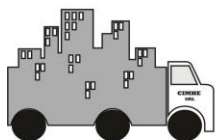
**CIMHE**
SRL**CIMHE**
GEOTÉCNICA**CIMHE**
INSUMOS SAS**GRUPO CIMHE****Cliente:** OPISU
OT: 22351-24**Fecha:** 30/10/2024
Página 1 de 36**Solicitado por:** OPISU-Organismo Provincial de Integración Social y Urbana**Proyecto Ubicación:** Equipamientos Comunitarios, San Justo, La Matanza.

**ESTUDIO GEOTÉCNICO Y CALIDAD DE MATERIALES PARA
FUNDACIÓN Y/O EXCAVACIÓN. Estudio de Condiciones Generales
Ambientales.**

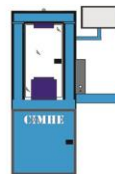
Realizado por: Ing. Jesús Rojas

Octubre 2024



CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA SAS



CIMHE
INSUMOS SAS

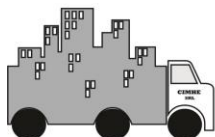
GRUPO CIMHE

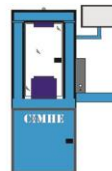
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 2 de 36

CONTENIDO

1.	OBJETIVO Y ALCANCE	3
2.	METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA EVALUACIÓN DEL SUBSUELO, CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y SITUACIÓN AMBIENTAL.	4
3.	ANTECEDENTES Y GEOMORFOLOGÍA	13
4.	PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DE LOS MATERIALES Y ESTIMACIÓN DE CAPACIDADES DE CARGA DEL SISTEMA DE FUNDACIONES. CALIDAD DE MATERIALES.	14
5.	PARAMETROS QUIMICOS, AIRE, AGUA Y SUELOS.	25
6.	ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS	25
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
8.	BIBLIOGRAFÍA	36


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 3 de 36

1. OBJETIVO Y ALCANCE

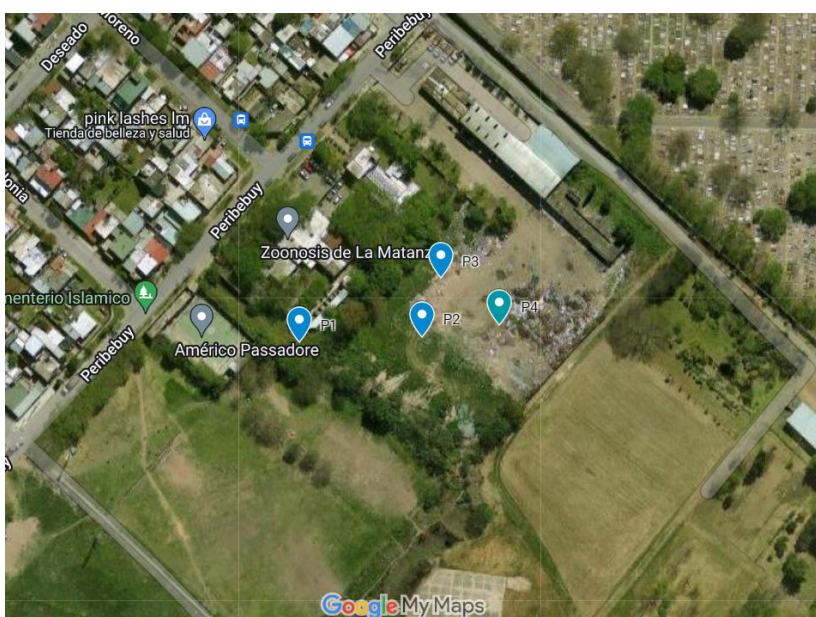
El presente informe tiene por objeto estudiar las características geotécnicas de la parcela ubicada en San Justo, La Matanza, Provincia de Buenos Aires sobre la calle Peribebuy entre las calles Colonia y Los Andez. El estudio solicitado por OPISU, se orienta principalmente a evaluar las condiciones geotécnicas y de fundación para edificaciones nuevas incluyendo pavimentos. Se planifica además evaluar condiciones ambientales generales en términos de contaminación del suelo, agua y aire.

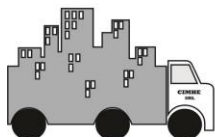
Se evalúa en este sentido la calidad y propiedades geomecánicas de los materiales que conforman el suelo de la zona, estudiados en cuatro (4) perforaciones exploratorias de 10 metros de profundidad cada una, ubicadas según se muestra más adelante en este documento. La exploración se planifica solo hasta 10 m de profundidad vinculando este alcance con la tipología estructural de posible proyectos planificados en la zona.

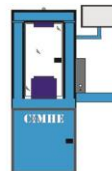
El suelo de fundación es explorado y estudiado usando la Prueba de Penetración Estándar SPT, bajo la normativa ASTM D-1586. Las muestras obtenidas a cada metro de profundidad son evaluadas y caracterizadas en el laboratorio. Se reportan los resultados obtenidos tanto en sitio como en laboratorio, en las planillas correspondientes. Tal información permite estimar un perfil litológico generalizado del área en estudio, así como las propiedades físicas y geomecánicas de los materiales que conforman el suelo de fundación.

Finalmente se aprovecha el estudio para estimar capacidad de fundación en sistemas directos e indirectos considerando lo evaluado a cada metro explorado. Los trabajos de Campo exploratorios se realizan en asistencia a obra por parte de nuestro personal técnico el 25 de septiembre de 2024.

Imagen 1 Zona de Estudio, Ubicación de perforaciones. Tomada de Google Maps (2024).




CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 4 de 36

2. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA EVALUACIÓN DEL SUBSUELO, CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y SITUACIÓN AMBIENTAL.

El Estudio se desarrolla sobre terreno cuya envolvente topográfica es de predominantemente plana para la fecha. En la zona se realizan cuatro (4) perforaciones exploratorias, identificadas como P1, P2, P3 y P4 sobre la cual se alcanzaron profundidades de hasta 10 m.

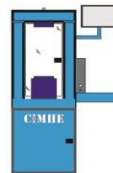
Tal y como fue enunciado en el objetivo, la exploración se realiza a través de la Prueba de Penetración Estándar SPT, según Norma ASTM D-1586-99, que consiste en contar el número de golpes necesarios para hincar una saca muestras tipo cuchara partida de 2" de diámetro exterior, en 12" (30 cm) utilizando un martillo de 140 lb (63.5 Kg) de peso, con caída libre de 30" (76 cm), es decir, con una energía de 4200 libras. pulgada (48.26 Kg.m). El número de golpes requerido para alcanzar una penetración de 30 cm es registrado como índice de penetración normal SPT.

El ensayo se aplica hasta profundidades indicadas por el cliente, entendiendo que estas son estimadas en función de la edificación y/o instalaciones proyectadas logrando obtener rechazo, es decir, buscando lograr la penetración establecida para un número de golpes superiores a los 30-40, lo que implica la existencia de un material de mayor resistencia. Se recuperan muestras en los últimos 30 cm de cada metro de perforación, colocándolas en envases plásticos debidamente sellados e identificados para su traslado al laboratorio, donde fueron caracterizadas según la Normas ASTM D 2216, D 1140-00, D 422-63 y D 4318-00, correspondientes a los ensayos de contenido de humedad natural (horno a 110°C), granulometría por lavado y tamizado, límites de consistencia (LL y LP) y peso unitario húmedo.

A partir de los datos obtenidos en sitio y en laboratorio efectuados en este estudio, se elaboran perfiles litológicos por perforación y cuando sea posible generalizado, considerando los siguientes aspectos y/o criterios:

- *Espesor y tipo de suelo correlacionados por similitud:* según la similitud de capas de materiales existentes metro a metro, se agrupó en tipos litológicos en función de la granulometría y límites de consistencia (S.U.C.). Ello permite establecer un "amarre" vertical y diferenciar en cuanto a espesores de capas sucesivas.
- *Número de golpes SPT generalizado (N_{spt}):* se toma la menor magnitud de los N_{spt} medidos en todas las perforaciones a la misma profundidad,
- Consistencia o compacidad relativa basada en el número de golpes SPT.
- Peso unitario generalizado por metro = promedio -1,5. desviación estándar si fuese el caso.
- Esfuerzo efectivo generalizado basado en el peso unitario.


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 5 de 36

Tabla 1. Consistencia o compacidad relativa para suelos en función de N_{spt}. Fuente De Marco

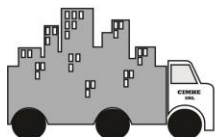
<i>Para Suelos Cohesivos</i>	
N_{spt}	Consistencia
< 2	Muy Blanda
2 - 4	Blanda
4 - 8	Mediana o Firme
8 - 15	Compacta
15 - 30	Muy Compacta
> 30	Dura
<i>Para Suelos Granulares</i>	
N_{spt}	Compacidad Relativa
< 4	Muy Suelta
4 - 10	Suelta
10 - 30	Medianamente Densa
30 - 50	Densa
> 50	Muy Densa

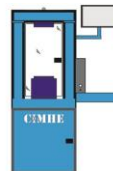
- Número de golpes SPT corregido ($N_{1(60)}$ o $N_{(60)}$) generalizado en función del esfuerzo efectivo y $N_{(60)}$ generalizado. La corrección del número de golpes SPT se realizó mediante las siguientes expresiones:
 $N_{1(60)} = 0.7 \times C_{N \times} N_{SPT}$; donde: $C_N = 0.77 \cdot \log(200/\sigma'_{vo})$ y σ'_{vo} : Esfuerzo vertical efectivo a la profundidad del ensayo propuesto por Peck (1974), para suelos granulares. En suelos finos, la corrección del número de golpes SPT se realiza sólo por energía de entrega (60%) fijándose el factor igual a 0,7.
- Contenido de humedad y Límites de consistencia generalizados son un promedio aritmético correspondiente a cada profundidad en las que se midieron.
- Módulo de elasticidad y relación Poisson es estimado mediante las siguientes correlaciones y/o tabla.

Para arenas limosas: $E = 70 \sqrt{N_{1(60)}} \quad (\text{Kg/cm}^2)$

Tabla 2. Módulo de Elasticidad y Poisson para suelos varios, Fuente Braja Das [2]

Módulo de Elasticidad, E				
Tipo de Suelo	lb/pulg²	MN/m²	Kg/cm²	Relación Poisson, μ.
Arena Suelta	1500 - 3500	10,35 - 24,15	103 - 241	0,20 - 0,40
Arena Densa Media	2500 - 400	7,25 - 27,60	172 - 28	0,25 - 0,40
Arena Densa	5000 - 800	34,50 - 55,20	345 - 55	0,30 - 0,45
Arena Limosa	1500 - 2500	10,35 - 17,25	103 - 172	0,20 - 0,40
Arena y Grava	10000 - 25000	69,00 - 172,50	690 - 1724	0,15 - 0,35
Arcilla Suave	600 - 3000	4,10 - 20,70	41 - 207	0,20 - 0,50
Arcilla Media	3000 - 6000	20,70 - 41,40	207 - 414	
Arcilla Firme	6000 - 14000	41,40 - 96,60	414 - 966	


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 6 de 36

- Ángulo de fricción a partir del $N_{1(60)}$ utilizando el gráfico de correlación propuesto por Terzaghi y Peck et al (1974).

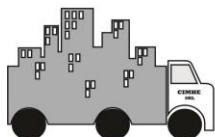
Gráfico 1. Ángulo de Fricción para Arenas Limosas

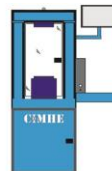


- Ángulo de fricción a partir del $N_{1(60)}$ utilizando correlaciones propuesto por Terzaghi propuestas por Peck et al (1974). Prieto D. Marco.
 $\phi = (15 N_{1(60)})^{0.5} + 15$ para vialidad y puentes (adaptada del Japanese Railway Standards)
 $\phi = 0.3 N_{1(60)} + 27$ para fundaciones superficiales (adaptada del J.R.S)
 Para Generalizar
 $\phi = 25 + 0.63 N_{1(60)}$ para $5 \leq N_{1(60)} \leq 20$
 $\phi = 34 + 0.18 N_{1(60)}$ para $20 < N_{1(60)} \leq 70$
- Resistencia a la compresión inconfiada y resistencia al corte no drenado para suelos cohesivos, adaptada al J.R.S. Prieto D. Marco.

$$q_u = 0.10 N(60) \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

$$s_u = 0.05 N(60) \quad (\text{Kg/cm}^2)$$


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 7 de 36

Tabla 3. Valores Estimados de Cohesión y Fricción Según Karol 1960.

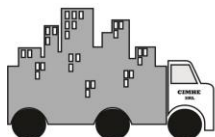
TIPO DE SUELOS	NSPT	Muestras Imperturbadas		
		Cohesión		Angulo de fricción
		(lb/pie2)	(kg/cm2)	(°)
SUELOS COHESIVOS	<2	250	0,12 - 0,00	0
	2 - 4	250 - 500	0,12 - 0,24	0
	4 - 8	500 - 1000	0,24 - 0,48	0
	8 - 15	1000 - 2000	0,48 - 0,97	0
	15 - 30	2000 - 4000	0,97 - 1,94	0
	>30	4000	1,94 - 0,00	0
SUELOS NO COHESIVOS	<10	0	0	28
	10 - 30	0	0	28 - 30
	>30	0	0	32
SUELOS INTERMEDIOS	<10	100	0,05 - 0,00	8
	10 - 30	100 - 1000	0,05 - 0,48	8 - 12
	>30	1000	0,48 - 0,00	12

Tabla 4. Valores de Cu en función de Nspt Según Terzaghi y Peck (1948) Arcillas

Saturadas

<i>Nspt</i>	<i>Cohesión (Cu)</i> <i>Kg/cm²</i>
< 2	< 0,125
2 - 4	0,125 - 0,25
4 - 8	0,25 - 0,5
8 - 15	0,5 - 1
15 - 30	1 - 2
> 30	> 2

- Módulo de Balasto Según Jimenez y Salas Cimientos III / Braja Das
- k (MN/m³) = 18 N1(60)
 $k = E_s / (B \cdot (1 - \mu^2))$ donde B es el ancho de la fundación.


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

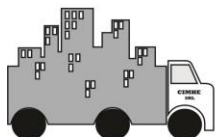
GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

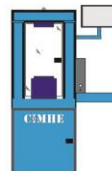
Fecha: 30/10/2024
Página 8 de 36

Tabla 5. Módulo de Balasto, Recomendaciones o Valores Referenciales Fuente Braja Das

<i>Tipo de Suelos</i>	<i>lb/pulg³</i>	<i>MN/m³</i>	<i>Kg/cm³</i>
Arena Seca o Humeda			
Suelta	29 - 92	8 - 25	1 - 2
Media	91 - 460	25 - 125	2 - 12
Densa	460 - 1380	125 - 375	12 - 37
Arena Saturada			
Suelta	38 - 55	10 - 15	1 - 1
Media	128 - 147	35 - 40	3 - 4
Densa	478 - 552	130 - 150	13 - 15
Arcilla			
Rigida	44 - 92	12 - 25	1 - 2
Muy Rigida	92 - 184	25 - 50	2 - 5
Dura	> 184	> 50	> 5

- Coeficientes y presiones de Empuje activos y Pasivos
Coeficiente de Presión Activa de Rankie $K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$ y la presión Activa de Empuje considerando el efecto de la cohesión c , es $\sigma_a = \sigma_v * K_a - 2 * c * (K_a)^{1/2}$, no se contempla en este caso inclinación de la superficie del terraplén.
Coeficiente de Presión Pasiva de Rankie $K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$ y la presión Pasiva de Empuje considerando el efecto de la cohesión c , es $\sigma_p = \sigma_v * K_p + 2 * c * (K_p)^{1/2}$, no se contempla en este caso inclinación de la superficie del terraplén.
En muchos casos de diseño, se considera nulo el efecto de la cohesión de modo de manejar situaciones más desfavorables de presiones sobre los muros o elementos de contención.
- Capacidad de carga de los suelos en función de la Teoría de Terzaghi
- Deformaciones y/o asentamientos en suelos en función de la teoría de elasticidad.
- Determinación más efectiva de resistencia a la compresión y valores de cohesión sobre suelos predominantemente cohesivos a través de ensayos de compresiones inconfiadas según lo expresado en la Norma ASTM D 2166. Para este estudio la aplicación de este ensayo permite verificar estos parámetros de resistencia del suelo y compararlos con los correlacionados por el NSPT.
- Correlaciones entre valores de CBR y exploraciones del subsuelo por SPT.
- Valores relativos de permeabilidad en suelos típicos
- Parámetros de reconocimiento de arcillas expansivas.


CIMHE
SRL

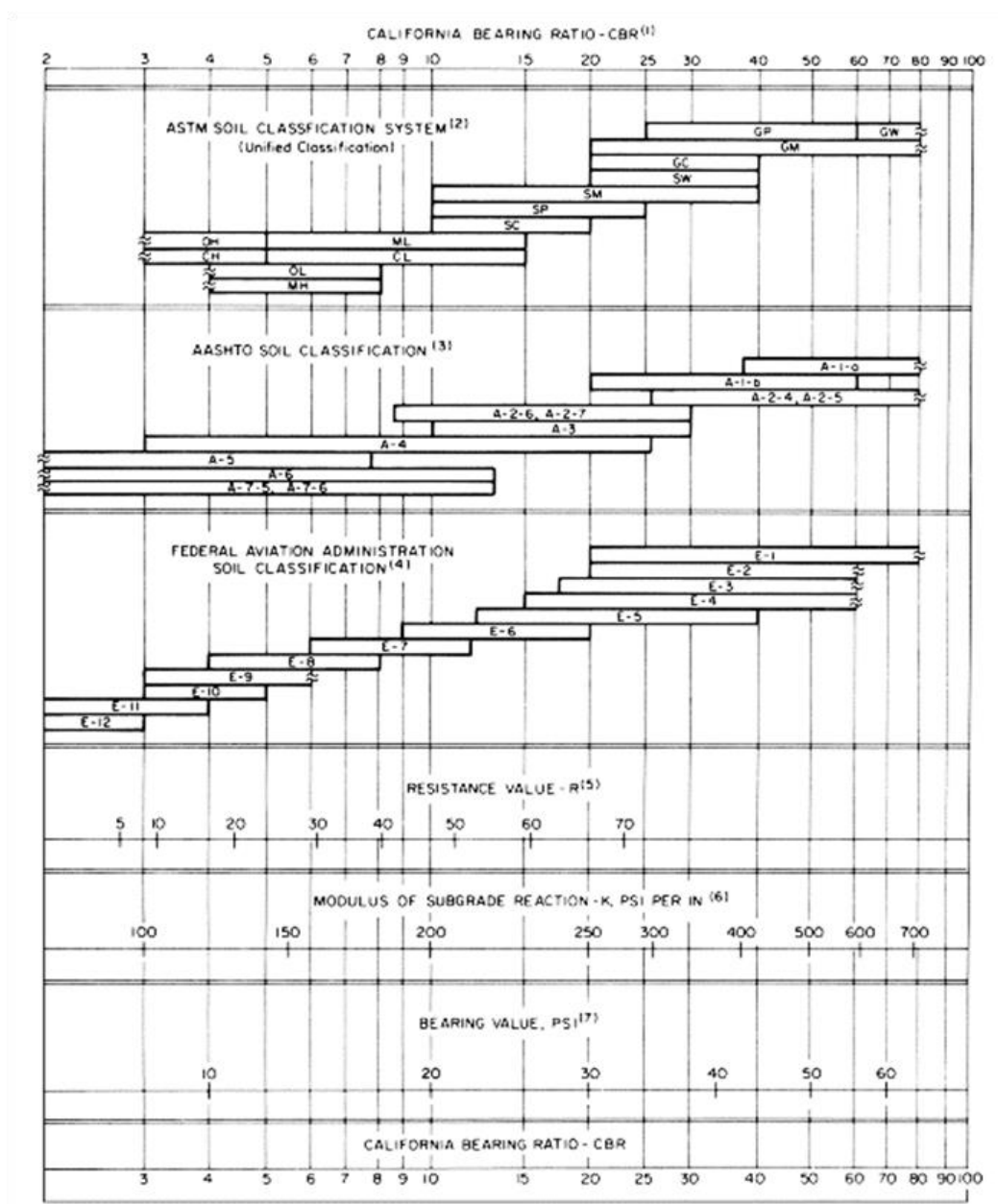
CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

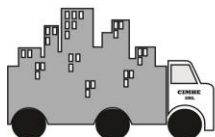
GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 9 de 36

Gráfico 2. Correlación en tabla entre Clasificaciones del Suelo y Valores de Soporte CBR y Modulo de Balasto. Fuente ICPA[6]




CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 10 de 36

Tabla 6, Relación entre CBR y Tensiones en el Suelo Confinado en Molde

Tensión sobre El Suelo CBR 100%	Carga CBR 100 %	
68,73 kg/cm ²	1.355,00 kg	CBR 100% (0,1")
103,08 kg/cm ²	2.032,00 kg	CBR 100% (0,2")

CBR (%)	Tensión Asociado (Kg/cm ²) al CBR para Penetración de 0,1" (2,54 mm)	Tensión Asociado (Kg/cm ²) al CBR para Penetración de 0,2" (2,54 mm)
5	3,44	5,15
10	6,87	10,31
15	10,31	15,46
20	13,75	20,62
25	17,18	25,77
30	20,62	30,92
35	24,06	36,08
40	27,49	41,23
45	30,93	46,38
50	34,37	51,54
55	37,80	56,69
60	41,24	61,85
65	44,68	67,00
70	48,11	72,15
75	51,55	77,31
80	54,99	82,46
85	58,42	87,61
90	61,86	92,77
95	65,30	97,92
100	68,73	103,08

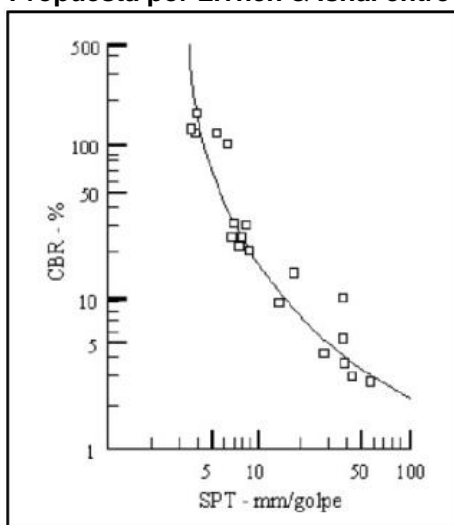
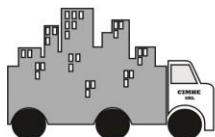
Gráfico 3 , Correlación Propuesta por Livnen & Ishai entre CBR y SPT en mm/golpe.


Figura 4. Gráfico logarítmico propuesto por Livnen & Ishai-1987, para correlación de SPT con CBR
Fuente: Hidalgo Andrade Felipe Adrián (2007), Definición moderna de los parámetros para el diseño de pavimentos


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

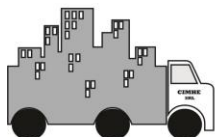
Fecha: 30/10/2024
Página 11 de 36

Tabla 7 Relación entre NSPT ASTM D1586 y SPT en mm/golpe

NSPT (Necesarios para penetrar 300 mm)	SPT mm/golpe	NSPT (Necesarios para penetrar 300 mm)	SPT mm/golpe
1	300,0	31	9,7
2	150,0	32	9,4
3	100,0	33	9,1
4	75,0	34	8,8
5	60,0	35	8,6
6	50,0	36	8,3
7	42,9	37	8,1
8	37,5	38	7,9
9	33,3	39	7,7
10	30,0	40	7,5
11	27,3	41	7,3
12	25,0	42	7,1
13	23,1	43	7,0
14	21,4	44	6,8
15	20,0	45	6,7
16	18,8	46	6,5
17	17,6	47	6,4
18	16,7	48	6,3
19	15,8	49	6,1
20	15,0	50	6,0
21	14,3	51	5,9
22	13,6	52	5,8
23	13,0	53	5,7
24	12,5	54	5,6
25	12,0	55	5,5
26	11,5	56	5,4
27	11,1	57	5,3
28	10,7	58	5,2
29	10,3	59	5,1
30	10,0	60	5,0

Tabla 8. Rango de Permeabilidad Hidráulica para varios suelos. Fuente Braja Das

Tipo de suelo	Permeabilidad hidráulica, k (cm/s)
Grava media a gruesa	Mayor que 10^{-1}
Arena gruesa a fina	10^{-1} a 10^{-3}
Arena fina, arena limosa	10^{-3} a 10^{-5}
Limo, limo arcilloso, arcilla limosa	10^{-4} a 10^{-6}
Arcillas	10^{-7} o menor


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

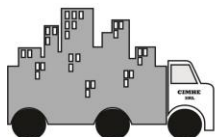
Fecha: 30/10/2024
Página 12 de 36

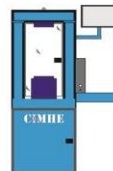
Tabla 9. Criterios de Expansividad Recopilados por R. Ortiz 1975

Expansividad	Límite de retracción	IP	WL	%#200	% <0,001 mm	Actividad (Skempton mod.)	Potencial hinchamiento (Seed %)	Índice Lambe (Kg/cm ²)	Presión hinchamiento probable (kg/cm ²)	Hinchamiento probable superficie (cm) (McDowell)	% hinchamiento probable
Baja	>15	<18	<30	<30	<15	<0,5	0-1,5	<0,8	<0,3	0-1	<1
Media	12-16	15-28	30-40	30-80	13-23	0,5-0,7	1,5-5,0	0,8-1,5	0,3-1,2	1-3	1-5
Alta	8-12	25-40	40-60	60-95	20-30	0,7-1,0	5-25	1,5-2,3	1,2-3,0	3-7	3-10
Muy alta	<10	>35	>80	>95	>30	>1,0	>25	>2,3	>3,0	>7	>10

Tabla 10. Grados de Expansividad y Valores Medios de Parámetros Geotécnicos Vallejo (2002)

Grado	Expansividad	Finos (%)	Límite Líquido	Índice PVC Lambe (kPa)	Presión de hinch (KPa)	Hinchamiento libre (%)
I	Baja	<30	<35	<80	<25	<1
II	Baja a media	30-60	35-50	80-150	25-125	1-4
III	Media a alta	60-95	50-65	150-230	125-300	4-10
IV	Muy alta	>95	>65	>230	>300	>10


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 13 de 36

Tabla 11. Grados de Expansión Chen (1988)

Grado de expansión	% Pasa por Tamiz 200	Límite líquido	S.P.T.	Expansión Probable %	Presión de Hinchamiento
Muy alto	>95	>60	>30	>10	>10
Alto	60-95	40-60	20-30	3-10	2,5-10
Medio	30-60	30-40	10-20	1-5	1,5-2,5
Bajo	<30	<30	<10	<1	<0,5

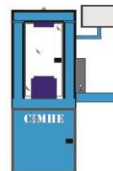
Los resultados se reportan en planillas anexas realizadas con hojas de cálculo Microsoft Excel, se muestran las características físicas, gravimétricas y geomecánicas de las muestras recuperadas de las exploraciones.

Habiendo analizado los parámetros geomecánicos, la naturaleza de los materiales que se modelan en perfil litológico y el tipo de obra civil a proyectar, se propone sistemas constructivos viables que permitan fundar las obras civiles proyectadas, adaptables a las necesidades de funcionamiento si fuese el caso. Se proyectan además estructuras viables de pavimentos en función de las características de los suelos evaluados atendiendo metodología AASHTO 93.

Para este estudio en particular, se incluye además mediciones de parámetros ambientales que pueden estar vinculados con contaminantes o que simplemente sean perjudiciales para la salud o para la estabilidad química de los materiales que forman parte de los sistemas constructivos convencionales. Se determinan en este sentido parámetros del aire como CO₂, O₃, HCHO (Formaldehído) y TVOC (Concentración Total de Compuestos Orgánicos Volátiles) en todos los casos con mediciones directas en sitio. Así mismo se determinan contenidos de cloruros, sulfatos e hidrocarburos totales como parámetros sobre el agua de napa y suelos que son considerados como contaminantes o como agresivos en especial con estructuras de hormigón armado.

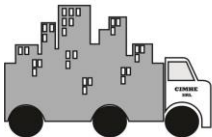
3. ANTECEDENTES Y GEOMORFOLOGÍA

Según la carta geológica en la ubicación evaluada los suelos predominantes corresponden a Fm. Buenos Aires o "Bonaerense" Depósitos Loéssicos del Pleistoceno Superior. Limos

**CIMHE**
SRL**CIMHE**
GEOTÉCNICA
SAS**CIMHE**
INSUMOS SAS**GRUPO CIMHE****Cliente:** OPISU
OT: 22351-24**Fecha:** 30/10/2024
Página 14 de 36**4. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DE LOS MATERIALES Y ESTIMACIÓN DE CAPACIDADES DE CARGA DEL SISTEMA DE FUNDACIONES. CALIDAD DE MATERIALES.**

En este apartado se describen las propiedades geomecánicas de cada perfil geotécnico. También se estiman las capacidades de carga a cada estrato y se hacen propuestas del sistema de fundación, atendiendo a la naturaleza mecánica de los litotipos, tipo de obras civiles a proyectadas y/o a proyectar considerando criterios de seguridad establecidos por las normativas vigentes, se hacen además, estimaciones de la estabilidad y seguridad en cuanto a las posibles excavaciones.

Las tablas y gráficos mostrados a continuación para cada perforación reflejan la litología, el comportamiento en incrementos o decrementos de los NSPT, caracterización de las muestras y propiedades o parámetros de resistencia de estas.



CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA



CIMHE
INSUMOS SAS

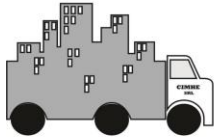
GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 15 de 36

Tabla 12. Parámetros Geomecánicos y Litología Perforación 1

NRO. DE MUESTRA	SÍMBOLO	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	GRÁFICO DE PENETRACIÓN		Consistencia o Compacidad Relativa	Esfuerzo vertical efectivo (σ_v) T/m ²	N1(60) o N60	CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PROPIEDADES FÍSICAS y GEOTÉCNICAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			LITOLOGÍA		Índice de Penetración " N " (SPT)	N _{SPT}				HUMEDAD (%)	Gráfico de % Humedad y Límites de Consistencia	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	Peso Unitario (γ) gr/cm ³	Peso Unitario seco (γ_d) gr/cm ³	Ángulo de fricción (ϕ) grados sexagesimales	Módulo de Deformación (Es) Kg/cm ²	Resistencia a la Compresión Sin Confinar (qu) Kg/cm ²	Resistencia al corte Su Kg/cm ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA

CIMHE
INSUMOS SAS

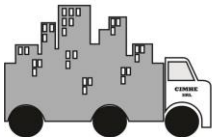
GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 16 de 36

Tabla 13. Parámetros Geomecánicos y Litología Perforación 2

NRO. DE MUESTRA	SÍMBOLO	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	GRÁFICO DE PENETRACIÓN		Consistencia o Compacidad Relativa	Esfuerzo vertical efectivo (σ_v) T/m ²	N1(60) o N60	CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PROPIEDADES FÍSICAS y GEOTÉCNICAS						
			LITOLOGÍA		Índice de Penetración "N" (SPT)	N _{SPT}				HUMEDAD (%)	Gráfico de % Humedad y Límites de Consistencia	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	Peso Unitario (γ) gr/cm ³	Peso Unitario seco (γ_d) gr/cm ³	Ángulo de fricción (ϕ) grados sexagesimales	Módulo de Deformación (Es) Kg/cm ²	Resistencia a la Compresión Sin Confinar (qu) Kg/cm ²	Resistencia al corte Su Kg/cm ²
				0	0						0												
M1	CL	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (MAGRA)	1	17	17	Muy compacta	1,89	12	22,56		36	20	17	0,0	4,2	95,8	1,89	1,54	0	241	1,19	0,60
M2	CL	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (MAGRA)	2	10	10	Compacta	3,82	11	23,83		38	25	14	0,0	4,8	95,2	1,93	1,56	0	236	1,13	0,57
M3	SP	-	ARENA MAL GRADADA	3	12	12	Medianamente densa	5,66	11	35,53		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,85	1,36	30	234	-	0
M4	CL		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (MAGRA)	4	16	16	Muy compacta	7,40	13	25,19		40	24	16	0,0	3,6	96,4	1,73	1,38	0	253	1,30	0,65
M5	SP		ARENA MAL GRADADA	5	26	26	Medianamente densa	9,25	19	31,13		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,85	1,41	33	304	-	0
M6	SP		ARENA MAL GRADADA	6	30	30	Densa	11,09	20	32,14		31	31	0	3,7	94,8	1,5	1,84	1,39	33	313	-	0
M7	SP		ARENA MAL GRADADA	7	35	35	Densa	12,89	22	30,08		31	31	0	3,7	94,8	1,5	1,80	1,38	34	325	-	0
M8	SP		ARENA MAL GRADADA	8	40	40	Densa	14,69	23	30,08		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,80	1,38	34	336	-	0
M9	SP		ARENA MAL GRADADA	9	40	40	Densa	16,49	22	30,08		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,80	1,38	34	327	-	0
M10	SP		ARENA MAL GRADADA	10	40	40	Densa	18,29	21	30,08		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,80	1,38	34	319	-	0



CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA



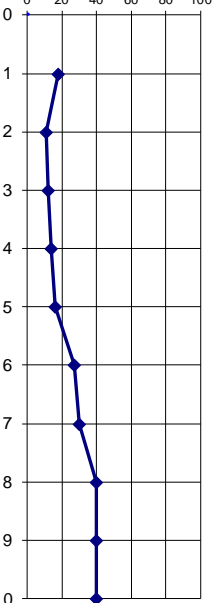
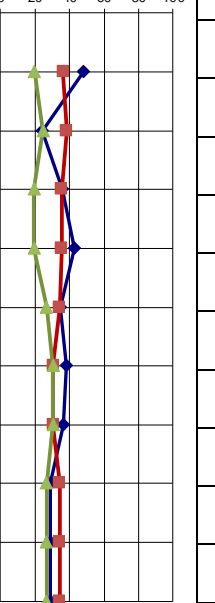
CIMHE
INSUMOS SAS

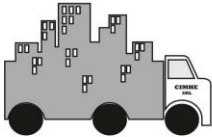
GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 17 de 36

Tabla 14. Parámetros Geomecánicos y Litología Perforación 3

NRO. DE MUESTRA	SÍMBOLO	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	GRÁFICO DE PENETRACIÓN		Consistencia o Compacidad Relativa	Esfuerzo vertical efectivo (σ_v) T/m ²	N1(60) o N60	CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PROPIEDADES FÍSICAS y GEOTÉCNICAS						
			LITOLOGÍA		Índice de Penetración " N " (SPT)	N _{SPT}				HUMEDAD (%)	Gráfico de % Humedad y Límites de Consistencia	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	Peso Unitario (γ) gr/cm ³	Peso Unitario seco (γ_d) gr/cm ³	Ángulo de fricción (ϕ) grados sexagesimales	Módulo de Deformación (Es) Kg/cm ²	Resistencia a la Compresión Sin Confinar (qu) Kg/cm ²	Resistencia al corte Sin Confinar (cu) Kg/cm ²
				0																			
M1	CL	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (MAGRA)	1	18	Muy compacta	1,88	13	48,18	36	20	17	0,0	4,2	95,8	1,88	1,27	0	248	1,26	0,63		
M2	CL	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (MAGRA)	2	11	Compacta	3,75	13	23,97	38	25	14	0,0	4,8	95,2	1,87	1,51	0	248	1,26	0,63		
M3	S(CL)g	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CON GRAVA	3	12	Compacta	5,58	11	35,63	35	19	16	16,1	22,7	61,2	1,83	1,35	8	235	0,19	0,09		
M4	S(CL)g	▽	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CON GRAVA	4	14	Compacta	7,49	11	42,67	35	19	16	16,1	22,7	61,2	1,91	1,34	9	236	0,28	0,14		
M5	SP		ARENA MAL GRADADA	5	16	Medianamente densa	9,37	12	34,54	34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,87	1,39	31	238	-	0		
M6	SP		ARENA MAL GRADADA	6	27	Medianamente densa	11,09	18	38,11	31	31	0	3,7	94,8	1,5	1,72	1,25	33	297	-	0		
M7	SP		ARENA MAL GRADADA	7	30	Densa	12,84	19	36,09	31	31	0	3,7	94,8	1,5	1,75	1,29	33	301	-	0		
M8	SP		ARENA MAL GRADADA	8	40	Densa	14,67	23	28,94	34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,82	1,41	34	337	-	0		
M9	SP		ARENA MAL GRADADA	9	40	Densa	16,49	22	28,94	34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,82	1,41	34	327	-	0		
M10	SP		ARENA MAL GRADADA	10	40	Densa	18,31	21	28,94	34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,82	1,41	34	318	-	0		



CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA



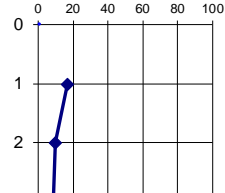
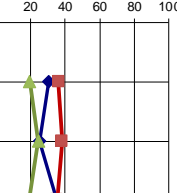
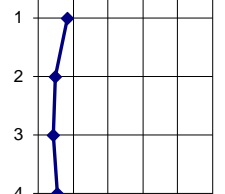
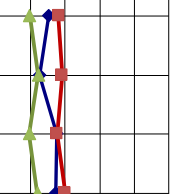
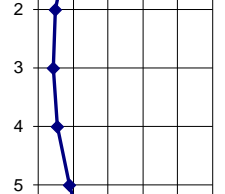
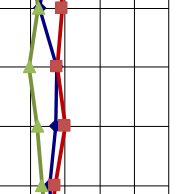
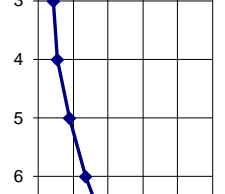
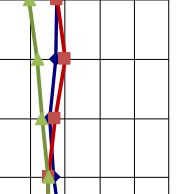
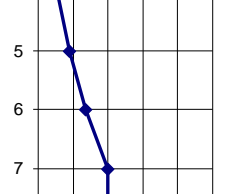
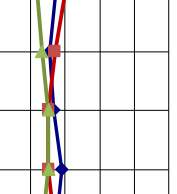
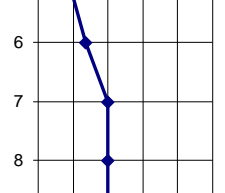
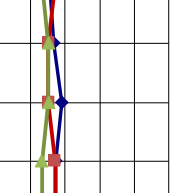
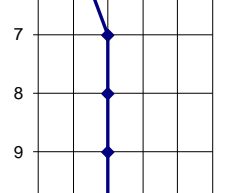
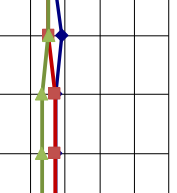
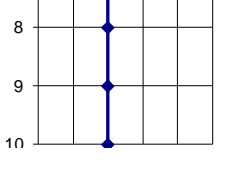
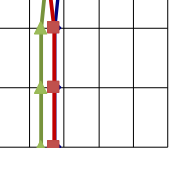
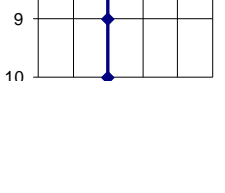
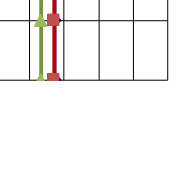
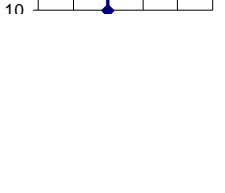
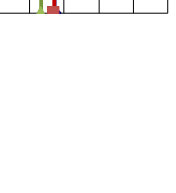


CIMHE
INSUMOS SAS

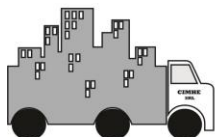
GRUPO CIMHE

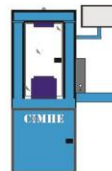
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 18 de 36

Tabla 15. Parámetros Geomecánicos y Litología Perforación 4

NRO. DE MUESTRA	SÍMBOLO	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	GRÁFICO DE PENETRACIÓN		Consistencia o Compacidad Relativa	Esfuerzo vertical efectivo (σ'v) T/m²	N1 (60) o N60	CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PROPIEDADES FÍSICAS y GEOTÉCNICAS						
			LITOLOGÍA		Índice de Penetración " N " (SPT)	NsPT				HUMEDAD (%)	Gráfico de % Humedad y Limites de Consistencia	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	Peso Unitario (γ) gr/cm³	Peso Unitario seco (γd) gr/cm³	Ángulo de fricción (φ) grados sexagesimales	Módulo de Deformación (Es) Kg/cm²	Resistencia a la Compresión Sin Confinar (qu) Kg/cm²	Resistencia al corte Su Kg/cm²
				0																			
M1	CL	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (MAGRA)	1		17	Muy compacta	2,00	12	30,77		36	20	17	0,0	4,2	95,8	2,00	1,53	0	241	1,19	0,60
M2	CL	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (MAGRA)	2		10	Compacta	3,89	11	25,51		38	25	14	0,0	4,8	95,2	1,89	1,51	0	234	1,12	0,56
M3	S(CL)g	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CON GRAVA	3		9	Compacta	5,74	8	34,95		35	19	16	16,1	22,7	61,2	1,84	1,37	8	202	0,10	0,05
M4	CL	▽	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (MAGRA)	4		11	Compacta	7,54	9	34,53		40	24	16	0,0	3,6	96,4	1,80	1,34	0	208	0,89	0,44
M5	SP		ARENA MAL GRADADA	5		18	Medianamente densa	9,43	13	31,29		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,89	1,44	31	252	-	0,00
M6	SP		ARENA MAL GRADADA	6		27	Medianamente densa	11,19	18	33,73		31	31	0	3,7	94,8	1,5	1,76	1,32	33	296	-	0,00
M7	SP		ARENA MAL GRADADA	7		40	Densa	12,94	25	38,05		31	31	0	3,7	94,8	1,5	1,74	1,26	35	347	-	0,00
M8	SP		ARENA MAL GRADADA	8		40	Densa	14,84	23	34,81		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,90	1,41	34	336	-	0,00
M9	SP		ARENA MAL GRADADA	9		40	Densa	16,74	22	34,81		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,90	1,41	34	326	-	0,00
M10	SP		ARENA MAL GRADADA	10		40	Densa	18,64	21	34,81		34	27	8	14,2	84,3	1,5	1,90	1,41	34	317	-	0,00


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 19 de 36

En la exploración de modo general a profundidades de entre -1 y -4 se verifican materiales arcillosos de baja plasticidad con consistencias compactas en algunos casos con escasa arena o material granular; a partir de esta profundidad y hasta -10 m, se verifican materiales predominantemente arenosos finos de medianamente densos a densos. Se destaca en esta exploración que para las perforaciones 2, 3 y 4 se verifican al menos 1 m de material de relleno suelto mezclado con desechos varios. Se destaca que la exploración identificada con el Nro. 1 presenta una cota relativa en compasión con los otros sectores de -1.3 m aproximadamente.

Nivel freático detectado a -3.5 m de profundidad.

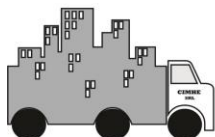
Tabla 16. Materiales Clasificados de Cada Perforación.

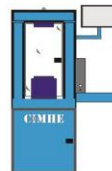
Prof. (m) y Nivel Freático	Clasif. P1	Clasif. P2	Clasif. P3	Clasif. P4
1	CL	CL	CL	CL
2	CL	CL	CL	CL
3	CL	SP	S(CL)g	S(CL)g
4	CL	CL	S(CL)g	CL
5	SP	SP	SP	SP
6	SP	SP	SP	SP
7	SP	SP	SP	SP
8	SP	SP	SP	SP
9	SP	SP	SP	SP
10	SP	SP	SP	SP

A continuación, luego de determinar las propiedades geomecánicas y vinculando la edificación y/o trabajos posiblemente proyectados, se refleja en tablas siguientes los esfuerzos admisibles metro a metro en cada sector evaluado para parte del sistema de fundación directo.

Es de notar que las tensiones admisibles calculadas para los primeros metros están asociadas a la cohesión y este parámetro puede modificarse en función de la humedad o grado de saturación del suelo. Los esfuerzos admisibles sobre el suelo para fundaciones directas según la tabla 17 no superarán los 0,40 Kg/cm² para cota de fundación entre -2,0 y -3,0 m y el módulo de balasto no serán en ningún caso superior a 1,54 Kg/cm²/cm siempre que se logren condiciones de preparación como se indica más adelante.

Así mismo para efectos de diseño de estructuras de pavimentos, y atendiendo correlaciones expresadas en grafico 3, valores de CBR o valor soporte de rasante no alcanzan el 5%.


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

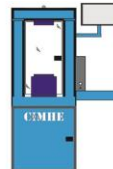
GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 20 de 36

Tabla 17. Parámetros de Diseño o Chequeo para Fundaciones Directas.

ZONA DE PERFORACIÓN	Propiedades del Suelo a Cada Metro de Perforación							Zapatas o Fundaciones Aisladas Esfuerzos admisibles incluyendo asentamientos tolerables FS = 3			Losas o Plateas de Fundación FS=5	B = 30 cm FS = 3	B = 100 cm FS = 3
	Prof. (m)	Nivel Freático (m)	Clasificación de la Muestra SUC	N1(60)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm2)	Cohesión (Kg/cm2)	Angulo de Fricción (φ)	Esfuerzo Admisible para Fundaciones Aisladas. Zapatas 1,0 m de Lado Kg/cm2	Esfuerzo Admisible para Fundaciones Aisladas. Zapatas 1,5 m de Lado Kg/cm2	Esfuerzo Admisible para Fundaciones Aisladas. Zapatas 2,0 m de Lado Kg/cm2	Modulo de Balasto (k) Kg/cm2/cm (Para Losas de Fundación B = 6 m)	Modulo de Balasto Horizontal (kh) Kg/cm2/cm (Para Pilotes de 30 cm de Diametro)	Modulo de Balasto Horizontal (kh) Kg/cm2/cm (Para Pilotes de 100 cm de Diametro)
1	1	-	CL	4	143	0,210	0	0,41	0,41	0,41	1,54	1,59	0,48
	2	▼	CL	6	167	0,283	0	0,60	0,60	0,60	2,08	1,85	0,56
	3		CL	4	135	0,187	0	0,49	0,49	0,49	1,37	1,50	0,45
	4		CL	13	253	0,651	0					2,81	0,84
	5		SP	21	321	0	34					3,57	1,07
	6		SP	21	323	0	34					3,59	1,08
	7		SP	25	348	0	35					3,86	1,16
	8		SP	23	336	0	34					3,73	1,12
	9		SP	22	326	0	34					3,63	1,09
	10		SP	21	318	0	34					3,53	1,06
2	1	-	CL	12	241	0,595	0	1,04	1,04	1,02	4,37	2,68	0,80
	2	-	CL	11	236	0,566	0	1,06	1,06	1,02	4,16	2,62	0,79
	3	▼	SP	11	234	0	30	1,64	1,36	1,02	4,10	2,60	0,78
	4		CL	13	253	0,651	0					2,81	0,84
	5		SP	19	304	0	33					3,38	1,01
	6		SP	20	313	0	33					3,47	1,04
	7		SP	22	325	0	34					3,61	1,08
	8		SP	23	336	0	34					3,74	1,12
	9		SP	22	327	0	34					3,63	1,09
	10		SP	21	319	0	34					3,54	1,06
3	1	-	CL	13	248	0,630	0	1,10	1,10	1,02	4,62	2,76	0,83
	2	-	CL	13	248	0,628	0	1,16	1,16	1,02	4,61	2,76	0,83
	3	▼	S(CL)g	11	235	0,094	8	0,52	0,52	0,52	4,13	2,61	0,78
	4		S(CL)g	11	236	0,138	9					2,62	0,79
	5		SP	12	238	0	31					2,65	0,79
	6		SP	18	297	0	33					3,29	0,99
	7		SP	19	301	0	33					3,35	1,00
	8		SP	23	337	0	34					3,74	1,12
	9		SP	22	327	0	34					3,63	1,09
	10		SP	21	318	0	34					3,54	1,06
4	1	-	CL	12	241	0,595	0	1,05	1,05	1,02	4,37	2,68	0,80
	2	-	CL	11	234	0,561	0	1,05	1,05	1,02	4,12	2,61	0,78
	3	▼	S(CL)g	8	202	0,050	8	0,42	0,43	0,43	3,05	2,24	0,67
	4		CL	9	208	0,443	0					2,32	0,69
	5		SP	13	252	0	31					2,80	0,84
	6		SP	18	296	0	33					3,29	0,99
	7		SP	25	347	0	35					3,86	1,16
	8		SP	23	336	0	34					3,73	1,12
	9		SP	22	326	0	34					3,62	1,09
	10		SP	21	317	0	34					3,52	1,06


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA

CIMHE
INSUMOS SAS

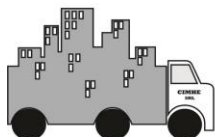
GRUPO CIMHE

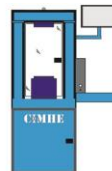
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 21 de 36

Tabla 18 Parámetros para Excavaciones.

ZONA DE PERFORACIÓN	Propiedades del Suelo a Cada Metro de Perforación							Parámetros, Empujes de Tierra en Excavaciones				
	Prof. (m)	Nivel Freático (m)	Clasificación de la Muestra SUC	N1(60)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm2)	Cohesión (Kg/cm2)	Angulo de Fricción (ϕ)	Esfuerzo Vertical Efectivo σ_v Kg/cm2	Coefficiente de empuje Activo (K_a) Rankie	Presión Lateral Activa Kg/cm2 (*)	Coefficiente de empuje Pasivo (K_p) Rankie	Presión Lateral Pasiva Kg/cm2
1	1	-	CL	4	143	0,210	0	0,19	1,000	0,189	1,000	0,609
	2	-	CL	6	167	0,283	0	0,38	1,000	0,382	1,000	0,948
	3	-	CL	4	135	0,187	0	0,56	1,000	0,560	1,000	0,934
	4	-	CL	13	253	0,651	0	0,74	1,000	0,739	1,000	2,042
	5	-	SP	21	321	0	34	0,93	0,285	0,264	3,505	3,248
	6	-	SP	21	323	0	34	1,10	0,284	0,314	3,515	3,876
	7	-	SP	25	348	0	35	1,29	0,274	0,353	3,655	4,709
	8	-	SP	23	336	0	34	1,47	0,279	0,411	3,588	5,291
	9	-	SP	22	326	0	34	1,66	0,283	0,470	3,532	5,865
	10	-	SP	21	318	0	34	1,85	0,287	0,530	3,484	6,433
2	1	-	CL	12	241	0,595	0	0,19	1,000	0,189	1,000	1,379
	2	-	CL	11	236	0,566	0	0,38	1,000	0,382	1,000	1,515
	3	-	SP	11	234	0	30	0,57	0,327	0,185	3,056	1,731
	4	-	CL	13	253	0,651	0	0,74	1,000	0,740	1,000	2,042
	5	-	SP	19	304	0	33	0,93	0,293	0,271	3,411	3,155
	6	-	SP	20	313	0	33	1,11	0,289	0,321	3,455	3,833
	7	-	SP	22	325	0	34	1,29	0,284	0,366	3,526	4,546
	8	-	SP	23	336	0	34	1,47	0,279	0,409	3,590	5,275
	9	-	SP	22	327	0	34	1,65	0,283	0,466	3,535	5,830
	10	-	SP	21	319	0	34	1,83	0,287	0,524	3,488	6,380
3	1	-	CL	13	248	0,630	0	0,19	1,000	0,188	1,000	1,448
	2	-	CL	13	248	0,628	0	0,38	1,000	0,375	1,000	1,632
	3	-	S(CL)g	11	235	0,094	8	0,56	0,756	0,422	1,323	0,955
	4	-	S(CL)g	11	236	0,138	9	0,75	0,729	0,547	1,371	1,351
	5	-	SP	12	238	0	31	0,94	0,325	0,305	3,075	2,881
	6	-	SP	18	297	0	33	1,11	0,297	0,329	3,367	3,735
	7	-	SP	19	301	0	33	1,28	0,295	0,378	3,393	4,358
	8	-	SP	23	337	0	34	1,47	0,278	0,408	3,591	5,266
	9	-	SP	22	327	0	34	1,65	0,283	0,466	3,536	5,829
	10	-	SP	21	318	0	34	1,83	0,287	0,525	3,488	6,387
4	1	-	CL	12	241	0,595	0	0,20	1,000	0,200	1,000	1,390
	2	-	CL	11	234	0,561	0	0,39	1,000	0,389	1,000	1,511
	3	-	S(CL)g	8	202	0,050	8	0,57	0,756	0,434	1,323	0,874
	4	-	CL	9	208	0,443	0	0,75	1,000	0,754	1,000	1,641
	5	-	SP	13	252	0	31	0,94	0,318	0,300	3,141	2,962
	6	-	SP	18	296	0	33	1,12	0,297	0,333	3,364	3,765
	7	-	SP	25	347	0	35	1,29	0,274	0,354	3,653	4,726
	8	-	SP	23	336	0	34	1,48	0,279	0,414	3,585	5,320
	9	-	SP	22	326	0	34	1,67	0,283	0,474	3,529	5,906
	10	-	SP	21	317	0	34	1,86	0,287	0,536	3,480	6,485


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 22 de 36

Las tablas 17 y 18 muestran parámetros admisibles de diseño de fundaciones superficiales directas, zapatas y plateas, así como los requeridos para cálculos de empujes en el caso de excavaciones.

En caso de que se requieran fundaciones de mayor capacidad o la combinación de sistemas superficiales con sistemas profundos, se detallan a continuación el diseño de micropilotes partiendo de la metodología empírica de diseño planteada por Michel Bustamante para micropilotes IRS (Inyección Repetitiva y Selectiva) considerando separaciones mínimas entre elementos de 5 veces el diámetro de estos y dejando 3 metros libres de bulbos inyectados a presión a cada metro restante.

La capacidad de carga estática teórica de los micropilotes vendrá dada por la ecuación;

$$Q = Q_p + Q_f$$

Donde

Q_p = es la carga resistida por la punta (0.15 Q_f Aprox. para suelos blandos)

Q_f = es la carga resistida por el fuste

$$Q_f = \Sigma(\pi \cdot D_n \cdot \alpha \cdot L \cdot q_s)$$

D_n = es el diámetro nominal de la perforación

α = es un coeficiente de magnificación que estima la expansión del suelo por la presión de la lechada y depende del tipo de suelo y del tipo de micropilote (ver tabla)

L = es la longitud del tramo de micropilote donde se inyecta la lechada a presión. (Inyección secundaria)

q_s = es la tensión de la fricción lateral que depende de la presión límite PL y del tipo de suelo (ver ecuaciones).

$$q_s = (5 + 0,5 \cdot N_{60}) \cdot (tn / m^2)$$

Para Arenas y Gravas

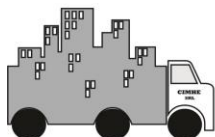
$$q_s = \frac{1}{\left[\frac{0,55}{N_{60}} + 0,02 \right]} (tn / m^2)$$

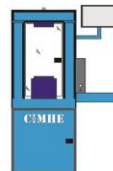
Para Limos y Arcillas

N_{60} = Numero de Golpes Corregido SPT en el estrato evaluado.

Tabla 19. Coeficiente α

Suelos	Coeficiente " α "	
	IRS	IGU
Grava	1,8 a 1,8	1,3 a 1,4
Grava arenosa	1,6 a 1,8	1,2 a 1,4
Arena gruesa	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2
Arena mediana	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2
Arena fina	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2
Arena limosa	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2
Limo	1,4 a 1,6	1,1 a 1,2
Arcilla	1,8 a 2,0	
Marga	1,8	1,1 a 1,2
Roca alterada o fragmentada	1,2 a 1,8	1,1


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 23 de 36

Tabla 20. Estratificación, N(60) adoptados para el cálculo de los Micropilotes.

Prof. (m) y Nivel Freático	Clasif. P1	Clasif. P2	Clasif. P3	Clasif. P4	N (60) P1	N (60) P2	N (60) P3	N (60) P4	N(60) Prom - 1,5 desv. Estandar	Valores conservadores de N(60) para el Cálculo. Perfil generalizado
1	CL	CL	CL	CL	4	12	13	12	4	
2	CL	CL	CL	CL	6	11	13	11	6	
3	CL	SP	S(CL)g	S(CL)g	4	11	11	8	3	
4	CL	CL	S(CL)g	CL	13	13	11	9	9	
5	SP	SP	SP	SP	21	19	12	13	9	
6	SP	SP	SP	SP	21	20	18	18	17	
7	SP	SP	SP	SP	25	22	19	25	18	
8	SP	SP	SP	SP	23	23	23	23	23	
9	SP	SP	SP	SP	22	22	22	22	22	
10	SP	SP	SP	SP	21	21	21	21	20	

Tabla 21 Capacidades para Micropilotes de 0.20 m con bulbos a partir de los 2 m.

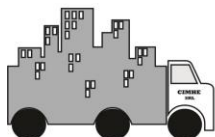
DIÁMETRO NOMINAL (m) = 0,2

N(60) Prom	Diámetro Nominal (m) Dn	α	Longitud. Bulbo (m)	qs (ton / m2) Grafico 1 y 2, Ec. 4 y 5	Capacidad Ultima de Fuste Por Metro de Perforación (ton)	Capacidad Ultima de Fuste Por para las distintas cotas de asiento (ton)	kp	PL (MPa)	Capacidad Ultima Por Punta (ton)	Capacidad Admisible FS 5 considerand o capacidad por punta (ton)	Longitud o profundidad del Micropilote (m)	Cantidad de bulbos
4	0,2	1,8	0	0,00	0	0	-	-	-	0,0	-	-
6	0,2	1,8	0	0,00	0	0	-	-	-	0,0	-	-
3	0,2	1,8	1	5,40	6,1	6,1	1,6	0,20	0,1	1,2	3	1
9	0,2	1,8	1	11,92	13,5	19,6	1,6	0,60	0,4	4,0	4	2
9	0,2	1,4	1	9,63	8,5	28,1	1,2	0,40	0,1	5,6	5	3
17	0,2	1,4	1	13,38	11,8	39,8	1,2	0,80	0,3	8,0	6	4
18	0,2	1,4	1	13,98	12,3	52,1	1,2	0,80	0,3	10,5	7	5
23	0,2	1,4	1	16,49	14,5	66,6	1,2	1,10	0,4	13,4	8	6
22	0,2	1,4	1	15,82	13,9	80,5	1,2	1,10	0,4	16,2	9	7
20	0,2	1,4	1	15,25	13,4	94,0	1,2	1,00	0,3	18,9	10	8

Tabla 22 Capacidades para Micropilotes de 0.25 m con bulbos a partir de los 2 m.

DIÁMETRO NOMINAL (m) = 0,25

N(60) Prom	Diámetro Nominal (m) Dn	α	Longitud. Bulbo (m)	qs (ton / m2) Grafico 1 y 2, Ec. 4 y 5	Capacidad Ultima de Fuste Por Metro de Perforación (ton)	Capacidad Ultima de Fuste Por para las distintas cotas de asiento (ton)	kp	PL (MPa)	Capacidad Ultima Por Punta (ton)	Capacidad Admisible FS 5 considerand o capacidad por punta (ton)	Longitud o profundidad del Micropilote (m)	Cantidad de bulbos
4	0,25	1,8	0	0,00	0	0	-	-	-	0,0	-	-
6	0,25	1,8	0	0,00	0	0	-	-	-	0,0	-	-
3	0,25	1,8	1	5,40	7,6	7,6	1,6	0,20	0,1	1,6	3	1
9	0,25	1,8	1	11,92	16,9	24,5	1,6	0,60	0,4	5,0	4	2
9	0,25	1,4	1	9,63	10,6	35,1	1,2	0,40	0,2	7,1	5	3
17	0,25	1,4	1	13,38	14,7	49,8	1,2	0,80	0,3	10,0	6	4
18	0,25	1,4	1	13,98	15,4	65,2	1,2	0,80	0,3	13,1	7	5
23	0,25	1,4	1	16,49	18,1	83,3	1,2	1,10	0,5	16,8	8	6
22	0,25	1,4	1	15,82	17,4	100,7	1,2	1,10	0,5	20,2	9	7
20	0,25	1,4	1	15,25	16,8	117,4	1,2	1,00	0,4	23,6	10	8


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 24 de 36

Para micropilotes de 0,20 m de diámetro, capacidades admisibles de entre 1,2 y 18,9 Toneladas son obtenidas para profundidades de entre 3 y 10 m con 1 y 8 bulbos respectivamente. Así mismo para micropilotes de 0,25 m de diámetro, capacidades admisibles de entre 1,6 y 23,6 Toneladas son obtenidas para profundidades de entre 3 y 10 m con 1 y 8 bulbos respectivamente.

La capacidad a flexo-compresión de los micropilotes vendrá dada además por el refuerzo de acero de los mismos, esta estará conformada por un tubo (tubin) de sección circular, de acero de resistencia la cedencia mayor o igual 420 MPa y cuya sección transversal sea como mínimo el 2% de la sección total del micropilote. Este tubo resulta indispensable para el tipo de pilotes inyectados IRS. El área de acero puede ser completada con 5 barras de acero de refuerzo Fy 420 MPa distribuidas en la sección del elemento. La lechada de inyección será de resistencia característica 21MPa como mínimo, tanto la presión como los volúmenes de inyección deben ser controlados a modo de garantizar la deformación deseada sobre el suelo circundante de los bulbos según el método de cálculo usado para la estimación de cargas.

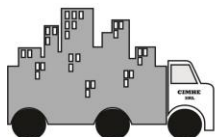
Para casos en donde se requiera el uso de pilotes excavados y colados en sitio, la tablas siguientes muestran sus capacidades para diámetros de 40 y 60 cm por fricción y por punta para cotas de asiento de entre -9 y -10 m considerando factores de seguridad de 2, 3 y 5. Estos valores han sido determinados, por fricción según el método "α" y por punta según lo propuesto por MEYERHOF se han despreciado tensiones por fricción de los primeros metros de material cohesivo.

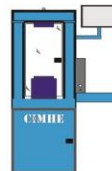
Tabla 23 Capacidades para Pilotes de 40 cm de Diámetro y Cotas de Asiento entre -9 y -10 m.

Prof.	Qs Acumulada o Total (Ton)	Qp para cada asiento Ton	Qu (Ton)	FS =	FS =	FS =
				2	2,5	4
				Q adm (ton)	Q adm (ton)	Q adm (ton)
9	9,4	30,8	40,1	20,1	16,0	10,0
10	11,5	30,8	42,3	21,1	16,9	10,6

Tabla 24 Capacidades para Pilotes de 60 cm de Diámetro y Cotas de Asiento -9 y -10 m

Prof.	Qs Acumulada o Total (Ton)	Qp para cada asiento Ton	Qu (Ton)	FS =	FS =	FS =
				2	2,5	4
				Q adm (ton)	Q adm (ton)	Q adm (ton)
9	14,5	30,8	45,3	22,6	18,1	11,3
10	18,7	30,8	49,5	24,7	19,8	12,4


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 25 de 36

Para los casos máximos de carga de estos pilotes, 40 y 60 cm de diámetro, se obtienen deformaciones o asentamientos de entre 18,5 y 14 mm.

5. PARAMETROS QUIMICOS, AIRE, AGUA Y SUELOS.

Tal y como ha sido expresado con anterioridad, se han realizado mediciones de parámetros químicos que pueden estar vinculados con contaminantes, que sean perjudiciales para la salud o alterar la estabilidad química de los materiales que forman parte de los sistemas constructivos convencionales.

Se determinan en este sentido parámetros del aire como CO₂, O₃, HCHO (Formaldehído) y TVOC (Concentración Total de Compuestos Orgánicos Volátiles) en todos los casos con mediciones directas en sitio. Así mismo se determinan contenidos de cloruros, sulfatos e hidrocarburos totales como parámetros sobre el agua de napa y suelos que son considerados como contaminantes o como agresivos en especial con estructuras de hormigón armado

No se verifican parámetros sobre el aire CO, O₃, que puedan superar lo expresado en el Anexo II de la ley 20284 para tiempos de medición próximos a 1 h. Así mismo valores de CO₂, HCHO y TVOC en todos los casos se encuentran rangos asociados a calidad del aires aceptable.

En relación al agua de napa y su vinculación con químicos solubles, se ha determinado el contenido hidrocarburos totales asociados al petróleo y en todos los casos los valores hallados son < 0.01 ppm. Contenidos de cloruros y sulfatos solubles en muestras de agua de napa se obtienen en promedios de 70 y 110 ppm respectivamente siendo inferiores a los valores límites permisibles expresados en el CIRSOC 201:2005 para estructuras de hormigón armado en contacto.

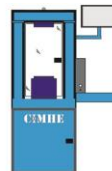
6. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS

Tal y como ha sido comentado en el alcance de este estudio, se planifica a partir de las propiedades obtenidas del suelo, realizar una propuesta de estructura de pavimento atendiendo metodología AASHTO 93. En tal sentido se muestran a continuación consideraciones y resultados de esta fase del estudio.

Para esta fase es importante definir aspectos que tienen que ver con el uso, tránsito, la vida útil y la durabilidad que se espera de los pavimentos. Se espera del proyecto una vida útil o de servicio de 30 años con uso industrial o con posibilidad de esta

Se han considerado las cargas tipo de tránsito según se presentan en tabla a continuación con frecuencias típicas o probables estimadas.


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 26 de 36

Tabla 25 Cargas Equivalentes para Diseño de Pavimentos

Clase	Tipo	Factor Daño Mas Desfavorable.	Cantidad Diaria	Cantidad x Factor Daño
A(Auto)	Auto	0	80	
B(Buses)	Buseta	0,05	3	0,15
	Bus	0,4	3	1,2
	Bus metropolitano	1		0
	Bus Alimentador	2,51		0
C(Camiones)	C2P	1,14	4	4,56
	C2G	3,44	4	13,76
	C3	3,76	4	15,04
	C2-S1	3,37	4	13,48
	C4	6,73	4	26,92
	C3-S1	2,33	4	9,32
	C2-S2	3,42	4	13,68
	C3-S2	4,4	4	17,6
	C3-S3	5,31	4	21,24
Total (TPD) =			122	FC = 3,26071
Porcentaje de Vehículo Pesado k1 =			34,43	%
Factor Carril k2 =			100	% se considera solo 2 Carriles.
Periodo de Diseño n =			30	años
Factor de Crecimientos Anual r =			0,025	(2,5% anual)

$$N = TPD \times \frac{k_1}{100} \times \frac{k_2}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times FC$$

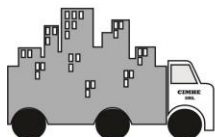
$$N = W18 = 2221872$$

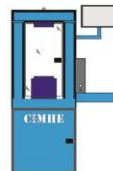
Se plantea que las soluciones en términos de estructura de pavimentos estén basadas en Pavimentos rígidos o pavimentos de hormigón debido a las baja capacidad de soporte de la rasante medida a través del parámetros CBR. Propuestas con pavimentos flexible incurren en preparaciones de espesores muy superiores del paquete estructural y con materiales de prestamos de mayor prestación.

Se manejan en el diseño factores de confiabilidad del 85% en función de W18 obtenido a lo que le corresponde un Zr de -1,037.

Tabla 26 Valores de Confiabilidad Según Tipo de Proyecto.

Tipo de pavimento	Confiabilidad R
Autopistas	95%
Carreteras	80%
Rurales	70%
Zonas industriales	65%
Urbanas principales	60%
Urbanas secundarias	50%


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 27 de 36

Tabla 27 Valores de Confiabilidad Según AASHTO 93

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

Tabla 28 Valores de Confiabilidad Según AASHTO 93

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Tabla 29. Error normal Combinado

Proyecto de pavimento	S_e	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Así mismo se definen en función de la tipología del pavimento y si es construcción nueva o reparaciones, el error normal combinado “So” que para este caso resulta 0,35 que representa la variabilidad que pudiesen tener las condiciones del ambiente, los materiales y el tránsito.

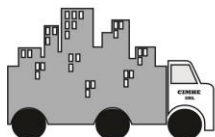
Otro de los valores estadísticos a ser considerados en el método de diseño es la serviciabilidad; se espera una serviciabilidad inicial de $P_o = 4.2$ y final $P_f = 3$ para ser más exigente en el diseño final, ($\Delta PSI=1.2$)

A diferencia del diseño de pavimento flexible, la variable resistente del suelo para el diseño de pavimento rígido esta asociada al modulo de reacción (K). El método AASHTO 93 presenta 2 ecuaciones empíricas para estimar este valor a partir del CBR, Si bien en la tabla 17 de este informe se han expresado valores de K para rasantes o materiales existentes, en esta sección se hace un cálculo y análisis más exhausto y estadístico de esta variable siendo una de las mas determinantes en el calculo de pavimentos rígidos. Es de notar que para valore de CBR obtenidos por correlación en muestras de suelos exploradas en los primeros metros, próximos al 2%, le corresponde un valor de K de 1,8 kg/cm2/cm.

$$K = 2.55 + 52.5 \cdot \log(CBR), CBR \leq 10\%$$

$$K = 46 + 9.08 \cdot [\log(CBR)]^{4.34}$$

A partir de estos valores, se planifica que la subrasante pueda ser mejorada o estabilizada con cemento y aumentar así el modulo de balasto.


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 28 de 36

Para el diseño del pavimento, se considera un K de subrasante mínimo 20 MPa/m (2kg/cm²/cm) que pasaría a 80 MPa/m (300 pci) por contemplar la colocación de una base estabilizada con cemento hidráulicos de espesor 15 cm. Se considera que el material existente (CL) (A-6) pueda ser estabilizado con cemento ofreciendo mejores prestaciones en términos de rigidez.

Material A-6, Suelo Natural Estabilizado con 8% de Cemento.

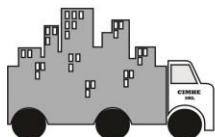
Resistencia a la Compresión en probetas a 7 Días = 2.14 MPa

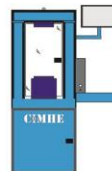
Coefficiente de Balasto o Módulo de Reacción según AASTHO 93 = 6 y 13.5 kg/cm²/cm (60-135 MPa/m) dependiendo del espesor.

Tabla 30. Coeficientes de balasto para Bases Estabilizadas y No Estabilizadas con Cemento.
Fuente AASTHO 93

K subrasante		Valores de K							
		Capa granular no tratada							
		10 cm		15 cm		22.5 cm		30 cm	
MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	Pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430
K subrasante		Capa estabilizada con cementante hidráulico							
		10 cm		15 cm		20 cm		25 cm	
MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	Pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci
20	73	60	220	80	300	105	400	135	500
40	147	100	370	130	500	185	680	230	850
60	220	140	520	190	700	245	900	-	-

Siendo el hormigón para esta tipología de pavimento, el encargado de transmitir las cargas a las distintas capas de suelo, las características de este son fundamentales en el diseño. En este sentido el Modulo de Rotura (Mr) y el Modulo de Elasticidad (Ec) del concreto son variables a definir y que específicamente están relacionada con la calidad y resistencia a la comprensión del hormigón. El método AASTHO detalla algunas correlaciones que permiten estimar estos valores. La tabla a continuación expresa valores mínimos de resistencia a la flexo tracción o módulo de rotura mínimos en función del nivel de transito siendo NT3 aquel cuyo W18 > 5.000.000,00. Las especificaciones de proyecto han reflejado un rango de este parámetro entre 4.4 y 5.4 MPa (638 – 783 psi) a la edad de 28 días. Para estos valores de modulo de rotura se ha contemplado un hormigón de resistencia a la compresión a la edad de 28 días de 35 MPa y un módulo de elasticidad de 4 x 10⁶ psi.


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Ciente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 29 de 36

Tabla 31. Módulos de rotura según Nivel de Tránsito.

Nivel de tránsito	Resistencia a la flexotracción (MPa)
NT1	3.8
NT2	4.0
NT3	4.2

Tabla 32. Correlaciones para Módulos de Elasticidad en Función del Tipo de Árido y la Resistencia a la Compresión del Hormigón.

Tipo de agregado y origen	Módulo de elasticidad (Ec)	
	En MPa	En kg/cm ²
Grueso – Ígneo	$5500\sqrt{f_c'}$	$17500\sqrt{f_c'}$
Grueso – Metamórfico	$4700\sqrt{f_c'}$	$15000\sqrt{f_c'}$
Grueso – Sedimentario	$3600\sqrt{f_c'}$	$11500\sqrt{f_c'}$
Sin información	$3900\sqrt{f_c'}$	$12500\sqrt{f_c'}$

En cuanto al Drenaje, se especifica según proyecto un drenaje excelente de este modo el coeficiente de drenaje es de “cd” = 1.10.

Tabla 33. Coeficientes cd para Pavimentos Rígidos en Función de la Calidad del Drenaje y el Tiempo de Explosión al Agua en el Año.

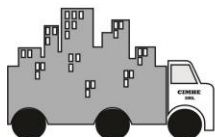
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

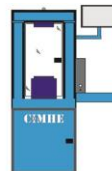
Valores de Coeficiente de drenaje (Cd)

Tabla 34. Coeficiente J dependiente de la situación de transferencia de carga entre losas.

Condición	J
Junta con pasadores – Losa confinada	2.7
Junta con pasadores – Losa no confinada	3.2
Junta sin pasadores – Losa confinada	4.2
Junta sin pasadores – Losa no confinada	4.4

Como ultima variable a considerar en el método, “J” dependiente del sistema de trasferencia de cargas entre losas. La configuración del pavimento contempla la colocación de pasadores en junta y situación de no confinamiento para un valor de “J” de 3.2.


CIMHE
SRL

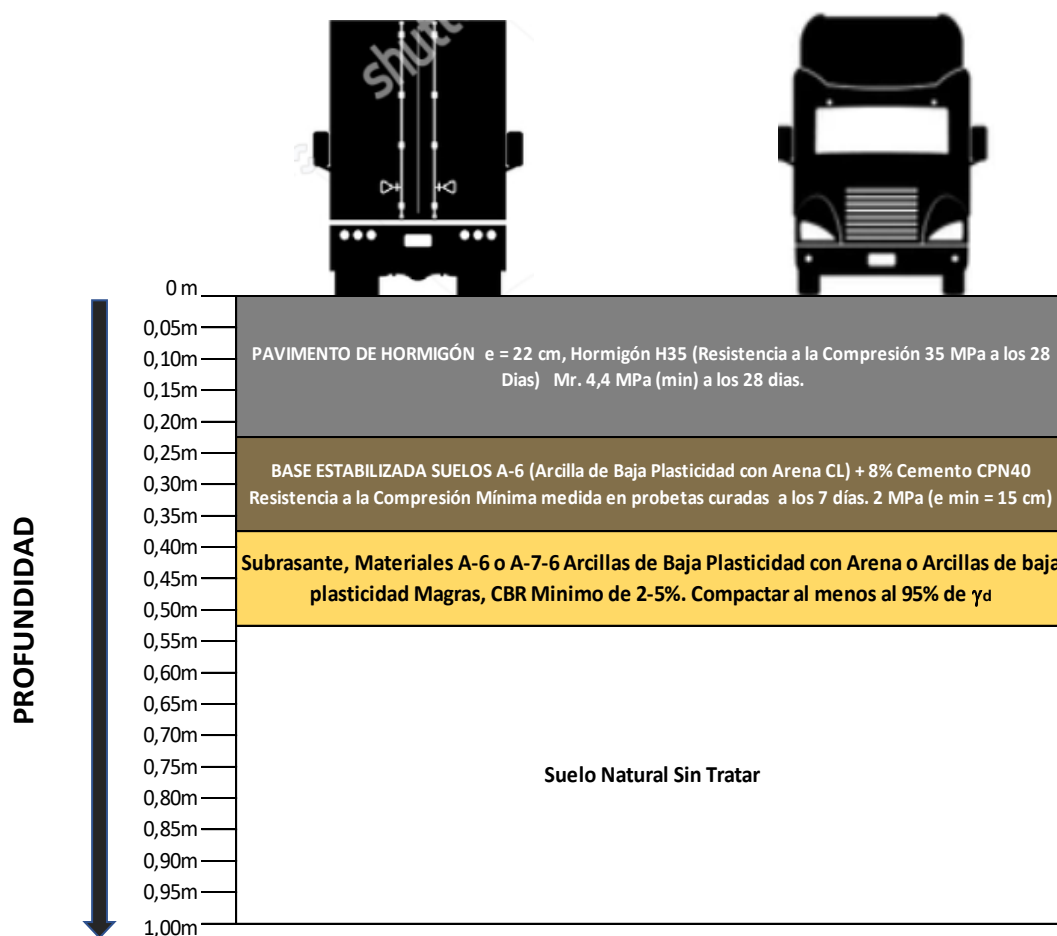
CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

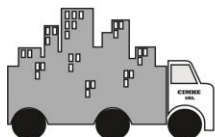
Fecha: 30/10/2024
Página 30 de 36

Finalmente habiendo definido y calculado todos los aspectos asociados al método para determinar el espesor de la losa de hormigón, las alternativas considerando apoyo directo en subrasante, apoyo en base granular no tratada ($e = 15\text{cm}$) y apoyo en base estabilizada con cemento ($e = 15\text{cm}$) deriva espesores de hormigón que oscilan entre 8.45 y 7.72 Pulgadas, 21.46 y 19.61 cm respectivamente, siendo el menor espesor calculado aquel cuyo apoyo es sobre 15 cm de base de suelos estabilizado con 8% de cemento.

Atendiendo la variabilidad en los materiales, suelos, superficiales a intervenir para la construcción de estos pavimentos siendo además en gran parte materiales arcillosos con plasticidades importantes, la estructura del mismo deberá estar compuesta y preparada como se muestran en grafico y/o esquema a continuación.

Esquema 1. Alternativa Estructura de Pavimento Rígido.


Del diseño del pavimento rígido, es necesario además presentar configuración de losas, espaciamiento dimensión y largo de pasadores de corte y el requerimiento o no de acero de conexión entre losas paralelas. En este sentido el método expresa los siguientes criterios:


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Ciente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 31 de 36

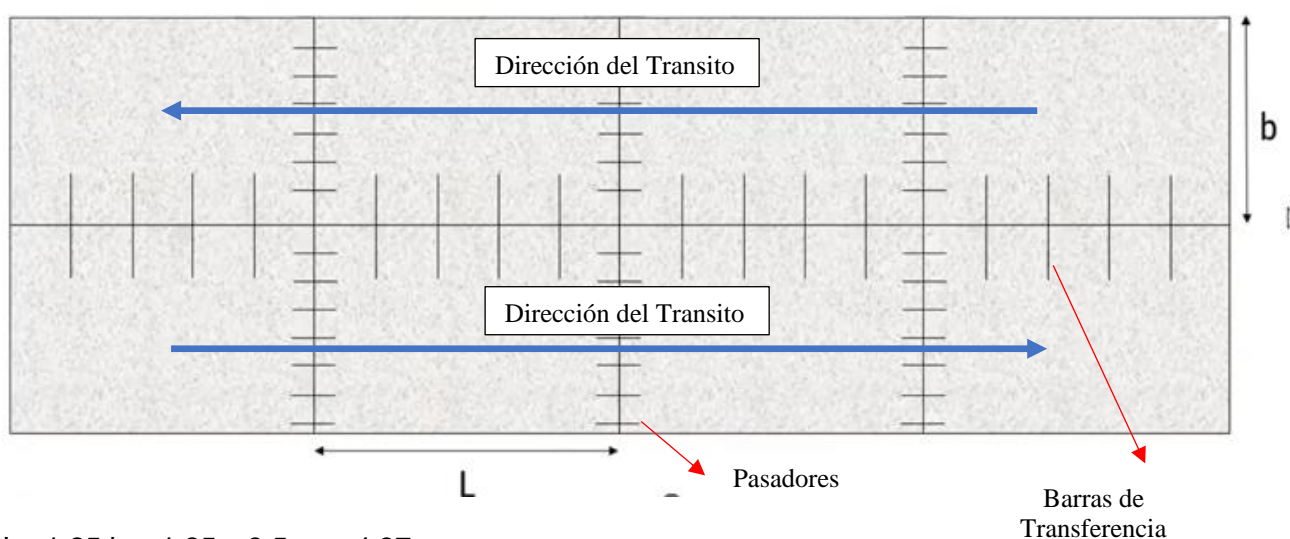
a) Tamaño de losas, el menor de los siguientes criterios.

$$L_{m\acute{a}x} = 1.25 \cdot b$$

$$L_{m\acute{a}x} = 25 \cdot h$$

$$L_{m\acute{a}x} = 6 \text{ m}$$

Esquema 2. Vista en Planta Esquema de Losas y Refuerzos Pavimentos Rígidos.



$$L = 1.25 b = 1.25 \times 3.5 \text{ m} = 4.37 \text{ m.}$$

$$L = 25 \times 0.22 = 5.50 \text{ m.}$$

$$L_{max} = 6 \text{ m.}$$

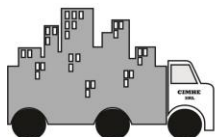
Estos valores podrían además compararse con los recomendados según el método ICPA según tabla a continuación. Las magnitudes de separación entre juntas están asociadas a tensiones en tracción a las que se somete el hormigón por un proceso de contracción por secado y tienen una validez siempre que el hormigón este correctamente dosificado, con asentamiento adecuado, sin exceso de agua y sin exceso de finos contenidos en sus áridos que puedan generar, todos en combinación, agrietamiento por contracción plástica.

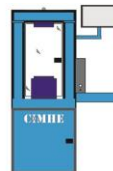
Tabla 35. Máxima separación entre juntas para pavimentos Según Portland Cement Association

Espesor de la losa [cm]	Máxima separación recomendada entre juntas [m]		
	Hormigón con asentamiento entre 10 y 15 cm		Hormigón con As < 10 cm
	Agregado Grueso $T_{m\acute{a}x} \leq 19 \text{ mm}$	Agregado Grueso $T_{m\acute{a}x} > 19 \text{ mm}$	
12,5	3,00	4,00	4,50
15,0	3,60	4,50	5,50
17,5	4,30	5,50	6,40
20,0	4,90	6,00	7,30
22,5	5,50	7,00	8,20
25,0	6,00	7,30	9,10

b) Dimensión y Separación Pasadores

Los pasadores cumplen la función de transmitir cargas de corte entre paños o tramos de losa sin que exista una transmisión de tensiones en tracción o compresión por contracción del pavimento.


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 32 de 36

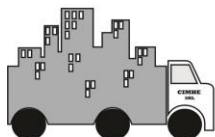
En este sentido debe ser barras lisas y con un material desvinculante de adherencia longitudinal con el hormigón. Para losas de espesor 22 cm el método AASHTO 90 recomienda pasadores de diámetro 1 1/8" de longitud 40 cm y separación 30 cm. El pasador estará integrado entre losas continuas 20 cm en cada una y siempre en la dirección del tránsito. Cuando las losas no sean hormigonadas de modo intercalado, los pasadores deberán ubicarse con dispositivos como se muestra en esquema 4 y deberán estar bien replanteados para realizar el aserrado de la junta de hormigón a la edad que especifique el diseño y dosificación de este, simplemente escasas horas luego de colado justo al cierre del tiempo de fraguado.

Tabla 36. Separación, Longitud y Diámetro de Pasadores en Función del espesor de Hormigón.

Espesor de losa (cm)	Diámetro del pasador (")	Longitud del pasador (cm)	Separación entre barras (cm)
14 - 15	3/4	35	30
16 - 18	7/8	35	
19 - 20	1	35	
21 - 23	1 1/8	40	
24 - 25	1 1/4	45	
26 - 28	1 3/8	45	
29 - 30	1 1/2	50	

Imagen 2. Vista Tipo de Pasadores en Losas que se Hormigonan de Modo Intercalado.



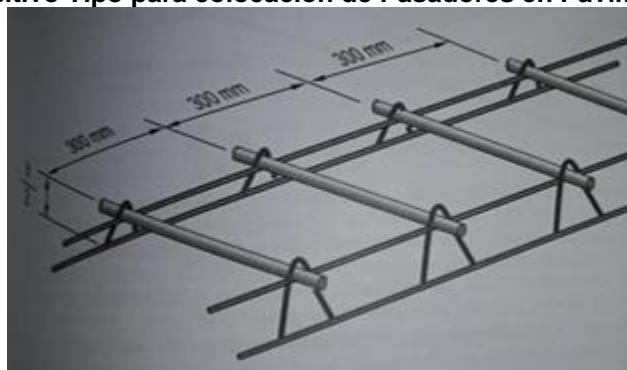
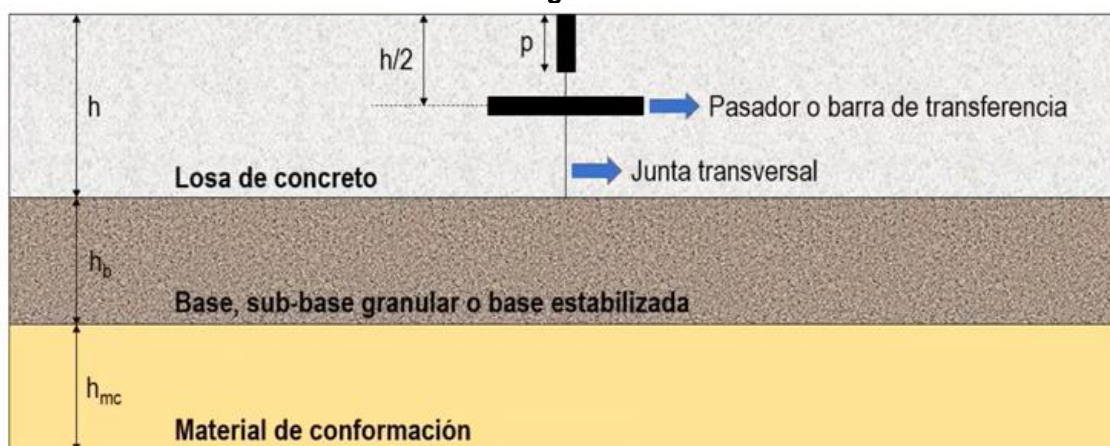

CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 33 de 36

Esquema 3. Dispositivo Tipo para colocación de Pasadores en Pavimentos de hormigón .

Esquema 4. Corte de Pavimento, Detalle y Ubicación de Pasadores en la Sección de Hormigón.

c) Barras de Anclaje.

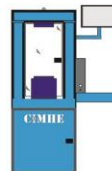
Se denominan así aquellas barras que, en tramos de vialidad rectos, vinculan losas paralelas de los dos sentidos, barras perpendiculares a la dirección del tránsito y que si deben estar adheridas al hormigón. Barras con resalte. Para losas de $b = 3.35$ m (mas aproximada), espesor 22.5 cm, diámetro de varillas de anclajes 3/8", deberán disponerse varillas de longitud 45 cm espaciadas a cada 50 cm; o ; varillas de anclajes de diámetro 1/2" de longitud 60 cm espaciadas a cada 85 cm; o ; varillas de anclajes de diámetro 5/8" de longitud 70 cm espaciadas a cada 120 cm.

Tabla 37. Separación, Longitud y Diámetro de Barras de Anclaje

Tabla 04. Separación, Longitud y Diámetro de Barras												
H (cm)	Barra de $\phi 3/8"$			Barra de $\phi 1/2"$			Barra de $\phi 5/8"$					
	L (cm)	S (cm)		L (cm)	S (cm)		L (cm)	S (cm)				
		3.05	3.35	3.65		3.05	3.35	3.65		3.05	3.35	3.65
15.0		80	75	65		120	120	120		120	120	120
17.5		70	60	55		120	110	100		120	120	120
20.0	45	60	55	50	60	105	100	90	70	120	120	120
22.5		55	50	45		95	85	80		120	120	120
25.0		45	45	40		85	80	70		120	120	120

Ancho típico de la vía
Largo de la Varilla


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 34 de 36

En caso de áreas de estacionamientos, las varillas de anclaje son sustituidas por pasadores, de modo que las losas tendrán pasadores en sus cuatro bordes a excepción de losas perimetrales. En estos casos debe respetarse la menor dimensión entre L y b en cuanto a tamaño de losa.

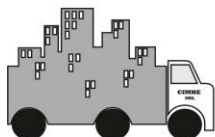
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para la evaluación realizada, luego de analizar la composición y características del subsuelo hasta 10 m de profundidad, se expresan las siguientes conclusiones:

A partir de la cota de inicio de exploración y hasta profundidades de entre 2-4 m se caracterizan materiales arcillosos de plasticidad baja con consistencias de compactas a muy compactas. Seguidamente a estas profundidades se detectan materiales arenosos finos mal gradados con compactidades de medianamente densas a densas. Se destaca la existencia de material de relleno combinado con residuos inorgánicos escasos en el primer metro de exploración para los puntos de emplazamiento P2, P3 y P4; se verifica además un desnivel entre estos puntos y el P1 de 1,3m . Se detecta nivel freático de entre -2,5 y -3,5 m de profundidad. No se verifica presencia de suelos expansivos.

A continuación, se detallan consideraciones para las distintas tipologías de fundaciones recomendadas o verificadas en la obra de referencia.

- Fundaciones en platea rígida o rigidizada con vigas de riostra, considerar un Módulo de Balasto de 1,54 kg/cm²/cm ya afectado por factores de seguridad. En caso de requerir fundaciones directas aisladas, las tensiones admisibles sobre el suelo de fundación para esta tipología según la tabla 17 no superaran los 0,40 kg/cm² para cotas de fundación de entre -2 y -3 m, se aclara que este tipo de fundaciones, zapatas aisladas, no resulta conveniente en la zona de exploración; ase recomienda que en caso de requerir fundaciones superficiales se planifique el diseño de losas de fundaciones o plateas rigidizadas atendiendo tensiones admisible mencionadas y siguiendo recomendaciones de preparación de suelos de contacto como se expresa mas adelante en esta sección.
- El sistema de fundaciones podrá estar fundamentado además en micropilotes IRS, se recomienda realizarlos con profundidades de hasta 10 m con 8 bulbos a partir del 2 m tal y como se expresa en las tabla 21 y 22 de este documento. Estos elementos tendrán capacidades admisibles de entre 18 y 23 Toneladas para micropilotes de 20 y 25 cm de diámetros y para cotas de asiento de 10 m. Estas capacidades son exclusivas para micropilotes IRS, inyectados.
- En caso de requerir fundaciones profundas de tipo pilotes excavados y colados en sitio, se muestran capacidades admisibles en las tablas 23 y 24 para pilotes de 40 y 60 cm de diámetro y con cotas de asiento de entre 9 y 10 m. Sobre estos elementos se obtienen capacidades de entre 10 y 24 Toneladas dependiendo de la profundidad, diámetro y factor de seguridad seleccionado. Para el prediseño de estos elementos se ha despreciado el posible aporte por fricción del espesor de arcilla en los primeros metros de exploración.


CIMHE
SRL

CIMHE
GEOTÉCNICA
SAS

CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE
Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 35 de 36

- Para el momento de este estudio, nuestro equipo desconoce el análisis de carga cualquier edificación que pudiese proyectarse o verificarse en el sector y los detalles de un posible nuevo proyecto; en este sentido resulta de mucha importancia se contrasten las cargas de servicio en los casos extremos de carga de la edificación con los esfuerzos admisibles del suelo recomendados en este estudio.
- En caso de seleccionar sistemas de fundaciones directas, tipo plateas, de modo constructivo, previa la ejecución del sistema de fundaciones, al menos en el primer metro de suelos deben aplicarse mejoras según se detalla. La Platea preferiblemente Rígida o Rigidizada con Vigas de Riostra cuyos ejes coincidan con las columnas o apoyos de la edificación o módulo, debe considerar una máxima transmisión de esfuerzos al suelo en cota de asiento para un módulo de balasto k respectivo. A modo de garantizar la uniformidad en el suelo de asiento, se apunta a recomendación dada en términos de sustituir y compactar al menos el 1er metro de material de contacto. La compactación se hará con un material clasificado HRB como A-1-b o similar compactado hasta lograr al menos 95% de la densidad máxima seca Proctor con esfuerzo modificado. Toda fundación de hormigón armado estará además precedida de un base granular de espesor mínimo 10 cm o de un hormigón pobre de resistencia característica 12 MPa a 28 días. Este sistema puede adoptarse en caso de requerir la construcción de piletas, o estanques de agua, igualmente contemplando los módulos de balasto reflejados en la mencionada tabla en función de la cota de asiento. Esta sustitución y compactación de materiales podrá darse con suelos de menor calidad como A-4 estabilizados con cal o con cemento a porcentajes determinados en laboratorio; en estos casos deben ejecutarse los ensayos pertinentes para evaluar su estabilidad en presencia de agua y los parámetros de resistencia. En todo caso toda carpeta orgánica y/o espesores orgánicos, escombros, plásticos y/o residuos no deben formar parte del suelo de fundación. Esta actividad debe preceder todo inicio de trabajos relacionadas con la construcción de fundaciones.
- Para bases, losas de fundación se recomiendan hormigones comprobados según los requisitos de durabilidad expresados en el CIRSOC 201:2005 en términos de Penetración de agua a Presión y Velocidad de Succión Capilar. Estas condiciones resultan fundamentales de modo que el acero de refuerzo de estos elementos puedan estar alejados y/o fuera de contacto con la humedad del suelo que inicie o acelere su proceso de corrosión.
- Se entiende pueda existir la posibilidad de trabajar con grupo de micropilotes o pilotes; en este sentido es importante considerar la eficiencia del grupo en un 75% de la sumatoria de las capacidades individuales, siempre geométricamente ubicados a una separación mínima de 4 veces el diámetro nominal de los elementos.
- Es recomendable que al menos al 10% de los micropilotes construidos, si este fuese el sistema seleccionado, sean evaluados con una prueba de estática en donde se alcance al menos el 50% por encima de la carga admisible reportada en este informe. La construcción de este tipo de elementos genera una incertidumbre que solo puede ser mitigada con este tipo de ensayos.
- En el proceso constructivo de micropilotes, debe verificarse que la presión de inyección de los bulbos no sea inferior a 0,25 MPa (2,5 Kg/cm²) y/o el volumen de inyección no sea inferior a 50 Litros.



CIMHE
SRL



CIMHE
INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22351-24

Fecha: 30/10/2024
Página 36 de 36

- En caso de selección de pilotes como sistema de fundación, deberán evaluarse una vez construido la totalidad de los mismo s al manos por el método de integridad según lo expresado en la norma ASTM D 5882.
- No se verifican contaminantes en agua, suelos y aire. No se verifican contenidos de sulfatos y cloruros en el suelo y agua de napa que afecten la estabilidad química de la estructuras hormigón armado o que requieran la implementación de hormigones con características especiales.
- Se presenta para este estudio propuesta de estructura de pavimento rígido según esquema 1 de este documento.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASTM D 1586 Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils.
- [2] BRAJA, Das. Principios de Ingeniería de Cimentaciones
- [3] PIETRO De Marco, Caracterización geotécnica del subsuelo mediante sondeos exploratorios. Del Estado del Arte a la Práctica.
- [4] Diseño de Micropilotes Michel Bustamante 1985
- [5] Trenching and Shoring Manual. State Of California. Department of Transportation

Trabajo de Campo y Laboratorio. Ing. David de Jesus, Tec. Deivy De Jesus, MMO Mia Miño.

Informe y Análisis. Ing. David de Jesus, Ing. Jesus Rojas.

Ing. Jesús Rojas
Gerente de Calidad

Ing. Humberto M. Balzamo
Gerente Técnico



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
2025-Centenario de la Refinería YPF La Plata: Emblema de la Soberanía Energética Argentina

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: Estudio de suelos

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 36 pagina/s.