



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO, FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETOS
RÍGIDOS Y PERMEABLES EN OBRAS DE EDIFICACIÓN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

DOMÍNGUEZ GUTIÉRREZ DEMETRIO

MARTÍNEZ PÉREZ GUADALUPE

DIRECTOR DE TESIS:

ING. SERGIO E. ZERECERO GALICIA

MÉXICO, D.F. ABRIL 2006

AGRADECIMIENTO

Las batallas de mi vida no las he ganado solo, ha sido gracias a Dios, al apoyo incondicional de mis padres: Epifanio Domínguez Martínez y Ma. del Refugio Gutiérrez Torres, así como el de mis hermanos, en especial el de Jesús.

Gracias por todos mis amigos que me ayudaron a levantarme en los momentos difíciles, pues en el camino hubo caídas muy dolorosas, los cuales me motivaron para alcanzar la meta y concluir satisfactoriamente mis estudios, principalmente a Elia y Mabel.

Finalmente agradezco a todos los catedráticos por sus grandes enseñanzas y conocimientos que me transmitieron, de una manera muy particular al Ing. Sergio Zerecero Galicia, por aceptar dirigir esta tesis. A todos gracias.

PENSAMIENTO

“Debemos ver a los jóvenes, no como botellas vacías que hay que llenar, sino como velas que hay que encender”.

Roberto Chafar.

“Las batallas de la vida no las gana el hombre más rápido o el más fuerte sino el que decide ganar...”

M.J.B

DOMÍNGUEZ GUTIÉRREZ DEMETRIO.

QUIERO DEDICAR UNAS LETRAS A LAS PERSONAS MÁS IMPORTANTES EN MI VIDA YA QUE CON SU APOYO LLEGUE A LA META QUE ME FIJE CUANDO TENIA 8 AÑOS “SER INGENIERO CIVIL”.

A MIS DOS GRANDES PADRES FRANCISCO Y ELENITA, POR SU EJEMPLO DE LUCHA Y DEDICACION EN TODO LO QUE HACEN, PUES SON UN PILAR EN MI EXISTENCIA.

A MI UBALDO QUE ESTUVO EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS DESDE HACE 8 AÑOS, QUE HA SIDO MI APOYO Y MI COMPAÑÍA, POR TUS CONSEJOS Y TU TIEMPO, GRACIAS.

A MIS DOS HERMANOS FRANCISCO Y MIRIAM QUE DE ALGUNA MANERA ME APOYARON, A TI MIRIAM QUE TE DESVELAVAS CONMIGO PARA ACOMPAÑARME EN ESAS NOCHES LARGAS DE TAREA.

A TODOS Y CADA UNO DE MIS COMPAÑEROS COMO: JUAN JOSE, IVAN NOE, OSCAR DAVID, ARELI (q.p.d.), SOLEDAD, MAYRA, DEMETRIO, ARACELI, YA QUE NOS APOYAMOS MUTUAMENTE DURANTE LA CARRERA Y OBIAMENTE ME BRINDARON SU AMISTAD.

SIN OLVIDAR A TODOS LOS PROFESORES QUE IMPARTIERON CLASES Y CON SU EJEMPLO Y EXPERIENCIA SIEMPRE ME MOTIVARON A SEGUIR ADELANTE, EN ESPECIAL AL ING. SERGIO ZERECERO, QUIEN TUVO LA DEDICACIÓN Y PACIENCIA PARA LLEVAR A BUEN TÉRMINO ESTA TESIS.

A AQUELLAS PERSONAS QUE EN EL ÁMBITO LABORAL SIEMPRE HAN ESTADO APOYANDO COMO EL ING. ALBERTO CALVARIO, AL ARQ. CARLOS SOLIS, A LA DOCTORA CARMEN DIAZ, PATY RINCON., ETC.

SE ME AGOTAN LAS PALABRAS, LA FORMA DE EXPRESAR TODO LO QUE SIENTO POR USTEDES Y CREO QUE NUNCA ACABARIA. **A TODOS USTEDES MIL GRACIAS.**

ATT. GUADALUPE MARTÍNEZ PÉREZ

INTRODUCCIÓN

Desde hace miles de años, el hombre se ha ocupado por descubrir elementos que faciliten y permitan la aplicación de éstos, aplicado en las diferentes obras civiles que él, por necesidad va descubriendo y buscando una solución a éstos. En este trabajo de tesis se mencionará las características generales de los concretos rígidos y permeables.

Dentro de nuestra vida cotidiana, es indispensable encontrar y contar con elementos elaborados con concreto rígido, desde una simple banqueta hasta un gran edificio. El concreto hecho con cemento portland tiene un gran uso como material de construcción debido a sus muchas características favorables. Una de las más importantes es una alta relación resistencia-costo, en muchas aplicaciones; otra es que el concreto en su estado plástico, puede colocarse con facilidad dentro de cimbras o moldes de cualquier tamaño, a temperaturas normales para producir cualquier forma; además el concreto rígido tiene una alta resistencia al fuego y a la penetración del agua.

El concreto, tiene desventajas, una importante es que, en ocasiones, el control de calidad no es tan bueno como para otros materiales de construcción, porque con frecuencia el concreto se prepara en sitio, en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción. Otra es que el concreto es un material de relativa fragilidad; su resistencia a la tensión es pequeña comparándola con su compresión. No obstante, esta desventaja puede contrarrestarse reforzando o preforzando el concreto con acero.

Por otro lado, el agua siempre ha convivido con el concreto, bien sea en su proceso de fabricación o en el desarrollo de sus funciones, cumpliendo con ciertas características en su aplicación.

El concreto permeable nace por la necesidad de reestablecer las mantos acuíferos, porque al caer el agua sobre el pavimento rígido y no ser drenada, el agua produce un fenómeno de hidroneo que termina afectando la maniobra del vehículo; el cual implica el uso de costosos sistemas de drenajes para la disposición final del agua, de ésta manera hubo la necesidad de la elaboración del concreto permeable.

El concreto permeable, es un material similar al concreto rígido, hecho de agregados pétreos, agua, cemento y aglutinantes químicos, que forman un producto moldeable, fácil de colocar, permeable y de gran resistencia a la compresión y flexión, que después de unas horas se solidifica. Es capaz de ser moldeado para usarse en pisos y pavimentos, y que estos tengan la característica de ser permeable.

Es importante conocer las características de cada uno de ellos, así como su diseño y proporcionamiento de mezclas, porque la mayoría de las propiedades deseadas en el concreto endurecido dependen principalmente de la calidad de la pasta cementante, la primera etapa para el proporcionamiento del concreto, es la elección de la relación agua-material cementante apropiada para la resistencia y durabilidad necesarias.

Las mezclas de concreto se deben mantener lo más sencillas posible, pues un excesivo de ingredientes normalmente dificulta el control del concreto. Sin embargo, el tecnólogo del concreto no debe descuidar la moderna tecnología del concreto.

Para las especificaciones, producción y entrega del concreto se hacen de diversas maneras; aquí se van aplicar los procesos básicos y las técnicas comunes, como son: las normas ASTM C y NMX-C; dan especificaciones para la elaboración, producción y entrega del concreto fresco. De esta manera se logra obtener un buen diseño y, por consecuencia una gran obra civil, de ésta forma es indispensable conocer las funciones y utilidades que va a tener dicha obra, para que en función de éstas, se apliquen las normas y técnicas establecidas, adecuándolas a cada proyecto.

La colocación del concreto rígido y permeable, se efectúan con recipientes, tolvas, carretillas propulsadas a mano o con motor, conductos o tubos de caída, bandas transportadoras, etc., según el lugar y el sitio, es el quipo que se va a emplear, dándole así, una mejor rapidez y colocación al concreto.

En relación al los tipos de acabados, existen diferentes maneras en que puede agregarse textura al concreto arquitectónico, con resultados espectaculares y a bajo costo. Es posible agregar texturas al concreto de diversas maneras y, si se combinan textura y color, las posibilidades de expresión son ilimitadas que pueda tomar el concreto, asimismo puede adquirir cualquier forma en la que se moldee.

De igual manera, también es posible crear diversos efectos de texturas de acabados de los precolados con laminados plásticos que se colocan como cimbras o con moldes no repetitivos trabajados en espuma de estireno para lograr el relieve que usted elija.

Finalmente un requisito básico en todo lo que se refiere a una obra civil, es contar con una buena planeación, programación y presupuestación. Asimismo hacerse acompañar de un a buena supervisión y un control de calidad total.

RESUMEN

El concreto rígido, es básicamente una mezcla de dos componentes agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta, del agregado y la unión de éstos. Para cualquier grupo de materiales y condiciones de curado, la calidad del concreto endurecido es fuertemente influenciado por la cantidad de agua usada con relación a la cantidad de cemento.

El concreto debe ser trabajable, pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manejo, así como el mezclado debe ser lo más uniforme posible.

La resistencia a compresión es de gran importancia, por que es la medida máxima de resistencia a carga axial de especímenes de concreto, ésta va estar en función de la relación agua-cemento, de cuanta hidratación a progresado, de las condiciones ambientales y de la edad del concreto. La resistencia a compresión se usa para los cálculos en los diferentes diseños.

Una propiedad importante del concreto rígido es la durabilidad. Los diferentes tipos de concreto, necesitan de diferentes durabilidades, dependiendo de la exposición del ambiente y de las propiedades deseables.

El concreto permeable, es un material compuesto de agregados pétreos, agua, cemento y aglutinantes químicos, es fácil de colocar ser un producto moldeable, permeable y de gran resistencia a la compresión y flexión. Las pruebas de laboratorio demuestran que en 24 horas se tiene una resistencia a la compresión de 150 kg/cm².

Básicamente el concreto permeable, es un material que se usa en la recarga de los mantos acuíferos del subsuelo. También cumplen satisfactoriamente como coladera, porque el agua de lluvia que satura los sistemas de drenaje de las ciudades y, ahora en vez de irse por las cañerías, se encausará al subsuelo y con la ventaja de que no permita el paso de la basura.

Sin embargo se podrá usar también como pavimento en superficies que tengan como fin el recolectar agua y encausar en depósitos subterráneos. También se puede usar en la fabricación de adoquines y para el colado de muros de contención en donde la carga hidrostática del agua se vuelve cero.

En ambos concretos están regidos por un severo control en lo que respecta a la calidad y supervisión, y sobre todo en la planeación, programación y el presupuesto que se requiera en la obra.

La planeación como tal, es una medida muy importante dentro de cada dependencia y entidades, realizan estudios de preinversión, que se requiere para definir la factibilidad técnica, económica y social de la realización de obras de cualquier tipo.

La programación es una de las primeras cosas que hay que contemplar, porque nos muestra los tiempos de duración, iniciación y los tiempos de terminación de las actividades que integran una obra.

Uno de los requisitos importantes dentro de cualquier negocio de la construcción consiste en una administración eficaz del trabajo de la estimación correcta de los costos. El presupuesto se debe elaborar considerando que se está inmerso en un ambiente de competencia laboral con otras empresas constructoras.

En relación a los tiempos de colocación, es muy importante considerarlos, para evitar la segregación, es importante que se realice de forma continua y más cerca de su posición final, asimismo evitar el endurecimiento prematuro. Es indispensable considerar las desventajas que existen en la colocación de éstos en climas calurosos o fríos.

Existen diferentes métodos en la colocación del concreto, así como la maquinaria disponible para hacerlo, la cual está en función del volumen y tipo de obra civil, estos equipos de colocación pueden ser: tolvas, carros manuales, canalones, bandas transportadoras, etc.

En la colocación y transportación del concreto es necesario contar con buenos equipos y los adecuados para llevar a cabo éste proceso en las mejores condiciones a un menor costo y tiempo.

Otro componente importante en el concreto, es el adicionarle un aditivo químico, que tiene diferentes funciones y se clasifica según su aplicación.

I. CONCRETO RIGIDO

1.1 DEFINICIONES

CONCRETO RIGIDO. Es básicamente una mezcla de dos componentes: agregado y pasta. La pasta; compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos (figura 1.1)



Fig. 1.1 Componentes del concreto rígido.

El concreto es un material durable y resistente pero, dado que se trabaja en su forma líquida, prácticamente puede adquirir cualquier forma.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente diseñado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan completamente con pasta.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

1. *Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida.* Debe contemplarse la selección de un cementante apropiado, el empleo de una relación agua-cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario, con todo lo cual debe resultar potencialmente asegurada la calidad de la matriz cementante.
2. *La calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio.* Es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.
3. *La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.* La compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

1.2 ANTECEDENTES

La historia del cemento es la historia como del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible. Desde que el ser humano superó la época de las cavernas, a aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos.

Templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad.

El pueblo egipcio ya utilizaba un mortero – mezcla de arena con materia cementosa – para unir bloques y losas de piedra al elegir sus asombrosas construcciones.

Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada.

Un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzuoli con el que aún, y actualmente lo conocemos como pozzolona.

Investigaciones y descubrimientos a lo largo de miles de años, nos conducen a principios del siglo pasado, cuando en Inglaterra fue patentada una mezcla de caliza dura, molida y calcinada con arcilla, al agregársele agua, producía una pasta que de nuevo se calcinaba se molía y batía hasta producir un polvo fino que es el antecedente directo de nuestro tiempo.

El nombre del cemento Portland le fue dado por la similitud que este tenía con la piedra de la isla de Portland del canal inglés.

La aparición de este cemento y de su producto resultante el concreto ha sido un factor determinante para que el mundo adquiriera una fisonomía diferente.

Edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, talleres y casas, dentro del más alto rango de tamaño y variedades nos dan un mundo nuevo de comodidad, de protección y belleza donde realizar nuestros mas ansiados anhelos, un mundo nuevo para trabajar, para crecer, para progresar, para vivir.

1824: - *James Parker, Joseph Aspdin* patentan al Cemento Portland, materia que obtuvieron de la calcinación de alta temperatura de una *Caliza Arcillosa*.

1845: - *Isaac Johnson* obtiene el prototipo del cemento moderno quemado, alta temperatura, una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del "*clinker*".

1868: - Se realiza el primer embarque de cemento Portland de Inglaterra a los Estados Unidos de América.

1871: - La compañía *Coplay Cement* produce el primer cemento Portland en los Estados Unidos de América.

1904: -La *American Standard For Testing Materials (ASTM)*, publica por primera vez sus estándares de calidad para el cemento Portland.

1906: - En *C.D. Hidalgo Nuevo León* se instala la primera fábrica para la producción de cemento en México, con una capacidad de 20,000 toneladas por año.

1992: - *CEMEX* se considera como el cuarto productor de cemento a nivel MUNDIAL con una producción de 30.3 millones de toneladas por año.

1.3 IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCION

El Ingeniero Civil es el responsable de la materialización de las crecientes necesidades en infraestructura que la sociedad actual presenta. Participa no solamente en el diseño y en la construcción, sino también en la planificación global, la explotación y el mantenimiento de las diferentes obras civiles que ejecuta.

Sus principales funciones profesionales son las siguientes:

- Planeación: evaluando las necesidades actuales y previendo las futuras para facilitar un desarrollo armonioso y racional de la oferta de servicios y de habitaciones.
- Diseño: diseñar los distintos proyectos de obras civiles según las exigencias de los usuarios, cumpliendo normas nacionales e internacionales de seguridad y funcionalidad.
- Construcción: ejecutar el seguimiento, paso a paso, de la materialización de las obras. Mantenimiento y explotación. Las actividades no terminan con la entrega final de la obra, pues la mayoría de ellas necesitan un mantenimiento regular y/o de los conocimientos técnicos de un Ingeniero Civil para su utilización adecuada.

1.3.1 CAMPO LABORAL

Área de vivienda y edificios: es la actividad más habitual de un Ingeniero de obras civiles. El cálculo estructural y el seguimiento de la construcción pueden ser realizados por todo Ingeniero Civil sin importar la especialidad de éste. En cuanto a los edificios de importancia o de dificultad particular, pueden ser ejecutados por todo Ingeniero Civil o de preferencia por un especialista en estructuras.

Área de puentes: la construcción de puentes, que en algunos casos demanda un gran esfuerzo técnico, puede ser asegurada por cualquier Ingeniero Civil especializado en estructuras, y en los casos más comunes por todo Ingeniero Civil.

Área de túneles: en un país con un relieve tan accidentado como es el de México, la construcción de túneles se hace indispensable para la realización de una red de carreteras adecuadas a las necesidades de los mexicanos.

Área de vías de circulación: el Ingeniero Civil en general y el especializado en vías de comunicación en particular, tiene a su cargo la realización de carreteras, calles, aeropuertos y otras vías de circulación. El respectivo mantenimiento y gestión de estas constituyen parte de sus actividades.

Área de construcciones hidráulicas: el diseño, seguimiento, gestión y mantenimiento de obras de gran envergadura como las represas, centrales hidroeléctricas, grandes canales de conducción y algunas instalaciones sanitarias, sólo pueden ser llevadas a cabo por un Ingeniero Civil, y aun con mayor competencia por un especialista en hidráulica.

Área de dirección de obras: no siempre un Ingeniero Civil dirige él solo la obra que ha diseñado, en ocasiones es dirigida en coordinación con un equipo de ingenieros u otras áreas profesionales, dependiendo de la magnitud de la obra.

Área de investigación: el Ingeniero Civil está capacitado para hallar soluciones y elaborar nuevos sistemas para resolver los problemas que se presentan en las diferentes actividades mencionadas anteriormente.

1.3.2 IMPORTANCIA DE LAS OBRAS PÚBLICAS EN EL DESARROLLO

El desarrollo de un país, tanto en los aspectos social y cultural como en el económico, precisa de espacios idóneos para alojar todas las actividades productivas o recreativas, así como para el suministro de servicios que hagan estos espacios habitables y funcionales.

El proceso de desarrollo, históricamente se dio en forma paralela con el proceso de urbanización. La naturaleza en sus condiciones vírgenes sólo es capaz de sustentar un número muy reducido de habitantes por unidad de área territorial y procesar los desechos, para que biológicamente hablando no deterioren el ambiente y éste se conserve sano, dando lugar a la sustentabilidad de los procesos que en dicho hábitat se desarrollan.

El incremento en la densidad de población, o lo que es lo mismo, la formación de aldeas, pueblos o ciudades, ha generado la masa crítica que permite la especialización en el trabajo, dedicando los recursos humanos hacia las labores para las que son más hábiles y generando así al progreso en forma más acelerada.

Simultáneamente, para lograr la densificación de la población, ha sido necesario desarrollar las instalaciones, que ayuden a la naturaleza en ese permanente proceso de producción de alimentos y asimilación de desperdicios, como lo son los sistemas de drenaje, el suministro del agua potable, el abasto de los alimentos y más recientemente la iluminación nocturna y el transporte interno, por no mencionar la construcción misma de las habitaciones y lugares públicos como plazas, teatros, escuelas, al igual que los elementos del mobiliario urbano, como pavimentos, banquetas, jardinería, etc.

Como puede verse, las obras públicas constituyen el sustento de la urbanización y organización de la sociedad, la que al conformarse en un cuerpo armónico produce el desarrollo de las artes y las ciencias. Esta vinculación es a tal grado estrecha, que no puede concebirse una sociedad moderna, educada, culta, productiva y organizada, sin el soporte que le brinda la infraestructura de las obras públicas.

Dentro de un ciclo de retroalimentación, el proceso de desarrollo hace que la sociedad obtenga excedentes en la producción, los que al ser invertidos en las obras públicas se

transforman en riqueza y patrimonio de la sociedad e impulsan un proceso de desarrollo cada vez más acelerado en todos los ámbitos.

No deben confundirse el concepto de obras públicas con las obras realizadas por el Gobierno. Las obras públicas deben entenderse como aquellas creadas para prestar un servicio público, definido como aquel al que todo miembro de la sociedad tiene acceso irrestricto, aunque éste sea ofrecido por un particular o una empresa privada.

El valor real de las obras públicas representa una parte fundamental del patrimonio nacional y este valor depende de la relación entre los recursos invertidos y los beneficios obtenidos, o dicho en otras palabras, de su rentabilidad, que puede ser económica, pero también social y cultural.

La rentabilidad de las obras públicas es una función directa de la creatividad en la concepción de las mejores soluciones para atender las expectativas de la sociedad, que requieran el menor volumen de inversión y produzcan los máximos satisfactores.

Por definición, ese proceso de concepción, diseño, cálculo y proyecto corresponde en la actualidad a la esencia misma de la ingeniería civil, por lo que puede afirmarse que sin ésta, el proceso de creación de las obras públicas será incierto e ineficiente. Sin obras públicas rentables no habrá desarrollo en la sociedad. Se puede asegurar que la ingeniería juega un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad moderna.

El despegue del México moderno durante casi 60 años del Siglo XX está directamente relacionado con el desarrollo de su infraestructura. Desafortunadamente en los últimos veinte años, se perdió ese enfoque, se descuidó y desmanteló la ingeniería civil y se limitó muy por debajo de lo deseable la inversión en infraestructura. Hoy estamos viviendo las consecuencias en energía, agua, vivienda, transporte, etc.

La Ingeniería Civil tiene un papel estratégico y protagónico en el desarrollo del país, pues define la capacidad y calidad de vida de los miembros de la sociedad y muchas veces condiciona su supervivencia

Esta disciplina en esencia tiene que ver con el aprovechamiento, manejo racional y control de lo elemental del planeta: suelo, agua y aire.

En un país en desarrollo como el nuestro son indispensables obras de infraestructura: agua potable, alcantarillado, vivienda, electricidad, riego, etc., es ahí donde la Ingeniería Civil juega un papel muy importante, los profesionales de esta rama son los que planifican, diseñan, construyen y mantienen estas obras.

Toda actividad del hombre el comercio, industria, agricultura, finanzas, educación, recreación, ejercicio profesional, está íntimamente ligada a la Ingeniería Civil, ya que todas necesitan de obras civiles. En la Ingeniería Civil y sus diferentes campos, previene y/o mitiga las consecuencias de los desastres naturales, evalúa, controla y minimiza los impactos ambientales.

1.4 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO RÍGIDO.

1.4.1 PROPIEDADES FÍSICAS

1. PESO VOLUMÉTRICO: varía según el tipo de agregado que se haya utilizado en su fabricación. El peso volumétrico de un concreto normal es de 2400 kg/m^3 , aproximadamente, pudiendo variar su peso en función del tamaño máximo del agregado (TMA).
2. Dilatación térmica: el coeficiente de dilatación térmica del concreto ordinario puede aceptarse como 0.00001

1.4.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

1. La primera reacción química, es la que se produce desde el momento mismo en que el cemento entra en contacto con el agua y consiste en la formación de geles.
2. La segunda reacción es la cristalización de este gel, el cual se inicia en contacto íntimo con la roca que está formada, los agregados inertes.
3. La tercera reacción es la formación de capas secundarias sólidas y con la continuación de este proceso se van entrelazando dichas capas de gel que vuelven a los granos de agregado inerte solidificándose en esta forma los volúmenes fabricados de concreto.

1.4.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y LA TENSIÓN

La resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, particularmente cuando el cemento se mezcla con ceniza fina.

La proporción agua-cemento es la que tiene mayor influencia en la resistencia del concreto. En la práctica, esa relación es, es más o menos lineal cuando se expresa en términos de la variable c/a , que es la proporción entre el agua y cemento por peso.

La resistencia puede aumentarse disminuyendo la relación agua-cemento, utilizando agregados para mayor resistencia, graduando los agregados para producir menor porcentaje de huecos en el concreto, curando el concreto en húmedo después que ha fraguado, añadiendo una puzolana como ceniza ligera, vibrando el concreto en cimbras y el exceso de agua.

La resistencia a la tensión del concreto es mucho menor que la resistencia a la compresión y, cualquiera que sea el tipo de prueba, tiene una correlación deficiente con f'_c .

2. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Es la relación del esfuerzo normal (s) y su correspondiente deformación (e) para la resistencia de compresión del material.

Al igual que la resistencia mecánica, no hay una especificación definida para esta propiedad, evaluándose su comportamiento en forma directa en el concreto que los contiene.

El modulo de elasticidad (E_c), de uso general en los proyectos de concreto es el modulo secante. En la norma ACI 318, Building core Requirements for Reinforced Concrete.

3. DURABILIDAD

La durabilidad del concreto se puede definir como la habilidad del concreto en resistir a la acción del medio ambiente, al ataque químico a la abrasión manteniendo sus propiedades de diseño. Los diferentes tipos de concreto necesitan de diferentes durabilidades, dependiendo de la exposición del ambiente y de las propiedades deseables. Los componentes del concreto, la proporción de éstos, la interacción de los mismos y los métodos de colocación y curado determinan la durabilidad final y la vida útil del concreto.

4. IMPERMEABILIDAD

Es otra importante propiedad del concreto, porque puede mejorarse con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectados, el agua puede atravesar y penetrar el concreto. La inclusión de aire, así como un curado cuidadoso por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad.

5. CAMBIO DE VOLUMEN

La expansión es otra propiedad que se debe tomar en cuenta. La expansión debida a las reacciones químicas entre los ingredientes del concreto puede ocasionar pandeo y la contracción al secarse puede ocasionar grietas.

La expansión debida a la reacción álcali-agregados pueden evitarse con agregados que no sean reactivos, la expansión puede reducirse o eliminarse añadiendo a la mezcla de materiales puzolámicos, como ceniza ligera. La expansión debida al calor de hidratación del cemento puede reducirse manteniendo lo mas bajo posible el contenido de cemento, con cemento tipo IV. La expansión debida a aumentos en la temperatura ambiente puede reducirse con la producción de concreto de menor coeficiente de dilatación, por lo general con agregados gruesos de menor coeficiente de dilatación.

6. ESCURRIMIENTO PLÁSTICO

Es una deformación que ocurre con carga constante durante largo tiempo. La deformación del concreto continua, pero con una rapidez que disminuye con el tiempo. Es mas o menos, proporcional al esfuerzo con cargas de trabajo y aumenta cuando se incrementa la proporción agua-cemento; disminuye cuando aumenta la humedad relativa.

1.5 NORMATIVIDAD Y PRUEBAS PARA VERIFICAR LA CALIDAD DEL CONCRETO.

1.5.1 CONCRETO

1.5.1.1 MATERIALES COMPONENTES

La calidad y proporciones de los materiales componentes del concreto serán tales que se logren la resistencia, rigidez y durabilidad necesarias.

La calidad de todos los materiales componentes del concreto deberá verificarse antes del inicio de la obra y también cuando exista sospecha de cambio en las características de los mismos o haya cambio de las fuentes de suministro. Esta verificación de calidad se realizará a partir de muestras tomadas del sitio de suministro o del almacén del productor de concreto. El Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, en lugar de esta verificación podrá admitir la garantía del fabricante del concreto de que los materiales fueron ensayados en un laboratorio acreditado por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. En cualquier caso podrá ordenar la verificación de la calidad de los materiales cuando lo juzgue procedente.

Los materiales pétreos, grava y arena, deberán cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-111, con las modificaciones y adiciones de la tabla 1.

En adición a la frecuencia de verificación estipulada para todos los materiales componentes al principio de esta sección, los requisitos especiales precedentes deberán verificarse cuando menos una vez por mes para el concreto clase 1.

Los límites correspondientes a estos requisitos especiales pueden modificarse si el fabricante del concreto demuestra, con pruebas realizadas en un laboratorio acreditado por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, que con los nuevos valores se obtiene concreto que cumpla con el requisito de módulo de elasticidad establecido.

1.5.1.2 REQUISITOS PARA MATERIALES PÉTREOS.

En tal caso, los nuevos límites serán los que se apliquen en la verificación de estos requisitos para los agregados específicamente considerados en dichas pruebas.

PROPIEDAD	CONCRETO CLASE 1	CONCRETO CLASE 2
Coefficiente Volumétrico de la grava, mínimo.	0.20	----
Material más fino que la malla F 0.075 (No. 200) en la arena, porcentaje máximo en peso (NMX-C-084).	15	15
Contracción lineal de los finos (pasan por la malla No. 40) de la arena y grava, en la proporción que estas intervienen en el concreto a partir del límite líquido, porcentaje máximo.	2	3

Tabla 1. Requisitos adicionales para materiales pétreos¹

¹ *Tabla obtenida del libro:* PROPUESTA DE NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

1.5.1.3 ELABORACIÓN DEL CONCRETO.

El concreto podrá ser dosificado en una planta central y transportado a la obra en camiones revolventes, o dosificado y mezclado en una planta central y transportado a la obra en camiones agitadores, o bien podrá ser elaborado directamente en la obra; en todos los casos deberá cumplir con los requisitos de elaboración. La dosificación establecida no deberá alterarse, en especial, el contenido de agua.

El concreto clase 1, premezclado, o hecho en obra, deberá ser elaborado en una planta de dosificación y mezclado de acuerdo con los requisitos de elaboración establecidos en la norma NMX-C-403.

El concreto clase 2, si es premezclado, deberá satisfacer los requisitos de elaboración de la norma NMX-C-155. Si es hecho en obra, podrá ser dosificado en peso o en volumen, pero deberá ser mezclado en una revolventora mecánica, ya que no se permitirá la mezcla manual de concreto estructural.

1.5.1.4 REQUISITOS Y CONTROL DEL CONCRETO FRESCO.

Al concreto en estado fresco, antes de su colocación en las cimbras, se le harán pruebas para verificar que cumple con los requisitos de revenimiento y peso volumétrico. Estas pruebas se realizarán al concreto hecho un muestreo en obra, con las frecuencias de la tabla 2 como mínimo.

El revenimiento será el mínimo requerido para que el concreto fluya a través de las barras de refuerzo y para que pueda bombearse en su caso, así como para lograr un aspecto satisfactorio. El revenimiento nominal de los concretos no será mayor de 120 mm. Para permitir la colocación del concreto en condiciones difíciles, o para que pueda ser bombeado, se autoriza aumentar el revenimiento nominal hasta un máximo de 180 mm, mediante el uso de aditivo superfluidificante, de manera que no se incremente el contenido unitario de agua. En tal caso, la verificación del revenimiento se realizará en la obra antes y después de incorporar el aditivo superfluidificante, comparando con los valores nominales de 120 y 180 mm, respectivamente. Las demás propiedades, incluyendo las del concreto endurecido, se determinarán en muestras que ya incluyan dicho aditivo.

PRUEBA Y METODO	CONCRETO CLASE 1	CONCRETO CLASE 2
Revenimiento (NMX-C-156-ONNCCE)	Una vez por cada entrega, si es premezclado. Una vez por cada revoltura, si es hecho en cada obra.	Una vez por cada entrega, si es premezclado. Una vez por cada 5 revolturas, si es hecho en obra.
Peso volumétrico (NMX-C-162)	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una vez por cada 20 m ³ de concreto.	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una vez por cada 40 m ³ .

Tabla 2. Frecuencia mínima para toma de muestras de concreto fresco.²

² *Tabla obtenida del libro:* PROPUESTA DE NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

El Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, podrá autorizar la incorporación del aditivo superfluidificante en la planta de premezclado para cumplir con revenimientos nominales mayores de 120 mm y estará facultado para inspeccionar tal operación en la planta cuando lo juzgue procedente.

Si el concreto es premezclado y se surte con un revenimiento nominal mayor de 120 mm, deberá ser entregado con un comprobante de incorporación del aditivo en planta; en la obra se medirá el revenimiento para compararlo con el nominal máximo de 180 mm.

Para que el concreto cumpla con el requisito de revenimiento, su valor determinado deberá concordar con el nominal especificado, con las siguientes tolerancias:

Revenimiento nominal, mm	Tolerancia, mm
Menor de 50	± 15
50 a 100	± 25
Mayor de 100	± 35

Tabla 3. tolerancias para revenimientos.³

³ *Tabla obtenida del libro:* PROPUESTA DE NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

Estas tolerancias también se aplican a los valores nominales máximos de 120 y 180 mm.

Para que el concreto cumpla con el requisito de peso volumétrico en estado fresco o endurecido, su valor determinado deberá ser mayor de 2200 kg/m³ (22 kN/m³) para el concreto clase 1, y no menor de 1900 kg/m³ (19 kN/m³) para el concreto clase 2.

1.5.1.5 REQUISITOS Y CONTROL DEL CONCRETO ENDURECIDO

a) Resistencia a compresión

La calidad del concreto endurecido se verificará mediante pruebas de resistencia a compresión en cilindros elaborados, curados y probados de acuerdo con las normas NMX-C-160 y NMX-C-83, en un laboratorio acreditado por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Cuando la mezcla de concreto se diseñe para obtener la resistencia especificada a 14 días, las pruebas anteriores se efectuarán a esta edad; de lo contrario, las pruebas deberán efectuarse a los 28 días. Para verificar la resistencia a compresión de concreto de las mismas características y nivel de resistencia, se tomará como mínimo una muestra por cada día de colado, pero al menos una por cada 40 m³; sin embargo, si el concreto se emplea para el colado de columnas, se tomará por lo menos una muestra por cada 10 m³.

De cada muestra se elaborarán y ensayarán al menos dos cilindros; se entenderá por resistencia de una muestra el promedio de las resistencias de los cilindros que se elaboren de ella.

Cuando el concreto no cumpla con el requisito de resistencia, el Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, tomará las medidas conducentes a garantizar la seguridad de la estructura. Estas medidas estarán basadas principalmente en el buen criterio de los responsables mencionados; como factores de juicio que deben considerarse, entre otros, el tipo de elemento en que no se alcanzó el nivel de resistencia especificado, el monto del déficit de resistencia y el número de muestras o grupos de ellas que no cumplieron. En ocasiones debe revisarse el proyecto estructural a fin de considerar la posibilidad de que la resistencia que se obtuvo sea suficiente.

Si subsiste la duda sobre la seguridad de la estructura se podrán extraer y ensayar corazones, de acuerdo con la norma NMX-C-169-ONNCCE, del concreto en la zona representada por los cilindros que no cumplieron. Se probarán tres corazones por cada incumplimiento con la calidad especificada. La humedad de los corazones al probarse debe ser representativa de la que tenga la estructura en condiciones de servicio.

b) Módulo de elasticidad

El concreto debe cumplir con el requisito de módulo de elasticidad especificado a continuación. (Debe cumplirse tanto el requisito relativo a una muestra cualquiera, como el que se refiere a los conjuntos de dos muestras consecutivas). Para la verificación anterior se tomará una muestra por cada 100 metros cúbicos, o fracción, de concreto, pero no menos de dos en una cierta obra. De cada muestra se fabricarán y ensayarán al menos tres especímenes. Se considerará como módulo de elasticidad de una muestra, el promedio de los módulos de los tres especímenes elaborados con ella. El módulo de elasticidad se determinará según la norma NMXC-128.

	Módulo de elasticidad a 28 días de edad. kg/cm² (MPa), mínimo.	
	Clase 1	Clase 2
Una muestra cualquiera.	12500√f _c (3900√f _c)	13400√f _c (4200√f _c)
Además, promedio de todos los conjuntos de dos muestras consecutivas	7000√f _c (2200√f _c)	7400√f _c (2300√f _c)

Tabla 4. Requisitos para el módulo de elasticidad.⁴

⁴ *Tabla obtenida del libro:* PROPUESTA DE NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

El Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, no estará obligado a exigir la verificación del módulo de elasticidad; sin embargo, si a su criterio las condiciones de la obra lo justifican, podrá requerir su verificación, o la garantía escrita del fabricante de que el concreto cumple con él. En dado caso, la verificación se realizará en un laboratorio acreditado por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Cuando el concreto no cumpla con el requisito mencionado, el responsable de la obra evaluará las consecuencias de la falta de cumplimiento y determinará las medidas que deberán tomarse. Si el concreto se compra ya elaborado, en el contrato de compraventa se establecerán, de común acuerdo entre el fabricante y el consumidor, las responsabilidades del fabricante por incumplimiento del requisito antedicho.

1.5.1.6 TRANSPORTE.

Los métodos que se empleen para transportar el concreto serán tales que eviten la segregación o pérdida de sus ingredientes.

1.5.1.7 COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN.

Antes de efectuar un colado deben limpiarse los elementos de transporte y el lugar donde se va a depositar el concreto. Los procedimientos de colocación y compactación serán tales que aseguren una densidad uniforme del concreto y eviten la formación de huecos. El lugar en el que se colocará el concreto deberá cumplir con lo siguiente:

- a) Estar libre de material suelto como partículas de roca, polvo, clavos, tornillos, tuercas, basura, etc.;
- b) Los moldes que recibirán al concreto deben estar firmemente sujetos;
- c) Las superficies de mampostería que vayan a estar en contacto con el concreto deberán humedecerse previamente al colado;
- d) El acero de refuerzo deberá estar completamente limpio y adecuadamente colocado y sujeto; y
- e) No deberá existir agua en el lugar del colado, a menos que se hayan tomado las medidas necesarias para colar concreto en agua.
- f) De ninguna manera se permitirá la colocación de concreto contaminado con materia orgánica.
- g) El concreto se vaciará en la zona del molde donde vaya a quedar en definitiva y se compactará con picado, vibrado o apisonado.
- h) No se permitirá trasladar el concreto mediante el vibrado.

1.5.1.8 TEMPERATURA

Cuando la temperatura ambiente durante el colado o poco después sea inferior a 5 °C (278 °K), se tomarán las precauciones especiales tendientes a contrarrestar el descenso en resistencia y el retardo en endurecimiento, y se verificará que estas características no hayan sido desfavorablemente afectadas.

1.5.1.9 MORTEROS APLICADOS NEUMÁTICAMENTE

El mortero aplicado neumáticamente satisfará los requisitos de compacidad, resistencia y demás propiedades que especifique el proyecto. Se aplicará perpendicularmente a la superficie en cuestión, la cual deberá estar limpia y húmeda.

1.5.1.10 CURADO

El concreto debe mantenerse en un ambiente húmedo por lo menos durante siete días en el caso de cemento ordinario y tres días si se empleó cemento de alta resistencia inicial. Estos lapsos se aumentarán si la temperatura desciende a menos de 5 °C (278 °K).

Para acelerar la adquisición de resistencia y reducir el tiempo de curado, puede usarse el curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad, o algún otro proceso que sea aceptado. El proceso de curado que se aplique debe producir concreto cuya durabilidad sea por lo menos equivalente a la obtenida con curado en ambiente húmedo prescrito.

1.5.1.11 JUNTAS DE COLADO

Las juntas de colado se ejecutarán en los lugares y con la forma que indiquen los planos estructurales. Antes de iniciar un colado las superficies de contacto se limpiarán y saturarán con agua. Se tomará especial cuidado en todas las juntas de columnas y muros en lo que respecta a su limpieza y a la remoción de material suelto o poco compacto.

1.5.1.12 TUBERÍAS Y DUCTOS INCLUIDOS EN EL CONCRETO

Se permitirá la inclusión de tuberías y ductos en los elementos de concreto, siempre y cuando se prevean en el diseño estructural, sean de material no perjudicial para el concreto y sean aprobados por el Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra cuando no se requiera Corresponsable. No se permitirá la inclusión de tuberías y ductos de aluminio en elementos de concreto, a menos que se tengan cubiertas o protecciones especiales para evitar la reacción aluminio–concreto y la reacción electrolytica entre aluminio y acero de refuerzo. No se permitirá la inclusión de tuberías y ductos longitudinales en columnas y en elementos de refuerzo en los extremos de muros.

Las tuberías y los ductos incluidos en los elementos no deberán afectar significativamente la resistencia de dichos elementos ni de la construcción en general. Asimismo, no deberán impedir que el concreto penetre, sin segregarse, en todos los intersticios.

Excepto cuando se haya establecido en los planos o haya sido aprobado por el Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra cuando no se requiera Corresponsable, las tuberías y los ductos incluidos en losas, muros y traveses de concreto deberán cumplir con lo siguiente:

- a) El diámetro exterior no será mayor que $1/3$ del espesor de la losa o del ancho del muro y de la trabe;
- b) Estarán colocados con una separación, medida centro a centro, mayor que 3 veces el diámetro de los ductos; y
- c) No deberán afectar significativamente la resistencia estructural de los elementos de concreto.

Las tuberías y los ductos deberán diseñarse para resistir los efectos del concreto, la presión y la temperatura a la que estarán expuestos al quedar incluidos en el concreto. Las tuberías no deberán contener líquidos, gas, vapor ni agua a altas temperaturas ni a altas presiones, hasta que el concreto haya alcanzado completamente la resistencia de diseño.

En losas, las tuberías y los ductos deberán quedar incluidos entre el acero de refuerzo inferior y superior, a menos que sean para captar agua o materiales exteriores.

El recubrimiento mínimo para tuberías y ductos no será menor que 40 mm para elementos expuestos a la intemperie o en contacto con el terreno, ni menor que 20 mm para elementos no expuestos a la intemperie y que no están en contacto con el terreno.

Las tuberías y ductos deberán construirse y colocarse de tal manera que no se requiera cortar, doblar, ni mover de su posición original el acero de refuerzo.

II. CONCRETO PERMEABLE

2.1 DEFINICIÓN

El concreto permeable es una mezcla compuesta de agregados pétreos, agua, cemento y aglutinantes químicos; que forma un producto moldeable, fácil de colocar, permite el filtrado del agua a través de ella y de gran resistencia a la compresión y flexión. Después de unas horas se solidifica, es capaz de ser moldeado para usarse en pisos, pavimentos y muros (debido a su aislamiento térmico) como se muestra en la figura 2.1.



Fig. 2.1. Bloque de concreto permeable

Este tipo de concreto comúnmente fabricado sin arena (finos), la cual se puede sustituir por aditivos como polímeros, negro de sílice o adiciones de tiras de plástico, que aumentan la resistencia al fraguar. La mezcla está constituida por cemento, agua, y agregado grueso cuyo tamaño máximo está entre 1 y 2 cm. De esta manera, los vacíos que deberían ser llenados por la arena quedan uniformemente distribuidos aligerando el material.

La pasta de cemento, no debe sustituir un relleno, sino la liga entre los puntos de contacto de las partículas de agregado. Su resistencia es media y la contracción por secado es baja, su aspecto es poroso, pero logra una superficie muy plana y muy cómoda para transitar en ella (figura 2.2 y 2.3).



Fig. 2.2 En esta fotografía se observa la porosidad del concreto



Fig. 2.3 Aquí se observa una superficie plana, cómoda para transitar.

2.2 ANTECEDENTES

Durante siglos, la obtención de agua potable para abastecer las demandas de Ciudad de México ha representado el mayor reto para ingenieros, arquitectos y urbanistas; no se digan los problemas de inundaciones, que también han obligado a una fuerte inversión de recursos materiales y humanos desde su fundación hace seis siglos.

En esta zona se extrae el agua potable del subsuelo o se transporta desde lejanos ríos, lagos o presas, pero poco se hace para la recuperación de las aguas pluviales y su aprovechamiento, pues el vital líquido se lanza al drenaje profundo, donde se contamina.

Como es de todos conocido, existe un grave problema de agotamiento de los mantos acuíferos en muchas ciudades.

De los mantos acuíferos profundos se toma un gran porcentaje del agua potable que consumimos los humanos.

El agua siempre ha convivido con el concreto, bien sea en proceso de fabricación o en el desarrollo de sus funciones. Uno de los fenómenos que produce precisamente el agua, es el motivo de su estudio; al caer sobre el pavimento rígido y no ser drenada, el agua produce una película que genera un fenómeno de hidroplaneo que termina afectando la maniobrabilidad del vehículo.

Para tal efecto se propuso el diseño de concretos permeables, a través de la eliminación o el poco uso de de los finos en su mezcla.

En México, los casos de la Ciudad de México y Guadalajara, esta extracción equivale al 75%.

Este círculo de consumo incontrolado de agua y el cierre de las vías de recargas naturales pueden originar en un plazo muy corto de tiempo un problema de magnitud inimaginable al no poder suministrar agua a la gente. Por esto la necesidad de un pavimento permeable existe.

Ésta es la paradoja vivida en la metrópolis mas grande del planeta, y los esfuerzos para disminuir ambas dificultades al parecer podrían resolverse en gran medida con la aparición de un nuevo material, que sus creadores: el Ingeniero Jaime Grau Genesías y los arquitectos German Guevara Nieto y Néstor De Buen Nieto; llaman concreto permeable, hecho a base de granzón, cemento, agua y un aditivo líquido.

2.3 IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCIÓN

El concreto permeable es el primer concreto sin finos, 100% permeable, ecológico y de alta resistencia, desarrollada para usarlo en la construcción de pavimentos y pisos de todo tipo con el objeto de que estos sean permeables, que no se deformen y que permitan que el agua de lluvia se filtre libremente al subsuelo y, además de ser un sistema constructivo sencillo, ayudando así a la recarga de los mantos acuíferos de las ciudades.

Dadas las características elimina los charcos mejorando el tránsito de las calles con la consecuente reducción de contaminantes de la atmósfera; en los conjuntos habitacionales permiten redensificar los predios; porque las calles, andadores y estacionamientos permeables, cumplen con los requisitos de permeabilidad y de impacto ambiental que actualmente requieren la mayoría de los gobiernos para la actualización de las licencias de construcción. Esto permite incrementar las áreas vendibles. Además reduce los sistemas de recolección de agua pluvial abaratando costos que incrementan el precio de las viviendas (figura 2.4; a, b, c, y d).



Fig. 2.4 a) se observa un estacionamiento, en un conjunto habitacional



Fig. 2.4. b) una calle transitada, eliminando los charcos.



Fig. 2.4. c) andador.



Fig. 2.4. d) patio de un jardín de una casa. Fueron construidos con concreto permeable.

A continuación se describen algunas características de este concreto:

- a) En las vialidades y estacionamientos también se puede reducir e incluso eliminar los drenajes pluviales con el consecuente ahorro en los gastos de urbanización.
- b) En las vialidades de alta velocidad se evita el acuaplaneo.
- c) Canalizar las aguas pluviales hacia el subsuelo o tanques de almacenamiento reduce sustancialmente el paso del agua a los drenajes, eliminando los problemas provocados por la saturación de estos.
- d) Una parte de las aguas pluviales permanecerá dentro de los pisos.
- e) No requiere de la mano de obra especializada, ni maquinaria sofisticada de instalación.
- f) La superficie es antiderrapante, pero no plana y menos ruidosa.
- g) Adquiere sus características de resistencia en 72 horas.
- h) Se puede hacer en varios colores y distintos tipos de piedra.
- i) Su uso disminuye la inversión en drenajes hasta un 40% para aguas pluviales.
- j) Es un producto no contaminante que ayuda a mejorar la ecología en ciudades.
- k) Es un producto limpio en su aplicación ya que no se deja cascajo ni basura en la obra.

El concreto permeable se usa en estructuras hidráulicas como medio de drenaje, y en áreas de estacionamiento, pavimentos y pistas de despegue para reducir el escurrimiento de agua pluvial.

El concreto permeable también se utiliza en la construcción de edificios (principalmente en muros) debido a sus propiedades de aislamiento térmico.

2.4 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO PERMEABLE

2.4.1 PROPIEDADES FÍSICAS

A continuación se describen algunas propiedades físicas del concreto permeable:

1. Viscosidad: es una medida de su resistencia a fluir, como resultado de la interacción y cohesión de sus moléculas. Para este caso la viscosidad varía de 1500 a 2000 lb*seg/ft².
2. Densidad: representa la masa de fluido contenida en la unidad de volumen y varía de 1,5 a 1,6 kg/m³.
3. Proporción de Mezclado: 4 a 5% en volumen de aditivo sobre peso de cemento por mezclar.
4. Peso volumétrico: es igual a la masa del concreto, inversamente proporcional al volumen de éste; asimismo varía dependiendo de la cantidad y densidad del agregado, la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento, varía de: 1,600 a 1,800 kg/m³.

2.4.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

1. COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA: el coeficiente de expansión térmica del concreto permeable está alrededor de 0.6 a 0.8 del que se presenta en el concreto normal, pero el verdadero valor del coeficiente de expansión térmica depende del tipo de agregado.
2. COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: el coeficiente de conductividad térmica del concreto permeable está entre 0.69 y 0.94 l/m²s °C/m, cuando se emplea agregado de peso normal, pero solo es alrededor de 0.22 J/m²s °C/m, con agregado de peso ligero.

2.4.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

1. **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** es una propiedad que se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto; para el concreto permeable esta resistencia varía de: 108 a 300 kg/cm² a los 28 días.
2. **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:** capacidad de los sólidos de resistir a la flexión; principalmente se usa en el diseño de pavimentos, para este caso está en el rango de: 30 a 60 kg/cm².
3. **PERMEABILIDAD:** es una propiedad que permite el paso de fluidos y gases; para este tema el fluido será el agua. Para el concreto permeable el paso del agua sobre él es del 100 %.
4. **MÓDULO DE ELASTICIDAD:** es la relación del esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como el módulo de Young y módulo de Young por elasticidad, designado por un símbolo E. Varía con la resistencia; por ejemplo un módulo de resistencia de 10 GPa, se halló a una resistencia de 51.1 [kg/cm²] (5 MPa).
5. **FRAGUADO:** grado en el cual el concreto fresco perdió su plasticidad y se endurece.
6. **ENDURECIDO:** es el proceso mediante el cual la pasta del cemento hidráulico, mortero, grout, revoque o concretos frescos, desarrolla una rigidez en él.
7. **ABSORCIÓN:** es el proceso mediante el cual un líquido (agua) se absorbe y tiende a llenar los poros, este caso es de 20.5 %.
8. **APTITUD DE ACABADO:** operaciones mecánicas tales como nivelación, consolidación, emparejado, aislado, texturizado, que establecen la apariencia final de cualquier concreto.

2.5 NORMATIVIDAD Y PRUEBAS PARA VERIFICAR LA CALIDAD DEL CONCRETO

1. CEMENTO.

El contenido de cemento generalmente usado hasta la fecha para este tipo, está en un rango de 308.54 a 373.80 kg/m³ (520 a 630 libras por yardas cúbica), pero generalmente para aplicaciones es de 356 kg/m³ (600 libras por yarda cúbica).

2. AGREGADO.

El departamento de Transporte de Georgia utiliza el agregado grueso No. 8 (3/8” a No. 16), agregado grueso del No. 89 (3/8” a No. 50). Si se utiliza otra graduación o tamaño del agregado éstos deben de someterse a los datos del material propuesto para su aprobación.

El volumen del agregado por yarda cúbica será igual a 0.765 m³(27 ft³) cuando está calculado en función del peso unitario. El agregado fino, si se utiliza, no debe exceder 0.085 m³ (3ft³) y no deberá incluirse en el volumen del agregado total.

3. INCLUSORES DE AIRE.

Se conformará, de acuerdo con la norma ASTM 260 (especificaciones para los aditivos inclusores de aire).

4. ADITIVOS.

Tipo A Reductor de agua (especificaciones para los aditivos químicos para concreto).

Tipo B Retardante de fraguado (especificaciones para los aditivos químicos para concreto).

Tipo C Reductores/Retardantes de fraguado.

También se puede utilizar para la hidratación; se recomienda en el diseño y en la producción del concreto permeable. Este estabilizador suspende la hidratación del cemento formando una barrera protectora alrededor de las partículas del cemento, retrasando el fraguado inicial que alcanzan las partículas. La función primaria de los aditivos es de estabilizar la hidratación; sin embargo, debe también resolver los requisitos para retardantes/reductores de agua.

5. AGUA.

El agua será potable o se conformará con las especificaciones estándares.

El agua de la mezcla será tal que la pasta cementante exhiba un brillo metálico mojado sin hacer la pasta fluir (si el agua de la mezcla, da a la pasta cementante un aspecto opaco, significa que el agua es escasa para la hidratación)

6. RELACIÓN AGUA–CEMENTO (W/C).

La relación agua cemento como tal no es el principal factor de control, las características de la mezcla, sin embargo hay una relación agua cemento óptimo para cualquier agregado dado. Es bastante difícil predecir la relación agua cemento óptima especialmente porque es afectada por la absorción del agregado, pero como regla general el contenido de la mezcla se puede tomar como 80 kg/m³ de concreto. La relación agua cemento dependerá entonces del contenido necesario de cemento para un recubrimiento suficiente del agregado; habitualmente la relación agua cemento está entre 0.34 a 0.52.

7. RELACIÓN AGUA AGREGADO.

La relación agua – agregado debe estar entre 4:1 a 4.5:1 Tanto la relación agua-cemento deben satisfacer las características de permeabilidad, capacidad de carga y durabilidad.

8. PESO UNITARIO.

El peso unitario del concreto permeable, estará en el rango de 1682 kg/m³, con un porcentaje de vacíos de 15 a 25%. La alta permeabilidad resultante para el núcleo del concreto tiene un peso menos al teórico.

9. GRAVEDAD ESPECÍFICA.

La gravedad específica de la roca caliza debe estar en un rango aproximado de 1.68 a 1.9, dependiendo del tipo de agregado. Para las proporciones dadas que utilizan los cementos hidráulicos, el funcionamiento del concreto permeable es inversamente proporcional a sus vacíos.

Un mayor grado de compactación aumentará la dosificación de los agregados con una disminución en el contenido vacío de los poros.

A menos de que un grado similar de compactación se obtenga en el concreto, sobre el terreno y en las pruebas correspondientes de resistencia en los especímenes de resistencia del concreto permeable. Algunas relaciones se han establecido empíricamente entre los métodos específicos de colocación y los niveles de compactación y los niveles de compactación de los especímenes de prueba.

El peso unitario de la mezcla permeable es aproximadamente del 70% con respecto a un concreto normal, se deberá realizar mínimo una prueba por día de colocación, la cual verificará que el varillado en el peso del material sea el indicado, por lo que se seguirá la norma ASTM C 172 Y ASTM C 29.

III. DISEÑO Y ELABORACIÓN **DE LOS CONCRETOS** **RÍGIDOS Y PERMEABLES.**

3.1 CRITERIOS DE DISEÑO.

Antes de que se pueda determinar las proporciones de la mezcla, se seleccionan sus características considerando el uso que se propone dar el concreto, las condiciones de exposición, tamaño y forma de los elementos y las propiedades físicas del concreto.

El proceso de determinación de las características requeridas del concreto y de que se pueden especificar se llama diseño de mezcla. Las propiedades pueden incluir: propiedades del concreto fresco, propiedades mecánicas del concreto endurecido y la inclusión, exclusión de límites de ingredientes específicos.

La dosificación de la mezcla se refiere al proceso de determinación de las cantidades de los ingredientes del concreto, usando materiales locales, para que se logren las características especificadas. Un concreto adecuadamente proporcionado debe presentar las siguientes cualidades:

- Trabajabilidad aceptable del concreto fresco.
- Durabilidad, resistencia y apariencia uniforme del concreto endurecido.
- Economía.

3.1.1 CONCRETO RÍGIDO.

Antes de elaborar la mezcla a emplear, se debe tomar en cuenta sus características considerando el uso que se propone dar al concreto; las condiciones de exposición, tamaño y forma de los elementos y de las propiedades físicas del concreto (resistencia a la congelación y resistencia mecánica) requeridas para la estructura.

Después de que se hayan elegido las características, se puede dosificar a partir de datos de campo o laboratorio. Como la mayoría de las propiedades deseadas en el concreto endurecido dependen principalmente de la calidad de la pasta cementante, la primera etapa para la dosificación del concreto, es la elección de la relación agua-cementante apropiada para la resistencia y durabilidad necesarias.

3.1.1.1 RELACIÓN ENTRE RESISTENCIA Y RELACIÓN AGUA-MATERIAL CEMENTANTE.

La resistencia (compresión o flexión) es el indicador de la calidad del concreto más universalmente utilizado; cuando se considera la vida útil de la estructura, es importante considerar las propiedades tales como: durabilidad, permeabilidad y resistencia al desgaste.

Dentro del rango normal de resistencias usadas en la construcción del concreto, la resistencia es inversamente proporcional a la relación agua-cemento o agua material cementante (ligante). Para materiales totalmente compactados, producidos por agregados sanos y limpios, se gobierna por la cantidad de agua de mezcla usada por cantidad de cemento o material cementante.

La resistencia de la pasta cementante en el concreto depende de la calidad y cantidad de componentes reactivos en la pasta y de su grado de hidratación. El concreto se vuelve más resistente con el tiempo, siempre que la temperatura y la humedad disponibles sean las adecuadas.

La diferencia en la resistencia del concreto para una dada relación agua-cemento puede resultar de:

- Cambios de tamaño, granulometría, textura superficial, forma resistencia y rigidez del agregado.
- Diferencias en los tipos y fuentes del material cementante.
- Contenido de aire incluido.
- La presencia de aditivos.
- Duración del curado.

A) RESISTENCIA

La resistencia a la compresión especificada, f'_c a los 28 días, es la resistencia que el promedio de cualquier conjunto de tres ensayos consecutivos de resistencia debe lograr y superar.

El ACI 318 requiere que el f'_c sea, por lo menos de 180 kg/cm² o 17.5 MPa. Ninguna prueba individual (promedio de dos cilindros) puede tener resistencia de 36 kg/cm² o 3.5 MPa, inferior a la resistencia especificada.

Los especímenes (probetas) se deben curar bajo las condiciones de laboratorio para una determinada clase de concreto (ACI 318). Algunas especificaciones permiten rangos alternativos.

El promedio de resistencia debe ser igual a la resistencia especificada más una tolerancia que lleva en consideración las variaciones de los materiales, de los métodos de mezclado, del transporte y colocación del concreto y variaciones en la producción, curado y ensayos de probetas cilíndricas de concreto. La resistencia media, que es mayor que f'_c , se llama f'_{cr} y es la resistencia requerida en el diseño de la mezcla. Los requisitos para f'_{cr} se describen a continuación en la tabla 3.1.1 y 3.1.2.

B) RELACIÓN AGUA-MATERIAL CEMENTANTE

La relación agua-material cementante, es simplemente el agua dividida por la masa del material cementante (cemento portland, cemento adicionado, ceniza volante, escoria, humo de sílice y puzolanas naturales). La relación agua-material cementante elegida para un diseño de mezcla debe ser el menor valor necesario para resistir las condiciones. El las tablas 3.1.1 y 3.1.2 se muestran los requisitos para varias condiciones de exposición.

Cuando la durabilidad no es un factor que gobierne, la elección de la relación agua-material cementante se debe basar en los requisitos de resistencia a compresión. En estos casos, la relación agua-material cementante y las proporciones de la mezcla para la resistencia requerida se debe basar en datos de campo adecuados o mezclas de prueba que empleen los materiales de la obra, a fin de que se determine la relación agua-material cementante. Cuando no se disponga de estos datos se puede utilizar la figura 3.1 y la tabla 3.1.3.

Condición de exposición	Relación agua-material cementante máxima por masa de concreto	Resistencia a compresión de diseño mínima f'_c , kg/cm ²
Concreto protegido de la exposición a congelación-deshielo, de la aplicación de sales de deshielo o de sustancias agresivas.	Elija la relación agua-material cementante basándose en la resistencia, trabajabilidad y requisitos de acabado (terminación superficial)	Elija la resistencia basándose en los requisitos estructurales.
Concreto que se pretende que tenga baja permeabilidad cuando sea expuesto al agua.	0.50	280
Concreto expuesto a congelación-deshielo en la condición húmeda y a descongelantes	0.45	320
Para protección contra la corrosión del refuerzo del concreto expuesto a cloruro de sales descongelantes, agua salobre, agua del mar o rociado de estas fuentes.	0.40	350

TABLA 3.1.1 Relación agua-material cementante máxima y resistencia de diseño mínima para varias condiciones de exposición.

Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO ₄) presentes en el suelo, porcentajes en masa**	Sulfatos (SO ₄) en el agua, ppm**	Tipo de cemento***	Relación agua-material cementante, máxima en masa	Resistencia a compresión de diseño mínima, f _c kg/cm ²
Insignificante	Menor que 0.10	Menor que 150	Ningún tipo especial necesario	-----	-----
Moderada****	0.10 a 0.20	150 a 1500	Cemento de moderada resistencia a sulfatos	0.50	280
Severa	0.20 a 2.00	1500 a 10000	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.45	320
Muy severa	Mayor que 2.00	Mayor que 10000	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.40	360

TABLA 3.1.2 Requisitos para el concreto expuesto a los sulfatos del suelo y del agua*.

* Adaptada del ACI 318 (2002).

** Ensayados de acuerdo con el método de determinación de la cantidad de sulfatos solubles en sólido (suelo y rocas) muestras de agua. Departamento de Recursos Hídricos Norteamericano (U.S. Bureau of Reclamation), Denver, 1977.

*** Cementos ASTM C 150 (AASHTO M 85) TIPOS II y V, ASTM C 1157 tipos MS y HS, ASTM C 595 (AASHTO M 240) tipos I (SM), IS, P, IP. Las puzolanas y escorias que, a través de ensayos o registros de servicios, se mostraron eficientes en la mejoría de la resistencia a los sulfatos también se pueden usar.

**** Agua del mar.

Resistencia a Compresión A los 28 días, Kg/cm ²	Relación agua-material Cementante en masa	
	Concreto sin Aire incluido	Concreto con Aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

TABLA 3.1.3 Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a compresión del concreto.

La resistencia se basa en cilindros sometidos al curado húmedo durante 28 días, de acuerdo con la ASTM C 31 (AASHTO T 23). La dependencia asume el agregado con un tamaño máximo nominal de 19 a 25 mm.

Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 211.3

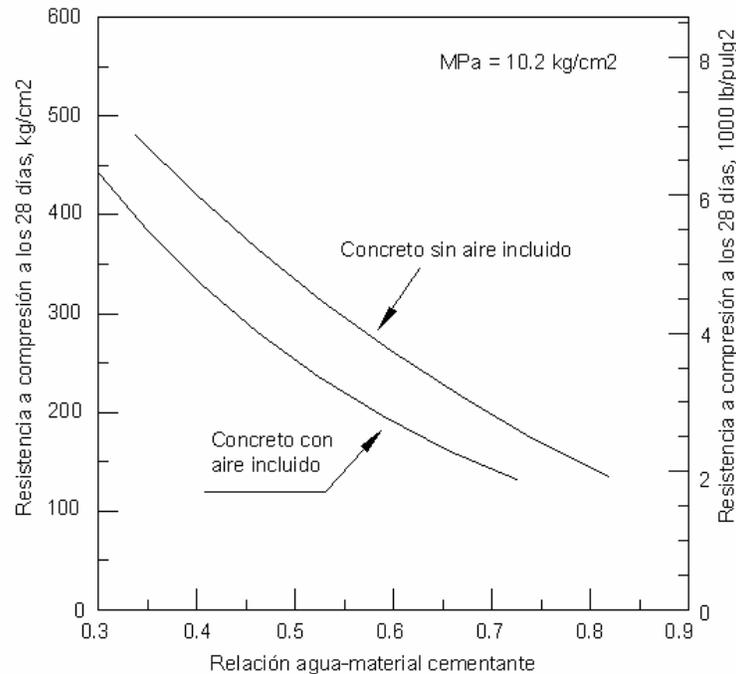


Fig. 3.1 Relación aproximada entre resistencia a compresión y la relación agua-material cementante para el concreto con agregado grueso de tamaño máximo nominal de 19 mm a 25 mm (3/4 a 1 pulg.). la resistencia se basa en cilindros curados durante 28 días en ambiente húmedo, de acuerdo a la ASTM C 33 (AASHTO T 23).

C) AGREGADOS

Dos de las características de los agregados tienen una influencia importante en el proporcionamiento (dosificación) de las mezclas de concreto porque afectan la trabajabilidad del concreto fresco:

- Granulometría (tamaño y distribución de las partículas).
- Naturaleza de las partículas (forma, porosidad, textura superficial)

La granulometría es importante para que se logre una mezcla económica, pues afecta la cantidad de concreto que se puede producir para una dada cantidad de material cementante y agua.

Los agregados gruesos deben tener el mayor tamaño máximo posible para las condiciones de la obra. El tamaño máximo que se puede usar depende de factores tales como la forma del elemento de concreto que se va a fundir, la cantidad y distribución de acero de refuerzo y en el elemento y espesor de losa.

La granulometría también influye en la trabajabilidad y la facilidad y colocación del concreto. Algunas veces hay carencia del agregado de tamaño mediano, cerca de 9.5 mm (3/8 “), en el suministro del agregado. Esto puede resultar en un concreto con alta contracción, demanda elevada de agua y baja trabajabilidad; su durabilidad también puede afectar.

El tamaño máximo del agregado grueso no debe exceder un quinto de la menor dimensión entre los lados de las cimbras, ni tampoco tres cuartos la distancia libre entre las varillas o cables de refuerzo individual, paquetes de varillas o tendones o ductos de preesfuerzo (pretensado, preesforzado, precomprimido).

La cantidad de agua de mezcla necesaria para producir un volumen unitario de concreto para un dado revenimiento (asentamiento), depende de la forma del tamaño máximo y cantidad del agregado grueso. Los tamaños mayores minimizan los requisitos de agua y, por lo tanto permiten la disminución del contenido de cemento. Un agregado redondeado requiere menos agua de mezcla que un agregado triturado, con concretos con el mismo revenimiento.

El tamaño máximo del agregado grueso que producirá el concreto con la mayor resistencia, para un dado contenido de cemento, depende de la fuente del agregado, así como de su forma y granulometría.

El concreto de alta resistencia (mayor que 700 kg/cm^2 o 70 MPa), el tamaño máximo es de 19 mm (3/4”). Las resistencias también se pueden lograr con el empleo de piedra triturada en vez de grava redondeada.

La granulometría más deseada para el agregado fino dependerá del tipo de obra, del contenido de la pasta de la mezcla y el tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, se desea una granulometría fina, para lograr una buena trabajabilidad. En mezclas más ricas se usa una granulometría más gruesa para aumentar la economía.

Los agregados naturales para concreto son una mezcla de rocas y minerales, como se muestra en la siguiente tabla.

Minerales	Rocas Ígneas	Rocas Sedimentarias	Rocas Metamórficas
Silice	Granito	Conglomerado	Mármol
Cuarzo	Sienita	Arenisca	Metacuarcita
Ópalo	Diorita	Cuarsita	Pizarra
Calcedonia	Grabo	Grauvaca	Filita
Tridimita	Periodita	Subgruava (molasa)	Esquisto
Cristobalita	Pegmatita	Arcosa	Anfibolita
Silicatos	Vidrio Volcánico	Piedra arcillosa	Hornfels (roca córnea)
Feldespato	Obsidiana	Limonita	Gneis
Ferromagnesiano	Piedra pómez	Argilita	Serpentinita
Hornblenda	Pumita	Esquisto	
Augita	Tufa	Carbonatos	
Arcilla	Cagafierro	Caliza	
Litas	Perlita	Dolomita	
Caolines	Vidrio Volcánico	Marga	
Cloritas	Felsita	Greda (creta)	
Montmorinolita	Basalto	Chert	
Mica			
Ceolita			
Carbonato			
Calcita			
Dolomita			
Sulfato			
Yeso			
Anhidrita			
Sulfuro de Hierro			
Pirita			
Marcasita			
Pirolita			
Óxido de Hierro			
Magnetita			
Hematina			
Ilmenita			
limonita			

El volumen de agregado grueso se puede determinar a través de la tabla 3.1.4. Estos volúmenes se basan en agregados en la condición varillados (compactados) en seco, conforme se describen en ASTM C 29 (AASHTO T 19), COVENIN 0263, IRAM 1548, NMX-C-073, NTC 92, NPT 400.017 y UNIT-NM 45. Se eligen a través de relaciones empíricas a fin de que se produzca un concreto con un grado de trabajabilidad adecuado para la construcción de concreto reforzado en general.

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino*.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.0 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 ½)	0.75	0.73	0.71	0.69
50.0 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75.0 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

TABLA 3.1.4 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

La importancia del uso del tipo y calidad correctos del agregado (árido) no se puede subestimar. Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen importantemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en la proporción de la mezcla y la economía del concreto.

Los agregados finos (figura 3.2) generalmente consisten en arena natural o roca triturada (partida, machacada, padrejón arena de trituración) con la mayoría de sus partículas menores que 5 mm (0.2 pulg.). Los agregados gruesos (figura 3.3), consisten en una o en la combinación de gravas o rocas trituradas con partículas predominantemente mayores que 5 mm (0.2 pulg.) y generalmente entre 9.5 mm y 37.5 mm (3/8 y 1 ½ pulg.). Algunos depósitos naturales de agregado, llamados de gravas de mina, consisten en grava y arena que pueden ser inmediatamente usados en el concreto, después de un proceso mínimo.

Los agregados frecuentemente se lavan y se gradúan en la mina o en la planta. Se puede esperar alguna variación en el tipo, calidad, limpieza, granulometría, contenido de humedad y otras propiedades.



Fig. 3.2 Agregado fino (arena)



Fig. 3.3 Agregado grueso grava redondeada (izquierda) y grava triturada (derecha)

El agua del mezclado deberá ser limpia y cumplir con los requisitos de la norma NMX-C 122. Si contiene sustancias en solución o en suspensión que la enturbien o le produzcan olor o sabor fuera de lo común, no deberá emplearse.

El agua de mezclado es probablemente el menos costoso de los ingredientes del concreto, sin embargo, es uno de los más importantes. La cantidad de agua utilizada nos va a determinar la resistencia última del concreto. Existe una relación directa entre la cantidad de agua y la calidad del concreto producido al incrementar la cantidad de agua se deteriora la calidad. Cualquier cantidad de agua adicional va a diluir la pasta de cemento, reduciendo la acción cementante de la pasta. Es necesario limitar la cantidad de agua para utilizar la mínima cantidad que permita un adecuado manejo y colocación del concreto.

Las funciones del agua en la mezcla de concreto son las siguientes: convierte al cemento y los agregados en una mezcla plástica la cual se puede trabajar, y reacciona químicamente para hidratar y endurecer la pasta hasta convertirla en un elemento duro y sólido.

Podrán usarse aditivos a solicitud expresa del usuario o propuesta del productor, en ambos casos con la autorización del Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director Responsable de Obra cuando no se requiera del Corresponsable. Los aditivos deberán cumplir con la norma NMX-f -255

Una resistencia especificada, f'_c , igual o mayor que 250 kg/cm^2 . La resistencia específica para los concretos clase 2 será inferior a 250 kg/cm^2 . En ambos casos deberá comprobarse que el nivel de resistencia del concreto estructural de toda construcción cumpla con la resistencia especificada. El Corresponsable en Seguridad Estructural o el Director Responsable de Obra. Cuando el trabajo no requiera de Corresponsable, podrá autorizar el uso de resistencias, f'_c , distintas de las antes mencionadas.

D) REVENIMIENTO

Siempre se debe producir el concreto para que tenga trabajabilidad, consistencia y plasticidad adecuadas con las condiciones de la obra. La trabajabilidad es la medida de la facilidad o la dificultad de colocación, consolidación y acabado del concreto (figura 3.4).

El ensayo de revenimiento se usa para medir la consistencia del concreto. Para una dada proporción de cemento y agregado, sin aditivos, cuanto mayor el revenimiento, más húmeda es la mezcla. El revenimiento es un indicador de trabajabilidad cuando se evalúan mezclas similares.



Fig. 3.4 El concreto fluye con buena trabajabilidad, en su colocación

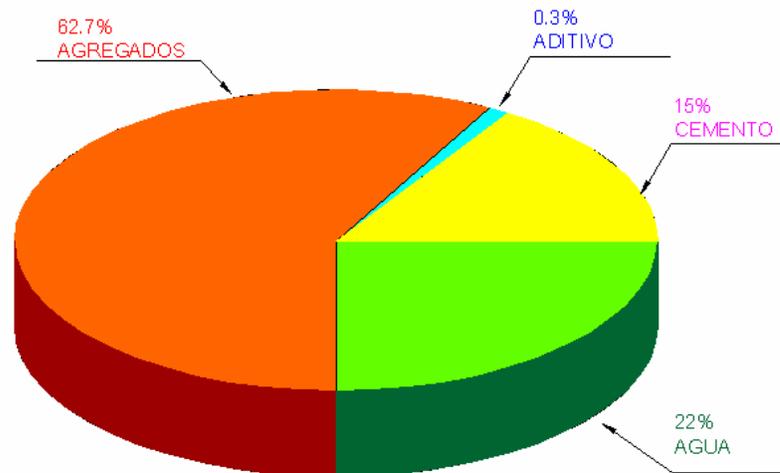
Son necesarios diferentes valores de revenimientos, para los varios tipos de construcción; generalmente se indica el revenimiento en la especificación de la obra como un rango, como de 50 a 100 mm (2 a 4 pulg.) como un valor máximo que no debe exceder. La ASTM C 94 e IRAM 1666 presentan en detalles el revenimiento, cuando no se especifica el revenimiento, un valor aproximado se puede elegir de la tabla 3.1.5.

Construcción de concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máximo*	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

TABLA 3.1.5 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción

* Se puede aumentar 25 mm (1 pulg.) para los métodos de consolidación manuales, tales como varillado o picado
Los plastificantes pueden proveer revenimientos mayores, adaptada del ACI 211.1

A continuación se muestran las proporciones en volumen de los materiales usados en el concreto.



Finalmente se puede concluir que para la elaboración de mezclas de concretos, los elementos básicos que constituyen la elaboración del concreto son: agregado grueso (grava), agregado fino (arena), cemento, agua, aditivo, aire y otros elementos adicionales.

Un buen sistema de diseño, debe ser capaz de orientar la selección de los materiales disponibles y la proporción en que deben intervenir en la mezcla, para obtener un concreto económico y que satisfaga los requisitos de un proyecto.

Para lo anterior se tiene que preguntar lo siguiente:

1. ¿Qué agregados están disponibles en forma económica?
2. ¿Qué propiedades debe tener el concreto?
3. ¿Cuál es el medio para proporcionar las características deseables en forma económica?

Cuando se desee diseñar y construir un concreto, debe pensar y satisfacer, por lo menos, cuatro requisitos:

1. Resistencia.
2. Revenimiento (consistencia o fluidez)
3. Tamaño máximo del agregado.
4. Rendimiento.

3.1.2 CONCRETO PERMEABLE.

Para obtener un buen diseño se debe cumplir con los objetivos de la dosificación los cuales son obtener un material que posea las siguientes características:

- Una granulometría apropiada que permita obtener una dimensión importante de los poros, facilitando la buena circulación de agua dentro del material. Esta granulometría se debe formar con la dimensión de los agregados más gruesos del concreto y la ausencia parcial de agregados medianos y finos.
- Una gran porosidad (contenido de vacíos) que permite el paso de agua dentro del material aproximadamente 15 a 20% de porosidad, que se alcanza generalmente limitando el contenido de mortero (cemento mas arena) del 20 al 30% en peso.
- Las características mecánicas deben ser del orden de aquellas de las gravas tratadas con ligantes hidráulicos, que generalmente permitan obtener resistencias a la compresión a los 28 días mínimos de 15 MPa, con la cual se resiste el desgaste por abrasión.
- Se debe tener una resistencia a los agentes agresivos contenidos en el agua, esto se obtiene asegurando la unión entre los agregados mediante un mortero compacto, contrariamente a los concretos porosos comunes donde esta unión, está constituida por cemento. Este resultado se obtiene introduciendo la mezcla una cantidad de arena entre 150 y 200 kg/m³, dependiendo del tipo de diseño que se desee obtener.
- Estudios incluyen las medidas de la penetración del agua bajo una fuerte lluvia simulada y la evaluación de la capacidad estructural de la superficie del pavimento. El rango concluido de la penetración del agua es de 1×10^{-4} m/s, mínimo para concretos drenantes.

La resistencia y permeabilidad obtenidas con un concreto poroso están determinadas por la mezcla que se va a utilizar. Las variables que afectan el comportamiento del concreto poroso son: granulometría, dosis de cemento, relación agua-cemento y contenido de vacíos.

La granulometría utilizada resulta fundamental en las propiedades que tendrá el concreto poroso. Se debe utilizar con ausencia casi total de finos, pues impermeabilizarían la mezcla; tener un tamaño de agregado bastante uniforme para obtener un porcentaje elevado de vacíos (del orden del 40%) y un tamaño máximo de árido de 10 mm, para permitir una adecuada terminación superficial.

Una mayor dosis de cemento generará un concreto más resistente, pero demasiado cemento disminuirá el porcentaje de vacíos interconectados en el concreto, perdiendo este su capacidad de infiltración. Es recomendable usar una dosis que este entre los 350 kg/m² y 400 kg/m², según los requisitos de permeabilidad y resistencia.

La dosis de agua utilizada tiene una gran repercusión en las propiedades de la mezcla. Una cantidad insuficiente de agua resultará una mezcla sin consistencia y con una baja resistencia. Una cantidad excesiva de agua, generará una pasta, que sellará los vacíos de la mezcla y que, además, lavará el cemento desde la superficie del agregado, produciendo una baja resistencia al desgaste superficial.

Actualmente, existe consenso sobre el hecho que la razón agua-cemento es en realidad una covariable, determinada por la cantidad y tipo de cemento y por la granulometría empleada. Se suele utilizar como criterio para determinar este valor, el encontrar la cantidad de agua con la cual la pasta adquiere un brillo metálico (FCPA, 1990). Generalmente, este valor está en el rango de 0,3 a 0.36.

Con un elevado contenido de vacíos, aumenta la permeabilidad y disminuye la resistencia. Este porcentaje de vacíos está determinado por la energía de compactación entregada, junto con las variables ya mencionadas. Para que una mezcla sea considerada porosa, debe tener como mínimo un 15% de huecos. Se recomienda además que este contenido no supere el 25% por la poca estabilidad de la mezcla.

3.1.2.1 DISEÑO HIDRÁULICO

Para determinar el espesor de diseño considerando las necesidades hidráulicas, es necesario analizar cuatro factores: la selección de una lluvia de diseño, considerando un período de retorno de 5 años si aguas abajo existe una red de drenaje bien desarrollada, ó 10 años si esta no existe; la tasa de infiltración del terreno, tomando el promedio de valores obtenidos en diferentes lugares representativos; el volumen de afluente acumulado, proporcional a la intensidad de la lluvia, su duración, el área que aporta y el coeficiente de escurrimiento de esta superficie y el volumen infiltrado en el terreno natural, proporcional al área del pavimento poroso, a la tasa de infiltración de la subrasante y al tiempo transcurrido.

El volumen de almacenamiento necesario se calcula entonces, como la máxima diferencia en el tiempo entre el volumen afluente y el volumen infiltrado. Si la tasa de infiltración del terreno es siempre menor que la intensidad de la lluvia, incluso que la de menor duración, entonces no se requiere un volumen de acumulación en la subbase. Bastará, para los requisitos hidráulicos, con la superficie de contacto entre el concreto y la subrasante. Si la tasa de infiltración del terreno es mayor que la intensidad de la lluvia, el espesor necesario de la subbase quedará determinado en función de la porosidad del material de la subbase, considerada generalmente como 0.3 para efectos de diseño (MINVU, 1996).

3.2 DOSIFICACIONES REQUERIDAS.

3.2.1 CONCRETO RÍGIDO

La dosificación es el proceso de medida, por masa o por volumen, de los ingredientes del concreto y su producción en la mezcladora. Para producir un concreto con calidad uniforme, los ingredientes se deben medir con precisión para cada revoltura (bachada, amasada, pastón). La mayoría de las especificaciones requiere que la dosificación sea por masa y no por volumen. El agua y los aditivos líquidos se pueden medir con precisión tanto por volumen como por masa.

Las especificaciones normalmente requieren que los materiales se midan para revolturas (bachada, pastón); individuales con la siguiente precisión: material cementante $\pm 1\%$, agregados $\pm 2\%$, agua $\pm 1\%$ y aditivos $\pm 3\%$.

Los equipos deben ser capaces de medir las cantidades con estas tolerancias para la menor cantidad de mezcla normalmente usada, así como las mezclas mayores. Se deben verificar periódicamente la precisión de las escalas y los equipos de mezclado y se deben hacer los ajustes, si es necesario.

Los aditivos químicos líquidos se deben adicionar a la mezcla en soluciones acuosas. El volumen del líquido, si es significativo, se debe sustraer de la cantidad de agua de la mezcla de la revoltura (bachada, pastón). Los aditivos que no se pueden adicionar a la mezcla en solución, se les puede dosificar por masa o por volumen, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se debe verificar los surtidores de aditivos frecuentemente, pues errores en su dosificación, principalmente en el caso de sobredosis, pueden crear problemas serios tanto en el concreto fresco como en el endurecido.

3.2.1.1 CONCRETO MEZCLADO EN DOSIFICACIÓN MÓVIL

Las mezcladoras móviles volumétricas son camiones especiales (figura 3.5) que dosifican por volumen y mezclan el concreto continuamente a medida que los ingredientes secos, el agua y los aditivos se van alimentando en la mezcladora a través de un sistema de barrena (mosano). El concreto debe cumplir con las especificaciones de las normas nacionales o de la ASTM C 685 (AASHTO M 241) y se le proporciona y se mezcla en obra en función de las cantidades necesarias. El concreto se ajusta fácilmente para las condiciones de colocación (puesta en obra, colado) del proyecto y de las condiciones del clima.



Fig. 3.5 Dosificadora móvil, la cual mide los materiales por volumen y mezcla continuamente, a medida que los ingredientes secos, agua y aditivos se alimentan dentro del tambor de mezclado en la parte trasera del vehículo.

A continuación se presenta la dosificación del concreto, en relación al material y la tolerancia de éste. Véase la tabla 3.2.1

Material	Tolerancia
Materiales cementantes	
30% de la capacidad de la báscula o mayor.	1% del peso acumulativo
Menos de 30% de la capacidad de la báscula.	0% a 4% del peso acumulativo requerido.
Agua	1% del contenido total de agua
Agua o hielo agregados	Incluye el agua agregada, hielo y el agua sobre los agregados 3% del contenido total de agua.
Contenido total de agua	
Agregados	
a) Dosificación acumulativa	
Más del 30% de la capacidad de la báscula	1% del peso acumulado requerido
30% de la capacidad de la báscula o menos	0.3% de la capacidad de la báscula o 3% del peso0 acumulado requerido, lo que sea menor.
b) Dosificación de materiales	
individuales	2% del peso requerido
Aditivos	3% de la cantidad requerida

TABLA 3.2.1

3.2.2 CONCRETO PERMEABLE

El concreto permeable se presenta bajo la forma de un sólido granular formado por áridos machacados de 20 o 40 mm de tamaño máximo y en los que se han omitido gránulos de determinados tamaños. Los gránulos se unen puntualmente mediante un mortero rico en cemento formado, generalmente, por una parte formado por cemento y una a dos de arena, dando lugar a que el conglomerado obtenido obtenga una porosidad superior al 5 por 100 (figura 3.6)

La dosificación de estos concretos, es del orden de 150 a 160 kg/m³. Los áridos empleados deben proceder de machaqueo teniendo granulometría discontinúa. La cantidad de arena suele oscilar entre 150 y 300 kg/m³ y la relación agua cemento entre 0.4 y 0.5. en zonas de heladas es conveniente emplear aditivos aireantes.

Un concreto con una dosificación, por metro cúbico, de 150 kg de cemento, 55 litros de agua, 1.3 kg de árido de 5/20 mm y 300 kg de arena, se ha conseguido un poder de evacuación de agua de 55 litros/seg/m², teniendo una densidad de 1.75 kg/dm³ y una resistencia a compresión de 28 días de 8.8 N/mm².

Realmente, el concreto permeable es un concreto tradicional en la que la proporción de mortero se ha reducido de forma notable y la granulometría y la forma de los áridos se ha cuidado mucho para buscar su principal característica de alta permeabilidad.

Para producir una mezcla de buena calidad, las proporciones deben ser correctamente ajustadas para la humedad de los agregados. El peso inicial de los materiales en la mezcladora debe tener una consecuencia tal que minimice los apelmazamientos (grumos, bolas) del material de la mezcla.

Los camiones revolvedores para ayudar a la descarga deberán tener más abiertas las aperturas o bien los canalones deberán ser lo más ancho posible dando un revenimiento de cero. Las unidades deberán descargar por la parte de atrás y en la parte de enfrente debe estar lo más elevado posible para ayudar a la descarga.



Fig. 3.6 concreto permeable, donde se aprecia su porosidad.

3.3 RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN.

3.3.1 CONCRETO RÍGIDO

La resistencia a la compresión, se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) a una edad de 28 días, se le designa con el símbolo $f'c$. Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas a especímenes de mortero o de concreto, a menos de que se especifique de otra manera, los ensayos a compresión de mortero se realizan sobre cubos de 5 cm. en tanto que los ensayos a compresión del concreto se efectúan sobre cilindros que miden 15 cm de diámetro y 30 cm de altura (figura 3.7).



Fig. 3.7 Ensayo a compresión de cilindro de concreto de 15 x 30 cm.

La resistencia del concreto a la compresión, es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de puentes, de edificios y otras estructuras. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 200 y $400 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Un concreto de alta resistencia tiene una resistencia a la compresión de cuando menos $700 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y $1400 \text{ kg}/\text{cm}^2$, se ha llegado a utilizar en aplicaciones de construcción, principalmente en puentes especiales y en edificios altos.

La correspondencia entre relación agua-cemento y resistencia a compresión, son valores típicos para concretos sin aire incluido. Cuando se requieren de valores más precisos, se deben desarrollar gráficos para materiales y proporciones de mezcla específicos para que sean usados en la obra.

La resistencia a la flexión del concreto, se utiliza generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre el terreno. La resistencia a la compresión se puede utilizar como índice de la resistencia a la flexión, una vez que entre ellas se ha establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión. La resistencia a la flexión, también llamada módulo de ruptura, para un concreto de peso normal se aproxima a menudo de 1.99 a 2.65 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión.

El valor de la resistencia a la tensión del concreto, es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a compresión y a menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.

Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación Agua – Cemento y la edad, o el grado a que haya progresado la hidratación. Estos factores también afectan a la resistencia a flexión y a tensión, así como a la adherencia del concreto con el acero.

La proporción agua – cemento, es la que tiene mayor influencia en la resistencia del concreto; cuanto mayor sea esta proporción, menor será la resistencia. En la práctica, esa relación es, más o menos, lineal cuando se expresa en términos de la variable C/W , que es la proporción entre cemento y agua por peso.

Las relaciones Edad – Resistencia a compresión. Cuando se requiera de valores mas precisos para el concreto se deberán desarrollar curvas para los materiales específicos y para las proporciones de mezclado que se utilicen en el trabajo.

3.3.2 CONCRETO PERMEABLE

En mezclas continuas, cada partícula de agregado está encerrado por un aglomerante de mortero de cemento que se contrae durante los periodos de curado y endurecimiento. Esto da lugar a unos esfuerzos generalizados de tensión a lo largo del aglomerante de mortero y compresión en el agregado. En concretos permeables, estos esfuerzos son de menor intensidad, gracias a la intensa hidratación separada del mortero y a su continuidad. Por lo tanto no se nota la contracción volumétrica del concreto permeable.

Se pueden usar valores más bajos de relación agua cemento, la cual produce resistencia de aglomerante más alta, esto hace que los valores de resistencia obtenidos en la sección transversal de los concretos permeables sean por lo menos iguales a los del concreto normal, y con frecuencia los superen.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta un incremento de porosidad, siempre representará una pérdida de resistencia a la desintegración del concreto. Esta es la razón de la utilización de los desechos de plástico, buscando incrementar la resistencia a este tipo de desintegración y a la tracción.

Como resultado de lo anterior, el diseño de mezcla de este tipo de concreto debe componerse entre la porosidad y la resistencia a la desintegración.

Sin embargo las pruebas de laboratorio demostraron que a las 24 horas se obtiene una resistencia a la compresión de 150 kg/cm^2 . Después de 4 días casi llega a su resistencia de diseño que es de 250 kg/cm^2 . La resistencia se puede elevar manipulando la dosificación del aditivo y el cemento hasta por 350 Kg/cm^2 .

Es importante resaltar que quien debe resistir la compresión es el terreno y la base donde se apoya el concreto permeable, ya que la carga se transmite hacia el subsuelo, pero como el concreto permeable es un material granular, las cargas se descomponen y originan que la carga que llega al terreno sea de apenas unos gramos repartidos en un área tan grande como el tamaño de losa colada.

El desarrollo de los esfuerzos resistentes del concreto permeable depende de la relación agua-cemento y la relación cemento-agregado.

La resistencia resultante se ha obtenido mediante pruebas de laboratorio; a este respecto se deberá observar que los especímenes de prueba para la resistencia a compresión se tiene que compactarse de una manera especial, utilizando una pieza de extensión de molde y una aspiradora en un tubo guía.

Este método consiste en la realización de un curado de tubos de prueba de la probeta de concreto permeable de 150 milímetros de lado, hechos con agregados de dimensión máxima nominal de 40 milímetros o menor.

El módulo de elasticidad varía con la resistencia, asimismo la contracción del concreto permeable es considerablemente más baja que la del concreto normal, esto es porque la pasta de cemento está presente sólo como un delgado recubrimiento y la contracción por secado está muy restringida por el agregado. Puesto que la pasta tiene una gran superficie expuesta al aire, la rapidez de contracción es muy alta, el movimiento total puede terminar en un poco más de un mes y la mitad de contracción puede tener lugar en 10 días.

El concreto permeable se trata de un material muy similar al concreto hidráulico común pero fabricado sin arena, la cual es sustituida por un aditivo que aumenta mucho su resistencia al fraguar.

El resultado de la mezcla es un producto muy manejable, semilíquido, con revenimiento cero, fácil de usar y colar, de muy alta resistencia a la compresión (más de 250 Kg/cm² en promedio).

Tiene muy buena resistencia a la flexión (más de 40 kg/cm² en promedio), de aspecto muy poroso y agradable, logrando dejar una superficie plana, muy cómoda para transitar en ella.

Los pavimentos de concreto permeable son el resultado de la mezcla de granzón, cemento tipo 1, agua y la aplicación de un aditivo que forman una pasta similar al concreto hidráulico, tan maleable y resistente como este, pero que al secar dejará una superficie plana continua, muy porosa, con una gran resistencia a la compresión y a la flexión, de muy agradable aspecto y del color elegido, que dejará pasar el agua de lluvia libremente y de inmediato al subsuelo, siendo esto último su objetivo principal, la recarga del subsuelo y de los acuíferos profundos de las ciudades a través de sus pavimentos (figura 3.8).



Fig. 3.8 pavimento de concreto permeable.

3.4 DURABILIDAD.

3.4.1 CONCRETO RÍGIDO.

El ACI 201 define la durabilidad del concreto con cemento hidráulico, como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, ataque químico, abrasión o cualquier otro proceso de deterioración. Y determina que el concreto durable debe mantener su forma original, calidad y características de servicios cuando es expuesto a ese ambiente.

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto puede atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación, la resistencia del concreto a estos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad, al dejar pasar de 2 a 6 % de aire inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

Para la durabilidad del concreto, son los líquidos y gases que lo penetran. Los líquidos y gases más comunes son el agua, los iones puros o agresivos, el dióxido de carbono y el oxígeno. La durabilidad del concreto depende en gran medida de la facilidad con que los líquidos o los gases (o ambos) entran y se mueven a través del concreto. A esto se llama comúnmente permeabilidad del concreto.⁵ Por lo tanto, durante el diseño se deberá evaluar cada estructura en cuanto a la presencia de estos líquidos y gases y a las exposiciones relacionadas con la durabilidad.

Los agentes químicos, como ácidos inorgánicos, ácidos acético y carbónico y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro, desintegran o dañan el concreto, cuando puede ocurrir contacto entre esos agentes y el concreto, se debe proteger el concreto con un revestimiento resistente.

Las condiciones micro climáticas son también importantes. Un puente orientado en la dirección norte-sur tendrá un microclima diferente a otro que esté orientado en la dirección oriente-poniente. El sistema estructural de concreto de una edificación puede no estar expuesto a líquidos o gases mientras está en servicio; sin embargo, el pavimento exterior estará expuesto a la humedad y a la congelación y descongelación. El área de plataforma de carga de la edificación puede estar expuesta a humedad, iones de cloro, congelación y descongelación, y a la abrasión. Estos son sólo dos ejemplos de la necesidad de evaluar condiciones micro climáticas.

3.4.1.1 MATERIALES

El concreto está compuesto por materiales cementantes, agregados, agua y, usualmente, un aditivo químico. Cada constituyente puede tener un efecto en la durabilidad del concreto.

Los materiales cementantes son cementos hidráulicos que están algunas veces combinados con ceniza volante, puzolanas naturales, escoria molida granulada de alto horno o humo de sílice. Cada uno de estos materiales cementantes puede tener un efecto en la durabilidad; algunos pueden ser benéficos y otros pueden ir en detrimento de la misma.

El problema más común que afecta a los materiales cementantes es la reacción álcali-agregado. El proyectista deberá conocer la disponibilidad de cemento de bajo álcali. Si se cuenta con ésta, deberá especificarse. De lo contrario, habrá que emplear otros requerimientos para anular este problema de durabilidad.

Los agregados pueden tener efecto sobre la resistencia a la abrasión, congelación y descongelación y reactividad álcali-agregado. El proyectista deberá saber si los agregados son potencialmente reactivos, de manera que se puedan proporcionar especificaciones para nulificar este problema de durabilidad.

El agua que es potable y no tiene sabor u olor pronunciado se puede utilizar como agua de mezclado al mezclar el concreto. Sin embargo, el agua que no es potable puede ser conveniente para mezclar concreto. El agua que no es conveniente para beber puede contener ingredientes que afecten la durabilidad del concreto. Cuando se utiliza agua cuestionable, las especificaciones deberán incluir criterios de aceptación, los cuales se basan usualmente en la resistencia a la compresión y en los resultados de pruebas establecidas.

En seguida se describirán los factores que afectan a la durabilidad del concreto:

a) RESISTENCIA AL CONGELAMIENTO Y DESHIELO

Se espera que el concreto empleado en estructuras y pavimentos tenga una vida larga y poco mantenimiento. El factor del intemperismo potencialmente más destructivo es la congelación y deshielo (hielo-deshielo) mientras el concreto está húmedo, principalmente en la presencia de anticongelantes (descongelantes). El deterioro es causado por el agua y su posterior expansión en la pasta, agregado o ambos.

Con el empleo de aire incluido, el concreto es altamente resistente a este tipo de deterioro (figura 3.9). Durante la congelación el agua desplazada por la deformación del hielo en la pasta se acomoda, no siendo perjudicial; las burbujas microscópicas de aire en la pasta ofrecen cámaras para que el agua entre, aliviando la presión hidráulica generada.

Al contener aire va acomodar la pequeña cantidad de agua en exceso que puede expeler de los agregados, protegiendo así el concreto contra el daño del congelamiento y deshielo.

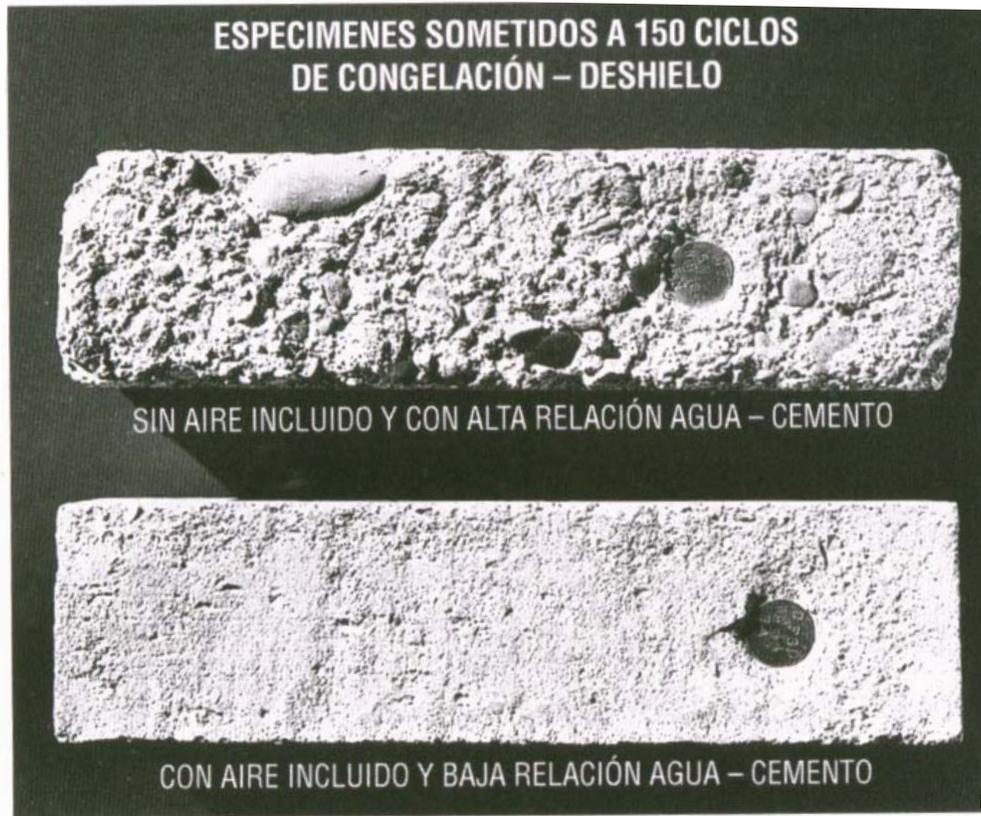


Fig. 3.9 Concreto con aire incluido (barra de abajo) es muy resistente a ciclos de congelamiento y deshielo.

En la figura 3.10, enseña, para una serie de relaciones agua-cemento, que:

- 1) El concreto con aire incluido es más resistente a los ciclos de congelamiento y deshielo que el concreto sin aire incluido.
- 2) El concreto con baja relación agua-cemento es más durable con un concreto con alta relación agua-cemento.
- 3) Un periodo de secado antes de la exposición a la congelación y deshielo del concreto del aire incluido.

El concreto con aire incluido y baja relación agua-cemento, con un contenido de aire del 5% al 8% va a resistir a un gran número de ciclos de congelación y deshielo sin presentar fallas.

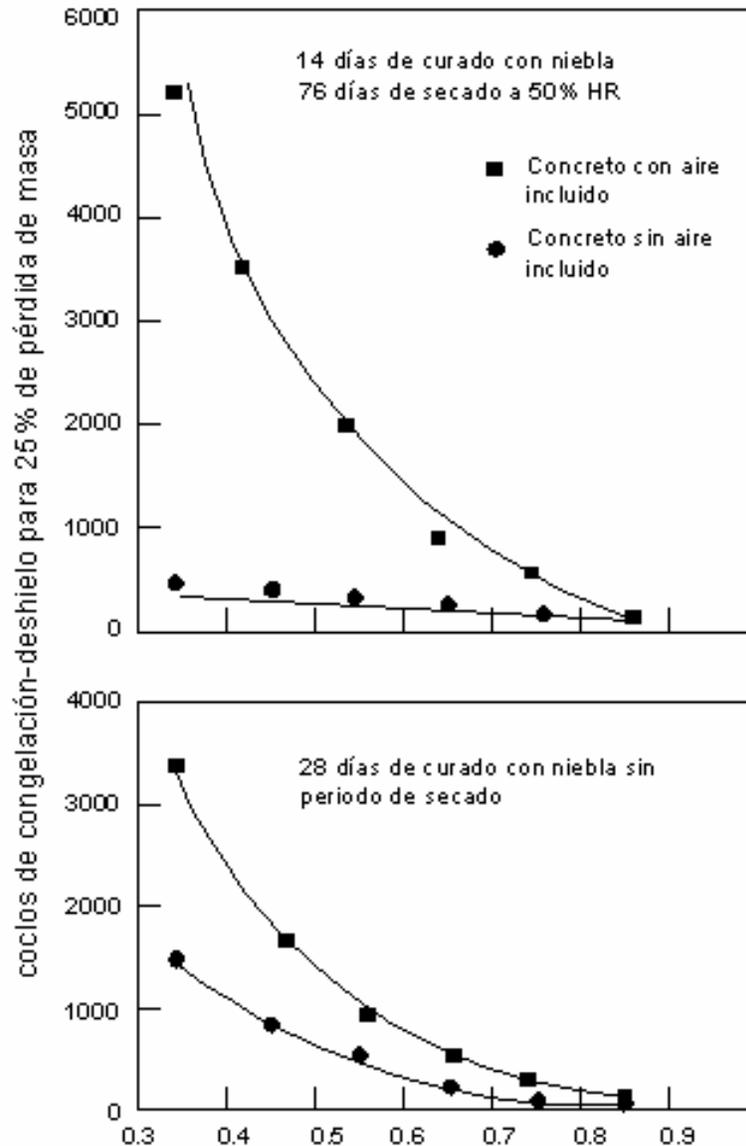


Figura 3.10. Relación agua-cemento, en masa

b) REACTIVIDAD ÁLCALI-AGREGADO

La reactividad álcali-agregado es un tipo de deterioro que ocurre cuando los constituyentes minerales activos de algunos agregados reaccionan con los hidróxidos de los álcalis en el concreto. La reactividad es potencialmente peligrosa sólo cuando produce expansión considerable. la reactividad álcali-sílice (RAS) y reacción álcali-carbonato

(RAC). La reacción álcali-sílice es más preocupante que la reacción álcali-carbonato, pues es más común la ocurrencia de agregados conteniendo minerales de sílice.

Las manifestaciones de la presencia de reactividad álcali-agregado son de agrietamiento, juntas cerradas o lascadas o dislocación de diferentes partes de la estructura (figura 3.11). El deterioro por reactividad álcali-agregado, es un proceso lento, el riesgo de rotura catastrófica es bajo, asimismo puede causar problemas de utilización (servicio, funcionalidad) y empeorar otros mecanismos de deterioro, como aquellos a la exposición al congelamiento, anticongelantes o sulfatos.



Fig.3.11 La figuración, el cerramiento de las juntas y la dislocación lateral fueron causados por la reactividad de álcali-agregado, en este muro de parapeto.

c) CARBONATACIÓN

La carbonatación del concreto es un proceso por el cual el dióxido (bióxido) de carbono penetra en el concreto y reacciona con los hidróxidos, tales como hidróxidos de calcio para formar carbonatos (Verbeck, 1958). En la reacción con el hidróxido de calcio hay formación de carbonato de calcio. La carbonatación y el secado rápido del concreto fresco puede afectar la durabilidad de la superficie, pero esto se puede evitar con el curado adecuado.

La carbonatación del concreto endurecido no hace daño a la matriz del concreto, sin embargo, reduce considerablemente la alcalinidad (pH) del concreto. La alta alcalinidad es

necesaria para la protección del acero de refuerzo contra la corrosión y por consiguiente, el concreto debe ser resistente a la carbonatación para prevenir la corrosión del acero de refuerzo.

Aumenta considerablemente el grado de carbonatación en el concreto que tiene alta relación agua-cemento, bajo contenido de cemento, corto periodo de curado, baja resistencia y pasta altamente permeable (porosa). La buena profundidad de la carbonatación en el concreto que tienen buena calidad y bien curado tiene generalmente poca importancia, siempre y cuando el acero de refuerzo en el concreto tenga suficientemente recubrimiento (figura 3.12).



Fig. 3.12 Aquí podemos apreciar la carbonatación penetrando al acero de refuerzo.

La carbonatación destruye la habilidad del concreto de proteger el acero embebido contra la corrosión. Todo concreto carbonata hasta una pequeña profundidad, para el acero armadura debe tener un recubrimiento adecuado para prevenir que la carbonatación alcance el acero. El código de construcción del ACI requiere un recubrimiento mínimo de 38 mm (1 1/2”). Después de años de exposición al aire, el concreto carbonató hasta la profundidad de la barra, permitiendo que el acero se oxidara y que la superficie del concreto se desprendiera.

d) RESISTENCIA A LOS CLORUROS Y CORROSIÓN DEL ACERO.

El concreto protege el acero embebido de la corrosión, debido a su alta alcalinidad. El ambiente de PH alto en el concreto (normalmente mayor que 12.5) promueve la pasivación y la formación sobre el acero de una película de protección de óxido no corrosivo. Sin embargo la presencia de iones de cloruros de los anticongelantes y del agua del mar pueden destruir o penetrar en la película. Cuando se alcanza el límite de corrosión por cloruros (aproximadamente 0.15% cloruro de solubles de agua por peso de cemento), una célula eléctrica se forma a lo largo del acero y entre las barras de acero y el proceso electroquímico de la corrosión empieza.

Una vez que empieza, la tasa (velocidad) de corrosión del acero es influenciada por la resistividad eléctrica del concreto, la humedad y la tasa de migración del oxígeno del concreto hacia el acero. Los iones del cloruro pueden también penetrar en la capa pasivadora del refuerzo; éstos se combinan con los iones de hierro, formando un compuesto de cloruro de hierro soluble, el cual lleva el hierro para dentro del concreto para más tarde oxidarse.

La resistencia del concreto a los cloruros es buena, pero se le puede mejorar con una baja relación agua-cemento (0.40), por lo menos siete días de curado y el uso de materiales cementantes suplementarios, tales como cenizas volantes, para reducir la permeabilidad. El aumento del recubrimiento encima del acero también la migración de cloruros.

Otros métodos de reducción de corrosión de acero incluyen el uso de aditivos inhibidores de corrosión, acero revestido con epoxi, tratamientos de superficie, revestimiento del concreto y protección catódica.

El revestimiento del acero con epoxi previene que los iones de cloruro alcancen el acero (figura 3.13). Los tratamientos de superficie y los revestimientos de concreto intentan parar o reducir la penetración de los iones de cloruros en la superficie de concreto, los silanos, siloxanos, metacrilato, epoxies y otros materiales se usan como tratamiento de la superficie.

Materiales impermeables, tales como epoxies, no se deben usar en losas sobre el terreno o en otro concreto donde la humedad se puede congelar bajo revestimiento. El agua congelada puede causar descascaramiento de la superficie bajo la capa impermeable del revestimiento.

La presencia del cloruro en el concreto sin armadura (refuerzo) normalmente no trae problemas de durabilidad.



Fig. 3.13 Armadura revestida con epoxis usada el tablero de un puente.

e) RESISTENCIA QUIMICA

El concreto de cemento portland es resistente en su mayoría a los diferentes ambientes; sin embargo, el concreto a veces es expuesto a sustancias que pueden atacar y causar deterioro. El concreto en la industria química y en las instalaciones de almacenamiento es especialmente propenso al ataque químico. En el ataque ácido del concreto hay disolución de la pasta de cemento y de los agregados calcáreos. Además del uso de concreto con baja permeabilidad, los tratamientos de superficie pueden ayudar a evitar que las sustancias agresivas entren en contacto con el concreto.

f) SULFATOS Y CRISTALIZACIÓN DE SALES

Muchos sulfatos presentes en el suelo y en el agua pueden atacar y destruir un concreto que no fue adecuadamente diseñado. Los sulfatos (por ejemplo sulfato de calcio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio) pueden atacar a un concreto pues también reaccionan con los componentes hidratados en la pasta de cemento hidratada. Estas reacciones pueden crear presiones suficientes para romper la pasta del cemento, resultando en desintegración del concreto (pérdida de cohesión y de resistencia). El sulfato de calcio ataca al aluminato de calcio hidratado y forma etringita. El sulfato de sodio reacciona con el hidróxido de calcio y aluminato de calcio hidratado, formando etringita y yeso. El sulfato de magnesio ataca, de manera similar, al sulfato de sodio y forma etringita, yeso y también brucita (hidróxido de magnesio). La brucita se forma primeramente en la superficie del concreto, consume el hidróxido de calcio, baja el pH en la solución de los poros y entonces descompone el silicato de calcio hidratado.

El ataque de sulfatos y la cristalización de sales son más severos donde el concreto está expuesto a ciclos de mojado y secado, que donde el concreto está constantemente mojado. Esto normalmente puede ser visto en postes de concreto donde el concreto se ha deteriorado sólo poco centímetros encima y abajo del nivel del suelo (figura 3.14 y 3.15).



Fig. 3.14 Ataque de sulfatos, en la región sometida a mojado y secado, la cual, es normalmente cerca del nivel del suelo.



Fig. 3.15 Vigas de concreto después de muchos años de exposición a un suelo de alta concentración de sulfatos

Para que se obtenga la mejor protección contra el ataque externo por los sulfatos se requiere de:

- 1) Se diseñe el concreto con baja relación agua materiales cementantes (aproximadamente 0.4)
- 2) Use cementos especialmente formulados para ambientes con sulfatos, tales como ASTM C 150 (AASHTO M 85) cementos tipo II y tipo V, c 595 (AASHTO M 240) cementos con moderada resistencia a los sulfatos o C 1157 tipos MS o HS.

La resistencia superior a los sulfatos de los cementos tipo II y tipo V ASTM C 150, se presentan en la siguiente figura 3.16.

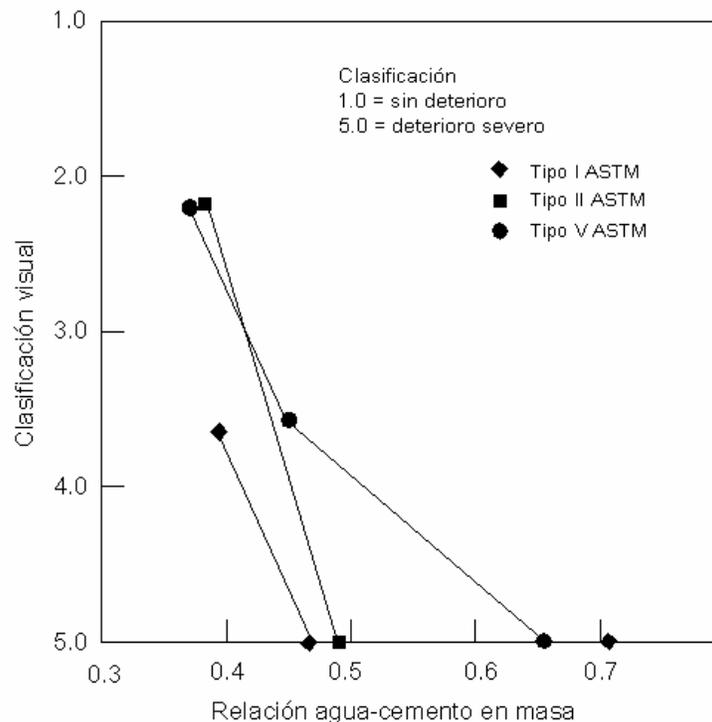


Figura 3.16 Promedio (media) de vigas de concreto con tres cementos Pórtland y varias relaciones de agua-cemento, expuestas durante 16 años a suelos con sulfatos.

g) EXPOSICIÓN AL AGUA DEL MAR

Una estructura expuesta al agua del mar o la salpicadura del agua del mar es más vulnerable en la zona de marea o salpicadura, donde hay ciclos repetidos de mojado y secado y/o congelamiento y deshielo. Los sulfatos y cloruros presentes en el agua de mar requieren el uso de concretos de baja permeabilidad para minimizar la corrosión del acero de refuerzo y el ataque de sulfatos (figura 3.17).



Fig. 3.17 Los concretos de puentes expuestos al agua del mar se deben diseñar y proporcionar especialmente para la durabilidad

Un cemento resistente a exposición moderada a sulfatos es útil. Los cementos con contenido de aluminato tricálcico (C_3A) del 4% al 10% ofrecen protección satisfactoria contra el ataque de sulfatos del agua de mar, bien como protección contra la corrosión de la armadura por cloruros. Se debe garantizar un cubrimiento adecuado sobre el refuerzo. La relación agua-material cementante no debe exceder 0.40 en climas más fríos, el concreto debe contener un mínimo del 6% de aire donde las grandes formaciones de hielo desgastan la estructura.

h) ETRINGITA Y EXPANSIÓN RETARDADAS POR CALOR INCLUIDO.

La etringita, una forma de sulfoaluminato de calcio, se encuentra en cualquier parte del cemento. Las fuentes de sulfato de calcio, tal como yeso, se adicionan al cemento portland durante la molienda final en el molino de cemento para prevenir el fraguado rápido y para mejorar el desarrollo de la resistencia. El sulfato está presente, también, en los materiales cementantes suplementarios y en los aditivos.

Si el concreto se expone a la humedad por un periodo largo de tiempo, la etringita puede disolverse lentamente y formarse en áreas menos limitadas.

En un examen de microscopio, se puede observar los cristales de etringita blancos y en forma de aguja forrado los vacíos de aire. La etringita que ha vuelto a formarse se llama normalmente etringita secundaria (figura 3.18).



Fig. 3.18 Depósitos blancos de etringita secundaria en un vacío.

i) LA EXPANSIÓN RETARDADA POR CALOR INCLUIDO (ERCI)

También llamada formación retardada de etringita (FRE), se refiere a una condición rara de sulfatos internos*, a través del cual el concreto maduro se expande y se fisura. Solo los concretos con expansión química particulares son afectados cuando alcanzan temperaturas altas, después de algunas horas de colocación (entre 70 y 100°C), dependiendo de los componentes del concreto y el tiempo transcurrido de su colocación hasta que la temperatura se alcance.

¿CÓMO PREVENIR LOS PROBLEMAS DE DURABILIDAD?

- Asegurar que no se construyan bombas de tiempo en el concreto mediante la incorporación de componentes que causan problemas específicos.
- Hacer el concreto tan impermeable como sea posible, de tal manera que los cambios de permeabilidad inducidos se limiten a las capas superficiales.

* El ataque de sulfatos internos se refiere al mecanismo de deterioro que ocurre en conexión con sulfatos que están presentes en el concreto en el momento de su colocación.

3.4.2 CONCRETO PERMEABLE

Para tener una buena durabilidad del concreto permeable se recomienda que presentes los siguientes aspectos:

a) RELACIÓN AGUA-CEMENTO.

La relación agua-cemento, como tal y como regla general, el contenido de éste se puede tomar como 80 (kg/m³) de concreto. La relación agua / cemento, dependerá entonces del contenido necesario de cemento para un recubrimiento suficiente del agregado; habitualmente la relación agua / cemento está entre 0.34 a 0.52.

b) RELACION AGREGADO-CEMENTO.

La relación agregado / cemento debe estar entre 4:1 a 5:1, tanto la relación10 agua – cemento y la relación deben satisfacer las características de permeabilidad, capacidad y durabilidad.

c) PESO UNITARIO

El peso unitario del concreto permeable estará en el rango de 1682 kg/m³, con un porcentaje de vacíos de 15 a 25 %. La alta permeabilidad resultante para el núcleo del pavimento tiene un peso menor al teórico.

d) GRAVEDAD ESPECIFICA

La gravedad específica de la roca caliza debe estar en un rango aproximado de 1.68 a 1.9, dependiendo del tipo de agregado. Para las proporciones dadas que utilizan los cementos hidráulicos, el funcionamiento del concreto permeable es inversamente proporcional a sus vacíos.

El concreto permeable, debe mantenerse en constante mantenimiento, por que a largo plazo pueden taparse los espacios vacíos con material fino, por consiguiente se recomienda un lavado con agua a presión, el mantenimiento se recomienda que se realice cada dos años aproximadamente. En caso de que el lavado no limpie los vacíos la única alternativa es quitar la superficie contaminada y retransmitir el nuevo material.

3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CONCRETOS.

3.5.1 CONCRETO RÍGIDO

VENTAJAS:

- El mantenimiento que requiere es mínimo.
- Su durabilidad es mayor en relación a otros concretos.
- Se pueden lograr concretos de una resistencia que va desde 100 kg/cm² (concreto pobre) hasta 700 kg/cm² (alta resistencia).
- El concreto es un excelente material de construcción, porque se puede moldear en una gran variedad de formas, colores y texturas para ser utilizado en un número ilimitado de aplicaciones.
- Es fácil de transportar y colocar.
- Tiene una alta resistencia a la compresión.
- Es altamente impermeable.
- Un concreto, por su seguridad, durabilidad, uniformidad, versatilidad, ahorro de energía y costo de operación, el concreto rígido es la mejor opción en pavimentos.
- El concreto rígido es un material que por su naturaleza en estado fresco adquiere la forma o textura del molde que lo confina, ampliando las posibilidades creativas del diseñador y del constructor.
- Una vía pública pavimentada con concreto rígido requiere menos iluminación.
- Debido a su rigidez los concretos rígidos permanecen sin alteraciones por más tiempo.
- Se puede fabricar directamente en obra mediante el uso de trompos o revolvedoras para concreto o se contrata la mezcla en plantas de premezclados de concreto.
- No requiere de mano de obra especializada.

DESVENTAJAS:

- Es poco resistente a la flexión.
- Es muy costoso en su elaboración y colocación (mano de obra).
- Los tiempos de ejecución de la obra en el sitio son prolongados, sino se utilizan elementos prefabricados.
- En pavimentos, patios, andadores, etc., por su gran impermeabilidad y rigidez no permite que los suelos retengan la humedad, desfavoreciendo las áreas verdes y la recarga de mantos acuíferos.
- Para estructuras de grandes proporciones, estéticamente son elementos estructurales muy robustos.
- Su deterioro y mantenimiento es costoso.

3.5.2 CONCRETO PERMEABLE

VENTAJAS:

- Es 100% permeable.
- Adquiere sus características de resistencia en 72 horas.
- Se puede hacer en varios colores y con distintos tipos de piedra.
- Debido a sus propiedades de aislamiento térmico se usan en la construcción de edificios (principalmente en muros).
- Reduce el riesgo de inundaciones.
- Evita el acuaplaneo de los autos ocasionados por la acumulación de agua en la superficie de los pavimentos.
- Evita el arrastre de basura por el agua reduciendo el riesgo del tapado de alcantarillas.
- Proporciona una superficie rugosa la cual favorece el frenado eficiente de los vehículos sobre el pavimento.
- Permite el mejor aprovechamiento del agua de lluvia, la cual generalmente se contamina al mezclarse con el agua de drenaje sanitario.
- Disminuye los costos asociados con la instalación de drenaje pluvial.
- Permite que los suelos retengan la humedad por más tiempo favoreciendo las áreas verdes.
- Permite la recarga de mantos freáticos.
- Permite un ahorro de energía durante la colocación y a lo largo de la vida útil de este material.
- El pavimento permeable por su color claro refleja la luz solar y artificial absorbiendo menor cantidad de calor a diferencia de los pavimentos de asfaltos. Esto permite un mejor ahorro de energía al disminuir el uso de aire acondicionado y luz eléctrica para iluminar las calles hasta un tercio con respecto al asfalto.
- Es de rápida y fácil colocación.
- Para su colocación sólo es necesario extender el material y compactarlo evitando así el vibrado.
- Se puede evitar el uso de cortadoras de disco diamante.
- Se evita el sellado de juntas.
- Para el curado es suficiente cubrir el pavimento permeable con una cubierta de polietileno.
- No requiere de mano de obra especializada, ni de maquinaria sofisticada para su instalación.
- Su base y sistema constructivo es más barato que los tradicionales por lo que el costo final no es más caro que otros pavimentos.
- Se puede preparar directamente en el sitio o contrata una planta de mezclado de concreto.

- Se puede instalar a mano mediante el tradicional método de colado, aplicando después una vibro compactación con placa, o se puede aplicar con una máquina finisher para pavimentos de asfalto, logrando colocar por día hasta 1,500 m² por turno.
- Su uso disminuye la inversión en drenajes hasta en un 40% para el manejo de aguas pluviales.
- Es un producto no contaminante que ayuda a mejorar la ecología de las ciudades.
- Es un producto limpio en su aplicación ya que no se deja cascajo ni basura de obra.

DESVENTAJAS:

- El pavimento permeable puede perder permeabilidad a lo largo del tiempo al taparse los espacios vacíos con material fino, por lo que se requiere de un mantenimiento que consiste en un lavado con agua a presión aproximadamente cada dos años.
- Tiene una menor resistencia al desgaste que el concreto normal por lo que sólo debe colocarse en zonas de tránsito ligero.
- Requiere de mano de obra especializada.
- Si se aplica sobre una pendiente pronunciada, las aguas de lluvia absorbidas por la capa de concreto permeable comenzarán a escurrir en la capa inferior, generando posibles subpresiones que pueden dañar las losas. Si las pendientes requeridas son mayores al 1% es recomendable cubrir barreras impermeables.
- No se puede utilizar en suelos duros por falta de permeabilidad.
- Requiere de gran mantenimiento para que no se tapen los poros.

IV. PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN PARA LA COLOCACIÓN DE LOS CONCRETOS

4.1 PROCESO CONSTRUCTIVO.

4.1.1 PLANEACIÓN

La planeación como tal, es un concepto muy importante, porque las dependencias y entidades, realizan estudios de preinversión, que se requiere para definir la factibilidad técnica, económica y social de la realización de obras de cualquier tipo.

PLANEACIÓN: es la toma de decisiones oportuna, racional y sistemática, basada en un plan, para realizar un proceso constructivo de acuerdo a las especificaciones de calidad, tiempo y costo. Asimismo nos indica que debe suceder, cuando debe suceder y cuanto debe costar para asegurar el logro máximo de los objetivos.

Dentro de la planeación se deben considerar varios aspectos como son: la disponibilidad real del personal en áreas de proyecto y construcción que se disponga, los recursos de maquinaria y equipo de construcción de su propiedad; elaborar programas y presupuestos considerando: los costos de recursos necesarios, la condición de suministro de los materiales, de maquinaria, de equipos o de cualquier otro accesorio relacionado con la obra, los cargos para pruebas y funcionamiento, finalmente los programas de ejecución, de utilización de los recursos humanos y de utilización de maquinaria y equipo de construcción en cada una de las obras que se realicen.

Es importante considerar que, el costo va hacer diferente, así como su planeación de actividades si la maquinaria es propia de la empresa o rentada; asimismo con la obra de mano, en ocasiones es conveniente contar con personal de confianza o conocido y en ocasiones con gente cercano al lugar de la obra, lo antes mencionado está en función de ¿dónde? cuesta menos.

En la planeación podemos encontrar varias trampas y errores que nos pueden causar problemas en la elaboración de éste; las trampas más comunes son: encontrar un plan adecuado para resolver un problema equivocado, tomar una solución en el momento

inoportuno y tomar decisiones que no den como resultado alguna acción; los errores a considerar son: en no realizar planes y no organizar las decisiones en corazonadas, ocupar gran parte de tiempo en descubrir cual es el problema o elaboración de planes y considerar las decisiones como problemas, en lugar de verlas como retos u oportunidades.

El definir y establecer una buena planeación, seguramente nos llevará al éxito, a continuación se describen los pasos a seguir para la realización de éste:

- Establecer objetivos claros, medibles, positivos y alcanzables, éstos deben ser claros.
- Nos debemos cuestionar el ¿qué?, ¿cuándo? y ¿dónde?, para la toma de una decisión, que nace de una inquietud de experimentar una idea vaga.
- Analizar y comparar las resoluciones recabadas de las opiniones, datos y hechos reconocidos, así como relacionar toda la información.
- Finalmente escoger el mejor plan.

En relación a la planeación del concreto, se tiene que, se debe asegurar una previsión adecuada y consistente del concreto. Se debe prever suficiente capacidad de colocación, de manera que el concreto se mantenga plástico y libre de juntas frías mientras se coloca. Todo el equipo para la colocación debe estar limpio y en buen estado. También se debe arreglar de modo que el concreto se entregue en su posición final sin segregación significativa. Así mismo, el equipo debe estar dispuesto, adecuada y apropiadamente de modo que la colocación se desarrolle sin tardanzas indebidas, y la mano de obra debe ser lo suficiente para asegurar la apropiada colocación, consolidación y acabado del concreto. Si el concreto a de ser colocado en la noche, el sistema de iluminación debe ser lo suficiente para iluminar el interior de las cimbras y proporcionar un lugar seguro de trabajo.

4.1.2 PROGRAMACIÓN

Unas de las primeras cosas que se debe hacer en una obra, es hacer un programa de la operación propuesta y establecer un plan tentativo para hacer el trabajo. Es necesario estudiar los planos y especificaciones en detalle antes de visitar el sitio del proyecto. Este estudio debe continuar lo suficiente para establecer un programa tentativo de avance para los renglones de trabajo más importantes o decisivos.

PROGRAMACIÓN: es una actividad en la que se elabora un conjunto de información, para mostrar los tiempos de duración, iniciación y los tiempos de terminación de las actividades que integran una obra.

Dentro del programa se debe establecer un avance de trabajo, el cual debe mostrar todos los renglones que afectan el avance del trabajo y considerar la duración de la construcción (si es aplicable) en el lugar en particular. cuando sea éste el caso, el programa debe tomar nota de la fecha más ventajosa o de la fecha requerida para los trabajos de las primeras fechas.

Con base en el programa de avance, debe notarse una breve descripción del trabajo. La descripción debe llamar la atención de características indefinidas, riesgosas o inciertas, así como elementos que sea probable aumenten o disminuyan en cantidad. También la descripción debe incluir una relación del total de hombres-hora de mano de obra y el total de máquinas-hora para equipo importante que se estimen necesarios para hacer el trabajo. Además, la descripción debe comprender necesidades máximas de obreros y para controlar entregas de elementos importantes de material y equipo. Por último, la descripción debe contener una relación de necesidades de recursos financieros derivadas de ingresos y egresos programados.

El tener una buena programación nos implica el ahorro de dinero y tiempo; aunque el tiempo es menos tangible que la mano de obra o el material que intervienen en una construcción pero es real e importante. El tiempo y el dinero están relacionados de muchas formas.

Para el contratista, la reducción del tiempo en terminar el trabajo significa, de igual manera, reducir los cargos del interés sobre el efectivo invertido durante la construcción, asimismo, cuando más corto sea el tiempo para terminar el trabajo, menores serán los gastos de supervisión, administración y generales. Además los beneficios se acumulan si se corta el tiempo, debido a que permiten arrendar el equipo para emplearlo en otro tipo de trabajo.

Para asegurar la terminación del trabajo dentro del tiempo límite estipulado por el contrato, y para reducir el tiempo requerido para realizarlo, es necesario programar cada unidad del proyecto y relacionarlo con todas las obras.

Los programas de trabajo muestran las fechas de inicio y terminación de los diversos elementos de un proyecto. Para la obra contratada a precio unitario, se emplea en general el detallado de la propuesta. Los contratos a suma global o precio alzado tiene la subdivisión de acuerdo con el estimado de costos. Los programas pueden prepararse en forma tabular o gráfica, aunque esta última se emplea más debido a su fácil visualización.

Los programas de trabajo deben elaborarse al comienzo del trabajo, con el fin de coordinar el trabajo de todos los departamentos de la organización del contratista.

Los contratos de construcción requieren con frecuencia que el contratista proporcione un programa de trabajo para que sea autorizado por el propietario dentro de un tiempo especificado, después que se la ha sido concedido el contrato y antes de que inicie la construcción. A menudo se subraya la importancia de este requisito en las disposiciones del contrato, de manera que la omisión o negligencia en presentar un programa satisfactorio puede anular la concesión del contrato y puede perderse la garantía de la propuesta.

El primer paso de la programación, es verificar las fases en que se va a dividir la ejecución de la obra. Por lo general se divide en partidas y estas a su vez en conceptos de obra.

Tanto en la planeación como en la programación de un proceso constructivo, se expresan en términos de información y son susceptibles de un tratamiento informático. En la actualidad existen diferentes programas computacionales prácticos, eficientes y sistematizar las actividades de planeadores y programadores de obras civiles, uno de estos métodos es la ruta crítica.

METODO DE LA RUTA CRÍTICA.

Es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y de control, de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto, el cual debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo, considerando los recursos disponibles.

La ruta crítica permite obtener mejores resultados al aplicarse a proyectos caracterizados por:

- Una serie de actividades únicas, no repetitivas, ya sea parcial o totalmente.
- Estar condicionado a que la ejecución de una parte de él o todo el proyecto, debe realizarse un tiempo mínimo y sin variaciones.
- Tener preferencia por obtener el costo de operación más bajo posible, considerando los tiempos disponibles para las actividades u operaciones.

La ruta crítica está formado por dos grupos de etapas:

1. Planeación y programación.

- Definición del proyecto.
- Lista de actividades.
- Matriz de secuencias.
- Matriz de tiempos.
- Red de actividades.
- Costos y pendientes.
- Compresión de la red.
- Limitaciones de tiempo, recursos y financiamiento.
- Matriz de elasticidad.
- Probabilidad de retraso.

2. Ejecución.

- Aprobación del proyecto.
- Ordenes de trabajo.
- Gráficas de control.
- Reportes y análisis de los avances.
- Toma de decisiones y ajustes.

4.2 COSTOS Y TIEMPOS DE COLOCACIÓN.

4.2.1 COSTOS.

Los dos requisitos más importantes para tener éxito en el negocio de la construcción consiste en una administración eficaz del trabajo en la estimación correcta de los costos. Éstos no pueden precisarse con exactitud, pero el contratista que se aproxima lo más posible a un pronóstico acertado del costo hará mejores propuestas en un mayor porcentaje de las veces y tendrá éxito por años.

COSTOS: es un conjunto de actividades, técnicas y métodos, para analizar presupuestos, en los cuales se prevé aprovechar técnicamente los recursos de la construcción para lograr el objetivo común que es ejecutar la obra o proyecto, optimizando el uso de los recursos, así como el margen de utilidades.

Los estimados de la construcción se elaboran para determinar el costo probable de la construcción de un proyecto. De manera casi universal, tales estimados o presupuestos son formulados por los contratistas antes de enviar propuestas o firmar contratos para los proyectos importantes. Para que tenga valor, un estimado debe estar basado en una imagen mental detallada de la operación total; es decir, es necesario planear el trabajo como si ya se estuviera realizando.

Los estimados y la contabilidad de costos tienen una relación muy estrecha. El estimado o presupuesto se prepara de tal manera que, si la propuesta tiene éxito, puede utilizarse como el marco de trabajo para contabilidad de costos.

En la elaboración de un presupuesto se consideran los siguientes elementos:

1. La cantidad de trabajo técnico que se estime.
2. Los costos, que implica la utilización y transformación de los recursos de la construcción, incluyendo lo administrativo.
3. Las utilidades pretendidas.
4. Los imprevistos menores que se puedan presentar en la obra.

El presupuesto se debe elaborar considerando que se está inmerso en un ambiente de competencia laboral con otras empresas constructoras, por lo que en aceptación con el cliente se consideran los mejores ofrecimientos, en términos de eficiencia en: precio, duración y calidad (básicamente en el aspecto constructivo y de experiencia), así como en los aspectos de responsabilidad.

Para lograr un buen presupuesto es necesario considerar:

1. La gran importancia de conocer a fondo la naturaleza de cada uno de los recursos de la construcción, así como la disponibilidad o costos para disponer de ellos, en el sitio de la obra.
2. Seleccionar materiales de construcción óptimos, considerando las especificaciones del proyecto, los aspectos financieros y el conocimiento técnico de las propiedades.
3. El costo del material que se toma como base para integrar el precio unitario de un concepto de trabajo, por lo que es necesario considerar: el precio de adquisición de fábrica, el costo del transporte incluyendo carga y descarga; asimismo los desperdicios en la transportación, maniobras y utilización. Circunstancialmente se consideran los costos por almacenamiento y los riesgos por deterioro.
4. Finalmente el pago de mano de obra se debe realizar por: día, por destajo y por tarea.

Los materiales deberán controlarse por medio de almacenes para lograr un equilibrio entre el costo de tenerlos y el costo de no tenerlos, en el momento en que se requieran; ayuda a determinar los costos reales de los conceptos de trabajo y para reducir, los desperdicios.

El costo de existencia de un producto en almacén representa entre el 5% y el 35% del costo de adquisición (anual).

Una de las maneras más utilizadas en nuestro medio para cuantificar el costo de las obras, es a través de la integración de precios unitarios, en la cual se establece el costo por unidad de cada uno de los conceptos que integran los trabajos a ejecutar.

Al aplicar los precios unitarios a la cantidad determinada de cada concepto de obra se obtendrá el importe de dicho concepto. La suma de todos los importes de todos los conceptos, nos da el importe del presupuesto de la obra que estamos analizando.

Previo a la elaboración de los precios unitarios, es absolutamente indispensable, conocer a fondo la naturaleza de los recursos, tanto humanos, como de maquinaria y materiales, así como la disponibilidad de los mismos y el procedimiento constructivo a seguir en cada paso.

PRECIO UNITARIO: de acuerdo con la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas en su artículo 154, para los efectos de dicha ley y su reglamento, se considera como precio unitario el importe de la renumeración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto terminado, ejecutado conforme al proyecto, especificaciones de construcción y normas de calidad

El precio unitario se integra con los costos directos correspondientes al concepto de trabajo, los costos indirectos, el costo por financiamiento, el cargo por utilidad del contratista y los cargos adicionales.

Finalmente LA UNIDAD DE TRABAJO, está dada por una medición en las especificaciones técnicas, la cual se utiliza para cuantificar los conceptos de trabajo con fines de medición y pago.

El objetivo de cualquier programa de trabajo es de producir el trabajo con la mayor rapidez, con la fuerza laboral y con el equipó adecuado. La mayor productividad será lograda si, se planea el trabajo para que se aprovechen al máximo, el personal y los equipos y si estos se seleccionan adecuadamente desde la planeación y programación; para que se reduzcan los retrasos durante la obra en ejecución.

4.2.2 TIEMPOS DE COLOCACIÓN.

4.2.2.1 COLOCACIÓN EN CLIMA NORMAL.

Para la colocación del concreto en un clima normal, es importante que se realice de forma continua y lo más cerca de su posición final, para evitar la segregación (figura 4.1).



Fig. 4.1 Colocación del concreto lo más cerca posible.

El concreto empieza a endurecerse en el momento en que se mezclan los materiales cementantes y el agua, pero el grado de endurecimiento que ocurre en los primeros 30 minutos no es un problema.

El concreto que se mantiene en agitación generalmente, se le puede colocar y compactar en un periodo de 1.5 horas después de mezclado, a no ser que la temperatura elevada del concreto o el contenido alto de cemento aceleren excesivamente la hidratación. El planteamiento debe eliminar o minimizar las variables que permitirían el endurecimiento del concreto en un grado tal que no se logre la consolidación completa y que torne el acabado difícil. Menos tiempo está disponible durante las condiciones que apresuran el proceso de endurecimiento, tales como clima caluroso y seco, uso de aceleradores y concreto caliente.

Cuando se usan camiones mezcladores, la ASTM C 94 (AASHTO M 157) también limita el tiempo entre mezclado y descarga completa del concreto en la obra en 1.5 horas, o antes que el camión haya logrado 300 revoluciones después de la adición del agua al cemento y agregados, o de introducir el cemento a los agregados. Los mezcladores y agitadores se deben siempre operar dentro de los límites de volumen y velocidad de rotación designados por el fabricante del equipo.

En la colocación de vigas de gran peralte, muros o columnas la colocación del concreto de (normalmente cerca de una hora), permitir el asentamiento de los elementos peraltados antes que el colado continúe en cualquier losa, viga o trabe, dentro de ellos evitando el agrietamiento entre los elementos estructurales. El retraso debe ser lo suficientemente corto para permitir que la próxima capa de concreto se enlace con la capa anterior, a través de la vibración, previniendo la formación de juntas frías y agujeros (ACI comité 304, 2000).

4.2.2.2 COLOCACIÓN EN CLIMA CALUROSO

Las condiciones de clima caluroso influyen directamente en la calidad del concreto, principalmente acelerando la pérdida de humedad y a la velocidad de hidratación del concreto.

Las condiciones perjudiciales del clima caluroso incluyen:

- Alta temperatura ambiente.
- Alta temperatura del concreto.
- Baja humedad relativa.
- Alta velocidad del viento.
- Radiación solar.

Las condiciones del clima cálido pueden crear dificultades, tales como:

- Aumento de la demanda de agua.
- Aceleración de la pérdida de revenimiento, llevando a la adición de agua.
- Aumento de la tendencias de la figuración (agrietamiento) plástica.
- Necesidad de curado temprano.
- Dificultades en el control de aire incluido.
- Aumento de la temperatura del concreto, resaltando en pérdida de resistencia a lo largo del tiempo.
- Aumento de la figuración térmica.

La adición de agua en la obra puede afectar negativamente las propiedades y las condiciones de servicio del concreto endurecido, resaltando en:

- Disminución de la resistencia.
- Disminución de la durabilidad.
- Aumento de la permeabilidad.
- Apariencia no uniforme de la superficie.
- Aumento de la contracción por secado.
- Disminución de la resistencia a abrasión, por la tendencia de rociar agua durante el acabado.

A continuación, se enlistan las precauciones que reducen o evitan los problemas potenciales de colocación en clima caluroso; las cuales dependen de: el tipo de construcción, características de los materiales usados y experiencia del equipo en el acabado y colado del concreto bajo las condiciones atmosféricas de la obra.

- Uso de materiales y proporciones que tengan un buen registro en condiciones de clima cálido.
- Enfriamiento del concreto de uno o más ingredientes (figura 4.2)



Fig. 4.2 El nitrógeno líquido, adicionado directamente en el camión mezclador en la planta de concreto premezclado, es método para la reducción de la temperatura del concreto.

- Uso de concreto con consistencia que permita su rápida colocación y consolidación.
- Reducción al máximo del tiempo de transporte, colado y acabado.
- Programación de la colocación del concreto para limitar la exposición a las condiciones atmosféricas, como por las noches o durante condiciones favorables de clima.
- Consideración de métodos para limitar la pérdida de humedad durante el colado y acabado, tales como sombrillas, parabrisas, niebla y rociado.
- Aplicación temporal, después del acabado, de películas que detienen la humedad.
- Organización de una reunión antes del inicio de la construcción para discutir las precauciones necesarias en el proyecto.

En este tipo de clima, se debe colocar y transportar el concreto lo más rápido posible; los retrasos contribuyen a la pérdida de revenimiento y la temperatura del concreto. Se debe disponer de mano de obra y equipos suficientes para manejar el concreto inmediatamente después de su entrega.

El mezclado prolongado incluso a la velocidad de agitación, se debe evitar; si ocurren retrasos, se debe parar la mezcladora y después agitar intermitentemente para minimizar el calor generado por el mezclado. La ASTM C 94 (AASHTO M 157) requiere que la descarga del concreto sea en 1.5 horas o antes que el tambor de 300 revoluciones.

El fraguado es más rápido en este tipo de climas, por lo cual se debe tener cuidado con las técnicas de colocación para la previsión de juntas frías (figura 4.3)



Fig. 4.3 Fisuras típicas, por el fraguado rápido.

4.2.2.3 COLOCACIÓN EN CLIMA FRÍO

El ACI comité 306, define clima frío como el periodo en que durante más de tres días sucesivos el promedio de la temperatura sea menor de 4°C y permanece bajo 10°C, durante más de la mitad de cualquier periodo de 24 horas.

Bajo estas circunstancias, todos los equipos y materiales para la protección y el curado adecuado deben estar disponibles y listos para su uso, los cuales pueden ser: los recintos, rompevientos, calentadores portátiles, cimbras (encofrados) aisladas y mantas, que deben mantener la temperatura del concreto, como se muestran en la figuras 4.4. a, b y c.



a) equipos para la protección y equipos de aislamiento.



b) pila de cubiertas de aislamiento.



c) cimbras de concreto aislado

Fig. 4.4.

Los objetivos de las normas son:

- Evitar el daño al concreto ocasionado por el congelamiento en etapas tempranas.
- Cuando no se cuenta con agua externa, el grado de saturación del concreto recién colocado disminuye conforme al concreto gana madurez y el agua de mezclado se combina con el cemento durante la hidratación.
- El grado de saturación cae en un nivel crítico (el grado de saturación por agua en el cual un ciclo de congelamiento causaría daños), aproximadamente al mismo tiempo que el concreto obtiene una resistencia a la compresión de 35 kg/cm². Y a 10°C las mezclas de concreto bien proporcionadas alcanzan estas resistencias al segundo día.
- Asegurar que el concreto desarrolla la resistencia requerida, para: retiro de cimbras y apoyos, reapuntalamiento y carga de la estructura durante y posterior.
- Mantener las condiciones de curado que protejan el desarrollo normal de la resistencia, sin usar color excesivo y sin ocasionar una saturación crítica del concreto al final del periodo de protección.
- Limitar los cambios de temperatura rápidos.
- Un rápido enfriamiento o gran diferencia de temperaturas entre los elementos exteriores e interiores, pueden causar agrietamientos.
- El aislamiento debe quitarse gradualmente durante el siguiente periodo de 24 horas.

A continuación se muestran unas tablas de temperaturas para el concreto y duración del periodo de protección del concreto.

Temperatura para el concreto recomendadas					
Línea	Temperatura del aire	Tamaño de la sección, dimensión mínima, cm.			
		< 30	30 - 90	90 - 180	> 180
Temperatura mínima del concreto en el momento de su colocación y así se mantiene.					
1	-	13°C	10°C	7°C	5°C
Temperatura mínima del cemento en el momento de ser mezclado para la temperatura del aire.					
2	Arriba de -1°C	16°C	13°C	10°C	7°C
3	-18 a -1°C	18°C	16°C	13°C	10°C
4	Debajo de -18°C	21°C	18°C	16°C	13°C
Baja de temperatura gradual permisible en las primeras 24 horas después de retirada la protección.					
5	-	28°C	22°C	17°C	11°C
Para clima frío se debe prever un mayor margen en la temperatura entre el mezclado y la temperatura mínima requerida para el colado del concreto fresco en el lugar.					

Tabla 4.,1

Duración del periodo de protección para el concreto colado durante clima frío.			
Línea	Tipo de servicio	Periodo de protección a las temperaturas indicadas en la línea 1 de la tabla 4.1 en días*	
		Cemento tipo I o tipo II	Cemento tipo III, ó aditivos aceleradores ó 60 kg/m ³ de cemento adicional.
1	Sin carga y no expuesto	2	1
2	Sin carga y expuesto	3	2
3	Carga parcial expuesto	6	4
4	Carga completa	-	-

Duración del periodo de protección requerido para evitar el daño ocasionado por el congelamiento temprano de concreto con aire incluido.			
Línea	Exposición	Periodo de protección a la temperatura indicada en la línea 1 de la tabla 4.1 en días*	
		Cemento tipo I ó tipo II	Cemento tipo III, ó aditivos aceleradores ó 60 kg/m ³ de cemento adicional.
1	No expuesto	2	1
2	expuesto	3	2

* Un día es un periodo de 24 horas.

La incorporación de aire se debe usar siempre en construcciones durante los meses de congelación, con excepción al concreto producido bajo techo, donde no haya lluvia, nieve o agua de otras fuentes que puedan saturar el concreto y donde no haya posibilidad de congelación.

El ACI comité 306 requiere que la fuente de calor y la cubierta de protección se remuevan lentamente cerca del fin de periodo de curado, para evitar el agrietamiento del concreto.

4.3 DIFERENTES MÉTODOS EN LA COLOCACIÓN DE CONCRETOS.

4.3.1 CONCRETO RÍGIDO.

Para la colocación del concreto, se podrán usar cimbras de madera, aluminio, acero y fibra de vidrio; como un apoyo importante en el depósito del concreto, así como el apoyo de equipos de colocación.

Las cimbras, se deben colocar, limpiar, fijar y apuntalar (arriostrar) adecuada y precisamente, se pueden construir o forrar con materiales que ofrezcan el acabado deseado del concreto endurecido. Asimismo éstas se deben construir para que su remoción cause un daño mínimo.

Las cimbras de madera, se deben cubrir a menos que se las aceite o se traten con agentes desmoldantes, se deben humedecer antes de la colocación del concreto, para que no absorban el agua de la mezcla y no se hinchen.

Todo equipo utilizado para colocar el concreto debe estar limpio y en buenas condiciones de uso. Además equipos de reserva deben estar disponibles en caso de que ocurra una falla.

Equipos de colocación:

1. TOLVAS DE SECCIÓN CIRCULAR Y RECTANGULARES

- El empleo de tolvas de sección circular con descarga por la parte inferior, permiten la colocación del concreto con el más bajo revenimiento práctico, compatible con la consolidación mediante vibración.
- Las puertas de descarga, deben tener una salida libre que equivalga a no menos de una tercera parte del área máxima horizontal interior, o cinco veces el tamaño máximo del agregado que se está utilizando.
- Las paredes laterales deben ser inclinadas, por lo menos 60 grados respecto a la horizontal.
- Las tolvas de sección rectangular, con criterios similares de diseño con las circulares.
- El amontonamiento de concreto por la descarga de tolvas demasiado arriba o cercana a la superficie, o mientras está en movimiento, da lugar a causas comunes de segregación.
- El concreto derramado no se debe recoger con palas y devolverse a las tolvas para su uso subsecuente.

2. CARROS MANUALES O MOTORIZADOS

- Es importante el empleo de vías lisas y rígidas para impedir la separación de los materiales del concreto durante el tránsito.
- Las distancias máximas de entrega para carritos mecanizados es de 120 m.
- Las distancias máximas de entrega para carritos impulsados manualmente y carretillas, es de 60 m.

3. CANALONES Y TUBOS DE CAÍDA

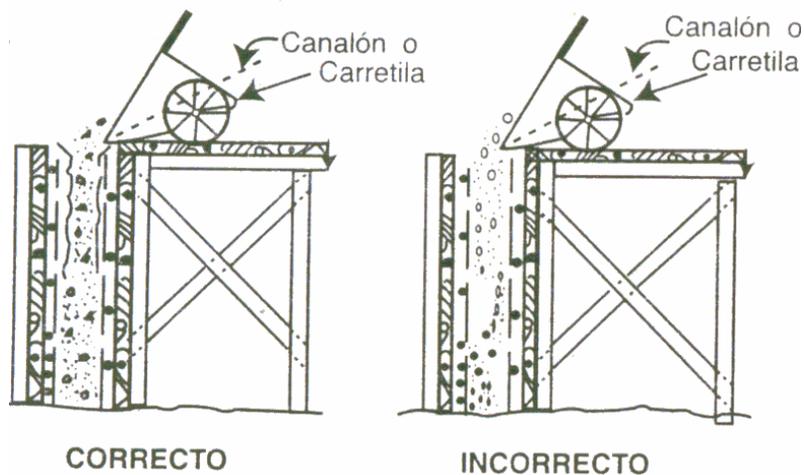
- Los canalones se emplean para trasladar concreto de elevaciones superiores a inferiores. Deben ser de fondo curvo y contruidos o forrados de metal y tener suficiente capacidad para evitar derrames.
- Debe controlarse el flujo del concreto en el extremo del canalón para evitar la segregación, los canalones demasiados largos y descubiertos deben cubrirse para evitar la evaporación y la pérdida de revenimiento.
- Los tubos de caída se emplean para trasladar verticalmente el concreto desde niveles altos a bajos, son circulares.
- El tubo debe tener un diámetro de por lo menos de 8 veces el tamaño máximo del agregado.
- Para disipar la energía acumulada de caída libre, consiste en colocar un colchón amortiguador de concreto al extremo del tubo.
- La mezcla del concreto, suele tener un contenido de arena mayor que el normal, manteniendo el revenimiento entre 7.5 hasta 15 cm.
- El concreto se ha vertido, así como buenos resultados hasta 1500 m/min.

4. BANDAS TRANSPORTADORAS

- Las bandas transportadoras se clasifican en: portátiles o autosuficientes, alimentadoras o en serie y de descarga lateral o esparcidoras.
- Las de tipo alimentador o en serie, funcionan a velocidades de banda altas, a más de 1500 m/ min.
- Las de tipo portátiles y de descarga lateral, funcionan a velocidades menores de 150 m/min.
- Con el concreto, deben alimentarse la transportadora por medio de una tolva para obtener un listón uniforme de material a lo largo de la banda.
- Las bandas transportadoras deben estar bien apoyadas para un transporte del concreto; suave, sin vibración y el ángulo de inclinación debe controlarse para eliminar la separación del agregado grueso con el mortero de la mezcla.
- Las bandas con corrugados pequeños rectos o costillaje en la superficie que lleva la carga, puede transportar el concreto a través de inclinaciones empinadas.
- Debe equiparse el punto de descarga en cada banda transportadora con una regla limpiadora o raspadora, para limitar la pérdida de mortero.
- La colocación de corto alcance, se maneja mejor con bandas transportadoras portátiles con voladizo.

- La colocación de largo alcance, se usan unidades fijas, formadas de un número de bandas transportadoras en serie.
- Se logrará la máxima eficiencia con la banda transportadora, con una mezcla de concreto plástica y homogénea, controlada a un revenimiento de 6.5 a 7.5 cm.

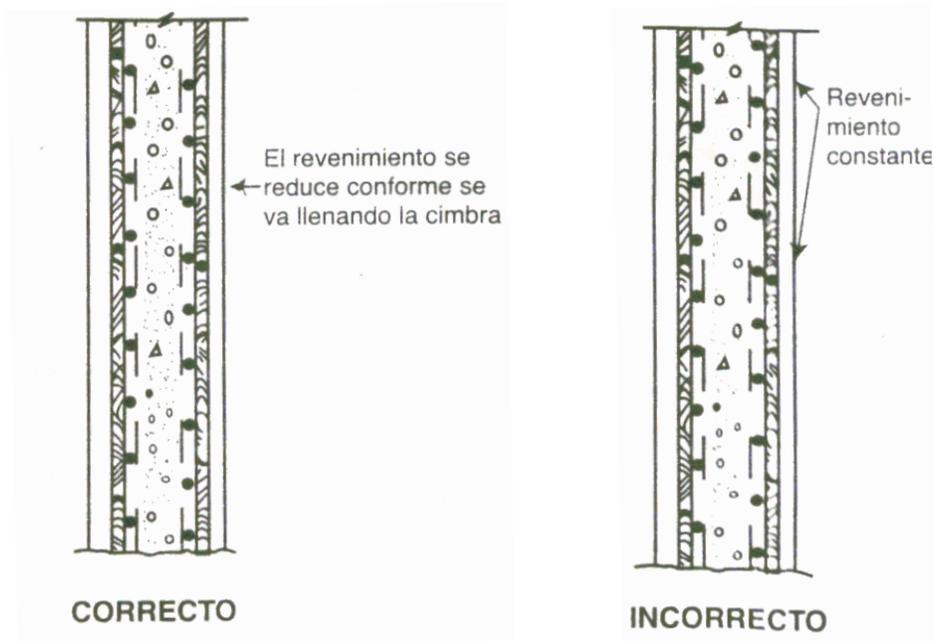
En el concreto, existen métodos correctos e incorrectos para su adecuada colocación, éstos son los siguientes:



Descárguese el concreto en un colector con una manguera ligera y flexible. Esto evita la segregación. La cimbra y el acero estarán limpios hasta que los cubra el concreto.

Permite que el concreto del camión o la carretilla se golpee contra la cimbra y rebote en las varillas y en las cimbras causando segregación y huecos en el fondo.

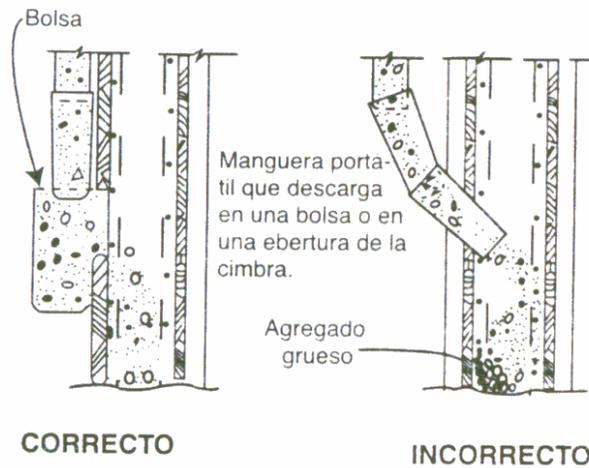
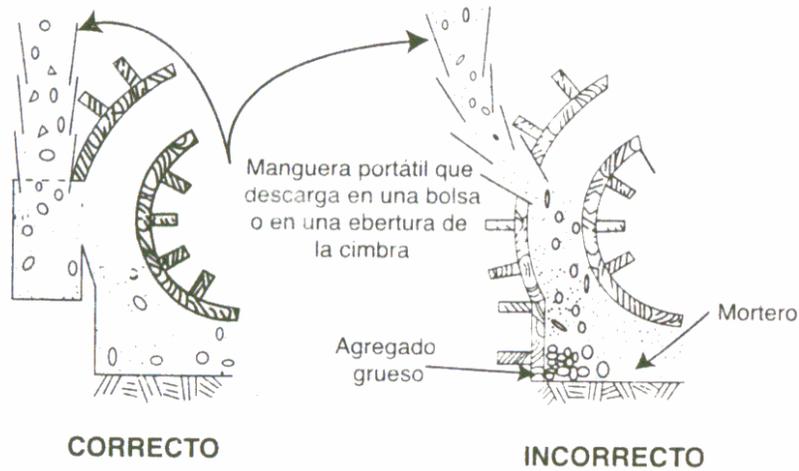
COLOCANDO CONCRETO EN LA PARTE SUPERIOR DE CIMBRAS ESTRECHAS



Necesariamente el concreto es más húmedo en el fondo de cimbras estrechas y profundas, y se hace más seco conforme se alcanza la parte superior. El aumento de agua tiende a igualar la calidad del concreto. La contracción por asentamiento es mínima.

Usar el mismo revenimiento en la parte superior como en el fondo del colado. Un alto revenimiento en la parte superior produce un exceso de agua y decoloración, pérdida de calidad y durabilidad en la capa superior.

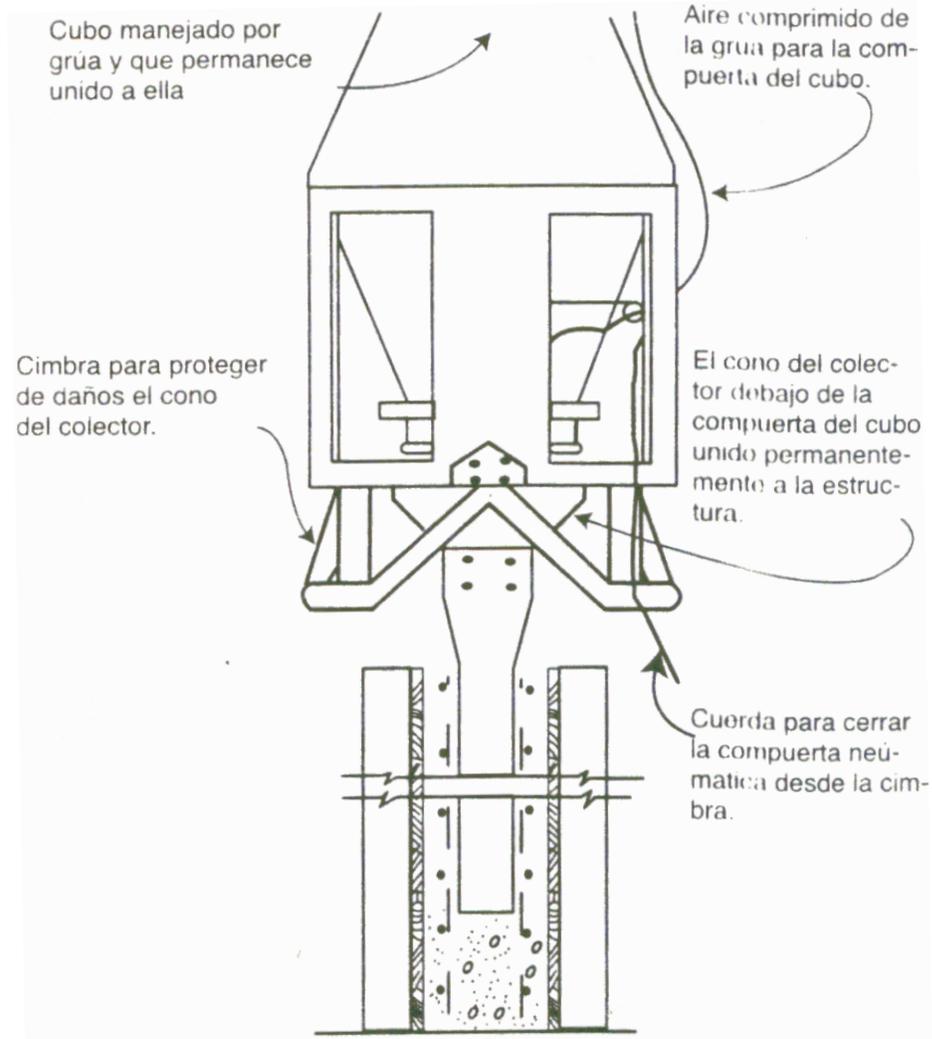
CONSISTENCIA DEL CONCRETO EN CIMBRAS PROFUNDAS Y ESTRECHAS.



Caída vertical del concreto en bolsas exteriores debajo de cada abertura de la cimbra, permitiendo que el concreto se detenga y fluya fácilmente a la cimbra sin segregación.

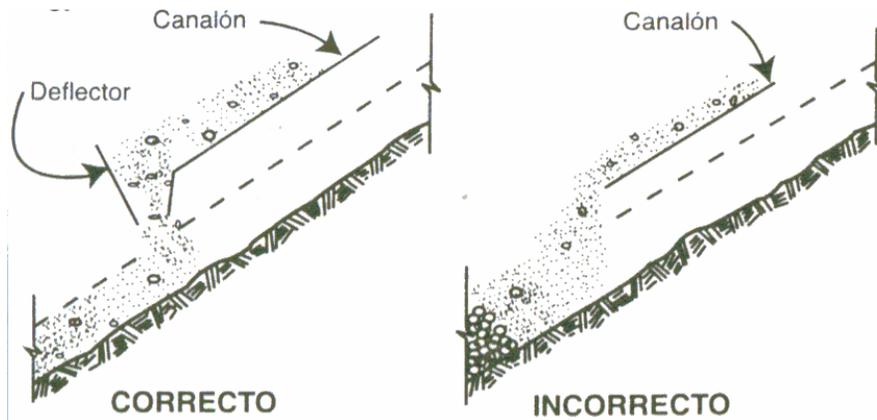
Permite que el concreto fluya a gran velocidad dentro de las cimbras, o que forme un ángulo con la vertical. Esto resulta invariablemente en segregación.

COLOCACIÓN EN MUROS PROFUNDOS O CURVOS A TRAVÉS DE UNA ABERTURA EN LA CIMBRA.



Conducto de caída flexible conectado al cono colector. El conducto se dobla en plano cuando no está cayendo nada de concreto, permitiendo que se le emplee para el menor tamaño de agregado, además de ser lo suficientemente grande para el mayor.

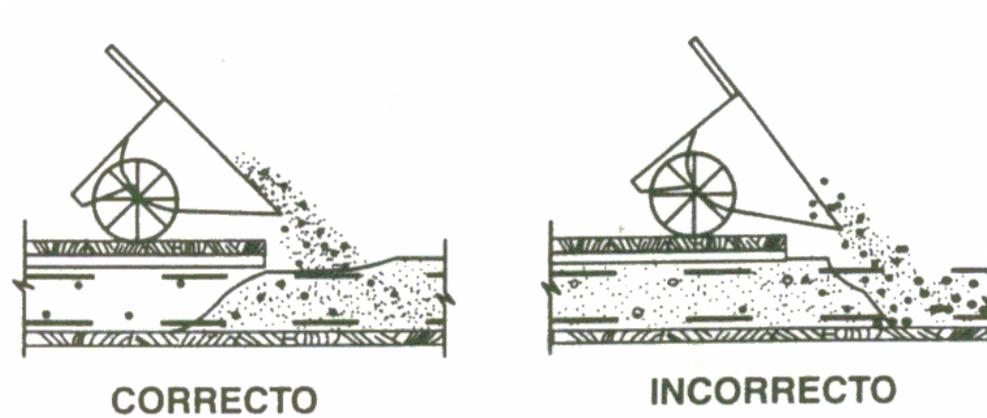
COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMBRAS PROFUNDAS Y ESTRECHAS.



Colóquese el deflector en el extremo del canalón de tal manera que se evite la segregación y el concreto conserve su pendiente.

Descarga el concreto desde el extremo libre de un canalón en una pendiente que va a pavimentarse. La grava se segrega y va al fondo de la pendiente. La velocidad tiende a arrastrar el concreto hacia abajo.

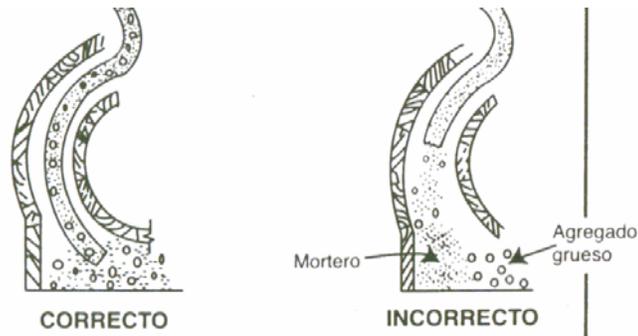
COLOCACIÓN DEL CONCRETO DESDE CARRETILLAS.



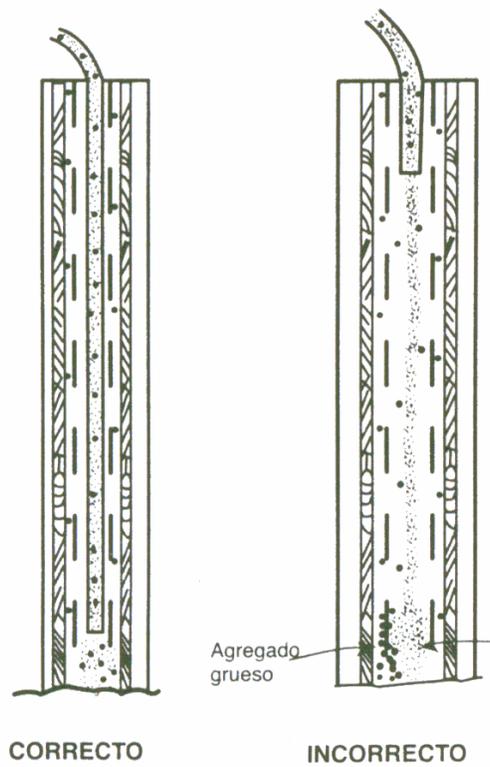
Descargar el concreto hacia atrás del concreto ya colado.

Descargar el concreto sobre el concreto ya colado.

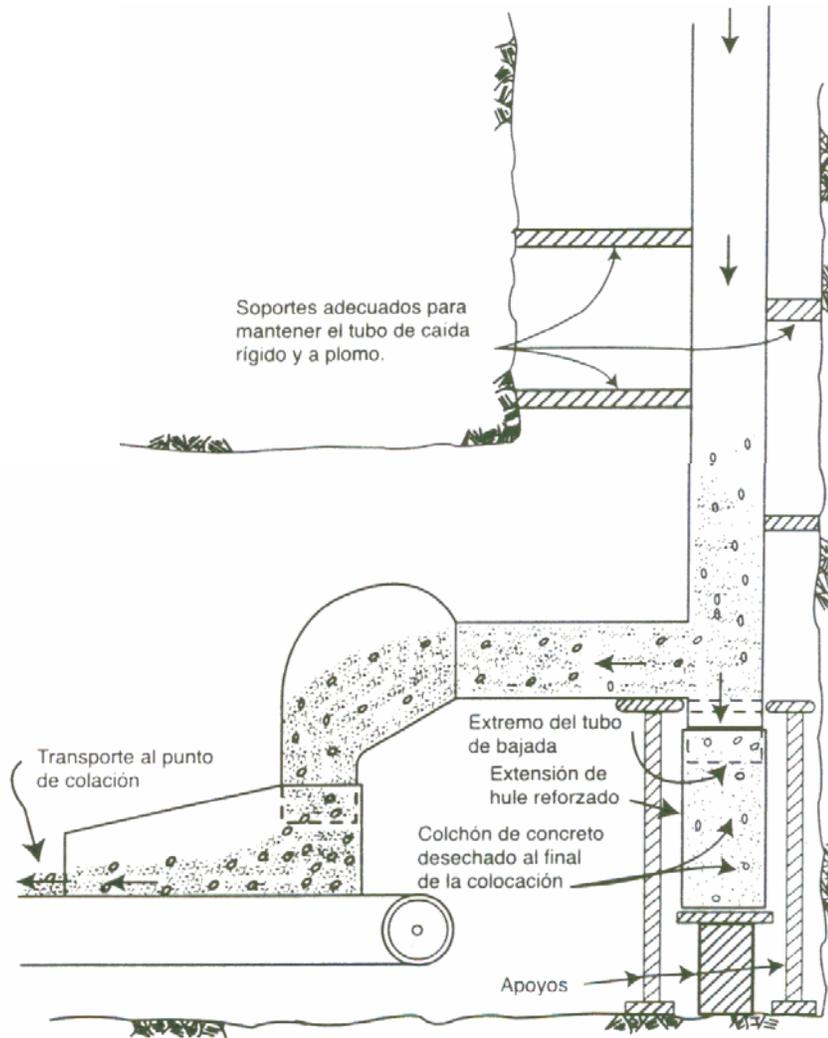
COLOCACIÓN DEL CONCRETO DESDE CARRETILLAS



Colocación del concreto por medio de bomba y manguera, en cimbras estrechas.



Colocación del concreto bombeado en una cimbra profunda y curvada para muro por medio de manguera.



COLOCACIÓN DE CONCRETO MEDIANTE TUBO DE CAÍDA

Nota: el bote de abertura resistente desde el cual fluye el concreto de la tolva de descarga a la banda transportadora, cubeta, canalón o bomba se puede sustituir por un hule reforzado.

4.3.2 CONCRETO PERMEABLE

El concreto permeable se aplica igual que cualquier concreto, se mezcla en trompo o revolvedora, se cuela la mezcla, se reparte con rastrillos, se nivela a regla, se vibro compacta con una placa vibradora y se cubre con plástico durante tres días (figura 4.5). También se puede solicitar en piezas prefabricadas en forma de adoquines que se colocan igual que los adocretos.



Fig. 4.5 Colocación del concreto permeable.

Durante la colocación del concreto permeable se recomienda la utilización de un rodillo para extender y compactar el material.

El concreto permeable, se debe colocar rápidamente debido a que puede presentar pérdida de trabajabilidad, asimismo se debe tener cuidado que la pasta exhiba un brillo metálico, en caso contrario que el agua es escasa para la hidratación.

El concreto permeable, sólo puede mantenerse en la olla hasta 90 min. por la rápida hidratación del cemento en este material. Al igual que el concreto convencional, requiere juntas de contracción las cuales pueden realizarse en fresco con un rodillo cortador o con cortadora de disco de diamante en el material endurecido. Es de vital importancia proporcionar un curado con una cubierta de polietileno inmediatamente después de haber colocado el pavimento permeable.

- El uso de un aditivo retardante / reductor de agua ayudará en las operaciones de colocación provocando que el fraguado inicial de mezcla sea más tardío cuando se manejen grandes tiempos en la colocación.
- El uso de equipo mecánico de esparcimiento mejorará la producción y reducirá la contaminación de los materiales de la subrasante. Si el equipo no está disponible, la distribución será manual.
- Un método de colocación usado recientemente con buenos resultados, incluye el uso de un rodillo en el enrasador de la mezcla permeable. En seguida se compacta el pavimento en la cimbra utilizando un pequeño plato vibrador o un rodillo compactador en la capa de 3/4”.
- Las cimbras pueden ser de madera o acero y tendrán la profundidad del pavimento. Deberán ser lo suficientemente resistentes y estables para soportar equipo mecánico sin tener alguna deformación, desarrollando las operaciones de compactación y esparcimiento.
- Las juntas transversales de contracción serán instaladas en intervalos de 6.1m; se instalarán a una profundidad de 6.35 mm del espesor del pavimento. Estas juntas pueden colocarse con concreto plástico o con una cortadora. Si se utiliza una cortadora, el procedimiento es rápido ya que el pavimento endurece lo suficiente para prevenir los desvíos. Normalmente se hacen juntas después del curado

4.4 ADITIVOS.

4.4.1 CONCRETO RÍGIDO

Los aditivos son aquellos que, además del concreto Pórtland, agua y los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado (figura 4.6)



Fig. 4.6 Aditivos líquidos.

Los aditivos se pueden clasificar según sus funciones, como sigue:

1. Aditivos incorporadores de aire (inclusiones de aire)

El inductor de aire, incluyen o arrastran burbujas de aire diminutas repartidas uniformemente por todo el cemento; mejora considerablemente la durabilidad de concretos expuestos a ciclos de congelación-deshielo (hielo-deshielo) (figura 4.7). El aire incorporado mejora la resistencia del concreto al descascaramiento a la superficie causado por productos descongelantes (figura 4.8). Asimismo afecta las propiedades del concreto fresco al incrementar la trabajabilidad.

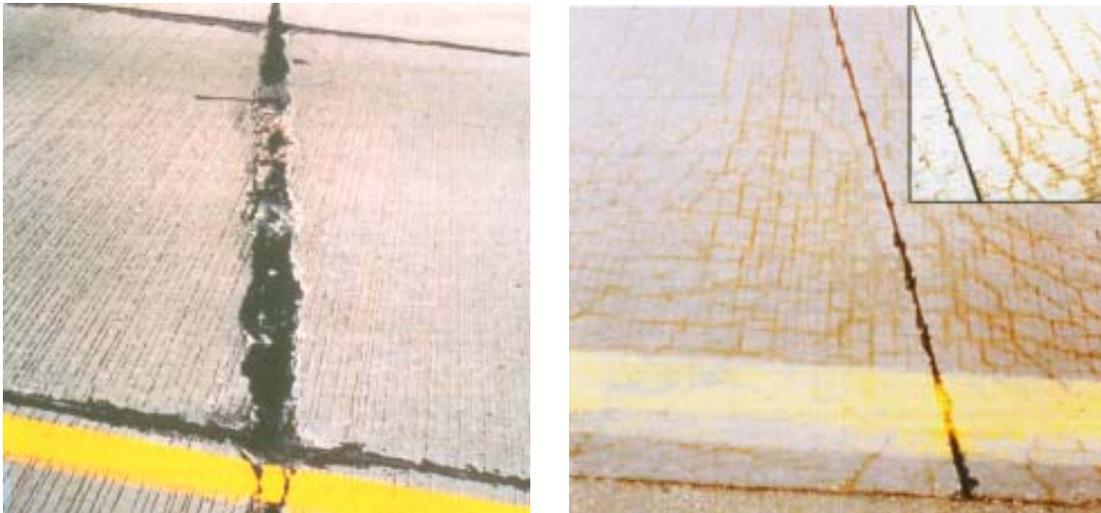


Fig. 4.7 Daños causados por la congelación en juntas del concreto.



Fig. 4.8 Descascaramiento del concreto resultante de una carencia de aire incorporado.

2. Aditivos reductores de agua

Estos aditivos se usan para disminuir la cantidad de Agua de mezcla necesaria para la producción de un concreto con un revenimiento específico, para la reducir la relación agua-cemento, el contenido de cemento y aumentar el revenimiento; de esta manera se obtiene un aumento en la resistencia. Los reductores de agua típicos disminuyen el contenido de agua aproximadamente del 5% al 10%.

3. Reductores de agua de alto rango.

Estos reductores se comportan en forma muy parecida a los aditivos reductores de agua convencionales. Pueden reducir grandemente la demanda de agua y el contenido de cemento pueden producir concretos con baja relación agua-cemento, alta resistencia y trabajabilidad normal o alta; esta reducción de agua está entre el 12% y 30%, lo que permite producir concretos con: resistencia última mayor que 715 kg/cm^2 , desarrollar las resistencias a una temprana edad, menor penetración de iones cloruro y propiedades benéficas a baja relación agua-cemento del concreto, ver figura 4.9



Fig.4.9 concreto con baja relación agua-cemento y baja permeabilidad a los cloruros, ideal para el tablero de puentes, se produce fácilmente con reductores de agua de alto rango.

4. Superplastificantes, para concretos fluidos

También llamados superfluidizantes, son aditivos reductores de agua de alto rango, se adicionan al concreto de revenimiento y relación agua-cemento de bajo a normal, para producir un concreto fluido, con alto revenimiento (ver figura 4.10), éste se puede colocar con poco o ninguna vibración o compactación mientras se mantiene libre de sangrado o segregación excesivas. Algunas de sus aplicaciones son: colado de concreto en secciones muy delgadas, áreas con poco espaciamiento del acero de refuerzo, colado bajo el agua, concreto bombeado (para reducir la presión de bombeo), áreas donde no se puedan usar los métodos convencionales de consolidación y para reducir los costos de manejo.



Fig. 4.10 Concreto fluido con alto revenimiento, colocado fácilmente, en áreas con alta congestión de acero de refuerzo.

5. Aditivos aceleradores (acelerantes)

Se usan para acelerar la tasa de hidratación (fraguado) y el desarrollo de la resistencia del concreto en edades tempranas. El cloruro de calcio (CaCl_2), es el compuesto químico más empleado en aditivos aceleradores, especialmente en concretos sin acero de refuerzo y debe cumplir con los requisitos de la ASTM D 98 (AASHTO M 144) y NMX C 456. El cloruro de calcio, además de acelerar el desarrollo de resistencia promueve un aumento de la concentración por secado, corrosión potencial del acero, decoración (oscurecimiento del concreto) y el aumento del potencial del descascaramiento.

6. Aditivos retardadores (retardantes)

Se usan para retrasar el tiempo de fraguado del concreto, pero también se usan para disminuir la pérdida de revenimiento y extender la trabajabilidad; especialmente antes de la colocación del concreto en ambientes con altas temperaturas. Los retardadores se usan en ocasiones para: compensar el efecto acelerador de la temperatura sobre el fraguado del concreto, retardar el fraguado inicial del concreto o de la lechada cuando ocurren condiciones de colocación difíciles o poco usuales, tales como el colado de pilas o cimentaciones de gran tamaño, la cimentación de pozos de petróleo o el bombeo del concreto o lechadas a grandes distancias y finalmente para retrasar el fraguado para ejecución de técnicas especiales, tales como superficies con agregados especiales.

7. Aditivos de control de hidratación

Consisten en un sistema de químicos dividido en dos partes: un estabilizador o retardador que básicamente detiene la hidratación de los materiales y cementantes y un activador que, cuando es adicionado al concreto estabilizado, establece la hidratación y el fraguado normal. El estabilizador puede suspender la hidratación por 72 horas y el activador se adiciona al concreto poco antes de que se use. Estos aditivos pueden suspender el fraguado por toda la noche, posibilitando la reutilización de concretos retornados al camión de concreto premezclado; asimismo es útil en la manutención del concreto estabilizado, sin endurecer, durante el transporte por largos periodos.

8. Inhibidores de corrosión

Se usan en concreto de estructuras de estacionamientos, estructuras marinas y puentes donde las sales de cloruro estén presentes (figura 4.11) Estos aditivos inhibidores de corrosión comercialmente disponibles incluyen: nitrito de calcio, nitrito de sodio, estanolamina, dimetil, aminas, fosfatos y esteraminas. Los inhibidores anódicos, tales como nitritos bloquean la reacción de corrosión y estabilizan la película pasivadora de protección del acero.



Fig. 11 Daños a la estructura como resultado de la corrosión del acero, inducida por cloruros.

9. Aditivos reductores de contracción (retracción)

Tienen su uso potencial en puentes, losas de pisos críticos y edificios donde se deben minimizar las fisuras (grietas) y la deformación por razones de durabilidad y estética (figura 12). Ensayos de laboratorio han mostrado reducciones de la construcción por secado entre 25% y 50%.



Fig. 12 Fisuras por contracción, como se muestra en este tablero de puente, las cuales se pueden reducir con uso de aditivos reductores de contracción.

10. Aditivos químicos para la reducción de la reactividad álcali-agregado.

Se introdujo en el mercado en los años 90, algunos materiales como: nitrito de litio, carbonato de litio, hidróxido de litio, silicato de aluminio y litio y sales de bario; han reducido la reacción álcali-sílice (RAS) y tienen su uso potencial como aditivos para el cemento. Hay poca experiencia de campo disponible sobre la eficiencia de estos materiales.

11. Aditivos colorantes

Se usan materiales naturales y sintéticos para colorear el concreto sea por razones estéticas, sea por seguridad, como lo muestra la figura 4.13, el color rojo se usa en líneas eléctricas subterráneas o gas como una advertencia a cualquier persona, cerca de las instalaciones. El concreto amarillo se usa en las guías de seguridad en los pavimentos. El negro humo no modificado reduce significativamente el contenido de aire, la mayoría éstos, para la coloración del concreto contiene un aditivo para compensar este efecto sobre el aire.



Fig. 4.13 Se emplearon pigmentos rojos y azules para colorear este piso.

12. Aditivos a prueba de agua

Estos aditivos incluyen ciertos jabones, estearatos, y productos del petróleo. Su empleo en mezclas bien proporcionadas puede aumentar el agua necesaria y, en realidad, resulta en un aumento de la permeabilidad; asimismo se usan, a veces, para reducir la transmisión de humedad, a través del concreto que este en contacto con el agua o con el suelo húmedo.

13. Aditivos impermeabilizantes

Reducen la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto y por consiguiente reducen la permeabilidad.

14. Auxiliar de bombeo

Los auxiliares de bombeo se adicionan al concreto para mejorar la bombeabilidad, asimismo aumentan la viscosidad o la cohesión del concreto, reduciendo la separación del agua de la pasta que está bajo la presión de la bomba.

15. Aditivos de adherencia y agentes de adherencia

Son normalmente emulsiones de agua de materiales orgánicos incluyendo hule, cloruro de polivinilo, acrílicos, copolímeros de butadieno estireno y otros polímeros. Se adicionan a las mezclas de cemento portland para aumentar la resistencia de adherencia entre el concreto viejo y el concreto nuevo. La resistencia a flexión y la resistencia al ingreso de iones cloruro también se aumentan.

16. Aditivos para lechadas

Se usan para estabilizar cimientos, bases de máquinas, rellenar fisuras y juntas de concreto, cementar pozos de petróleo, rellenar el núcleo de los muros de mampostería, cementar tendones de prensado, pernos de anclaje y rellenar vacíos en concretos con agregados precolados.

17. Aditivos formadores de gas

El polvo de aluminio y otros materiales formadores de gas, se adicionan algunas veces en el concreto y a la lechada en cantidades muy pequeñas para ocasionar una pequeña expansión de la mezcla antes de su endurecimiento. Estos materiales se usan en mayores cantidades para reducir concretos celulares en autoclave.

18. Purgadores de aire

Estos aditivos reducen el contenido de aire en el concreto. Se usa cuando no se puede reducir el contenido de aire con el ajuste de la proporción o el cambio de la dosis del agente inclusor de aire y de otros aditivos.

19. Aditivos fungicida, germicida e insecticida

Se emplean principalmente en el combate del crecimiento de bacterias y hongos en el concreto endurecido; los materiales más empleados son: los fenoles polihalogenados, las emulsiones de dieldrin y los compuestos de cobre; si son empleados en grandes cantidades, pueden reducir la resistencia a compresión del concreto.

20. Aditivos anti-deslave

Aumentan la cohesión del concreto hasta un nivel que permita su exposición limitada al agua, resultando poca pérdida de cemento. Esto permite la colocación del concreto en agua y bajo el agua sin el uso de tubos sumergidos.

El concreto debe ser trabajable, fácilmente acabado, fuerte durable, estanco y resistente al desgaste. Estas calidades se las puede obtener fácil y económicamente con la selección de los materiales adecuados, preferiblemente al uso de los aditivos.

Las razones principales para el uso de aditivos son:

1. Reducción del costo de la construcción de concreto.
2. Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que otras.
3. Manutención de la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colado (colocación) y curado en condiciones de clima adverso.
4. Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

La eficiencia de un aditivo depende de factores tales como: tipo, marca y cantidad de material cementante; contenido de agua; forma granulometría y proporción de los agregados; tiempo de mezclado y temperatura del concreto.

A continuación se presenta la tabla 4.2, donde se describen los diferentes tipos de aditivos y su efecto que le producen al concreto hidráulico.

Tipo de Aditivos y Normas	Efecto Deseado	Material
Acelerador	Acelerar el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia temprana.	Cloruro de calcio, (ASTM D 98 y AASHTO M 144) trietanolamina, tiocianato de sodio, formiato de calcio, nitrito de calcio y nitrato de calcio.
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo C), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NMX-C-356, NTC 1299 (tipo C), NTO 334.088		
Adherencia	Aumentar la resistencia de adherencia.	Cloruro polivinilo, acetato polivinilo, acrílicos, copolímeros de butadienoestireno.
Aditivo para lechada.	Ajustar las propiedades de la lechada para aplicaciones específicas.	Consultar aditivos inclusotes de aire, aceleradores, retardadores y reductores de agua.
Agente espumante	Producir concreto ligero y concreto celular con baja densidad.	Surfactantes catiónicos o aniónicos Proteína hidrolizada.
Anti-deslave	Aumentar la cohesión del concreto para su colocación bajo agua.	Celulosa, polímero acrílico.
A prueba de humedad	Retrasar la penetración de humedad en el concreto seco.	Jabones de estearato de calcio o amonio, estearato butilo, y productos de petróleo.
Auxiliar de bombeo	Mejorar las condiciones de bombeo.	Polímeros orgánicos y sintéticos, floculantes orgánicos, emulsiones orgánicas de parafina, alquitrán, asfalto, acrílicos, cal hidratada, bentonita, y sílice pirogénica.
Colorante	Producir concreto coloreado.	Negro de humo modificado, óxido férrico, tierra de sombra, óxido de cromo, óxido de titanio y azul cobalto.
ASTM C 979, NMX-C 313, NTC 3760		
Control de hidratación	Suspender y reactivar la hidratación del cemento con un estabilizador y un activador.	Ácidos carboxílicos y sales de ácidos orgánicos conteniendo fósforo.
Formador de gas	Causar expansión antes del fraguado	Polvo de aluminio.
Fungicida, germicida e insecticida	Inhibir o controlar el crecimiento de bacterias y hongos.	Fenoles polihalogenados, emulsiones de dieldrin y compuestos de cobre.
Impermeabilizantes	Disminuir la permeabilidad	Látex y estearato de calcio.
Inclusores (incorporador) de aire	Mejorar la durabilidad en los ambientes sujetos a congelación-deshielo, sales sulfatos y ambientes álcali reactivos, mejorar la durabilidad.	Sales de resinas de madera (resina vinsol), algunos detergentes sintéticos, sales de lignina sulfonatada, sales de ácidos de petróleo, sales de materialprotaináceo, sulfonatos de alquibenceno, sales de hidrocarburos sulfonados, ácidos grasos y resinuosos y sus sales.
ASTM C 260, AASHTO M 154, COVENIN 0357, IRAM 1663, NCh2182.OF1995, NGO 41069, NMX-C-200, NTC 3502, NTP 334.089, NGO 41016		

Tipo de Aditivos y Normas	Efecto Deseado	Material
Inhibidor de reacción álcali-agregado	Reducir la expansión por reactividad álcali-agregado	Sales de bario, nitrato de litio, carbonato de litio, hidróxido de litio.
Inhibidor de Corrosión	Reducir la corrosión del acero en ambientes de alta concentración de cloruros	Nitrito de calcio, nitrito de sodio, benzoato de sodio, ciertos fosfatos y fluosilicatos, floaluminatos y esteramina.
Purgador de aire (reductor de aire)	Disminuir el contenido de aire	Fosfato tributilo, ftalato dibutili, alcohol octilo, ésteres insolubles en ácidos carbónico y bórico, silicones.
Reductor de agua	Reducir en hasta 5% el contenido de agua	Lignosulfonatos, ácido carboxílico hidroxilato, carbohidratos (también tiende a retardar el fraguado, entonces normalmente se añade un acelerador)
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo A), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua y acelerador	Reducir en hasta 5% el contenido de agua y acelerar el fraguado	Véase reductor de agua.
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo E), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua y retardador	Reducir en hasta 5% el contenido de agua y retardar el fraguado	Véase reductor de agua (se añade retardador)
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo D), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua de alto rango	Reducir en hasta 12% el contenido de agua	Véanse en superplastificantes.
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo F), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua de alto rango y retardador	Reducir en hasta 12% el contenido de agua y retardar el fraguado	Véanse en superplastificantes y reductores de agua.
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo F), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua de medio rango	Reducir el contenido de agua de 6% a 12% sin retardado de fraguado	Lignosulfonatos pilicarboxilatos
Reductor de contracción	Disminuir la contracción por secado	Éter alfil polioxiálkileno. Propileno glicol.
Retardador	Retardar el tiempo de fraguado	Lignina, bórax, azúcares, ácido tartárico y sales.
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo B), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		
Superplastificante	Aumentar la fluidez del concreto. Disminuir la relación agua-cemento	Formaldehido condensado de melamina sulfonato, formaldehido condensado de naftaleno sulfónico, Lignosulfonatos, pilicarboxilatos.
ASTM C 1017 (tipo 1), IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 4023 (tipo F), NTP 334.088		
Superplastificante y retardador	Aumentar la fluidez del concreto con tiempo de fraguado retardado. Disminuir la relación agua-cemento.	Véanse en superplastificantes y reductores de agua.
ASTM C 1017 (tipo 2), IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 4023 (tipo G)		

Nota: ésta tabla fue copiada del libro de Diseño y Control de Mezclas de Concreto; Steven H. Kosmatka, Beatriz Kerkhoff, William C. Panarese y Jussara Tanesi.

Finalmente se mencionaran algunos aditivos naturales, aplicados en el concreto:

1. Aditivos minerales finamente divididos.

Son materiales pulverizados, que se agregan al concreto antes del mezclado o durante éste, para mejorar o transformar algunas de las propiedades del concreto del cemento portland en estado plástico o endurecido. De acuerdo a sus propiedades físicas, se clasifican como: materiales cementantes, puzolanas, materiales nominalmente inertes, materiales puzolánicos y cementantes.

2. Materiales cementantes.

Los materiales cementantes, son sustancias que por sí solas tienen propiedades hidráulicas cementantes (fragan y endurecen en presencia del agua). Los materiales cementantes incluyen a la escoria granulada de alto horno molida, al cemento natural, a la cal hidráulica hidratada y, a las combinaciones de estos y de otros materiales.

La escoria granulada de alto horno, molida fabricada a partir de la escoria de alto horno de hierro, es un producto no metálico que consiste principalmente de silicatos y aluminosilicatos de calcio y de otras bases que se desarrollan en la fundición simultánea con el hierro en los altos hornos.

La cal hidráulica hidratada, ASTM C 141, se obtienen calcinando calizas que contengan sílice y alúmina, hasta un punto en el cual se encuentre presente suficiente óxido de calcio libre y silicatos de calcio sin hidratar para lograr las propiedades de hidratación e hidráulicas del material.

3. Materiales puzolánicos.

Una puzolana es un material silíceo o aluminosilíceo que por sí mismo posee poco o ningún valor cementante pero que, en forma finamente molida y en presencia del agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio liberado por la hidratación del cemento portland para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

Como puzolana se emplean un gran número de materiales naturales: las tierras diatomáceas, los horstenos opalinos, las arcillas, las pizarras, las tobas volcánicas y la piedra pómez. La mayoría de las puzolanas naturales se deben moler antes de ser usadas y muchas se tienen que calcinar a temperaturas de 650°C a 980°C, para activar sus componentes arcillosos. Estos materiales se clasifican según la norma ASTM C 168 como puzolanas clase N.

Las puzolanas también incluyen a la ceniza volante y al humo de sílice. El aditivo mineral más ampliamente utilizado en el concreto, la ceniza volante, es un residuo

finamente dividido (polvo que se asemeja al cemento) que resulta de la combustión de carbón mineral pulverizado en las plantas generadoras de electricidad.

El humo de sílice (microsílice o humo de sílice condensado); es otro material que se utiliza como aditivo puzolánico. Es un polvo de color gris claro a oscuro o en ocasiones gris azulado verdoso, es el resultado de la reducción de cuarzo muy puro con carbón mineral en un horno de arco eléctrico durante la manufactura del silicio o de aleaciones de ferrosilicio, éste asciende como vapor oxidado de los hornos a 2000°C, se enfría, se condensa y se recolecta en enormes bolsas de tela. Finalmente se le proceso para retirarle las impurezas y para controlar su tamaño de partícula.

4. Materiales puzolánicos y cementantes.

Algunas escorias granuladas de alto horno molidas y también algunas cenizas volantes, exhiben propiedades puzolánicas como cementantes. Las cenizas volantes ASTM C 618 clase C con un contenido de óxido de calcio de aproximadamente 15% a 30% en peso, son las predominantes dentro de esta clasificación. Al exponerse al agua, muchas de estas cenizas se hidratan y endurecen en menos de 45 minutos.

La práctica de utilizar ceniza volante es por el gran interés en la conservación de la energía, así como la reducción en el costo del concreto que se obtiene al emplear cenizas o escorias para reemplazar parcialmente el cemento.

5. Materiales nominalmente inertes.

Los materiales nominalmente inertes tienen pocas o nulas propiedades cementantes. Algunos de los materiales inertes son el cuarzo en bruto finamente dividido, las dolomitas, calizas, mármol, granito y otros materiales. Los materiales inertes frecuentemente se emplean como adición al cemento y como una sustitución parcial de la arena en el concreto para mejorar las trabajabilidades pobres causadas frecuentemente por la falta de finos en la arena. En ocasiones se agrega a los concretos, caliza pulverizada para reducir la reactividad álcali-sílice.

4.4.2. CONCRETO PERMEABLE.

El uso de aditivos en el concreto permeable, es importante y necesario; la aplicación de éstos químicos, tales como: reductores de agua, retardadores, inclusores de aire, retardante de fraguado (tipo B), reductores/retardante de fraguado (tipo D), entre otros; tienen como finalidad proporcionar una mejor calidad en el concreto.

También se puede utilizar un estabilizador para la hidratación; se recomienda en el diseño y en la producción del concreto permeable. Este estabilizador suspende la hidratación del cemento formando una barrera protectora en las partículas de cemento, retrasando el fraguado inicial que alcanzan las partículas. La función primaria de los aditivos es la de estabilizar la hidratación; sin embargo, debe también resolver los requisitos para retardantes / reductores de agua del tipo D o de tipo B.

La inclusión de aditivos mejorará las características de colocación y endurecimiento. Los aditivos reductores de agua tipo A (ASTM C 94) y el reductor de agua y retardante tipo D, según ASTM C 494, tiene una buena función, particularmente en la aplicación de clima cálido.

Una gran cantidad de aditivo reductor de agua no tiene hasta la fecha resultados efectivos en el mejoramiento de la colocación del concreto permeable.

Las investigaciones futuras requerirán proveer más recomendaciones referentes a su uso. En cuanto a las recomendaciones para la dosificación de aditivos y secuencias de carga habría que dar un mayor seguimiento.

Los aditivos para la inclusión de aire ASTM C 260 realizados para crear estructuras porosas en la pasta cementante, mejoran la resistencia del pavimento la cual se ve deteriorada por los ciclos de hielo / deshielo. Los grandes poros en la estructura del pavimento y la elasticidad dada por las inclusiones de aire en la pasta cementante son producidos por la eliminación de agregado fino proporcionando a los cristales de hielo una estructura tal que permita su expansión.

4.5. MAQUINARIA Y EQUIPO DE COLOCACIÓN

4.5.1. CONCRETO RÍGIDO

EQUIPO DE COLOCACIÓN

En la colocación y transportación del concreto es necesario contar con buenos equipos y los adecuados para llevar a cabo éste proceso en las mejores condiciones a un menor costo y tiempo.

Cuando se descarga el concreto de la mezcladora, se deben tener precauciones para evitar la segregación por la caída sin control por el canalón cuando caen en las cubetas, tolvas, carretillas o cimbras. Esa segregación es más fácil que ocurra cuando se utilizan mezcladoras no inclinables, con canalones de descarga que permiten el paso del concreto en corrientes más pequeñas que con las mezcladoras inclinables.

A continuación se muestra una tabla de los métodos y equipos para el transporte y el manejo del concreto.

Equipo	Tipo de trabajo más adecuado para el equipo	Ventajas	Puntos a fijarse
Baldes (cubos, cubetas, tolvas)	Usados con las grúas, cablevías y helicópteros para la construcción de edificios y presas. Transporta el concreto directamente del punto de descarga en la central hasta la cimbra (encofrado) o hasta un punto secundario de descarga.	Permite el aprovechamiento total de la versatilidad de las grúas, cablevías y helicópteros. Descarga limpia. Gran variedad de capacidades.	Escoja la capacidad del cubo de acuerdo con el tamaño de la mezcla y la capacidad del equipo de colocación. Se debe controlar la descarga.
Bombas	Usadas para transportar concreto directamente desde el punto de descarga de la central hasta la cimbra (encofrado) o el punto de descarga secundario.	La tubería ocupa poco espacio y se la puede extender fácilmente. La descarga es continua. La bomba puede mover el concreto vertical y horizontalmente. Bombas montadas en camiones pueden entregar concreto tanto en obras pequeñas como en grandes proyectos. Los aguilonos (plumas) estacionarios proveen concreto continuamente para la construcción de edificios altos.	Se hace necesario un suministro de concreto fresco constante con consistencia media y sin la tendencia a segregarse. Se debe tener cuidado al operar la tubería para garantizar el flujo uniforme. Además, se le debe limpiar al concluir cada operación. El bombeo vertical, con curvaturas y a través de mangueras flexibles va a reducir considerablemente la distancia máxima de bombeo.
Camión agitador	Usados para transporte de concreto para pavimentos, estructuras y edificios. La distancia de transporte debe permitir la descarga de concreto en 1 ½ hora, pero este límite se puede ignorar bajo ciertas circunstancias.	Se opera desde una central mezcladora donde se produce concreto de calidad bajo condiciones controladas. La descarga de los agitadores es controlada. Hay uniformidad y homogeneidad del concreto en la descarga.	El tiempo de descarga debe adecuarse a la organización de la obra. El personal y los equipos deben estar listos en la obra para el manejo del concreto.

Equipo	Tipo de trabajo más adecuado para el equipo	Ventajas	Puntos a fijarse
Camión mezclador	Usados para transporte para pavimentos, estructuras y edificios. La distancia de transporte debe permitir la descarga del concreto en 1 ½ hora, pero este límite se puede ignorar bajo ciertas circunstancias.	No necesita de central mezcladora, solo una planta de dosificación, pues el concreto se mezcla completamente en el camión. La descarga es la misma que el camión agitador.	El tiempo de descarga debe adecuarse a la organización de la obra. El personal y los equipos deben estar listos en la obra para el manejo del concreto. El control de calidad del concreto no es tan bueno como en la central mezcladora
Camiones no agitadores.	Usados para transportar concreto en distancias cortas sobre pavimentos lisos.	El costo de capital del equipo no agitador es menor que el de los camiones agitadores o mezcladores.	El revenimiento (asentamiento) del concreto se debe limitar. Posibilidad de segregación. Se necesita de una altura libre para levantar el cuerpo del camión en la descarga.
Canalones sobre camión mezclador	Para transportar concreto a un nivel inferior, normalmente abajo del nivel del terreno, en todos los tipos de construcción de concreto.	Bajo costo y facilidad de maniobrar. No necesita fuerza, pues la gravedad hace la mayor parte de trabajo.	La inclinación debe variar entre 1 para 2 y 1 para 3. Los canalones se deben soportar adecuadamente en todas las posiciones. Son necesarios arreglos en las extremidades para evitar segregación.
Canalones de desnivel	Usados en la colocación del concreto en cimbras (encontrados) verticales de todos los tipos. Algunos canalones son una pieza de tubo producido en lona como goma flexible, mientras que otros son cilindros de metal articulados montados (trompa de elefante).	El canalón de desnivel lleva el concreto directamente para la cimbra (encofrado) y lo conduce hacia el fondo sin segregación. Su empleo evita el derrame de la lechada y del concreto sobre el acero de refuerzo o las laterales de la cimbra, el cual es dañino cuando se especifican superficies aparentes. También van a prevenir la segregación de las partículas de agregado grueso.	Deben ser suficientemente grandes, con aberturas abocinada en las cuales se puede descargar el concreto sin derramarlo. La sección trasversal del canalón de desnivel se debe escoger para permitir su inserción en la cimbra sin inferir en la armadura de acero.
Carretillas manuales y motorizadas	Para transporte corto y plano en todos los tipos de obra especialmente donde la accesibilidad al área de trabajo es restricta.	Son muy versátiles por lo tanto ideales en interiores y en obras donde las condiciones de colocación están cambiando constantemente.	Lentas y de bajo intensivo.
Esparcidores (entendedores de tornillo)	Usados para esparcir concreto en áreas grandes, tales como pavimentos y losas de puentes.	Con un esparcidor de tornillo, una mezcla de concreto descargada de un balde o un camión, se puede esparcir rápidamente sobre el área ancha con un espesor constante, el concreto esparcido tiene buena uniformidad de compactación antes de que se emplee la vibración para la compactación final.	Los esparcidores se usan comúnmente como parte de tren de pavimentación. Se debe usar para esparcir el concreto antes que la vibración sea aplicada.
Esferas (bandas cintas) transportadoras	Para transportar horizontalmente el concreto o a niveles más bajos o más arriba, normalmente se posicionan entre los puntos de descarga principal y secundario	Las esferas transportadoras tienen alcance ajustable, desviador viajero y velocidad variable, sea hacia delante o en reversa. Puede colocar grandes volúmenes de concreto, aun cuando el acceso sea limitado.	Son necesarios arreglos en las extremidades de descarga para prevenirse a la segregación y no dejar mortero en la esfera de regreso. En climas adversos (calurosos y con viento) las esferas largas necesitan de cubiertas.
Esferas transportadoras montadas sobre camión mezclador	Para transportar el concreto a un nivel inferior a un mismo nivel o más alto.	Los equipos de transporte llegan con el concreto. Tienen alcance ajustable y velocidad variable.	Son necesarios arreglos en las extremidades de descarga para prevenirse la segregación y no dejar mortero en la esfera de regreso.

Equipo	Tipo de trabajo más adecuado para el equipo	Ventajas	Puntos a fijarse
Grúas y balde	Es el equipo adecuado para trabajo arriba del nivel del terreno.	Pueden manejar concreto, acero de refuerzo (armadura), cimbra (encofrado) y artículos secos en puentes y edificios con estructura de concreto.	Tiene un sólo gancho. Se hace necesario un planteamiento cuidadoso entre el comercio y la operación para mantener la grúa ocupada.
Mezcladoras de dosificación móviles	Usadas en la producción intermitente de concreto en la obra o donde se necesitan pequeñas cantidades.	Es un sistema combinado de transporte, dosificación y mezclado para la dosificación rápida y precisa del concreto especificado. Operado por un solo hombre.	Operación sin problemas que requiere una buena manutención preventiva del equipo. Los materiales deben ser idénticos, aquéllos originalmente empleados en el diseño de mezcla.
Pistolas neumáticas (concreto lanzado)	Usadas en donde se va a colocar el concreto en sitios difíciles y en secciones finas con áreas grandes.	Ideal para la colocación del concreto en formas libres de cimbres, en reparaciones de estructuras, en recubrimientos protectores, cubiertas delgadas y paredes de edificios con cimbres en una cara.	La calidad del trabajo depende de la destreza del operador del equipo. Solo se debe emplear un lanzador de concreto con experiencia.
Tremie (tubo embudo)	Para la colocación del concreto bajo el agua.	Se le puede usar para verter concreto en la cimentación u otra estructura bajo el agua.	Se hacen necesarias precauciones para que garantice que la extremidad de descarga de la tremie esté siempre enterrada en el concreto fresco, de modo que se preserve el sello entre el agua y la mesa de concreto. Su diámetro debe ser de 250 a 300 mm, a menos que haya presión disponible. Las mezclas de concreto necesitan más cemento, 390 kg/m ³ y un revenimiento más elevado, de 150 a 230 mm, porque el concreto tiene que fluir y consolidarse sin vibración.

De esta misma forma se adicionan los siguientes equipos de colocación:

1. *CANALONES*: se utilizan con frecuencia para colocar el concreto. Pero se debe controlar con cuidado la operación para evitar la segregación y la pérdida indeseable de revenimiento. El declive o pendiente debe ser constante bajo cargas variadas y lo bastante pronunciado para manejar el concreto más rígido que se vaya a colocar. Los canalones largos deben estar protegidos contra el sol y el viento para evitar la evaporación del agua de la mezcla. La descarga debe ser verticalmente, de preferencia con un tramo corto de tubo de bajada.
2. *TOLVAS*: llamado también, “trompa de elefante”, o de tubo-embudo, depositan el concreto debajo del agua. Estos tubos tiene 1 ft o más de diámetro en la parte superior y un ligero abocinado o ensanchamiento en la parte inferior. Deben tener suficiente longitud para llegar al fondo; cuando se coloca el concreto, la tolva siempre se mantiene llena, con el extremo inferior sumergido en el concreto que se acaba de depositar. La tolva se eleva conforme sube el nivel del concreto. El concreto nunca se debe depositar a través de agua, salvo que este confinada.
3. *TRANSPORTADORES DE BANDA*: para depositar el concreto también presentan los problemas de segregación y pérdida de revenimiento, los cuales pueden aminorarse teniendo las mismas precauciones que para el transporte en camiones y la colocación con canalones.
4. *CONCRETO LANZADO*: se aplica contra la forma por medio de un chorro de aire. El equipo principal de este método de colocación lo constituyen una “pistola” o alimentador mecánico, mezcladora y compresor. Debido a que el concreto rociado puede colocarse con una baja proporción agua-cemento, por lo general tiene una alta resistencia a la compresión. Este método es de especial utilidad para conformaciones que no tiene cimbra en un lado.
5. *CARRETILLAS*: se utilizan para transportar el concreto en distancias cortas, por lo general desde una tolva hasta las formas.
6. *CARROS PARA CONCRETO*: tienen la misma aplicación que las carretillas y exigen menos esfuerzo del operario. Como son más frecuentes y más anchos, los carros pueden manejar 4.5 ft³.

A continuación se presentan algunas fotografías de los equipos antes mencionados.



Fig. 4.14. Descarga del concreto a través de un canalón desde el camión mezclador.



Fig. 4.15. Colocación del concreto mediante una grúa y cubo.



Fig. 4.16. Descarga del concreto premezclado desde el camión mezclador.



Fig. 4.17. La torre grúa y el cubo pueden manejar el concreto fácilmente en construcciones en edificios altos.



Fig. 4.18. En comparación con los camiones convencionales de descarga trasera los camiones mezcladores de carga delantera dan al conductor mayor movilidad y control para la descarga directa en el sitio.



Fig. 4.19. La esfera (banda) transportadora es un método eficiente y portátil para el manejo del concreto



Fig. 4.20. La esfera transportadora montada sobre el camión mezclador coloca el concreto hasta 12 metros sin la necesidad de otro equipo de manejo.



Fig. 4.21. (Izquierda) Una bomba montada sobre el camión y un aguilón pueden convenientemente mover el concreto verticalmente y horizontalmente para la posición deseada. (Derecha) Vista de la descarga del concreto de una manguera flexible conectada a la tubería rígida que se dirige a la bomba. La pipa (tubo) se usa en aguilonos de bombeo para mover el concreto hasta distancias relativamente largas. Hasta 8 metros de manguera flexible, se puede conectar a la extremidad de la tubería rígida para mejorar la movilidad de colocación.



Fig. 4.22. Esparcidor (extendedor) de tornillos, esparce rápidamente el concreto sobre un área amplia con un espesor uniforme; se usan principalmente en la construcción de pavimentos.



Fig. 4.23. Para trabajos sobre el terreno o sitios inaccesibles, un cubo de concreto se levanta por medio de un helicóptero.



Fig. 4.24. Un aguilón montado sobre un mástil y localizado cerca del centro de la estructura puede llegar frecuentemente a todos los puntos de la localización. Se usa principalmente en edificios altos donde las torres de grúas no se pueden ocupar de al colocación del concreto.



Fig. 4.25. Brazos giratorios en las esferas (bandas, cintas) transportadoras permiten que se coloque el concreto fresco de manera bastante homogénea en toda la cubierta,



Fig. 4.26 Los camiones basculantes depositan el concreto delante de la pavimentadota de cimbras deslizantes, lo cual coloca a todo lo ancho de una calle en una sola pasada.



Fig. 4.27 Las carretillas se usan para colar (colocar) el concreto en áreas que no se tienen por otros métodos.

MAQUINARIA

El objetivo de la planeación de cualquier programa de trabajo es producir el trabajo con la mayor rapidez, con la mayor fuerza laboral y con el equipo adecuado. Las máquinas para transporte y manejo de concreto están mejorando continuamente. La mayor productividad será lograda si se planea el trabajo para que se aprovechen, al máximo, el personal y los equipos; asimismo se seleccionan para que se reduzcan los retrasos durante la colocación del concreto, con base a esta información es que se presenta la maquinaria a utilizar, para ser más eficiente el trabajo.

1. *CARROS DE FERROCARRIL Y CAMIONES*: son elementos que nos sirven para transportar el concreto después de mezclarlo, sin embargo existe el riesgo de estratificación, con una capa de agua en la parte superior y el agregado grueso en el fondo.
2. *PISTOLA O ALIMENTADOR MECANICO, MEZCLADORA Y COMPRESIÓN*: se utiliza principalmente en el lanzado de concreto.
3. *AGITADOR*: se utiliza principalmente en el método de bombeo, para tener mejores resultados, se coloca este agitador en la tolva de alimentación de la bomba para evitar la segregación.
4. *VIBRADOR*: este aparato, en las formas es el deseable porque elimina los huecos. por lo general, se utilizan vibradores eléctricos o neumáticos.
5. *VIBRADORES DE INMERSIÓN*: principalmente se utilizan para la consolidación de concreto estructural y de concreto para plantillas de túneles.
6. *VIBRADORES DE MESA, NEUMÁTICOS*: estos vibradores, especialmente son útiles para: consolidar concreto en miembros que son muy delgados o congestionados con acero de refuerzo, para suplementar la vibración interna y para mezclas rígidas, cuando los vibradores internos no se pueden utilizar.

4.5.2 CONCRETO PERMEABLE

Para la mezcla, puede hacerse en trompo o en revolvedora, se cuela la mezcla, se reparte con rastrillos (figura 4.28), se nivela a regla, se vibra y compacta con una placa vibradora (figura 4.29) y se cubre con plástico durante tres días.



Fig. 4.28 Trompo o revolvedora móvil

El sistema de vibrado empleado, es del tipo “strike off”, o de impacto superficial. Se recomienda en la mayoría de los casos usar un vibrador mecánico en el modo más lento posible. Si en caso contrario, se implementan frecuencias de vibrado altas, lo más probable es que el hormigón se sobre compacte, alterando así la estructura de huecos y por ende la permeabilidad. Inmediatamente después del vibrado de impacto, se debe utilizar un rodillo pesado de fierro, del ancho total de la losa, para compactar la mezcla a la altura de las guías. Dependiendo de la consistencia de la mezcla y de la temperatura ambiente, puede necesitarse más de una pasada del rodillo, el que debe generar una presión de 4 a 7 ton/m², y que, además, debe ser limpiado y aceitado antes de cada pasada. La experiencia muestra que las juntas longitudinales son más susceptibles a desconche. Una compactación adicional en esta zona es necesaria para evitar la aparición de estas fallas.



Fig. 4.29. Vibradores usados en la consolidación del concreto

El paso del rodillo debe terminarse no más allá de 20 minutos después de la vibración de impactos. Debido a la textura abierta de la mezcla, la pérdida de humedad se produce a gran velocidad y el inicio del fraguado es muy rápido. Una pasada con el rodillo va desmenuzando de la terminación de la superficie. Si el concreto ha fraguado, el rodillo no compactará al nivel deseado. Además, un rodillado tardío produce agrietamiento superficial del mortero e incrementa la posibilidad de aparición futura de fallas, como desconches o grietas mayores. Usualmente no es necesario realizar operaciones de terminación después de la compactación, no siendo recomendables operaciones como pulimiento, pues puede obstruir o sellar los poros de la superficie disminuyendo su permeabilidad. No obstante, debe corregirse cualquier defecto superficial inmediatamente en forma manual (figura 4.30).

Uno de los inconvenientes que se pueden presentar en los concretos porosos es que necesitan un mantenimiento desde la construcción que evite la llegada de sedimentos a la superficie, pues éstos pueden obstruir sus poros.



Fig. 4.30 Aplicación del rodillo en una superficie de concreto permeable.



Fig. 4.31 Colocación del concreto permeable.

Dentro de la colocación del concreto, contamos con una bomba montada sobre un camión, la cual se apoya con aguilón, la cual mueve el concreto verticalmente y horizontalmente, para la posición deseada como se muestra en la figura 4.32.



Fig. 4.32 Un aguilón montado en un camión, el cual descarga el concreto en distintas posiciones.

V. CONTROL DE CALIDAD EN **LOS ACABADOS EN LOS** **CONCRETOS**

5.1 TIPOS DE ACABADOS

5.1.1 CONCRETO RÍGIDO

Existen diferentes maneras en que pueden agregarse textura al concreto arquitectónico con resultados espectaculares y a bajo costo.

Desde la antigüedad, el hombre se ha sentido preocupado por la expansión artística en la construcción. Hoy en día esto es más evidente que nunca; los muros texturizados y los trabajos planos con diseños intrincados se utilizan cada vez más en los nuevos proyectos y trabajos de construcción.

Con frecuencia en los proyectos se usa el color para realzar el paisaje. La combinación de color y textura puede mejorar estéticamente cualquier proyecto.

La ilimitada gama de formas, tamaños, texturas y colores que el concreto puede adoptar le dan la posibilidad de tomar casi cualquier forma en la que se le moldee.

De igual manera, también es posible crear diversos efectos de texturas de acabados de los precolados con laminados plásticos que se colocan como cimbras o con moldes no repetitivos trabajados en espuma de estireno, para lograr el relieve que usted elija.

Muchas de las superficies descimbradas requieren poco o ningún tratamiento, cuando se construyen cuidadosamente y en los materiales de cimbra (encofrado) adecuados. Estas superficies se dividen en dos clases: lisas y texturizadas o estampadas. Las superficies lisas se producen con cimbras de plástico, cimbras metálicas, cimbras de plástico reforzado con fibras de vidrio, cimbras de formica o cimbras de tableros templados, las superficies texturizadas o estampadas se logran con revestimiento de cimbras de madera con superficie áspera, madera contrachapada con granulometría o textura especial o fracturando las salientes de la superficie estriada.

Tipos de acabado:

ACABADO CON CIMBRAS ÁSPERAS: requieren que se cubran bien de todos los agujeros y defectos, a menos que se dejen los agujeros para efectos arquitectónicos. De lo contrario, estas superficies no necesitan de trabajo posterior, pues la textura y el acabado se confieren por las cimbras.

ACABADO LISO: es importante preparar el material de la cimbra que se utilizará en la cara lisa y los conectores en un patrón simétrico. Los soportes y los largueros, que son capaces de prevenir las deflexiones excesivas, deben de soportar las cimbras de acabado liso que tengan poco peso. Esta solución ha encontrado su lugar en la nueva tendencia del concreto en acabado liso, en la cual la superficie no recibe acabado adicional, sino que sale perfectamente del molde desde un principio.

ACABADO LISO RASPADO: se produce en la superficie recién endurecida, antes que se cumpla un día de la retirada de las cimbras. Las cimbras se remueven y el cubrimiento en huecos que presente se completa, lo más pronto posible. Entonces, se moja la superficie y se le raspa con un ladrillo carborundo u otro abrasivo hasta que se produzca un color uniforme y texturas satisfactorios.

ACABADO CON LLANA Y ARENA O ALISADO: también se puede producir en las superficies recién endurecidas. en un periodo de hasta 5 o 6 horas después del descimbrado, la superficie se debe mojar y raspar totalmente con llana de madera en un movimiento circular, trabajando la arena fina hacia dentro de la superficie hasta que resulte en un acabado con textura y color uniforme.

No obstante que el acabado liso puede ser uno de los más económicos, su producción con color estándar y con un acabado consistente requiere de un control estricto a fin de evitar problemas.

El color del cemento, el del agregado fino y el de la arena, así como la cantidad de agua empleada determinan, hasta cierto punto, el color final de la unidad.

Para trabajar una superficie con llana a mano se usará una llana de magnesio. Una llana de madera puede presentar adherencia y, por consiguiente, se requerirá de un mayor esfuerzo para obtener el mismo resultado. La superficie debe ser trabajada manual o mecánicamente. Los bordes deben ser boleados con un radio mínimo de un centímetro. Para el trabajo de usan medios mecánicos, se colocan las cuñas de la llana y se dará una primera nivelación: entre hora y media y dos horas después, se dará una segunda pasada a la superficie. Esto densifica los finos de la superficie y produce una losa mucho más resistente y fácil de limpiar.

ACABADOS DIRECTOS DEL CONCRETO DENTRO DEL MOLDE: es la apariencia que se logra por medio del molde, cuando la superficie del concreto no está sujeta a otro tratamiento futuro, por ejemplo, el concreto normal con apariencia.

CUERDAS INSERTADAS: el acabado de cuerdas es una técnica similar a la de las estrías, y se obtiene mediante la fijación de cuerdas sobre un molde de madera o de triplay y mojándolas antes y después del colado; posteriormente, estas cuerdas se sacarán del concreto endurecido por medios mecánicos. Al igual que todos los demás acabados, para lograr resultados satisfactorios, es esencial realizar pruebas a escala natural.

PATRONES Y FORROS: se pueden lograr gran variedad de efectos por medio de la textura de la cimbra. Hoy en día, se producen estos y otros efectos a gran escala con los revestimientos para cimbras.

Las diversas texturas para acabados de los precolados pueden lograrse con laminados plásticos que se colocan con los forros de la cimbra; se trata de alineadores plásticos rígidos que se fijan al lecho de vaciado o a la cimbra antes de colocar el concreto.

La decisión más importante será la de elegir la textura o el tipo de molde o forro más apropiado para cada proyecto.

Si hay superficies grandes de muros, una textura como la de aleta fracturada con profundidades mayores pueden dar una apariencia notable con sombreados más profundos.

Los acabados con estrías poco profundas, martelineadas o de sopleteado con arena son relativamente mejores para áreas más pequeñas.

RECUBRIMIENTOS INTEGRALES: también es posible realizar elementos de concreto para fachadas recubiertos con otro material, por ejemplo: azulejos, piedra natural, ladrillos de arcilla, etc.

Una técnica que se utiliza frecuentemente en el acabado de las superficies de concreto con azulejos, es por medio de una técnica ingeniosa de moldeo; los pequeños azulejos son succionados al vacío, hacia el molde, de modo que permanezcan fijos durante el vaciado y la compactación del concreto, no es necesario pintarlos después, lo que obviamente reduce los costos de manera considerable. Las fachadas de ladrillos son muy populares. Existen diferentes técnicas para realizar este tipo de acabado.

ACABADO DIRECTO DEL CONCRETO FRESCO EN SUPERFICIES HORIZONTALES: existe una variedad casi infinita de acabados decorativos en superficies horizontales de concreto, desde superficies con pulido liso hasta superficies ásperas.

ACABADO ESCOBILLADO: después que la superficie ha sido bien nivelada y trabajada con llana y con el concreto ya fraguó, se pasa ligeramente un escobillón de cuerdas suaves sobre el concreto para producir una textura antiderrapante.

Los movimientos del escobillón pueden ser rectos, ondulantes o una combinación de ambos.

ACABADOS COLOREADOS: para efectos decorativos en aplicaciones en ambientes internos y externos se pueden lograr mediante 4 diferentes métodos: el método de una capa o método integral, método de dos capas, el método del polvo rociado en seco y pintura.

Los pigmentos adicionados al concreto en la mezcladora para producir un color uniforme, es la base del método de una capa. Ambos pigmentos, naturales y sintéticos, son satisfactorios si son: insolubles en agua, libres de sales solubles y ácidos, estables bajo los rayos solares, estables a los álcalis y ácidos débiles, limitados a pequeñas cantidades de sulfato de calcio y molinos suficientemente finos para que 90% pase a través del tamiz. Se debe producir la cantidad mínima necesaria para producir el color deseado y no más del 10% de la masa del cemento.

En el método de las dos capas, se coloca una losa de base y se deja con una textura áspera para adherir mejor la capa de revestimiento coloreado. La capa de revestimiento tiene por lo general un espesor de 13 a 25 mm, con una relación cemento-arena de 1:3 a 1:4; este método se utiliza más, porque es económico, en comparación al de una capa.

En el método de polvo rociado en seco, el material coloreado preempacado en seco se moldea sobre una superficie de losa de concreto, éste se aplica después de que se haya enrasado y aplanado el concreto.

PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS TRANSPARENTES: se pueden aplicar a la superficie de concreto, existen muchos tipos de pintura y recubrimientos transparentes; entre las principales pinturas, están aquéllas a base de cemento portland, cemento portland modificado con látex y pinturas de látex (acetato acrílico y de polivinilo). Solo se utilizan cuando se hace necesario colorear el concreto existente.

Las pinturas a base de cemento portland se utilizan tanto en ambientes internos como externos. La superficie debe estar húmeda en el momento de la aplicación y se debe mojar cada capa lo más pronto posible, sin perjudicar la pintura.

Los látex utilizados en las pinturas con cementos modificados, retardan la evaporación y por consiguiente retienen el agua necesaria para la hidratación del cemento Portland y no es necesario el curado húmedo. La mayoría de estas pinturas son resistentes a álcali y se pueden aplicar en el concreto nuevo, después de 10 días de un buen secado.

Los recubrimientos transparentes normalmente se usan sobre las superficies de concreto para: prevenir el manchado o la decoloración del concreto por la contaminación del aire, facilitar la limpieza de la superficie, avivar el color de los agregados y volver la superficie repelente al agua, asimismo prevenir los cambios de color debidos a la lluvia y a la absorción del agua.

Otra manera de agregar el color, consiste en aplicar en las superficies de concreto un endurecedor de color de mezclado en seco antes de que se inicie el proceso de colocación.

ACABADO CON EQUIPO MECÁNICO: hoy en día se utilizan tratamientos mecánicos para exponer los agregados. El martelinado, el picoteado, el descascarado y el fracturado, entre otros, están ganando popularidad como métodos novedosos para producir texturas de agregado expuesto. Obviamente, el resultado que se logre dependerá del tamaño, la forma y el tipo de acabado.

Los trabajos con martelina y chiflón de agua o de arena, son tres de los medios más populares que existen para dar el acabado deseado a una superficie de concreto endurecido, aunque el propósito de los tres es el mismo, remover la capa exterior de la pasta de cemento.

ACABADO ESTAMPADO: los acabados especiales de la superficie, los cuales se pueden utilizar en gran variedad de patrones y texturas, en la producción de acabados decorativos. Los patrones se pueden formar con tiras divisorias, marcado o estampando la superficie poco antes del endurecimiento del concreto.

El concreto estampado ofrece una opción perfecta que ofrece la durabilidad y belleza que pueda presentar (figura 5.1).

El procedimiento más efectivo para producir algunos diseños de ladrillo, piedras y mosaicos simulados lo constituye el estampado como parte del terminado. Para estampar un diseño sobre la superficie de concreto se utilizan herramientas de plástico o metal.

El acabado estampado es un método de texturación en el sentido más estricto, por el cual se puede agregar interesantes patrones a superficies de concreto arquitectónico, por medio de un método de impresión en el que son posibles diseños diferentes.

Después de que la superficie de concreto ha recibido un acabado con llana, sobre la superficie se colocan los troqueles de impresión con un diseño repetitivo y se apisonan para dejar una impresión de la profundidad indicada en el acabado; el proceso se repite hasta colocar los troqueles en toda el área.

Las herramientas de estampado se construyen de acero, aluminio o plástico y consisten en una pequeña plataforma que tiene en el centro una asa; pueden ser tan pequeñas como de 0.15 m² (40 x 40 cm) y tan amplias como de 150 cm de ancho o más.

La parte interior de cada herramienta tiene relieves de modo que permite la penetración del estampado a una profundidad de hasta una pulgada. En las áreas que no son accesibles a las herramientas pequeñas, que también son útiles para los retoques.

El estampado empieza luego que se trazaron unas líneas en lo ancho de la superficie para establecer de esta forma una referencia recta para trabajar. Se coloca una de las herramientas en posición y uno de los obreros se sube a ella para que su peso imprima el diseño en el concreto y la apisona. El mismo obrero toma la otra herramienta, la hace coincidir con la primera y repite la operación anterior. Para que el estampado quede bien es necesario retocar, por medio de una pequeña penetración, los lugares que no hayan sido estampados correctamente y completar el diseño en las esquinas y cerca de los obstáculos, utilizando para ello otra herramienta para detallar.

ESTRÍA FRACTURADA: las estrías son martilladas manualmente para exponer el agregado a la vista; se producen fracturando las puntas de las aristas del precolado de una manera consistente y uniforme cuando ya este fuera del molde. Si se utiliza concreto blanco como partículas gruesas, se pueden obtener superficies muy atractivas, especialmente en franjas paralelas.



Fig.5.1 Acabado de concretos estampados, texturizados y coloreados.

SOPLETEADO CON CHIFLÓN DE AIRE-ARENA (SAND-BLAST): el sopleteado con arena de una superficie de concreto endurecido, produce una apariencia muy diferente. Con él se pueden crear muchos efectos de textura, desde una ligera revelación extremadamente fuerte de los agregados toscos, los que crearán sombras pronunciadas

El sopleteado con arena cambia la apariencia del concreto coloreado. El efecto logrado da un tono gris apagado a la tonalidad del color y crea una apariencia más útil con un menor contraste entre los agregados y el concreto coloreado.

El chiflón de arena, utilizando el aire como vehículo, permite que el operario tenga una mejor visibilidad, pero puede haber restricciones debido a los efectos de contaminación por el polvo o por reglamentaciones gubernamentales.

El chiflón abrasivo, es más rápido que otros métodos secundarios para tratar a las superficies, aunque la cantidad de polvo que se produce puede representar un problema.

Tipos de sopleteados:

- **SOPLETEADO LIGERO:** se usara para obtener un color uniforme en la superficie de concreto; este sopleteado revela o expone el agregado en 1.5 mm y con ello se logra la exposición del agregado grueso.
- **SOPLETEADO MEDIO:** dará como resultado una exposición de 3 a 6 mm del agregado grueso.
- **SOPLETEADO INTENSO:** produce un revelado de 6 a 12 mm o de 1/3 del tamaño máximo del agregado grueso.

Con el fin de ahorrar costos. El sopleteado intenso o el medio se ponen en práctica de 24 a 48 horas, después de que se alcanza una resistencia a la compresión de 150 kg/cm^2 . El sopleteado ligero puede realizarse a edades más tardías sin dificultad.

CEPILLO Y LAVADO: entre los acabados superficiales del concreto fresco se incluye el agregado expuesto por lavado con agua. Se trata de un acabado decorativo de concreto que se obtiene al quitar la piel externa del mortero, es decir, la pasta superficial de cemento, mientras aún es plástica deja expuesto el agregado grueso.

Un acabado de agregado denso, redondo o triturado, lavado con agua es útil y atractivo. Para lograrlo, los agregados se deben seleccionar de acuerdo con su color y granulometría.

5.1.2 CONCRETO PERMEABLE

En el uso del concreto permeable, es muy difícil que se dé una variedad de acabados, debido a que su principal función es la porosidad, no se deben cerrar o sellar éstos, a fin de que mantengan sus propiedades y, por lo tanto, se debe evitar su aislado o acabado.

La base resinas y base cemento, son algunos de los acabados que se puedan presentar.

BASE RESINAS.

En esta presentación la piedra o agregado se ve en su color natural con un acabado tipo barniz. Este material es recomendado para pisos decorativos y residenciales donde no va a estar sometido a un tráfico muy pesado, incluso se puede usar en interiores.

BASE CEMENTO.

En donde se usan distintos tamaños de agregados pétreos de granulometría variable y cemento como adhesivo. Este material es mucho más resistente, fácil de usar y económico para ser usado en obras grandes, como calles, banquetas, andadores, muros de contención, guarniciones, etc. También se puede utilizar cemento blanco para obtener un aspecto diferente en los pisos terminados, contando con las características del concreto permeable.

COLOREADO

El concreto coloreado se puede producir con el uso de agregados coloreados o en la adición de pigmentos o ambos.

El concreto permeable puede tener acabados de diversos colores, dependiendo del uso del cemento gris o blanco y del pigmento que se aplique y en distintas texturas dependiendo del tamaño del agregado pétreo que se usa de 3 a 8 mm. Se puede hacer en forma de adoquín en varios espesores o simplemente aplicarse como un colado de concreto.

5.2 CONTROL DE CALIDAD

CONTROL DE CALIDAD: es una función administrativa que permite alcanzar los métodos propuestos y es parte importante del proceso de planeación, procurando siempre que las operaciones se ajusten a lo planeado o los más cercano posible.

Asimismo son las acciones realizadas por el productor o el contratista, a fin de proveer un control sobre lo que se esta haciendo y sobre lo que se está suministrando, para que las normas y especificaciones de obra se cumplan.

5.2.1 VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD

Puede decirse que la verificación de la calidad es el control de la calidad, ejercido por el dueño de la obra o proyecto, sobre el control de la calidad del ejecutor. En general corresponde a una actividad similar a la del ejecutor pero mucho menos intensa, llevada a cabo por una entidad independiente, capaz y confiable, que permite asegurar que el ejecutor realiza el control de calidad necesario y no esta actuando a ciegas, que los resultados están siendo aceptables.

La verificación de la calidad comprende entonces desde la aprobación del sistema de control de calidad propuesto por el ejecutor hasta el proceso de la información, su adecuada interpretación y su interpretación y su utilización en la toma de decisiones.

Para realizar sus labores, el responsable de la verificación de la calidad instala sus propios equipos, los verifica sistemáticamente y mantiene a su personal capacitado mediante un sistema permanente de actualización. Estas labores, en general, es preferible realizarlas en instalaciones fijas, en contraste con las relaciones del ejecutor, que por razones de economía y oportunidad, trabaja en instalaciones móviles.

La comparación de resultados entre ambas organizaciones permiten verificar la confiabilidad del control de calidad y detectar oportunamente cualquier desviación en éste.

El análisis estadístico del control de calidad y su comparación con los resultados de la verificación permitirán certificar la confiabilidad del control de calidad del ejecutor y su aceptación por parte del dueño.

CONCEPTOS ESTADÍSTICOS EN EL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

La ciencia estadística es una herramienta versátil; su uso permite tomar decisiones con un cierto grado de confianza.

Se puede fijar especificaciones utilizando conceptos estadísticos para expresar los requisitos de calidad como objetivos que deben alcanzar los contratistas y expresar los requisitos de cumplimiento como tolerancias de más o de menos. Las tolerancias con respecto a los objetivos, prescritas para las necesidades de diseño, se pueden basar en análisis estadístico de las variaciones en materiales, procesos, muestreo y pruebas que existen en las prácticas tradicionales de construcciones. Las tolerancias derivadas de esta manera pueden ser tanto realistas como exigibles; tienen en cuenta las causas normales de variación y permiten la distribución esperada de los resultados de las pruebas respecto al promedio. Se pueden tomar medidas tanto para el control del nivel establecido para el control de la variación a partir de este nivel.

5.2.2. PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS BÁSICOS Y SU APLICACIÓN A LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO.

Los procedimientos estadísticos para aseguramiento de calidad se basan en las leyes de probabilidad; por consiguiente, se debe permitir que funcionen estas leyes. Uno de los requisitos más importantes para su funcionamiento apropiado, consiste en la selección de los datos mediante un muestreo aleatorio. Una muestra verdaderamente aleatoria es aquella en la cual todas las partes tienen igual oportunidad de ser seleccionadas. Sin verdaderas muestras aleatorias los procedimientos estadísticos dan resultados falsos.

La realidad se obtiene únicamente mediante la acción positiva; una selección aleatoria no es simplemente la casual ni la declarada sin prejuicios. Resulta aceptable mediante el uso apropiado de una tabla estándar de números aleatorios. Es posible y factible adaptar el uso de números aleatorios al laboratorio, al campo y a la planta.

MUESTREO DE CRITERIO: se basa únicamente en el juicio de quien toma más muestras, sin ninguna otra restricción. Quien lo usa decide cuándo y dónde se debe tomar una muestra.

MUESTREO DE CUOTAS: es un tipo de muestreo de criterio basado en la hora del día, las áreas geográficas, etc., de acuerdo con la distribución conocida de hechos.

MUESTREO SISTEMÁTICO: encierra la selección de observación sucesivas en una secuencia de tiempo, área, etc., a intervalos uniformes.

MUESTREO ESTRATIFICADO: comprende la división de una cantidad dada de material en partes independientes, a cada una de las cuales se le toma muestras por separado. El muestreo estratificado inherente a cualquier muestreo de aceptación basado en la utilización de sublotos.

MUESTREO ALEATORIO: involucra la selección de una muestra de tal manera que cada incremento que comprenda al lote tenga la misma posibilidad de ser seleccionado para la muestra.

Para controlar la calidad, es necesario realizar en forma continua la prueba de revenimiento. Con ésta se puede tener una idea de la calidad del concreto que se utiliza, pues si se están obteniendo asentamientos aceptables y en un momento dado cambian, porque aumente o disminuya, es indicio de que no se estén efectuando bien las dosificaciones. Una causa de que cambie el revenimiento es que la humedad de los agregados varía al paso del tiempo, por lo que se recomienda tenerlos saturados y húmedos sobre la superficie en forma constante.

Para verificar el módulo de ruptura y la resistencia a la compresión simple, se elaboran especímenes. Por cada 10 m³ se elabora un par de cilindros y por cada 50 m³ un par de vigas. Con los primeros se tienen indicios de la probable resistencia a los 28 días, los 2 días si se usa curado a vapor a los 7 días si se curan en cámara humedad o se saturan en agua. También, es factible conocer la probable resistencia a los 28 días, si se sabe el consumo de cemento Pórtland o el contenido de este producto en la mezcla fresca, para la cual se extrae por lavado el cemento utilizado.

Es necesario tener un control de los siguientes elementos geométricos: ancho de la franja, pendientes transversales, profundidad de depresiones y espesor de losa, terminación de la superficie de rodamiento, ejecución del aserrado y sellos de juntas de contracción y dilatación.

5.3 SUPERVISIÓN.

SUPERVISIÓN: es ejercer la vigilancia e inspección general o superior de una cosa y es un auxiliar técnico de la residencia de obra.

Las funciones de la supervisión serán las que a continuación se señalan:

- Previamente al inicio de los trabajos, deberá revisar detalladamente la información que le proporcione la residencia de obra con relación al contrato, con el objeto de enterarse con detalle de las condiciones del sitio de la obra y de las diversas partes y características del proyecto, debiendo recabar la información necesaria que le permita iniciar los trabajos de supervisión según lo programado, asimismo ejecutarlos ininterrumpidamente hasta su conclusión.
- Integrar y mantener al corriente el archivo derivado de la realización de los trabajos, el que contendrá, entre otros:
 - a) Copia de planos.
 - b) Matrices de precios unitarios o cédula de avances y pagos programados, según corresponda.
 - c) Modificaciones a los planos.
 - d) Registro y control de la bitácora, y las minutas de las juntas de obra.
 - e) Permisos, licencias y autorizaciones.
 - f) Contratos, convenios, programas de obra y suministros, números generadores, cantidades de obra realizadas y faltantes de ejecutar y presupuesto.
 - g) Reportes de laboratorio y resultado de las pruebas.
 - h) Manuales y garantía de la maquinaria y equipo.
- Vigilar la buena ejecución de la obra y transmitir al contratista en forma adecuada y oportuna las órdenes provenientes de la residencia de obra.
- Registro diario en la bitácora de los avances y aspectos relevantes durante la obra.
- Celebrar juntas de trabajo con el contratista o la residencia de obra, para analizar el estado, avance, problemas y alternativas de solución, consignando en las minutas los acuerdos tomados.
- Analizar con la residencia de obra los problemas técnicos que se susciten y presentar alternativas de solución.
- Vigilar que el superintendente de construcción cumpla con las condiciones de seguridad, higiene y limpieza de los trabajos.
- Revisar las estimaciones de trabajos ejecutados para efectos de que la residencia de obra las apruebe; conjuntamente con la superintendencia de construcción del contratista deberán firmarlas oportunamente para su trámite de pago.
- Vigilar que los planos se mantengan debidamente actualizados. Por conducto de las personas que tengan asignada dicha tarea.

- Analizar detalladamente el programa de ejecución de los trabajos considerando e incorporando, según el caso, los programas de suministro que la dependencia o entidad haya entregado al contratista, referentes a materiales, maquinaria y equipos, instrumentos y accesorios de instalación permanente.
- Coadyuvar en la elaboración del finiquito de los trabajos.
- Las demás que le señale la residencia de obra o la dependencia o la entidad en los términos de referencia.

El uso de la bitácora es obligatorio en cada uno de los contratos de las obras y servicios, debiendo permanecer en la residencia de obra, a fin de que las consultas requeridas se efectúen en el sitio, sin que la bitácora pueda ser extraída del lugar de los trabajos.

La bitácora se ajustará a las necesidades de cada dependencia o entidad, y deberá considerar como mínimo lo siguiente:

- Las hojas originales y sus copias deben estar siempre foliadas y estar referidas al contrato de que se trate.
- Se debe contar con un original para la dependencia o entidad y al menos dos copias, una para el contratista y otra para la residencia de obra o la supervisión.
- Las copias deberán ser desprendibles no así las originales.
- El contenido de cada nota deberá precisar, según las circunstancias de cada caso: número clasificación, fecha descripción del asunto, y en forma adicional: su ubicación, causa solución, prevención, consecuencia económica, responsabilidad si la hubiere y fecha de atención, así como la referencia, en su caso, a la nota que se contesta.

VENTAJAS DE LA SUPERVISIÓN

- Garantiza que la ejecución sea conforme a lo programado.
- Permite la modificación oportuna de alcances y de procedimientos.

OBLIGACIONES DEL PERSONAL DE SUPERVISIÓN

- Identificación, examen y aceptación de los materiales. Incluye la verificación de la calidad, con base en los certificados y resultados de pruebas entregados por los productores y proveedores, lo mismo que en el muestreo y prueba de los materiales como se entregue en obra.
- Control del proporcionamiento, dosificación, mezclado y ajustes de la mezcla, pruebas de consistencia, contenido de aire, temperatura y peso volumétrico del concreto.
- Revisión de la estructura de la cimbra y sus apoyos, de los moldes, del acero de refuerzo y de otros elementos ahogados, y de limpieza y demás trabajos previos al colado.

- Supervisión del mezclado, transportación, colocación, consolidación, acabado, curado y protección del concreto.
- Preparación de las probetas de concreto requeridas para pruebas de laboratorio, incluyendo su curado y protección.
- Revisión somera de la planta y equipo del contratista de las condiciones de trabajo, del clima y de otros factores que pueden afectar al concreto u otros elementos de la estructura.
- Evaluación de los resultados de las pruebas y de las gráficas de comportamiento.
- Verificación de que se haya corregido los procedimientos y elementos inaceptables.
- Preparación de registros e informes.

CARACTERÍSTICAS DEL SUPERVISOR.

El supervisor debe ser una persona íntegra, con experiencia práctica en la parte del proyecto que se le ha asignado y la preparación teórica que le permita conocer los principios técnicos pertinentes. Debe conocer cómo se hacen las cosas y por qué se hacen así. Las personas con preparación teórica pero sin experiencia práctica, deben adquirirla en la obra trabajando bajo la dirección de supervisores experimentados, antes de dejarlos trabajar por su cuenta.

La supervisión sólo puede ser efectiva si se cuenta con apoyo sólido por parte de la alta dirección. Los supervisores deben tener la capacidad de jerarquizar los distintos conceptos para poder concentrar su atención en los más importantes. Por encima de todo deben estar familiarizados con las tolerancias y criterios de recepción establecidos en los documentos del diseño. Los supervisores deben registrar de inmediato las dimensiones encontradas e informar al momento tanto a la gerencia del contratista como a los superiores.

CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE SUPERVISORES

Los supervisores capacitados adecuadamente, son mucho más efectivos que los no entrenados. Los supervisores pueden recibir su instrucción básica en escuelas intermedias, escuelas técnicas e instituciones educativas similares pero deben tener un proceso de capacitación continua, para asegurarse de que sus conocimientos sean actualizados.

AUTORIDAD DEL SUPERVISOR

Se recomienda que las obligaciones y responsabilidades se proporcionen por escrito. Un supervisor debe tener autoridad para:

- Detener la autorización para un colado hasta que las condiciones previas (como cimbra, preparación de juntas, colocación de varillas, etc.) se pueden aprobar y esté disponible el personal para supervisar el colado.
- Negar la autorización para la utilización de materiales, equipo y mano de obra que no satisfagan los requerimientos de los documentos del diseño o que puedan conducir a un producto terminado que no los cumpla.

En los dos casos anteriores el supervisor normalmente tiene autoridad para tratar directamente con los jefes de cuadrilla del contratista, informando inmediatamente a su jefe. El supervisor sólo debe suspender los trabajos como último recurso, cuando es evidente que debe seguir los trabajos como van, se producirá un concreto no aprobable y siempre con la previa autorización de su jefe.

ORGANIZACIÓN DE LA SUPERVISIÓN

Independientemente de su clasificación, un equipo de supervisión puede estar formado por varias personas o una sola de acuerdo al tipo de proyecto de obra, llegando inclusive a dedicar tiempo parcial a un proyecto específico. La supervisión puede ser responsable de grupos tales como los siguientes:

1. Grupo de supervisión dependiente del propietario. Un ejemplo lo constituye los grupos permanentes o semipermanentes de las dependencias gubernamentales o de las grandes industrias que tienen programas continuos de construcción.
2. Grupo de supervisión dependiente de una empresa comercial de diseño (de ingeniería y arquitectura) para trabajar en proyectos diseñados por la misma.
3. Grupo de supervisión de un laboratorio comercial contratados para dar servicios de pruebas y supervisión.
4. Grupo de supervisión que forma parte del personal del contratista y está entrenado para proporcionar la supervisión de control de calidad (como parte del proceso) en los proyectos que la empresa construye.
5. Grupo de supervisión que forma parte del personal de un proveedor de la industria de la construcción y está entrenado para proporcionar (como parte del proceso) las pruebas y supervisión que requiere el control de calidad interno.

VI. CONCLUSIONES

Con base en el trabajo realizado, se concluye que; los concretos rígidos y permeables tienen una gran importancia en el área de la construcción, de acuerdo a las diferentes necesidades que se tengan.

Asimismo es necesario e importante la elaboración de un buen concreto, cumpliendo con las normas establecidas, para lograr en él las propiedades necesarias de dichos proyectos; sabiendo de antemano que la mayoría de las obras civiles representan un gran compromiso y responsabilidad ante la sociedad.

Para la elaboración de los concretos rígidos e impermeables, es importante considerar su dosificación, resistencia a compresión, módulo de elasticidad, transporte, colocación, curado, la aplicación de aditivos, entre otros aspectos. Todo esto respaldado por la normatividad que lo rige.

Dada las características del concreto rígido, debe presentar tres aspectos fundamentales a considerar: en su estado fresco debe ser trabajable, económico, durable y resistente.

El contar con un concreto manejable, permite la fácil colocación y la manipulación de él para los diferentes acabados que se pueden presentar, seguido de un buen curado para lograr la resistencia requerida.

Para el concreto permeable, es de vital importancia proporcionar un curado con cubierto de polietileno, por lo que no se debe transitar por el durante 7 días, después de su colocación.

El concreto permeable tiene un costo muy bajo en relación al concreto rígido, sin embargo, se incrementa con la mano de obra, la cual debe ser especializada, además de requerir mantenimiento cada dos años. En comparación con el concreto rígido, éste tiene un costo alto, pero su mantenimiento es casi nulo, todo depende de la calidad y características de servicios de que este expuesto a los diferentes ambientes.

Para la transportación de los concretos, debe de haber un estricto control en el tiempo y colocación de los mismos, para no perder sus propiedades o se produzca un endurecimiento prematuro y secado.

En relación a los agregados a utilizar, tiene una influencia importante la dosificación de las mezclas de concreto, porque afectan la trabajabilidad del concreto fresco.

Finalmente el hablar de una obra civil, es hablar de un buen equipo de trabajo; el cual va desde un proceso constructivo (planeación y programación), la determinación de los costos de la obra, control de calidad y la supervisión. En la cual deben trabajar en conjunto para lograr una buena obra de ingeniería.

RECOMENDACIONES

A continuación se enlistan algunas recomendaciones para los concretos:

CONCRETO RÍGIDO

- Los agregados deben componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición y no deben contener materiales que puedan causar deterioro en el concreto.
- Tener en cuenta la relación agua-cemento, para lograr la resistencia requerida y comprobarla mediante los ensayos a compresión de cilindro de 15 x 30 cm.
- Ser cuidadoso en emplear agua potable o lo más cercano al agua potable para ser utilizada en el concreto.
- Ser cuidadosos en la eficiencia de un aditivo, el cual depende de: tipo, marca y cantidad del material cementante.
- Se recomienda la utilización del concreto con aire incluido, porque produce grandes beneficios para el concreto fresco y endurecido.
- El aire incluido se debe usar en todo concreto que será expuesto a la congelación-deshielo y a productos químicos descongelantes, asimismo se puede utilizar para mejorar la durabilidad.
- Es importante el entendimiento de los principios básicos del diseño de las mezclas, tales como los cálculos usados para establecer las propiedades de la mezcla y su dosificación requerida.
- Evitar los retrasos en la colocación y transportación del concreto, para evitar la segregación y el endurecimiento prematuro.
- Depositar el concreto de manera continua y lo más cerca posible a su posición final sin segregación.
- En la descarga del concreto, las cimbras deben estar limpias y húmedas, para una buena colocación y fraguado.
- Tomar en cuenta las condiciones necesarias para un buen curado y así lograr la resistencia requerida.

CONCRETO PERMEABLE

- En el caso del concreto permeable, tener cuidado en la acumulación de basura y que ésta pueda tapar el poro.
- Para evitar que el poro se tape prematuramente, se recomienda diseñar mezclas con contenidos de vacíos entre 15 – 20 %.
- Limpiar de forma regular los pavimentos drenantes durante su tiempo de vida útil.
- En el caso de que este expuesto al congelamiento, deberá tener una cantidad suficiente de aire incorporado.
- Para su colocación, es necesario la ayuda de un equipo pequeño de formaletas deslizantes, la compactación se puede asegurar mediante vigas vibratorias de fuerte vibración o con la ayuda de un distribuidor lateral.
- El concreto permeable debe tener un perfil relativamente plano. Si se aplica sobre una pendiente pronunciada, las aguas de lluvia absorbidas por la capa del concreto permeable comenzarán a escurrir en la capa inferior, generando posibles subpresiones que puedan dañar las losas.

GLOSARIO

- A -

Absorción de agua. Es la cantidad de agua absorbida por un material bajo condiciones especificadas de ensayo, comúnmente expresada como el porcentaje de la masa de la probeta de ensayo.

Acabado. Operaciones mecánicas tales como nivelación, consolidación, emparejado, alisado o texturización, que establecen la apariencia final de cualquier superficie de concreto.

Adherencia química. Adherencia entre materiales, resultante de la cohesión y de la adhesión desarrollada por la reacción química.

Aditivo. Es un material, agregado y cemento hidráulico, usado como ingrediente del concreto, del mortero y adicionado a la mezcla mediatamente antes o durante el mezclado.

Agregado. Material mineral granular, tal como la arena natural, la arena manufacturada, la grava, la piedra triturada, la escoria granulada de alto horno o enfriada al aire, la vermiculita y la perlita.

Aire atrapado. Vacío de aire no intencional, con forma irregular, en el concreto fresco o endurecido, con tamaño igual o superior a 1mm.

Aire incluido. Burbujas de aire microscópicas y esféricas, normalmente con un diámetro entre 10 μm y 1000 μm ; intencionalmente incorporadas en el concreto para suministrar resistencia a la congelación-deshielo y/o para mejorar la durabilidad.

Ataque de sulfatos. La forma más común de ataque químico del concreto, causada por los sulfatos en las aguas subterráneas o en el suelo, que se manifiesta por la expansión y la desintegración del concreto.

- B -

- C -

Cal. Se dice que es aquella que produce un alto contenido de calcio, magnesiana o dolomítica.

Cambio de volumen. Un aumento o disminución del volumen por cualquier, motivo tal como un cambio de la humedad, de la temperatura o cambios químicos.

Carbonatación. Reacción entre el dióxido de carbono y un hidróxido u óxido para formar carbonato.

Cemento hidráulico. El cemento que fragua y se endurece por la reacción química con el agua y es capaz de endurecerse incluso bajo el agua.

Cemento portland. Cemento hidráulico de silicato que se produce por la pulverización del clinker de cemento portland y normalmente también contiene sulfato de calcio y otros compuestos.

Cemento portland blanco. Cemento portland que se produce con materias primas con bajo contenido de hierro.

Cimbras. Apoyas temporarios, para mantener el concreto fresco en el lugar hasta que se endurezca a tal grado que se pueda auto soportar.

Clínker. Producto final del horno de cemento portland, material cementante bruto antes de la molienda.

Cohesión. Atracción mutua a través de la cual los elementos de una sustancia se mantienen unidos.

Compactación. Proceso de inducción de una disposición más cercana de las partículas sólidas en el concreto, mortero o groute frescos, a través de la reducción de vacíos, frecuentemente logrado con la vibración, el varillado, los golpes a la combinación de estos métodos.

Concreto. Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usa como medio aglomerante, el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escoria y/o aditivos químicos.

Concreto celular. Concreto de alto contenido de aire muy elevado, resultando en baja densidad.

Concreto coloreado. Concreto que contiene cemento blanco y/o pigmentos de óxido mineral para producir colores diferentes de la tonalidad gris normal del concreto tradicional del cemento gris.

Concreto de alta resistencia. Concreto con una alta resistencia de diseño de, por lo menos, 70 MPa (10 000 lb/pulg²).

Concreto con revenimiento cero. Concreto cuyo revenimiento no es mensurable.

Concreto endurecido. Concreto en el estado sólido que haya realizado una cierta resistencia.

Concreto fresco. Concreto recién mezclado y aún plástico y trabajable.

Concreto lanzado. Mortero o concreto con agregados pequeños que se transportan por aire comprimido a través de una manguera y se aplica en la superficie en alta velocidad.

Concreto ligero. Concreto con una densidad más baja que el concreto de densidad normal.

Concreto masivo. Concreto colado en la obra en volúmenes suficientemente grandes para requerir medidas que compensen los cambios de volumen causados por el aumento de temperatura debido al calor de hidratación, a fin de que el agrietamiento sea el mínimo.

Concreto poroso. Concreto que contiene insuficiente cantidad de finos o no contienen finos para llenar los vacíos entre las partículas de agregados en la mezcla. El concreto resultante contiene un sistema de poros interconectados que permiten que el agua de la lluvia se drene a través del concreto hacia la subbase abajo.

Concreto premezclado. Concreto producido para la entrega en la obra en el estado fresco.

Concreto sin revenimiento. Concreto con revenimiento menor que 6 mm.

Consistencia. Movilidad relativa o capacidad para fluir el concreto.

Contracción. Retracción, encogimiento.

Control de calidad. Acciones realizadas por el productor o contratista, a fin de proveer el control sobre lo que se está haciendo y sobre lo que se está suministrando, para que las normas de buenas prácticas de obra se sigan.

Corrosión. Deterioro del metal por la reacción química, electroquímica o electrolítica.

Curado. Proceso, a través del cual se mantienen el concreto, mortero, en la condición húmeda y a una temperatura favorable, por el periodo de tiempo de sus primeras etapas, a fin de que se desarrollen las propiedades deseadas del material.

- D -

Dosificación. Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su producción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque.

Durabilidad. Capacidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento portland de resistir a la acción de las intemperies y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión.

- E -

Endurecimiento rápido. Desarrollo rápido de la rigidez en la pasta de cemento hidráulico.

Erupción. Depresión superficial en una superficie de concreto, resultante de la rotura y soltura de pedazos de concreto debido a la presión interna.

Etringita. Compuesto cristalino en forma de aguja que se produce por la reacción del C_3A , yeso y agua en el concreto de cemento portland.

- F -

Ferrocemento. Una o más capas de acero o alambre de refuerzo envueltas por mortero de cemento portland, produciendo un material compuesto de sección delgada.

Fluencia. Deformación del concreto o de cualquier material, dependiente del tiempo y provocada por una carga mantenida en el tiempo.

Fraguado. Grado en el cual el concreto fresco perdió su plasticidad y se endurece.

- G -

Granulometría. Distribución del tamaño de las partículas de agregado, que se determina por la separación a través de tamices normalizados.

Grout. Mezcla de material cementante con o sin agregados o aditivos, a la cual se adiciona una cantidad suficiente de agua para lograr una consistencia fluida o de bombeo sin segregación de los materiales constituyentes.

- H -

Hidratación. Es la relación entre el cemento hidráulico y el agua, a través de la cual se forman nuevos compuestos que confieren resistencia al concreto.

Humo de sílice. Sílice cristalina no muy fina, que es un subproducto de la producción de la aleación de sílice y ferrosilicio de los hornos eléctricos y que se usa como puzolana en el concreto.

- I -

Impermeabilización. Tratamiento del concreto, mortero, grout o revoque para retardar el paso a su través o la absorción del agua o del vapor de agua.

Inclusión de aire. Introducción intencional de aire en forma de minúsculas burbujas desconectadas durante el mezclado del concreto.

- J -

Junta de contracción. Es un plano de debilidad para controlar la figuración resultante de los cambios de volumen en la estructura de concreto.

Junta de expansión. Una separación entre las partes adyacentes de una estructura para permitir el movimiento.

Juntas de aislamiento. Separación que permite el movimiento libre de partes adyacentes de la estructura, tanto horizontal como vertical.

Juntas de construcción. Con lugares de interrupción del proceso constructivo.

- K -

- L -

Lechada. Mezcla fina de una sustancia insoluble, tal como cemento portland, escoria o arcilla, con un líquido, tal como el agua.

- M -

Mampostería. Las unidades de mampostería de concreto, bloques de arcilla, baldosas estructurales de arcilla, piedras terracota una combinación de ellos, unidos por mortero, apilados en seco o anclados con conectores de metal para formar muros, elementos de construcción, pavimentos y otras estructuras.

Masa específica. Masa por unidad de volumen, peso por unidad de volumen, expresados, por ejemplo, en kg/m^3 .

Masa específica relativa. Una proporción entre la masa y el volumen del material con relación a la densidad del agua, también llamada gravedad específica.

Material cementante. Cualquier material que presente propiedades cementantes o que contribuya a la formación de compuestos hidratados de silicato de calcio.

Metacaolinita. Puzolana altamente reactiva producida por las arcillas caolinitas.

Módulo de elasticidad. Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material.

Módulo de finura. Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido entre 100.

Mortero. Mezcla de materiales cementantes, agregado fino y agua, que puede contener aditivos, y normalmente se utiliza para medir unidades de mampostería.

- N -

- O -

- P -

Pasta de cemento. Constituyente del concreto, mortero, grout y revoque que consiste en cemento y agua.

Pavimento (concreto). Superficie de concreto de carretera, autopista, calle, camino o estacionamiento.

Permeabilidad. Propiedad que permite el pasaje de fluidos y gases.

Plasticidad. Aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque frescos que determinan su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo.

Plastificante. Aditivo que aumenta la plasticidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento portland.

Puzolana. Materiales silíceos y aluminosos, tales como ceniza volante o el humo de sílice, que, por sí mismos, poseen poco o ningún valor cementante, pero cuando están finamente molidos y en presencia de agua, reaccionan con el hidróxido de calcio a temperaturas normales, para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

- Q -

- R -

Reactividad álcali-agregado. Producción de gel expansivo por la reacción entre los agregados que contienen ciertas formas de sílice o carbonatos y el hidróxido de calcio en el concreto.

Reductor de agua. Aditivo cuyas propiedades permiten una reducción del agua necesaria para producir una mezcla de concreto con un cierto revenimiento, reducir la relación agua-cemento, reducir el contenido de cemento o aumentar el revenimiento.

Relación agua-cemento. Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto.

Rendimiento. Volumen por amasada (bachada, pastón) de concreto que se expresa en metros cúbicos.

Resistencia a compresión. Resistencia que una probeta de concreto, puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada.

Resistencia a flexión. Capacidad de los sólidos de resistir a la flexión.

Resistencia a la tensión. Esfuerzo hasta el cual el concreto puede resistir sin agrietarse bajo el cargamento a tensión axial.

Retardador. Aditivo que retarda el fraguado y el endurecimiento del concreto.

Revenimiento. Medida de consistencia del concreto fresco, igual al asentamiento inmediato de una probeta moldeada con un cono normalizado.

- S -

Sangrado. Flujo del agua del concreto de la mezcla del concreto fresco, causado por el asentamiento de los materiales sólidos de la mezcla.

Segregación. Separación de los componentes del concreto fresco, resultando una mezcla sin uniformidad.

Suelo-cemento. Mezcla de suelo y una cantidad de cemento portland y agua, compactados hasta una densidad elevada, usada principalmente como material de base bajo los pavimentos. También conocido como suelo estabilizado con cemento.

- T -

Trabajabilidad. Es la propiedad del concreto que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado.

- U -

- V -

Vacíos de aire. Vacíos de aire atrapado o burbujas de aire incluido en el concreto. Los vacíos normalmente atrapados tienen un diámetro mayor que 1 mm y los vacíos incluidos son menores. La mayoría de los vacíos atrapados se deben remover a través de la vibración interna, plantillas vibratorias o varillado.

Vibración. Agitación de alta frecuencia del concreto fresco a través de aparatos mecánicos, con propósitos de consolidación.

- W -

- X -

- Y -

- Z -

BIBLIOGRAFÍA

- Manual del Ingeniero Civil. Frederick S. Merrit , M. Kent Loflin, Jonathan T. Ricketts. Ed. Mc. Graw Hill.
- Apuntes del Curso de Tecnología del Concreto 2005. Ing. Luis A. García Chowell. IMCYC.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación S.C. onnce.
- Cartilla del Concreto. Bryant Mather y Celik Ozyildirim. IMCYC.
- Diseño de Estructuras de Concreto Conforme al Reglamento ACI 318-05, 2005. IMCYC.
- Propuesta de Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, del Distrito Federal. 2001.
- Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Steven H. Kosmatka, Beatriz Kerkhoff, William C. Panarese y Jussara Tanesi. Ed. PCA (Portland Cement Association).
- Hormigones Porosos. Fernández Canovas. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Revista Noticreto. Reyes Fredy. Concreto Poroso, Tecnología e Investigación para su uso en Pavimentos.
- Aplicación de Pavimentos Porosos en Pavimentos Urbanos. Aguado, A.
- ECOCRETO. Garantía de agua para el futuro. <http://www.ecocreto.com.mx>
- Cemex Concretos. Pavimentos de Concreto. México 2000.
- Tecnología del Concreto. Nevill. Ed. Trillas.
- Apuntes del Diplomado de Obra Pública. Facultad de Ingeniería UNAM, Palacio de Minería. Octubre 2005.
- Revista Ingeniería de Construcción. Vol. 17 No. 2, año 2002.
- Manual de Supervisión. IMCYC.
- Guía Para la Medición, Mezclado, Transporte y Colocación del concreto. ACI 304-00. IMCYC