



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA

Universidad de Sonora

Posgrado en Ingeniería Civil

PROPUESTA DE MODELO PARA DETERMINAR EL IMPACTO TECNICO-ECONÓMICO EN MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO POR EL CONTENIDO DE FINOS EN LOS AGREGADOS DEL RIO SONORA

***PRESENTADO POR:
MANUEL RAMÓN RAMIREZ CELAYA***

Hermosillo, Sonora

Noviembre del 2014

INTRODUCCIÓN

Algunas propiedades del concreto se ven influenciadas por contaminantes en sus agregados como son los finos plásticos en las arenas.

En Hermosillo la industria de la construcción ofrece dos tipos de arenas: *normal y lavada*.

Tipo de arena	Finos (%)			Módulo de finura		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
Arena normal	4.82	6.59	8.9	2.4	2.86	3.21
Arena lavada	1.13	2.53	3.96	2.82	3.15	3.51



Cribado y lavado simultáneo



Lavadoras tipo tornillo



Fuente de abastecimiento

Muestra No.	Límite líquido	Límite plástico	Índice plástico
F200-1.1	40.0	22.0	18.0
F200-1.2	40.4	24.0	16.4

De acuerdo a la carta de plasticidad, podemos clasificar los finos como "CL", arcillas de baja o nula plasticidad.

Introducción

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente estudio en base a la experimentación **evalúa la conveniencia técnica y económica** de utilizar en las mezclas de concreto hidráulico arenas lavadas en forma industrial en lugar de arenas convencionales.

OBJETIVO

Evaluar el impacto en las propiedades del concreto hidráulico por el uso de arenas con alto contenido de finos

ALCANCE

Se generaron una serie de modelos que relacionan la **resistencia a compresión, la demanda de agua y la contracción lineal** de una mezcla de concreto hidráulico al incrementar gradualmente el contenido de finos en las arenas del Río Sonora municipio de Hermosillo.

Definición de hipótesis:

“A menor cantidad de finos con similar plasticidad, presentes en las arenas de los bancos de materiales en Hermosillo, mayor será la resistencia a compresión, menor la contracción lineal, la demanda de agua y el costo de una mezcla de concreto hidráulico”

PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO

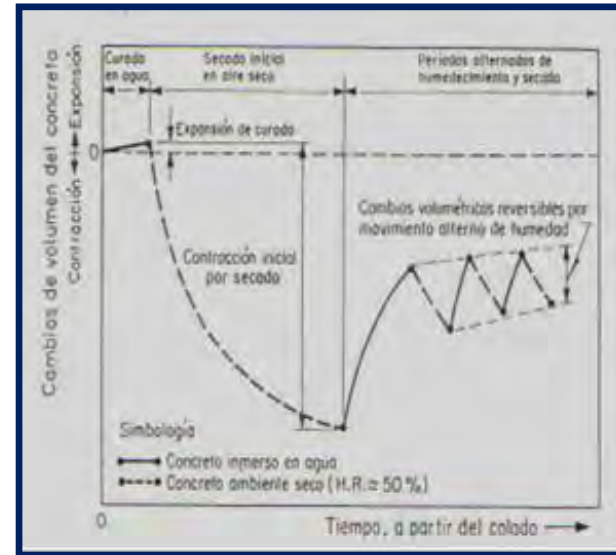
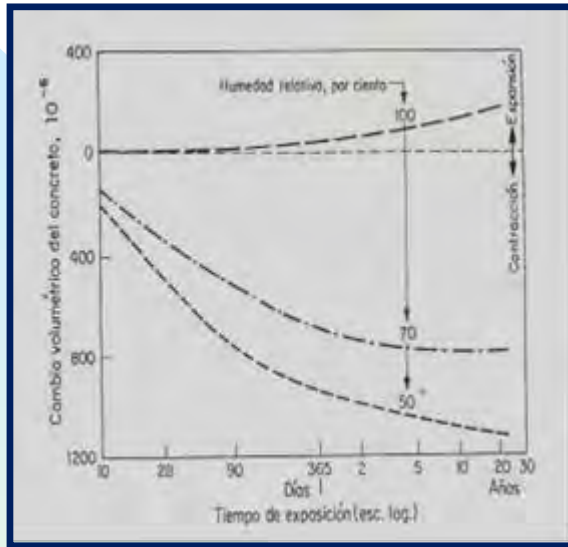
Demanda de agua
Resistencia a compresión
Contracción lineal



La **contracción lineal** representa un cambio de longitud en una muestra o elemento de concreto medido a lo largo de su longitud axial por otras causas diferentes a la aplicación de cargas.

Propiedades del concreto

PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO



G.E. Troxell, J.M. Raphael y R.E. Davis, demostraron experimentalmente que la **humedad relativa** a la que se expone el elemento de concreto influye fuertemente en la magnitud de su contracción

La contracción inicia después que el concreto se ha colocado y terminado y empieza a secarse; puede durar 20 años o más pero bajo condiciones ordinarias probablemente el 90 % se da durante el primer año

EL SITIO EN ESTUDIO

El presente estudio se limita a los Bancos de explotación de agregados considerados como los más importantes en el municipio de Hermosillo.

Estos bancos son MACCSA y Francisco Castillo, los cuáles se ubican en el río sonora aguas debajo de la presa A.L.R., y consisten en depósitos naturales de materiales granulares.



Ubicación de los bancos de materiales en estudio

DISEÑO EXPERIMENTAL

Variables independientes:

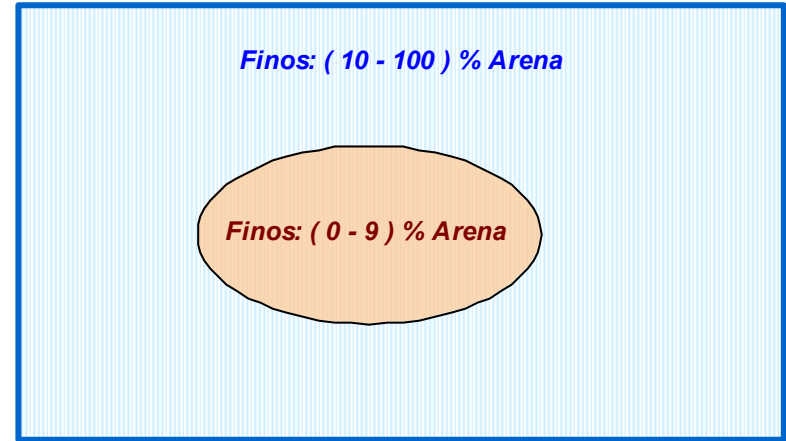
- X1 = Cantidad de finos en (%) respecto al agregado fino en masa en una mezcla de concreto hidráulico(0–10.5%).
- X2 = Tipo de finos en la arena de acuerdo a su plasticidad (se conservó constante)

Variables dependientes:

- Y1 = Resistencia a compresión del concreto hidráulico.
- Y2 = Contracción lineal en el concreto hidráulico
- Y3 = Demanda de agua para una misma consistencia

SELECCIÓN DE LA MUESTRA

El tipo de muestra corresponde a “**no probabilística de la población**”, ya que el subgrupo de la población a estudiar no depende de la probabilidad, sino de las características e interés de la investigación.



De acuerdo a las características de la arena local, los límites muestrales se pueden definir entre 0 y 9 %.

Los tratamientos definidos son:

T1 = 0 % de finos en la arena (control),

T2 = 1.5 % de finos en la arena,

T3 = 3.0 % de finos en la arena,

T4 = 4.5 % de finos en la arena,

T5 = 6.0 % de finos en la arena

T6 = 7.5 % de finos en la arena

T7 = 9.0 % de finos en la arena

T8 = 10.5 % de finos en la arena

PREPARACIÓN DEL MATERIAL



Secado al aire



Secado en horno



Molienda de finos



Cribado malla 200

PROYECTO TESIS DE MAESTRÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD DE SONORA
ING. MANUEL RAMÍREZ CELAYA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO

Tipo de Grava: Semiriturada Ensaye No.:
Procedencia: Banco Castillo Fecha de recibo:
Para usarse en: Mezclas de concreto Fecha de informe:
Solicitada por: Proyecto de Tesis

Peso volumétrico suelto: 1417 Kg/m³ Densidad: 2,631 g/cm³
Peso volumétrico varillado: 1528 Kg/m³ Absorción: 0,53 %
Pérdida por lavado: ND T.M.A.: 1°
Contaminación con arena: 0,00%

Malla	Peso (g)	Porcentaje	% Estándar	% Acum.
2"	0,000	0,00	0	0
1 1/2"	0,000	0,00	0	0
1"	0,000	0,00	0	0
3/4"	5,005	25,00	25	25
1/2"	5,505	27,50	27	52
3/8"	4,505	22,50	23	75
No. 4	5,005	25,00	25	100
Charra	0,000	0,00	0	100
Suma:	20,020	100	100	

cantidad a usar: 20.02 kg
OBSERVACIONES:

REALIZO: _____ AUTORIZO: _____



Lavado de arena por malla 200 y decantación de finos

PROYECTO TESIS DE MAESTRÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD DE SONORA
ING. MANUEL RAMÍREZ CELAYA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

Tipo de Arena: De rio Ensaye No.:
Procedencia: Banco Fco. Javier C Fecha de recibo: 20/11/2009
Para usarse en: Mezclas de concreto Fecha de informe:
Solicitada por:

Peso volumétrico suelto: ND Densidad: 2,596 g/cm³
Peso volumétrico varillado: ND Absorción: 1,21%
Pérdida por lavado: 0,36% Humedad: 0%
Módulo de finura: 2,80

Malla	Peso (g)	Porcentaje	% Estándar	% Acum.
No. 4	0,0	0,00	0	0
No. 8	81,0	15,23	15	15
No. 16	95,5	17,66	18	33
No. 30	127,9	24,06	24	57
No. 50	117,8	22,15	22	79
No. 100	81,1	15,23	15	95
No. 200	26,7	5,02	5	100
Charra	1,9	0,36	0	100
Suma:	531,9	100	100	

OBSERVACIONES: Arena muy limpia y bien graduada

REALIZO: _____ AUTORIZO: _____

MR-FGAC-01



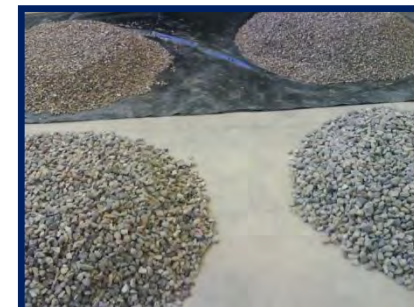
Secado al aire



Secado en horno



Cribado por malla 4



Cribado por tamaños

Materiales y métodos

MATRIZ DE EXPERIMENTACIÓN

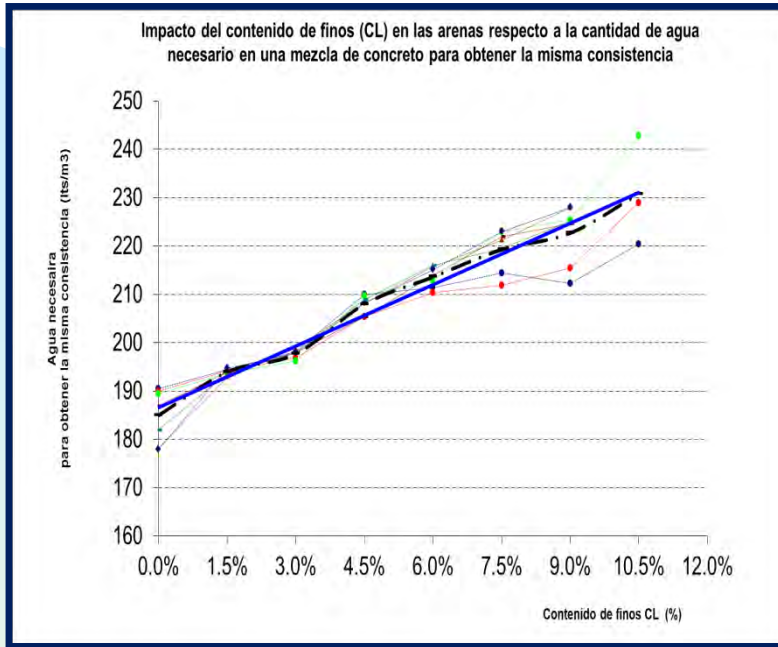
w/c = 0.60 Grava = 55 % volumen de agregados
Cemento CPC 30R Método usado: ACI 211

MATERIAL	δ (g/cm ³)	Abs (%)	Hum (%)	MVSS	MVSV	MF
				(kg/m ³)		
ARENA LAVADA	2.596	1.210	0.000	1580	1620	2.980
MATERIAL	δ (g/cm ³)	Abs (%)	Hum (%)	MVSS	MVSV	MF
				(kg/m ³)		
GRAVA 25 mm	2.631	0.530	0.000	1417	1528	

Kg/m ³								
MATERIALES	Control	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Mezcla 6	Mezcla 7	Mezcla 8
Cemento	322	322	322	322	322	322	322	322
Grava 25 mm	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
Arena lavada	808	796	784	772	760	747	735	723
agua	208	208	208	208	208	208	208	208
Finos	0	12.12	24.24	36.36	48.48	60.6	72.72	84.84
		1.5%	3.0%	4.5%	6.0%	7.5%	9.0%	10.5%

Kg/20 Its								
MATERIALES	Control	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Mezcla 6	Mezcla 7	Mezcla 8
Cemento	6.440	6.440	6.440	6.440	6.440	6.440	6.440	6.440
Grava 25 mm	20.020	20.020	20.020	20.020	20.020	20.020	20.020	20.020
Arena lavada	16.160	15.918	15.675	15.433	15.190	14.948	14.706	14.463
agua	4.160	4.160	4.160	4.160	4.160	4.160	4.160	4.160
Finos	0	0.2424	0.4848	0.7272	0.9696	1.212	1.4544	1.6968
		1.5%	3.0%	4.5%	6.0%	7.5%	9.0%	10.5%

Demanda de agua:



$$\text{Incremento de agua (\%)} = 2.29444 * F$$

$$Cr = 0.9944 \quad R^2 = 98.889 \%$$

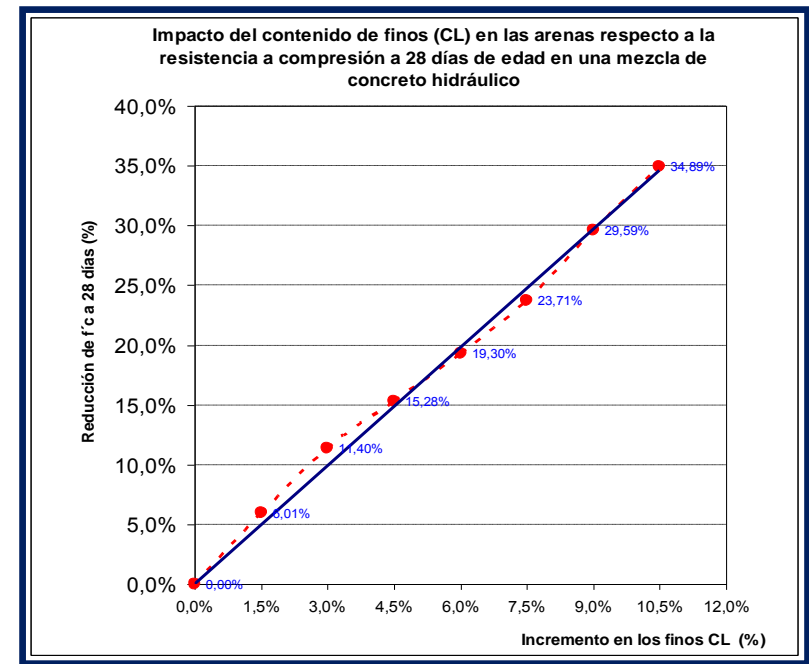
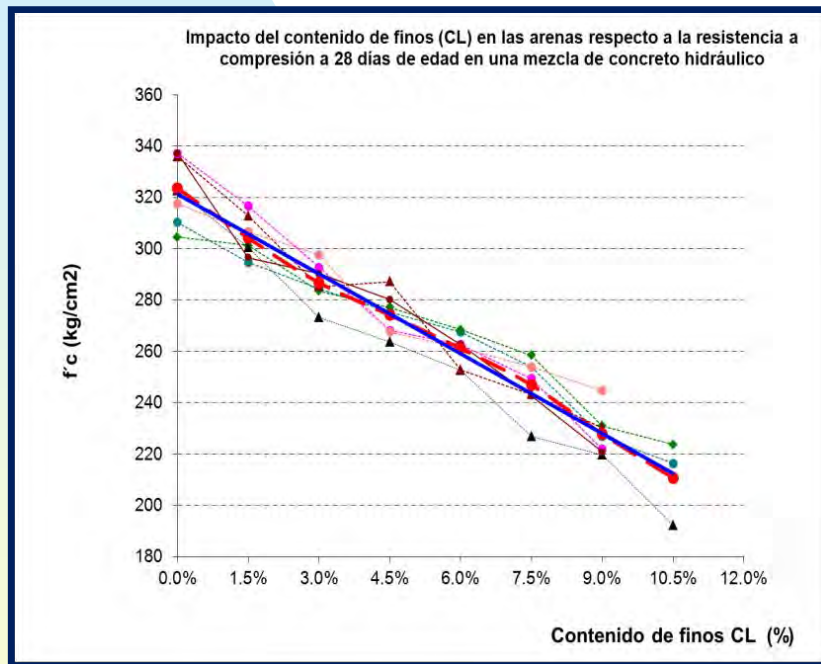
Finos (%)	Agua real neta (l/m³)									Incremento de agua l/m³	Incremento de agua	Manejabilidad
	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	Media	Desv est.			
0.0%	190.4	189.9	189.4	178.2	177.9	181.9	186.9	185.0	5.5	0.00	0.00%	Áspero
1.5%	194.4	194.2	193.7	192.9	194.7	193.7	193.9	193.9	0.6	8.96	4.85%	Áspero
3.0%	198.1	196.9	196.2	198.9	197.9	197.9	197.9	197.7	0.9	12.74	6.89%	Medianamente Áspero
4.5%	209.9	205.4	209.7	208.2	208.2	208.9	205.4	208.0	1.9	23.00	12.44%	Buena
6.0%	211.3	210.4	212.9	215.7	215.1	215.9	213.9	213.6	2.2	28.66	15.49%	Muy buena
7.5%	214.4	211.9	222.9	221.2	222.9	219.5	221.9	219.3	4.4	34.30	18.55%	Muy buena
9.0%	212.2	215.4	225.4	227.9	227.9	225.2	224.7	222.7	6.3	37.72	20.40%	Pastoso
10.5%	220.4	228.9	242.9	ND	ND	ND	ND	230.8	11.4	45.80	24.76%	Muy pastoso



Resultados y discusión

Resistencia a compresión:

Se determinó el comportamiento obtenido de los cambios de resistencia a compresión de los especímenes cilíndricos en relación a la cantidad de partículas finas (CL) adicionadas a cada mezcla y para la edad establecida: 28 días

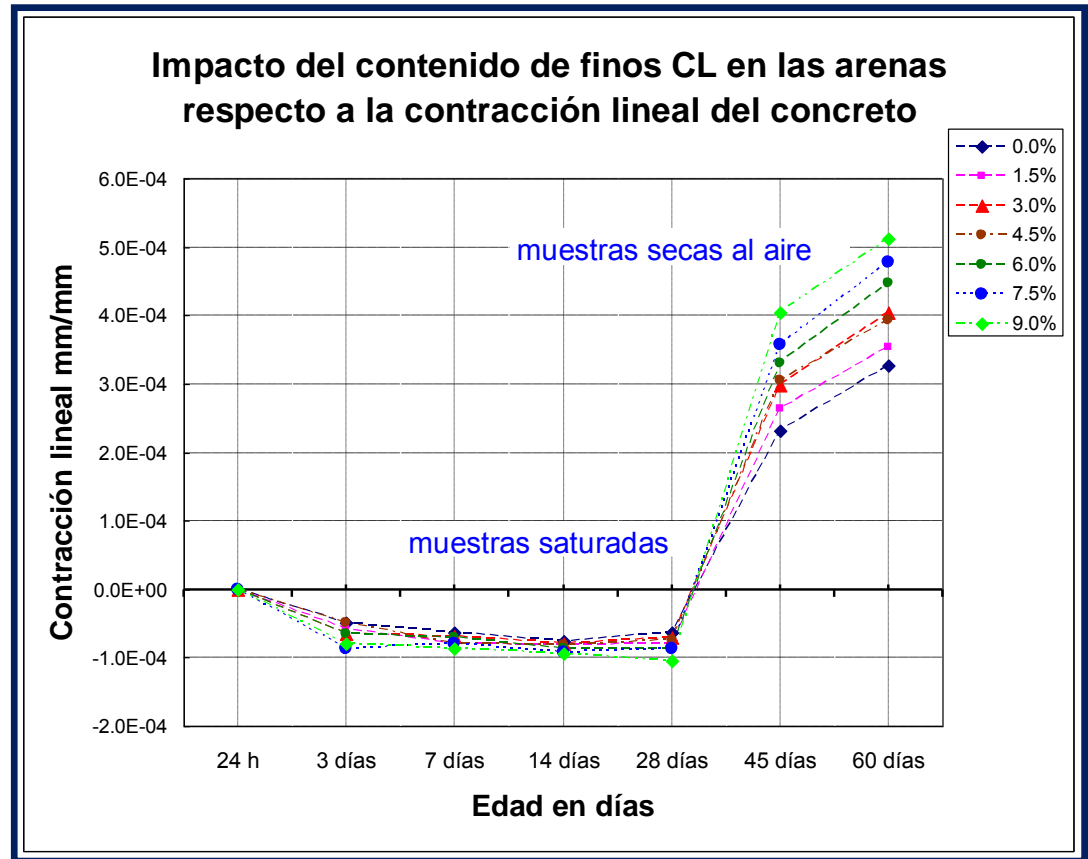


$$\text{Reducción de } f'c \text{ (\%)} = 3.19905 * F$$
$$Cr = 0.9981 \quad R^2 = 99.62 \%$$

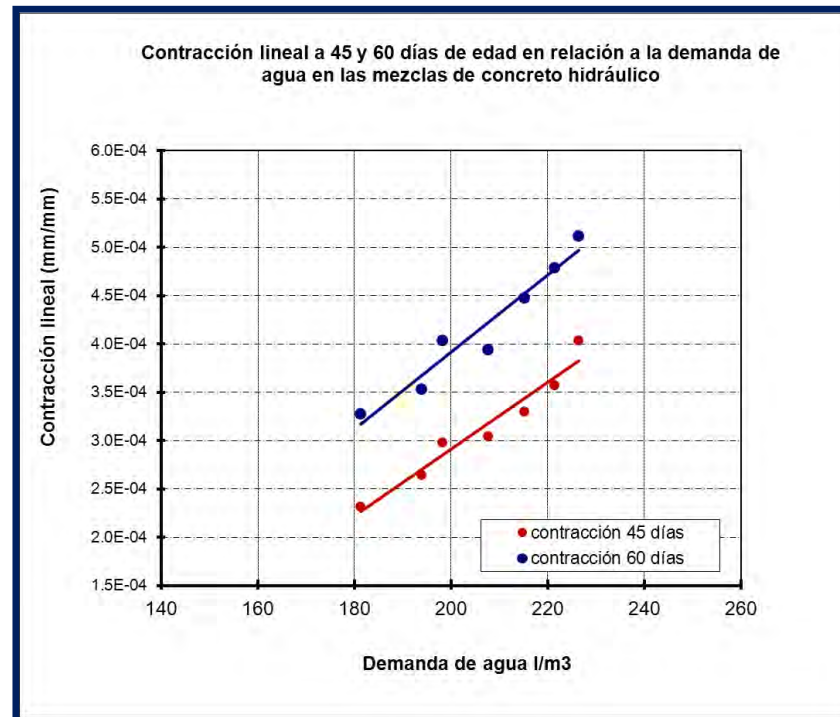
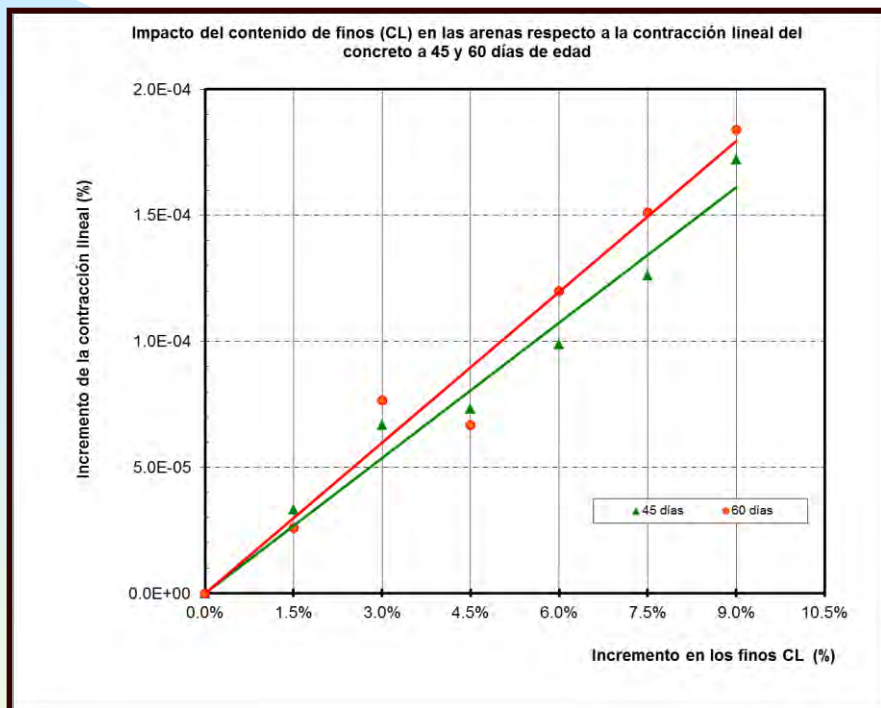
Resultados y discusión

Contracción lineal:

Se determinó el comportamiento obtenido de los cambios de longitud de los especímenes prismáticos en relación a la cantidad de partículas finas adicionadas a cada mezcla en 4 corridas experimentales y para cada edad establecida: 3, 7, 14, 28, 45 y 60 días de edad.



RESULTADOS: Contracción lineal



Edad	Curado	Incremento en la Contracción lineal	Nivel de confianza	Correlación	R cuadrada
45 días	Seco	$\Delta CL_{45} = 0.0000174619 * F$	95%	0.987028	97.4225
60 días	Seco	$\Delta CL_{60} = 0.0000201405 * F$	95%	0.983769	96.7802

Edad	Contracción lineal	Nivel de confianza	Correlación	R cuadrada
45 días	$C.L._{45} = -0.000399501 + 0.00000345327 * \text{Demanda de agua}$	95%	0.972452	94.5662
60 días	$C.L._{60} = -0.000403131 + 0.00000397412 * \text{Demanda de agua}$	95%	0.966999	93.5086

CONSECUENCIAS DEL USO DE ARENA NORMAL

Lavada: 2.53 % finos y normal 6.59% finos (incremento de 4.06%), w/c=0.60

Agua de mezclado = Agua_{0%} [1 + (2.29444*F/100)] (2)

ARENA LAVADA			ARENA NORMAL		
Material	Unidad	Cantidad	Material	Unidad	Cantidad
Cemento CPC 30 R	Ton	0.322	Cemento CPC 30 R	Ton	0.352
Grava 25 mm	m ³	0.706	Grava 25 mm	m ³	0.706
Arena lavada	m ³	0.511	Arena normal	m ³	0.511
Agua	m ³	0.193	Agua	m ³	0.211

Edad	Curado	Modelo a usar	Contracción lineal Arena lavada Industrial 2.53 % de finos	Contracción lineal Arena Normal 6.59 % de finos	Incremento %CL
45 días	Seco	$C.L._{45} = 0.000234195 + 0.0000174583 * F$	0.000278364	0.000349245	25.46%
60 días	Seco	$C.L._{60} = 0.000325915 + 0.0000201411 * F$	0.000376872	0.000458645	21.70%

CONCLUSIONES

La contaminación por finos en las arenas del Río Sonora, aguas abajo de la presa Abelardo L. Rodríguez, se clasifica como arcillas de baja compresibilidad “CL” y es común encontrar contenidos entre 1.13% y hasta 8.90% en relación al peso de la arena.

En un concreto con TMA 25 mm y 10 cm de revenimiento, la demanda de agua se comporta de la siguiente manera: *Incremento de agua (%)=2.29444*F*

La *contracción lineal* del concreto se comporta de la siguiente manera:

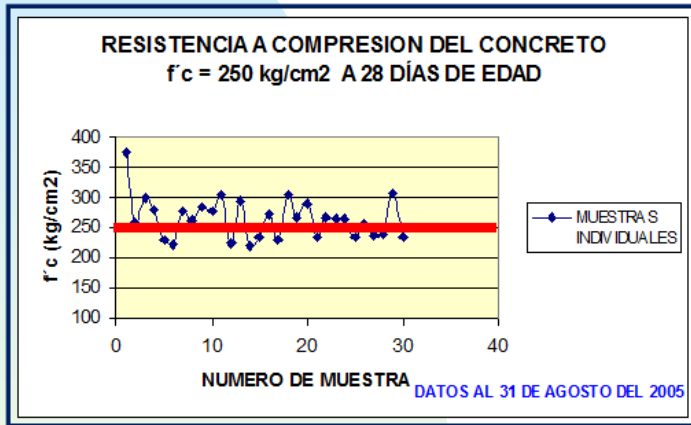
Edad	Curado	Contracción lineal por Finos (F)	Variación por finos (F)	Contracción por Demanda de Agua (DA)
45 días	Seco	$C.L._{45} = 0.000234195 + 0.0000174583 * F$	$\Delta CL_{45} = 0.0000174619 * F$	$C.L._{45} = 0.000399501 + 0.00000345327 * DA$
60 días	Seco	$C.L._{60} = 0.000325915 + 0.0000201411 * F$	$\Delta CL_{60} = 0.0000201405 * F$	$C.L._{60} = 0.000403131 + 0.00000397412 * DA$

El utilizar arena normal del Río Sonora incrementa el consumo de cemento en relación al uso de arenas lavadas

CONCLUSIONES

Las principales aplicaciones de los modelos obtenidos son:

1. **Etapa de diseño:** nos permiten estimar los ajustes necesarios en la cantidad de agua y cemento desde el proporcionamiento teórico inicial.



2. Control y aseguramiento de la calidad

3. *Evaluar la estabilidad volumétrica que pudieran presentar diferentes arenas disponibles en el mercado*



RECOMENDACIONES

1. Verificar la aplicación de los modelos con:
 - ✓ Otros TMA y diferente consistencia
 - ✓ Diferente plasticidad en los finos
 - ✓ Aplicación de aditivos químicos
2. Estudiar el proceso de lavado de las arenas desde una perspectiva del cuidado del medio ambiente
3. Medir la calidad de la fuente del agua de lavado y determinar su efecto en las propiedades del concreto hidráulico
4. Obtener un modelo que relacione la contracción lineal y la edad del concreto hidráulico

Preguntas

