

# Control de Calidad para el concreto en el siglo XXI

• Rodrigo Quimbay <sup>1</sup>

• Jorge Isaac Velásquez <sup>2</sup>

## Introducción

**E**n octubre de 1991 se unieron varias empresas con el fin de desarrollar un sistema de control de calidad automatizado para el concreto. El producto computarizado propuesto fue designado ACQS ( Sistema de control de calidad automatizado ) y desde entonces ha sido ofrecido comercialmente bajo el nombre de Quadrel TM.

Quadrel utiliza pruebas computarizadas simultáneas de madurez y calor como base para un nuevo y automatizado método de control de calidad para concreto.

Las pruebas generadas incluyen «la huella de calor adiabática» (AHS) y de esfuerzo a la compresión para una gran cantidad de rangos de diseños de mezclas. Basados en los análisis de ciertos grupos de datos se puede hacer una observación importante AHS que contiene una gran cantidad de información muy útil en términos de calidad de concreto.

## Quadrel

El sistema quadrel es una herramienta de alta tecnología en el control y aseguramiento de calidad de concretos y cementos, tanto a nivel de obra

como a nivel de laboratorio. Sus principales aplicaciones son:

- 1. Aseguramiento y/o control de calidad del cemento y del concreto.** Mediante la determinación apropiada del calor generado durante el proceso de hidratación de la pasta (AHS), con el objetivo de comparar con precisión las características del cemento o concreto vs. una calidad preestablecida. En general para un mismo concreto se alcanzara aproximadamente la misma resistencia cuando se llega a la misma madurez, independiente de las condiciones de curado.
- 2. Control de resistencia y temperatura del concreto en obra.** mediante termopares que se instrumentan en los elementos a monitorear se pueden observar las reacciones de hidratación del cemento (las cuales no se aceleran

<sup>1</sup> Ingeniero Civil Departamento Control de Calidad de Central de Mezclas

<sup>2</sup> Egresado Facultad Ingeniería Civil Universidad Militar Nueva Granada

linealmente), y luego correlacionar estas con la resistencia del concreto.

## Fundamentos Ténicos de Quadrel

Los principios usados en quadrel se derivan del trabajo de Freisleben Hansen (al cual se refieren como el modelo FH) y fue desarrollado durante la década de los 70. El modelo FH se construyó sobre los siguientes elementos:

1. Principio de la madurez.
2. La suposición de que el esfuerzo a la compresión  $S$ , y el desarrollo de calor adiabático  $Q$ , son ambas funciones únicas de la madurez  $M$ .

**$S=S(M)$  y  $Q=Q(M)$   
Donde  $M=M(T,t)$ ,  
 $T$ =temperatura y  $t$ =tiempo**

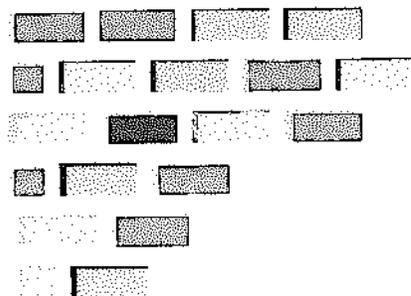
3. Aplicaciones físicas de transferencia de calor para dadas secciones geométricas, las condiciones límite en forma aislada, como las condiciones de clima.

**Las características innovativas y poderosas del modelo FH son los elementos 2 y 3, ya que en combinación con el principio de madurez permiten la simulación de propiedades físicas como una función de parámetros materiales (composición de la mezcla) y variables de campo (Sección geométrica).**

## Madurez

La tasa de cura del concreto o su endurecimiento depende de su temperatura. Los materiales cementantes reaccionan más despacio a menor temperatura que a mayor temperatura, por tanto el concreto se endurece más despacio a menor temperatura que a mayor temperatura. Modelos de madurez se comparan con la madurez o valor de la edad equivalente a los efectos combinados de período de cura y de temperatura.

En el nivel de esfuerzo u otras propiedades el concepto de maduración es conocido hace treinta años. Dicho con-



cepto forma una parte importante del sistema quadrel y es bien reconocido por ASTM y ACI.

## Quadrel en el Laboratorio

Consiste básicamente en cámaras adiabáticas (Calorímetros), y en condiciones de ensayo comunes para lograr comparar las diferentes muestras. Los calorímetros en los cuales se introducen las muestras permiten medir el calor generado por la acción de hidratación del cemento el cual se correlaciona con el endurecimiento alcanzado por el concreto. Los datos son leídos y almacenados por un procesador electrónico de datos (Dattaloger). Posteriormente estos datos pueden ser trasladados (recuperados) por un computador personal y un sistema experto o (programa).

Los ensayos de laboratorio realizados en quadrel pueden realizarse con el objetivo de patronar el comportamiento y controlar la calidad de las mezclas de concreto aplicando los conceptos de maduración o edad equivalente de curado.

La utilización del sistema quadrel en el control de calidad de cementos exige una identificación de la **Huella Adiabática Característica** tanto del cemento producido, que responde a ciertos procedimientos seguidos, como del cemento recibido, según ciertos rangos de calidad identificados previamente. Esta tarea es tanto del productor (planta productora de cemento), como del consumidor (Planta productora de concreto) con el objetivo de implementar en un tiempo no muy lejano un procedimiento de despacho de cementos, recepción y uso con una base comparativa eficiente y rápida que optimise el uso del cemento, manteniendo o aumentando la calidad del concreto despachado.

## Quadrel Aplicado en Obra

El equipo para el control de calidad del concreto consiste esencialmente en los mismos elementos utilizados en el control de calidad en el laboratorio, un procesador electrónico de datos (Dattaloger), un registrador instantáneo de datos (Logview), un computador personal y un sistema experto o (programa). Sin embargo ante la imposibilidad de introducir el elemento a analizar dentro de la cámara adiabática (Calorímetro), por las dimensiones y configuración misma de los elementos estructurales, se instala una red de seguimiento (cables termopares), en el hormigón fresco recién colocado, para que con una conexión previa al

**dataloger, se obtengan los registros de temperatura y maduración del concreto, durante el proceso de endurecimiento del material, que posteriormente pueden ser recuperados y graficados mediante el sistema instalado en el computador.**

## Tiempo de Ensayo

Las muestras se instrumentan durante un tiempo mínimo aproximado de treinta y seis horas (día y medio), que generalmente corresponden a cincuenta horas de maduración, ya que es en este intervalo de tiempo en el cual se presentan los cambios térmicos mas significativos, para un mortero o para un concreto, debido al proceso de hidratación del cemento.

## Ventajas del Quadrel

- Establecimiento del potencial calorimétrico de cementos y concretos, caracterizando su comportamiento según la huella adiabática conforme el tipo y marca de cemento, y de acuerdo a las especificaciones del diseño de mezcla. Lo anterior permite una mayor repetibilidad en el proceso de producción del concreto, y así una mayor uniformidad.
- Proyección de la resistencia del concreto en función de la relación *Resistencia-Madures* (R vs M), previa determinación de la madurez para un mismo concreto.
- Monitoreo de la madurez y temperatura, para un control en

obra de resistencias tempranas de concretos vaciados, tomando decisiones oportunas en obra.

- Determinación de anomalías en el elemento monitoreado en obra, ya que permite la comparación del concreto usado en la hechura de dicho elemento con el concreto que se tiene como patrón de diseño. Permitiendo conocer a su vez la causa de estas anomalías.

Debido al avance cada día mayor de la tecnología no solo del concreto sino de la construcción en general nos es necesario poseer herramientas que permitan tomar decisiones mas rápida y acertadamente, por lo tanto la aplicación del concepto de madurez como sistema de control de calidad para resistencia del concreto, desplazará en el mediano plazo al tradicional de cilindros, pues mide de manera confiable la resistencia del concreto dentro del mismo elemento estructural. Además se cuenta con la norma ASTM C-1074-87, próximamente Norma Técnica Colombiana (en discusión pública), que describe el método Standar para la determinación de la resistencia del concreto por medio del método de la madurez.

**Más información: Departamento de Control de Calidad de Central de Mezclas Bogotá.**

