

EL EFECTO EN LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO. HACE NECESARIO EVALUAR LOS CAMBIOS PRODUCIDOS POR VARIACIONES ESTACIONARIAS

Los cambios estacionales que modifican el clima pueden afectar las construcciones de concreto; por ejemplo, la elevación de la temperatura ambiente, la disminución de la humedad relativa, el incremento de la velocidad del viento o el tiempo de radiación solar. Son factores que ocasionan el denominado “clima cálido” o “caluroso”, que exige tecnologías apropiadas para asegurar el buen desempeño del concreto.

Estos fenómenos climáticos demandan la determinación previa de los parámetros señalados anteriormente, ya sea para diseñar y especificar obras sujetas a las condiciones de clima cálido o bien para analizar las especificaciones de una obra proyectada sin tener en cuenta estos factores. Las modificaciones que se producen en periodo estival en regiones, en las cuales no se encuentran referencias meteorológicas, se hace necesario estudios previos.

Existen casos, como ocurre en la ciudad de Pisco, donde en los meses de verano se incrementa las temperaturas máximas en más de 5 puntos y decrece en igual o mayor dimensión, la humedad relativa y la velocidad máxima del viento. En otra, como la ciudad vecina de Chincha no se cuenta con información meteorológica.

Las condiciones del concreto en situación de clima cálido y caluroso atienden fundamentalmente a dos etapas:

- La preparación y puesta en obra del concreto, la pérdida de la trabajabilidad, la reducción del

tiempo de fraguado y los cuidados de la puesta en obra; por incremento de las reacciones de hidratación debidas al aumento de la temperatura en el concreto fresco.

- El desempeño de la edificación, que puede ser afectada por la fisuración plástica y aquella debida a la contracción del concreto, ante la rápida desecación y además pérdida de la resistencia por la elevada temperatura del concreto colocarlo en el encofrado.

En climas cálidos se incrementa la temperatura del concreto fresco, debido a la mayor temperatura de sus componentes, lo que disminuye la trabajabilidad y acelera el fraguado de las mezclas.

La resistencia del concreto disminuye luego de las primeras edades, las investigaciones señalan que la temperatura ideal debe oscilar entre los 15°C y 20°C.

La norma NTP 339.114 sobre concreto premezclado prescribe que en climas cálidos el productor debe enviar el concreto premezclado a la temperatura más baja posible, aun que sujeta a la aprobación del

comprador. Indicando que se puede encontrar dificultades cuando la temperatura del hormigón alcanza 32°C, este mismo criterio se establece en la norma ASTM C94.

El control de la temperatura del concreto, según las normas precitadas, que puede asumirse para la producción del concreto en obra, debería producirse con una frecuencia no menor de una determinación por cada 115 m³.

La especificación del ACI sobre concreto en clima cálido determina como temperatura máxima permisible, de 35°C en el concreto fresco, al momento de su colocación.

La medición en obra de la temperatura se encuentra especificada en la norma NTP 339.184 y en la correspondiente ASTM C 1064.

Para el cálculo teórico de la temperatura del concreto se puede aplicar la siguiente relación:

$$T = \frac{0.22(T_a M_a - T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa}}{0.22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa}}$$

Donde:

T = temperatura del concreto fresco en °C

T_a, T_c, T_w y T_{wa} = temperatura en °C de los agregados, cemento, agua de mezcla y humedad libre en los agregados, respectivamente

M_a, M_c, M_w y M_{wa} = masa en kg de los agregados, cemento, agua de mezcla y humedad libre en los agregados, respectivamente

Precauciones a adoptar

La temperatura de los agregados tiene mayor incidencia en la temperatura del concreto fresco,

pues su participación en la mezcla es aproximadamente del 70% de la masa total. Si aplicamos la fórmula propuesta anteriormente, verificaremos que para disminuir la temperatura del concreto en 0.5°C se requiere bajar la temperatura del agregado en aprox. 1°C.

La acción más efectiva es reducir la temperatura del agua, que no siempre es posible efectuar económicamente.

Otra solución es bajar la temperatura del agregado grueso, mediante un roseado con agua en ciclos cortos intermitentes, y mantenerlo permanentemente húmedo, que en general se puede estimar la temperatura de los agregados como similar a la media mensual del aire cuando se encuentra a la sombra, incrementándose si se encuentra seco y se almacena bajo la radiación solar.

La temperatura del cemento tiene menor incidencia por su reducida participación en la mezcla, y su diminuto calor específico. Por ejemplo, si se disminuye la temperatura del cemento en 5°C solamente puede obtener una reducción de 0.5°C en el concreto.

La temperatura del cemento puede encontrarse alrededor de los 60°C.

Por lo general, se recomienda que los agregados, el agua y el cemento deben almacenarse en la sombra; los conductos y tuberías de conducción deben pintarse de blanco, o permanecer cubiertos o enterrados. Debe cuidarse, que el equipo en contacto con el concreto, esté protegido de los rayos del sol, con lienzos húmedos, y pintar de blanco, rige mezcladoras, canaletas etc.

Los encofrados y aceros de refuerzo deben mojarse previamente al llenado. En caso de losas que se colocan sobre el suelo, deberá regarse previamente evitando la formación de charcos.

El mezclado debe realizarse en el menor tiempo, compatible con la homogeneidad del concreto; en horas de mínima temperatura ambiente.

El transporte del concreto debe efectuarse con la mayor prontitud posible.

Concreto endurecido

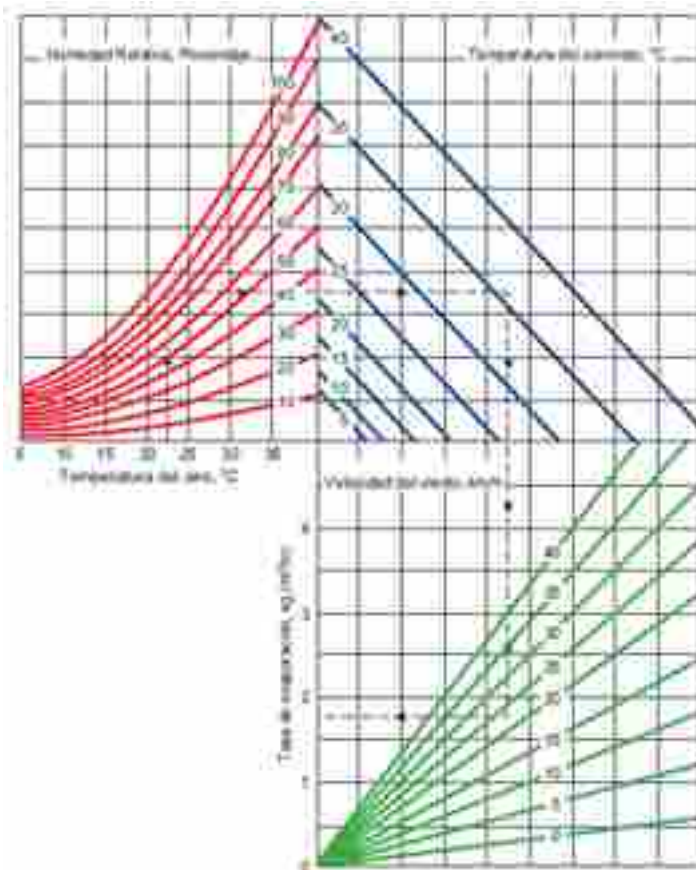
El concreto endurecido puede presentar las siguientes anomalías:

- Disminución de la resistencia a los 7 días y posteriores.

- Fisuración por secado y por contracción térmica.
- Mayor variabilidad en la apariencia superficial, debido a las diferentes velocidades de hidratación y a las juntas.
- Pérdida de durabilidad por incremento de la dotación de agua de mezcla o dificultades de curado.

La rápida desecación producida por el incremento de la temperatura ambiente, la velocidad del viento y un eventual disminución de la humedad relativa, produce una desecación rápida del concreto que lo puede afectar severamente cuando la tasa de vaporación excede 0.5 kilo/m² por hora.

El monograma propuesto por el ACI que reproducimos permite determinar la acción del medio ambiente sobre el concreto.



Para usar el gráfico se procede de la siguiente manera:

1. Entre con la Temperatura del aire y muévase hacia la Humedad Relativa.
2. Muévase hacia la derecha para la temperatura del concreto.
3. Muévase hacia abajo para la velocidad del viento.

Muévase hacia la izquierda y lea la tasa de evaporación aproximada.

Para una correcta utilización, debe medirse la velocidad horizontal media del viento a 0,5 m de la superficie del concreto. Así mismo, la temperatura y la humedad relativa deben medirse de 1,2 a 1,8 m de la superficie del concreto, en una zona de resguardo del viento y la radiación solar. Es especialmente crítico que la velocidad del viento se mida 0,5 m por encima de la superficie de evaporación, ya que ésta aumenta rápidamente con la altura, y por tanto se puede sobreestimar la velocidad de evaporación.

La Fisuración

Se presentan tres alternativas de fisuras.

La fisura por contracción plástica que se presenta en la superficie del concreto fresco luego de su colocación, debido a la evaporación del agua de la superficie que por condiciones del ambiente se producen más rápidamente que la aparición del agua de exudación.

Las fisuras de contracción plástica tienen una longitud que puede variar de 5 cm a 1 metro y un espaciamiento variable de 5 a 50 cms. Son ocasionadas por desecación que se produce por aumento de la velocidad de pérdida del agua de amasado del concreto, lo que impide una adecuada hidratación del cemento, como consecuencia se produce una pérdida de resistencia a largo plazo.

Fisuras debidas al incremento de la contracción por secado, debidas a la elevada relación agua cemento, que se practica para atenuar las dificultades de puesta en obra por el incremento de la temperatura.

Fisuras por contracción térmica, son originadas por el calor de hidratación del cemento y la diferencia de

temperatura que puede producirse durante el día y la noche. El concreto al enfriarse, en especial en las primeras 24 horas, experimenta contracción térmica; cuando la velocidad del enfriamiento es superior a los 3°C por hora.

Curado

El curado en clima cálido tiene gran significación en la calidad del concreto. Como parte del curado debe considerarse la protección del concreto mediante cubiertas apropiadas para protegerlo del sol y eventualmente de la lluvia, luego de ser vaciado. También la colocación de corta - vientos, para reducir la velocidad cuando su intensidad lo haga aconsejable.

Se recomienda que el curado se inicie lo más pronto posible y que en especial sea del tipo húmedo manteniéndolo de manera continua. El procedimiento denominado de inundación o anegamiento es el más recomendable. El sistema de aspersión es aceptable si se mantiene continuo. Debe cuidarse que la temperatura del agua sea tal que no produzca un choque térmico en la superficie del concreto.

La aplicación sobre el concreto de lonas o paños humedecidos o de una capa de arena húmeda, constituyen procedimientos de uso generalizado que cumplen su cometido.

Las membranas aplicadas por rociado, deben ser del tipo que reflecta los rayos del sol; condición que no excluye el uso de parasoles.

En los climas cálidos, deben aplicarse dos capas de la membrana, para asegurar que no sea afectada por el viento. Por otra parte, algunas resinas se

degradan por la acción de la radiación ultra violeta del sol.

Las láminas de polietileno, de ser aplicadas, deben asegurarse para que estén en contacto con la superficie del concreto y que no sean arrastradas por el viento.

El tiempo requerido para el curado en clima cálido generalmente es mayor que en condiciones denominadas normales.

La máquina concretera en lo posible debe encontrarse bajo techo y recubrirla con pintura blanca para reducir el efecto de la radiación solar.

El periodo de tiempo entre el inicio de la actividad de la mezcladora y la colocación del concreto en obra debe ser lo más reducido posible. En los casos de concreto premezclado debe coordinarse la llegada de los camiones y la colocación del concreto.

Es conveniente desechar el uso de encofrados metálicos por el incremento de temperatura. Los encofrados de madera deben ser humedecidos, evitando que el agua se condense al fondo en el encofrado.

En pavimentación debe regarse la subrasante, evitando la formación de charcos.

Luego del desencofrado debe procederse al curado húmedo procurando que la variación de temperatura entre el concreto y el agua no exceda los 10°C sobre la temperatura del concreto. Curado húmedo es esencial en las primeras horas luego del acabado.

Si no se puede mantener el curado húmedo por más de 24 horas se puede aplicar sobre la superficie cuando se encuentra todavía en estado de humedad procedimientos artificiales de curado

como es las láminas plásticas, el papel de curado o compuestos formadores de membranas. La aplicación de compuestos de curados blancos son recomendables.

Para cuidar el concreto en obra es conveniente levantar pantallas para reducir la velocidad del viento. También instalar sombrillas para reducir la radiación solar sobre la superficie del concreto. Para optimizar el curado es conveniente retirar los encofrados lo antes posible; para lo cual debe de controlarse la resistencia de concreto en obra mediante probetas curadas in situ.

Planificación

- Verificar la temperatura ambiente y la velocidad del viento a escala micro, en las condiciones que afectaran la obra.
- Recabar los registros meteorológicos anuales de temperatura ambiente, humedad relativa, radiación solar, acción del viento,
- Medir la temperatura de los materiales y del concreto fresco según el diseño de mezclas previstas.
- Verificar la temperatura del agua que deberá utilizarse.
- Planificar las operaciones de mezclado de transporte del concreto para reducir el tiempo requerido.
- Disponer de los medios de protección de la obra en relación con la radiación solar y el efecto del viento.
- Efectuar ensayos periódicos de control de la temperatura del concreto.

Disposiciones para obras de mayor magnitud

Las recomendaciones que anteceden son de aplicación en proyectos de mediana magnitud. En obras mayores es posible adoptar disposiciones más radicales. En el caso del enfriamiento de los materiales se puede reducir la temperatura del agua enfriándola por vacío o compresores; llegando a temperaturas finales de 1 ó 2 °C.

También puede enfriarse el agua inyectando nitrógeno líquido o incorporando escamas de hielo. Para el agregado grueso puede utilizarse sistemas de enfriamiento por vacío, aire frío o inundación con agua fría. La arena puede enfriarse mediante procesos de vacíos, llegando hasta 1°C o por

enfriadores de tornillo sin fin, con hélices huecas por la que circula agua fría.

También puede inyectarse nitrógeno líquido en la mezcladora.

Se puede proteger los equipos pintándolos de blanco o cubriéndolos con mantas húmedas para reducir el calor del sol: mezcladoras, canalones, tolvas, líneas de bombeo y los equipos de manejo de concreto.

Es posible calcular el tiempo de mezclado, de manera de reducirlo, sin producir segregación.

Las mezcladoras pueden agitar intermitentemente para reducir el calor de mezclado.



Determinación de la temperatura del concreto fresco.



Fisura debida a la contracción plástica.



Fisura por desecación del concreto.

Información Meteorológica: PISCO

TU TIEMPO.NET

	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM	Vg	RA	SN	TS	FG
Ene2008	22.9	27.7	19.6	1010.5	79.1	0	9.6	13.3	30.7		2	0	0	3
Feb2008	23.8	28.6	20.2	1011.7	74.9	0	10.1	12.3	28.7		2	0	0	0
Mar2008	23.7	28.8	19.9	1011.6	75.3	0	10	12.7	28.9		2	0	0	0
Abr2008	20.8	26.3	17.1	1011.4	78.9	0	9.1	13.2	28.9		0	0	0	3
May2008	17.7	22.3	13.9	1014.3	83	0	6.8	9.5	20.3		4	0	0	3
Jun2008	17.3	21.3	14.1	1015.4	82.3	0	8.1	10.8	23.4		6	0	0	0
Jul2008	17.3	21.6	13.8	1016	78.4	0	8.8	11.6	25.3		0	0	0	0
Ago2008	17.4	22.1	14	1015.2	80	0	8.3	12.2	26.2		4	0	0	0
Set2008	17.6	22.4	13.9	1015.1	79.5	0	8.4	13.1	28.7		4	0	0	0
Oct2008	18.1	22.7	14.6	1015.4	79.8	0	8.3	13.1	28.2		5	0	0	1
Nov2008	19.5	24.3	15.9	1013.9	80	0	8.8	14.8	31.1		1	0	0	0
Dic2008	21.2	26.4	17.5	1013.3	79	0	9.3	14.4	32.3		0	0	0	1
Ene2009	23.4	28.6	19.7	1012.2	78.3	0	9.2	13.9	30.6		0	0	0	0
Feb2009	23.9	29.2	20.5	1010.8	77.9	0	10.1	13.8	33.5		0	0	0	2
Mar2009	23.9	28.5	20.4	1010.4	76.9	0	9.8	12.0	28.6		1	0	0	0
Abr2009	22.0	27.4	18.2	1011.9	77.4	0	9.1	12.2	26.8		0	0	0	1
May2009	19.3	23.7	16	1013.1	83.3	0	6.8	9.2	22		2	0	0	8
Jun2009	17.8	21.9	14.5	1014.4	81.2	0	7	9.5	20		10	0	0	2
Jul2009	17.7	22.3	14	1014	79	0	8.9	12	26.2		4	0	0	0
Ago2009	17.2	22.2	13.4	1014.2	78.3	0	8.5	11.6	27.1		4	0	0	0
Set2009	17.6	22.8	13.1	1014.1	78.1	0	8.6	12.6	29.8		1	0	0	0
Oct2009	18.5	23	15.1	1013.1	78.9	0	8.9	13.3	25.1		5	0	0	0
Nov2009	19.6	24.6	15.7	1012.3	80.1	0	9.3	14.9	29.2		0	0	0	0
Dic2009	21.0	25.9	17.8	1012.6	81.0	0	9.3	16.2	29.9		4	0	0	1
Ene2010	23.5	28.4	19.2	1011.0	79.6	0	9.4	16.5	31.1		0	0	0	0
Feb2010	24.2	29.1	20.4	1010.1	80.6	0	9.9	16.1	32.1		1	0	0	0
Mar2010	23.6	28.8	19.4	1010.7	78.5	0	9.9	16	34.0		0	0	0	0
Abr2010	21.8	27.2	17.5	1011.9	79.1	0	9.2	14.6	30.7		1	0	0	0
May2010	19.7	24.4	16.2	1013.4	81.8	0	7.5	12	29.2		4	0	0	0
Jun2010	17.6	21.8	13.8	1015.5	83	0	6.5	9.6	24.5		7	0	0	3
Jul2010	16.1	21.8	11.8	1016.2	80.8	0	7.1	10.7	23.4		2	0	0	1
Ago2010	16	20.9	11.9	1015.6	82.3	0	6.6	9.9	21.6		6	0	0	0
Set2010	17	22.6	12.4	1015.2	80.5	0	8.3	12.4	27.8		3	0	0	0
Oct2010	17.7	23.1	13.8	1015.2	81.5	0	8	12.6	27		3	0	0	1
Nov2010	18.7	24.6	13.7	1014.2	81.2	0	8.4	12.4	29.3		2	0	0	1
Dic2010	20.6	26.4	16.2	1012.5	80.4	0	8.6	13.3	30.2		1	0	0	0
Ene2011	22.6	29.4	18.5	1010.8	76.9	2.03	9.7	14.1	31.8		2	0	0	0
Feb2011	23.8	30.0	19.3	1011.1	78.1	0	9.9	12.4	29.7		1	0	0	2
Mar2011	22.1	27.9	17.6	1011.3	78.5	0	9.0	11.3	25.3		0	0	0	2
Abr2011	21.2	27.5	16.1	1012.1	79.4	0	9.2	13.6	31.1		0	0	0	0
May2011	19.4	25	13.7	1013.3	80.3	0	7.8	11	26.1		1	0	0	0

T Temperatura media (°C)**TM** Temperatura máxima (°C)**Tm** Temperatura mínima (°C)**SLP** Presión atmosférica a nivel del mar (mb)**H** Humedad relativa media (%)**PP** Precipitación total de lluvia y/o nieve derretida (mm.)**VV** Visibilidad media (Km)**V** Velocidad media del viento (Km/h)**VM** Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h)**Vg** Velocidad de ráfagas máximas de viento (Km/h)**RA** Índica si hubo lluvia o llovizna (En la media mensual, total días que llovió)**SN** Índica si nevó (En la media mensual, total días que nevó)**TS** Indica si hubo tormenta (En la media mensual, total días con tormenta)**FG** Indica si hubo niebla (En la media mensual, total días con niebla)

Información Meteorológica: PISCO

TU TIEMPO.NET

	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM	Vg	RA	SN	TS	FG
Ene2008	No disponible													
Feb2008	No disponible													
Mar2008	No disponible													
Abr2008	No disponible													
May2008	No disponible													
Jun2008	21.8	27	13.5	1018.2	61	0	9.2	8.9	13		0	0	0	0
Jul2008	No disponible													
Ago2008	No disponible													
Set2008	No disponible													
Oct2008	No disponible													
Nov2008	26	31	14.4	1016.4	48.1	0	9.9	12.4	24.8		0	0	0	0
Dic2008	27	31.7	16.7	1016.6	47.2	0	10	12.2	27.6		0	0	0	0
Ene2009	27.8	32.6	17.9	1016	49	0	10	10.9	24.9		0	0	0	0
Feb2009	27.9	32.6	19.9	1014.6	51.3	0	9.9	11.5	27.7		0	0	0	0
Mar2009	No disponible													
Abr2009	No disponible													
May2009	No disponible													
Jun2009	No disponible													
Jul2009	17.1	22.7	10.5	1016.3	72.2	0	7.4	3.7	8.3		0	0	0	0
Ago2009	20.6	27.3	10.8	1017.5	60	0	8.6	5.2	12.4		0	0	0	0
Set2009	21.6	27.5	12.2	1016.2	56.3	0	8.7	8.8	19.7		0	0	0	0
Oct2009	25.1	29.8	14	1015.7	51.7	0	9.7	8.9	16		0	0	0	0
Nov2009	25.7	31.1	14.2	1014.9	50.8	0	9.9	9.2	18.4		0	0	0	0
Dic2009	26.3	31	15.8	1015	53	0	9.7	11.6	22.5		0	0	0	0
Ene2010	27.3	32.1	18.7	1014.7	55	0	10	10.2	21.7		0	0	0	0
Feb2010	27.1	31.2	20.5	1014.3	58.6	0	9.2	7.6	16.2		1	0	0	0
Mar2010	28.2	33	18.8	1014.8	53.3	0	10	10.5	22.5		0	0	0	0
Abr2010	25.9	31	15.9	1015.6	56.3	0	9.5	11.4	23.8		0	0	0	0
May2010	23.6	28.6	14.7	1017.1	60.3	0	8.9	7.3	14.1		1	0	0	0
Jun2010	20.5	25.8	11.8	1010.2	63	0	8.4	6.6	13.1		0	0	0	0
Jul2010	19.5	25.8	9.1	1018.8	61.1	0	7.9	7	14.5		0	0	0	0
Ago2010	20.9	27.9	9	1014.2	55.5	0	8.5	7.2	14.9		0	0	0	2
Set2010	22.9	28.8	11.5	1017.4	52	0	8.8	9.2	19.4		0	0	0	0
Oct2010	24	29.3	11.6	1018.1	51.3	0	9.1	9.4	20.2		0	0	0	1
Nov2010	26	31.2	13.7	1017.2	47.6	0	9.7	9.6	18.1		0	0	0	0
Dic2010	27.2	32.1	16	1016.2	51.1	0	9.8	10.5	22.8		0	0	0	0
Ene2011	27.8	32.5	17.9	1014.8	51.8	0	9	11.2	25.6		0	0	0	0
Feb2011	28.9	33.9	19.8	1016.1	53.4	0	9.8	10.5	24.7		0	0	0	0
Mar2011	28.6	33.4	19.7	1015.7	52.2	0	9.5	10.9	24.4		0	0	0	0
Abr2011	27	31.9	17.8	1016.6	58.4	0	9.7	10.6	22.4		0	0	0	0
May2011	23.3	28.6	12.7	1016.6	60.9	0	8.9	6.8	14		0	0	0	0

T Temperatura media (°C)

TM Temperatura máxima (°C)

Tm Temperatura mínima (°C)

SLP Presión atmosférica a nivel del mar (mb)

H Humedad relativa media (%)

PP Precipitación total de lluvia y/o nieve derretida (mm.)

VV Visibilidad media (Km)

V Velocidad media del viento (Km/h)

VM Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h)

Vg Velocidad de ráfagas máximas de viento (Km/h)

RA Índica si hubo lluvia o llovizna (En la media mensual, total días que llovió)

SN Índica si nevó (En la media mensual, total días que nevó)

TS Indica si hubo tormenta (En la media mensual, total días con tormenta)

FG Indica si hubo niebla (En la media mensual, total días con niebla)



*Humedecimiento de la subrasante.
Para disminuir la temperatura del concreto.*



*Aplicación de una película de polietileno para
el curado de concreto.*



Protección del concreto contra la radiación solar.