

## **Cimentaciones y construcciones en arcillas expansivas: de la Itálica romana al PP-1 de Santiponce (Sevilla)**

Antonio Jaramillo Morilla  
José Luis de Justo Alpañés  
Rocío Romero Hernández

Recientemente se ha urbanizado una zona de Santiponce, conocida como Plan Parcial nº1 (PP-1), con una previsión de 452 viviendas en una superficie de 11,3 Ha, muy próxima a los restos de la Itálica romana. De hecho, una parte ocupa las áreas de enterramiento documentadas de la Itálica romana. La NOVA URBS de Itálica tiene una superficie aproximada de 40 Ha.

Las condiciones geotécnicas e hidrológicas han condicionado siempre esta población. Son conocidos de siempre, en esta región los llamados terrenos de «bujeo». Además, ya en 1603, una avenida del Guadalquivir, obligó a la reconstrucción de Santiponce sobre parte de la zona más antigua de Itálica.

La antigua población de Itálica tuvo problemas relacionados con la expansividad del terreno: los restos arqueológicos descubiertos se encuentran con grandes deformaciones y grietas. Incluso en las restauraciones recientes se observa la aparición de nuevas grietas originadas por la expansividad del terreno. No parece que fuera ésta la causa determinante de la desaparición de parte de la ciudad.

Por otro lado, en el Plan Parcial nº 1 se han detectado recientemente serias patologías en al menos cuatro promociones, con un claro origen de cimentación. Por ejemplo, en la promoción Villas de Itálica, 24 Viv. En la parcela 13. También existen daños en varias viviendas de la parcela 20, así como en las parcelas 5 y 8 del PP1, c/ Plácido Fdez. Viaga nº31 y c/ La Almedra nº32 (trasera).

Esta situación, dada la diversidad de sistemas

constructivos y de cimentación utilizados, hace que Santiponce sea un magnífico laboratorio a escala real para estudiar el comportamiento de las diferentes soluciones constructivas antiguas (romanas), o más recientes, nuevas viviendas y restauraciones en el recinto arqueológico.

Los diferentes sistemas de pavimentación de calles y acerados, las zonas ajardinadas, sistemas constructivos de muros, forjados, etc. tienen una respuesta singular ante un terreno potencialmente expansivo.

### **FORMACIÓN DE AMBAS ZONAS**

En la figura 1 podemos ver la situación de ambas zonas respecto a Santiponce.

La fundación de Itálica se realizó en el año 206 (a.C.), tras la batalla de Ilipa por el general romano Escipión. En el año 124 d.C. Adriano ayudó económicamente al embellecimiento de muchas ciudades del imperio, entre ellas Itálica. Esta ayuda permitió la creación del nuevo barrio (NOVA URBS).

El Plan Parcial PP-1 fue aprobado definitivamente el 31 de Enero de 1989. Son terrenos cuya urbanización corresponde a la Empresa Pública de Suelo de Andalucía, aunque las parcelas resultantes han sido vendidas o cedidas en parte a promotores privados y al Ayuntamiento de Santiponce.

La ordenación de los dos conjuntos parece incluso semejante si nos fijamos en el trazado. En Itálica, las orientaciones principales eran Este-Oeste coinciden-

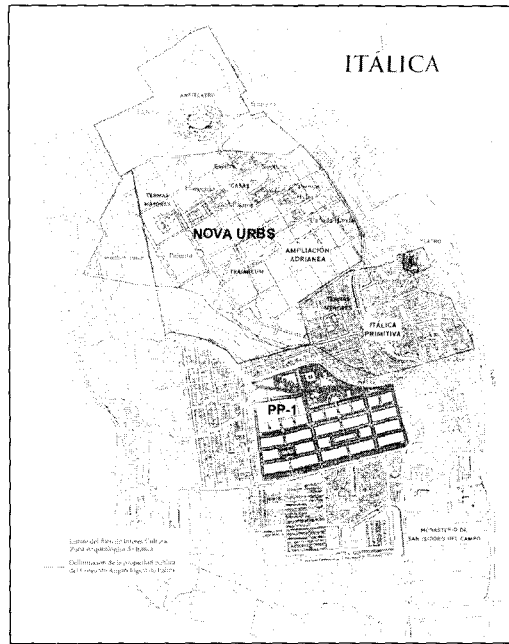


Figura 1  
Planta de situación

tes con la dirección del decumano. Las secundarias eran las Norte-Sur, que lo eran respecto al cardo. En el PP-1 se ha seguido la misma orientación principal.

En la figura 2 podemos ver una comparación entre el diseño de las calles de ambas zonas.

Por ejemplo, la pavimentación de las calles nuevas del Plan Parcial se ha realizado mediante solería de tacos apoyadas directamente sobre un lecho de arena (figura 3). La existencia de zonas ajardinadas muy próximas a las viviendas, ha provocado que los cambios de humedad debido a las condiciones climáticas sean superiores que los producidos en la Itálica romana.

Por el tipo de construcciones empleados, las cargas transmitidas al terreno son además muy diferentes: las construcciones romanas transmiten en general cargas continuas mediante elementos flexibles (muros con morteros de cal), frente a las nuevas construcciones, que transmiten al terreno cargas puntuales mediante elementos rígidos, tales como pozos, zapatas, riostras, vallas, etc.

Realizaremos un estudio de los diferentes sistemas constructivos y de las cementaciones utilizadas, ex-

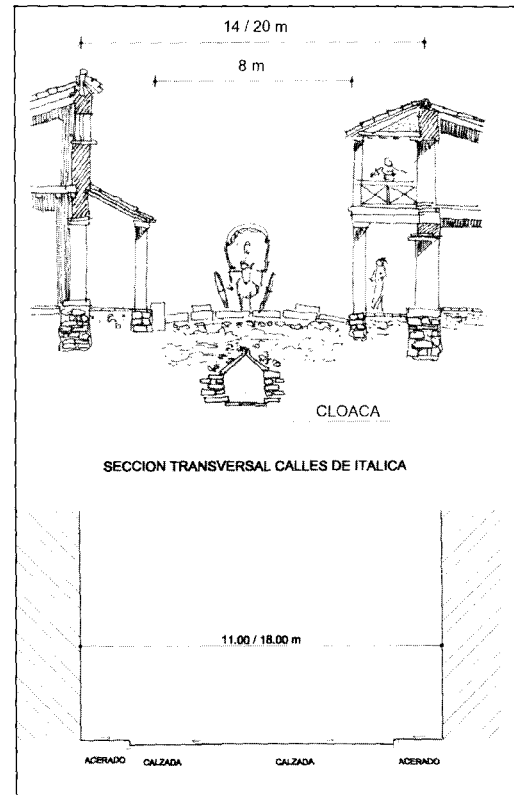


Figura 2

poniendo las ventajas e inconvenientes verificadas en este magnífico laboratorio de ensayos, que son Santiponce e Itálica.

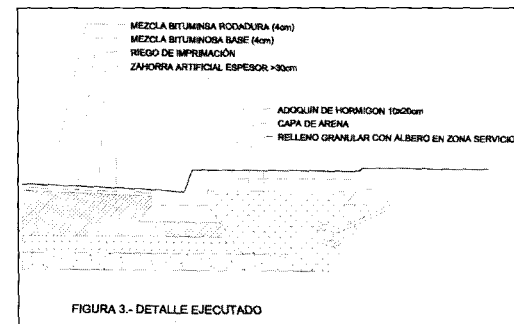


Figura 3

### CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

El objeto de estudio se encuentra al sur de la importante fractura del Guadalquivir, que separa dos zonas geológicas totalmente diferentes, una de afloramientos rocosos de topografía montañosa, situada al Norte, y otra de materiales de relleno que configuran la llanura de dicho río, al Sur. El basculamiento de bloques producidos con el hundimiento del situado al Sur de dicha fractura, ha originado en esa zona una importante cuenca de relleno que se ha ido colmatando durante diferentes épocas geológicas, con aportes litológicamente distintos.

Como base de dicho relleno se localizan en la zona unas margas azules depositadas durante el Mioceno y de potencia considerable. Sobre ellas, y ya en épocas cuaternarias, se han abierto paso las aguas del Guadalquivir, depositando gran material de arrastre aluvial en distintas secuencias, que han dado origen a distintas terrazas, y en último término, al cauce del actual río.

Estos depósitos comprenden elementos finos (arcillas y limos) y gruesos (arenas y gravas), en general bien rodados y de naturaleza silíceo distribuidos irregularmente, pero ordenados en cuanto a la secuencia de sedimentación.

Se distinguen los siguientes niveles:

- Nivel I: Relleno artificial.
- Nivel II: Arcilla marrón verdosa. Espesor aproximado hasta los 15 m. En general es una arcilla de alta plasticidad (CH). Algunas muestras dan CL entre 4,5 y 5,5 m. Porcentaje de finos (T200) en general superior al 90%. Humedad natural entre 22 y 27%. Densidad seca de 1,70 a 1,8 t/m<sup>3</sup> y peso específico natural de 21 a 22 kN/m<sup>3</sup>. Ángulo de rozamiento entre 14 y 20°. Cohesión efectiva de 25 a 40 kPa. Módulo de deformación de 100 a 400 kp/cm<sup>2</sup>. N=25. Límites líquidos entre 45 y 65. Índice de plasticidad de 27 a 35. Resistencia a la compresión simple media de 430 kPa.
- Nivel III: Arcilla margosa gris azulada. Número de golpes de 50 a rechazo. Peso específico aparente 21 kN/m<sup>3</sup>. Ángulo de rozamiento 20°. Cohesión efectiva 40 kPa. Módulo de deformación 400 kp/cm<sup>2</sup>.

El nivel II, que es donde se apoyan las cimentaciones, es el de características expansivas. Su aspecto, lo vemos en la figura 4.



Figura 4  
Aspecto del nivel II.

En cuanto al clima, presenta ciclos de humedad y sequía muy contrastados. Así por ejemplo, de Septiembre de 1996 a Diciembre de 1997 se registraron 1365,7 mm de lluvia (en 16 meses), lo que indica precipitaciones muy intensas. Sin embargo de Junio a Noviembre de 1998 sólo se registraron 96,7 mm (precipitaciones muy bajas). Entre Junio y Enero de 1999 155,5 mm.

### CARACTERÍSTICAS DE AMBAS URBANIZACIONES

#### Zona Nova Urbs

La red de alcantarillado (CLOACA) permite en todo momento el recorrido al menos, por una persona encorvada. Además todos los cruces estaban señalizados en la calzada mediante una piedra rosa, por lo

que no existían errores de localización. En la figura 5 vemos una representación de los diferentes tipos de secciones. La sección mínima era de 50 x 100 (5000 cm<sup>2</sup>).

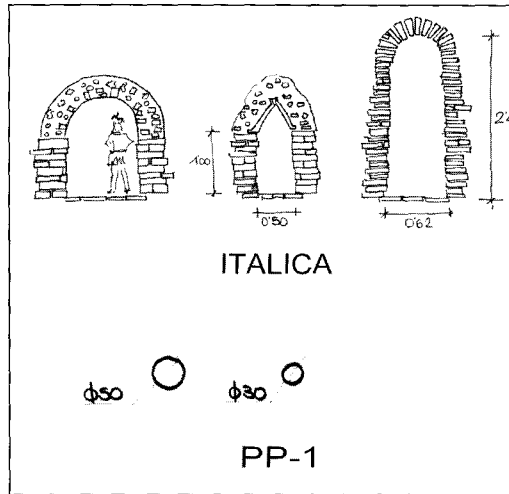


Figura 5  
Secciones tipo de alcantarillado.

La diferencia entre los sistemas de evacuación de aguas, antiguo y nuevo, la vemos entre las figuras 6 (red original de Itálica), y 7 (saneamiento actual realizado dentro de las propias ruinas de Itálica)

La conducción de agua (aquae ductus) fue especialmente construida para la población: registros, túneles y acueductos. Fueron 37 km. desde unos manantiales cercanos a Tejada (Itucci), próxima a las localidades de Paterna del Campo y Escacena del Campo (Huelva). La pendiente media de la canalización es de 50m/37000m (aproximadamente del 1,35 por mil). El castellum aquae (reconstruido), tiene capacidad de 900 m<sup>3</sup>. La distribución de agua hasta las viviendas se hacía mediante tuberías de plomo. El caudal aportado por las Fuentes de Tejada era de 13.000 m<sup>3</sup> diarios.

En Itálica las calzadas estaban pavimentadas con grandes losas traídas de Tarifa y aceras porticadas (aún se conservan los arranques de los pilares). Las aceras tenían 15 cm de altura respecto a la calzada, con objeto de que los vehículos no invadieran la zona reservada a peatones. Además la calzada estaba atra-

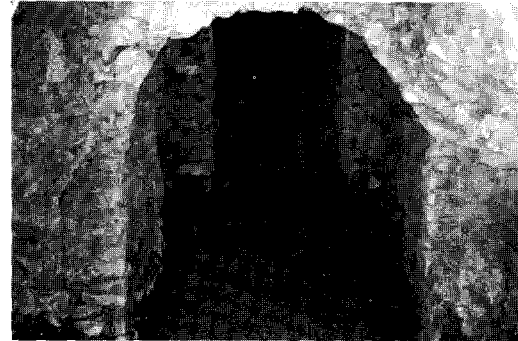


Figura 6  
Cloaca original de itálica.



Figura 7  
Saneamiento actual dentro de las ruinas.

vesada por una hilera de bloques equidistantes entre sí, con la finalidad de facilitar el cruce de la calle a los peatones y frenar la velocidad de los vehículos. Además los bloques, en caso de lluvia torrencial e inundación permitían el paso peatonal por encima de ellos.

En general la altura de la edificación no superaba a dos veces la anchura de la calle. Además la marquesina protegía del sol y de la lluvia a los viandantes.

#### Zona PP-1

En el plan la sección mínima es de 707 cm≈ (diámetro 30 cm) y la sección máxima de 1964 cm≈. Pendientes entre el 1 y 2,85%.

La explanada de la calzada es una capa de albero de 20 cm en los casos de desmonte o terraplén infe-

rior a 1 m. Cuando el terraplén sea superior a 1 m se eliminará la capa de albero, el préstamo tendría que haberse realizado con terrenos tipo E-1.

El firme está constituido por:

- Subbase de zahorra natural de 20 cm de espesor
- Base de zahorra artificial de 30 cm de espesor
- Mezcla bituminosa de 8 cm de espesor (dos capas de 4 cm cada una superpuestas).

En los acerados, las baldosa son de 10x20 sobre arena sin mortero en la parte inferior. En la memoria estaba recibida con mortero 1:4 de 350 kg y base de H-150 de 15 cm. Los bordillos entre calzada y acera son de hormigón.

Las pendientes de evacuación de las calles son del 1% (aparcamientos, cruces, planos, etc.) y del 2% en sentido transversal.

El suelo tiene características de *suelo tolerable*. Sin embargo para los terraplenes con altura superior a 1 m es necesario que sea *suelo adecuado*.

La canalización de agua en el Plan Parcial se realiza mediante tuberías de fibrocemento en malla principalmente de 200 mm y ramales de 100 mm. El consumo diario previsto oscila entre 270-350 m<sup>3</sup>.

#### CARACTERÍSTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES

Es curioso cómo en el diseño constructivo de la NOVA URBS de Itálica se tuvieron en cuenta las condiciones climáticas de la región, a diferencia del PP-1 en el que parecen no haberse considerado. Repasaremos algunas de ellas.

#### Porches y galerías cubiertas

La falta de protección, hace que la cimentación de los edificios del PP-1 se vean muy afectados por las condiciones climáticas. En cambio, en los edificios de la ciudad de Itálica, al tener el porche, la construcción principal está protegida. En la figura 8 vemos una reconstrucción en las ruinas de Itálica de la parte inferior del porche y comercios. En la figura 9 vemos una imagen de calle desolada, sin adaptación al terreno, con pendiente forzada del PP-1. Idem en las figuras 10 y 11. Si nos fijamos en esta última, vemos que las losas no resisten el paso de vehículos.

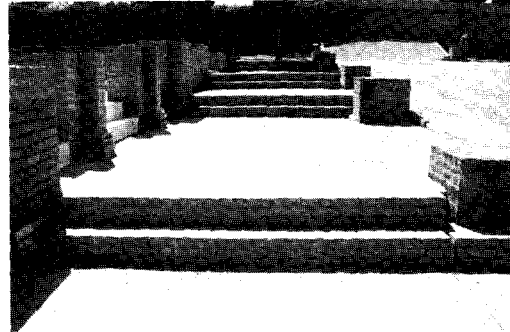


Figura 8  
Reconstrucción de parte inferior de porche y comercios de itálica.

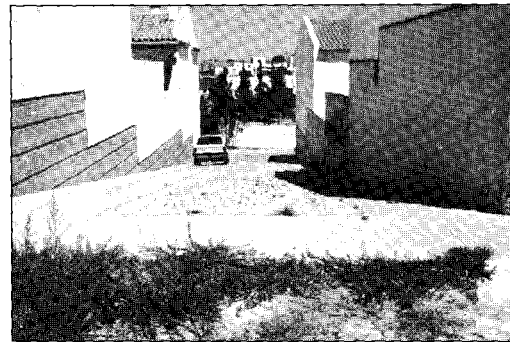


Figura 9  
Calle el PP-1.



Figura 10  
Reconstrucción de parte inferior de porche y vivienda en itálica.

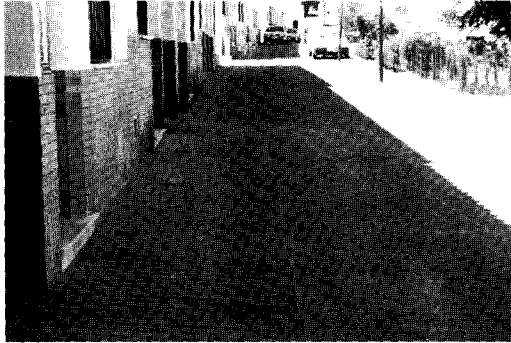


Figura 11  
Calle en el PP-1.



Figura 12  
Calzada y acerado en itálica.

### Superficie pavimentada

En las viviendas de Itálica, el suelo de las viviendas era de tierra apisonada y encalada, tejado de madera y fibra vegetal. En las viviendas de Itálica la mayor parte del terreno aparece pavimentado, siendo destacables los mosaicos. Estos mosaicos, con las piezas tomadas con morteros de cal producen una ligera estabilización de las arcillas.

### Presiones de cimentación

En cuanto a las presiones transmitidas a cimentación, en Itálica podían ser para un edificio tipo de 2 plantas de 50-100 kPa, en general menores que las construcciones recientes del PP-1, que suelen ser de 100-200 kPa.

### Acerado

Las aceras de toda la urbanización del PP-1 son permeables, mientras que en Itálica eran impermeables y con suficiente pendiente. En la figura 12 vemos las losas de la calzada y la dimensión del acerado, y en la figura 13 el aspecto de la calzada y acerado del PP-1. Las dimensiones del acerado del PP-1 son sencillamente la mitad de la ciudad romana, lo que nos da idea de la importancia de los peatones para los urbanistas en las diferentes épocas.



Figura 13  
Calzada y acerado en el PP-1.

### Modificaciones del terreno

En Itálica se aprovecharon las características topográficas adaptando los edificios al terreno: el anfiteatro, en una vaguada entre dos colinas, el teatro, siguiendo la inclinación de una colina, etc. El terreno en el PP-1 ha sido alterado en algunas zonas con objeto de suavizar la topografía. Se ha utilizado la misma arcilla de los desmontes para el terraplenado, lo que ha producido un aumento de la expansividad de los rellenos. Al menos 4 viviendas serán demolidas debido a la ruina estructural.

### Zonas ajardinadas

Las zonas ajardinadas del PP-1 contrastan con las escasas de Itálica. En la actualidad es cuando se está

introduciendo la vegetación en las ruinas, no siempre de forma eficaz. Así por ejemplo, en la zona de los porches cubiertos, existen árboles plantados, que aunque desde el punto de vista de expansividad no son peligrosos, siempre alteran las condiciones de humedad del terreno, por lo que se están produciendo en la actualidad movimientos y agrietamiento de las ruinas, por la ausencia de todas las galerías que cubrían los porches (que provocan cambios climáticos y de humedad muy acentuados).

### Respecto al tipo de cimentación

En los edificios de la Nova Urbs, las cimentaciones se realizaban sencillamente penetrando los muros en el terreno (zanjas corridas) y ensanchándolos ligeramente en la base. Estos muros estaban contruidos utilizando la cal como conglomerante, lo que hace que sean en general construcciones flexibles. En el PP-1 se están utilizando cimentaciones superficiales (pozos y zapatas) y pilotes. Debemos decir que no se está tomando la precaución de aislar las riostras o vigas del terreno (4-5 cm de poliestireno, tipo *porexpan* o similar, se ha demostrado insuficiente). Existe incluso una promoción, cimentada con pilotes, con daños evidentes, al apoyarse el forjado de planta baja parcialmente en el terreno.

Parece que la mejor solución en esta zona, son los pozos al menos a 3,50 metros, y excavar 15 cm bajo las riostras. El *porexpan* y las gravas no funcionan como amortiguadores. También es posible utilizar encofrados degradables.

Una solución que se está recomendando consiste en cubrir con una lámina de polietileno de 1,5 mm de espesor tanto el exterior de la vivienda y, debajo del acerado como sobre la superficie nivelada de la cámara bajo las mismas. Esta lámina deberá ir soldada a la situada bajo el pavimento del patio delantero y bajo garajes.

### CONCLUSIONES

Las características urbanísticas de la Nova Urbs se adaptaban bastante a las características climáticas

(porches y galerías cubiertas) de la zona. En cambio, el PP-1 parece más bien responder a una urbanización genérica. Pasear por las calles del PP-1 resulta menos apetecible, con las temperaturas superiores a 40 grados en verano, que por toda una ciudad con aceras cubiertas y comercios aledaños.

El simple diseño de las instalaciones de alcantarillado y suministro de agua contrastan. El suministro de agua de Itálica era muy superior al de PP-1, por el diámetro y sección de las tuberías.

Además, el diseño del alcantarillado: en la Nova Urbs, es registrable por una persona y por tanto, de fácil mantenimiento. El del PP-1 no es registrable, y sencillamente las dimensiones son ridículas en comparación con las de la ciudad romana.

Los movimientos producidos por las arcillas expansivas en el PP-1 probablemente arruinarán la urbanización en un plazo inferior a 10 años. Ya existen múltiples zonas donde se aprecian levantamientos y hundimientos espectaculares: muy superiores a los existentes en las ruinas de Itálica, a pesar de que las condiciones de mantenimiento y reurbanización de las mismas son deficientes.

Sólo comentar que no parece haber servido de mucho una experiencia constructiva continuada de más de 2000 años en la zona para proyectar la Santiponce del futuro. Las soluciones constructivas y de urbanización son más deficientes, y de hecho, al menos 4 viviendas del PP-1, van a ser demolidas, sin ni siquiera llegar a habitarse, y 50 están ya con litigios judiciales por daños en las viviendas.

### BIBLIOGRAFÍA

- Adam, J. P.: *La construcción romana, materiales y técnicas*. Editorial de los Oficios. León, 1996.
- Caballos, A.; Fatuarte, J. M.; Rodríguez Hidalgo, J. M.: *Itálica arqueológica*. Edit. Universidad de Sevilla, 1999.
- Informes no publicados sobre viviendas de la parcela 20 y 13.