

## Further Discussion on Moisture Conditioning of Core Samples

**Q.** *The February 2025 Q&A in Concrete International (CI)<sup>1</sup> discusses the importance of proper moisture conditioning of core samples. However, I'm still confused with what the current ASTM C42/C42M<sup>2</sup> time requirements are for drilling, transportation, end preparation (exposure to water), and duration of moisture conditioning. Could you elaborate on that? Also, the standard allows for other types of moisture conditioning. Can you explain when and why a specifier would change the moisture conditioning requirements? In addition, Adam Neville in his article "Core Tests: Easy to Perform, Not Easy to Interpret"<sup>3</sup> published in the November 2001 issue of CI favors testing cores after immersion in water for a period long enough to prevent the presence of moisture gradients. Under what circumstances would this be a viable option of moisture conditioning of a core sample?*

**A.** To answer these questions, it may be best to go back almost 25 years to when Neville wrote his article.<sup>3</sup> At that time, significant changes were occurring with core conditioning requirements in both ASTM C42/C42M and ACI CODE-318 between their 1999 versions<sup>4,5</sup> and their early 2000 updates. Prior to 2002, cores could be conditioned by soaking in water or air drying in the laboratory, and the length of conditioning could vary between 2 and 7 days.

ACI CODE-318-99, Section 5.6.5.3, directed that cores shall be:

- Soaked in water for at least 40 hours prior to test and tested wet if the cores represent concrete that will be more than superficially wet under service conditions; or
- Tested dry after 7 days of air drying at 60 to 80°F (16 to 27°C) and at a relative humidity below 60% if concrete will be dry under service conditions.

While ASTM C42/C42M-99, Section 7.3, directed that:

- Cores shall be moisture conditioned in a manner most representative of service conditions; and
- If service conditions are dry, then cores are either tested in an "as received condition" or in a "dry condition" where:
  - "As received condition"—After drilling, transport cores to the testing laboratory within 24 hours, dry cores for 12 to 24 hours at 60 to 80°F and at a relative humidity less than 50%, and test them within 48 hours of receipt.
  - "Dry condition"—Test after 7 days of air drying at 60 to 80°F and at a relative humidity below 60%.

Around this time, it was becoming apparent that the same concrete samples tested under different moisture conditions for variable lengths of time produced significantly different compressive strengths. Research by Bartlett and MacGregor<sup>6</sup> identified that there could be as much as a 14% difference in strength between air-dried and soaked cores in accordance with ACI CODE-318-89<sup>7</sup> and ASTM C42/C42M-90,<sup>8</sup> with air-dried cores having higher values. Soaked cores were also found to be 9% lower than cores tested in an "as received" condition. The researchers identified that the observed differences in measured strengths were attributable to a moisture gradient effect induced in the sample by the choice and length of moisture conditioning between drilling and testing. It was determined that the drying and soaking periods recommended by ASTM C42/C42M-90 and ACI CODE-318-89 were not long enough to promote a uniform moisture condition within core samples prior to testing. The effect of these treatments actually created an artificial moisture gradient that biased test results.

As a follow-up to Bartlett and MacGregor's findings,<sup>6</sup> Fiorato et al. conducted a similar study between 1999 and 2000.<sup>9</sup> In that study, wall panels cast from the same batch of concrete were cored at an age of 28 days. The core samples

were conditioned by soaking, air-drying, or wiping samples dry and placing them in plastic bags. Samples from each conditioning method were tested at ages of 1 day, and 2, 7, 14, 28, and 56 days. Cylinder samples molded from the same batch of concrete were used as controls for comparison with the conditioned cores. Figure 1 shows the significant variation that can occur due to artificially induced moisture gradients at early ages. These results were consistent with those of Bartlett and MacGregor,<sup>6</sup> where air-dried cores produced the highest results, followed by bagged (as-received), and soaked samples. Both studies identified that strength variations were particularly significant during the first 7 days after coring. Cores soaked for less than 28 days produced artificially low strengths compared to control cylinders.

As for the conditioning period long enough to prevent the presence of moisture gradients, Fiorato et al.'s data shows that air-dried, bagged, and soaked samples do not become roughly equivalent to each other until conditioned for at least 28 days.<sup>9</sup> Unfortunately, it isn't practical in the construction industry to wait 28 days for results when there is a strength concern. Note that the bagged samples, which had the most uniform moisture gradient of the conditioned samples, tracked well with the control cylinder samples the soonest (within 7 days). This is why core conditioning by bagging or in sealed containers has been recommended over soaked and air-dried conditioning methods for the last 20-plus years.

Prior to 2002, the concept of internal moisture gradients impacting measured core test results was not addressed by industry documents. The moisture gradient findings by Bartlett and MacGregor<sup>6</sup> were first adopted in ACI CODE-318-02<sup>10</sup> followed by ASTM C42/C42M-03.<sup>11</sup>

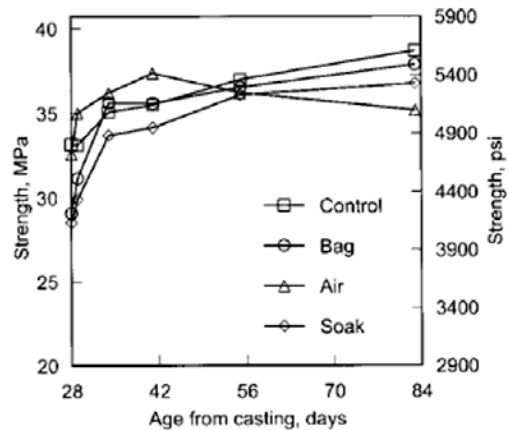
ACI CODE-318-02, Commentary Section R5.6.5, stated:

"A core obtained through the use of a water-cooled bit results in a moisture gradient between the exterior and interior of the core being created during drilling. This adversely affects the core's compressive strength.<sup>[6]</sup> The restriction on the commencement of core testing provides a minimum time for the moisture gradient to dissipate."<sup>10</sup>

While ASTM C42/C42M-03, Section 7.3, explained:

"The moisture conditioning procedures specified in this test method are intended to preserve the moisture of the drilled core and provide a reproducible moisture condition that minimizes the effects of moisture gradients introduced by wetting during drilling and specimen preparation."<sup>11</sup>

From this point forward, both documents have required cores to be conditioned in bags or sealed containers instead of being air dried or immersed in water prior to testing. Starting with the 2003 update, ASTM C42/C42M also standardized the length of moisture conditioning because research showed that the most significant impact on measured strength occurred



**Fig. 1: Influence of conditioning methods and duration on compressive strength of concrete cores.** The x-axis represents time from casting. Since cores were extracted on day 28, this represents time zero of conditioning (Fig. 6 in Reference 9)

during the first several days. Since then, ASTM C42/C42 has required that cores must be drilled, prepared, and tested within a total of 7 days. Exposure to water during end preparation must be minimized and completed within 48 hours of core extraction. Cores must be conditioned for a minimum of 5 days after last being wetted and before testing.

As stated in the previous Q&A,<sup>1</sup> the most common and impactful error that we see with core testing is confusing the concept of curing with moisture conditioning. We often see that cores appear wet inside bags and/or excess water is present in bags during storage to promote curing. It is counterintuitive, but this exposure to water will adversely lower strengths due to short-term induced moisture gradients. That is why it is recommended that bagged cores be stored in lab air instead of a moist room to minimize the chances of water coming into contact with samples during conditioning. However, both ACI CODE-318-25<sup>12</sup> and ASTM C42/C42M-20 allow the specifier to override standard moisture conditioning requirements. One appropriate circumstance for doing that could be immersing cores in water prior to testing when the cores taken from a structure are more than superficially wet in service.

## References

1. "Concrete Q&A: Moisture Conditioning of Core Samples," *Concrete International*, V. 47, No. 2, Feb. 2025, pp. 66-68.
2. ASTM C42/C42M-20, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 7 pp.
3. Neville, A., "Core Tests: Easy to Perform, Not Easy to Interpret,"

# Concrete Q&A

*Concrete International*, V. 23, No. 11, Nov. 2001, pp. 59-68.

4. ASTM C42/C42M-99, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 1999, 4 pp.

5. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (ACI 318R-99)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1999, 392 pp.

6. Bartlett, F.M., and MacGregor, J.G., "Effect of Moisture Condition on Concrete Core Strengths," *ACI Materials Journal*, V. 91, No. 3, May-June 1994, pp. 227-236.

7. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-89) and Commentary (ACI 318R-89)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1989, 392 pp.

8. ASTM C42/C42M-90, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 1990, 4 pp.

9. Fiorato, A.E.; Burg, R.G.; and Gaynor, R.D., "Effects of Conditioning on Measured Compressive Strength of Concrete Cores,"

*Concrete Technology Today*, V. 21, No. 3, Dec. 2000, pp. 1-3.

10. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2002, 443 pp.

11. ASTM C42/C42M-03, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003, 5 pp.

12. ACI Committee 318, "Building Code for Structural Concrete—Code Requirements and Commentary (ACI CODE-318-25)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2025, 699 pp.

Thanks to Ron L. Kozikowski, North S.Tarr Concrete Consulting, PC, Dover, NH, USA, for providing the answer to this question.

Questions in this column were asked by users of ACI documents and have been answered by ACI staff or by a member or members of ACI technical committees. The answers do not represent the official position of an ACI committee. Comments should be sent to [lacey.stachel@concrete.org](mailto:lacey.stachel@concrete.org).

## ACI Multi-User/Multi-Site Solutions



From a single title, to a custom selection, to ACI's full collection, the American Concrete Institute partners with leading distributors to provide access to the Institute's published content for multiple locations and/or multiple users.

**CUSTOMIZABLE COLLECTION**  
**MULTIPLE USERS**  
**MULTIPLE LOCATIONS**  
**BUNDLE WITH OTHER PUBLISHERS**



American Concrete Institute  
*Always advancing*

[www.concrete.org](http://www.concrete.org)

### Comentarios adicionales sobre el acondicionamiento por humedad de las muestras de núcleos de concreto

**P.** En la sección de Preguntas y Respuestas del mes de febrero de 2025 de la revista *Concrete International (CI)*, se habla sobre la importancia del acondicionamiento apropiado de humedad para las muestras de los núcleos de concreto. Sin embargo, todavía me confunden saber cuáles son los requerimientos actuales de la norma ASTM C42/C42M<sup>2</sup> en cuanto a la perforación, transportación, preparación final (exposición al agua) y duración del acondicionamiento de humedad. ¿Podría profundizar en el tema? Asimismo, la norma permite otros tipos de acondicionamiento de humedad. ¿Podría explicar cuándo y por qué un especificador debería cambiar los requerimientos de acondicionamiento de humedad? Además le comento que Adam Neville en su artículo “Core Tests: Easy to Perform, Not Easy to Interpret”<sup>3</sup> [Pruebas de núcleos de concreto: fácil de realizar, no fáciles de interpretar] publicado en el número de noviembre de 2001 de la misma revista *Concrete International* favorece las pruebas de núcleos después de inmersión en agua durante un período suficientemente prolongado para evitar la presencia de gradientes de humedad. ¿Bajo qué circunstancias sería ésta una opción viable de acondicionamiento de humedad para una muestra de núcleos de concreto?

**R.** Para responder a estas preguntas, quizás sería mejor regresar casi 25 años cuando Neville escribió su artículo<sup>3</sup>. En ese tiempo, estaban teniendo lugar cambios significativos con los requerimientos de acondicionamiento de núcleos tanto en la norma ASTM C42/C42M como en el código ACI-318 entre sus versiones de 1999<sup>4,5</sup> y sus actualizaciones de principios de 2000. Antes de 2002, los núcleos podían acondicionarse humedeciéndolos en agua o secándolos con aire en el laboratorio y la duración del acondicionamiento podía variar entre 2 y 7 días.

El código ACI-318-99, Sección 5.6.5.3, indica que los núcleos de concreto deben:

- Estar sumergidos en agua durante por lo menos 40 horas antes de la prueba y deben probarse mojados si los núcleos son del tipo de concreto que estará más que superficialmente mojado bajo condiciones de servicio; o
- Probarse secos después de 7 días se secase con aire de 60 a 80°F (16 a 27°C) y a una humedad relativa inferior al 60% si el concreto estará seco bajo condiciones de servicio.

En tanto que la norma ASTM C42/C42M-99, Sección 7.3, indicaba que:

- Los núcleos deberán acondicionarse de la forma más representativa a las condiciones de servicio; y
- Si las condiciones de servicio son secas, entonces los núcleos se prueban en la “condición en la que se recibieron”, o en una “condición seca”, de la siguiente forma:
  - “Condición en la que se recibieron”: Después de la perforación, transporte los núcleos al laboratorio de pruebas dentro de las siguientes 24 horas posteriores, seque los núcleos durante 12 a 24 horas de 60 a 80°F y a una humedad relativa menor a 50% y pruébelos dentro de las 48 horas siguientes a su recepción.
  - “Condición Seca”: Pruebe los núcleos después de 7 días de secar al aire de 60 a 80°F y a una humedad relativa inferior a 60%.

En esa época, empezaba a ser evidente que las mismas muestras de concreto probadas bajo diferentes condiciones de humedad durante periodos variables producían resistencias a la compresión significativamente distintas. La investigación realizada por Bartlett y MacGregor<sup>6</sup> identificó que podría haber una diferencia de hasta 14% en la resistencia entre núcleos que se secan con aire y núcleos sumergidos, de conformidad con Código ACI-318-89<sup>7</sup> y la norma ASTM C42/C42M-90<sup>8</sup>, siendo los núcleos secados al aire los que presentaban valores más altos. También se encontró que los núcleos sumergidos estaban 9% más abajo que los núcleos probados en una condición de “tal como se recibieron”. Los investigadores identificaron que las diferencias observadas en resistencias medidas fueron atribuibles a un efecto de gradiente de humedad inducido en la muestra por la elección y duración del acondicionamiento de la humedad entre la perforación y la prueba. Se determinó que los periodos de secado y humedad recomendados por la norma ASTM C42/C42M-90 y el ACI-318-89 no fueron lo suficientemente prolongados para

promover una condición de humedad uniforme dentro de las muestras del núcleo antes de la prueba. El efecto de estos tratamientos realmente creó un gradiente de humedad artificial que sesga los resultados de la prueba.

Como seguimiento a los hallazgos de Bartlett y MacGregor<sup>6</sup>, Fiorato et al. condujeron un estudio similar entre 1999 y el año 2000<sup>9</sup>. En ese estudio, los paneles de muro colados del mismo lote de concreto se extrajeron a los 28 días. Las muestras de prueba se acondicionaron sumergiéndolas, secándolas al aire o secándolas con telas y colocándolas en bolsas de plástico. Las muestras de cada método de acondicionamiento se probaron a 1 día y a los 2, 7, 14, 28 y 56 días. Las muestras cilíndricas moldeadas del mismo lote de concreto se utilizaron como controles para comparación con los núcleos acondicionados. La Figura 1 muestra la variación significativa que puede ocurrir debido a gradientes de humedad inducidos artificialmente en etapas tempranas. Estos resultados fueron congruentes con los de Bartlett y MacGregor<sup>6</sup>, ya que los núcleos secados al aire produjeron los resultados más altos, seguidos por las muestras embolsadas (tal como se recibieron), y las sumergidas. Ambos estudios identificaron que las variaciones en la resistencia fueron particularmente significativas durante los primeros 7 días después de la extracción. Los núcleos sumergidos por menos de 28 días produjeron resistencias artificialmente bajas en comparación con los cilindros de control.

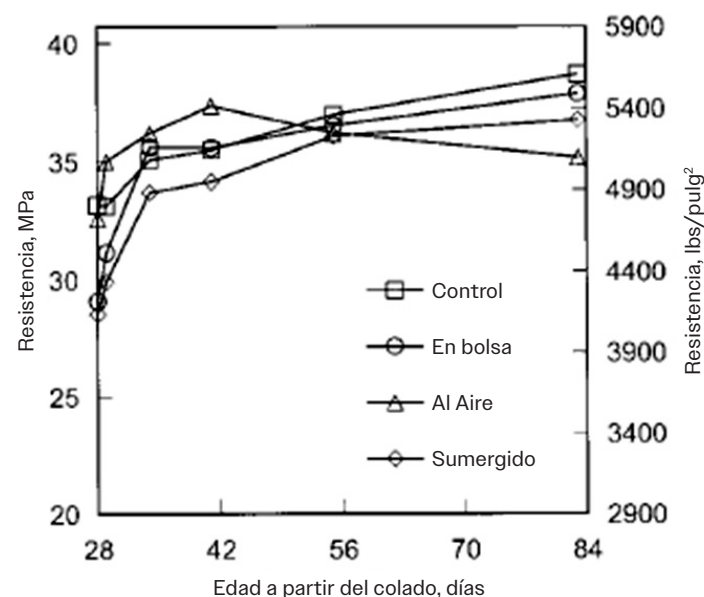
Respecto al período de acondicionamiento suficientemente prolongado para evitar la presencia de gradientes de humedad, los datos de Fiorato et al. indican que las muestras secadas al aire, embolsadas y sumergidas no son casi equivalentes entre sí sino hasta que se acondicionan durante por lo menos 28 días<sup>9</sup>. Desafortunadamente, en la industria de la construcción no resulta práctico esperar 28 días para obtener resultados cuando existe una preocupación por la resistencia. Observe que las muestras embolsadas, que tuvieron el gradiente de humedad más uniforme de las muestras acondicionadas, fueron las que se rastrearon bien y más rápido con las muestras cilíndricas de control (dentro de los 7 días). Esta es la razón por la que en los últimos 20 años o más el acondicionamiento de los núcleos embolsándolos o colocándolos en contenedores sellados se ha recomendado más que los métodos de acondicionamiento por humedecimiento y secado al aire.

Antes de 2002, los documentos de la industria no abordaban el concepto de gradientes de humedad interna que impactaba los resultados de pruebas de núcleos medidos. Los hallazgos de Bartlett y MacGregor<sup>6</sup> respecto al gradiente de humedad se adoptaron por primera vez en Código ACI-318-02<sup>10</sup> seguidos de la norma ASTM C42/C42M-03<sup>11</sup>.

El Código ACI-318-02, Sección de Comentarios R5.6.5 estipuló: “Un núcleo obtenido mediante el uso de una broca enfriada con agua da por resultado un gradiente de humedad entre el exterior y el interior del núcleo que se crea durante la perforación. Esto afecta de manera adversa la resistencia a la compresión del núcleo<sup>6</sup>. La restricción al inicio de la prueba del núcleo proporciona un tiempo mínimo para que el gradiente de humedad se disipe”.<sup>10</sup>

A su vez la norma ASTM C42/C42M-03, Sección 7.3, explicó:

“Los procedimientos de acondicionamiento de la humedad que se especifican en este método de prueba tienen el propósito de conservar la humedad del núcleo perforado y proporcionan una condición de humedad reproducible que minimiza los efectos de los gradientes de humedad introducidos por el humedecimiento durante la perforación y preparación de los testigos”.<sup>11</sup>



**Fig. 1: Influencia de los métodos y duración del acondicionamiento en la resistencia a la compresión de los núcleos de concreto.** El eje X representa el tiempo desde el colado. Debido a que los núcleos se extraen en el día 28, esto representa el tiempo cero de acondicionamiento (Fig. 6 en Referencia 9).

A partir de este momento, ambos documentos han requerido que los núcleos de concreto se acondicionen en bolsas o contenedores sellados en lugar de secarse con aire o sumergirse en agua antes de la prueba. Empezando con la actualización de 2003, la norma ASTM C42/C42M también estandarizó la duración del acondicionamiento de la humedad debido a que la investigación mostró que el impacto más significativo sobre la resistencia medida ocurrió durante los primeros días. Desde entonces, la norma ASTM C42/C42 ha requerido que los núcleos se perforen, preparen y prueben dentro de un período total de 7 días. Deberá minimizar la exposición al agua durante la preparación final y completarla dentro de las 48 horas siguientes a la extracción del núcleo. Los núcleos deben acondicionarse por lo menos 5 días después de ser humedecidos y antes de la prueba.

Tal como se determina en las secciones de Preguntas y Respuestas anteriores<sup>1</sup>, el error más común e importante que observamos en las pruebas de núcleos de concreto es confundir el concepto de curado con el de acondicionamiento de humedad. Con frecuencia vemos que los núcleos están mojados adentro de las bolsas y/o que hay exceso de agua presente en las bolsas durante el almacenamiento para promover el curado. Es contradictorio, pero esta exposición al agua disminuirá de forma adversa las resistencias debido a los gradientes de humedad inducidos a corto plazo. Esta es la razón por la que se recomienda que los núcleos embolsados se almacenen al aire del laboratorio en lugar de en una sala húmeda para minimizar las probabilidades de que el agua entre en contacto con las muestras debido al acondicionamiento. No obstante, tanto Código ACI-318-25<sup>12</sup> como la norma ASTM C42/C42M-20 permiten que el especificador invalide los requerimientos estándar de acondicionamiento de humedad. Una circunstancia apropiada para hacer eso podría ser sumergir los núcleos en agua antes de probarlos cuando los núcleos tomados de una estructura estén más que superficialmente mojados en el servicio.

## Referencias

1. "Concrete Q&A: Moisture Conditioning of Core Samples," Concrete International, V.47, No. 2, Feb. 2025, pp. 66-68. (Este artículo fue publicado en español en la revista Digital Concreto Latinoamérica en el número correspondiente a Febrero de 2025. Para mayor información ver <https://www.acilatinoamerica.com/post/2025-no-02>)
2. ASTM C42/C42M-20, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 7 pp.

3. Neville, A., "Core Tests: Easy to Perform, Not Easy to Interpret," Concrete International, V. 23, No. 11, Nov. 2001, pp. 59-68.
4. ASTM C42/C42M-99, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 1999, 4 pp.
5. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (ACI 318R-99)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1999, 392 pp.
6. Bartlett, F.M., and MacGregor, J.G., "Effect of Moisture Condition on Concrete Core Strengths," ACI Materials Journal, V. 91, No. 3, May-June 1994, pp. 227-236.
7. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-89) and Commentary (ACI 318R-89)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1989, 392 pp.
8. ASTM C42/C42M-90, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 1990, 4 pp.
9. Fiorato, A.E.; Burg, R.G.; and Gaynor, R.D., "Effects of Conditioning on Measured Compressive Strength of Concrete Cores," Concrete Technology Today, V.21, No. 3, Dec. 2000, pp. 1-3.
10. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2002, 443 pp.
11. ASTM C42/C42M-03, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA 2003, 5 pp.
12. ACI Committee 318, "Building Code for Structural Concrete – Code Requirements and Commentary (ACI CODE-318-25)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2025, 699 pp.

Agradecimiento a Ron L. Kozikowski, North S. Tarr Concrete Consulting, PC, Dover, NH, USA, por proporcionar la respuesta a esta pregunta.

Título original en inglés:  
Concrete Q&A.  
Further Discussion  
on Moisture Conditioning  
of Core Samples

**La traducción de este artículo  
correspondió al Capítulo México  
Centro y Sur**



*Traductora:*  
**Lic. Ana Patricia  
García Medina**



*Revisora Técnica:*  
**Ing. Karla Elizabeth  
de la Fuente  
Monforte**