

# FENÓMENOS DE FISURACIÓN EN ELEMENTOS PREFABRICADOS

## INTRODUCCIÓN

La formación del personal es una de las herramientas más efectivas de las que dispone cualquier empresa con interés permanente en la mejora continua.

PRECAT es consciente de esta necesidad y en consecuencia trabaja para desarrollar la formación de su personal haciéndole más accesible el conocimiento sobre su producto, el hormigón.

Un ejemplo es este documento, basado en el estado del conocimiento sobre los fenómenos de fisuración en los elementos prefabricados de hormigón, partiendo de la traducción parcial del *fib Bulletin 41: Treatment of imperfections in precast structural elements* publicado por el International Federation for Structural Concrete el pasado 2007.

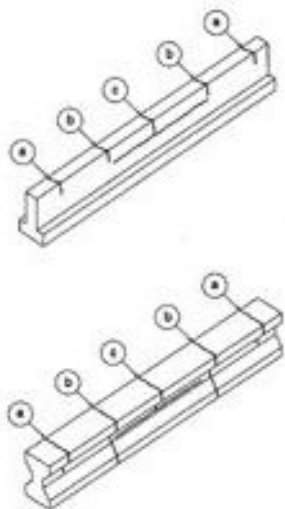
Con la divulgación de este documento se ha logrado que los trabajadores de PRECAT a diferentes niveles de la organización y producción, puedan emprender acciones preventivas y/o correctivas ante la aparición de fisuras, pudiéndolas detectar y determinar su naturaleza, facilitando así el autocontrol, con la consiguiente mejora de la calidad.

Diciembre de 2009,

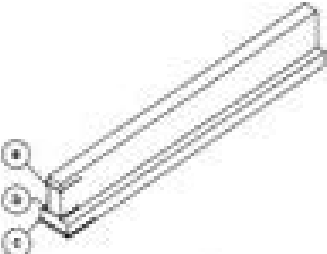
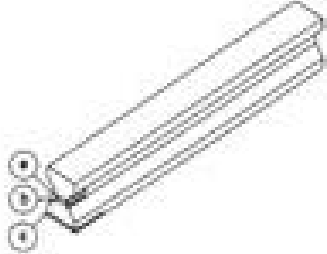
José María Soria  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director General  
PRECAT

Oscar Ginés Rodríguez  
Licenciado en Química  
Jefe del Departamento de Calidad  
PRECAT

TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>FISURAS TRANSVERSALES EN PARTE SUPERIOR VIGA</b>  Suelen ser perpendiculares al eje longitudinal de la viga extendiéndose en la cara superior y visibles a los lados. En algunos casos puede extenderse por todo el ancho de la viga propagarse a lo largo cerca del centro.	<b>A) Diseño inapropiado</b>  El pretensado eleva los cables en el medio y excede la capacidad de tensión. <i>Fisura "c"</i>  La contraflecha de los cables de abajo es demasiada en las puntas del elemento. <i>Fisura "a"</i>  El refuerzo superior es inadecuado. <i>Fisura "b" y "c"</i>	Reducir el pretensado o aportar refuerzo adicional para controlar la fisuración  Rediseñar la viga con mayores longitudes de cable envainadas o añadir refuerzos adicionales  Rediseñar la viga con mayor refuerzo superior	Para vigas soportadas el efecto de "b" y "c" es mínimo y las fisuras tienden a cerrarse al soportar carga el elemento  Las fisuras en "a" pueden afectar la capacidad a cortante, particularmente si aparecen en una zona de momento a flexión negativa	Las fisuras pequeñas pueden no necesitar reparación al no ser que la viga esté expuesta a ambientes corrosivos. En este caso se debe inyectar resina epoxi a presión.  Si la fisuración resulta ser una deficiencia estructural se debe inyectar resina epoxi a presión o incluso rechazar la pieza
	<b>B) Error en producción</b>  Los refuerzos superiores están mal ubicados. <i>Fisuras "a, b, c"</i>  Elementos de izado colocados en posiciones incorrectas  Retracción por secado del hormigón  Expansión del molde por aplicación temprana de calor de curado	Asegurarse que el refuerzo superior está bien colocado y se mantiene durante el hormigonado  Asegurarse de que los puntos de izado están en su sitio previsto  Aplicar lonas de curado rápidamente o humectar las superficies con agua  Aumentar el tiempo antes de aplicar calor al molde	Si una fisura tipo "c" se extiende a lo largo del alma del elemento puede afectar a la capacidad de la viga y ésta se debe redefinir	

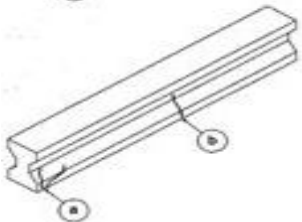
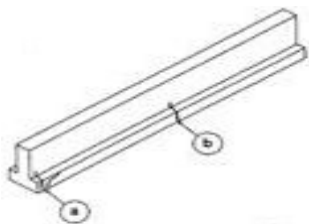


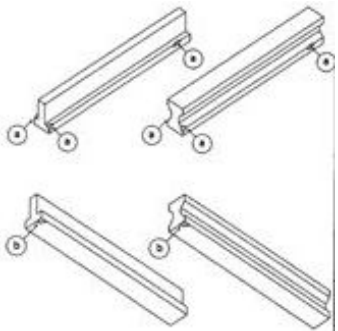
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
	<p>Baja resistencia del hormigón durante la transferencia</p> <p>Retraso en el tiempo de destesado</p> <p>Fisuración plástica</p>	<p>Aumentar la resistencia del hormigón</p> <p>Destesar justo al alcanzar la resistencia necesaria No permitir a la viga curada por calor que se enfríe rápidamente antes de destesar</p> <p>Comenzar a curar antes o cambiar la dosificación para reducir exudaciones.</p>		
	<p><b>C) Manipulación inapropiada</b></p> <p>Puntos de apoyo en acopio incorrectos "b"</p> <p>Desplazamiento de torsión de la viga durante manipulación</p>	<p>Asegurarse que los puntos de apoyo son los correctos</p> <p>Limitar tensiones de torsión para asegurarse que la viga padece los mínimos posibles</p>		

TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>FISURA HORIZONTAL EN CABEZA EN ALMA O ALA</b>  Estas fisuras suelen empezar en las cabezas de las vigas y se pueden extender longitudinalmente sobre 1 metro. Se suelen localizar en el plano horizontal de los cables y extenderse por todo el ancho    	<b>A) Diseño inapropiado</b>  Excesiva fuerza de pretensado o aplicada no por igual  Diferente tensión entre alma y lado  Refuerzo inadecuado de confinamiento en las cabezas  Envainado del cable inapropiado unido a falte de refuerzo de confinamiento	Reespaciar o envainar algunos cables en las cabezas para mejorar la distribución de tensiones  Proveer refuerzo de confinamiento adicional  Proveer refuerzo de confinamiento adicional  Mejorar el envainado	Si la fisura no coincide con el refuerzo el efecto es mínimo. La reacción de la cabeza será cerrar ese tipo de fisura  Si la fisura coincide con el refuerzo existe la posibilidad de que los cables pierdan parte o toda su adherencia. Esto reduciría la capacidad cortante y de flexión	Las fisuras pequeñas pueden no necesitar reparación al no ser que la viga esté expuesta a ambientes corrosivos. En este caso se debe inyectar resina epoxi a presión.  Si la fisuración resulta ser una deficiencia estructural se debe inyectar resina epoxi a presión o incluso rechazar la pieza
	<b>B) Error en producción</b>  Destesado inapropiado por anclaje, velocidad, secuencia de cables o baja resistencia del hormigón	Modificar el proceso de destesado asegurando que: el destesado sea lento, se hace igualando las tensiones de los cables en toda la sección y que el hormigón tenga la resistencia necesaria		

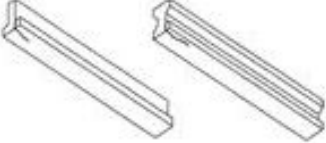
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
	Deslizamiento de cables	Asegurar que los cables están limpios o que el hormigón a alcanzado la resistencia necesaria		
	Recubrimiento insuficiente	Chequear recubrimientos		
	La forma de la pieza no está bien definida	Asegurar las condiciones óptimas del molde		
	El hormigón se pega al molde	Revisar desencofrante		
	<b>C)</b> Manipulación inapropiada al desencofrar	Revisar procesos de apertura de moldes		

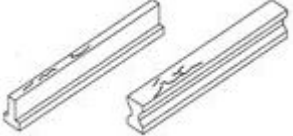
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>FISURA VERTICAL Y DIAGONAL EN INFERIOR DE LA VIGA</b>  Estas fisuras empiezan desde el inferior de la viga y se extienden hacia arriba. Si aparecen en las cabezas pueden tender a ir al centro en diagonal "a". Si están por el centro "b" tienden a subir rectas	<b>A) Diseño inapropiado</b>  Capacidad insuficiente a soportar cargas a flexión o cortante  Pérdidas de pretensado desestimadas  Exceso de descohesión de los cables en la cabeza	Revisar los cálculos de diseño. Asegurarse de que se usa el refuerzo adecuado  Controlar pérdidas y adecuar el pretensado  Controlar los cables	Las fisuras que atraviesan los cables en las cabezas son peligrosas  La longitud de transferencia también aumenta. Puede suponer pérdida de capacidad a cortante y fallo.	La inyección de resinas epoxi puede ser utilizada para restaurar la capacidad a cortante si es que todavía hay suficiente armadura.
	<b>B) Error en producción</b>  Emplazamiento equivocado de la armadura  Fallo de adherencia de cables  Tensión de tesado inapropiada  Curado inapropiado  Formas que tienden a engancharse al molde	Asegurar el correcto emplazamiento  Comprobar resistencia mínima y limpieza de los cables  Comprobar elongaciones. Controlar pérdidas pretensado  Mejorar métodos curado  Evitar formas que sean complicadas de desmoldar	Si no hay fallo de adherencia la capacidad a flexión no se ve afectada  Si hay deslizamiento de cables la capacidad de la viga se debe chequear. Los ensayos de carga pueden ser necesarios. En algunos casos se puede permitir una reducción de carga en servicio	





TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>ROTURAS EN ESQUINAS DE ZONA APOYO</b>  Son roturas en los vértices de las alas pudiendo aparecer en la parte superior de las alas "a" mientras que en la parte inferior suele ser en las cabezas "b"  	<b>A) Error de producción</b>  Se pega el elemento durante la apertura de molde  Los tapes de las cabezas no están alineadas con el molde  Fallo de adherencia de cables  Tensión de tesado inapropiada  Error en la secuencia de destesado	Mantenimiento del molde y elección de buen desencofrante  Alinear y fijar tapes para asegurar que no se mueven durante el vertido  Comprobar resistencia mínima y limpieza de los cables  Comprobar elongaciones. Controlar pérdidas pretensado	Si no hay ningún elemento de carga cercano a la rotura el problema es de aspecto  Roturas en la parte inferior pueden reducir el área de carga o exponer la armadura pero suele ser de poco efecto	Pequeñas roturas requieren de un maquillado  En zonas de carga afectadas debe inyectarse resina epoxi o reparar con mortero de reparación.  Si la armadura es inadecuada puede recurrirse a abrazaderas metálicas.
	<b>B) Error de manipulación</b>  Impacto en un vértice durante manipulación  Puntos de apoyo a diferentes alturas	Proteger los vértices durante los movimientos  Proveer puntos de apoyo iguales.		

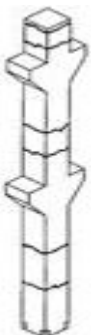


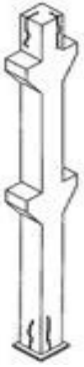
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<p><b>FISURAS EN ZONAS DE APOYO</b></p> <p>Generalmente se dan en la intersección entre el alma y el ala y aparecen en las cabezas de las vigas</p> 	<p>A) Error de producción</p> <p>Error de diseño de la armadura</p> <p>Error en la colocación de la armadura</p> <p>Mal cohesión de los cables</p> <p>Error en la secuencia de destesado</p> <p>Se pega el elemento durante la apertura de molde</p>	<p>Rediseñar la armadura</p> <p>Comprobar la colocación de la armadura</p> <p>Revisar diseño de cables</p> <p>Revisar el procedimiento de destesado</p> <p>Eliminar puntos de agarre al molde, revisar molde y seleccionar buen agente desencofrante</p>	<p>La capacidad de carga portante de las alas se puede ver reducida. Si la armadura está mal ubicada o falta el diseñador debe redefinir la capacidad de carga</p>	<p>Si en la zona afectada no está destinada a aguantar mucha carga se puede arreglar con inyección epoxi.</p> <p>Si la zona va a aguantar mucha carga, se debe recurrir a láminas de agarre o abrazaderas metálicas.</p>


TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<p><b>FISURAS VARIAS</b></p> <p>Fisuras finas en la superficie que aparecen aleatoriamente o coincidiendo con la armadura</p> 	<p>A) Error de producción</p> <p>Retracción superficial</p> <p>Rápida pérdida de humedad</p> <p>Exceso de agua en hormigón</p> <p>Calor aplicado demasiado pronto</p> <p>Temperaturas de curado excesivas</p> <p>Asentamiento de hormigón alrededor de la armadura</p>	<p>Dosificación adecuada</p> <p>Cubrir el hormigón por completo tan pronto como sea posible. Espolvorear agente de curado o agua en spray</p> <p>Modificar dosificación y utilizar reductores de agua si fuera necesario</p> <p>Ajustar el ciclo de temperatura a crecimientos lentos</p> <p>Reducir temperaturas de curado</p> <p>Permitir un tiempo de asentamiento y luego revibrar.</p>	<p>Generalmente poco pero puede ser peligroso en ambientes corrosivos</p> <p>Si hay pretensado en la parte superior debe estudiarse la posibilidad de pérdida de adherencia</p>	<p>Si fuera necesario se puede inyectar resina epoxi o utilizar grout muy fluido.</p>

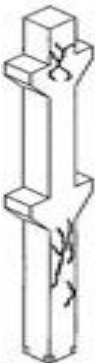
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>FISURA EN INTERIOR MÉNSULA</b>  Aparece en la esquina interior de la ménsula y puede extenderse en ángulo hacia el pilar  	<b>A) Diseño inapropiado</b>  Armado inadecuado para resistir cargas	Revisar y modificar diseño para eliminar fisuración	Posiblemente no hay efecto si el armado es adecuado y no se ha movido. Si se hubiera movido no sería aparente hasta que la ménsula estuviera sometida a carga  Las fisuras deben repararse si el pilar está expuesto a un ambiente corrosivo	Si el armado no se ha movido puede inyectarse epoxi por las fisuras  Si el armado se ha movido o es inadecuado la ménsula debe ser reforzada.
	<b>B) Error producción</b>  Se ha movido el armado durante el vertido  El hormigón se pega en los moldes  Sistemas de destesado inapropiados  Expansión del molde al aplicar calor	Asegurar que la armadura no se mueve durante el vertido  Quitar los moldes de la ménsula antes de destesar  Modificar el proceso de destesado para que sea uniforme en la sección  Ajustar el ciclo de calor		
	<b>C) Error manipulación</b>  Apoyo incorrecto  Impacto durante manipulación	Mantener puntos de apoyo apartados de las ménsulas  Asegurar que hay espacio suficiente para correcta manipulación		

TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>FISURA EN ESQUINA EXTERIOR DESCONCHE EN MÉNSULA</b>  Aparece en la esquina exterior de la ménsula y puede extenderse en ángulo hacia el pilar  	<b>A) Diseño inapropiado</b>  Armado inadecuado para resistir cargas	Revisar y modificar diseño para eliminar fisuración	Posiblemente no hay efecto si el armado es adecuado y no se ha movido. Si se hubiera movido no sería aparente hasta que la ménsula estuviera sometida a carga	Si el armado no se ha movido puede inyectarse epoxi por las fisuras
	<b>B) Error producción</b>  Se ha movido el armado durante el vertido  El hormigón se pega en los moldes  Sistemas de destesado inapropiados  Expansión del molde al aplicar calor	Asegurar que la armadura no se mueve durante el vertido  Quitar los moldes de la ménsula antes de destesar  Modificar el proceso de destesado para que sea uniforme en la sección  Ajustar el ciclo de calor	El efecto puede ser severo si la fisuras se extienden por la zona de soporte de carga  Las fisuras deben repararse si el pilar está expuesto a un ambiente corrosivo	Si el armado se ha movido o es inadecuado la ménsula debe ser reforzada.
	<b>C) Error manipulación</b>  Apoyo incorrecto  Impacto durante manipulación	Mantener puntos de apoyo apartados de las ménsulas  Asegurar que hay espacio suficiente para correcta manipulación		

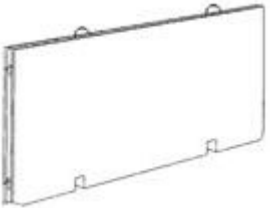
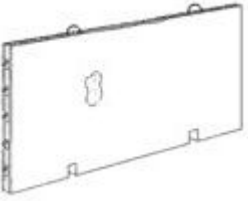
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>FISURA HORIZONTAL</b>  La fisura es horizontal, a veces a pares, pudiendo rodear el pilar  	<b>A) Error en producción</b>  El hormigón se pega en los moldes  Ménsula atrapada en molde  El molde se expande al aplicar calor  Retracciones: exceso de agua, pérdida humedad en la superficie, calor de curado aplicado demasiado pronto y excesiva temperatura de curado	Evitar puntos de enganche y estudiar proceso de sacar la pieza  Ajustar el calor durante el ciclo de curado  Modificar dosificación, poner reductores de agua, cubrir la pieza lo antes posible y reducir temperaturas de curado	Si el ancho de la fisura es pequeño no hay detrimento de características  Las fisuras se deben reparar si el pilar está expuesto a ambiente corrosivo	Con inyección epoxi o mortero de reparación apropiado
	<b>B) Error de manipulación</b>  Posición incorrecta de los puntos de apoyo en acopio  Impacto durante manipulación			

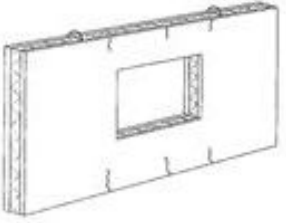
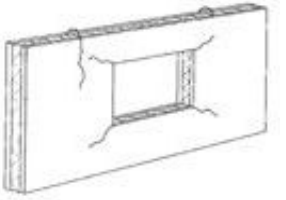
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>FISURA VERTICAL EN LAS CABEZAS</b>  Estas fisuras empiezan en las cabezas y se expanden longitudinalmente desde pocos milímetros hasta casi un metro, coincidiendo normalmente con el plano de una barra  	<b>A) Error de diseño</b>  Confinamiento inadecuado del armado en la zona de anclaje  Insuficiente recubrimiento	Asegurar el armado  Controlar recubrimientos	El efecto depende de las condiciones del pilar, de su anclaje a la cimentación o forma de la cabeza superior	En pilares con suficiente armado se pueden reparar con inyecciones o bien añadiendo una envoltura de lámina de fibra sintética.
	<b>B) Error de producción</b>  El hormigón se pega en molde  El curado del hormigón no ha sido el correcto	Eliminar puntos de agarre en molde y vigilar el desencofrante  Vigilar el curado cubriendo la pieza o con agentes de curado		

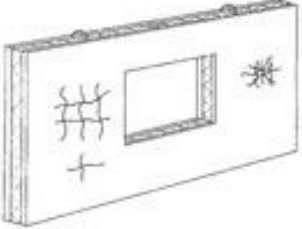
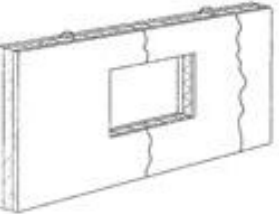
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFECTO	REPARACIÓN
<b>FISURAS DIAGONALES EN LAS CABEZAS</b>  Estas fisuras suelen ocurrir en las esquinas de las cabezas y se extienden de una cara a la otra  	A) Diseño inadecuado  Confinamiento inadecuado del armado en la zona de anclaje  Excesivo recubrimiento	Asegurar el armado  Reducir recubrimiento o añadir recubrimiento extra	El efecto depende de las condiciones del pilar, de su anclaje a la cimentación o forma de la cabeza superior	En pilares con suficiente armado se pueden reparar con inyecciones o bien añadiendo una envoltura de lámina de fibra sintética. Los desconches se pueden reparar con mortero de reparación apropiado.
	B) Error de producción  El hormigón se pega en molde  El molde se expande al aplicar calor	Evitar puntos de enganche y estudiar proceso de sacar la pieza  Ajustar el calor durante el ciclo de curado		
	C) Error de manipulación  Balanceo del pilar durante su manipulación  Impacto durante manipulación	Asegurar que el pilar no se asiente sobre sus vértices  Asegurar que se dispone de espacio libre para maniobrar		


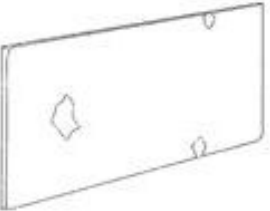
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<b>FISURAS VARIAS</b>  Fisuras finas en solitario o agrupadas en intersección  	A) Error de producción  Rápida pérdida de humedad  Exceso de agua en dosificación  Calor aplicado demasiado pronto  Temperaturas de curado muy elevadas  Asentamiento de hormigón sobre armadura superior	Cubrir el hormigón lo antes posibles después del vertido. Vaporizar agente de curado o agua antes de curar.  Modificar la dosificación con reductores de agua  Ajustar ciclos de temperatura disminuyendo la velocidad de incremento.  Reducir temperaturas de curado  Permitir un tiempo de asentamiento y luego revibrar	Generalmente son despreciables aunque a tener en cuenta en ambientes corrosivos	Si se requiere con epoxi o masilla.

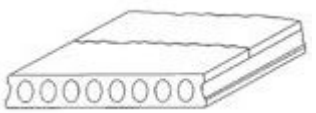


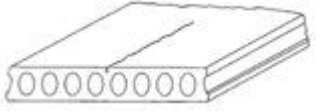
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<p>Falta de elementos de anclaje o esquinas rotas</p> 	<p>A) Error de producción</p> <p>a) No se ponen los anclajes necesarios por descuido</p> <p>b) Se rompen las esquinas al desmoldar, en acopio o durante transporte</p>	<p>Poner más atención a la existencia de este fallo</p> <p>Mayor cuidado en manipulación: neoprenos, cuñas de sujeción.</p>	<p>Limitaciones en su montaje por falta de anclajes y conexiones para el ensamble de piezas</p> <p>Problemas estéticos</p>	<p>Comprobar la capacidad estructural por si requiere instalar un anclaje adicional o rechazar la pieza</p> <p>Reparación con mortero apropiado según grosor de rotura</p>
<p>Desniveles en la superficie vista</p> 	<p>B) Error en producción</p> <p>a) Las superficies del molde no están limpias ni pulidas o tienen agujeros y rayadas</p> <p>b) Fallos en los biseles o cantos</p>	<p>Limpiar las superficies del molde y considerar acabados</p> <p>Chequear el estado de los biseles para que sean rectos y continuos</p>	<p>Posibles problemas de ensamblaje</p> <p>No estructural pero si estético</p>	<p>Nivelar la superficie con hormigón de la misma resistencia</p> <p>Maquillar antes de pintar</p>

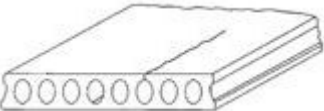
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<p>Fisuras en laterales de paneles</p> 	<p>A) Error de producción</p> <p>Retracción plástica</p> <p>Falta de refuerzo en los laterales o cantos</p>	<p>Mejorar el curado</p> <p>Añadir refuerzo en la cara exterior</p>	<p>Inconveniente estético si el ancho de la fisura es menor de 0.2 mm</p> <p>Corrosión del armado si la fisura es mayor</p>	<p>Las fisuras grandes deben ser cubiertas por inyección de epoxi o grout</p> <p>Las fisuras menores se pueden maquillar</p>
<p>Fisuras en los elementos de izado o esquinas abiertas</p> 	<p>A) Error de producción</p> <p>Fisuras en vértices:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retracción plástica</li> <li>• Falta de refuerzo en los laterales o cantos</li> </ul> <p>B) Error manipulación</p> <p>Fisuras en los elementos de anclaje</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigón fresco</li> <li>• Casa de hormigón delgada</li> <li>• Error del elemento de izado</li> </ul>	<p>Mejorar el curado</p> <p>Hormigón con menos retracción</p> <p>Refuerzo de armadura adicional</p> <p>La resistencia del hormigón sobre el 60% para desmoldar</p> <p>Moldes de mesas inclinables</p>	<p>Inconveniente estético si el ancho de la fisura es menor de 0.2 mm</p> <p>Corrosión del armado si la fisura es mayor</p> <p>Se puede romper el elemento durante el izado</p>	<p>Las fisuras grandes deben ser cubiertas por inyección de epoxi o grout</p> <p>Las fisuras menores se pueden maquillar</p>

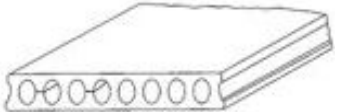
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
Fisuración en superficie 	A) Error de producción  a) Red sistemática de fisuras <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigón disgregado</li> <li>• Secado de hormigón muy rápido</li> <li>• Grava muy pequeña</li> <li>• Poco recubrimiento</li> </ul> b) Red de fisuras sin patrón <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demasiado cemento</li> <li>• Disgregación de hormigón</li> <li>• Lana mal pasada</li> <li>• Gradiente de temperaturas elevado</li> </ul>	Mejorar el hormigonado y curado Aumentar el tamaño del árido Vigilar recubrimientos         Comprobar dosificaciones Mejorar el tiempo de pasar la lana Mejorar curado	Inconveniente estético si el ancho de la fisura es menor de 0.2 mm Corrosión del armado si la fisura es mayor	Normalmente no afecta a la durabilidad a no ser por frío o ataque químico Se puede inyectar epoxy en las fisuras grandes y maquillar las pequeñas
Fisuras estructurales 	A) Error de producción  a) Ocurre sobre la 1ª semana <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calor de curado aplicado rápidamente</li> <li>• No se ha permitido retracción</li> <li>• Desmolde temprano</li> </ul> b) Deformaciones térmicas en todo el armado.	Reducir el calor de curado a menos de 45 °C  Desmoldar al 60% de resistencia  Permitir juntas de dilatación entre elementos	Inconveniente estético si el ancho de la fisura es menor de 0.2 mm  Corrosión del armado si la fisura es mayor  Se puede romper el elemento durante el izado	Inyección o rechazo

TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<p>Combado y otras variaciones</p> 	<p>A) Error en producción</p> <p>a) combado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variaciones en densidad y retracciones</li> <li>• Efecto del sol en acopio</li> <li>• Acopios prolongados</li> <li>• Paneles muy largos</li> </ul> <p>b) Otras variaciones</p> <p>Control de producción insuficiente</p> <p>Deformaciones a largo plazo no consideradas</p>	<p>Evitar largos periodos de acopio y el sol sobre paneles largos y/u oscuros</p> <p>Controlar el hormigón y su curado</p> <p>Buen sistema de control de producción</p>	<p>Defecto visual al compararse con otros elementos</p> <p>Problemas de montaje en obra</p>	<p>Se debe considerar el posible camuflaje del elemento en la globalidad de la estructura por las variaciones de las tolerancias entre un elemento y otro.</p>
<p>Fallos en superficie y suciedad</p> 	<p>A) Error en producción</p> <p>a) Disgregación</p> <p>b) Variaciones de tono</p> <p>c) eflorescencias u hongos superficiales</p> <p>B) Error de manipulación</p> <p>Óxido, grasa, aceite...</p>	<p>Cambiar la dosificación</p> <p>Molde igualado y condiciones iguales de ejecución</p> <p>Curado apropiado y evitar agua libre sobre hormigón fresco</p>	<p>Problemas estéticos</p>	<p>a) Reparación superficial o rechazo</p> <p>b) Se aceptan pequeñas variaciones</p> <p>c) Lavar con sal fosforosa o ácido acético diluido</p> <p>d) Lavar con agua a presión</p>

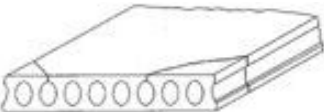
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
Fisura Transversal  	A) Diseño inapropiado			
	Demasiada tensión en cables superiores	Reducir la tensión en cables superiores	Si la fisura aparece hacia el final la capacidad cortante de la pieza se puede ver afectada. La reducción del momento de inercia en el centro del elemento puede significar un combado excesivo	Para pequeñas fisuras tapar con inyección epoxi rellenar el hueco con sólido para recuperar capacidad a cortante  Fisuras pequeñas en áreas de momento positivo pueden no requerir reparación  Si la fisura es importante se debe cortar el elemento y quedarse con la parte buena.
	Refuerzo del voladizo inadecuado o mal dispuesto	Usar armado adecuado		
	B) Error en producción			
	Retracción longitudinal	Adecuada formulación		
	Demasiada agua en hormigón	Reducir agua. Cubrir cuanto antes.		
	Calor aplicado demasiado pronto	Reducir temperatura de curado		
Excesiva temperatura de curado				
La aplicación de calor ha sido desigual a lo largo del molde	Comprobar la distribución del calor			
Contracción debida al retraso de destesado del producto curado	Transferir de inmediato se consiga la resistencia deseada			
Baja resistencia del hormigón en la transferencia				
C) Error manipulación				
	Demasiado voladizo	Controlar el voladizo		

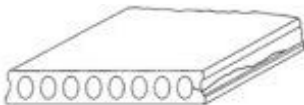
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFECTO	REPARACIÓN
Fisuras Longitudinales en el alma  	A) Error en producción  Hundimiento sobre alveolo  Exceso de agua en hormigón  Calor aplicado muy pronto  Retracción debida a mal curado y dosificación  Pérdida rápida de humedad  Temperatura de curado excesiva  Excesiva temperatura de curado  Curado diferencial	Prevención de hundimientos sobre alvéolos  Reducir contenido de agua  Retrasar la aplicación de calor  Mejorar procesos de curado y dosificación  Cubrir el hormigón cuanto antes  Incrementar el tiempo de asentamiento antes del aumento de temperaturas de curado  Reducir la temperatura  Chequear la uniformidad de la aplicación de calor	Las fisuras menores deberían presentar poco efecto aunque pueden causar problemas si reciben concentración de carga sin capa de compresión.	Si la fisura es importante se debe cortar a lo ancho y disponer de ella más estrecha.

TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFECTO	REPARACIÓN
Fisuras longitudinales sobre el alveolo  	A) Diseño inadecuado			
	Excentricidad del acero pretensado	Diseño con uniformidad de distribución de cables	Las fisuras pueden afectar la distribución de carga en placas sin capas de compresión	Rellenar el alveolo
	B) Error en producción			No es necesario para aquellos soportados con capa de compresión
	Retracción transversal	Controlar la dosificación y el curado	También puede afectar a placas con voladizos transversales	Si fuera muy importante, se cortarían la sección afectada
	Agua excesiva en hormigón			
	Rápida pérdida de humedad	Cubrir las piezas en cuanto sea posible		
	Calor aplicado demasiado pronto	Aumentar el tiempo de espera para la aplicación del calor		
	Diferencia de T en ambos lados	Controlar la uniformidad de la T en la pista		
	Diferencia de compactación	Controlar vibraciones		
	Movimiento de los cables durante el hormigonado	Prevenir el desplazamiento de los cables		
	Secuencia de corte incorrecta	Cortar los cables del centro hacia los laterales		
	Espacio entre alvéolos muy estrecho por mal alineamiento.	Mantener el molde con buen lavado.		
	Inflado de moldes de alvéolos			
	C) Error de manipulación			
	Problemas de enganche	Usar método apropiado para enganchar piezas		
	Error de acopio por mal amontonamiento	Cargas uniformes, elementos pesados en fondo del montón y reducir alturas de acopio		

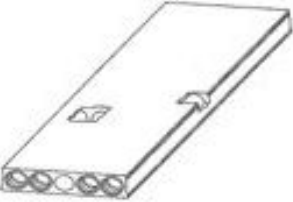
TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
Fisuras en el alma entre alvéolos  	A) Diseño inadecuado  Excesiva fuerza de pretensado en relación con la sección	Aumentar ancho del alma  Añadir cables superiores  Reducir fuerza pretensado	Estas fisuras pueden reducir la capacidad a cortante.  El diseño de la capacidad a cortante se debe reducir considerando el daño.	Se debe rellenar los alvéolos por donde estén fisuradas las almas
	B) Error en producción  Resistencia insuficiente en la transferencia  Se pega la placa al molde  La sierra no corta demasiado profundo  La mezcla era o muy seca o muy húmeda  Vibración insuficiente	Aumentar la resistencia de transferencia  Limpiar el molde  Controlar el corte  Ajustar dosificación  Controlar vibración		



TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
Fisuras en las esquinas  	A) Error en producción  La sierra entra cuando el elemento se comba  La sierra no corta a la profundidad necesaria o lleva excesivo uso  Exceso de tensión en la pieza	Colocar peso en la placa para evitar el combado  Controlar mantenimiento del disco y que se corta lo más profundo posible  Utilizar secuencia de corte apropiada	El efecto suele ser mínimo pudiendo, a lo peor disminuir ligeramente la capacidad a cortante  Si el daño es importante cortar la zona dañada utilizando la placa restante	La reparación es dependiente de los requisitos a cortante. Los alvéolos se pueden rellenar e inyectar epoxi en las fisuras
	B) Error de manipulación  Amontonamiento desigual  Las pinzas de sujeción no están a nivel  Daños durante transporte	Controlar las pilas de placas  Vigilar las pinzas  Asegurar procedimientos de transporte seguro con indicaciones de manipulación		

TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
Fisuras longitudinales en el alma del canto  	A) Diseño inadecuado  Excesiva tensión de ruptura  El alma no tiene el ancho necesario para soportar el pretensado  El diámetro del cable es demasiado para el ancho del alma	Reducir la tensión de ruptura  Incrementar el ancho del alma si es posible  Darle el mismo pretensado equivalente a un cable de menor diámetro	El efecto suele ser mínimo pudiendo, a lo peor disminuir ligeramente la capacidad a cortante  Si el daño es importante cortar la zona dañada utilizando la placa restante	La reparación es dependiente de los requisitos a cortante. Los alvéolos se pueden rellenar e inyectar epoxi en las fisuras
	B) Error en producción  Movimiento del cable lateral durante el hormigonado  Baja resistencia en la transferencia  Falta de adhesión del hormigón al cable  La sierra no corta a la profundidad necesaria	Chequear la guía de los cables durante el hormigonado  Aumentar la resistencia de transferencia  Mejorar compactación del hormigón  Controlar el corte de la sierra		
	C) Error de manipulación  Las pinzas de elevación no están niveladas	Utilizar pinzas que se puedan nivelar.		

TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
Fisura accidental	<p>A) Error manipulación o acopio</p> <p>Transporte sobre suelo no liso</p> <p>Transporte a gran velocidad</p> <p>La maquinaria de transporte no es la adecuada</p> <p>Desconocimiento de la pieza</p> <p>Acopio en pilas desniveladas</p> <p>Puntos de apoyo no alineados</p> <p>Pilas de placas de diferentes medidas</p>	<p>Asegurar que el camino es completamente liso y si no lo fuera reducir la velocidad</p> <p>Utilización exclusiva de maquinaria apropiada</p> <p>Formar al personal implicado en manipulación de placas</p> <p>Acopiar en zonas niveladas</p> <p>Los calzos de apoyo deben ser iguales y puestos en sitio correcto</p> <p>Asegurar que las pilas son de placas del mismo tamaño</p>	<p>Dependiendo de la localización y gravedad, estas fisuras pueden representar una pérdida importante de capacidad</p> <p>Evaluar la gravedad del daño en la capacidad a cortante y flexión.</p>	<p>Si el daño es importante cortar la zona dañada utilizando la placa restante</p> <p>Los alvéolos se pueden rellenar e inyectar epoxi en las fisuras</p>

TIPO DE FISURA	CAUSA	PREVENCIÓN	EFEECTO	REPARACIÓN
<p>Imperfecciones en agujeros o elementos de izado</p> 	<p>A) Error de diseño o producción</p> <p>Falta de agujero cavado</p> <p>Falta de elemento de izado</p> <p>Falta de agujeros de drenado en la sección inferior</p>	<p>Control de la producción y diseño de los elementos</p>	<p>No se puede acabar las juntas y hay instalaciones de tuberías que no se pueden realizar</p> <p>Problemas de izado</p> <p>El agua de lluvia se puede acumular en los agujeros</p> <p>El peso de la placa aumenta al rellenar huecos</p>	<p>Pequeños cortes en obra.</p> <p>El izado debe ser con equipo especial</p> <p>las entradas de los alvéolos de la pieza deben taparse antes del hormigonado de juntas</p>