

## Aportes de Nuestros Egresados

---

### MORTEROS EPOXICOS

*Carlos Alberto Echeverry Arciniegas\**

*Uriel Alfredo Bohórquez Suárez\*\**

Este artículo contiene parte de la información obtenida de la realización del trabajo de grado "MORTEROS EPOXICOS", bajo la dirección del ingeniero, Alejandro Sandino Pardo, q.e.p.d. En él se ve la necesidad de encontrar un mortero epóxico cuya granulometría y dosis (resina:arena) cumplieran las mejores condiciones en cuanto a manejabilidad, resistencia, química y mecánica, lo mismo que un bajo costo; con el fin de ser utilizado en la elaboración de juntas y pisos antiácidos propios de las industrias de cervecería, lácteos, carnes, licoreras y en general todas aquellas industrias que trabajen con sustancias agresivas que puedan deteriorar fácilmente un piso de concreto de cemento. Para lograr los objetivos antes mencionados fue necesario recopilar información acerca de los ingredientes de un mortero epóxico como son la resina y la arena; luego se efectuaron una serie de ensayos de laboratorio tales como: granulometría, lavado sobre tamiz 0.75 mm., densidad y absorción, masa unitaria apisonada, manejabilidad, determinación del módulo elástico, resistencia a la comprensión, tensión indirecta y ataque químico; de los cuales se concluyó que el mortero epóxico preparado con la arena de distribución granulométrica Fuller con tamaño máximo del agregado de 2.4 mm., y la proporción en volumen 1:3 (resina:arena) es el más eficiente.

\* Ingeniero Civil de la Universidad Militar "Nueva Granada", Ingeniero de la División Técnica y Operativa de la Revisoría Fiscal de la Empresa de Telecomunicaciones de Santafé de Bogotá.

\*\* Ingeniero Civil de la Universidad Militar "Nueva Granada". Profesional Universitario del Departamento Administrativo de Catastro Distrital.

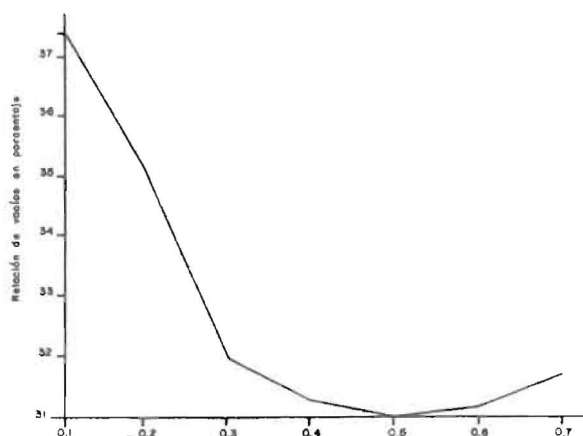
El trabajo de investigación que motivó este artículo, busca brindar información referente a la obtención de un mortero epóxico que presente la combinación de ingredientes (resina:arena) más económica y práctica para que la mezcla sea manejable en su estado plástico y desarrolle además la resistencia mecánica y química necesaria en la elaboración de juntas y pisos antiácidos, propios de las industrias que utilicen sustancias agresivas; razón por la cual fue indispensable tener en cuenta los factores que incluyen en la calidad de un mortero epóxico tales como el tipo de resina, el tamaño y granulometría de los agregados y la cantidad de resina.

En cuanto al tipo de resina, se utilizó en esta investigación el sistema epóxico Sikaguard 63 transparente de dos componentes: la resina y el endurecedor o catalizador, que se combinan en la proporción 1,6:1 (resina:endurecedor), en peso. Con respecto al tamaño máximo de los agregados, se consideró éste con el valor de 2.4 mm., pensando en la aplicación práctica de los morteros epóxicos. Las granulometrías seleccionadas son la ASTM- fina y ASTM-

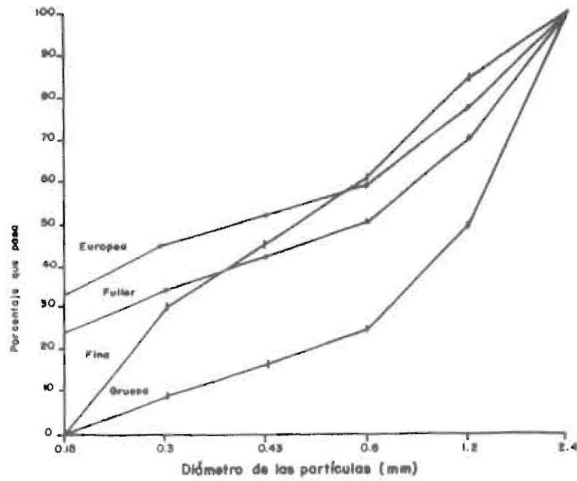
gruesa (norma ASTM C-33), europea dada por la expresión  $P = 10/9 (100(d/D)^{1/3} - 10)$ , y la distribución granulométrica según la ecuación  $P = 100 (d/D)^n$ , donde:

- P = Porcentaje que pasa a través del matiz de abertura d.
- D = Tamaño máximo de los agregados, en este caso D = 2.4 mm.
- n = Exponente, se propuso 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 y 0.7, de la cual se escogió la correspondiente a n = 0.5, conocida como granulometría FULLER, ya que ésta presenta la menor relación de vacíos, necesaria para lograr una mayor masa unitaria y por consiguiente un menor consumo de resina (ver gráfica 1); las cuatro granulometrías con las cuales se continuó la investigación, se pueden observar en la gráfica 2.

Teniendo definidas las granulometrías y el tipo de resina se siguió la investigación en dos etapas: en la primera se seleccionó la granulometría óptima y en la segunda, la dosis más adecuada de resina y arena.



GRAFICA 1. Relación de vacíos - valores de n, para la ecuación  $P = 100(d/2,4)^n$

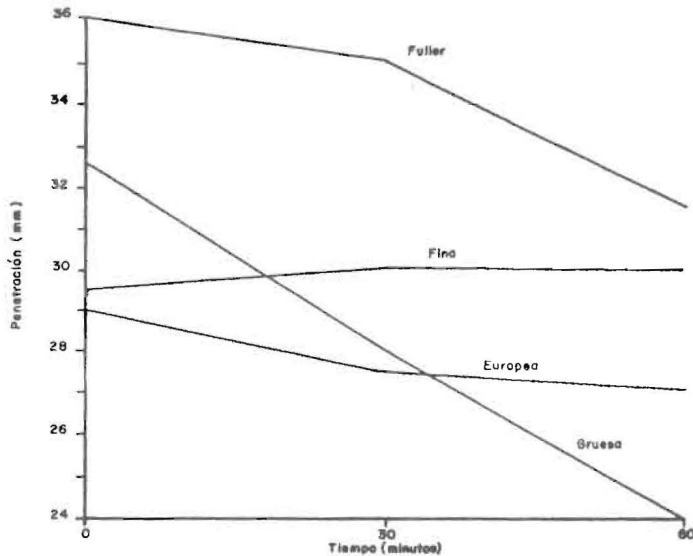


GRAFICA 2. Porcentaje que pasa - Diámetro de las partículas

Selección de la granulometría óptima. Para seleccionar la granulometría óptima se realizaron ensayos de manejabilidad, resistencia a la compresión y determinación del módulo elástico.

Al no existir normas para evaluar la

manejabilidad de un mortero epóxico, se propuso utilizar un cono, el cual penetraba a través de una muestra en estado plástico durante un determinado tiempo; admitiéndose que aquella muestra en la que se presente la mayor penetración es la más manejable. La gráfica 3, muestra uno de los resultados de este ensayo, en



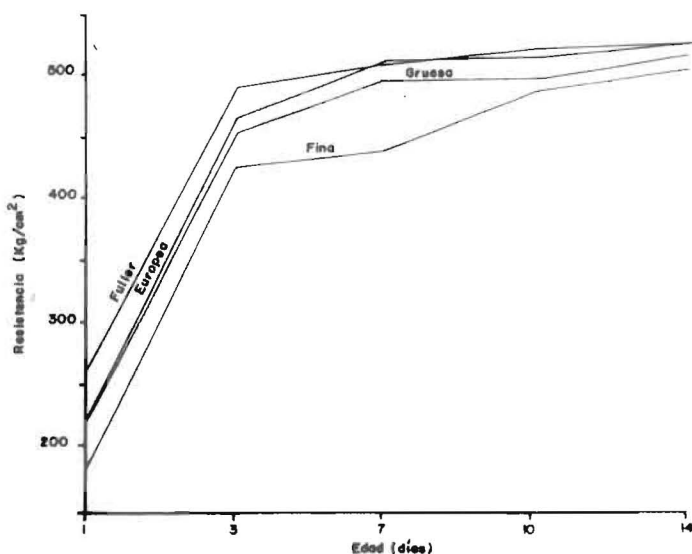
GRAFICA 3. Penetración - Tiempo, medición durante 15 sg. de penetración Dosis (1:3)

la cual se puede apreciar que la granulometría Fuller ofrece la mejor manejabilidad.

Para el ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de mortero epóxico se elaboraron mezclas con las cuatro granulometrías y las proporciones en volumen resina:arena (1:2 y 1:3), a las que previamente se les evaluó la manejabilidad, luego se fundieron dos probetas, ya que el resultado promedio de éstas es representativo y no se justifica más por cuanto el costo de la resina es alto. Con relación a la dimensiones de los moldes, se usaron camisas cilíndricas de 5 cms, de diámetro por 10 cms de altura y no cilindros normales de 15 cms, de diámetro por 30 cms, de altura como en el hormigón, debido a la gran cantidad de resina que éstos requerían, causando un sobrecosto innecesario; además el tamaño máximo de los agregados es de 2.4 mm., lo cual justifica el uso de cilindros de menores dimensiones, pero conservando la misma relación de esbeltez; las probetas se fallaron a las edades de uno, tres,

siete, diez y catorce días, pues se considera que a los catorce días los morteros epóxicos han desarrollado prácticamente su resistencia máxima, la gráfica 4, representa la resistencia a la compresión a diferentes edades para las mezclas elaboradas con las diferentes edades para las mezclas elaboradas con las diferentes granulometrías y la proporción en volumen resina:arena (1:3), en la cual se puede apreciar la gran resistencia alcanzada para esta clase de morteros en tan corto tiempo ya que a un día de edad la resistencia es del orden de 200 kg/cm<sup>2</sup> y a tres días es alrededor de 450 kg/cm<sup>2</sup>. Si bien es cierto que las resistencias de todas las cuatro mezclas es alta, la correspondiente a la Fuller es la mayor.

En el ensayo para determinar el módulo elástico de morteros epóxicos se emplearon camisas cilíndricas de 7,5 cm, de diámetro y 15 cm. de altura, además se siguió un método similar al utilizado en hormigón para tal fin, en la tabla 1, se presentan los resultados de este ensayo.



GRAFICA 4. Resistencia a la compresión - Edad. Dosis (1:3).

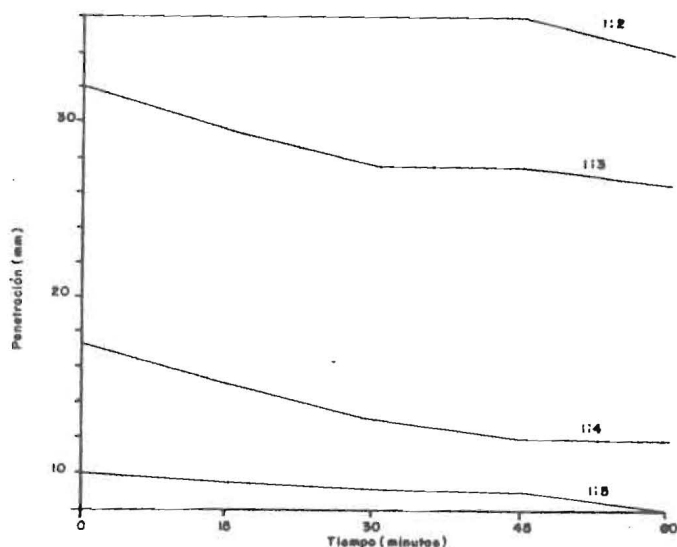
**TABLA 1. Resultados de la determinación del módulo elástico en kg/cm<sup>2</sup>.**

Granulometría	1:2	Dosis en volumen	1:3
ASTM-fina	87.754		110.243
Europea 2,4 mm	102.915		119.240
ASTM-gruesa	111.260		127.506
Fuller 2.4 mm	112.838		131.970

En esta tabla, se puede observar que el mortero preparado con la granulometría Fuller presenta el mayor módulo elástico, tanto para la dosis 1:2 como la 1:3. además, es importante mencionar que la granulometría influye en la determinación del módulo elástico. Como se puede apreciar en cada uno de estos ensayos, la granulometría Fuller cuya distribución se expresa en los términos de  $P = 100 (d/D)^{0,5}$  y para  $D = 2,4$  mm, es la que ofrece las mejores condiciones para ser utilizada en morteros epóxicos, razón por la cual se seleccionó como la óptima para continuar con la investigación.

**Selección de la dosis óptima (resina:arena).** En esta etapa se elaboraron mezclas con la granulometría Fuller y las dosis en volumen 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, y se ejecutaron los ensayos de manejabilidad, resistencia a la compresión, tensión indirecta, determinación del módulo elástico y resistencia al ataque químico.

En la gráfica 5, se muestra el comportamiento para cada una de las dosis, en la cual se observa que en la mezcla preparada con la dosis 1:2 se presenta la mayor penetración; pero ésta tiene varias desventajas de consideración, una de ellas



**GRAFICA 5. Penetración - Tiempo, medición durante 30 seg. de penetración.**

es la de ser demasiado fluida, dificultando su aplicación en juntas; además presenta una contracción del 2% y resulta ser muy costosa. Por lo tanto la 1:3 es más conveniente, puesto que la curva está muy próxima a la 1:2 y no tiene las desventajas de esta última.

compresión obtenidos en ésta etapa se presentan en la tabla 2, en la cual se puede ver que la resistencia de la 1:2 supera la de la 1:3 sólo en un 4%, pero desde el punto de vista de la manejabilidad, la dosis 1:2 no es conveniente, por tanto la dosis 1:3 sigue siendo la más recomendable.

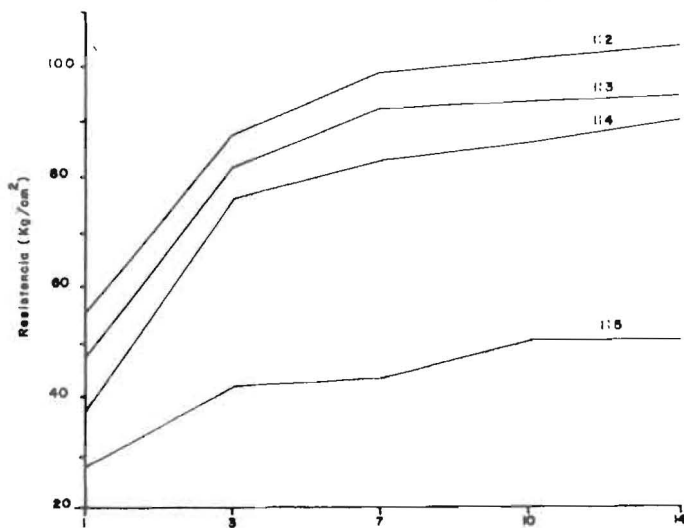
Los resultados de los ensayos de resistencia a la

**TABLA 2. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión en  $\text{kg/cm}^2$ .**

Dosis en volumen	Edad (días)				
	1	3	7	10	14
1:2	182	485	482	501	551
1:3	175	413	479	500	529
1:4	145	244	272	353	359
1:5	113	191	296	213	235

El ensayo de resistencia a la tensión indirecta se realizó con probetas de las mismas dimensiones de las utilizadas en el ensayo de compresión, siguiendo el método brasilero aplicable al

hormigón y del cual se obtuvieron resistencias del orden de  $100 \text{ kg/cm}^2$ . Como se puede apreciar en la gráfica 6, la dosis 1:2 supera a la 1:3 en sólo un 10% y en general sigue un comportamiento

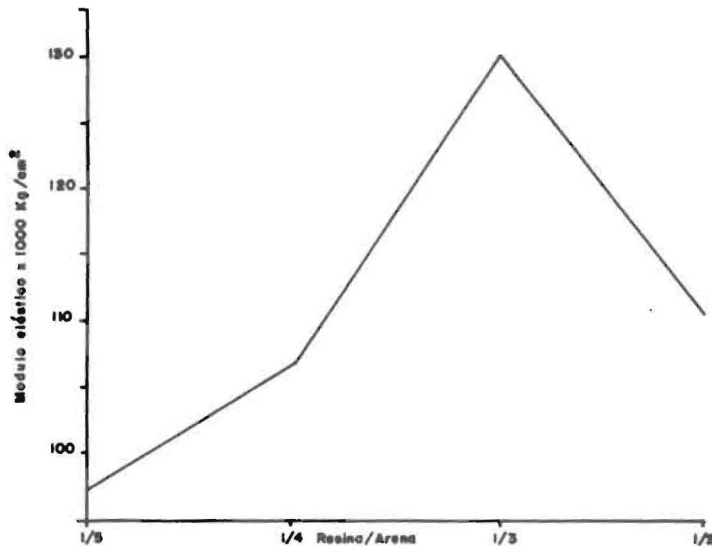


**GRAFICA 6. Resistencia a la tensión indirecta - Edad.**

similar al obtenido en el ensayo de compresión.

La gráfica 7, representa la variación del módulo elástico con cada dosis, donde se puede apreciar que la 1:3 presenta el mayor valor. El ensayo de resistencia al ataque químico se realizó

utilizando probetas de mortero epóxico de dimensiones 5 cm x 5 cm x 1 cm, se elaboraron dos por cada ensayo, las cuales se sumergieron en sustancias consideradas como las más frecuentes en las industrias, como son el ácido clorhídrico, ácido fosfórico, ácido sulfúrico,

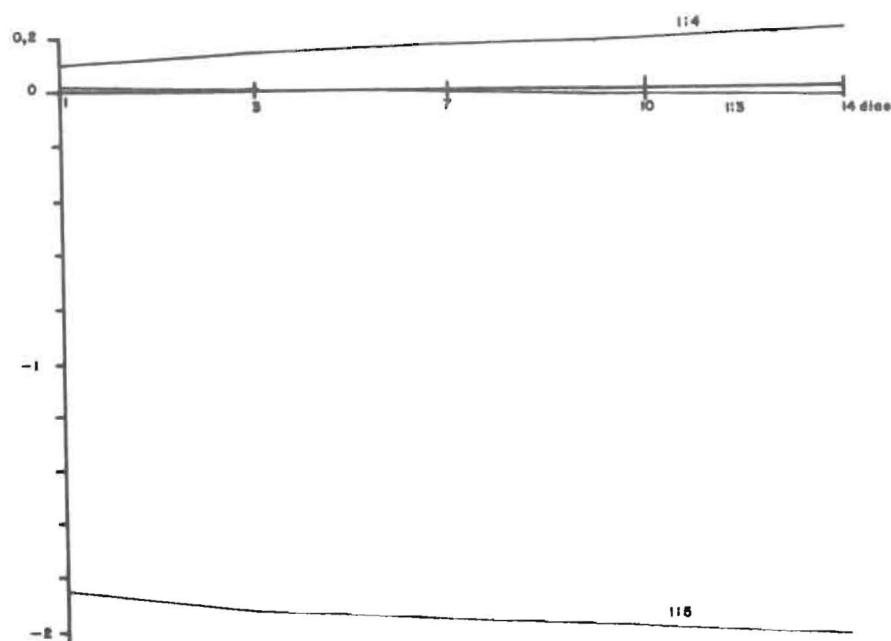


GRAFICA 7. Módulo elástico - Resina / Arena

hidróxido de sodio y alcohol; se determinó el desgaste de las probetas sumergidas en las diferentes sustancias a las edades de uno, tres, siete, diez y catorce días. La gráfica 8 muestra el comportamiento de las muestras de mortero sumergidas por ejemplo en ácido sulfúrico al 20%, donde se aprecia que la dosis 1:3 es la que más resiste al ataque químico de esta sustancia. Este comportamiento se pudo apreciar en forma similar con las demás sustancias.

**Conclusiones.** Las consecuencias a que se llegó luego de analizar los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio son los siguientes:

- La granulometría óptima resultó ser la Fuller 2,4 mm, ya que ésta ofrece el mejor comportamiento en cuanto a manejabilidad, alta resistencia a la compresión, la menor relación de vacíos y por consiguiente en menor consumo de resina epóxica para pegar las partículas; además presenta el mayor módulo elástico con respecto a las mezclas con las otras granulometrías.
- La proporción en volumen resina:arena (1:3) es la que brinda el mejor comportamiento, puesto que presenta buena manejabilidad, alta resistencia a la compresión, ninguna contracción, alta resistencia a la tensión



GRAFICA 8. Resistencia al ataque químico. Desgaste - edad

indirecta, alta resistencia al ataque químico y también mayor módulo elástico, además resulta ser un mortero más económico (20%) en comparación con la dosis 1:2.

investigación se abren nuevos horizontes para profundizar sobre otras aplicaciones de los morteros epóxicos y eventualmente concretos epóxicos, los cuales seguramente serán materiales de uso práctico en la construcción.

**Recomendaciones.** Con este trabajo de

#### BIBLIOGRAFIA

Bohórquez, U., Echeverry, C. **Morteros Epóxicos.** Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Militar Nueva Granada. 1987.

**en la construcción.** (Artículo publicado en el N° 197 de la Revista Informes de la Construcción). Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.

Fernández Canovas, M. **Los morteros epóxicos**

**Sika. Resinas y recubrimientos.** Sikaguard 63.

\* \* \* \* \*