Comparación entre la normativa peruana y la normativa Extranjera relacionada a la durabilidad del concreto

Comparison between Peruvian regulations and foreign regulations related to the durability of the concrete

Paula Nicole Dongo Gómez, Orlando Javier Saavedra Pérez, Dania Lisset Espinoza Huaquisto

Universidad Católica de Santa María. Arequipa Perú.

INFORMACIÓN

Historia del Artículo

Recepción: 14/03/2019

Revisión: 15/06/2019

Aceptación: 20/06/2019

Palabras Clave

Durabilidad, normas técnicas, concreto, exposición.

Key Words

Durability, technical standards, concrete, exposure.

DOI

<https://doi.org/10.35286/veritas.v20i1.228>

RESUMEN

En la presente investigación se realizó una comparación entre las normas peruana, estadounidense, argentina, boliviana y brasilera de concreto estructural, con el fin de analizar su contenido respecto a la durabilidad del concreto y encontrar posibles falencias de la normativa peruana vigente. La durabilidad del concreto es la capacidad que tiene este material de soportar la acción de diversos agentes que modifican sus propiedades. Este aspecto ha adquirido importancia en los últimos años debido a que su consideración en el diseño de estructuras podría prevenir problemas como agrietamiento, corrosión, carbonatación y otros, los cuales podrían poner en riesgo la funcionalidad de construcciones vitales en la sociedad, además de causar gastos por reparación y en los peores casos, reconstrucción. Para elaborar un concreto durable se hace un análisis del tipo de exposición en el que se encontrará la estructura proyectada, de modo que se puedan tomar medidas que atenúen efectos negativos sobre esta. Las normas consultadas consideran diversos parámetros para cada tipo de exposición, las cuales tienen diversa nomenclatura. Algunos de los parámetros encontrados son: resistencia a la compresión del concreto, relación agua/cemento, tipo de cemento, profundidad de penetración y velocidad de absorción. Los datos encontrados en las normas analizadas son congruentes entre sí, en algunos casos, son los mismos; esto se debe a que algunas normas han sido elaboradas en base a la norma estadounidense. Se hallaron también parámetros propios de cada país, siendo uno de los casos el ensayo de profundidad de penetración al agua, reglamentado únicamente en Argentina.

ABSTRACT

In the present investigation, a comparison was made between the Peruvian, Argentine, Bolivian and Brazilian standards of structural concrete, in order to analyze its content regarding the durability of the concrete and find possible shortcomings of the current Peruvian legislation. The durability of concrete is the ability of this material to withstand the action of various agents that modify its properties. This aspect has become important in recent years because its consideration in the design of structures could prevent problems such as cracking, corrosion, carbonation and others, which could put at risk the functionality of vital constructions in society, besides causing costs for repair and in the worst cases, reconstruction. To make a durable concrete, an analysis of the type of exposure in which the projected structure will be found is made, so that measures can be taken to mitigate negative effects on it. The consulted standards consider different parameters for each type of exposure, which have different nomenclature. Some of the parameters found are: compressive strength of the concrete, water/ cement ratio, type of cement, depth of penetration and absorption speed. The data found in the analyzed standards are congruent with each other, in some cases, they are the same; this is because some standards have been developed based on the US standard. We also found parameters specific to each country, being one of these cases the water penetration depth test, regulated only in Argentina.

INTRODUCCIÓN

Los diferentes tipos de estructuras de concreto construidas actualmente, demandan la imposición de parámetros mínimos que garanticen su seguridad frente a cualquier evento, es por ello que múltiples normativas han sido elaboradas en base a investigaciones para conseguirlo.

La durabilidad del concreto es uno de los parámetros predominantes para lograr que las estructuras de este material cumplan con la vida útil para la cual fueron proyectadas.

Esta está ligada a distintos factores tales como procesos constructivos, calidad de materiales y permeabilidad. Para estos dos últimos se cuentan con distintos ensayos para determinarlos.

Según la norma Comité ACI 318 (2014) la permeabilidad, llamada así a la capacidad que tiene el concreto de permitir el paso de diferentes sustancias en estado líquido y gaseoso, es el principal factor que debe ser considerado en el diseño de mezclas de concreto.

A pesar de ser una propiedad esencial del concreto, la permeabilidad no es tomada en cuenta para su elaboración; los profesionales encargados del diseño, consideran únicamente la resistencia a la compresión como parámetro de diseño. La normatividad peruana carece de especificaciones que

Correspondencia:
Paula Nicole Dongo Gómez
paulanicole33@gmail.com

permitan saber qué condiciones debe cumplir un concreto respecto a su permeabilidad para ser aceptado, tampoco menciona rangos aceptables ni procesos constructivos relacionados a dicha propiedad. Por otro lado, estudios en España, Colombia, Argentina y Argelia demuestran que la permeabilidad y el ensayo utilizado para su obtención, deben ser considerados en el diseño de estructuras vulnerables según el grado de exposición en el que se encuentren.

Es por eso que esta parte del proyecto de investigación se centrará en comparar la normativa peruana con la extranjera, recomendando acotaciones relacionadas a la durabilidad dadas en las distintas normas revisadas para su posible incorporación a la normativa peruana.

Objetivos

Realizar la comparación de las recomendaciones referidas a la durabilidad en el diseño del concreto encontradas en las normas peruana y extranjeras.

Desarrollo

Comparación de aspectos considerados en las diferentes normas técnicas

A continuación, se mostrará una compilación de tablas encontradas en las diferentes normas, se procederá a colorear del mismo color las celdas que presenten información similar.

Condiciones o clases de exposición

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
Exposición a congelamiento y deshielo.	Severa Cuando, en un clima frío, el concreto puede estar en contacto casi constante con la humedad antes de congelarse o cuando se emplean sales descongelantes.	F0 Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo.	C1 Sin sales descongelantes. Ataque por congelación y deshielo.	Severa	
	Moderada Cuando, en clima frío, el concreto esté expuesto ocasionalmente a humedad antes de congelarse y cuando no se usen sales descongelantes.	F1 Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad.		Moderada	
	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	F2 Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto frecuente con la humedad.	Con sales descongelantes. Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes.	Hormigón expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes	
	Especiales Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	F3 Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto frecuente con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes.	C2	Especiales Para proteger la armadura en el hormigón de la corrosión cuando está expuesto a cloruros de sales descongelantes, sal, agua salobre, o salpicaduras del mismo origen.	

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201			Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014	
Exposición a sulfatos.		Insignificante	0,0 ≤ SO4 < 0,1.	* Sulfatos solubles (SO4) en aguas de contacto. mg/litro.		Insignificante	0,0 ≤ SO4 < 0,1.	
	* Sulfato soluble en agua (SO4) presente en el suelo, porcentaje en peso.	Moderada	0,1 ≤ SO4 < 0,2.	Moderado (Q1)	150 a 1500.	* Sulfato Acuosoluble (SO4) en suelo, porcentaje en peso.	Moderada	0,1 ≤ SO4 < 0,2 o agua de mar.
		Severa	0,2 ≤ SO4 < 2,0.	Fuerte (Q2)	1500 a 10000.		Severa	0,2 ≤ SO4 < 2,0.
		Muy severa	2,0 < SO4.	Muy fuerte (Q3)	Mayor a 10000.		Muy severa	2,0 < SO4.
		Insignificante	0 ≤ SO4< 150.	* Sulfatos solubles (SO4) en suelos de contacto. % en masa.		Insignificante	0 ≤ SO4 < 150.	
	* Sulfato (SO4) en el agua, ppm.	Moderada	150 ≤ SO4 < 1500 o agua marina.	Moderado (Q1)	0,10 a 0,20.	* Sulfato (SO4) en el agua, ppm.	Moderada	0,1 ≤ SO4 < 0,2 o agua de mar.
		Severa	1500 ≤ SO4 < 10000.	Fuerte (Q2)	0,20 a 2.		Severa	0,2 ≤ SO4 < 2,0.
		Muy severa	10000 < SO4.	Muy fuerte (Q3)	Mayor a 2.		Muy severa	2,0 < SO4.

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
En contacto con el agua.	Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	W0	Concreto seco en servicio o concreto en contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad.		Hormigón que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.
		W1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad.		

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR H6118:2014
Riesgo de corrosión.			Ambiente normal.		
	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad.	* Corrosión por carbonatación.	A2	Interiores de edificios expuestos al aire con HR ≥ 65 % o a condensaciones; exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1000 mm.; elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos.
	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros.	* Corrosión por carbonatación.	A3	Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1000 mm; temperatura media mensual durante más de 3 meses al año ≥ 25° C.

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
Riesgo de corrosión.	-	C2 Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen.	* Corrosión por cloruros.	CL	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino. Hormigón expuesto al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros; expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales.
				MI	Marino, al aire. A más de 1 km. de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales.
				M2	Marino, al aire. A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto perman. o frecuente con aire saturado con sales.
			* Corrosión por cloruros.	M2	Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas.
				M3	Marino, sumergido. En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar.

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
Agresividad ambiental y/o General.	-	-	A1	No agresiva. Interiores de edificios no sometidos a condensaciones; elementos exteriores de edificios, revestidos; hormigón masivo interior; estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm.	I Débil.
			Q1	Ambientes con agresividad química moderada. Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad.	II Moderada.
			Q2	Ambientes con agresividad química fuerte. Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media; exposición al agua de mar.	III Fuerte
			Q3	Ambientes con agresividad química muy fuerte. Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida.	IV Muy Fuerte

Requerimientos para el concreto para las diferentes condiciones de exposición a congelamiento y deshielo.

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
Disposiciones generales.	Los concretos de peso normal y los de pesos livianos expuestos a condiciones de congelamiento y deshielo o a productos químicos descongelantes deben tener aire incorporado, con el contenido total de aire indicado en la tabla ubicada abajo. La tolerancia en el contenido total de aire incorporado debe ser de $\pm 1,5\%$. Para concretos con $f'c$ mayor de 35 MPa, se puede reducir el aire incorporado indicado en la tabla antes mencionada en 1%.	El concreto de peso normal y liviano expuesto a congelamiento y deshielo clasificado en las Clases de Exposición F1, F2 o F3 debe tener aire incorporado. El concreto debe muestrearse de acuerdo con ASTM C172, y el contenido de aire debe medirse de acuerdo con ASTM C231 o ASTM C173. Para valores de $f'c$ que excedan 5000 lb./pulg.2, se permite la reducción del contenido de aire en 1.0 punto de porcentaje indicado en la tabla ubicada abajo. El máximo porcentaje de puzolanas, incluida la ceniza volante, humo de sílice y cemento de escoria en concreto asignado a Exposición Clase F3, debe estar de acuerdo con los valores mostrados más abajo.	Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la tabla ubicada más abajo. Para hormigones de clase igual o mayor que H-35 ($f'c \geq 35$ MPa) las cantidades de aire indicadas en la tabla anteriormente mencionada, se pueden reducir hasta una unidad porcentual (1,0 %), salvo que en los Documentos de Proyecto se indique lo contrario.	El hormigón de peso normal y de peso liviano expuesto a condiciones de congelamiento y deshielo o a productos químicos descongelantes, debe tener aire incorporado, con el contenido de aire indicado en la tabla ubicada más abajo. La tolerancia en el contenido de aire incorporado debe ser de $\pm 1,5\%$. Para un $f'c > 35$ MPa, se puede reducir el aire incorporado indicado en la tabla anteriormente mencionada en 1%.	-
Relación máxima a/mc.	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes 0.45.	F0 -	Tipo de hormigón\ Cond. de exposición C1 C2	Hormigón expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes. 0.45.	-
	Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen. 0.40.	F1 0.55. F2 0.45. F3 0.40.	Hormigón simple Hormigón armado Hormigón pretensado	0.45. 0.40. 0.45. 0.40. 0.45. 0.40.	Para proteger el armadura en el hormigón de la corrosión cuando está expuesto a cloruros de sales descongelantes, sal, agua salobre, o salpicaduras del mismo origen. 0.40.

Aspecto\Pais	Perú E.060	EEUU ACI 318-14			Argentina CIRSOC 201			Bolivia NB-1225001-1			Brasil BNT NBR 6118: 2014	
	* En MPA	* En lb/pulg2			* En MPa			* En MPa				
f'c mínimo.	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	31.	F0	2500	Tipo de hormigón\ Cond. de exposición	C1	C2	Hormigón expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	31			
	Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	35.	F1	3500	Hormigón simple	30	35	Para proteger el armadura en el hormigón de la corrosión cuando está expuesto a cloruros de sales descongelantes, sal, agua salobre, o salpicaduras del mismo origen.	35		-	
			F2	4500	Hormigón armado	30	35					
			F3	5000	Hormigón pretensado	30	35					
Contenido total de aire (%).	TMN (mm)	Contenido de aire		TMN (pulg.)	Contenido de aire		Total de aire natural e intencionalmente incorporado al hormigón, de acuerdo con el tipo de exposición o		TMN (mm)	Contenido de aire		
		Exposición sever	Exposición moderada		F1	F2 y F3		Exposición tipo C1 y hormigón a	Exposición tipo C2		Exposición severa	Exposición moderada
	9.5	7.5	6	3/8	6	7.5						
	12.5	7	5	1/2	5	7	mm	% en volumen	% en volumen	12.5	7	5.5
	19	6	5	3/4	5	6	13.2	5.5±1.5	7±1.5	19	6	5
	25	6	4.5	1	4	6	19	5±1.5	6±1.5	25	6	4.5
	37.5	5.5	4.5	1 1/2	4	5.5	26.5	4.5±1.5	6±1.5	37.5	5.5	4.5
	50	5	4	2	4	5	37.5	4.5±1.5	5.5±1.5	50	5	4
	75	4.5	3.5	3	3	4.5	53.0	4.0±1.5	5±1.5	75	4.5	3.5

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
	Materiales cementantes % máximo del total de materiales cementantes en peso	Materiales cementantes % máximo del total de materiales cementantes en masa		Materiales cementantes % máximo del total de materiales cementantes en peso	
Requisitos para concreto expuesto a productos químicos descongelantes.	Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen la NTP 334.104.	25	Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen con ASTM C618.	25	Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen con ASTM C618.
	Escoria que cumple ASTM C 989.	50	Cemento de escoria que cumple con ASTM C989.	50	Escoria que cumple con ASTM C989.
	Microsilíce que cumple la NTP 334.087.	10	Humo de sílice que cumple con ASTM C1240.	10	Humo de sílice que cumple con ASTM C1240.
	Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria y microsilíce.	50	Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria y humo de sílice.	35	Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria y humo de sílice.
	Total de cenizas volantes u otras puzolanas y microsilíce.	35	Total de cenizas volantes u otras puzolanas y humo de sílice.	50	Total de cenizas volantes u otras puzolanas y humo de sílice.
Penetración de agua o succión capilar.	-	-	Propiedad\Condición de exposición	C1	C2
			Penetración de máx. agua (mm)	≤ 50	≤ 50
			media	≤ 30	≤ 30
			Succión capilar (g/m2/s0.5)	4.0	4.0

Requerimientos para el concreto para las diferentes condiciones de exposición a sulfatos

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014					
Disposiciones generales.	El concreto que va a estar expuesto a sulfatos debe cumplir con los requisitos ubicados más abajo. El concreto debe estar hecho con un cemento que proporcione resistencia a los sulfatos y que tenga una relación agua- material cementante máxima y un f'c mínimo según los requisitos antes mencionados. Además de la selección apropiada del cemento, son esenciales otros requisitos para lograr concretos durables expuestos a concentraciones de sulfatos, tales como: baja relación agua - material cementante, resistencia, adecuado contenido de aire, bajo asentamiento, adecuada compactación, uniformidad, recubrimiento adecuado del refuerzo y suficiente curado húmedo para desarrollar las propiedades potenciales del concreto.	-	-	El hormigón que va a estar expuesto a soluciones o suelos que contengan sulfatos debe cumplir con los requisitos ubicados más abajo, o debe estar elaborado con un cemento que proporcione resistencia a los sulfatos y que tenga una relación agua-material cementante máxima y mínimo según los requisitos antes mencionados.	Expansión por sulfatos: Es la expansión por acción de aguas o suelos que contengan o estén contaminados con sulfatos, dando origen a reacciones expansivas y deletéreas con la pasta de cemento hidratado. La prevención puede ser realizada con el uso de cemento resistente a sulfatos, conforme a la ABNT NBR 5737.					
Tipo de cemento a usar de acuerdo al grado de exposición	Insignificante	-	S0	-	Moderada (Q1)					
					Cemento moderadamente resistente a los sulfatos, cemento Portland normal CPN más una adición mineral activa incorporada en obra, cemento de uso general (IRAM 50000:2000- Tabla 1).					
	Moderada	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM) (MS), I(SM) (MS)	S1	ASTM C150	ASTM C595	ASTM C1157	Fuerte (Q2)	Cemento altamente resistente a los sulfatos (IRAM 50001:2000 -Tabla 3), cemento portland normal (CPN) más una adición mineral activa incorporada en obra.	Moderada	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM) (MS), I(SM) (MS)
				II	IP, IS, o IT(MS)	MS				

Aspecto\País	Perú E.060		EEUU ACI 318-14				Argentina CIRSOC 201			Bolivia NB-1225001-1		Brasil BNT NBR 6118:2014	
Tipo de cemento a usar de acuerdo al grado de exposición.	Severa	V	S2	V	IP, IS o IT(HS)	HS	Cemento con adiciones altamente resistente a los sulfatos (IRAM 50001:2000-Tabla 3). El contenido de cemento del hormigón será igual o mayor que 380 kg/m3, cemento sin adiciones altamente resistente a los sulfatos (CPN- ARS- IRAM 50001:2000-Tabla 3) utilizado conjuntamente con una adición mineral activa agregada en obra. La adición debe mejorar la resistencia a los sulfatos del cemento. El contenido de material cementicio del hormigón será igual o mayor que 380 kg/m3, Cemento altamente resistente a los sulfatos (CPN ARS- IRAM 50001:2000- Tabla 3) y una protección exterior capaz de resistir la agresión. El contenido de cemento del hormigón será igual o mayor que 350 kg/m3.	Severa	V				
	Muy severa	Tipo V más puzolana	S3	V más puzolanas o cemento de escoria	IP, IS o IT(HS) más puzolanas o escoria	HS más puzolanas o escoria.		Muy fuerte (Q3)	Muy severa	V más puzolana		-	
Relación máxima a/mc.	Insignificante	-	S0		-		Tipo de hormigón\ Cond. de exposición	Moderada (Q1)	Fuerte (Q2)	Muy fuerte (Q3)	Insignificante	-	
	Moderada	0.50	S1		0.50		Hormigón simple	0.50	0.45	0.40	Moderada	0.50	-
	Severa	0.45	S2		0.45		Hormigón armado	0.50	0.45	0.40	Severa	0.45	
	Muy severa	0.45	S3		0.45		Hormigón pretensado	0.50	0.45	0.40	Muy severa	0.45	
* En MPa			* En lb/pulg2				* En MPa			* En MPa			
f'c mínimo	Insignificante	-	S0		2500		Tipo de hormigón\ Cond. de exposición	Moderada (Q1)	Fuerte (Q2)	Muy fuerte (Q3)	Insignificante	-	
	Moderada	28	S1		3500		Hormigón simple	30	35	40	Moderada	28	
	Severa	31	S2		4500		Hormigón armado	30	35	40	Severa	31	
	Muy severa	31	S3		5000		Hormigón pretensado	35	40	45	Muy severa	31	
Aditivo cloruro de calcio	Insignificante	-	S0		Sin restricción						Insignificante	-	
	Moderada	-	S1		Sin restricción						Moderada	-	
	Severa	No se permite	S2		No se permite		-				Severa	No se permite	-
	Muy severa	No se permite	S3		No se permite						Muy severa	No se permite	

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201			Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
		Propiedad\Condición de exposición	Moderada (Q1)	Fuerte (Q2)	Muy fuerte (Q3)		
Penetración de agua o succión capilar.	-	máx.	≤ 50	≤ 50	≤ 50	-	-
		Penetración de agua (mm)					
		media	≤ 30	≤ 30	≤ 30		
		Succión capilar (g/m2/ s0.5)	4.0	4.0	4.0		

Requerimientos para el concreto para las diferentes condiciones de exposición al agua

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
Disposiciones generales	-	-	-	-	Lixiviación: Es el mecanismo responsable de disolver y transportar los compuestos hidratados de la pasta de cemento por acción de aguas puras, carbónicas agresivas, ácidas y otras. Para prevenir su ocurrencia, se recomienda restringir la fisuración, para minimizar la infiltración de agua, y proteger las superficies expuestas con productos específicos, como los hidrófugos.
Relación máxima a/mc.	Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0.50	W0 - W1 0.50	Hormigón que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua. 0.50	-
f'c mínimo	* En MPa Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua. 28	* En lb/pulg2 W0 2500 W1 4000	-	* En MPa Hormigón que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua. 28	-

Requerimientos para el concreto para la protección contra la carbonatación.

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
Disposiciones generales.	-	-	-	-	Desprendimiento por carbonatación: Sucede por acción del gas carbónico de la atmósfera sobre el acero de la armadura. Las medidas preventivas consisten en dificultar el ingreso de los agentes agresivos al interior del concreto. El recubrimiento de las armaduras y el control de la fisuración minimizan este efecto, siendo recomendable un concreto de baja porosidad.
Relación máxima a/mc.	-	-	Tipo de hormigón\ Cond. de exposición	A2	A3
			Hormigón simple	-	-
			Hormigón armado	0.50	0.50
			Hormigón pretensado	0.50	0.50
f'c mínimo.	-	-	* En MPa		
			Tipo de hormigón\ Cond. de exposición	A2	A3
			Hormigón simple	-	-
			Hormigón armado	25	30
			Hormigón pretensado	30	35
			Propiedad\Condición de exposición	A2	A3
Penetración de agua o succión capilar.	-	-	Penetración de agua (mm) máx.	≤ 50	≤ 50
			media	≤ 30	≤ 30
			Succión capilar (g/m2/s0.5)	4.0	4.0

Requerimientos para el concreto para la protección del refuerzo contra la corrosión.

Aspecto/Pais	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-I	Brasil BNT NBR 6118:2014					
Disposiciones generales.	Para la protección contra la corrosión del refuerzo de acero en el concreto, las concentraciones máximas de iones cloruro solubles en agua en el concreto endurecido a edades que van de 28 a 42 días, provenientes de los ingredientes (incluyendo agua, agregados, materiales cementantes y aditivos) no deben exceder los límites de la Tabla 4.5. Cuando se lleven a cabo ensayos para determinar el contenido de iones cloruro solubles en agua, los procedimientos de ensayo deben cumplir los requisitos establecidos en la NTP 334.148.	Los límites de iones cloruro deben ser aplicados a la Clases de Exposición C0, C1 y C2. Para el concreto no preesforzado, la cantidad máxima de iones cloruro solubles en agua, incorporados al concreto, y medidos según la ASTM C1218 a edades que van de 28 a 42 días, dependen del grado de exposición proveniente de la fuente externa de humedad y cloruros. Para el concreto preesforzado, se aplica el mismo límite de 0.06 por ciento de iones cloruro por peso de cemento independientemente de la exposición.	Los contenidos máximos de cloruros solubles en agua en el hormigón endurecido, aportados por todos los materiales componentes, incluyendo los aditivos y eventualmente adiciones minerales, deben ser iguales o menores que los límites fijados más abajo. Asimismo, elhormigón debe cumplir con los requisitos de a/c, f'c y penetración o succión capilar indicados más abajo. El contenido de cloruros en el hormigón endurecido se debe determinar a una edad comprendida entre 28 y 45 días, utilizando el método de la norma IRAM 1857. En los estudios preliminares de los materiales se puede estimar el contenido total de cloruros que tendrá el hormigón endurecido, como sumatoria del aporte de sus materiales componentes en el hormigón fresco. Si los valores estimados son menores que los límites indicados anteriormente, se puede considerar que el contenido de cloruros del hormigón endurecido, incorporados por los materiales constituyentes, será menor que el exigido por este Reglamento.	Para la protección contra la corrosión de la armadura en el hormigón, las concentraciones máximas de iones cloruro acuosolubles en hormigón endurecido a edades que van de 28 a 42 días, provenientes de los ingredientes, incluyendo agua, agregados, materiales cementantes y aditivos, no deben exceder los límites fijados más abajo. Cuando se lleven a cabo ensayos para determinar el contenido de iones cloruro, solubles en agua, los procedimientos de ensayo deben cumplir los requisitos establecidos en la Norma ASTM C1218.	Desprendimiento por acción de cloruros: Consiste en la ruptura local de la capa de pasivación, causada por un alto contenido de iones de cloro. Las medidas preventivas consisten en dificultar el ingreso de los agentes agresivos al interior del concreto. El recubrimiento de las armaduras y el control de la fisuración minimizan este efecto, siendo recomendable el uso de un concreto de pequeña porosidad. El uso de cemento compuesto con adición de escoria o material puzolánico es también recomendable en estos casos.					
Contenido máx. de iones cloruro.	Tipo de elemento	Contenido máximo de iones de cloruro solubles en agua en el concreto (% en peso del cemento)	Contenido máximo de iones de cloruro soluble en agua en el concreto, % por peso de cemento		Hormigón	Condición de exposición en servicio	Contenidos máximos de ion cloruro en el hormigón endurecido (IRAM 1857)	Tipo de elemento	Contenido máximo de iones de cloruro solubles en agua en el hormigón, % peso de cemento	
							% en masa del cemento			
	Concreto presforzado	0.06	Condic. de exposición/Tipo de concreto	Concreto no presforzado	Concreto presforzado	Sin armar	Cualquier condición	1.20	Hormigón pretensado	0.06
	Concreto armado que en servicio estará expuesto a cloruros	0.15	C0	1.00	0.06	Armado, con curado normal	Medio ambiente con cloruros	0.15	Hormigón armado que en servicio estará expuesto a cloruros	0.15
							Medio ambiente sin cloruros	0.30		

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14				Argentina CIRSOC 201				Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014	
Contenido máx. de iones cloruro.	Concreto armado que en servicio estará seco o protegido contra la humedad	1.00	C1	0.30	0.06	Armado, con curado a vapor	Cualquier condición	0.10		Hormigón armado que en servicio estará seco o protegido contra la humedad	1.00	-
	Otras construcciones de concreto armado	0.30	C2	0.15	0.06	Pretensado	Cualquier condición	0.06		Otras construccio nes de hormigón armado	0.30	
Relación máxima a/ mc.	-	-				Tipo de hormigón\Cond. de exposición	CL	M1	M2	M3	-	-
						Hormigón simple	0.45	-	0.45	0.40		
						Hormigón armado	0.45	0.50	0.45	0.40		
						Hormigón pretensado	0.45	0.50	0.45	0.40		
f'c mínimo.	-	-				* En MPa						
						Tipo de hormigón\Cond. de exposición	CL	M1	M2	M3		
						Hormigón simple	30	-	30	0.45	-	-
						Hormigón armado	35	30	35	0.40		
						Hormigón pretensado	40	35	40	0.40		

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201				Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014
Penetración de agua o succión capilar.	-	-	Propiedad\Condi- ción de exposición		CL	M1	M2	M3
			Penetra- ción de agua (mm)	máx.	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50
				media	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30
			Succión capilar (g/m2/s0.5)		4.0	4.0	4.0	4.0

Requerimientos para el concreto para las diferentes condiciones de exposición a agresividad ambiental y/o generales.

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201				Bolivia NB- 1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014						
Relación máxima a/mc.	-	-	Tipo de hormigón\Cond. de exposición	A1	Q1	Q2	Q3	-	Tipo de concreto	I	II	III	IV	
			Hormigón simple	-	0.50	0.45	0.40		Armado	≤ 0.65	≤ 0.60	≤ 0.65	≤ 0.45	
			Hormigón armado	0.60	0.50	0.45	0.40		Pretensado	≤ 0.60	≤ 0.55	≤ 0.50	≤ 0.45	
			Hormigón pretensado	0.60	0.50	0.45	0.40							
			* En MPa				* En MPa							
f'c mínimo.			Tipo de hormigón\Cond. de exposición	A1	Q1	Q2	Q3	-	Tipo de concreto	I	II	III	IV	
			Hormigón simple	-	30	35	40		Armado	20 ≥	25 ≥	30 ≥	40 ≥	
			Hormigón armado	20	30	35	40		Pretensado	25 ≥	30 ≥	35 ≥	40 ≥	
			Hormigón pretensado	25	35	40	45							
Penetración de agua o succión capilar.	-	-	Propiedad\Condición de exposición	A1	Q1	Q2	Q3							
			Penetración de agua (mm)	máx.	No	≤ 50	≤ 50		≤ 50					
				media	No	≤ 30	≤ 30		≤ 30					
			Succión capilar (g/m2/s0.5)		No	4.0	4.0		4.0					

Aspecto\País	Perú E.060	EEUU ACI 318-14	Argentina CIRSOC 201	Bolivia NB-1225001-1	Brasil BNT NBR 6118:2014	Clase de agresividad			
						I	II	III	IV
					Tipo de estructura	Recubrimiento nominal en mm para una tolerancia de ejecución Δc=10mm			
					Losas	20	25	35	45
					Viga/columna	25	30	40	50
					Elementos estructurales en contacto con el suelo	30		40	50
					Losa	25	30	40	50
					Viga/columna	30	35	45	55

Análisis crítico

Se tiene en cuenta que las normas latinoamericanas toman como referencia la norma estadounidense ACI 318, por lo que se encontrará información semejante.

Nomenclatura y clasificación

La nomenclatura es diferente en las normas de los distintos países, sin embargo, se encuentra similitud en las clasificaciones y conceptos.

Exposición a congelamiento y deshielo

La norma estadounidense, peruana y boliviana exponen la misma clasificación, cuatro niveles de exposición, uno de éstos considera la acción de productos químicos y sales descongelantes; la norma argentina solo contempla en su clasificación la acción u omisión de sales descongelantes, mientras que la brasilera no toma en cuenta esta condición.

Exposición a sulfatos

La norma estadounidense, peruana, boliviana y argentina contemplan los mismos rangos de cantidades de sulfato en concretos, el último presenta una variación en unidades. La norma brasilera no presenta datos acerca de esta condición.

Contacto con el agua

La norma estadounidense clasifica este tipo de exposición en dos secciones, cuando el concreto se encuentra en contacto con el agua y cuando no presenta contacto alguno, este último no presenta datos posteriormente por lo que las normas peruana y boliviana decidieron omitirlo. La norma argentina y brasilera no presentan datos acerca de esta condición.

Riesgo de corrosión

Solo las normas estadounidense y argentina presentan información sobre la condición mencionada. Argentina presenta una clasificación desarrollada con cantidades y parámetros exactos referidos a ataques de carbonatación y cloruros, mientras que la norma estadounidense tiene una clasificación general.

Agresividad ambiental y/o general

La norma argentina y brasilera presentan la misma clasificación, siendo la norma argentina más detallada que la brasilera. La norma estadounidense, peruana y boliviana no presentan información.

Requerimientos para el concreto para las diferentes condiciones de exposición a congelamiento y deshielo.

Todas las normas presentan información excepto la brasilera, por lo que la siguiente información está referida solo a las normas estadounidense, peruana, argentina y boliviana.

Disposiciones generales: Son las mismas y nos indican que los concretos expuestos a congelamiento y deshielo deben contener aire incorporado.

Relación agua/material cementante: Considerara los mismos valores a excepción de la norma estadounidense que nos proporciona un dato extra referido a una exposición moderada.

Resistencia a la compresión mínima: Considera los mismos valores a excepción de la norma estadounidense que nos proporciona dos datos extra referidos a concretos que no presentan exposición y los que tienen una exposición moderada a congelamiento y deshielo (en unidades americanas).

Contenido total de aire: Considera los mismos valores, la norma estadounidense presenta unidades americanas, la norma argentina no presenta datos para un tamaño máximo nominal de 9.5 mm y presenta rangos de valores en lugar de datos exactos.

Porcentaje máximo del total de material cementante en peso: Solo las normas estadounidense, peruana y boliviana presentan datos (los mismos).

Penetración de agua o succión capilar: La norma argentina es la única que presenta datos sobre este parámetro.

Requerimientos para el concreto para las diferentes condiciones de exposición a sulfatos

Todas las normas presentan información excepto la brasilera, ésta solo presentará una breve reseña en disposiciones generales, por lo que la siguiente información está referida solo a las normas estadounidense, peruana, argentina y boliviana.

Disposiciones generales: La norma brasilera solo considera el uso de cementos especiales mencionados en la norma ABNT NBR 5737. Por otro lado, la norma peruana y boliviana comentan que los concretos deben seguir las condiciones dispuestas posteriormente.

Tipo de cemento según el grado de exposición: Las distintas normas presentan datos similares, la norma estadounidense subdivide la clasificación según lo mencionado en las ASTM C1157, C150 y C595 normas referidas al cemento hidráulico, cemento Portland y cementos adicionales. La norma argentina nos recomienda revisar la norma IRAM 50001:2000 en la cual tenemos una clasificación a detalle de los tipos de cemento y sus características.

Relación máxima agua/material cementante: Todas las normas contemplan los mismos valores excepto la argentina que recomienda un valor más conservador cuando se tiene una exposición muy fuerte a sulfatos.

Resistencia a la compresión mínima: En esta sección los valores varían, la norma peruana y boliviana tienen los mismos datos con una sola coincidencia con la norma estadounidense. La norma argentina por otra parte, considera valores más conservadores.

Aditivo de cloruro de calcio: La norma argentina no presenta datos sobre este aditivo, sin embargo, para las demás no está permitida en exposiciones a sulfatos severas y muy severas.

Penetración de agua o succión capilar: La única norma que menciona este parámetro es la argentina.

Requerimientos para el concreto para las diferentes condiciones de exposición al agua

En este acápite solo las normas peruana, estadounidense y boliviana presentan parámetros de relación agua cemento máxima y resistencia a la compresión mínima; la norma brasilera presenta una breve explicación sobre lixiviación y algunas recomendaciones.

Requerimientos para el concreto para la protección contra la carbonatación

La norma brasilera proporciona una breve explicación sobre la carbonatación de estructuras de concreto y recomienda el uso de concretos de baja porosidad. La norma argentina es la única que nos brinda parámetros como relación máxima de agua/material cementante, resistencia a la compresión mínima y profundidad de penetración máxima, que nos ayuda a prevenir este problema.

Requerimientos para el concreto para la protección del refuerzo contra la corrosión

Todas las normas presentan información excepto la brasilera, esta solo presentará una breve reseña en disposiciones generales, por lo que la siguiente información está referida solo a las normas estadounidense, peruana, argentina y boliviana.

Disposiciones generales: Las distintas normas exponen que el concreto debe tener una concentración máxima de iones cloruro aportada por todos sus componentes, esta concentración será calculada entre los días 28 y 42 desde el inicio del fraguado.

Contenido máximo de iones cloruro: Todas las normas contemplan los mismos valores, la norma argentina presenta datos extra como valores para concreto sin refuerzo de acero y para concreto armado curado a vapor.

La norma argentina es la única que nos brinda parámetros sobre relación máxima de agua/material cementante, resistencia a la compresión mínima y profundidad de penetración máxima, que nos ayuda a prevenir este problema.

Requerimientos para el concreto para las diferentes condiciones de exposición a agresividad ambiental y/o generales

Las únicas normas que presentan información en este acápite son la argentina y la brasilera.

Máxima relación agua cemento y resistencia a la compresión mínima: Ambas normas presentan valores similares; la norma argentina presenta valores más conservadores.

Penetración de agua o succión capilar: La norma argentina es la única que presenta datos sobre este parámetro.

Recubrimiento nominal: La norma brasilera es la única que presenta datos sobre este parámetro.

CONCLUSIONES

La norma peruana es una adaptación de la norma estadounidense. La norma boliviana es una adaptación de la norma estadounidense.

La norma argentina es una adaptación de la norma estadounidense con la diferencia que considera valores más conservadores.

No se encuentra ninguna relación entre las normas ACI 318-14 (estadounidense) y BNT NBR 6118:2014 (brasileña).

La norma brasilera solo presenta datos relacionados a la agresividad ambiental.

La norma argentina es la única que menciona valores sobre penetración máxima y succión capilar de agua.

La norma argentina a pesar de ser la más antigua, contiene

mayor cantidad de parámetros mínimos a ser considerados.

La norma brasilera es la única que habla sobre recubrimientos del concreto en condiciones especiales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que la norma peruana incorpore el ensayo de profundidad de penetración de agua.

Se recomienda que la norma peruana incorpore valores límite referidos a profundidad de penetración y succión capilar del agua.

Se recomienda realizar una comparativa experimental considerando parámetros mínimos de la norma argentina y la norma peruana; el propósito será comprobar si es necesario considerar valores conservadores como los de la norma argentina o si los datos propuestos por nuestra norma son competentes.

Se recomienda realizar una investigación experimental, la cual proponga valores límite de coeficiente de permeabilidad para cada caso, esto nos proporcionará un mejor control de la permeabilidad en el concreto expuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Reglamento Nacional de Edificaciones. (2009). Norma E.060 - Concreto armado.
2. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO. 318.
3. ACI 318 -14. (2014). Requisitos de Reglamento para concreto estructural. Comité ACI
4. CIRSOC 201. (2005). Reglamento argentino de estructuras de hormigón. INTI. NB-1225001-1. (2014). Norma boliviana de hormigón estructural. IBNORCA.
5. BNT NBR 6118:2014. (2014). Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Associação brasileira de normas técnicas.