

CARACTERIZACION DE CONCRETOS DE POLIMEROS USADOS EN LA CONSTRUCCION

C. BOSCAN DE GONZALEZ Y D. CONTRERAS
División de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es la caracterización de sistemas epóxicos empleados en la preparación de concretos y morteros de polímeros utilizados actualmente en la industria de la construcción. Se estudiaron dos sistemas poliméricos de tres componentes, formados por: la resina epóxica, el agente curante y el agregado. La caracterización de la resina y del agente curante, se realizó mediante espectroscopia infrarroja, con el fin de determinar la estructura de las mismas. Además de las espectroscopia IR se determinó el equivalente epóxico en la resina sin curar y el valor amínico del endurecedor o agente curante. En las muestras curadas o probetas de mortero de polímero se realizaron principalmente los siguientes ensayos mecánicos: Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Flexión y la Prueba de Adherencia para comparar los resultados obtenidos de los sistemas estudiados y corroborar éstos con los datos aportados por los fabricantes. Los resultados obtenidos indican que las muestras analizadas presentan la misma estructura DGEBA con n=1 (Diglicidil Eter de Bisfenol A) con la diferencia que la muestra CRE 1 es una resina sin modificar y la CRE 2 contiene 10% de Butyl Glycidil Eter como diluyente.

ABSTRACT

The objective of this study is the characterization of epoxy systems used in the preparation of polymers concretes and polymers mortars utilized in the construction industry. Two polymeric systems of three components: epoxy resin, curing agent and the aggregate were studied. The characterization of the epoxy resin and the curing agent was performed by means of infrared spectroscopy to identify their molecular structure. The Epoxide Equivalent (Equivalent Weight) of the uncured resin and the Amine Number of the curing agent were determined. On the cured systems the following mechanical tests were performed: Compressive Strength, Flexural Strength and Adhesion Strength. These tests were performed to verify the properties of the specimens obtained in the laboratory by comparison with the reported properties given by the manufacturers. The laboratory results show that the analyzed samples have the same structure. DGEBA with n=1 (Diglycidyl Eter of

Bisphenol A), but the sample CRE1 is an unmodified resin whereas the CRE2 sample has a 10% of Butyl Glycidyl Eter as diluent.

INTRODUCCION

Es bien conocido que el concreto convencional hecho de agregado y cemento portland, tiene numerosos defectos que lo hacen inapropiado para muchas aplicaciones, i.e., pobre adhesión a concreto ya endurecido, baja resistencia a muchos químicos y susceptibilidad a daños por cambios considerables de temperatura.

Por otro lado, muchas resinas sintéticas tienen propiedades de adhesión y resistencia química y física sobresalientes y pueden ser convertidos en materiales que tienen consistencia similar a la de concretos convencionales por la adición de agregados disponibles. El uso de polímeros en concreto ha resultado en el desarrollo de toda una tecnología, conociéndose tres grandes clases de concretos de polímeros: Concreto Impregnado de Polímero (PIC), Concreto de Cemento Portland y Polímero (PPCC) y Concreto de Polímero (PC).

En general las propiedades de los concretos de polímeros son altamente dependientes de las propiedades del polímero usado.

Diversos tipos de sistemas poliméricos (Poliéster, Epóxicos, Furanos y Acrílicos) se han usado como aditivos en concreto, de acuerdo a la situación de compromiso razonable entre una reacción de polimerización fácil de lograr y las propiedades deseables del concreto resultante. Sin embargo en la escogencia final de un sistema polimérico se consideran también los factores de costo, durabilidad bajo condiciones anticipadas, adhesión del agregado, propiedades referentes al manejo de material y facilidad del fraguado.

Por medio del presente trabajo se pretende realizar un análisis sistemático de los tipos de sistemas epóxicos usados como aditivos para determinar cuales son sus características físico-química y la composición química de dichos sistemas. Esta información servirá de base para revisar las formulaciones usadas actualmente a fin de conocer las propiedades físicas y mecánicas del concreto preparado

con ellas, pudiendo así conocer un poco más sobre éstos materiales que podr(án resultar como una solución a la mayoría de los problemas que se presentan actualmente con el uso del concreto convencional.

METODO EXPERIMENTAL

DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

En el desarrollo del presente trabajo, se utilizaron sistemas poliméricos comerciales, los cuales comprenden el uso de tres componentes esenciales, es decir: resina, endurecedor y agregado para la preparación de los morteros.

Las muestras ensayadas fueron identificadas como:

CRE1: Concreto Residual No. 1
CRE2: Concreto Residual No. 2

La muestra CRE1, es un mortero, preparado de dos componentes aglomerantes y un componente de agregados granulados como se especifica a continuación.

Componente A = Endurecedor
Componente B = Resina Epóxica
Componente C = Agregados de Cuarzo

Mezclando el Componente A (Endurecedor), con el Componente B (Resina) se produce una reacción química, cuyo resultado es la solidificación de los dos componentes, o sea, de dos líquidos se forma un poco tiempo un cuerpo sólido, que puede ser adherido a superficies de concreto, metal u otro material.

La otra muestra utilizada CRE 2 también es un sistema epóxico, de dos componentes (A y B) líquidos y un componente C (Agregado sólido).

PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Las proporciones de los componentes usadas para preparar las muestras en Laboratorio, fueron las establecidas por los fabricantes como se especifica a continuación:

Proporción de Mezcla : Sistema CRE1

Componente A	1.9 l (0.5 gal)
Componente B	3.8 l (1.0 gal)
=Aglomerante	5.7 l (1.5 gal)
+Componente C	6.5 l (1.7 gal)
	(10.0 Kg) (22 lbs)
* Mortero Epóxico	10.0 l (2.6 gal)

Proporción de Mezcla: Sistema CRE2
Componente A: Resina Epóxica
Componente B: Endurecedor
Componente C: Agregados de Cuarzo
Producto A + B: Líquido espeso
Densidad: Producto A + B = 1.1 Kg/l

Proporción de Mezcla:
1 parte de A + 1 parte de B por volumen
Rendimiento: 1 litro de A + 1 litro de B + 2.5 litros de C producen 2.8 litros de mortero epóxico.

El proceso de preparación comprende primero pesar el agregado a mezclar, luego medir los volúmenes exactos de resina y endurecedor, los cuales, deben ser mezclados muy bien antes de adicionar el agregado.

El polímero fue mezclado a mano con el agregado hasta que este se humedeció completamente y luego la mezcla fue vaciada en los moldes correspondientes a cada ensayo (compresión, flexión, etc.). Después del curado fueron desmoldados, teniendo especial cuidado en chequear los defectos de las probetas, antes de realizar los ensayos, ya que las que presentaron poros, una distribución no homogénea del agregado y medidas defectuosas fueron descartadas.

ENSAYOS REALIZADOS

A continuación se describen los ensayos realizados para el desarrollo del trabajo.

Resistencia a la compresión.
Resistencia a la flexión.
Ensayo de adherencia al concreto.
Espectroscopia infrarrojo.
Determinación del número epóxico.
Determinación del índice del amina.

Los ensayos de resistencia fueron realizados con el propósito de verificar los valores reportados por los proveedores, y el de adherencia, para determinar la calidad de las resinas epóxicas ensayadas cuando son utilizadas en superficies de concreto convencional.

Los ensayos restantes, tienen como objetivo principal identificar la estructura química de las resinas y los endurecedores.

RESISTENCIA A LA COMPRESION

La resistencia a la compresión de los morteros epóxicos, fue medida en la máquina universal, siguiendo el procedimiento ASTM C-109 - 79, "Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cementos hidráulicos, en probetas cúbicas de 5.08 cm (2") de lado". Se aplicó una carga hasta rotura de la probeta.

RESISTENCIA A LA FLEXION

La resistencia a la flexión fue realizada siguiendo el procedimiento ASTM C-293 - 79, midiendo el módulo de rotura de los morteros epóxicos.

ADHERENCIA AL CONCRETO

El objetivo principal de este ensayo, es el de determinar la adherencia del polímero al concreto convencional, preparado con una resistencia de aproximadamente Kg/cm². Esta resistencia se logró siguiendo un diseño de mezcla previamente establecido (Tabla No. 1). Las probetas de concreto convencional fueron curadas por 28 días y el ensayo de adherencia fue realizado a los 120 días, teniendo especial cuidado de preparar bien la superficie antes de añadir las muestras de polímero. Las muestras de polímero fueron preparadas siguiendo las especificaciones antes señaladas, rellenando las juntas de los moldes para luego ensayar en la máquina Universal las muestras por triplicado y determinar la resistencia a la adherencia de los polímeros estudiados. Es importante señalar que para determinar la resistencia a la

compresión y flexión se realizaron los ensayos por triplicado, ensayando nueve (9) probetas por muestra y los resultados se reportaron como el promedio de estos valores.

Otro aspecto importantes de resaltar en el procedimiento experimental es el siguiente: Según las especificaciones técnicas de los fabricantes la muestra CRE 2 puede ser usada para efectuar reparaciones en condiciones húmedas o bajo el agua, por lo que las probetas del ensayo de adherencia (concreto convencional) se dejaron sumergidas en agua y los moldes de resistencia se llenaron con agua para desplazarla al vaciar en estos las muestras de polímeros.

ESPECTROSCOPIA INFRARROJO. CARACTERIZACION DE LAS RESINAS Y DE LOS ENDURECEDORES

Se realizó un estudio por medio de espectroscopia infrarrojo (IR), para establecer una posible estructura de las muestras analizadas.

Un espectro infrarrojo para una resina epóxica de bajo peso molecular, puede ser obtenido de muestras líquidas sin solventes. Las muestras de resinas epóxicas y endurecido-res (Sistema CRE1 y CRE2) por presentar estado líquido, se analizaron utilizando celdas de cloruro de sodio, sin espaciado, con el fin de obtener una capa delgada de la muestra entre las láminas de la celda. Para el análisis se utilizó un espectrofotómetro Perkin - Elmer, modelo 1710.

En la fig. No. 1 se presenta un espectro típico de una resina epóxica del tipo Bisfenol-A. Las bandas a 11 y 11.8 micrones se deben a los grupos epxi, la última banda presenta un traslado, por una vibración de hidrógeno, fuera del plano en el anillo p disustituido. La banda epoxi a 8 micrones, está sobrelapada, por un alargamiento de un enlace simple carbono-oxígeno del grupo fenil - eter. Siguiendo la posición de las principales bandas en el espectro obtenido y comparándolas con el espectro dado en la literatura, es posible identificar con cierto grado de precisión la estructura molecular de la resina analizada.

El espectro de las resinas no curadas, fue chequeado para identificar la presencia de aditivos o diluyentes, esto se consigue comparando el espectro obtenido con los picos en la zona de 8 a 9 micrones, de la figura No. 2.

Además se corrieron los espectros, para las muestras de endurecedor, los cuales fueron realizados primordialmente con el fin de identificar los principales grupos activos presentes.

DETERMINACION DEL EQUIVALENTE EPOXICO

El equivalente epóxico, es la propiedad más importante a determinar en una resina epóxica, ya que

TABLA Nº 1 DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - METODO R. S. FERNANDEZ F/CONDES														
CONCRETO			PIEDRA			ARENA			ESF. CMP.			V. TRABAJAB		
Vco	R/C	S	Pap	Pup	r	P ₆₀	P ₄₀	r _z	T	F	F ₁	F ₂	G	R _z
100,00	330	7-5	2.80 cm ³	3.579 cm ³	0.436	2.70 cm ³	1.256 cm ³	0.535	2884 + 126 + 0.2260	0.9635	0.8406	20.20	67.00	0.65
LN (T) = 7.9670												LN (F) = 4.8440		
P = $\frac{LN(T) - LN(Real)}{LN(P)}$ = 0.448												S = -J + 0P = 10 cm		
$X_5 = \frac{1.00 - R}{R}$ = 0.538			$R_5 = \frac{W_r + XE}{V_r + 1.00 + 3.18P}$ = 0.445			$R_1 = \frac{W_r}{V_r}$ = 0.4046			$V_1 = \frac{V_m - F}{V_p}$ = 0.4046					
$R_1 = \frac{1.00 - X_1}{1.00 + X_1}$ = 0.71195			$V_p = R_1 (V_{co})$ = 71.195			$V_m = R_1 (V_p)$ = 59.847			$V_0 = 3.18P V_0$ = 24.429					
$V_A = R_2 (V_m)$ = 38.900			$P_A = R_2 (V_A)$ = 17.311			$P_0 = 3.18P V_0$ = 54.530 Ks								
$P_p = V_p (P_{up})$ = 112.417 Ks			$P_0 = V_A (P_{uA})$ = 48.858 Ks			$P_0 = 3.18P V_0$ = 54.530 Ks								
$P_0 = V_0$ = 24.429 Ks			$\gamma_c = P_p + P_A + P_0 + P_0$ = 240.234 Ks			$\gamma_c = P_p + P_A + V_0 + V_0$ = 99.984 Lts.								

PESO PARA UN VOLUMEN DE 30 LTS
 PIEDRA: 33.725 Kg
 ARENA: 14.657 Kg
 CEMENTO: 16.359 Kg A/C = 0.448
 AGUA: 7.329

conociendo el mismo se puede tener una idea del peso molecular, además, junto con el valor amínico total del endurecedor, se puede determinar la relación óptima en la que se pueden mezclar la resina y el endurecedor para que ocurra la reacción química completa o curado.

El equivalente epóxico, es el peso de resina que contiene un equivalente de epóxi. Para determinar este valor, se utilizó la titulación de la muestra, en presencia de Ioduro de Tetra - M - Butil Amonio.

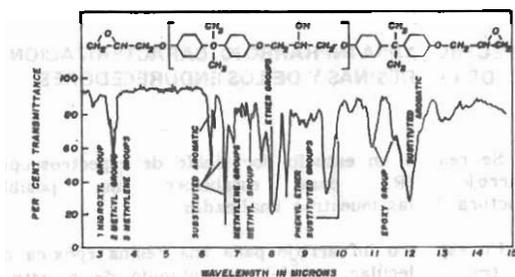


Figura Nº 1. BANDAS CARACTERISTICAS PARA RESINA DEL TIPO DGEBA.

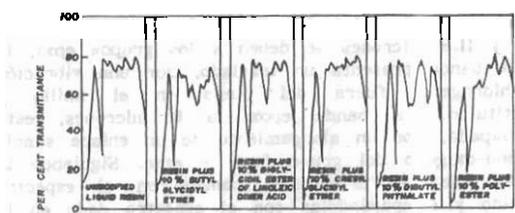


Figura Nº 2 SENSIBILIDAD DE LOS ESPECTROS DE LA RESINA DGEBA EN LA REGION DE 9 MICRONES PARA 5-10 POR CIENTO DE ADITIVO

DETERMINACION DEL VALOR AMINICO TOTAL

Este valor demuestra la cantidad de endurecedor, que puede reaccionar estequiométricamente con la resina epóxica. Esto se debe a que el equivalent epóxico, dividido entre el valor amínico total, da la relación óptima en que deben mezclarse la resina y el endurecedor.

RESULTADOS Y DISCUSION

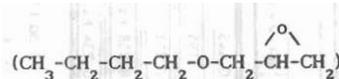
Los resultados experimentales obtenidos en el presente trabajo, han sido agrupados en las tablas No. 2, 3, 4 y 5, donde se muestran los valores promediados para los ensayos mecánicos y los resultados del número epóxico y del índice de amina.

La estructura molecular de las resinas sin curar fue determinada utilizando la espectroscopia infrarroja.

En las figs. 3 y 4 se presentan los espectros para las muestras analizadas los cuales muestran bandas características en las regiones de 916 y 863 cm^{-1} que corresponden a una estructura molecular de una resina epóxica basada en el Bisfenol-A, DGEBA. Estos espectros se compararon con los reportados en la bibliografía (5), (figs. 7 y 8) para resinas del tipo DGEBA con $n = 0$ y $n = 1$ respectivamente.

Según la literatura el espectro para una resina DGEBA con $n = 0$, presenta un pico característico a 1770 cm^{-1} , en el caso de $n = 1$, no se encuentra un pico definido en esta región. La comparación de los espectros de las muestras analizadas con los de la fig. 8, señala que la estructura de las resinas de los sistemas CRE1 y CRE2 corresponde al tipo DGEBA con $n = 1$.

Además de la estructura se determinó la presencia de aditivos o diluyentes, comparando los picos en la región de 8 a 9 micrones con la fig. 2. Al comparar estas regiones se encuentra que la resina epóxica del sistema CRE1 corresponde a una resina sin modificar y la del CRE2 es una resina modificada debido a que contienen 10% de Butil GlicidilEtercomo aditivo



En el caso de los endurecedores, también se corrió el espectro infrarrojo correspondiente para identificar los principales grupos activos funcionales. Con la información obtenida de los espectros (No. 5 y No. 6), no fue posible identificarlos como un tipo particular de amina, sin embargo la presencia de un pico a 3.300 cm^{-1} , debido a los alargamientos N - H, indica que los mismos son compuestos de amina.

Antes de discutir los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos (compresión, flexión y adherencia) para los sistemas curados (morteros de polímeros endurecidos) es importante señalar que el mezclado de la resina y el endurecedor fue realizado con especial cuidado para garantizar un buen contacto entre estos componentes a fin de obtener una buena liga de la mezcla o aglomerante (Resina más endurecedor) con el agregado. El análisis de factores tales como relación de agregado. El análisis de factores tales como relación de agregado: aglomerante (C/D), partes de endurecedor por partes de resina (phr) y tipo de agregado no fue considerado en este trabajo ya que el

mismo se limitó a estudiar los sistemas seleccionados, utilizando las proporciones dadas por los fabricantes.

La diferencia encontrada en las resistencias a la compresión y flexión (tabla No. 2 y No. 3) para los sistemas estudiados puede ser explicada principalmente por la presencia de aditivos en las muestras analizadas, debido a que la resina epóxica del sistema CRE1 corresponde a una resina sin modificar (sin diluyente) y los morteros de polímeros preparados con este tipo de resina exhiben mejores propiedades mecánicas que las resinas modificadas (con diluyentes).

Las resistencias desarrolladas por estos sistemas pueden no ser significativas al compararlas con las de un mortero preparado con cemento portland, pero si resulta interesante destacar que el sistema CRE2 desarrolla una resistencia de 357 Kg/cm^2 endurecido (curado) bajo agua, lo que difícilmente se podría lograr con un mortero de cemento portland.

Otro parámetro considerado para evaluar el sistema curado es el de adhesión al concreto convencional con resistencias aproximadas de 456 Kg/cm^2 . De los Sistemas estudiados el CRE2 fue el que presentó la mejor adhesión al concreto (tabla No. 4).

FIG. No 3. ESPECTRO INFRARROJO DE LA RESINA EPOXICA CRE 2
TIPO DE RESINA DIGLICIDIL ETER DE BISFENOL A (n=1),
MAS 10% DE BUTILGLICIDIL ETER.

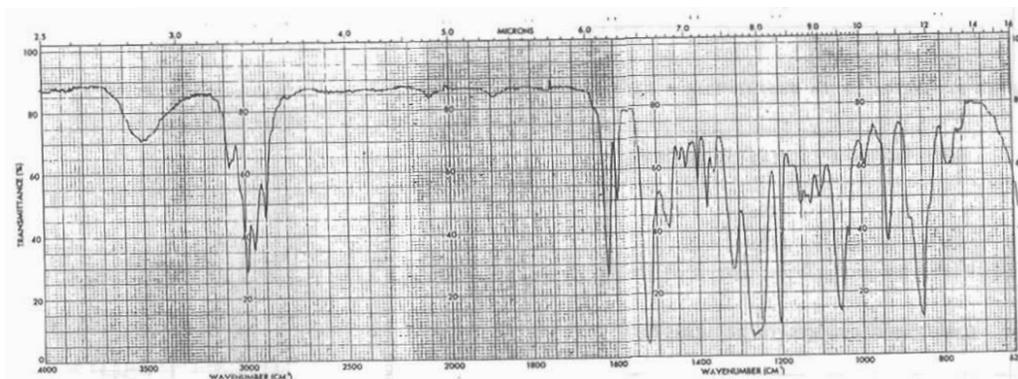
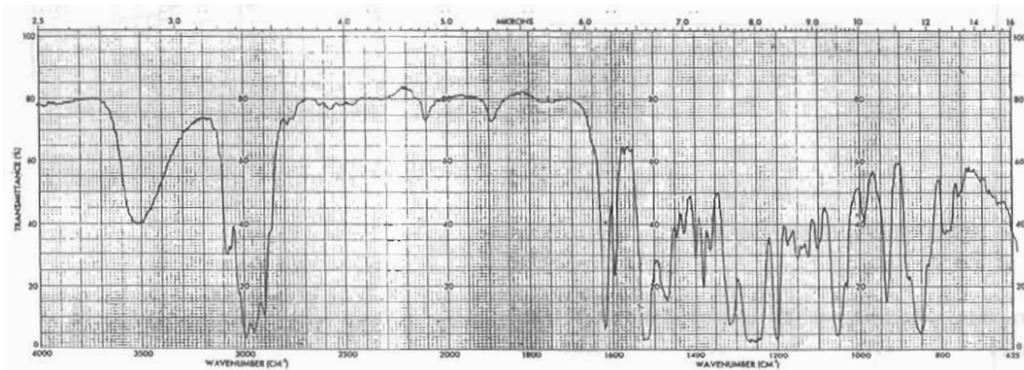


FIG. No 4. ESPECTRO INFRARROJO DE LA RESINA EPOXICA CRE 1
TIPO DE RESINA: DIGLICIDIL ETER DE BISFENOL A (n=1)
SIN MODIFICAR



Un aspecto importante de destacar es el siguiente:

En base a las especificaciones técnicas de los fabricantes la muestra CRE1 debería desarrollar una resistencia a los 7 días según la norma ASTM C-109 de 965 Kg/cm^2 valor que no coincide con el obtenido 608 Kg/cm^2 .

En la Tabla No. 5, se presentan los resultados obtenidos para el número epóxico y el índice de amina. La utilización que generalmente se le da a estos valores es la siguiente: El índice de amina da los sitios activos o hidrógenos activos del endurecedor,

TABLA No 2. VALORES PROMEDIOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

SISTEMA	RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM ²)
CRE 1	608
CRE 2	357

TABLA No 3. VALORES PROMEDIOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION

SISTEMA	RESISTENCIA A LA FLEXION (KG/CM ²)
CRE 1	205
CRE 2	168

TABLA No 4. RESULTADOS DEL ENSAYO DE ADHERENCIA

SISTEMA	CARGA (KG)
CRE 1	2765
CRE 2	4450

TABLA No 5. RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL NUMERO EPOXICO Y EL INDICE DE AMINA

SISTEMA	NUMERO EPOXICO	INDICE DE AMINA
CRE 1	190	95
CRE 2	193	210

TABLA No 6. PROPORCIONES DE MEZCLAS CALCULADAS EN BASE A LOS DATOS DE LOS FABRICANTES

Muestra	Kg (Agregado)	Kg (Resina)	Kg (Endurecedor)	C/D	phr
CRE 1	24.03	4.17	2.10	3.83	50
CRE 2	3.87	1.10	1.10	1.75	100

C/D = Relación Agregado/Aglomerante (Aglomerante = Resin + End)

phr = Partes de Endurecedor por 100 partes de resina

los cuales son capaces de formar enlaces con los grupos epóxicos cuando se les hace reaccionar. Este valor junto con el número epóxico o equivalente epóxico da la del sistema CRE1 la proporción de endurecedor a resina epóxica es de 0.5:1 y del CRE2 es de 1:1.

Las relaciones C/D y phr (tabla No. 6) para los sistemas estudiados se calcularon en base a las especificaciones técnicas, encontrando que el valor para la relación phr (partes de endurecedor por partes de resina), coincide con el valor obtenido experimentalmente a partir del índice de amina y del número epóxico.

FIG. No 5: ESPECTRO INFRAROJO DEL AGENTE CURANTE DE LA RESINA CRE2.

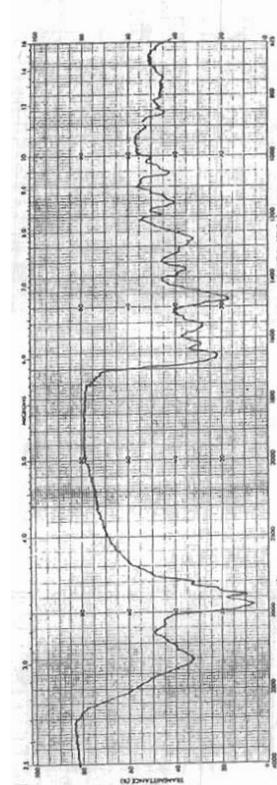


FIG. No 6. ESPECTRO INFRARROJO DEL AGENTE CURANTE DE LA RESINA
CR1

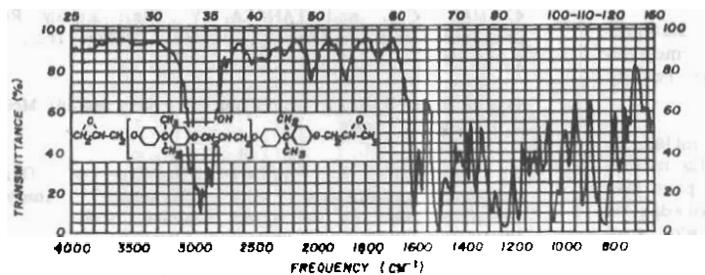
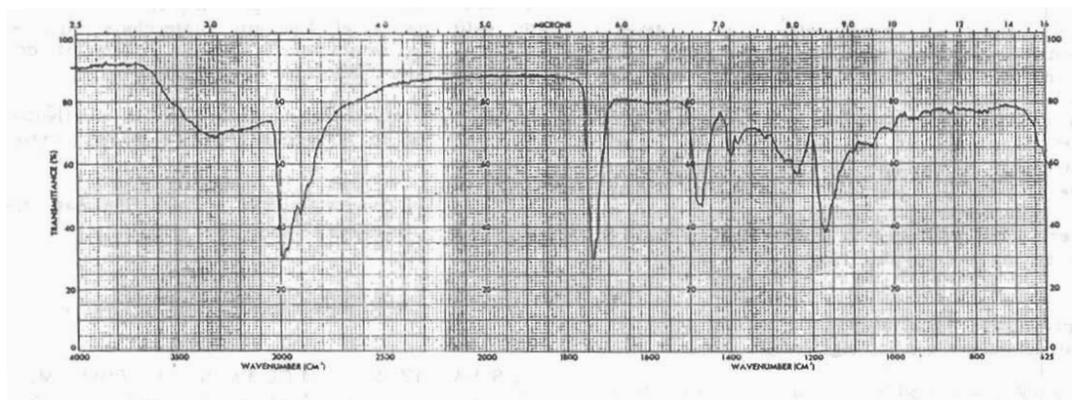


Figura N^o 7 ESPECTRO PARA UNA RESINA DE DIGLICIDIL ETER DE BISFENOL A ($n=0$).

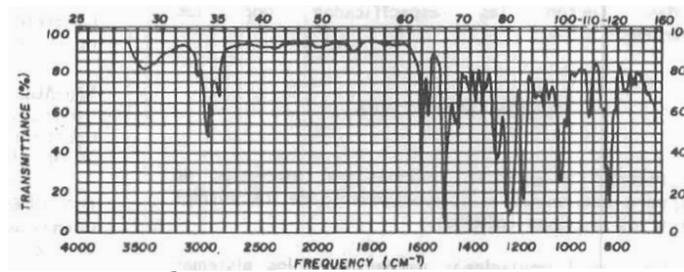


Figura N^o 8 ESPECTRO PARA UNA RESINA DE DIGLICIDIL ETER DE BISFENOL A ($n=7$).

CONCLUSIONES

Las muestras estudiadas tienen como aglomerante una resina del tipo DGBA y un agente curante a base de aminas.

Las diferencias encontradas se deben principalmente a los siguientes factores: la estructura molecular de las resinas sin curar, la adición de los diluyentes y los endurecedores. Estos fueron considerados como los factores principales para explicar las diferencias en las propiedades mecánicas de los sistemas estudiados, aunque es importante señalar que la relación agregado - aglomerante (C/D), la relación endurecedor por parte de resina (phr) y las características del agregado tienen una influencia importante en las propiedades finales del concreto de polímero.

Las principales conclusiones de la evaluación de los sistemas estudiados son las siguientes:

1. La resina CRE1 y la CRE2 tiene la misma estructura molecular DGEBA con $n=1$ con la diferencia que la muestra CRE2 contiene 10% de Butilglicidil Eter como diluyente.
2. Según los datos aportados por los fabricantes y los valores encontrados para la relación resina a endurecedor, los sistemas poliméricos estudiados tienen diferentes proporciones de mezclas.
3. Los resultados obtenidos indican que los sistemas poliméricos con resina sin modificar, exhiben mejores propiedades mecánicas que los sistemas con resinas modificadas.
4. La técnica de preparación tiene una gran influencia en las propiedades del concreto de polímero. La mezcla de la resina con el endurecedor parece ser el paso más importante. Cuando las muestras fueron preparadas en un solo paso, mezclando la resina el endurecedor y el agregado la reacción de cura no fue completa a temperatura ambiente. Cuando la resina fue premezclada con el endurecedor antes de adicionar el agregado la reacción de cura fue más completa y se pudieron obtener probetas representativas para los diferentes ensayos. Es importante señalar que los resultados presentados en este trabajo solamente reflejan las propiedades del mortero epóxico preparado a partir de proporciones prefijadas de sus componentes (resina epóxica, endurecedor y agregado). Las proporciones utilizadas fueron las especificadas por los fabricantes.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda estudiar sistemas con otro tipo de resina para determinar el comportamiento de los mismos frente a los sistemas epóxicos.
2. Revisar las formulaciones usadas para los sistemas analizados y estudiar variaciones en las mismas para conocer las propiedades físicas y mecánicas del concreto preparado con ellas.

3. Realizar un seguimiento de la reacción entre la resina y el endurecedor (curado) con el fin de conocer parámetros como tiempo de reacción y calor de cura, para determinar la reacción de los mismos con las propiedades mecánicas.

4. Realizar estudios de comparación entre los concretos de polímeros y el concreto convencional, que estén orientados a establecer la posible utilización de los polímeros como materiales de construcción.

5. Realizar estudios para determinar la efectividad de los morteros de polímeros frente a medios corrosivos agresivos.

6. Estudiar el comportamiento de estos Sistemas frente a concretos contaminados con cloruros.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) SCHWARTZ, S.S. and GOODMAN, S.H.: Plastic Materials and Processes, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1982.
- 2) Brydson, J.A.: Plastics Materials, 1975, págs. 599-630.
- 3) STEVENS, M.P.: Polymer Chemistry and Introduction, Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1975.
- 4) MAY, C.A. and TANAKA, Y. Ets.: Epoxy Resins Chemistry and Technology, Marcel Dekkor Inc., New York. 1973.
- 5) LEE and NEVILLE, Handbook of Epoxy Resin, McGraw Hill Book Co., 1967.
- 6) Bomstein, J.: Infrared Spectra of Oxirane Compounds-Correlations with Structure, Analytical Chemistry, Vol. 30, No. 4, pp. 544-546, 1958.
- 7) CONTRERAS, DANIEL: Characterization of Epoxy Resin Polymer Concrete, Norman Oklahoma, 1984.
- 8) STEINBERG, M.: Concrete Polymer Materials and Its Worldwide Development, Polymer in Concrete - International Symposium, ACI Publications SP 40 - 1 pp. 1-13, 1973.
- 9) BURLESON, J.D., et al.: An Investigation of the Properties of Polymer Concretes, Polymer in Concrete-International Symposium ACI Publication 21-5, pp. 1-19, 1968.
- 10) GAUL, R.W. and SMITH, E.D.: Effective and Practical Structural Repair of Cracked Concrete, Epoxy with Concrete Symposium, ACI Publications SP 21 - 5, pp. 29-36, 1968.
- 11) NORDBY, G., et. al.: Guide for use of Epoxy Compounds with Concrete, Journal of the American Concrete Institute, Committee 403, 1962.
- 12) TREMPER, B.: Repair of Damaged Concrete with Epoxy Resins, Journal of the American Concrete Institute, Committee 201. 1960.

13) STAYNES, B.W.: Epoxy Resin Concrete as a Structural Materials, Proc. of the 1st Int. Congress on Polymer Concrete, pp. 340-348, 1975.

14) ROOMEY, H.A.: Epoxies in Concrete Construction and

Maintenance, Epoxy with Concrete - Symposium, ACI Publications SP 21-2, 1968.

15) HANS JAHN,: Analysis of Epoxides and Epoxy Resins. Cap. 11.

Recibido el 12 de Julio de 1989

