ENTENDIENDO EL CONCRETO

12

MITOS Y REALIDADES DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN CONCRETO
PARTE III

En la Parte 3 y final de este artículo se concluye con la explicación de la validez o falsedad de los Mitos y Realidades que circulan entre los profesionales en relación a los resultados de ensayos de compresión en concreto, distorsionando innecesariamente la interpretación y aplicación correcta de los Códigos de Diseño Estructural y las normas estandarizadas para el control de calidad del concreto, perjudicando la toma de decisiones oportunas en beneficio de la obra.

2.0 MITOS Y REALIDADES DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN CONCRETO

Nº 7) La "bolonería" o "grumos" que se detectan eventualmente en las mezclas de concreto premezclado pueden afectar significativamente su calidad.

Verdadero :
Estos grumos se producen cuando el cemento y/o adiciones minerales ingresan a la mezcla con temperaturas superiores a 60ºC, y en contacto con el agua fría generan flóculos o bolas que externamente están húmedas, pero internamente tienen agregados y cemento sin hidratar. Evidencian descontrol en la secuencia de carguío y falta de mezclado, y representan sectores potencialmente débiles en las estructuras y tendencia a caídas de resistencia en los testigos, por lo que se recomienda rechazar estos suministros e insistir en que el productor de premezclado controle sus procesos con mayor cuidado.

Cambiar la secuencia de carguío y mezclado en las plantas concreteras para contrarrestar este fenómeno ocasiona que se incremente el ciclo de producción reduciéndose la productividad, por lo que las empresas de premezclado no son muy afectas a solucionar integralmente este problema, esperando normalmente que se solucione solo, o que el cliente no lo detecte, o no reclame, subestimando el efecto potencial tan negativo en la calidad final del concreto colocado.

El problema es más grave en vaciado directo pues algunas veces la bolonería pasa desapercibida e ingresa sin control, pero en vaciado con bomba, se detecta en la rejilla de la "batea" de recepción del concreto y usualmente el personal auxiliar disgrega la bolonería manualmente con una barreta esperando que se remezcle con las paletas que introducen el concreto a ser bombeado, lo cual si bien es un paliativo, no garantiza que se integre totalmente a la masa.





Nº 8) El curar los testigos en cámaras de curado produce resultados de resistencia más bajos, siendo lo mejor las pozas de curado con inmersión total que producen resultados más altos.

Falso :
La Norma ASTM C 551-13 "Standard Specification for Moisture Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms and Water Storage Tanks used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes" establece que se pueden emplear indistintamente cámaras de curado o pozas de curado para testigos de concreto, **mientras se mantengan las condiciones estandarizadas de humedad y temperatura.**

La norma data del año 1968, es decir que va a cumplir 50 años de vigencia y en todo este tiempo nunca se ha cuestionado que uno u otro método provoque mayores o menores resistencias pues son totalmente equivalentes mientras en ambos casos se cumplan y controlen las condiciones estandarizadas de humedad relativa mayor de 95% y temperatura en el rango de 23ºC ± 2ºC.

El curado en cámaras húmedas tiene la ventaja de permitir un almacenaje ordenado y eficiente en anaqueles de una gran cantidad de testigos dentro de un espacio pequeño, y con un mejor control de humedad y temperatura mediante aspersores de neblina con agua en circuito cerrado, estufa y acondicionador de aire, siendo un sistema ecológico. Al ser un sistema más sofisticado es más caro en su configuración y mantenimiento.

Las pozas de curado requieren mucho más espacio y agua al acomodarse los testigos sólo en una altura, siendo complicada la identificación y ubicación. Requieren saturar el agua con cal hidratada lo que la contamina y dificulta su eliminación ecológica. Usan una gran cantidad de energía para calentar toda el agua de la poza a la temperatura estandarizada y deben tener un agitador constante para que no se produzca lixiviación. Es un sistema más barato en costo inicial pero considerando las limitaciones en espacio y dificultades operativas resulta menos eficiente en productividad y más caro en costo-beneficio.

En ambos sistemas la norma exige monitoreo de humedad y registradores automáticos de temperatura con una frecuencia mínima de registro de cada 15 minutos, que debe ser evidenciada en cualquier auditoría de calidad. Esto último no es cumplido en general en nuestro medio por las empresas de premezclado, contratistas y laboratorios que emplean pozas para curar testigos.



Poza de Curado estandarizada - USA



Poza de curado artesanal – Perú



Cámara de curado estandarizada – USA



Cámara de curado estandarizada - Perú

Finalmente, hay que aclarar que el curado estandarizado no pretende obtener el resultado más alto de los testigos, sino las resistencias que corresponden a las condiciones estándar, ya que por ejemplo curando los testigos a temperaturas mayores o dejándolos secar adrede más de 3 horas antes de ensayarlos logramos un incremento artificial en resistencia fuera del estándar, y sólo demuestra el sesgo e intención dolosa de quien usa estas prácticas.

Nº 9) La velocidad de ensayo de las prensas es un factor muy importante en los resultados de resistencia.

Verdadero :
La Norma ASTM C 39/C39M-16b "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens" establece que la velocidad de carga en el ensayo de compresión debe estar en el rango de 0.25 ± 0.05 Mpa y debe aplicarse en no menos del 50% del ensayo.

Esto en términos sencillos establece las siguientes velocidades de carga dependiendo del diámetro del testigo que se detallan en la siguiente tabla:

VELOCIDADES DE CARGA ENSAYO DE COMPRESIÓN

Rango Velocidad = 0.25±0.05 Mpa/seg			0.20 Mpa/seg	0.30 Mpa/seg
Testigo	Diámetro Nominal ´cm.	Area cm2 cm2	Velocidad Mínima kN/seg	Velocidad Máxima kN/seg
2"x4" 3"x6" 4"x8" 6"x12"	5.0 7.5 10.0 15.0	19.64 44.18 78.54 176.72	0.39 0.88 1.57 3.53	0.59 1.33 2.36 5.30

La publicación ASTM STP 169D mencionada varias veces aclara que cuando se ensaya a velocidades mayores de las estandarizadas la resistencia aumenta pues se aproxima a un ensayo de impacto y cuando se efectúa a velocidades menores disminuye. Esto es muy importante pues si el que ensaya los testigos quiere sesgar el resultado a favor basta que aplique una velocidad mayor y se obtienen valores incrementados artificiosamente fuera del estándar.

Como elemento de control cuando presencien alguna vez un ensayo, la duración mínima en el mejor de los casos debe ser del orden de 1 a 2 minutos si se respetan las velocidades estándar, dependiendo de la resistencia y diámetro, por lo que si se ensayan en menor tiempo es indicio de adulteración o incompetencia en la ejecución. Cuando se emplean prensas totalmente automatizadas con velocidad programada, esta posibilidad de error se elimina totalmente.

Un laboratorio calificado y competente no sólo debe decir que hace las cosas bien, sino que debe estar en condiciones de demostrar en cualquier momento además de los certificados de calibración vigentes de las prensas, los medios con que garantiza la aplicación de la velocidad de carga estándar.

Nº 10) Se puede evaluar la validez de resultados de ensayos en concreto a edad temprana empleando curvas foráneas de desarrollo de resistencia vs tiempo.

Falso :
Uno de los argumentos más usados para desacreditar resultados bajos a 28 días es recurrir a curvas foráneas de resistencia vs tiempo, donde aplicando las tasas de desarrollo de resistencia de éstas se trata de justificar que los resultados "reales" son mayores que los reportados y en consecuencia los bajos son inválidos.

Un gráfico que circula mucho tendenciosamente es el que se adjunta a continuación que proviene de la publicación de la Asociación de Cemento Portland Americana – PCA "Design and Control of Concret Mixes" que pasaremos a explicar y comentar.

Por ejemplo, un muestreo de concreto f`c = 210 kg/cm2 elaborado en Lima con Cemento Sol Tipo I, por un laboratorio certificado arroja en promedio a 7 días 160 kg/cm2 y a 28 días 193 kg/cm2 y no cumple lo exigido. No obstante el productor del concreto reporta que sus resultados a 28 días dan 215 kg/cm2, argumentando que este es el resultado "real" pues la tasa de desarrollo de resistencia de la curva mencionada indica que a 7 días se debe obtener el 75% del f´c a 28 días y en consecuencia 160 kg/cm2/0.75 = 213 kg/cm2 muy similar al que reportó, y el resultado del laboratorio certificado no es el correcto debido a que "se deben haber alterado las condiciones estándar de curado, ensayo, etc."

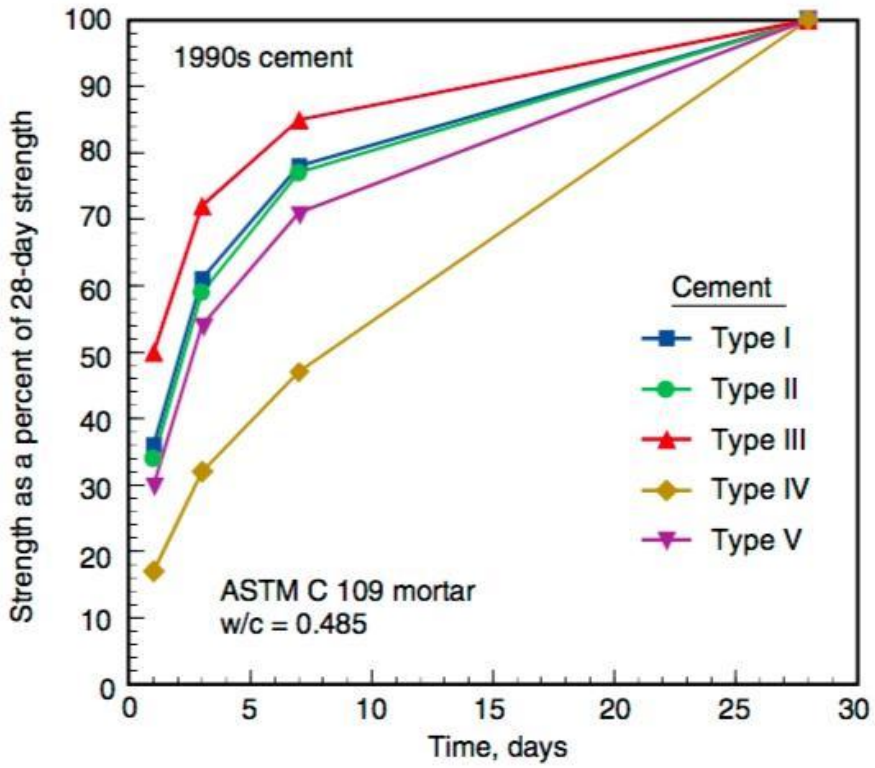


Fig. 2-42. Relative strength development of portland cement mortar cubes as a percentage of 28-day strength. Mean values adapted from Gebhardt 1995.

Si revisamos con cuidado el gráfico que sirve de base para la aseveración anterior vemos que reporta comportamiento de cubos de mortero y no de concreto, usa relación agua/cemento 0.485, y por otro lado analiza el comportamiento de cementos norteamericanos de los años 1990 es decir de hace 37 años!!! que no tienen nada que ver con los cementos peruanos actuales!!!

En conclusión, se alude a curvas de comportamiento de mortero con cementos norteamericanos de hace casi 40 años, que sólo tienen validez académica para mostrar que hay diferencias de comportamiento entre los diferentes tipos de cemento, pero es absurdo, sesgado y tendencioso emplearlas para predecir comportamiento de concreto a 28 días con cementos peruanos, tratándose de sorprender a quién no domina estos temas.

Una pregunta que debe hacerse el lector es el porqué contándose en el mercado del premezclado con empresas que tienen cientos o miles de resultados de ensayos de testigos a edad temprana y a 28 días, no emplean la curva real y actualizada del desarrollo de resistencia del concreto con el cemento local y se fuerza una conclusión basándose en una curva foránea obsoleta?

Es obvio que lo que se pretende es sembrar una supuesta "duda técnica" para cuestionar los resultados desfavorables, pero que no soporta ningún análisis objetivo, constituyendo otra modalidad de la estrategia de "matar al mensajero".

Finalmente, como dato práctico que puede ser útil, los concretos en Lima producidos con Cemento Sol Tipo I desarrollan actualmente en promedio a 7 días en promedio alrededor del 83% ±15%, de la resistencia a 28 días, sin embargo, este valor no es estático y puede tener una variabilidad hasta del orden de ± 20% dependiendo del comportamiento estacional de los cementos locales y la variabilidad misma del concreto premezclado, por lo que es recomendable revisarlo al menos semestralmente.

Nº 11) Cuando empiezan a haber caídas sistemáticas y consecutivas de resistencia en una clase de concreto es indicio de problemas con el muestreo, curado o ensayo de los testigos.

Falso:
Cuando el control lo hace un Laboratorio certificado, la ley de probabilidades indica que los problemas proceden del proveedor de premezclado.

Cuando el control lo hace el contratista en obra o un laboratorio incumpliendo una o varias de las etapas estandarizadas. los problemas de caídas probablemente se deban a la dispersión introducida por estas desviaciones, sin descartar la duda en la calidad del concreto por lo que los códigos establecen las verificaciones a realizar en estos casos.

Explicaremos el porqué cuando los resultados provienen de un laboratorio estandarizado las caídas orientan a dudar de la calidad del concreto premezclado.

El control estandarizado de los testigos de concreto tiene 5 procesos estandarizados:

1) Muestreo,

2) Moldeo,

3) Transporte,

4) Curado

5) Ensayo que son relativamente sencillos de cumplir por un laboratorio certificado que se dedica exclusivamente a esto.

La producción de concreto premezclado tiene no menos de 25 procesos y dentro de ellos hay subprocesos:

1) Calificación y pruebas de agregado grueso en cantera.

2) Calificación y pruebas de agregado fino en cantera.

3) Calificación y pruebas en agua.

4) Calificación y pruebas en cemento.

5) Calificación y pruebas en aditivos.

6) Calificación y pruebas en adiciones minerales.

7) Validación de diseño de mezcla en laboratorio.

8) Validación de diseño de mezcla en planta.

9) Monitoreo y control de agregado grueso en planta.

10) Monitoreo y control de agregado fino en planta.

11) Monitoreo y control de cemento en planta.

12) Monitoreo y control de agua en planta.

13) Monitoreo y control de aditivos en planta.

14) Monitoreo y control de adiciones minerales en planta.

15) Proceso de pesaje en planta.

16) Proceso de carguío en planta.

17) Proceso de mezclado en mixer o en mezcladora central en planta.

18) Inspección y regulación del mixer antes de salir.

19) Transporte hasta la obra.

20) Descarga del concreto en obra.

21) Muestreo del concreto para control de calidad interno.

22) Moldeo de testigos para control de calidad interno.

23) Transporte de testigos a laboratorio.

24) Curado de testigos en laboratorio.

25) Ensayo de testigos en laboratorio.

26) Evaluación estadística continua de los resultados para cumplir con el sobrediseño normado por los Códigos.

La mayoría de estos procesos en premezclado no son estandarizados, es decir que las normas aplicables le dejan la libertad al proveedor de configurarlos según su criterio en la medida que se satisfagan los requerimientos del producto final.

Por ejemplo en el pesaje, carguío, regulación, transporte y descarga, cada proveedor establece sus propios procedimientos y frecuencia de controles en función de los equipos que emplea y el recurso humano con que cuenta, y ello explica el que cada proveedor y planta de premezclado tienen dispersión diferente en su producción.

En consecuencia, en cada uno de estos procesos hay posibilidad de error humano o descontrol si no se maneja técnicamente la producción y no se emplean los contenidos de cemento necesarios para cumplir con el sobrediseño exigido por los Códigos, luego aquí es donde se dan las mayores probabilidades de falla sistemática y no en el control de calidad de los testigos cuando esto se hace de manera estandarizada.

Nº 12) Los resultados de ensayos de los proveedores de premezclado son más confiables que los de los Laboratorios estandarizados de terceros.

Falso :
En teoría el proveedor de premezclado debe aplicar para su control interno los mismos procesos estandarizados que un Laboratorio certificado, sin embargo, al no ser éste el corazón de su negocio normalmente incumple o ejecuta a medias o defectuosamente el muestreo, moldeo transporte, curado y ensayo, por lo que es poco coherente el que pese a estas deficiencias siempre obtengan resultados "satisfactorios y confiables" en su control de calidad de parte.

No existe actualmente ninguna empresa de premezclado en el país con ISO 9001 que en su campo de certificación incluya específicamente estos procesos, luego, no han sido auditados integralmente y no hay evidencia certificada de su cumplimiento más allá de decir que los cumplen.

Si su proveedor de premezclado muestrea del principio de la descarga y no del tercio central, no protege los testigos con tapas o bolsas para evitar evaporación, no los protege en invierno contra las bajas temperaturas, no los traslada a su laboratorio antes de 48 horas en vehículos acondicionados para esto y le restringe el acceso a auditar e inspeccionar tanto su sistema de curado y ensayo, como su producción, saque sus propias conclusiones en cuanto a la confiabilidad de los resultados de parte que le reporta.

No obstante, es importante resaltar que gran parte de los contratistas que emplean concreto premezclado realizan su control de calidad directamente en obra, con deficiencias en el muestreo y moldeo, cura los testigos en obra en pozas o cilindros sin cuidados en la temperatura ni en el curado inicial y final y envía los testigos a ensayarse en laboratorios de universidades uno o dos días antes de su fecha programada por lo que se ensayan secos, fuera de estándar y en consecuencia sus resultados son sumamente dudosos, teniendo los proveedores de premezclado todo el derecho de objetarlos cuando estos reportan aparentes caídas de resistencia.

Nº 13) Hay que desconfiar de todas las empresas de premezclado con caídas de resistencia pues sólo se preocupan de la parte comercial.

Falso :
No es ético ni correcto asumir a priori que las empresas de premezclado que tienen problemas en caídas de resistencia son incompetentes o sólo les interesa el aspecto comercial, pues ello sería descalificar a los profesionales que las integran y suponer que actúan deshonestamente.

En Lima ya hay 18 empresas de premezclado con su propia configuración en cuanto al mercado que atienden, equipos y tecnología que aplican y en principio todas tienen el mismo potencial de producir y suministrar concreto con calidad certificada.

Sin embargo, al tratarse de un proceso industrial muy masivo y con tantas variables para controlar, no es sencillo producir concreto premezclado de calidad uniforme y constante, y por ello los códigos establecen los sobrediseños que está obligado a cumplir el proveedor, y los controles estandarizados a ser realizados por terceros para que las fallas cuando se detecten sean mínimas en cantidad y en su impacto negativo en las estructuras.

Luego, cualquier empresa de premezclado puede producir concreto, pero no necesariamente será de la calidad certificada que cumpla con el f´c especificado, si no aplica y cumple lo exigido por las normas aplicables y es consistente y constante en su forma de trabajar.

CONCLUSION

Para concluir con este artículo, parafraseando a Plutarco en el caso de la mujer del César, una empresa de premezclado competente y seria no sólo debe serlo, sino que debe parecerlo a través de todas sus acciones y conductas, para la tranquilidad de sus clientes y la confiabilidad en la seguridad de las estructuras.

