

# APORTES AL ANALISIS DE RESISTENCIAS MECANICAS

Por Arturo Holmgren Greve

## Resumen

*El hormigón, en general, es sinónimo de resistencia. Es la característica técnica que lo identifica en forma primordial y, por lo tanto, es la forma cuantitativa para determinar si este material cumple, o no, con las exigencias que impone el diseñador estructural para estos efectos.*

*Sin embargo, y es lamentable tener que reconocerlo, una gran cantidad de los que intervenimos en este asunto sólo nos permitimos el registrar el resultado que algún laboratorio nos entrega en forma de un certificado oficial, con logotipo y firma del responsable de la información que contiene. ¿Basta con eso?.*

*Esta presentación sólo pretende incentivar el buscar y analizar, más allá del resultado de un ensayo, posibles explicaciones a situaciones en que dichos valores no reflejan lo que habíamos estado esperando, produciendo la humana reacción de taquicardia.*

*Asimismo, se intenta entregar una visión que nos permita estudiar algunos mitos de la tecnología del hormigón que aprendimos en las aulas universitarias que, por encontrarse omitidos en algunas normas y publicaciones técnicas o bien destacados en otras, nos obliga a enfrentarnos a maravillosas discusiones con quienes creen firmemente en ellos.*

*Es así como se estima útil el comentar algunos aspectos en que, como suministradores de hormigón premezclado, hemos debido enfrentar recurriendo a lo que todo profesional del área está obligado, es decir, intentar el obtener información, estudiarla y emitir un diagnóstico serio.*

*En primera instancia se presentan y evalúan algunas situaciones que afectan a la representatividad de la resistencia potencial de un hormigón y que justifican el ser consideradas en el momento de analizar resultados: **compactación del hormigón, diseño y material utilizado en moldes cúbicos, probetas cúbicas ensayadas en prensa para cilindros y curado inicial de probetas en terreno.***

*A continuación, para aquellos momentos en que nos vemos obligado a comprobar la calidad del hormigón ya colocado y endurecido mediante la extracción y ensayo de testigos, se resumen algunos antecedentes que permiten el reconsiderar algunas prescripciones normalizadas o, al menos, evitar el considerarlas como dogmas infalibles, como asimismo tener presente que no todo lo que se requiere está normalizado en forma universal: **rectificado de testigos de alta resistencia, corrección por edad de los testigos y resistencias de testigos entre distintos laboratorios.***

## 1. INTRODUCCION

En la transacción técnico-económica del hormigón premezclado, juega un papel muy importante la evaluación de la calidad del producto. La calidad del hormigón premezclado es medida, en la generalidad de los casos, a través del control de resistencias mecánicas que efectúa la empresa premezcladora, el cual se realiza, cada vez con mayor frecuencia, contratando los servicios que prestan al mercado los Laboratorios Oficiales (más de 60 vigentes a la fecha en nuestro país). Con este sistema el usuario deposita su confianza en los resultados oficiales que emiten dichos laboratorios. En este punto es necesario resaltar que, en Chile, aún no existe una entidad fiscalizadora de estos laboratorios que garantice que ellos cuentan con la experiencia e infraestructura de profesionales y/o personal y equipamiento adecuados.

Mientras este sistema sea el único que se utilice para verificar el cumplimiento de la calidad transada, estimamos necesario comentar algunos aspectos que recomiendan el observar los resultados obtenidos con mayor detención. Esto último deriva de la experiencia obtenida en la literatura y la vivida en forma personal por el suscrito.

Previo a presentar los temas que se han estimado interesantes, es necesario recordar que las anomalías en cualquier etapa del proceso de obtención de las resistencias mecánicas de un hormigón derivarán siempre en valores inferiores a los que POTENCIALMENTE ofrece, excepto las siguientes situaciones: prensa descalibrada hacia la entrega de resistencias mayores, alta velocidad de ensayo y madurez del hormigón por sobre lo estandarizado. Estas situaciones, salvo situaciones de extrema ineficiencia, son fácilmente verificables por intermedio de los controles internos de cada laboratorio (contrastaciones de las prensas, verificaciones de velocidades de ensayo y monitoreos de temperaturas) ó mediante evaluaciones puntuales. Sin embargo, en la mayoría de los casos en que existen descuidos o desconocimiento, se producen anomalías que derivan en resistencias inferiores a las que el hormigón ofrece en términos potenciales. Por esto último es que se ha considerado útil el comentar algunos de ellos.

## 2. COMPACTACION DEL HORMIGON

Es conocido el hecho de que los materiales más densos son los más resistentes. El hormigón no escapa de tal situación natural, por lo tanto, cuando un hormigón no

logra compactarse en el total de su capacidad, existe una pérdida importante de su resistencia. La mayor densidad se logrará cuando se disminuyan al mínimo las cantidades de burbujas de aire y agua atrapadas en la masa del hormigón. La faena de compactación con los vibradores de inmersión tiene ese objetivo.

La magnitud de la disminución de resistencia por efecto de no lograr una total compactación y, por ende, la máxima densidad, se puede observar en la información de Neville (1989) vaciada en la figura N° 1. De ella se puede estimar que una disminución de un 5% en la densidad provocaría una pérdida de un 30% en la resistencia a 28 días del hormigón y ya una disminución de un 2% en la densidad derivaría en una pérdida de, al menos, un 10% en la resistencia referida.

Adicionalmente, en una de las experiencias vividas, se pudo obtener información con desviaciones apropiadas para verificar las magnitudes presentadas en la literatura. La información se encuentra en la misma figura N° 1, en la cual se han vaciado las relaciones de densidades de testigos extraídos desde un mismo tipo de hormigón de una misma obra y sus respectivas relaciones de resistencias. De estos antecedentes se puede concluir que el efecto de una menor densidad deriva en una pérdida de resistencia equivalente a la que enuncia la literatura especializada.

Por lo anterior, es muy importante considerar este efecto en la resistencia de testigos extraídos para evaluar la resistencia POTENCIAL del hormigón elaborado, pues, normalmente, la compactación que se efectúa en los elementos de una estructura puede ser muy distinta de aquella que se realiza a una probeta de hormigón elaborada en forma estandarizada para evaluar la calidad del hormigón suministrado. De hecho, en Concrete Society Technical (1976) se indica que, para evaluar la resistencia POTENCIAL de un hormigón, la resistencia que resulta de los testigos debe ser corregida por el exceso de poros que ellos puedan presentar respecto a la del hormigón compactado y medido en forma estandarizada. La representación gráfica de este criterio está en la figura N° 2, en la cual se ha vaciado, también, la misma experiencia real ya mencionada.

Por lo tanto, esta faena requiere ser efectuada por personal capacitado y que conozca el daño que puede provocar una compactación deficiente. Asimismo, cabe destacar que una compactación más allá de lo aconsejable irá también en desmedro de la calidad del hormigón por los efectos de segregación que se pueden ocasionar, como también daños en la permeabilidad y durabilidad del elemento hormigonado. Una manera de visualizar el período adecuado de compactación mediante vibrador de inmersión es la de observar la superficie del hormigón y comenzar a retirar lentamente la sonda cuando disminuya la cantidad de burbujas de aire que llegan a la superficie.

A modo de obtener una aproximación de la cantidad de vibradores de inmersión que deben contemplarse en toda faena de hormigonado que se considere seria, se entrega en la figura N° 3 un ábaco que representa a los conceptos que expone Dreux (1981).

Asimismo, el monitoreo y control de las densidades de las probetas para ensayos reviste una importancia tal que impide el aceptar que algunos laboratorios la consideren como una tarea que está de sobra, o bien que la realicen en forma despreocupada.

### 3. DISEÑO Y MATERIAL UTILIZADO EN MOLDES CUBICOS

Generalmente, la economía es enemiga de lo adecuado. Este dicho también puede aplicarse en este caso. Debido a razones económicas, muchos, por no decir la gran mayoría, de los laboratorios cuentan con moldes cúbicos confeccionados con placas de metal y en que su diseño contempla la unión de las placas con "pernos pasados".

Sin embargo, tanto la literatura extranjera como estudios nacionales han demostrado que este aspecto puede tener una gran importancia en el momento de la evaluación de resistencias obtenidas de probetas confeccionadas con moldes así diseñados.

El problema radica en que los moldes con el tipo de diseño descrito, permite que las caras perpendiculares a la dirección de los pernos puedan presentar una curvatura como la que se observa en la figura N° 4. Si la probeta se coloca de forma tal que estas caras deformadas, invisibles a simple vista, se enfrenten a las placas de ensayo de la prensa, se producirá un distribución de tensiones parecidas a las ocasionadas en el ensayo de hendimiento (ensayo brasileño), ocasionando disminución de la resistencia registrada.

En un estudio realizado por Piñeiro y Jara (1969) se concluye que placas de espesores de 8 mm pueden deformarse con mucha facilidad y provocar pérdidas de resistencias de hasta un 20% en hormigones de 40 MPa. Sin embargo, es necesario tener presente que espesores mayores no impiden totalmente las posibilidades de deformación, por lo tanto, se sugiere evitar el uso de moldes diseñados de esa forma. En todo caso, una manera práctica de evitar el efecto es el de preocuparse, previo marcado, de colocar las probetas en forma tal que las placas de la prensa se enfrenten a aquellas caras del cubo que son paralelas a la dirección de los pernos. Si no se efectúa un control estricto sobre esta metodología, se obtendrán resistencias que no son representativas del hormigón bajo evaluación.

Si interesa verificar el que resistencias inferiores a las esperadas sean causadas por estos efectos, es útil el inspeccionar el tipo de rotura de las probetas. Para ello, se adjunta en la figura N° 5 un esquema que permite identificar roturas anómalas de aquellas normales. Esto último es de bastante ayuda para el operador de la prensa de ensayo para asignar un comentario del tipo de rotura de cada probeta ensayada. De no consignarse estas situaciones en ese mismo instante, se dificulta enormemente un posible análisis posterior, toda vez que, normalmente, las probetas son desechadas y difíciles de encontrar entre todas las que un laboratorio ensaya diariamente.

La manera de evitar completamente el problema de deformaciones de las placas, es la de exigir que su diseño contemple un material altamente frágil, por ejemplo





Los resultados obtenidos (una decena de tríos comparativos) se han agregado a la figura N° 7. De ella se puede concluir que el efecto del curado en las probetas no deja de ser importante, toda vez que puede significar un ahorro de problemas y costos.

En otra oportunidad, estábamos suministrando hormigón para la confección de vigas postensadas los días sábados, para así ganar el tiempo del fin de semana y obtener 30 MPa en probeta cilíndrica al tercer día, es decir, los días martes de cada semana. La faena del primer fin de semana se desarrolló sin problemas. Sin embargo, al segundo fin de semana recibimos una llamada de reclamo y amenaza de demolición, pues los resultados de las probetas ensayadas al tercer día indicaban una resistencia promedio de 14,5 MPa. Ante esta situación, investigamos los registros de carga, los tiempos de vida del hormigón antes de entregarse, etc., sin éxito de encontrar una explicación. En forma paralela, se solicitó inspeccionar visualmente los cilindros ensayados, sorprendiéndonos por la excesiva rotura en las cabezas superiores de los cilindros y las marcas tipo "rasguño" en sus mantos. Un técnico laboratorista de experiencia nos guió haciéndonos recordar la apariencia que se tiene en los charcos de agua cuando han sufrido temperaturas de congelamiento, las que son exactamente iguales a las que estábamos observando en la superficie del hormigón del manto de los cilindros. La hipótesis que se planteó fue que el exceso de rotura en las cabezas expuestas de los cilindros evidenciaban muy baja resistencia por estar detenido su desarrollo normal por la baja temperatura soportada por dicha parte del cilindro (su manto al menos habría sido protegido por el metal del molde), y que los "rasguños" provenían del congelamiento de la película de agua que se forma en la interfaz del hormigón en contacto con la superficie metálica interna de los moldes. Para confirmar tal hipótesis, se procedió a revisar los registros de temperaturas de ese fin de semana, concluyéndose que habían existido temperaturas bajo cero, tanto el día domingo (-2,0 °C) como el día lunes (-1,0 °C). Con estos antecedentes inspeccionamos las superficies ya desmoldadas de la viga, dándonos cuenta que ellas, por haberse utilizado moldajes de madera de 25 mm de espesor, no presentaban los famosos "rasguños". De esta forma, convencimos al Ingeniero Administrador de extraer testigos y ensayarlos a la brevedad para confirmar que el hormigón de la viga no estaba afectado de la misma forma como lo fueron los cilindros. Lo anterior se ejecutó y demostró que la resistencia a los 9 días era de 47,8 MPa, en cambio el ensayo a 9 días de un cilindro restante y que habría sufrido el congelamiento superficial indicó sólo 17,8 MPa, con lo cual se pudo constatar que no era necesario el pensar en demoliciones ni continuar con amenazas de cambio de proveedor. Posterior a este episodio fue factible convencer al Ingeniero que era necesario proteger los cilindros de la intemperie para efectos de evaluar la calidad que le estábamos suministrando, a lo cual accedió disponiendo una gran caja de madera, protegida con poliestireno expandido y manteniendo una ampolleta de 75 watt encendida en su interior, además de mantener un termómetro de

registro de temperaturas máximas y mínimas a fin de verificar el que no se obtuvieran temperaturas extremas. Asimismo, se procedió a mantener protecciones térmicas en las futuras vigas, solucionándose de esa forma el problema en forma definitiva.

Uno de los tipos de ensayo que se ven afectados en mayor magnitud por no realizar un procedimiento adecuado de curado se refiere a los ensayos a flexotracción de probetas prismáticas. Los procedimientos de curado indican que este tipo de probetas deben permanecer en piscina de agua saturada con cal hasta el instante en que deberán ser colocadas en la prensa para ser ensayadas. Lo anterior descarta la metodología de sólo mantenerlas en el interior de cámaras de curado.

Un leve resecamiento de la superficie de los prismas deriva en que se generan tensiones de tracción en las fibras superficiales, debido a que el núcleo permanece saturado y en situación de hinchamiento, mientras que la superficie inicia un proceso de contracción por la pérdida de humedad. Esto induce a que el ensayo se inicia con fibras ya sometidas a esfuerzos de tracción y, por lo tanto, el resultado registrará un valor inferior al que potencialmente podía entregar el ensayo. A continuación se presenta una tabla resumen de los resultados obtenidos en una investigación realizada para evaluar los efectos de distintos procedimientos de curado en este tipo de ensayos, Covarrubias (1990):

#### Resistencia a flexotracción a 91 días (Kgf/cm<sup>2</sup>)

	SECO	HUMEDO	SATURADO
Hormigón			
Sin aire incorporado	36,9	55,1	72,7
Con aire incorporado	26,2	36,1	43,1

**Seco:** 81 días en cámara húmeda y 10 días en ambiente de laboratorio.

**Húmedo:** 81 días en cámara húmeda y 10 días en piscina.

**Saturado:** 91 días en piscina.

#### 6. RECTIFICADO DE TESTIGOS DE ALTA RESISTENCIA

Existen disposiciones normalizadas respecto de la calidad del refrentado que debe utilizarse para lograr una superficie adecuada en las cabezas de los testigos de hormigón. Sin embargo, en opinión del suscrito, dichas disposiciones no son siempre consideradas en el momento en que los laboratorios deben efectuar dicha labor. Más aún, se han podido observar cilindros y testigos refrentados tan sólo en una cabeza, o bien con espesores más allá de lo adecuado. Cabe recordar que, mientras menor sea el espe-



sor mejor será el traspaso de tensiones hacia el hormigón desde el refrentado mismo.

Esta situación se torna crítica cuando ha de ensayarse hormigones de resistencias elevadas.

En una obra de minería, en que estuvimos suministrando hormigón de Alta Resistencia, el control, por parte del mandante, se efectuaba con probetas cilíndricas, lo que obligaba al respectivo refrentado de sus cabezas previo al ensayo. En cambio, el control realizado por nuestra parte, consideraba probetas cúbicas de 15x15, es decir, sin necesidad de emparejar sus caras con materiales ajenos al hormigón mismo.

Dado que se contó con información que evidenciaba serios problemas de curado para ambos controles y que aparecieron notorias diferencias entre las resistencias de un control con el otro, el mandante tenía resistencias muy inferiores a las que nosotros podíamos exhibir, se tuvo que derivar en extraer testigos. Sin embargo, los testigos extraídos y ensayados por el laboratorio del mandante mostraron nuevamente resistencias insuficientes, lo que produjo la exigencia de emitir una multa millonaria. Frente a esta nueva situación, procedimos a solicitar la posibilidad de extraer nuevos testigos, pero esta vez con el laboratorio que a nosotros nos prestaba los servicios de control, lo cual fue aceptado. Sin embargo, a pesar que el costo fue mucho mayor, solicitamos que estos nuevos testigos fueran sometidos a rectificación de sus caras, evitando así el agregar una fuente de discusión como lo era la calidad resistente del refrentado. Los resultados fueron superiores, por lo que la situación contractual y técnica fue superada.

Al analizar las presiones promedio a las cuales fue sometido el material de refrentado utilizado por el laboratorio del mandante, se pudo concluir que en el caso de los cilindros moldeados fue de 585 Kg/cm<sup>2</sup> y en el de los testigos fue de 591 Kg/cm<sup>2</sup>. Esto permite pensar que la calidad resistente del refrentado fue determinante en impedir el lograr llegar a la resistencia potencial del hormigón. Sin embargo, fue imposible obtener muestras del material de refrentado utilizado como para haber efectuado pruebas concluyentes al respecto.

Por lo tanto, es sugerible el efectuar un desembolso un poco mayor, pero obtener resultados que sean representativos de la calidad que se está suministrando y así evitar cuestionamientos y explicaciones que no siempre son bien aceptadas por quienes deben escucharlas.

## **7. CORRECCION POR EDAD DE LOS TESTIGOS DE HORMIGON**

La acción de corregir por edad los resultados de los testigos ensayados a compresión, lamentablemente, está muy internalizada en las mentes de muchos profesionales que están vinculados con las inspecciones y/o ambiente de la construcción en nuestro país. Más aún, no faltan aquellos que predicán algunas relaciones para inferir las resistencias que se habrían obtenido si se hubiese efectuado otro tipo de ensayo, por ejemplo la flexotracción.

Pareciera que existe un olvido fundamental de la tecnología del hormigón, el cual es que estamos frente a una ciencia empírica. Lo anterior significa que resulta muy aventurado intentar dogmas en una materia que es esencialmente permeable a las situaciones en que se desarrolla y no es independiente de los numerosos factores que lo afectan sensiblemente.

Evaluaciones efectuadas en hormigones bajo condiciones de laboratorio, con determinados materiales componentes, no permiten dictar leyes cuantitativas respecto del desarrollo de resistencias de otros hormigones en condiciones de obra, con otros insumos, distintas situaciones ambientales, etc. Sin embargo, existen relaciones empíricas de laboratorios muy útiles, pero que para ser aplicadas a las distintas situaciones requieren un análisis previo y con ciertos conocimientos de esta tecnología.

Una de estas aplicaciones usuales, que van en desmedro de esta maravillosa ciencia, es la de aplicar, sin mayores cuestionamientos, relaciones de regresión a la edad de 28 días a los resultados de testigos que se han obtenido a edades superiores, ya sea utilizando la curva de Ross, Hummel u otro.

Sin embargo, estas relaciones están basadas en condiciones muy distintas a las que se encuentran en las obras normales (niveles de compactación, volumen de material involucrado, edad del hormigón al ser vaciado en los moldes, etc.) , más aún, consideran el desarrollo de cementos que no son similares a los utilizados en nuestro país y, por lo tanto, contienen distintas curvas de desarrollo de resistencias a través del tiempo.

Pero, lo más grave aún, es el considerar que la madurez y estado de humedad es igual en las obras que en las cámaras húmedas ó piscinas de un laboratorio.

El hormigón desarrolla su resistencia basado en el proceso de hidratación del cemento, el cual está directamente relacionado con las condiciones ambientales que le rodean. Por lo anterior, no es factible asumir tan livianamente que el desarrollo de resistencia del hormigón colocado en un elemento estructural es igual a lo que se observa en probetas curadas en condiciones normalizadas. De hecho, el que se considere el curar probetas en condiciones de terreno (las llamadas muestras especiales) para comparar con los resultados de aquellas estandarizadas, avala el que no debe esperarse que resulte lo mismo en una condición que en la otra.

Aparte del hecho de que las normas no consideran correcciones de este tipo, a no ser que existan evidencias claras de alguna situación anormal, existen evidencias experimentales que indican la inconveniencia de asumir factores correctores sin conocer si existen antecedentes técnicos que permitan realizarlas.

La Concrete Society Technical Report N°11 (1976) sólo reconoce algún tipo de evolución de resistencia posterior a los 28 días cuando las condiciones de curado del elemento hormigonado impiden cualquier tipo de pérdida de humedad ó cuando los testigos son extraídos desde el centro de elementos masivos, dependiendo de la profundidad de la extracción. Asimismo, presenta con mucha clari-

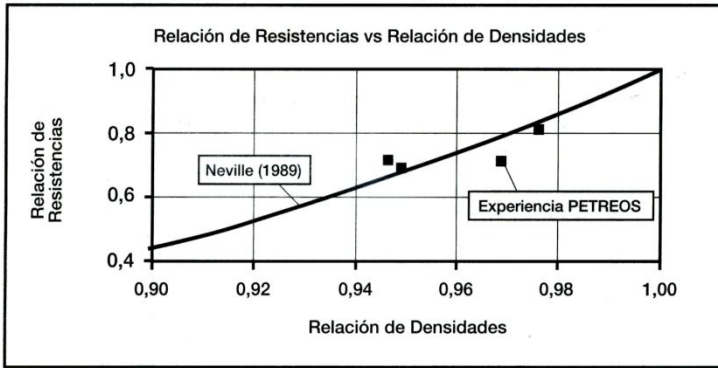


Figura 1.

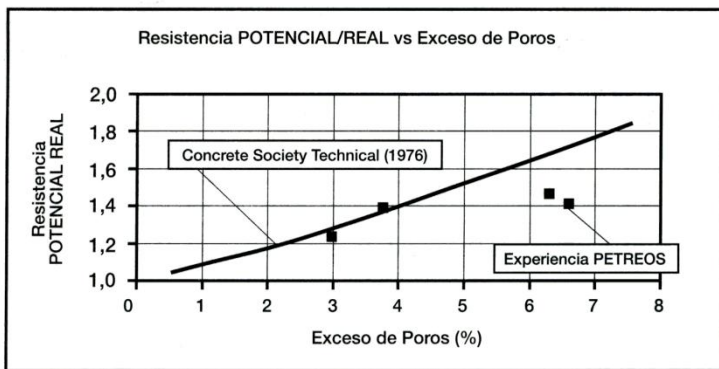


Figura 2.

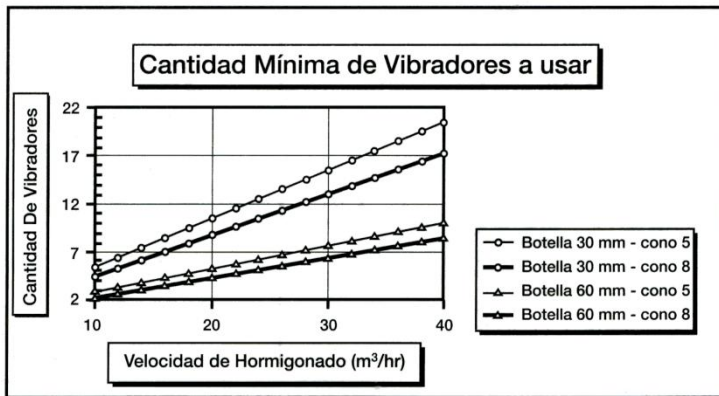


Figura 3.

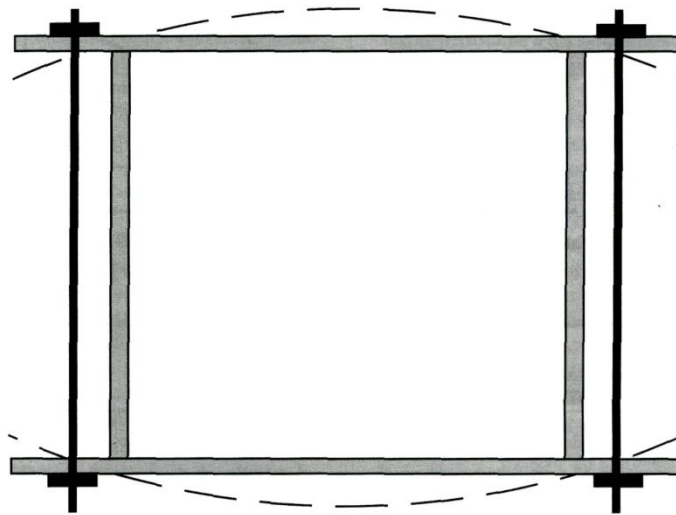


Figura 4.

Tipos de Roturas de Probetas a Compresión		
<b>CUBOS</b>		<p><b>Roturas Correctas</b>            Agrietamiento similar en las cuatro caras libres, generalmente con pequeño daño en caras de carga.</p>
	<p><b>Roturas Incorrectas</b>            Agrietamiento excesivo en una cara o arista, a veces acompañado por grietas de tracción en una o más caras o en una arista.            Los resultados derivados de estos ensayos no deben ser considerados en los promedios para efectos de cálculo de las muestras.</p> <p>T= grieta de tracción</p>	

Figura 5.

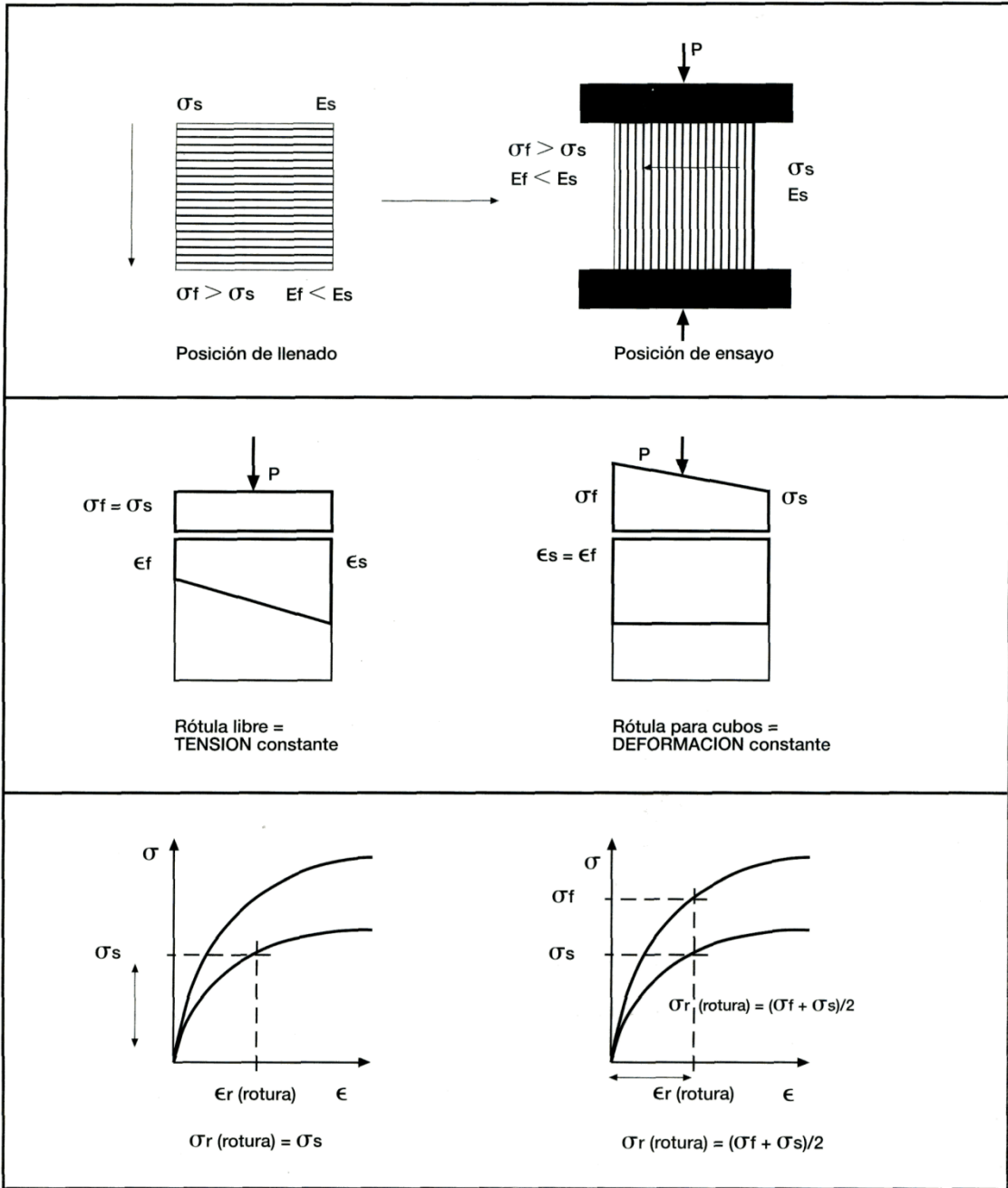
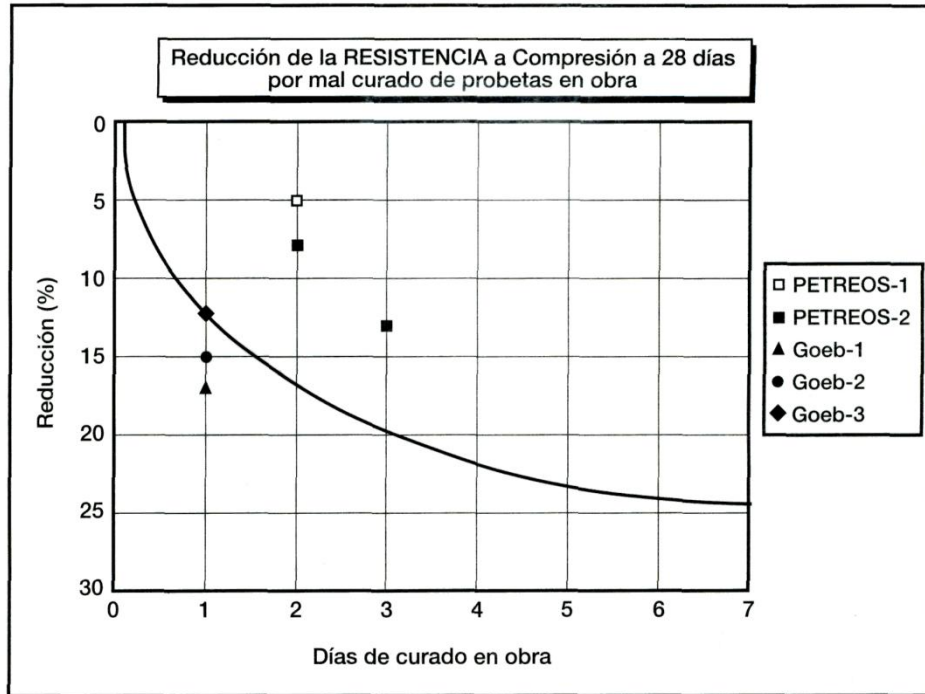


Figura 6.





**Condiciones de Curado de las probetas en Obra**

PETREOS	Fuera de la pieza sin protección, con sombra.
PETREOS	Dentro de la pieza, sin arpillera.
Goeb-1	Envuelto en arpillera húmeda y sellada con polietileno, expuesta a pleno sol. La temperatura medida bajo el polietileno fue de 57°C.
Goeb-2	Sin protección y expuesta al sol. La temperatura medida entre las probetas (sombra) fue de 42°C.
Goeb-3	Desprotegidas dentro de un garage (sombra), pero ambiente seco. La temperatura medida fue de 27°C.

**Figura 7.**

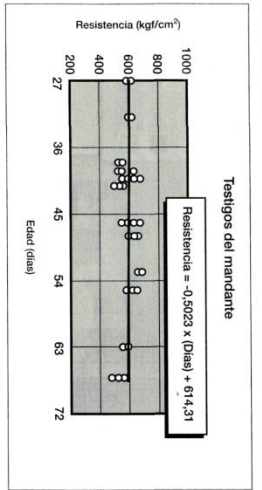


Figura 8 a.

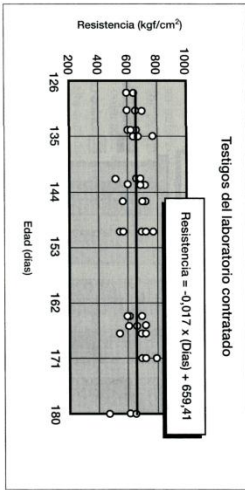


Figura 8 b.

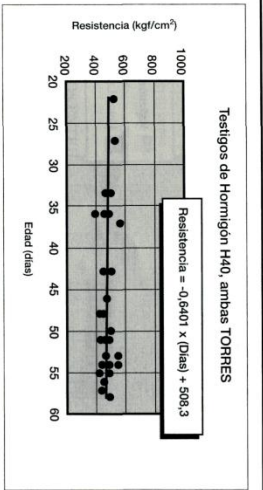


Figura 9.

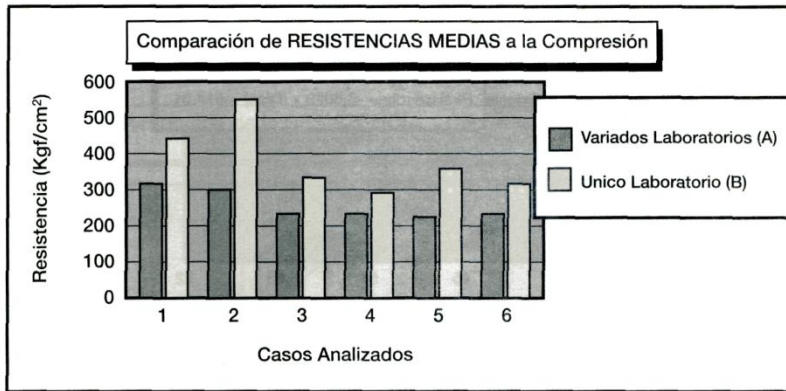


Figura 10 a.

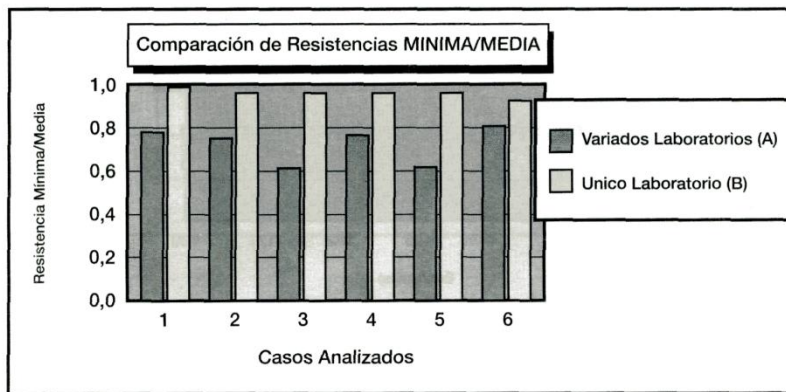


Figura 10 b.

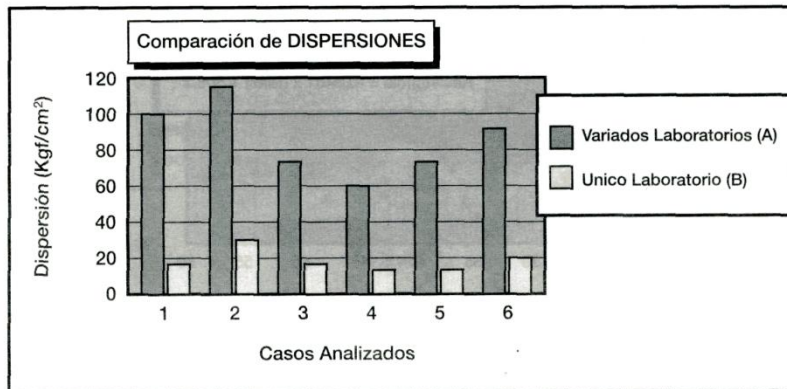


Figura 10 c.





dad los aspectos técnicos que han de considerarse para evaluar las resistencias reales y potenciales de un hormigón. Dentro de estos aspectos están: corrección por exceso de poros, forma y esbeltez, existencia de armaduras insertadas, etc., e indica que las resistencias obtenidas de testigos con más de 28 días de edad deben ser aumentadas en, aproximadamente, un 23% para conocer la resistencia potencial, debido a los efectos de disminución de resistencia por el pobre curado del hormigón de la generalidad de las obras.

En el mismo caso mencionado en "Rectificado de Testigos de Alta Resistencia", se contó con una suficiente cantidad de testigos que permite analizar el efecto de la edad en la resistencia de ellos. Recordemos que el tipo de hormigón en cuestión era de Alta Resistencia y que se tuvo que recurrir a la extracción de testigos por diferencias en los valores resultantes entre los dos tipos de controles que existían.

En las figuras N° 8 a y 8 b se han graficado cronológicamente los resultados obtenidos por el laboratorio del autocontrol (8 a) (45 testigos) y el laboratorio contratado por nuestra empresa (8 b) (42 testigos). En ambos gráficos mencionados se observa un nulo aumento de la resistencia, por lo menos a partir de los 28 días de edad.

En otra obra, en que los hormigones suministrados eran del tipo H40 y que fueron colocados en dos edificios gemelos en el sector costero del centro de nuestro país, también se debió extraer una alta cantidad de testigos (36) debido a deficiencias en los resultados del laboratorio de la inspección. Los testigos fueron extraídos y ensayados por un laboratorio distinto y con acuerdo de ambas partes. En la figura N° 9 se representan los resultados versus la edad del hormigón y se repite el hecho de un nulo aumento de la resistencia del hormigón en la estructura posterior a los 28 días.

Por lo tanto, el asignar un factor corrector por edad a los resultados de testigos de hormigón con edades superiores a los 28 días, es una práctica que no tiene otro fundamento que el de aparecer en algunas publicaciones, las que, generalmente, reflejan sólo los resultados de investigaciones de laboratorio y con condiciones muy distintas a las de las obras. Esto debe ser considerado en los análisis de quienes efectúan diagnósticos respecto a este tema, y ellos deberían apartarse de considerar como un dogma el efectuar este tipo de correcciones, sino que sólo efectuarlos cuando existan fundamentos y antecedentes técnicos serios para hacerlo.

## **8. RESISTENCIAS DE TESTIGOS ENTRE DISTINTOS LABORATORIOS**

Cuando nos hemos visto en la necesidad de verificar la calidad del hormigón suministrado mediante la extracción y ensayo de testigos de hormigón endurecido, normalmente, no nos detenemos a analizar con qué certeza recibiremos, de parte del laboratorio ejecutante, resultados que efectivamente representen a la calidad del hormigón bajo análisis.

Por lo tanto, a estas alturas y con todo lo expresado anteriormente, es un deber el tener en consideración este punto. Es un deber ético y profesional, toda vez que, a la luz de los resultados que se nos entregue, estaremos ejecutando un verdadero juicio de importantes repercusiones: podremos estar aceptando un hormigón de mala calidad o rechazando uno en completo cumplimiento de sus exigencias.

Sin embargo, lo más probable, por las razones expuestas al principio de este trabajo, nos vamos a encontrar con que los resultados reflejan una mala calidad de un hormigón satisfactorio, con todo lo que ello significa para todos los involucrados con ese proyecto (desde el grado de responsabilidad del mandante e inspecciones hasta el suministrador del producto).

Es por ello que se estima de suma importancia el comentar que no todo lo que indica un simple certificado debe ser suficiente para quién debe juzgar.

Este comentario está basado en la cantidad de oportunidades que, dada una situación como las mencionadas, se ha tenido la ocasión de verificar, o comprobar, la veracidad de la información que se está certificando. Más aún, este tema no es nuevo ni tampoco inédito. En Rojas (1994) se entregan antecedentes de un caso más en que él tuvo participación y que demuestra que este tema es muy delicado, pues los resultados que se obtuvieron en testigos extraídos sin supervisión y con ella son 135 y 420 Kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Por lo tanto, cabe la pregunta, y con toda justicia, ¿quién se hace responsable de un certificado, oficialmente firmado y respaldado por instituciones serias, cuando es evidenciado que ha cometido gravísimos errores técnicos y con ello ha entregado argumentos casi incuestionables de que parte de un edificio debe demolerse o, al menos reforzarse, o, por último, a modo "ejemplificador" (pues, que yo sepa, ninguna estructura puede reforzarse adecuadamente con cheques), multar millonariamente al supuesto culpable: el suministrador del hormigón?

Debido a lo anterior, se ha estimado importante mostrar, con antecedentes cuantitativos, un resumen de los casos en que se ha contado con la oportunidad de evitar decisiones antojadizas o apresuradas. En las figuras N°10a, 10b y 10c, se han graficado los análisis sobre resultados comparables, en media docena de casos, entre variados laboratorios (A) que extrajeron y ensayaron los primeros testigos, que provocaron más de una inquietud, y un único laboratorio (B) siempre requerido para confirmar dichos resultados.

Es muy importante observar las magnitudes de estas diferencias, lo que indica que existe una necesidad imperiosa de supervisar todos los procedimientos que se realizan al extraer, preparar y ensayar los testigos.

En la primera figura se comparan las resistencias medias entre los testigos de uno y otro laboratorio, llegando a existir diferencias de hasta un 80%. En la segunda figura se muestran los cocientes entre el valor mínimo del lote y su respectiva media. Para evaluar su significado cabe recordar que el que la ACI indique que el valor mínimo debe ser 0,75 fc y la media 0,85 fc, permite esperar una

relación  $\text{MINIMO}/\text{MEDIA} = 0,75/0,85 = 0,88$  y considerarlo como cota inferior para un proceso adecuadamente homogéneo y parejo. Esto último se refleja, también, en la tercera figura, en la cual es visible la alta diferencia entre las dispersiones de los respectivos lotes.

De dichas figuras se desprende que es recomendable el tener siempre presente que las decisiones deben ser tomadas a partir de todos los antecedentes que se puedan obtener y erradicar el argumento: "yo sólo considero los resultados del laboratorio oficial de mi obra", pues ello demuestra que no se cuenta con argumentos técnicos serios y que la resolución es completamente inconsecuente con la obligación de un profesional: recopilar todos los antecedentes, analizarlos y diagnosticar.

## 9. CONCLUSIONES

La finalidad de este trabajo no ha sido otro que el de desahogar una inquietud y preocupación muy personal y que está basada en algunas situaciones que, de una u otra forma, han requerido un análisis más allá de lo que normalmente se realiza en los momentos de emitir diagnósticos y/o conclusiones.

Tal como se expresó anteriormente, las anomalías en los procesos de extracción de muestras, preparación y ensayos, generalmente, derivan en entregar resultados que son inferiores a los potencialmente existentes. Estos problemas se hacen más frecuentes cuando existe un mercado que incentiva a la proliferación de laboratorios sin una adecuada supervisión fiscalizadora con idoneidad técnica, o bien cuando los que cuentan con esta idoneidad se ven sobrepasados por la demanda de servicios. Por lo tanto, ya no sólo basta analizar los resultados y sacar conclusiones de ellos, sino que es imprescindible el considerarlos sólo como una parte de la información. Asimismo, con el respeto que me merecen todas las personas y conocimientos que puedan tener, es necesario entregar este tipo de análisis a aquellos que conocen y tienen estimación por este tema.

Es posible indicar que el quehacer de los profesionales involucrados con estos aspectos, tienen la obligación de indagar y analizar exhaustivamente todos los antecedentes, tanto de los autocontroles de la obra e inspecciones como de terceros, antes de considerar una postura definitiva. Más aún, es sugerible el que permanezcan constantemente informados de aspectos poco conocidos de la tecnología del hormigón, misión que, en parte, puede ser apoyada por el mismo suministrador del hormigón, por ejemplo mediante este tipo de exposiciones.

## BIBLIOGRAFIA

- Concrete Society Technical Report N° 11 (1976), "Concrete Core Testing for Strength", Report of a Concrete Society Working Party, Inglaterra.
- COVARRUBIAS J.P. (1990), "Hormigón Premezclado", Revista Ingeniería en Construcción, N° 8, P.Universidad Católica de Chile, Santiago-Chile.
- DREUX G.(1981), "Guía Práctica del Hormigón", Editores Técnicos Asociados S.A., España.
- GOEB O. Eugene (1995), "New Strength Test Research", Concrete Products.
- NEVILLE A.M. (1989), "Tecnología del Concreto", Editorial Limusa S.A. de C.I., México.
- PIÑEIRO M., Jara J. (1969), "Resistencia a Compresión del Hormigón. Influencia de los Defectos de la Probeta Cúbica", Revista del IDIEM vol. 8, N° 2, Santiago, Chile.
- ROJAS S. (1994), "El Control Técnico de Calidad, su Organización y Responsabilidades", Boletín de Información Tecnológica, Santiago-Chile.
- SCHUTZ J. Raymond (1983), "... On Sampling, Testing and Making Concrete Test Specimens", Technical Bulletin, Protex Industries, Inc., Concrete Construction.

---

**Arturo Holmgren G.**  
Subgerente Técnico  
Sociedad PETREOS S.A.