

el bujeo arcillas expansivas

VICTOR ESCRIBANO
Arquitecto.

I

ARCILLAS

- 1** GENESIS (en mayor parte).—Su principio es discutido; sedimentario. De minerales pertenecientes a la familia de los silicatos.

La recientísima publicación de Maillot, sin traducción castellana, admite, como origen, tres procesos:

- 1.º La *herencia mecánica* de la sustancia misma de las rocas, de sus productos de alteración o de las "filitas neoformadas" en los suelos.
- 2.º La *transformación eventual* de los minerales arcillosos en ciertos estuarios.
- 3.º Y también como génesis, las *neoformaciones sedimentarias* en las extensiones de aguas de "quimismo imperioso".

- 2** ESTADO FISICO.—Como fracción "coloide" mineral del suelo.

- 3** FIGURA DE LA MASA.—Amorfa o en microscópicas láminas micáceas. Puede definirse como el esquema establecido por la ordenación y relaciones métricas entre las partículas constituyentes, masas amorfas y discontinuidades.

La microestructura se caracteriza por otro esquema monótono y uniforme, de partículas muy pequeñas unidas por fuerzas de atracción, probablemente de naturaleza "electrostática" (1) que en química se llaman "fuerzas de Van der Waals".

(1) Electrostática: parte de la física que estudia las leyes a que obedece y los fenómenos que produce la electricidad en reposo.

- 4** COMPOSICION QUIMICA.—Sílice más alúmina, creándose, además, un fenómeno TERMO-OSMOTICO.

- 5** EN FORMA.—Como silicato aluminico hidratado. Arcillas plásticas que (concretamente dentro del Valle del Guadalquivir) aparecen blancas, por derivación de *pizarras silúricas*.

- 6** ACTIVIDAD COLOIDE.—El signo diferenciador es superior a otras fracciones. El ácido silícico con la alúmina y otros componentes *no cristalizan*. En disolución se difunden con lentitud, no pasan (como vehículos), no atraviesan una lámina porosa, y al no ser verdaderas disoluciones, son *coloides* o dispersiones al estado molecular (líquidos que tienen en suspensión, sólidos, en estado de finísima división).

- 7** TAMAÑO O FRACCION.—Su límite superior es 2 μ (definición convencional de la arcilla). A este tamaño de la fracción se llega por un proceso de "erosión química".

- 8** MOVIMIENTOS.—Por las características reseñadas, dentro de la escala de valores, por su avidez hacia el agua y asumir condiciones más o menos "gelatinosas", los daños proceden al secarse y al contrario; deformaciones elásticas, compresividad y pasticidad que se traducen en la posibilidad de sufrirlas permanentes, pade-

ciendo después de la desecación cierta cohesión, apareciendo grietas de sol.

Esto ocurre sólo en los países de fuerte insolación, partículas formadas por una pila de macromoléculas laminares. El agua penetra entre ellas y la pila expande, se hincha, de donde toma el nombre de suelos expansivos.

Adquieren olor a tierra mojada al humedecerlas, reblandeciéndose, dentro de la gama de colores entre verde, azul, gris, amarillo, etc.

9 ESCALA DE VALORES.—Según la "retención de agua" quedan en forma "gelatinosa".

Las arenas del suelo ejercen fundamental y poderosa trabazón entre sus partículas. Por todo ello, el "bujeo" atenuado se debe, en parte, a arenas mezcladas con la arcilla, en algún estrato, y de ahí viene su más o menos "atenuación".

10 IMPUREZAS.—Existen, aunque no las comentamos, despreciando estos distintos elementos al no tener actividad sobre las condiciones mecánicas del suelo.

11 GRUPOS.—Son varios y uno corresponde a las arcillas expansivas que llamamos "bujeos".

12 CANTIDAD.—Abundantes, sobre todo en la campiña andaluza, pero no exclusivas allí.

II CARACTERISTICAS DE LOS BUJEOS

Concretaremos ahora, y en este segundo punto, las genialidades principales de las ARCILLAS EXPANSIVAS para esta concreta modalidad:

13 DESCRIPCION VULGAR.—El pueblo llama "terrenos de bujeo" a los fangosos, cieno, barro pegajoso, que en época de lluvia crean grandes dificultades de paso por patinaje.

14 ETIMOLOGIA.—El extraño nombre quizá se derive por corrupción de BUHEDO, que figura en el *Diccionario de la Lengua Española*, en la acepción de "tierra gredosa".

15 CLIMA.—En términos generales, las lesiones lógicamente se producen en climas áridos. Para el caso de una continua humedad, al no cambiar el medio ambiente, este suelo estará inmovilizado, estabilizado, no resultando casi peligroso. La exposición aumenta cuando más va-

rían dentro de un año temperaturas e intensidades de lluvia, clima duro, sol y agua.

En los largos meses de calor, sobre todo en Andalucía, y por efecto de las evaporaciones supersensibles, se producen por contracción exageradas reducciones de masas, naciendo dentro de ellas volúmenes de aire, grietas.

Dijimos de estos suelos que una de sus marcadas características es la de su avidez hacia el agua; la absorbe y retiene, y cuanto más la recibe, mayor facilidad presenta, al "modelarla", a deformarse plásticamente sin grietas, pero llegando, por exceso de ella, a hacerse pastosa.

Ante una persistente recepción, se comportan como verdaderos flúidos y su movimiento se debe a su mayor o menor proporción. Al tener sus partículas coherencia relativa, tienden al deslizamiento, favorecido a veces y por la "ley natural", cuando su capa o estrato es inclinado.

Los límites extremos de estas contracciones y esponjatos quedan marcados al comenzar las primeras lluvias, fecha en que estas arcillas están contraídas, y al terminar, días en que se encuentran saturadas, largo período aproximado de unos cinco meses en la mitad Sur de España. El verdadero problema, el defecto material, radica en España, en la rotura de formaciones eruptivas y sedimentarias originada por agentes geodinámicos o "falla del Guadalquivir".

NOTA.—Con relación a la permeabilidad de los suelos, DARCY establece una relación por su Ley, entre el "caudal" (en centímetros cúbicos) que atraviesa una muestra en un "tiempo" (segundos), y según un cuadro en el que figuran siguiendo el orden: grava, arena, arena limosa, limo y arcilla, entrando dentro de dicha fórmula el "área de la sección transversal" en centímetros cuadrados que pasó. Las arcillas propiamente dichas son prácticamente impermeables.

16 ESPONJAMIENTOS Y CONTRACCIONES. GRIETAS.

Verano.—Estos suelos, durante el verano, tienen color claro pizarroso, actuando esa estación sobre ellos, mudando radicalmente sus cualidades.

El calor produce una evaporación espantosa, casi absoluta en su superficie. Después penetra, profundiza y reseca el interior. Como consecuencia de la pérdida de agua en esta fase seca y estructuras inestables, se contraen, experimentan compresiones y, por consecuencia, disminuyen de volumen, aumentando las fuerzas de "Van der Waals". Aparecen por derivación a partir de la zona exterior o vista, o cota más menos cero, grietas verticales a modo de "panales" que llegan a tres y más metros de profundidad. Se forman columnitas de planta poligonal o cuarteamientos, así como retracciones también en sentido horizontal, uniéndose como el "entramado de una parra", pudiendo introducirse por descenso hasta un bastón y, ni que decir tiene, la mano, esquivando, por esa razón, pasar los pastores con sus rebaños, ante el temor de que se fracturen patas.

Este estado de merma de volumen se traduce en pérdida de resistencia, más acusada en otoño, días antes de las lluvias, para en la siguiente estación, en caso de aguaceros, ir adquiriendo su primera fuerza, pero después de haber ya causado el daño consiguiente, produciendo consecuentemente rompimientos de fábrica con fracturaciones generales por descenso de cimientos, debidas a desigualdades de resistencia en diversos puntos de la superficie de asiento en lo que pudimos considerar como aptas tierras firmes antes de la evasión de agua.

Invierno.—Los terrenos de "bujeo", durante el invierno normal, carecen de grietas superficiales y tornan su color en oscuro, comprobándose al excavar pozos que no existen fisuras en sus fondos y paredes.

Si la superficie arcillosa se inunda durante períodos cortos y distanciados en tiempo, se forma en superficie una costra de 0,30 m. a 1,50 m. de espesor, que entonces, y en esa fase, puede soportar con toda garantía edificios de una o dos plantas de tipo rural, aunque en profundidad la arcilla esté blanda; resistencia aproximada para acoger, recibir los 0,6 kilogramos sobre centímetros cuadrados de una de esas viviendas, contando con anchuras normales de cimientos, pero bien claro, para ese único período.

La toma de agua determina considerables aumentos de volumen en estas masas; se deforman alterando rasantes y perfiles; se "hinchán", como si de una inflamación interior se tratara; hay rebote elástico cuando deja de actuar la fuerza de compresión. La capacidad de expansión de la arcilla depende de su contenido en "montmorillonita" y de algunos tipos de "ilita"; la causa es la imbibición osmótica de las redes cristalinas.

17 *LIQUIDO VISCOSO Y PROPIEDADES MECANICAS.*—En los casos de masas confinadas, cercadas por muros o cimientos de zanja corrida más o menos profundos, o por obstáculos naturales que impiden expansiones uniformes, al tomar agua transmiten presiones en todos sentidos, como si se tratara de un verdadero "líquido viscoso" o de "masa pastosa".

Por ser de aplicación a estos suelos, es interesante recordar las características básicas de todo líquido:

- a) *Cualquier presión sobre ellos, íntegramente se transmite en todos los sentidos.*
- b) *Ese comportamiento es vertical a sus paredes, las cuales equilibran neutralizando empujes.*
- c) *Las moléculas de un mismo plano horizontal reciben igual presión, proporcional a su profundidad.*
- d) *A igual profundidad, las presiones son proporcionales a su densidad.*

Sus propiedades mecánicas cambian bajo los efectos de fuerzas exteriores.

Un terreno libre y pleno de humedad obedece siguiendo las normas establecidas en física. Un cimiento de zanja corrida o muro, asentado sobre esa calidad de tierras y en esas condiciones, siempre estará en equilibrio cuando su peso y carga se encuentren contrarrestados por un empuje vertical en sentido opuesto o ascensional, pero esto resulta ser de carácter general para todos los casos. Más exactamente, como cuestión extrema en "bujeos muy fuertes", plenos de agua, existirá equilibrio cuando el peso continuo que sobre él descansa se contrarreste con el del correspondiente al volumen de tierras de la masa muy pastosa desalojada, incrementada por las fuerzas de rozamiento; pero bien claro que nada de ello existirá durante los meses de verano.

En cimentaciones por zanja corrida de resistencia grande y en fase seca, el volumen interior de tierras se encuentra lógicamente aprisionado; si se produjera el fenómeno de casi saturación de humedad, tenderán esas "arcillas expansivas", "confinadas", "contenidas", a evadirse, moviéndose de varios modos (antes de llegar a la saturación), por donde menos oposición o más facilidad encontrara ese hinchamiento o entumecimiento.

- a) Por la zona superior, con "abombamiento", "abultamiento", "bollos" de solerías.
- b) Por la inferior, por bajo de la superficie de cota negativa mayor, o cara inferior de ellos.
- c) O, claro está, de ambas maneras, más fuerzas de empuje lateral.

18 *ESTALLAMIENTO.*—Si la excavación es (la menos recomendable) de zanja corrida y además se hace durante el verano (fase seca), el volumen interior confinado por el cimiento aumenta de masa al llegar el invierno, así como también el exterior libre, con mayor intensidad.

El equilibrio entre ambos empujes laterales es de desear, manifestándose corrientemente desequilibrio parcial, por fuerzas más intensas exteriores nacidas de la toma de agua. Empuje lateral que cambia en verano, trasladándose a la zona interior, por conservar ésta una mayor humedad, estando, en cambio, soleada la de fuera. "Las deformaciones en sentido horizontal en cimientos por zanja corrida se producen únicamente en este tipo de arcillas."

Cuando uno de esos dos empujes descritos anteriormente es de consideración y no se contrarresta con la fuerza resultante del contrario más la carga vertical, puede producirse un "estallamiento". La no existencia en cimentaciones de zanja corrida, de fáciles salidas al "hinchamiento", es el motivo de este peligroso riesgo, más atenuado, lógicamente, en las por pozos y arcos.

Por las anteriores razones, el primer tipo de cimientos no recomendable (pero el único que la ignorancia emplea), además de su particular función

transmisora de cargas verticales, debe ser estudiado como *muro de contención*. Para ello debería darse mayor anchura que la necesaria al cimiento, con lo que se refuerza la carga vertical, idea motriz en los muros de contención de tierras, haciendo pasar la resultante por el tercio central de la planta o base, consiguiendo anular así el "estallamiento".

Como ejemplo, los empujes producidos por "estallamiento" y para tierras del pueblo de La Rambla los considero máximos de 2,5 kgs. s/cm² para las cribadas en tamiz de 1,19 mm. de malla, con una absorción hasta casi saturarse de agua del 50 por 100 de su volumen y algo más del 10 por 100 de esponjamiento.

19 DESLIZAMIENTO DE ARCILLAS.—En ocasiones se presentan masas grandes más o menos compactas, pero no de "bujes", naciendo, por patinaje, lesiones. Planos inclinados, en los que una pequeña lámina de arcilla más descompuesta, humedecida al contacto con una corriente de agua, hace efecto, comparativamente hablando, de una verdadera "capa grasa".

20 GRADO DE DESECACION DE UN SUELO.—El "límite plástico" se encuentra muy cerca del "punto de ruptura capilar". Por bajo de ambos, el agua se transporta con gran lentitud, al no existir evaporaciones ni condensaciones.

"Grado de desecación de un suelo" no es más que cociente entre su *humedad* y ese *límite*.

En la ruda práctica, para conocer la desecación de estas tierras, durante el verano (antes de las lluvias), del fondo de una zanja tomaremos una porción entre las palmas de las manos: moviendo una contra otra formaremos cilindros. Si los obtuviéramos con el diámetro inferior a tres milímetros, contienen esas tierras una relativa humedad, existiendo problemática garantía de no alterar la estabilidad de una construcción sobre ese plano o fondo. Se debe, como precaución, descender algo más por buscar otra capa más protegida.

Si, por el contrario, se obtuvieran cilindros con diámetro superior a 3 mm., las tierras no tienen el grado de humedad necesario y entonces no hay más que profundizar.

21 RELATIVOS LEVANTAMIENTOS INTERIORES.—

En toda construcción por debajo de las solerías de planta inferior o baja la zona central interior se encuentra más clausurada, sin posible evaporación; por ello, sin pérdida de volumen; sector más frío, en el cual, por condensación (de forma relativa), se crea a modo de una nube, la que empuja hacia arriba en forma de cúpula, fuerza que a veces supera las rigideces de dichos pavimentos. Por ello pueden acusarse "bo-

fados" que nunca afectan a la estructura resistente de la finca, sino a rompimiento exclusivo de solerías y hasta quizá tabiques. Casos éstos poco corrientes, anulándose los daños con simples perforaciones en firmes y solerías en esas "posiciones clave", con diámetros inferiores al centímetro, rellenas después con arena de miga gruesa, que actúa como material inerte. Esto es su verdadera solución.

22 RECONOCIMIENTO.—Para los reconocimientos de "suelos de bujeo" primero se llevará a cabo sobre el terreno *in situ* la toma de muestras, que pasará al laboratorio del modo siguiente:

Se abrirá algún pozo, en número muy limitado, en puntos opuestos, repartidos, muy distanciados dentro del solar. Se observarán los estratos en su estado natural, espesores, características. Se extraerán "muestras inalterables directas", talladas en cubos en el fondo de dichos pozos, arrancándose después introducidas en una caja metálica inoxidable, una vez cortado el fondo con cuchillo, debiéndose a continuación rellenar con parafina el volumen interior perimetral, para que "no baile" durante el transporte. La masa en ese estado no perderá la forma física que siempre tuvo, cuestión fundamental para los análisis posteriores.

Una vez las muestras "inalterables directas" ante la mesa de análisis, se determinarán en ellas:

- a) Su composición química.
- b) La cohesión.
- c) Compresibilidad.
- d) Permeabilidad; y, por último,
- e) La expansión.

Viéndose en estas dos últimas, fundamentalmente, su comportamiento ante la presencia del agua.

La expansión, entumecimiento, hinchamiento, en estos terrenos, se acusa con muchísima más claridad que en otros.

Las diferencias de volumen entre "bujes saturados de agua" (*volumen de sedimentación*) y el que toman reduciéndose cuando están completamente "secos y pulverizados" es enorme y a esa diferencia entre ambos límites se llama "entumecimiento o hinchamiento libre".

Los reconocimientos basados en estudios "geológicos", los métodos "geofísicos", sísmicos o eléctricos propagando ondas sonoras o corrientes, o si no por sondeos y penetraciones, pertenecen, más que nada, a la rama de la Ingeniería.

23 EJEMPLOS.—A continuación citaremos unos forzados ejemplos de "bujes" vivos de impresión tremenda, muy claros y comprobables:

Túneles.—Desplazamientos de túneles se dieron en la comarca de Ubeda, durante las obras de fábrica

y movimientos de tierras del ferrocarril Baeza-Utiel y también en el de Marmolejo-Puertollano, entre los valles del Salado y Guadalquivir (2).

Cegamientos de ellos también allí se dieron por empujes del terreno, rompiendo bóvedas de hormigón, revestimientos, convirtiendo en sinuosos tramos de vías los primitivos rectos.

Carreteras.—Por descensos debidos a retracciones, por ascensos originados por hinchamiento, vemos patentes continuos daños en carreteras; concretamente sobre el arranque de la de Doña Mencía a Nueva Carteya, en saltos bajo el plano o sobre el plano del pavimento con cotas negativas o positivas en bastante más de medio metro, constituyendo peligrosos sensibles escalones; esto mismo ocurre en la general a Granada, a su salida hacia esa capital desde Baena.

Semi-ondas en conjunto colosales padece la longitud de calzada frontera al pueblo de Castro del Río. En dicho tramo existen siempre elevaciones o vientres y depresiones o nodos descomunales, llegando a ser tan pronunciadas que obstaculizan la visibilidad cuando se está sobre una de esas bajas zonas.

Invasiones monumentales periódicas por esponjamientos padecemos durante el comienzo del invierno a ambos lados de la célebre Cuesta del Espino, kilómetro 414 de la general Madrid-Cádiz, en el sector de cruce con la de Málaga.

Conocemos, según la clase de terrenos, los grados del ángulo de "talud natural", tierras comprendidas dentro de él que nunca deben resbalar por gravedad, pero para las arcillas expansivas, a pesar de dar ángulo mínimo de talud natural de 20°, se siguen deslizando (3). De los costados de esa misma pista, anualmente, se retiran miles de metros cúbicos de esas tierras, que hasta llegaron a pisar la mitad de la faja del firme especial de alquitrán. Las carreteras antes citadas se encuentran dentro de la provincia de Córdoba.

Superficies planas rotas.—Provocativas y claras grietas a la vista se observan sobre las superficies planas extensas al comienzo del verano, y a la derecha de la carretera a Torres Cabrera.

Cimientos dañados por entumecimientos.—"Hinchamiento o entumecimiento" de tipo ejemplar se produjo en una obra del sector sur de Córdoba, sobre "bujeo" de espesor irregular, entre 30 y 90 cm.

En el arranque de cimientos por pozos que habían rebasado la potencia del "bujeo", enlazados por ar-

cos, cuya profundidad en el intradós estaba en contacto con él, se vió aparecer en dicho coronamiento grietas de características verticales, las que se eclipsaban antes de llegar a la cara inferior. Deformación convexa sufrida en los arcos por empujes hacia arriba a la llegada del invierno, con sus consecuentes lluvias; fuerza por "hinchamiento o entumecimiento", esfumada por contrarresto, equilibrándose, anulándose el levantamiento por el peso del zócalo de la casa cuando se subió (siguiendo la buena marcha de la obra). El empuje ascensional fué inferior a 1,2 kilogramos/cm².

Pero en un pueblo sevillano se llegó a los 2 kilogramos/cm² de empuje ascensional que hubo que anularle, ya que la carga del edificio era de 1,5 kilogramos/cm², conseguido como más adelante os diré.

Afortunadamente estos esfuerzos no se manifestan a gran profundidad, al luchar contra ellos la protección como aislante atmosférico de la capa superior de tierras, pero deben calcularse siempre.

III

24 EXCAVACIONES.—Para cimientos de tipo tradicional, sobre todo en verano, las excavaciones de zanjas y pozos son muy peligrosas, por lo que siempre han de extremarse las precauciones e "inquietudes". Hay que llevar a cabo, como solución, "acodalamientos", pues si no, sin previo aviso, se derrumbarían los costados sin interrupción, en forma de hojas verticales, por lo que la colocación de testigos no tiene eficacia al agarrar mal.

Durante esa estación, el aspecto de los productos de extracciones es semejante al de la cal viva al producirse el apagado.

En grandes solares los vaciados para sótanos acreditan claramente que los mantos de "bujeo" no son horizontales, debido a su propia constitución, cosa de gran importancia y originada por su gran elasticidad.

25 COMPACTACIONES.—Terraplenes y macizados. Vemos cómo se compactan rellenos de tierras de bujeo en terraplenes con apisonadora, vibradora y pata de cabra, el mejor sistema para arcillas, considerando muy equivocada esa forma de hacer, más aún cuando, como siempre sucede, los costados no están protegidos, facilitando daños posteriores, pues a mayor masa en igual volumen, mayor fuerza expansiva Van de Vall, "mayor rebote elástico" en invierno.

(2) Intervienen, además de las arcillas de la loma, las secuencias repetidas de estratos areniscosos y calizos del FLYSCHS y las pendientes del terreno que por simple acción gravitacional dieron lugar a fenómenos de solifluxión.

(3) El volumen de las que se deslizarían por efecto de esa atracción, su manifestación por empuje al transformarse en fuerza contra un obstáculo, si se levantara, se constituye por la intervención del "peso específico" de ellas, "ángulo de talud natural" y, por último, "altura del corte", fuerza horizontal con punto de aplicación a un tercio de la altura anterior.

Buscando *solución* dentro de la arquitectura al problema de rellenos con esas tierras, hace años, sobre tres cristales iguales, amasé con agua esas arcillas, extendiéndolas en el primero solas, en el segundo con cal en polvo y en el último, con sal común. Al cabo de días, cuando se quedaron secas las muestras, las dos últimas carecían de grietas de retracción, y la primera las tenía en abundancia.

Debe ponerse en práctica, en forma de "siembra a manta", la adición de una u otra materia y a la vez incluir arena. La mezcla de "bujeo" con arena los atenúa: ya lo dijimos al hablar de "escala de valores". Tengamos en cuenta que las "margas", por ejemplo, son *mezclas naturales de arcilla y caliza*; las condiciones mecánicas son tanto mejores cuanto más alto es el contenido de carbonato cálcico, y cuando llega al 30-40 por 100 la "marga" es un material de absoluta seguridad para cimentaciones.

También el cloruro sódico, la sal común, aguas salinas o cualquier otro electrólito o solución coloide, contribuyen a formar flóculos o copos gelatinosos, todavía poco diferenciados del coloide arcilloso al iniciarse su coagulación. Por ello queda así modificada con la "floculación" la estructura.

También como *solución* para edificios no rurales, y sin hacer uso de pilotajes, se pueden cambiar las condiciones mecánicas de estas arcillas siguiendo la marcha que a continuación enumeramos:

- 1.º Directamente sobre "bujeo" una capa de 10 centímetros de sal, cuya misión es la de anular la fuerza expansiva, apoderándose rápidamente de cualquier variación de humedad que aparezca en la arcilla confinada.
- 2.º Formar sobre la capa anterior un encarchado suelto, gordo, para sobre él verter grava como muelle.
- 3.º Por último, el hormigón en masa del cimiento.

Sé que estas muy nuevas ideas o *soluciones*, tan sencillas, elementales y económicas, tardarán en emplearse, pero no cabe la menor duda que, con el tiempo, forzosamente les llegará su momento. Los grandes terraplenes actuales con "bujeo" se encargarán de seguir dando disgustos, pesando sobre ellos continuos y elevados presupuestos de conservación.

Hoy día se consigue impermeabilizar positivamente los pavimentos de las pistas, dejando el subsuelo insensible a la acción del agua. Para casi todos los casos se considera más bien que el aumento de volumen la permeabilidad, sirviendo de freno por abajo los drenajes con material poroso (zona filtrante) a base de arenas.

Actualmente, más o menos, los pavimentos se ejecutan con los siguientes escalones:

- a) Se compacta el TERRENO NATURAL para que la baja densidad original admita cargas de trá-

fico, compactación según los casos desde el 70 por 100 hasta el 100 por 100.

- b) Se crea la EXPLANADA MEJORADA, con tierras de calidad superior, en espesores de 10 a 20 cms.
- c) Sobre lo anterior, cortando el paso, se forma una CAPA FILTRANTE (anticontaminante), en evitación de que las arcillas fluyan a base de arenas que abran al exterior.
- d) Servirá como firme la zahorra en capa superior.
- e) Y, como final, los riegos sencillos o dobles.

Volvemos a recordar insistiendo en que no existe una política de trato hacia los laterales en terraplenes, por lo que los costados "peligrosísimos" se van al perder rigideces las zonas paralelas al eje longitudinal de las carreteras.

26 DRENAJES.—Dentro de la calidad de tierras que estudiamos vi hacer en ocasiones drenajes que no perjudican, pues, aunque no están proyectados para ello, al fin y al cabo son "posibles volúmenes de ocupación" de masas por "hinchamiento", evitándose cualquier efecto de lo que llamamos "explosiones". Pero bien entendido que esto no llega a constituir *solución*.

27 TABLESTACADAS.—Citando hechos concretos, vi disponer pilotes, "o conjunto de tablestacas hincadas sobre "bujeos", como elementos para sujetar zonas bajas de terraplenes. Su rendimiento es muy relativo, quizá sólo circunstancial; por tanto, no es tampoco *solución* a un deslizamiento, ya que sin género de dudas "viajarán" muy rápidamente. El mal es otro, al no haberse tenido en cuenta lo indicado.

28 PILOTAJES.—Solamente para los casos de grandes edificios, los de menos peligrosidad sobre estos suelos por sus cargas considerables, se puede "pilotar" a base de hormigón armado. Los sistemas serán los correctos empleados en España por casas especializadas. Es cuestión de profundidad conseguir que cualquier terreno (por endeble, poco consistente o blando que sea) pueda soportar una carga unitaria dada, sin dar base exagerada al cimiento. La resistencia del suelo llega a no tener valor, ya que se encargarán de la retención de cargas los rozamientos laterales, auxiliada por la resistencia que ofrece el terreno al "desbordamiento".

Lo anterior sirvió de base a la tan trillada fórmula de Rankine, la que encuentra valores para profundidad de cimientos, estudio en el que no tuvo en cuenta el rozamiento lateral, y sí solamente la resistencia del suelo al "desbordamiento". Fórmula prác-

tica por ello para "arcillas expansivas", ya que durante el verano, por efecto de retracciones, no existen rozamientos laterales.

Es muy interesante recordaros que las casas o firmas dedicadas a "pilotar" deben ser advertidas por el arquitecto, debiendo reforzar los "pilotes" cuando de "bujes" se trate, buscando con ello *solución* real. Refuerzos mayores y sucesivos de arriba a abajo, ya que la viga de atado de ellos, en coronamiento, forma con el conjunto un peine, llegando a trabajar no sólo como pies derechos o pilares, sino, además, como vigas semiempotradas la de atado. Debido todo ello a la actuación de fuerzas por "entumecimiento", en varias posiciones según el tiempo; con mayor intensidad en su zona alta, pues en la baja existe siempre mayor protección, menor pérdida de humedad, menor desequilibrio hídrico.

Vemos cómo el pilote se transforma, en parte, en viga volada, según el "grado de desecación del suelo", así como que resulta ser buena *solución* este sistema para grandes edificios, empleado tal y como se describe a la par que observando estas precauciones. Pilotes que no serán largos, pues las arcillas a más de 5 m. de profundidad presentan características distintas, siendo normal ser aptos firmes.

29 ZANJA CORRIDA.—Los cimientos de zanja corrida no deben emplearse en terrenos de esta calidad. Los motivos ya se han expuesto; los daños se producen por esfuerzos de flexión, por fallos graduables del terreno, cizallamiento o "fallos bruscos", evasiones con estallamientos.

Las grietas suelen tender a la horizontalidad, unas veces a 45° de inclinación, buscando el arco parabólico de descarga, fisuras que en invierno merman al "entumecerse" las tierras por toma de agua. Tipos de grietas que históricamente, al observarlas entonces, hicieron nacer en la Arquitectura nada menos que el ARCO.

Como aproximación de *solución* para conseguir reparto más equilibrado de peso propio y carga recibida por los muros, los que a su vez descansan sobre estos cimientos, aparecen zunchos de hormigón armado en coronamiento.

El presente comentario nace al conocer su uso en otra diferente posición, "incrustados a media altura", situación extraña dentro del bloque, macizo o cimiento de zanja corrida. Además de ello, y buscando mayor *solución*, se transforma algo este tipo absurdo de cimiento para estos suelos, sustituyendo en él algunos volúmenes de hormigón por otros a marco real, como si fueran ventanas interiores con celosías, hechas con tubos transversales a la zanja, favoreciendo posibles salidas de masa, evitando fuerzas de empuje.

Fórmula intermedia ésta entre la de zanja corrida y la de pozos y arcos, en la que se inicia una relativa

preocupación hacia "entumecimientos" y consecuentes empujes horizontales.

30 POZOS Y ARCOS.—El sistema de cimientos por pozos enlazados con arcos, aunque no consigna la meta, siempre que se arranquen aquéllos de capa de esas tierras muy protegidas, tiende hacia la *solución* real.

Claramente entre pozos o en vanos existe posibilidad de expansión, matando el absoluto confinamiento anterior. El zuncho de hormigón armado, en coronamiento, tiende, como dijimos, hacia una posible *solución*.

Las grietas aparecen corrientemente; suelen ser verticales, debidas a esfuerzos cortantes, al descenso violento de machos o rellenos sobre pozos, si el "bujeo" se contrae perdiendo agua.

Si esta media *solución* se llevara a cabo, la planta del pozo deberá ser circular, resultando consecuentemente el macizado cilíndrico, procurándose que la superficie exterior sea lo más lisa posible, lo que contribuirá a que las evasiones por patinaje se faciliten.

Si además formáramos varios tambores enlazados verticalmente, machihembrando "tochos" por las caras superior e inferior, nos conduciría al acercamiento de la *solución* real.

31 ATIRANTADO CON HIERRO REDONDO.—Sobre caras opuestas en cimientos paralelos, se han empleado, para absorber empujes laterales relativos, "atirantados" de un lado a otro a base de hierros redondos, con farolillos para tensar en la mitad de sus longitudes. No es *solución* completa, puesto que han de quedar enterrados, produciéndose, según va pasando el tiempo, sucesiva y progresiva pérdida de resistencia por oxidación continuada.

32 ZAPATAS.—Para la anterior *solución*, las zapatas abiertas en los fondos de pozos son convenientes si la protección de agentes exteriores es grande, conseguida en cota que responda de la inmovilidad de las arcillas.

Su misión lógica no es más que la de ampliar superficies para una misma carga, con reducción del trabajo que padecería la capa supuesta como firme.

No es *solución perfecta* la viga de hormigón armado directamente sobre el terreno y bajo muros, por lo que no debe hacerse si no se atirantan las opuestas.

33 LOSA DE HORMIGÓN ARMADO.—La losa total de hormigón armado, como cimiento, es *solución* de carácter lujoso para casas rurales de

una o dos plantas. La total parrilla de hierro redondo encarece los presupuestos económicos, no siendo incluso útil en conjunto por no trabajar sobre algunas superficies interiores. Hay que ir, por ello, para el tipo de viviendas rurales, a soluciones más prácticas, o cimientos "TODO TERRENO".

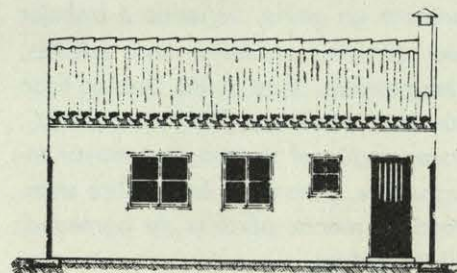
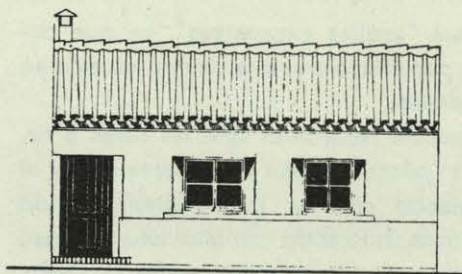
Ya indicamos al principio que la Dirección General de Arquitectura, hace algún tiempo, me encargó levantar sobre "bujes" muy fuertes nueve casas iguales de tipo rural; seis de ellas sobre cimientos tradicionales, descompuestas en dos grupos de a tres. Uno de éstos montado en "zanja corrida"; el otro, con cimentación de "pozos y arcos", y el tercer grupo sobre el tipo directo que estudié, "TODO TERRENO".

Encontré un solar claro, constituido por estos suelos, en el pueblo de Pedro Abad, dentro de la provincia de Córdoba, y a las viviendas allí levantadas nos referiremos a continuación:

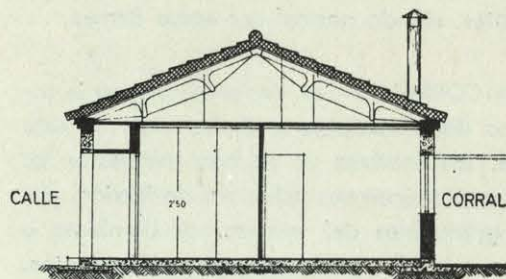
34 CONCEPTOS BASICOS PARA EL SISTEMA "TODO TERRENO", EN VIVIENDAS DE TIPO RURAL DE UNA A DOS PLANTAS (LAS QUE MAS TIENDEN A DAÑARSE POR SU MENOR PESO).

Se observará lo siguiente en proyecto y obra:

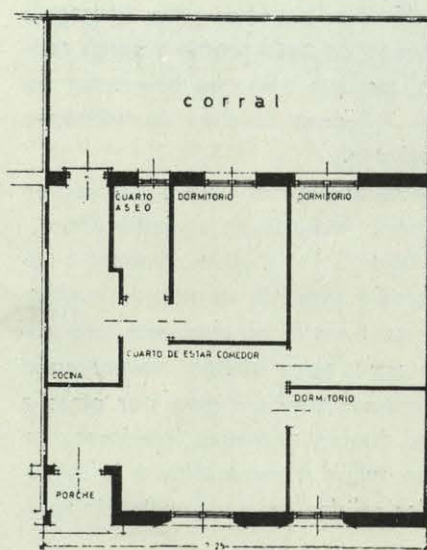
- 1.º El terreno será llano, evitando así "invasiones" posibles nacidas en los perímetros del solar por deslizamientos de zonas más altas.
- 2.º En cimientos no se hace excavación y por ello tampoco entibamientos.
- 3.º Consecuentemente no existen macizados.
- 4.º Por tanto, no hay transporte a vertedero.
- 5.º En esas cuatro unidades (no ejecutadas) repercuten ahorros valorados en el 15 por 100 del presupuesto general.
- 6.º Basta establecer en el terreno una superficie plana, barriéndose bien después con escoba fuerte de rama y directamente, sin más, comenzar a construir.
- 7.º Por ser el costo elevadísimo de una losa total en hormigón armado, en proporción con el valor de una vivienda, no es de aplicación. Area exagerada no necesaria en diversos lugares, al no trabajar. Este estudio, por tanto, afecta a un sistema de "losas parciales atadas" con menos del 30 por 100 de ocupación de la planta.
- 8.º Colocación directa sobre el suelo de un esqueleto de hierro redondo, losa y viga, ésta sobre aquélla, y en la zona central, formando parte una de otra, con una T invertida. El hormigón irá dosificado a 350 kilogramos de cemento sobre metro cúbico.
- 9.º Se consigue a la vez, al montar la viga sobre la losa, la futura impermeabilización de los



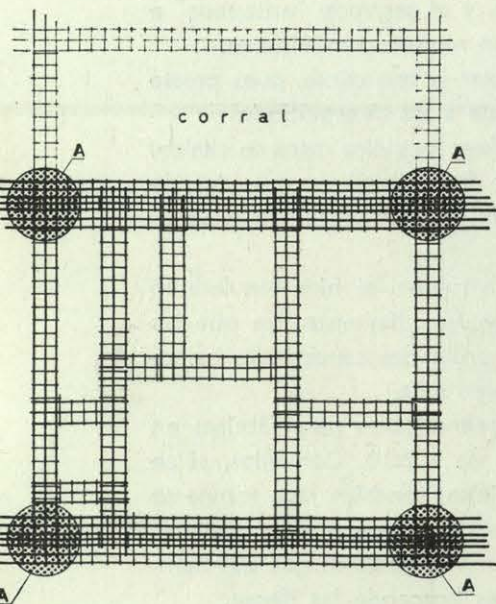
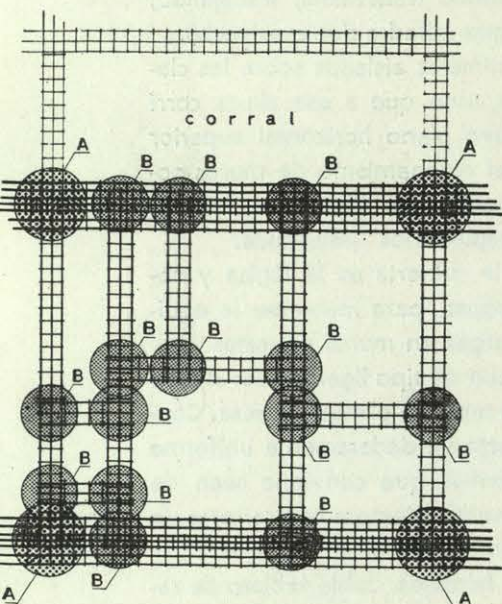
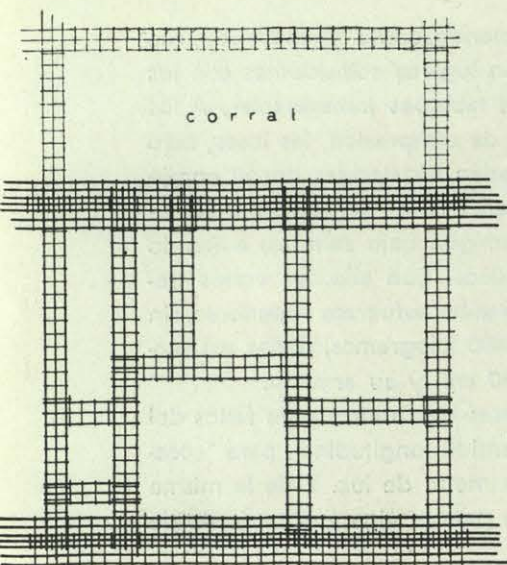
Compensación de alzados opuestos en cuanto a pesos y cargas.



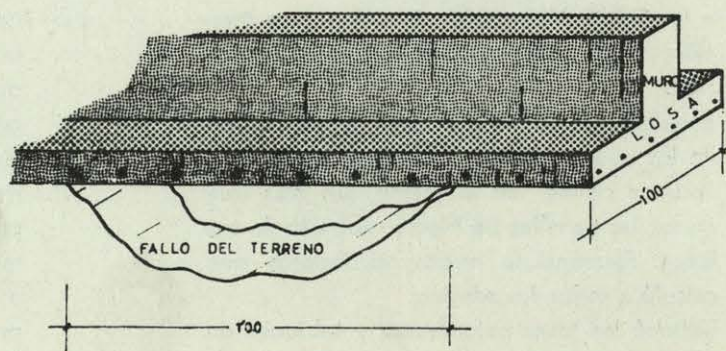
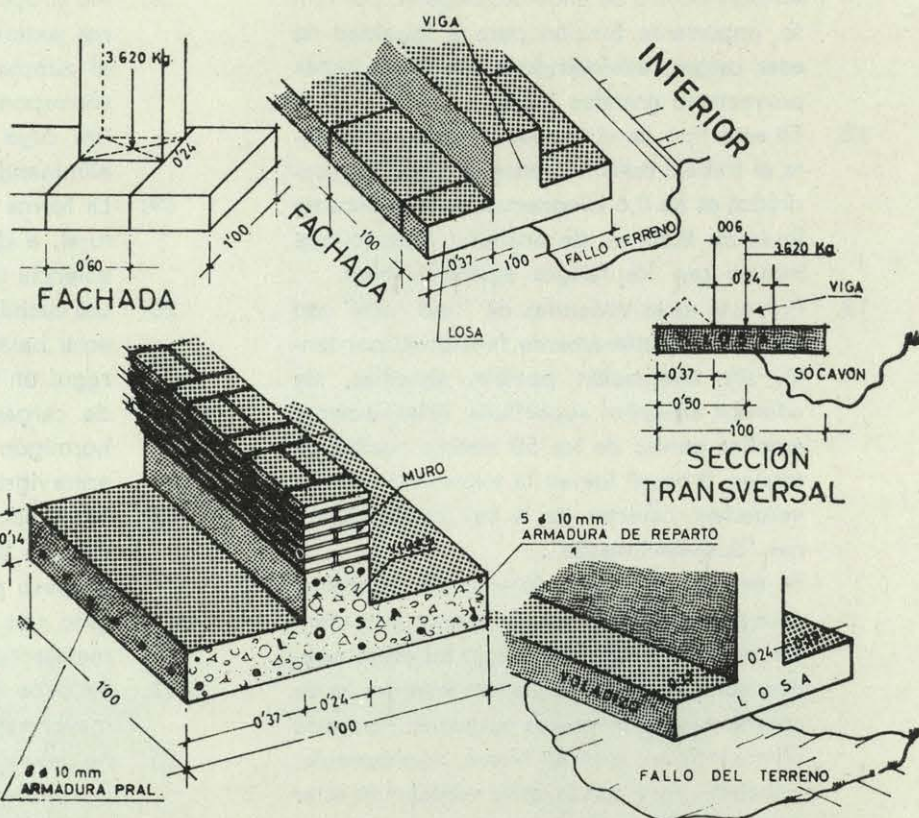
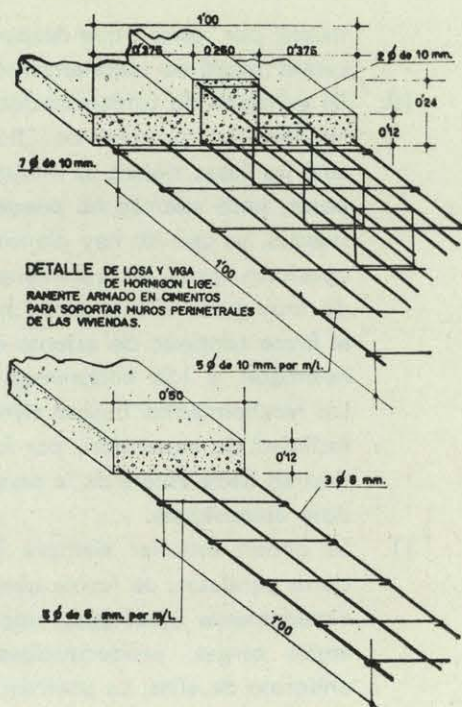
Cubierta, luz reducida. Firme de hormigón. Losa y viga de hormigón armado como cimentación.



Estudio de reparto para atirantar, con sus cimientos, los muros opuestos.



Atado del sistema de losas de cimentación.
Puntos claves en losas.



Refuerzos automáticos en cemento.
Estudio de fallos distintos.

muros, por "corte", que después han de descansar sobre su coronamiento.

10. En evitación de contaminaciones por empujes laterales procuramos "flotar", para lo cual las losas tienen el mínimo posible espesor, pero además no pueden existir esas fuerzas, ya que no hay planos verticales de oposición, pues los volúmenes entre ellas, de muy poca altura, serán macizados con el firme continuo de asiento de solerías en hormigón, a 150 kilogramos sobre m². Los hinchamientos buscan siempre la mayor facilidad de expansión, por lo que se producirán hacia afuera de la casa, no originándose ascensiones.
11. Se deben estudiar siempre los muros de cierre paralelos, de forma que tengan aproximadamente igual peso, soporten equivalentes cargas, produciéndose un reparto uniforme de ellas. La posición de claros exteriores dentro de ellos desempeña, por tanto, importante función para la igualdad de esas cargas, advirtiéndose no deben jamás proyectarse grandes luces.
12. En este tipo de viviendas de una sola planta el trabajo máximo sobre centímetros cuadrados es de 0,6 kilogramos, basándonos en losas de 0,80 m. de anchura. Trabajo que incluso casi los fangos aguantan bien.
13. Proyecté estas viviendas de "tipo rural" con carácter verdaderamente funcional; por tanto, sin ostentación posible, sencillas, sin adornos absurdos superfluos, relativamente amplias dentro de los 50 metros cuadrados totales. Procuré fueran la expresión real del verdadero carácter de la Ley sobre viviendas "Subvencionadas".
Se estudió el reparto interior de habitaciones, para que las losas de menor importancia de 0,40 m. de ancho bajo tabiques puedan cumplir a la vez como cimientos y de atirantamiento de muros opuestos. Para esta última misión sólo el hierro, lógicamente, trabajará, pero con la gran ventaja de estar protegido de oxidaciones futuras. De esta forma se consigue un atirantado superior a los 7.000 kilogramos de esfuerzo a tracción, al ser 12 ϕ 8 mm. los que trabajarían.
14. Fortalecí de forma elemental y muy sencilla los cuatro vértices, ángulos, esquinas o "puntos claves" de la planta, sin más que cruzar las parrillas de hierro redondo de sus losas, formándose nudos verdaderos que calculé a todos los efectos.
15. Reforcé las losas bajo muros y tabiques en puntos intermedios lógicos y útiles, consiguiendo, de este modo, aminorar sus longi-

tudes, aumentando, como consecuencia, sus resistencias en lugares coincidentes con los cruces de los tabiques transversales. A los solos efectos de compresión, las losas, bajo tabiques, quedan fortalecidas por el encaje en los volúmenes libres del correspondiente firme de hormigón bajo solerías, evitando posibles pandeos. Con ello sus cortos tramos pueden recibir esfuerzos superiores, sin riesgo, de 6.400 kilogramos, dadas sus secciones de 320 cm² y su armado.

16. Calculé las losas bajo muros para fallos del terreno en sentido longitudinal, para "socavones" de un metro de luz. Y de la misma forma lo hice para la viga y el conjunto de ambas.
17. Asimismo lo hice para fallos del suelo que afecten solamente a la mitad del ancho de la losa en sentido transversal, trabajando, por tanto, la otra mitad a doble esfuerzo.
18. No proyecté dinteles aislados sobre los claros exteriores, sino que a esa altura corrí el zuncho, cuyo plano horizontal superior corresponde al coronamiento de muros sobre cuya superficie descansan las formas, eliminando "capialzados" peligrosos.
19. La forma de la cubierta es la lógica y natural, a dos aguas, para mantener la equivalencia de cargas en muros opuestos.
20. Los cuchillos son de tipo ligero, pues deben estar bastante tupidos; eliminé correas. Conseguí un reparto verdaderamente uniforme de cargas; formas que conviene sean de hormigón armado y siempre con carreras de entrevigado en "asiento" y "cumbreira".
21. Formando los faldones, doble tablero de rasilla de 2½ cms. de espesor y 250 gramos de peso por unidad. El tablero primero cogido con yeso, y el segundo "ensopado" a matajuntas, con mortero semielástico.
22. Se debe emplear la teja curva, pues presta mayor camuflaje a los desequilibrios.
23. Se deben emplear los cielos rasos de cañizo, por su mayor flexibilidad, ya que los de escayola presentan mayor facilidad al agrietamiento.
24. Las fábricas en muros las hice con ladrillo macizo, con aparejo flamenco, ya que las mamposterías ordinarias concertadas homogéneas se duelen más.
25. Los morteros aconsejables para fábricas en muros son el de 1:2:10. Con ellos, si se produjeran grietas, tendrían que romperse también los ladrillos, grietas muy distintas a fábricas con morteros flojos que son siempre escalonadas buscando las llagas.
26. Se debe crear un acerado protector perimetral, teniendo la ventaja el sistema TODO

TERRENO que, en caso de no poderle llevar a cabo, la mitad de la losa ya constituye un acerado de anchura relativa.

Bajo este elemento puede suspenderse con alambre galvanizado grueso, y previa inclinación del 1 al 2 por 100, el alcantarillado, consiguiendo así no se rompa, cosa que si no siempre sucederá, dando pie a crearse un punto concreto de humedad continua, no uniforme, que producirá daños espantosos en los bujeos. Esta *solución* es de tipo definitivo, pues la mayor parte de los daños en viviendas levantadas sobre arcillas expansivas nacen de las roturas originadas por entumecimientos en sus redes de saneamiento.

27. Se deben impermeabilizar las zonas de contorno de las viviendas con un ancho de faja por lo menos igual al alto de las casas. Puede conseguirse esto con una mezcla económica de arena arcillosa y cal, creando un "estado hídrico homogéneo".

El alquitranado, concretamente, yo lo prefiero, por ser elástico; y de los hormigones, nada; sus rigideces los hacen quebradizos, debiéndose formar juntas de dilatación muy numerosas, contribuyendo éstas al peligro "agua-sol", puesto que nunca en Andalucía las superficies deben ser exageradas.

El "macadam" para impermeabilizaciones yo no le quiero usar. Sobre su superficie se acusan grietas que hay que tapar con alquitrán y nunca con arena, pues entre esos volúmenes entra el aire, desecando y aumentándolas.

Lo verdaderamente correcto en impermeabilizaciones sobre "bujes" sería:

- a) Verter un recebo calizo regado y apisonado con máquina inferior a las diez toneladas.
- b) Bachear y barrer.
- c) Verter una capa de betún.
- d) Otra de gravilla apisonada con máquina.
- e) Un riego de betún y al final otra capa de gravilla.

28. Para la puesta en práctica de este sistema hice un cuadro o ábaco en el que figuran para distintos lugares la capacidad de absorción de agua de sus suelos, la de hinchamientos y, como consecuencia, las losas a emplearse según las cargas que soporten.

29. Jamás se deben plantar árboles próximos a las viviendas en barriadas sobre arcillas expansivas. El árbol, los vegetales y los animales se defienden por igual para no mo-

rir, "saben demasiado" y por ello, en verano, sus raíces se defienden siempre buscando los subsuelos más húmedos, encontrándose éstos bajo las viviendas al estar protegidos, y entonces estas raíces producen retracciones de esas masas confinadas, al robarlas el agua.

30. Nunca debe emplearse la madera en construcciones sobre bujeos y menos el par o hilera, y si hubiera entramados horizontales de piso, la losa es el ideal y después la cerámica armada unida al zuncho perimetral de hormigón armado, atados a él los hierros redondos de los forjados de piso; pero jamás deben calcularse estos forjados como elementos que alivien los peligros.

31. Si es que, por no observarse los extremos expuestos, básicos de mi proyecto, aparecieran lesiones en construcciones, jamás se eche mano de los contrafuertes como solución de emergencia, pues no sería más que un arreglo transitorio, como salido de manos de "alarifes pueblerinos", ya que al poco tiempo se verán separarse, por lo que anulan su primitiva función.

PREVISIONES OFICIALES DE TIPO ECONOMICO

Son imprevisibles a veces las reacciones con disparatada intensidad de estos falsos suelos o masas de cambios fáciles en sus volúmenes, por ascensos, descensos o traslaciones, no habiendo quien pueda sospechar el fenómeno con toda su rudeza.

Por todo ello, y únicamente "a modo de comentario", no resulta lógico que hasta ahora se vengán fijando por el Ministerio de la Vivienda los mismos beneficios, iguales subvenciones en cualquier régimen geológico dentro de España, más aún "super-sabiendo" que realmente existen dentro de nuestra patria estos fallos garrafales en sus suelos.

Tengamos en cuenta que siempre resultará más cara una cimentación sobre "bujeo campiñés" que sobre roca, grava, arena... de las "sierras españolas". Nos referimos ahora a edificios de altura por intervenir pilotajes, pues para el caso de viviendas de tipo rural no existe peligro si se siguen las precauciones y estudios que mantuve para los de "TODO TERRENO".

Por tanto, y para lo sucesivo, "saldrían las cosas mejor" si se considerara la línea de tierra de una obra o proyecto teniendo equivalencia de protección estatal lo levantado en cota positiva, lo que se ve. Formando una escala de socorros o amparos económicos, según los casos, para lo enterrado, o perteneciente a cotas negativas, creando una clasificación de "firmes" y ordenación de profundidades, las que repercutirían, según casos, en el repetido amparo mayor o menor.