

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	Dependencia	Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	LEIDY ALEJANDRA PAEZ GAONA CARLOS EDUARDO CASTRO DURÁN		
FACULTAD	INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	ESPECIALIZACION EN INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES		
DIRECTOR	MSC. MILTON MENA SERNA		
TÍTULO DE LA TESIS	GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA CON CRITERIOS DE INSPECCIÓN VISUAL PARA EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL CONCRETO DE 3000 PSI, ESTUDIO DE CASO: PLACA TALADROS EN PLATAFORMAS PETROLERAS EN LA CIUDAD DE YOPAL CASANARE		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EN LA PRESENTE MONOGRAFÍA SE REALIZA UN ESTUDIO DE CASO, A LAS PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LOS CONCRETOS, DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PLACAS TALADROS EN PLATAFORMAS PETROLERAS, DE LA CIUDAD DE YOPAL DEPARTAMENTO DE CASANARE, A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE UNA GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL, MEDIANTE UN DIAGNÓSTICO SINTOMATOLÓGICO IDENTIFICANDO LA APARIENCIA Y EL ÁREA AFECTADA DE LAS ESTRUCTURAS, PLANTEANDO ASÍ CRITERIOS DE EVALUACIÓN EN CUANTO A DAÑOS Y POSIBLES SOLUCIONES.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 95	PLANOS:0	ILUSTRACIONES:0	CD-ROM:1



GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA CON CRITERIOS DE INSPECCIÓN VISUAL
PARA EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL CONCRETO DE
3000 PSI, ESTUDIO DE CASO: PLACA TALADROS EN PLATAFORMAS
PETROLERAS EN LA CIUDAD DE YOPAL CASANARE.

AUTORES:

LEIDY ALEJANDRA PAEZ GAONA
CARLOS EDUARDO CASTRO DURÁN

Trabajo de Grado Modalidad Monografía para obtener el título de Especialista en
Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR:

MSC. MILTON MENA SERNA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES

Ocaña, Colombia

Julio 2019

Índice

Capítulo 1	Guía de interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare	1
1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo general	2
1.2.2	Objetivos específicos.	2
Capítulo 2	Patologías del concreto	4
2.1	Definición de patologías del concreto	4
2.2	Fallas en las estructuras en concreto	7
2.3	Fallas durante la concepción y diseño del proyecto	8
2.4	Fallas por materiales	9
2.5	Fallas por construcción	11
2.6	Fallas por operación de las estructuras	13
2.7	Fallas por falta de mantenimiento	13
2.8	Acciones que generan desintegración del concreto	15
2.9	Clasificación de las patologías.	18
2.9.1	Patologías Mecánicas	20
2.9.2	Patologías Biológicas	20
2.9.3	Patologías Físicas.	20

2.9.4	Patologías Químicas -----	ii 23
Capítulo 3. Identificación y caracterización de información -----		39
3.1	Recolección de Información-----	39
3.2	Caracterización de patologías en la información recopilada-----	57
Capítulo 4 Caso de estudio: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare -----		58
4.1	Descripción caso de estudio: placas taladros en plataformas petroleras -----	58
4.2	Diagnóstico y criterios de inspección visual -----	61
4.3	Guía de interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi -----	70
Conclusiones -----		81
Referencias -----		83

Lista De Tablas

Tabla 1 Guía para anchos de fisuras -----	29
Tabla 2 Tipología de grietas -----	30
Tabla 3 Tipologías de las lesiones y agentes causantes -----	31
Tabla 4 Caracterización de patologías-----	57
Tabla 5 Diagnóstico de patologías-----	63
Tabla 6 Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual -----	71
Tabla 7 Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual -----	73
Tabla 8 Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual -----	75
Tabla 9 Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual -----	77
Tabla 10 Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual -----	79

Lista De Figuras

Figura 1. Corrosión del Acero	33
Figura 2. Eflorescencias	34
Figura 3. Filtraciones	34
Figura 4. Exudación	35
Figura 5. Delaminaciones	36
Figura 6. Plataforma petrolera	59
Figura 7. Instalación tubo conductor	60
Figura 8. Placa taladro	61
Figura 9. Cubo de concreto.	69

Lista De Fichas

Ficha 1 Panorámica plataforma petrolera (Terreno virgen)	41
Ficha 2 Panorámica plataforma Canacabare.....	42
Ficha 3 Plataforma, vista en planta	43
Ficha 4 Panorámica plataforma Iterbio	44
Ficha 5 Locación Iterbio.....	45
Ficha 6 Placa Taladro.....	46
Ficha 7 Acero de refuerzo para placa taladro	47
Ficha 8 Instalación acero de refuerzo para placa taladro.....	48
Ficha 9 Vaciado de concreto placa taladro	49
Ficha 10 Vaciado de concreto para placa taladro.....	50
Ficha 11 Patologías en placas taladros: Fisuras	51
Ficha 12 Patologías en placas taladros: Fisuras y vacío	52
Ficha 13 Patologías en placas taladros: Fisuras longitudinales	53
Ficha 14 Patologías en placas taladros: Abrasión, disgregación.....	54
Ficha 15 Patologías en placas taladros: Erosión	55
Ficha 16 Patologías en placas taladros: Delaminación	56

Capítulo 1 Guía de interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal

Casanare

1.1 Introducción

Actualmente, se han evidenciado fracasos en el sector constructivo que corresponden a muchos factores, que van desde la planeación y diseños, hasta su ejecución y puesta en marcha, es por esto, que, para el buen desarrollo de un proceso constructivo, se requiere el buen criterio de una interventoría, que supervise y apruebe las actividades en toda obra dentro de los parámetros de calidad, que garantizan el éxito de toda obra. Por lo tanto, el diagnóstico de las patologías de concreto, suelen ser una herramienta básica en casos en que un interventor deba aprobar y/o recibir una obra donde el 80% represente obras en concreto, a partir de ésta, puede decidir desde procesos constructivos hasta alternativas de solución frente a problemas presentados en los concretos.

En los últimos años, se ha evidenciado muchas fallas en la elaboración de los concretos, pueden ser éstas de diseño, materiales o procesos constructivos, en este caso se va a considerar la importancia de tener conocimientos claros sobre el proceso constructivo y manejo del concreto, esto para garantizar una obra de excelente calidad. De esta manera, un ingeniero interventor, debe tener el criterio para realizar los diagnósticos y caracterización de patologías físico-

químicas cuando éstas se presenten, evaluar e identificar qué tipo de patología se tiene antes de planificar cualquier medida correctiva, como apoyo a esto, se plantea el desarrollo de unas guías de interventoría, con criterios de inspección visual de las patologías más comunes presentadas en los concretos de 3000 PSI ocurridas en la construcción de placas taladros en plataformas petroleras, las cuales servirán de apoyo a la hora de identificar un fallo en un concreto y por ende, tomar las medidas correctivas que amerite según el caso.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Desarrollar una guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Elaborar una guía de interventoría técnica con criterios de inspección visual para patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi.
- Diagnosticar las diferentes patologías del concreto de 3000 psi presentadas en placa taladros de plataformas petroleras.

- Proponer criterios de inspección visual para identificar patologías en concretos de 3000 psi.

Capítulo 2 Patologías del concreto

2.1 Definición de patologías del concreto

El vocablo Patología, proveniente del griego pathos (enfermedad) y logos (tratado). Es un concepto asociado tradicionalmente a las ciencias médicas, sus especialistas se encargan del diagnóstico, descripción y sistematización de las enfermedades. Según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, la patología es el “conjunto de síntomas de una enfermedad”. En ingeniería, la patología del concreto puede definirse como el estudio sistemático de los procesos y características de los daños que puede sufrir el concreto, sus causas, consecuencias y soluciones. Las estructuras de concreto pueden sufrir defectos o daños que alteran su estructura interna y su comportamiento. Por lo tanto, para un ingeniero interventor, es necesario tener las bases suficientes tanto para evaluar las condiciones de una estructura, como para plantear la solución según sea el caso. Según afirma Trevino, 1998, la patología del concreto, es la parte de la ingeniería, dedicada al estudio sistemático y ordenado de los daños y fallas, que se presentan en las edificaciones, analizando el origen, las causas, los síntomas y consecuencias de ellas, para que, mediante la formulación de procesos, se generen posteriormente las medidas correctivas, para lograr recuperar las condiciones de desempeño de la estructura.

Así mismo, las patologías que se reflejan por defectos, son las relacionadas con características intrínsecas de la estructura, los efectos que surgen en la construcción, producto de un mal diseño estructural, una construcción con malos procedimientos, o la implementación de materiales inapropiados para la obra. La intervención de un personal calificado durante la

construcción, es esencial para prevenir desastres en las edificaciones. Por esto, las patologías deben ser evitadas para que no aparezcan, o en caso contrario, deben ser controladas, corregidas y aprobadas por un interventor, considerando, que un defecto en la construcción, da como resultado altas vulnerabilidades, dejando la estructura expuesta a sufrir daños tanto materiales como humanos.

Por otro lado, las patologías causadas por Daños, son aquellas que se manifiestan en la estructura durante el tiempo en servicio, debido a un agente externo a la obra. Los daños pueden ocurrir debido a un evento natural, como una inundación, un sismo, un derrumbe, entre otros. Comúnmente los daños generados por defectos en la construcción, se originan por:

- Errores en el replanteo
- Modificaciones del proyecto
- Incumplimiento de las normativas
- Falta de definición del proyecto
- Modificaciones en los materiales. (Rivero & Astorga, 2009, pág. 44)

Es importante, resaltar que aparte de las causas de las patologías mencionadas, el mal uso o el uso inadecuado de las estructuras resultan en daños estructurales, como pueden ser, las sobrecargas. Tal es el caso de las placas taladros, las cuales han presentado fisuras por sobrecargas, al estar expuestas a un peso superior al que fueron diseñadas, en ocasiones, se ha diseñado para un equipo de perforación especial, con un peso de aproximadamente 1200 toneladas, y por razones ajenas, cambian de equipo, por uno de 1400 a 1450 toneladas, ante esta

situación, la interventoría, que está presente tanto en la etapa de construcción de la plataforma, como en la de perforación, puede hacer seguimiento del comportamiento estructural de estos elementos, y con ayuda del presente documento, acertar con un diagnóstico de acuerdo a la sintomatología presentada, y las medidas correctivas a aplicar.

Es importante aclarar, que estas patologías, no deberían aparecer, teniendo en cuenta que todo proceso constructivo, está acompañado de un riguroso sistema de gestión de calidad, donde involucra tanto procedimientos de trabajo, como certificados de calidad de los materiales, laboratorios, entre otros, todos, debidamente aprobados por un interventor, garantizando así la excelente calidad del proyecto.

En el presente documento, se hace un diagnóstico de las patologías que comúnmente han aparecido en la construcción de las placas taladros, considerando que esta estructura es de las primeras actividades en realizar debido al complejo proceso de introducir el tubo conductor, más adelante se explica el proceso constructivo, por tanto, transcurren desde la construcción de la placa taladro de 30 a 45 días, tiempo durante el cual continúan actividades de construcción de cunetas perimetrales, piscinas de oxidación, skimmer, entre otros. Durante este tiempo, las placas suelen presentar fisuras o asentamientos, y aunque los factores que originan estas fisuras pueden ser diferentes para cada caso en particular, siempre predomina en estas zonas las altas temperaturas, o incluso, el terreno, soporte de las placas taladros, presentan un alto nivel freático, por esto, se plantea la caracterización de una serie de patologías, con sus respectivas medidas correctivas, que servirán como guía de apoyo al interventor a la hora de definir el daño y la solución a la estructura. Es importante aclarar, que, en las plataformas petroleras, la

interventoría, está presente tanto en la etapa de construcción con tiempos de 45 a 60 días, como en la de perforación con tiempos de 30 a 45 días, atendiendo cualquier imprevisto que afecte la operación.

Como se mencionó anteriormente, desde la construcción de la placa taladro hasta la entrega final de la obra, transcurren aproximadamente, 30 días, tiempo en el que suelen aparecer daños y/o patologías en las estructuras de concreto, que muchas veces no se pueden evitar, pero si se pueden reducir considerablemente, con la implementación de aditivos que mejoren el comportamiento del concreto frente a las altas temperaturas y condiciones ambientales, que se dan en la ciudad de Yopal. La exposición a las condiciones del medio ambiente, de humedad, temperatura, y el contacto con sustancias químicas, presentes en el agua, en el aire, en el entorno; hacen que la estructura presente patologías incluso durante el tiempo de fraguado.

2.2 Fallas en las estructuras en concreto

Durante la construcción de un proyecto, se incurre en errores, incluso llevando a cabo un excelente sistema de gestión de calidad, causante de ello, suelen ser agentes externos, que están inmersos en el medio ambiente, sustancias agresivas como ácidos o sulfatos que están presentes en el agua, estos factores o circunstancias, afectan la funcionalidad, incluso, la durabilidad de los concretos, entendiendo que durabilidad, se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro, que experimentan las estructuras del concreto, según Pazini E, 2015, la durabilidad se define como el tratamiento sistemático de los defectos del concreto, sus causas, sus consecuencias y sus soluciones.(p. 32)

Muchas pueden ser las fallas en la construcción de las placas taladros, considerando la magnitud de la estructura aproximadamente de (113 m³) ciento trece metros cúbicos, se han cometido errores en su elaboración, partiendo de la implementación de un proceso monolítico que no acepta juntas de dilatación, de entrada, el no dejar dichas juntas es un error. El interventor en sus funciones, debe recomendar la mejora de este proceso constructivo, con juntas de construcción, que no limiten el concreto durante el cambio volumétrico, que experimenta el concreto en su etapa de fraguado, de esta manera, se evitaría la aparición de las famosas fisuras por secado, o retracción hidráulica.

Lo anterior, no tendría lugar a presentarse, al llevar a cabo una ingeniería de consulta, donde se analicen todos los aspectos relacionados con el entorno de la obra, factores climáticos, obras de drenaje. Las condiciones de temperatura y humedad en la ciudad de Yopal, resultan en aspectos decisivos a la hora de elaborar un procedimiento de trabajo, incluyendo juntas de contracción, dilatación o de construcción, y según las condiciones climáticas, la implementación de algún aditivo como plastificante, impermeabilizante, cuya función sea, la de proteger la estructura durante su etapa de fraguado.

2.3 Fallas durante la concepción y diseño del proyecto.

Es de gran importancia, considerar las condiciones ambientales y climáticas del lugar de construcción de la estructura, que para este caso en particular es la ciudad de Yopal. Como se ha mencionado anteriormente, Yopal, se caracteriza por tener constantes cambios climáticos, los terrenos donde suelen construirse las plataformas tienen un alto grado de nivel freático, sumado a

esto, los materiales siempre llegan a obra con un alto grado de humedad, razón por la cual, durante la dosificación del concreto, se opta por bajar la relación de agua, este aspecto, no es considerado en los estudios de mezclas, improvisando en obra la relación a/c. Por otra parte, durante la etapa de diseño del proyecto se debe tener en cuenta los factores mencionados ya, como lo son, los cambios climáticos, ambientales y, muy importante, considerar la carga de servicio para la cual se proyecta la estructura. Durante la etapa de perforación, la interventoría debe asegurar que la estructura no sea sometida a cargas superiores a la que fue proyectada, por esto, las características del equipo de perforación sean las previstas inicialmente. Adicional a esto, los planos deben contener información precisa y clara sobre detalles, recubrimientos y distribución del acero.

2.4 Fallas por materiales.

Disponer de materiales que dispongan de certificado de calidad, como es el caso del cemento y del acero, en el caso de los agregados, que las canteras presenten su respectiva licencia, sumado a esto, contar con el debido ensayo de laboratorio, anticipan una obra de excelente calidad. Trabajar con materiales de excelente calidad con excelentes procesos constructivos, garantizar una obra de excelente calidad. Es, en este punto, donde el interventor, debe hacer valer sus funciones para aprobar o rechazar según sea el caso, tanto materiales, como procesos constructivos. Para esto, es necesario revisar en obra lo que se constata en documentos, como el agua de mezclado, su lugar de extracción, valorando que esté limpia y libre de ácidos o aceites, que el agregado no esté contaminado, y que el acero de refuerzo no tenga mucha corrosión, esto depende de la manera de cómo se almacenen los materiales. En estos proyectos,

por la cantidad de los materiales, no se almacena de manera correcta, puesto que se ignora el protegerlos de la intemperie, de la lluvia, lo que ayuda a oxidar el acero, a endurecer los bultos de cementos al estar en contacto con la humedad del terreno.

Así mismo, es necesario considerar que, si el concreto va a estar sujeto a humedecimiento, o expuesto a una humedad atmosférica permanente, o a contacto con suelo húmedo, el agregado fino no debe contener, ningún tipo de material, que sea perjudicialmente reactivo con los álcalis del cemento, en cantidad suficiente, para causar una expansión excesiva del mortero o del concreto, en caso en que dichos materiales, estén presentes en cantidades perjudiciales, puede usarse con un cemento que contenga menos del 0,60 % de álcalis, calculados como óxido de sodio equivalente ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$), o con la adición de un material el cual ha sido probado para prevenir la expansión perjudicial debida a la reacción álcali- agregado. (NTC 174, 2018, pág. 8)

De igual manera, el agregado grueso para uso en concreto, que va estar sujeto a humedad, o expuesto a una humedad atmosférica permanente, o que va a estar en contacto con suelo húmedo, no debe contener ningún tipo de material que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis del cemento, en cantidad suficiente para causar una expansión excesiva del mortero o del concreto; si dicho material está presente, el agregado grueso puede usarse con un cemento que contenga menos del 0,60 % de álcalis calculado como óxido de sodio equivalente ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$) o con la adición de un material que haya demostrado prevenir la expansión perjudicial, debido a la reacción álcali - agregado. (NTC 174, 2018, pág. 11). Es importante, aclarar que, para un concreto, casi cualquier agua natural que sea potable, y que no tenga un sabor u olor marcado, puede utilizarse como agua de mezclado, en la elaboración de concreto. Las impurezas excesivas en el agua de

mezclado, pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la estabilidad volumétrica, sino que también pueden provocar eflorescencia o corrosión en el refuerzo. Las sales u otras sustancias nocivas que provengan del agregado o de los aditivos, actúan en conjunto con la cantidad que puede contener el agua de mezclado. Estas cantidades adicionales deben tomarse en consideración al evaluar la aceptabilidad del total de impurezas que pueda estar presente en el concreto. (ACI 318S-14, 2014, pág. 482).

2.5 Fallas por construcción.

El resultado de toda construcción debe estar conforme a lo planeado y diseñado, dentro de los tiempos programados, a pesar de la modernización e industrialización, se ha ahorrado tiempo, al implementar recursos como auto hormigonera y ahorrar mano de obra, sin embargo, es importante resaltar la función de personal no calificado dentro de una obra, el cual, representa el principal recurso en una construcción, sin embargo, por procesos repetitivos se incurre en errores tanto de logística, como de ejecución e intervención en obra.

Con el propósito de evitar en lo posible, una serie de patologías en el concreto, el interventor debe inspeccionar durante el proceso constructivo, planes de trabajo, materiales, rectificar que la formaleta esté alineada, sin deformaciones, totalmente hermética para evitar fuga de lechada, que la distribución del acero cumpla con lo especificado en los diseños y planos, y realizar seguimiento a la dosificación, mezclado, colocación, compactación y curado del concreto. Para realizar un buen seguimiento a la dosificación de la mezcla es necesario tener en cuenta lo siguiente: (NTC 3318, 2008, págs. 11-12)

Los agregados se deben almacenar en lugares separados, evitando tanto que se mezclen entre ellos, como que se contaminen con agentes externos. Dicho almacenaje debe hacerse de manera tal que se garantice su drenaje para asegurar humedad uniforme en la mezcla. Todos los recipientes empleados para dosificar los ingredientes para la producción de concreto deben garantizar la medida correcta ya sea por masa o por volumen, realizando una verificación periódica con la frecuencia que garantice permanentemente las tolerancias especificadas.

La dosificación de aditivos debe realizarse teniendo en cuenta las indicaciones técnicas del proveedor. Los aditivos en polvo se deben medir por masa y los aditivos en pasta o líquidos se deben medir por masa o por volumen. La precisión de la masa debe estar dentro de $\pm 3\%$ de la masa requerida. Las medidas volumétricas deben tener una precisión de $\pm 3\%$ del total de la cantidad requerida.

Para la dosificación de agua, se debe agregar inicialmente el 70 % de la cantidad necesaria según el diseño corregido por humedad y se mezcla. El agua restante se agrega gradualmente hasta obtener el asentamiento especificado en el diseño. Si el asentamiento especificado en el diseño no se cumple, debe hacerse una revisión del diseño de mezcla.

De igual importancia, es tener presente los tiempos de fraguado, y no precargar la estructura antes de que el concreto haya adquirido su capacidad resistente, llevar a cabo un perfecto curado de la estructura, y más aún, considerando las altas temperaturas en Yopal. En ocasiones, el agua es escasa en esta zona, por lo que utiliza un Antisol para proteger la estructura durante su tiempo de fraguado. “El curado de las estructuras por aspersión de agua fría por un

tiempo mínimo que depende del tipo de cementante usado, por un periodo de 7 días si es cemento portland, y 15 días para concretos elaborados con material cementante” (Icontec, 2007, pág. 24).

2.6 Fallas por operación de las estructuras

Las condiciones de servicio y desempeño de una estructura durante el ciclo de vida útil para lo cual fue proyectada, dependen desde la etapa de concepción, hasta la construcción y puesta en marcha de la estructura.

Para valorar el comportamiento en cuanto a las condiciones de servicio de una estructura y sus parámetros de seguridad, cuando se encuentre sometida a cargas y condiciones previstas de servicio, dependen de un buen diseño, de una buena elección de materiales, y por último de un riguroso sistema de calidad. Bajo estas condiciones, la estructura cumpliría con su ciclo de vida útil, de lo contrario el deterioro y desintegración del concreto sería inevitable. Durante la etapa de perforación, la interventoría debe hacer seguimiento a las estructuras en concreto, más exactamente, a la placa taladro, lugar donde se centra y depende toda la operación, revisar que las cargas de servicio sean las previstas inicialmente.

2.7 Fallas por falta de mantenimiento

Teniendo en cuenta que la función de una interventoría es más preventiva que curativa, y que, su labor finaliza al entregar y liquidar la obra, los procesos patológicos que se deriven

durante su ciclo de vida útil no incluyen a la interventoría, sin embargo, es necesario mencionar en general, los deterioros, sus causas y los posibles colapsos de las estructuras, que involucran a sus principales autores y responsables como son contratista e interventoría. Por tal razón, al mencionar las fallas por falta de mantenimiento, se debe considerar los errores en el diseño, planeación y construcción de las obras, para acertar tanto en el diagnóstico como en el plan de mejora a implementar, todo esto, acompañado por una interventoría que vigile estos procesos correctivos.

En un panorama perfecto, las construcciones no sufrirían patologías, deterioro y colapso, por el contrario, mantendrían integridad estructural, funcionalidad, estabilidad y por sobre todo seguridad, esto, se cumpliría, si se llevaran a cabo mantenimientos preventivos y/o correctivos en forma periódica. La implementación de un plan de mantenimiento, que incluya trabajos de reparación y prevención, que ayude a prevenir o en su efecto, reducir la aparición de defectos o daños en una estructura, es lo que mantiene en excelentes condiciones la estructura.

Para evitar posibles patologías, la interventoría debe recomendar la implementación de un plan de mantenimiento, que proporcione acciones de limpieza de drenajes, superficies, y reparación si lo amerita, asegurando así, tanto la estabilidad como la vida útil de la estructura. Se pueden implementar dos tipos de mantenimientos, uno puede ser preventivo, y otro correctivo o curativo según el grado de deterioro o de defectos que aparezca en la estructura. Tanto el mantenimiento preventivo que proporciona las acciones necesarias para reparar e impedir deterioro de la estructura, como el mantenimiento correctivo y curativo, que contempla la mejora

y reparación del daño o patología presentada, son medios eficaces a la hora de mantener en buenas condiciones de servicio una estructura.

2.8 Acciones que generan desintegración del concreto

El medio ambiente, las condiciones climáticas, y en general el entorno puede afectar el concreto. Uno de los defectos por construcción, más común, son los vacíos, las cuales resultan de un medio de comunicación capilar por el que el dióxido de carbono penetra en la pasta del concreto y comienza un proceso de deterioro del mismo, al disminuir el Ph del concreto de valores de 13 a valores por debajo de 9.

Para evitar cualquier proceso patológico, sea éste de orden químico, mecánico, físico o biológico, es necesario, que toda mezcla de concreto no tenga condiciones de permeabilidad y porosidad, utilizando así, materiales de excelente calidad y protocolos para procedimientos de trabajo supervisados y aprobados por un interventor.

Lo anterior, se debe tener en cuenta, considerando que el hormigón es un material poroso, y son precisamente, esos poros el resultado del exceso de agua. Para una estructura normal, el agua necesaria es del 30% de la masa total del cemento para que esté totalmente hidratado, si la cantidad de agua es mayor, se producirá un exceso de agua, lo que resultaría en una formación de poros, dado esto, cuanta más agua es añadida a la mezcla, más, es la formación de poros, sumado esto a un concreto de baja resistencia. Por otro lado, existen una serie de mecanismos que dan lugar a la degradación física, como puede ser la abrasión y la cavitación. En lugares donde la

superficie del hormigón está expuesta al tráfico, pueden producirse grandes presiones hidrostáticas y eso puede acelerar la abrasión. Para tener en cuenta: “Algunos mecanismos de deterioro físicos, involucran materiales con poros lejos de la superficie a expandirse. Eso añade un estrés adicional al hormigón, y el resultado es que la superficie acaba descamándose.”

(AKOPOVA, 2016, pág. 13)

Adicional a lo anterior, existen agentes agresivos en los casos de los ataques químicos o electroquímicos y biológicos, estos están conformados por sustancias que se encuentran en el medio, generalmente en estado líquido o gaseoso como el dióxido de carbono, en los casos de deterioros del tipo mecánico y físico, las causas pueden ser debidas a sobrecargas, impactos y cambios de temperatura y de humedad.

Es importante, analizar las acciones que afectan las estructuras, algunas de las acciones que generan desintegración del concreto pueden ser acciones ocasionadas por las bajas temperaturas sobre el concreto, presentadas en dos etapas, una al momento de la elaboración, colocación y compactación del concreto y tiempo de fraguado, y otra etapa, cuando, representan una condición de servicio durante la vida útil del concreto para la cual fue proyectada, también se debe tener en cuenta, los ciclos de congelamiento y deshielo.

Otra acción causante de deterioro en concretos son las causadas por el fuego, las cuales causan desintegración en el concreto, y pérdida de la masa del concreto, quedando así expuesto el acero de refuerzo a un proceso de corrosión. Así mismo, el grado de alteración que se puede producir en el concreto y sus componentes va a depender principalmente del nivel de temperatura alcanzado, del tiempo de exposición y de la composición del concreto. Otro de los

ataques más agresivos y peligrosos para la estabilidad de una estructura, son las acciones originadas por los ataques de ácidos y sulfatos, los primeros resultan en la desintegración de la pasta de cemento, quedando expuestos los agregados, los segundos, los ataques de sulfatos, las cuales atacan a los concretos provocando reacciones expansivas que pueden conducir a fisuras y deterioro de la estructura. Los sulfatos de sodio, potasio, calcio o magnesio, las cuales se dan en la naturaleza, pueden atacar al hormigón endurecido, algunas veces se encuentran en el suelo y otras disueltos en el agua adyacente a las estructuras de hormigón. Las sales de sulfato en solución ingresan al hormigón y atacan los materiales cementicios. (Revista ARQHYS, 2012)

Para tener muy presente a la hora de realizar un diagnóstico de una patología en una estructura, son la lixiviación y eflorescencia, éstas últimas afloran en la superficie del hormigón cuando el agua tiene movimientos capilares y reacciona con los componentes de cal del cemento, resultando en una mancha blanca sobre la superficie del concreto. Por tanto, las eflorescencias consisten en el depósito de sales que son lixiviadas fuera del hormigón.

Para una mejor comprensión y estudio de las acciones que atacan la integridad de los concretos, éstas se dividen según su origen, en acciones de origen externos e internos, y pueden generar fenómenos o patologías de tipo físico, químico, mecánico o biológico las cuales pueden afectar o alterar la estabilidad de la estructura al originar fisuras en el proyecto.

Las acciones originadas por agentes internos, pueden ser intrínsecos, los cuales contemplan cambios volumétricos, estos agentes representan esfuerzos o tensiones que pueden afectar tanto la estabilidad como la durabilidad de la estructura. Por otro lado, se tienen la fluencia y

asentamiento, las cuales constituyen acciones internas inducidas, ambas, resultan en fisuras y daños en las estructuras de concreto.

2.9 Clasificación de las patologías.

El envejecimiento o mal funcionamiento de las estructuras de concreto, son originados por causas congénitas o adquiridas, pero también son originadas por cambios en su funcionamiento. El estudio de las patologías se enfoca en un punto de vista físico y mecánico, originados por malas prácticas constructivas o por empleo inadecuado de materiales que no cumplen con las especificaciones requeridas en los diseños. “En un proceso patológico se pueden distinguir tres partes bien definidas, el origen, la evolución y el resultado final, de tal modo que para su estudio se debe recorrer dicho camino de forma inversa. Así pues, se debe empezar por observar el resultado de la lesión, el síntoma, para llegar a su origen, la causa, siguiendo su evolución” (Álvarez Rodríguez, 2003, pág. 8).

En las placas taladros se origina mucho la corrosión de armaduras, esto, debido al mal almacenamiento de este material, la interventoría por su parte, al hacer la recomendación de un buen almacenamiento de los materiales, podría evitar muchas patologías de las estructuras.

La corrosión es un proceso electroquímico que provoca la degradación del acero, del hormigón, es decir, produce el desprendimiento de una parte del concreto del acero de refuerzo. Los factores que afectan a este fenómeno, están asociados fundamentalmente a las características del hormigón, al medio ambiente y a la disposición de las armaduras en los componentes

estructurales afectados. Los daños causados por corrosión de armaduras, generalmente se manifiestan a través de fisuras en el concreto, paralelas a la dirección de los refuerzos, delaminación y desprendimientos del recubrimiento.

En componentes estructurales que presentan un elevado contenido de humedad, los primeros síntomas de corrosión se evidencian por medio de manchas de óxido en la superficie del concreto. (Gómez, J y Palacios, E, 2011, pág.33). Considerando un concepto más técnico, La terminología de la norma ASTM G15-99b define “la corrosión como la reacción química o electroquímica entre un material, en general un metal, y su ambiente, que produce un deterioro del material y sus propiedades. (ASTM, 1999, pág.69). A continuación, se mencionan las patologías más comunes:

Por cambios de temperatura, constituye otra patología, el cual, ocasiona variaciones de volumen, este proceso ocurre, cuando el concreto se dilata al calentarse y se contrae al enfriarse. La contracción en el concreto suele suceder irremediablemente, en lo posible tomar las medidas necesarias para reducir las fisuras, para que no se conviertan en el medio conductor de sustancias agresivas o dióxido de carbono, por esto, es necesario dejar juntas de dilatación y construcción, así el concreto no estará limitado en su contracción, y no sufrirá por este fenómeno durante su proceso de fraguado. “El refuerzo de retracción y temperatura no debe colocarse con una separación mayor de 5 veces el espesor de la losa ni de 450 mm.” (NSR,2010, pág.C-105)

La mayoría de las patologías resultan en fisuras, cuarteado o piel de cocodrilo en las superficies de los concretos, en algunos casos se tienen fisuras pequeñas, pero se esparcen en

casi toda la superficie, el ancho de ellas es como un cabello, estas fisuras no son peligrosas puesto que no afectan el recubrimiento de la estructura.

2.9.1 Patologías Mecánicas. Son aquéllas en la que predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas, separaciones de materiales o elementos constructivos. Podemos dividir este tipo de lesiones en cinco apartados diferenciados: Deformaciones, Grietas, Fisuras, Desprendimiento y Erosiones mecánicas. (Broto C. 2009)

2.9.2 Patologías Biológicas. El concreto también puede verse afectado por hongos, bacterias, algas, líquenes, musgos o corrosión de metales. Los síntomas más comunes por estas afecciones son manchas en las superficies, cambios de color (fluorescencias) y retención de humedad. (Broto C. 2009)

La anterior clasificación de patologías es importante para conocer el agente que las origina, sin embargo, en este trabajo de monografía se hace total énfasis en las patologías de origen Físico y Químico.

2.9.3 Patologías Físicas. Las patologías originadas por las acciones físicas que experimenta el concreto, están asociadas al medio que las rodea, a las condiciones climáticas (temperatura), cambios de humedad, entre otras, como se ha venido mencionando, es necesario considerar juntas de construcción que permitan el movimiento del concreto durante el secado, esto, para no someter al concreto a un cambio volumétrico limitado, que resultaría en fisuras o agrietamientos, afectando así condiciones estructurales y arquitectónicas del concreto como peso unitario, estabilidad, funcionalidad, resistencia, porosidad y permeabilidad.

Como se ha mencionado anteriormente, el entorno que rodea la estructura, es de gran importancia para definir tanto los materiales, como los agregados y aditivos a emplear, garantizando siempre la funcionalidad de la estructura, teniendo en cuenta, lo siguiente, si existe humedad en el entorno de la estructura, ésta, tendrá fisuras por cambios de humedad, y la forma de identificarlas, es porque éstas fisuras tienen la particularidad, que atraviesan la pasta de cemento y no al agregado, es decir, las fisuras son muy finas, casi superficiales y por ningún motivo representan un peligro a la estabilidad de la estructura, adicionalmente, se tienen las fisuras por cambios de temperatura, éstas, a diferencias de las anteriores, afectan tanto la pasta de cemento como los agregados, presentándose procesos de dilatación y contracción por cambios de temperatura, en este caso, se expanden, al aumentar temperatura y se contraen, al disminuir la temperatura.

Dentro de las patologías físicas, se tienen las RAA (reacción álcali-agregado), esta patología es delicada porque provoca una severa expansión y agrietamiento de la estructura de concreto, ocasionando el deterioro de la misma, la causa que origina esta patología son los contenidos altos de álcalis (óxidos de sodio y potasio) en los cementos que al reaccionar con los agregados producen estos daños.

Para tener en cuenta a la hora de verificar los agregados, se deben evitar los que sean reactivos a los álcalis del cemento, como, vidrios volcánicos, areniscas, calizas dolomíticas, y algunos minerales como, el cuarzo, ópalo, tridimita, cristobalita, andesita y dolomita. “Se debe evaluar el potencial de reacción con los álcalis del cemento a cualquier fuente nueva de

agregados que se vaya a emplear para la elaboración de concretos durables.” (NTC 5551,2007, pág.13).

Otra reacción es el álcali- sílice, la cual se origina debido a altas concentraciones de agregados con capacidad de absorber agua, causando fisuras por expansión, en un entorno con cambios de humedad, temperatura, sumado a esto, en los concretos aparece también, el álcali-carbonato, esta reacción se da en los contenidos de los agregados calizos de tipo dolomita, que expuestos a la humedad producen brucita y ciertos álcalis, que provocan un cambio volumétrico, exponiendo al concreto a altas presiones en los poros que resultan en tensiones internos de tracción, lo que originan fisuras o grietas.

Por último, se tiene el álcali-silicato, esta reacción ocurre al tener agregados con altos contenidos de arcillas, compuestas por capas de silicatos. Por lo tanto, la reacción álcali-silicato, provoca con los años de estar en servicio una estructura, un cambio volumétrico y, por ende, una expansión en el concreto. Otra reacción sulfática, es la FED, Avendaño, E., (2006) afirma que: la formación de estringita diferida, es capaz de afectar el concreto sin necesidad de requerir una fuente externa de sulfatos, en algunos casos se asocia con la reacción álcali-agregado (RAA). Esta reacción provoca una expansión severa, cuando el concreto está endurecido, la cual, genera un agrietamiento alrededor de los agregados, la principal manifestación de la FED, son grietas en forma de mapa, en la superficie del elemento estructural.

Durante el proceso de hidratación del concreto, es normal que se presente la formación de estringita (sulfoaluminato de calcio), la cual genera expansión en el estado plástico del concreto.

Esta reacción se presenta, cuando la temperatura del concreto excede los 60°C durante el colocado, o si el cemento a utilizar tiene un alto contenido alcalino, o las condiciones de temperatura y humedad ambiental son elevadas, o cuando, se utilicen agregados contaminados con piritas, que poseen contenidos elevados de sulfatos. (Avendaño, R. E.,2006, pág., 48).

En algunas ocasiones, se presenta una contracción por secado, ésta se conoce como retracción hidráulica, y consiste en la disminución de volumen del concreto endurecido, cuando la mayor parte del agua evaporable de la mezcla se libera, la contracción de un concreto normal, varía entre 0,2 y 0,7 mm por metro lineal. Esta evaporación depende de factores externos al concreto, tales como: velocidad del viento, temperatura y humedad, condiciones de curado, también es importante tener en cuenta, al tener una excesiva cantidad de cemento, se presenta una mayor dilatación y contracción, o al tener, una mayor cantidad de agua de mezclado, se tendrá una mayor evaporación del agua durante el fraguado, generando así un concreto poroso muy permeable. (Avendaño, R. E.,2006, pág., 49).

2.9.4 Patologías Químicas. El principal efecto provocado por agentes químicos en contacto con el concreto endurecido, es la desintegración de la pasta del cemento. La reacción entre la solución agresiva y la pasta, puede generar productos solubles o insolubles expansivos. Las reacciones por agentes químicos traen consigo el descenso del Ph, es decir, la pérdida de alcalinidad de la pasta del cemento, lo que reduce la capacidad del concreto para proteger el acero de refuerzo de la corrosión. El fenómeno de corrosión de los metales se genera a partir de una reacción química interna favorecida por la presencia de alguna sustancia del entorno.

Las sustancias agresivas, se trasladan desde la fuente contaminante (medio ambiente) hasta la superficie y penetran en el interior de la masa de concreto. Por tanto, los daños provocados por las reacciones químicas, pueden presentarse tanto inmediatamente después del contacto, como a largo plazo, esto depende de la concentración de la solución, la velocidad de transporte, el tiempo de exposición y las condiciones de temperatura y presión del medio. Entre los agentes químicos que deterioran el concreto se encuentran: ataque de ácidos, corrosión, ataque de sulfatos y carbonatación. (Avendaño, R. E., 2006, pág., 25). Por lo anterior, se hace una breve descripción de los agentes químicos mencionados.

El ataque de ácidos, es uno de los agentes químicos más agresivo, teniendo en cuenta que el concreto es un material sílico-calcáreo, con un Ph hasta de 13, por cuanto es un material susceptible al contacto con cualquier fluido ácido. El deterioro que sufren los elementos de concreto en contacto con ácidos, es la disolución o pérdida de la pasta del cemento, por las reacciones que se producen entre los ácidos y los compuestos cálcicos del cemento hidratado (hidróxido, silicato y aluminato de calcio). (Avendaño, R. E., 2006, pág., 26).

Según Avendaño (2006), los ácidos inorgánicos más comunes son el ácido clorhídrico que genera cloruro cálcico y el ácido nítrico, que da como resultado nitrato de calcio, ambos compuestos solubles en agua, también se encuentra el ácido sulfúrico, el cual produce sulfato cálcico, que precipita la mezcla, como el yeso, otros ácidos son el brómico carbónico, ácido de cromo, fluorhídrico, fosfórico, nítrico, sulfúrico y sulfuroso, la velocidad de degradación del concreto, depende de la concentración del ácido y de la solubilidad del producto de la reacción.

Los ácidos inorgánicos, más agresivos a temperatura ambiente son: clorhídrico, fluorhídrico, nítrico y sulfúrico. Entre los ácidos orgánicos más comunes, se tienen, el ácido acético, fórmico, láctico, estos son los más agresivos, y otros como cítrico, tánico, butílico, úrico, húmico, fenol, son menos agresivos.

Es importante tener en cuenta, las reacciones de sustancias que están en el medio ambiente y que por medios capilares, o fisuras, pueden estar en contacto con las estructuras y llegar a convertirse en ácidos, es de recordar, que los ácidos son agresivos para mantener la funcionalidad de las estructuras, estos ácidos pueden ayudar al deterioro y posterior colapso de un concreto, estas sustancias son los gases productos de la combustión, que en contacto con la humedad pueden formar ácido sulfúrico (lluvia ácida), el considerar los efectos que pueden acarrear estas sustancias, sirve de ayuda para tomar medidas preventivas. Entre estas sustancias se debe mencionar las aguas residuales e industriales, que al igual que la anterior, también forman ácido sulfúrico y sulfuroso, al igual que los vapores volcánicos con alto contenido de azufre, los suelos tipo turas pueden tener sulfuro de hierro, que generan ácido sulfúrico, las aguas montañosas de carácter ácido poseen ácidos orgánicos y dióxido de carbono libre.

Es necesario considerar, la corrosión del acero de refuerzo, al tener en cuenta que el concreto le brinda una protección contra la corrosión al acero de refuerzo, ya que el oxígeno presente dentro del concreto, forma una película de óxido en las barras, que constituye una capa pasiva, que impide una corrosión profunda. Además, el carácter ácido y la resistencia eléctrica del concreto, que recubre el acero, evita la penetración de agentes agresivos. La principal causa

de la corrosión del acero de refuerzo, es la disminución de la alcalinidad del concreto que se encuentra expuesto a sustancias agresivas del medio ambiente, como los cloruros y los ácidos.

Por lo anterior, se puede considerar que, la corrosión en estructuras de concreto estructural, depende de la permeabilidad del recubrimiento, por una parte, y de los procesos de corrosión por otra parte, los cuales, se dan por el fenómeno de difusión en los poros del concreto, de sustancias como el oxígeno, del dióxido de carbono y de los iones de cloruro, que, combinados con la humedad ambiental, aceleran el deterioro del acero.

Por lo anterior, un concreto fabricado con una alta relación A/C, una mala compactación, segregación de la mezcla, un deficiente curado y un secado prematuro provocado por los efectos de viento o la radiación solar, hacen un concreto con alta porosidad y permeabilidad en la zona del recubrimiento, esto, facilita el ingreso de sustancias agresivas que corroen las armaduras y deterioran el elemento estructural. (Avendaño, R., 2006. Pág. 36).

Por otra parte, se tiene otro agente químico agresivo, como es la penetración de cloruros, estos provienen del agua de mar, sales de deshielo y otros iones con un Ph cercano a 9, estos producen picaduras locales que disminuyen la sección de las barras de acero. La penetración de cloruros se favorece en los ciclos de humedecimiento y secado. Por otro lado, se tiene la corrosión electroquímica, ésta, es la que se da dentro del concreto, ya que se trata de una reacción química en donde se produce transferencia de iones y electrones en un medio acuoso.

De la formación de hidróxido de hierro combinado con el agua de la atmósfera forman óxido, este óxido es expansivo, aumenta de 2 a 7 veces su volumen, dependiendo de la cantidad de oxígeno disponible para reacción, dicho aumento de volumen, provoca esfuerzos radicales de tensión que producen fisuras y delaminaciones en el concreto, trayendo como consecuencia, la disminución de la adherencia entre el concreto y el refuerzo, generando una pérdida considerable de la capacidad mecánica del elemento. (Avendaño, R. E., 2006, pág., 29).

De igual manera, otros de los agentes, que causan desintegración en los concretos, son los ataques de sulfatos, las cuales, ocurren por la reacción del sulfato con hidróxido de calcio, liberado durante la hidratación del cemento formando sulfatos de calcio (yeso), y la otra es la reacción de sulfato de calcio, con el aluminato de calcio hidratado, formando sulfato aluminato de calcio (estringita).

Estas reacciones dentro de la pasta del cemento, tienen como resultado un aumento en el volumen del sólido, por lo que el concreto se expande, se fractura y se ablanda, produciéndose una pérdida de adherencia entre la pasta, los agregados y el acero de refuerzo, lo cual conlleva a una disminución en la capacidad estructural del elemento. La porosidad de un concreto agrietado, propicia la entrada de diversas sustancias agresivas que se encuentran en el entorno. (Avendaño, 2006. pág. 42)

Otra reacción del concreto es la carbonatación, ésta ocurre por la penetración del dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera o del suelo, dentro de los poros del concreto endurecido. El CO_2 se disuelve en los poros, reaccionando con los componentes alcalinos de la fase acuosa del

concreto y produciendo ácido carbónico, que, a su vez, se convierte el hidróxido de calcio (cal libre del cemento) en carbonato de calcio (CaCO_3) y agua.

$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Esta reacción hace que el Ph superficial del concreto, disminuya de 13 a valores por debajo a 9, por lo que disminuye su capacidad protectora de la corrosión del acero de refuerzo, es decir, al aumentar la penetración de la carbonatación, se pierde el efecto de la capa pasivadora del recubrimiento del concreto.

Otra reacción negativa, de la carbonatación, es una contracción adicional en la superficie del concreto, por la disminución del volumen de la pasta de cemento, induciendo al agrietamiento y facilitando el ingreso de sustancias agresivas. (Avendaño, R. E., 2006, pág. 35).

La mayoría de las patologías resultan en fisuras, que terminan deformando o desintegrando el concreto, según la Norma Técnica Colombiana el ancho de las fisuras, depende del tipo de ambiente en que se encuentre la estructura, y manejan anchos desde 0,2 mm hasta 0,6 mm. Cabe resaltar, que “la presencia de fisuras en el concreto, no implica necesariamente una disminución en la durabilidad o condiciones de uso de una construcción”. (NTC5551, 2007. pág. 20).

Muy similar se presenta con el ACI 224R-01 Control de la fisuración en estructuras de hormigón, donde presentan un margen de ancho promedio de las fisuras, a continuación, se presenta una tabla que resume el ancho de las fisuras en mm, según el medio de exposición de la estructura. Esta tabla sirve como guía para diferenciar entre fisura y grieta.

Tabla 1
Guía para anchos de fisuras

Condición de Exposición	Ancho de fisura	
	In	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo.	0,012	0,30
Productos químicos descongelantes	0,007	0,18
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado	0,006	0,15
Estructuras para retención de agua	0,004	0,10

Nota: La tabla muestra el ancho de fisuras según la condición de exposición. ACI 224R-01 Control de la fisuración en estructuras de hormigón, pág. 22

El concepto de fisura abarca casi en total la problemática de las patologías, la anterior tabla, nos muestra el ancho promedio en milímetros de las fisuras frente a la condición de exposición, sin embargo, es necesario conocer la posición de la fisura en los elementos estructurales, su trayectoria, su espaciamiento, entre otros, estos aspectos pueden servir para indicarnos la causa que la origina.

Las fisuras tienen su origen en las desviaciones de longitud de determinadas caras del hormigón con respecto a las otras, y resultan de tensiones que desarrolla el material mismo, por contracciones térmicas o hidráulicas o rigideces que se manifiestan generalmente en las superficies libres. Esta contracción térmica se produce por una bajada de temperatura en piezas de hormigón, cuyo empotramiento les impide los movimientos de retracción, lo que origina tensiones de tracción que el hormigón no está capacitado para absorber. (Fernández A., 2015)

Por tanto, las Fisuras en el Hormigón, son roturas que surgen habitualmente en la superficie del mismo, debido a la presencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia.

Cuando la hendidura traspasa de un extremo al otro, el grosor de una pieza, se transforma en grieta.

Según Figueira y Yajure (2016) el concreto es un material sensible a la formación de agrietamientos internos, haciendo que su capacidad de deformación a tracción sea mínima, produciendo una rotura con poca tensión, es en este punto, donde las grietas aparecen, sabiendo que la grieta es la separación del concreto en una o más elementos, producida por una fractura o rotura. La mayoría de las grietas del concreto, ocurren prácticamente por un mal diseño y las prácticas de construcciones inadecuadas. (p. 19)

En ocasiones, puede confundirse una grieta o una fisura, lo que la define en una estructura es el ancho y posición de las mismas. Si el ancho de la fisura es mayor a 0,41 mm, se convierte en grieta. Una inspección visual en detalle, determinará tanto el medio de exposición de la estructura como el tipo de fisura, ancho, posición y demás aspectos que ayuden a identificar el problema y la solución, con la ayuda del presente documento y el desarrollo de la guía técnica, se pretende brindar apoyo para la identificación de las patologías presentadas en las placas taladros.

En la siguiente tabla se presentan las grietas más comunes presentadas en los concretos y su definición, de la identificación del tipo de grieta, dependerá la medida correctiva a aplicar según sea el caso.

Tabla 2
Tipología de grietas

Tipos de grietas	Definición
------------------	------------

Grietas estructurales	Las grietas estructurales se generan a partir de los análisis y diseños con defectos, manifestándose en las zonas de cortante de momento o torsión máximas, si la estructura no posee restricciones suficientes para aliviar la concentración de esfuerzos en esas zonas, entonces dichas grietas pueden convertirse en una falla catastrófica de no tomarse las medidas adecuadas.
Grietas por asentamiento	Se generan por una falta de sustentación del suelo de apoyo o por un mal diseño de la estructura de cimentación, lo cual ocasiona un movimiento no uniforme de la edificación en su nivel de desplante.
Grietas térmicas	Se deben a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la construcción, se puede minimizar su efecto mediante un buen aislamiento. Finalmente, las grietas de fraguado, causadas por el proceso químico de endurecimiento del concreto.
Grietas por fraguado	Se forman en la superficie el concreto fresco inmediatamente después de su vaciado (vertido, colado) y mientras permanece en estado plástico, estas grietas aparecen fundamentalmente en las superficies horizontales. Raramente afectan la resistencia o la durabilidad de los pisos de concreto y los pavimentos. El desarrollo de estas grietas puede ser minimizado si se toman medidas apropiadas antes y durante el vaciado y el acabado o terminación del concreto.

Nota. Recuperado de Figueira, G., & Yajure, J. (2016). Pag. 20

Para organizar y agrupar las patologías según el agente que la origina, se presenta a continuación, una tabla que resume la tipología de las patologías con su respectiva sintomatología, algunas de estas han sido causantes de muchos defectos en las placas taladros, construídas en la ciudad de Yopal, Casanare, otras patologías resultan ser las más comunes dentro del sector constructivo, sin embargo, existen muchas otras más patologías, lo que haría muy extenso el estudio de las mismas, razón por la cual, en el presente documento se estudiarán solo las patologías físicas y químicas. No obstante, se intenta dar un breve resumen de las diferentes patologías, que aquejan un concreto durante su ciclo de elaboración, colocación y puesta en marcha.

Tabla 3
Tipologías de las lesiones y agentes causantes

AGENTES	TIPOLOGÍA DE LA LESIÓN	SINTOMATOLOGÍA
EXTERNOS	FISICAS	Fisuras por cambios de humedad Fisuras por cambios de temperatura Ataque por fuego Lixiviación
	MECANICAS	Sobrecargas Grietas Deflexiones y asentamientos Abrasión
	QUIMICAS	Ataque de ácidos Ataque de sulfatos Carbonatación Eflorescencias
	ELECTRO-QUÍMICAS BIOLOGICAS	Corrosión. Pudrición o disgregación
INTERNOS (FISICAS)	REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO (RAA)	Fisuras por expansión.
	FORMACIÓN ESTRINGITA DIFERIDA (FED)	Grietas en forma de mapa
	CONTRACCIÓN POR SECADO	Retracción hidráulica
	HORMIGUEROS	Exposición agregado grueso y vacíos.

Nota: La tabla muestra el agente que origina la patología, el tipo de patología y la sintomatología. Fuente. Autor.

Es importante entender el comportamiento de las principales patologías presentadas en una estructura de concreto, por lo tanto, a continuación, se hace un breve resumen de alguna de ellas.

El inadecuado almacenamiento de materiales como el acero de refuerzo, el estar expuesto a la humedad, o a la exposición del medio ambiente, condiciones climáticas, provoca una corrosión del mismo, es función de la interventoría vigilar por el buen almacenamiento de los materiales para garantizar el óptimo estado de los mismos. Por tanto, el acero de refuerzo al estar en interacción con el medio que lo rodea, produce el consiguiente deterioro en sus propiedades

tanto físicas como químicas. “La característica fundamental de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrólito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas (corrosión). La corrosión puede ser mediante una reacción química (óxido – reducción) en la que intervienen la pieza manufacturada, el ambiente y el agua o por medio de una reacción electroquímica.” (Paredes J, Prieto J. 2013, pág. 2)



Figura 1. Corrosión del Acero. Paredes J & Prieto J (2013).

Sumado a lo anterior, se presentan muy constantemente las eflorescencias, éstas son cristales de sales, generalmente de color blanco, que se depositan en la superficie de ladrillos, tejas y pisos cerámicos o de hormigón. “Algunas sales solubles en agua pueden ser transportadas por capilaridad a través de los materiales porosos y ser depositadas en su superficie cuando se evapora el agua por efecto de los rayos solares y/o del aire”. (Parra B, Vásquez P. 2014. Pág. 31)



Figura 2. Eflorescencias. Parra B, Vásquez P. (2014).

Por otro lado, se tienen las filtraciones, que se produce por el acceso de agua a través de huecos o grietas y que normalmente da lugar a manchas. Es frecuente que se produzca en los encuentros de muros de sótanos con la solera y el forjado superior, así como en juntas constructivas entre distintos elementos, por rotura de los cerramientos o acabados y en lugares de paso de instalaciones. (Palacios A.2012)



Figura 3. Filtraciones. Palacios A, (2012).

Otra patología causante de la desintegración en un concreto es la erosión, según Aguirre M. (2012) afirma que “es uno de los deterioros más frecuentes, y se manifiesta por la pérdida de una capa superficial de configuración, espesor y extensión variables.” Por otra parte, se tiene una patología más, causante de uno de los problemas más cotidianos en una obra, y suele presentarse por no utilizar una formaleta totalmente hermética y por una inadecuada relación a/c.

La exudación es la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Está en función de las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que a más fina es la molienda de este, mayor es el % de material que pasa por la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla. (Catcoparco M. 2012. Pág. 8-9)

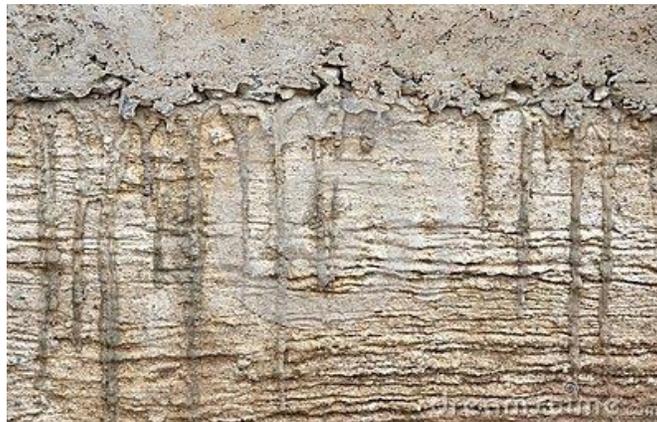


Figura 4. Exudación. Catcoparco M, (2012).

A lo anterior, se suman las delaminaciones, las cuales se forman durante el acabado final con llana. Son más frecuentes cuando el concreto es vaciado sobre una sub- base fría y con temperaturas elevándose durante el día, pero pueden ocurrir en cualquier momento. Para evitar la de laminación, no selle la superficie demasiado temprano – antes de que haya escapado el aire o el agua de exudación (sangrado) desde abajo. Evite los golpes secos en mezclas con aire incorporado. Utilice concreto calentado o con aditivo acelerante para promover un fraguado parejo en todo el espesor de la losa. (Mendoza R. 2014. Pág. 17).



Figura 5. Delaminaciones. Mendoza R, (2014).

La delaminación o descascaramiento se divide en: descascaramiento ligero, no expone el agregado grueso; descascaramiento moderado, expone el agregado y puede incluir pérdidas de hasta 1/8 o 3/8 de pulgada (de 3 a 10 mm) del mortero superficial y el descascaramiento severo, la mayor parte de la superficie se pierde y el agregado está claramente expuesto y sobresale. (Rojas, R., & Floirisa, N. 2018, pág. 41-42).

Descascaramiento de esquina: es la ruptura o dispersión de los bordes de las losas “entre los 0.60 metros de una junta o una esquina, por lo general no se extiende más allá de dicha distancia. Además, no se prolonga verticalmente a través de la losa, sino que intersectan la junta en ángulo” (Wong Seminario, J. G. S. 2017, pág. 19)

Por último, se tiene la humedad, esta patología, aparece en zonas donde existen cambios climáticos y alto nivel freático, tal es el caso de la ciudad de Yopal, lugar donde se construyen las placas taladros. Se puede diferenciar varios tipos de humedad, entre las cuales se encuentra la humedad en obra, la humedad de filtración y la humedad capilar.

Se denomina humedad de obra a aquella causada por el agua utilizada durante el proceso de edificación, que exige toneladas de agua, más en técnicas de construcción in situ.

Proveniente del exterior y penetra al interior de la vivienda a través de su cerramiento de fachadas o cubiertas, a través de los poros de los materiales, de sus elementos, o aprovechando aberturas en el cerramiento, tanto grietas y fisuras mecánicas como juntas constructivas o de dilatación, como juntas practicables de ventana. (ARANA Barbosa, RAFAEL Yeim. 2013, pág. 22)

Humedad capilar: Se debe a que los materiales de la construcción absorben el agua del terreno a través de la cimentación o muros. El ascenso de la humedad en las paredes se origina por una vinculación directa entre la tierra y la mampostería.

Las piedras naturales, ladrillos y bloques fabricados con métodos industriales poseen poros en los cuales la humedad puede ascender. Así, los ladrillos pueden absorber humedad en forma natural, permitiendo que el agua ascienda varios metros. (Pisfil H,2016, pág. 4-6-7-8-20).

La capilaridad es uno de los mecanismos de transporte que tiene una importancia significativa en los procesos de deterioro, siendo para los fluidos el mecanismo de ingreso más rápido, y la determinación de la succión capilar permite caracterizar de modo comparativo la estructura de poros. De esta manera, la velocidad de succión capilar del hormigón y, particularmente del recubrimiento, están asociadas con la durabilidad de las estructuras. (Henríquez Montoya, J. A. 2016, pág. 12-13).

Capítulo 3. Identificación y caracterización de información

3.1 Recolección de Información

Con ayuda del registro fotográfico obtenido durante las experiencias profesionales, se caracterizarán a manera de levantamiento de daños una serie de patologías presentadas en la construcción de placas taladros en plataformas petroleras. La recolección de esta información, como parte de una inspección visual, representa una herramienta fundamental como apoyo y detección del tema en estudio, esto, aportará información para la realización de un diagnóstico de las patologías de concreto, y posteriormente, una guía técnica.

El objetivo de esta guía técnica, es que el interventor tenga un buen direccionamiento a la hora de evaluar, caracterizar y solucionar una patología presentada en estructuras como placas taladros o cualquier otro concreto donde la sintomatología sea similar. En la guía se presenta tanto la sintomatología de las patologías, como también un diagnóstico con descripción gráfica y su respectiva solución según sea el caso.

Para la identificación de una patología, es necesario realizar ensayos destructivos, tales como, prueba de carbonatación, espesor de recubrimiento del acero y prueba del esclerómetro, entre otras, sin embargo, éstos ensayos representan un elevado costo y llevan mucho tiempo, por lo que se hace inviable e inasequible para este trabajo, por lo tanto, a través de la monografía planteada, se busca realizar un estudio de caso a las patologías de los concretos de placa taladros en plataformas petroleras de la ciudad de Yopal, Casanare, esto, a través del desarrollo de una guía de inspección visual, donde se identifique la apariencia y el área afectada de las estructuras,

planteando criterios de evaluación en cuanto a daños y sus posibles soluciones, teniendo en cuenta, que durante la construcción de estas estructuras se han presentado de forma reiterada, patologías antes de entregar el proyecto, solicitando la intervención inmediata y el criterio del interventor para mejorar la estructura.

Para llevar a cabo lo anterior, es necesario realizar una recolección de datos mediante registro fotográfico de las patologías presentadas, identificando antes, panorámicas de las plataformas petroleras y sus procesos constructivos, para llegar así, a los defectos presentados en las placas taladros. Es importante, dar a conocer un poco el origen, la evolución y puesta en marcha de estas placas, por lo que a continuación se presentan unas fichas de recolección de datos, desde la instalación del acero de refuerzo, vaciado de concreto hasta la puesta en marcha y entrada del equipo de perforación.

Ficha 1

Panorámica plataforma petrolera (Terreno virgen)

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
<p>Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.</p>			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Panorámica	Terreno natural - Plataforma Petrolera		Ficha No. 01
Proyecto	<p>AMPLIACIÓN DE LOCACIÓN CANACABARE PARA LA CAMPAÑA 2017 DE PERFORACIÓN EN EL BLOQUE ALCARAVAN B, LOCALIZADO EN LA JURISDICCIÓN DE OROCUÉ, DEPARTAMENTO DE CASANARE para COLOMBIA ENERGY DEVELOPMENT Co.</p>		
			

Nota. Fuente: Autor

Ficha 2

Panorámica plataforma Canacabare

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Panorámica	Plataforma Petrolera	Ficha No.	02
Proyecto	AMPLIACIÓN DE LOCACIÓN CANACABARE PARA LA CAMPAÑA 2017 DE PERFORACIÓN EN EL BLOQUE ALCARAVAN B, LOCALIZADO EN LA JURISDICCIÓN DE OROCUÉ, DEPARTAMENTO DE CASANARE para COLOMBIA ENERGY DEVELOPMENT Co.		
			
Plataforma petrolera (200 mts por 200 mts)-Bloque Alcaravan B			

Nota. Fuente: Autor

Ficha 3

Plataforma, vista en planta

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Panorámica	Plataforma Petrolera		Ficha No. 03
Proyecto	AMPLIACIÓN DE LOCACIÓN CANACABARE PARA LA CAMPAÑA 2017 DE PERFORACIÓN EN EL BLOQUE ALCARAVAN B, LOCALIZADO EN LA JURISDICCIÓN DE OROCUÉ, DEPARTAMENTO DE CASANARE para COLOMBIA ENERGY DEVELOPMENT Co.		
			
Plataforma petrolera (200 mts por 200 mts)-Bloque Alcaravan B			

Nota. Fuente: Autor

Ficha 4

Panorámica plataforma Iterbio

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Panorámica	Plataforma Petrolera	Ficha No.	04
Proyecto	LOCACIÓN ITERBIO PARA LA CAMPAÑA 2017 DE PERFORACIÓN EN EL BLOQUE ALCARAVAN A, LOCALIZADO EN LA JURISDICCIÓN DE OROCUÉ, DEPARTAMENTO DE CASANARE para COLOMBIA ENERGY DEVELOPMENT Co.		
			
Plataforma petrolera (120 mts por 120 mts)-Bloque Alcaravan A			

Nota. Fuente: Autor

Ficha 5

Locación Iterbio

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Panorámica	Plataforma Petrolera	Ficha No.	05
Proyecto	LOCACIÓN ITERBIO PARA LA CAMPAÑA 2017 DE PERFORACIÓN EN EL BLOQUE ALCARAVAN B, LOCALIZADO EN LA JURISDICCIÓN DE OROCUÉ, DEPARTAMENTO DE CASANARE para COLOMBIA ENERGY DEVELOPMENT Co.		
			
Plataforma petrolera (120 mts por 120 mts)-Bloque Alcaravan A			

Nota. Fuente: Autor

Ficha 6
Placa Taladro

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa Taladro	Ficha No.	06
Proyecto	LOCACIÓN ITERBIO PARA LA CAMPAÑA 2017 DE PERFORACIÓN EN EL BLOQUE ALCARAVAN B, LOCALIZADO EN LA JURISDICCIÓN DE OROCUÉ, DEPARTAMENTO DE CASANARE para COLOMBIA ENERGY DEVELOPMENT Co.		
			
Placa taladro de 20 mts de largo por 20 mts de ancho, con cunetas aceitosas de 3000 PSI			

Nota. Fuente: Autor

Ficha 7

Acero de refuerzo para placa taladro

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
<p>Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.</p>			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Acero de refuerzo Placa Taladro		Ficha No. 07
Proyecto	<p>CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”</p>		
			
DESCRIPCIÓN	<p>Instalación Malla electrosoldada 7 mm con separadores de concreto en acero de 3/8”</p>		

Nota. Fuente: Autor

Ficha 8

Instalación acero de refuerzo para placa taladro

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Acero de refuerzo para Placa Taladro		Ficha No. 08
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
DESCRIPCIÓN	Instalación acero de refuerzo ½” (Parrilla Superior e inferior) para placa taladro.		

Nota. Fuente: Autor

Ficha 9

Vaciado de concreto placa taladro

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa Taladro		Ficha No. 09
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
DESCRIPCIÓN	Vaciado de concreto de 3000 Psi para placa taladro 120 m ³ (Dimensiones 20m x 20m x 0.30 m)		

Nota. Fuente: Autor

Ficha 10

Vaciado de concreto para placa taladro

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa Taladro	Ficha No.	10
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
DESCRIPCIÓN	Curado placa taladro-Concreto 3000 PSI		

Nota. Fuente: Autor

Ficha 11

Patologías en placas taladros: Fisuras

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa taladro - Fisuras		Ficha No. 11
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
Fisuras presentadas en placa taladro		Fisuras longitudinales presentadas en placa taladro	

Nota. Fuente: Autor

Ficha 12

Patologías en placas taladros: Fisuras y vacío

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa taladro - Fisuras		Ficha No. 12
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
Fisuras presentadas en placa taladro		Fisuras	

Nota. Fuente: Autor

Ficha 13

Patologías en placas taladros: Fisuras longitudinales

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa Taladro	Ficha No.	13
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
Fisuras presentadas unión cunetas aceitosas y placa taladro		Fisuras longitudinales presentadas en placa taladro	

Nota. Fuente: Autor

Ficha 14

Patologías en placas taladros: Abrasión, disgregación

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa Taladro		Ficha No. 14
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
Disgregación		Disgregación	

Nota. Fuente: Autor

Ficha 15

Patologías en placas taladros: Erosión

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa Taladro		Ficha No. 15
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
Punto de apoyo torre de perforación.		Torre de Perforación	

Nota. Fuente: Autor

Ficha 16

Patologías en placas taladros: Delaminación

FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS			
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.			
AUTORES	ALEJANDRA PAEZ	DIRECTOR	Msc. Milton Mena Serna
	CARLOS CASTRO		
Elemento	Placa Taladro		Ficha No. 16
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN, ADECUACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SUS VÍAS DE ACCESO EN LAS ÁREAS DE OPERACIÓN DE HOCOL S.A.”		
			
Muertos de anclaje de taladro tipo “Chivo”		Fisuras presentadas en muerto de anclaje	

Nota. Fuente: Autor

3.2 Caracterización de patologías en la información recopilada

La construcción de las placas taladros se rigen por un riguroso sistema de gestión de calidad, pese a esto, se presentan patologías repetitivas, a continuación, se presenta un resumen de las patologías más comunes.

Tabla 4

Caracterización de patologías

PATOLOGÍA	CARACTERÍSTICA
Fisuras y/o Agrietamiento	Las fisuras son causadas a partir del proceso de fraguado del concreto, aunque su influencia es no estructural debe cuidar la estructura de corrosión de la armadura.
Escamado	Pérdida de fragmento de la superficie del concreto, por desprendimiento de la masa del concreto por expansión o socavación.
Corrosión	Formación de capa de óxido en la armadura por contacto con agua, originado por grieta.
Pop out	Desprendimiento de una porción de recubrimiento, originado por una presión localizada. Esto se debe a la presencia de agregados porosos que absorben agua que con la presencia de temperaturas bajas el agua se congela, aumentando su volumen
Desintegración	Reducción primero a pequeños pedazos luego a partículas, del concreto endurecido.
Eflorescencia	Depósito de sales, usualmente blancas (Eflorescencia de calcio) que se forman en las superficies. eflorescencia del calcio.
Abrasión	Desgaste de la superficie de la estructura en concreto, o desprendimiento de lámina superficial.
Hormiguero	Ocurre cuando el agregado no tiene recubrimiento de la pasta de cemento, por segregación de materiales.
Rebaba	Aparición de parte de pasta del cemento fuera de la formaleta.

Nota. Fuente: Autor.

Capítulo 4 Caso de estudio: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare

4.1 Descripción caso de estudio: placas taladros en plataformas petroleras

Para abordar el tema de estudio de placas taladros, es necesario hacer una pequeña introducción sobre el concepto de una plataforma petrolífera o plataforma petrolera y su función principal como ayuda a la era modernista, ésta estructura está diseñada con grandes dimensiones abarcando 1,5 hectáreas según sea el equipo de perforación que valla a trabajar en ella, cuya finalidad es extraer petróleo y gas natural.

Dada su principal actividad, las plataformas petroleras tienden a sufrir accidentes que resultan en lamentables pérdidas de vidas humanas, derrames de petróleo con la llamada patada de pozo y graves daños ecológicos.



Figura 6. Plataforma petrolera. Fuente: Autor

Una plataforma de perforación es diseñada para soportar sin deformaciones, las cargas inducidas por los equipos de perforación de pozos petroleros que van desde 1200 a 1400 toneladas. La plataforma se construye en una zona de corte o en una de relleno. Cuando la plataforma se construye con material de relleno compensado, si el material de excavación es apto, es decir, no posee muchos finos y cumple con los ensayos de laboratorio, humedad natural y Proctor modificado, se construye la plataforma sobre un relleno compensado.

Estas plataformas se construyen únicamente para las especificaciones del equipo de perforación que trabajará en ella, por un período de tiempo máximo de treinta (30) días, luego de este proceso, la plataforma quedará funcionando solo para la actividad extractiva de ser productivo el pozo y las estructuras construidas en ellas se demolerán y se reemplazarán por siembra de árboles y empradización.

La plataforma petrolera consta de una placa taladro en cuyo centro se construye un pozo, lugar donde el taladro realizará sus funciones de extracción, con un tubo conductor de 18 a 20 pulgadas de diámetro aproximadamente, con una longitud de 6 a 7 metros.



Figura 7. Instalación tubo conductor. Fuente: Autor.

El peso del equipo de perforación es de 1200 a 1400 toneladas, y la placa taladro es el soporte del equipo en mención, con unas dimensiones de 20 por 20 metros, y un espesor de 0,30 metros, rodeada por cuentas aceitosas con rejillas, estos elementos son de gran ayuda a la hora de una emergencia de derrame de petróleo, estas conducen



Figura 8. Placa taladro. Fuente: Autor.

4.2 Diagnóstico y criterios de inspección visual

Considerando el concepto de diagnóstico como el estudio y/o evaluación de las causas que originan un problema, en este caso, patologías en estructuras de concreto, el diagnóstico que se puede llevar a cabo es visual, teniendo en cuenta que para este caso no se realizan ensayos destructivos por su elevado costo, solo realizan inspecciones visuales que con ayuda de ciertos criterios se concluye en un buen diagnóstico, evaluando el tipo de patología, las causas que la originan y las posibles soluciones de intervención si se requiere. Es importante considerar, que parte de las patologías de todo proceso constructivo, se debe en parte a las deficiencias de calidad en cuanto a materiales o procedimientos de intervención, lo que ocasiona un deterioro a corto plazo del concreto.

Para realizar un diagnóstico, es necesario incluir recopilación de la información mediante registro fotográfico, paso seguido, identificar y caracterizar las patologías observadas, para finalmente brindar una acertada valoración acerca de las causas que originan la patología y planteamiento de soluciones que puedan prevenir los defectos del concreto, o en su efecto, solucionar lo que se evidencia.

Es necesario conocer la historia general del proyecto y las condiciones ambientales que lo rodean, en todo caso, las patologías presentadas se pueden mitigar recurriendo a mantenimientos preventivos. El identificar el tipo de patología para la estructura que se está evaluando, es clave para plantear una posible solución o corrección del daño. Como apoyo a esto, se plantea a continuación a modo de diagnóstico, las patologías más comunes o recurrentes en las placas taladros, acompañada de la característica y solución, es de importancia, aclarar que los concretos empleados en estas estructuras son concretos de 3000 Psi, con aceros en parillas dobles de ½ pulgadas de diámetro, aislados parcialmente del terreno superficial por un concreto pobre de 1500 PSI, con separadores en 3/8 pulgadas.

Tabla 5
Diagnóstico de patologías

PATOLOGÍA	CARACTERÍSTICA	SOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
GRIETAS (Mayores a 0,5 mm)	Las fisuras son causadas a partir del proceso de fraguado del concreto, aunque su influencia es no estructural debe cuidar la estructura de corrosión de la armadura.	Humedecer previamente los agregados, formaleta y superficie. Construir juntas de retracción. Utilizar mallas de acero.	
ESCAMADO	Pérdida de fragmento de la superficie del concreto, por desprendimiento de la masa del concreto por expansión o socavación.	Utilizar desmoldante en la formaleta. No desencofrar prematuramente.	
ELECTRO QUIMICAS CORROSIÓN	Formación de capa de óxido en la armadura por contacto con agua, originado por grieta.	Utilizar concretos de baja permeabilidad. Aumentar espesor de recubrimiento. Para corregir esta patología, es necesario limpiar la zona con agua a presión, y hacer un recubrimiento con Sika® FerroGard®-903 Plus, éste es un aditivo inhibidor de corrosión aplicado en superficie, diseñado para usar como impregnación del hormigón, peste penetra en el hormigón y forma una capa protectora mono molecular en la superficie del acero. Sika® FerroGard®-903 Plus retrasa el inicio de la corrosión y reduce la corrosión.	

Nota: Fuente. Autor.

Tabla 5 “Continuación”.

PATOLOGÍA	CARACTERÍSTICA	SOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
POP OUT	Desprendimiento de una porción de recubrimiento, originado por una presión localizada. Esto se debe a la presencia de agregados porosos que absorben agua que con la presencia de temperaturas bajas el agua se congela, aumentando su volumen.	Utilizar aditivo para impermeabilizar el concreto. Hacer buen curado del concreto. Proteger la superficie del concreto con un sellante (Antisol). Reducir la relación a/c para garantizar la resistencia esperada.	
DESINTEGRACIÓN	Reducción primero a pequeños pedazos luego a partículas, del concreto endurecido.	Reducir relación a/c. Proteger la superficie del concreto de humedad y ataque de sulfatos.	
ABRASIÓN	Desgaste de la superficie de la estructura en concreto, o desprendimiento de lámina superficial.	Concreto con baja relación A/C. Acabado con llana de acero.	
REBABA	Aparición de parte de pasta del cemento fuera de la formaleta.	No utilizar mezcla muy fluída. Utilizar formaleta hermética.	

Tabla 5 “Continuación”.

PATOLOGÍA	CARACTERÍSTICA	SOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
FISURAS POR CAMBIOS DE HUMEDAD	Se manifiestan como grietas en forma de telaraña. Se forma una especie de red de grietas muy delgadas y de poca profundidad (fisuras <0,5 mm que atraviesan la pasta del cemento, pero no al agregado) con poca separación entre ellas.	Este tipo de fisuras se encuentran en elementos que están expuestos a la intemperie, por lo que es bueno aplicar impermeabilizante. Si la grieta está estable (muerta), se reparan con inyecciones de resinas epóxicas o sellantes en seco, o haciendo ranuras y sellándolas.	
FISURAS POR CAMBIOS DE TEMPERATURA	La estructura tiene fisuras >0,5 mm que atraviesan tanto la pasta del cemento como la del agregado.	Deben colocarse juntas de retracción que permitan expansiones y contracciones del concreto, especialmente en elementos de grandes superficies. Las fisuras delgadas pueden cicatrizar, las gruesas se solucionan con inyecciones de resinas epóxicas. Colocar mallas de acero, que aportan el acero mínimo para evitar grietas por retracción y temperatura.	
ATAQUE POR FUEGO	Descascaramiento de recubrimiento quedando el acero expuesto a la intemperie, con total deformación del mismo.	Seguir los lineamientos de la NSR-10, Título C, numeral 7.7.1, para el recubrimiento de concreto colocado contra el suelo y que esté expuesto permanentemente a él, debe ser de 75 mm. En caso de estar expuesto a fuego, reemplazar según las condiciones de la armadura de forma total o parcial, o reforzar la misma.	

Tabla 5 “Continuación”.

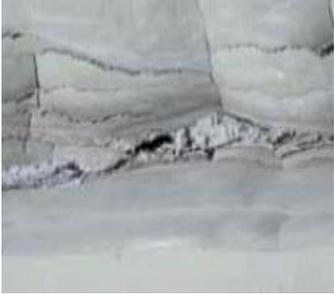
PATOLOGÍA	CARACTERÍSTICA	SOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
LIXIVIACIÓN	Superficie arenosa, concreto poroso, de baja resistencia.	Los aditivos pueden ayudar a controlar la lixiviación a través de dos mecanismos: reduciendo la permeabilidad y convirtiendo el hidróxido de calcio soluble en hidróxido de silicato de calcio insoluble (CSH). Las clases de aditivos que reducen la permeabilidad incluyen reductores de agua, superplastificadores (SIKAPLAST-100), y agentes inclusores de aire. Baja relación a/c	
REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO (RAA)	Fisuras frecuentes e importantes en zonas secas o con mucho sol. Aparecen tardíamente, en meses, incluso años. Fisuras piel de cocodrilo con una sustancia blanca que exuda el concreto.	No utilizar agregados reactivos al álcali como vidrios volcánicos, rolitas, latitas, dacitas, areniscas, calizas filitas. Deben colocarse juntas de retracción que permitan expansiones y contracciones del concreto, especialmente en elementos de grandes superficies.	
FORMACIÓN ESTRINGITA DIFERIDA (FED)	Grietas en forma de mapa, Comienzan como fisuras de poca profundidad, pero pueden convertirse en fisuras cuya profundidad sea importante. Ocasionan desprendimiento de la capa superficial del concreto.	Deben colocarse juntas de retracción que permitan expansiones y contracciones del concreto, especialmente en elementos de grandes superficies. Colocar mallas de acero, que aportan el acero mínimo para evitar grietas por retracción y temperatura.	

Tabla 5 “Continuación”.

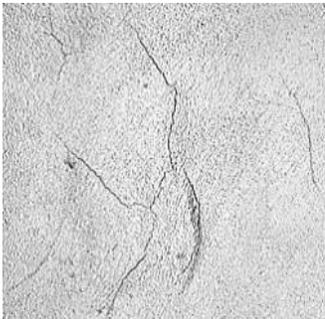
PATOLOGÍA	CARACTERÍSTICA	SOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
CONTRACCIÓN POR SECADO	Son fisuras pequeñas, de 2 a 4 centímetros de longitud. Algunas pueden llegar hasta 10 centímetros. Estas pueden afectar solamente los recubrimientos.	Se evitan haciendo un buen curado del concreto, humedeciéndolo adecuadamente en el proceso de secado. Reduciendo la relación a/c. Para curar las fisuras por retracción hidráulica, es necesario utilizar un aditivo para sellarlas mezclándolo con una lechada.	
HORMIGUEROS	Ocurre cuando el agregado no tiene recubrimiento de la pasta de cemento, por segregación de materiales.	Adecuada compactación del concreto. Formaleta hermética que evite fuga de la pasta del cemento y formación de burbujas. Para corregir esta patología, es necesario la preparación de una lechada con un aditivo que permita permeabilizar y sellar la superficie de la estructura.	
ATAQUE DE ÁCIDOS	El concreto expuesto a ácidos en el suelo o en aguas freáticas puede desintegrarse en sólo unos años. El ácido ataca al concreto disolviendo los productos de hidratación del cemento o a través de reacciones químicas ácido-base.	Los aditivos reductores de agua, incluyendo los superplastificadores, reducen la relación agua-cemento, y, por lo tanto, la permeabilidad. Para corregir esta patología es necesario reformar la estructura según el daño causado.	

Tabla 5 “Continuación”.

PATOLOGÍA	CARACTERÍSTICA	SOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
ATAQUE DE SULFATOS	El concreto que está expuesto a sulfatos, usualmente en el suelo o en aguas freáticas, puede desintegrarse en solo unos cuantos años debido a una reacción física o química, o ambos.	Utilizar aditivos reductores de agua para mejorar la resistencia a sulfatos, permitiendo relaciones de agua cemento de 0.45 o más bajos, para exposiciones severas, sin sacrificar la trabajabilidad. En lo posible, emplear aditivos reductores de agua que no contengan cloruro de calcio, ya que las bajas concentraciones de cloruros disminuyen la resistencia a sulfatos.	
CARBONATACIÓN	Inclusión del dióxido de carbono (CO2), en los poros del concreto ya fraguado. Desintegración de parte del recubrimiento en la estructura y mancha blanca. Respetar los recubrimientos según los lineamientos de la NSR-10, Título C, numeral 7.7.1, para el recubrimiento de concreto colocado contra el suelo y que esté expuesto permanentemente a él, debe ser de 75 mm.	Producir concretos de baja permeabilidad: estas incluyen relaciones bajas de agua/cemento. Compactación apropiada por vibración, uso de puzolanas como cenizas volantes o humo de sílice, y un curado del concreto apropiado. Para prevenir patologías por carbonatación se debe aplicar una pintura anti carbonatación, por ejemplo, el Sikagard®-670 W Elastocolor, ésta es una pintura de protección frente a carbonatación, mono componente, a base de resinas acrílicas en dispersión acuosa, que produce una superficie de acabado mate.	

Durante el proceso constructivo de las placas taladros, se emplean separadores hechos en obra llamados panelas o cubos de concreto, éstas son secciones cuadradas de 10 cm por cada lado y 5 cm de alto, con alambre Negro No.16 cuya finalidad, es aislar el acero de refuerzo de la superficie, protegiéndolo así de la humedad, para posteriormente evitar corrosión de la armadura y por ende falla de la estructura al presentarse fisura o grieta.

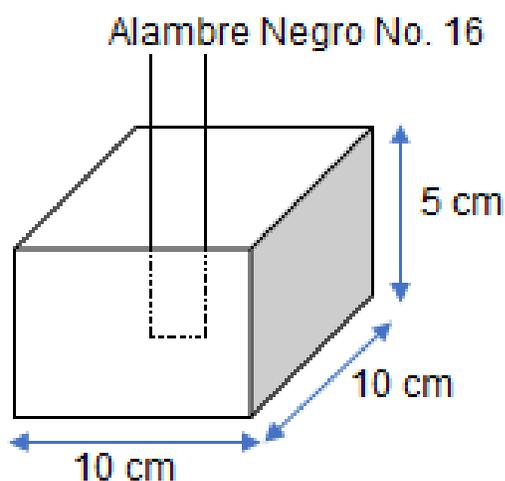


Figura 9. Cubo de concreto. Fuente: Autor

Con la ayuda de estos cubos en concreto se deja un recubrimiento de 5 cm en la cara inferior de la placa, y de 5 cm en la cara superior de la placa, considerando que en la NSR-10 C.23-C.15.14.4.4 el recubrimiento del refuerzo en la superficie superior de la losa no debe ser menor de 40 mm para losas sobre el terreno y de 25 mm para losas-membrana. El recubrimiento entre la superficie inferior de la losa y el refuerzo no debe ser menos de 40 mm tanto en losas sobre el terreno como en losas-membrana cuando la sub-base está estabilizada de tal manera que el vaciado del concreto no la desplace o cuando la sub-base está cubierta con una barrera plástica. El recubrimiento no debe ser menor de 50 mm cuando la sub-base no está estabilizada

o cuando no se coloca la barrera plástica. Las losas sobre el terreno de más de 200 mm de espesor deben cumplir los mismos requisitos de recubrimiento que las losas de cimentación.

4.3 Guía de inventoría técnica con criterios de inspección visual para evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi.

Con el desarrollo de la Guía de inventoría técnica se busca no solo evaluar las patologías encontradas en la construcción de las placas taladros, sino también brindar una guía de apoyo para cualquier situación presentada en un concreto de 3000 Psi bajo especificaciones similares, dando a conocer las patologías más comunes, como identificarlas mediante la caracterización hecha, y lo más importante, como solucionar dichas patologías. Considerando las patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi, para el estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal, Casanare, se utilizarán convenciones gráficas para identificar las patologías así:

Tabla 6

Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual

Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual															
Evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.															
Elaboró	Ing.L.ALEJANDRA PAEZ GAONA			Código:	860111	Director	MSC. MILTON MENA SERNA								
	Ing. CARLOS CASTRO DURAN			Código:	860110										
Convenciones gráficas de patologías															
FISICAS	Fisuras por cambios de humedad	A1		REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO (RAA)	Fisuras por expansión.	B1		QUIMICAS	Ataque de ácidos	C1		MECANICAS	Sobrecargas	D1	
	Fisuras por cambios de temperatura	A2		FORMACIÓN ESTRINGITA DIFERIDA (FED)	Grietas en forma de mapa	B2			Ataque de sulfatos	C2			Grietas (Mayores a 0,5mm)	D2	
	Ataque por fuego	A3		CONTRACCIÓN POR SECADO	Retracción hidráulica	B3			Carbonatación	C3			Deflexiones y asentamientos	D3	
	Lixiviación	A4		HORMIGUEROS	Exposición agregado grueso y vacíos.	B4			Eflorescencias	C4			Abrasión	D4	
ELECTRO QUIMICAS CORROSIÓN	E1		BIOLOGICAS	Pudrición o disgregación	F1			OTRAS	G1						
Caracterización de la patología															
(Responder con una "x" si aplica)															

Autores (2019)

Tabla 6. "Continuación "

Identificación de Patologías				SI	NO	Identificación de Patologías				SI	NO
FISICAS	La estructura tiene fisuras <0,5mm que atraviesan la pasta del cemento pero no al agregado ? Y su entorno es humedo?			A1		MECANICAS	La carga de servicio de la estructura es la diseñada?		D1		
	La estructura tiene fisuras >0,5mm que atraviesan tanto la pasta del cemento como la del agregado ?			A2	x		La estructura tiene fisuras >0,5 mm ?		D2		
	El acero está expuesto y deformado?			A3			La estructura tiene deformaciones en la superficie?		D3		
	¿La superficie del concreto tiene apariencia arenosa?			A4			La estructura presenta desgaste en la superficie?		D4		
	Temperatura del lugar de la estructura es menor a 40°C			B1		ELECTROQUIMICAS	La estructura ha perdido recubrimiento y acero está oxidado?(Corrosión)		E1		
	La superficie del concreto tiene grietas en forma de mapa			B2			Corrosión por desprendimiento de la pasta de cemento.		E1		
	¿La superficie del concreto es poroso y permeable?			B3		BIOLOGICAS	La estructura tiene hongos o capa color verde en la superficie?		F1		
	La superficie del concreto tiene vacios?			B4			La estructura tiene formación de plantas o musgo?		F1		
QUIMICAS	La estructura tiene desintegración de la capa superficial y está cerca a aguas residuales, aguas de minas y/o industriales.			C1		BIOLOGICAS	Fisuras con formación de hongos dentro		F1		
	Concreto con superficie fracturada y blanda, Separación pasta de agregados.			C2			Mancha color verde en la superficie de la estructura.		F1		
	La estructura tiene desprendimiento de la capa de recubrimiento y acero oxidado (Escamado)			C3			OTRAS	La estructura tiene grietas >0,5mm transversales? (Grietas por flexión)		G1	
	La superficie del concreto tiene mancha color blanco			C4		La estructura tiene grietas inclinadas (ángulo 45°) en el punto de aplicación de cargas concentradas? Grietas por cortante.		G1			
	La estructura se encuentra cerca a aguas salinas y ha perdido pasta de cemento?			C1		La estructura tiene grietas que atraviesan toda la sección en forma de espiral? (Grietas por torsión)		G1			
	Disgregación de la estructura entre la pasta de cemento, agregados y acero (FED, ataque de sulfatos)			C2		Aparición de parte de pasta del cemento fuera de la formaleta.(Rebaba)		G1			
	Acero de refuerzo al descubierto por agrietamiento (Carbonatación)			C3							
	Humedad relativa entre 65 y 98% (Carbonatación)			C3							
TIPO DE PATOLOGÍA	Fisuras por cambios de temperatura	FISICA	X	QUIMICA	MECANICA		BIOLOGICA		OTRAS		
REGISTRO FOTOGRÁFICO						DIAGNÓSTICO					
		Observaciones				La estructura tiene fisuras >0,5mm que atraviesan tanto la pasta del cemento como la del agregado .					
		Observaciones				MEDIDAS CORRECTIVAS					
						Deben colocarse juntas de retracción que permitan expansiones y contracciones del concreto, especialmente en elementos de grandes superficies.					

Tabla 7
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual

Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual											
Evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.										 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia <small>1955</small>	
Elaboró	Ing.L.ALEJANDRA PAEZ GAONA			Código:	860111	Director	MSC. MILTON MENA SERNA				
	Ing. CARLOS CASTRO DURAN			Código:	860110						
Convenciones gráficas de patologías											
FISICAS	Fisuras por cambios de humedad	A1	REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO (RAA)	Fisuras por expansión.	B1	QUIMICAS	Ataque de ácidos	C1	MECANICAS	Sobrecargas	D1
	Fisuras por cambios de temperatura	A2	FORMACIÓN ESTRINGITA DIFERIDA (FED)	Grietas en forma de mapa	B2		Ataque de sulfatos	C2		Grietas (Mayores a 0,5 mm)	D2
	Ataque por fuego	A3	CONTRACCIÓN POR SECADO	Retracción hidráulica	B3		Carbonatación	C3		Deflexiones y asentamientos	D3
	Lixiviación	A4	HORMIGUEROS	Exposición agregado grueso y vacíos.	B4		Eflorescencias	C4		Abrasión	D4
ELECTRO QUIMICAS CORROSIÓN	E1	BIOLOGICAS	Putrición o disgregación	F1	REBABA	G1					
Caracterización de la patología											
(Responder con una "x" si aplica)											
Identificación de Patologías				SI	NO	Identificación de Patologías				SI	NO
FISICAS	La estructura tiene fisuras <0,5 mm que atraviesan la pasta del cemento pero no al agregado ? Y su entorno es humedo?			A1		MECANICAS	La carga de servicio de la estructura es la diseñada?			D1	
	La estructura tiene fisuras >0,5 mm que atraviesan tanto la pasta del cemento como la del agregado ?			A2			La estructura tiene fisuras >0,5 mm ?			D2	
	El acero está expuesto y deformado?			A3			La estructura tiene deformaciones en la superficie?			D3	
	¿La superficie del concreto tiene apariencia arenosa?			A4			La estructura presenta desgaste en la superficie?			D4	
FISICAS	Temperatura del lugar de la estructura es menor a 40°C			B1		ELECTROQUIMICA	La estructura ha perdido recubrimiento y acero está oxidado?(Corrosión)			E1	
	La superficie del concreto tiene grietas en forma de mapa			B2			Corrosión por desprendimiento de la pasta de cemento.			E1	
	¿La superficie del concreto es poroso y permeable?			B3		BIOLOGICAS	La estructura tiene hongos o capa color verde en la superficie?			F1	
	La superficie del concreto tiene vacios?			B4			La estructura tiene formación de plantas o musgo?			F1	
QUIMICAS	La estructura tiene desintegración de la capa superficial y está cerca a aguas residuales, aguas de minas y/o industriales.			C1		BIOLOGICAS	Fisuras con formación de hongos dentro			F1	
	Concreto con superficie fracturada y blanda, Separacion pasta de agregados.			C2			Mancha color verde en la superficie de la estructura.			F1	
	La estructura tiene desprendimiento de la capa de recubrimiento y acero oxidado (Escamado)			C3			OTRAS	La estructura tiene grietas >0,5 mm transversales? (Grietaspor flexión)			G1
	La superficie del concreto tiene mancha color blanco			C4		La estructura tiene grietas inclinadas (ángulo 45°) en el punto de aplicación de cargas concentradas? Grietas por cortante.			G1		
	La estructura se encuentra cerca a aguas salinas y ha perdido pasta de cemento?			C1		La estructura tiene grietas que atraviesan toda la sección en forma de espiral? (Grietas por torsión)			G1		
	Disgregación de la estructura entre la pasta de cemento, agregados y acero (FED, ataque de sulfatos)			C2		Aparición de parte de pasta del cemento fuera de la formaleta.(Rebaba)			G1	X	
	Acero de refuerzo al descubierto por agrietamiento (Carbonatación)			C3							
Humedad relativa entre 65 y 98% (Carbonatación)			C3								
TIPO DE PATOLOGÍA	REBABA		FISICA	QUIMICA	MECANICA		BIOLOGICA		REBABA	X	

Autores (2019)

Tabla 7. "Continuación "

REGISTRO FOTOGRÁFICO		DIAGNÓSTICO
	<p>Observaciones</p>	<p>Aparición de parte de pasta del cemento fuera de la formaleta.</p>
	<p>Observaciones</p>	<p>MEDIDAS CORRECTIVAS</p> <p>No utilizar mezcla muy fluida. Utilizar formaleta hermética.</p>

Tabla 8
Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual

Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual															
Evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.										 Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta - Colombia <small>Agencia Acreditada</small>					
Elaboró		Ing.L.ALEJANDRA PAEZ GAONA		Código:	860111	Director		MSC. MILTON MENA SERNA							
		Ing. CARLOS CASTRO DURAN		Código:	860110										
Convenciones gráficas de patologías															
FISICAS	Fisuras por cambios de humedad	A1		REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO (RAA)	Fisuras por expansión.	B1		QUIMICAS	Ataque de ácidos	C1		MECANICAS	Sobrecargas	D1	
	Fisuras por cambios de temperatura	A2		FORMACIÓN ESTRINGITA DIFERIDA (FED)	Grietas en forma de mapa	B2			Ataque de sulfatos	C2			Grietas (Mayores a 0,5 mm)	D2	
	Ataque por fuego	A3		CONTRACCIÓN POR SECADO	Retracción hidráulica	B3			Carbonatación	C3			Deflexiones y asentamientos	D3	
	Lixiviación	A4		HORMIGUEROS	Exposición agregado grueso y vacíos.	B4			Eflorescencias	C4			Abrasión	D4	
ELECTRO QUIMICAS CORROSIÓN	E1		BIOLOGICAS	Putrición o disgregación	F1		OTRAS	G1							
Caracterización de la patología															
(Responder con una "x" si aplica)															
Identificación de Patologías				SI	NO	Identificación de Patologías				SI	NO				
FISICAS	La estructura tiene fisuras <0,5 mm que atraviesan la pasta del cemento pero no al agregado ? Y su entorno es humedo?			A1		MECANICAS	La carga de servicio de la estructura es la diseñada?			D1					
	La estructura tiene fisuras >0,5 mm que atraviesan tanto la pasta del cemento como la del agregado ?			A2			La estructura tiene fisuras >0,5 mm ?			D2					
	El acero está expuesto y deformado?			A3			La estructura tiene deformaciones en la superficie?			D3					
	¿La superficie del concreto tiene apariencia arenosa?			A4			La estructura presenta desgaste en la superficie?			D4					
	Temperatura del lugar de la estructura es menor a 40°C			B1		ELECTROQUIMICA	La estructura ha perdido recubrimiento y acero está oxidado?(Corrosión)			E1					
	La superficie del concreto tiene grietas en forma de mapa			B2			Corrosión por desprendimiento de la pasta de cemento.			E1					
	¿La superficie del concreto es poroso y permeable?			B3		BIOLOGICAS	La estructura tiene hongos o capa color verde en la superficie?			F1					
	La superficie del concreto tiene vacios?			B4			La estructura tiene formación de plantas o musgo?			F1					
QUIMICAS	La estructura tiene desintegración de la capa superficial y está cerca a aguas residuales, aguas de minas y/o industriales.			C1		BIOLOGICAS	Fisuras con formación de hongos dentro			F1					
	Concreto con superficie fracturada y blanda, Separacion pasta de agregados.			C2			Desgaste de la superficie de la estructura en concreto			F1					
	La estructura tiene desprendimiento de la capa de recubrimiento y acero oxidado (Escamado)			C3		OTRAS	La estructura tiene grietas >0,5 mm transversales? (Grietaspor flexión)			G1					
	La superficie del concreto tiene mancha color blanco			C4			La estructura tiene grietas inclinadas (ángulo 45°) en el punto de aplicación de cargas concentradas? Grietas por cortante.			G1					
	La estructura se encuentra cerca a aguas salinas y ha perdido pasta de cemento?			C1			La estructura tiene grietas que atraviesan toda la sección en forma de espiral? (Grietas por torsión)			G1					
	Disgregación de la estructura entre la pasta de cemento, agregados y acero (FED, ataque de sulfatos)			C2			Aparición de parte de pasta del cemento fuera de la formaleta.(Rebaba)			G1					
	Acero de refuerzo al descubierto por agrietamiento (Carbonatación)			C3											
	Humedad relativa entre 65 y 98% (Carbonatación)			C3											
TIPO DE PATOLOGÍA		ABRACION		FISICA	QUIMICA	MECANICA		BIOLOGICA	OTRAS	X					

Autores (2019)

Tabla 8. "Continuación "

REGISTRO FOTOGRÁFICO		DIAGNÓSTICO
	Observaciones	Desgaste de la superficie de la estructura en concreto, o desprendimiento de lámina superficial.
	Observaciones	MEDIDAS CORRECTIVAS
		Concreto con baja relación A/C. Acabado con llana de acero.

Tabla 9

Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual

Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual															
Evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.										 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia <small>1958</small>					
Elaboró		Ing.L.ALEJANDRA PAEZ GAONA		Código:	860111	Director		MSC. MILTON MENA SERNA							
		Ing. CARLOS CASTRO DURAN		Código:	860110										
Convenciones gráficas de patologías															
FISICAS	Fisuras por cambios de humedad	A1		REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO (RAA)	Fisuras por expansión.	B1		QUIMICAS	Ataque de ácidos	C1		MECANICAS	Sobrecargas	D1	
	Fisuras por cambios de temperatura	A2		FORMACIÓN ESTRINGITA DIFERIDA (FED)	Grietas en forma de mapa	B2			Ataque de sulfatos	C2			Grietas (Mayores a 0,5 mm)	D2	
	Ataque por fuego	A3		CONTRACCIÓN POR SECADO	Retracción hidráulica	B3			Carbonatación	C3			Deflexiones y asentamientos	D3	
	Lixiviación	A4		HORMIGUEROS	Exposición agregado grueso y vacíos.	B4			Eflorescencias	C4			Abrasión	D4	
ELECTRO QUIMICAS CORROSIÓN	E1		BIOLOGICAS	Putrición o disgregación	F1		OTRAS	G1							
Caracterización de la patología															
(Responder con una "x" si aplica)															
Identificación de Patologías				SI	NO	Identificación de Patologías				SI	NO				
FISICAS	La estructura tiene fisuras <0,5 mm que atraviesan la pasta del cemento pero no al agregado ? Y su entorno es humedo?			A1		MECANICAS	La carga de servicio de la estructura es la diseñada?			D1					
	La estructura tiene fisuras >0,5 mm que atraviesan tanto la pasta del cemento como la del agregado ?			A2			La estructura tiene fisuras >0,5 mm ?			D2					
	El acero está expuesto y deformado?			A3			La estructura tiene deformaciones en la superficie?			D3					
	¿La superficie del concreto tiene apariencia arenosa?			A4			La estructura presenta desgaste en la superficie?			D4					
FISICAS	Temperatura del lugar de la estructura es menor a 40°C			B1		ELECTROQUIMICA	La estructura ha perdido recubrimiento y acero está oxidado?(Corrosión)			E1					
	La superficie del concreto tiene grietas en forma de mapa			B2			Corrosión por desprendimiento de la pasta de cemento.			E1					
	¿La superficie del concreto es poroso y permeable?			B3			La estructura tiene hongos o capa color verde en la superficie?			F1					
	La superficie del concreto tiene vacios?			B4			La estructura tiene formación de plantas o musgo?			F1					
QUIMICAS	La estructura tiene desintegración de la capa superficial y está cerca a aguas residuales, aguas de minas y/o industriales.			C1		BIOLOGICAS	Fisuras con formación de hongos dentro			F1					
	Concreto con superficie fracturada y blanda, Separacion pasta de agregados.			C2			Desgaste de la superficie de la estructura en concreto			F1					
	La estructura tiene desprendimiento de la capa de recubrimiento y acero oxidado (Escamado)			C3		OTRAS	La estructura tiene grietas >0,5 mm transversales? (Grietaspor flexión)			G1					
	La superficie del concreto tiene mancha color blanco			C4			La estructura tiene grietas inclinadas (ángulo 45°) en el punto de aplicación de cargas concentradas? Grietas por cortante.			G1					
	La estructura se encuentra cerca a aguas salinas y ha perdido pasta de cemento?			C1			La estructura tiene grietas que atraviesan toda la sección en forma de espiral? (Grietas por torsión)			G1					
	Disgregación de la estructura entre la pasta de cemento, agregados y acero (FED, ataque de sulfatos)			C2			Aparición de parte de pasta del cemento fuera de la formaleta.(Rebaba)			G1					
	Acero de refuerzo al descubierto por agrietamiento (Carbonatación)			C3											
	Humedad relativa entre 65 y 98% (Carbonatación)			C3											
TIPO DE PATOLOGÍA		POP OUT		FISICA	QUIMICA	MECANICA	BIOLOGICA	OTRAS	X						

Autores (2019)

Tabla 9. "Continuación "

REGISTRO FOTOGRÁFICO		DIAGNÓSTICO
	<p>Observaciones</p>	<p>Desprendimiento de una porción de recubrimiento, originado por una presión localizada. Esto se debe a la presencia de agregados porosos que absorben agua que con la presencia de temperaturas bajas el agua se congela, aumentando su volumen</p>
	<p>Observaciones</p>	<p>MEDIDAS CORRECTIVAS</p> <p>Utilizar aditivo para impermeabilizar el concreto. Hacer buen curado del concreto. Proteger la superficie del concreto con un sellante (Antisol). Reducir la relación a/c para garantizar la resistencia esperada.</p>

Tabla 10

Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual

Guía de Interventoría técnica con criterios de inspección visual															
Evaluación de patologías físico-químicas del concreto de 3000 psi estudio de caso: placa taladros en plataformas petroleras en la ciudad de Yopal Casanare.										 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Carle - Colombia</small> <small>Ugna - Venezuela</small>					
Elaboró		Ing.L.ALEJANDRA PAEZ GAONA		Código:	860111	Director		MSC. MILTON MENA SERNA							
		Ing. CARLOS CASTRO DURAN		Código:	860110										
Convenciones gráficas de patologías															
FISICAS	Fisuras por cambios de humedad	A1		REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO (RAA)	Fisuras por expansión.	B1		QUIMICAS	Ataque de ácidos	C1		MECANICAS	Sobrecargas	D1	
	Fisuras por cambios de temperatura	A2		FORMACIÓN ESTRINGITA DIFERIDA (FED)	Grietas en forma de mapa	B2			Ataque de sulfatos	C2			Grietas (Mayores a 0,5 mm)	D2	
	Ataque por fuego	A3		CONTRACCIÓN POR SECADO	Retracción hidráulica	B3			Carbonatación	C3			Deflexiones y asentamientos	D3	
	Lixiviación	A4		HORMIGUEROS	Exposición agregado grueso y vacíos.	B4			Eflorescencias	C4			Abrasión	D4	
ELECTRO QUIMICAS CORROSIÓN	E1		BIOLOGICAS	Putrición o disgregación	F1		OTRAS	G1							
Caracterización de la patología															
(Responder con una "x" si aplica)															
Identificación de Patologías				SI	NO	Identificación de Patologías				SI	NO				
FISICAS	La estructura tiene fisuras <0,5 mm que atraviesan la pasta del cemento pero no al agregado ? Y su entorno es humedo?			A1		MECANICAS	La carga de servicio de la estructura es la diseñada?			D1					
	La estructura tiene fisuras >0,5 mm que atraviesan tanto la pasta del cemento como la del agregado ?			A2			La estructura tiene fisuras >0,5 mm ?			D2					
	El acero está expuesto y deformado?			A3			La estructura tiene deformaciones en la superficie?			D3					
	¿La superficie del concreto tiene apariencia arenosa?			A4			La estructura presenta desgaste en la superficie?			D4					
FISICAS	Temperatura del lugar de la estructura es menor a 40°C			B1		ELECTROQUIMICA	La estructura ha perdido recubrimiento y acero está oxidado?(Corrosión)			E1					
	La superficie del concreto tiene grietas en forma de mapa			B2			Corrosión por desprendimiento de la pasta de cemento.			E1					
	¿La superficie del concreto es poroso y permeable?			B3		BIOLOGICAS	La estructura tiene hongos o capa color verde en la superficie?			F1					
	La superficie del concreto tiene vacios?			B4			La estructura tiene formación de plantas o musgo?			F1					
QUIMICAS	La estructura tiene desintegración de la capa superficial y está cerca a aguas residuales, aguas de minas y/o industriales.			C1		BIOLOGICAS	Fisuras con formación de hongos dentro			F1					
	Concreto con superficie fracturada y blanda, Separacion pasta de agregados.			C2			Desgaste de la superficie de la estructura en concreto			F1					
	La estructura tiene desprendimiento de la capa de recubrimiento y acero oxidado (Escamado)			C3	X		OTRAS	La estructura tiene grietas >0,5 mm transversales? (Grietaspor flexión)			G1				
	La superficie del concreto tiene mancha color blanco			C4		La estructura tiene grietas inclinadas (ángulo 45°) en el punto de aplicación de cargas concentradas? Grietas por cortante.			G1						
	La estructura se encuentra cerca a aguas salinas y ha perdido pasta de cemento?			C1		La estructura tiene grietas que atraviesan toda la sección en forma de espiral? (Grietas por torsión)			G1						
	Disgregación de la estructura entre la pasta de cemento, agregados y acero (FED, ataque de sulfatos)			C2		Aparición de parte de pasta del cemento fuera de la formaleta.(Rebaba)			G1						
	Acero de refuerzo al descubierto por agrietamiento (Carbonatación)			C3											
	Humedad relativa entre 65 y 98% (Carbonatación)			C3											
TIPO DE PATOLOGÍA		Carbonatación		FISICA		QUIMICA	X	MECANICA		BIOLOGICA		OTRAS	X		

Autores (2019)

Tabla 10. "Continuación "

REGISTRO FOTOGRÁFICO		DIAGNÓSTICO
	Observaciones	Inclusión del dióxido de carbono (CO ₂), en los poros del concreto ya fraguado. El CO ₂ al estar en contacto con los componentes calinos se disuelve en los poros, resultando en ácido carbónico, convirtiéndose el hidróxido de calcio (cal libre del cemento) en carbonato de calcio (CaCO ₃) y agua. El Ph superficial del concreto, disminuye de 13 a 9, disminuyendo la capa pasiva o protectora del acero a la corrosión, por cuanto a incrementar la penetración de la carbonatación se hace nulo el efecto de la capa pasivadora del recubrimiento del concreto.
	Observaciones	MEDIDAS CORRECTIVAS Respetar los recubrimientos según los lineamientos de la NSR-10, Título C, numeral 7.7.1, para el recubrimiento de concreto colocado contra el suelo y que esté expuesto permanentemente a él, debe ser de 75 mm.

Conclusiones

Las patologías no se originarían si se llevara a cabo un riguroso plan de trabajo, con procedimientos de trabajo, certificaciones de calidad de los materiales, laboratorios, diseño de mezclas, todos debidamente supervisados y aprobados por la interventoría, antes de ejecutar la actividad y un plan post actividad, que incluye supervisión de curado del concreto, teniendo en cuenta que el éxito de una obra depende tanto de la buena práctica durante la ejecución como también del seguimiento en el curado de la estructura. Es necesario un seguimiento por parte de la interventoría a la evolución de las placas taladros hasta la entrega de la obra.

Las placas taladros son estructuras que solían construirse de forma monolítica, lo que incurría en fisuras por retracción hidráulica, es importante, considerar para su construcción, juntas de dilatación que no limiten la estructura durante el cambio volumétrico en el proceso de secado. O en su efecto, considerar la adición de un aditivo super plastificante que permita moldear el concreto reduciendo la porosidad y la permeabilidad.

Al momento de presentar la estructura una patología, es necesario una intervención inmediata para su debida corrección, sea la patología una fisura, un descascaramiento o proceso de corrosión, es necesario realizar una inspección detallada, determinando las causas que originan el daño, dependiendo de la afectación de la estructura, se hace necesario reemplazar la estructura, de lo contrario se procede a corregir solo la parte que presenta el daño, para esto, el proceso de mejora se apoya con un aditivo que brinde adherencia entre el concreto viejo y el nuevo, o según sea el caso.

Dentro de la corrección de una patología, es necesario tener un registro fotográfico, como material de apoyo a la inspección visual, para finalmente identificar y caracterizar tanto los daños como la solución. Con ayuda de la guía técnica, se puede comparar la patología a corregir con las valoradas en el diagnóstico del presente documento, y de acuerdo a la sintomatología proceder a realizar una mejora. Tener en cuenta las causas que originan las patologías más comunes, sirve de ayuda para prevenir los defectos del concreto, o en su efecto, solucionar los que se evidencian.

En la construcción de las placas taladros, es necesario considerar y evaluar el recubrimiento con el que se construyen estas estructuras, considerando que el lugar donde se llevan a cabo estos proyectos son zonas con un nivel freático alto dado los cultivos de arroz y demás, el terreno tiende a presentar humedad, que puede convertirse en un riesgo para la estabilidad y buen funcionamiento de la estructura. El hacer cubos de concreto es una buena opción para separar la armadura del terreno, sin embargo, se debe considerar dejarlas de 7 cm en lugar de 5 cm, y descartar totalmente los separadores en acero porque suelen convertirse en medios de transporte de la humedad del suelo a la estructura.

Referencias

- Aguirre M, Jiménez J, Rincón J, Valencia P. Erosión. Tecnología del concreto. Instituto Tecnológico de Guaymas. [Seriada en línea] 2012 [Citado Feb. 02. 2016]; [pág. 22].
 Disponible en: <https://prezi.com/5zu3zh4rt6lu/patologia-del-concreto/>
- Akopova, A. (2016). Análisis comparativo de normativas, ACI 318-14 y EHE-08. (Trabajo de postgrado). Universidad de Coruña.
- Álvarez Rodríguez, O. (2003). Patología, diagnóstico y rehabilitación de edificaciones. (Trabajo de postgrado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural, ACI 318S-14. U.S.A: ACI. 2014. 320 p.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Control de la fisuración en estructuras de hormigón. ACI 224R-01. USA: ACI.2001. 53 p.
- ARANA Barbosa, RAFAEL Yeim.(2013). *“Patología de las filtraciones en vivienda unifamiliar ubicada en Urbanización Buena vista. Municipio Sucre, Estado Miranda, Caracas”*. (Tesis de pregrado). Universidad Nueva Esparta, Venezuela. Obtenido de <http://www.miunespace.une.edu.ve/jspui/bitstream/123456789/2267/1/TG5028.pdf>
- ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Título C-Concreto estructural. NSR-2010. Bogotá D.C.: AIS.2010. 590 p.
- ASTM INTERNATIONAL. Terminología estándar relacionada con las pruebas de corrosión y corrosión. ASTM G15-99b. USA: Copyright ©. 1999. www.astm.org
- Astorga, A., & Rivero, P. Patologías en las edificaciones. Cigir [Internet]. 2009; 44.

- Avendaño, R. E. (2006). Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial (Trabajo de pregrado). Universidad de Costa Rica, San José.
- Broto C. Enciclopedia Broto de patologías de la construcción. Barcelona: Links Internacional; [serial en línea] 2009 [Citado 2016 Ene. 3]. Disponible en:
<http://www.freelibros.org/ingenieria/patologias-de-la-construccion.html>
- Catcoparco M. Exudación. Tecnología del concreto. Concreto II parte tecnología del concreto. [Seriada en línea] 2014 [Citado Feb. 03. 2016] [páginas 8-9]. Disponible en:
<https://slideplayer.es/slide/13917770/>
- Fernández A. Tipos de fisuras en las Estructuras de Hormigón Armado. [Seriada en línea] 2015, [Citado Ene. 23. 2016], 1 (1): [1 páginas]. Disponible en: <http://edeferic.com/tipos-de-fisuras-en-las-estructuras-de-hormigon-armado/>.
- Figueira, G., & Yajure, J. (2016). Análisis patológico en fallas estructurales en la sucursal 730 del Banco de Venezuela en Maracay (Doctoral dissertation). Estado Aragua en Venezuela. <http://miunespace.une.edu.ve/jspui/handle/123456789/2841>
- Gómez, J. & Palacios, E. (2011) Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas. (Trabajo de postgrado). Universidad de Medellín, Medellín.
- Henríquez Montoya, J. A. (2016). *Patología Y Propuestas De Rehabilitación De Las Viviendas Del Barrio Amazonas, Sector 2 De La Parroquia Puerto Bolívar, Cantón Machala* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Machala. Disponible en:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7927>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Concretos, durabilidad de estructuras de concreto, NTC 5551. Bogotá D.C.: El Instituto. 2007.24 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Especificaciones de los agregados para concreto, NTC 174. Bogotá D.C.: El instituto. 2018. 30 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Producción de concreto, NTC 3318. Bogotá D.C.: El instituto. 2000.29 p.

Mendoza R. Ingeniería Civil - IX ciclo Curso de Procedimientos Constructivos – II Tema:

“Patologías en el Concreto” Catedrático. [Seriada en línea] 2014 [Citado 2016 Feb 28]; [página 20]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/vidalrm/patologas-en-el-concreto>.

Palacios A. 2012. HUMEDAD POR FILTRACIÓN. [Seriado en línea] 2012., [Citado Ene. 26. 2016], 2 (2): [2 páginas]. Disponible en: <http://www.casasrestauradas.com/humedades-tipos-y-consecuencia-del-agua-en-los-materiales/>

Paredes J, Prieto J. Corrosión del Acero en el Elemento del Hormigón Armado. [Seriada en línea] 2013, [Citado Ene. 24. 2016], 2 (1): [6 páginas]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24384>

Parra B, Vásquez P. Patología, diagnóstico y propuestas de rehabilitación de la vivienda de la familia bermeo alarcón, [Seriado en línea] 2014, [Citado Ene. 25. 2016], 32 (1): [157 páginas].Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5528/1/Tesis.pdf>.

Pazini, E. (2015). Patologías del Concreto. Instituto Tecnológico de Oaxaca, [seriado en línea], 14. Disponible en: <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/1935>

Pisfil H. Oxidación y corrosión. Patología de la edificación estructuras metálicas. [Seriada en línea] 2014 [Citado 2016 Mar. 01]; [páginas 4-6-7-8-20]. Disponible en:

<http://es.slideshare.net/lucris811/humedad-y-filtracion>.

Revista ARQHYS. (2012). Ataques químicos por sulfatos al hormigón. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 07, 2019, de <https://www.arqhys.com/construccion/ataques-quimicos-hormigon.html>.

Rojas, R., & Floirisa, N. (2018). *“Evaluación superficial del pavimento en tres avenidas principales en la ciudad de Chota, región Cajamarca-2018.* (Tesis de pregrado).

Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú. Obtenido de

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27664>

Trevino E.(1998). *Patología de las estructuras de concreto reforzado.* Primera Edición.

Monterrey. Universidad Autónoma de Nuevo León. [Citado Ene. 20. 2016]. Disponible en: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080087103/1080087103_MA.PDF

Wong Seminario, J. G. S. (2017). *Evaluación de las patologías del concreto de la capa de rodadura de la calle Grau cuadradas 01 a la 06 del centro poblado de Jíbito, distrito de Miguel Checa, provincia de Sullana, región Piura-octubre 2015.* (Tesis de grado).

Universidad Católica los Ángeles Chimbote. Piura, Perú. Obtenido de

<http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/686>