



INFORME ESTUDIO GEOTÉCNICO

<u>Proyecto:</u>	Edificio en altura
<u>Localización:</u>	Calle Lamadrid – B° Ciudad de Santa Fe
<u>Cliente:</u>	Poder Judicial de la Prov. de Sta Fe
<u>Fecha:</u>	Noviembre de 2.022

ÍNDICE

1. Antecedentes, Objeto y Alcance del Estudio
2. Metodología, Normativas de referencia, Acreditaciones
3. Resumen de los trabajos realizados
 - 3.1. Trabajos de campo
 - 3.2. Ensayos de Laboratorio
4. Análisis físico de la parcela
5. Ambiente geológico del área
6. Caracterización geotécnica de la estratigrafía
7. Definición de las alternativas de cimentación
8. Conclusiones y Recomendaciones Generales
9. Anexos
 - Plano del predio y emplazamiento de sondeos
 - Planillas-síntesis de resultados de campo y laboratorio
 - Anexo fotográfico



1. Antecedentes, Objeto y Alcance del Estudio

El presente estudio es consecuencia de la implementación de una edificación en altura con semi-subsuelo, planta baja y tres pisos altos, más un sector que se desarrolla solo en Planta Baja.

Los objetivos fundamentales son:

- Proporcionar conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas del área que puedan incidir sobre la futura construcción
- Definir y analizar el tipo de cimentación más recomendable para el tipo de construcción prevista, de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.

La estructura de la obra será un entramado independiente en hormigón armado.

Para la ejecución del presente estudio el Cliente ha facilitado la documentación necesaria para la correcta situación y definición de los problemas geotécnicos planteados, aportando éste la siguiente información:

- Plano de situación de la parcela en estudio y datos del proyecto
- Dimensiones del terreno

2. Metodología, Normativas de referencia, Acreditaciones

Para la definición del tipo de campaña geotécnica a realizar, se han tenido los siguientes documentos:

- Norma CIRSOC 401
- Normas de ensayos de IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales)

La intensidad de los reconocimientos depende de las características de las obras y el tipo de terreno que se presume hallar, de acuerdo a la experiencia local.

La empresa Justo Domé & Asociados SRL posee la acreditación en la Gestión de la Calidad según norma ISO 9001 – 2015, revalidada anualmente.



3. Resumen de los trabajos realizados

3.1. Trabajos de campo

Los trabajos de campo realizados para caracterizar el subsuelo del predio han consistido en:

- Tres sondeos a barreno con avance manual de 20,00 m de profundidad cada uno de ellos, identificados como P1 a P3.
- En el interior de los sondeos se han ejecutado ensayos SPT metro a metro desde 0,50 m de profundidad.

Los mencionados trabajos han sido ejecutados por personal y equipamiento de la propia Empresa, con la supervisión técnica de los profesionales del área Geotécnica, y cumplimentando las pautas y procedimientos normalizados que exigen nuestro control de calidad y trazabilidad para los estudios de campo, y las Normas IRAM y CIRSOC.

En los Anexos que acompañan al presente Informe, se indica la ubicación en Planta de los diversos sondeos con sus coordenadas geográficas, y los resultados obtenidos.

Se adjunta además un Reporte Fotográfico de los trabajos realizados.

3.1.1. Sistema de perforación utilizado

Manual

Por la naturaleza de los suelos atravesados resultó factible emplear un procedimiento de avance manual, consistente en penetrar un barreno con rotación aplicando una fuerza a los extremos de una barra horizontal, lo que permitió el llenado de una herramienta helicoidal que se retiraba del pozo al colmatarse, permitiendo obtener muestras alteradas. El movimiento de barras de perforación se efectúa con la ayuda de trípode y poleas.

Este avance se interrumpió cuando se decidió realizar ensayos SPT en el interior del sondeo. La estabilidad de las paredes de la perforación se realizó mediante el empleo de lodo bentonítico procesado con dispositivos ad hoc y movilizado por bomba motorizada, aunque incorporado al sondeo de manera estática.

3.1.2. Ensayo SPT

Los ensayos SPT han respondido a la Norma IRAM 10517/70, y han sido efectuados mediante la hincada de un sacamuestras bipartido (o de Terzaghi) de 2" de diámetro exterior (interior con tubo portamuestras diámetro interno final 35mm), hincado al dejar caer libremente una maza de 140 libras (63,5 kg), desde una altura de 30" (762 mm) sobre la cabeza de golpeo de las barras de sondeo.



Como alternativa para suelos cohesivos se ha utilizado el sacamuestras ideado por el Ing. Oreste Moretto (con zapatas intercambiables y tubos portamuestras de PVC)

De los ensayos realizados en arenas entre el N (SPT) y el N' del sacamuestras de zapatas intercambiables se llegó a la siguiente relación experimental:

$$N(SPT) = 0,8. N'$$

En la determinación de la resistencia a penetración de una arena influye la profundidad a la cual se practica el ensayo, debido al confinamiento producido por la presión de la sobrecarga. Puede ocurrir que al aumentar la profundidad exhiba valores mayores de densidad relativa que la real.

Si se considera normal el valor de N a una profundidad que corresponde a una presión efectiva de sobrecarga de 10 t/m², el factor de corrección CN que hay que aplicar a los valores de N para otras presiones efectivas diferentes está dado por la expresión:

$$CN = 0,77. \log 200/p$$

Donde:

CN = Factor de corrección

p = Presión efectiva debida a la sobrecarga (t/m²).

3.1.3. Medición del nivel freático

Durante las labores de campaña se efectuó la determinación instantánea de la lámina subterránea. El nivel medio se detectó a 2,70 m de profundidad aproximada, desconociéndose su régimen de variación y/o alturas máximas.

3.2. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos de Laboratorio realizados para la identificación de los distintos suelos y determinación de los parámetros geotécnicos más relevantes en el estudio de la cimentación, han consistido en:

- Granulometría (vía húmeda)
- Límites de Atterberg (s/normas IRAM 10501/68 y 10502/68)
- Humedad natural
- Lavado sobre Tamiz No. 200 (s/norma IRAM 10507/69)
- Densidad seca y húmeda



4. Análisis Físico de la Parcela

4.1. Situación de la parcela

La parcela objeto del estudio se sitúa sobre la calle Lamadrid en Barrio Roma de la ciudad de Santa Fe. Existen edificaciones linderas.

4.2. Morfología del lote

El terreno es un rectángulo con dimensiones en el orden de 25 m x 55 m.

4.3. Topografía del predio

La parcela presenta una topografía llana, sin accidentes marcados. Las cotas de boca de los sondeos P1 a P3 se encuentran entre 0,40 y 0,52 m por encima del nivel del punto fijo arbitrario de cota + 50.-m en el cordón del extremo Sur del predio.

5. Ambiente geológico del área

En función del análisis de los materiales que componen la columna geológica superior, la provincia de Santa Fe se ha dividido en cuatro sistemas morfo-sedimentarios diferentes: el Chaco Santafecino, la Pampa Norte, la Pampa Sur y el Sistema del Río Paraná.

En la zona oriental de la provincia, los depósitos sedimentarios reflejan el aporte del Paraná, por lo que la arena es el elemento esencial, integrándose en la Formación Ituzaingó, que alcanza hasta unos 50.-m de espesor, y la mayor cercanía con el río permite hallar la arena más cerca de la superficie.

La cubierta superficial corresponde a materiales finos de naturaleza limo-arcillosa, producto del aporte sedimentario más reciente y de acciones antrópicas. Estos suelos vinculados a las formaciones Hernandarias y el Loess Pampeano corresponden a depósitos fluviales y eólicos respectivamente, que en muchos casos fueron erosionados y re-transportados, generando la formación de los suelos en sus estratos superiores.

6. Caracterización geotécnica de la estratigrafía

Los suelos atravesados muestran un manto superior de suelos arcillosos y limosos magros de color castaño y verdoso, de consistencia variable (hay una capa intermedia blanda), seguido de arenas limosas medias a densas y muy densas de coloración amarillenta hasta 11.-m y luego grisáceo-verdosas hasta el final de las auscultaciones. Se aprecia el gradiente de densificación en el cuadro:



Sondeos	P1	P2	P3
Cotas de Boca	50.52	50.48	50.40
N.F.	- 2.65 m	- 2.55 m	- 2.60 m
Prof. (m)	Valores de N de los ensayos SPT		
1.00	23	28	14
2.00	5	7	7
3.00	1	2	8
4.00	4	4	5
5.00	29	>50	39
6.00	>50	27	45
7.00	>50	11	>50
8.00	>50	34	>50
9.00	>50	>50	>50
10.00	>50	>50	>50
11.00	>50	31	27
12.00	>50	19	29
13.00	>50	32	37
14.00	>50	37	48
15.00	>50	43	>50
16.00	>50	>50	>50
17.00	>50	>50	>50
18.00	>50	>50	>50
19.00	>50	>50	>50
20.00	>50	>50	>50

Código de coloración

Arcillas y limos magros

Arenas limosas



- Desde la superficie hasta los 6.-m en P1 y P3 y 5.-m en P2, se halló un manto bastante homogéneo de materiales arcillo-limosos magros de clasificación en el sistema SUCS como CL. ML y CL-ML (arcillas limosas de baja compresibilidad), de coloración castaña clara a verdosa, con consistencia variable en un rango amplio (van de blandas a muy compactas con cierta irregularidad). Las plasticidades varían ampliamente entre 3 y 22%. Las humedades naturales oscilan en general en el rango del Estado Plástico, aunque se advierte una elevación por encima del LL en la capa blanda.
- Desde el límite anterior, alumbrada con continuidad una arena limosa y mal graduada, (SM, SP-SM, SP) No Plástica, ó de IP muy bajo. El color es amarillento hasta 11.-m y luego grisáceo-verdosa.
- La densificación es variable entre sondeos, pero crece en profundidad (desde densa a muy densa y valores de N superiores a 50 golpes).

7. Definición de las alternativas de cimentación

Teniendo en cuenta los antecedentes, estudios de campo, y ensayos de Laboratorio se sugieren adoptar las siguientes propuestas de fundación:

Alternativa de fundaciones directas (para cargas menores)

A 0,60 m de profundidad de las cotas de boca de los pozos es factible adoptar una tensión admisible de 0,50 kg/cm², y un Coeficiente de Balasto de 0,80 kg/cm³. Se sugiere utilizar un ancho de zapata máximo de 1,20 m.

Alternativa de fundaciones indirectas

Se adoptan fundaciones "indirectas" o profundas mediante pilotes, excavados y posteriormente hormigonados "in situ", con uso de lodo bentonítico proyectados de acuerdo a los siguientes datos de diseño:

- Cotas y tensiones admisibles de punta:

Profundidad (m)	"N" pr spt	Tensión Admisible de Punta (ton/m ²)	
		C. Permanentes	C. Accidentales
-5,50	29	50,00	65,00
-9,00 (*)	50	125,00	145,00
-14,00 (*)	43	200,00	230,00
-16,00 (*)	50	245,00	270,00



– (*) **Precarga:**

La celda de precarga se materializará, constructivamente, de acuerdo a la siguiente metodología definida a partir del diámetro del pilote:

- Para $\phi < 0,80$ m., se efectuará la perforación, y posteriormente se colocará el árido (piedra partida) vertido.
- Para $\phi > 0,80$ m. se colocará un canasto, de tejido metálico, con el árido (piedra) en su interior.

La precarga deberá efectuarse mediante inyección de lechada a una presión igual a la tensión de punta de servicio más $10,00 \text{ t/m}^2$ y mantenida el tiempo necesario para asegurar su adecuada infiltración. Los valores de las tensiones admisibles se alcanzan con cañerías de presión metálicas e inyecciones en etapas sucesivas. El empleo de cañería convencional es hasta valores de $170 - 190 \text{ t/m}^2$, según la resistencia del caño.

– **Fricción lateral admisible:**

Profundidad [m.]	Npr.	SUCS	fl adm [t/m^2]	kh [Kg/cm^3]
De $\pm 0,00$ a $-1,00$	----	----	Cabezal	----
De $-1,00$ a $-4,00$	3	CL	0,40	0,80
De $-4,00$ a $-8,00$	20	CL	2,20	3,80
De $-8,00$ a $-16,00$	40	CL	2,90	4,60

Notas:

- A los efectos de evaluar los esfuerzos de tracción, las fricciones admisibles sugeridas deben minorarse un 50%.
- Para las mayores longitudes se recomienda adoptar pilotes con un ϕ igual o mayor a $0,60$ m.
- Las tensiones recomendadas están en función de un fuste activo resultante de descartar solamente $1,50$ m desde la superficie, para cabezales y arriostramientos.
- No se admite la adopción de bulbo ensanchado por cuanto las recomendaciones de la punta se ubican en material arenoso.



8. Conclusiones y recomendaciones generales

- Se deberá tomar en consideración el Efecto de Grupo de los pilotes. El Coeficiente de Eficiencia será de 1, para separaciones entre ejes iguales o superiores a 3 diámetros (D). Para separaciones entre 1 D y 3 D se interpolará linealmente entre 0,7 y 1.
- En este caso particular se considera conveniente la implementación de sistemas de precarga, efectuando un detallado seguimiento mediante planillas donde se indique: diámetro del pilote, presión de media y máxima, tiempos de inyección, número de bolsas de cemento utilizadas, otro.
- Pese a que la precarga mejora además sustancialmente las componentes de fricción en el extremo inferior del pilote, por razones de precaución, se aconseja mantener los valores propuestos anteriormente.
- Los cabezales de pilotes, deben rigidizarse convenientemente en dos sentidos ortogonales, caso contrario deberá efectuarse una adecuada redistribución de la estructura o fundación.
- Resolver las fundaciones de las columnas de medianera, anulando la excentricidad mediante "vigas de equilibrio" en colaboración con las bases enfrentadas transversalmente.
- En relación a la presencia de agua subterránea deberá contemplarse en el proyecto su evacuación en caso de ingresos eventuales.

Para excavaciones y trabajos superficiales:

- Las características del perfil geotécnico, la profundidad de las excavaciones y las condiciones generales de las construcciones linderas (condiciones particulares a relevar cuidadosamente, y si se requiere con constancia notarial), determinan la necesidad de adoptar todas las precauciones previstas en el "REGLAMENTO DE EDIFICACIÓN de la MUNICIPALIDAD de la CIUDAD de SANTA FE" - CAPÍTULO 4°. Esto tiende a asegurar la estabilidad de las paredes de las excavaciones, para sub-muraciones y particularmente si se construyen subsuelos o el núcleo del ascensor. Además tienden a prevenir y evitar todo tipo de inconvenientes en las paredes linderas, tanto en las estructuras como en otros elementos e instalaciones.
- Los trabajos definitivos de reparación (en el caso de afectarse medianeras o construcciones próximas) se efectuarán una vez finalizado el proceso constructivo, procediéndose en el ínterin a solucionar provisoriamente tales deterioros, y en particular los de carácter funcional tales como cañerías de cualquier tipo, vidrios, marcos de puertas y ventanas, etc. Estos trabajos deben acordarse con el lindero con el adecuado asesoramiento legal.
- Efectuar, antes de iniciar la obra, un relevamiento de los circuitos hídricos, particularmente pozos absorbentes y en el caso de detectarse tales pozos, aljibes, zanjas de sanitarios y/o zonas de relleno u orgánicas, debe procederse a su limpieza total y posterior relleno con suelo del lugar compactado



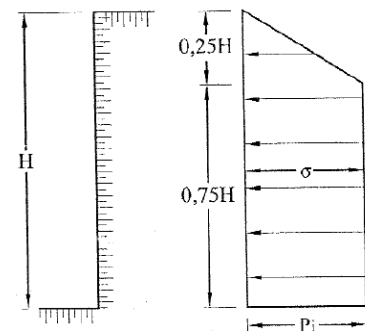
manualmente en capas no superior a 0,15 m. y preferiblemente estabilizado con la adición de un 5% de cemento o 3 % de cal.

- Los rellenos de las excavaciones superficiales que se ejecuten serán realizados con aporte de suelo adecuado (IP < 15) normalmente humedecido y compactado a medida que se coloca. Se prohíbe expresamente la inundación de las excavaciones rellenas e incluso debe evitarse la infiltración de agua de lluvia o de cualquier origen luego de finalizado el relleno.
- No trabajar con aperturas de excavaciones amplias, tratando de cerrarlas en tiempos mínimos.
- A los efectos del cálculo de empujes sobre paramentos verticales enterrados que pudieran existir se deberán considerar el siguiente esquema de distribución:

Para arcillas medianamente compactas:

$$K_a = 1 - (4 \cdot C / \gamma \cdot H), \quad P_i = K_a \cdot \gamma \cdot H \quad \text{ó} \quad 0,30 \cdot \gamma \cdot H$$

$$\gamma = 1,75 \text{ t/m}^3$$



Se deberá agregar la presión hidrostática en el caso en que correspondiera

Para fundaciones indirectas

- Se extremarán los controles de los pilotes durante la ejecución en cuanto a:
 - Perfecto replanteo del eje del pilote (evitar excentricidades).
 - Perfecta verticalidad de la excavación (evitar inclinación).
 - Perfecto centrado de las armaduras colocando separadores (evitar armaduras sin recubrimientos).
 - Se convendrán términos contractuales con:
 - El subcontratista de pilotes en cuanto a cualquier defecto ejecutivo del mismo, sean derrumbes, cortes, desviaciones, insuficiente presión de precarga, limitación del exceso de hormigón respecto al volumen teórico o nominal, etc.
- Las relaciones dimensionales (aproximadas) entre el pilote nominal y el real ejecutado no podrán superar los valores indicados a continuación:



Suelo	D_1 / D_0	V_1 / V_0	$\Delta V / V_0$
Cohesivo compacto	1,05 a 1,10	1,10 a 1,15	0,10 a 0,15
Cohesivo blando o suelo mixto	1,10 a 1,15	1,15 a 1,20	0,15 a 0,20
Granular denso	1,10 a 1,25	1,15 a 1,30	0,15 a 0,30
Granular medio o suelto	1,15 a 1,35	1,20 a 1,40	0,20 a 0,40
Rellenos sanitarios (basurales, etc.)	1,25 a 1,40	1,30 a 1,45	0,30 a 0,45

Donde:

D_0 y V_0 corresponden al pilote nominal o teórico.

D_1 y V_1 corresponden al pilote ejecutado real.

Las relaciones exactas $\Delta V / V_0$ se determinarán con las dimensiones teóricas (según planos) y las reales del consumo de hormigón (según control de obra).

A partir del estudio de suelos y de la ejecución del primer pilote, se adoptarán medidas constructivas que tiendan a minimizar esta relación, tales como encamisado superior, aumento de la densidad del lodo bentonítico, exceso columna de agua interior, etc.

- Con el proveedor de hormigón en cuanto a: dosajes, asentamientos, equipos de transportes (mixers) y llegada a tiempo en la secuencia del hormigonado del pilote.
- **Inyección en etapas sucesivas a presión creciente:** de no alcanzar la presión prevista o requerirse más bolsas de cemento, se procederá por etapas sucesivas según se indica.
Suspender la inyección - lavado de la cañería - continuar con otros pilotes – reanudar a las 24 hs (mínimo 8 hs, en el día) reanudar con una lechada menos fluida – controlar.
- **Control de la precarga:** todo el proceso se controlará mediante una planilla que discrimine los siguientes parámetros: tiempos, presiones y consumo de cemento.
- **Control de integridad:** la dimensión de la obra, orden de cargas, diámetro y longitud de los pilotes, y la inyección de precarga determinan la recomendación de efectuar un análisis de integridad de todos los pilotes con los procedimientos adecuados.



9. Anexos

Plano del predio y emplazamiento de sondeos

Planillas-síntesis de resultados de campo

Anexo fotográfico

Ing. Cristóbal Domé

Justo V. Domé
Gerente General