

mano. El suelocemento es adecuado si el agua aflora a la superficie, con aproximadamente 20 a 30 golpes y, enseguida, haciéndose presión con los dedos, el agua desaparece. Cuando el suelo es inadecuado, el agua no aflora aún con gran número de golpes.

b) Hacer dos o tres pastillas de tierra bien húmeda (cerca de 1 cm de espesor y 2 a 3 cm de diámetro) y dejar secar por dos o más días. Después, intentar triturar entre los dedos índice y pulgar. Los suelos adecuados son reducidos a polvo. Son suelos inadecuados los que no se parten o se parten sin mucho esfuerzo.

c) Humedecer el suelo hasta que cordones enrollados con 3 cm de espesura empiezen a romper. Con ésta humedad, formar una pelota y verificar la fuerza necesaria para aplastarla entre los dedos índice y pulgar. No son suelos adecuados aquéllos que no permiten formar la pelota o que la pelota fisura con pequeños o muy grandes esfuerzos.

d) Tomar una porción del suelo y hacer un cordón del tamaño aproximado de un cigarrillo, amasando de manera que se obtenga una cinta de 3 a 6 mm de espesor y la mayor largura posible. Si la cinta ultrapasa 5 a 10 cm, el suelo es inadecuado.

La preparación del suelocemento deberá ser hecha adicionando agua poco a poco, hasta obtener la humedad adecuada, la cual puede verificarse por un método bastante simple: tomar un puñado de la mezcla y apretar en la mano. Al abrir, la masa deberá tener su forma. Si esto no ocurre, es porque la humedad debe ser aumentada. Dejando la pelota caer de una altura aproximada de un metro, ella deberá despedazarse; si ocurre lo contrario, la humedad es excesiva.

Los equipos necesarios para la construcción de paredes monolíticas son los siguientes: martillo, escala métrica, cuchara de albañil, taladro, baliza, hilo de albañil, serrucho, hilo de plomada, manguera de nivel, pala, pico, recipiente, nivel, escuadro, dos tacos (uno para fundación y otro para paredes), hormas de madera.

La ejecución de las hormas es el punto más difícil de la construcción de las paredes monolíticas, una vez que ellas deben ser suficientemente rígidas para que no ensanchen las dimensiones o se rompan.

Las paredes son ejecutadas verticalmente, pudiendo soportar las capas posteriores después de la ejecución de la capa inferior.

Los espacios para las escuadrillas son dejados utilizándose un cajón (que puede o no ser retirado después), colocado a medida que se desarrolla la construcción de la pared. Las vigas sobre las escuadrillas son armadas con alambre de espino.

Las instalaciones eléctricas e hidráulicas pueden o no ser embutidas, debiéndose, en este caso, abrir los incrustados lo máximo de 10 días después de la construcción de la pared o inmediatamente después de la construcción cuando la resistencia del material no es muy elevada.

Los pisos pueden también ser ejecutados en suelocemento compactado (cribado, para mayor uniformidad), o hacer una sub-base en suelocemento y enseguida aplicar una argamasa de proporción 1:6, de arena gruesa.

Cualquier tipo de pintura puede ser aplicada sobre la superficie, pero la que ha producido mayor impermeabilidad y mejor adherencia fué el "conservado P", siendo recomendado para exteriores. Las paredes deben ser humedecidas antes de la aplicación de la pintura.

En 1978, el CEPED publicó los datos de las pesquisas realizadas a través del convenio con el Banco Nacional de Habitación y el gobierno del estado de la Bahía (Brasil).

En estos estudios se volvieron a ver los sistemas de formas hasta entonces usados, con la finalidad de facilitar su utilización.

Fueron, entonces, hechos estudios de diversos sistemas de formas metálicas y de madera, las cuales fueron confrontadas, llevándose en cuenta el tiempo y la faci-

lidad de construcción, relegando el aspecto externo a segundo plano, obteniéndose mejores resultados para los sistemas denominados  $G_1$  y  $G_2$ . El primero consiste en construir paneles de 3,2 m de comprimento fijados con ganchos metálicos de 1/4" y el segundo con las larguras de 2,18 m o 2,08 m siendo fijados con tornillos. En uno y otro métodos, son empleadas guías para alineamiento y plomada.

En el sistema  $G_2$ , las guías son incorporadas a las paredes; ya en el sistema  $G_1$ , ellas son recuperables, lo que exige reinstalaciones sucesivas. En este último tipo, no fueron ensayados cantos y encuentros de paredes, lo que aumentaría el tiempo de servicio necesario, tornando el sistema  $G_2$  más viable.

Los prototipos ejecutados por el CEPED tuvieron las siguientes características:

- Fundación corrida de suelocemento compacto.
- Espesor de las paredes: 12 cm (10% de cemento en volumen).
- Formas de madera compensada.
- Guías de tubos de cemento amianto llenas de hormigón.
- Contrapiso en suelocemento compacto con 5 cm de espesura.
- Piso en argamasa (1,5 cm de altura), con proporciones 1:7.
- Escuadrillas en madera.
- Cobertura con tejas cerámicas.
- Pintura con arena fina y cemento blanco (proporción 1:1).

#### LADRILLOS DE SUELOCEMENTO

Para la fabricación de los ladrillos de suelocemento es necesario equipo especial, variando el tipo desde el más simple, constituido de pequeñas cajas de madera

(fig. 1) para moldeo manual, hasta diversos tipos de prensas para moldeo manual o mecánico (fig. 2), cuyos precios varían bastante.

En el primer tipo los moldes deben poseer bisagras para facilitar el demoldeamiento, después del socamiento.

Las primeras prensas mecánicas han surgido en Africa del Sur.

Un tipo bastante simple y fácil de ser utilizado es el idealizado por el ingeniero Raúl Ramírez, en el Centro Interamericano de Viviendas en Bogotá (CINVA RAM). Puede ser operada por dos hombres y la producción puede llegar a 300 ladrillos por día, en condiciones normales de trabajo.

Semejante a ésta, pero más simple es la utilizada en el laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad de Brasilia, marca TECMOR, manual.

El propio fabricante indica el modo de operar: humedecer inicialmente el interior de la caja matriz, colocándose, enseguida, la mezcla.

Cerrar la caja, eliminándose el exceso de material y llevar la palanca a la posición vertical liberando entonces el cerrojo. Empujar la palanca hasta la posición horizontal, lo que requiere una fuerte presión. Cuando no es posible esta operación, esto significa que el volumen de material es mayor de lo necesario o que la humedad no es suficiente.

En este caso, puede ser destruído el ladrillo, colocándolo nuevamente en el resto de la mezcla. Puede suceder lo contrario, esto es, la cantidad de suelocemento es insuficiente, lo que es verificado por la facilidad en bajar la palanca. Se procede del mismo modo. A la continuidad de la operación, se coloca la palanca en la posición de descanso, se empuja la tapadera y se abre la caja matriz, bajando nuevamente la palanca hasta la posición horizontal, cuando los ladrillos se quedarán fuera de la caja.

Para remover las piezas, colocar las manos firmes en los lados de los ladrillos, elevándose cuidadosamente, colocándolos en el local de curado del suelocemento.

El curado debe ser realizado con las piezas separadas, sobre una superficie horizontal, al abrigo del sol y de la lluvia. Periódicamente debe ser ejecutada mojadura de los ladrillos, variando de acuerdo con la humedad ambiente.

Después de cerca de 8 días, los ladrillos pueden ser utilizados. El período de curado debe ser mayor cuando se usa cal.

El proceso de asentamiento de los ladrillos de suelocemento es igual al tradicional, pudiendo utilizar una mezcla plástica de suelocemento como argamasa.

Los fabricantes de la prensa indican las proporciones 1:2:9 de cemento, cal y suelo.

#### EXPERIENCIAS PRACTICAS REALIZADAS EN GOIAS

Los ingenieros Alfredo Faber y José Wilson Gomez han publicado los datos referentes a aplicación de ladrillos y bloques de suelocemento en la construcción de la "Cidade Occidental", municipio de Luiziania, estado de Goiás, a 40 Km de Brasilia.

Es un proyecto bastante grande, contando de 14,000 casas (de uno y dos pavimentos), obras de infraestructura y obras comunitarias de la ciudad, tales como: escuelas, hospital, iglesia, puesto de policía, administración, correo y telégrafo, puesto telefónico, comercio, club deportivo, saneamiento básico, pavimentación, etc.

El terraplenaje del área forneció el suelo necesario para los ladrillos y bloques, fabricados en prensa hidráulica.

El suelo utilizado en esta obra fué del tipo "silte argiloso", con índices de Atterberg LL=43,

LP=16 y IP=17, con 3% de material retenido en el cedazo número 200. Siendo un suelo muy fino, fué corregido con la adición de arena. El cemento usado fué CP-320 y las dimensiones de los ladrillos fueron 21 x 10 x 5 cm.

Después de la fabricación, durante los cuatro primeros días, fueron ejecutadas tres irrigaciones diarias, para enseguida ser secados al aire y ensayados con 15 y 30 días.

Fué adoptada una proporción de 6% de cemento y una humedad de 16%, con esfuerzo de prensadura de 1,8 MPa.

La cantidad ideal de cemento encontrada fué 8% y las de suelo y arena variaron bastante.

Con la finalidad de mejorar la estabilidad de la mezcla, fué acrecentado 1% del peso de cemento de silicato de sodio.

De los trabajos realizados fueron sacadas las siguientes conclusiones:

-Pasados 30 días de la moldaje, todos los ladrillos ensayados fueron encuadrados como siendo de primera calidad, de acuerdo con la especificación número 19 de la "Asociación Brasileira de Normas Técnicas" (ABNT), específica para ladrillos de cerámica.

-La humedad y la tensión usada en la compresión de los ladrillos son variables importantes en el proceso de fabricación.

-Para el tipo de suelo utilizado, es recomendado un tenor de agua mayor que el determinado por la mayor densidad, para facilitar la reacción de hidratación del cemento.

-El empleo de aditivos (sales de metales alcalinos y alcalinos terrosos) es benéfico, aumentando la calidad del producto.

Fueron hechos estudios comparativos de los costos de ladrillos de suelocemento con bloques de hormigón verificándose que el costo total de la albañilería de

bloques de hormigón (con revoque por un lado) fué 32,28% mayor que la de ladrillos de suelocemento y con revoque por dos lados 85,24% mayor que la de ladrillos de suelocemento.

Recientemente, en una inspección al local fué constatado que las construcciones (actualmente con 6 a 7 años de construídas) conservan las características iniciales, no habiendo sido verificados defectos en función del material utilizado.

Las viviendas son bien construídas, algunas ya reformadas, aumentando el área construída, normalmente revestidas con argamasa, después de la reforma.

Las construcciones originales son protegidas apenas con una pintura de tinta plástica.

El proceso de construcción fué abandonado porque la producción de ladrillos no acompañaba a la demanda, una vez que el ritmo de la construcción era industrial.

#### PESQUISA REALIZADA EN LA UNIVERSIDAD DE BRASILIA

El laboratorio de ensayos de materiales del Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília realiza, desde algún tiempo, estudios relativos a la utilización del suelocemento en construcciones.

Las primeras pesquisas no dieron buenos resultados por causa de la calidad del suelo utilizado, principalmente por estar comparando los resultados con el criterio de la ABCP, para pavimentación.

Posteriormente, en 1981, se estudió el suelo del Lago Norte que, caracterizado a través de ensayos fué clasificado como tipo A-4 de la tabla de la AASHO.

De acuerdo con valores fijados, fué indicado, para este tipo de suelo, un valor aproximado de 14% de cemento (fué adoptado 15%). La humedad óptima determinada fué 26,5% para el suelo y 25% para la mezcla, pero la mayor resistencia obtenida fué para 27% de humedad.

Los ensayos de resistencia a la compresión fueron ejecutados con cuerpos de prueba cilíndricos de 5 x 10 cm, compactados en capas, por la caída de un peso de 3950 g, de una altura aproximada de 50 cm.

El secamiento fué ejecutado en cámara húmeda, por siete días. Fué ensayado también el cemento de alta resistencia inicial. En el momento del ensayo, los cuerpos de prueba estaban saturados, con superficie seca.

El suelo utilizado era arcilloso y las resistencias obtenidas a los siete días variaban de 1,23 a 2,74 MPa, siendo la media para el cemento común 1,5 MPa y para el cemento de alta resistencia inicial 2,3 MPa.

En los estudios actualmente desarrollados por el laboratorio, está siendo verificada la posibilidad de fabricar ladrillos de suelocemento, preferencialmente sin corrección del suelo (adición de arena), comparando los costos y las propiedades con aquellos de los ladrillos de cerámica.

El primer suelo utilizado es bastante arenoso, no habiendo posibilidad de determinarse los índices de Atterberg. El porcentaje de arcilla más "silte" es 22,5%.

Las humedades óptimas de la mezcla y las respectivas cantidades de cemento son:

% de cemento	0%	6%	8%	20%	12%
humedad óptima	13,3%	13,4%	12,4%	12,7%	13,0%

Inicialmente fueron fabricados ladrillos con una humedad abajo de la humedad óptima (punto más desfavorable).

Las piezas fueron prensadas por una máquina TECMOR, manual, de pequeño porte y extremadamente fácil de operar. Después fueron llevadas a una cámara húmeda, hasta el día del ensayo, el cual consiste en aplicar el esfuerzo normalmente al comprimento de la pieza, obteniéndose de esta manera la carga de ruptura.