ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.158

The effect of lack of curing on the compressive strength of concrete

Tejada Diaz Flavio Jossepith[1]; Flores Taipicuri Yasuri Milagros[2]; Zaga Terbullino Zenón Eduardo, Maestro en Dirección de la Construcción[3]
[1,2,3]Universidad Privada del Norte, Perú, *N00298857@upn.pe, N00290941@upn.pe, zenon.zaga@upn.edu.pe*

Abstract*– In Peru, "self-construction" represents a constant risk due to its numerous deficiencies, one of them being the lack of curing for concrete structures. This situation leads to serious structural risks. Therefore, the objective of this research was to experimentally determine the influence of the lack of curing on the compression resistance using concrete specimens, this was evidenced through compression resistance tests carried out at 3, 7, 14 and 28 days, obtaining resistance results of 281.32 kg/cm^2, 300.82 kg/cm^2, 324.58 kg/cm^2 and 376.44 kg/cm^2 respectively in the cured specimens while for the uncured specimens they were 249.15 kg/cm^2, 263.34 kg/cm^2, 289.22 kg/cm^2 and 312.91 kg/cm^2 respectively, showing a loss of resistance of 16.9% after 28 days. Concluding that the compressive strength of concrete is significantly higher for those that are in a 100% cured condition compared to those that have not been cured. This is why it is important not to overlook this process, to guarantee the obtaining of quality concrete, thus contributing to the advancement of knowledge and best practices in the construction industry.

***Keywords*-- Concrete, curing, compressive strength, hydration and moisture content.**

El efecto de la falta de curado en la resistencia a la compresión del concreto

Tejada Diaz Flavio Jossepith[1]; Flores Taipicuri Yasuri Milagros[2]; Zaga Terbullino Zenón Eduardo, Maestro en Dirección de la Construcción[3]
[1,2,3]Universidad Privada del Norte, Perú, *N00298857@upn.pe, N00290941@upn.pe, zenon.zaga@upn.edu.pe*

Resumen*– En Perú, la "autoconstrucción" representa un riesgo constante debido a sus numerosas deficiencias, siendo una de ellas la falta de curado para las estructuras de concreto. Esta situación conlleva a graves riesgos estructurales. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo determinar experimentalmente la influencia de la falta de curado en la resistencia a la compresión mediante probetas de concreto, esto se evidenció a través de ensayos de resistencia a compresión realizada a los 3, 7, 14 y 28 días, obteniendo resultados de resistencia de 281.32 kg/cm^2, 300.82 kg/cm^2, 324.58 kg/cm^2 y 376.44 kg/cm^2 respectivamente en las probetas curadas mientras que para las probetas sin curar fueron de 249.15 kg/cm^2, 263.34 kg/cm^2, 289.22 kg/cm^2 y 312. 91 kg/cm^2 respectivamente, logrando evidenciar una pérdida de resistencia del 16.9% a los 28 días. Concluyendo que la resistencia a la compresión del concreto es significativamente mayor para aquellas que se encuentran en condición de curado al 100% en comparación a las que no han sido curadas. Es por ello la importancia de no pasar por alto este proceso, a fin de garantizar la obtención de concretos de calidad, contribuyendo así al avance del conocimiento y las mejores prácticas en la industria de la construcción.

***Palabras clave*-- Concreto, curado, resistencia a la compresión, hidratación y grado de humedad.**

I. Introducción

Durante las últimas décadas, el concreto se ha consolidado como el principal material de construcción a nivel mundial [1]. En el año 2020, se estimó un consumo global de aproximadamente 14 000 millones de metros cúbicos de concreto [2], lo cual se atribuye a sus destacadas propiedades mecánicas, tanto en estado fresco como endurecido. Estas propiedades incluyen alta resistencia a factores como la congelación y el fuego, así como una notable durabilidad, trabajabilidad y otras ventajas constructivas [3].

En el Perú, el concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción, debido a su disponibilidad y menor costo en comparación con otros materiales de aplicaciones similares; sin embargo, en Lima y otras regiones del país, se ha identificado un uso inadecuado del concreto asociado a la contratación de mano de obra no especializada, basada en conocimientos empíricos [4]. Este fenómeno, conocido como “autoconstrucción” o “construcción informal”, representa una amenaza, especialmente en una ciudad como Lima, ubicada en la zona sísmica 4 según la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente [5]. Esta condición sísmica implica una mayor exposición a aceleraciones horizontales intensas, por lo que resulta fundamental que las edificaciones sean diseñadas y ejecutadas conforme a criterios técnicos para garantizar su desempeño estructural frente a sismos.

La calidad constructiva adquiere un papel crucial en este contexto, ya que las edificaciones informales presentan una mayor vulnerabilidad estructural al no cumplir con los estándares técnicos ni con los requisitos normativos necesarios para garantizar un adecuado desempeño sísmico.

Una de las principales deficiencias en las construcciones informales es la omisión del proceso de curado del concreto. Según [6], esta práctica conlleva una disminución significativa en la resistencia a la compresión, durabilidad, impermeabilidad y estabilidad dimensional del material, comprometiendo su calidad y condicionando posibles fallas estructurales. El curado es esencial para el adecuado desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto y para garantizar una estructura segura y resistente [7]. Su ausencia convierte a la edificación en un riesgo potencial ante eventos sísmicos, al no alcanzar el nivel de desempeño estructural requerido.

II. Marco Teórico

El Instituto Americano del Concreto (ACI) define al curado, en su "guía para el curado del concreto", como una acción cuyo fin es mantener las condiciones de humedad y temperatura pertinentes durante un período de tiempo determinado inmediatamente después de su colocación. Esto permite que el concreto alcance su resistencia óptima y propiedades mecánicas deseadas, puesto que el curado promueve la reacción química entre el material cementoso y el agua. Este proceso, conocido como hidratación, comienza de manera inmediata después de la adición de agua al cemento [8]. En esta etapa de adición, conocida como fraguado inicial, se forman enlaces débiles entre los gránulos de cemento, como se muestra en la Fig. 1. Sin embargo, después de esta etapa, el esqueleto se va volviendo rígido, lo que genera que las partículas de cemento queden fijadas, como se aprecia en la Fig. 2 [9]. A medida que avanza el proceso de hidratación, se forman enlaces químicos más fuertes que incrementan la resistencia y durabilidad del concreto.

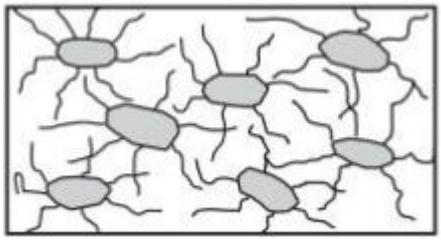

Fig. 1 Formación de enlaces débiles durante las primeras etapas de la hidratación [9].

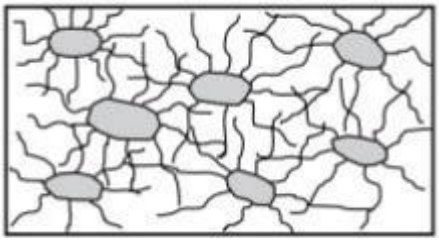

Fig. 2 Formación de enlaces fuertes durante el desarrollo del proceso de hidratación [9].

En [10] se evaluó experimentalmente la resistencia a la compresión de 30 probetas de concreto, considerando dos niveles de humedad de curado (50% y 100%) y tres relaciones agua/cemento (0.33, 0.50 y 0.70). Las probetas se curaron en una cámara húmeda y se analizaron a los 7 y 28 días. Para una relación a/c de 0.50, se obtuvo una resistencia promedio de 32.9 MPa (50% humedad) y 38.1 MPa (100%) a los 7 días; y de 38.6 MPa (50%) y 42.9 MPa (100%) a los 28 días. Estos resultados evidencian que un mayor nivel de humedad durante el curado mejora significativamente la resistencia a compresión del concreto.

De igual manera en [11] se investigó la reducción en la resistencia a la compresión de probetas de concreto expuestas al ambiente sin curado. En dicho estudio, se utilizaron un total de 192 probetas de concreto de las cuales 24 fueron analizadas para las condiciones de curado y sin curar, mientras que las demás fueron evaluadas con diferentes tipos de aditivos químicos. Los resultados revelaron una reducción significativa a los 28 días en la resistencia a la compresión para las probetas de concreto expuestas al ambiente, con un valor promedio de 75.97% respecto a las probetas de control.

La temperatura de curado influye significativamente en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto. Diversos estudios han evidenciado que temperaturas elevadas pueden acelerar la ganancia inicial de resistencia, pero reducirla en edades posteriores [12]. En el estudio reportado en [13], se emplearon probetas expuestas en obra a dos condiciones controladas: 20 °C y 36 °C, dentro de una cámara climática especialmente diseñada. Los resultados mostraron que, durante las primeras 72 horas, las probetas curadas a 36 °C presentaron un 6% menos de resistencia que las expuestas a 20 °C, lo que indica que el aumento de la temperatura de curado puede afectar negativamente la resistencia temprana del concreto.

Este comportamiento sugiere que temperaturas elevadas pueden inducir una pérdida de humedad mayor a la prevista, lo cual compromete el desarrollo adecuado de las propiedades mecánicas del concreto. En este sentido, resulta fundamental controlar la temperatura durante el proceso de curado con el fin de asegurar la calidad del material. Hallazgos reportados en investigaciones recientes indican que el intervalo óptimo de temperatura de curado se encuentra entre 15 °C y 30 °C, rango en el cual se favorecen los mecanismos de hidratación y se promueve un desarrollo uniforme de la resistencia [14].

En [15] se evaluó la resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14, 21 y 28 días, empleando tres métodos de curado: Sikacemcurador, Membranil Vista (ambos aplicados por rociado) y curado con agua (por inmersión). Se fabricaron 48 probetas, distribuidas equitativamente entre los tres tratamientos. Los resultados mostraron que el curado con agua proporcionó mayores valores de resistencia en todas las edades evaluadas. A los 28 días, se obtuvieron resistencias de 204 kg/cm² (agua), 180.25 kg/cm² (Sikacemcurador) y 170.5 kg/cm² (Membranil Vista). Estos resultados evidencian que el curado con agua, siempre que se utilice adecuadamente, puede ser una alternativa efectiva y económica frente al uso de compuestos químicos comerciales.

En [16] se evaluó la resistencia a la compresión del concreto bajo tres condiciones de curado: inmersión, curado a la intemperie con cobertura (papel film) y sin cobertura. Para cada condición se elaboraron 42 probetas, ensayadas a los 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días de edad, bajo un clima cálido y lluvioso. A los 28 días, las probetas curadas por inmersión alcanzaron una resistencia de 254.22 kg/cm², mientras que las curadas a la intemperie con y sin cobertura presentaron valores de 223.32 kg/cm² y 238.23 kg/cm², respectivamente. Estos resultados indican que el curado por inmersión es el más efectivo, al no depender directamente de las condiciones ambientales; en cambio, en los métodos expuestos a la intemperie, la resistencia estuvo influenciada por factores como la temperatura y la humedad relativa del entorno.

Por consiguiente, este trabajo investigativo ha considerado tanto la influencia del método de curado como los factores ambientales, tales como la temperatura y la humedad en la resistencia a la compresión del concreto.

Aspectos como los anteriores, justifican esta investigación debido a que el proceso de curado es de vital importancia en las etapas iniciales del concreto y no puede ser pasado por alto. De acuerdo con [9] una vez que comienza el fraguado, el concreto experimenta una serie de cambios en su volumen conocidos como deformaciones no instantáneas. Estos cambios están influenciados por diversos factores como la composición química del cemento, la temperatura, la humedad, la proporción de agua, el método de mezclado, entre otros.

Durante la etapa de fraguado final, el concreto tiende a contraerse debido a la evaporación del agua, lo que puede generar grietas y fisuras. Estas imperfecciones afectan seriamente la calidad estructural del concreto disminuyendo su resistencia, durabilidad y su aspecto estético [9]; sin embargo, este daño puede ser prevenido mediante un adecuado proceso de curado que consiste en mantener el concreto húmedo durante un tiempo prolongado para evitar la pérdida de agua que se evapora mediante los poros y capilares.

Por tal motivo, este estudio plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influye la ausencia de curado en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto?

III. Objetivo de la Investigación

Esta investigación tiene como objetivo determinar con precisión la influencia de la falta de curado en la resistencia a la compresión del concreto.

Para lograr dicho propósito se plantea evaluar el desarrollo de la resistencia a la compresión de probetas de concreto a las edades de 3, 7, 14 y 28 días, para dos condiciones establecidas: sometidas a un proceso de curado por inmersión con otro grupo de probetas expuestas únicamente al ambiente natural.

IV. Metodología

A. Diseño de investigación

El diseño de investigación adoptado en este estudio es experimental, ya que involucra la manipulación de la variable independiente para analizar su impacto en la variable dependiente (objetivo de investigación) [17]. A través de este enfoque, se busca demostrar de manera empírica los efectos generados y proporcionar una respuesta al problema planteado en esta investigación.

B. Población

La población está conformada por las probetas cilíndricas de concreto (unidades experimentales) elaboradas en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte (UPN).

C. Muestra

La muestra consiste en 24 cilindros de concreto con dimensiones de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura. De estos, 12 especímenes fueron sometidos a un proceso de curado continúo utilizando el método de inmersión para mantener un grado de humedad del 100%, mientras que los otros 12 cilindros permanecieron expuestos al ambiente (sin curar). Los especímenes se sometieron a ensayos de compresión a las edades de 3, 7, 14 y 28 días con las cantidades distribuidas como se muestra en la Tabla I.

TABLA I
Distribución de la Cantidad de Especímenes de Concreto para los Ensayos a las Edades de 3,7, 14 y 28 Días

Edad	Cantidades Ensayadas	
	Condición de curado	Condición sin curar
3 días	3	3
7 días	3	3
14 días	3	3
28 días	3	3
Total	12	12

Cabe señalar que se registraron valores mínimos y máximos de humedad del 71% y 86%, respectivamente. La temperatura en este entorno oscila entre 23°C y 25°C, aunque en algunos días se han registrado mínimos y máximos de 21.5°C y 26.1°C respectivamente.

D. Instrumentos

1) Moldes cilíndricos para la fabricación de muestras para pruebas verticales de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura.

2) Mezcladora de concreto (tambor) con carga máxima de 180 kg, velocidad de rotación de 35 revoluciones por minuto y capacidad volumétrica de 250 litros. Modelo XH-PCM210.

3) Prensa a compresión con carga máxima de 250 000 lb de marca Forney.

4) Palustre (cucharón) para la colocación del concreto en un molde cilíndrico y uniformizarlo.

5) Varilla compactadora de acero de 100 mm de diámetro y 300 mm de longitud.

6) Termómetro/Higrómetro para la medición del grado de humedad y temperatura del ambiente de laboratorio.

E. Materiales

1) Cemento: Para este estudio, se empleó Cemento Portland Tipo I, que cumple la normativa internacional ASTM C – 150, con una densidad de 3.13 g/cm^3.

2) Agua: El agua empleada para la elaboración de los especímenes fue potable según lo establecido por la norma ASTM C - 1602 y una temperatura de 20°C ± 3°C. El recurso hídrico fue suministrado por el laboratorio de concreto de la UPN.

3) Agregado fino y grueso: Los agregados empleados en esta investigación fueron sometidos a diferentes pruebas a fin de obtener su caracterización. La Tabla II muestra las normas empleadas y la caracterización de los agregados.

TABLA II
Caracterización Física de la Arena y Piedra

No	Normativa	Propiedad física	Arena	Piedra
1	ASTM C566 - 13	Humedad	1.40	0.40
2	ASTM C33	Módulo de finura	2.97	-
3	ASTM C136	Tamaño Máximo Nominal	-	¾ pulg
4	ASTM C29	Peso Unitario Seco Compactado	1905	1661
5	ASTM C29	Peso Unitario Seco Suelto	1744	1510
6	ASTM C127/C128	Gravedad específica aparente	2.79	2.76
7	ASTM C127/C128	Gravedad específica saturada superficialmente seca	2.73	2.73
8	ASTM C127/C128	Gravedad específica estado seco	2.70	2.71
9	ASTM C127/C128	Absorción	1.30	0.65

F. Dosificación del concreto

Con base a los resultados de las pruebas de caracterización de los agregados se realizó el diseño de mezcla según el método ACI 211.1-91 (1991) con una resistencia característica a la compresión de 280 kg/cm^2 a los 28 días. La dosificación de los componentes del concreto se presenta en la Tabla III.

TABLA III
DOSIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO

No	Material	Peso de los materiales por metro cúbico (kg/m^3)
1	Agua	207
2	Aire	0
3	Cemento	356
4	Piedra	1006
5	Arena	796

G. Método de preparación de muestras de concreto y proceso de curado

Siguiendo las directrices de la norma ASTM C31, se elaboraron 24 muestras mediante el mezclado uniforme del concreto en una mezcladora. Posteriormente, se colocó el concreto en moldes en dos capas compactando cada una con 25 golpes distribuidos uniformemente en espiral y utilizando una varilla apisonadora de 300 mm de longitud. Una vez nivelada la superficie, las probetas permanecieron en los moldes durante 24 ± 3 horas. Conforme a lo estipulado en la norma ASTM C511, transcurrido dicho período, las probetas fueron desmoldadas, como se muestra en la Fig. 3. La mitad de ellas se colocó en exposición al aire libre, tal como se observa en la Fig. 4, mientras que la otra mitad fue sumergida en un tanque de inmersión, representado en la Fig. 5. Cabe resaltar que para cada grupo se contó con una probeta de respaldo.

Fig. 3 Desmoldeo de probetas de concreto.

Fig. 4 Grupo de probetas dejadas en el exterior del tanque de inmersión.

Fig. 5 Grupo de probetas dejadas en el interior del tanque de inmersión.

H. Método de ensayo a compresión de muestras de concreto

De acuerdo con los lineamientos de la norma ASTM C39, para el caso de los especímenes curados por inmersión, se retiraron del tanque de inmersión y se procedió a realizar el ensayo de manera inmediata previa limpieza de las superficies de carga. La probeta fue colocada en el bloque de carga inferior asegurándose de alinear el eje de la probeta con el centro de carga. Se verificó que el indicador de carga estuviera en cero y se aplicó la carga a una velocidad especificada hasta que la probeta falló registrándose la carga máxima que soportó el espécimen. Este proceso se repitió para los días 3, 7, 14 y 28 de edad para las dos condiciones de curado. Finalmente, la resistencia a la compresión se calculó dividiendo la carga máxima obtenida por el área de la sección transversal del espécimen.

V. RESULTADOS

Luego de realizar las pruebas de resistencia a la compresión de los especímenes de concreto se registraron sus cargas de rotura y, con ello, se calculó su resistencia.

Se muestran en la Tabla IV y Tabla V los resultados de resistencias a la compresión de probetas ensayadas a los 3 días de edad tanto en condición de curado como sin curar respectivamente.

TABLA IV
RESULTADOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CURADAS A LOS 3 DÍAS DE EDAD

	Diámetro (cm)	**Altura (cm)**	**Área (cm²)**	**Carga (kg)**	**f'c (kg/cm²)**	**f'c (MPa)**
1	10.081	20.353	79.40	21340	268.78	26.35
	10.018	20.393				
	10.064	20.242				
Promedio	10.054	20.329				
2	10.065	20.334	79.78	23210	290.92	28.52
	10.086	20.353				
	10.085	20.402				
Promedio	10.079	20.363				
3	10.910	20.403	84.27	23955	284.27	27.87
	10.084	20.370				
	10.081	20.410				
Promedio	10.358	20.394				
				Promedio	**281.32**	**27.58**

TABLA V
RESULTADOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS SIN CURAR A LOS 3 DÍAS DE EDAD

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)	f'c (MPa)
1	10.081	20.224	79.70	20625	258.78	25.37
	10.074	20.266				
	10.066	20.194				
Promedio	10.074	20.228				
2	10.042	20.444	79.33	19660	247.82	24.30
	10.060	20.401				
	10.049	20.417				
Promedio	10.050	20.421				
3	10.070	20.278	79.49	19145	240.85	23.61
	10.053	20.341				
	10.058	20.338				
Promedio	10.060	20.319				
				Promedio	**249.15**	**24.43**

Se presentan en la Tabla VI y Tabla VII, los resultados de resistencias a la compresión de probetas ensayadas a los 7 días de edad tanto en condición de curado como sin curar respectivamente.

TABLA VI
RESULTADOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CURADAS A LOS 7 DÍAS DE EDAD

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)	f'c (MPa)
1	10.128	20.363	80.54	24385	302.78	29.68
	10.127	20.316				
	10.124	20.232				
Promedio	10.126	20.304				
2	10.059	20.247	79.51	23460	295.05	28.93
	10.062	20.377				
	10.064	20.450				
Promedio	10.062	20.358				
3	10.040	20.288	79.31	24160	304.64	29.87
	10.050	20.274				
	10.056	20.281				
Promedio	10.049	20.281				
				Promedio	**300.82**	**29.49**

TABLA VII
RESULTADOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS SIN CURAR A LOS 7 DÍAS DE EDAD

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)	f'c (MPa)
1	10.029	20.407	79.27	21400	269.97	26.47
	10.052	20.417				
	10.058	20.378				
Promedio	10.046	20.401				
2	10.055	20.288	79.40	20535	258.62	25.36
	10.058	20.308				
	10.051	20.267				
Promedio	10.055	20.288				
3	10.127	20.608	80.61	21075	261.44	25.63
	10.136	20.588				
	10.130	20.507				
Promedio	10.131	20.568				
				Promedio	**263.34**	**25.82**

La Tabla VIII y Tabla IX muestran los resultados de resistencias a la compresión de probetas ensayadas a los 14 días de edad tanto en condición de curado como sin curar respectivamente.

TABLA VIII
RESULTADOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CURADAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)	f'c (MPa)
1	10.149	20.274	80.83	26575	328.76	32.23
	10.146	20.317				
	10.140	20.226				
Promedio	10.145	20.272				
2	10.097	20.326	79.93	26225	328.11	32.17
	10.080	20.327				
	10.087	20.375				
Promedio	10.088	20.375				
3	10.081	20.305	79.91	25320	316.87	31.07
	10.090	20.363				
	10.089	20.364				
Promedio	10.087	20.344				
				Promedio	**324.58**	**31.82**

TABLA IX
RESULTADOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS SIN CURAR A LOS 14 DÍAS DE EDAD

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)	f'c (MPa)
1	10.066	20.380	79.55	23435	294.60	28.88
	10.064	20.395				
	10.062	20.258				
Promedio	10.064	20.344				
2	10.051	20.325	79.16	22975	290.24	28.45
	10.054	20.430				
	10.013	20.399				
Promedio	10.039	20.385				
3	10.085	20.339	79.81	22570	282.81	27.73
	10.070	20.342				
	10.086	20.294				
Promedio	10.080	20.325				
				Promedio	**289.22**	**28.35**

En la Tabla X y Tabla XI se presentan los últimos resultados obtenidos de resistencias a la compresión de probetas ensayadas a los 28 días de edad tanto en condición de curado como sin curar respectivamente.

TABLA X
RESULTADOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CURADAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)	f'c (MPa)
1	10.075	20.278	79.99	30685	383.63	37.61
	10.085	20.325				
	10.115	20.392				
Promedio	10.092	20.332				
2	10.106	20.448	80.81	29305	362.65	35.55
	10.250	20.429				
	10.074	20.447				
Promedio	10.143	20.441				
3	10.161	20.287	81.05	31045	383.05	37.55
	10.141	20.195				
	10.173	20.134				
Promedio	10.158	20.205				
				Promedio	**376.44**	**36.91**

TABLA XI
RESULTADOS DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS SIN CURAR A LOS 28 DÍAS DE EDAD

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)	f'c (MPa)
1	10.055	20.342	79.29	23495	296.33	29.05
	10.041	20.365				
	10.046	20.328				
Promedio	10.047	20.345				
2	10.117	20.241	80.72	25785	319.43	31.32
	10.143	20.291				
	10.154	20.271				
Promedio	10.138	20.268				
3	10.076	20.352	79.65	25725	322.96	31.66
	10.064	20.368				
	10.072	20.382				
Promedio	10.071	20.367				
				Promedio	**312.91**	**30.68**

La Fig. 6 y Fig. 7 muestran imágenes representativas de las probetas curadas y no curadas respectivamente después de haber sido sometidas a ensayos de compresión en el día 3.

Fig. 6 Probeta sin curar luego de ser ensayada en el día 3.

Fig. 7 Probeta curada luego de ser ensayada en el día 3.

La Fig. 8 y Fig. 9 imágenes representativas de las probetas curadas y no curadas respectivamente después de haber sido sometidas a ensayos de compresión en el día 7.

Fig. 8 Probeta sin curar luego de ser ensayada en el día 7.

Fig. 9 Probeta curada luego de ser ensayada en el día 7.

La Fig. 10 y Fig. 11 muestran imágenes representativas de las probetas curadas y no curadas respectivamente después de haber sido sometidas a ensayos de compresión en el día 14.

Fig. 10 Probeta sin curar luego de ser ensayada en el día 14.

Fig. 11 Probeta curada luego de ser ensayada en el día 14.

La Fig. 12 y Fig. 13 muestran imágenes representativas de las probetas curadas y no curadas respectivamente después de haber sido sometidas a ensayos de compresión en el día 28.

Fig. 12 Probeta sin curar luego de ser ensayada en el día 28.

Fig. 13 Probeta curada luego de ser ensayada en el día 28.

La Fig. 14 muestra el desarrollo de la resistencia que ha adquirido el concreto tanto en condición de curado como sin curar en relación con la edad.

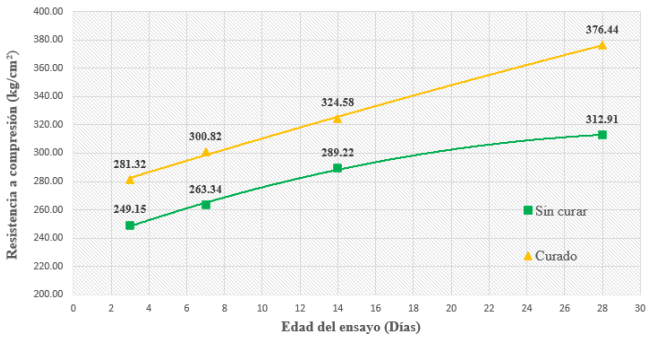

Fig. 14 Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto en condición de curado y sin curar con relación a la edad.

Finalmente, la Tabla XII presenta la disminución porcentual de las resistencias a la compresión del concreto en condición sin curar con respecto al concreto curado para las edades de 3, 7, 14 y 28 días.

TABLA XII
DISMINUCIÓN PORCENTUAL DE LOS RESULTADOS PROMEDIOS DE RESISTENCIA

	Día 3	Día 7	Día 14	Día 28
Disminución Porcentual (%)	11.4	12.5	10.9	16.9

Las diferencias en la resistencia entre ambas condiciones son evidentes desde el tercer día, con una disminución del 11.4%. No obstante, la mayor reducción porcentual se observa a los 28 días, alcanzando un 16.9%.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados muestran una evolución continua en la resistencia del concreto curado alcanzando un promedio de 376.44 kg/cm² a los 28 días mientras que el concreto sin curar presenta un desarrollo más lento con una resistencia promedio de 312.91 kg/cm². Aunque en nuestro estudio la disminución fue del 16.9%, otros autores como [11] reportan pérdidas aún mayores alcanzando un 24.0% a los 28 días. En ambos casos se evidencia una pérdida considerable de resistencia independientemente del lugar de ensayo.

Estos resultados confirman que el curado influye directamente en el desarrollo de la resistencia a la compresión, al mantener la temperatura y humedad necesarias para la hidratación del cemento. Cuando no se suministra agua externa la humedad interna disminuye generando autodesecación de la pasta y limitando el avance de dicho proceso [6]. A pesar de su importancia, en el Perú este procedimiento suele ignorarse durante la ejecución de obras especialmente en contextos de "autoconstrucción". Su omisión o deficiencia puede provocar grietas y fisuras derivadas de la retracción por evaporación excesiva, afectando considerablemente la durabilidad y resistencia del material.

Por tanto, esta investigación refuerza la importancia del curado para obtener concretos de calidad, aunque los resultados deben interpretarse con cautela ya que fueron obtenidos en condiciones de laboratorio. En obra, factores como las variaciones de temperatura y humedad podrían influir de forma diferente ocasionando una mayor o menor reducción de la resistencia.

En conclusión, los hallazgos destacan la importancia de no pasar por alto este proceso, contribuyendo así al fortalecimiento del conocimiento técnico y a las mejores prácticas en la industria de la construcción.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Zenón Zaga Terbullino por brindarnos sus conocimientos teóricos y prácticos para la elaboración del presente trabajo. Asimismo, agradecemos a la Universidad Privada del Norte por fomentar el espíritu investigativo y facilitar el desarrollo de este trabajo original.

REFERENCIAS

[1] R. K. Majhi y A. N. Nayak, "Bond, durability and microstructural characteristics of ground granulated blast furnace slag based recycled aggregate concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 212, pp. 578–595, 2019. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.017

[2] L. Yu, J. Ma, Y. He y L. Lu, "The effects and mechanisms of low-energy consumption microwave curing on the microstructure and strength development of cement-based materials," *Construction and Building Materials*, vol. 471, p. 140716, 2025. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140716

[3] D. F. Jaimes y J. J. García, "Importancia del concreto en el campo de la construcción," *Formación Estratégica*, vol. 2, n.° 1, pp. 1-13, Noviembre 2020.

[4] P. Y. Chegne y N. A. Querzola, "Resistencia a compresión y tracción en probetas compactadas con los métodos por apisonado y por vibración para concretos de f'c=210 kg/cm², Cajamarca 2022," tesis, Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú, 2022.

[5] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, *Norma E.030 Diseño Sismorresistente*, N° 043, 2019.

[6] S. H. Kostmatka, B. Kerkhoff, W. C. Panarese y J. Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto, 1a ed. Illinois, EE. UU.: Portland Cement Association, 2004.

[7] H. J. Jo, D. Y. Park, K. W. Kim y T. J. Ahn, "Real-time monitoring of concrete curing using fiber Bragg grating sensors: Strain and temperature measurement," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 362, Noviembre 2023.

[8] ACI Committee 308. *Guide to External Curing Concrete*, American Concrete Institute, Mayo 2016.

[9] M. S. Manlouk y J. P. Zaniewski, *Materiales para ingeniería civil*, 2a ed. Madrid, España: Pearson Education, S. A., 2009.

[10] L. Garín, A. Santilly y E. Pedoja, "Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón," *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, n.° 10, pp. 109-114, Octubre 2012.

[11] J. A. Horna, "Influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión, Trujillo 2018," tesis, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, 2018.

[12] M. Al-Gburi, J. Abed, A. Almssad, A. A. Alhayani, A. Jędrzejewska y M. Nilsson, "The effect of real curing temperatures on early age concrete strength development in massive concrete structures," *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 2025. https://doi.org/10.1080/19648189.2025.2458294

[13] C. García, "Estudio experimental sobre la influencia de la temperatura durante el periodo estival en la resistencia a compresión de probetas de hormigón," tesis, Construcciones Arquitectónicas y su Control, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid, España, 2011.

[14] M. Al-Gburi, A. Almssad y O. I. Al-Zuhairi, "Evaluating Concrete Strength Under Various Curing Conditions Using Artificial Neural Networks," *Nordic Concrete Research*, vol. 71, n.º 1, pp. 1–23, 2024.

[15]A. K. Jácobo, “Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto,” tesis, Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Trujillo, Perú, 2019.
[16]L. A. Tejada y J. A. Córdova, “La influencia del curado por inmersión a la intemperie en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Quibdó – Chocó,” *Ingeniería y Competitividad*, vol. 25, n.° 2, 2023.
[17]A. A. Serrano, L. G. Sanz, I. L. Rodrigo, E. G. Gordo, B. G. Álvaro, y L. R. Brea, "Métodos de investigación de enfoque experimental," 2011.