

LEMIT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES
LA PLATA - ARGENTINA

1-1969

LEMIT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES
LA PLATA - ARGENTINA

1-1969

AUTORIDADES DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

Ministro, Ing. Héctor A. Perez Pesce

Subsecretario de Obras Públicas, Ing. Rodolfo A. Montalvo

Subsecretario de Urbanismo y Vivienda, Arq. Godofredo A. Cesio

Subsecretario de Programación, Ing. Pedro A. Cortari

L E M I T

Director, Dr. Pedro J. Carriquiriborde

Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Mecánica e Hidráulica

Ing. Mecánico y Electricista Américo O. Boero

Jefe del Departamento de Ingeniería Civil y Tecnología de la Construcción

Ing. Civil Alberto S. C. Fava

Jefe del Departamento Tecnología Aplicada y Plantas Experimentales

Dr. en Química Luis A. Mennucci

Jefe del Departamento Análisis y Ensayos de Materiales

Dr. en Química Vicente J.D. Rascio

El Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas de la Provincia de Buenos Aires (LEMIT), es una institución no lucrativa cuyas funciones tienen por finalidad la aplicación de la ciencia y la tecnología, para mejorar el conocimiento y la explotación de los recursos naturales y lograr la racional utilización de la producción en las disciplinas de su incumbencia.

Los resultados que se obtienen en los estudios e investigaciones que se realizan, constituyen información muy valiosa respecto a la existencia y características de diversos recursos, a las posibilidades de su utilización y a la calidad de la producción industrial del país.

También dicha información puede ilustrar sobre el comportamiento de materiales o estructuras en las condiciones de servicio, sobre métodos de conservación y preservación, condiciones de seguridad, eficiencia, etc.

Asimismo, se obtienen datos básicos necesarios para la normalización y preparación de especificaciones sobre materiales o estructuras, y sobre métodos de producción y ensayo.

El LEMIT tiene actualmente en ejecución, de acuerdo con los planes aprobados, alrededor de 75 trabajos de investigación aplicada, orientados hacia la resolución de problemas de interés industrial. Además realiza numerosos trabajos y ensayos encomendados por dependencias del gobierno provin-

cial o nacional, y por organismos privados, cuyos resultados son en su mayor parte reservados y de propiedad exclusiva de quienes los solicitan. Sin embargo, el estudio e interpretación de las series de datos que en ellos se obtienen permite deducir generalizaciones de interés tecnológico y económico.

Para cumplir con sus objetivos de promoción y orientación es necesario difundir los resultados de los trabajos que se realizan, tanto en el ambiente científico, como en el industrial o gubernamental.

Generalmente los recursos del LEMIT no han sido suficientes para realizar una difusión efectiva de sus trabajos. Sobre cerca de 500 realizados en 27 años de existencia, sólo 135 han sido publicados en revistas especializadas o presentados a congresos o reuniones científicas, tanto en el país como en el extranjero. El resto de los trabajos permanece inédito.

Haciendo un gran esfuerzo se inicia con esta publicación trimestral una nueva tentativa de difusión, que se espera mantener con la regularidad prevista. Cada número agrupará varios trabajos sobre diferentes temas, y se tratará que la publicación de los mismos se efectúe a corto plazo de su terminación.

La Dirección del LEMIT

I N D I C E

- pág. 1 LA INFLUENCIA DE LA RELACION RESINA/CASEINA SOBRE LA PERFORMANCE DEL ACABADO
Dr. A. W. Landmann
Dr. A. Sofia
- pág. 15 RECEPCION DE BALASTOS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO
Ing. M. E. Rosato
- pág. 29 EXPERIENCIAS REALIZADAS EN EL LEMIT SOBRE HIDROFUGOS NACIONALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS. COMPORTAMIENTO EN SERVICIO MEDIANTE ENSAYOS DE LARGA DURACION
Ing. J. F. Colina
Ing. M. Wainsztein
Arq. H. J. Grandal
- pág. 49 PROFUNDIDAD DE FISURAS Y MEDICION DE ESPESORES EN CHAPAS FINAS POR EL METODO DE CORRIENTE CONTINUA
Sr. A. I. Galarreta
- pág. 69 HORMIGONES LIVIANOS PARA USO ESTRUCTURAL. EXPERIENCIAS REALIZADAS CON ARCILLAS EXPANDIDAS DE PRODUCCION NACIONAL
Ing. J. F. Colina
Ing. A. Giovambatista
Ing. M. E. Klaric

APENDICE

Resúmenes de los trabajos

LA INFLUENCIA DE LA RELACION RESINA/CASEINA
SOBRE LA PERFORMANCE DEL ACABADO

Dr. A. W. Landmann (British Leather Manufacturers' Research Association)

Dr. A. Sofía (Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

INTRODUCCION

Los acrilatos, son aún las resinas más populares en la terminación de cueros, y el etil acrilato es la base principal de muchos de los copolímeros disponibles en el comercio.

El butadieno copolimerizado con metil meta acrilato estireno o acrilonitrilo, ofrece series de resinas económicas con algunas ventajas sobre los acrilatos, pero también con la desventaja de posibles oxidaciones durante el envejecimiento.

Además, estas resinas son mezcladas con proporciones variables de caseína para obtener de esta forma acabados que confieran al cuero propiedades particulares.

En un trabajo previo (1), se investigó un rango completo de formulaciones sobre cueros corregidos, que variaban desde 100% de resina a 100% de caseína, mientras que en un segundo trabajo (2), se examinaron dos relaciones de resina/proteína (18:1 y 1,8:1).

En nuestro trabajo previo (3), no se pudo correlacionar el porcentaje de deformación permanente obtenido en la operación de premoldeado, con la permeabilidad al vapor de agua del cuero terminado, y es por ello que se examinaron nuevamente estas propiedades con el objeto de establecer si las adiciones de caseína se comportan en forma similar con los dos tipos de resina en estudio, y si la caseína confiere alguna mejora a la permeabilidad al vapor de agua del cuero.

Se decidió también, controlar la firmeza de la flor de los cueros luego de la operación de premoldeado, dado la notable retención del valor original exhibida por aquellos cueros que habían sido impregnados antes de su terminación (3).

El estudio de los métodos de aplicación del acabado, se limitó a la tradicional felpa y soplete frente a la exclusiva aplicación a soplete o mediante pistola sin aire comprimido (airless spray gun).

DETALLES EXPERIMENTALES

a) FACTORES Y SUS NIVELES:

AB - RELACION RESINA/CASEINA:

- (i) 11,8 : 1
 - a, 5,7 : 1
 - b, 3,3 : 1
 - ab, 1,8 : 1
- en base a la cantidad de sólidos
del binder.

CD - METODOS DE APLICACION:

- (i) Mediante felpa y soplete de aire comprimido (en adelante, P+S).
- c, Mediante soplete de aire comprimido. (en adelante S).
- d, Mediante soplete de y sin aire comprimido. (en adelante S+A).
- cd, Mediante soplete sin aire comprimido. (en adelante A).

E - RESINAS:

- (i) Acrílica.
- e, Butadieno acrilonitrilo/cloruro de polivilideno (en adelante, Butadieno/PVdC).

F - IMPREGNACION:

- (i), Sin impregnación.
- f, 215 g/m², Filler M.S. (resina acrílica diluída en solvente y agua, 1:1:1.).

b) TRATAMIENTO ESTADISTICO:

A fin de poder realizar el estudio de los factores mencionados se utilizó un diseño factorial completo, replicado, con contrastes de definición ABCDEF. Este diseño posee 30 grados de libertad, que le confieren un elevado grado de sensibilidad a las pruebas de significación entre las medias de efectos correspondientes a los factores principales e interacciones.

Se utilizaron 64 muestras de cueros que fueron

distribuidas en cuatro bloques de 16 cada uno, y los generadores interacciones confundidos con bloques corresponsables a ACDE y ABDF.

c) DESARROLLO DEL TRABAJO:

Se cortaron dos chapas de cuero curtido al cromo en azul, flor entera, en dos grupos de 32 piezas cada uno.

Las 64 muestras de cuero se neutralizaron con 1,5 % de bicarbonato de sodio, y luego recurtieron con 5% de extracto de mimosa sulfitado, por espacio de dos horas a 65°C. La nutrición se efectuó con 4% y 2% de aceite de esperma sulfatado y crudo respectivamente, durante 1 hora a 60°C, luego se adicionó ácido fórmico, para llevar el pH final del baño a 3,5.

Una vez escurridos los cueros se secaron al vacío en un equipo experimental por espacio de 14 minutos, a 85°C y 40mm. de mercurio de presión, sin ninguna contrapresión del lado carne.

Una vez secos, los cueros fueron acondicionados 24 horas y luego palizonados y corregidos parcialmente con papel esmeril de grano 320.

La impregnación se realizó de acuerdo a lo que se indica en factor F, aplicándose la solución de resina acrílica mediante felpa, a razón de 215 g/m², y una vez secos, fueron otra vez suavemente corregidos con papel esmeril de grano 400.

Posteriormente los cueros fueron ordenados en 8 grupos de 8 muestras cada uno, a fin de ser terminados según lo especificado para los factores AB, CD y E.

La operación de terminación se realizó de manera que todas las muestras recibieran la misma cantidad total de pigmento.

Los cueros acabados con las dos formulaciones de mayor contenido de caseína, fueron fijados mediante la aplicación a soplete de una solución conteniendo 10% de formaldehído y luego secados durante 30 minutos a 60°C en

una estufa cuya atmósfera estaba saturada con formaldehído, siendo planchados a 85°C y 23 kg/cm² de presión.

Aquellos terminados con las formulaciones de alto contenido de resina, se plancharon directamente a 65°C y 15,5 kg/cm² de presión.

EL EFECTO DE LOS PRINCIPALES FACTORES SOBRE LAS PROPIEDADES DEL CUERO TERMINADO

RELACION RESINA/CASEINA

La tabla I exhibe un resumen de las posiciones obtenidas por cada relación para cada una de las propiedades examinadas.

T A B L A I

<u>PROPIEDAD EXAMINADA</u>	<u>RELACION RESINA/CASEINA</u>			
	<u>11.8:1</u>	<u>5.7:1</u>	<u>3.3:1</u>	<u>1.8:1</u>
Cubrimiento	1	2	3	4
Blancura	2	3	1	3
Brillo	2	1	3	4
Resistencia al plegado a baja temperatura.	1	2	3	4
Resistencia al frote seco	4	3	2	1
Resistencia al frote húmedo	1	2	3	4
Adhesión húmedo	2	4	1	3
Permeabilidad al vapor de agua	3	4	1	2
% deformación permanente	1	2	3	4
Daño luego premoldeado	1	2	3	4
Resistencia a la flexión	1	2	3	4

Dentro de los límites estudiados, la proporción resina/caseína no tuvo efecto sobre la firmeza del cuero. Esto confirma un trabajo previo (1) en el cual se estableció que se puede adicionar caseína convenientemente plastificada a emulsiones de resina sin afectar dicha propiedad.

La capacidad de cubrimiento de los distintos acabados se vió afectada negativamente cuando los mismos contenían grandes cantidades de caseína, aunque la "blancura" otorgada al cuero fue similar para todas las relaciones estudiadas.

Asimismo, el brillo obtenido con la resina acrílica disminuyó considerablemente para las formulaciones de alto contenido de caseína.

La resistencia a la flexión y al plegado a baja temperatura, han sido las propiedades más afectadas por adiciones elevadas de caseína y las relaciones resina/caseína 3.3:1 y 1.8:1, deben, bajo este punto de vista ser consideradas como insatisfactorias, y se recomienda un acabado totalmente resínico para lograr adecuada flexibilidad tanto a temperatura ambiente como a bajas temperaturas.

El porcentaje de deformación permanente se vió deteriorado en el caso de formulaciones de elevado contenido de caseína, pero no lo suficiente como para llegar a ser un serio problema.

En cuanto a la permeabilidad al vapor de agua, el efecto de extra caseína fue lamentablemente pequeño al nivel de cantidad total de acabado empleado, y por lo tanto, el único camino para retener la buena permeabilidad original del cuero, es aplicar una cantidad mínima de acabado compatible con un razonable cubrimiento.

El efecto de las distintas formulaciones sobre la resistencia al frotamiento, se manifestó de acuerdo a lo esperado. Extra caseína disminuyó la resistencia al frotamiento húmedo y aumentó la resistencia al frote seco, pero como se informó previamente, la resistencia en húmedo se ve principalmente disminuída con la relación resina/caseína 5.7:1, mientras que al frote seco solamente se torna adecuada para la resina acrílica, relación 3.3.:1, mientras que el nivel

más elevado de caseína no llega aún a ser suficiente para la butadiénica.

METODO DE APLICACION

El método de aplicación demostró nuevamente ejercer un rol predominante sobre las características del cuero terminado.

La Tabla II contiene un sumario de la ubicación lograda por cada método frente a las propiedades ensayadas.

T A B L A II

<u>PROPIEDAD</u>	<u>METODO DE APLICACION</u>			
	FELPA + SOPLETE	SOPLETE	SOPLETE + AIRLESS SPRAY	AIRLESS SPRAY
Cubrimiento	3	2	1	1
Blancura	3	2	1	1
Brillo	4	3	2	1
Resistencia fro te seco	2	1	3	4
Resistencia fro te húmedo	4	3	2	1
Adhesión en hú- medo	2	4	3	1
Permeabilidad al vapor de agua	1	2	3	4
Resistencia al calor	3	3	2	1
Resistencia a la flexión	1	2	3	4

Con la aplicación mediante felpa y soplete se verificó el cubrimiento y la "blancura" más pobre, mientras

las diferencias entre el soplete común y el airless fueron pequeñas.

La adhesión de la película en húmedo fue en general satisfactoria, pero la pistola airless dió resultados elevados y consistentes con todas las formulaciones, mientras que la pistola común exhibió con una de las formulaciones una pobre adhesión entre capas.

La permeabilidad al vapor de agua fue ligeramente mayor en aquellos cueros terminados mediante felpa y soplete.

La operación de premoldeado no se vio afectada significativamente por la aplicación, pero en cambio, los cueros terminados con soplete airless exhibieron pobre resistencia a la flexión.

RESINAS

La formulación acrílica confirió al cuero mayor blancura, resistencia al frotamiento húmedo y seco, permeabilidad al vapor de agua, flexibilidad y una ligera mejora en adhesión y resistencia al calor.

A su vez, la resina butadiénica mejoró la resistencia al plegado a baja temperatura y en menor extensión al brillo.

Es probable que una relación butadieno a cloruro de polivilideno ligeramente menor podría haber mejorado el nivel de resistencia al frotamiento, sin necesidad de empeorar la flexibilidad de la película.

IMPREGNACION

La impregnación del cuero previa a su terminación, mejoró notablemente su firmeza y su rasgo principal fue nueva mente que los cueros retuvieron esta mejora luego de las ope-

raciones de terminación y premoldeado, aunque a expensas de una ligera disminución en el porcentaje de deformación permanente.

Asimismo, redujo la absorción de agua, brillo, resistencia al frotamiento húmedo y seco, y la flexibilidad del film de acabado, pero no se verificó en este trabajo que afectara la adhesión, cubrimiento y permeabilidad al vapor de agua.

CONCLUSIONES

Si se efectúa un balance general, se verifica que la adición de extra caseína no es deseable.

La pronunciada disminución en flexibilidad, la pobre resistencia a bajas temperaturas y la reducción en la resistencia al frotamiento húmedo, no están compensadas por el incremento logrado en resistencia al frote seco y permeabilidad al vapor de agua.

La resina butadieno/PVdC fue algo más sensible a las adiciones de caseína que la acrílica.

La permeabilidad al vapor de agua fue en general pobre y la aplicación del acabado mediante airless spray y la resina butadiénica, acentuaron esta baja permeabilidad.

Aún permanece sin resolver el problema de alcanzar buen cubrimiento junto a una adecuada flexibilidad y permeabilidad al vapor de agua.

Se puede lograr cubrimiento y flexibilidad usando una resina blanda y un mínimo de caseína, pero la permeabilidad al vapor de agua resultaría muy baja.

La operación de premoldeado no ha arrojado mayores problemas. La disminución en break y la tendencia a aumentar la formación de pliegues en la película de acabado pueden ser evitadas por impregnación de los cueros, y el porcentaje de deformación permanente exhibido por estos cueros impregnados, si bien es un 10% de menor que las no im -

pregnados, es aún adecuado del punto de vista de retención de forma.

Otro trabajo efectuado en este laboratorio ha de mostrado que los impregnantes poliuretánicos pueden conferir al cuero una performance en el premoldeado similar a los impregnantes acrílicos.

Sin embargo, aún queda por cumplir un requisito previo, para que la impregnación confiera al cuero esta ca pacidad de retención de su firmeza original, y es que el break original del cuero debe ser de moderado a bueno, de otra manera, la impregnación sólo acentuará la pobreza original de dicho break.

Finalmente, la flexibilidad original del acabado se ve ligeramente disminuída luego del premoldeado, pero no existe suficiente evidencia de que esto ocurra también con las técnicas actualmente en práctica.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - LANDMANN, A.W. - J.Soc. Leath. Tr. Chem. 1962, 46, 97.
- 2 - LANDMANN, A.W. y SOFIA, Alberto - The Influence of Retannage, Drying and Method of Finish Application on the Characteristics of the Finished Leather.
- 3 - LANDMANN, A.W. y SOFIA, Alberto - The Effect of Retannage and Nature of the Finish on Water Vapour Permeability and other Characteristics of the Finished Leather.
- 4 - SLTC Official Methods, SLF 5.
- 5 - LANDMANN A.W. y THOMSON, R. - J. Soc. Leath Tr. Chem. 1963, 47, 431.
- 6 - LANDMANN, A.W. - J. Soc. Leath. Tr. Chem., 1963, 47, 421.
- 7 - B.S. 3177: 1959.
- 8 - SLTC Official Methods, SLF 2.
- 9 - SATRA Technical Memorandum, n° 1312, April 1965.
- 10 - SLTC Official Methods, SLP 14 (IUP 20).
- 11 - LANDMANN, A.W. , THOMSON, R. and TURNER, J., BLMRA Lab. Reports 1964, 43, 427.

RECEPCION DE BALASTOS PARA LAMPARAS
DE VAPOR DE MERCURIO

Ing. Mario E. Rosato

Serie II, n° 120

La lámpara de vapor de mercurio es una fuente de luz de descarga eléctrica. Como todas las de su tipo tiene características voltamper o resistencias negativas, debiendo funcionar, en consecuencia, con elementos limitadores de corriente, es decir, con balastos. Estos, utilizados en corriente alternada, pueden estar compuestos por transformadores, reactores inductivos o capacitivos o por resistores. Ellos son los que suministran los voltajes correctos de arranque y funcionamiento, limitando las correspondientes corrientes a un valor pre-establecido para cada tipo de lámpara, sirviendo a la vez como elemento de protección, y actuando, en cierto modo, como supresores de radiointerferencia.

Se conocen tres tipos característicos de balastos: el inductivo, que va conectado en serie con la lámpara, recomendado para usos en circuitos con buena regulación de voltaje de línea, el autotransformador, de alta reactancia, es utilizado donde el voltaje de línea es muy bajo y debe ser elevado para producir el correcto encendido y funcionamiento de la lámpara y por último, balasto de salida regulada o de potencia constante usado cuando es necesario estabilizar el voltaje, o cuando la tensión de línea es ligeramente baja, o donde se presume que puedan haber cambios graduales de tensión. En LEMIT se han realizado ensayos en balastos de tipo inductivo, conocido como reactor tipo o balasto simple.

PRECAUCIONES

Antes de entrar en la enumeración y discusión de los ensayos en sí, es necesario recordar que hay muchos factores que afectan los parámetros que pretendemos medir. Es de primordial importancia observar que esos factores se mantengan constantes durante el tiempo que dure el ensayo. Del fiel cumplimiento de estas observaciones, surgirán los valores correctos; de lo contrario, se obtendrán valores no representativos, que no serán reproducibles o comparables en condicio-

nes normales de ensayo. Las condiciones más importantes que afectan las características del conjunto balasto-lámpara, son:

1) Condiciones ambientales; 2) Temperatura ambiente; 3) Posición de la lámpara; 4) Características de la fuente de alimentación; 5) Estabilización de la lámpara; 6) Balasto y lámpara de referencia; 7) Conexiones del circuito de ensayo; y 8) Influencia de los instrumentos.

AMBIENTE DE ENSAYO

Los valores fotométricos y las características eléctricas de las lámparas de vapor de mercurio son sensibles a las variaciones de temperatura y al movimiento del aire que las rodea. Es importante extremar las precauciones para reducir al mínimo el movimiento del aire alrededor de la lámpara. Si se usan pantallas o cámaras pequeñas para lograr las condiciones aludidas anteriormente, es necesario verificar que la temperatura de la pared del bulbo de la lámpara no se eleve por sobre valores normales de funcionamiento.

TEMPERATURA

Las lámparas de bulbo simple, son muy afectadas por variaciones de temperatura; en cambio, las de doble bulbo lo son en menor proporción. Internacionalmente se ha adoptado como temperatura de ambiente de ensayo igual a $25\text{ C} + 1\text{ C}$ medida en los alrededores de la lámpara, a una distancia no mayor de 1,50 m y a la misma altura de ella. Se considera que a esa temperatura, todos los parámetros eléctricos y fotométricos de la lámpara, son los nominales para condiciones igualmente normales.

Durante los ensayos, la posición de la lámpara debe ser vertical. En casos particulares, cualquier otra posición será expresamente especificada.

FUENTE DE ALIMENTACION

Dos son las características fundamentales que debe poseer la fuente de alimentación. Una, la estabilidad de tensión y frecuencia; otra, la forma de onda. La estabilización de la tensión puede hacerse automática al $\pm 0,1\%$, o por regulación manual.

En este caso, al efectuar cada lectura se ajustará el valor nominal de la tensión al $\pm 0,2\%$. Este último método es el empleado por LEMIT.

La forma de onda debe ser prácticamente sinusoidal. Internacionalmente se acepta que la suma de los valores eficaces de las armónicas componentes, no exceda del 3% de la fundamental.

ESTABILIZACION

Antes de efectuar la medida de los parámetros característicos, es necesario esperar que la lámpara alcance temperatura y condiciones de funcionamiento estables. Esto se logra después de unos 15 minutos de encendida. Si por cualquier causa la lámpara se apaga, es necesario esperar hasta que se enfríe y reiniciar el procedimiento.

ELEMENTOS DE REFERENCIA

Cuando se desea obtener valores eléctricos y fotométricos reproducibles es necesario referirlos a un balasto llamado patrón o de referencia. En cambio, si se quiere obtener valores comparativos, es suficiente ensayar varios balastos en las mismas condiciones, con una única lámpara adoptada como de referencia.

En el primer caso, es imprescindible contar con un balasto de referencia, cuyo diseño y fabricación espe -

cial de acuerdo a norma, permita ensayar lámparas o balastos. Previamente debe seleccionarse una lámpara de referencia en concordancia con el balasto patrón que cumpla con las condiciones nominales de acuerdo a sus características.

Los balastos usados en la actualidad son fijos y están diseñados únicamente para trabajar en determinada tensión y frecuencia, y para una única potencia. Esto implica tener un balasto patrón para cada tipo de lámpara.

En los Estados Unidos, Anton Franke ha desarrollado un trabajo sobre las "Características de un balasto de referencia de impedancia variable". Este elemento está formado por arrollamientos independientes con un núcleo variable. Mediante la conexión de bobinas en serie, paralela o combinada, se pueden obtener distintos valores de impedancia que van desde 10 a 5.000 ohms. El factor de potencia se obtiene mediante el ajuste de una resistencia exterior conectada en serie con el balasto. Este balasto llena las necesidades actuales, dada la diversidad de tipos de lámparas a descarga existentes.

La lámpara patrón puede obtenerse por selección de una línea de producción, mediante el control de sus características nominales de acuerdo con un balasto referencial.

Se debe tomar la precaución de envejecer la lámpara unas 100 hs. para evitar cualquier tipo de inestabilidad que frecuentemente presentan en las primeras horas de su vida.

CONEXIONES DEL CIRCUITO

En la salida de la fuente de alimentación va conectado un transformador. Esto se hace a los efectos de separar eléctricamente el circuito de ensayo del de alimentación, pudiéndose colocar un punto del primero a tierra. Todos los instrumentos estarán colocados junto a esa toma de tierra, como medida de seguridad para el operador.

El voltímetro y la rama voltimétrica del watímetro, deben estar conectados junto a la lámpara; de esa manera será fácil descontar, al valor medido, el consumo propio de los instrumentos por la relación (U^2/R) tensión al cuadrado sobre la resistencia interna del instrumento.

Las precauciones deben ser respetadas para obtener mayor precisión en las medidas. Esto se debe a que los voltímetros son prácticamente resistivos y de alta resistencia. En los amperímetros o rama amperométrica del vatímetro, son inductivos, haciéndose necesaria una corrección debido al factor de potencia de los mismos, que muchas veces se desconoce. Además, cada instrumento debe contar con llaves que permitan ponerlo fuera de circuito o conectarlo a voluntad.

Las resistencias de contacto de las llaves, deben ser despreciables. Se tendrá especial cuidado en que ello se cumpla en las llaves que cortocircuitan las bobinas superométricas.

Los instrumentos usados por LEMIT llevan incorporadas clavijas que permiten conectar el amperímetro y la rama amperométrica del vatímetro con resistencia de contacto prácticamente nula.

INFLUENCIA DE LOS INSTRUMENTOS

No olvidemos que los instrumentos de medida son elementos perturbadores que están modificando las características del circuito, cuyos valores se pretende determinar. Sin embargo, y con fines prácticos, es suficiente que los instrumentos cumplan con una serie de requisitos para obtener resultados aceptables. Así, por ejemplo, los instrumentos conectados en paralelo con la lámpara, no deben afectar en más del 3% del valor de la corriente de aquélla.

La caída de tensión en los instrumentos conectados en serie con la lámpara debe ser menor que el 2% del valor de la tensión en la misma. Para obtener adecuación en las medidas, los instrumentos a utilizar deben ser de una

precisión inferior al 0,5 %, verificada en 50 y 800 ciclos por segundo, requisito que se fija a los efectos de tener en cuenta la distorsión de la onda de tensión y de corriente, presente en el circuito de la lámpara. Los alcances de los instrumentos seleccionados, deben ser tales que permitan realizar las lecturas en el tercio final de la escala.

Los tipos de instrumentos utilizados en dicho circuito dependen del valor del parámetro que se desea medir. Son aconsejables los instrumentos del tipo electrodinámico, electrostático, hierromóvil, calibrado en corriente alterna da o térmico, lógicamente con las limitaciones debida a sus características. No es recomendable utilizar elemento a rectificador o electrónico, debido a que su indicación no es proporcional al valor eficaz de una onda distorsionada, sino que depende, en general, del valor medio o de pico de la misma. En los ensayos realizados, en el LEMIT se han utilizado instrumentos del tipo electrodinámico clase 0,2.

ENSAYOS

Se han realizado ensayos sobre muestras de balas - tos para lámpara de vapor de mercurio de 400W. y 250W. Cabe proponer como "herramientas" de recepción o de rutina, los siguientes:

- 1) Corriente de arranque
- 2) Corriente de funcionamiento.
- 3) Tensión de lámpara.
- 4) Potencia de lámpara.
- 5) Regulación de potencia de lámpara.
- 6) Corriente de cortocircuito.
- 7) Consumo propio.
- 8) Calentamiento.
- 9) Ensayo dieléctrico.
- 10) Factor de cresta de onda de corriente.

11) Pérdidas magnéticas.

Los primeros cinco ensayos se realizan empleando el circuito descrito. Los alcances del amperímetro, como ya se señaló, deben ser tales que permitan medir la corriente de arranque y de funcionamiento, en el tercio final de la escala.

Dos son las formas de operar para determinar los valores. Un método consiste en intercalar cada instrumento en forma individual cuidando regular la tensión de alimentación al valor nominal en el momento de efectuar la lectura. El otro, de menor precisión, es el llamado fotométrico. En él las lecturas se realizan en forma simultánea en todos los instrumentos. Para ello es necesario disponer de una célula fotoeléctrica que determine el flujo luminoso emitido por la lámpara con 220 V. de entrada antes de intercalar los instrumentos en el circuito y luego volver a ajustar la tensión de línea, al conectar todos los instrumentos hasta obtener el mismo valor del flujo luminoso leído inicialmente en un galvanómetro o microamperímetro de suficiente sensibilidad. De esta manera es posible compensar el efecto producido por la presencia de los instrumentos en el circuito de la lámpara.

PARAMETROS ELECTRICOS

La norma B.S.I. 3707-64 fija como requisitos de corriente y potencia en lámpara lo siguiente: "el balasto trasmitirá a una lámpara de referencia adecuada, una potencia no menor del 92 % y una corriente no mayor del 115 % de los correspondientes valores suministrados a la misma lámpara por un balasto patrón, en tensión y frecuencia nominales".

Para la regulación de potencia en lámpara dicha norma, fija que, cuando se suministra una tensión de entrada del 92 %, la potencia de la lámpara debe ser superior al 88% de la del balasto patrón. Cuando la tensión de línea es del 106 %, en la lámpara debe haber una potencia menor que el 109 % con respecto al balasto patrón. De estas prescripciones, surge que de los tres parámetros eléctricos de la lámpara, se fijan dos como los principales responsables de la sa-

lida luminosa de la misma. Por lo tanto, se hace crítico el cumplimiento simultáneo de ambos, Si esto ocurre, quedará fijado automáticamente el valor de la tensión de lámpara en cada caso.

CORTOCIRCUITO Y ARRANQUE

En el momento de arranque la lámpara presenta una resistencia muy baja, de manera que la fuente de alimentación debe soportar, prácticamente, un cortocircuito en el momento de encendido de la misma. El balasto es el encargado de limitar esa corriente. Así por ejemplo: la norma inglesa fija para lámparas de 400 W corriente de cortocircuito comprendida entre 4,65 y 7,14 Amperios. Para lámparas de 250 W, entre 2,76 y 4,52 Amperios. La exigencia es amplia. En cuanto la corriente de cortocircuito, se mide en un circuito convencional de conexión de lámpara, reemplazando la misma por un amperímetro. Los valores medidos en los ensayos, deben cumplir con la exigencia anterior. Se comprobó prácticamente que las corrientes de arranque son ligeramente menores que las de cortocircuito.

Estos resultados son lógicos, puesto que la lámpara en condiciones de arranque presenta cierta resistencia. Nunca se comporta como un cortocircuito franco, excepto en condiciones anormales.

CONSUMO PROPIO

El consumo propio de un balasto, refleja las bondades de un correcto diseño y calidad de los materiales que lo compone. Es decir, que menor consumo propio corresponde a mayor calidad. Estos valores se pueden medir:

- 1°) Por diferencia, entre la potencia total suministrada al circuito, menos la potencia de lámpara.
- 2°) Por medida directa en el circuito que incluye la lámpara.

3°) Por medida directa en un circuito sin lámpara.

En el primer método es necesario disponer de dos vatímetros, uno que mida la potencia total y otro la de lámpara. No se recomienda, porque los errores pueden ser grandes. En el segundo caso el vatímetro está conectado en los extremos del balasto. En todos los casos, se debe realizar la medida, a corriente nominal. Los ensayos realizados utilizando los dos últimos métodos, muestran que el consumo propio medido en el circuito con lámpara, es siempre mayor en un 2 ó 3 %, que el medido en el circuito sin lámpara. Esto se explica, teniendo en cuenta que las características eléctricas de ambos circuitos, no son semejantes, debido a la presencia de la lámpara en uno de ellos.

Además se han hecho ensayos, para un mismo balasto, variando los alcances voltimétricos del vatímetro, es decir, variando la resistencia interna del mismo. Las diferencias obtenidas fueron del mismo orden que el error de clase del instrumento.

En definitiva, se recomienda realizar la medida del consumo propio del balasto utilizando el circuito que reproduce las condiciones de trabajo. Las pérdidas de potencia o consumo propio en los balastos, pueden variar entre el cinco y el quince por ciento de la potencia de lámpara, dependiendo del tipo de uno y otra. Los valores medidos hasta el presente han oscilado entre el 5 y 7 % de la potencia de lámpara.

CALENTAMIENTO

Este ensayo, al igual que el anterior, da una idea de la calidad del balasto. La temperatura máxima permitida en la bobina es de 60 C. Este valor puede aumentar según la clase del aislante empleado. El ensayo debe realizarse en un ambiente de temperatura estable, libre de corriente de aire. La elevación de temperatura en la bobina se determina por el método de variación de resistencia.

La temperatura de régimen, se puede lograr, ha -

ciendo funcionar el balasto con su lámpara correspondiente en condiciones nominales, respetando corriente y potencia en lámpara. También se puede conectar solo, directamente a una fuente de tensión regulando la corriente a su valor nominal. Se han realizado ensayos utilizando estas dos variantes para un mismo balasto, habiéndose obtenido resultados semejantes.

ENSAYO DIELECTRICO

Este ensayo permite conocer el grado de seguridad que presenta el balasto. Consiste en aplicar una tensión alterna prácticamente sinusoidal de valor igual a 2.000 V. durante 1 minuto, entre los extremos de bobina unidos y toma de tierra, o un punto cualquiera de las chapas del circuito magnético si es abierto o caja si es del tipo estanco. En esas condiciones no se deben producir fallas.

CRESTA DE ONDA

Para tensión de línea de 220 V. la relación entre el valor de pico de la corriente de funcionamiento de lámpara y su valor eficaz no debe exceder de 1,7. Una onda de corriente, distorsionada con respecto a una sinusoidal del mismo valor eficaz produce una disminución de la potencia en la lámpara. De ahí la importancia de conocer este parámetro y verificar que no pase del valor establecido.

La determinación del factor de cresta de corriente, se puede hacer, utilizando un amperímetro electrodinámico, una resistencia ohmica pura y un osciloscopio. Previamente se debe calibrar la escala del osciloscopio haciendo pasar por la resistencia una corriente sinusoidal del mismo valor eficaz que la corriente nominal de la lámpara.

PERDIDAS MAGNETICAS

Este ensayo sirve para comprobar el correcto funcionamiento del balasto, en aquellos casos, en que se lo coloca dentro de cajas o receptáculos de hierro. La presencia de chapas de hierro junto al balasto puede modificar las características eléctricas del mismo.

El ensayo se efectúa, colocando una chapa de hierro dulce contra cualquiera de las superficies exteriores del balasto en funcionamiento, cuidando que la corriente de lámpara no se modifique en más del 2 %. La chapa debe tener 1 mm de espesor y una superficie mayor que el área proyectada de la superficie del balasto contra la cual está colocado.

ADVERTENCIA

Los ensayos comentados son los propuestos para recepción o control de balastos para lámparas de vapor de mercurio. Si se trata de ensayos de prototipos será necesario agregar a los ya expuestos, aquellos de larga duración, tales como: ensayo de vida, absorción de humedad y otros, cuyo tiempo de ejecución demanda semanas.

EXPERIENCIAS REALIZADAS EN EL LEMIT SOBRE HIDROFUGOS
NACIONALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS.
COMPORTAMIENTO EN SERVICIO MEDIANTE ENSAYOS DE LARGA
DURACION (1a. parte)

Ing. José F. Colina
Ing. Marcelo Wainsztein
Arq. Héctor Grandal

INTRODUCCION

Construir capas aisladoras horizontales y verticales con un mortero rico en cemento portland y la adición de un producto que aumente su impermeabilidad, es la manera corriente de evitar el pasaje de humedad a través de los muros.

Con esta finalidad se utiliza un conjunto de productos comerciales de distintas composiciones y características que reciben el nombre genérico de "Hidrófugos".

A pesar de su empleo bastante difundido, la mayoría de ellos no son suficientemente conocidos en cuanto a sus propiedades en general ni, en particular, en cuanto a la acción impermeabilizante que cabe esperarse. Esta circunstancia se puso de manifiesto al estudiar, en la comisión correspondiente de IRAM la norma 1572, que en su primera redacción no incluía una serie de determinaciones que luego se consideraron imprescindibles y fueron incorporadas en la revisión efectuada en 1964.

Sumando a esto la circunstancia observado con frecuencia de que las capas aisladoras, al cabo de un cierto tiempo de construídas comenzaban a perder su acción protectora, hizo pensar en el LEMIT en la conveniencia de efectuar un estudio comparativo de las marcas más conocidas, para valorar sus características, la forma como las mantenían en el tiempo, bajo variadas condiciones de exposición, y la correlación entre los valores especificados en la norma IRAM citada con el comportamiento en servicio de estos materiales. Además este estudio sistemático podría aportar información complementaria útil para una futura nueva revisión de la norma correspondiente.

CLASIFICACION DE LOS HIDROFUGOS

Duriez y Arrambide (1) en Nuevo Tratado de Materiales de Construcción, distinguen dos clases de hidrófugos: los de superficie y los de masa. Los primeros se aplican sobre las superficies que se quieren impermeabilizar, utili -

zándose como tales a las siliconas, las pinturas bituminosas y ciertos silicatos y fluosilicatos. Recientemente, también han aparecido en plaza otros productos a base de resinas vínicas o poliestirenos.

De acuerdo a lo expresado por el Licenciado Herre-ro Núñez (2) en su Monografía "Anticongelantes e hidrófugos"; los hidrófugos de superficie deben ser adherentes y ligera - mente penetrantes en los capilares de la superficie a revestir, resistentes a la acción química de las aguas con las que estén en contacto, poseer una resistencia suficiente a la abrasión y no atacar químicamente a los constituyentes del hormigón ni ser atacados por ellos.

Como intermedio entre los hidrófugos de superficie y de masa se pueden considerar a los hidrófugos penetrantes, que se introducen por capilaridad en la masa del mortero u hormigón, sobre el que se aplican después del fraguado y endurecimiento. Entre estos hidrófugos se puede mencionar por su importancia el silicato de potasio en solución que, en contacto con la cal liberada por el cemento portland al hi - dratarse, forma un silicato de cal insoluble.

Los hidrófugos de masa son productos que se incor - poran a la pasta de cemento, al mortero o al hormigón para incrementar su compacidad.

Pero, apunta el autor nombrado anteriormente (2), la utilización de un hidrófugo de masa para obtener la im - permeabilización de una superficie es un poco aleatoria, ya que no se puede asegurar, independientemente de la calidad del producto, la impermeabilización de una zona que tenga una fisura o la de un mortero u hormigón realizado con un árido de mala granulometría. En otros términos, es primor - dial para obtener una buena impermeabilidad, el lograr la mayor compacidad con una cuidada dosificación y ejecución de la capa aisladora. Esto también lo puntualiza el Institu - to Norteamericano del Hormigón (ACI) (4) que en un informe sobre aditivos expresa la opinión de que un hormigón hecho cuidadosamente, sin el uso de adiciones, será de por sí im - permeable.

En cuanto a los hidrófugos de masa hay que agre - gar que son efectivos en reducir la velocidad de pasaje de la humedad a través de los capilares, y, en muchos casos,

impiden tal movimiento, pero no protegen contra las presiones de agua. Respecto a esto último, cabe acotar que en 6 muestras de hidrófugos de masa comerciales que fueron ensayados en este Laboratorio, a medida que se aumentaba la presión sobre el mortero en el permeámetro, el volumen de agua que pasaba aumentó notablemente con respecto al mortero sin aditivo.

Las propiedades deseables para un hidrófugo de masa serían, además del aumento de la impermeabilidad del mortero a que se adiciona, que no se altere en el tiempo, no afecte las resistencias mecánicas, ni provoque corrosión en las armaduras.

Entre las adiciones empleadas como hidrófugos, podemos mencionar a los jabones o sales de los ácidos grasos. Comúnmente se utilizan los estearatos y oleatos de calcio o amonio.

Según Herrero Núñez en las preparaciones comerciales, el contenido de jabón es corrientemente el 20 % o menos, y el resto del material es cal o cloruro cálcico.

Cita también la existencia de otros productos en polvo, pasta o líquido formados por distintas combinaciones, tales como:

- a) sulfato bórico, silicatos de calcio y magnesio y ácidos grasos.
- b) sílice coloidal y un fluosilicato.
- c) sílice finamente molida y naftaleno.
- d) gelatina de petróleo y caliza.
- e) materiales celulósicos y cera en una solución cúprica amoniacal.
- f) sílice, cal y alúmina.

Las experiencias cuyos resultados expondremos a continuación fueron realizadas solamente sobre hidrófugos de masa, comerciales, cuyas muestras fueron adquiridas en plaza o, en algunos casos, facilitadas por sus fabricantes.

NORMA IRAM 1572 (3)

Determina las características y métodos de ensayo de los hidrófugos destinados a usos generales en construcciones, para ser empleados donde no soporten presiones hidráulicas mayores de $0,5 \text{ Kg/cm}^2$.

En ella se define como "hidrófugo" al material destinado a conferir al mortero realizado con cemento portland y arena, propiedades tales que reduzcan su absorción de agua..

Los requisitos exigidos son los que se indican en el Cuadro N° 1.

El método para valorar la absorción de agua, consiste en preparar un mortero normal con y sin hidrófugo; moldear probetas y efectuar dos ensayos de absorción de agua, uno por capilaridad y otro por inmersión, determinándose en el primero los pesos de las probetas antes y después del ensayo y las alturas alcanzadas por el agua y, en el segundo, los pesos de las probetas antes y después del ensayo.

Con estos datos se determinan los siguientes coeficientes: K_1 que es función de los porcentajes de agua absorbidos por capilaridad, K_2 que es función de las alturas alcanzadas por el agua en el ensayo de capilaridad y K_3 que se calcula en base a los porcentajes de agua absorbidos por inmersión. La suma de esos tres coeficientes da el coeficiente k .

Las probetas que se emplean son prismáticas de $4 \times 4 \times 16$ cm. moldeadas con mortero normal compuesto de 1 parte de cemento portland normal y 3 partes de arena normal en peso, y de una determinada consistencia medida en la mesa de escurriamiento (flow-table).

Después de moldeadas las probetas se dejan 24 horas en cámara de temperatura y humedad constantes ($20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ y HR: 95 %), se desmoldan y conservan durante 6 días más en las mismas condiciones.

Luego se cepillan las caras con cepillo de cerda

y se dejan en ambiente de laboratorio hasta alcanzar peso constante.

Por último, sobre las que se determinará absorción por capilaridad se sumergen en agua solamente 5 cm. y las demás se introducen en agua en recipientes tapados. Al cabo de 48 horas todas las probetas se pesan, midiéndose a demás la altura a la que llegó la ascensión capilar en las probetas respectivas. Con esos datos se calcula k.

El tiempo de fraguado se determina con el aparato de Vicat, de acuerdo con la norma IRAM 1619, comparativamente entre probetas con y sin hidrófugo.

En cuanto a las resistencias a la flexión y a la compresión se determinan también comparativamente, siguiendo la técnica de la norma IRAM 1622.

Como se dijo anteriormente entre los objetivos propuestos al efectuar este trabajo estaba la obtención de datos que pudieran servir como un aporte en oportunidad de futuras revisiones de la norma que comentamos. Para ello, además, de los ensayos realizados siguiendo las técnicas normalizadas cuyos resultados analizaremos después, se introdujeron algunas variantes en los métodos de trabajo que permitieron obtener las conclusiones siguientes:

- a) Se varió el tiempo de inmersión en agua para la valoración de la absorción por capilaridad y por inmersión total entre 24 horas y 15 días. Los resultados mostraron que 24 horas eran insuficientes para llegar a una saturación total, y que después de las 48 horas no había prácticamente variación del peso de las probetas patrón. En consecuencia el tiempo normalizado de 48 horas se considera suficiente para lograr resultados comparativos.
- b) El mortero para preparar las probetas destinadas a evaluar la absorción se prepara, en proporciones 1:3, en peso, con arena normal cuyas características están definidas en la norma IRAM 1633. Como es sabido, esta arena tiene una composición granulométrica ideal que asegura al mortero una gran compacidad, por lo tanto la acción impermeabilizante del aditivo se hace muy poco aprecia-

ble. Las diferencias de calidad de los hidrófugos ensayados surgen más claramente cuando el mortero se prepara con una arena de granos de tamaño uniforme que hace máximo su contenido de vacíos. Se hace notar que en los ensayos previos a la aprobación de la norma se había sustentado este criterio que fue posteriormente modificado en la Comisión. A nuestro juicio sería conveniente volver a él con una arena monogranular.

c) El amasado del mortero, según la norma 1572, se hace en forma manual. Entendemos que podría reemplazarse por un mezclador mecánico similar al especificado en la norma IRAM 1622, para los morteros destinados a los ensayos de flexión y compresión. Los resultados obtenidos en los ensayos efectuados amasando de esta manera fueron satisfactorios, pero su escaso número hasta el momento no nos permite informar, en esta oportunidad, si con ello se logra una mejor reproducibilidad de valores que en el mezclado manual. Esta modificación de la norma vigente sería también interesante para valorar mejor la acción de aquellos hidrófugos que complementariamente son incorporadores de aire.

d) La compacidad del mortero tiene fundamental importancia para comparar la acción impermeabilizante del hidrófugo, por lo tanto entendemos que reemplazar la compactación manual establecida en la norma por una compactación mecánica adecuada, permitiría una mejor reproducibilidad de resultados, al eliminar la influencia del operador que efectúa el trabajo.

Para tener una idea de la influencia personal del operador, sobre los resultados de los ensayos, se hicieron moldear probetas con los mismos materiales, en días distintos y por operadores distintos, siempre dentro del personal del IEMIT entrenado en estas tareas. Las diferencias observadas se redujeron al usar el amasado y la compactación mecánica que sugerimos.

e) En el cálculo del coeficiente K de absorción de agua, interviene en forma muy preponderante la medida de la altura de la ascensión capilar sin valorar si esa absorción es superficial o se produce en toda el área de la sección. Además al realizarse solamente por las caras que da condicionada a características circunstanciales de las mismas.

(textura, etc.) y su medición no refleja o distorsiona lo que ocurre en la masa interior de la probeta. Por ejemplo no se han encontrado variaciones en los valores si se cepillan las superficies con cepillo de cerda o cepillo de acero.

También hacemos notar que las probetas patrones se saturan en la misma forma por capilaridad que por imersión, ocurriendo a veces que el peso final de las primeras es mayor que el de las últimas. Esto podría atribuirse a que absorben el agua más fácilmente por estar facilitada la salida del aire de los capilares interiores del mortero.

Todo esto sugiere la conveniencia de estudiar alguna modificación al método de medición de la absorción de agua por capilaridad y de la ascensión capilar para tener en cuenta estas circunstancias.

- f) Finalmente, queremos mencionar que la norma IRAM 1572 fija una diferencia máxima de más-menos 10 minutos en los tiempos de fraguado de las probetas patrón con respecto a las que contienen el hidrófugo. Este tiempo es demasiado pequeño y está dentro de las dispersiones que cabe esperar en el ensayo, por lo tanto se considera conveniente ampliarlo. A título informativo recordemos que en el caso de quererse valorar la influencia de las características del agua de mezclado sobre el tiempo de fraguado el Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón admite una diferencia del 25 % y que la norma IRAM 1601 para el mismo caso acepta el 10 %.

ENSAYOS REALIZADOS

Se ensayaron de acuerdo a la norma IRAM 1572, 49 muestras de hidrófugos de 14 marcas, de las principales existentes en plaza. Además se realizó el análisis químico de 34 de ellas.

De las 14 marcas, solamente dos presentan el material en polvo, las restantes lo hacen en forma de una pasta

fluída.

Las proporciones de hidrófugo incorporadas a los morteros fueron en todos los casos las indicadas por sus fabricantes.

Corresponde hacer notar que en lo relativo a envases, rotulación e instrucciones no se pueden formular observaciones en general, por cuanto, todos los productos vienen identificados en forma correcta, pero sí cabe señalar que algunos industriales aconsejan utilizar morteros muy ricos en cemento portland lo que hace pensar en que la mayor acción impermeabilizante puede atribuirse a esta circunstancia más que al producto adicionado.

En la fig. 1 están graficados los valores del coeficiente K de todas las muestras estudiadas y que aparecen sobre el eje horizontal identificadas con una letra para cada marca. Puede apreciarse que para algunas marcas se han indicado varios puntos que corresponden a otras tantas muestras ensayadas. En el mismo gráfico, por su importancia y su relación con la acción impermeabilizante del producto, se han representado los contenidos de ácidos grasos expresados en %, de cada una de las muestras analizadas químicamente. Resalta en el gráfico que buena parte de las muestras ensayadas (55 %) no alcanzan el valor mínimo especificado para el coeficiente K, y que de acuerdo al contenido de ácidos grasos existen dos grupos bien diferenciados: los que tienen menos del 2% y los que están entre 4 y 10 %, siendo en general el valor de K mayor para los productos que contienen más ácidos grasos.

Para apreciar si las muestras mantenían en el tiempo sus propiedades impermeabilizantes junto con las probetas destinadas a los ensayos de norma se moldearon otras que se sometieron a diversas condiciones de exposición. Unas se dejaron a la intemperie en la terraza del LEMIT y otras se enterraron en terreno natural, descubierto, a unos 40 cm. de la superficie.

En esta oportunidad presentaremos los resultados de los ensayos sobre 17 muestras de 10 marcas distintas efectuados sobre probetas que permanecieron enterradas durante 1 año. Estos ensayos serán completados con determina

ciones periódicas sobre las probetas expuestas a las dos condiciones mencionadas y hasta, aproximadamente, una edad de 4 años.

En la figura 2 se han graficado los valores del coeficiente K determinados al cabo del año y los correspondientes contenidos de ácidos grasos.

Se observa ahora, con respecto a la figura 1, que 14 de las muestras tienen menores coeficientes de absorción y que algunas ya no alcanzan el valor mínimo de 1,7 que originariamente satisfacían. Se destaca que en general las reducciones más notables se han producido en los productos que tenían mayores contenidos de ácidos grasos. En cambio las tres muestras en que aumentó el valor de K eran aquellas que no contenían ácidos grasos.

La disminución antedicha de K se debe a que las probetas sin hidrófugo disminuyen notablemente la absorción, mientras las que contienen hidrófugos mantienen la cantidad de agua absorbida en relación a la inicial, y en algunos casos aumenta. En las tres muestras que aumentan sus propiedades impermeables se observa también una disminución de la absorción.

CONCEPTOS FINALES

Los resultados disponibles hasta el momento nos permiten sugerir, provisoriamente, las siguientes conclusiones:

Con respecto a la norma:

- a) Se aconseja normalizar una arena monogranular para poder observar con mayor intensidad el efecto del hidrófugo.
- b) El mezclado y la compactación deben hacerse mecánicamente para obtener mayor reproductibilidad de resultados.
- c) Es conveniente aumentar la variación permitida del tiempo de fraguado, expresándola en % de la muestra sin adición.

En cuanto al producto:

- a) Un gran porcentaje de hidrófugos comerciales no cumplen los requisitos de la norma IRAM correspondiente.
- b) Las propiedades de los hidrófugos, aún de los que cumplen la especificación, disminuyen notablemente, bajo condiciones severas de exposición a 1 año de edad, principalmente los que contienen altos porcentajes de ácidos grasos.

En consecuencia se sugiere a la industria estudie las posibilidades de fabricar hidrófugos en base a composiciones que aseguren la constancia de sus características en el tiempo.

HIDROFUGOS
PARA USOS GENERALES

<u>CARACTERISTICAS</u>	<u>REQUISITOS</u>
Absorción de agua, (coeficiente K), mínimo	1,7
Variación del tiempo de fraguado con respecto a un mortero sin el hidrófugo, en minutos	±10
Disminución máxima de la resistencia a la compresión y a la flexión, con respecto a un mortero sin el hidrófugo, en %	15

FIGURA 1

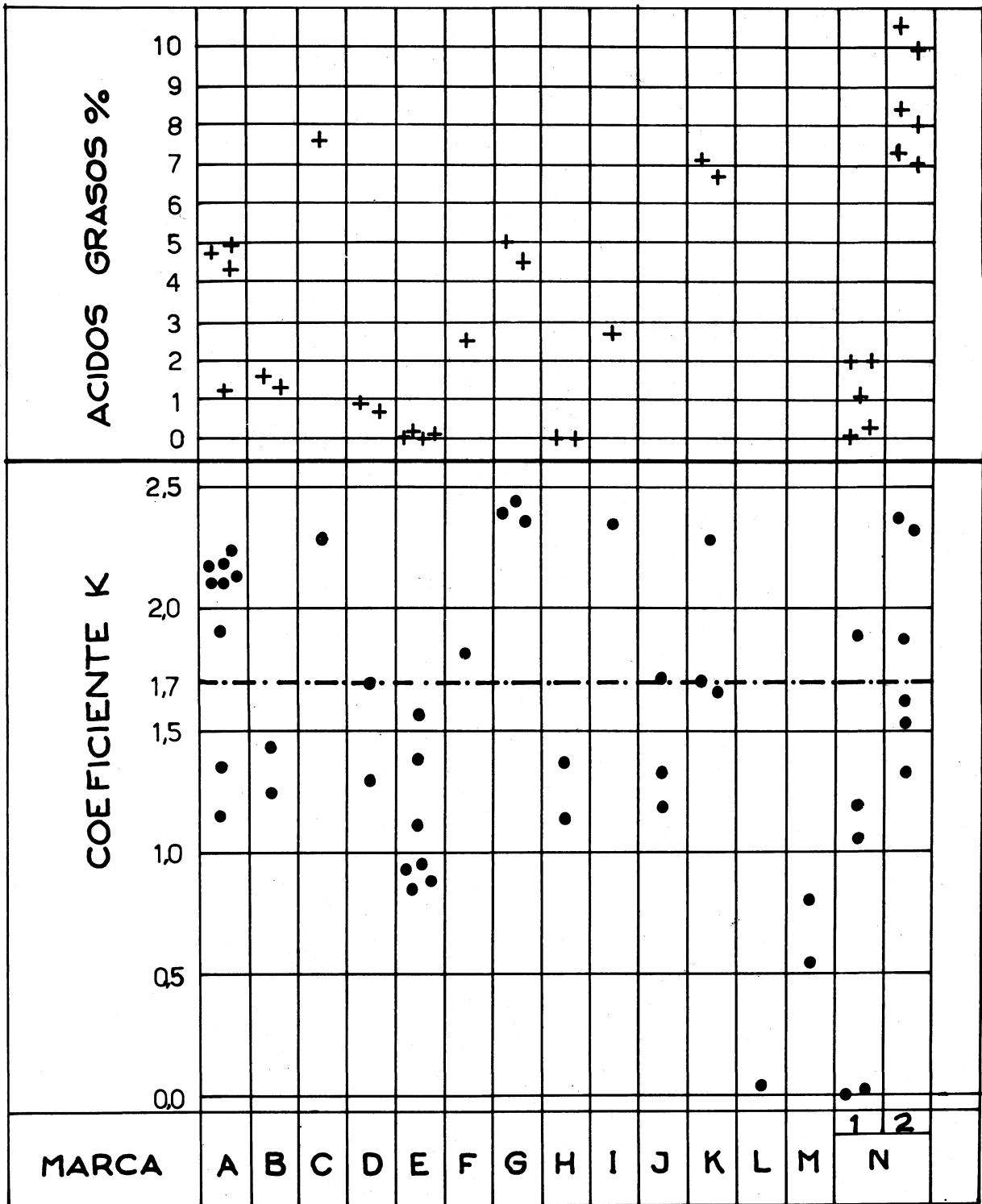
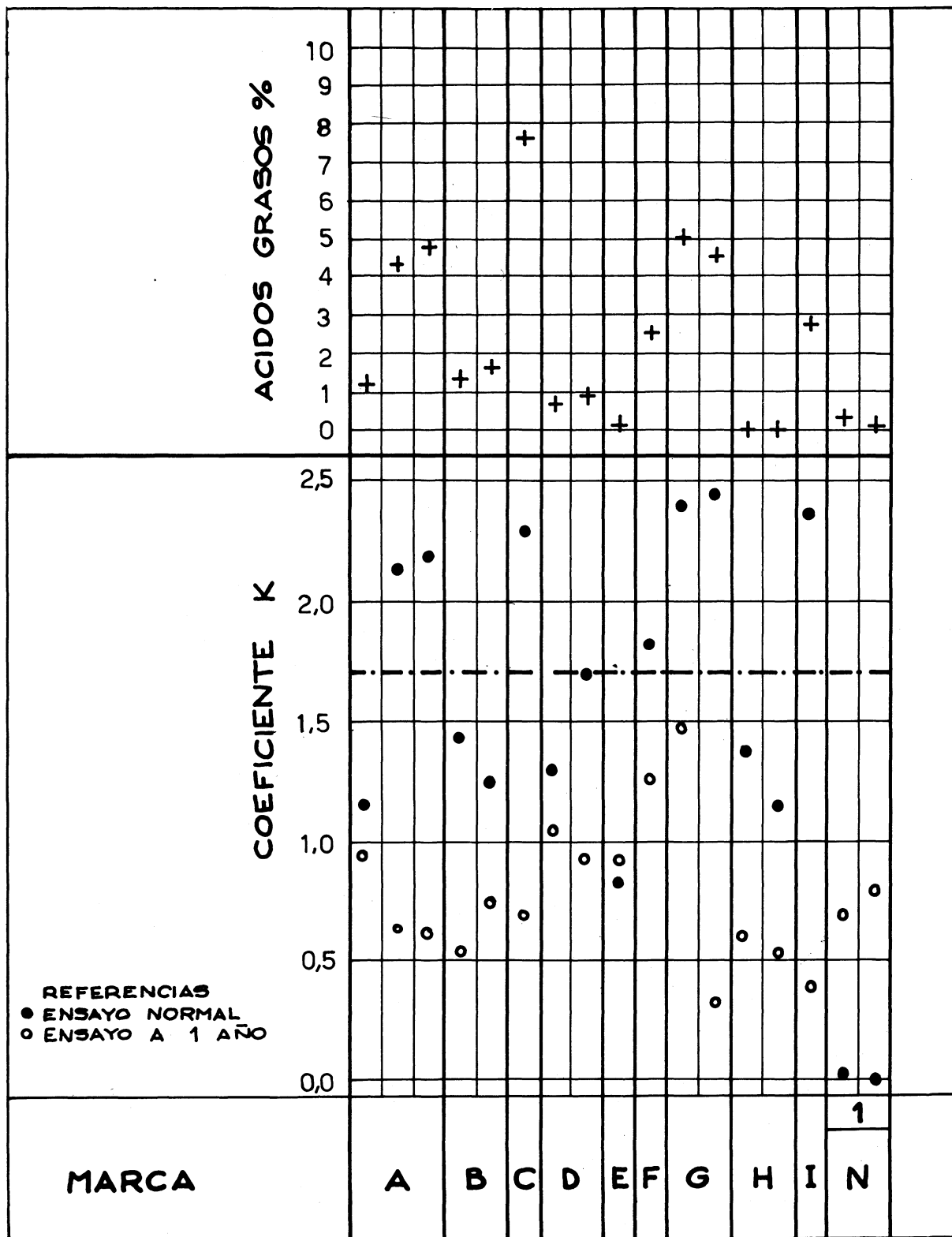


FIGURA 2



BIBLIOGRAFIA

- 1.- Duriez y Arrambide.
Nuevo Tratado de Materiales de Construcción.
- 2.- Ldo. E. Herrero Núñez.
Anticongelante e Hidrófugos.
Monografía N° 261 del Instituto Eduardo Torroja de la
Construcción y del Cemento. Madrid.
- 3.- Norma IRAM 1572 - Hidrófugos para usos generales (Agos-
to 1964).
- 4.- American Concrete Institute (ACI) Comité 212.
Report on Admixtures for Concrete Journal ACI Proceed-
ing, V. 60, N° 11, Nov. 1963.

PROFUNDIDAD DE FISURAS Y MEDICION DE ESPESORES EN
CHAPAS FINAS POR EL METODO DE CORRIENTE CONTINUA

Argentino I. Galarreta

Serie II, n° 122

ANTECEDENTES

Muchas veces la indeterminación que presentan ciertos defectos, como en el caso de la profundidad en fisuras, plantean una serie de dificultades que han movido a indagar con métodos particulares de ensayos, la posibilidad de eliminar esa indeterminación, solucionando problemas que en el campo de la industria resultan beneficiosos, pues a la par que dan más información sobre los mismos, pueden en muchos casos, cuando son determinados y si llegan a ser despreciables, ser eliminados y dar lugar a la recuperación de muchas piezas con la consiguiente economía.

Asimismo la medición de espesores desde una sola cara trae aparejada la ventaja de evitar en piezas o elementos metálicos terminados su destrucción, para comprobar condiciones de espesor en paredes ya establecidas y que necesitan su confirmación.

El presente trabajo tiene la intención de cubrir esas necesidades que periódicamente se les plantean a industriales, tanto productores como usuarios, públicos o privados, y que hacen asiduas consultas sobre el particular a nuestro Laboratorio.

PRINCIPIOS DEL METODO

En cualquier elemento metálico conductor, de resistividad ρ (ohm-cm), al ser atravesado por una corriente eléctrica de I amperes entre dos electrodos se establece una diferencia de potencial V producida entre otros dos electrodos que responderá a

$$V = I \cdot k \cdot \rho$$

donde k es función de la distancia entre electrodos y la geometría de dicho elemento. Cualquier modificación producida en el mismo, manteniendo constante la distancia entre electrodos, ha de incidir en la relación V/I que se podrá determinar. Podemos expresar esto de otra manera, entre dos electrodos de contacto, unidos a una fuente de corrien

te continúa puestos en contacto con una superficie limpia de un elemento metálico conductor, se produce un flujo de corriente de un electrodo hacia el otro, que se distribuirá en el mismo de una forma que dependerá únicamente de la conductibilidad y del espesor del metal.

En la figura N° 1 se representa al elemento metálico grueso conductor y la distribución del flujo de corriente aplicando entre A y B una fuente de corriente continua. Las líneas negras representan el flujo de corriente y las punteadas las líneas equipotenciales. Al establecerse la corriente entre A y B, los puntos de interferencia de las líneas de flujo y de las líneas equipotenciales pueden considerarse como graduaciones de la diferencia de potencial entre A y B. Consecuentemente colocando dos electrodos conectados a un galvanómetro, su lectura nos dará, la medida de la diferencia o caída de potencial entre los mismos cuando se establece la corriente entre A y B.

La separación de los electrodos del galvanómetro en relación a los de corriente, será tal, que no influya en la medida cualquier caída de potencial debido a algún contacto defectuoso de los electrodos de corriente. La separación de los electrodos de medida de diferencia de potencial estará en función de su aplicación, considerando que para la determinación de profundidad de fisuras es preferible espacios pequeños, no mayor de 1/4 de pulgada y distancias iguales entre los electrodos de corriente y de medida. Para la medición de espesores son preferibles distancias no iguales y espacios mayores entre los electrodos de medida, aunque esta consideración estará en función del cabezal de prueba para chapas finas.

En éstas la distribución de las líneas de flujo se efectúa como lo indica la figura N° 2.

Suponiendo las mismas características del cabezal de prueba que para los ensayos con elementos metálicos gruesos como la indicada en la figura 1, en las chapas finas se suma a la limitación de las líneas de flujo, el hecho de que las líneas equipotenciales se cierran más, lo que hace que para un mismo material y para un determinado valor de corriente, será mayor la caída de potencial en -

tre los electrodos colocados en la chapa fina, que en el elemento metálico de mayor espesor.

CONDICIONES DE ENSAYO

Tanto para la determinación de profundidad de fisuras, como para la medición de espesores, es condición principal que los materiales bajo ensayo posean una resistividad eléctrica isotrópica y homogénea, condición que generalmente cumplen casi todos los materiales metálicos, lo que facilita las operaciones de medida ya que esta propiedad es la única que entra en las mediciones, lo que simplifica la interpretación de los resultados.

La segunda condición de importancia es la preparación de la superficie sobre la que se aplicará el método de medición. Las superficies de terminado maquinado no necesitarán preparación previa y la medición puede hacerse en forma inmediata. No así las que presenten signos de oxidación, la que tendrá que ser eliminada previamente. Las superficies en las cuales la incidencia de un proceso de corrosión sea tal que no se pueda eliminar por simple limpieza o en superficies rugosas, es conveniente hacer una marca recta en donde los electrodos puedan ser colocados y proceder a la medición respectiva.

EQUIPO DE ENSAYO

El equipo para la determinación de profundidad de fisuras o para la medición de espesores de chapas finas, que usamos en nuestra experiencia, se muestra en la figura N° 6.

El esquema del circuito corresponde a la figura N° 4.

El cabezal de prueba y su esquema se muestran en la figura N° 5.

El contacto con el metal se hace a través del cabezal, que consta de cuatro puntas (electrodos) montados linealmente sobre un material aislante, en nuestro caso, lucite. Los electrodos están forzados por resortes que aseguran el buen contacto e inclusive sirven para el buen apoyo cuando se trata de superficies curvas.

Los electrodos fueron contruídos de acero tratado térmicamente para endurecerlos (como herramientas de fresadora) y matener su punta aguda.

La separación entre electrodos en nuestro cabezal se fijó en cuatro milímetros de distancia entre los mismos y en forma igual entre las cuatro puntas.

El circuito eléctrico fue alimentado por un acumulador de: 6 Volts, 120 amperes. La corriente fue controlada por una resistencia variable y leída en un amperímetro de alcance: 30 A. a plena escala. La corriente con la cual trabajamos en nuestra experiencia fue fijada en 10 amperes.

El potencial en el circuito potenciométrico fue medido por la deflección de un galvanómetro a bobina móvil sistema D'ansorval.

MEDICION DE PROFUNDIDAD DE FISURAS

El método de corriente continua, en cuanto a los principios enunciados precedentemente, puede ser considerado como una extensión en su aplicación para determinar fallas superficiales o internas, ya que cualquier defecto de esa índole puede ser detectado por la variación de la conductibilidad, a la de determinación de la profundidad de ciertos defectos, como fisuras, que se continúan bajo la superficie, relacionando su profundidad y el espesor del material.

El modo más conveniente de aplicar esta técnica es usando un cabezal de prueba con cuatro puntas (electrodos) igualmente separados, colocados en línea, y de detalles constructivos como el mostrado anteriormente. Se conecta la llave del circuito para equilibrar las fuerzas elec -

tromotrices térmicas que se producen entre los electrodos P_1 y P_2 y en cualquier otro punto del circuito ajustando el cero del galvanómetro. Se aplica el cabezal de prueba sobre una parte del material y del mismo espesor donde se quiere medir la profundidad de la fisura, y que se sepa no defectuosa, se hace circular una corriente de I amp. entre las puntas exteriores obteniéndose en el galvanómetro una cierta deflexión θ_p . Se lleva el cabezal de prueba sobre la fisura y se colocan las puntas de tal manera que dos de ellas queden de un lado y dos del otro, tratando que la línea de unión de las puntas (electrodos) formen un ángulo recto con la dirección de la falla, circulando la misma corriente de I amp. entre los electrodos exteriores se leerá en el galvanómetro otra deflexión θ_x , fig. 3.

Con la relación de las deflexiones θ_x/θ_p , se entra en el gráfico hasta encontrar la curva que corresponda a la relación de espesor del material y distancia entre electrodos e/a , la que nos dará en la ordenada la relación D/a (profundidad de defecto y distancia entre electrodos), de donde se deduce la medida buscada.

DETERMINACION DEL GRAFICO

Siguiendo a Buchanan y Thurston quienes determinaron un gráfico de una familia de curvas por medio de una cubeta de mercurio como conductor, variando su altura (espesor) para cada curva e introduciendo como fallas, láminas artificiales de material aislante, aplicamos la variante para la determinación de la familia de curvas que necesitábamos preparando varias series de probetas de similar resistividad y dimensiones, que respondieran cada una de las series de probetas a un espesor determinado con fisuras efectuadas de exprofeso y previamente medidas para obtener cada curva.

Con la relación entre espesor y distancia de puntas e/a , que nos ubica en la curva que se quiere determinar, medimos la deflexión en el galvanómetro que corresponde a la del espesor de la probeta y medimos la deflec -

ción que corresponde a la serie de defectos previamente medidos, lo que nos da, conocida la relación D/a , o sea profundidad de defecto y distancia entre electrodos, la serie de puntos necesarios para la construcción de cada curva.

$I = \text{constante} = 10 \text{ amperes}$

Curva $e/a = 12$

d	R	θ_x/θ_p
4	1	1,7
16	4	2,58
24	6	2,75
32	8	2,95
40	10	3,2
44	11	3,45

$e = \text{espesor de probeta} = 48 \text{ mm}$

Curva $e/a = 10$

d	R	θ_x/θ_p
4	1	1,7
8	2	2,2
16	4	2,6
24	6	2,8
32	8	3,1
38	9,5	3,5

$e = 40 \text{ mm}$

Curva e/a= 6

d	R	e / θ_P
2	0,5	1,52
4	1	1,68
8	2	2,2
16	4	2,7
20	5	3,00
22	5,5	3,2

e= 24 mm

Curva e/a= 4

d	R	θ_x / θ_P
4	1	1,7
6	1,5	2,0
10	2,5	2,45
12	3	2,65
14	3,5	3,0
15	3,75	3,15

e= 16 mm

Curva $e/a=2$

d	R	θ_x/θ_p
0,5	0,12	1,2
1	0,25	1,3
2	0,5	1,5
4	1	1,8
6	1,5	2,3
7	1,75	2,8

$e=8$ mm

La distancia a entre electrodos es constante e igual a 4 mm.

La obtención de estos resultados que configura - ron el gráfico, Fig. N° 7, fueron guiados para la solución de problemas que fueran oportunamente planteados al LEMIT y que fueron motivo de posteriores ensayos sobre piezas en las cuales pudo comprobarse la bondad del método cuando se ajustan todas las condiciones del ensayo. El gráfico de fa milias de cinco curvas que responden a los espesores de las probetas, en las condiciones que le dieron origen además de las ya anunciadas, figura la de haber establecido que la longitud de la fisura es grande comparando con su profundidad y que el plano que la contiene es prácticamente perpendicular a la superficie. Para otros tipos de fisuras como las de longitud pequeña con respecto a su profundidad o que la extensión de la misma en el interior no se propague en forma regular, se pueden determinar familias de curvas siguiendo la misma técnica, con sólo variar la relación de espesor del material y la distancia entre electrodos e/a , colocando en su lugar o haciendo cada curva con relación de longitud de falla y de espacio entre electrodos L/a . Para estos casos no se tiene en cuenta el espesor del material.

Como puede observarse en las tablas correspondientes y el gráfico N° 1, a medida que la fisura es menor en relación al espesor de la probeta, la relación de deflecciones tiende hacia 1, lo que naturalmente tiene que ser, pero que algunas veces dificulta la apreciación de las lecturas, lo que nos indujo a plantear en estos casos dos soluciones: la de acercar más las puntas (electrodos) o de aumentar el valor de la corriente. La primera la tomamos como consideración teórica para el desarrollo de la curva para determinar espesores en chapas finas, teniendo la limitación de que hay una distancia entre electrodos mínima, para ambos casos. En la segunda se encuentra la limitación de que a mayor corriente se alteran los elementos del equipo, como cables, alcance de instrumentos, aumento de las fuerzas electromotrices térmicas de contacto, etc.

Precisamente en las observaciones de aplicación del método para la determinación de profundidad de fisuras, destacamos la dificultad de mantener el equilibrio de esas en los contactos de los electrodos, haciendo para cada medición un control de dicho equilibrio con el cero del galvanómetro.

Entre las aplicaciones prácticas del método usando el gráfico determinado y que posteriormente se pudo comprobar resultados por otros medios, figuran: el de medir la profundidad de una fisura en una matriz de acero para eslabones de cadenas, eje de polea, palier, diente de engranaje, etc.

El primero fue un caso interesante a resolver por las implicancias no sólo prácticas sino económicas que planteaba: el de conocer con un grado alto de exactitud la profundidad de la fisura, pues se le ligaba el hecho de seguir usando la matriz si la falla entraba en un cierto orden de tolerancia previsto, para continuar en servicio, lo que significaba una gran economía por el elevado costo de la matriz y además el hecho de que estando la falla dentro de la tolerancia, conocer su profundidad para eliminarla completamente pues el corte de dicha matriz suponía un elevado costo relativo debido a la dureza del acero especial con que estaba construida.

MEDICION DE ESPESORES

En procedimiento similar al de determinación de profundidad de fisuras, se conecta la llave del circuito ajustando el cero del galvanómetro para lograr el equilibrio de las f.e.m. térmicas entre los electrodos y otros puntos del circuito.

Se aplica el cabezal de prueba (cuatro electrodos) primeramente sobre una probeta de espesor conocido y mayor del que se quiere medir, estableciendo en el circuito una corriente de 1 amperes, que se mantiene constante, y una diferencia de potencial cuyo valor se mide en el galvanómetro. Posteriormente se lleva el cabezal de prueba al material del espesor a medir, que tiene que tener la misma resistividad que la probeta, procediendo a la lectura en el galvanómetro de la diferencia de potencial respectiva.

Con la relación de ambas medidas o deflecciones del galvanómetro se entra en el gráfico determinado para los valores de ensayo establecidos y se obtiene el valor del espesor buscado.

La elección de la distancia entre electrodos se hizo teniendo en cuenta que lo más probable era medir pequeños espesores, como la diferencia que puede entrar en un rango de espesor de chapas finas, entre 0,5 y 1,54 mm. Por este motivo el uso del cabezal de prueba en la experiencia de medición de profundidad de fisuras se repitió en ésta, ya que estimamos como ya lo adelantamos que la menor distancia entre electrodos para medir pequeñas diferencias de espesor, nos asegura mayor sensibilidad y posibilidad de diferencias en las deflecciones del galvanómetro que nos permite mediante el gráfico o curva determinado, asegurar la exactitud de la medida.

DETERMINACION DEL GRAFICO PARA LA MEDICION DE ESPESORES DE CHAPAS ENTRE LOS N° 16 HASTA 26 (FIG. N° 8)

Material: chapas de hierro decapado

Distancia entre electrodos $a = 4$ mm.

$I =$ constante = 10 amp.

Se prepararon cinco probetas tomando como chapa patrón la de calibre $l_6 = 1,54$ mm $\theta_P = 18$

Medidas de las probetas: 50 x 100 mm. Las lecturas se tomaron apoyando el cabezal en el centro geométrico de las mismas.

DETERMINACION DE LA CURVA

Notación: A, B y C: puntos de la curva

$e =$ espesor de la chapa $P =$ espesor de la chapa patrón.

$\theta_x =$ deflección de la chapa.

$\theta_P =$ deflección de la chapa patrón

$R =$ relación entre D y distancia entre puntas = a siendo $D = P - x$, donde x es el espesor a medir, $R = P - x/a$

Por lo tanto la fórmula para medir el espesor con las variables propuestas es la siguiente:

$$x = P - R.a$$

Puntos	e_{mm}	θ_x	θ_x/θ_P	R
A	1,22	22,5	1,25	0,08
B	0,82	36	2,0	0,19
C	0,54	58	3,22	0,25

La cuarta probeta medida con tornillo micrométrico con un espesor de 0,89 mm se usó para verificar la curva trazada; se obtuvieron con el cabezal de prueba y el equipo utilizado, los siguientes resultados:

$$\theta_x = 33 \quad \theta_x/\theta_P = 1,83 \quad R = 0,166 \quad R.a = 0,664$$

Por lo tanto $x = P-R.a = 1,54 - 0,664 = \underline{0,876}$

Numerosas fueron las aplicaciones del método y la curva experimentada en ensayos realizados en el LEMIT sobre todo en la medición de espesores de chapas con que se construyen los muebles metálicos que son adquiridos por la Provincia de Buenos Aires.

Entre las observaciones efectuadas en la aplicación del método de corriente continua en la medición de espesores de chapa fina, y que crea limitaciones en su aplicación, son la dificultad de balancear las f.e.m. térmicas en el contacto de los electrodos en continuas inspecciones, y el efecto de borde que altera el campo eléctrico lo que varía la medida de las caídas de potencial y en consecuencia sus resultados lo que impide aplicar las curvas características previamente determinadas.

A este respecto hemos tratado de encontrar un factor de conversión para eliminar la influencia del borde en las mediciones y trabajar con la curva característica, multiplicando el resultado encontrado con la misma, por el factor de conversión por el efecto del borde.

A tales efectos hemos preparado otras probetas con las dimensiones siguientes: 20 x 83 mm en las que interviene el efecto de borde que afecta el resultado de las medidas y que usando el mismo cabezal que para la determinación de la curva característica anterior, se obtiene la nueva curva con la diferencia que puede apreciarse en el gráfico, Fig. N° 9.

Queda en nuestro trabajo determinar nuevas curvas características usando probetas de dimensiones tales que por efecto de borde se afecten las mediciones p.e., aumentando progresivamente el ancho de aquellas, lo que nos dará una serie de curvas que integradas nos darán el factor de conversión buscado y solucionar así el problema del efecto de borde en la medición de espesor tomando puntos de medida en cualquier posición.

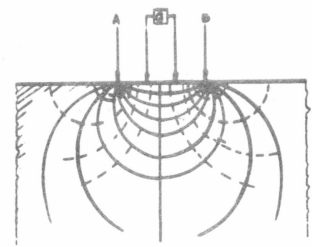


FIG. 1

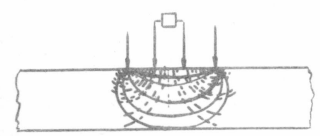


FIG. 2

DISTRIBUCION DE LINEAS DE CORRIENTE Y POTENCIAL

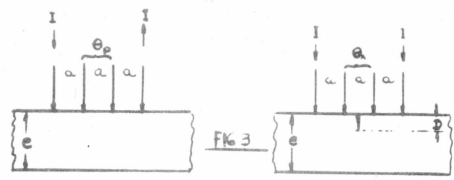


FIG. 3

METODO PARA LA DETERMINACION DE PROFUNDIDAD DE FALLAS

ESQUEMA DE CIRCUITO

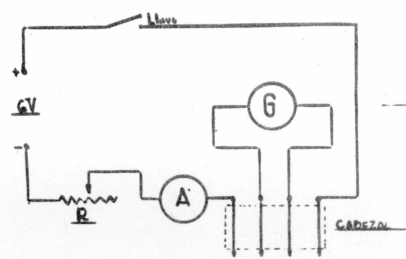


FIG. 4

ESQUEMA DE CABEZAL

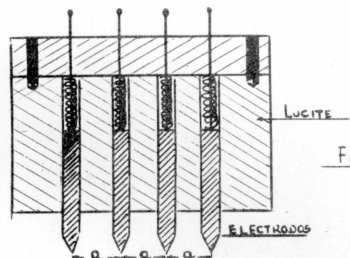


FIG. 5

Fig. 6

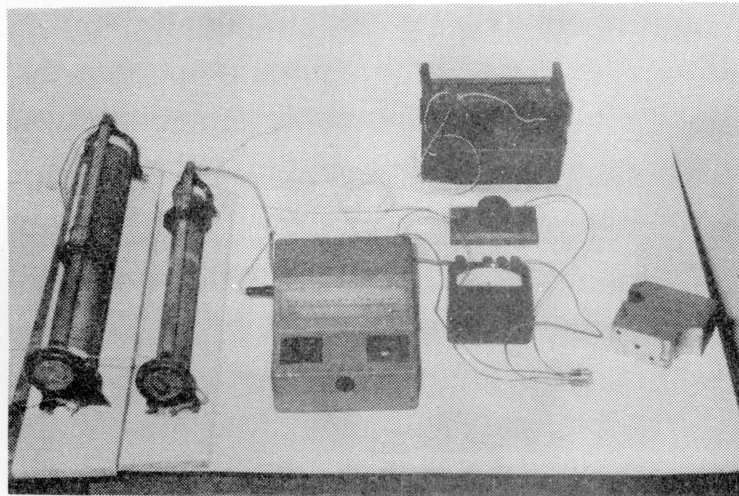


Fig. 7

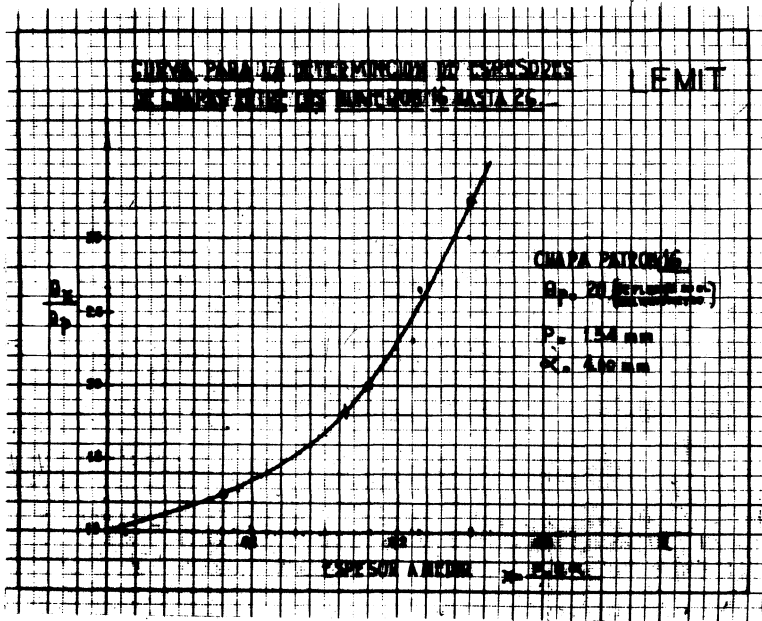
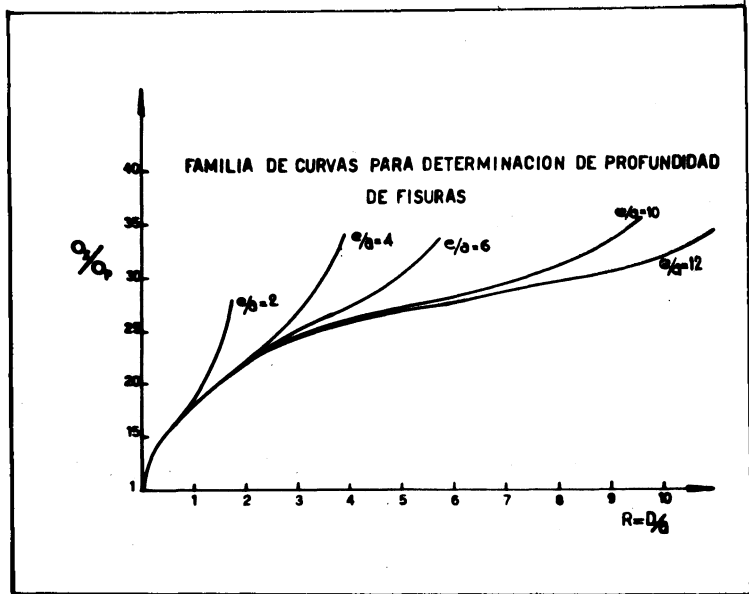
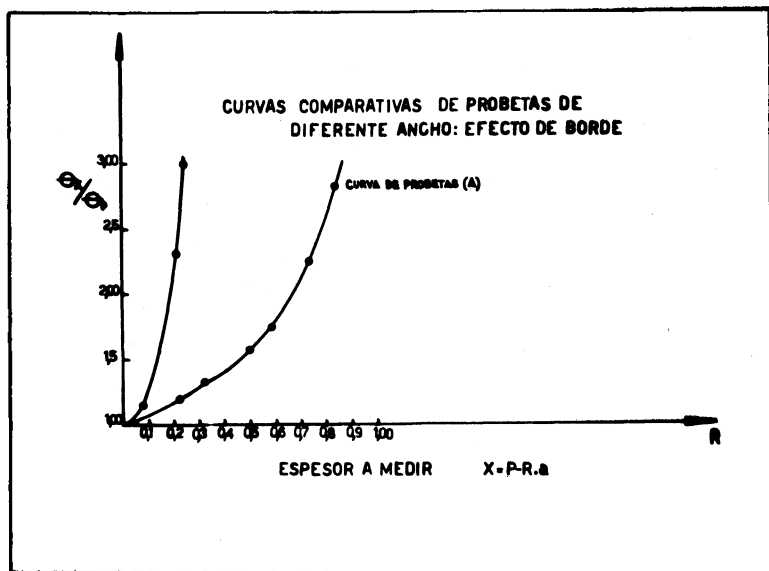


Fig. 8

Fig. 9



BIBLIOGRAFIA

Non Destructive Testing - Handbook.

En el presente trabajo colaboraron en su ejecución el Ing. Roberto Decastelli en los ensayos para la determinación de las curvas características, el Sr. José Decarli y personal de la sección mecánica de precisión en la construcción de los elementos de ensayo y asimismo personal de la Sección Dibujo y Proyectos, a quienes se agradece.

HORMIGONES LIVIANOS PARA USO ESTRUCTURAL.
EXPERIENCIAS REALIZADAS CON ARCILLAS EX-
PANDIDAS DE PRODUCCION NACIONAL

Ing. José F. Colina
Ing. Alberto Giovambattista
Ing. Milan E. Klaric

CONSIDERACIONES GENERALES

En oportunidad de realizarse en el LEMIT el primer Simposio sobre "Materiales y elementos constructivos para la vivienda", en octubre de 1964, presentamos algunas experiencias efectuadas durante ese año utilizando como árido liviano para la preparación del hormigón las muestras producidas en una planta piloto por una de las firmas que actualmente producen entre nosotros "arcillas expandidas por cocción".

Poco después de esa fecha este tipo de árido comenzó a producirse industrialmente en las dos fábricas que en la actualidad existen en el país, instaladas ambas en la Provincia de Buenos Aires, una en el partido de General San Martín y la otra en el de Berazategui, en las proximidades de las estaciones José León Suarez y Hudson, respectivamente.

La aparición de este nuevo material fue bien recibida por los industriales de la construcción tanto por sus propiedades físicas convenientes para diversos usos, como por las ventajas económicas que puede reportar su empleo, pero, como era lógico esperar, muchos técnicos antes de proyectar, calcular o construir estructuras resistentes con estos hormigones livianos desearon tener mayor información sobre las posibilidades de aplicación y el grado de seguridad que les brindaba su empleo.

Esto se tradujo en la doble necesidad, por parte de fabricantes y usuarios, de recurrir a los laboratorios en busca de la experiencia y la información necesarias para la utilización adecuada del producto, y esto, a su vez, motivó que aquellos debieran realizar estudios y ensayos que les permitieran responder a las consultas formuladas.

Con este propósito en el LEMIT se programó una serie de experiencias cuyo resumen y resultados disponibles hasta el momento vamos a presentar en esta oportunidad.

Antes de exponer los resultados de estas experiencias recordaremos que el empleo de áridos livianos obtiene -

dos por cocción de arcillas comenzó hace medio siglo en EE.UU. cuando Stephen J. Hayde perfeccionó en 1917 un método para obtener arcillas expandidas, las que comenzaron a comercializarse con la denominación de "Haydita". A partir de entonces la producción comenzó a crecer notablemente para llegar en la actualidad en ese país a 15.000.000 de toneladas anuales fabricadas en 70 plantas industriales. En Europa se tiene conocimiento de una fábrica que fué instalada hace 25 años en Dinamarca, país que juntamente con Rusia son los que más han desarrollado en Europa la producción de este material. Se tiene información además de la existencia de fábricas en otros muchos países tales como Suecia, Alemania, Inglaterra, Francia, Polonia, Hungría, Italia, Checoslovaquia, Japón y Australia. En Sudamérica sabemos de plantas productoras solamente en Brasil y Argentina. Como ya dijimos, en nuestro país hay, hasta ahora, dos fábricas que tienen una capacidad de producción total de 850 m³ diarios y que están produciendo, entre ambas, unos 600 m³ por día.

El material producido se destina principalmente a la fabricación de elementos premoldeados para la construcción, fin para el cual lo hacen particularmente apto sus diversas características: peso de la unidad de volumen, aislación térmica y acústica, resistencias mecánicas, facilidad de cortar, clavar, etc. Pero su aplicación más interesante desde el punto de vista de la ingeniería es la posibilidad de utilizarlo en la preparación de hormigones estructurales, campo en el que ya ha sido utilizado en estructuras de muy variadas características: barcos, puentes, edificios de grandes dimensiones y estructuras laminares son otros tantos ejemplos de sus múltiples usos. Según una estadística reciente en Estados Unidos el 65% de la producción total se destina a la prefabricación, y el 35% restante a hormigones estructurales. Esta última aplicación es la que también, sin duda, requiere el mejor y más completo conocimiento del material para poder utilizarlo con un margen de seguridad adecuado en el proyecto y dimensionado de las distintas piezas. Las experiencias cuyos resultados expondremos enseguida han sido dirigidas hacia el conocimiento de las principales características físicas y mecánicas del material, necesarias para este fin, y es

nuestro propósito completarlas en el futuro con aquellas destinadas a conocer su comportamiento en servicio bajo varias condiciones ambientales de exposición.

Algunos inconvenientes observados en los últimos años en determinadas estructuras en servicio han motivado que en la actualidad se le preste mucha atención a este problema de la durabilidad de las obras construídas con hormigones livianos que contienen arcillas expandidas por cocción.

Según Short, su mayor porosidad hace que los hormigones livianos sean más vulnerables a la acción del medio ambiente húmedo o agresivo, que los hormigones normales.

En una comunicación presentada por el Ing. Alberto S. C. Fava al simposio sobre hormigones livianos que la Rilem celebró en Budapest en el mes de marzo de 1967 se hace saber de algunas estructuras construídas en EE.UU. y cuyo comportamiento en la práctica no ha sido satisfactorio, habiéndose producido al cabo de pocos años fisuración y/o desintegración del hormigón liviano. Tal el caso del viaducto de Omaha, construído en el estado de Nebraska en 1950 y que ya en 1960 comenzó a presentar signos de alteración, y del puente de Talmage, también en Nebraska, en uno de cuyos extremos puede apreciarse que la parte construída con hormigón liviano está deteriorada, mientras que la adyacente de hormigón normal se mantiene inalterada. En la misma comunicación el Ing. Fava hace mención de un informe de Donald O. Woolf sobre las observaciones realizadas en 195 tableros de puentes construídos con hormigones livianos en 16 Estados de la Unión. Según el mismo: 9% estaba en malas condiciones, 22% en condiciones regulares y el resto (69%) en condiciones normales de servicio, teniendo algunos de estos últimos más de 30 años de vida útil.

Los estudios realizados hasta la fecha no han permitido llegar a ninguna conclusión sobre las causas del fenómeno. Los ensayos de congelación y deshielo que normalmente se efectúan para evaluar la durabilidad del hormigón han dado resultados satisfactorios y en los casos mencionados no se pudieron observar signos de que se hubiera producido en la masa del hormigón ninguna de las reacciones químicas que se conocen son capaces de afectarlo y llegar a producir su desintegración.

En consecuencia y como esos problemas de durabilidad podrían tener su origen en algunas características aún no bien conocidas de las arcillas expandidas por cocción, sea por su composición, estructura o proceso de fabricación, entendemos que será prudente, por el momento, no utilizarlas en los tipos de estructuras o condiciones de exposición en que puedan tenerse dudas sobre su comportamiento posterior. En el caso particular de estructuras de edificios esta limitación alcanzaría a aquellas partes que van a quedar directamente expuestas a la acción de la intemperie y a las fundaciones, que puedan estar en contacto con la humedad o con suelos o aguas agresivas.

RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS REALIZADAS EN EL LEMIT

A continuación presentamos los resultados obtenidos en los ensayos efectuados sobre un conjunto de mezclas preparadas con distintos áridos gruesos. En todas ellas se utilizó el mismo cemento portland, de una partida adquirida en fábrica y homogeneizada previamente a su empleo; la misma agua, de la red de distribución del LEMIT; el mismo árido fino, de naturaleza silíceo y en estado de saturado y con la superficie seca y como áridos gruesos se emplearon arcillas expandidas provenientes de las dos fábricas en producción, canto rodado silíceo o piedra partida granítica de Olavarría. Las principales características de cada uno de estos materiales excepto el acero están indicadas en la Tabla I. Para los ensayos de adherencia al acero se utilizaron barras de la misma procedencia y partida, de sección circular, aletadas, torsionadas en frío, de alto límite de fluencia. Con estos materiales se proyectaron mezclas para una resistencia media a compresión, medida en probeta cilíndrica normal, de 200 Kg/cm² a la edad de 28 días. En la Tabla II se dan las proporciones y las características del hormigón fresco de las cuatro mezclas utilizadas.

En la primera columna se da la identificación del hormigón mediante el tipo de árido grueso utilizado y la re-

sistencia media de proyecto, además en el caso de las mezclas con arcillas expandidas se agregaron los subíndices a y b que caracterizan a las de bada fábrica.

El asentamiento, medido por el método del tronco de cono, se trató de mantenerlo aproximadamente constante entre 5 y 7 centímetros y para cada una de las mezclas se determinó además el contenido unitario de aire y el peso de la unidad de volumen. Con respecto al contenido de aire se hace notar que los valores dados para las mezclas con áridos livianos deben tomarse solamente como informativos ya que igual que los de más fueron determinados con el método a presión (dispositivo de Washington) que no es el indicado para este tipo de hormigones.

Cada una de las mezclas fue repetida en cuatro días distintos, de manera que los resultados consignados son promedio de cuatro determinaciones, cuyos valores fueron prácticamente coincidentes. En cada jornada de trabajo se prepararon pastones correspondientes a las cuatro mezclas utilizadas y con el hormigón de cada pastón, se moldearon probetas para realizar todos los ensayos programados sobre el hormigón endurecido.

Las probetas fueron desmoldadas a las 24 horas y conservadas a partir de ese momento en la cámara de temperatura y humedad constantes del LEMIT (temperatura $20 \pm 1^\circ\text{C}$ y humedad relativa superior al 95%) hasta completar los primeros 7 días. A partir de ese momento se diversificó el curado para las probetas destinadas a ensayos de compresión y tracción dejándose en cada caso la mitad de las probetas en la misma cámara y la otra mitad se llevó a una cámara climatizadora con temperatura $23 \pm 1^\circ\text{C}$ y humedad relativa $50 \pm 4\%$.

Las probetas destinadas a ensayos de flexión y adherencia se conservaron hasta los 28 días en la cámara húmeda. La única variante a estas condiciones de curado fue la correspondiente a las probetas destinadas a medir la contracción por secado del hormigón que luego de desmoldadas se mantuvieron sumergidas en agua hasta los 7 días y posteriormente en la cámara climatizadora mencionada hasta completar 84 días.

En la Tabla III se consignan, para cada mezcla y cada condición de curado, las resistencias a compresión y

tracción y las de flexión y adherencia al acero. También figura en la última columna el peso de la unidad de volumen del hormigón endurecido. Para las distintas propiedades medidas se da el número (N) de probetas ensayadas, el valor medio y la dispersión (Δ) de resultados correspondientes a las mismas, medidas por el desvío standard.

En la Tabla IV se dan los valores medios de los módulos de elasticidad estáticos, determinados para cargas de compresión del orden del 40% de la carga de rotura, y las contracciones por secado, en micrones por metro, obtenidas por diferencia de longitud de las probetas normales medidas inmediatamente después de extraídas del agua, a los 7 días de edad, y luego de completarse los 84 días de permanencia en la cámara climatizadora.

El análisis comparativo de los resultados presentados puede resumirse brevemente en los siguientes términos:

- a) Para obtener la misma resistencia de proyecto, 200 Kg/cm², los hormigones livianos requirieron un contenido unitario de cemento 10% mayor que los preparados con áridos pétreos.
- b) Para esa resistencia de proyecto el peso de la unidad de volumen de los hormigones con arcillas expandidas estuvo entre 21 y 26 % por debajo del de los hormigones normales.
- c) Las mezclas preparadas en esas condiciones con los distintos áridos, pétreos y arcillas expandidas, arrojaron similares resistencias a compresión y flexión.
- d) Las resistencias de los hormigones livianos medidas a tracción por compresión diametral y las de adherencia al acero fueron algo menores, y estas últimas con mayor dispersión de resultados que las correspondientes a los hormigones con áridos pétreos.
- e) Los módulos de elasticidad de los hormigones con arcillas expandidas son sensiblemente inferiores a los de los hormigones normales, entre el 52 y el 67 % de ellos.
- f) Las contracciones por secado están entre 53 y 75 % encima de la de los hormigones de peso normal.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de sus propiedades físi-

cas y mecánicas el empleo de hormigones livianos con arcillas expandidas por cocción, en reemplazo de hormigones con áridos pétreos, en estructuras corrientes, protegidas de las acciones del medio ambiente, no parece presentar otras limitaciones que las derivadas de la mayor porosidad, mayor deformabilidad y mayores contracciones por secado.

Teniendo en cuenta en el proyecto estos factores, tal como lo recomiendan algunas recientes normas para el cálculo, mediante el aumento de los recubrimientos de las armaduras metálicas, el uso de adecuados coeficientes de pandeo y la verificación de deformaciones con los módulos de elasticidad correspondientes, los hormigones livianos podrán utilizarse sin inconvenientes previsibles en la construcción de estructuras resistentes que no estén expuestas a condiciones severas o frecuentes variaciones en el contenido de humedad.

CONSIDERACIONES FINALES

Las experiencias cuyos resultados hemos expuesto forman parte de un estudio mucho mas amplio que se está realizando en el LEMIT. Ese estudio incluye la preparación de hormigones con otros áridos tales como escorias siderúrgicas y piedras partidas cuarcíticas, la preparación de mezclas ajustadas para obtener diversas resistencias a compresión, la medición de fluencia bajo carga (creep) y sobre todo ensayos y observaciones para valorar la durabilidad y establecer las posibles causas que la influyen. Estas experiencias se están realizando en colaboración con el Departamento de Construcciones de la Facultad de Ciencias Físico-matemáticas de la Universidad Nacional de La Plata.

Finalmente no queremos terminar este trabajo sin hacer resaltar la colaboración recibida por parte del personal de las Secciones Hormigones y Ensayos Mecánicos del LEMIT y en particular del Ing. Carlos L. G. Gonzalez Lima y los señores José J. Marmonti y Raúl S. Arce en la realización de las experiencias y preparación y presentación de sus resultados.

TABLA I

Materiales utilizados

1. Cemento portland.
Superficie específica: 3165 cm²/g.
Expansión en autoclave: 0,06 %.
Resistencia a compresión a la edad de 28 días (Pliego M.O.P. de la Nación): 660 Kg/cm².
2. Arido fino (arena silfcea).
Peso específico en estado saturado y con la superficie seca: 2,62.
Absorción de agua, 24 horas, en peso: 0,2 %.

Tamiz ASTM	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100
% que pasan	100	99	98	88	43	23	2

Módulo de finura: 2,46

Granulometría:

3. Aridos gruesos.

Material	Granulometría (% que pasan)								Módulo de finura	Peso específico s.s.s.	Peso específico s.p.c.	Absorción 24 horas % en peso	Peso unidad volumen Kg/m ³
	Mezcla	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8					
Piedra granf- ca	PG-200	100	99	65	32	18	2	--	7,07	2,66	2,65	0,3	1,41
Canto rodado	CR-200	100	93	77	45	28	6	--	7,49	2,58	2,54	1,2	1,55
Arcilla expan- dida	AE-200 a	100	100	100	92	66	6	1	6,37	--	--	--	0,61
Arcilla expan- dida	AE-200 b	100	100	100	89	62	14	1	6,19	--	--	--	0,59

TABLA II

Proporciones y características de las mezclas utilizadas

Mezcla	Cantidades de materiales por m ³				Asentamiento medido cm	Contenido de aire %	Peso de la unidad de volumen Kg/dm ³
	Agua dm ³	Cemento Kg.	Arido fino, Kg.	Arido grueso, Kg.			
AE-200 a	202	300	870	490	6,0	3,5	1,84
AE-200 b	204	300	830	470	7,5	4,0	1,79
CR-200	166	270	835	1070	6,0	2,0	2,34
PG-200	174	270	835	1083	6,0	1,8	2,58

NOTAS:

- 1.- Las cantidades de áridos pétreos están dadas para la condición de saturados y con la superficie seca.
- 2.- Las cantidades de arcillas expandidas se refieren a material húmedo, con los siguientes contenidos de humedad calculados con respecto al material seco a peso constante:
 Arcilla expandida "a" = 17,0 %
 Arcilla expandida "b" = 9,7 %

TABLA III

Resistencias a compresión, tracción, flexión y de adherencia al acero a la edad de 28 días

Mezcla	Curado % HR	Compresión Kg/cm ²	Tracción Kg/cm ²	Flexión Kg/cm ²	Adherencia Kg/cm ²	Peso de la unidad de volumen Kg/dm ³
AE-200 a	50	N = 8 Δ = 9 224	N = 8 Δ = 1,9 19,0	-----	-----	1,79
	95	N = 8 Δ = 17 230	N = 8 Δ = 3,4 18,5	N = 6 Δ = 1,5 29,8	N = 5 Δ = 13 60	1,83
AE-200 b	50	N = 8 Δ = 22 206	N = 8 Δ = 2,6 16,6	-----	-----	1,72
	95	N = 8 Δ = 17 215	N = 8 Δ = 3,3 19,1	N = 6 Δ = 2,0 29,5	N = 5 Δ = 15 59	1,77
CR-200	50	N = 8 Δ = 11 209	N = 8 Δ = 4,0 22,5	-----	-----	2,31
	95	N = 8 Δ = 19 220	N = 8 Δ = 3,2 21,8	N = 9 Δ = 3,3 29,0	N = 6 Δ = 10 70	2,31
PG-200	50	N = 7 Δ = 10 210	N = 7 Δ = 1,7 25,8	-----	-----	2,33
	95	N = 7 Δ = 10 217	N = 7 Δ = 2,4 24,8	N = 8 Δ = 2,4 32,6	N = 4 Δ = 9 66	2,34

TABLA IV
Módulos de elasticidad y contracción por secado

Mezcla	Módulo de elasticidad a la edad de 28 días - Kg/cm ²		Contracción por secado, micrones/metro (1)
	Curado : 95 % HR	Curado : 50 % HR	
AE-200 a	185.000	188.000	460
AE-200 b	167.000	166.000	525
CR-200	357.000	318.000	300
PG-200	310.000	282.000	330

(1) Las probetas fueron sumergidas en agua a 23°C hasta la edad de 7 días y luego mantenidas en aire a 23°C y 50 % HR hasta la edad de 84 días.-

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Colina J. F. y Giovambattista A. - Algunas experiencias realizadas en el LEMIT con áridos livianos producidos en el país.
LEMIT, Serie II n° 105, La Plata, 1966.
- 2.- Fava A. S. C. - Some facts related to the durability of lightweight concrete structures. Proceedings of the RILEM; International Symposium on Lightweight Aggregates Concrete; Tomo II, Budapest, 1967.

THE INFLUENCE OF THE RESIN/CASEIN RATIO ON THE FINISH PERFORMANCE

LEMIT, 1-1969, 1/11 (Serie II, n° 119). A. W. Landmann and A. Sofia

The resin emulsion types have been examined with a resin/casein ratio from 11,8:1 to 1,8:1 and applied by pad and spray or airless spray. Increased casein content improves water vapour permeability and decreases the % set but other changes in water vapour permeability are not related to shape retention after preforming.

Impregnation with an acrylate resin has been found to improved break, which has been retained after preforming, whereas inimpregnated leathers became more pipey.

Other properties examined include cover, wet dry rub fastness, wet adhesion, flex resistance, etc.

RECEPTION OF BALLASTS FOR MERCURY GAS-DISCHARGE LAMPS

LEMIT, 1-1969, 15/25 (Serie II, n° 120). M. E. Rosato

This paper details some of the most important testing procedures in ballast for mercury gas-discharge lamps. The more important conditions affecting lamps and ballast testing are described. This procedure was selected for his celerity and for his representativity for the reception and control of the lamps ballasts. Comparative values can be obtained using a reference lamp, and for uniform and reproducible values the use of a reference ballast in necessary.

LA INFLUENCIA DE LA RELACION CASEINA/RESINA SOBRE LA PERFORMANCE DEL ACABADO

LEMIT, 1/1969, 1/11 (Serie II, n° 119). A. W. Landmann y A. Sofía

Se estudiaron dos emulsiones de resina, conjuntamente con una variación de la relación resina/caseína de 11,8:1 a 1,8:1, y su aplicación mediante felpa y soplete con aire comprimido o por el sistema airless spray (sin aire comprimido).

Los cueros terminados con acabados que contienen mayor proporción de caseína exhibieron mayor permeabilidad al vapor de agua, pero menor porcentaje de deformación permanente. Otros cambios en la permeabilidad al vapor de agua, no están relacionados con la conservación de la forma conferida al cuero en la operación de premoldeado.

La impregnación con una resina acrílica mejora la firmeza de la flor del cuero, y este beneficio aún se manifiesta luego del premoldeado. Los cueros no impregnados exhiben luego de dicha operación un pronunciado deterioro.

RECEPCION DE BALASTOS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

LEMIT, 1-1969, 15/25 (Serie II, n° 120). M. E. Rosato

La gran utilización de artefactos y equipos con lámparas de vapor de mercurio, destinados a la iluminación pública, originó la necesidad de evaluar las características del balasto, accesorio fundamental de este tipo de fuentes de luz.

Los ensayos que señala el autor de este trabajo son aptos, por la rapidez de ejecución y representatividad, para facilitar las tareas de recepción y control. A través de los mismos se pueden obtener valores comparativos, cuando se utiliza una lámpara de referencia, y valores uniformes y reproducibles en el caso de utilizar, además, el balasto patrón correspondiente.

RESEARCH STUDIES PERFORMED AT LEMIT ON WATER-REPELLING ADMIXTURES
MADE IN ARGENTINA AND CURRENTLY USED IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

LEMIT, 1-1969, 29/45 (Serie II, n° 121). J. F. Colina, M. Wainsztein and H. J. Grandal.

Results obtained in tests performed on samples of different proprietary water repelling admixtures are analyzed. Samples were obtained from different shipments of the same brand.

Tests were performed in order to study the variation of characteristics of each brand through the industrial production.

Groups of specimens containing the same brand of admixture were submitted to different exposure conditions in order to evaluate the performance in service.

The results obtained were correlated with the fatty acids content of each product.

Some remarks are made to the present IRAM specification having in mind a future revision of it.

DEPTH OF FISSURE AND THICKNESS OF THIN METALLIC SHEET, BY THE
DIRECT CURRENT METHOD

LEMIT, 1-1969, 49/65 (Serie II, n° 122). A. I. Galarreta

This paper refers to the calculations and drawing of a family of curves used to determine the depth of fissures in materials of similar resistivity.

Moreover, a curve is determined for thickness measurements of thin sheets (0,54 to 1,54 mm thick).

Some remarks and limitations of the practical use of the method are exposed.

EXPERIENCIAS REALIZADAS EN EL LEMIT SOBRE HIDROFUGOS NACIONALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS. COMPORTAMIENTO EN SERVICIO MEDIANTE EN - SAYOS DE LARGA DURACION.

LEMIT, 1-1969, 29/45 (Serie II, n° 121). J. F. Colina, M. Wainsztein y H. J. Grandal

Se analizan los resultados obtenidos en los ensayos realizados sobre muestras de hidrófugos para construcción de edificios de marcas comerciales de uso corriente en plaza. Los mismos fueron efectuados sobre muestras de distintas partidas con el fin de estudiar la regularidad de la producción y el mantenimiento de las propiedades impermeabilizantes.

Además se confeccionaron probetas para observar su comportamiento en servicio bajo distintas condiciones de exposición.

Se trató de correlacionar los resultados obtenidos con el contenido de ácidos grasos.

También se utilizan algunas observaciones a la norma IRAM vigente, con vistas a una futura revisión de la misma.

PROFUNDIDAD DE FISURAS Y MEDICION DE ESPESORES EN CHAPAS FINAS POR EL METODO DE CORRIENTE CONTINUA

LEMIT, 1-1969, 49/65 (Serie II, n° 122). A. I. Galarreta

El trabajo realizado se refiere al cálculo y trazado de familias de curvas para la determinación de la profundidad de fisuras en materiales de resistividad semejante.

Asimismo se determina la curva para medir los espesores de chapas finas (entre 0,54 y 1,54 mm) y se exponen las observaciones y limitaciones en la aplicación del método que surgen de los ensayos realizados.

LIGHTWEIGHT CONCRETE FOR STRUCTURAL USE. STUDIES PERFORMED ON CONCRETE
CONTAINING EXPANDED CLAY AGGREGATES PRODUCED IN ARGENTINA

LEMIT, 1-1969, 67/85, (Serie II, n° 123). J. F. Colina, A. Giovambattista,
y M. E. Klaric

The construction of structures with lightweight concrete requires the knowledge of their physical-chemical properties needed for an adequate use.

It was considered of interest to make a series of comparative tests among concretes made with expanded clay and other lightweight aggregates, and also with normal weight aggregates of current use in Argentina.

Several characteristics of fresh mixes and the most important physical-chemical properties determined on hardened concrete are reported in this paper. It was considered that the information will be of interest to structural engineers.

HORMIGONES LIVIANOS PARA USO ESTRUCTURAL. EXPERIENCIAS REALIZADAS
CON ARCILLAS EXPANDIDAS DE PRODUCCION NACIONAL

LEMIT, 1-1969, 67/85, (Serie II, nº 123). J. F. Colina, A. Giovambattista
y M. E. Klaric

La construcción de estructuras en hormigones livianos requiere el conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de los mismos, necesarias para un uso adecuado.

Se ha considerado interesante realizar una serie de experiencias comparativas entre hormigones alivianados por el empleo, como árido grueso, de arcillas expandidas por cocción, y otros de peso normal preparados con materiales de empleo corriente en nuestro país.

En este trabajo se informa un conjunto de características de las mezclas frescas y las principales propiedades físico-mecánicas del hormigón endurecido, que podrán ser útiles a proyectistas de estructuras de hormigón.

Este número se terminó de imprimir en la Sección Publicaciones del LEMIT, calle 52 entre 121 y 122, La Plata, el día 9 de mayo de 1969

Se permite la publicación parcial o total de estos trabajos siempre que se deje constancia de la fuente de origen