



Presentación

Licenciado Luis Martínez Argüello

El notable avance tecnológico de nuestros días no ha logrado eliminar un problema ya tradicional en la práctica de la construcción: la falta de información entre el proyecto estructural y el arquitectónico. Esta ignorancia mutua y las complicaciones que ocasiona en el trabajo de obra constituyen el tema de nuestro primer artículo, que aporta conocimiento y experiencia con el objeto de contribuir a resolver las dificultades

En ocasiones, una disputa entre el propietario y el contratista de una estructura exige una resolución judicial, y entonces las partes contratan los servicios de expertos para que manifiesten su opinión fundada sobre el caso. El papel que toca a estos profesionales no es sencillo y requiere ciertos atributos que deben sumarse a la formación técnica, nos dice Adam Neville en una reflexión sobre el desempeño de esta función.

Cuando el colado se efectúa en condiciones de temperatura elevada, la calidad del concreto se resiente. El autor que aborda este tema explica los efectos adversos que el calor excesivo tiene sobre el material y aconseja contrarrestarlos mediante algunas medidas precautorias que, además de ser producto del desarrollo tecnológico, tienen la ventaja de no resultar complicadas ni costosas.

La información que se presenta sobre trabajos de vialidad urbana realizados en Brasil refiere los beneficios obtenidos de la construcción de un pavimento de concreto estructuralmente armado con mallas soldadas. La economía a largo plazo, con muy bajos costos de mantenimiento, además de pequeñas ventajas comparativas de costo



Aquí! 

inicial con respecto a la decisión.

Un asunto tan importante como es el uso racional del agua dió origen a una investigación en la Universidad Autónoma Metropolitana. El estudio tuvo por objeto analizar la posibilidad del empleo del agua residual tratada en la elaboración de concreto, y para ello practicó mediciones comparativas en especímenes así fabricados y en otros que utilizaron agua potable. Los resultados obtenidos ameritan ampliamente su publicación.

Los saludo cordialmente y como siempre, les deseo el mayor de los éxitos en su actividad.

**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.**
Revista Construcción y Tecnología
Abril 2001
Todos los derechos reservados



Proyecto estructural vs proyecto arquitectónico

No cabe duda de que, para poder iniciar una obra de construcción, es necesario contar por lo menos con una hoja de papel donde quede plasmada una idea, un trazo, un croquis o un esquema que pueda explicar lo que uno se ha imaginado en la mente y desea ver en la realidad.

Hasta donde se ha podido investigar, no existe ningún registro oficial en los libros de historia que indique cuándo se empezaron a dibujar las ideas como dibujo técnico, para poder construir un edificio utilizando una hoja de papel como medio de comunicación entre los obreros y el constructor.

Hemos podido descubrir la forma de representación gráfica de algunas construcciones sólo por los documentos que han sobrevivido al paso del tiempo, por ejemplo, los códigos aztecas, la escritura china sobre papel de arroz o los croquis realizados por inventores tales como Leonardo Da Vinci, Copérnico o de Miguel Ángel, que se hicieron sobre papel pergamino.

De lo que no nos cabe duda, es del hecho de que, para poder explicar nuestras ideas es necesario plasmarlas sobre una superficie, cualquiera que ésta sea, y un ejemplo muy claro de esto pueden ser las pinturas rupestres.

Definitivamente, en el caso de la ingeniería y la arquitectura, el papel y la forma de representación han permitido que estas dos disciplinas tengan uno de los más grandes desarrollos tecnológicos de la era moderna, comparado casi con el de las comunicaciones.

Conforme ha pasado el tiempo, las formas de representación en la arquitectura y la ingeniería han permitido que esta herramienta se vuelva indispensable para poder materializar lo que una vez nació en la mente del creativo, dígase arquitecto, ingeniero, diseñador de interiores, diseñador gráfico o diseñador industrial.

En la arquitectura, la función de dibujar en una, dos o tres dimensiones los volúmenes que posteriormente serían construidos tuvo que hacerse de una herramienta que permitiera explicar a los obreros la forma en que debían acomodar los materiales; y esta herramienta tenía que ser práctica y manejable, y por ello la representación sobre papel fue la óptima.

En la actualidad, los proyectos son cada vez más complejos, y



Aquí! 

A partir del reconocimiento de que un problema tradicional en las obras como es el divorcio y falta de información entre los dos proyectos -el estructural y el arquitectónico- sigue aún vigente, pese a los impresionantes avances de la tecnología, el autor extrae de su experiencia y pone a nuestra disposición una serie de recomendaciones para salvar la dificultad.

el dibujo debe adaptarse a esta circunstancia, ya que el descubrimiento de nuevos materiales y sus resistencias ha hecho que los edificios alcancen alturas insospechadas y que las formas se vuelvan aún más caprichosas y difíciles de solucionar.

El desarrollo del proyecto como tal se viene manejando de manera formal desde principios del siglo XIX, y por ser una herramienta indispensable, también lo es su manufactura. Su evolución ha tenido distintos momentos, desde el dibujo a mano sobre pergaminos, la invención de la regla y las escuadras, pasando por el famoso "Leroy" hasta llegar a la computadora y los programas de dibujo, que han logrado una forma magnífica de simplificar el trabajo.

El programa de dibujo asistido por computadora (CAD) ha sido uno de los más lentos en su desarrollo debido a lo complejo de su programación, ya que se ejecuta por vectores, lo que hace que el cálculo de bits sea matemático y, además, que requiera procesos (rutinas) muy elaborados.

Los primeros programas de CAD aparecieron en la década de los años ochenta y su aplicación resultaba compleja, por lo que sólo técnicos muy capacitados lograban entender las rutinas de dibujo.

Para este año 2001, los programas CAD están tan avanzados, que se pueden tener animaciones computarizadas en realidad virtual y el espectador puede transitar a través de los espacios diseñados con sólo ver la pantalla de la computadora.

Todas estas herramientas han hecho del proyecto la forma de construir sin equivocarse, aunque tal vez ahora, y con la facilidad para interpretar los dibujos, los constructores siguen sufriendo por esa falta de información entre lo arquitectónico y lo estructural.

Dibujar un proyecto hasta hace 20 años era toda una obra de arte y requería un equipo muy capaz y completo que pudiese tener la habilidad de expresar las ideas en el papel, ya sea como planta, corte, alzado, perspectiva o isométrico, lo que hacía que cada dibujo resultara una verdadera obra de arte pues era trazado a lápiz y tinta, pliego por pliego.

Y qué decir de los tiempos de ejecución del proyecto. Lo mínimo que cualquier profesional ofrecía eran meses y no días, lo que hacía que las obras de construcción también tomaran ese ritmo de trabajo o, en su defecto, y por la prisa de iniciar la obra, se arrancaba con unos cuantos planos hechos al vapor.

Pero la tecnología nos ha permitido acercarnos cada día más en todos los aspectos, y es tal el avance que actualmente se puede trabajar a distancia con otros despachos en casi cualquier parte del mundo sin tener que trasladarse a la ciudad o país donde el proyecto se está originando.

A pesar de esta tecnología, todavía muchos constructores siguen sufriendo con la información errónea o la misma falta de información entre el proyecto arquitectónico y el estructural.

Aunque el diseño es el mismo, por lo regular existe un divorcio entre ambos proyectos, ya que uno lo realiza un arquitecto, y el otro un ingeniero especialista en estructuras.

Cuántas veces no nos hemos llevado la terrible sorpresa de iniciar una obra y, al cabo de unos meses, descubrir que en medio de un área aparece una columna o una trabe que acaba por destrozar la idea original y obliga a los constructores a detener el avance, con la consabida pérdida de tiempo y la elevación de los costos.

Cuántas veces el arquitecto ha soñado con diseñar formas que el ingeniero calculista acaba modificando con el argumento de que esa altura o ese claro no se puede construir.

Y todo este problema podría terminarse si ambos profesionales se tomaran un momento de respiro y pudieran empatar ambos proyectos antes de iniciar la construcción. Gracias a las herramientas actuales, es mucho más fácil empalmar los dibujos de ambos profesionales, y con ello facilitar las decisiones o los detalles sobre el plano y no en la obra, como se acostumbra aún.

Este proceso, que hasta hace algunos años era engorroso y difícil, provocaba que el divorcio entre ambos profesionales fuera aún más peligroso para el bienestar de la construcción, tanto por lo técnico como por lo económico.

Por ello, y después de muchos años de sufrimiento, estas recomendaciones podrían ayudar a resolver en parte las crisis que se generan en una obra entre constructores y diseñadores que, al encontrarse con falta de información o información inconclusa, acaban echándose la culpa unos a otros por las deficiencias de los proyectos.

Soluciones para no caer en crisis

La experiencia en el desarrollo de proyectos me ha permitido reunir unas cuantas ideas acerca de cómo se pueden resolver problemas antes de que se conviertan realmente en crisis de obra. A continuación las mencionaré, esperando que sirvan de

guía para la solución en obras, no sin antes aclarar que cada obra conlleva su problemática particular:

1. Primera reunión de trabajo

Es muy recomendable que el arquitecto busque a su calculista de confianza desde el momento en que ha aceptado algún encargo y, de preferencia, en el momento en que tenga por lo menos el criterio definido de lo que se quiera como anteproyecto.

Al reunirse con el ingeniero calculista para comentar las ideas del anteproyecto, ayudaría a escuchar el criterio del estructurista y a evitar que el anteproyecto se convierta en un proyecto defectuoso desde su concepción, comentando el criterio estructural, las propuestas de materiales, el tipo de terreno, la posibilidad de un estudio de mecánica de suelos o la posibilidad de elementos prefabricados, así como los costos aproximados de los mismos.

En este momento, la responsabilidad se comparte entre ambos profesionistas, lo que ayudará a encontrar soluciones lógicas y acordes con la realidad. Esto se debe convertir en algo recíproco, ya que muchos ingenieros acaban prescindiendo de los servicios del arquitecto también.

2. Reunión de trabajo con los ejecutores de la obra

Es muy importante además, después de reunirse con el calculista, hacerlo con el responsable de la ejecución de la obra, en caso de que ya exista la asignación y los analistas de precios, para explicar la idea del anteproyecto con el fin de evaluar los posibles costos de obra de determinados sistemas constructivos.

Ello permitirá planear desde un principio ideas lógicas y sensatas. Además, ello involucra de manera directa a quienes decidirán los costos finales de materiales y mano de obra de las diferentes partidas. Muchas veces el arquitecto diseñador decide escoger un material que ya no existe o tarda mucho tiempo en conseguirse. Por lo regular, esta información la manejan a diario los residentes, superintendentes y analistas, y puede ser de gran utilidad para adelantarse a los problemas.

3. Junta de coordinación de proyecto

Pasar del anteproyecto al proyecto ejecutivo definitivo amerita una junta de coordinación con los diferentes especialistas antes de que se dibuje en su totalidad, y una vez que ya se tengan los dos proyectos básicos que requiere cualquier diseño, arquitectura e ingeniería.

No por ello la parte de instalaciones es menos importante, por lo que esta junta permitirá decidir si se continúa o se retrocede. En este momento, los responsables de las instalaciones deben participar para considerar los pasos y las áreas donde se alojarán las diferentes instalaciones, y con ello evitar demoliciones sobre muros y losas tan innecesarias, tan dañinas y tan costosas.

Muchas veces en la obra se acaban rompiendo, demoliendo o ranurando elementos estructurales por la falta de previsión en el proyecto ejecutivo, con la consabida pérdida de tiempo en obra por romper lo que ya estaba hecho.

4. Desarrollo de proyectos

Gracias a los programas de dibujo por computadora, actualmente se pueden empalmar y encimar planos de diferentes temas sobre una misma superficie de papel. Por ello, es importante vaciar la información del calculista sobre los planos arquitectónicos con el fin de detectar por dónde pasa la estructura y cómo se encima sobre el proyecto arquitectónico.

Esto va a permitir que alturas, chipotes, mochetas y otros elementos que el proyecto arquitectónico no alcanza a plasmar sean detectados y, por consiguiente, tomados en cuenta para la definición de acabados. Uno de los grandes problemas que sufren las obras es la definición de niveles en sus diferentes modalidades, dígase niveles de piso, niveles de losas, niveles de trabes o la subestructura que nunca se toma en cuenta, como castillos, cadenas de cerramientos, cadenas de liga, mochetas estructurales, trabes secundarias o columnas de refuerzo.

En el momento que el arquitecto plasma en los planos arquitectónicos todos los elementos que intervienen en cierta área de la obra, todos y cada uno de los ejecutores podrán prever sus trabajos. Adicionalmente a este empalme de dibujos, es necesario que todos los especialistas en instalaciones obtengan un ejemplar de los planos y trasladen su información a los mismos; ello ayudará a que éstos adviertan sobre posibles problemas en obra al ejecutar las instalaciones.

5. Coordinación para el arranque de obra

Antes de iniciar la obra, resulta muy importante que cada uno de los integrantes del diseño y desarrollo del proyecto ejecutivo tenga un ejemplar completo del proyecto, con el fin de revisar no sólo la parte que les corresponde, sino de ver las partes que

conciernen a otros responsables sobre su diseño, y así poder conciliar las reformas o modificaciones al mismo. Esta revisión amerita una junta de coordinación con el fin de corregir cualquier diferencia antes de poder iniciar la obra, lo cual evitará atrasos posteriores. En este momento se debe aceptar todo tipo de críticas y opiniones, con el fin de modificar o conciliar los cambios que en un futuro ya no podrán ejecutarse. Muchas veces, las constructoras consideran una pérdida de tiempo estas reuniones, ya sea porque los especialistas en instalaciones no son profesionistas o porque los mismos constructores no saben cómo coordinarlas. Este tipo de coordinación puede ser llevada a cabo por la supervisora (¿o constructora?) o, cuando se requieren especialistas por la envergadura de la obra, contratar un servicio de consultoría que ayude a conciliar las partes.

6. Fast track o taller de diseño en obra

Una vez arrancada la obra, se debe tener un equipo de diseño en obra que atienda cualquier duda, aclaración o deficiencia en la información, con lo cual se puede asegurar la continuidad de la misma y la velocidad de los trabajos. Este sistema de trabajo es conocido como fast track y permite que las decisiones que se tomen en obra sean coordinadas y conciliadas con el fin de evitar sobrecostos o extras no considerados.

La importancia de este equipo de trabajo se reconoce aún más en situaciones de definición para los acabados en plafones, muros y pisos, así como para detalles constructivos de carácter fino. Muchas veces se diseña el despiece de un piso en proyecto y resulta que las medidas consideradas en proyecto no coinciden con las de obra. En ese caso, el diseñador de detalles debe dar el criterio para resolver el inconveniente.

Es importante que el perfil de este equipo de trabajo tenga la capacidad de diseño y el conocimiento de obra, ya que no siempre el dibujante de despacho tiene la experiencia de obra y, por desgracia, es el que termina decidiendo detalles fundamentales para el aspecto de la obra o no tiene la suficiente autoridad para firmar los ajustes de proyecto. Además, este equipo de trabajo tendrá que trabajar en la actualización de los planos que hayan sufrido modificaciones con el fin de dejar un registro de estos cambios y, al mismo tiempo, para el aviso de terminación de obra tan importante para el cliente por cuestión de legalización o aseguramiento del inmueble.

7. Juntas de coordinación de obra.

Una vez arrancada la obra, se recomienda tener juntas de coordinación de obra en las que el arquitecto proyectista y el ingeniero calculista participen de manera regular, ya que muchas veces las dudas o los cambios se van suscitando y estos especialistas, o no son tomados en cuenta, o ellos mismos renuncian a la idea de participar en decisiones directas de obra.

Por lo general, en obras de mediana a gran envergadura, estas juntas se presentan cuando la situación ya rebasó a todos los actores directos de la obra, y en ellas habitualmente deben participar los directivos de las empresas involucradas. Debemos imaginar que una reunión de este tipo se lleva a cabo por lo regular cuando la situación ya es crítica y alarmante.

Sin embargo, cuando las decisiones fueron previstas, este tipo de reunión resulta difícil de imaginarse pues todos los pasos dados evitarán esta penosa intervención.

8. Control de calidad

De manera opcional, se puede considerar la posibilidad de equipar la obra con un grupo de trabajo que se dedique a llevar un control de calidad directo en el sitio. Este tipo de control de calidad se lleva por lo general de manera deficiente por la supervisión de obra, que con el tiempo se ha convertido en un juez, más administrativo que supervisor, al concentrarse prácticamente en revisar volumen de obra y costos de precios unitarios, olvidándose por completo de la buena ejecución de la obra o, en su defecto, pasando esto a un segundo o tercer término.

Este equipo de control de calidad se concentraría en supervisar que las especificaciones de proyecto sean las autorizadas por el cliente y, además, revisar a diario trabajos como, por ejemplo, que los niveles queden perfectamente establecidos, que la cimbra y los colados de concreto sean de la mejor calidad, que la ejecución de las instalaciones esté dentro de las normas y sea correcta y que la aplicación de los acabados se lleva de acuerdo con el criterio del proyectista tanto en calidad como en apariencia, que los materiales comparados reúnan la calidad y las características con que fueron cotizados, olvidándose de costos y análisis de precios que en mucho distraen a los supervisores.

Conclusión

No cabe duda de que en la actualidad, y con las herramientas que contamos, se pueden realizar obras más eficientes, más rápidas y menos costosas que en años anteriores. Esta posibilidad de empatar los proyectos de arquitectura e ingeniería adquiere una mayor relevancia y ofrece la posibilidad de reducir los errores.

Podríamos pensar por qué en otros países este tipo de divorcios no se dan tan seguido en las obras, y la explicación es que, en los países industrializados, la estandarización y la prefabricación de materiales hace que el desarrollo de la obra se lleve a cabo como un rompecabezas, algo que en América Latina todavía no se puede realizar debido a que la participación de la mano de obra directa es aún muy significativa.

Tal vez, después de leer estas recomendaciones, los profesionales sientan que esto tiene lógica y que muchos lo hacemos a diario en las obras; sin embargo, a otros muchos les cuesta trabajo aceptar esta circunstancia por la costumbre arraigada de no querer poner en práctica sistemas de trabajo más eficientes, aduciendo que los costos de obra no permiten implementar otras formas de control.

Para quienes aún dudan de esta forma de trabajo, tal vez un análisis de costos en las pérdidas de la obra les haría cambiar de opinión, ya que, por experiencia, no existiría ahorro en la obra, pero no habría pérdida, lo que ya es una ganancia, por lo menos en costo-beneficio directo, pues al ejecutarse con calidad, la obra tendría un mantenimiento menor.

Espero que algún día este divorcio que existe entre el proyecto arquitectónico y el proyecto estructural termine, ya que ello contribuiría a la reducción de los problemas de obra y a permitir una mayor concentración en resolver situaciones directas en el sitio, eliminando carencias de información que se arrastran desde la concepción del proyecto ejecutivo.

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,
A.C.**

Revista Construcción y Tecnología

Abril 2001

Todos los derechos reservados

¿Un experto debe ser tan confiable como el concreto?

Reflexiones en torno a la litigación en la construcción con concreto

Adam Neville*

En el último número de Concrete International apareció mi artículo sobre la litigación en las construcciones de concreto.¹ Tal litigación casi siempre involucra la participación de expertos, quienes tienen un papel importante que influye en el resultado de la disputa. Por supuesto, los testigos perceptores, es decir, testigos de hecho, tienen también un papel importante, pero ellos no son el objeto del presente artículo.

La redacción de este artículo fue también propiciada por dos cartas en Concrete International relativas al papel de los expertos y la veracidad de sus aseveraciones. En pocas palabras, McDonald dijo que los mejores químicos y petrógrafos se encuentran en la ingrata situación de tener que defender sus posiciones. ² En la segunda carta, Idorn dijo que el investigador experto debe ser digno de confianza. ³ Lo que dice Idorn es correcto, pero lo que dice McDonald es también a veces cierto. De ello se desprende que el tema es digno de consideración.

Con la experiencia de haber sido un experto en numerosas disputas relativas a una amplia gama de estructuras en Inglaterra, Estados Unidos, Hong Kong, España y el Medio Oriente en los últimos 20 años, me gustaría decir algo que puede ser de interés, no solamente para los lectores norteamericanos, sino también para los de otras partes. Las obligaciones de un experto

Es obvio que un testigo tiene que decir la verdad. Cuando a él o a ella se les pide juramentar, él (en adelante usaremos sólo "él", pero incluye también a "ella") se compromete a decir la verdad, toda la verdad y nada más que la verdad. No creo que sea necesario empezar con la crónica de las palabras de Pilatos, según San Juan: "¿Qué es la verdad?" Sin embargo, la triple referencia a la verdad en el juramento requiere alguna consideración.

Un testigo puede decir la verdad, pero reservarse algunos hechos vitales y cruciales. De este modo, faltaría a decir toda la verdad. Un ejemplo muy simple de lo anterior es



Aquí ! 

Habiendo actuado él mismo en numerosas oportunidades como experto, el autor está en óptimas condiciones para analizar qué funciones debe desempeñar, qué condiciones ha de reunir y con qué realidad se va a encontrar en los hechos quien vaya a desempeñar ese papel en un litigio sobre una construcción de concreto..

como sigue. Imagínesse que un testigo ha dicho: yo realicé las pruebas sobre absorción del agregado grueso ligero de acuerdo con ASTM C 127. Esto fue la verdad, y el jurado podría creer que las pruebas fueron hechas como deberían serlo. Pero esto no fue toda la verdad, ya que el campo de aplicación del ASTM C 127 explícitamente excluye los agregados de peso ligero.

Es también posible para un testigo decir toda la verdad y agregar algunas aseveraciones que no son verdaderas.

Al hacer esto, él no estaría cumpliendo con el compromiso de decir nada más que la verdad. Un ejemplo del incumplimiento de decir nada más que la verdad es lo que sigue. Imagine que un testigo dijo: Las pruebas que yo realicé fueron de acuerdo con el ASTM C 642. Esto daría crédito a sus pruebas. Aunque haya realizado todas las pruebas prescritas por el ASTM C 642, él realizó también algunas pruebas que no están cubiertas por ese estándar, pero que fueron ideadas por él para el propósito. Así que él no satisfizo el requisito de decir nada más que la verdad.

Todo esto es obvio, pero ocasionalmente un experto cita aquellas referencias publicadas que apoyan su argumento, e ignora otras que minan, o inclusive refutan, su opinión en apoyo de su cliente. En Estados Unidos, el Reino Unido, y muchos otros países, pero no por ejemplo en Francia, cada parte en una disputa designa a sus expertos. Sería muy infantil no reconocer que cada parte busca un experto que sienta simpatía por su causa, y que podría no contratar a uno cuyos puntos de vista probablemente sean perjudiciales a la parte en cuestión. Sin embargo, la verdad debe prevalecer a toda costa.

El papel de un experto

Muchas disputas en la construcción involucran cuestiones técnicas, a veces complejas, que no son inmediatamente entendidas por el jurado o por el juez. Los fenómenos involucrados pueden requerir una explicación que, a su vez, involucra la realización de pruebas: de allí la necesidad de expertos que puedan desenmarañar las complejidades y presentar sus opiniones al juez y al jurado. Esto requiere el conocimiento de materiales y del comportamiento de los materiales, y del diseño y análisis estructural, de modo que se puedan elucidar y explicar los fenómenos y acontecimientos físicos.

Todo esto será usado por los fiscales de las dos partes en

disputa, y permitirá al juez y al jurado establecer o aportar responsabilidades y las consecuencias financieras. No debemos perder de vista la realidad de que en una disputa no es tanto quién está en lo correcto y quién no, sino quién debe pagar.

En un artículo anterior,¹ yo hice algunos comentarios sobre el hecho de que nosotros vivimos en una sociedad en la que hay cada vez más adversarios, y trabajamos en un sistema legal de adversarios que, por su naturaleza, lleva a tomar posiciones extremas. Esto contrasta con un sistema inquisitorial de encontrar soluciones a las disputas, tal como se hace en Francia. En ese país, el tribunal con frecuencia designa a su propio experto. Algunas veces, ese experto somete su opinión al jurado en privado. En otros casos, el experto del tribunal se encuentra allí, además de los expertos de las partes; él ayuda al juez a interpretar, reconciliar o escoger entre las opiniones en conflicto.

Yo no me siento competente para comentar sobre cuál sistema es preferible, y, de cualquier manera, este no es un foro para buscar el cambio, si el cambio fuese lo que se necesitara. Lo que importa es que el experto contribuya honestamente a establecer la verdad. Puede ser valioso citar algo del resumen de una presentación ante el Parlamento Británico y el Comité Científico: "El papel del experto es el de clarificar y explicar la evidencia del especialista presentada ante la corte; sin embargo, el sistema incita a un especialista contra otro especialista, en vez de alentarlos a un debate razonable, produciendo una opinión de consenso que lleve al jurado a una explicación comprensible de cuestiones con frecuencia complejas".⁴

Atributos de un experto

De la discusión precedente, puede concluirse que la situación es franca, y no debería haber duda sobre el papel del experto. Por supuesto, la mayoría de los expertos son escrupulosamente honestos y confiables, y pueden dar una respuesta positiva a la pregunta que una vez hizo un juez: "¿Sostendría usted los mismos puntos de vista si estuviera en el otro lado de la disputa?"

Desgraciadamente, algunos otros testigos son parciales, selectivos en la evidencia que usan, y complacientes con la defensa de la causa del cliente. La defensa es exclusivamente del dominio del fiscal. Inclusive, un testigo

intrínsecamente honesto no sirve bien a la causa de la justicia si está casado con el caso del cliente. Del mismo modo, un doctor que se encuentre emocionalmente ligado a su paciente puede llegar a distraerse de la mejor ruta médica.

Un caso extremo fue citado por Halley y Shaw.⁵ Un testigo de la defensa estaba siendo particularmente parcial, pero un asesor del demandante había dado a conocer un artículo escrito por el testigo cinco años antes, en el cual éste expresaba: "¿Cómo puede el experto evitar volverse parcial en un proceso que no tiene pretensiones de determinar la verdad, sino que busca únicamente sopesar el efecto persuasivo de los argumentos desplegados por un adversario u otro?" Después se refería a la prestidigitación en el "truco de tres cartas" y continuaba: "Si, por un acto análogo de prestidigitación mental, un experto es capaz de presentar los datos de modo que parezcan sugerir una interpretación favorable al lado que lo está instruyendo, me parece que eso está dentro de las reglas de nuestro juego particular".

Es digno de mencionarse el castigo por el juez procesal: "La función de un tribunal es descubrir la verdad en relación con las cuestiones que se ventilan ante él. Al hacerlo, tiene que valorar la evidencia aducida por las partes. El juez no es una persona rústica que ha elegido jugar el juego del "truco de tres cartas". El no es una persona que se pueda atacar fácilmente. Tampoco es la verdad. El que algunos testigos de hecho, llevados por un deseo de lograr un resultado particular al litigio, sientan que sea necesario sacrificar la verdad en la consecución de la victoria, es un hecho de la vida real. El tribunal trata de descubrirlo cuando sucede. Pero en el caso de expertos, es probable que baje la guardia. Por supuesto, el tribunal estará consciente de que es probable que una parte elija como su experto a alguien cuyo punto de vista simpatice más con sus posiciones. Sometido a esa amonestación, es probable que la corte suponga que el experto esté más interesado en ser honesto y recto que en asegurar que éste o el otro lado gane. Un experto no debe considerar que su trabajo consiste en estar hombro con hombro por medio de trampas, y favorecer a la parte que paga sus honorarios".

Estas palabras destacan el requisito particular de la

honestidad en un experto, un hombre o mujer profesional con una obligación hacia el público. Así pues, ¿por qué algunos expertos se comportan de otra manera? Supongo que la respuesta está en la fragilidad humana: la tentación de una remuneración alta es muy grande. El experto recibe un pago por el tiempo que pasa en el caso. Los honorarios por horas generalmente son más altos que el pago del trabajo en la oficina de diseño o en la obra, aunque en ningún caso se acercan a la tarifa del abogado, por lo menos en Inglaterra.

Yo no quiero ser particularmente crítico o mojigato. El trabajo de un experto es oneroso y lleno de tensión. Él debe pensar rápidamente con los pies en la realidad y no puede darse el lujo de dar un tropezón, mucho menos una respuesta equivocada. Todo esto, mientras que el fiscal que examina el caso puede no estar preparado, o puede hacer caer en un error al testigo. De modo que yo debo ver con simpatía y ser tolerante con la tarea del testigo, aun cuando, ocasionalmente, él se rinda al camino más corto que parezca ofrecerle protección. Sin embargo, yo soy un crítico de la noción de expertos contratados, abierta o encubiertamente, sobre la base de honorarios de contingencia. Una cosa es que un abogado sea remunerado sobre esa base, y otra cosa es que un experto, que está buscando la verdad, encuentre un conflicto entre la verdad y el dinero.

La situación real

No sería realista esperar que el experto fuera infalible. Hay casos en los que él simplemente no sabe, y debería reconocerlo. Del mismo modo, existen casos en los que la evidencia es conflictiva: él debería reconocerlo también. Y existen casos en los que él está seguro de lo que dice, pero aún no ha oído toda la evidencia; en tales casos, debería decir: si existe alguna otra evidencia, yo debo reconsiderar mi opinión.

Es realista aceptar que, cuando existen tonos de "gris" en una situación dada, el experto podría no parecer totalmente sincero con los intereses de su cliente. Pero él no debe desviarse de la zona "gris" hacia lo negro o blanco. Y él no debe ser "económico con respecto a la verdad". Un ejemplo particularmente objetable de esto es citar, de manera selectiva, algo de un trabajo publicado. Yo he visto una cita en el sentido de que el agrietamiento por contracción ocurre

en losas, pero omitiendo la siguiente oración: "Sin embargo, esto puede prevenirse por medio de una restricción uniforme". Tal omisión no solamente crea una falsa impresión, sino que además es tonta: es demasiado fácil para la parte opuesta verificar la fuente de esta cita. Esto es obvio, ¿no es así? Pero a veces se practica la omisión encubierta, no únicamente por parte de expertos, sino también de los abogados.

Después de haber dicho todo esto, yo creo que muy pocos expertos son deliberadamente mentirosos, pero algunos ocasionalmente se exceden en su área de pericia y se aventuran en áreas en las cuales solo poseen un conocimiento limitado. Esto puede suceder cuando un investigador eminente en el campo del cemento y del concreto, pero sin experiencia práctica en la construcción, sin conocimiento del concreto en la obra, y sin un conocimiento del comportamiento estructural, dice "voy a ponerme ahora mi casco de ingeniero" y opina sobre seguridad estructural. Esto es como si yo "me pusiera mi toga de abogado y opinara sobre una cuestión legal" (aún cuando yo he obtenido mi calificación como árbitro en Escocia e Inglaterra). Pero, después de todo, el mundo está lleno de abogados y generales de salón.

¿Un experto profesional?

¿Quién es aquél que se convierte en un experto? Es obvio que un experto debe ser, ante todo y sobre todo, un experto en aquel campo en el cuál él ofrece sus opiniones. Si él no tiene experiencia en el uso del concreto en el sitio de la obra, no debe opinar acerca de la buena o la mala práctica. Puede ser muy fácil pontificar con base en el conocimiento obtenido de los libros, o la experiencia de laboratorio, pero existe el peligro de sostener expectativas no realistas de lo que puede lograrse en el sitio de la obra. No puedo resistirme a mencionar que, en una ocasión, un estudiante graduado que realizaba pruebas rutinarias sobre un asunto estructural para una litigación, tuvo la confianza de decirme que él estaba planeando convertirse en un experto como su primer trabajo.

Pero aun poseyendo gran experiencia, uno no debe convertirse en un experto profesional a expensas de otra actividad profesional. Sin tal actividad, existe el peligro de alejarse del contacto con la práctica y los cambios en los

materiales, procedimientos, e inclusive, de los estándares. Además, si alguien solamente ve "estructuras con problemas," sus puntos de vista pueden llegar a estar marcados por la envidia, y puede acabar por perder el punto de vista equilibrado de la práctica de la ingeniería. Un hombre que solamente realiza exámenes post-mortem, puede terminar por ser un mal médico.

¿Quién debe actuar como experto?

Así pues, para convertirse en un experto, uno debe, ante todo, ser un practicante experto. En cuanto a cómo convertirse en un experto, existe la opinión de que uno debe seguir cursos y aprender los trucos del oficio. En mi punto de vista, el entrenamiento no es necesario: puede lograrse mucho por la experiencia y el estudio.

Otra pregunta pertinente es: ¿Puede un testigo actuar invariablemente para el propietario de una estructura? O, alternativamente, ¿siempre para el contratista? Yo soy de la opinión de que el actuar a veces para una parte y a veces para la otra, permite a un experto mantener un punto de vista equilibrado de la vida. De otra manera, él podría llegar a convencerse a sí mismo de que el contratista siempre está sólo para arrebatar dinero y perjudicar al propietario, o que el propietario usará cualquier truco para no pagar al contratista sus honorarios.

El punto precedente tiene que ver con las relaciones entre los testigos. Si se alternan los testigos, no necesariamente de manera igual, entre trabajar para el demandante y para el defensor, entonces diferentes testigos pueden ocasionalmente trabajar uno al lado del otro, y en otras ocasiones para las partes opuestas. Yo he tenido la experiencia de estar comprometido, al mismo tiempo, al lado del testigo X en un caso, y contra él en otro caso. Este sistema hace que mejoren las relaciones profesionales y personales entre los expertos. De modo que es menos probable que se olviden que, después de todo, tienen un objetivo común: establecer la verdad.

Las buenas relaciones entre los testigos hacen más fácil lograr declaraciones acordadas. En muchos casos, el juez ordena a los expertos de los dos lados que se pongan de acuerdo sobre los hechos como hechos, y sobre las cifras como cifras. También se espera que los expertos alcancen un acuerdo sobre las teorías y los métodos de prueba, siempre que sea posible, y que elaboren una lista de

asuntos no resueltos. Esto reduce el tiempo que se pasa en el tribunal y el costo de la litigación. En un artículo anterior, yo señalé que no es solamente el que pierde quien paga: a la larga, el costo pasa a los futuros propietarios.

Si las relaciones entre los testigos para las dos partes se han endurecido hasta el punto de haber una animosidad permanente, entonces el progreso encuentra trabas. Si una parte va hasta el punto de prohibir a sus expertos que se comuniquen con los expertos de la otra parte, entonces es imposible lograr el acuerdo delineado en el párrafo precedente. Aquel que está imbuido de la enemistad hacia los otros expertos, no debe actuar como testigo.

Conclusiones

La resolución de disputas en la construcción requiere de un juez y un jurado, así como también de procuradores que atiendan los casos de sus clientes. Todo lo anterior requiere ayuda técnica para elucidar las cuestiones y para encontrar explicaciones válidas de los fenómenos involucrados. Tal ayuda es proporcionada por los expertos. Si el objetivo de la litigación es la justicia, como debe ser, entonces existe una carga pesada sobre el testigo: debe ser competente, honesto e independiente. El experto debe ser tan confiable como el concreto.

Ser competente, honesto e independiente a la vez es oneroso. Existe una historia acerca del líder de un partido comunista en los malos viejos tiempos que ya se han ido. Él se jactaba de que los miembros de su partido eran honestos, leales e inteligentes. Cuando se le preguntó más detenidamente, admitió que aquellos miembros que eran leales e inteligentes, no eran honestos; los que eran honestos e inteligentes, no eran leales; y aquellos que eran honestos y leales no eran inteligentes. El líder se jactaba de tener la verdad. Pero, ¿era toda la verdad? ¿Era esto nada más que la verdad? ¿O eran sombras de la verdad?

Yo espero que aquellos que pretendan actuar como expertos encuentren que este artículo puede ayudarles. Por la misma razón, aquellos que estén menos interesados en la verdad que en ganancias personales, podrían también encontrar útil este artículo para que desistir y optar por otros derroteros.

Referencias

1. Neville, A., "Litigation - A growing Concrete Industry",

Concrete International, vol. 22, núm. 3, marzo de 2000, pp. 64-66.

2. McDonald, D. B., "Letters", Concrete International, vol. 19, núm. 7, julio de 1997, p. 9.

3. Idorn, G. M., "Letters", Concrete International, vol. 20, núm. 1, enero de 1988, p. 8.

4. Parliamentary and Scientific Committee, "Scientific Evidence in Courts of Law," London, 26 de enero, 1998.

5. Haley, G., and Shaw, G., "Expert Evidence and the Truth," The New Gazette, Hong Kong, diciembre de 1995, p. 50.

Adam Neville es Miembro Honorario del ACI y autor del libro Propiedades del Concreto, cuya cuarta edición apareció en 1996. A partir de su trabajo como consultor en concreto, recientemente ha publicado en Concrete International numerosos artículos desarrollando conocimientos aplicados para producir mejor concreto en la práctica. Él es árbitro calificado.

Este artículo se publicó en Concrete International y se reproduce con la autorización de The Aberdeen Group.



Colado del concreto a altas temperaturas

Aquí! 

Kurt Hermann

El llamado "agujero de verano"¹ tiene relación con los fenómenos que se producen frecuentemente en verano y hace que durante el periodo más caluroso, las resistencias a la compresión a 28 días de las muestras de prueba de concreto sean más bajas que en los otros meses. Las variaciones de las resistencias a la compresión de los concretos B 35/25 que provienen de cinco centrales suizas de concreto, registrados durante los años 1993-1995, se presentan gráficamente en la figura 1. Se conocen además otros ejemplos.^{1,2} En el momento de la construcción de un puente en Alemania, se realizaron, por ejemplo, numerosos controles de concreto fresco y se analizó la influencia de la temperatura en las resistencias a la compresión a 28 días.²



Son conocidos los efectos negativos que las altas temperaturas en el momento del colado tienen sobre la calidad del concreto, tanto fresco como endurecido. Sin embargo, actualmente se cuenta ya con suficiente experiencia y conocimiento para contrarrestar los fenómenos adversos que tales condiciones generan.

Las características del concreto utilizado fueron las siguientes:

agregado diámetro máximo 32 mm

cemento 350 kg CP 45 F/m³ (un CP 45 F corresponde aproximadamente a un CEM I 42.5)

retardador de fraguado 0.2-0.4 % de la masa de cemento

relación a/c 0.48 en promedio

revenimiento 36-40 cm

En la figura 2 se dan algunos de los resultados de estos análisis. La caída de la resistencia a la compresión en verano es neta. De esta figura podemos deducir igualmente que la temperatura del aire ejerce sobre el desarrollo de la resistencia a la compresión una influencia más grande que la temperatura del concreto fresco. Los análisis revelan, además, que la influencia de la resistencia a la compresión y de la finura del molido de cemento, así como la de la cantidad de agua exigida por el cemento, eran débiles. La resistencia a la compresión de cubos provenientes de las mismas mezclas, elaboradas ya sea directamente sobre la obra o en un

laboratorio, difieren relativamente bastante: las diferencias debido a las estaciones eran netamente más grandes para los cubos hechos en la obra (figura 3).

Lo que se encuentra en las normas

La norma SIA 1623 consagra más espacio al colado del concreto a bajas que a altas temperaturas. Las medidas de protección que hay que tomar son, en parte, las mismas en los dos casos (cifra 6 07 4): "En caso de congelación o de mucho calor, el colado del concreto estará subordinado a medidas de protección apropiadas. Estas medidas se extienden desde el comienzo de la preparación del concreto hasta la terminación de su curado. La naturaleza y la importancia de las medidas de protección necesarias dependen de la temperatura y de la humedad del ambiente, del viento, de la temperatura del concreto fresco, del desprendimiento de calor de hidratación del cemento, de la disipación del calor, así como de las dimensiones del elemento de la obra."

Según la cifra 6 07 5, la temperatura del concreto fresco no debe ser superior a + 30 °C. Llegado el caso, deben enfriarse el agua de mezclado y los agregados. Hasta que haya alcanzado una resistencia suficiente, el concreto debe estar protegido "lo más rápidamente posible contra los riesgos de anegamiento, de desecación prematura debido a los rayos solares o del viento, de congelación, de fuertes variaciones de temperatura y de sacudimientos" (cifra 6 08 1). Es igualmente importante la prescripción según la cual deben tomarse disposiciones tales como una protección contra el secado demasiado rápido, a fin de retardar el comienzo de la contracción, "hasta que el concreto haya alcanzado una resistencia a la tensión suficiente" (cifra 6 08 2).

Influencias sobre la resistencia a la compresión

Las normas están basadas en las experiencias tenidas en la práctica. Y la experiencia nos enseña que al momento del colado del concreto en verano, es necesario tomar en cuenta, entre otras, las influencias siguientes:

- temperatura más elevada de los aditivos del concreto
- temperatura más elevada del concreto fresco
- temperatura ambiente más elevada
- tasa de humedad del aire relativamente baja
- el viento

La combinación de algunos o de todos estos factores tiene efectos negativos sobre la calidad del concreto fresco y del concreto endurecido. Las consecuencias son, entre otras:

- mayor necesidad de agua
- revenimiento reducido
- tiempos de fraguado más cortos
- porosidad más elevada
- mayor tendencia a la formación de fisuras por contracción
- resistencias más elevadas a la compresión a 28 días y más ("agujero de verano")

Para poder contrarrestar estos fenómenos, es necesario tomar en consideración algunos hechos relativos a la hidratación de los cementos.

Influencias del calor sobre la hidratación

En el momento de la hidratación del cemento, se forman en la superficie de sus granos cristales microscópicos que crecen entrelazándose y después se engranan como los "dientes" de un cierre. Mientras más dura la reacción, más cristales se forman. De allí resulta la pasta de cemento endurecida, la cual recubre los agregados.

Cuanto más elevada es la temperatura durante este proceso de endurecimiento, más rápida es la formación de cristales, lo que, al principio es positivo para el desarrollo de la resistencia a la compresión. Pero debido a que los productos reaccionantes tienen una estructura poco ordenada, la pasta de cemento se vuelve más porosa y la resistencia a la compresión a 28 días se debilita cada vez más que con un concreto fresco, que se endurece a aproximadamente 20 °C. Es por eso que la pérdida de resistencia a 28 días es de más de 10 por ciento cuando la temperatura del concreto fresco y la temperatura de endurecimiento pasa de 20 a 30 °C (figura 4).

Medidas que hay que tomar durante la fabricación del concreto

El cemento en verano es con frecuencia relativamente caliente. Pero su efecto sobre la temperatura del concreto fresco es mínimo comparado con el que ejercen las cantidades mucho más grandes de agregados. Es por medio de la utilización de agregados enfriados como se puede bajar notablemente la temperatura del concreto fresco. Para enfriar los agregados, es necesario almacenarlos en la sombra o rociarlos con agua. Bajar la temperatura del concreto fresco enfriando los agregados es, a primera vista, el método más seguro. Es claro que también se pueden utilizar granos de hielo o de nitrógeno líquido.⁴ Estos procedimientos, desafortunadamente, no son baratos, y, por razones técnicas, la adición del nitrógeno no es posible en todas partes.

El proceso más rápido de hidratación del cemento y la tendencia más grande a la evaporación del agua de mezclado provocan una rigidización más rápida del concreto fresco. El cambio de consistencia se hace muy

bien en el mismo lapso de tiempo, pero un concreto fresco de 35 °C muestra inmediatamente después de su elaboración un revenimiento de 5 a 10 cm inferior al de un concreto fresco de la misma fórmula, de una temperatura de 20 °C (figura 5).⁵ Este problema se soluciona a menudo con la adición de una mayor cantidad de agua.

Pero si esta medida no se acompaña con un aumento correspondiente de la dosis de cemento, la relación a/c aumenta. Las consecuencias de esto son conocidas: resistencias a 28 días más débiles, concretos porosos, etc. Es más aconsejable utilizar un retardador de fraguado, o bien mejorar la consistencia del concreto fresco por medio de un aditivo.

Con frecuencia simples, pero eficaces

Algunas medidas simples ayudan a reducir las consecuencias indeseables del colado del concreto a altas temperaturas:

- planear bien las operaciones
- anticipar los trabajos en etapas más pequeñas
- colar el concreto cuando las temperaturas exteriores bajan, es decir, ya entrada la tarde
- adaptar la fórmula del concreto, por ejemplo, utilizando un cemento menos reactivo
- en la obra, estacionar las máquinas de transporte a la sombra
- procurar poner sombra en toda la zona de colado del concreto y protegerla contra el viento
- reducir hasta donde sea posible, las distancias del transporte
- no perder tiempo en descargar el concreto en la obra
- colar el concreto sobre un soporte tan fresco como sea posible
- emplear en la obra el mayor número de personas para la colocación y la compactación
- del concreto

Controles del concreto fresco

La elaboración de las muestras de prueba parece ser un punto particularmente crítico, como ya se ha señalado antes. Es necesario procurar trabajar a la sombra, tanto como sea posible. Las muestras de concreto en ningún caso deben permanecer a pleno sol. Los cubos recién hechos deben cubrirse y almacenarse en un lugar tan fresco como sea posible. Un error frecuente a la hora de la determinación del contenido de aire consiste en efectuar un control en la mañana, cuando las temperaturas son todavía relativamente bajas, lo que permite obtener el resultado deseado. Después se renuncia a otros controles durante el

periodo de más calor en el día, cuando sería éste justamente el momento particularmente importante para garantizar, por medio de una modificación de la fórmula del concreto, el contenido de aire en volumen.

Tratamiento del curado

El tratamiento del curado es importante para todos los trabajos de colado del concreto. Pero es necesario prestar particular atención en verano La protección contra el sol y contra el viento forma parte de este tratamiento, a fin de que la capa de concreto próxima a la superficie no se seque (véase la figura 6).

Después de la evaporación del agua de sangrado superficial,⁶ es necesario mantener húmeda la superficie de concreto, sin que el agua se acumule en ella. Esto se aplica particularmente a los concretos que contienen humo de sílice.⁷

La primera noche después de la colocación, a veces puede ser necesario proteger el concreto contra la pérdida de calor: en el momento de las temperaturas nocturnas relativamente bajas, los elementos de construcción delgados se enfrían rápidamente, lo que puede provocar grandes diferencias de temperatura en algunas horas y, por lo mismo, ocasionar fisuras.

Para concluir

Los conocimientos de tecnología del concreto que poseemos actualmente, así como el buen juicio, permiten contrarrestar varias de las consecuencias negativas que acarrear las altas temperaturas en verano. Igualmente, sería ciertamente razonable mostrar mayor flexibilidad en las fórmulas del concreto y definir las en función de las propiedades que éste deberá mostrar.

Bibliografía

1. "Betonieren bei heisser Witterung", VDB-Information 79 (1988).
2. Lutkehaus, M., "Beobachtungen von jahreszeitlichen Festigkeitsschwankungen beim B 45des Überbaues der Aichttalbrücke, Betonwerk und Fertigteile-Technik 52, [7], 454-461 (1986).
3. Norme SIA 162: "Ouvrages en béton", 1993.
4. Goldstein, W., et Rhur, U., "1A-Beton durch Stickstoffkuhlung", Strassen- und Tiefbau 44 [2], 24, 1996.
5. Krell, J., Dahloff, U., et Vissmann, H.-W., "Temperaturabhängigkeit von Betoneigenschaften", Béton 44 [11], 668-670, 1994.
6. Van Egmond, B., et Hermann, K., "Le ressuage du béton ", Bulletin du Ciment 67, [2], 3-7, 1999.
7. Hover, K., "Keeping concrete cool in the heat of summer, Concrete Construction, 38 (6), 433-436, 1993.
8. ACI Committee 305: "Hot weather concreting", ACI Materials Journal 88

[4], 419-436, 1991.

Pavimento con mallas soldadas

La idea de que el poder público tiene dificultades para actualizarse tecnológicamente y que los gobiernos trabajan pensando sólo en resultados a corto plazo puede revelarse como una gran equivocación. Un buen ejemplo lo está dando la prefectura del municipio de Tres Ríos, en el estado de Río de Janeiro, con la obra de ampliación de la avenida Condessa do Rio Novo.

Principal calle del centro de la ciudad, la avenida tenía una vía única (con un ancho de entre 10 y 12 m) con circulación de doble sentido, que pasaba a uno solo en las dos cuerdas de mayor movimiento. De esta forma, todo el tránsito iba en dirección al núcleo del centro comercial de Tres Ríos, causando frecuentes embotellamientos de tránsito con perjuicio inclusive de los peatones.

Con la adquisición de una franja de terreno junto a la Red Ferroviaria Federal, continua en toda la extensión de la avenida, fue posible la implantación de la segunda vía. El ancho total pasó de 12 a 22 m, quedando cubierto por dos vías de 9 m y un camellón central con 4 m de ancho que abriga, además, una ciclopista de 2.4 metros.

El pavimento posee larga vida útil

En virtud de la importancia de la avenida para el trabajo diario de la ciudad y por la tecnología empleada, la construcción, que está siendo totalmente costeada por la autoridad pública municipal, es considerada el verdadero marco de restauración del municipio.

A fin de hacer viable de la mejor forma este proyecto, la Prefectura optó por el uso de pavimento estructuralmente armado con malla soldada. Los servicios del terraplén comenzaron en julio pasado y el colado del concreto para el pavimento, en el mes de noviembre. El pavimento de concreto de la segunda vía posee 14 cm de espesor, con un área total de 9 mil m². El pavimento de la ciclopista, hecho de concreto simple, tiene 7 cm de espesor y un área de 3 mil



Aquí! 

Las obras de ampliación de la principal vía de acceso a la ciudad de Tres Ríos, en el estado de Río de Janeiro, Brasil, realizadas por la autoridad municipal, despertaron el interés de otras administraciones locales. La razón es que, al haberse optado por el pavimento estructuralmente armado con mallas soldadas, se logró economía a largo plazo, con muy bajo costo de mantenimiento y una pequeña diferencia de costo inicial en relación con el pavimento flexible.

metros cuadrados.

Según el secretario de Obras y Comunicaciones de Tres Ríos, ingeniero Nilson Correa Gonze, la decisión por el pavimento armado de concreto está basada en la economía que esa tecnología traerá a largo plazo, con muy bajos costos de mantenimiento y una pequeña diferencia del costo inicial respecto del pavimento flexible.

En ese proceso, el gobierno municipal considera fundamental la utilización de mallas soldadas. "El insumo más representativo en la ejecución de la obra es el concreto. La tela soldada nos permite la disminución del espesor de éste, reduciendo el costo final y facilitando la determinación del nivel, por considerarse que el mismo debería adaptarse al de la vía ya existente", puntualizó el secretario. Para la construcción del pavimento, se están utilizando 86 ton de malla soldada, 5.5 ton de trelica con 8 cm de altura, y 2,700 unidades de barra de transferencia BTG 20 con 0.5 m de complemento.

Bajo costo de mantenimiento

Con el fin de aumentar la seguridad de la vía de rodamiento, se decidió por el acabado con escoba, creando pequeñas fisuras en la superficie que propician un espacio más corto para el frenado y mayor adherencia del vehículo al pavimento. A fin de acelerar el trabajo y dar homogeneidad a la vía, se usó una regla vibratoria de 9 m de largo, evitando así juntas de construcción longitudinales, lo cual proporcionó economía de varillas de transferencia y rapidez de ejecución.

El proyecto de ampliación de la avenida Condessa de Río Novo prevé, además, la colocación de postes para el alumbrado público, redes de drenaje y señalización horizontal, vertical y de semáforos. La previsión de la prefectura es que la construcción esté ya concluida para el primer trimestre de este año.

Preocupado por los costos que un pavimento común (asfáltico) podría presentar después de terminado, el secretario Nilson Gonge afirma que la principal ventaja de la tecnología aplicada se

refiere a la casi ausencia de mantenimiento. "Si pensamos en términos de servicio público, la reducción de gastos en el trabajo de mantenimiento representa un gran avance y economía", añadió el ingeniero.

Otras administraciones ya han mostrado su interés

Para alcanzar los objetivos propuestos, la prefectura de Tres Ríos contó para el desarrollo del proyecto y de la construcción, con la participación de la Fundación Centro Tecnológico (FCT) de la Universidad Federal de Fora, del IBST -Instituto Brasileño de Mallas Soldadas, la Asociación Brasileña de Cemento Portland, y de la LPE, Ingeniería y Consultoría, responsable del proyecto. De acuerdo con el prefecto de la ciudad, ingeniero Raleigh Romalho, "la obra fue concebida para descongestionar la parte vial de la ciudad y mejorar las condiciones para el comercio local, creando también una nueva área comercial, lo que la convierte en una construcción autofinanciable. Además de la economía proporcionada en virtud de la larga vida útil del pavimento rígido, en el aspecto urbanístico el acabado de coloración clara y más agradable en el ambiente favorece el alumbrado público."

El éxito de esa iniciativa desarrollada por la prefectura de Tres Ríos puede medirse por las diversas consultas que ya han hecho otros municipios del estado de Río de Janeiro, interesados en conocer detalles sobre la obra y la tecnología empleada.

Elaboración de concretos con agua tratadas

M. en I. N. Adán Vázquez Rojas e ingenieros Francisco González Díaz, Luis Rocha Chiu y J. Antonio Flores Bustamante

En la experiencia se midieron propiedades tales como la resistencia a la compresión y a la tensión y la reacción álcali-agregado, entre otras.

El presente trabajo es el resultado de una labor conjunta entre profesores y alumnos del área de construcción de la UAM Azcapotzalco. Tiene como objetivo evaluar la posibilidad de sustituir el agua potable utilizada en la fabricación de concreto por agua residual tratada.

En esta primera parte de la investigación se hicieron más de 700 especímenes, entre cilindros de concreto y cubos de mortero, de acuerdo con la normatividad existente; se ensayaron para determinar su capacidad mecánica a compresión simple, y se determinaron sus propiedades físicas en estado fresco y endurecido.

Además, se realizó una prueba rápida para determinar expansiones en barra de mortero y se aplicó el método del gel fluorescente para detectar la presencia de la reacción álcali-sílice.

Introducción

Uno de los principales problemas que enfrentan las grandes ciudades es el suministro y distribución de agua potable. Es evidente que la escasez de este líquido está relacionada con el crecimiento de la población, la contaminación de los acuíferos, la extracción de agua en donde no se cumplen los ciclos biológicos naturales, así como el alto costo cuando se suministra de lugares apartados, situación que nos obliga a dar prioridades en el consumo de este recurso vital.

La ciudad de México no se exime de esta problemática, la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) señala que en 1996 se extraían, sólo en el Distrito Federal., a través de pozos profundos, 1,057,460.00 m³ por día, excluyendo a los sistemas Cutzamala, con un caudal de 830,736.00 m³ por día; Lerma, con 423,792.00 m³ por día; Norte, con 228,873.00 m³ por día, y Sur, con 789,696 m³ por día. Esto habla de la cantidad de agua potable que tiene que suministrarse al Distrito Federal para que se la utilice en las diferentes industrias. Precisamente, uno de los usos que se le da es en la industria de la construcción. Dentro de esta industria, en la elaboración de concreto se utilizan aproximadamente 165 litros de agua potable por metro cúbico de concreto fabricado. Para tener una idea más amplia de la cantidad de agua que se destina para este fin, pongamos el siguiente ejemplo.

En 1996, la industria del concreto premezclado tuvo una producción anual de 2,630,000 m³ a escala nacional, de los cuales 1,430,000 m³ corresponden a la zona metropolitana. Con estas cifras se tiene que, para la elaboración 1,430,000 m³ de concreto en el Distrito Federal, se utilizaron 235,950,000 litros de agua potable, equivalentes a 22 por ciento de la demanda diaria. El aprovechamiento de las aguas residuales, previamente tratadas, se viene efectuando desde hace más de 30 años. Dicha actividad se intensificó hasta sumar actualmente 20 las instalaciones de tratamiento ubicadas en diferentes puntos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, las cuales se pueden ver en la tabla 1. La utilización del agua residual tratada tiene como objetivo fundamental sustituir el agua potable en aquellos usos que no requieran alta calidad.

Actualmente, la DGCOH opera 16 plantas de tratamiento secundario y cuatro plantas de tratamiento terciario, que en conjunto producen un caudal medio de 415 millones de litros diarios. La infraestructura del sistema se complementa con 783 km de líneas de distribución, 17 tanques de almacenamiento y 18 plantas de bombeo. Cincuenta y cuatro por ciento del caudal se emplea



Reproducimos aquí el texto de un trabajo realizado por investigadores de la UAM Azcapotzalco en el que se presenta información comparativa entre concretos elaborados con agua potable y concretos fabricados con agua residual tratada.

Aquí!



para el riego de áreas verdes y el llenado de lagos recreativos, 20 por ciento para la recarga de acuíferos y canales, 13 por ciento en industrias, 8 por ciento en el riego agrícola y 5 por ciento en el sector comercial, básicamente en los sitios donde se lavan automóviles.

Tabla 1.PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

| NOMBRE DE LA PLANTA | TRATAMIENTO UTILIZADO< | CAPACIDAD NOMINAL (lts. /seg.) | VOLUMEN TRATADO (m3/año) |
|----------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|
| ROSARIO | TRATAMIENTO FILTRACIÓN CON GRAVAS,ARENA MÁS ABSORCIÓN CON CARBONO ACTIVADO | 25 | 568 |
| COYOACÁN | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 400 | 5046 |
| ACUADUCTO DE GUADALUPE | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 87 | 1892 |
| IZTACALCO | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO MÁS FILTRACIÓN CON GRAVA, ARENA Y ANTRACITA | 13 | 315 |
| CERRO DE LA ESTRELLA | TRATAMIENTO FILTRACIÓN CON GRAVAS,ARENA MÁS ABSORCIÓN CON CARBONO ACTIVADO | 4000 | 66226 |
| S. JUAN IXTAYOPAN | TRATAMIENTO FILTRACIÓN CON GRAVAS,ARENA MÁS ABSORCIÓN CON CARBONO ACTIVADO | 15 | 410 |
| TLATELOLCO | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 22 | 505 |
| CHAPULTEPEC | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MAS DESINFECCIÓN CON CLORO | 160 | 3469 |
| BOSQUES DE LAS LOMAS | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL EN SU MODALIDAD DE AERACIÓN EXTANDIDA | 55 | 1104 |
| S. JUAN DE ARAGÓN | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 500 | 4415 |
| CIUDAD UNIVERSITARIA | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 60 | 1081 |
| CIUDAD DEPORTIVA | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MAS DESINFECCIÓN CON CLORO | 230 | 3154 |
| ABASOLO | TRATAMIENTO SECUNDARIO CON GRAVA,ARENA MÁS TRATA.CON LODOS | 15 | 473 |
| HEROICO COLEGIO MILITAR | TRATAMIENTO SECUNDARIO CON GRAVA,ARENA MÁS TRATA.CON LODOS | 30 | 820 |
| PARRES | TRATAMIENTO SECUNDARIO CON GRAVA,ARENA MÁS TRATAMIENTO CON LODOS | 7 | 63 |
| PEMEX | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 26 | 473 |
| XICALCO | TRATAMIENTO SECUNDARIO CON GRAVA,ARENA MÁS TRATAMIENTO CON LODOS | 7 | 189 |
| RECLUSORIO SUR | TRATAMIENTO SECUNDARIO CON GRAVA, ARENA MÁS TRATAMINETO CON LODOS | 30 | 946 |

| | | | |
|---------------------|---|-----|------|
| TLAXIALTEMALCO | TRATAMIENTO SECUNDARIO CON GRAVA, ARENA MÁS TRATAMIENTO CON LODOS | 150 | 3421 |
| CUERPO MILITAR No 1 | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 30 | 631 |

Tabla 2. PLANTA DE TRATAMIENTO

| NOMBRE DE LA PLANTA | TRATAMIENTO UTILIZADO | VOLUMEN TRATADO (m3/año) | CAPACIDAD (lts. /seg.) nominal |
|------------------------|--|--------------------------|--------------------------------|
| ROSARIO | TRATAMIENTO FILTRACIÓN CON GRAVAS, ARENA MÁS ABSORCIÓN CON CARBONO ACTIVADO< | 568 | 25 |
| CHAPULTEPEC | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 3469 | 160 |
| ACUADUCTO DE GUADALUPE | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 1892 | 87 |
| TLATELOLCO | LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL MÁS DESINFECCIÓN CON CLORO | 505 | 22 |
| S. JUAN IXTAYOPAN | TRATAMIENTO FILTRACIÓN CON GRAVAS, ARENA MÁS ABSORCIÓN CON CARBONO ACTIVADO | 410 | 15 |

Por lo dicho anteriormente, planteamos la posibilidad del uso de las aguas residuales previamente tratadas, particularmente en el campo de la construcción, en donde se podría aprovechar parte de la producción de este tipo de agua. Para ello, es necesario realizar las investigaciones que nos proporcionen información sobre los efectos a corto o largo plazo que se puedan presentar en el concreto con la utilización de este tipo de aguas.

Alcance

Se muestran los resultados de los efectos que produce el uso de agua tratada en especímenes de concreto, en comparación con los realizados con agua potable. En la realización de este trabajo se seleccionaron cinco plantas con diferentes sistemas de tratamiento, las cuales se pueden observar en la tabla 2. Se realizaron pruebas al concreto en estado fresco y en estado endurecido.

En estado fresco:

Revenimiento Contenido de aire Peso volumétrico

En estado endurecido:

Resistencia a compresión Módulo de elasticidad Expansiones en barras de mortero Método del gel fluorescente.

Método experimental

El desarrollo de las pruebas se apegó estrictamente a las normas de construcción siguientes:

Para el diseño de las mezclas se tomaron como base los requisitos técnicos del ACI - 211.1

- S1 "Práctica para el proporcionamiento de concreto normal, concreto pesado y concreto masivo"

NOM C - 83 Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

NOM C - 111 Concreto - Agregados - Especificaciones

NOM C - 156 Concreto fresco - Determinación del revenimiento

NOM C - 162 Concreto fresco - Determinación del peso volumétrico

NOM C - 122 Agua para concreto

NOM C - 61 Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos

NOM C - 129 Concreto- Determinación del módulo elástico

ASTM C - 227 Métodos de las barras de mortero

ASTM C - 9 P214 Método acelerado de la barra de mortero.

Usos del agua

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como forma de curado de las estructuras recién construidas.

Aunque en estas aplicaciones las características del agua tienen efectos de diferente importancia sobre el concreto, es usual que se recomiende emplear agua de una sola calidad en ambos casos. Así, normalmente, en las especificaciones para concreto se hace referencia en primer término a los requisitos que debe cumplir el agua para elaborar el concreto, porque sus efectos son más importantes, y después se indica que el agua que se utilice para curarlo debe ser del mismo origen, o similar, para evitar que se subestime la segunda aplicación y se emplee agua de curado con características inadecuadas.

Como componente del concreto convencional, el agua suele representar aproximadamente entre 10 y 25 por ciento del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilizó y del revenimiento que se requiera. Esto le concede una influencia importante a la calidad del agua de mezclado en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier sustancia dañina que contenga, aun en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos en el concreto.

Una práctica bastante común consiste en utilizar el agua potable para fabricar concretos sin ninguna verificación previa, suponiendo que toda agua que es potable también es apropiada para elaborar concretos; sin embargo, hay ocasiones en que esta presunción no se cumple, porque hay aguas potables aderezadas con nitratos o con pequeñas cantidades de azúcares que no afectan su potabilidad, pero pueden hacerlas inadecuadas para la fabricación de concretos. En todo caso, la consideración contraria pudiera ser más conveniente, es decir, que el agua para la elaboración de concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

El agua de mezclado

Los requisitos de calidad del agua de mezclado para concreto no tienen ninguna relación con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refieren a sus características fisicoquímicas y sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto.

Se recomienda que el agua para la mezcla de concreto o mortero sea potable y que no tenga un sabor pronunciado, para garantizar así el comportamiento adecuado de la estructura. Sin embargo, aun dentro del agua potable se pueden encontrar disueltas altas concentraciones de sales, cítricos o azúcares entre otros, que pueden ser perjudiciales para el concreto.

Refiriéndose a las características fisicoquímicas del agua para concreto, no parece haber consenso general en cuanto a las limitaciones que deben imponerse a las sustancias e impurezas cuya presencia es relativamente frecuente, como puede ser el caso de algunas sales inorgánicas (cloruros, sulfatos), sólidos en suspensión, materia orgánica, dióxido de carbono disuelto, etc. Sin embargo, en lo que sí parece haber acuerdo es en que no debe tolerarse la presencia de sustancias que son francamente dañinas, como son grasas, aceites, azúcares y ácidos, por ejemplo. La presencia de algunas de estas sustancias, que por lo demás no es común, debe tomarse como un síntoma de contaminación que requiere eliminarse antes de considerar la posibilidad de emplear el agua.

El exceso de impurezas en el agua de mezclado puede causar, además, manchas o corrosión en el acero de refuerzo de un concreto. Por lo anterior, es necesario especificar ciertos límites de compuestos tales como cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos dentro del agua de mezclado.

Cuando el agua de uso previsto es potable, cabe suponer en principio que sus características físico-químicas son adecuadas para hacer concreto, excepto por la posibilidad de que contenga alguna sustancia saborizante, lo cual puede detectarse fácilmente al probarla. Así, por ejemplo, el USBR considera que si el agua es clara, y no tiene sabor dulce, amargo o salobre, puede ser usada como agua de mezclado o de curado para concreto, sin necesidad de mayores pruebas.

Si el agua no procede de una fuente de suministro de agua potable, se puede juzgar su aptitud como agua para concreto mediante los requisitos físico-químicos contenidos en la Norma Oficial

Mexicana NOM C-122 (ASTM C-94), recomendados para aguas que no son potables. Para el caso específico de la fabricación de elementos de concretos presforzados, hay algunos requisitos que son más estrictos en cuanto al límite tolerable de ciertas sales que pueden afectar el concreto y el acero de presfuerzo.

En la tabla 3 se reproducen los límites especificados en dichas normas, para las sales e impurezas que con mayor frecuencia se hallan presentes en las aguas que no son potables, a fin de que no se excedan en el agua que se utilice para la elaboración de concreto,

Notas:

- a) Las aguas que excedan los límites señalados para cloruros, sulfatos y magnesio, podrán emplearse si se demuestra que la concentración calculada de estos compuestos en el agua total de la mezcla, incluyendo el agua de absorción de los agregados, u otros orígenes, no excede dichos límites.
- b) El agua se puede usar siempre y cuando las arenas que se empleen en el concreto acusen un contenido de materia orgánica cuya coloración sea inferior a 2, de acuerdo con el método de la NOM C-88.
- c) Cuando se use cloruro de calcio como aditivo acelerante, la cantidad de éste deberá tomarse en cuenta para no exceder el límite de cloruros de esta tabla.

Algunos efectos por la presencia de sustancias e impurezas en el agua

El carbonato de sodio, puede causar muy rápidos fraguados. Los bicarbonatos pueden también acelerar o retardar el fraguado. En altas concentraciones, estas sales pueden reducir la resistencia del concreto. Cuando la suma de estas sales exceda de 1,000 ppm, deben efectuarse los ensayos sobre sus efectos en los tiempos de fraguado y relación de resistencia a 28 días.

Concentraciones de 20,000 ppm de cloruro de sodio son generalmente tolerables en concretos que estarán secos y con bajo potencial de reacciones corrosivas durante su vida útil. Por el contrario, el agua usada en concretos presforzados no se deben presentar concentraciones de ion cloro superiores a 500 ppm. Para el caso de concretos de aluminio embebidos o galvanizados, u otros concretos expuestos a humedad ambiente, el agua no debe presentar concentraciones superiores a 1,000 ppm del ion cloro.

El agua de mezclado que contenga hasta 10,000 ppm de sulfato de sodio puede ser tolerada para su uso. Si los sulfatos se presentan como SO_4 , su cantidad esta limitada a 3,000 ppm. Las concentraciones de sulfato de magnesio deben ser menores de 25,000 ppm. Las sales de manganeso, estaño, zinc, cobre y plomo en el agua de mezclado pueden causar reducciones significativas en su resistencia y grandes variaciones en sus tiempos de fraguado. Otras sales activas como yodatos, fosfatos, arsenatos y boratos de sodio afectan el desarrollo de la resistencia en concentraciones superiores a 10 por ciento del peso del cemento. Generalmente, concentraciones de estas sales de hasta 500 ppm pueden ser tolerables para el agua de mezclado.

El valor de ph (potencial de hidrógeno) es índice de una intensidad que, por debajo de 7, indica acidez, y por encima de 7, indica alcalinidad. Sin embargo, algunas normas tales como la del cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos estipulan un valor de ph entre 6 y 8. Las aguas ácidas con valores de ph por debajo de 3 pueden crear problemas de manejo, y deben ser evitadas en lo posible.

Aguas con concentraciones de hidróxido de sodio de 0.5 por ciento por peso de cemento (6,000 a 10,000 ppm) no afectan la resistencia o los fraguados. Sin embargo, concentraciones superiores pueden reducir la resistencia del concreto o mortero.

El hidróxido de potasio en concentraciones por encima de 1.2 por ciento de peso del cemento (18,000 a 24,000 ppm) tiene pequeños efectos sobre el desarrollo de la resistencia de algunos cementos, y en otros la puede reducir sustancialmente.

Tabla 3. TOLERANCIAS DE CONCENTRACIONES DE IMPUREZAS EN EL USO DE AGUA PARA CONCRETO

| IMPUREZAS | MÁXIMA CONCENTRACIÓN TOLERADA.ASTM C-94 | CEMENTOS RICOS EN CALCIO | CEMENTOS SULFATORRESISTENTES |
|---|---|-----------------------------|---------------------------------|
| | | NOM C – 122-1982 | NOM C – 122 - 1982 |
| Carbonato de sodio y potasio | 1,000 ppm | ----- | ----- |
| Cloruro de sodio | 20,000 ppm | ----- | ----- |
| Cloruro como Cl (concreto preesforzado) | 500 ppm | 400(c) | 600(c) |
| Cloruro como Cl (concreto húmedo o con elementos de aluminio, metales similares galvanizados.) | 1,000 ppm | 700(c) | 1,000(c) |
| Sulfato de sodio | 10,000 ppm | ----- | ----- |
| Sulfato como SO4 < | 3,000 ppm | 3,000 | 3,500 |
| Carbonato de calcio y magnesio, como ion bicarbonato | 400 ppm | 600 | 600 |
| Cloruro de magnesio | 40,000 ppm | ----- | ----- |
| Sulfato de magnesio | 25,000 ppm | ----- | ----- |
| Cloruro de calcio (por peso de cemento de concreto) | 2% | ----- | ----- |
| Sales de hierro | 40,000 ppm | ----- | ----- |
| Yodato, arrestando, fosfato y borato de sodio | 100 ppm | ----- | ----- |
| PH | 6.0 a 8.0 | No menor de 6.0 | No menor de 6.5 |
| Hidróxido de sodio (por peso de cemento de concreto) | 0.50% | ----- | ----- |
| Hidróxido de potasio (por peso de cemento de concreto) | 1.20% | ----- | ----- |
| Azúcar | 500 ppm | ----- | ----- |
| Aceite mineral (por peso de cemento de concreto) | 2% | -----< | ----- |
| Agua con algas | 0 | ----- | ----- |
| Materia orgánica | 20 ppm | 150(b) | 150(b) |
| Agua de mar (contenido total de sales para concreto no reforzado) | 35,000 ppm | ----- | ----- |
| Agua de mar para concreto reforzado o preesforzado | No recomendable | ----- | ----- |
| Alcalis totales como Na+ | ----- | 300 | 450 |
| Dióxido de carbono disuelto CO 2 | ----- | 5< | 3 |
| Sólidos en suspensión en agua natural | 2,000 ppm | 2,000 | 2,000 |
| Sólidos en suspensión en agua reciclada | ----- | 50,000 | 50,000 |
| Magnesio como Mg++ | ----- | 100 | 150 |
| Total de impurezas en solución | ----- | 3,500 | 4,000 |

Cerca de 2,000 ppm de partículas de arcilla o limos suspendidos en el agua de mezclado se pueden tolerar. Cantidades más altas pueden no afectar la resistencia, pero sí influir en otras propiedades del concreto.

Varias clases de aceite están ocasionalmente presentes en el agua de mezclado. El aceite mineral (petróleo) por sí solo, tiene menos efectos sobre el desarrollo de resistencia del concreto que los aceites minerales o vegetales. Sin embargo, el aceite mineral en concentraciones superiores a 2 por ciento de peso del cemento puede reducir la resistencia del concreto en 20 por ciento o más.

En el agua tratada deben cuidarse principalmente los contenidos de sulfatos, cloruros y álcalis, ya que en concentraciones superiores a las establecidas, su reacción con los componentes del cemento y los agregados puede ser muy agresiva.

Análisis químico del agua de las plantas de tratamiento y del agua potable

Para la fabricación del concreto, se realizaron pruebas químicas al agua en el laboratorio de calidad de agua de la propia UAM, el cual está acreditado por el SINAPI.

cantidad de agua de la propia CAAVI, el cual está acreditado por el SINAEI.

Para el análisis químico, se extrajeron cinco muestras por planta de tratamiento y tres muestras de agua potable obtenidas del área de construcción de la Universidad durante un mes. En el caso de las plantas de tratamiento de San Juan Ixtayopan y Acueducto de Guadalupe, el análisis químico del agua fue proporcionado por el personal de las plantas.

Las muestras fueron obtenidas de la toma de salida, pues en este punto el agua incluía el proceso de cloración, proceso crítico, pues un exceso en el contenido de cloro podría ejercer una acción disolvente sobre los componentes del cemento y del concreto, teniendo una agresividad mayor en el caso del concreto armado.

Al comparar los resultados obtenidos por el laboratorio con los límites establecidos por la ASTM C-94 y la norma NOM C-122, se puede ver que la calidad del agua obtenida en tres de las cinco plantas de tratamiento es buena, ya que se tienen valores muy por debajo de los límites permitidos, con excepción del contenido de grasas y aceites que es del orden de 4.0 ppm en plantas de tratamiento contra 6.7 ppm del agua potable, así como la alcalinidad en el agua de las plantas de San Juan y Acueducto, que está por arriba de las 300 ppm permitidas.

Gran parte de la calidad en el agua tratada de estas plantas se debe a que ésta no contiene sustancias de origen industrial, ya que en su mayoría recoge descargas domiciliarias y, por lo tanto, no se presentan altas concentraciones de sulfatos, sulfuros, sales amoniacas, azúcares, ácido sulfúrico, clorhídrico, nítrico, acéticos, que son los elementos más perjudiciales para el concreto.

Los análisis químicos y biológicos a las aguas residuales tratadas de diferentes procedencias dentro del área metropolitana de la ciudad de México fueron realizados por el laboratorio de calidad del agua, dependiente del departamento de Energía en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, incluyendo pruebas al agua potable de nuestras instalaciones.

Los resultados de tales análisis se reproducen de manera resumida en la tabla siguiente, en la que se han registrado los datos de cinco plantas de tratamiento y la del agua potable de la Universidad.

| Parámetro | Azc. ppm | Tlatelolco ppm> | Chapultep ppm | Agua pot. ppm | San Juan ppm | Acueduct ppm |
|---------------------------------|-------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| PH | 7.7 | 7.28 | 7.232 | 7.7333 | 7.6 | 8 |
| Conductividad eléctrica | 718 | 760 | 468 | 483.33 | 1183 | |
| Sólidos totales | 492.6 | 522.2 | 346.6 | 312.66 | | |
| Sólidos disueltos totales | 490.6 | 519.6 | 346.6 | 312.66 | 1065 | |
| Sólidos suspendidos totales | 4.6 | 2.6 | 0 | 0 | 25 | |
| Grasas y aceites | 3.746 | 4.1 | 4.02 | 6.766 | 63 | |
| DBO | 36.79 | 40.016 | 29.826 | 17.346 | | |
| DQO | 73.854 | 68.822 | 57.534 | 40.623 | 63 | |
| Calcio | 36.825 | 27.459 | 22.818 | 25.154 | | |
| Magnesio | 13.705 | 11.457 | 6.9932 | 19.678 | | |
| Potasio | 18.535 | 18.004 | 12.854 | 11.441 | | |
| Sodio | 80.002 | 81.608 | 52.563 | 37.902 | | |
| Alcalinidad total | 250.68 | 191.18 | 67.188 | 173.88 | 379 | 634.78 |
| Fósforo total | 6.6782 | 4.7902 | 5.5972 | 0 | | |
| Fluoruros | 1.5174 | 1.5556 | 1.838 | 0.6506 | | |
| Silice (como SiO ₂) | 23.488 | 20.557 | 17.223 | 26.317 | | |
| Sulfatos | | | | | | 235 |
| Cloruros | | | | | 230 | 125 |

Un ph entre 7.2 y 8 indica una sustancia neutra, esto es, que no es ni ácida ni básica, por lo que no debe existir preocupación por sustancias básicas tales como el hidróxido de sodio, o sales como el potasio y el sodio (las cuales repercutirán en la resistencia del cemento); tampoco, por sustancias ácidas como la presencia de ácidos (clorhídrico, entre los más comunes).

Los sólidos totales. Cerca de 35,000 ppm de partículas de arcilla o limos suspendidos en el agua de mezclado se pueden tolerar. Cantidades más altas pueden no afectar la resistencia pero sí

de mezclado se pueden tolerar. Cantidades más altas pueden no afectar la resistencia pero sí influir en otras propiedades del concreto. En nuestro caso, estamos hablando de 1,065 ppm para el caso más crítico, que es la planta de San Juan Ixtayopan, la cual está muy por debajo del límite permitido.

La alcalinidad que se presenta en las plantas Acueducto de Guadalupe y San Juan Ixtayopan son 634.78 y 379 ppm respectivamente, quedando fuera del límite establecido de 300 ppm. Con esto, existiría la posibilidad de un ataque corrosivo por parte de los cationes alcalinos sobre los aluminatos cálcicos hidratados del cemento, lo que reduciría la resistencia del concreto.

Otro parámetro que se sale de los requisitos especificados de calidad del agua es el referente a grasas y aceites que tiene el agua potable, con un valor de 6.7 ppm, y Acueducto de Guadalupe con 63 ppm.

Resultados y discusión

Revenimiento

El revenimiento en los concretos elaborados con agua tratada acusó un incremento con respecto a los obtenidos en los concretos elaborados con agua potable. Esto se debió a que el agua de mezclado contenía concentraciones de grasas y aceites en cantidades que sobrepasaban los límites tolerables, según la NOM C- 122 (ASTM C-94). Los valores más representativos se pueden ver en la siguiente tabla, presentados en porcentaje, referido al obtenido en concretos elaborados con agua potable.

| RESISTENCIA | 200 KG / CM2 | 250 KG / CM2 | 300 KG / CM2 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| PLANTA | | | |
| Agua potable | 1 | 1 | 1 |
| Azcapotzalco | +7% | 0 | +40% |
| San Juan Ixta. | +50% | 0 | +20% |
| Acueducto de g. | +28% | +20% | +80% |

Peso volumétrico

El peso volumétrico de los concretos con agua tratada acusó un decremento en porcentaje con respecto al peso volumétrico de los concretos elaborados con agua potable, lo que nos indica un aumento significativo de aire en el concreto elaborado con agua tratada; por el contrario, los pesos volumétricos que se obtuvieron muestran un incremento en el porcentaje, con respecto a los pesos volumétricos de concretos elaborados con agua potable nos indican una disminución de aire en el concreto elaborado con agua tratada. Los resultados de estas pruebas se pueden ver en la tabla siguiente.

| RESISTENCIA | 200 KG / CM2 | 250 KG / CM2 | 300 KG / CM2 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| PLANTA | | | |
| Agua potable | 1 | 1 | 1 |
| Azcapotzalco | +2% | +2% | 0 |
| San Juan Ixta. | +3% | +2% | +2% |
| Acueducto de g. | +1% | -4% | -4% |

Resistencia a la compresión en cilindros

Los resultados obtenidos de las resistencias a la compresión de los especímenes de concreto con agua potable fueron tomados como base de comparación, contra las resistencias de concretos elaborados con agua tratada.

Los especímenes de concreto hechos con agua potable arrojaron resultados dentro de lo esperado, ya que tanto los especímenes de resistencia de 200 kg/cm², como los de 250 kg/cm², y los de 300 kg/cm², mostraron un incremento gradual de su resistencia a edades de 7, 28 y 90 días.

Agua Tratada 1- Azcapotzalco

Las resistencias obtenidas de los especímenes elaborados con el agua tratada de Azcapotzalco son un ejemplo demostrativo de la fabricación de concretos con altas concentraciones de grasas, ya que la resistencia obtenida a los 7 y 28 días fue la esperada, pero al probarse a los 90 días, la resistencia decreció de manera significativa en los especímenes cuya resistencia esperada era de 300 kg/cm², y los de las otras dos resistencias siguieron aumentando de manera poco importante, aunque se espera un decremento a edades mayores. Esto es debido al contenido de sustancias no favorables en el agua de mezclado.

Agua Tratada 2- San Juan Ixtayopan y Agua Tratada 3- Acueducto de Guadalupe

Se puede observar en la tabla siguiente, que para los especímenes elaborados con agua tratada de la planta de san Juan Ixtayopan, las resistencias a 90 días de los concretos de 200 kg/cm² y 250 kg/cm² cumplen con la resistencia de diseño, aunque no es el caso de la diseñada para 300 kg/cm². Las resistencias obtenidas de los especímenes elaborados con agua tratada de la planta de Acueducto de Guadalupe, cumplen en todos los casos con las resistencias para las cuales fueron diseñadas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las cantidades de sustancias dañinas que se encontraron en el agua de mezclado, posiblemente harán que a edades mayores la resistencia disminuya.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO

| DÍAS | AGUA POTABLE | | | AGUA TRATADA 1 | | | AGUA TRATADA 2 | | | AGUA TRATADA 3 | | |
|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 200 kg/cm ² | 250 kg/cm ² | 300 kg/cm ² | 200 kg/cm ² | 250 kg/cm ² | 300 kg/cm ² | 200 kg/cm ² | 250 kg/cm ² | 300 kg/cm ² | 200 kg/cm ² | 250 kg/cm ² | 300 kg/cm ² |
| 7 | 117 | 175 | 211 | 148 | 171 | 225 | 124 | 193 | 195 | 148 | 159 | 220 |
| 28 | 199 | 236 | 272 | 180 | 232 | 292 | 167 | 259 | 257 | 206 | 224 | 288 |
| 90 | 212 | 266 | 279 | 203 | 251 | 268 | 207 | 290 | 277 | 240 | 251 | 314 |

En la gráfica anterior se muestran claramente los resultados a compresión simple de los concretos elaborados con agua potable y agua tratada.

Resultados de las pruebas a compresión en morteros

Para este caso se utilizaron dos tipos de arenas: un basalto y una andesita; las dos cumplieron con la Norma Oficial Mexicana NOM C-111. Se utilizó agua de las plantas de Chapultepec, Tlatelolco y Azcapotzalco.

En los especímenes elaborados con agua tratada de la planta de Azcapotzalco se utilizó una relación agua/cemento mayor, para verificar el comportamiento en el momento de ser ensayado, lo que implicó una disminución en su resistencia, como puede observarse en las gráficas de resultados. Cabe mencionar que una vez aplicada la carga de falla se presentó un desconchamiento en las caras laterales paralelas a la aplicación de la carga, al igual que en los especímenes elaborados con las demás plantas de tratamiento.

En forma inesperada se comprobó que, excluyendo los especímenes de la planta de Azcapotzalco por los motivos antes mencionados, los especímenes elaborados con agua tratada adquirieron mayor resistencia que los fabricados con agua potable, siendo los especímenes de la planta de Chapultepec los que incrementaron su resistencia en 15 por ciento para la andesita y 40 por ciento en el caso del basalto, con respecto a las obtenidas con agua potable.

Por lo tanto, de esta prueba podemos concluir que el utilizar agua tratada procedente de las

plantas Chapultepec, Azcapotzalco y Tlatelolco no causa efectos negativos tales como reducción de la resistencia a compresión en los especímenes, teniendo en cambio incrementos entre 10 y 40 por ciento en su resistencia.

RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN EN CUBOS (50 x 50)

| DÍAS | PLANTA AZCAPOTZALCO | | PLANTA TLATELOLCO | | PLANTA CHAPULTEPEC | | AGUA POTABLE | |
|--------|---------------------|---------|-------------------|---------|--------------------|---------|---------------|---------|
| | TIPO DE ARENA | | TIPO DE ARENA | | TIPO DE ARENA | | TIPO DE ARENA | |
| | ANDESITA | BASALTO | ANDESITA | BASALTO | ANDESITA | BASALTO | ANDESITA | BASALTO |
| | kg/cm2 | Kg/cm2 | kg/cm2 | kg/cm2 | Kg/cm2 | kg/cm2 | Kg/cm2 | kg/cm2 |
| 24 HRS | | | | | | | | |
| 3 | 80 | 163.2 | 121 | 216 | 160 | 297 | 99 | 196 |
| 7 | 84 | 192 | 165 | 275 | 208 | 313 | 160 | 252 |
| 28 | 205 | 303 | 246 | 375 | 311 | 413 | 221 | 357 |

Resultados de las pruebas para detectar la reacción álcali-sílice

Con base en la norma ASTM C 9 – P214, se elaboraron 16 barras de mortero para medir las expansiones, y se observó que en ninguno de los casos se sobrepasa el límite de expansión permitido por la norma.

Las barras elaboradas con agua potable tuvieron el porcentaje de expansión más bajo, alrededor de 0.042 por ciento contra 0.08 por ciento en promedio obtenido utilizando agua tratada, menor del 0.10 por ciento que permite la norma.

La aplicación del método del Gel Fluorescente para determinar la presencia de la reacción álcali-sílice en los morteros elaborados con agua tratada se hizo en todas las probetas que se utilizaron para determinar las expansiones. Se presentaron comportamientos similares, los cuales fueron fotografiados mediante un estereoscopio con aumento de 10x, con la ayuda de una lámpara de luz ultravioleta.

En las fotografías se pueden observar coloraciones café provocadas por materia orgánica; igualmente aparece en algunas probetas carbonatación. Se observan algunos cristales, resultado del NaOH (hidróxido de sodio) añadido para el método acelerado; en ninguno de los casos se pudo observar la coloración característica de la reacción álcali-sílice.

Conclusiones

A partir de los resultados de los especímenes sujetos a compresión, podemos decir que utilizar agua tratada procedente de las plantas Chapultepec, Azcapotzalco y Tlatelolco no causa efectos negativos tales como reducción de la resistencia a la compresión; por el contrario, se tienen incrementos entre 10 y 40 por ciento en su resistencia.

Según los resultados de los especímenes de las plantas San Juan y Acueducto, las resistencias se mantuvieron por arriba de 80 por ciento de la resistencia de diseño.

Con los análisis químicos podemos confirmar que, debido a la calidad del agua presentada por las plantas mencionadas anteriormente, la misma puede utilizarse para la elaboración del concreto, siempre y cuando se les dé un tratamiento adicional para eliminar o reducir el contenido de grasas y aceites presentados en las muestras, ya que es este parámetro el único que queda fuera de límite, pues podría causar efectos negativos en la adherencia entre el concreto y el acero, así como efectos de retardo en el fraguado.

El agua residual tratada deberá utilizarse con muchas reservas para construcciones tales como guarniciones, banquetas, canchas deportivas, instalaciones subterráneas etcétera.

Referencias bibliográficas

1. Gobierno del Distrito Federal, Compendio DGCOH, 2^a. ed., Secretaría de Obras y Servicios, 1995.
2. Comisión Nacional de Aguas, Sistema alternativo de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos, Libro II, septiembre de 1994.
3. Comisión Federal de Electricidad, Manual de tecnología del concreto, sección I, Editorial Limusa.
4. Accelerated detection of potentially deleterious expansion of mortar bars due to alkali silica reaction, ASTM C 9 P214.
5. Saldívar Moguel, Héctor, Método para identificar la reacción álcali-sílice, IMCyC. 1994.

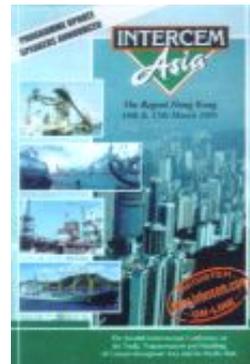
Este artículo reproduce la ponencia presentada en el X Encuentro Nacional de la Industria del Concreto Premezclado por sus autores, quienes pertenecen a la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana.



Punto de encuentro

XVI Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica

Del 15 al 19 de mayo en Querétaro, México
Informes: Doctor Adrián Gil
Tel.: + (4) 211 6025 Fax: + (4) 211 6001
E-mail: sme2001@cideteq.mx



XVII Reunión Nacional de Laboratorios de Control de Calidad de Materiales de Construcción

Del 17 al 19 de mayo en Ixtapa, Guerrero, México
Informes: Tel.: (5) 511-86-63 y (5) 611-75-78
E-mail: analisec@fastnet.co.mx



10º Congreso Internacional sobre Polímeros en Concreto

Del 21 al 24 de mayo de 2001 en Honolulu, Hawaii
Informes: Prof. David W. Fowler, University of Texas at Austin, Department of Civil Engineering EJC 5.2
Tel.: (512) 471-4498
Fax: (512) 471-3191
E-mail: dwf@mail.utexas.edu



2º Simposio Mundial de la ECCE / Información y Tecnología de la Comunicación en la Práctica de la Ingeniería civil y la Edificación

Del 6 al 8 de junio de 2001 en Espoo, Finlandia
Informes: Tel.: +358 9 6840 7818 / +358 9 6840 780
Fax: + 358 9 1357670
E-mail: siv.forsten@ril.fi o ril@ril.fi
Internet: www.ril.fi/ecce.htm



14º Congreso Mundial de la Carretera de la IRF

Del 11 al 15 de junio de 2001 en París, Francia
Informes: Tel.: 33. (0)1.44.88.25.25





Fax: 33. (0)1.40.26.04.44
E-mail: fournier@socfi.fr
Internet: <http://www.socfi.fr>

Conferencia IABSE sobre Puentes Soportados por Cables / Reto de los límites técnicos

Del 12 al 14 de junio de 2001 en Seúl, Corea
Informes: Tel.: +82-335-336-8375
Fax: +82-335-336-8376
E-mail: seoul2001@iabse-kr.org

1ª Conferencia Mundial sobre Túneles de Vías Urbanas

Del 14 y 15 de junio de 2001 en París, Francia
Informes: Tel.: 33 (0)1 44 64 15 15
Fax: 33 (0)1 44 64 15 16
E-mail: p.fournier@colloquium.fr
Internet: www.irfparis2001.com

3ª Conferencia Internacional sobre Concreto bajo Condiciones Severas / Medio Ambiente y Carga

Del 18 al 20 de junio de 2001 en Vancouver, BC, Canadá
Informes: Profesor N. Banthia, University of British Columbia, Department of Civil Engineering
Tel.: 1(604) 822-9541
Fax: 1(604) 822-6901
E-mail: banthia@civil.ubc.ca

7º. Simposio Internacional sobre Ferrocemento y Compuestos Delgados del Cemento Reforzado

Del 27 al 29 de junio en Singapur
Informes: Dr. M.A. Mansur, National University of Singapore, Department of Civil Engineering
Fax: (65) 779 1635
E-mail: cvemansu@nus.edu.sg

Notas del acontecer

Cambio de mesa directiva en la SMIE

En la Asamblea General de la Sociedad de Ingeniería Estructural (SIE), celebrada en las instalaciones del Colegio de Ingenieros Civiles de México, el doctor Roberto Meli Piralla tomó protesta a los miembros de la nueva mesa directiva elegida para el periodo 2001-2002. Previo a esto, los asistentes escucharon la conferencia magistral del doctor James G. MacGregor, de la Universidad de Alberta, Canadá, así como el informe de actividades y el informe de Tesorería.

La mesa directiva quedó integrada de la siguiente manera: en el cargo de presidente, el ingeniero José María Riobóo Martín; en el de vicepresidente, el ingeniero José Gaya Prado, y en el de vicepresidente técnico, el doctor en Ingeniería Sergio Alcocer Martínez de Castro. El maestro en Ingeniería José Carlos Arce Riobóo rindió protesta como secretario, y el ingeniero Sergio Escamilla Aguilar como tesorero. En calidad de vocales lo hicieron el doctor en Ingeniería Mario Rodríguez Rodríguez, el ingeniero Germán Cervantes Hernández y el ingeniero Héctor Soto Rodríguez.

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,
A.C.**

Revista Construcción y Tecnología

Abril 2001

Todos los derechos reservados



Nuevos Productos y Equipos

Muros de suelo armado

"MESA" es un sistema de muros de contención que se ejecuta mediante la técnica de armados de suelo. Contiene los siguientes elementos:

- Block interconectable fabricado con cemento portland, agua y agregados, con las siguientes propiedades:
 - a) Resistencia mínima a la compresión después de 28 días, de 280 kg/cm²
 - b) Geometría, masa y tamaños de celda adecuados para permitir la conexión mecánica con otros bloques y refuerzos, para lograr adecuada estabilidad y permitir la ejecución de muros curvos
- Refuerzos estructurales no biodegradables y resistentes a la corrosión, capaces de resistir empujes de tierra, proporcionando suficiente resistencia a las sollicitaciones unidireccionales características de muros de contención y taludes.
- Conectores mecánicos capaces de transferir mecánicamente 200 por ciento de la resistencia de diseño a largo plazo de los elementos de refuerzo estructural.
- Drenaje que será establecido para cada proyecto individual, y
- Protecciones contra erosión.

Revolvedora y dosificadora

Ausa presenta su nueva revolvedora -dosificadora Mariner 35G, que tiene las características siguientes:

- Volumen geométrico del tambor: 5,050 l
- Capacidad para concreto: 3,5 m³

Aquí! 



- Velocidad de rotación del tambor: 18 v/min.
 - Ciclo operativo teórico: 15 min.
 - Capacidad del cucharón de carga: 450 l
 - Capacidad del depósito de agua: 650 l
-



Sierra antivibratoria

Milwaukee Electric Tool Corporation presenta la nueva sierra de antivibración Orbital Super Sawzálâ modelo 6521-21, de alto rendimiento, de 0-3200 carreras por minuto y con una carrera de hoja de 1-1/4 pulgadas.

La acción de hoja orbital aporta un corte más rápido y agresivo en aplicaciones difíciles, tales como demolición o remoción.

La nueva sierra ofrece también un embrague exclusivo que absorbe impacto para proteger el tren de engranajes, cojinetes y otros mecanismos internos durante aplicaciones extremas.



Vías de comunicación:

Software para topografía

El SDR map es el módulo base del sistema, y se puede utilizar conjuntamente con cualquier módulo para el cálculo geométrico de coordenadas, el modelado de superficies y curvas de nivel, el cálculo y dibujo de perfiles longitudinales y transversales, el cálculo de volúmenes y diseño, el cálculo y trazo de carreteras. .



**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.**

Revista Construcción y Tecnología

Abril 2001

Todos los derechos reservados

