friends for Change website interface. At the top, there is a navigation bar with links for Games, Videos, My Page, Characters, Movies, TV, Music, Live Events, Parks, Store, and For You. A search bar is located on the right. The main content area features several interactive elements: a 'PLUGGED IN AND UNPLUG' pledge banner, a 'Which project will get YOUR VOTE?' poll, a 'Send It On' button for sharing ideas, a video player for 'Friends for Change', and a 'My PLEDGES' section with categories for CLIMATE, WATER, WASTE, and HABITAT. Each category has a 'PLEDGE NOW!' button and a start date. A 'GET READY!' button is also present. The footer contains copyright information, the Disney.com logo, and links for Guest Services/Help, Site Map, Privacy Policy, and Terms of Use.



Nuestra Industria... Hoy...



La Comisión Brundtland



Desarrollo Sustentable

... El concepto de desarrollo sustentable enfoca su atención en encontrar estrategias para promover el desarrollo económico y social mediante vías que evitan la degradación ambiental, sobreexplotación, o contaminación ...





Nuestra Industria... Hoy...

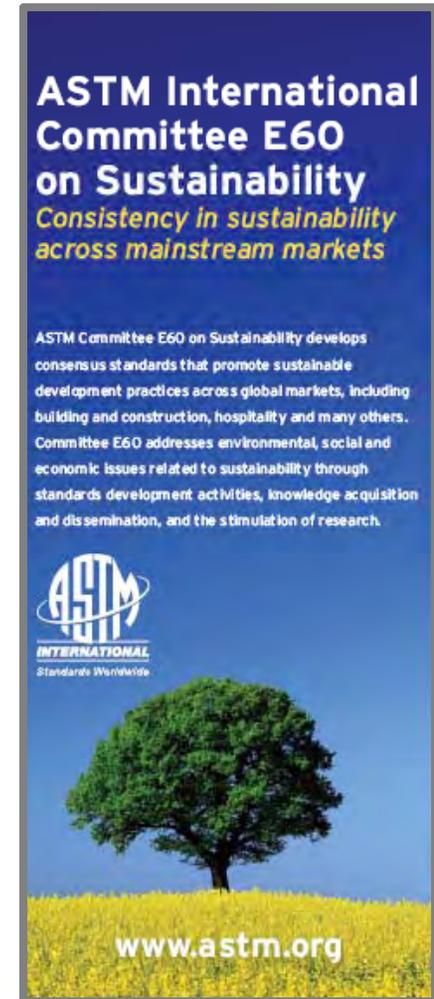
- Reconocimientos globales por esfuerzos en favor de la sustentabilidad, entre otros:





Nuestra Industria... Hoy...

- ASTM
 - ASTM E 2432 Standard Guide for General Principles of Sustainability Relative to Buildings
 - E1991 Standard Guide for Environmental Life Cycle Analysis of Buildings
 - WK 24444 Environmentally Preferable Products for Buildings and Construction

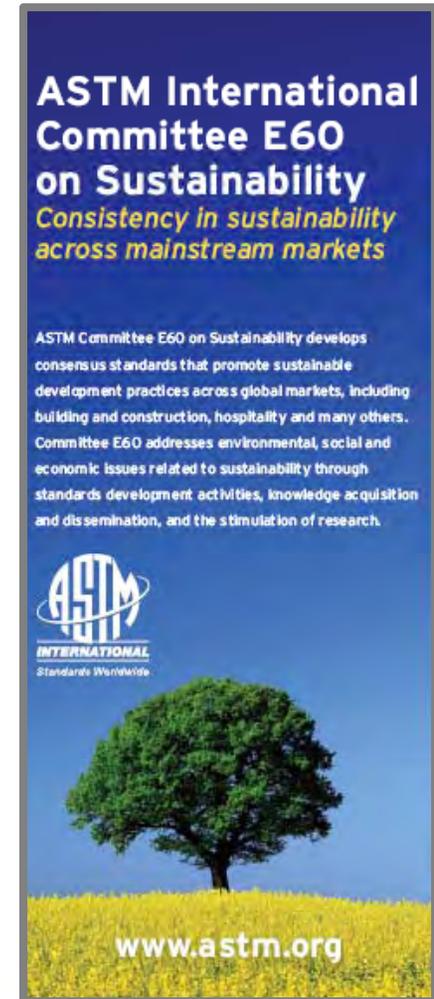




Nuestra Industria... Hoy...

- ASTM

- WK 22056 Standard Practice for the Evaluation and Selection of Hotel and Meeting Accommodations related to meetings, events, conferences, conventions and trade shows





Nuestra Industria... Hoy...

- Concepto de Factor de **Sustentabilidad** para el Concreto

- $S_C = S_{CM} + S_{CP} + S_{CD}$

- Combustibles alternativos
 - Energía renovable / cogeneración
 - Materias primas para procesos
 - Uso de MCSs y reciclados
 - Conservación de agua
 - Diseño de mezclas
 - Otros...





Especificaciones por Desempeño

- Pregunta:
 - ¿Qué estamos haciendo todos y cada uno de nosotros al respecto?
 - Cada país
 - Asociaciones
 - Productores
 - Contratistas
 - Ingenieros y arquitectos
 - Entes reguladores
 - Medios de comunicación, etc.

Por ejemplo ...





Especificaciones por Desempeño

- $a/c \leq 0.40$
- Cemento $\geq 356 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia = 24 MPa
- No usar materiales cementantes suplementarios
- Granulometría 8-18
- Agregados no reactivos
- Cemento de bajo contenido de material alcalino
- Encogimiento $\leq 0.04\%$
- Asentamiento = $125 \pm 25 \text{ mm}$
- Tiempo de fraguado final = $4 \pm 0.5 \text{ Hr}$
- Temperatura $\leq 29^\circ\text{C}$
- Impermeable
- Sin grietas
- Sin alabeo
- Color uniforme

La prescripción de parámetros sugiere que la posibilidad cumplir todos los requisitos es cuestionable.





Especificaciones por Desempeño

- Estrategia
 - Promover el uso de especificaciones por desempeño como **alternativa** sobre el uso de especificaciones prescriptivas
 - “Partnering” de todos los involucrados
 - Aumentar la credibilidad en la industria
 - Incorporar P2P en normas técnicas y códigos
 - Desarrollar y aplicar nuevas tecnologías
 - Casos de estudio
 - Educar y promocionar





Especificaciones por Desempeño

Envira™

Pervious Concrete
A value-added solution from Titan America

Forma™

Fiber Reinforced Concrete
A value-added solution from Titan America



Optima®

Self-Consolidating Concrete
A value-added solution from Titan America





Tecnologías Aplicadas BASF Green SenseSM

www.basf-admixtures.com/en/products/greensense/Pages/default.aspx





BASF Green SenseSM



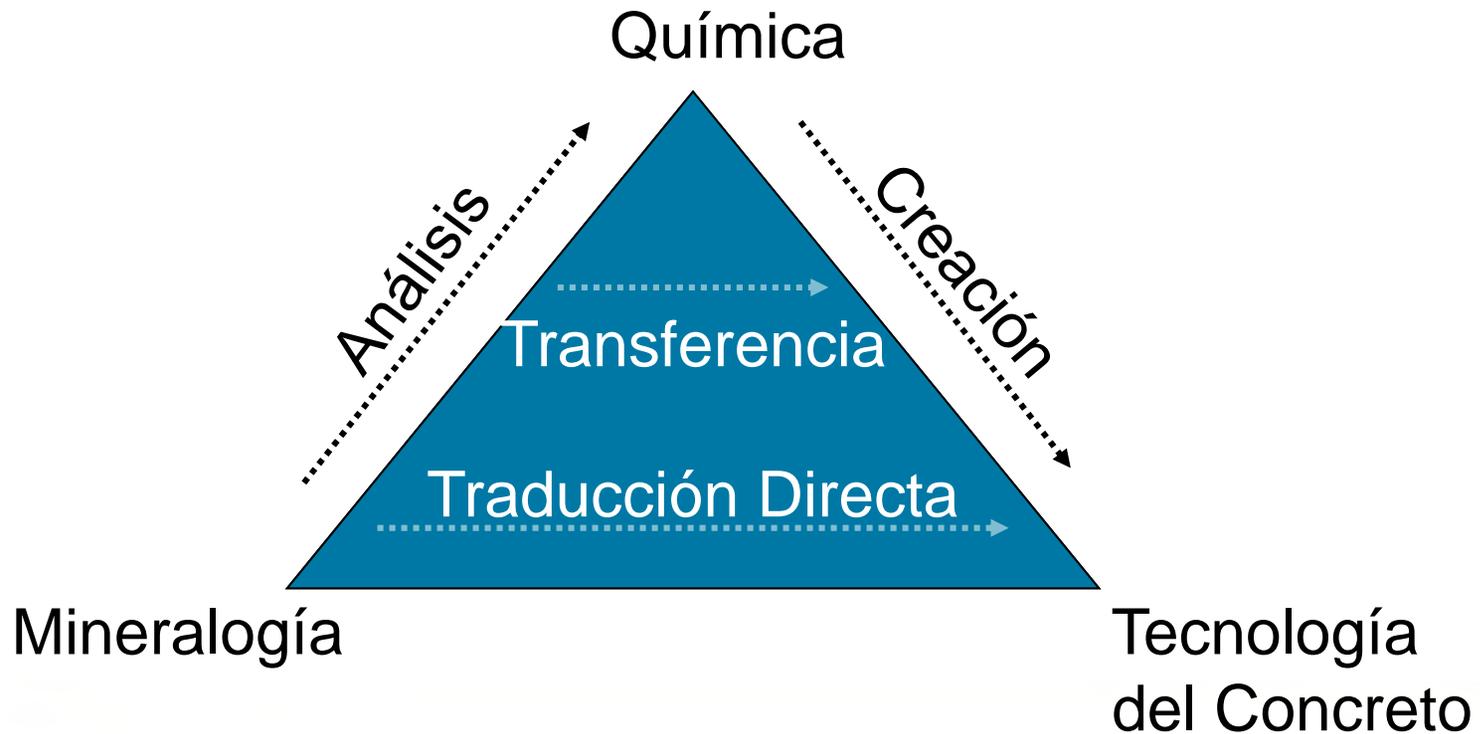
Concreto ecológicamente amigable, competitivo económicamente, y optimizado para incluir materiales cementantes suplementarios y/o “fillers” como caliza molida, entre otros, junto con aditivos químicos de tipo polycarboxilato para alcanzar o exceder los requisitos de desempeño.





BASF Green SenseSM

Ir a la vanguardia de la industria





BASF Green SenseSM



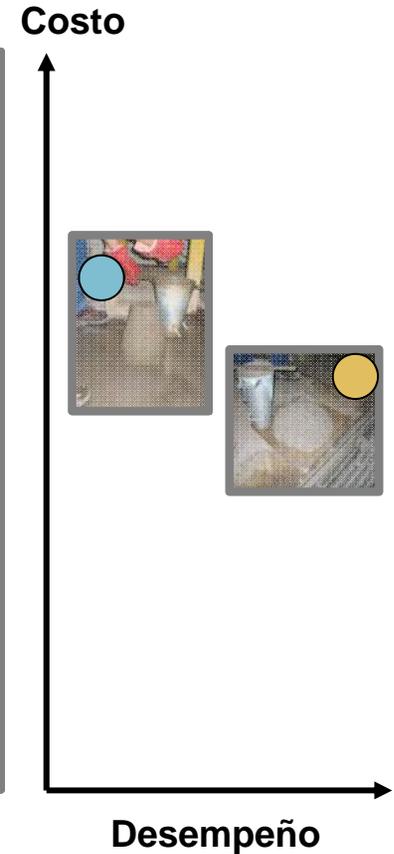
Concreto de Referencia
Revenimiento 4.0 plg. (100)

Convencional



Concreto Green SenseSM
Revenimiento de 8.5 plg. (200 mm)

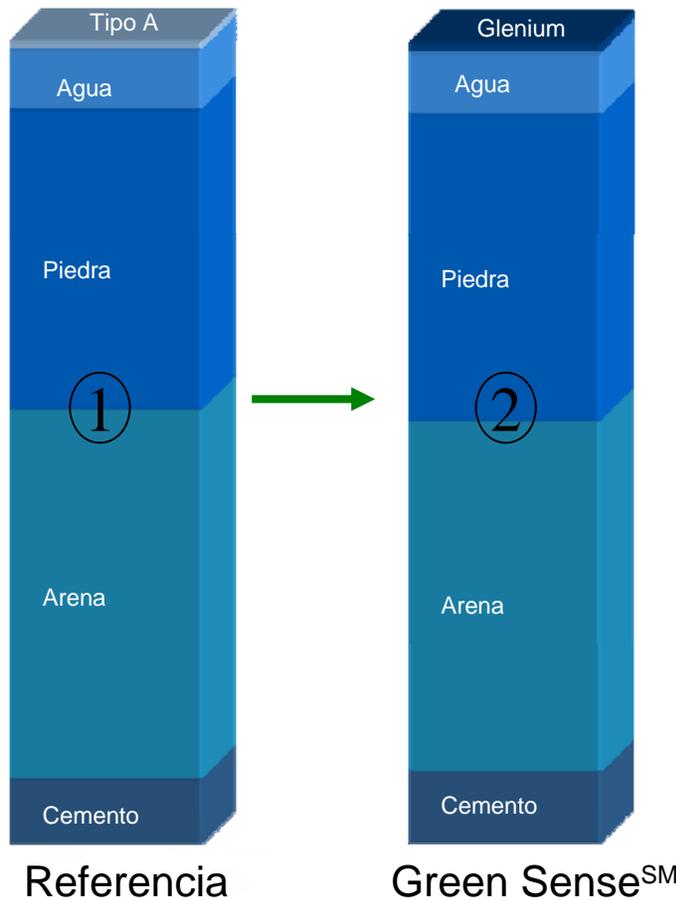
Tecnología Glenium



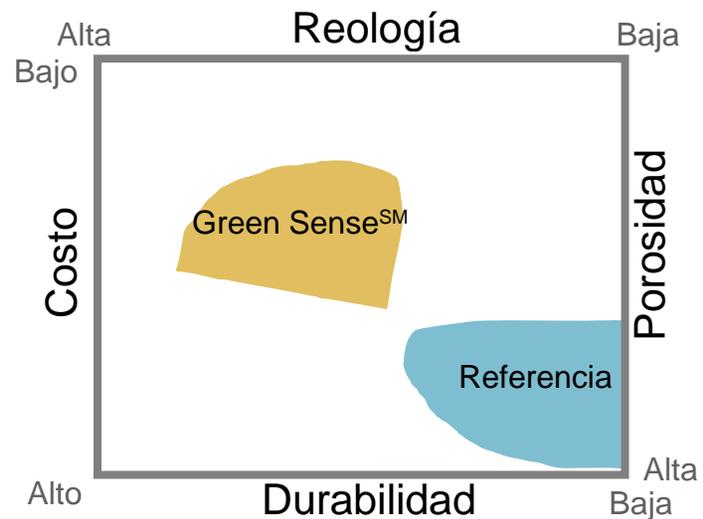


BASF Green SenseSM

Desempeño equivalente entre un concreto con cemento portland Tipo I y otro con cemento hidráulico mezclado (optimizado) utilizando aditivos Glenium.



	Revenimiento				Resistencia		
	5'	30'	60'	90'	1d	7d	28d
1	6	5	2.5	1.5	740	6090	7100
2	8.5	8.5	8	8	1015	4800	6800





BASF Green SenseSM

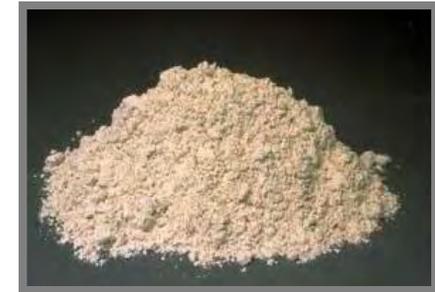
Materiales Usualmente Disponibles

Ejemplos de Adiciones

- Ceniza volante (Tipo F o C)
- Escorias
- Humo de sílice fuera de especificación
- Ceniza de cáscara de arroz
- Polvillo de caliza
- CKD
- Finos de agregados
- Polvo de vidrio
- Metacaolinita



Polvillo de Caliza



Polvillo de Granito



Ceniza Volante

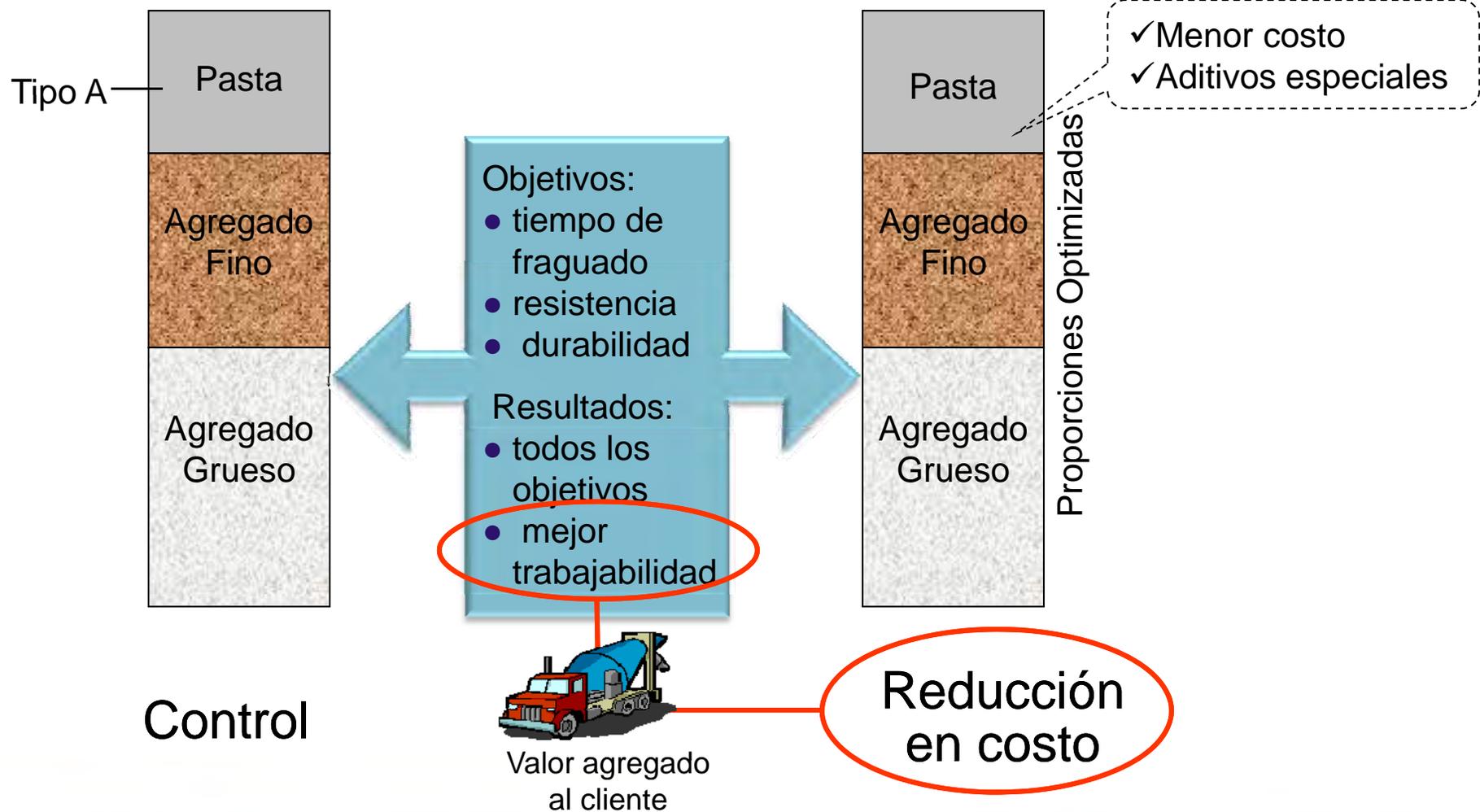


Escoria





BASF Green SenseSM





BASF Green SenseSM



Reducción de costo



Alto revenimiento



Descarga rápida



Celeridad en obra



Mejor trabajabilidad



Uso eficiente de cemento



Reducción de CO₂



Ahorros de energía



Eliminación de agua en obra



Uso de MCS o "filler"



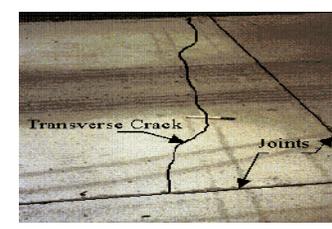
Reducción en porosidad



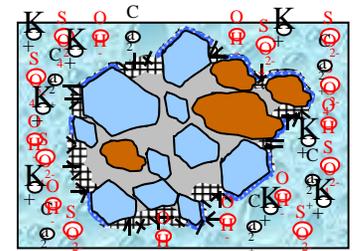
Reducción de carbonatación



Bajo encogimiento



Reducción de fisuras



Control del tiempo de fraguado



BASF Green SenseSM

- Consideraciones (en los EE.UU.)
 - Condiciones del mercado
 - Regulaciones y códigos de construcción
 - ACI 318
 - Límite de MCS en concreto expuesto a químicos para deshielo
 - Límite de a/mc en condiciones particulares
 - ACI 301
 - Según proyecto
 - » Contenido mínimo de material cementante en pisos de concreto

¿Aceptación de Green SenseSM?





BASF Green SenseSM

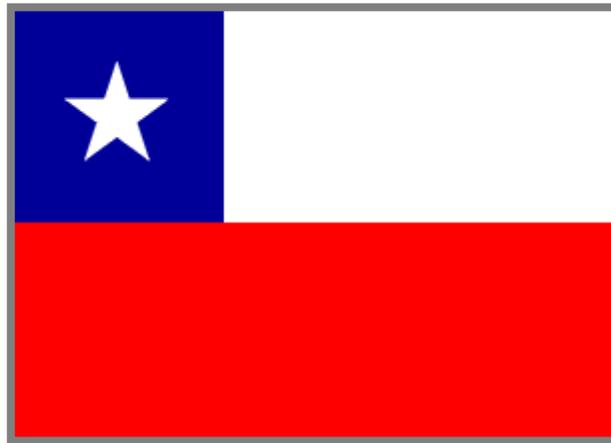
¿Aceptación de Green SenseSM?





BASF Green SenseSM

- Logros



Chile
- \$1.00



Brasil
- \$1.17

Ahorros en US \$/yd³





BASF Green SenseSM



Argentina



República Dominicana



Colombia



Puerto Rico



Perú



España



Grecia



Alemania



Venezuela



EE.UU.





BASF Green SenseSM

Customer XYZ		Months to Complete Testing											
Engineering Test List	BASF Selected	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Freeze-thaw durability per ASTM C 666	X												
Air-void parameters in hardened concrete per ASTM C 457	X												
Chloride resistance/salt scaling	X												
Flexural strength	X												
Drying shrinkage per ASTM C 157	X												
Abrasion resistance													
Permeability (RCP)	X												
Carbonation													
Water penetration	X												
Pore solution pH	X												
Sulfate resistance	X												
ASR per ASTM C1260	X												
Thaumasite sulfate attack													
Creep													
Pore size distribution (mercury porisimetry)	X												
Restrained shrinkage cracking per ASTM C 1581	X												
Compressive Strength	X												

Ensayos según

- Cliente
- Materiales
- Ubicación





BASF Green SenseSM



**Pensar
globalmente,
pero...
...actuar
localmente.**





Tecnologías Aplicadas iCRETE®

www.icrete.com



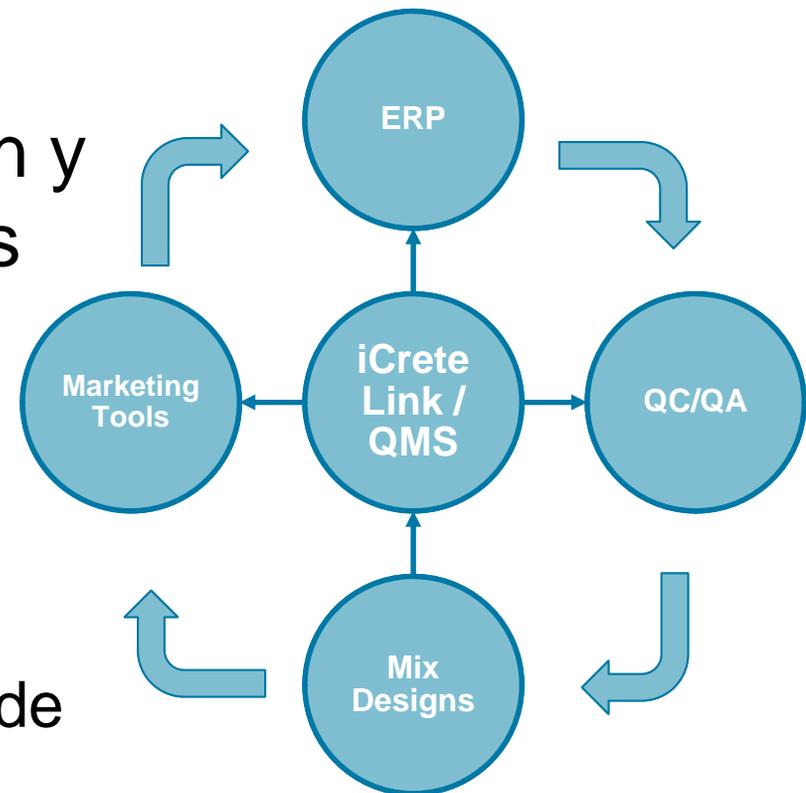


iCRETE®

- Empresa de vanguardia en tecnología del concreto

- Nueva visión: producción y tecnologías relacionadas

- Diseño de mezclas
- Ahorros
- Integración de módulos
- Sistema de control de calidad (QMS)
- Control y aseguramiento de calidad
- Mercadeo

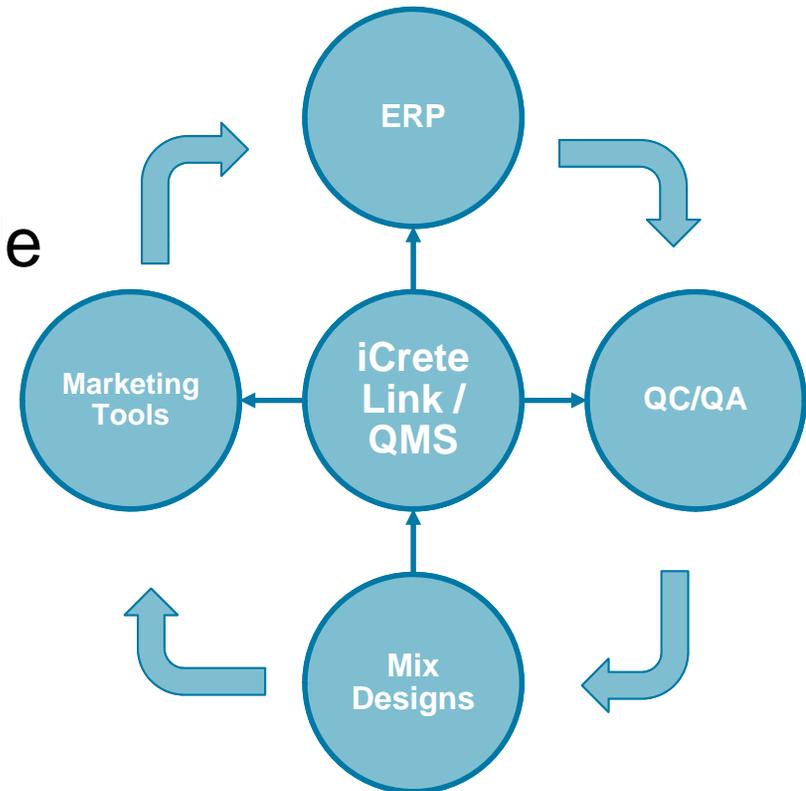




iCRETE®

¿Resultados?

- Concreto con
 - Mejor desempeño
 - Beneficios económicos
 - Ambientalmente amigable
- Diseños de mezcla según necesidades de
 - Trabajabilidad
 - Resistencia
 - Durabilidad
 - Otros...





iCRETE®

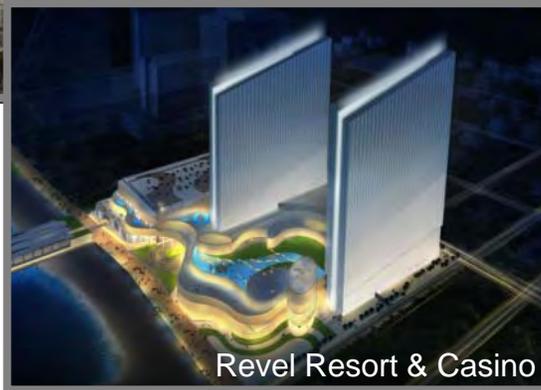
Freedom Tower



Beekman Tower



Eleven Times Square



Revel Resort & Casino

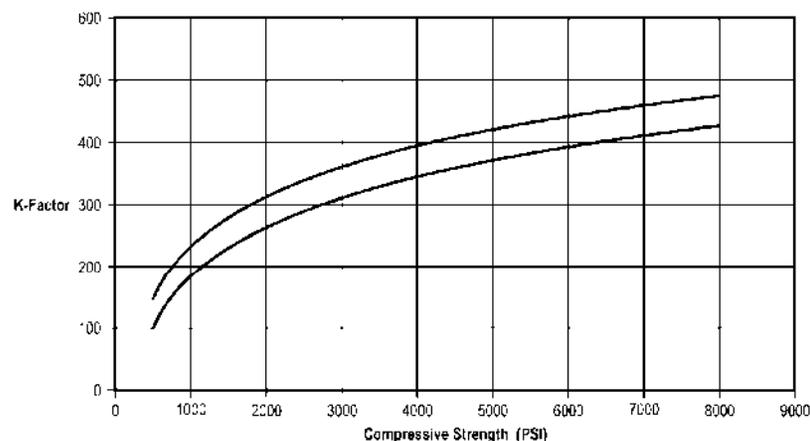
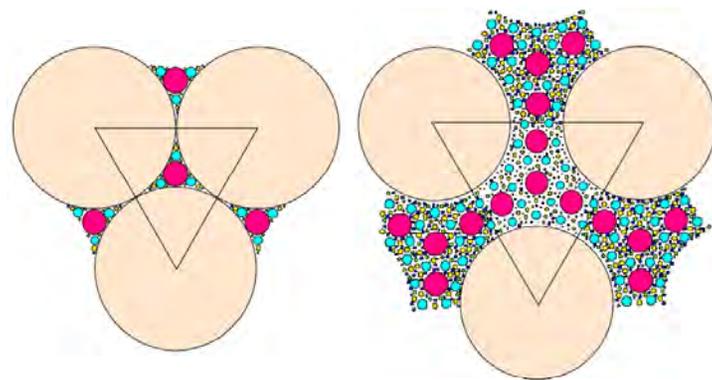


Photo: Joe Woolhead



iCRETE®

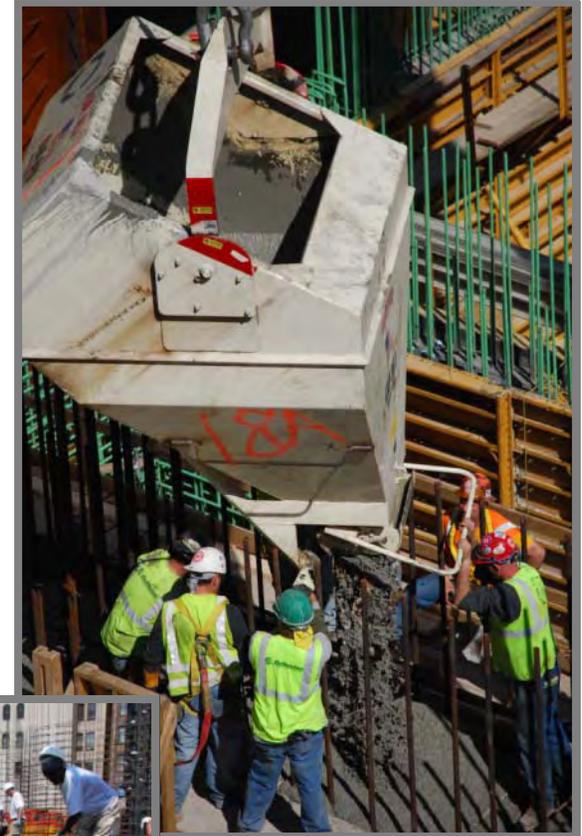
- Concepto de “packing” de partículas
- Factor “K” y ecuación de Feret (resistencia)
- Eficiencia y efectividad en el uso del cemento
- Caracterización de materiales
- Algoritmos para optimizar según características deseadas y el costo de la mezcla
- Control del contenido de agua en la mezcla





iCRETE®

- Ensayos de laboratorio
 - Resistencia a la compresión
 - Módulo de elasticidad
 - Permeabilidad
 - Encogimiento
 - Análisis del aire incluido
 - Hielo y deshielo

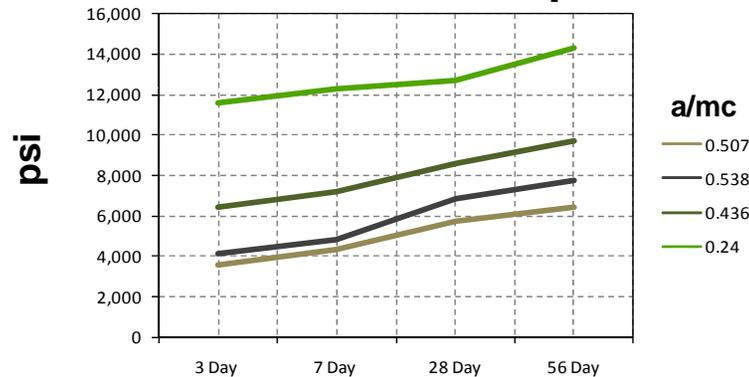




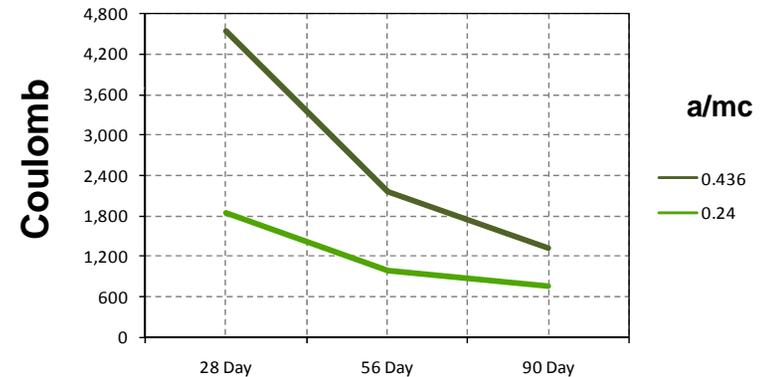
iCRETE®

- ✓ Cemento portland, ceniza volante, agregados calizos (arena triturada y MSA = 19 mm), y superplastificante, todos locales
- ✓ No se utilizó escoria ni humo de sílice en este caso específico

Resistencia a la Compresión



Durabilidad: "RCPT"



	Densidad Relativa	Absorción (%)	Fuente
Arena	2.61	3.3	Triturada
Piedra 19 mm	2.50	2.5	Caliza

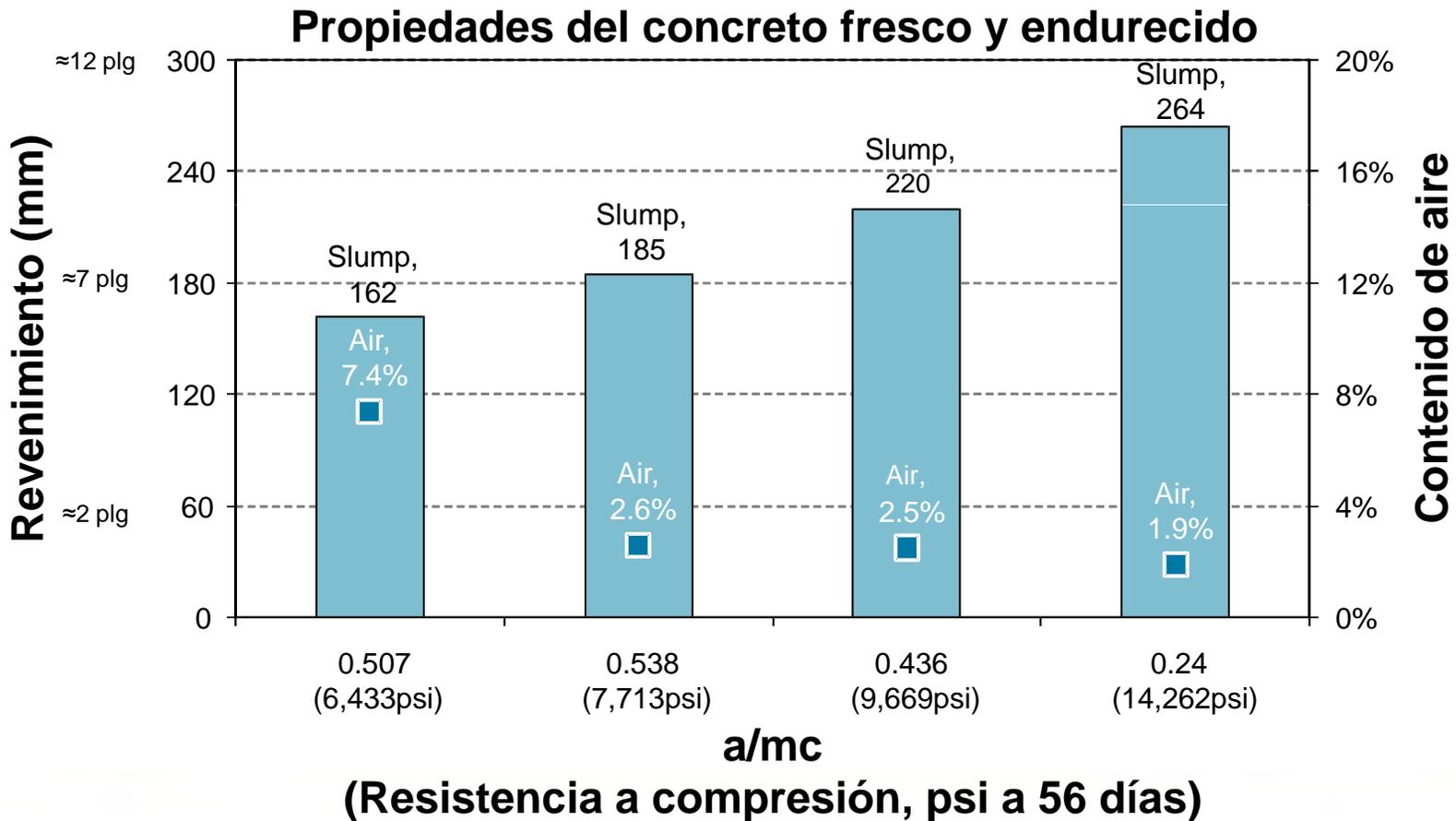
a/mc para cada mezcla	Regional Promedio	iCRETE®
4,000 psi A	0.48	0.51
4,000 psi SA	0.50	0.54
6,000 psi SA	0.39	0.44
12,000 psi SA	ND	0.24





iCRETE®

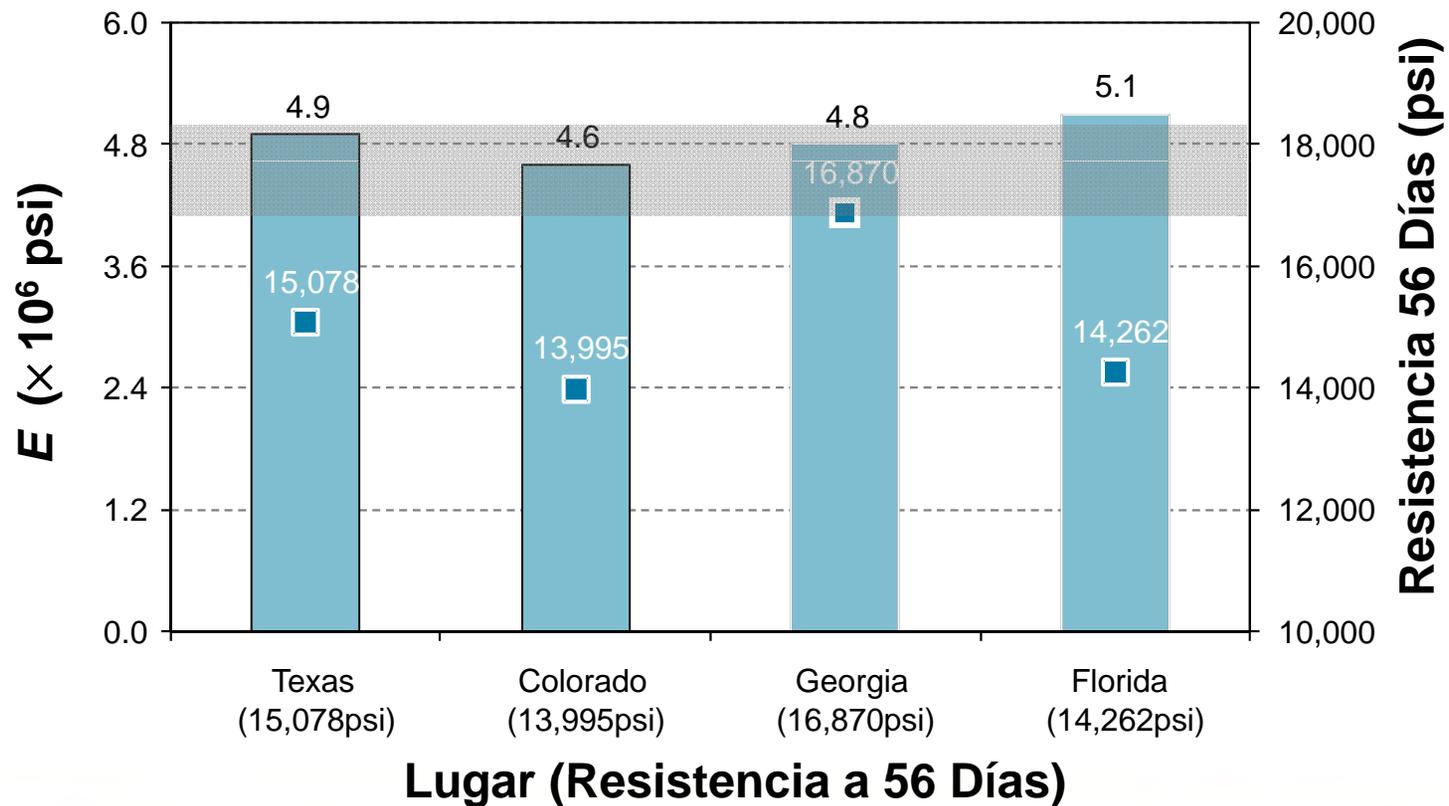
- ✓ Resultados al maximizar trabajabilidad y resistencia, cumpliendo con especificaciones y minimizando costos de materiales





iCRETE®

Módulo de Elasticidad a 28 Días $a/mc = 0.24$

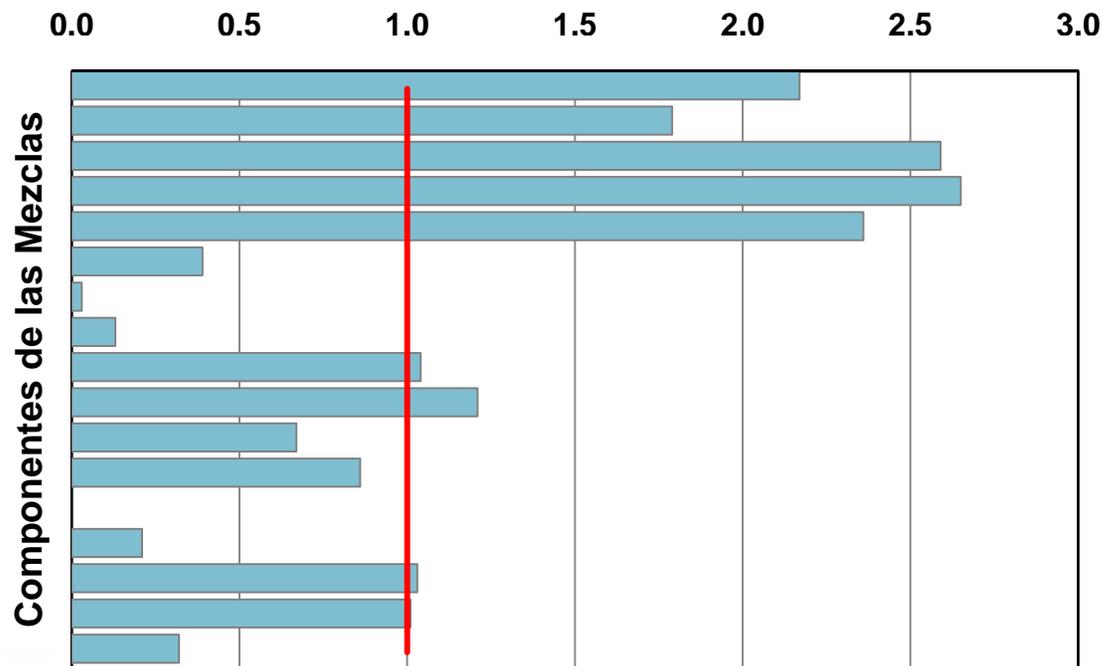




iCRETE®

- Análisis del desempeño de la planta
 - Herramienta para el proceso de producción

Gráfico Cpk



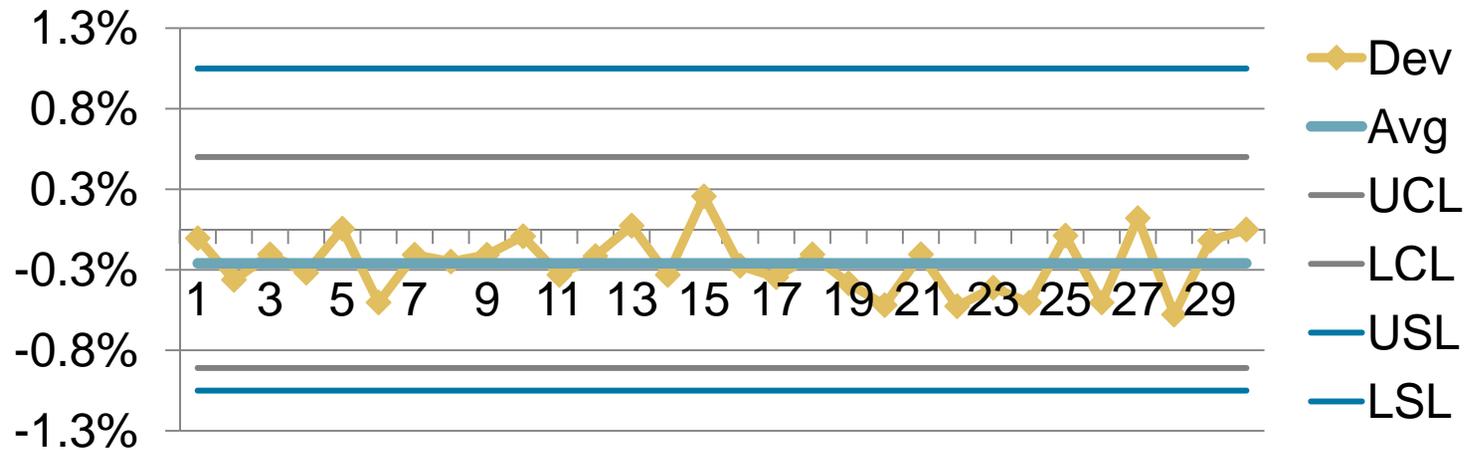
- Secuencia de carga de materiales causa diferencias en el desempeño de la planta
- Controlar la relación a/mc es clave para conseguir uniformidad en el desempeño del concreto





iCRETE®

Material X



- Consistentemente colocando material por debajo del parámetro establecido
- Variación del proceso dentro del rango de tolerancia
- $Cpk = 1.21$

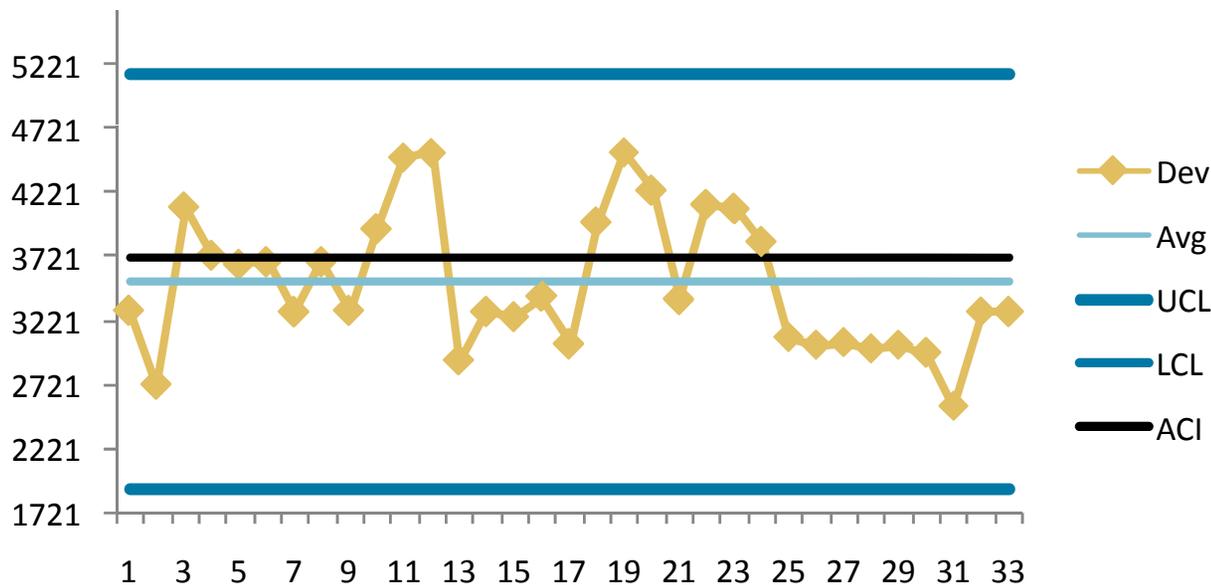
Material Name	###
Total Batches	###
Actual Material Used	###
Target Material Used	###
Batching Error	###
Total Batching Errors	###
Over Tolerance	###
Under Tolerance	###
Average Batching Error	###
Standard Deviation	###
Max Batching Error	###
Min Batching Error	###
Cost of Batching Error	###





iCRETE®

- Análisis del desempeño de la mezcla
 - Herramienta para el proceso de control de calidad



- LCL tan bajo sugiere posible resultado indicando baja resistencia

F'c	Count	St. Dev	ACI	Average	UCL	LCL
3000	33	538	3721	3526	5140	1912





iCRETE®

- Ahorros en caso particular (EE.UU.)
 - Resistencias bajas ($< 5,000$ psi):
 - \$0.52 a \$1.14 /yd³
 - Resistencias medias ($\geq 5,000$ psi; $\leq 8,000$ psi):
 - \$1.57 a \$8.36 /yd³





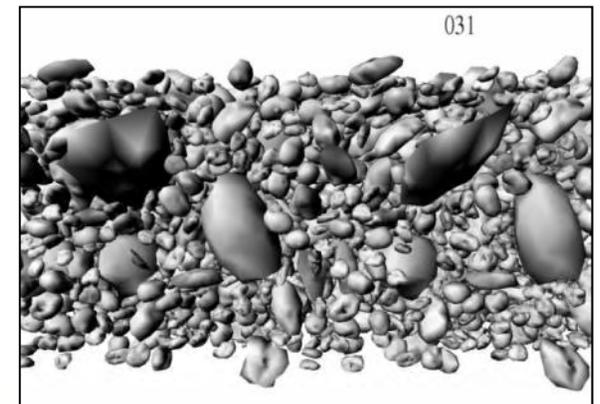
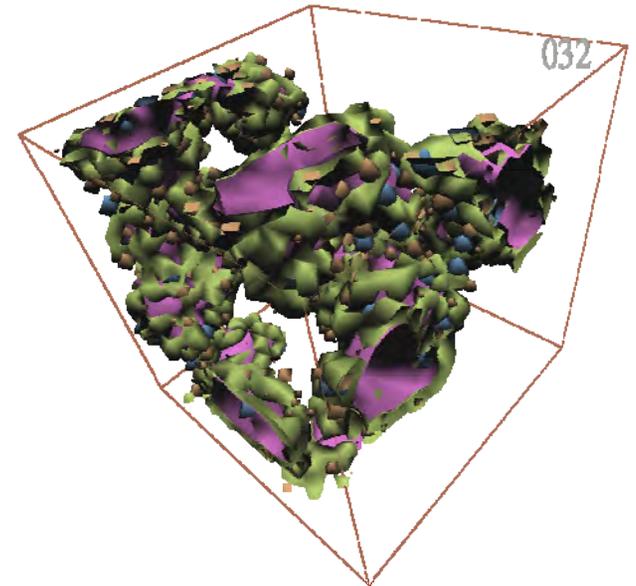
Tecnologías Aplicadas NIST VCCTL

<http://vcctl.cbt.nist.gov>



NIST VCCTL

- Virtual Cement and Concrete Testing Lab
 - Caracterización de materiales y predicción de desempeño
 - Conveniencia de ensayar virtualmente
 - Encontrar afinidad en materiales
 - HydratiCA (hidratación del cemento)
 - DPD-3D (simulación reológica)





NIST VCCTL

- Ajuste de LSF según requisito
- Optimización de contenido de yeso
- Predicción
 - Resistencia
 - Prueba RCP
 - Aumento en temperatura en concreto masivo
 - Efecto de reemplazo de partículas por “fillers”





Tecnologías Aplicadas TEKLA - BIM

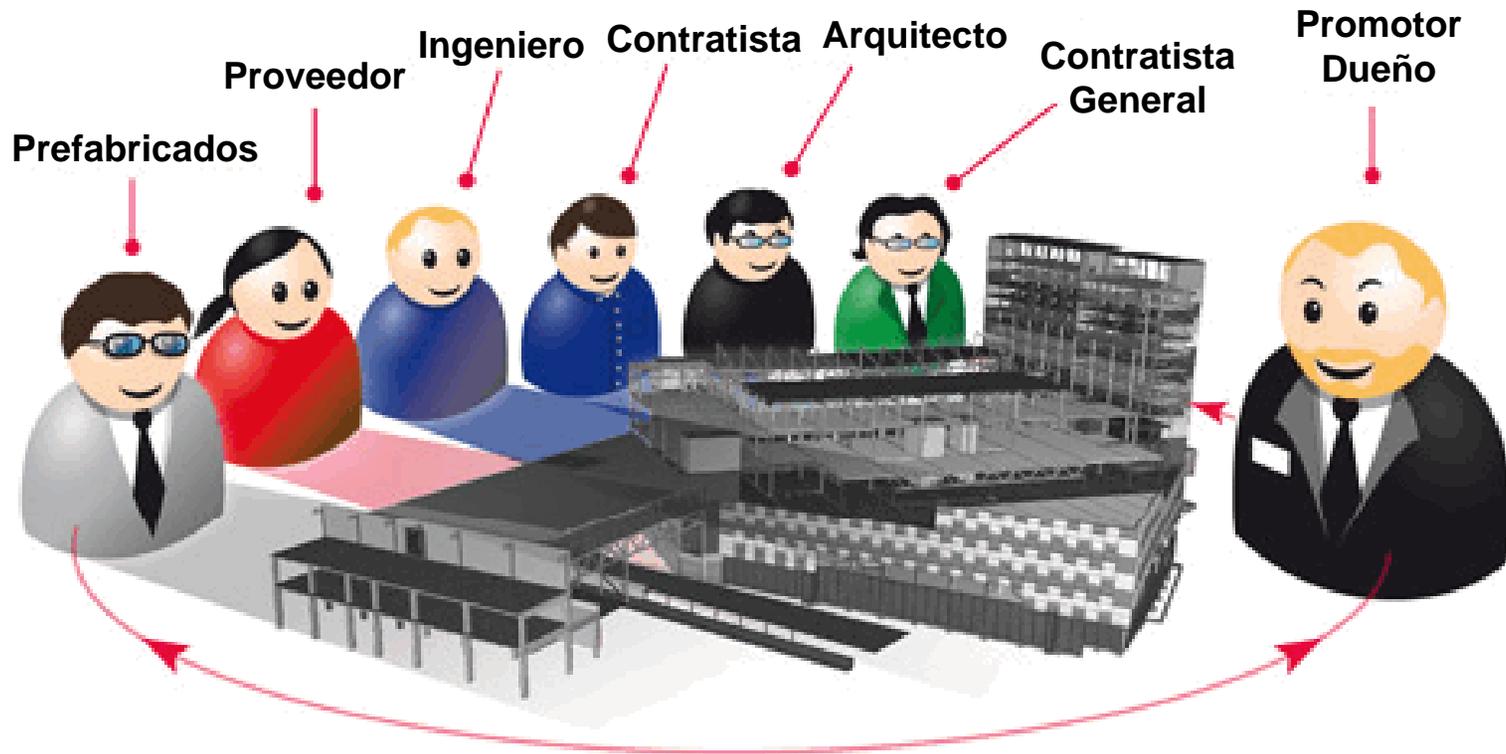
<http://www.tekla.com/uk/solutions/Pages/bim.aspx>

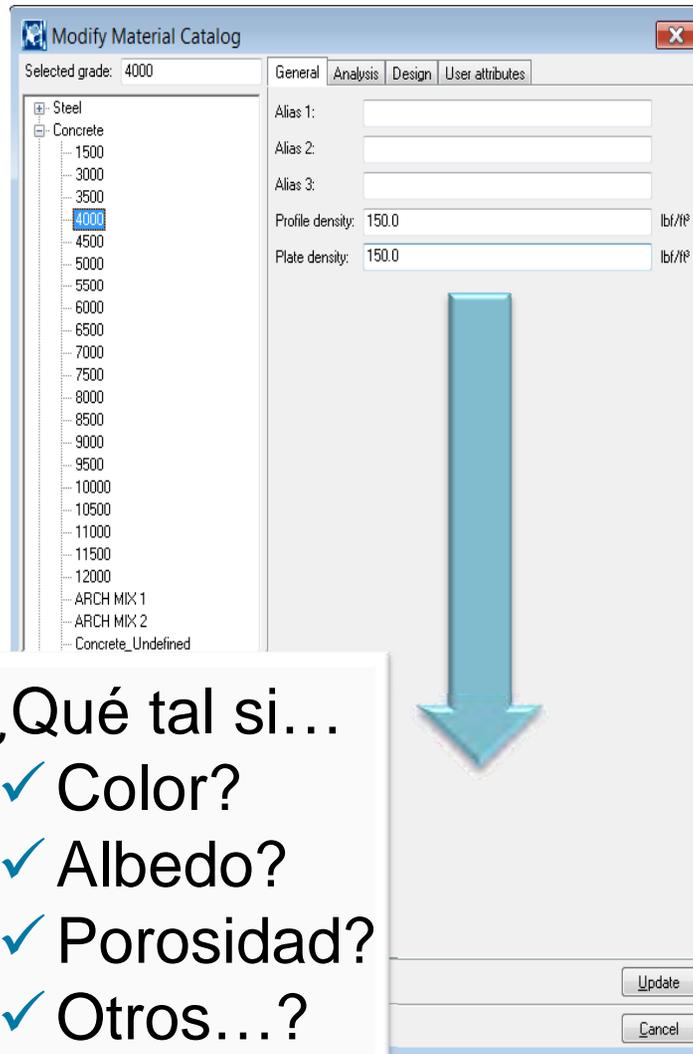




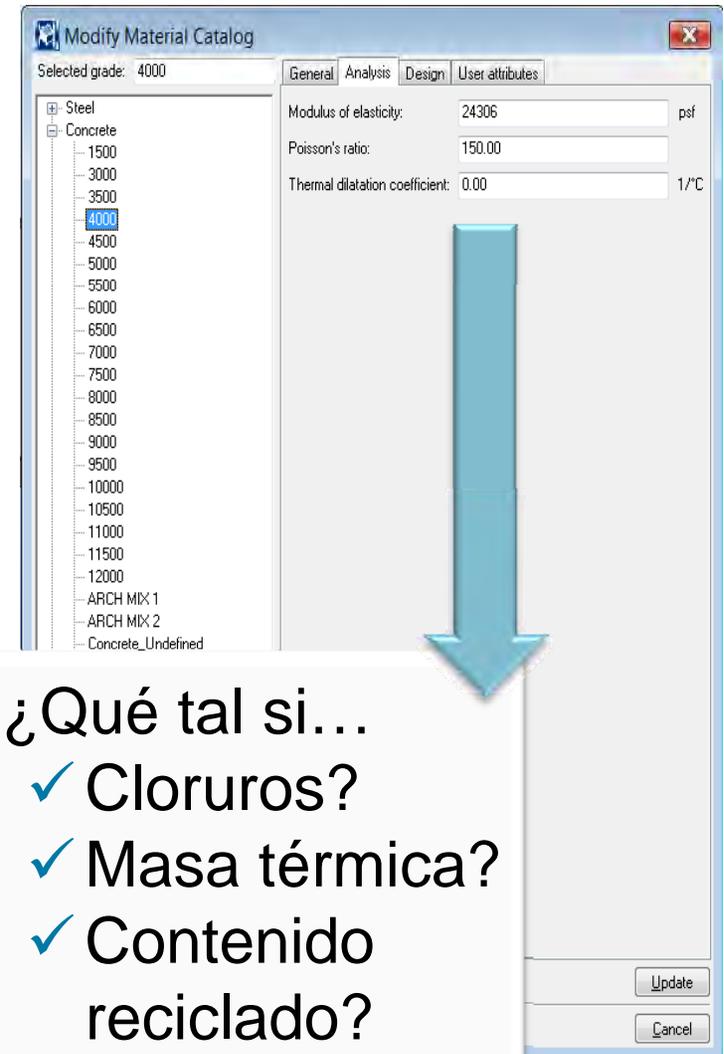
TEKLA - BIM

Building **I**nformation **M**odeling





¿Qué tal si...
✓ Color?
✓ Albedo?
✓ Porosidad?
✓ Otros...?

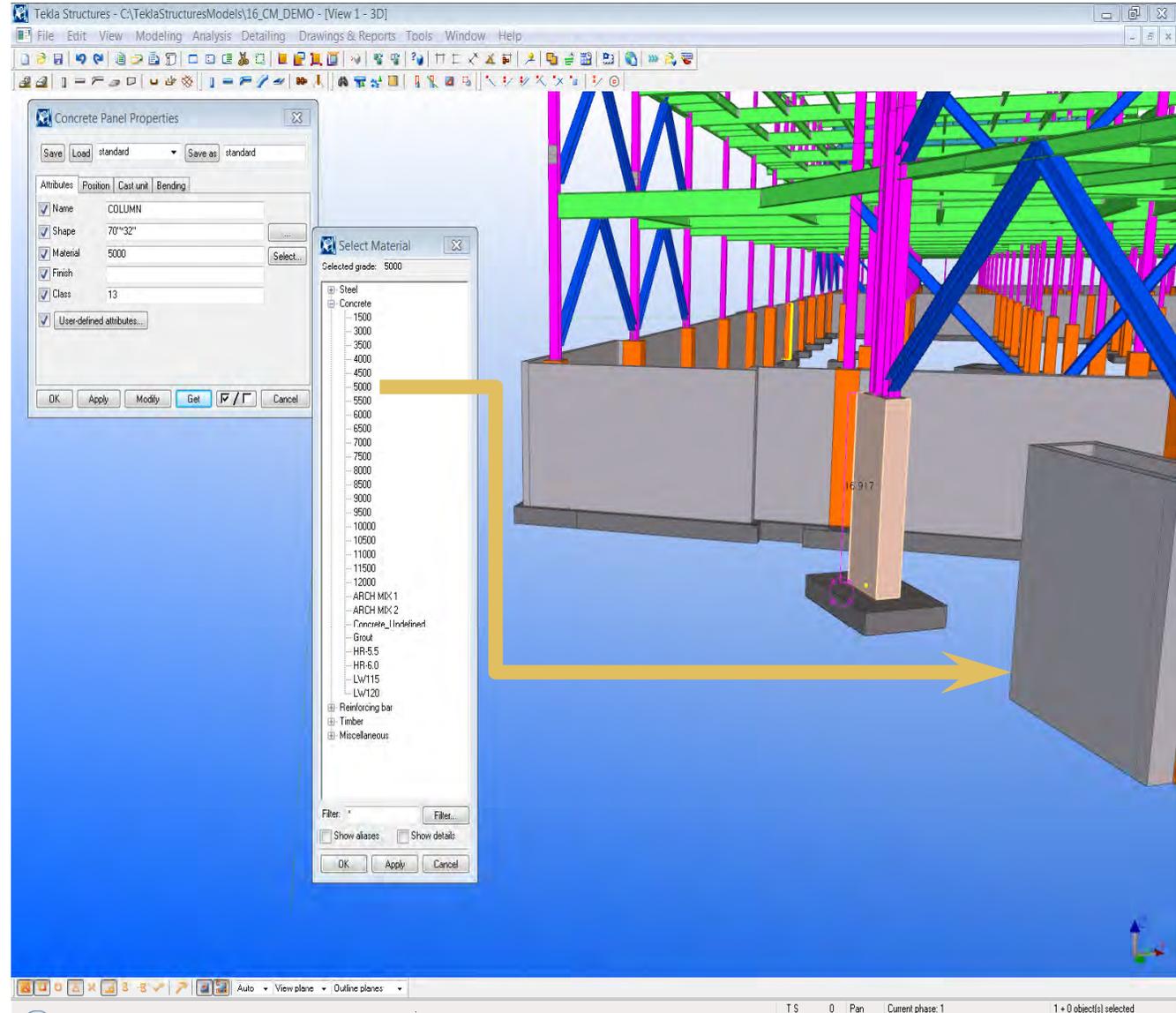


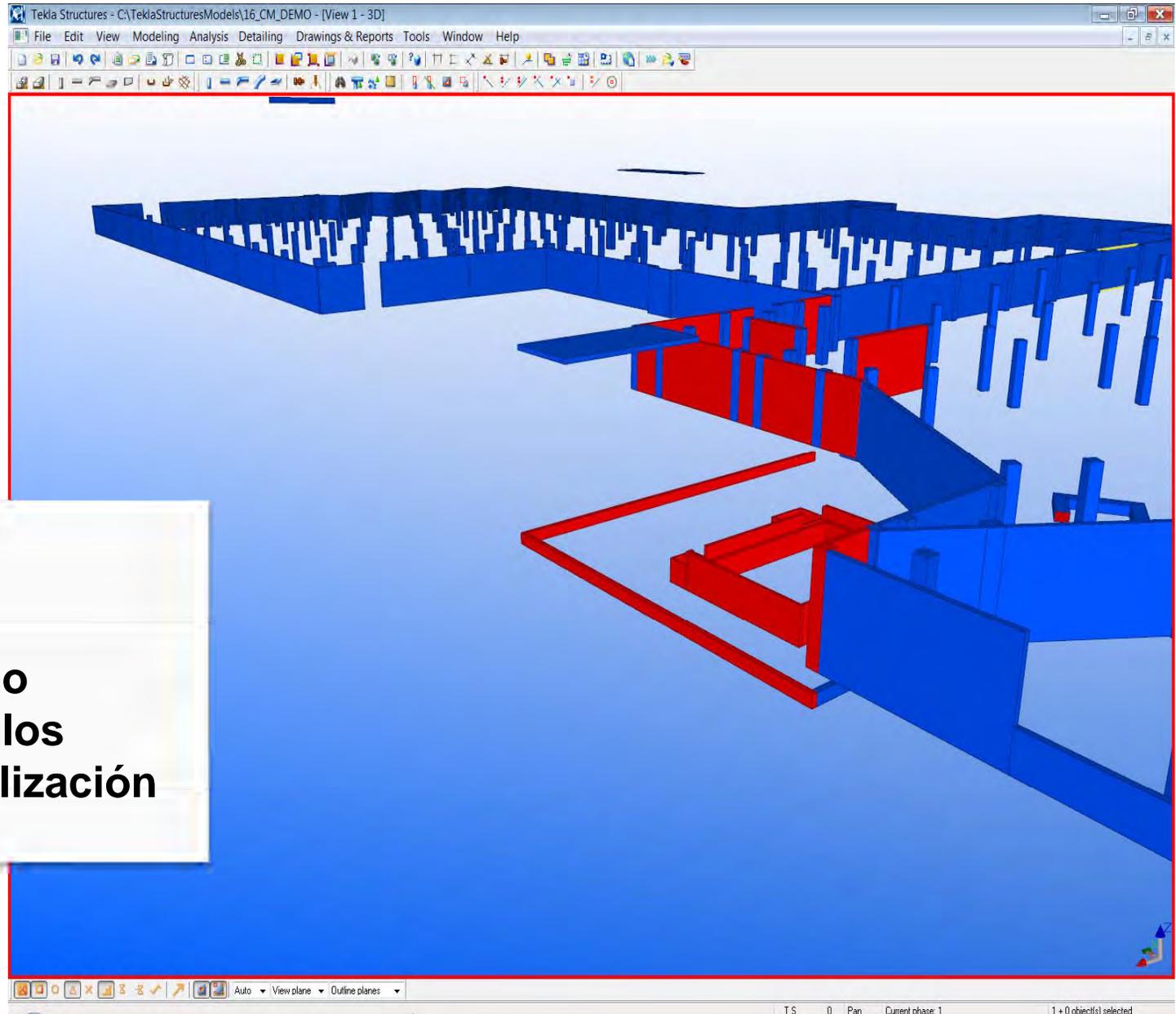
¿Qué tal si...
✓ Cloruros?
✓ Masa térmica?
✓ Contenido reciclado?
✓ Otros...?





Asignación de propiedades a cualquier elemento dentro del modelo.



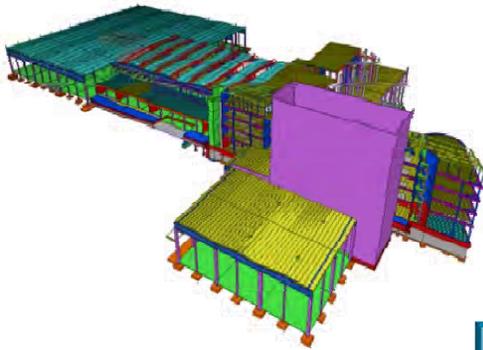


Ejemplo: Muros

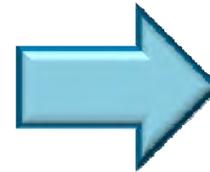
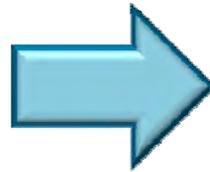
- ✓ Diseño
- ✓ Cálculos
- ✓ Visualización



TEKLA - BIM

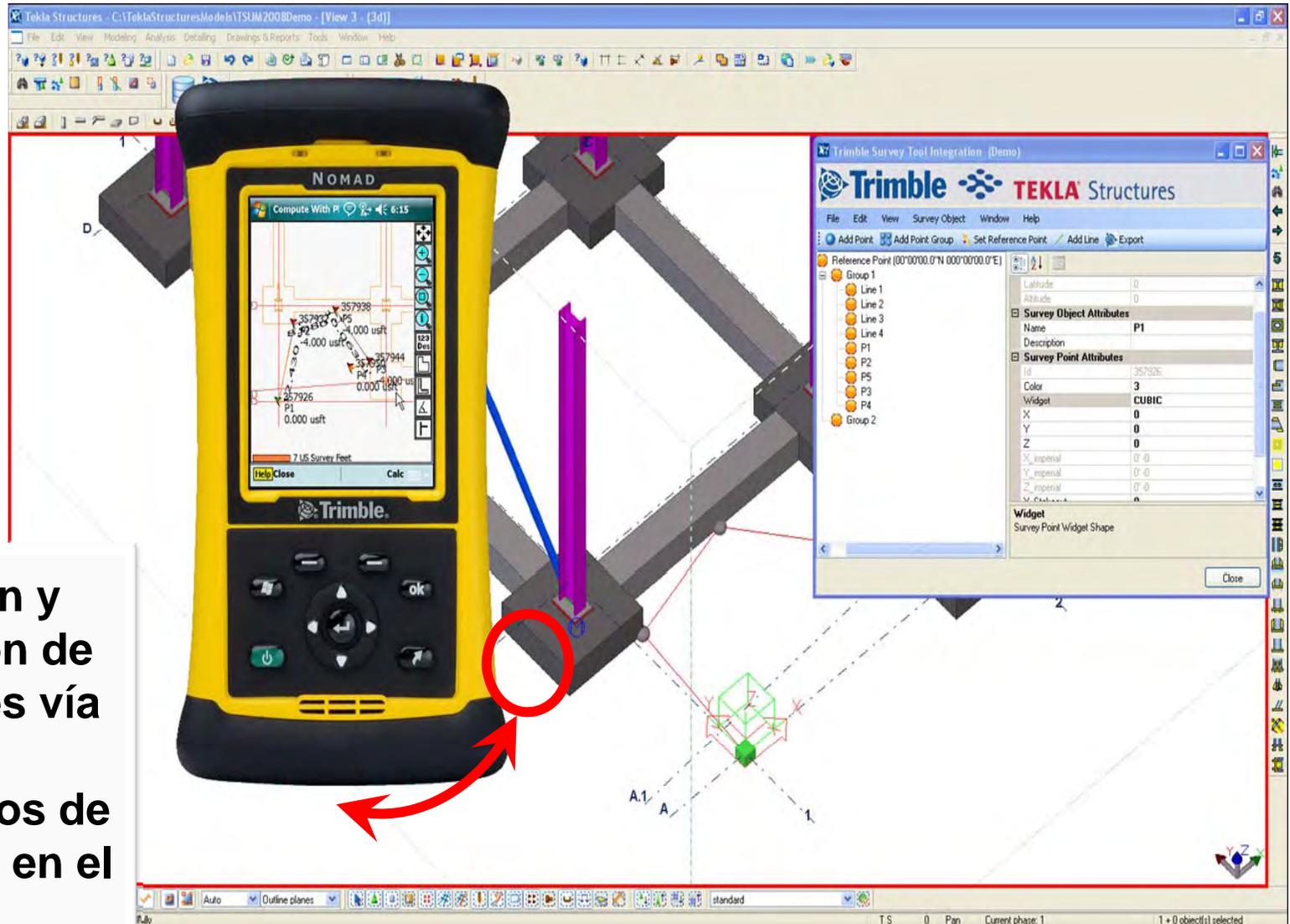


Modelo



Coordinación
en Campo





Dirección y ubicación de camiones vía GPS y resultados de ensayos en el modelo.





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

<http://www.rmc-foundation.org>





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Plan de Trabajo

**Investigación del
Ciclo de Vida de
Concreto y de
Edificaciones de
Concreto**

**Ciencias Básicas
para Concreto Verde**

MIT Concrete Sustainability Hub





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Objetivos	Contenido
<ul style="list-style-type: none">• Base para identificar y cuantificar el desempeño ambiental y económico del concreto• Comparar el desempeño de pavimentos de concreto y sistemas de paredes y/o muros con otros sistemas (materiales)	<ul style="list-style-type: none">• ACV en edificaciones<ul style="list-style-type: none">– Energía incorporada– Eficiencia (consumo de energía)– Albedo, ruido y calidad de aire• ACV en Pavimentos<ul style="list-style-type: none">– Energía incorporada– Construcción y rehabilitación– Eficiencia (combustible)– Efecto isla de calor urbano• Cadena de materiales y prácticas de reciclado

Ciclo de Vida





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Objetivos

- Reducir impacto ambiental mejorando el desempeño del cemento y del concreto
- Mejorar características del C-S-H para conseguir mayores resistencias y aumentar la durabilidad

Contenido

- Profundizar conocimiento de estructura molecular del C-S-H
- Modelos para simular cambios en la pasta durante hidratación
- Apoyar a la industria en la implementación de nuevas tecnologías que resultan de investigaciones a base de nanotecnología

Ciencias Básicas





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto



Pavimentos



Paredes y/o Muros



Ciclo de Vida





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

	Pavimentos	Sistemas de Paredes y Muros
Ámbito Ambiental	<ul style="list-style-type: none">• 7 a 26% más CO₂ en la construcción inicial, pero 53 a 69% menos durante vida útil• Menos mantenimiento = menos congestión• Ahorro de combustible ≈ 1% a 6%• ≈10 MMT menos CO₂ anualmente (≡ 1.8 M de vehículos) en EE.UU. (si autopistas en concreto; cifra excluye vehículos para pasajeros)• Reducción del efecto de “isla de calor urbano”	<ul style="list-style-type: none">• Masa térmica y aislamiento = ahorro de 27% en energía comparado a edificaciones con madera en los EE.UU.• Reducción de 2.5% de las emisiones totales de CO₂ en los EE.UU. si residenciales y establecimientos comerciales fueran de concreto• Desventaja en energía incorporada durante la producción se contrarresta rápidamente a través de ahorros en consumo de energía• Calidad en el aire y reducción de ruido

Fuente: RMC Research & Education Foundation





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

	Pavimentos	Sistemas de Paredes y Muros
Ámbito Económico	<ul style="list-style-type: none">• Costo inicial no lleva desventaja de 30 a 40% vs. asfalto como anteriormente• MEPDG• Impacto de ciclo de vida: el asfalto es 54% más costoso que concreto...• Volatilidad en precios: concreto vs. asfalto	<ul style="list-style-type: none">• El costo de residencias es 3 a 10% mayor que el equivalente en madera (en los EE.UU.)• Ahorros en energía contrarrestan y superan el sobre costo inicial

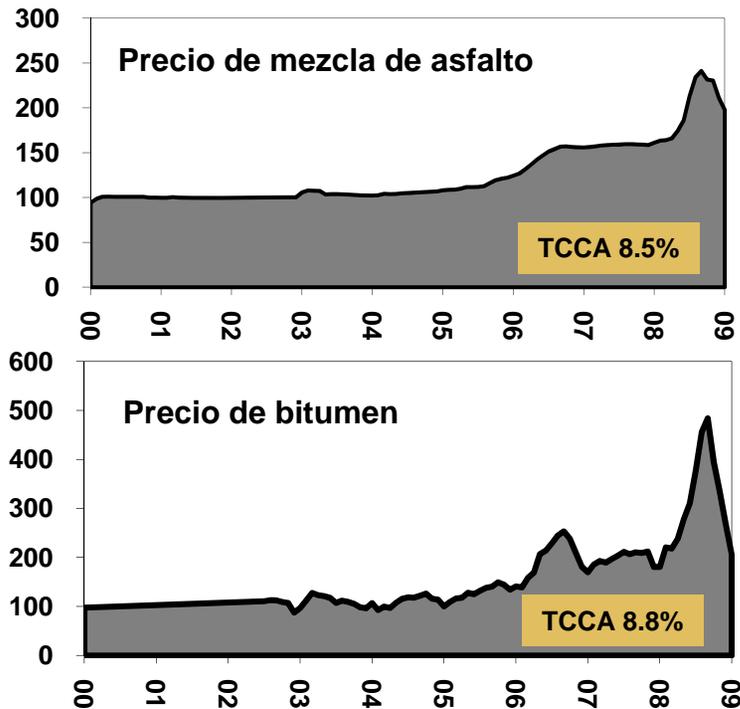
Fuente: RMC Research & Education Foundation



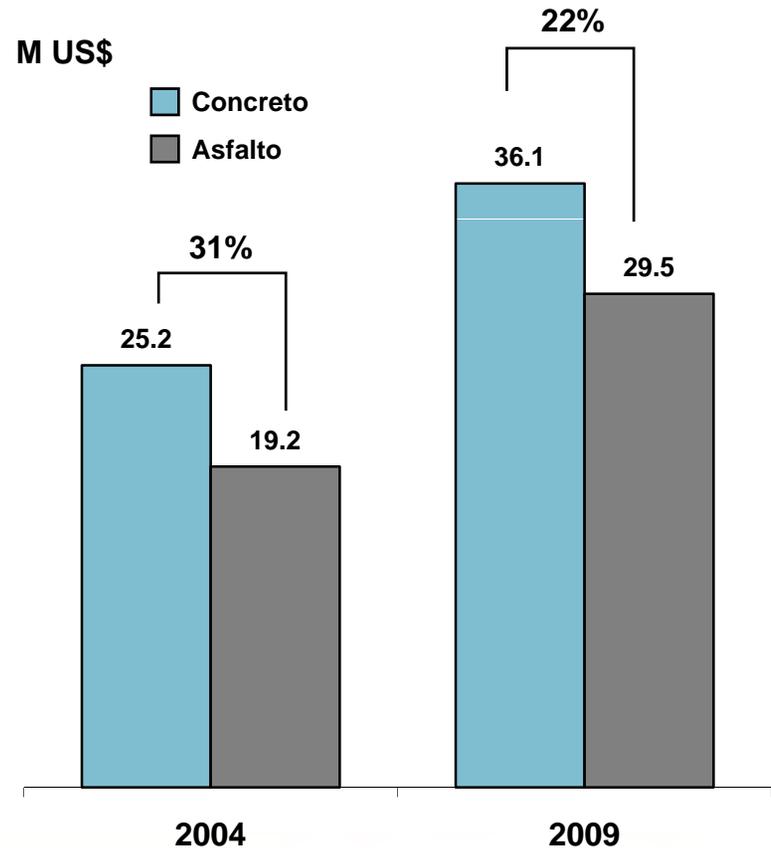


Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Precio de mezclas de asfalto han aumentado 96% desde 2000⁽¹⁾



El diferencial inicial ha disminuido; costo inicial estimado 10 mi, 2 carriles y hombros



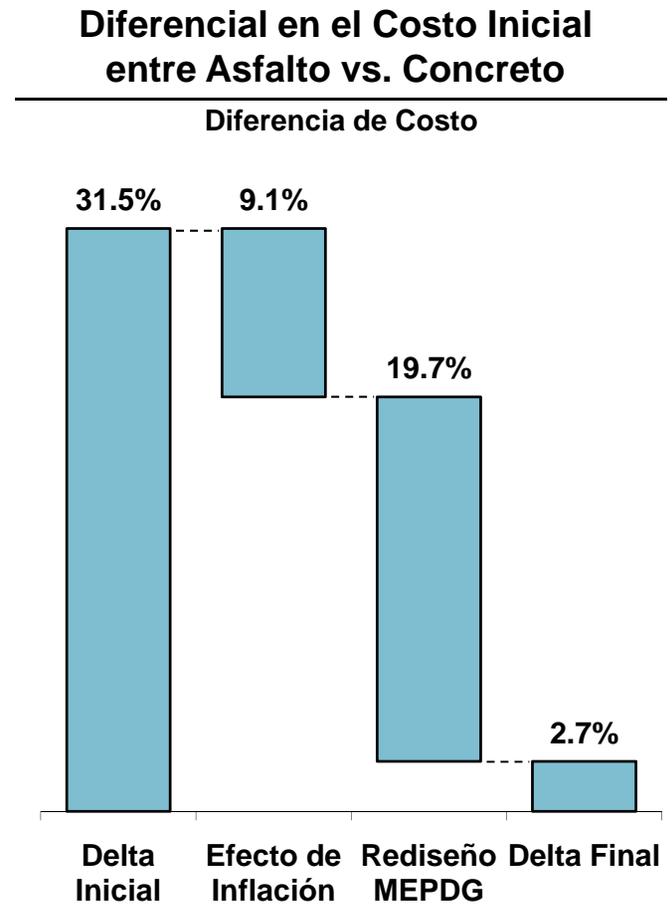
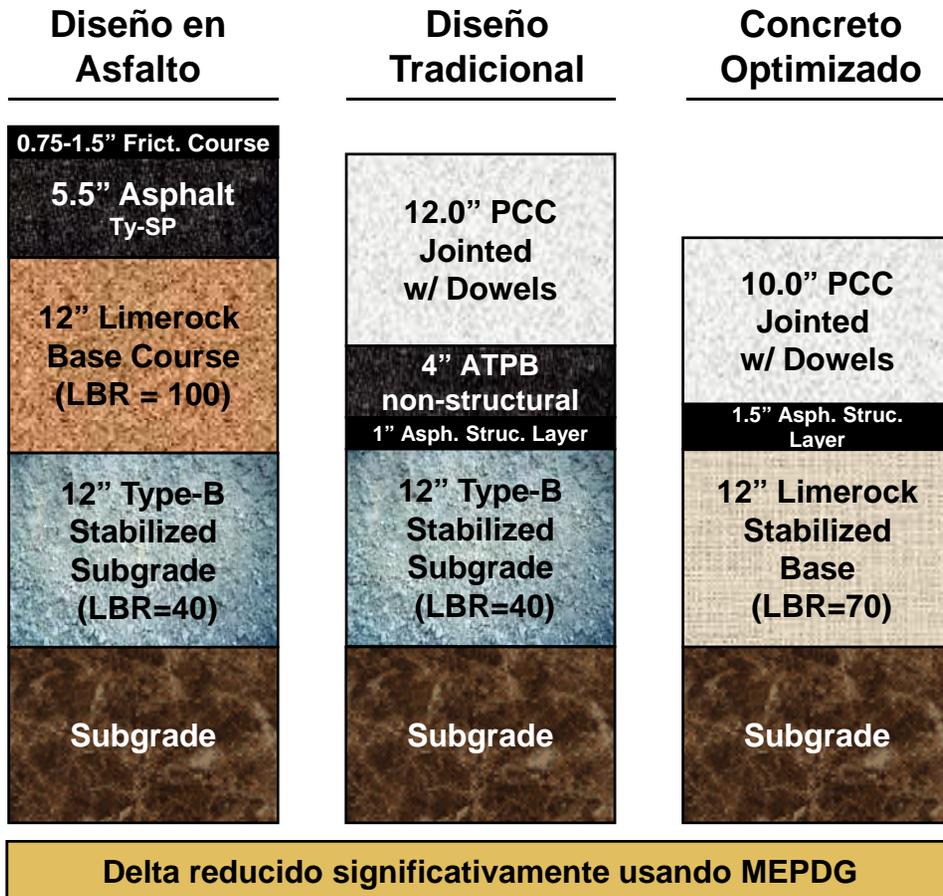
2004: Asfalto = US\$62.33 / ton, Concreto = US\$76.05 / yd³
 2009: Asfalto = US\$85.00 / ton, Concreto = US\$94.62 / yd³

1. U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, <http://www.bls.gov/ppi/home.htm>





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto



Costo inicial estimado 10 mi, 2 carriles y hombros. Costo incluye pavimento, capa base, y estabilización de la subrasante con mano de obra
 Asfalto = US\$85.00 / ton, Concreto = US\$94.62 / yd³





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Ahorros significativos en el ciclo de vida del activo

Gastos Nominales en 10 mi según Tipo de Pavimento

Rehabilitación en concreto: parches y fresado en año 30 y 45

Rehabilitación en asfalto: Overlay 4" en año 14 y 28; Fresado 2" + Overlay 4" en año 42

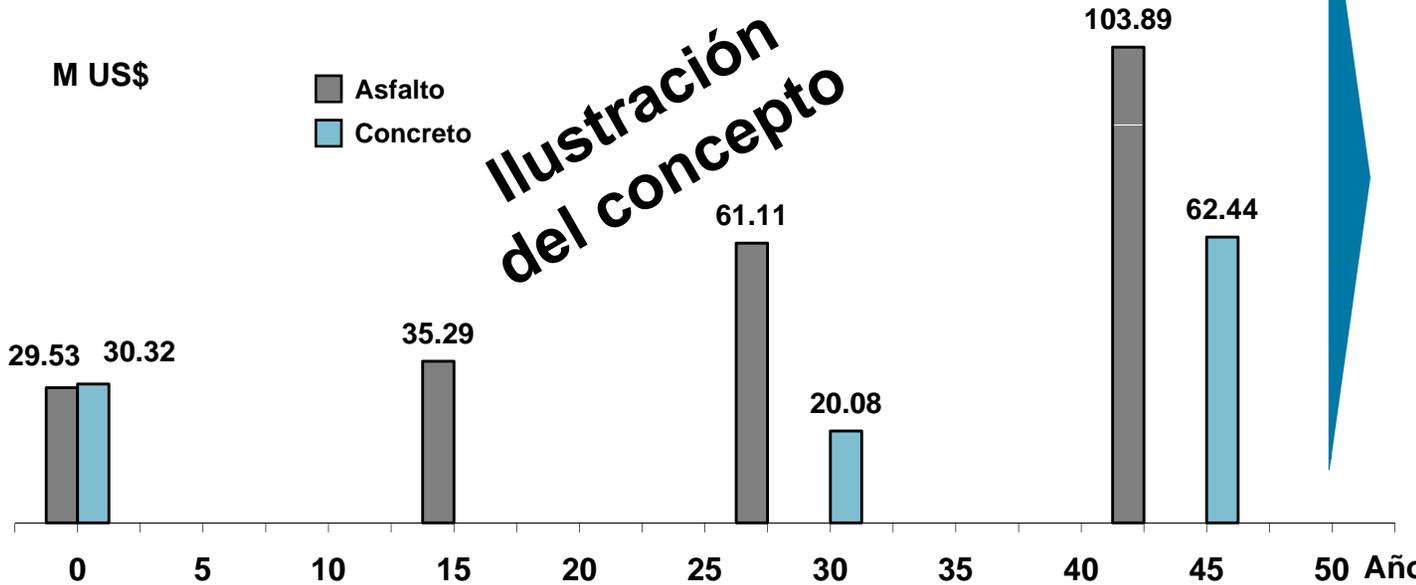
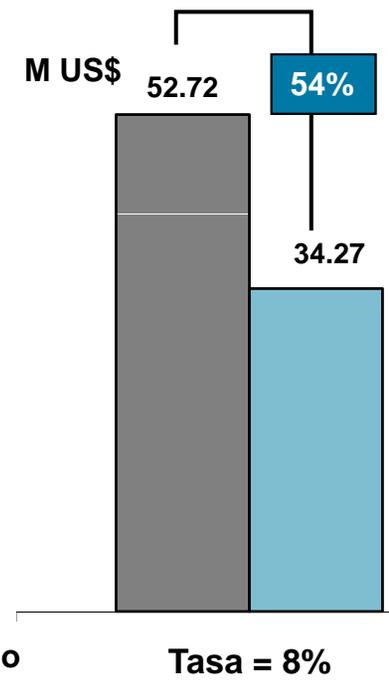


Ilustración del concepto

Costo Total en Valor Presente



El asfalto es 54% más costoso que el concreto en un ciclo de vida de 50 años

Diseños – Asfalto: 6.5" AC (inc 1.5" PFC) / 12" Limerock (LBR=100) / 12" Limerock (LBR=40); Concreto: 10" JPCP / 1.5" AC / 12" Limerock (LBR=70)

Costos iniciales – Pavimento, base, estabilización de subrasante y mano de obra (Asfalto = US\$85.00 / ton, Concreto = US\$94.62/yd³)

Rehabilitación – Concreto: Según criterios MEPDG, Asfalto: Según criterios FDOT. Costos a valor presente consideran tasa de 4%

Costos de rehabilitación incluyen gastos varios, por ejemplo movilización, etc. a razón de 40% del costo de materiales, control de tráfico a 5%, e ingeniería e inspección a 5%

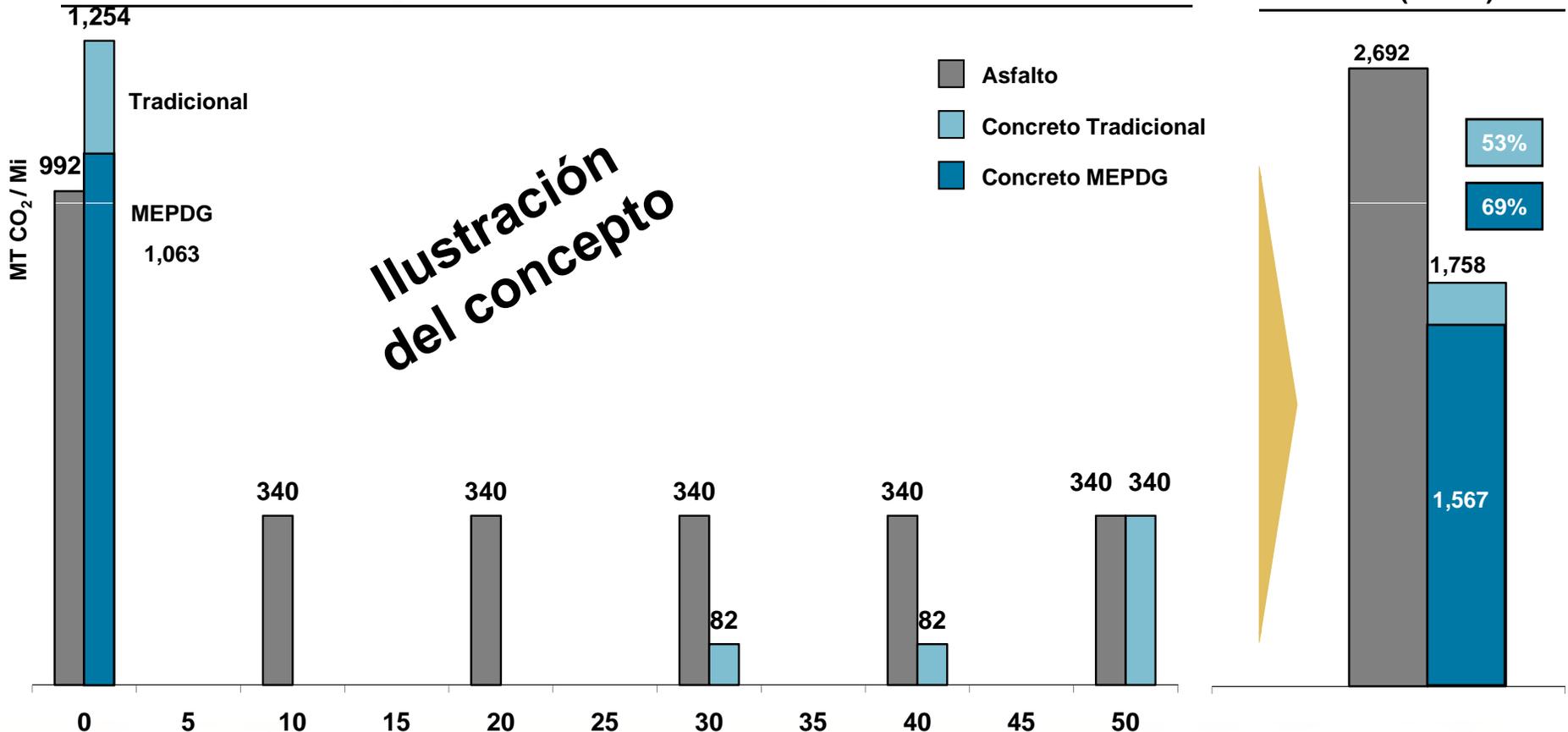




Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

El uso de concreto reduce las emisiones vinculadas con el tipo de pavimento a lo largo del ciclo de vida del activo.

Emisiones de CO₂ vinculadas a la construcción según tipo de pavimento



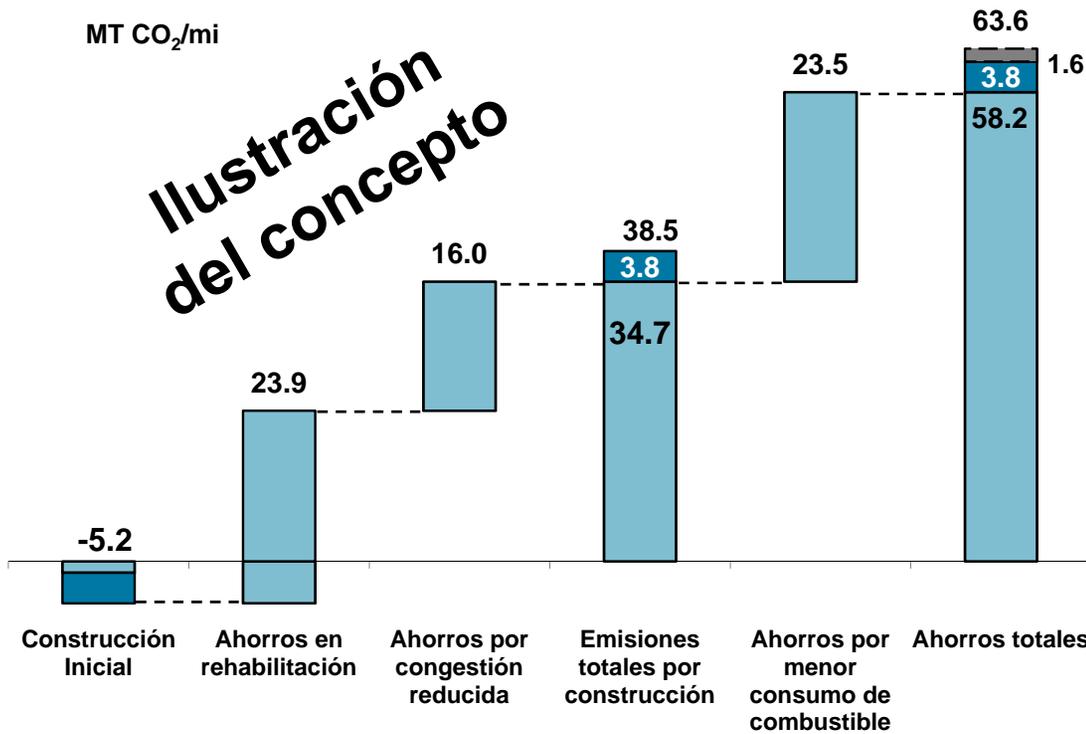
Fuente: FHWA TA T5080.3 Price Adjustment Contract Provisions (FHWA 1980). Rehabilitación de concreto asume igual consumo de combustible que la colocación de asfalto. 12" JPCP sobre 6" de base vs. 9.5" Asfalto sobre 10" base y 14" sub-base, Overlay de asfalto sobre concreto en año 50



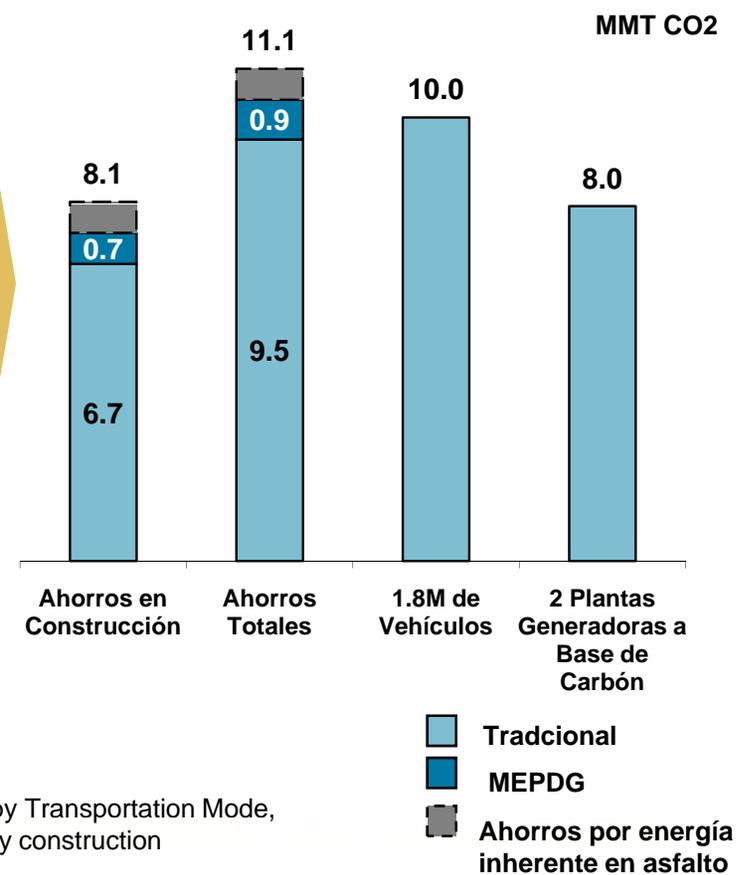


Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Ahorros Anuales por Cada Milla en los EE.UU.



Comparación de Emisiones Anuales



Fuente: U.S. Department of Transportation, Federal High Administration, Fuel Consumption by Transportation Mode, Edwards, M. Highway User's perspective on innovative contracting/quality in highway construction

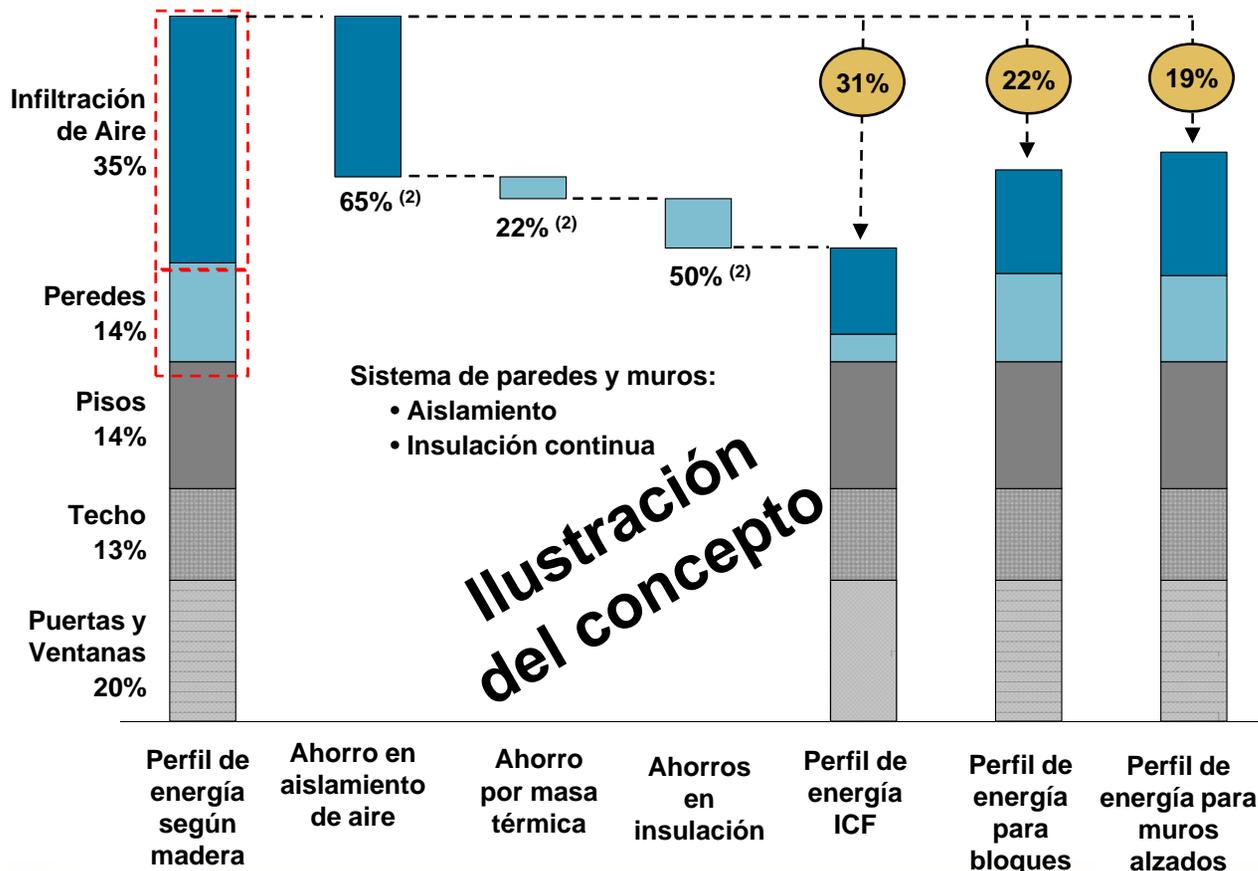




Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Reducción significativa de las emisiones de CO₂ provenientes de una residencia

Fuente de Pérdidas de Energía (1)



(1) Energy Efficient Builders Association – Guide to Construction; National Insulation Contractors Association

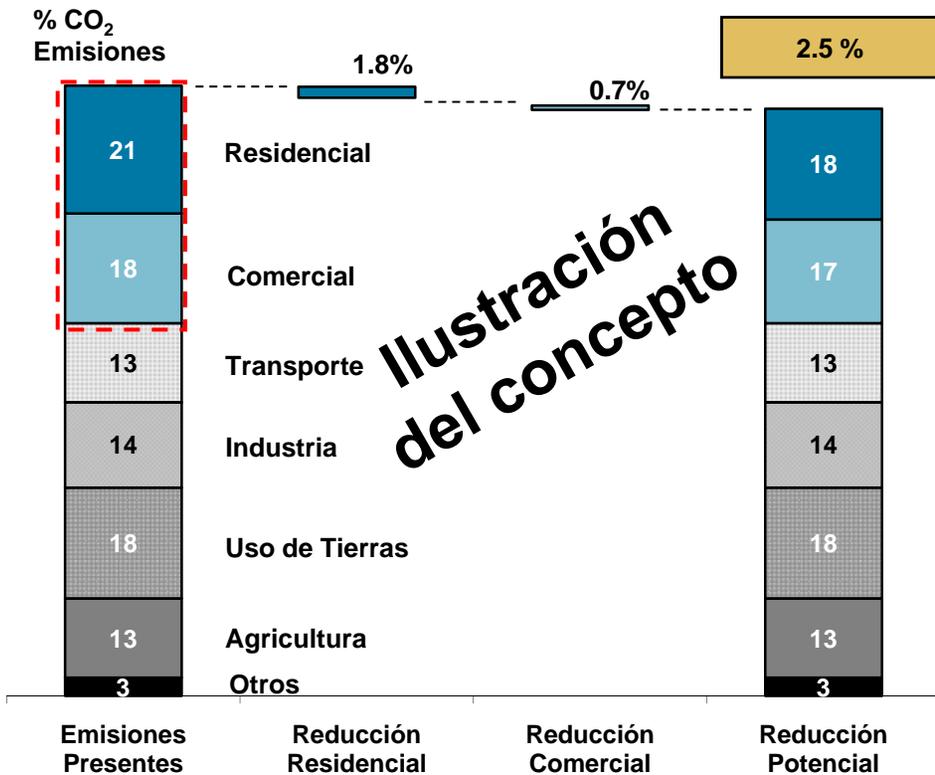
(2) Portland Cement Association – Technical Brief on Benefits of Concrete Wall Systems



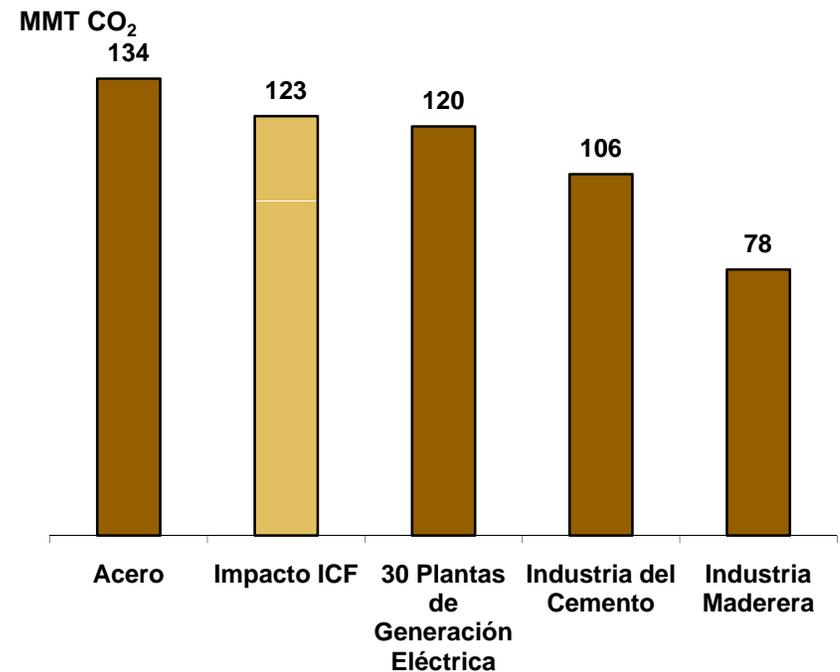


Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Reducción Potencial Anual de CO₂



Comparativo de Emisiones Anuales

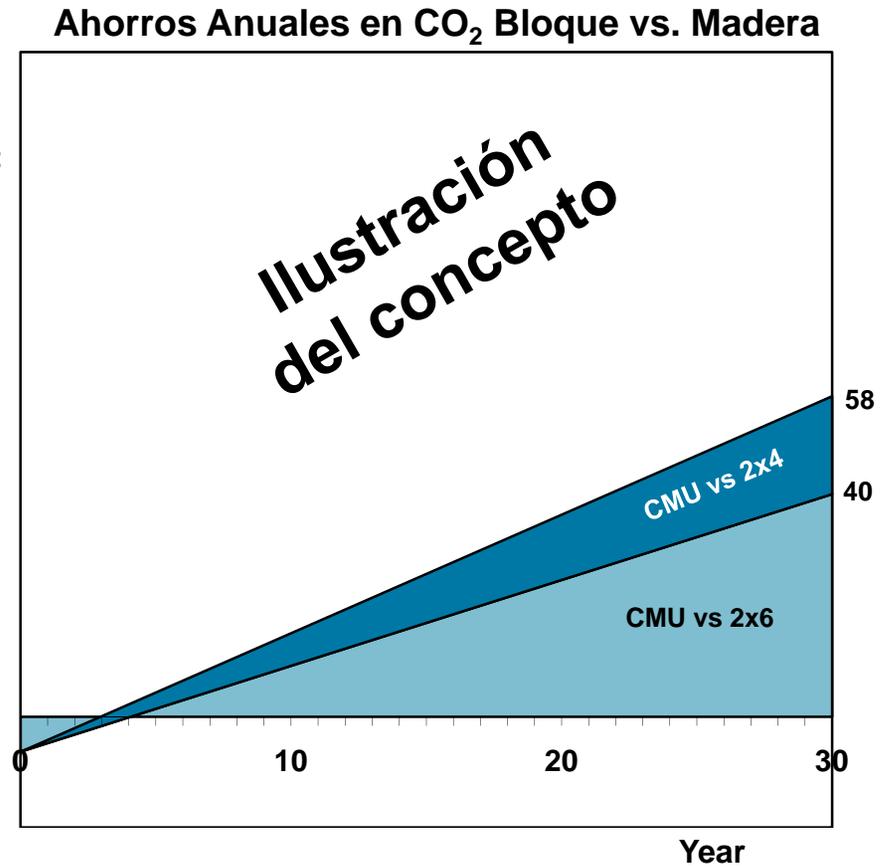
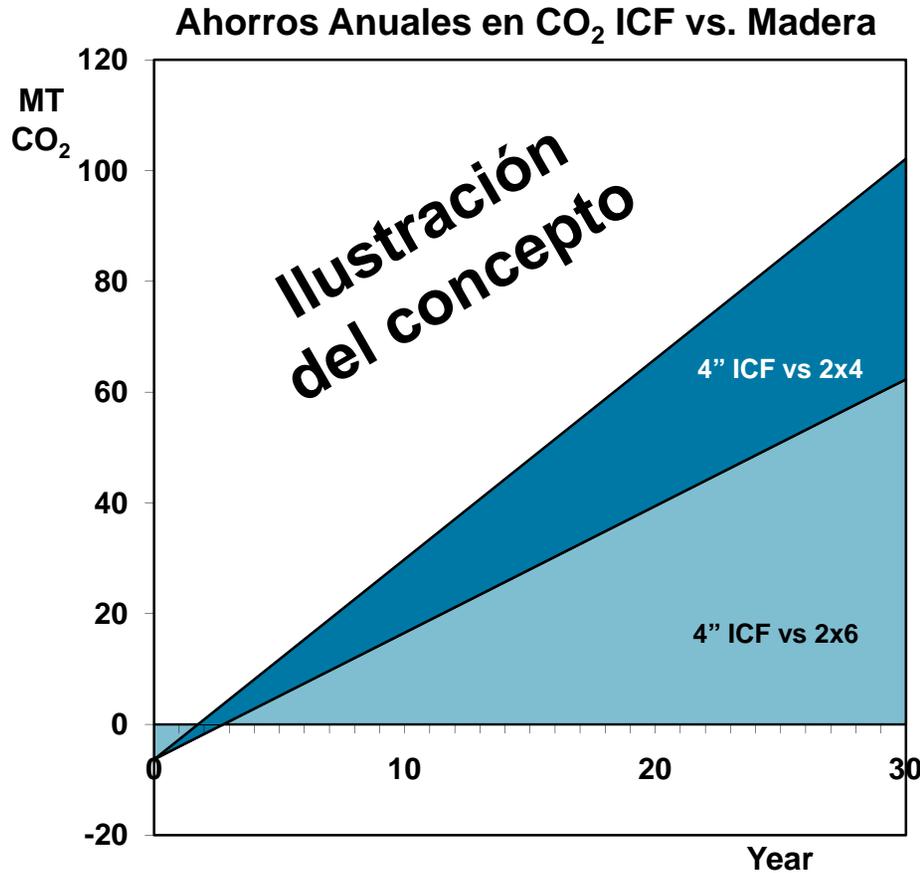


EPA Sector Performance Report – 2008
Considera parámetros según PCA





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto



Fuente: U.S. Department of Energy – Annual Energy Report

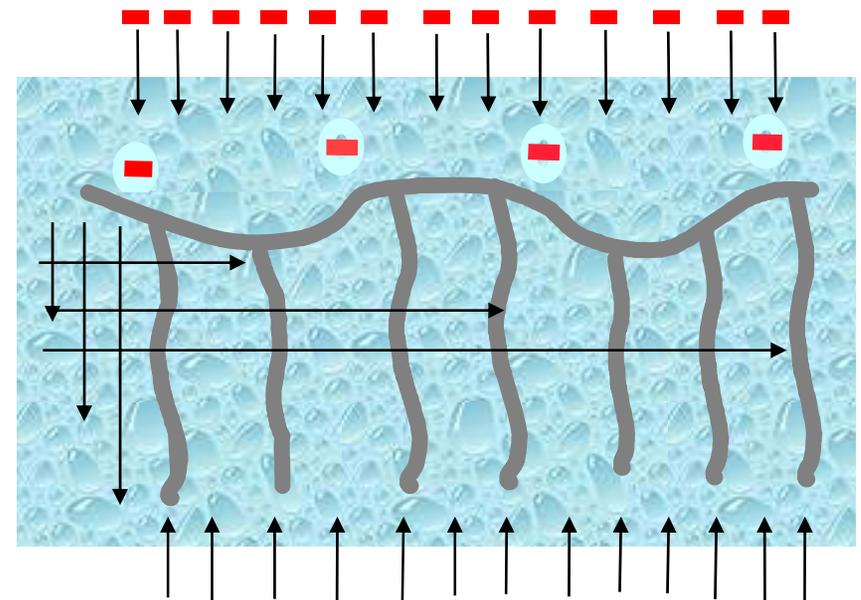




Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Capacidad de alterar atributos en reductores de agua de alto rango al nivel molecular para controlar comportamiento y desempeño

- Densidad de injertos en la cadena
- Densidad de carga en la cadena
- Peso molecular de injertos
- Peso molecular de cadena



Fuente: Joe Daczko, BASF Admixtures

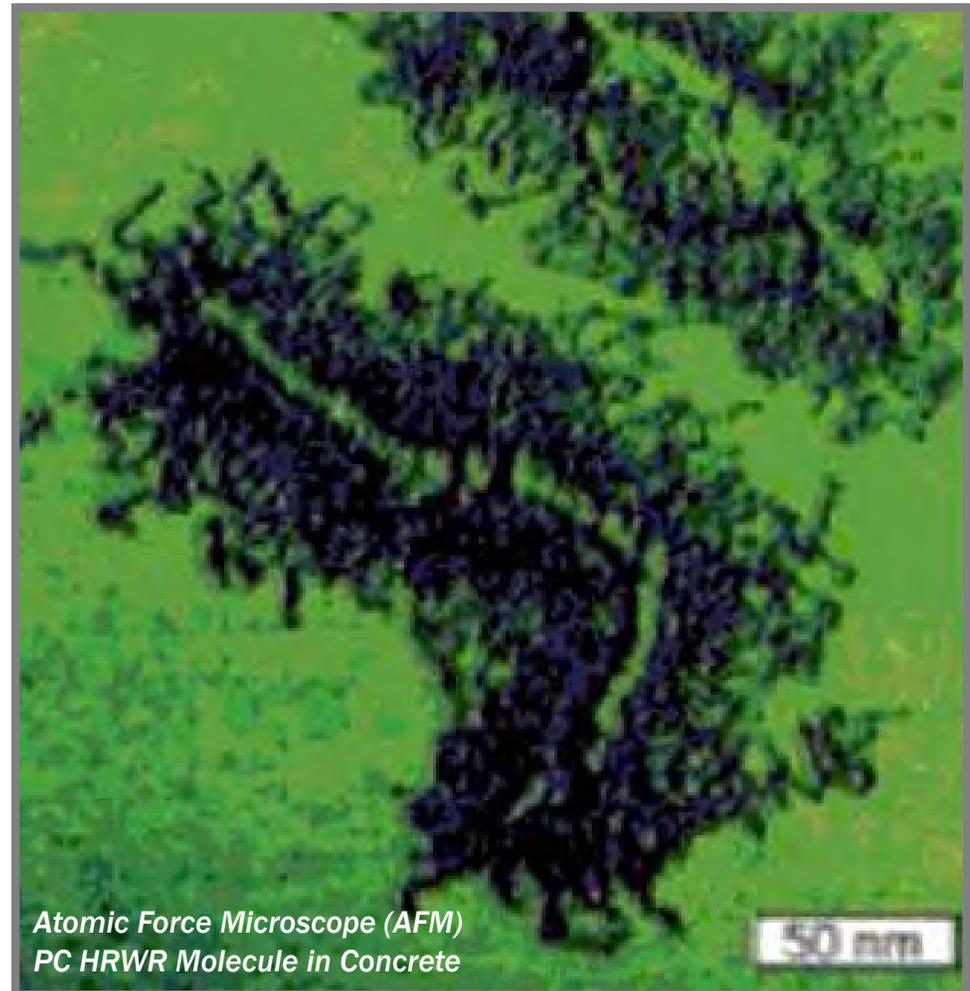
Ciencias Básicas





Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

- Diseño específico de la molécula
 - Eficiencia en dispersión del cemento
 - Repulsión electrostática
 - Repulsión por efecto estérico
 - Control
 - Revenimiento
 - Fraguado
 - Aumento en resistencia a la compresión



Fuente: Joe Daczko, BASF Admixtures

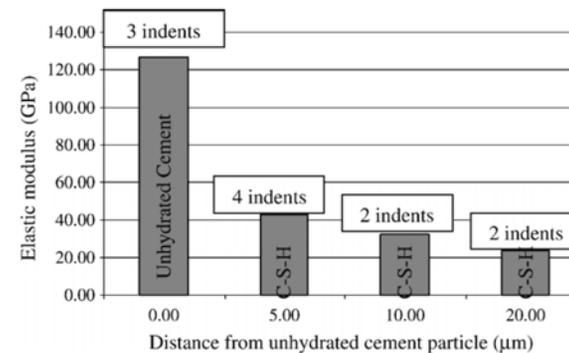
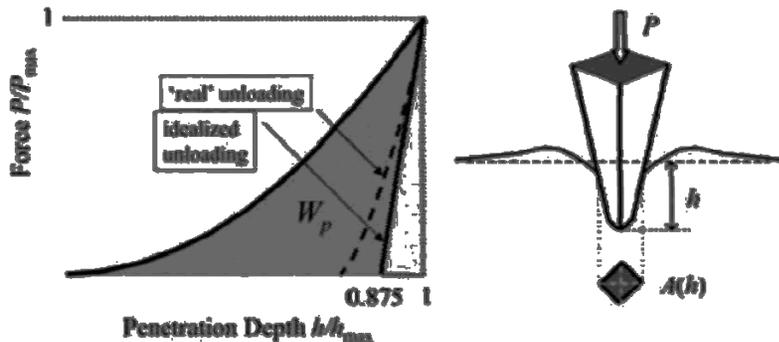
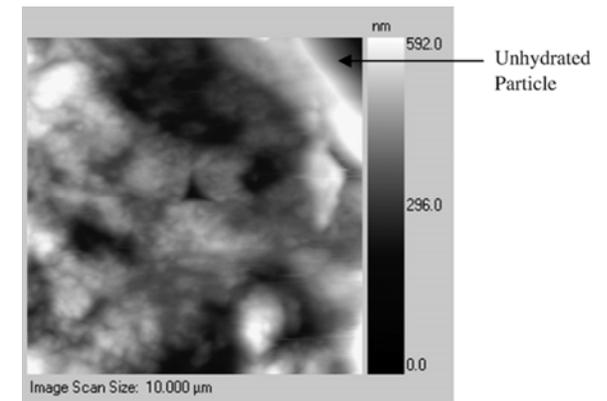
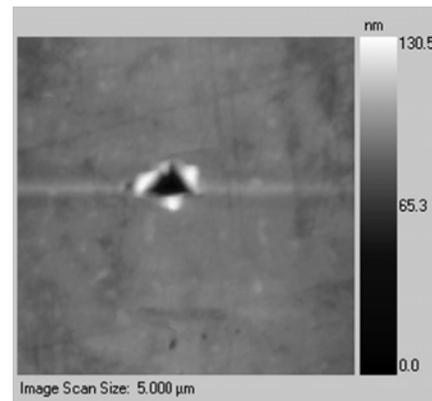


Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Investigación en ACBM

● Nanoindentación

- Estudia C-S-H_a y C-S-H_b
- Efecto en la zona de transición



Fuente: Constantinides, G., Ulm, F.J., and Van Vliet, K. *Materials and Structures* (36) Apr 2003.



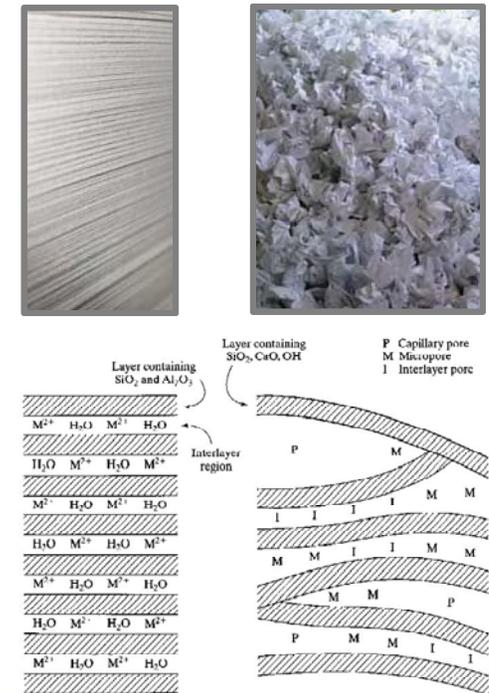
Pro Sustentabilidad y Durabilidad del Concreto

Investigación en NIST

- Estudios de C-S-H
 - Mediciones en el rango de 1 nm a 1 μm
 - Caracterización de estructuras con forma variante
 - Análisis sin secado
 - Sensibilidad al estado del agua



Técnica de estudio a base de difracción de neutrones





Resumen





Nuestra Industria... Hoy...



Sustentabilidad



Significa... ¡Más Concreto!





Resumen

- Tecnologías aplicadas → sustentabilidad
- Mezclas con desempeño superior en estado fresco y endurecido
- Alianzas estratégicas dentro de la industria
- Beneficios
 - Productores
 - Arquitectos e ingenieros
 - Contratistas y constructoras
 - Desarrolladores y dueños





Gracias

Ing. César A. Constantino, Ph.D.

cconstantino@titanamerica.com

Director Corporativo – Procesos y Calidad



www.titanamerica.com

