

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTE,
Y DE VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO**

VICEMINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

**UNIDAD DE INVESTIGACION Y
DESARROLLO VIAL**

**Investigación preliminar sobre las
características físicas, manejo y
almacenamiento del cemento hidráulico
de mayor uso en El Salvador.**

SAN SALVADOR, REPUBLICA DE EL SALVADOR.

OBSERVACION

El contenido de este informe refleja las opiniones de los Autores, quienes son responsables de los hechos y la exactitud de los datos presentados. El contenido no refleja necesariamente las opiniones y políticas oficiales del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador. Este informe no Constituye una norma, una especificación ni regulación.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE EL SALVADOR
VICEMINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO VIAL

Investigación preliminar sobre las características físicas, manejo y almacenamiento del cemento hidráulico de mayor uso en El Salvador.

Edwin Ricardo Alvarenga, Ing. Civil. ¹
Unidad Técnica, Depto. Auditoria de Calidad.
UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO VIAL

¹ Actualmente Gerente del Depto. de Investigación y Desarrollo de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial

INDICE

- 1.0 [INTRODUCCIÓN.](#)
- 2.0 [MARCO TEORICO](#)
- 3.0 [OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LAS VISITAS REALIZADAS](#)
- 4.0 [ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS POR LA UIDV-VMOP](#)
- 5.0 [CONCLUSIONES](#)
- 6.0 [AGRADECIMIENTOS](#)
- 7.0 [REFERENCIAS](#)

1.0 Introducción.

La Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (UIDV) como parte de la estructura organizativa del Vice-Ministerio de Obras Públicas (VMOP), tiene a su cargo entre otros aspectos el desarrollar trabajos de investigación aplicada orientados al fortalecimiento técnico, en lo relacionado con la construcción y mantenimiento de las carreteras, como también la verificación de la calidad de los materiales utilizados en los proyectos que el MOP ejecuta.

Dentro de este contexto se ha desarrollado el presente trabajo de investigación preliminar, con el objeto de verificar las características físicas de algunos de los cementos que se producen en el país y que actualmente están siendo utilizados en la construcción de las principales carreteras y puentes del país. El trabajo comprende también la verificación de las condiciones de manejo y almacenaje del cemento hidráulico, ya que la realización inadecuada de dichas actividades podría generar la degradación de las propiedades originales del mismo, afectando así su comportamiento en la mezcla de concreto.

Para llevar a cabo la investigación, se realizó una visita técnica a la Planta El Ronco, ubicada en Metapán, Depto. Santa Ana, donde se produce el cemento CESSA. También se

visitó la planta de producción de concreto hidráulico de la empresa Concretera Salvadoreña ubicada en San Salvador y la planta ubicada en el plantel Florencia, donde se produce el concreto hidráulico para el proyecto Rehabilitación de la Autopista San Salvador-Comalapa-Aeropuerto, actualmente en proceso de ejecución.

Las características determinadas en los cementos se compararon con las indicadas en las Especificaciones American Society for Testing and Materials (ASTM) edición 1994. Es importante señalar que este estudio debe considerarse preliminar, ya que dichas características se obtuvieron únicamente de una muestra de cada uno de los cuatro cementos de mayor uso en el país.

En lo que concierne con el Manejo y Almacenaje, se tomó como base lo establecido en los documentos: Standar Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highways Projects, edición 1996 (FP-96), American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO) y el Manual de Inspección del Hormigón ACI (Informe del Comité ACI-311).

2.0 Marco teórico.

En los primeros años del siglo diecinueve, el Británico Joseph Aspdin fue el primero en obtener una patente para fabricar un cemento a base del calentamiento de una mezcla de caliza finamente molida y arcilla, cuyo producto en polvo se endurecía al mezclarse con agua. Dicho producto fue nombrado Cemento Pórtland debido a su similitud a las rocas que se encuentran en la Isla de Pórtland.

Lo anterior fue el inicio de la industria de los cementos hidráulicos, la cual ha ido perfeccionando su proceso de producción y los materiales necesarios para su fabricación, de tal manera que el producto cementante debe cumplir ciertas características físicas y químicas a partir de un cuidadoso control de calidad.

Los rápidos avances tecnológicos en el diseño y métodos constructivos utilizando concreto hidráulico, así como también el uso del mismo en diferentes regiones y condiciones de trabajo, ha demandado de materiales cementantes de diferentes comportamientos y características. Resultado de lo anterior es el desarrollo de diferentes tipos de cemento Pórtland y la fabricación de otros cementos hidráulicos, tales como los cementos combinados (mezclados), cementos expansivos, cementos para mampostería y otros.

Se requiere a la vez que dichos cementos cumplan con ciertos requisitos de calidad que garanticen su adecuado comportamiento en el concreto hidráulico. A pesar de que el cemento representa solamente entre 6% y 15% en peso de la mezcla, sus propiedades influyen grandemente en el comportamiento del mismo en cuanto a trabajabilidad y resistencia.

Algunas de las propiedades físicas importantes de este material cementante son las siguientes:

- a) Finura: Dicha propiedad influye en el calor de hidratación, en la ganancia de resistencia y en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. Los materiales cementantes más finos reaccionan de forma más rápida al contacto con el agua, con un correspondiente incremento en la ganancia de resistencias tempranas. También influye en la trabajabilidad, ya que a mayor finura del cemento se incrementa el área superficial.
- b) Tiempo de fraguado: Se determina el tiempo de fraguado de la pasta de cemento y se refiere al cambio del estado fluido al estado rígido de la misma. Dicho valor es un índice del rango al cual la reacción de hidratación está ocurriendo y se desarrolla la resistencia.
- c) Resistencia a la compresión: Dicha propiedad se determina a través de la resistencia a la compresión de cubos de mortero preparados usando una arena de graduación estandarizada.
- d) Expansión en Autoclave: Es esencial que la pasta de cemento fraguado no sufra un cambio notable de volumen, que en condiciones adversas produzca una expansión apreciable que ocasione ruptura de la pasta endurecida. Dicha expansión puede ocurrir debido a reacciones de cal activa, magnesio y sulfato de calcio. La prueba de expansión en autoclave es una prueba acelerada, que proporciona una indicación general del riesgo de la expansión en el largo plazo.
- e) Contenido de aire en el mortero: se determina si el contenido de aire en el cemento se encuentra dentro del rango especificado.

Algunas normas internacionales establecen ciertos requisitos que deben cumplir los cementos hidráulicos para garantizar su calidad. De acuerdo a lo establecido en la subsección 701.01 de Standar Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highways Proyects, edición 1996 (FP-96), el cemento hidráulico debe cumplir lo indicado en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Requisitos para los cementos hidráulicos (*)	
Tipo	Especificación
Cemento Pórtland	AASHTO M 85
Cemento Hidráulico Mezclado	AASHTO M 240
Cemento para Mampostería	ASTM C 91
(*) Especificaciones FP-96.	

Así también, las Especificaciones American Society of Testing of Material (ASTM), establecen ciertos requisitos que deben cumplir los cementos hidráulicos para garantizar su calidad, los cuales se indican en las siguientes especificaciones:

- a) ASTM C 91, Standar Specification for Masonry Cement.
- b) ASTM C 150, Standar Specification for Portland Cement.
- c) ASTM C 595, Standar Specification for Blended Hydraulic Cements.
- d) ASTM C 1157, Standar Performance Specification for Blended Hydraulic Cement.

Dichas normas poseen dos tipos de Especificación: las Prescritas y las de Comportamiento o Desempeño. Las primeras proporcionan límites en la composición química y restricciones en los ingredientes utilizados para la fabricación del cemento, que están indirectamente relacionados con el comportamiento. Mientras que las Especificaciones por Comportamiento o Desempeño, únicamente limitan aspectos relacionados con las propiedades físicas, tales como tiempo de fraguado, resistencia y durabilidad, éstas no restringen el uso de materiales o las proporciones de los mismos.

Las normas ASTM C 150 y ASTM C 595 contienen ambos tipos de Especificación. En cambio la norma ASTM C 1157, emitida en 1992, evalúa la calidad de los Cementos Combinados únicamente con base a su desempeño o comportamiento y en 1998 fue ampliada para evaluar los Cementos Portland.

2.1 Requisitos sobre el Almacenamiento y Manejo del cemento.

Las especificaciones M 85 y M 240, de las normas AASHTO edición 1990, indican que el cemento debe ser almacenado de tal manera que permita un fácil acceso para una apropiada inspección e identificación del cargamento, y que el almacenamiento se realice en un edificio adecuado que proteja al cemento de la humedad y que se minimice el tiempo de almacenaje del mismo. No se establece alguna temperatura recomendada en el sitio de almacenamiento.

Adicionalmente se indica que los cementos que permanezcan almacenados en la fábrica por más de 6 meses después de finalizar los ensayos, pueden ser rechazados si al realizar nuevamente los ensayos falla alguno de los requerimientos de la especificación. Lo anterior también es válido cuando el cemento en bolsas se encuentra almacenado en manos de un vendedor por más de 3 meses.

En el informe del Comité ACI-311, se recomienda que el silo que se utilice para el almacenamiento del cemento a granel debe ser resistente a la intemperie y que reciba una ventilación apropiada para impedir la acumulación de la humedad, su interior debe ser liso y que su forma permita una fácil remoción del cemento (preferentemente conos truncados). Adicionalmente se recomienda la inspección periódica de dichos silos.

En relación al cemento en bolsas se recomienda colocarlo sobre tarimas en el piso para protegerlo de la humedad y seguir un proceso sistemático para utilizarlo, de tal manera que se remueva el de mayor edad.

2.2 Requisitos sobre Transporte del cemento.

Las especificaciones ASTM, FP-96 y AASHTO no establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los equipos utilizados para transportar el cemento a granel o en bolsas.

El ACI por su parte recomienda realizar revisiones periódicas a los compartimientos que transportan el cemento, con el objeto de verificar su hermeticidad y que no ocurra una acumulación de cemento.

3.0 Observaciones relacionadas con las visitas realizadas.

3.1 Concretera Salvadoreña

En la producción de concreto hidráulico se utiliza cemento Pórtland tipo I, el cual es suministrado por CESSA.

El transporte del cemento es a granel y se realiza en cisternas con una capacidad de aproximadamente 500 bolsas (Foto 1).



Foto 1. Cisterna utilizada para el transporte de cemento a granel.

En la planta de producción de la Concretera Salvadoreña no se realizan ensayos de laboratorio para verificar la calidad del cemento hidráulico utilizado, únicamente se realiza el Control de Calidad del concreto producido. La información relacionada con la calidad del cemento es proporcionada por CESSA.

En las instalaciones ubicadas en San Salvador, se tiene la capacidad de almacenar el cemento hidráulico en tres (3) silos de 1000 bolsas cada uno, 1 silo de 4000 bolsas y un (1) silo de 700 bolsas. Dichos silos se observan en buen estado ([Foto 2](#)).

El tiempo de almacenamiento es mínimo, debido a la demanda de concreto hidráulico que existe actualmente.



Foto 2. Planta de Concretera Salvadoreña.
Silo de almacenamiento de cemento.

3.2 Planta El Ronco.

La Planta de Producción cuenta con su propio Laboratorio para determinar las características de las materias primas y del cemento resultante. Se observó que las instalaciones y el equipo para realizar los ensayos de laboratorio son los indicados para llevar a cabo un adecuado Control de Calidad. [\(Fotos 3\)](#)

El muestreo del cemento para realizar los ensayos de laboratorio, se realiza de forma continua y automática a lo largo de toda la producción.

El personal está debidamente capacitado para ejecutar los ensayos de laboratorio y se cuenta con la información relacionada con cada uno de las normas de ensayo.

El cemento se almacena a granel en silos apropiados y también en bolsas, las que se apilan en una bodega que presenta condiciones apropiadas [\(Fotos 4\)](#).



Foto 3. Planta el Ronco, CESSA
Laboratorio para el Control de Calidad del cemento.



Foto 4. Planta El Ronco, CESSA.
Bodega de almacenamiento para el cemento en bolsas.

3.3 Plantel Florencia.

El cemento es suministrado por la empresa CESSA, cuyo transporte se realiza a granel mediante cisternas, que poseen una capacidad aproximada de 550 bolsas cada una.

El tipo de cemento utilizado para fabricar el concreto es ASTM C 1157, tipo HE.

Poseen tres silos horizontales de almacenamiento a granel, cada uno con una capacidad de 4400 bolsas de cemento. La planta de producción posee adicionalmente un silo con una capacidad de aproximadamente 700 bolsas de cemento ([Fotos 5](#)).

El tiempo de almacenamiento es mínimo, debido a que el consumo es de aproximadamente 4000 - 5000 bolsas diarias de cemento.

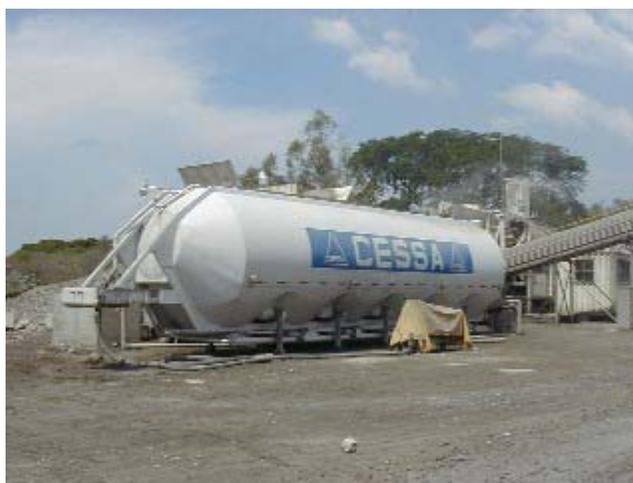


Foto 5. Planta Florencia, Autopista S.S-Comalapa-Aeropuerto.
Silo horizontal para el almacenamiento del cemento a granel.

4.0 Ensayos de Laboratorio realizados por la UIDV-VMOP.

Los tipos de cemento hidráulico muestreados y su procedencia se indican en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Cementos hidráulicos de mayor uso en el país.		
Cemento hidráulico	Lugar de muestreo (*)	Fabricado bajo norma ASTM
Cemento para mampostería, tipo M.	Planta El Ronco, Metapán	C 91
Cemento Pórtland, tipo I.	Planta El Ronco, Metapán	C 150
Cemento Combinado, tipo IP	Planta El Ronco, Metapán	C 595
Cemento Combinado, tipo HE	Plantel Florencia, Autopista Comalapa	C 1157
(*) Muestreo efectuado por la UIDV-VMOP.		

Las características físicas de los cementos hidráulicos analizados, han sido determinadas mediante ensayos de laboratorio establecidos en las normas ASTM edición 1994. Los ensayos de laboratorio que se han realizado en el presente trabajo de investigación, fueron ejecutados en el Laboratorio de Suelos y Materiales de la UIDV-VMOP los cuales se indican en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Ensayos de laboratorio realizados en los cementos hidráulicos de mayor uso en el país.	
Ensayo	Norma de ensayo ASTM
Fineza Blaine.	ASTM C 204
Tiempo de Fraguado, Método Vicat.	ASTM C 191
Tiempo de Fraguado, Método Gillmore.	ASTM C 191
Contenido de Aire en el Mortero.	ASTM C 185
Expansión en Autoclave.	ASTM C 151
Compresión en Especímenes de Mortero.	ASTM C 109

Algunos de los ensayos requeridos en las Normas ASTM edición 1994, no se llevaron a cabo por limitantes técnicas. Estos ensayos se detallan en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Ensayos de laboratorio no realizados por la UIDV-VMOP debido a que no se dispone del equipo necesario para ejecutarlo.	
Ensayo	Norma de ensayo ASTM
Finesa, Residuo en una malla de 45- μ m (No.325).	C 430
Valor de retención de agua.	C 91
Calor de hidratación.	C 186
Expansión de mortero.	C 227
Contenido de sulfato.	C 1038

4.1 Resultados de Laboratorio.

En las siguientes tablas se presentan las características determinadas en los cementos hidráulicos muestreados por la UIDV-MOP y los requisitos establecidos en las Especificaciones ASTM, edición 1994.

a) Cemento para mampostería. Fabricado bajo norma ASTM C 91, Tipo M.

Tabla 4-4: Cemento para mampostería, Tipo M.		
Ensayo	Requisitos según Especificación ASTM C 91, Tipo M.	Resultado de laboratorio
Expansión en Autoclave.	Expansión máxima: 1 %	0.017 %
Tiempo de Fraguado, Método Gillmore.	Fraguado inicial mínimo: 90 min	250 min
	Fraguado final máximo: 1440 min	570 min
Tiempo de Fraguado, Método Vicat (*)	Fraguado inicial mínimo: -----	178 min
	Fraguado inicial máximo: -----	
	Fraguado final máximo: -----	360 min
Resistencia a la Compresión en cubos de mortero.	Resistencia mínima a los 7 días: 1800 psi	3033.3 psi
	Resistencia mínima a los 28 días: 2900 psi	3508.3 psi
Contenido de Aire en el Mortero.	Volumen mínimo: 8 %	12.1 %
	Volumen máximo: 19 %	
(*) Dicho ensayo no es requerido en la norma ASTM C 91.		

b) Cemento Pórtland. Fabricado bajo norma ASTM C 150, Tipo I.

Tabla 4-5: Cemento Pórtland, Tipo I.		
Ensayo	Requisitos según Especificación ASTM C 150, Tipo I.	Resultado de laboratorio
Fineza, superficie específica. Permeabilidad al aire.	Mínimo: 280 m ² /kg	382.7 m ² /kg
Expansión en Autoclave.	Expansión máxima: 0.8 %	0.011 %
Tiempo de Fraguado, Método Gillmore (*).	Fraguado inicial: no menor que 60 min	240 min
	Fraguado final: no mayor que 600 min	340 min
Tiempo de Fraguado, Método Vicat	Fraguado inicial mínimo: 45 min	163 min
	Fraguado inicial máximo: 375 min	
	Fraguado final máximo: ----	405 min
Resistencia a la Compresión en cubos de mortero.	Resistencia mínima a los 3 días: 1800 psi	3791.7 psi
	Resistencia mínima a los 7 días: 2800 psi	5025.0 psi
Contenido de Aire en el Mortero.	Volumen mínimo: ---	8.1 %
	Volumen máximo: 12 %	
(*) La norma ASTM C 150 indica que es un método alternativo.		

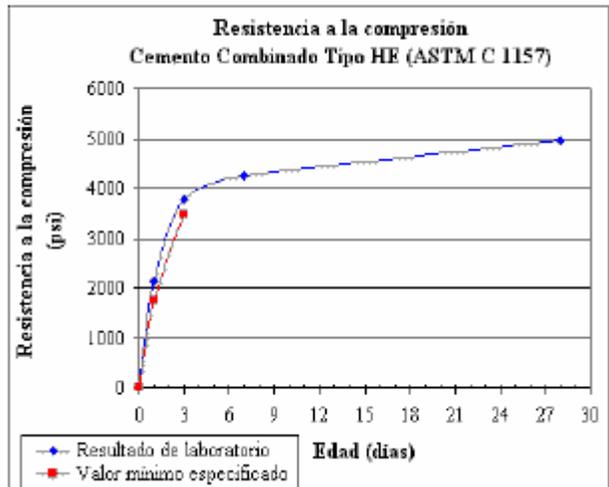
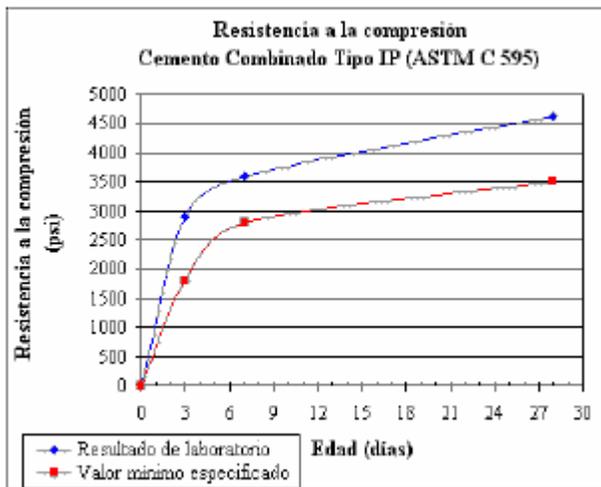
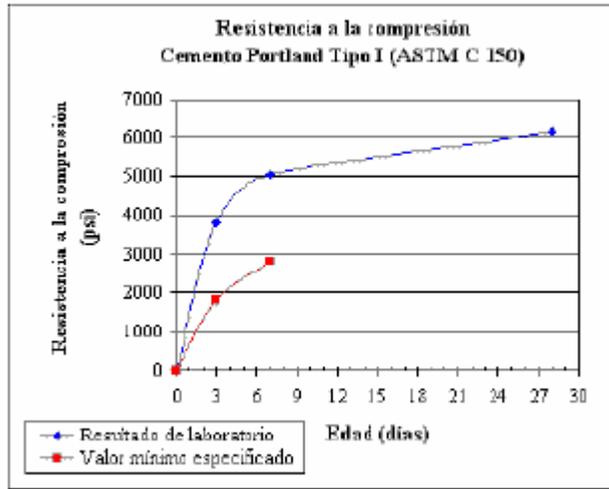
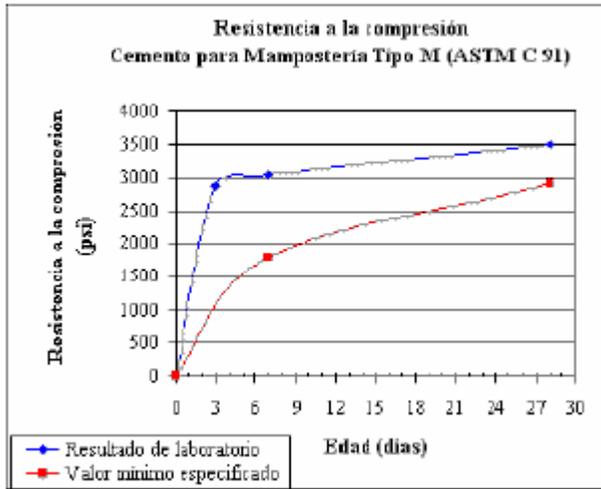
c) Cemento Combinado (Mezclado). Fabricado bajo norma ASTM C 595, Tipo IP.

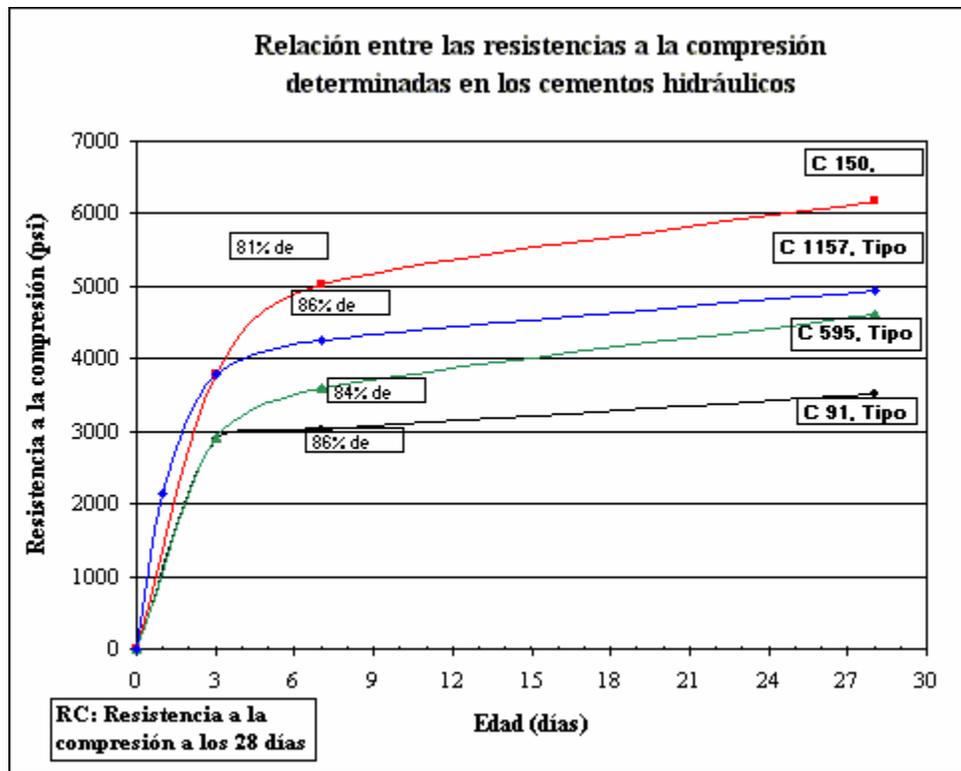
Tabla 4-6: Cemento combinado (Mezclado), Tipo IP.		
Ensayo	Requisitos según Especificación ASTM C 595, Tipo IP.	Resultado de laboratorio
Fineza	-----	449.4 m ² /kg
Expansión en Autoclave.	Expansión máxima: 0.8 % Contracción máxima: 0.2 %	-0.021 %
Tiempo de Fraguado, Método Gillmore (*).	Fraguado inicial: ----	225 min
	Fraguado final: ----	430 min
Tiempo de Fraguado, Método Vicat.	Fraguado inicial mínimo: 45 min	186 min
	Fraguado inicial máximo: 420 min	
	Fraguado final máximo: ----	420 min
Resistencia a la Compresión en cubos de mortero.	Resistencia mínima a los 3 días: 1800 psi	2908.3 psi
	Resistencia mínima a los 7 días: 2800 psi	3608.3 psi
	Resistencia mínima a los 28 días: 3500 ps	4616.7 psi
Contenido de Aire en el Mortero.	Volumen mínimo: ---	7.5 %
	Volumen máximo: 12 %	
(*) Dicho ensayo no es requerido en la norma ASTM C 595.		

d) Cemento combinado (Mezclado). Fabricado bajo norma ASTM C 1157, Tipo HE.

Tabla 4-7: Cemento combinado (Mezclado), Tipo HE.		
Ensayo	Requisitos según Especificación ASTM C 1157, Tipo HE.	Resultado de laboratorio
Fineza Blaine	-----	539.9 m ² /kg
Expansión en Autoclave.	Expansión máxima: 0.8 %	0.015 %
Tiempo de Fraguado, Método Gillmore ^(*)	Fraguado inicial: -----	135 min
	Fraguado final: -----	310 min
Tiempo de Fraguado, Método Vicat.	Fraguado inicial mínimo: 45 min	122 min
	Fraguado inicial máximo: 420 min	
	Fraguado final máximo: -----	315 min
Resistencia a la Compresión en cubos de mortero.	Resistencia mínima a 1 día: 1740 psi	2133.3 psi
	Resistencia mínima a los 3 días: 3480 psi	3775.0 psi
Contenido de Aire en el Mortero	Volumen mínimo: ----	5.4 %
	Volumen máximo: ----	
(*) Dicho ensayo no es requerido en la norma ASTM C 1157.		

En las gráficas siguientes se presentan los resultados de resistencia a la compresión obtenidos en el laboratorio de la UIDV y los valores mínimos requeridos en las normas ASTM.





5.0 Conclusiones.

Con base en los resultados de ensayos de laboratorio realizados por la UIDV-VMOP, en cada una de las muestras de los cementos hidráulicos de mayor uso en el país, y tomando en cuenta la manera en que se manejan y almacenan dichos cementos se concluye:

- a) Las características físicas determinadas en los cementos hidráulicos muestreados, satisfacen los requisitos indicados en las Especificaciones ASTM.
- b) Las condiciones de manejo y almacenaje del cemento hidráulico, observadas en las instalaciones de la Planta El Ronco, Concretera Salvadoreña y Plantel Florencia, cumplen con los requisitos mínimos indicados en las Especificaciones Técnicas de referencia.
- c) Al comparar los valores de tiempo de fraguado, obtenidos utilizando el método de Vicat y el método de Gillmore para un mismo tipo de cemento, no se observa relación entre los resultados de ambos métodos.
- d) Los valores de resistencia a la compresión determinados a los 7 días de edad, corresponden aproximadamente entre el 81% y 86% de la resistencia obtenida a los 28 días de edad.

6.0 Agradecimientos.

La Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (UIDV) desea agradecer la colaboración brindada por las empresas: Cemento de El Salvador (CESSA), Asocio Temporal Pavimentos de Concreto y Concretera Salvadoreña, quienes nos facilitaron el acceso a sus instalaciones y a la vez el cemento hidráulico necesario para el desarrollo de los ensayos de laboratorio, que sirvieron de base a la presente investigación.

7.0 Referencias.

- 1) *Neville, A.M. y Brooks, J.J., Tecnología del Concreto, Editorial Trillas, México, 1998.*
- 2) *“Fast-Track Concrete Pavements”, Concrete Paving Technology, American Concrete Pavement Association.*
- 3) *“Standar Specification for Portland Cement”, ASTM C 150, American Society of Testing Materials, 1994.*
- 4) *“Standar Specification for Masonry Cement”, ASTM C 91, American Society of Testing Materials, 1994.*
- 5) *“Standar Specification for Blended Hydralic Cements”, ASTM C 595, American Society of Testing Materials, 1994.*
- 6) *“Standar Performance Specification for Blended Hydraulic Cement”, ASTM C1157, American Society of Testing Materials, 1994*
- 7) *Manual de Inspección del Hormigón, Capítulos 3 y 4, Informe del Comité ACI 311, Publicación SP-2, American Concrete Institute, Detroit.*
- 8) *“Prescriptive versus Performance Specifications for Cements”, Concrete Tecnology Today, Portland Cement Association.*
- 9) *“Concrete Basics”, Portland Cement Association.*
- 10) *Harol Atkins, PE, Highway Materials, Soils and Concretes, Third Edition, Prentice Hall.*
- 11) *Standar Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highways Proyects, 1996 (FP-96).*
- 12) *Standar Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Fifteenth Edition, 1990, American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO).*

[Pagina Principal](#)

E-mail: uidv.contacto@mop.gob.sv