

LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS GENIL Y DARRO EN LA CIUDAD DE GRANADA. MAPA SINTÉTICO DE LOS DEPÓSITOS ALUVIALES DE LA ZONA DE INTERACCIÓN DE LOS DOS CAUCES.

**Juan Carlos Hernández del Pozo¹, Isidro Ocete Ruiz² y
Juan Carlos Hernández Garvayo³**

¹ *Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor de la Universidad de Granada.*

² *Ldo. Superior Ciencias Geológicas. Geotécnica del Sur S.A.*

³ *Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Geotécnica del Sur S.A.*

RESUMEN.- La comunicación presenta un mapa sintético de la zona de interacción, que tiene su antecedente en el grabado de la Plataforma de la ciudad de Granada de Ambrosio de Vico (1590), donde se ponen de manifiesto el actual trazado urbano de los ríos, así como los sistemas de acequias.

La originalidad del documento consiste en el uso de la metodología geotécnica, basada en los ensayos de S.P.T., ligada a las cartografías históricas para poner al descubierto la forma de depósito del sustrato aluvial según la época de predominio de cada uno de los ríos.

Lo que parece arqueología sin valor práctico de aplicación, tiene un resultado: El paso del agua por estos terrenos con la creación de barranqueras naturales y pozos de dimensiones importantes a escala urbana, es generador de situaciones de riesgo, frente a la invasión urbanística de estas zonas de indeterminación natural.

Pretendemos poner al descubierto, con el análisis de los cauces hídricos, la cultura del agua que la actividad edificatoria olvidó en su día y con un doble fin: Situar el riesgo de las edificaciones en estas zonas y reformar, aunque sea tarde, los sistemas hidráulicos de nuestras vegas invadidas en la proximidad de las ciudades históricas.

INTRODUCCIÓN

Pretendemos definir un sistema que diferencie grados de consolidación y compactación, en suelos, utilizando métodos de penetración dinámica, como es el caso de las cuencas aluviales.

En general, la distribución con la que se disponen la mayor parte de la acumulación de materiales de rellenos en los entornos urbanos, está condicionada en gran parte, como es lógico, por factores antrópicos que no responden a ningún modelo natural.

No obstante, se puede apreciar la continuidad entre los rellenos de considerable espesor y algunos tramos de los cauces actuales, respondiendo esta vez a fenómenos naturales de aportes sedimentarios de carácter fluvial. Esta circunstancia se puede observar en algunos tramos de los encauzamientos de los ríos Darro y Genil, en la Ciudad de Granada.

La ciudad de Granada se asienta al pie de Sierra Nevada, entre dos colinas que, separadas por el valle del Darro, abren sus ojos a la amplia vega que el Genil atraviesa. La extensión superficial del casco urbano alcanza los 5 km². Granada es capital de la provincia de su nombre y cuenta con una población de aproximadamente 260.000 habitantes.

Las colinas que la ciudad ocupa son proyecciones de Sierra Nevada que, en su primitivo estado, debió de ser una sola masa, cortada más tarde por las corrientes en direcciones distintas, formando montes aislado o encadenados entre si.

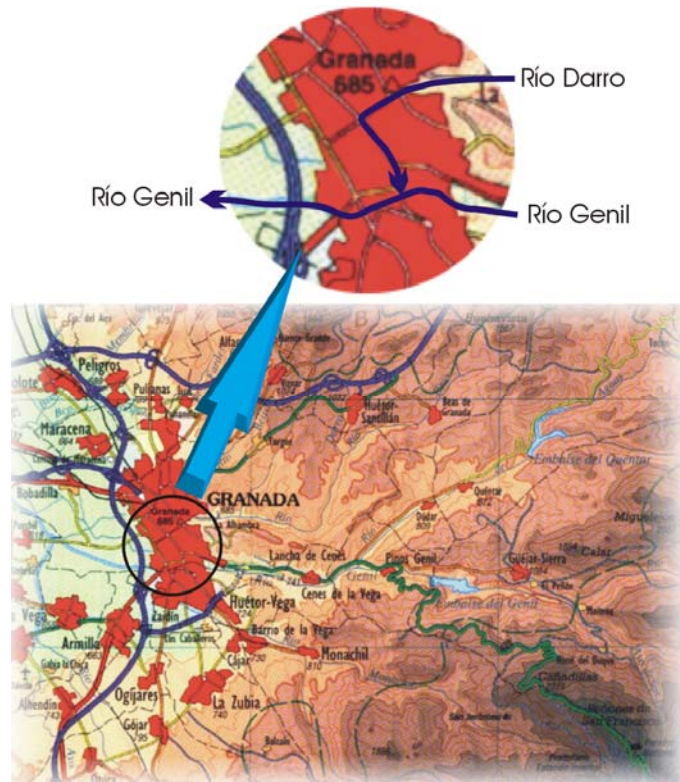


Figura 1.

La zona que nos ocupa se ubica al Sur de la Capital Granadina y comprende el área de confluencia de los ríos Darro y Genil, en las proximidades de la Plaza del Humilladero. En su trayectoria, el Darro inicia su travesía por la ciudad a la altura de Plaza Nueva, donde se encuentra embovedado, discurriendo bajo la calle Reyes Católicos, para hacer un giro de casi 90° a la altura de Puerta Real y fluir bajo la Acera del Darro, uniéndose prácticamente en ángulo recto con el río Genil. Este último, auténtico nervio fluvial de la capital, inicia su discurrir por ésta paralelo a la Ctra. de la Sierra, para pasar, antes de conectar con el Darro, por los Paseos de la Bomba y el Salón, y alcanzar la vega granadina después de correr la Ribera del Genil, a la altura de la Circunvalación.

El trabajo que se propone realiza un seguimiento o evolución que pretende derivar en un reconocimiento de la morfología inicial de los regímenes fluviales y la

variación a lo largo del tiempo, así como su aplicación al sector de confluencia entre los ríos Darro y Genil. Dicha metodología será la siguiente:

- a.-Definición del área de estudio.
- b.-Estudio del entorno geológico.
- c.-Información histórica sobre la ubicación del trazado fluvial encaminada a comprender el por qué de las modificaciones humanas del subsuelo y si éstas han influido en la ubicación de los ríos.
- d.-Acumulación y descripción de trabajos geotécnicos en la zona y aplicación de la técnica de trabajo.
- e.-Obtención de resultados y conclusiones.



Fig.2.
Ubicación
de la zona

ESTADO DEL ARTE

El río Darro (el antiguo "Colzom" y "Hadarro" de los árabes), que, desde su nacimiento, baja por el lugar llamado Jesús del Valle y baña las faldas del Sacro Monte, atraviesa el centro de la ciudad yendo a unirse, al Sur de ella, con el río Genil (el "Singilis" de los romanos y "Xinyil" de los árabes), separando su corriente los cerro del Sacro Monte y Albaicín, del de la Alhambra.

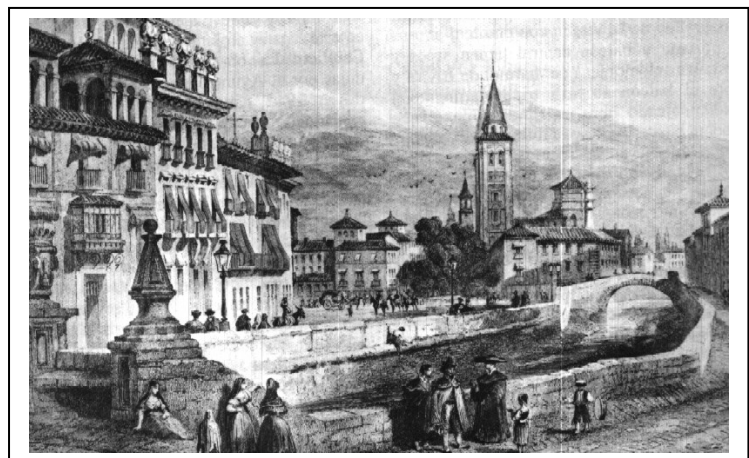


Fig.3.- Carrera del Darro, con la Iglesia de Nuestra Señora de las Angustias. Grabado de Vivian (1839)

La explanada que se extiende desde el Campillo a la Puerta Real se conoce con el nombre de Embovedado, por pasar bajo ella el río Darro. La iniciativa de cubrir el río por el centro de la ciudad debió al Capitán General de Granada Conde de Montijo, en los primeros años del siglo XIX, se llevó a efecto de 1854 a 1884, en este lugar y en la actual calle de los Reyes Católicos. Las obras de urbanización emprendidas por el Ayuntamiento se iniciaron en 1939 y fueron acabadas en 1942. A continuación del Embovedado está la Carrera del Genil, antiguo paseo, al que, en el siglo XVII, se llamaba la Carrera vieja, formada junto al primitivo cauce del Darro que corre a su derecha, separándola de él una hilera de casas. Volviendo por el paseo del Violón llegase al puente del Genil, junto al cual se une este río con el Darro, que aquí pierde su nombre.

Cubierto el río hasta Plaza Nueva fundose sobre él la calle de los Reyes Católicos, conocida desde el siglo XVIII con el nombre de “la Riberilla”, en la que existían varios puentes que cruzaban aquél, desde su entrada en la ciudad hasta su desembocadura en el Genil, formando un conjunto extraordinariamente pintoresco, pero de tan malas condiciones higiénicas, por el amontonamiento de sus casas y por las industrias que en ellas se ejercían, que indujeron a comienzos del ochocientos, a iniciar el saneamiento, embovedando el río y alzando edificaciones nuevas con una nueva alineación. Esta reforma respondió a una necesidad higiénica ineludible y a la de evitar los frecuentes desbordamientos del río, que por la estrechez y mal estado de su cauce, producían, a veces, terribles catástrofes como las de 1478, 1600 y 1835, que causaron el derrumbamiento de numerosos edificios, lo que inspiró el conocido cantar:

*“Darro tiene prometido
Casarse con el Genil
y le ha de llevar en dote
Plaza Nueva y el Zacatín”*

La reforma llevada a cabo a partir de 1930 fue considerable. Se reformó el antiguo embovedado del Darro, nivelándolo, a la vez que se extendía hasta la desembocadura con el Genil.

TÉCNICA Y APLICACIÓN

No existe la menor duda que la utilización de un método como el que se propone debe de estar basado en un extenso conocimiento de la geotécnica de la zona, que inicialmente haya permitido definir la secuencia estratigráfica con una razonada exactitud. Esta “razonada exactitud” sólo puede venir avalada por un importante número de trabajos de campo que pongan de manifiesto la existencia del problema y la posibilidad de utilizar un método como el propuesto.

Este sistema sólo podrá ser utilizable cuando la superficie que se pretende detectar defina el contacto entre dos materiales de características geotécnicas bien diferenciadas. Esta diferenciación deberá presentar principalmente un cariz en cuanto al grado de compacidad de ambos materiales, que estará directamente relacionada con el grado de densidad relativa de los materiales, cuando éstos presenten una componente netamente granular, o bien, de sus características geomecánicas, cuando nos referimos a suelos principalmente cohesivos.

Los ensayos de campo que así se utilizan son los siguientes:

- a.- Penetración Dinámica continua.
- b.- Penetrómetro estático.
- c.- S.P.T.
- d.- Extracción de muestra inalterada.

No debemos entender estos ensayos desde un punto de vista diferenciador sino como directamente interrelacionados ya que desde un punto de vista mecánico, podremos pasar mediante ecuaciones de equivalencia de uno a otro de un modo fácil y directo, siempre teniendo en cuenta las salvedades que han propuesto los diferentes autores.

Sin duda podrían utilizarse otros muchos ensayos que definiesen, no sólo la superficie de contacto de buscamos, sino su estado tensional, no obstante entendemos que estas herramientas son las más usuales debido a su sencillez y su bajo coste. De este modo, la intensa investigación que se ha realizado en los últimos años mediante estos trabajos, sobre todo en sistemas urbanos, permite obtener por su medio una información excelente y fácilmente aplicable al motivo de esta investigación.

El método que aquí se propone es extremadamente fiable cuando se pretende determinar la profundidad a la cual aparece un estrato o nivel muy resistente que se encuentra bajo otro de resistencia netamente inferior.

En el caso menos diferenciador su interpretación es más difícil y debe de estar, como ya se ha comentado, inicialmente avalada por un profundo conocimiento de la zona y un extendido estudio estadístico, que haya definido previamente lo que definimos como el "*golpeo de tránsito o paso*" de un nivel a otro. Este golpeo de tránsito informará de la existencia de la zona de incertidumbre donde pasamos de un nivel a otro, siendo imposible discriminar dentro de esta *zona de sombra* si nos encontramos en el nivel resistente o no. En algunos casos esta zona de paso puede presentar una importante extensión haciéndose necesario la interpolación de la superficie de contacto con trabajos de campo próximos o adyacentes.

Este modelo de trabajo puede presentar una importante aplicación a la búsqueda y localización de superficies de contacto entre niveles de compacidad duros y medios-blandos en sistemas urbanos, donde la interpretación mediante modelos estratigráficos visuales ha quedado totalmente oculto por las construcciones e infraestructuras propias de la ciudad.

Este es el caso de redes fluviales antiguas que han modificado su trazado a lo largo del tiempo y que actualmente se encuentra ocultas por el entramado urbano. En general, el esquema de trabajo habrá de funcionar con cierta garantía cuando el sustrato de la zona presente un grado de compacidad elevado y los rellenos del brazo aluvial que se pretende definir se encuentren rellenos por materiales aluviales recientes que no hayan sido sometidos a procesos importantes de consolidación que incrementen su compacidad y puedan ser confundidos con los suelos infrayacentes. Obviamente el caso ideal consistiría en la existencia de un sustrato rocoso sobre el

cual se ha definido la red fluvial; en esta situación no existiría la zona de golpeo de tránsito y la superficie de los antiguos cauces sería fácilmente discernible. No obstante no debemos engañarnos debiendo considerar que incluso en los modelos más adecuados será necesario un profundo estudio comparativo al objeto de no llegar a conclusiones rápidas que sólo nos depararían definiciones erróneas.

La técnica planteada funciona adecuadamente para el caso de la confluencia de los ríos Darro y Genil. La aplicación al área que hemos definido viene precedida de las siguientes observaciones:

- a.-Durante la consulta de los numerosos antecedentes geotécnicos de la zona apoyados en perforaciones, se ha podido constatar la existencia de sectores ocupados por niveles de baja competencia, en algunos casos de potencia importante (ocasionalmente mayor de 10 m.) .
- b.-Estos niveles poco competentes, están definidos por suelos de grano fino, generalmente limos, y algunos paquetes granulares.
- c.-Bajo estos suelos se detecta un paquete de profundidad indeterminada de gravas, arenas y bolos prácticamente uniforme.
- d.-En general, las mayores potencias de suelos de poca competencia suelen estar próximos, en nuestra zona, a las distintas alineaciones fluviales.
- e.-Las bases históricas estudiadas no definen acumulaciones importantes de rellenos de naturaleza antrópica, motivo por el cual no parece achacable las zonas poco consolidadas a procesos de relleno humano.
- f.-Estos suelos deben de corresponder con materiales de naturaleza aluvial procedentes del arrastre de los ríos implicados.

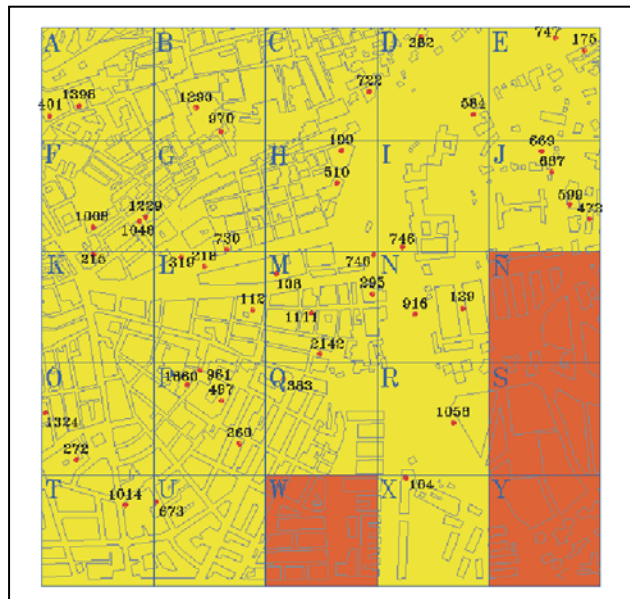


Fig.5.- División de cuadrículas.

Nos encontramos en este momento con una serie de estimaciones y consideraciones que permiten el uso factible de los ensayos de penetración al objeto de determinar cual sería la superficie original de la zona que nos ocupa, dado que el área presenta la condición inicial para abordar su estudio, un nivel de competencia elevada sobre el que se dispone unos suelos de, comparativamente, competencia mucho menor, es decir, los golpes necesarios para producir la penetración en estos materiales habrán de incrementarse notablemente cuando pasemos de los suelos aluviales al sustrato de la zona, identificando de este modo la superficie o base aluvial del discurrir de dichos ríos.

Al objeto de ubicar los trabajos de índole geotécnica realizados, se ha definido una zona de dimensiones cuadradas, y que ocupa un franja de 1.250 x

1.250 m, donde se ha ubicado una cuadrícula de 5 filas por 5 columnas y que concretan 25 sectores de 250 x 250 m, que han sido nombrados alfabéticamente, de tal forma que en la gran mayoría de los mismos concentren al menos un estudio geotécnico. Se han distribuido un total de 42 estudios geotécnicos que presentan un total 120 sondeos mecánico rotativos que equivalen a aproximadamente 1.560 m lineales de perforación.

Todos estos datos corresponde a decir que se ha realizado 1 perforación cada 13.000 m² o lo que es lo mismo que cada perforación se distribuiría en cuadrículas homogéneas de 115 x 115 m.

En general, y dado que vamos a trabajar sobre valores de golpeo hemos usado el valor del ensayo S.P.T. o "N", transformando cualquier otro valor obtenido a este modelo. Sobre la base de nuestra experiencia, hemos de optar por un valor de N que estimamos será el paso de los rellenos al sustrato generalizado de la zona.

Hemos observado del estudio de gran número de testigos de sondeo, que el valor 25-35 indica lo que hemos definido anteriormente como golpeo de tránsito o paso, a partir del cual se puede afirmar que nos encontramos en la profundidad competente o base de la cuenca fluvial.

Con estos datos se ha elaborado un plano y su correspondiente simulación de superficie que ha puesto de manifiesto una visión tridimensional de la posible cuenca, rellena en la actualidad. Los modelos responden a modelos matemáticos impuestos para la simulación de superficies mediante sistemas informáticos.

Para conseguir este cometido, se ha elegido inicialmente una representación gráfica bidimensional que facilita una visión clara por la similitud con cualquier plano topográfico de uso cotidiano, a la cual se le ha añadido un plano de espesores del material de relleno. La representación tridimensional denota de una forma evidente las zonas de mayor espesor de relleno, donde se ha sobrepuesto un esquema del área estudiado de la Ciudad para disponer la perspectiva de relieve y la de alturas del sustrato de la zona.

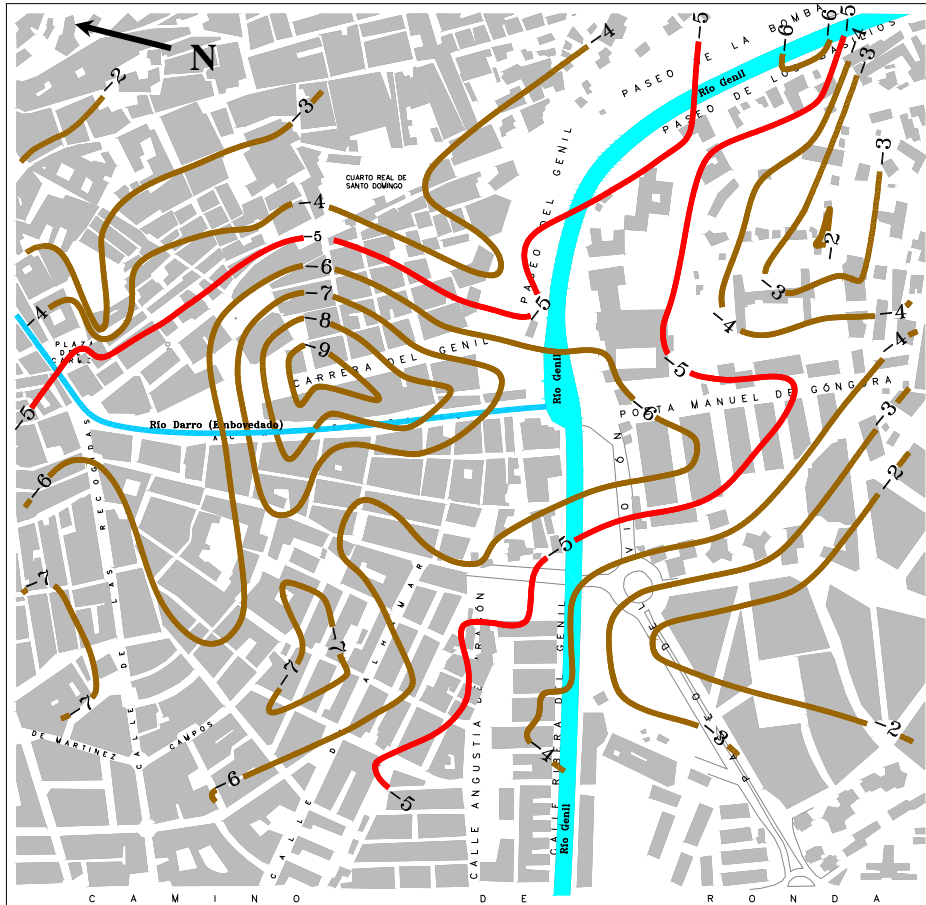
El plano conseguido define la primitiva cuenca fluvial "de conexión" entre los ríos Darro y Genil.

Las zonas de relleno aluvial más abundante están representada en el área estudiada por tres cuencos o depresiones:

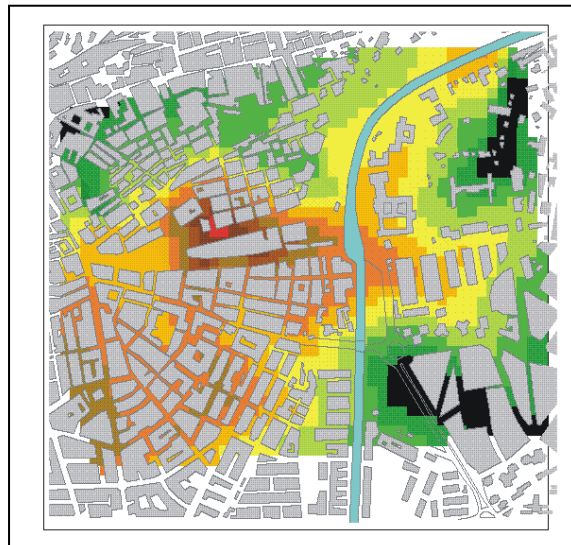
Sector de la Carrera del Genil – Plaza Campillos.
Sector Calle Martínez Campos – San Vicente.
Sector Plaza Solarillo de Gracia.

En general el sector más importante es el desarrollado entre la Carrera del Genil – Plaza Campillos con potencias de los materiales de relleno del orden máximo de unos 10 m, mientras que los restantes alcanzan aproximadamente los 8 m.

La primera aportación que se puede hacer a partir del plano de isolíneas representado es la importante cuenca de relleno de dirección principal Este–Oeste, que se ensancha, aproximadamente por su mitad hacia el Norte, y definiendo el centro geométrico y más profundo del “cuenco fluvial”.



Figuras 6 y 7. Representación matemática de los valores obtenidos en la zona de trabajo. En el primer esquema se han marcado las isolíneas de igual profundidad del sustrato del área, mientras que en el otro se han definido las zonas de igual profundidad de dicho sustrato.



La superficie de este cuenco referido es de aproximadamente 78 Hectáreas. Lo primero que llama la atención de estas representaciones viene puesto de

manifiesto por la separación (aprox. 400 m.) entre la actual zona de confluencia entre el Darro y el Genil con la zona de mayor profundidad del sustrato competente, que teóricamente habrían de coincidir debido a que habría de ser el área de mayor erosión. Esta separación se produce sensiblemente según la dirección del río Darro.

Igualmente puede observarse que la actual dirección del Genil una vez alcanzada la confluencia con el Darro y río abajo, para alcanzar la Vega granadina, viene a coincidir con un sector de poco espesor del material de relleno referido, lo cual podría interpretarse como un trazado relativamente actual del río. De este modo el trazado actual del Genil sólo coincide con las vaguadas interpretadas en el sector más al Este de la Ciudad, es decir, a la entrada de la misma.

La representación tridimensional de los datos obtenidos nos permite definir la primitiva cuenca y por ende conocer a priori las zonas de mayor potencia de rellenos y todas las consideraciones geotécnicas que esto puede acarrear.

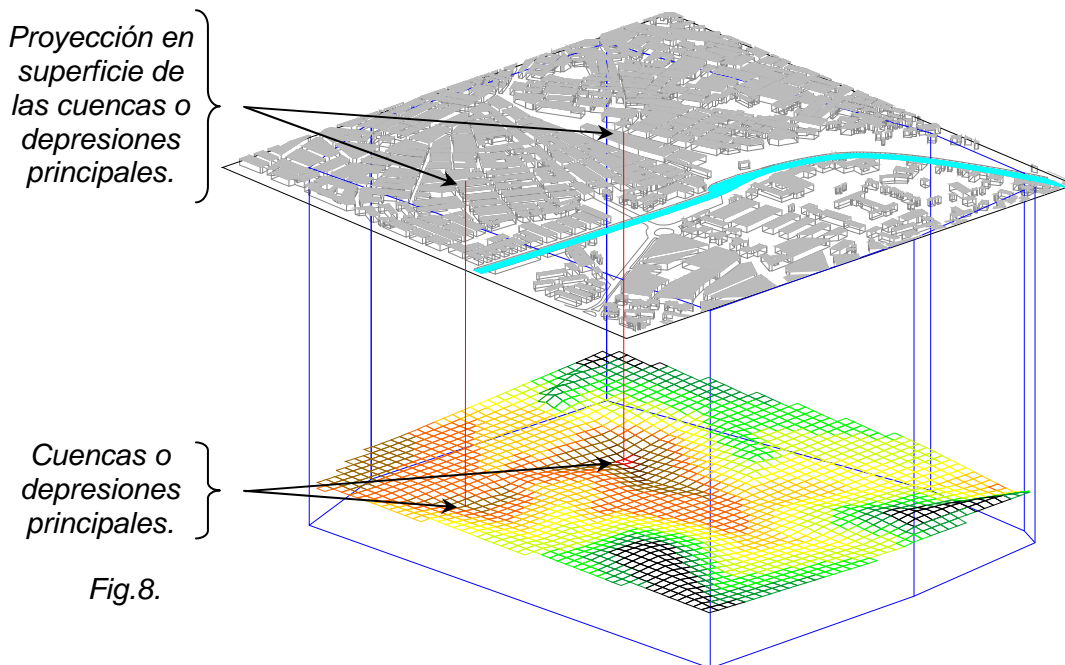


Fig.8.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

1.- El área que nos ocupa pertenece a la zona baja de la ciudad, donde afloran los materiales más recientes de toda la depresión granadina. Se trata de depósitos típicos aluviales representados por una alternancia irregular de gravas, arenas, limos y arcillas de proporciones variables de unos sectores a otros. Generados estos depósitos a partir de los ríos que concurrían en el sector, la secuencia litológica prevista en los distintos puntos está muy condicionada por la cercanía de los diferentes cauces que la cruzan. Antaño, con un sistema climático más extremo que el actual, era frecuente que se produjeran abundantes arrolladas de los ríos que llegaban al área que ocupa la ciudad, donde al originarse el cambio de pendiente, se expandía lateralmente por toda la depresión.

2.- Las características geotécnicas de los depósitos serán similares tanto si provienen del río Genil como del Darro; no obstante el material fino que acompaña a los depósitos granulares más gruesos tendrá una coloración diferente según su procedencia. De esta forma si el origen de los arrastres es del Darro será marrón-rojiza (Conglomerado Alhambra), mientras que si son del Genil, la coloración será grisácea (macizo Nevado-Filábride).

3.- La columna estratigráfica que se puede definir para esta zona, estará constituida en sus niveles más elevados por suelos de naturaleza antrópica, bajo el cual se interpone una capa de arcillas y limos con arena, que tiene su origen en sedimentos depositados en épocas de inundación y que se asienta sobre un nivel de gravas, arenas y bolos cuya potencia no se ha estimado.

4.- Pretendemos definir el nivel de rellenos como aquellos que responden a fenómenos naturales de aportes sedimentarios de carácter fluvial y que se asientan sobre el suelo competente y generalizado, formado por los materiales netamente granulares. Esta situación habrá de permitir conocer, a partir de la distribución de estos aportes, la evolución de los regímenes fluviales y su aplicación.



Fig.13.- Plataforma de la ciudad de Granada por Ambrosio de Vico (1590). Maestro mayor de la insigne Iglesia de Granada. Grabado de Hielan impreso en 1612.



Fig.12.- El entronque entre los ríos Darro y Genil en 1930 (arriba) y 2001 (abajo).

5.- No existen datos cambios significativos del trazado de los ríos Darro y Genil en tiempos históricos que induzcan a pensar en manipulaciones humanas. Lo que si existe datado es el embovedado del Darro y numerosas inundaciones, así como numerosos sistemas de acequiados (Plataforma de Ambrosio de Vico. 1590) siguiendo la prolongación del río Darro, a la altura de Puerta Real, que no inducen a pensar

que el río modificara antrópicamente su trazado.

6.- La primera impresión que se obtiene del plano de isolinéas, es la existencia de una cuenca aluvial de dirección aproximada Este-Oeste, y de aproximadamente 78 Hectáreas, que presenta tres “fosas” o máximos de rellenos. Esta alineación, que definen estos máximos, es sensiblemente paralela a la que posee el Genil antes de llegar a la confluencia actual con el Darro (Fig.14).

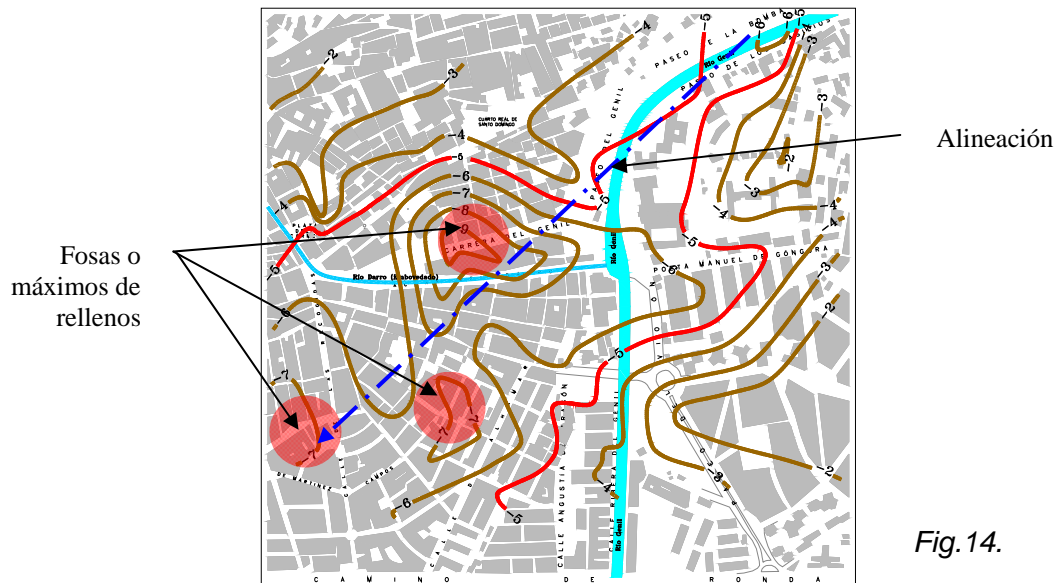


Fig.14.

7.-El centro de “gravedad” de la cuenca referida es coincidente con la mayor potencia de relleno, situado en Carrera del Genil y Plaza Campillos. Este máximo debe de coincidir con la primitiva confluencia de los ríos Genil y Darro, que se encuentra separada unos 400 m de la actual unión. Esta separación es paralela a la dirección y sentido que desarrolla el Darro.

8.- Según todo lo comentado se puede definir o aventurar la probable evolución del sistema Genil – Darro a su paso por la Ciudad de Granada.

- Secuencia I.- Inicialmente el río Genil, debió de discurrir según una dirección Este/Oeste, para alcanzar la Vega. Esta hipótesis viene avalada por criterios petrográficos, y más concretamente por la existencia de bolos y cantos aluviales serpentiniticos pertenecientes al único yacimiento existente y ubicado en la cuenca de erosión del Genil (Bco. de San Juan); de este modo, estos aluviones, solamente han podido ser transportados por este último, que se han encontrado dispuestos según esta dirección.
- Secuencia II.- Sucesivas avenidas, tan abundantes en la zona en estudio, debieron de influir en el desarrollo del “empuje” del río Darro sobre el Genil, produciendo el desplazamiento de éste hacia el Suroeste, por la Carrera del Genil.
- Secuencia III.- En un estadio más avanzado las avenidas continúan, confirmándose con la presencia de intercalaciones de niveles rojizos y grisáceos hacia la zona de Los Alminares (c/ Poeta Manuel de Góngora).

- Secuencia IV.- Fase actual en la que se encuentran los ríos Genil y Darro.

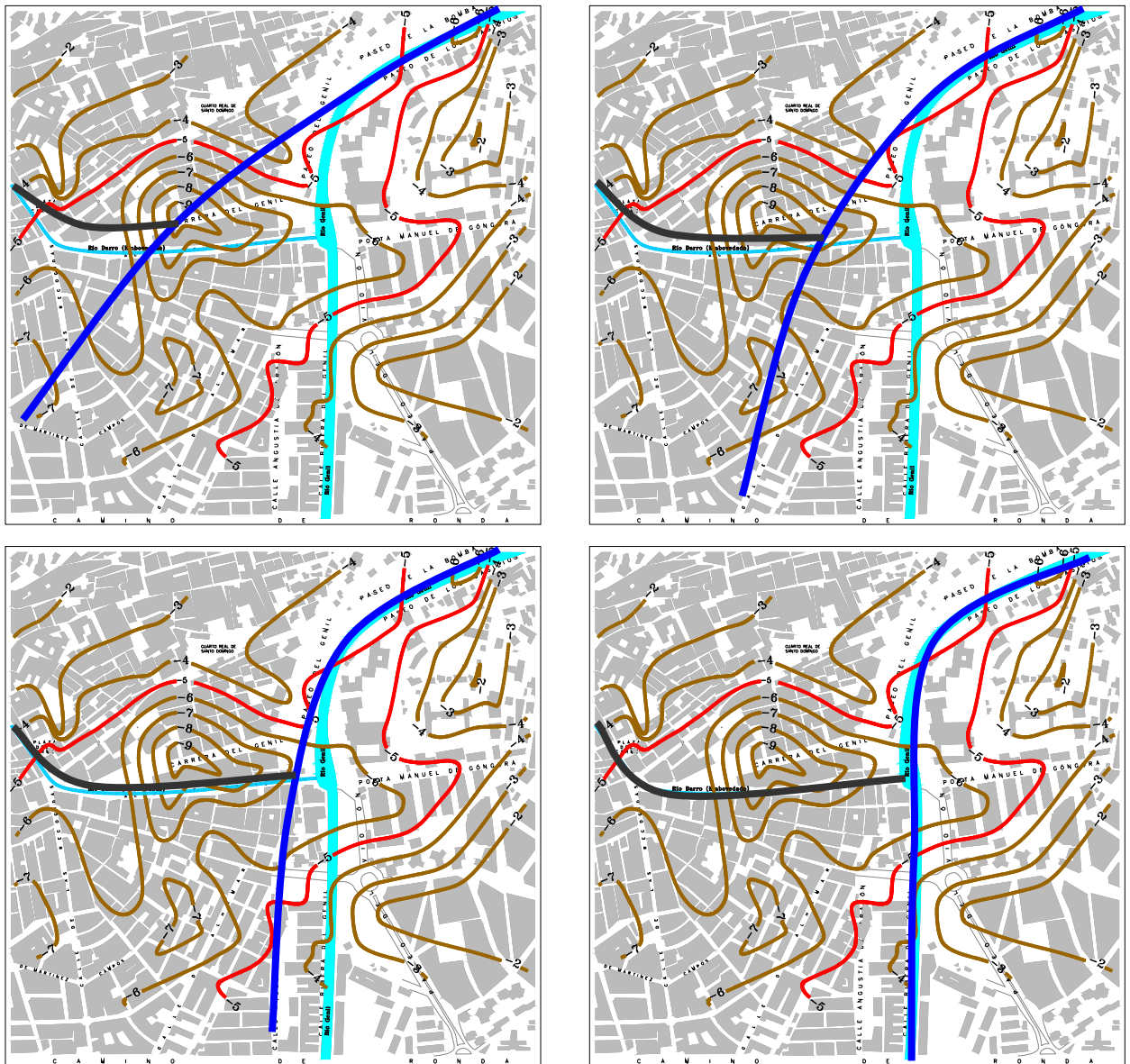


Fig.15.

REFERENCIAS

- Gallego y Burín, A. (1987). *GRANADA, GUÍA ARTÍSTICA E HISTORICA DE LA CIUDAD*. Editorial Comares Sexta edición. 433 p. Granada.
- Hernández del Pozo, J.C. (1998). *Análisis Metodológico de la Cartografía Urbana Aplicada a la Ciudad de Granada*. Tesis doctoral.
- Hernández del Pozo, J.C., Menéndez Ondina, A. & Ocete Ruiz, I. (2000). "Puesta en escena de Cauces Fluviales ocultos mediante la Investigación Geotécnica". Congreso Nacional Gestión del Agua en Cuencas deficitarias. Orihuela (Alicante).