

## PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS EN LOS ANCLAJES DE LA ESTACIÓN MATERNIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE CARACAS: ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO Y DIAGNÓSTICO GEOTECNICO

*Gianfranco Perri*

### 1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de efectuar un diagnóstico en relación a la problemática surgida en la ejecución de los anclajes de los muros colados (imposibilidad de utilización de los procedimientos tecnológicos usuales debido esencialmente con un voluminoso arrastre y atascamiento con materiales arenosos abrasivos) de la Estación Maternidad de la Línea 2 del Metro de Caracas, debe señalarse que el solo análisis de los recaudos originales disponibles, (estudio de suelo clásico realizado por la C.A. Metro de Caracas) no permite detectar particularidades importantes para el área de emplazamiento de la Estación Maternidad, toda vez que tal estudio ilustra la presencia de un subsuelo constituido por una alternancia errática horizontal y verticalmente de sedimentos no plásticos, esencialmente arenoso (limo-arcillosos) con lentes de gravas y en general definidos de compacidad media a alta y muy alta, como deducción directa de los valores generalmente importantes arrojados por el ensayo de penetración estándar SPT especialmente en correspondencia de los niveles arenosos.

En efectos bajo estas circunstancias, la alta densidad de las arenas y la constante presencia de importantes fracciones finas (indicadas por los análisis granulométricos reportados) deja suponer condiciones normales y hasta favorables para la ejecución de los anclajes pudiéndose esperar en cierta medida dificultadas solamente por la presencia de una mesa de agua poco profunda y por los señalados lentes gravosos.

Por otro lado las propiedades geomecánicas de un terreno no necesariamente quedan totalmente descritas y cuantificadas (aunque si “suficientemente” para condiciones “normales”) en base a su descripción visual y clasificación granulométrica y plástica llevada a cabo sobre las muestras recuperadas durante la ejecución del ensayo de penetración SPT correspondiente.

Por ejemplo, cierto comportamiento mecánico de los terrenos está seguramente relacionado con la mineralogía y morfometría de las partículas y no solamente con su tamaño. Más aún los resultados de un ensayo de penetración estándar SPT puede resultar muy influenciado por dichas características mineralógico-morfométricas: granos cuarzosos redondeados densos pueden dar lugar a valores del ensayo SPT (resistencia a

la penetración) altos igualmente a los que se producen en un nivel constituido por granos sueltos pero morfométricamente angulosos, sean ellos de cuarzo mismo y hasta de orto mineral menos duro.

A su vez la mineralogía y morfometría de cierto nivel de terreno, se pueden deducir de estudios y análisis directos sedimentológicos (mineralógicos y morfométricos) así como de estudios indirectos de tipo morfogenéticos basados en la interpretación geológica del área.

A este respecto los estudios fotogeológicos son instrumento valiosísimo para la correcta interpretación y reconstrucción geomorfológica y genética de los sedimentos.

Finalmente el comportamiento mecánico del terreno frente a determinados tipos de intervención, puede resultar ciertamente anómalo en comparación con el correspondiente a un terreno que sea morfogenéticamente diferente. Más explícitamente, debe esperarse un comportamiento definitivamente negativo frente al ataque de las máquinas perforadoras de anclajes, cuando el terreno está constituido por niveles de sedimentos coluviales recientes o de sedimentos intermezclados coluvio-aluviales, en comparación con el comportamiento esperable para el caso de sedimentos aluviales clásicos, densos y consolidados.

Efectivamente la naturaleza coluvial de los sedimentos los caracteriza por una morfometría irregular: grano de ángulos aún vivos y granulométricamente no gradados por la falta de los procesos de desgaste y ordenamiento que se producen durante el transporte hidráulico largo, típico de lo que experimentan los sedimentos aluviales. Lo anterior por ejemplo explica la posible falta de una real densidad y compacidad (aparentemente señalada por el SPT) de los sedimentos coluviales, así como los elevados valores de fricción que pueden desarrollarse en aquellos, a pesar de la presencia de importantes fracciones finas.

### 2. ESTUDIOS REALIZADOS

De acuerdo con la problemática planteada en capítulo anterior se ha planificado y llevado a cabo el siguiente programa de estudios:

- a) Ejecución de una perforación exploratoria con el objeto de obtener muestras continuas de terreno representativas del subsuelo de la Estación Maternidad, ejecutando ensayo de penetración standard SPT a cada 50 cm para la toma de las muestras.
- b) Identificación visual y ejecución de ensayos de clasificación rutinaria (granulometría y límites) para un número significativo de las muestras recuperadas.

Los resultados de estas fases del estudio (a) y (b) constituyen una réplica de lo que se ha definido como "estudio de suelo clásico".

- c) Análisis de fotointerpretación de pares estereográficos del área correspondientes a las fotos de la MISION 8 Año 1936 a escala original aproximada de 1:15000.

Para la reconstrucción del marco geológico-morfológico del área y el estudio de morfogénesis de los sedimentos presentes en el subsuelo de la Estación Maternidad.

- d) Análisis de laboratorio sedimentológico, de mineralogía y morfometría sobre un número significativo de las muestras recuperadas, con el objeto de (en complemento y soporte al estudio fotomorfológico) definir con precisión la textura, estructura (morfometría) y mineralogía de los sedimentos en objeto.

Los resultados de estas fases del estudio (c) y (d) se resumen en dos planos morfológicos (a escala 1:15000 y 1:4000) sobrepuestos a las bases fotográficas correspondientes anexas.

### 3. DIAGNÓSTICO GEOLÓGICO

La Estación Maternidad, está ubicada en el bajo piedemonte Sur de las colinas de Propatria, habiendo sido el subsuelo conformado por los procesos de deposición con la clara confluencia de materiales detríticos del tipo: coluvial, coluvio-aluvial y aluviales antiguos y recientes.

- El coluvial proviene de las faldas de las colinas ubicadas al Norte a través del lavado superficial como proceso predominante, y a través del aporte irregular y casual caótico por fenómenos de inestabilidad de las laderas.

- El coluvio-aluvial se deriva de la perfecta intersección de aportes provenientes del Río Guaire (aluvial) con aportes del tipo ya descrito en el punto anterior (coluvial).
- Los aluviales, antiguo y reciente, están conformados por los aportes de depósitos típicos del Río Guaire.

Adicionalmente cabe mencionar la existencia probable en el área (a la orilla del Río Guaire en la proximidad de la Estación Maternidad), de alguna antigua laguna efímera lo cual daría lugar a la presencia de otro tipo de deposición (lacustre) que se intercalaría a las ya descritas y claramente detectadas.

Todo lo anterior se aprecia de la fotointerpretación anexa y se apoya en los análisis sedimentológicos ejecutados.

Además, del atento análisis de las fotos y a pesar de las importantes modificaciones topográficas superficiales ya evidentes en el año 1936 (La Estación Los Palos Grandes del Ferrocarril y la Actividad Agraria entre otros) la conformación morfológica del área induce a concluir que el río Guaire se ha ido desplazando hacia el Sur como consecuencia del levantamiento del versante Norte y por los aportes coluviales mismos (Norte-Sur) los cuales en ocasiones han represado su curso acentuando el citado fenómeno de desplazamiento hacia el Sur del cauce y con la consecuencia de un aumento porcentual progresivo de los aportes coluviales respecto a los aluviales en el área específica de la Estación Maternidad.

Igualmente, y para los mismos niveles de aportes coluviales, resulta natural su periodicidad cíclica debido a la alternancia de períodos secos y de lluvias, con también la consecuencia de una erraticidad en las intercalaciones coluvio-aluviales.

En definitiva los sedimentos que constituyen el subsuelo de la Estación Maternidad, resultan en extremo heterogéneos, no sólo granulométricamente sino genéticamente, con una predominancia, aunque irregular, del tipo coluvial.

#### 4. CONCLUSIONES

Debido a las circunstancias geológico-morfológicas específicas del área en que se construye la Estación Maternidad del Metro de Caracas, el subsuelo está constituido por sedimentos que se diferencian genéticamente y sustancialmente de los típicos sedimentos aluviales que predominan en todo el Valle de Caracas.

Esta diferenciación circunstancial y pronunciada constituye ciertamente una razón de peso, probablemente la más impactante, al momento de caracterizar el comportamiento mecánico de estos suelos frente al ataque de las máquinas perforadoras constructoras de los anclajes.

En efectos, esta situación que se deriva de una confluencia sedimentológica precisa entre los aporte coluviales (del piedemonte de las colinas al Norte) y los aluvionales del río Guaire, da lugar a una confluencia similar de los aportes hidráulicos los cuales aunque sumergidos, persisten en el subsuelo del área.

Consecuencia inmediata de estos hechos, es la existencia de un régimen hidráulico en el subsuelo el cual ya no puede caracterizarse únicamente por la ubicación en sentido vertical del nivel freático (así como reportado en los recaudos correspondientes a los estudios de suelo originales) sino que el mismo está fuertemente afectado por condiciones de hidrodinámica para las cuales las direcciones, intersecciones velocidades y gradientes constituyen los elementos fundamentales que rigen finalmente la respuesta de la obra frente a las presiones hidráulicas.

Esta misma naturaleza irregular y aleatoria del régimen hidrológico que pueda establecerse en un marco geomorfológico como es el que caracteriza el subsuelo de la Estación Maternidad, es en efecto consecuencia directa de la misma naturaleza irregular y aleatoria de los sedimentos mismos presentes.

Finalmente es importante señalar la excepcionalidad de la situación geotécnica existente en el subsuelo del área de la estación debido a la confluencia de una muy particular condición geomorfológica lo cual, así como se refleja en la naturaleza y distribución espacial de los sedimentos sólidos, también afecta profundamente las condiciones y reacciones hidráulicas del subsuelo, que resultan en extremo complejas e irregulares y cuyo estudio detallado hubiese requerido metodologías adecuadas basadas en estaciones de medición de

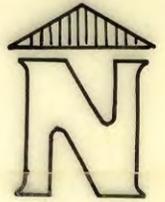
gradientes y velocidades en forma sistemática para toda el área afectada.

La incidencia de esta peculiaridad en este comportamiento mecánico, es negativa toda vez que acentúa los fenómenos de inestabilidad de las paredes de los agujeros y de arrastre violento dentro de éstos (debido a la realmente baja compacidad de los sedimentos coluviales y de intersección coluvio-aluvial), así como acentúa los fenómenos de importantes atascamientos de las perforaciones (debido a los altos valores de la fricción de los suelos perforados y arrastrados a consecuencia de la morfometría de ángulos vivos y no gradada predominantes en ellos).

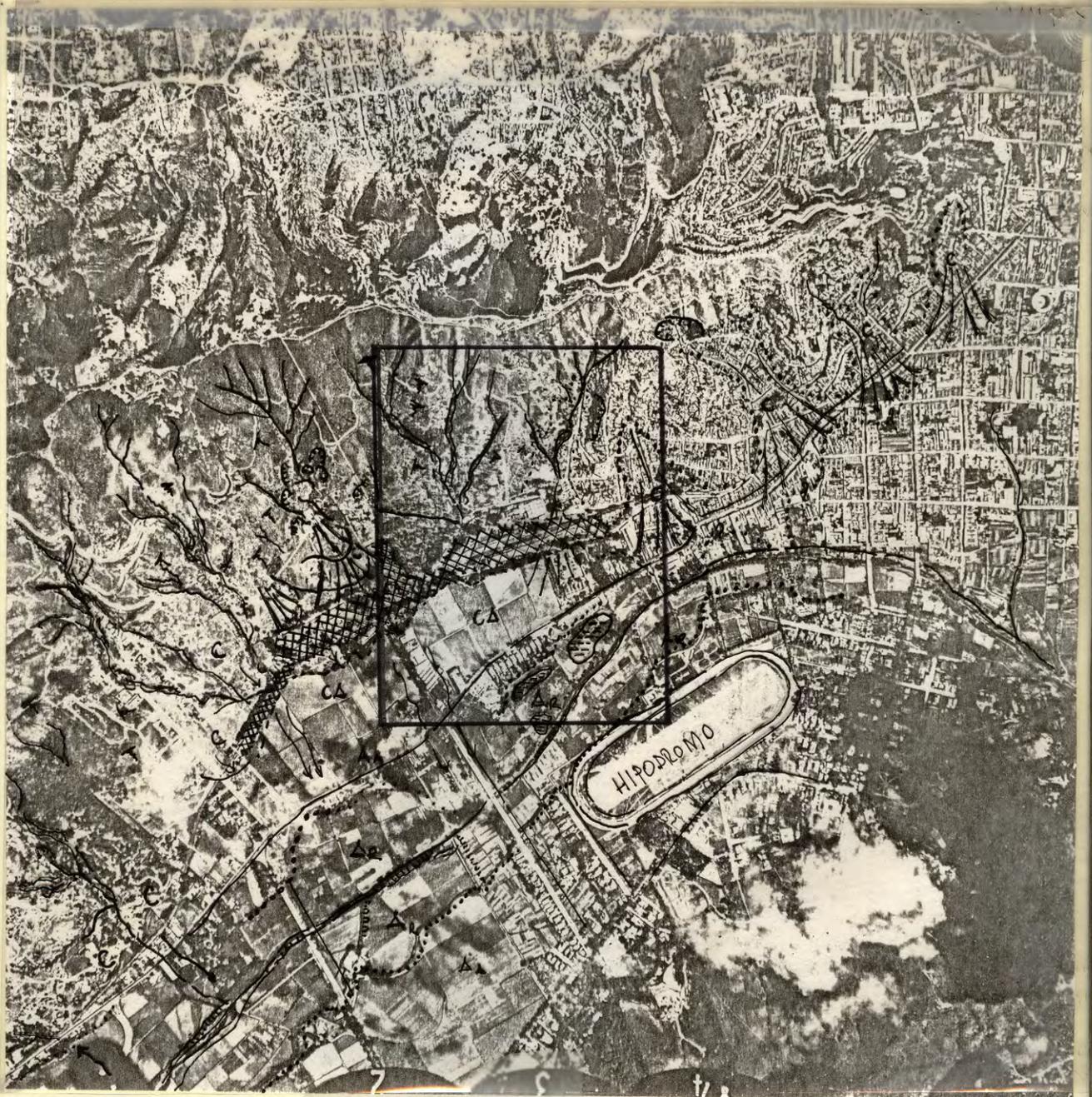
Obviamente está de más señalar que toda circunstancia negativa se verá acentuada con la profundidad (mayores niveles de esfuerzos litoestáticos e hidroestáticos) así como por la presencia de aguas bajo importantes gradientes como es lógico sean los existentes en este caso, en consideración del mismo marco geomorfológico señalado para esta área específica.

# GEO MECANICA

INGENIEROS CONSULTORES



MISION 8. AÑO 1936 ESCALA 1:15 000



C = COLUVION

CA = COLUVIO-ALUVIAL

AR = ALUVIONES RECIENTES

AA = ALUVIONES ANTIGUAS



TERRAPLEN FERROCARRIL



DRENAJES



RIO GUAIRE Y SUS BORDES



LAVADO SUPERFICIAL.



CONOIDES



DESLIZAMIENTOS Y CANTERAS



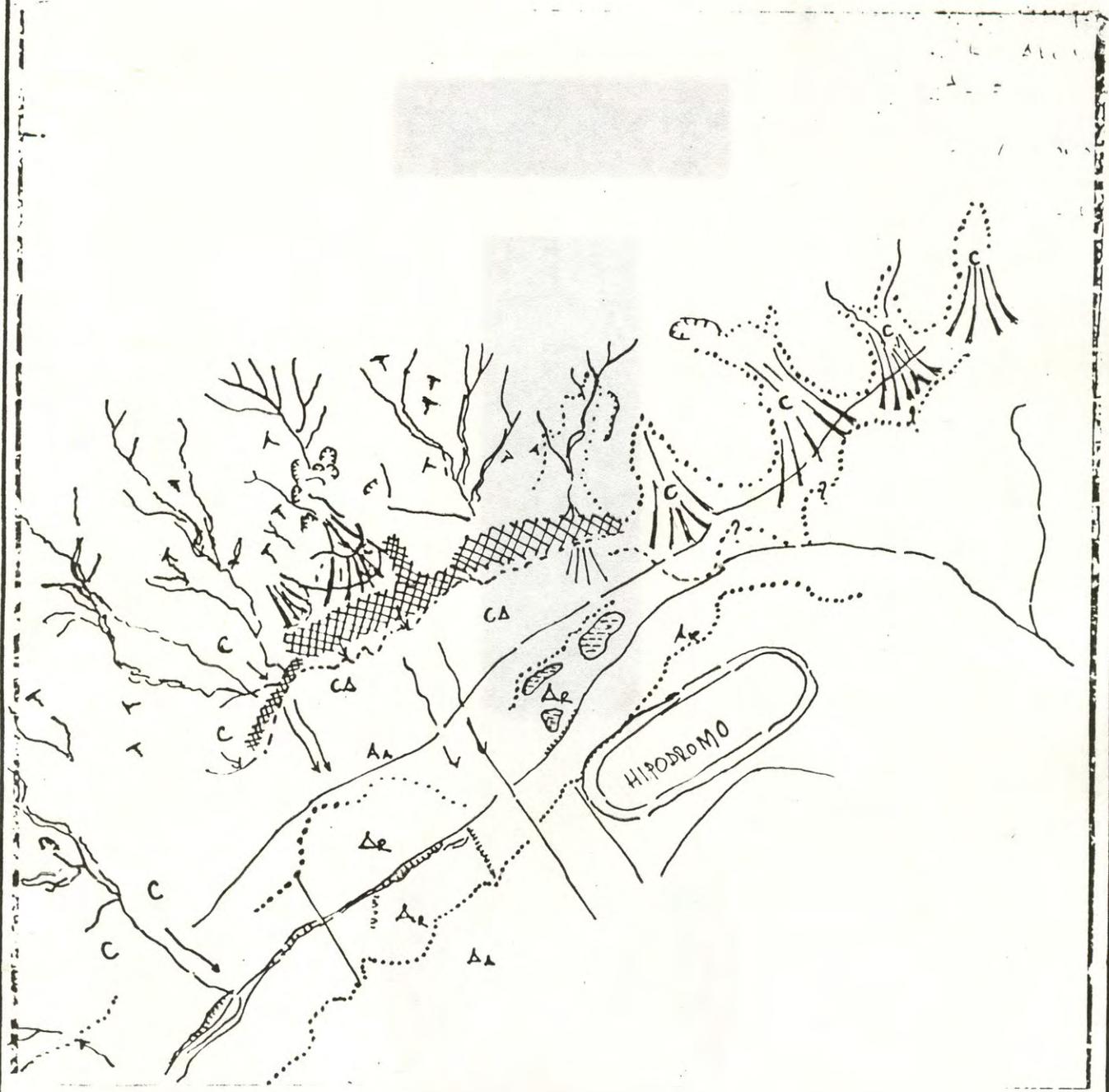
DEPRESIONES (PROBABLES LAGUNAS EFIMERAS.)

# GEO MECANICA

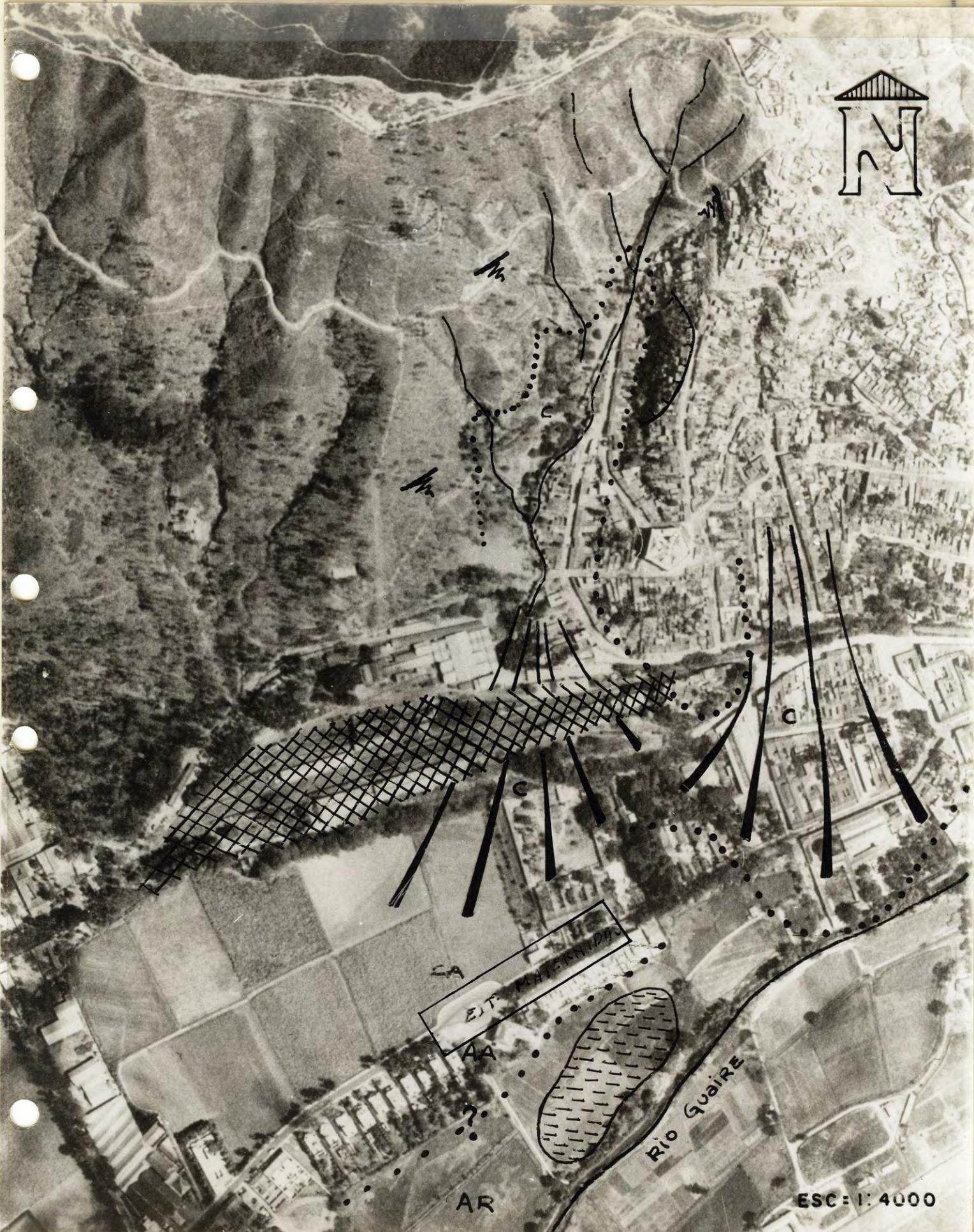
INGENIEROS CONSULTORES

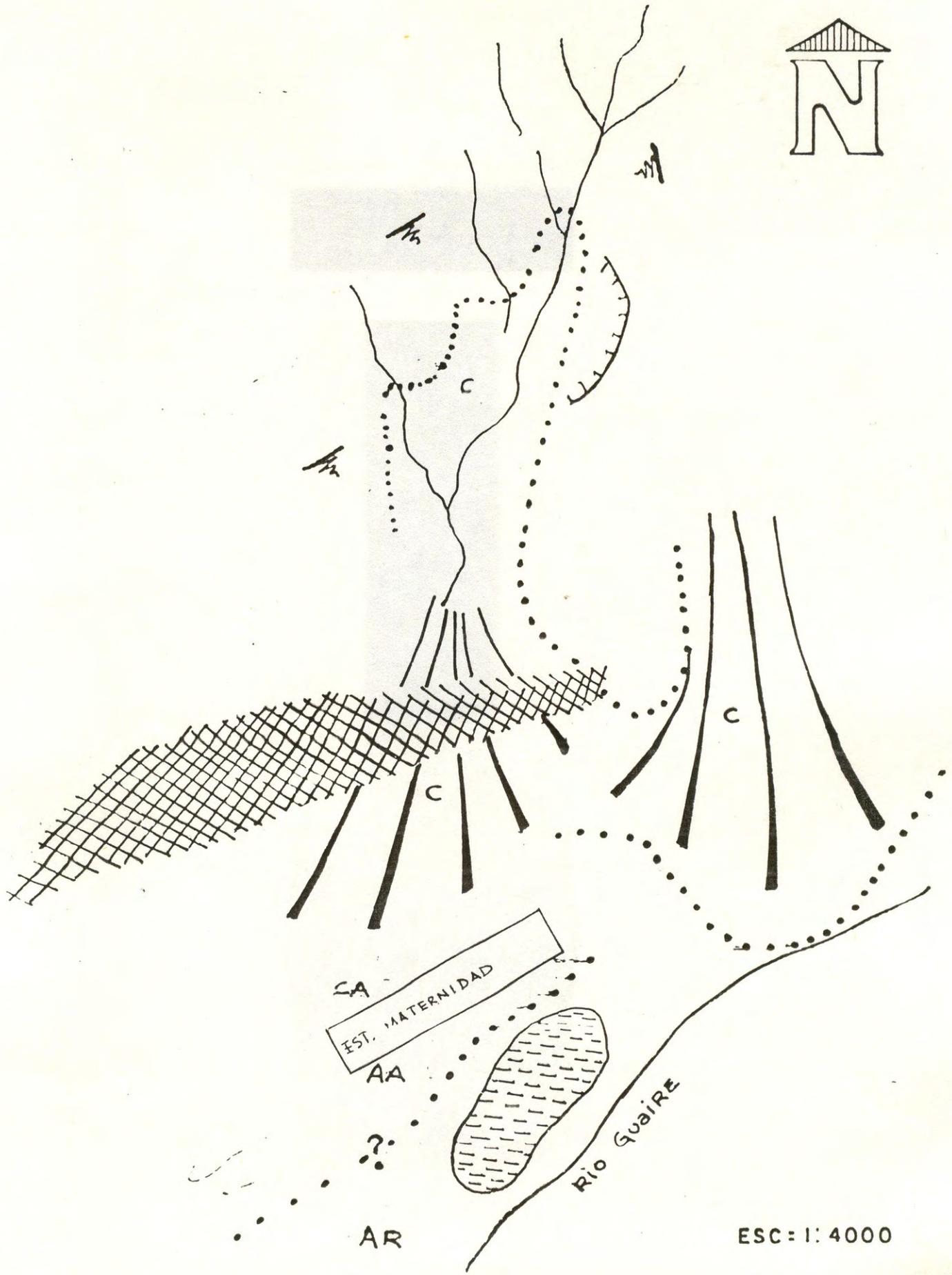
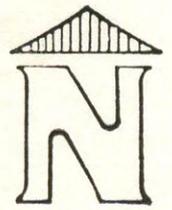


MISION 8. AÑO 1936 ESCALA 1:15 000



- |                          |                         |   |
|--------------------------|-------------------------|---|
| C = COLUVION             | TERRAPLEN FERROCARRIL   | CONOIDES                                  |
| CA = COLUVIO-ALUVIAL     | DRENAJES                | DESLIZAMIENTOS Y CANTERAS                 |
| AR = ALUVIONES RECIENTES | RIO GUAIRE Y SUS BORDES | DEPRESIONES (PROBABLES LAGUNAS EFIMERAS.) |
| AA = ALUVIONES ANTIGUAS  | LAVADO SUPERFICIAL.     |   |





ESC: 1: 4000