

capítulo 3

CONCRETO ELABORADO CON CENIZA VOLANTE.

ANTECEDENTES.

Los parámetros para determinar la calidad de un concreto en la actualidad van desde su resistencia, sus características para acabados y la fluidez de la mezcla, aunque el cemento portland logra darle a los concretos estas propiedades, el empleo de otros componentes, como las cenizas volantes, ha dado como resultado concreto de alta calidad y durabilidad.

En notables proyectos de ingeniería civil realizados en el Reino Unido como: La presa del Támesis, el sistema de almacenamiento por bombeo de Dinorwic, así mismo la presa del lago Wimbleball, la plataforma principal del Yacimiento petrolífero de Ninian y la central Eléctrica "D" de Little Brook donde se ha usado y se continúa usando, con buenos resultados la ceniza volante en el concreto. ^(Ref. 1)

En los años sesenta (1960) la ASTM desarrolló normas para el uso de la ceniza volante en los concretos.

La aplicación y comportamiento de concreto con contenido de ceniza volante se ha documentado por la agencia de recuperación de los E.U.A. y del cuerpo de la armada de los E.U.A. desde 1940. No obstante en años anteriores la ceniza volante ha sido empleada virtualmente en todas las aplicaciones donde se utilice el concreto ya sean carreteras, puentes, presas, etc.

CONCRETOS DOSIFICADOS CON CEMENTO PORTLAND Y CENIZA VOLANTE.

CAPITULO 3: Concreto elaborado con ceniza volante.

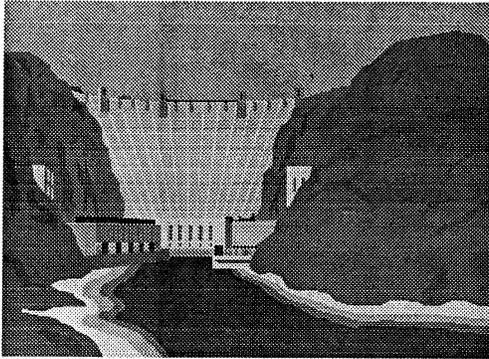


FIG 3.1 SE HAN OBTENIDO BUENOS RESULTADOS CON EL EMPLEO DE CENIZAS VOLANTES EN OBRAS DE CONCRETO MASIVO, COMO EN PRESAS.

En E.U.A. se utilizan anualmente mas de 6 millones de toneladas de ceniza volante en cemento y concreto.

Las tablas 3.1 y 3.2 nos muestran la producción de ceniza volante en E. U. A. durante el año de 1993, así como la aplicación que ha tenido.

Las propiedades del concreto con ceniza volante han mejorado los costos totales de construcción y a la vez aumentado la resistencia y la durabilidad de los concretos.

El ACI ha designado a la ceniza volante como un controlador de materiales de baja resistencia. En el control de materiales de baja resistencia las mezclas se utilizan para llenar zanjas o tiros de minas, tanques de almacenamiento subterráneos abandonados, etc.

Dichas mezclas con contenido de ceniza volante, arena y cantidades de cemento portland son un fluido autocompactante y a su vez pueden diseñarse para producir resistencias al igual que un suelo compactado estructuralmente sin que se tengan expansiones.

	Millones de Toneladas Métricas	Millones de Toneladas Cortas	Porcentaje
Producidas	43.50	47.80	100.00
Usadas	9.53	10.50	22.00

TABLA 3.1 PRODUCCIÓN DE CENIZA VOLANTE EN 1993.

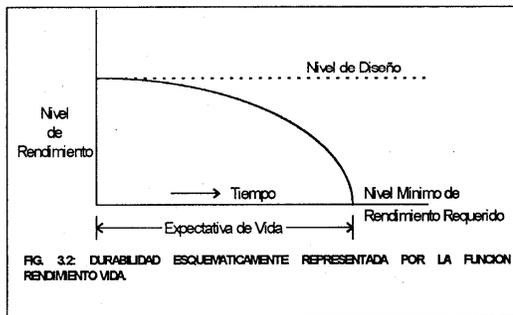
	Millones de Toneladas Métricas	Millones de Toneladas Cortas	Porcentaje
Cemento y Productos de Concreto	6.17	6.8	65%
Base/Subase de Caminos	0.91	1.0	9.5%
Rellenos Estructurales	0.83	0.91	8.7%
Rellenos Bombeables	0.34	0.38	3.6%
Llenador en Mezclas de Asfalto	.010	0.11	1.0%
Estabilización de Desperdicios	0.40	0.44	4.2%
Otras Aplicaciones	0.78	0.86	8.0%
	9.53	10.50	100.00

TABLA 3.2 USOS DE LA CENIZA VOLANTE EN E. U. A. EN 1993.

DURABILIDAD.

La durabilidad no es una propiedad intrínseca de un material, es mas bien una función que relaciona el rendimiento de un material, con su vida de servicio bajo diversas condiciones ambientales. Una función rendimiento-vida puede ser esquemáticamente representada como se muestra en la fig.3.2 (Ref. 11)

La gráfica representa la resistencia al deterioro de un material en particular bajo un número de condiciones ambientales agresivas. Los ingenieros han intentado controlar el coeficiente con el cual el rendimiento de un material decrece en relación con las propiedades intrínsecas del material en cuestión. Ellos han triunfado con ciertos materiales como acero estructural donde los mecanismos de deterioro no son muy complicados o las variables ambientales agresivas son limitadas.



La ceniza volante se ha utilizado para obtener mayor durabilidad, particularmente donde se requiere menor permeabilidad, mayor resistencia a los sulfatos y de la reducción de la reacción álcali-agregado, pero la durabilidad va a depender de la calidad de la ceniza volante. (Ref. 12)

Durante mas de 50 años la ceniza volante se ha usado en muchas de las grandes estructuras del mundo, tales como la presa Hungry Horse en los E.U.A. y en la mayoría de las presas del Reino Unido, (Ref. 1) en los últimos años. Sin embargo, las dudas respecto a este material seguirán mientras las especificaciones permitan el uso de distintas cenizas volantes, lo cual ocasiona variaciones en el contenido de agua y en la calidad del concreto afectando consecuentemente la permeabilidad que es quizás la propiedad mas importante en la durabilidad del concreto. Sin embargo, si la resistencia a la compresión a los 28 días está dentro de lo reglamentado y la calidad de las cenizas volantes es constante, esta proporcionará un efecto estabilizador y mas versátil sobre

las propiedades del concreto aumentando por consiguiente la durabilidad del mismo sin un costo adicional.

TRABAJABILIDAD.

El termino trabajabilidad se utiliza con referencia a las mezclas de concreto para indicar la mayor o menor facilidad que se puede encontrar al colocarlos en un lugar determinado. Aunque el término no es del todo correcto, se puede emplear como sinónimo de docilidad, envuelve no solo al significado de consistencia en el concreto sino también las condiciones bajo las cuales se colocará, forma y tamaño del elemento estructural, espaciamiento de las varillas de refuerzo u otros detalles que se relacionan con el llenado de las cimbras. Por ejemplo, una mezcla plástica rígida con agregados de tamaño grande que es "trabajable" en unos moldes amplios y abiertos no podría colocarse en un muro delgado de refuerzo complicado.

Una propiedad única de la ceniza volante puede demostrarse simplemente por su efecto sobre la trabajabilidad del concreto. Mientras que el cemento portland y la ceniza volante son dos materiales que provienen de un molido fino, las partículas del cemento son de forma cúbica, se asemejan a roca triturada, en tanto que las partículas de ceniza volante son de forma esférica. Esta forma esférica de la ceniza volante ha logrado hacer que el concreto para acabados sea mas fino y que la fluidez de el concreto sea mas efectiva comparada con el concreto convencional.

Debido a que el agregado fino y grueso de la mezcla de concreto, poseen un alto coeficiente de fricción y depende de la lechada para su lubricación, agregando ceniza volante al concreto se obtiene una mezcla mas fácil de manejar.

La calidad de la lechada es vital para concretos que necesiten ser transportados a través de tuberías o mangueras ya que es un cilindro desplazándose sobre una película fina lubricante entre la mezcla en si y la sección interna del conducto que la transporta debido a su forma esférica, facilitando así el bombeo de la lechada y aumentando la movilidad del concreto permitiendo, mayores alturas y distancias de bombeo.

DENSIDAD Y SANGRADO.

La inclusión de la ceniza volante en el concreto aumenta el volumen de la lechada por unidad de peso con un requerimiento menor de agua. El resultado es una mejor densidad y mayor cohesión en el concreto con un menor sangrado.

Los factores que afectan la densidad del concreto son: fineza de la ceniza volante, densidad del agregado, absorción del agregado, densidad del cemento, contenido de cemento, tamaño máximo del agregado y demanda de agua. Cuando es afectada por la compactación la densidad al concreto está determinada por el tamaño máximo del agregado, por la temperatura del colado y el aire atrapado.

La densidad del concreto ya fraguado depende no solo de los factores antes señalados sino también de la relación del área de superficie con el volumen, curado inicial y evaporación de la humedad.

PERMEABILIDAD.

La permeabilidad del concreto se puede definir como la cantidad de agua o alguna otra solución química que pasa a través de una masa de concreto.

Existen algunas medidas que se pueden utilizar para hacer que el concreto sea menos permeable, una de ellas es el uso de una ceniza volante de buena calidad, dicha sustitución en peso, ha dado como resultado un descenso en la permeabilidad debido a que las partículas de cemento y sólidos tienden a descender por efectos de la gravedad, a su vez el agua es desplazada hacia la superficie en forma de red de hilos interconectados. Durante la hidratación del cemento la permeabilidad aumenta debido a la formación de hidróxido de calcio, el cual se encuentra por porcentaje de la lechada del concreto y además es soluble, lo que genera canales adicionales, se sabe que la ceniza volante tiene la propiedad de reaccionar con el hidróxido de calcio libre provocando la formación de una solución mas viscosa (silicatos hidratados de calcio) y reduciendo el numero de canales.

El efecto benéfico del uso de ceniza volante en estructuras de concreto se ha manifestado en la reducción del filtrado de líquidos y sólidos finos en estructuras de contención, aumento de resistencia a los sulfatos de sodio y magnesio y aguas provenientes de depósitos y arroyos con alta capacidad de absorción de cal, reducción

considerable de expansiones debido a la reacción alcali-agregados con el cemento, disminución de la corrosión del acero de refuerzo si se presenta, reducción sustancial de la fluorescencia en la superficie del concreto, decrecimiento de la pérdida por inmersión en el fondo y paredes de canales y presas, además, reducción de la erosión del concreto que se utiliza en tubería de canales, canaletas de riego, vertederos y puentes expuestos al flujo de aguas.

RESISTENCIA MECANICA.

El efecto de la ceniza volante sobre la resistencia del concreto está determinada por la calidad y cantidad utilizada en la mezcla, es decir, una ceniza sin la finura apropiada - con retenidos altos en la malla de 45 micras - puede provocar efectos indeseables en la resistencia del concreto, además la dosificación de ceniza volante altera de manera notable la relación A/C de la mezcla.

En el diseño de una mezcla de concreto que contenga ceniza volante se pone énfasis en los requerimientos de resistencia y durabilidad.

Esto nos dice que una fuente disponible de ceniza volante de buena calidad y uniformidad puede usarse para producir concretos con las siguientes propiedades:

- a) Incrementos en la resistencia a la flexión y compresión.
- b) Adecuada trabajabilidad y cohesividad para su colocación, compactación y acabado.
- c) Una larga durabilidad y buen desempeño estructural en el tiempo de vida de la estructura.

RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS.

El ataque de sulfatos en los concretos se desarrolla cuando el hidróxido de calcio soluble se combina con los sulfatos dando lugar a un sulfato de calcio o yeso. También los componentes del cemento como son los compuestos que contienen aluminatos son también atacados por los sulfatos formando compuestos de estannita, reacciones que a su vez provocan una fuerza interna de expansión en los concretos por lo cual el volumen del concreto aumenta causando la falla de la estructura.

A partir de la década de los 30's se ha reconocido cada vez mas la capacidad y propiedades que tienen las puzolanas para incrementar la resistencia de los concretos al ataque de los sulfatos o ciertos ácidos.

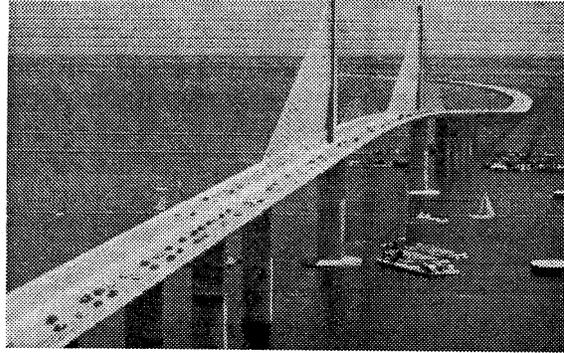


FIG. 3.3: EN EL PUENTE SUNSHINE SKYWAY DE TAMPA BAY, E.U.A., SE HA LOGRADO MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO AL UTILIZAR CENIZA VOLANTE.

La capacidad que tienen cierto tipo de cenizas volantes para disminuir el contenido de agua en el concreto y por lo tanto disminuir la permeabilidad del mismo y tener buenas propiedades puzolánicas fijando el hidróxido de calcio que se produce cuando se da el

fenómeno de hidratación del cemento portland garantiza un mayor grado de durabilidad respecto a la penetración de sulfatos solubles con un PH no menor de 4.

Cuando se utiliza en un concreto cemento con bajo contenido de aluminato tricalcio (C_3A) en combinación con ceniza volante da como resultado un concreto de alta calidad, denso y de baja permeabilidad con una relación agua/cemento menor.

Estudios realizados en Gran Bretaña y EUA han demostrado que con un 40 ó 45% de ceniza volante sustituyendo al cemento portland da como resultado casi la misma resistencia a los sulfatos que un cemento portland tipo V. Por esta razón se recomienda el uso de las ceniza volante en obras que se construyan cerca de canales, plantas de tratamiento de aguas residuales, zonas costeras, etc. Además en adornos y jardineras de concreto donde haya presencia de fertilizantes, en plantas químicas y mantos freáticos con alto contenido de sulfatos producidos por el suelo.

CALOR DE HIDRATACIÓN.

Las reacciones que producen el endurecimiento del cemento portland se caracterizan por la liberación de calor. A esta liberación de calor se le conoce como calor de hidratación, y se puede definir como la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento deshidratado, dispersado por una hidratación completa a una temperatura dada. Este calor de hidratación puede ser un factor muy importante en la utilización del cemento. Por ejemplo, cuando se usa concreto en estructuras masivas donde existe poca posibilidad de escape de calor la temperatura del concreto puede aumentar varios grados dando lugar a cambios perjudiciales de volumen, en particular durante el enfriamiento.

Existe evidencia de que elementos muy grandes colados con cemento portland ordinario no logran dar la resistencia requerida por la alta temperatura que se desarrolla durante la hidratación del cemento lo cual tiene un efecto negativo sobre la resistencia. Inicialmente la ceniza volante fue usada para concretos masivos por su bajo calor de hidratación a edades tempranas.

A) COMPORTAMIENTO EN ESTADO FRESCO.

SANGRADO.

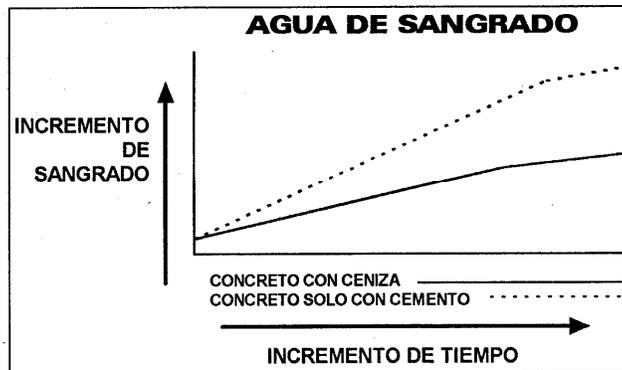


FIGURA 3.4: CURVAS TÍPICAS DEL SANGRADO EN EL CONCRETO (Ref. 13).

Como ya se ha mencionado anteriormente, el efecto de la ceniza volante en la mezcla de concreto fresco se manifiesta de diferentes maneras, entre ellas esta la reducción del sangrado del concreto al ser colocado en la estructura debido a sus propiedades de finura y baja demanda de agua, que logra dar a la mezcla una mejor consistencia. Ver figura 3.4.

Pruebas realizadas con concretos con grandes volúmenes de ceniza volante (aproximadamente 60%) dieron como resultado un concreto que no sangra. Esto debido al bajo contenido de agua usado en este tipo de concreto. Este concreto necesitaría curado adicional en climas cálidos para prevenir fallas por contracción.

FLUIDEZ.

Un parámetro muy efectivo para tener una idea de la fluidez de un concreto, es el revenimiento de la mezcla. El uso de ceniza volante ha influido directamente en dicha propiedad, en mezclas donde se usó ceniza volante (con 7.5 % de material retenido en la malla de 45 micras) para substituir en un 30 % el volumen de cemento portland con relación agua/cemento de 0.60 y relación agregado/cemento de 6.15, se obtuvo un aumento de revenimiento de aproximadamente 6cm ^(Ref. 1). Existen algunas condiciones estrictamente relacionadas con la calidad de la ceniza volante que permiten demostrar con facilidad tan grandes incrementos en la fluidez. En particular, las condiciones de la calidad de la ceniza volante se relacionan con su fineza, medida por el material retenido en la malla de 45 micras.

INCLUSIÓN DE AIRE EN CONCRETO FRESCO.

Ninguna dificultad ha sido encontrada para la inclusión de aire en concretos dosificados con grandes volúmenes de ceniza volante, aunque la dosis requerida es considerablemente mayor que la del concreto ordinario. Sin embargo, debería ser señalado que las cenizas volantes usadas en dichas pruebas, han sido relativamente bajas en contenido de carbón. Puede ser difícil incluir grandes porcentajes de aire en un concreto con cenizas volantes con contenidos de carbón mayores del 6 %, pero, una minuciosa selección de un aditivo incluser de aire puede superar este problema.

DENSIDAD DEL CONCRETO FRESCO.

Investigaciones realizadas en CANMET (Canada Centre For Mineral And Energy Technology) han mostrado que la densidad de concretos con grandes volúmenes de ceniza volante es del orden de 2400 kg. / m^3 , y es comparable con la densidad del concreto ordinario. Considerando que la gravedad específica de la ceniza volante es mas baja que la del cemento portland (2.6 vs 3.1), la densidad del concreto con grandes cantidades de ceniza volante es considerada alta, esto es debido al bajo contenido de agua y al posible uso de superfluidificantes ^(Ref. 14).

USO DE SUPERFLUIDIFICANTES EN CONCRETOS CON GRANDES VOLUMENES DE CENIZAS VOLANTES.

Debido a la buena relación agua materiales cementantes (0.30) de los concretos con grandes volúmenes de cenizas volantes el uso de superfluidificantes se vuelve obligado.

La dosis requerida para concretos fluidos, es del orden de 1.5 % del total del valor cementante (5 kg. / m^3). Hay también una cuestión de compatibilidad entre los superfluidificantes y el cemento portland en presencia de cenizas volantes, es recomendable la aplicación de pruebas de compatibilidad a dichos materiales, para evitar efectos indeseables al momento de su colocación.

B) COMPORTAMIENTO EN ESTADO ENDURECIDO.

ELEVACIÓN DE TEMPERATURAS.

Debido al bajo contenido de cemento, el incremento de temperatura en concretos con ceniza volante, durante los primeros días después de ser colocado es muy bajo, en especial con grandes porcentajes de cenizas volantes.

Por citar un ejemplo, podemos mencionar que la temperatura máxima medida en el corazón de un bloque de concreto, con un contenido de ceniza volante de aproximadamente el 60 % en peso del material cementante, cuyas dimensiones eran de 1.5 x 1.5 x 1.5 m, a los dos días fue de 31.3°C , cuando la temperatura ambiente fue de 24°C y de 12°C (Ref. 14).

MODULO DE ELASTICIDAD.

El modulo de elasticidad o modulo de Young de los concretos con grandes cantidades de cenizas volantes hechos con agregados de piedra caliza generalmente exceden 30 GPA y es así, un poco mas alto que los módulos para concretos de cemento portland de resistencia comparable. El módulo mas alto es probablemente debido al gran porcentaje de agregados, y también debido a las partículas de ceniza volante no hidratadas actuando como un material fino llenador en el concreto.

PERMEABILIDAD.

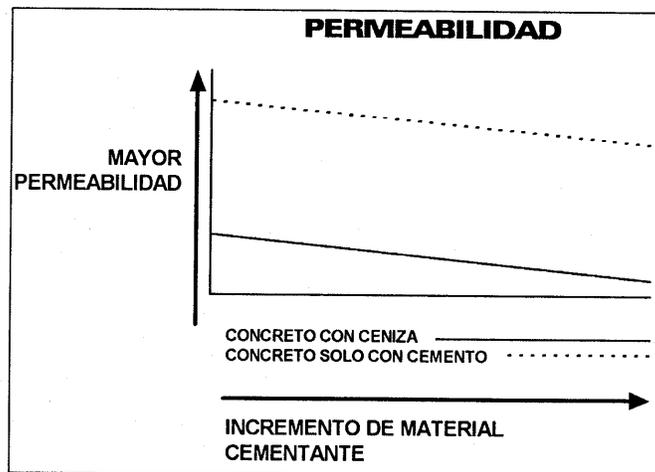


FIG. 3.5: COMPARACION DE PERMEABILIDAD EN CONCRETOS CON Y SIN CENIZA VOLANTE.

Las pruebas usadas por la CANMET ^(Ref. 14) para medir la permeabilidad al agua en concretos con ceniza volante fueron aplicadas por medio de un dispositivo de flujo uniaxial. Los métodos de prueba consisten en medir el flujo uniaxial de agua a través de cilindros de concreto con dimensiones de 125 mm de altura y diámetro de 150mm bajo una presión de 3.5 MPa. Los especímenes de prueba fueron mantenidos en las celdas de permeabilidad por mas de 6 meses, y se encontró que no pasó nada de agua a través de los especímenes durante este período. Basados en los datos publicados previamente por CANMET, esto indica que el concreto probado tiene extremadamente baja permeabilidad, aunque no se pueden asignar valores numéricos.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

El concreto estructural es comúnmente especificado por una resistencia mínima a la compresión a los 28 días. Sin embargo, la resistencia a la compresión del concreto a edades tempranas es una importante consideración durante la construcción y a edades mas tardías para comportamientos a largo plazo.

Los concretos conteniendo ceniza volante a los 28 días, presentan variaciones en cuanto al desarrollo de resistencia a la compresión dependiendo del tipo de ceniza y la cantidad empleada.

En pruebas realizadas con diferentes porcentajes de ceniza volante en mezclas de concretos que variaron desde 0 a 35 % dieron como resultado resistencias a la compresión similares o ligeramente mas bajas a 28 días que las de concreto con cemento portland ordinario, por otro lado a 28 días se dieron resistencias muy parecidas e incluso mayores que las del concreto ordinario ^(Ref. 15).

A siete días la resistencia a la compresión del concreto sin ceniza volante fue mayor que la del concreto con ceniza volante, sin importar el tipo o porcentaje de remplazo, sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos con ceniza volante a largo plazo excedieron a las resistencias presentadas por concretos sin ceniza volante para la mayoría de los concretos ensayados en este estudio la resistencia a la compresión fue igual o mayor en concretos con ceniza volante que las del concreto ordinario después de 91 días.

Para concretos con altos contenidos de ceniza volante, alrededor del 60 %, mostraron un adecuado desarrollo de resistencias tanto a edades tempranas como a edades tardías. Por ejemplo la resistencia a la compresión a un día de un concreto con alto contenido de ceniza volante puede variar de 5 a 9 Mpa, dependiendo del tipo de cemento. Estos valores de resistencia son mas que adecuados para el retiro de cimbra a temperaturas normales, y son comparables a las resistencias desarrolladas por concretos de cementos portland con aproximadamente, 250 kg/m³ de cemento. La resistencia a edades tardías ha sido alrededor de 60 Mpa a un año.

En general, una especificación a 7 a 28 días de resistencia a la compresión puede ser lograda en concretos conteniendo ceniza volante, si se consideran las características de aumento de resistencia de las cenizas volantes en el diseño de la mezcla y ajustando el porcentaje de ajuste del contenido de C+P o ambos. Cuando las especificaciones de resistencia son a plazos mayores, el requerimiento de contenido de cementantes decrecerá mientras que el aumento del porcentaje de la ceniza volante se incrementará.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

Uno de los objetivos primarios en diseños de concretos para uso en autopistas es la resistencia a la flexión del concreto. El concreto con resistencia a la flexión baja, fallará excesivamente debido al diferencial de contracción, variaciones de temperatura y cargas aplicadas, llevando a un rápido deterioro del pavimento estructural de autopistas. La resistencia a la flexión o módulos de ruptura del concreto es una medida indirecta de la resistencia a la tensión y es la prueba mas frecuentemente usada por los departamentos de autopistas al evaluar la calidad del concreto para pavimentos.

En estudios realizados a mezclas de concreto con contenidos de ceniza volante que variaron en porcentajes de 0 a 35 % usando cenizas tipo C y F se obtuvo que el concreto con ceniza volante logró dar la resistencia mínima y mostró una mayor ganancia de resistencia entre 7 y 28 días que la del concreto sin ceniza volante. Sin embargo, la resistencia a la flexión mostrada a 7 días por los concretos con ceniza

volante clase C o F indistintamente, fue ligeramente menor a la alcanzada por concretos sin ceniza volante y con el mismo contenido de cementantes^(Ref. 15).

Por otro lado, en concretos con contenidos mayores de ceniza volante, superiores al 50 %, las resistencias a la flexión a 28 días, son de alrededor del 10 al 15 % de su correspondiente resistencia a la compresión a 28 días, lo que es comparable a los valores que presentan concretos con cemento portland o normal sin ceniza volante.

EFFECTO DEL CURADO Y CONDICIONES DE MEZCLADO.

El tiempo y la temperatura de mezclado, y las condiciones de curado bajo las cuales esté sujeto el concreto afectan las resistencias a la compresión y a la flexión.

Se ha encontrado que los concretos con contenido de ceniza volante son mas sensitivos a la prolongación del tiempo de mezclado que los concretos sin ceniza volante. Las mezclas con ceniza volante muestran una acelerada perdida de fluidez cuando es mezclado excesivamente. El incremento en la pérdida de trabajabilidad es causada por la reducida demanda de agua del concreto con ceniza volante. Las partículas esféricas en la ceniza volante proveen trabajabilidad adicional a la mezcla mientras la mezcla sea fluida. Una vez que la hidratación del aluminato tricalcico (C_3A) y el silicato tricalcico (C_3S) comienza y empieza la evaporación de la mezcla de concreto con ceniza volante con bajo contenido de agua, empieza a endurecerse y a volverse menos manejable.

Las resistencias a la flexión y compresión de concretos conteniendo ceniza volante sujetas a diferentes condiciones de curado (frío, templado y caliente) varían en la misma proporción que los concretos de cemento portland ordinario sin ceniza volante.

Cuando se proporcionan concretos conteniendo ceniza volante, las condiciones del lugar y las temperaturas deben ser consideradas. Las demoras excesivas en la colocación del concreto pueden dar como resultado severos problemas de manejo. Sin embargo debe ser señalado que el incremento en la relación pasta - agregado en la mayoría de los concretos con ceniza volante puede mejorar el acabado de la superficie del concreto y reducir la permeabilidad del concreto.

RESISTENCIA AL CONGELAMIENTO Y DESHIELO.

La resistencia al congelamiento y deshielo es una propiedad necesaria para los concretos expuestos a ambientes invernales. El concreto que no es durable bajo condiciones de congelamiento y deshielo se expandirá y fallara, volviéndose inservible.

Los elementos mas importantes para que un concreto sea resistente al congelamiento y deshielo son un adecuado sistema inclusor de aire y la resistencia. Las consideraciones de resistencia ya han sido discutidas. La ceniza volante afecta el sistema de aire en el concreto en que la mezcla inclusora de aire sea de base orgánica ya que puede ser adsorbida por las partículas de carbón en la ceniza volante. Puede ser necesario un incremento en la dosificación de un aditivo inclusor de aire en concretos con ceniza volante para compensar la perdida del aditivo.

Pruebas de jornada y registros de desempeño previos son la mejor forma de determinar la dosis y el tipo de agente inclusor de aire en concretos con ceniza volante.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.

Los concretos para pavimentos y pisos industriales sujetos a tráfico pesado pueden ser dañados severamente por agrietamientos y expansiones asociados por la pobre resistencia a la abrasión. La resistencia a la abrasión del concreto está relacionada con el tipo de agregados, resistencia a la compresión, condiciones de curado y la condición del acabado de la superficie.

En pruebas de resistencia a la abrasión de concretos con ceniza volante y concretos ordinarios sin ceniza volante se midió la profundidad causada por el uso de una rueda rotatoria. Los concretos conteniendo cenizas clase C exhibieron una resistencia superior a la abrasión a los concretos con ceniza volante clase F y a los concretos sin ceniza volante, que tuvieron resistencias similares^(Ref. 15).

Aunque los concretos tuvieron resistencias equivalentes al momento de probarlos, la reducción de la demanda de agua en las mezclas con ceniza volante de igual trabajabilidad reduce la cantidad de sangrado con lo cual decrece la permeabilidad del concreto, mejorando la dureza de la superficie.

CONCRETOS DOSIFICADOS CON CEMENTO PORTLAND Y CENIZA VOLANTE.

41

CAPITULO 3: Concreto elaborado con ceniza volante.

Además, durante la vida de un pavimento o piso de concreto conteniendo ceniza volante continua ganando resistencia. Incrementando la fuerza compresiva, aumentará resistencia al uso de la superficie del concreto.