



Presentación

Aquí! 

La posibilidad de colorear el concreto aumenta su versatilidad y pone en manos del diseñador un recurso que incrementa el potencial estético del material, capaz de alcanzar así bellos resultados a un bajo costo y sin menoscabo de sus propiedades características. Para referirse a la permanencia del color en las estructuras, el autor del artículo con que iniciamos esta edición aborda el proceso de pigmentación del concreto así como los efectos que sobre su aspecto tiene la intemperización, y expone los resultados de pruebas de laboratorio y de campo realizadas para evaluar las consecuencias del paso del tiempo.

Sobre una práctica que ha despertado cierta inquietud en relación con el comportamiento sísmico del acero de refuerzo —el doblado y posterior enderezado en frío de las varillas—, presentamos las conclusiones de un estudio que observó los efectos de este procedimiento sobre el comportamiento en tensión de las varillas cuando están sometidas a alta deformación y condiciones de baja temperatura.

Otro estudio experimental que incluimos describe una prueba de carga realizada durante la obra de ampliación de una central de ciclo combinado en Argentina. El ensayo se llevó a cabo según la norma francesa NFP94-150 y para la interpretación de resultados se aplicó el método de Chandeison-Cambefort.

El reportaje sobre infraestructura en el sector de

comunicaciones y transportes que iniciamos en nuestro número anterior concluye aquí con el tratamiento de la participación que ha tenido el sector privado en ferrocarriles y puertos desde la apertura operada en los últimos años. El texto ofrece una información muy completa que incluye el estado de ambos sistemas antes de las reformas, los objetivos que se plantearon las autoridades del sector al proyectar el cambio, los resultados que pueden observarse actualmente y las perspectivas que se vislumbran para el futuro.

Les deseo el mayor de los éxitos en sus actividades y les envío un cordial saludo.

Licenciado Luis Martínez Argüello

**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.**
Revista Construcción y Tecnología
Septiembre 2000
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



El color en el concreto: belleza y durabilidad

Nick Paris y Michael Chusid

Algunos colores en la naturaleza son tan efímeros como una flor en plena floración o como el follaje de otoño en el punto más alto de su gloria. Otros colores son más duraderos. Entre los tonos que más perduran están los que encontramos en las rocas y en las piedras. Estos colores son tan permanentes como un pico de granito, y tan viejos como la pared de arenisca de un cañón.

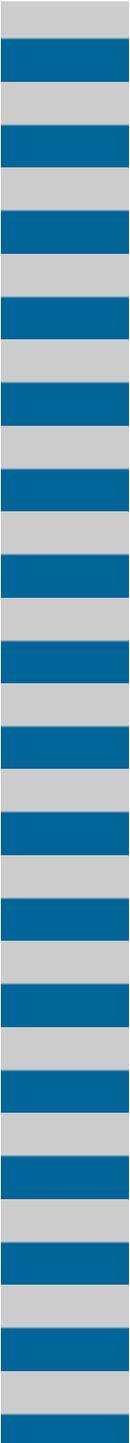
Constancia y cambio: para ambos hay un lugar en el diseño y la construcción. Puede ser deseable una exposición que cambie con cada estación en un diseño de paisaje. Pero al especificar edificios, pavimentos y estructuras, la mayoría de los diseñadores prefiere una mayor permanencia.

Afortunadamente, los tonos en el concreto coloreado pueden ser tan durables como los que se encuentran en la naturaleza. Los pigmentos usados son los mismos responsables de la paleta de colores de la naturaleza. Disponibles en un amplio espectro de tonos, los óxidos minerales y otros pigmentos reconocidos usados en los aditivos del concreto coloreado son económicos, resistentes al clima y de un color durable.



Resumen:

El concreto coloreado es cada día más empleado en la construcción, y las razones están dadas por las ventajas de todo tipo que ofrece, entre las que se cuentan la durabilidad del material y la permanencia de la pigmentación. Este artículo contiene una información muy útil y completa sobre lo que hay que saber al momento de establecer las especificaciones para alcanzar en la obra los resultados esperados.



Integralmente mezclados en el concreto, los pigmentos se adhieren al cemento portland para llegar a formar parte permanente de la mezcla de concreto. Combinado con la durabilidad intrínseca del concreto, el color integral proporciona una belleza durable para complementar cualquier diseño.

El uso del color se está incrementando en casi todos los tipos de concreto, desde el colado en obra, pasando por el premol-deado y la construcción tilt-up, hasta los productos manufacturados de concreto tales como bloques para mampostería, muros de retención segmentados y adoquines entrelazados. No es sorprendente ver cuánta belleza y valor agrega el color al concreto. La sorpresa está en los beneficios estéticos posibles cuando se consideran texturas, agregados expuestos, patrones estampados, revestimientos de forros arquitectónicos y otros acabados decorativos. En muchos proyectos arquitectónicos, el concreto coloreado es una alternativa económica a los materiales costosos de construcción, tales como la piedra o el azulejo.

Aunque debe tomarse en cuenta el costo extra de los aditivos de color, pueden aplicarse colores integrales y darles acabado en la mayoría de los diferentes tipos de obras de concreto, usando técnicas similares a las requeridas para el concreto simple, de modo que los costos de aplicación adicionales sean razonables. Además, la permanencia del coloreado integral del concreto significa un ahorro significativo en los costos de ciclo de vida, en comparación con los gastos que implica aplicar y mantener capas de desgaste, recubrimientos, manchas o acabados pintados.

La evidencia de la durabilidad de los colores en el concreto puede verse en proyectos de concreto coloreado en todo el mundo que han

mantenido su atracción durante 25 años o más. Pero, en resumidas cuentas, ¿cuán permanentes son los tonos en el concreto coloreado? ¿Y cómo deben escribirse las especificaciones para asegurar los resultados deseados? Para responder a estas preguntas, los especificadores prudentes necesitan comprender de qué manera se pigmenta el concreto, los factores que influyen en la intemperización, y los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo para la firmeza del color.

Coloreando el concreto

El concreto se produce a partir del cemento portland, arena, roca triturada o agregados y agua. Los aditivos pigmentados de color se agregan a esta receta básica para crear el concreto coloreado. Debido a que los aditivos de color se mezclan en el concreto, el color va en todas las fases a través de cada colocación o cada producto de concreto. Esto significa que, a diferencia de los tratamientos aplicados a la superficie, el color permanecerá visible aun en las esquinas martelinadas, en las superficies fracturadas expuestas o rugosas y en los cortes con sierra o cuando se sopletea con arena.

Los aditivos de color más populares están hechos con pigmentos de óxido de hierro —el mismo compuesto que se encuentra en la herrumbre común—. Mientras que el color de la herrumbre común es generalmente un naranja rojizo, el óxido de hierro también se presenta en tonos de amarillo, café y negro. Al mezclar estos cuatro tonos primarios, se puede producir una amplia paleta de concreto coloreado. El óxido de hierro puede ser refinado de las menas que se producen naturalmente y de minerales tales como el ocre.



Sin embargo, se dispone de colores más intensos a partir de óxidos de hierro sintéticos que se reciclan del hierro. Estos pigmentos son químicamente inertes, resistentes a la decoloración y ambientalmente seguros. Como lo sabe todo aquel que en alguna circunstancia haya tenido que tomar agua de un tubo oxidado, el óxido de hierro no es tóxico. Y si usted ha tratado alguna vez de remover la oxidación de un fregadero de cocina, sabrá que es un agente colorante muy resistente.

Existen otros pigmentos minerales que extienden la paleta de colores en el concreto. Mientras que tales pigmentos resultan difíciles de conseguir, el óxido de cromo produce los verdes, y los productos de cobalto los azules. El dióxido de titanio puede usarse para blanquear una mezcla o producir tonos pastel. Pero el mismo efecto se logra generalmente de manera más económica usando cemento portland blanco. Aunque el negro de carbón es una alternativa económica para matizar el concreto negro y el gris, el concreto que lo contiene debe ser protegido contra la penetración del agua.

Aunque el pigmento negro de carbón por sí mismo no se decolora, algunos grados del negro de carbón pueden blanquearse lentamente en el concreto que no está adecuadamente sellado, creando una apariencia de decoloración. En el concreto con aire incluido, o concreto expuesto a ciclos repetidos de mojado y secado, el óxido de hierro negro puede ser sustituido por negro de carbón. 1

Los aditivos de color se pulverizan en partículas microscópicas de alrededor de una décima de diámetro de un grano de cemento portland. Su tamaño pequeño los ayuda a adherirse al cemento e incrementan su resistencia de matiz. Cuando se agrega a una

dosificación de concreto, los aditivos de color se dispersan en la pasta de cemento, la que luego cubre con una capa la arena y el agregado en el concreto. La adición de los aditivos de color no reduce la resistencia del concreto cuando se dosifica hasta 10 por ciento del peso de los materiales cementantes en una mezcla.

Sin embargo, la mayoría de los aditivos de color se dosifican entre 2 y 6 por ciento. El extremo inferior de este rango produce tonos sutiles que ofrecen apenas un matiz y que dan al concreto un moldeado atractivo. A tasas de dosificación más altas, el concreto se acerca a un estado de saturación del color, en donde la adición de más pigmento no resalta el efecto visual.

Hasta hace poco, la mayoría de los productores de concreto usaban pigmentos secos en polvo que tenían que ser manualmente pesados y agregados a la mezcladora. Actualmente los nuevos aditivos de color y las técnicas de manejo del material hacen que sea más fácil y económico el concreto coloreado. Por ejemplo, los productores de concreto premezclado usan aditivos de color en bolsas desintegrables que pueden arrojarse directamente a las mezcladoras sin abrirse o sin tener que verse.

Otras plantas de concreto están usando cada vez más una maquinaria controlada por computadora para medir y administrar el líquido o los pigmentos granulados. Estos sistemas automatizados permiten a los productores de concreto comprar tan sólo unos pocos tonos primarios del aditivo colorante a granel, y mezclarlos según se necesite para producir un amplio rango de colores de concreto estándar o a pedido especial. Estos nuevos métodos para manejar el color están

virtualmente libres de polvos y simplifican el reto de mantener limpio el sitio de la obra o una planta de concreto.

Los productores de concreto que mantienen estándares altos de control de calidad podrán proporcionar colores consistentes de una dosificación a la siguiente. La clave para un color uniforme es usar las mismas materias primas, proporciones de mezcla y métodos de producción en toda la obra. Además del tono y la dosificación del aditivo de color, las otras variables que afectan la apariencia del concreto incluyen el color de la arena, los tipos de agregados y el cemento portland en la mezcla; la relación agua/cemento; y la forma en que se cura el concreto. Estos mismos factores son igualmente críticos cuando se produce concreto gris simple con una apariencia uniforme.

El color de la arena y del agregado es especialmente importante en los acabados de agregado expuesto o unidades de mampostería de concreto de caras fracturadas, ya que estos materiales llegan a estar expuestos en la superficie de concreto.

Desde el punto de vista del diseño, también debe considerarse la textura de la superficie. Una superficie de concreto texturizada ligeramente sopleteada con arena o asperizada, aparecerá diferente a una superficie de acabado liso, aun cuando ambas estén idénticamente pigmentadas. Algunos productos de concreto son fabricados con varios colores que se entremezclan para dar a cada unidad una apariencia brillante o moteada. Es también común especificar mezclas o patrones compuestos de bloques para mampostería de concreto en una variedad de tonos. Las opciones texturizadas y abigarradas ofrecen una característica adicional para ocultar las pequeñas manchas o

defectos que pueda sufrir una aplicación a través del tiempo.

Durabilidad de los colores

Los pigmentos usados en los aditivos de color son químicamente estables y no cambiarán significativamente su tono bajo exposiciones normales ambientales. Los colores en las pinturas de las cuevas, por ejemplo, creados con óxido de hierro del suelo y con carbón de la leña quemada, se han preservado por miles de años. Actualmente, el concreto tiene que sobrevivir en ambientes más severos: áreas urbanas contaminadas, carreteras con intenso tránsito y a lo largo de las costas marinas. La buena noticia es que los aditivos colorantes de gran calidad son capaces de resistir la decoloración debida a la luz solar, la alcalinidad del concreto fresco, las reacciones químicas durante el proceso de curado del concreto, los compuestos descongelantes y el clima.

Aun cuando los aditivos de color en sí mismos sean resistentes a la decoloración, todas las estructuras de concreto pueden cambiar su apariencia a través del tiempo, aun aquellas construidas con concreto no coloreado. Algunos cambios que pasan virtualmente inadvertidos en el concreto simple pueden ser más notables en el concreto coloreado. Al entender la dinámica de la intemperización del concreto, los especificadores estarán mejor preparados para evaluar los productos y tener expectativas más realistas de la apariencia a largo plazo de las estructuras de concreto coloreado.

Eflorescencia

La eflorescencia es un depósito polvoso blanco que se puede formar en la superficie del concreto. Ocurre cuando la humedad



disuelve las sales en el concreto y las lleva a través de la acción capilar hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja tras de sí un depósito de mineral. Aunque la eflorescencia no es un problema estructural, puede ser estéticamente objetable. En el concreto gris ordinario, el depósito blanco frecuentemente pasa sin notarse. Pero en el concreto con colores oscuros, el depósito puede tener el efecto de aclarar el color de la superficie o decolorarla.

A fin de minimizar el potencial de la eflorescencia, las estructuras deben diseñarse para reducir al mínimo la entrada de humedad en el concreto. Por ejemplo, las partes superiores de los muros de mampostería de concreto deben cubrirse durante la construcción cuando haya probabilidad de lluvia. La parte posterior de los muros de retención debe tener un sistema de drenaje para recoger el agua antes de que entre en los muros. Los muros deben también tener lloraderos para permitir que escape el agua. Y los pavimentos de concreto deben instalarse en capas base bien drenadas.

Con frecuencia, la eflorescencia ocurre poco después de haber sido construido un edificio o un pavimento. Si la construcción se hace durante una temporada seca, este «nuevo botón de la construcción» puede no aparecer hasta después de la primera temporada de lluvias. A menudo esta eflorescencia será removida de manera natural por el agua de lluvia o por el tránsito. En los casos en que se produzcan depósitos pesados o continuos, es recomendable investigar y corregir la fuente de las sales y la humedad que contribuyen al problema. Después, la eflorescencia debe removerse tan pronto como sea posible para evitar la formación de carbonato de calcio, un depósito mineral muy difícil de remover.

La mayor parte de la eflorescencia puede quitarse por medio de un cepillado seco seguido de un lavado con agua abundante. Los depósitos más difíciles pueden requerir el uso de un removedor de eflorescencia patentado. Siga las instrucciones del fabricante del químico y pruebe sobre una pequeña sección de concreto para determinar el impacto visual de la solución de limpieza. Enjuague completamente el concreto después de la limpieza. Note que el uso de limpiadores ácidos puede afectar la apariencia del concreto coloreado. La publicación «El Control y la Remoción de la Eflorescencia», que se encuentra disponible en la Asociación Nacional de Mampostería de Concreto, tiene mayor información sobre este tema. 3

Amarillamiento del concreto

Otro factor en el intemperismo es que el concreto puede tornarse amarillo con el tiempo. El impacto del amarillamiento es más notable en el concreto no coloreado o ligeramente pigmentado que en el concreto con altas dosis de pigmento. Aunque el cambio de color generalmente es muy ligero, de todos modos puede ser una consideración a tener en cuenta cuando se trata de igualar nuevos materiales a la construcción vieja.

Erosión

A lo largo del tiempo, la apariencia de una estructura puede cambiar debido al desgaste de la superficie de concreto. En el concreto nuevo, la pasta de cemento coloreado cubre con una capa cada grano de arena o de pedazo de agregado, y el color total del concreto está determinado principalmente por la pigmentación.

A medida que la pasta de cemento coloreado se erosiona o se desgasta, la arena y el

agregado se hacen invisibles en la superficie y pueden influir en el color total del concreto. Cualquier cambio en la textura del material afectará también la apariencia. Si el concreto va a estar sujeto a aguas corrientes, arena soplada por el viento, tránsito vehicular pesado u otras condiciones que puedan causar un desgaste acelerado y no uniforme, el especificador debe evaluar la apariencia del concreto por la intemperie así como el color en la obra nueva.

Sellado y limpieza

Para la retención óptima de color, los especificadores deben considerar la aplicación de un repelente al agua o un sellador a las superficies de concreto. Un repelente o un sellador de buena calidad reduce el potencial del concreto para ensuciarse o mancharse, y hace más fácil su limpieza. Al reducir la penetración de la humedad a través de la cara del concreto, los repelentes o selladores pueden también reducir la eflorescencia.

Los selladores brillosos pueden crear una apariencia mojada que oscurece el color aparente del concreto. Otros selladores pueden conseguirse en acabado mate. En general, los selladores no deben aplicarse hasta después que el concreto se haya curado por lo menos 28 días, que se haya quitado la eflorescencia y que se le haya dado una limpieza general.

Sin embargo, con o sin repelentes al agua o selladores, el concreto coloreado proporcionará años de servicio y buena apariencia. Si se desea, un fregado ocasional con un detergente suave seguido de un enjuague completo y cuidadoso con agua limpia, es todo lo que se requiere para mantener limpio el concreto y darle su mejor apariencia.

Estándares y pruebas industriales

La durabilidad del concreto coloreado ha concitado la atención de científicos y coloristas en todo el mundo. Uno de los primeros estudios formales sobre la firmeza del color del concreto coloreado lo realizaron investigadores de la Universidad de Maryland hace más de 30 años. 4 Además de las cuestiones acerca de la resistencia de los pigmentos, también les interesó saber si los pigmentos afectaban otras propiedades del concreto. Trabajando con varios colores y tasas de dosificación del pigmento de óxido de hierro, sometieron especímenes de concreto coloreado a una batería de pruebas de laboratorio. Ellos informaron que, «en resumen, se encontró que los pigmentos son relativamente inertes cuando se incorporan en el concreto y que no perjudican sus propiedades más importantes. La resistencia mostró una ligera mejoría cuando se usaron pigmentos, pero probablemente la magnitud fue de poca importancia. Los colores eran razonablemente permanentes aun cuando el concreto estaba expuesto a intemperismo natural.» De acuerdo con una reciente entrevista con el investigador principal del informe, las observaciones de las muestras continuaron durante más de una década después de publicado el informe y se verificó la retención a largo plazo de los colores del concreto.

Este y otros estudios fueron codificados en el ASTM C 979-82, Especificación Estándar para Pigmentos para Concreto Integralmente Coloreado, el estándar ampliamente utilizado en la industria para agentes colorantes usados en el concreto. Éste establece los procedimientos y los parámetros de evaluación de los factores que afectan la fabricación del concreto coloreado, tales como la capacidad de los pigmentos para dispersarse en una

mezcla de concreto, la resistencia a la alcalinidad del cemento y la estabilidad en condiciones de curado. Con respecto al intemperismo, el estándar exige que los pigmentos no sean solubles al agua y que resistan la exposición a la luz. El mundo real es más complejo que el laboratorio, de modo que las pruebas aceleradas deben corroborarse mediante exposición a largo plazo en el campo. Dos estudios técnicos han examinado la durabilidad de los productos de concreto. Jungk y Kurz 1 examinaron datos de sitios de prueba en Alemania, Suecia y los Países Bajos e identificaron las características de los pigmentos capaces de proporcionar rendimiento a largo plazo. Buchner y Kundgen 5 examinaron sitios de prueba en donde el concreto coloreado había sido expuesto a intemperismo hasta 25 años o más. < Estos y otros estudios similares realizados por productores de concreto proporcionan una base empírica para los especificadores, para que tengan confianza en los aditivos de color y métodos de coloración actualmente empleados por la mayoría de los productores de concreto en todo el mundo.

La prueba real está bajo los pies

La palabra «concreto» es prácticamente sinónimo de permanencia en nuestro idioma. Y con razón: el concreto coloreado ha resistido la prueba del tiempo. Considere, por ejemplo, el siguiente caso: una década después de haberse instalado por primera vez un camino particular frente a un edificio de oficinas, tuvo que ser removido para permitir una adición a la estructura.

Afortunadamente, el camino particular se había construido con adoquines de concreto coloreado entrelazado. El arquitecto permitió que los adoquines salvados se reinstalaran en frente de la nueva adición. Una vez que se

lavaron los adoquines viejos, casi no podían diferenciarse de los nuevos usados en un área adyacente.

Esto no quiere decir que el color y la apariencia del concreto no cambien. Al igual que ocurre con cualquier material natural, son de esperarse variaciones pequeñas en el color o en la apariencia del concreto, ya sea coloreado o no. Y al igual que muchos otros productos arquitectónicos, el concreto coloreado tiene una pátina de edad.

Sin embargo, los diseñadores pueden imaginar cómo sus productos evolucionan con el paso del tiempo. Ellos prevén que la ramita plantada este año crecerá hasta ser un robusto roble. Como ese roble, los edificios y los pavimentos especificados con concreto coloreado permanecerán hermosos estación tras estación.

Copyright 1988 by Davis Colors

Referencias

1. Jungk, A.E. y G. Kurz, «Outdoor Exposure of Carbofin in Concrete», Betonwerk + Fertigteil - Technik, noviembre de 1992.
2. «Coloring Systems», Concrete Products, enero de 1998.
3. «Control and Removal of Efflorescence», TEK 8-3A. National Concrete Masonry Association, 1996.
4. Wills, M.H., «An Investigation of Fastness of Concrete Colors», Series J-131, Technical Information Letter núm. 187, National Ready Mixed Concrete Association, 1993.
5. Büchner, G. Y U. Kündgen, «Twenty-Five Years of Outdoor Weathering of Pigmented Building Materials», Betonwerk + Fertigteil Technik , julio de 1996.

Este artículo se publicó en Concrete

International y se reproduce con la autorización del American Concrete Institute.

Nick Paris es vicepresidente de mercadotecnia en Davis Colors, Los Angeles, California, donde está a cargo de las marcas de productos de aditivos de color en pequeños paquetes.

Michel Chusid es arquitecto y especificador de construcción certificado. Es Presidente de Chusid Associates, de Studio City, California, firma que se especializa en la evaluación de materiales de construcción y mercadotecnia, y consultor en Davis Colors.

**Instituto Mexicano del Cemento y
del Concreto, A.C.**
Revista Construcción y Tecnología
Septiembre 2000
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



¿En qué medida es dañino el doblado y enderezado en frío de varillas de refuerzo?



José I. Restrepo, Francisco J. Crisafulli y Robert Park

Se ha expresado algún grado de preocupación sobre el comportamiento sísmico del acero de refuerzo que se dobla en frío y luego se endereza en los sitios de construcción.¹⁻³ Por ejemplo, la industria de la construcción con frecuencia utiliza varilla de refuerzo de diámetro pequeño, típicamente 10 y 13 mm (3/8 y 1/2 pulg), para conectar muros de concreto de izaje inclinado a losas de pisos y muros a cimentación. Estas varillas sobresalen del elemento tilt-up y con frecuencia se doblan para permitir el acomodo de los muros. Otra práctica común es doblar las varillas de refuerzo que conectarán los muros tilt-up y la losa del piso para permitir el posicionamiento de losas de concreto premoldeado patentadas. Las varillas dobladas en frío se enderezan antes del colado de la capa de desgaste de concreto sobre las losas de concreto premoldeado. Además, las varillas de refuerzo ahogadas en la viga de cimentación a veces se doblan accidental o deliberadamente y necesitan ser enderezadas para permitir una tarea específica de

Aquí! 

Resumen:

Se exponen aquí los resultados de un estudio realizado en Nueva Zelanda para observar el efecto que tienen el doblado, enderezado y envejecimiento por deformación sobre el comportamiento de tensión de las varillas de refuerzo, una cuestión que ha causado cierta preocupación en relación con el comportamiento sísmico del acero así tratado.

construcción.

Un problema del doblado y enderezado de las varillas de refuerzo que están parcialmente ahogadas en el concreto es que las varillas permanecen con un doble doblez. Esto se debe a que es muy difícil enderezar completamente la zona en la cual ocurrió el primer doblez, debido al excesivo endurecimiento de trabajo en esa región. Así pues, podría esperarse que algo del doblado de la varilla en las secciones combadas se induzca cuando estas varillas sean sometidas a fuerzas de tensión. El efecto de este doblez inducirá a su vez deformaciones más grandes en las fibras más exteriores de las varillas que podrían causar una falla frágil.

En Nueva Zelanda, el estándar de construcción⁴ del concreto desalienta la práctica del doblado en la obra de las varillas de refuerzo que están parcialmente ahogadas en el concreto, pero permite esta práctica si el ingeniero de diseño o el supervisor lo aprueban. El Reglamento de Construcción ACI 318-955 permite el doblado y enderezado de las varillas solamente si está autorizado en los planos de diseño o permitido por el ingeniero en el sitio. Los resultados de investigación actualmente disponibles sobre esta materia no pueden utilizarse para predecir si la práctica de doblado en frío en el sitio o el enderezado de las varillas de refuerzo debe o no debe emplearse. Una mayor información sobre este tema podría ayudar a los ingenieros de diseño a decidir si puede usarse el doblado/enderezado en frío de las varillas de refuerzo en regiones donde existe gran probabilidad de fluencia de la varilla.

Erasmus y otros^{1, 2} han demostrado que la temperatura de transición a la cual el modo de fractura del acero cambia de dúctil a quebradizo se eleva como resultado del envejecimiento por deformación de las varillas de refuerzo trabajadas en frío. Erasmus discutió los cambios en las propiedades mecánicas de las varillas que se ven afectadas por envejecimiento por deformación después de que las varillas han sufrido deformación plástica. La figura 1 resalta los principales cambios

causados por el envejecimiento por deformación del acero. Por ejemplo, una varilla de refuerzo que ha sido esforzada más allá del comienzo del endurecimiento por deformación, puede, después de algún tiempo, ceder a un nivel de esfuerzo más alto que antes. La resistencia última a tensión de la varilla también puede ser afectada, pero quizás, y lo que es más importante, la deformación por tensión última puede reducirse. Erasmus³ llegó a la conclusión de que puede ocurrir una falla frágil en las varillas dobladas, en situaciones en que la deformación plástica inicial es grande, la temperatura de la varilla es baja y la deformación por tensión inducida en el refuerzo es alta.

Yap⁶ combinó estas variables y llevó a cabo una prueba dinámica en dos ensamblajes de juntas de viga exterior-columna para evaluar el comportamiento del acero de refuerzo enganchado en condiciones de carga reversible cíclica. Las varillas de refuerzo en la región crítica en la junta viga-columna fueron presforzadas a 10 por ciento y luego artificialmente envejecidas por deformación en un baño de vapor a 100 °C por tres horas. La temperatura de la región crítica durante las pruebas dinámicas fue mantenida a aproximadamente 6 °C. La carga en las pruebas fue inducida con un actuador MTS calibrado para aplicar una tasa de deformación en el refuerzo de tensión en la región crítica de la varilla, de 0.2/seg. Se encontró que no ocurría falla frágil.

Babbei y Hawkins⁷ llevaron a cabo un programa de investigación muy extenso para ver la posibilidad de efectos perjudiciales del doblado/enderezado en caliente y frío de las varillas de refuerzo en los sitios de construcción. Estos investigadores proporcionaron recomendaciones para el doblado en caliente de las varillas, y las limitaron al acero de refuerzo con cierta composición química. Babbei y Hawkins recomendaron que las varillas de pequeño diámetro podían ser dobladas/enderezadas en frío.

Este artículo presenta un resumen de los resultados de un programa experimental sobre pruebas de tensión a una tasa de deformación alta sobre varillas de refuerzo de

diámetro pequeño probadas en condiciones de temperaturas bajas. El objetivo principal del trabajo experimental fue observar el efecto que la práctica del doblado, enderezado y envejecimiento por deformación tenía sobre el comportamiento de tensión de las varillas.

Programa de pruebas Descripción de las pruebas

El trabajo experimental se realizó en varillas de refuerzo fabricadas en Nueva Zelanda. En ese país, las varillas de refuerzo están disponibles en dos grados, específicamente en Grado 300 y Grado 430.8 El 5 percentile de la resistencia a la fluencia más baja característica de estos dos grados son $f_y = 300$ MPa para acero de Grado 300 y $f_y = 430$ MPa para acero de Grado 430. Ambos grados de varillas se rolan en caliente y deben satisfacer los límites de composición química que se muestran en el cuadro 1. El acero de grado 430 es similar al acero de grado 300, pero tiene una microaleación con vanadio. Al hacer microaleaciones del acero, se asegura el refinamiento del grano, lo que da como resultado una resistencia a la fluencia más alta. La ductilidad del acero de Grado 430 se mantiene debido a la baja temperatura de la transición del impacto, que se logra con el proceso de microaleación. Una característica adicional de este acero es la soldabilidad de las varillas debido al bajo equivalente de carbón del acero.

Se realizaron 56 pruebas de tensión en varillas de 520 mm (20.5 pulg.) de longitud para reunir información respecto al comportamiento de las varillas de refuerzo corrugadas que se doblan y luego se enderezan. Se probaron 14 grupos diferentes de cuatro varillas en cada cada grupo. Con respecto al diámetro de la varilla, ocho grupos estaban entre 12 mm (1/2 pulg.) de diámetro de varillas corrugadas y seis grupos eran de varillas corrugadas de 10 mm (3/8 pulg.) de diámetro. Seis grupos de varillas eran de acero de Grado 430 y los restantes ocho grupos eran de acero de Grado 300. Cada grupo tenía un origen independiente con el objetivo de tener varillas de

diferentes hornadas.

Las pruebas de tensión se dividieron en las siguientes cuatro series:

I Se realizó una prueba de tensión convencional en la primera serie, es decir, las varillas se probaron sin haberse doblado previamente, la tasa de deformación se aplicó pseudoestáticamente y las pruebas se realizaron a temperatura ambiente.

II La segunda serie de varillas se probó sin haberse doblado previamente. Se aplicó una alta tasa de deformación y las pruebas se realizaron a temperatura de 0 °C.

III La tercera serie de varillas se dobló inicialmente en frío, a ángulos de 45 grados y luego se enderezó a una edad de deformación artificial. Luego se probaron las varillas a una alta tasa de deformación, y la temperatura de las varillas durante las pruebas fue de 0 °C.

IV La cuarta serie de pruebas fue idéntica a la tercera serie, excepto que las varillas de refuerzo se doblaron inicialmente a un ángulo de 90 grados.

Preparación de los especímenes

Las varillas de refuerzo de la primera serie de pruebas no requirió preparación, ya que podían ser probadas usando los accesorios estándar de una Máquina de Pruebas Universal Avery. La deformación longitudinal en estas pruebas se midió usando dos calibradores de grapa en los lados de la varilla y de 30 mm (1.2 pulg.) de longitud calibrada. Los datos de carga y deformación se capturaron mediante un sistema de adquisición de datos.

Las varillas de la tercera y cuarta series fueron primero dobladas y se dejaron así durante una semana antes de enderezarlas. Cada varilla se dobló colocándola en un agujero en un bloque de concreto y usando un tubo de

acero para doblarla y enderezarla (véanse las figuras de la 2 a la 4). Las mediciones de la deformación en la sección de la curvatura más grande en la región doblada de las varillas de 12 mm (1/2 pulg.) de diámetro indicaban que la deformación superficial en las fibras extremas era de aproximadamente 5 y 10 por ciento cuando las varillas se doblaron a ángulos de 45 y 90 grados, respectivamente. Las varillas enderezadas se colocaron durante 72 horas en un horno de temperatura controlada a 60 °C para acelerar artificialmente el proceso de envejecimiento por deformación. El envejecimiento por deformación era equivalente al que hubiera ocurrido si las varillas de refuerzo se hubieran dejado durante 300 días a una temperatura de 15 °C.⁹

Las varillas de la segunda, tercera y cuarta series probadas a altas tasas de deformación fueron equipadas con calibradores de deformación por resistencia eléctrica de gran elongación con una longitud calibrada de 5 mm (0.2 pulg.). Se tuvo cuidado en evitar la remoción excesiva de la sección de la varilla en la región calibrada. Se pegó con goma un calibre de deformación al lado de cada varilla. También se colocó una camisa de acero roscada (75 mm) sobre cada extremo de la varilla y luego se la trató con epóxicos en posición para permitir que las varillas se colocaran rápidamente en el marco de carga.

Las pruebas de alta tasa de deformación se realizaron en una Máquina de Pruebas Universal Drtec, con la temperatura de la varilla a 0 °C. Las varillas se colocaron durante, al menos, 24 horas, en un congelador de temperatura controlada puesto a 0 ± 0.5 °C. Se eligió esta temperatura para simular las condiciones a las que podría someterse una varilla de refuerzo ahogada en una construcción de concreto reforzado durante el invierno en una población importante en Nueva Zelanda. Inmediatamente antes de la prueba, se removieron las varillas del congelador y se envolvieron en bloques de poliestireno mientras se colocaban en el marco de carga. Durante las pruebas, la cabeza transversal de la máquina se movió a una velocidad constante de aproximadamente 10 mm/seg, induciendo una tasa de deformación promedio

de 2.9 % /seg. en la varilla. Los datos de carga y de deformación se capturaron por medio de un sistema de adquisición de datos a 300 Hz.

Resultados de las pruebas

Las pruebas experimentales indicaron que el doblado y enderezado en frío de las varillas de refuerzo no indujeron falla frágil en ninguna de las varillas probadas. La región de dobleces en donde las varillas habían sido inicialmente dobladas estaba completamente derecha durante las pruebas. Sin embargo, parece que tan pronto como los dobleces se enderezaron, la región trabajada en frío ya no participó en la disipación de energía. Este fenómeno fue evidente debido a que las varillas permanecían frías en la región donde fueron trabajadas en frío, mientras que en otros puntos la varilla llegó a estar ligeramente caliente. Las mediciones de los diámetros de las varillas hechas en diferentes localizaciones mostraron que el diámetro en la región trabajada en frío era consistentemente más grande que en las otras regiones. Por lo tanto, puede deducirse que la deformación en la región trabajada en frío era más pequeña que en los otros puntos de la varilla.

Las observaciones reunidas en estas pruebas pueden explicarse fácilmente usando la analogía de una cadena en la cual las regiones de la varilla que no se trabajaron en frío son equivalentes a una serie de eslabones dúctiles, y la región trabajada en frío es equivalente a un eslabón más quebradizo, pero más fuerte. Cuando la cadena se somete a tensión, las deformaciones plásticas y la fuerza de tensión última están controladas por el comportamiento de los eslabones dúctiles. Sin embargo, la capacidad de deformación y de disipación de energía de la cadena como un todo, dependerá de la relación entre la longitud de la cadena compuesta por los eslabones dúctiles y la longitud de la cadena compuesta por el eslabón más quebradizo.

Las propiedades mecánicas medidas en las pruebas de tasas de deformación altas (serie de pruebas de 2 a 4)

eran todas muy similares. Los cuadros 2 y 3 muestran las propiedades mecánicas medidas de las varillas en la primera y cuarta serie de pruebas. En estos dos cuadros, f_{yu} es la resistencia a la fluencia superior del acero al comienzo de la región de la meseta de fluencia, f_{ya} es la resistencia a la fluencia promedio del acero, esh es la deformación al principio de la región del endurecimiento de trabajo, fsu es la resistencia a tensión última del acero, y esu es la deformación uniforme, medida a la resistencia a tensión última fsu (no en la fractura).

La figura 5 muestra los resultados de una prueba de tasa de deformación alta y una prueba pseudoestática. Dos de los resultados más importantes de las pruebas a tasas de deformación más altas son el incremento en la resistencia a la fluencia y la extensión de la región de la meseta de fluencia. El aparente módulo de elasticidad más bajo observado en la prueba de tasa de deformación alta en la figura 5 es el resultado de medir la deformación con solamente un calibrador de deformación por resistencia eléctrica fijado a un lado de la varilla. Las propiedades medidas del acero de refuerzo probado están en concordancia con las observaciones previas,¹⁰ en las que la alta deformación tenía un menor efecto en el acero de Grado 430 que en el acero de Grado 300. La figura 5 también muestra la velocidad de deformación derivada de los datos registrados de un calibrador eléctrico de deformación de 5 mm de largo. La tasa de deformación obtenida en la región de la meseta de fluencia es notablemente diferente de la tasa nominal impuesta por el movimiento en la cabeza transversal de la Máquina de Pruebas Universal. Esto es debido a que la deformación en la región de la meseta de fluencia se incrementa, ya que la fluencia tiene lugar en pequeñas bandas discretas (bandas de Lüders) a lo largo de la varilla. Las bandas elásticas permanecen entre las bandas Lüders hasta que se alcanza la región de endurecimiento de trabajo. En este punto es cuando la varilla entera ha sido plásticamente deformada. Este efecto implica que el concepto de tasa de deformación en la región de la meseta de fluencia no puede ser fácilmente cuantificado, ya que depende de la longitud del calibrador.

Conclusiones

Se llevó a cabo una serie de pruebas en varillas de refuerzo dobladas, enderezadas y envejecidas en frío para verificar si la práctica de doblado y enderezado de las varillas de refuerzo en el sitio tiene efectos perjudiciales cuando estas varillas están sometidas a alta deformación y condiciones de baja temperatura.

Las pruebas mostraron que en muchas situaciones, cuando las varillas de diámetro pequeño son dobladas y luego enderezadas en frío, la fluencia de las varillas puede expandirse a regiones alejadas de las porciones trabajadas en frío, sin comprometer la deformabilidad de la conexión. Por lo tanto, aparentemente no existe la necesidad de impedir la práctica de doblar en la obra varillas de refuerzo de diámetro pequeño que están parcialmente ahogadas en el concreto y en conformidad con el análisis de colado que se da en el cuadro 1, y que satisfacen las siguientes condiciones de esta serie de pruebas:

- a) la varilla no se dobla a un ángulo mayor de 90 grados,
- b) las varillas se doblan y enderezan solamente una vez,
- c) la deformación uniforme del refuerzo *es* correspondiente a la resistencia a la tensión última del acero no es menor de 14 por ciento.

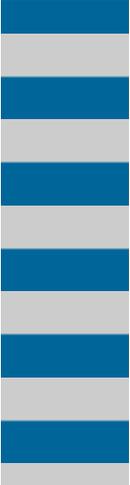
Reconocimientos

Este documento se preparó como parte del programa de investigación apoyado por la New Zeland Public Good Science Fund, Contrato UOC, 306. Los autores reconocen la colaboración de Pacific Steel Ltd. por haber donado parte del acero de refuerzo.

Referencias

1. Erasmus, L.A. y L.N. Pussegoda, "Strain Age Embrittlement of Reinforcing Steels," *New Zealand Engineering*, vol. 32, núm. 8, 1977, pp. 178-183.
2. Erasmus, L.A. y N.Pussegoda, "Safe Bend Radii for Deformed Reinforcing Bar to Avoid Failure by Strain Age Embrittlement," *New Zealand Engineering*, vol. 33, núm. 8, 1978, pp. 170-177.
- Erasmus, L.A., "Cold Straightening of Partially Embedded Reinforcing Bars - A Different View," *Concrete International*, vol. 3, núm. 6, junio de 1981, pp. 47-52.
4. Concrete Construction, New Zealand Standard NZS 3109, 1987, Standards Association of New Zealand, Wellington, New Zealand, 1987, 47 pp.
5. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-95)", American Concrete Institute, Farmington Hills, 1995.
6. Yap, K.K., "Strain Aged Steel in Beam-Column Joints," Report 5-86/5, Central Laboratories, Ministry of Works and Development, Lower Hutt, New Zealand, 1986, 96 pp.
7. Babbei, K., y N.M.Hawkins, "Field Bending and Straightening of Reinforcing Bars", *Concrete International*, vol. 14, núm. 1, enero de 1992, pp. 67-72.
8. Steel Bars for the Reinforcement of Concrete, New Zealand Standard NZS 3402, 1989, Standards Association of New Zealand, Wellington, New Zealand, 1989, 16 pp.
9. Erasmus, L.A., "Strain Aging in Carbon/Manganese Steels-The Interdependence of Nitrogen, Manganese and Grain Size", *Proceedings of the 1987 Australian Conference on Materials for Industrial Development*. Christchurch, New Zealand, pp. 145-149.
10. Restrepo-Posada, J.I., L.L. Dodd., Rpark y N. Cooke, "Variables Affecting the Cyclic Behavior of Reinforcing Steel," *ASCE Structural Journal*, vol. 120, núm., 11, noviembre de 1994, pp. 3178-3195.

Jose I. Restrepo es miembro del ACI y conferencista Senior en ingeniería civil en la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda.



Francisco J. Crisafulli es miembro del ACI y conferencista Senior en ingeniería civil en la Universidad de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Rober Park es miembro honorario del ACI y profesor de ingeniería civil y vicedecano suplente en la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda.

Este artículo se publicó en *Concrete International* y se reproduce con la autorización del American Concrete Institute.

**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.
Revista Construcción y Tecnología
Septiembre 2000
Todos los derechos reservados**

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Ensayo estático de un pilote aislado bajo compresión axial



Aquí! 

Ingeniero Marcelo Gabriel Berrón

Se presenta en este trabajo la descripción general de la prueba de carga. Se menciona el instrumental usado, las características de los pilotes, la metodología para la ejecución del ensayo según la norma francesa NF P94-150, la incidencia de los elementos de prueba y su corrección en las lecturas manométricas. Se expone la interpretación de los resultados aplicando el método de Chandeison-Cambefort, las conclusiones y los hundimientos registrados.

Esta primera prueba realizada en el sector de Turbina de Vapor forma parte de uno de los tres ensayos de carga que se realizaron en la obra de ampliación de la central de ciclo combinado Central Costanera S.A., donde se ejecutaron aproximadamente 600 pilotes preexcavados bajo protección de lodo bentónico de 800 y 600 mm de diámetro, y entre 22 y 32 m de profundidad.

Descripción general del ensayo

Anclajes: Consistieron en cuatro pilotes de tracción dispuestos en los vértices de un rectángulo.

Cada pilote de tracción se armó con 14 barras de acero de 32 mm de diámetro.

Dicha armadura se soldó a unos anillos de acero, sobre los cuales se fijó un pasador encargado de tomar los cables (foto 1), con el objeto de transmitir la componente vertical del tejido de cables a los pilotes de tracción. La componente horizontal del esfuerzo en los cables fue tomada por un marco metálico de sección cuadrada (foto 1).

Equipo de carga: Estuvo compuesto por cuatro gatos hidráulicos, con capacidades de 200 ton cada uno y 20 cm de carrera máxima.

La central hidráulica es de accionamiento eléctrico, con una presión máxima de 280 kg/cm² (foto 2).

Transmisión de carga: La transmisión se realizó por medio de un tejido de cables de acero de ½" (foto 3).

Instrumentación: Medición de los hundimientos verticales en el cabezal del pilote: se utilizaron cuatro flexímetros de 0.01 mm de precisión y 50 mm de carrera, dispuestos a 90 grados en el tercio inferior del cabezal (foto 4).

Tiempo: Se utilizó un cronómetro Casio con medición al centésimo de segundo.

Resumen:

Este trabajo presenta la descripción general de la prueba de carga realizada según la norma francesa NFP94-150 y expone la interpretación de los resultados a que se llegó aplicando el método de Chandeison-Cambefort. La prueba forma parte de uno de los tres ensayos de carga practicados en la obra de ampliación de la central de ciclo combinado Central Costanera S.A., en Argentina.

Temperatura: Se llevó registro de la temperatura con un termómetro reglado con escala Celsius.

Presión: Se utilizaron cinco manómetros marca Konnen de 4" de diámetro, 0-350 kg/cm² de alcance y 5 kg/cm² (menor división). Uno en cada gato y el otro en la central hidráulica (foto 2).

La prueba de carga se realizó en cinco ciclos, el primero, de un escalón de 43 ton (10 por ciento de la carga máxima), para ajuste de todos los componentes y del instrumental de medición; el segundo consistió en el ciclo de carga hasta la carga de servicio, con incrementos de 10 por ciento de la carga de servicio (en total cinco escalones, de 43 ton c/u), fijada en 215 ton; el tercero, que consistió en un ciclo de descarga hasta la carga de 11 ton – peso propio cabezal, placas, dados, gatos, cilindros, cables– (en total dos escalones a 86 y 11 ton); el cuarto ciclo; fue el segundo ciclo de carga en 10 escalones hasta el doble de la carga de servicio fijada en 430 ton (todo en incrementos unitarios de 43 ton). El quinto ciclo lo constituyó la descarga desde 430 ton hasta 11 ton.

En cada uno de los escalones de carga se midió la deformación diferida en los lapsos preestablecidos de 1,2,3,4,5,10,15,20,25, 30,45 y 60 minutos. Dicha deformación se materializó con el uso de cuatro flexímetros dispuestos a 90°.

Se ubicaron puntos fijos a por lo menos tres metros de distancia radial del pilote, a fin de no presentar perturbaciones las mediciones de los flexímetros por efecto de hundimiento del cabezal.

Los resultados de dichas mediciones sirvieron para trazar las curvas que indica la norma y establecer la carga admisible del pilote de acuerdo con el criterio de dicha norma.

Características generales de los pilotes que participaron en el ensayo

Descripción	PilPrueba	PilTrac-1	PilTrac-2	PilTrac-3	PilTrac-4
Número	1	40	38	36	34
Diámetro	800 mm				
Longitud	32,30 m				
Arm.Ppal	14 32	14 32	14 32	14 32	14 32
Arm.Secun	8 16	10 32	10 32	10 32	10 32
Estribos	10c/20	10c/20	10c/20	10c/20	10c/20
Tipo	H21	H21	H21	H21	H21
Edad ens.	34 días	47 días	42 días	41 días	36 días
Cota Plat	+4.30	+4.30	+4.30	+4.30	+4.30
Cota Sup.	+1.00	+1.00	+1.00	+1.00	+1.00
Cota Inf.	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00

Metodología para la ejecución del ensayo de carga

A continuación se detallan los valores de cada escalón, la duración de los

mismos y las mediciones de hundimientos en el cabezal del pilote que se deberán realizar.

Descripción	Escalón de carga	Tiempo	Lectura, en minutos
Precarga	11 ton - 43 ton - 11 ton	30 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
Carga primer ciclo	11 - 43 ton	60 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
	43 - 86 ton	60 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
	86 - 129 ton	60 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
	129 - 172 ton	60 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
	172 - 215 ton	60 min	1,2,3,4,-5,10,15,20,25,30,45,60
Primera descarga	215 - 86 ton	05 min	1,2,3,4,5.
	86 - 11 ton	15 min	1,2,3,4,5,10,15
Carga segundo ciclo	11 - 43 ton	30 min	1, 2,3,4,5,10,15,20,25,30
Recarga	43 - 86 ton	30 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30
Recarga	86 - 12.9 ton	30 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30
Recarga	129 - 172 ton	30 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30
Recarga	172 - 215 ton	30 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30
Carga	215 - 258 ton	60 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
Carga	258 - 301 ton	60 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
Carga	301 - 344 ton	60 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
Carga	344 - 387 ton	60 min	1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,45,60
Carga	387 - 430 ton	60 min	1,213,4,5,10,15,20,25,30,45,60
Descarga	430 - 344 ton	05 min	1,2,3,4,5.
Descarga	344 - 258 ton	05 min	1,2,3,4,5.
Descarga	258 - 172 ton	05 min	1,2,3,4,5.
Descarga	172 - 86 ton	05 min	1,2,3,4,5.
Descarga	86 - 11 ton	05 min	1,2,3,4,5,
	11 ton	01 hora	60
	11 ton	10 horas	600

Todo el instrumental fue calibrado una semana antes del ensayo en el Laboratorio de Ensayos y Estructuras de la Universidad de Buenos Aires.

Incidencia de los elementos de prueba por sobre cota +4,30m. Corrección en las lecturas manométricas

Las cargas provenientes del montaje serán:

Las cargas provenientes del montaje serán:

1. Cabezal de pilote $1.2\text{ m} \times 1.2\text{ m} \times 1.5\text{ m} \times 2.4\text{ t/m} \times 3 = 5.2\text{ ton}$
2. Placa inferior $1.2\text{ m} \times 1.2\text{ m} \times 0.025\text{ m} \times 7.80\text{ t/m} \times 3 = 0.28\text{ ton}$
3. Dados de hormigón $1.2\text{ m} \times 0.8\text{ m} \times 1.2\text{ m} \times 2.4\text{ t/m} \times 3 = 2.76\text{ ton}$
4. Placa media $1.2\text{ m} \times 1.2\text{ m} \times 0.025\text{ m} \times 7.80\text{ t/m} \times 3 = 0.28\text{ ton}$
5. Gatos hidráulicos $4 \times 250\text{ kg c/u} = 1.00\text{ ton}$
6. Placa superior $1.2\text{ m} \times 0.6\text{ m} \times 0.05\text{ m} \times 7.80\text{ t/m} \times 3 = 0.28\text{ ton}$
7. Cilindros inferiores $2 \times 150\text{ kg c/u} = 0.30\text{ ton}$
8. Cilindro superior $1 \times 300\text{ kg} = 0.30\text{ ton}$
9. Cables $1,600\text{ m} \times 0,5\text{ kg/m} = 0.80\text{ ton}$
Total = 11,20 ton

Corrección que debe tenerse en cuenta:

La corrección que hay que tener en cuenta corresponde a un rango de 11 ton

Área de los gatos hidráulicos = 1,963 cm²

Presión a descontar = $11,200\text{ kg} / 1,963\text{ cm}^2 = 5\text{ kg/cm}^2$

Carga máxima del ensayo = 430 ton

Escalones de carga $0.1 \times Q$ (max) 43 ton

Tarea	Carga	Tiempo	Horas	Presión	Corrección	Presión de	Presión según
	(ton)			(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	ajuste	certificado
Ajuste	43	1/4 h	0.25h	22	5	17	17
Ajuste	11P.P.	1/4 h	0.25h	0	-	0	0
Carga inic.	43	1 h	1.00	22	5	17	17
Carga 1º ciclo 86	1 h	1.00	1.00	44	5	39	42
Carga 1º ciclo 129	1 h	1.00	1.00	66	5	61	64
Carga 1º ciclo	172	1 h	1.00	88	5	83	86
Carga 1º ciclo	215	1h	1.00	110	5	105	108
Descarga 1º c	86	1/12 h	0.08	22	5	17	17
Descarga 1º c	11 P.P.	1/4 h	0.25	0	-	0	0
Recarga	43	1/2 h	0.50	22	5	17	17
Recarga	86	1/2 h	0.50	44	5	39	42

Recarga	129	1/2 h	0.50	66	5	61	64
Recarga	172	1/2 h	0.50	88	5	83	86
Recarga	215	1/2 h	0.50	110	5	105	108
Carga 2º ciclo	258	1 h	1.00	132	5	127	130
Carga 2º ciclo	301	1 h	1.00	154	5	149	150
Carga 2º ciclo	344	1 h	1.00	176	5	171	174
Carga 2º ciclo	387	1 h	1.00	198	5	193	198
Carga 2º ciclo	430	1 h	1.00	220	5	215	222
Descarga 2ºc	344	1/12h	0.08	175	5	170	174
Descarga 2ºc	258	1/12h	0.08	132	5	126	130
Descarga 2ºc	172	1/12h	0.08	88	5	83	86
Descarga 2ºc	86	1/12h	0.08	44	5	39	42
Descarga 2ºc	11 P.P	1/12h	0.08	0	-	0	0
Descarga fin	11 P.P	1h	1.00	0	-	0	0
Descarga fin	11 P.P	10h	10.00	0	-	0	0

Interpretación de los resultados

La interpretación de los resultados se realizó aplicando el método de Chandeison-Cambefort, que es el preconizado en la norma bajo una forma sencilla de representación.

El criterio para determinar la carga de agotamiento del pilote (carga a partir de la cual los hundimientos registrados en el cabezal crecen rápidamente) consiste en la siguiente metodología:

Para cada escalón de carga se representa un gráfico deformación (D – mm)-logaritmo tiempo (t-min) obteniéndose una recta denominada de fluencia, cuya pendiente se indica por a (mm/min) (Gráfica 4).

En un gráfico cartesiano se representan los pares de valores Qi-ai (Gráfica 5).

$$a_i = (\text{medición a } 60' - \text{medición a } 30') / \log 2$$

Si se obtiene una recta, el pilote está en el campo elástico y la carga admisible es superior a la máxima de ensayo.

Si se obtiene una curva, la intersección de las tangentes extremas de dicha curva determina un punto que, proyectado sobre el eje de las abscisas, determina un valor de carga que el método denomina carga de agotamiento

determina un valor de carga que el método denomina carga de agotamiento.

A partir de dicho valor, y aplicando un coeficiente de seguridad adoptado, se establece la denominada carga máxima admisible.

Conclusiones: evaluación de la carga unitaria admisible

En nuestro caso particular, el excelente comportamiento del pilote de prueba lleva a determinar una curva de pendientes semilogarítmicas de hundimiento 00 diferida en función de la carga de comportamiento recto.

La situación de tener una curva recta nos permite concluir que el pilote ensayado no ha llegado a su carga de agotamiento y que, por lo tanto, podemos fijar como carga límite de trabajo mínima para un pilote individual, el valor máximo de carga del ensayo, afectado del coeficiente de seguridad adoptado.

Suponiendo un coeficiente de seguridad igual a 2, concluimos que la carga mínima admisible para un pilote individual es $= 430 \text{ ton} / 2 = 215 \text{ ton}$ de servicio.

Hundimientos registrados en el cabezal del pilote durante la prueba de carga

Hundimiento para la carga de servicio (215 ton) = 1.98 mm.

Hundimiento para la carga final (430 ton) = 3.57 mm.

Hundimiento para la descarga final a 10 horas

(11 ton) = 1.21 mm.

Bibliografía

Norma Francesa NF P94-150 (octubre de 1991) Ensayo Estático de un Pilote Aislado Bajo Compresión Axial

Informe final Prueba de Carga N°1, obra de ampliación de la central de ciclo combinado Central Costanera S.A.

Cimentaciones Argentinas S.A. (julio de 1997)

Provincia de Santa Fe, Casa de Gobierno

Recalce con Micropilotes I.M.

Ensayo de carga. Método de Cambefort.

CAMSIF. La Plata (1988)

Ing. L. García Tobio (Cimentaciones Argentinas S.A.)

Ing. A. López (Cimentaciones Argentinas S.A.)

Ing. A. Fabbri (Asesor MOSP Santa Fe)

Ing. T. Perini (Asesor MOSP Santa Fe)

Cimentaciones Argentinas S.A., Grupo SOLETANCHE BACHY

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
Revista Construcción y Tecnología
Septiembre 2000
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



El sector privado en la infraestructura de comunicaciones y transportes

Ferrocarriles y Puertos



Adriana Reyes

Históricamente, los sectores de comunicaciones y servicios de transportación han sido un eslabón importante de la cadena productiva del país. Además de encontrarse en gran expansión, favoreciendo el crecimiento económico mexicano, ambos son de importancia relativa al ser indispensables para el crecimiento de otras ramas productivas.

Hace ya más de cinco años que el gobierno impulsó una estrategia para acelerar la modernización de estos sectores con acciones que incluyeron el otorgamiento de diversas concesiones de puertos y ferrocarriles, ello atendiendo a su importancia cada vez mayor en un entorno globalizado y mucho más competido.

En algunos subsectores había rezagos muy importantes, que se reflejaban en altos subsidios y en una baja eficiencia en el otorgamiento de los servicios públicos. En el caso del ferrocarril, por ejemplo, había que subsidiarlo cada año con más de 4 mil millones de pesos y

Aquí!

Resumen:

Presentamos aquí la segunda parte del reportaje sobre la modernización de la infraestructura de comunicaciones y transportes. La atención se centra en los sistemas ferroviario y portuario, con un enfoque que incluye la situación que prevalecía en ambos antes de iniciarse las acciones, los objetivos que llevaron a las autoridades a tomar una serie de medidas entre las que destaca el otorgamiento de concesiones a la iniciativa privada y los resultados obtenidos al presente así como las perspectivas a futuro.

con más de 4 mil millones de pesos, y en realidad la infraestructura seguía siendo prácticamente la misma de principios de siglo.

La tecnología utilizada no estaba a la vanguardia de la competencia mundial; se desaprovechaba la introducción de la tecnología satelital, la convergencia de los sistemas de telecomunicaciones y de la informática.

La infraestructura requería ampliarse y modernizarse de una manera integral, a fin de articular mejor los diferentes modos de transporte (transporte multimodal). Ante ello, hacía falta una política que lo mismo se enfocara hacia la expansión y modernización de la infraestructura y servicios del sector, que al mantenimiento de obras que fueron construidas hace muchos años.

Con la apertura del sistema ferroviario, los ferrocarriles de México se están modernizando. Esta renovación ha requerido inversión para la adecuación de la infraestructura existente, así como para la construcción de nueva infraestructura y la adquisición de tecnología de punta que contribuya a la eficiencia de los servicios. Los concesionarios comprometieron inversiones por más de 13 mil millones de pesos para los primeros cinco años. Solamente Transportación Ferroviaria Mexicana (TFM) ha invertido un promedio de 7 mil millones de pesos durante los primeros tres años y medio, lo que hace suponer que el compromiso anteriormente mencionado será superado ampliamente.

Los puertos son ahora muy distintos, la inversión privada ha generado productividad y eficiencia en los servicios otorgados, soportados con la inversión de nuevos recursos para

mejorar la infraestructura portuaria existente. La transformación del sistema portuario nacional ha permitido ampliar y modernizar la infraestructura, aumentar la eficiencia de la operación portuaria, promover la competencia, estimular la participación privada y atraer más inversiones, así como contar con una organización institucional reguladora que asegure el desarrollo de los puertos en el largo plazo.

Viejo transporte sobre nuevos rieles

Con un sistema ferroviario rezagado y subsidiado, poco era lo que se podía hacer; la modernización y el cambio tenían que llegar. Había que romper esquemas para atraer la inversión privada, promover la competencia y la prestación de servicios seguros. La alternativa para el Estado era crear compañías regionales concesionarias.

Desde esa perspectiva, el sistema ferroviario fue dividido en regiones: Pacífico-norte, Noreste y Sureste, la terminal Valle de México, el Istmo de Tehuantepec y las rutas del Mayab. Ferromex, TFM y Ferrosur obtuvieron la concesión de la líneas Pacífico-norte, Noreste y Sureste, respectivamente.

A tres años de haberse otorgado la primera concesión, ya se observan los cambios: 99 por ciento de la carga (ton/km) es movilizada por las concesionarias; las nuevas empresas no reciben subsidios y ahora pagan impuestos; hay un gran potencial de crecimiento y desarrollo.

En proceso están dos proyectos innovadores de transporte regional: el de la zona metropolitana de la ciudad de México y el ferrocarril suburbano de

Aguascalientes.

En la ciudad de México están por utilizarse cerca de 240 kilómetros de derechos de vía existentes para construir líneas suburbanas desde Buenavista a Cuautitlán-Huehuetoca, Ecatepec y Río Hondo, y una más de San Juan de Aragón a Texcoco por Xochiaca. Estas vías podrán aliviar la congestión del tránsito urbano y disminuir la contaminación en el valle de México.

El ferrocarril suburbano de Aguascalientes, cuya zona de influencia se extiende hacia el norte del estado de Zacatecas, cubre en dirección norte-sur casi toda la entidad; va en la opción base de Peñuelas a Cosío, en una longitud de 73 kilómetros, con alternativas iniciales de 40 a 48 kilómetros para unir a la ciudad industrial con Rincón de Romos o con Pabellón. Están terminados los estudios preliminares, falta constituir la empresa, que se estima sería mixta paraestatal con participación minoritaria de capital privado y con la opción de incorporar a ella a los actuales operadores de combis y autobuses; se esperan aportaciones de los gobiernos federal y locales y de inversionistas privados. Finalmente, ya se habla de otros servicios de pasajeros que potencialmente podrán entrar en estudio y licitación en ciudades tales como Monterrey, Celaya-León, Guanajuato y Guadalajara, entre otras.

Inversiones

Una vez otorgadas las concesiones del ferrocarril, las inversiones no se hicieron esperar; había que mejorar la infraestructura para hacer más eficientes las operaciones. TFM, la primera empresa según el esquema moderno de

empresa según el esquema moderno de concesión, que opera el ferrocarril del noreste y explota el corredor ferroviario más corto que corre desde el centro del país hasta la frontera con Estados Unidos –donde se mueve 60 por ciento del total del tránsito ferroviario de la carga transportada para o de México a Estados Unidos–, se planteó metas grandes de inversión.

De acuerdo con Mario Alberto González, director de Administración y Finanzas de TFM, en 1997 se invirtieron, incluyendo equipo tractivo (locomotoras y carros), 103 millones de dólares; en 1998, 196; en 1999, 230; en este año se estima una inversión de más de 200 millones de dólares; para el 2001 y 2002, inversiones de más de 100 millones de dólares por año, sumando en su totalidad cerca de mil millones de dólares en cinco años y medio.

Entre las inversiones en infraestructura destacan la mejora de las vías en el corredor principal México-Laredo, así como los auxiliares San Luis Potosí-Tampico, Matamoros-Monterrey, y próximamente Lázaro Cárdenas-Celaya y México-Veracruz.

Asimismo, TFM ya cuenta con nuevas inversiones en patios terminales intermodales, automotrices y de trasvase de productos químicos y plásticos; como ejemplo está la creación de la primera etapa del Patio de Sánchez, ubicado a 17 kilómetros al sur de Nuevo Laredo, con una capacidad para mil 350 carros; la construcción y adecuación de terminales intermodales en Monterrey, Nuevo Laredo, San Luis Potosí, Querétaro, México D.F. y Toluca.

Maclovio Herrera, terminal intermodal

Con respecto a la terminal intermodal de Maclovio Herrera, TFM realizó una serie de actividades que hablan del dinamismo existente en dicha industria. En abril de 1999, inició la construcción de dicha terminal intermodal ubicada en Toluca. Para septiembre, la obra, en sus dos primeras fases, estaba concluida. La inversión de la empresa en esta etapa fue de 3 millones de dólares y se estima que todo el proyecto costará 10 millones de dólares.

Actualmente, esta terminal, por la capacidad limitada que tiene, sólo da servicio a Chrysler. Entre los planes está ampliar las instalaciones para servir a más clientes y de diversa industria.

La fase uno es el área de maniobras, está pegada a la vía de trabajo y la vía principal, que consta de una plataforma de concreto con características que le permiten recibir una grúa que pesa alrededor de 75 toneladas y tiene necesidad de maniobrar contenedores de 20 toneladas aproximadamente en cuanto a peso específico. También incluye un área de estacionamiento pavimentada que permite estacionar los chasis.

La fase dos es el acceso desde la carretera hasta la terminal. Constó, entre otras obras, de la construcción de un carril de desaceleración.

De acuerdo con Antonio Fuentes, gerente regional de servicios generales de la división Valle de México de TFM, las fases uno y dos se construyeron bajo el criterio de características y capacidad necesaria para que se iniciara la operación, por lo que era imprescindible la construcción, en febrero de este año, de la fase tres, que

consto de la ampliación de la terminal hacia la punta norte de la estación. Actualmente se está planeando la fase cuatro, que es una ampliación del área de estacionamiento.

La terminal de Maclovio Herrera está aligerando el tránsito en la terminal de Pantaco; se manejan diariamente entre 90 y 100 contenedores y está ofreciendo, entre otras facilidades, trabajar según el esquema justo a tiempo.

Las inversiones en la terminal intermodal de Toluca, y en otras instalaciones de la compañía ferroviaria, continuarán en diversos rubros; las cantidades están comprometidas y las obras se hallan en marcha.

Puertos: nuevas reglas, mejores resultados

Actualmente, los puertos comerciales, industriales y turísticos del país cuentan con una administración propia, con autonomía de gestión y autosuficiencia financiera, la Administración Portuaria Integral (API), que no sólo opera sin subsidios sino que genera utilidades, paga impuestos y realiza nuevas obras de infraestructura en función de la demanda de servicios. Existen hoy día 22 APIS, de las cuales 16 son federales, cinco estatales y una privada.

Con la transformación del sistema portuario se buscó resolver aspectos específicos tales como elevar la calidad y productividad de los servicios, que antes de 1994 eran inferiores a los estándares internacionales; modernizar el equipamiento y las instalaciones, las cuales mostraban rezagos importantes, en particular en materia de terminales, instalaciones y bodegas especializadas:

instalaciones y buques especializados, elevar los volúmenes transportados por vía marítima con relación al tamaño de la economía, y redistribuir las actividades ya que existía una gran dispersión de las inversiones en un elevado número de puertos, lo cual se reflejaba en un bajo índice de utilización de la capacidad instalada, al tiempo que existían puertos cercanos al grado de saturación.

Para Pedro Pablo Zepeda Bermúdez, coordinador general de Puertos y Marina Mercante de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la visión que a futuro se tiene de los puertos marítimos de México es muy clara: un amplio crecimiento de los puertos industriales y comerciales.

Para este año se calcularon inversiones alrededor de los 2 mil 200 millones de pesos, de los cuales 550 millones serán recursos privados y el resto públicos.

Por el incremento de la demanda de los servicios portuarios, la expectativa que tienen los puertos marítimos es alentadora, ya que de acuerdo con la situación actual de los puertos, se requerirán obras relacionadas con la prolongación y construcción de nuevos rompeolas, trabajos masivos de dragado, construcción de nuevos muelles para recibir embarcaciones (14 y 15 metros de calado), ampliación de patios para la operación portuaria, adaptación de vialidades carreteras y ferroviarias, así como la dotación de los servicios (agua y energía eléctrica).

Entre los principales puertos con potencial de crecimiento se encuentran Altamira, Tamaulipas; Lázaro Cárdenas, Michoacán; Dos Bocas, Tabasco; Veracruz, Veracruz; Tampico,

Tamaulipas; Tuxpan, Veracruz; Coatzacoalcos, Veracruz; Manzanillo, Colima; Ensenada, Baja California, y Progreso, Yucatán.

Recursos privados

Con la inversión privada, algunos puertos son más productivos y eficientes. Han duplicado prácticamente su capacidad instalada y cuentan con nuevas terminales. Los puertos de Manzanillo, Altamira y Progreso son ejemplo.

En Manzanillo, entre 1995 y finales de este año, el movimiento de contenedores se habrá incrementado en casi 40 por ciento en promedio cada año. La capacidad instalada del puerto creció 130 por ciento al pasar de 7.5 millones de toneladas a cerca de 17 millones. De seis líneas navieras que pasaban por el puerto de Manzanillo, ahora pasan 24. La productividad en el manejo de carga es competitiva en el nivel internacional.

Altamira constituye un complejo industrial para dar a las empresas ventajas competitivas en la manufactura de productos destinados a la distribución nacional e internacional. Dispone de un entorno de cinco mil hectáreas destinadas al desarrollo industrial, diseñado para 90 posiciones de atraque (la más extensa del país) con área de navegación de 859 hectáreas, un canal de acceso de 3.5 kilómetros y dos laterales de 6 y 5 kilómetros cada uno, y un calado de 12.2 a 13.7 de profundidad. Consta de cinco dársenas de 350 a 650 metros y un cordón ecológico de mil 422 hectáreas.

Es el puerto que más modernamente se ha diseñado en México con concepto

na diseñado en México con concepto específico de uso industrial, al que se le añadió una ciudad y no a la ciudad se le acondicionó un puerto.

Hay instaladas ocho grandes industrias que manejan contenedores, graneles y fluidos y disponen interiormente de una infraestructura carretera de 24.8 kilómetros, y ferroviaria de 21. Dupont fue una de las primeras empresas que se instalaron en el puerto hacia finales de los años cincuenta. Para algunos, el desarrollo de Altamira ha ido de la mano de esta empresa, y para otros, el desarrollo de esta planta de Dupont ha sido paralelo a la evolución del puerto.

Dupont produce en Altamira pigmento blanco o bióxido de titanio. Este negocio cubre las necesidades del mercado nacional y exporta más de 60 por ciento de su producción, utilizada principalmente en las industrias de pinturas, plásticos y papel. La relación consumo nacional-exportación de esta empresa en esta planta habla de la importancia y la evolución del puerto.

Según Pablo Medina Zamora, director general del puerto de Altamira, la API invirtió casi 180 millones de pesos en la ampliación y modernización de la infraestructura del puerto, destacando obras tales como el dragado de construcción que permitió obtener nuevos frentes de agua en la dársena sur e incrementar el calado oficial a 38 pies; construcción de la nueva aduana marítima de Altamira; reconstrucción de las escolleras del puerto y repavimentación con concreto de 4.8 kilómetros del Boulevard de los Ríos, entre otras obras.

Medina Zamora indica que la inversión privada mostró un importante dinamismo

al haberse erogado mil 488 millones de pesos, de los cuales 163 se destinaron a la ampliación de la capacidad portuaria de terminales y mil 325 a la actividad industrial del puerto. El desglose es el siguiente:

De acuerdo con el Boletín Portuario Altamira, se ha dado especial atención a las tareas de planeación en el puerto, “desde el año pasado se ha venido trabajando en la actualización del Plan Maestro de Desarrollo del Puerto de Altamira para el periodo 2000-2010, considerando la proyección que pretendemos que adquiera el Atlamira Complejo Industrial Portuario en la atracción de nuevas empresas e industrias generadoras de fuentes de empleo y bienestar social”.

En Progreso, Yucatán, el puerto ha sido resultado del desarrollo de un corredor industrial en la región, orientado a la exportación hacia los mercados de la costa este de Estados Unidos, Centro y Sudamérica. Aun con limitaciones físicas –no había un acondicionamiento portuario natural-, ha sido una vía de comunicación fundamental para el intercambio de mercancías de la península con el exterior. Entre 1990 y 1999, el crecimiento promedio anual fue de 7.4 por ciento en carga movida, suficiente para justificar cualquier inversión.

Desarrollo portuario en Progreso

Dentro del sistema marítimo portuario mexicano, el puerto de altura de Progreso es la frontera abierta al golfo de México, al mar Caribe y al Océano Atlántico.

La ciudad y puerto de Progreso se ubica al norte de Mérida. En 1871, Progreso

fue declarado Puerto de Altura y Cabotaje. A principios de este siglo era, por volumen de carga movilizado, el segundo del país después de Veracruz.

En 1936 se inició la construcción del llamado Muelle Nuevo o “Héroes Aduaneros”, inaugurado en 1947, una obra arquitectónica cuyo viaducto de 2 kilómetros se consideraba entre los más largos del mundo. Tiene 9 metros de superficie de rodamiento y una vía de ferrocarril. En él llegaron a operar 15 líneas navieras de tráfico de altura que podían hacer conexiones con Nueva York, Nueva Orleans, Liverpool, Glasgow, Hull, Amberes, Hamburgo, Génova, Marsella, Burdeos y Barcelona.

Después de la segunda guerra mundial, decae el auge de Progreso debido a varios factores: el descenso de la demanda mundial de henequén, el carácter incipiente de la producción industrial de la península así como la creación y operación del ferrocarril del Sureste, y en la década de los sesenta, de las carreteras y los servicios de autotransporte.

Progreso se marginó del desarrollo portuario mundial por la falta de instalaciones adecuadas y la escasa profundidad de sus aguas; no podían atracar las modernas embarcaciones que habían aumentado su peso y calado.

Hasta 1936 se habían construido y operaban dos muelles, el Fiscal de la Nación y el Benito Juárez de los Ferrocarriles Unidos de Yucatán. En el periodo 1936-1941 se autorizó la construcción del nuevo muelle fiscal. El proyecto original era revolucionario: uso de concreto en la construcción de dos muelles de 2 y 4 kilómetros para disponer de una dársena protegida. La

disponer de una garbana protegida. La segunda guerra mundial impidió su realización y sólo se levantó un viaducto de 2 kilómetros, sostenido por enormes pilotes de concreto sobre los que se asientan los arcos, ligados por juntas de plomo y corcho. Su superficie de rodamiento es de 9 metros de ancho, con una vía para ferrocarril y otra para vehículos automotores.

Al final del viaducto se construyó una plataforma de concreto reforzado para maniobras, de 200 metros de longitud y 50 de ancho, con una profundidad de 5 metros; se erigió también un edificio de tres niveles con oficinas y bodegas. Esta obra fue inaugurada en 1947 y hoy se mantiene en operación.

En 1985 la SCT aprobó un nuevo proyecto; se inició así la construcción de un desarrollo portuario cuya primera etapa se concluyó en agosto de 1989.

Se construyó una plataforma de enrocamiento con materiales de roca caliza y con elementos de concreto hidráulico. La isla fue construida a una distancia de 6.5 kilómetros mar adentro de la línea de la playa y se interconectó, mediante un viaducto de 4.5 kilómetros, al viaducto preexistente de 2 kilómetros de longitud. Esta es una de las obras de ingeniería náutica más importantes de América Latina.

Su construcción se realizó entre 1985 y 1989 y se invirtieron alrededor de 110 mil millones de pesos. Esta es la primera etapa de modernización y ampliación del desarrollo portuario de Progreso.

Dinamismo y ampliación del puerto

A partir de la puesta en marcha de las

instalaciones de la terminal remota en 1989, la carga operada por el puerto de Progreso registró un importante incremento, de 7.5 por ciento promedio anual. Para el año 2007 se estima movilizar por el puerto más del doble de la carga comercial que se maneja actualmente; en particular se prevé que graneles agrícolas crecerá en 60 por ciento y la de contenedores por arriba de 355 por ciento.

El acelerado crecimiento de los volúmenes de mercancías transportadas por Progreso ha conducido a que el puerto registre un elevado grado de utilización de la capacidad instalada, la que se encontraba en niveles cercanos a la saturación. Ello motivó que el gobierno federal tomara la decisión de realizar la ampliación de la infraestructura portuaria de Progreso, señala Daniel Quintal, director general de la SCT en Yucatán.

La ampliación de la obra fue iniciada en abril de 1999 por la Dirección General de Puertos de la SCT, en el área adyacente a la actual terminal remota. Las obras consisten fundamentalmente en:

I La construcción de un rompeolas de protección a base de enrocamiento y cubos de concreto de 1, 219.7 metros de longitud.

I 2,748 metros de bordos para la retención del material producto del dragado, utilizado para el relleno de las plataformas de operación de los muelles, y ampliación de áreas para terminales.

I Obras de dragado en el canal de acceso y dársenas a una profundidad de 12 metros, con volumen de extracción

superior a 4.4 millones de metros cúbicos.

Con la construcción de muelles para el atraque de embarcaciones comerciales y turísticas se crearán siete nuevas posiciones adicionales a las tres actuales:

I una para el movimiento de contenedores,

I una para graneles,

I una para usos múltiples,

I una para petróleo y sus derivados,

I una para cruceros y

I una para transbordadores.

Quintal indica que las dársenas de Ciaboga y de operación tendrán mayor profundidad que la actual y que a las posiciones hoy existentes se les asignarán otras operaciones para usos múltiples y carga general.

Añade que al concluirse las obras (septiembre/octubre de este año), se contará con una terminal petrolera a un costado del rompeolas, en la que podrán arribar buques-tanque de hasta 27,500 toneladas de registro bruto. La nueva terminal de contenedores, que contará con una superficie de 14.2 hectáreas y una profundidad de 12 metros, permitirá el arribo de embarcaciones especializadas con capacidad de carga de hasta 2,500 TEU'S, lo que representa un incremento de la capacidad actual en más de tres veces.

En una superficie de 5.0 hectáreas se realiza la construcción de una terminal de cruceros y transbordadores, que permitirá atender hasta tres cruceros de

permitirá atender hasta tres cruceros de la última generación, con más de 3 mil pasajeros cada uno.

A partir de la adecuación de la infraestructura, el puerto de Progreso se coloca como uno de los más importantes del país. El sistema portuario nacional está constituido por 97 puertos marítimos y 11 fluviales. En materia de infraestructura, cuenta con una longitud de 176.5 kilómetros de muelles que permiten el atraque de barcos.

El reto está planteado: colocar la infraestructura ferroviaria y portuaria a la altura de las mejores del mundo. No es capricho, es resultado de la incorporación de México al mercado global. En este sentido, las inversiones ya se han hecho patentes y los tiempos por venir implican construcción .

Especificaciones técnicas de los firmes de concreto colocados en la estación intermodal Maclovio Herrera

Concreto

Materiales: Concreto hidráulico de 350 kg/cm² , con tamaño máximo del agregado de 19 mm, con un revenimiento máximo de 10 cm.

Ejecución: El colado de los concretos se realizará sobre la base previamente preparada. Durante el colado se evitará la segregación de las partículas gruesas y se requerirá el uso de vibradores internos para garantizar el acomodo y la compactación del concreto. Se aconseja colocar los vibradores de inmersión lo más vertical posible, con espaciamientos regulares del orden de 50 a 75 cm. La colocación del concreto debe ser continua, de tal forma que se

eviten las juntas frías. Además de los vibradores requeridos, será obligatorio tener un vibrador de gasolina como respaldo a los programados, para cubrir cualquier eventualidad. Después de colocar el concreto, es necesario afinar la superficie y las pendientes, utilizando medios manuales o mecánicos, según la preferencia. El curado del concreto se realizará lo más oportunamente posible por métodos húmedos o métodos de membranas. Para el transporte del concreto, no se permitirá el colado cuando el camión tarde más de dos horas de trayecto entre su salida a la planta y la colocación del mismo. Así como lo indicado en el capítulo 6 de la *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos* del IMCYC.

Juntas

Materiales: El acero de refuerzo que se utilice en la obra deberá tener una $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$; las pasajuntas transversales serán de $1\frac{1}{2}$ " de diámetro y de varilla lisa colocada a una longitud de 46 cm y se colocarán a una distancia entre centros de 30 cm; el acero longitudinal de refuerzo será de $\frac{3}{4}$ " de diámetro de varilla corrugada con una longitud de 76 cm y una distancia entre centros de 60 cm; las juntas se sellarán con sellador de neopreno y en las juntas de expansión se colocará celotex de 1", el cual ayudará a absorber los movimientos de las losas; las pasajuntas de $1\frac{1}{2}$ " se protegerán con la ayuda de una pintura epóxica para prolongar su vida útil; para su colocación se construirán canastillas o silletas de varilla lisa, la cual servirá para colocar las pasajuntas en el lugar requerido; además, se requerirá la lubricación de dichas juntas con grasa estándar o lubricante a base de parafina.

Ejecución : El aserrado de la junta de contracción deberá iniciarse tan pronto como sea posible después de alcanzar la resistencia necesaria según lo indique el proyecto, es importante señalar la ubicación exacta del centro de la pasajunta donde deberá llevarse a cabo el aserrado. Antes de colocar el sellador a base de neopreno, deberá estar libre de polvo, humedad y partículas extrañas para garantizar el buen funcionamiento de ésta. Las juntas de expansión serán de celotex, protegidas en la parte superior por neopreno; dichas juntas serán ubicadas según lo indique el proyecto. Las juntas transversales de construcción serán ejecutadas al final de cada día de labores, salvo que el proyecto determine lo contrario. Cabe mencionar que se deberá tener especial cuidado en el sellado de todas las juntas antes mencionadas.

Aserrado

Materiales: Disco de corte de tipo abrasivo seco o de diamante húmedo.

Ejecución: El contratista deberá marcar la ubicación de las juntas durante el proceso de colado; en el caso de las pasajuntas, se deberá indicar el centro de la canastilla para garantizar que el corte se realice al centro de la pasajunta. El aserrado deberá iniciarse tan pronto como sea posible después de alcanzar la resistencia necesaria para que no se despostille el concreto por estar demasiado fresco o se endurezca de más y produzca agrietamientos en lugares donde no hay pasajunta. El corte inicial del disco es para formar un plano de debilidad en el concreto endurecido; deberá tener cuando menos la tercera parte del espesor de la losa con un

parte del espesor de la losa, con un ancho mínimo de 3.17 mm en la mayor parte de los casos; cada una de las juntas se deberá aserrar inmediatamente después del colado. Se usará un corte ensanchado para establecer el factor de forma adecuado para la caja donde se aplicará el material sellante especificado. El ensanchamiento de las juntas se puede realizar dentro de los primeros siete días del aserrado inicial. Las dimensiones de las cajas serán entre 6 y 13 mm de ancho y de 19 a 44 mm de profundidad. Se recomienda que sea de 9 mm de ancho, salvo que el proyecto y/o la supervisión indique lo contrario. En caso de que debido a la negligencia del contratista se produzcan agrietamientos en partes de la losa donde no haya pasajuntas, la reparación de ésta –que consistirá en la demolición de un tramo de un metro o lo que especifique la supervisión en el sentido longitudinal de la losa por su ancho–, así como la elaboración de perforaciones en las nuevas caras de las losas para poder introducir las pasajuntas lisas de 1 ½” y su posterior colado, correrán por cuenta del contratista.

Medición: La medición del aserrado será en metros lineales, la medición de la junta se realizará en forma geométrica en metros lineales

Base de pago: El pago del aserrado será por metro lineal, una vez que el aserrado se realice en su totalidad y quede limpio para poder recibir el sello. Este precio unitario incluye materiales, mano de obra, maquinaria, así como todo lo necesario para su correcta ejecución, e incluye los tiempos muertos de los equipos empleados.

Sellador de neopreno

Materiales: Los selladores de neopreno

serán de la marca D.S.BROWN o similar y se utilizará el modelo V562.

Ejecución: Una vez que la junta es encuentre limpia y libre de cualquier material extraño, se procederá a la colocación del sello de neopreno de forma uniforme, sin jalar el sellador para que la fuerza de compresión sea constante. De esta forma, se evitará la entrada de humedad a la junta, así como de partículas extrañas, permitiendo el libre movimiento del concreto por cambios de temperatura.

Medición: La medición de la junta del sellador de neopreno será en metros lineales; la medición del sellado se realizará en forma geométrica en metros lineales.

Base de pago: El pago del sellado de neopreno será por metro lineal, una vez que el sellador de neopreno se coloque en su totalidad. Este precio unitario incluye materiales, mano de obra, maquinaria, así como todo lo necesario para su correcta ejecución, e incluye los tiempos muertos de los equipos empleados.

Especificaciones y normas utilizadas:

SCT, *Normas de construcción*, tomo II.

SCT, *Normas de construcción e instalación de terracerías 3.01.01.*

SOP, *Especificaciones generales de construcción*, parte octava, libro primero.

IMCYC, *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.*

**Instituto Mexicano del
Cemento y del Concreto, A.C.
Revista Construcción y
Tecnología
Septiembre 2000
Todos los derechos
reservados**

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Notas del acontecer



Aquí ! 

El ONNCCE entrega los primeros Certificados de Producto

En su segunda sesión del año, efectuada en el Colegio de Ingenieros Civiles de México, el Consejo Técnico del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE) trató los diversos puntos que conformaban su orden del día, entre los cuales figuraban la presentación del procedimiento de certificación de producto a cargo del ONNCCE, el informe de los avances en materia de normalización y la entrega de los primeros Certificados de Producto.

Estos certificados fueron entregados por el ingeniero Saúl Cruz Roa, en representación de la arquitecta Belinda Ramírez Reyes, subdirectora general técnica del Infonavit. El ingeniero Cruz Roa, gerente de Verificación y Control Técnico del Infonavit, integró el presidium junto con F. Bucio los ingenieros Marco Antonio Méndez Cuevas y Carlos Javier Mendoza Escobedo, presidente y vicepresidente respectivamente del Consejo Técnico del ONNCCE, y la ingeniera Norma Eneida Morales Martínez.

Quienes recibieron los Certificados de Producto fueron las empresas Fábricas del Noreste, S.A. de C.V. (Fanosa), representada en la oportunidad por el ingeniero Antonio Muñoz, y Materiales y Sistemas, S.A. de C.V., representada

por los ingenieros Arturo Isais Seáñez y Juan Manuel García Gutiérrez.

Entre las intervenciones que hicieron los asistentes, la del maestro en arquitectura Gonzalo Mucharráz Nieto, de Fovi, se refirió a la construcción de vivienda, señalando que Fovi aprobó la realización de cien mil e hizo validación a Fanosa. Subrayó la necesidad del control de calidad y se refirió a cuestiones de la práctica constructiva al señalar que un producto, Monolite, tiene problema en los aplanados, que deben utilizarse resinas epóxicas ya que la gente se asusta con los agrietamientos superficiales. Elogió la calidad de la ingeniería en México y señaló que la calidad de los materiales debe estar a la misma altura. Felicitó al ONNCCE por su labor de certificación de producto.

El licenciado Víctor Barceló Rodríguez, en representación del Comité Administrador del Programa Federal para la Construcción de Escuelas, aludió a la necesidad de impulsar el tratamiento del tema de la seguridad de las construcciones, como lo hace el ONNCCE. Manifestó que se debe exigir la Certificación de Producto en la construcción de escuelas y felicitó tanto a las empresas que la obtuvieron como al ONNCCE.

El arquitecto Heraclio Esqueda Huidobro, del IMCYC, felicitó al ONNCCE por su actividad en los tres niveles de la certificación –de producto, de proceso y de mano de obra–.

El ingeniero arquitecto Víctor Maurilio López Díaz, ex funcionario del Colegio Nacional de Ingenieros Arquitectos de México y del ONNCCE, comentó que se está revisando el Reglamento de Construcción del Distrito Federal, con la intervención de todas las asociaciones (directores de obra, colegios y cámaras). Hizo hincapié en que la revisión de la normatividad es fundamental, lo mismo que la actualización y el cumplimiento de las Normas Mexicanas.

El arquitecto Alberto M. Saavedra Castillo, por la Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, manifestó que la calidad del Director Responsable de Obra deja mucho que desear, por lo que es

preciso mejorar no sólo la calidad del producto sino también la calidad del profesionista. Calificó como vicio ancestral el hecho de que «sólo con el título ya tenemos la capacidad de trabajar».

La licenciada Gabriela López representante de la CMIC señaló que la integración de la calidad se logra por medio de la certificación de producto, de proceso y de mano de obra y felicitó a las empresas que obtuvieron su Certificado de Producto.

El arquitecto Luis Cejudo Alba, representante de Mexalit Industrial, S.A. de C.V., felicitó al ONNCCE por la labor que está realizando, y dijo que hay que empezar con la normalización de la materia prima, como son los agregados y morteros. Expresó que no existe una empresa que fabrique morteros normalizados, aunque todo el mundo los utilice en la construcción. Exhortó a establecer una norma que, aunque no esté escrita, si no que se aplique en nuestras obras.

El ingeniero Francisco Díaz Aranda, coordinador del subcomité de Cemento del ONNCCE, manifestó por su parte que se está revisando la norma del mortero preparado en obra, que existen referencias técnicas sobre morteros y que se tiene que revisar la norma del mortero fabricado por plantas de cemento. Aludió también en su intervención al desconocimiento que existe de la norma mexicana de cementos.

Convenio entre el IMCYC y el Colegio Nacional de Ingenieros Arquitectos de México

El IMCYC y el Colegio Nacional de Ingenieros Arquitectos de México firmaron recientemente un convenio de colaboración «a fin de establecer un mecanismo de mutua cooperación para el cumplimiento de los objetivos particulares que cada una de ellas tiene y para el intercambio de información a efecto de coadyuvar a que los ingenieros arquitectos mexicanos mantengan el nivel de competencia internacional que exige el proceso de globalización en que se encuentra

inmerso el sector de la construcción».

El documento firmado compromete a ambas partes a intercambiar publicaciones y materiales diversos, les permite organizar conjuntamente cursos, talleres y seminarios académicos y establece que se elaborará anualmente un programa de trabajo y se constituirá una comisión integrada por dos miembros de cada institución para dar seguimiento al mismo.

Como Testigo de Honor de la firma del convenio fue invitado el ingeniero César Buenrostro Hernández, Secretario de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal, quien aceptó gustoso la distinción y durante la ceremonia dirigió unas palabras a los asistentes.

Hizo alusión a la relación satisfactoria que ha mantenido con ambos organismos, cuya acción elogió. Respecto al IMCYC, dijo que instituciones de este tipo son muy necesarias porque «preservan un conocimiento, lo difunden, investigan, experimentan, reciben y divulgan todo el conocimiento sobre esta materia, que en México ha alcanzado excelencia». Concluyó que «una institución así debe preservarse y debe fortalecerse».

Sobre el Colegio Nacional de Ingenieros Arquitectos de México, manifestó que el Gobierno de la Ciudad está muy agradecido por la colaboración que prestó en materia legislativa y normativa reglamentaria, fundamentalmente en la integración de la ley de Obras Públicas del Distrito Federal y luego en la elaboración del Reglamento de la misma, al que calificó de «nuevo, moderno e incluyente».

Celebró la firma del convenio y dijo estar seguro de que «va a ser benéfico para una y otra parte, y finalmente para toda la sociedad y, por lo tanto, para el Gobierno de la Ciudad de México».

Se refirió a la necesidad de que los colegios, las organizaciones gremiales, se fortalezcan como organizaciones y preserven su carácter autónomo respecto a cualquier rumbo político, que en su seno se debatan las

ideas, «que los colegios sirvan, primero, para defender los intereses de sus agremiados, segundo, para velar por la ética, para responder por la ética de los agremiados, y finalmente, que las agrupaciones gremiales busquen también despertar esa parte que todos tenemos en nuestra conciencia, heredada de nuestro padres, de nuestras familias: ser más solidarios con los otros grupos sociales».

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

**Revista Construcción y Tecnología
Septiembre 2000**

Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Punto de encuentro



I 5º Simposio RILEM sobre Concreto Reforzado con Fibras

Del 13 al 15 de septiembre en Lyon, Francia

Informes: Eric Bancelhon, Philibert Organisation

Tel: (33) 478 98 56 38

Fax: (33) 478 23 11 07

E-mail: befib2000@philibert.fr

I LATINCORR'2000

7º Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección

4º Congreso de Corrosión de la Región Latinoamericana de
NACE

Del 17 al 22 de septiembre en Cartagena de Indias,
Colombia

Informes:

<http://ingenieria.udea.edu.co/centros/CESET/nace.html>

I 16°. Congreso de IABSE / La ingeniería estructural y los retos del transporte urbano

Del 18 al 21 de septiembre en Lucerna, Suiza

Informes: IABSE Secretariat

Tel: +41-1-633 26 47

Fax: +41-1-633 12 41

E-mail: lucerne@iabse.ethz.ch

<http://www.iabse.ethz.ch>

I XXI Congreso Panamericano de Arquitectos / Hombre y Sociedad

Del 18 al 22 de septiembre en México, D.F.

Informes: Comité organizador

Tel. y fax: (52) 5 488-0170 y (52) 5 488-0171

E-mail: congresofpaa2000@wtxmexico.com.mx

www.arquired.com.mx

I 14ª Ibausil / Conferencia Internacional sobre Materiales para Construcción

Del 20 al 23 de septiembre en Weimar, Alemania

Informes: Tel: +49 (0)3643 58 47 12, Dr. Fischer

+49 (0)3643 58 47 51 Frau Dreibig

+49 (0)3643 58 47 61 Frau Kilian

Fax: +49 (0)3643 58 47 59

E-mail: ibusil@bauing.uni-weimar.de

I Congreso FIIC 2000

Del 20 al 24 de septiembre en Panamá, Panamá

Informes: Cámara Panameña de la Construcción

Tel: (507) 265-2500

Fax: (507) 265-2571

E-mail: capac@pty.com

**I Simposio Internacional sobre Concreto de Alto
Comportamiento PCI / FHWA / FIB**

Del 25 al 27 de septiembre en Orlando, Florida, EUA

El simposio está dirigido a la investigación, diseño,
construcción, comportamiento y beneficios del concreto de
alto comportamiento.

Informes: Precast /Prestressed Concrete Institute

Tel.: 312 786 0300

Fax: 312 786 0353

E-mail: info@pci.org

www.pci.org

Convención Anual de The National Drilling Association

Del 5 al 8 de octubre en San Diego, California, EUA

Informes: Tel: 614-798.8080

Fax: 614-798-2255

E-mail: info@nda4u.com

Web-site: www.nda4u.com

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

**Revista Construcción y Tecnología
Septiembre 2000**

Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Nuevos Productos y Equipos

Aquí! 

Muros de contención

Los sistemas de muros con anclajes utilizan tecnología más avanzada que los muros de contención tradicionales, dejando en el pasado pasadores, sujetadores y morteros. La tecnología y el diseño integrado sin pasadores se ajustan virtualmente a cualquier configuración, lo que proporciona soluciones libres de mantenimiento para lugares residenciales, proyectos comerciales, campos de golf, muros de contención interestatales de defensa y aplicaciones frente a ríos. La textura natural de la fachada rocosa y los tonos cálidos de la tierra acentúan el ambiente de cualquier paisaje.

Forro de permeabilidad controlada

El forro para cimbra de permeabilidad controlada Zemdrainâ MD2 está compuesto de una tela única para filtrar y es muy fácil y rápido de instalar. A causa de su rigidez apropiada, el forro no se necesita tensar para evitar dobleces durante el colado del concreto. Los beneficios que proporciona son una superficie libre de apoyos, el mejoramiento de la superficie del concreto, la restricción del crecimiento de algas y bacterias, la reducción de la carbonatación y de la difusión de cloruros.



Unidad para purificar agua

La LMS, OX 1500 es una unidad completa de potabilización de agua que integra la prefiltración. Al producir hasta 1,500 litros de agua por hora, este sistema portátil con bomba manual puede proveer de agua pura de manera instantánea en distintas situaciones que incluyen, por ejemplo, la producción de agua en poblaciones alejadas a partir de una perforación o de una reserva de agua (charco, río, lago, etc.).

También existe este modelo en la versión de 2,500 litros por hora (instalado sobre un armazón de acero). Puede ser equipado con una bomba manual o con un motor de gasolina y opcionalmente puede colocarse sobre ruedas.

Medidor de compactación

EIBOMAG BTM 05 Terrameter, de Compaction America, es el sistema más moderno para el control y registro del proceso de compactación y su desarrollo, lo que conduce a un incremento importante de la calidad de la compactación. Mediante la indicación de valores Omega, el Terrameter proporciona aseguramiento de calidad de compactación uniforme sin la demora de las pruebas de laboratorio. Los métodos convencionales de prueba se aplican en puntos de prueba y sólo proporcionan un control parcial. Al evaluar el área entera, el Terrameter reduce el riesgo de sobrecompactación y evita el aflojamiento del material.

Septiembre 2000
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)