GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22576-24

Fecha: 10/12/2024
Página 1 de 32

Solicitado por: OPISU-Organismo Provincial de Integración Social y Urbana

Proyecto Ubicación: Proyecto de Pavimentación y Desagües Punta Lara Ensenada Provincia de Buenos Aires

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

Realizado por: *Ing. Jesús Rojas*

Noviembre 2024

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. 21

6. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS 21

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 30

8. BIBLIOGRAFÍA 32

1. OBJETIVO Y ALCANCE

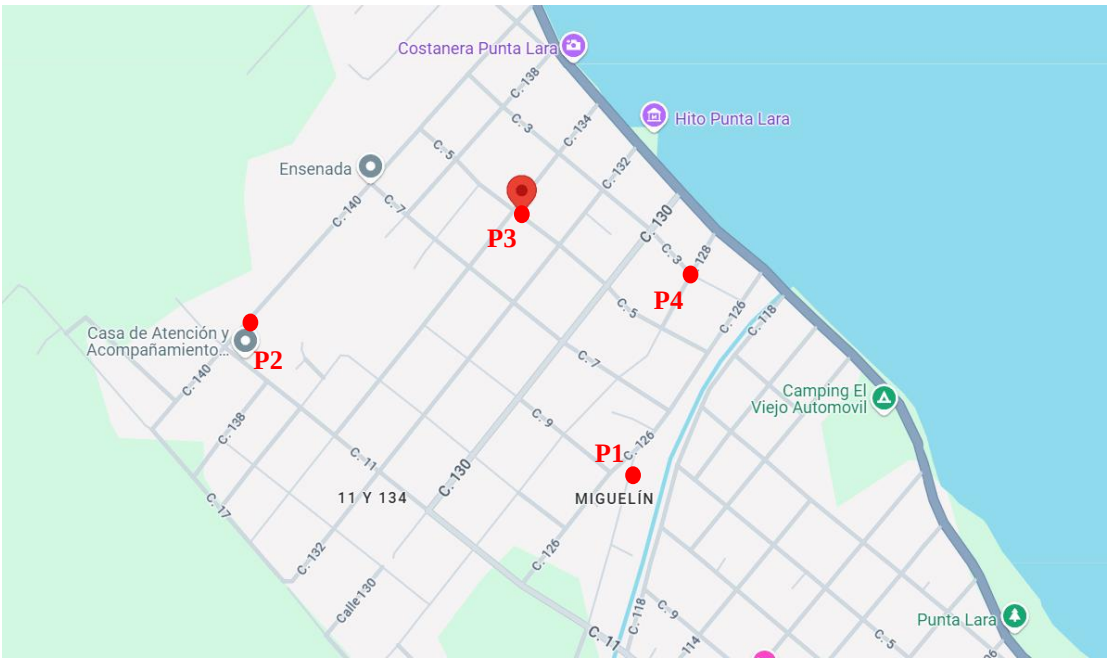
El presente informe tiene por objeto estudiar las características geotécnicas de sector de la localidad identificada como Punta Lara, Ensenada, Provincia de Buenos Aires. El estudio solicitado por OPISU, se orienta principalmente a evaluar las condiciones geotécnicas y de fundación para estructuras de pavimentos y excavaciones para desagües. 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 5 metros de profundidad cada una, ubicadas según se muestra más adelante en este documento. La exploración se planifica solo hasta 5 m de profundidad vinculando este alcance con el requerimiento de proyecto.

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 día 30 de Octubre de 2024.

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



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 5 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 110ºC), 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.

Tabla 1. Consistencia o compacidad relativa para suelos en función de Nspt. Fuente De Marco

Para Suelos Cohesivos	
Nspt	**Consistencia**
< 2	Muy Blanda
2 - 4	Blanda
4 - 8	Mediana o Firme
8 - 15	Compacta
15 - 30	Muy Compacta
> 30	Dura
Para Suelos Granulares	
Nspt	**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: $C_N = 0{,}77.\log(200/\sigma'_{vo})$ 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: $E = 70\sqrt{N_{1(60)}}$ (Kg/cm2)

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

Modulo 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	

IF-2025-27168862-GDEBA-DPTYLLOPISU

- 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.

ϕ = (15 N1(60))0.5 + 15 para vialidad y puentes (adaptada del Japanese Railway Standards)

ϕ = 0.3 N1(60) + 27 para fundaciones superficiales (adaptada del J.R.S)

Para Generalizar

ϕ = 25 + 0.63 N1(60) para $5 \leq N1(60) \leq 20$

ϕ = 34 + 0.18 N1(60) para $20 < N1(60) \leq 70$

- Resistencia a la compresión inconfinada y resistencia al corte no drenado para suelos cohesivos, adaptada al J.R.S. Prieto D. Marco.

qu= 0.10 N(60) (Kg/cm2)
su = 0.05 N(60) (Kg/cm2)

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

Nspt	*Cohesión (Cu) Kg/cm²*
< 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 = Es/(B*(1-μ2)) donde B es el ancho de la fundación.

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

Tipo de Suelos	*lb/pulg³*	*MN/m³*	*Kg/cm³*
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 Ka = Tan2(45-ϕ/2) y la presión Activa de Empuje considerando el efecto de la cohesión c, es σa = σv * Ka – 2*c*(Ka)^(1/2), no se contempla en este caso inclinación de la superficie del terraplén.
  Coeficiente de Presión Pasiva de Rankie Kp = Tan2(45+ϕ/2) y la presión Pasiva de Empuje considerando el efecto de la cohesión c, es σp = σv * Kp + 2*c*(Kp)^(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 inconfinadas 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.

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

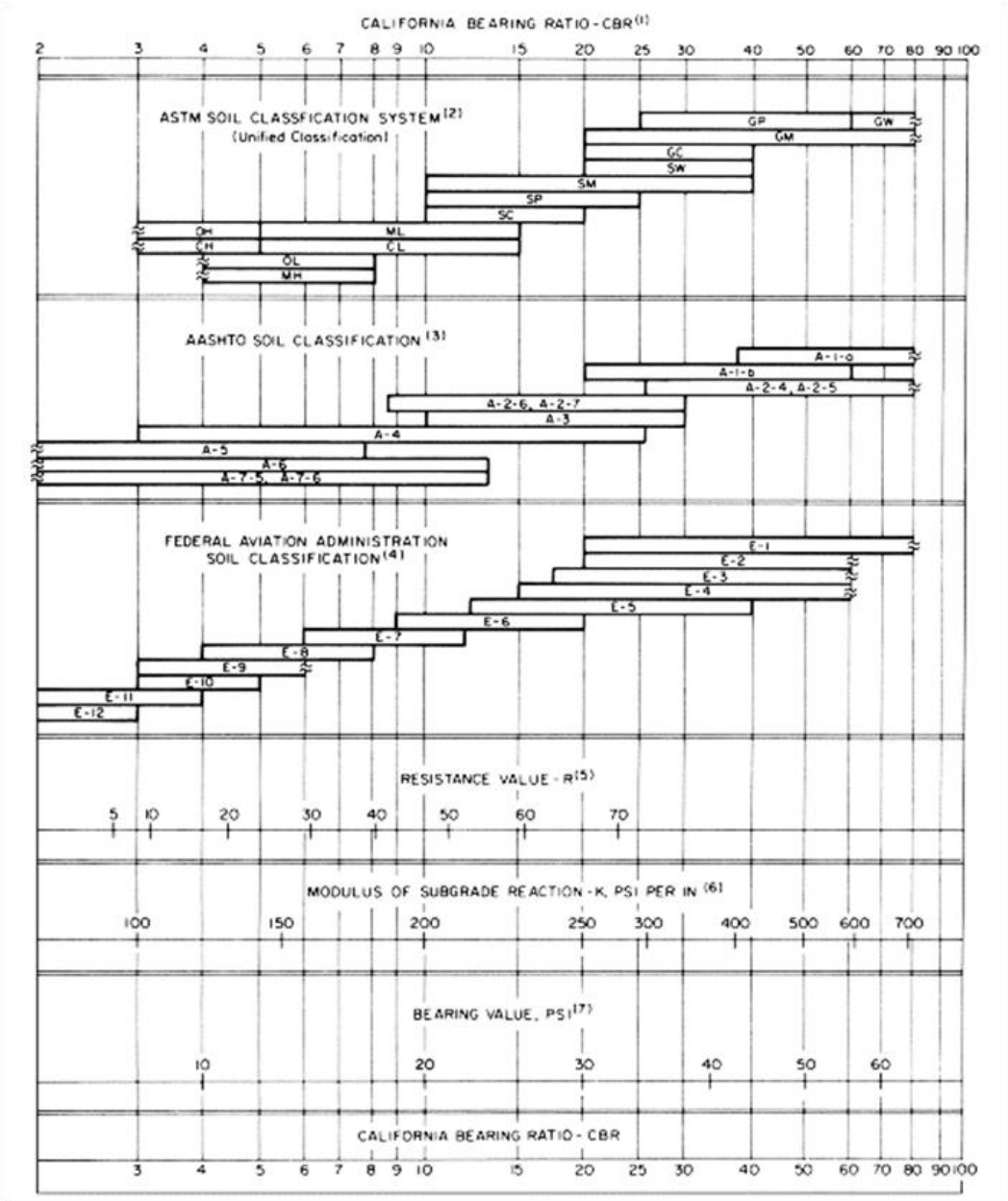


Tabla 6, Relación entre CBR y Tensiones en el Suelo Confinado en Molde

Tesnsión sobre El Suelo CBR 100%	Carga CBR 100 %	
68,73 kg/cm2	1.355,00 kg	CBR 100% (0,1")
103,08 kg/cm2	2.032,00 kg	CBR 100% (0,2")

CBR (%)	Tensión Asociado (Kg/cm2) al CBR para Penetración de 0,1" (2,54 mm)	Tensión Asociado (Kg/cm2) 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.

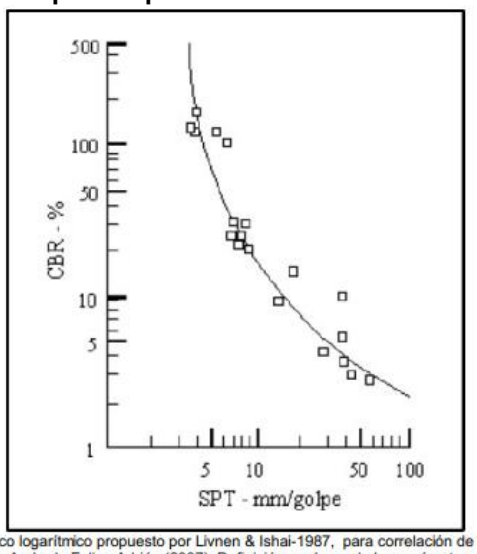


Figura 4. Gráfico logarítmico propuesto por Livnen & Ishai-1987, para correlación de SPT con CBR
Fuente: Hidalgo Andrade Felipe Adrián (2007). Definición moderna de los parámetros para el diseño

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

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	30-60	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	>60	>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

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 geomecánicos 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 CO_2, 0_3, HCHO (Formaldehido) 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 Depósitos Fluviales recientes. Depósitos Fluviales. Arenas y Limos.

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.

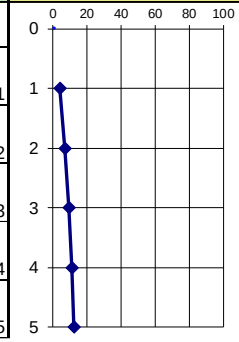
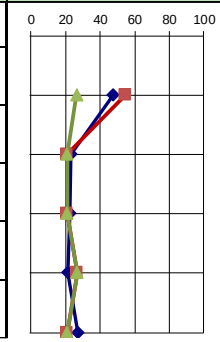
CIMHE SRL | CIMHE GEOTÉCNICA SAS | CIMHE INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22576-24

Fecha: 10/12/2024
Página 15 de 32

Tabla 12. Parámetros Geomecánicos y Litología Perforación 1

NRO. DE MUESTRA	SÍMBOLO	NIVEL FREATICO	DESCRIPCIÓN LITOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	GRÁFICO DE PENETRACIÓN Índice de Penetración " N " (SPT)	N_{SPT}	Consistencia o Compacidad Relativa	Esfuerzo vertical efectivo (σ`v) T/m²	N1(60) o N60	CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE CONSISTENCIA: HUMEDAD (%)	Gráfico de% Humedad y Limites de Consistencia	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	GRANULOMETRÍA %GRAVA	%ARENA	%FINOS	PROPIEDADES FÍSICAS y GEOTÉCNICAS: Peso Unitario (γ) gr/cm³	Peso Unitario seco (γd) gr/cm³	Ángulo de fricción (ϕ) grados sexagecimales	Módulo de Deformación (Es) Kg/cm²	Resistencia a la Compresión Sin Confinar (qu) Kg/cm²	Resistencia al corte SU Kg/cm²
																							
M1	CH		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (GRASA)	1		4	Mediana o firme	1,75	3	47,13		55	26	28	0,0	2,7	97,3	1,75	1,19	0	117	0,28	0,14
M2	SM		ARENA LIMOSA	2		7	Suelta	3,75	8	22,78		21	21	0	0,0	80,7	19,3	1,99	1,62	28	198	-	0
M3	SM		ARENA LIMOSA	3		9	Suelta	5,75	8	22,48		21	21	0	0,0	80,7	19,3	2,00	1,64	28	202	-	0
M4	SP-SM		ARENA MAL GRADADA CON LIMO	4		11	Medianamente densa	7,69	9	21,13		26	26	0	0,0	88,0	12,0	1,94	1,60	29	207	-	0
M5	SM		ARENA LIMOSA	5		12	Medianamente densa	9,58	9	27,17		21	21	0	0,0	80,7	19,3	1,89	1,49	28	205	-	0

IF-2025-27168662-GDEBA-DPTYLLOPISU

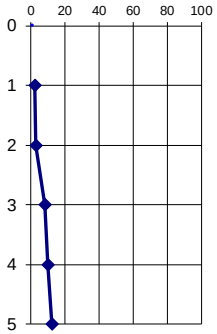
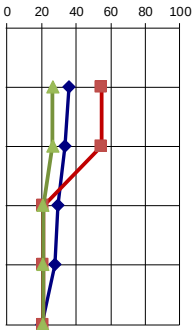
CIMHE SRL | CIMHE GEOTÉCNICA SAS | CIMHE INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22576-24

Fecha: 10/12/2024
Página 16 de 32

Tabla 13. Parámetros Geomecánicos y Litología Perforación 2

NRO. DE MUESTRA	SÍMBOLO	NIVEL FREATICO	DESCRIPCIÓN LITOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	GRÁFICO DE PENETRACIÓN: Índice de Penetración " N " (SPT)	N_{SPT}	Consistencia o Compacidad Relativa	Esfuerzo vertical efectivo (σ`v) T/m^2	N1(60) o N60	CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE CONSISTENCIA: HUMEDAD (%)	Gráfico de% Humedad y Limites de Consistencia	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	GRANULOMETRÍA: %GRAVA	%ARENA	%FINOS	PROPIEDADES FÍSICAS y GEOTÉCNICAS: Peso Unitario (γ) gr/cm^3	Peso Unitario seco (γ_d) gr/cm^3	Ángulo de fricción (ϕ) grados sexagecimales	Módulo de Deformación (Es) Kg/cm^2	Resistencia a la Compresión Sin Confinar (q_u) Kg/cm^2	Resistencia al corte Su Kg/cm^2
																							
M1	CH		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (GRASA)	1		2	Blanda	1,71	1	36,01		55	26	28	0,0	2,7	97,3	1,71	1,26	0	83	0,14	0,07
M2	CH		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (GRASA)	2		3	Blanda	3,42	4	33,41		55	26	28	0,0	2,7	97,3	1,70	1,28	0	133	0,36	0,18
M3	SM		ARENA LIMOSA	3		8	Suelta	5,38	8	29,55		21	21	0	0,0	80,7	19,3	1,96	1,51	28	193	-	0
M4	SM		ARENA LIMOSA	4		10	Medianamente densa	7,37	8	27,48		21	21	0	0,0	80,7	19,3	1,99	1,56	28	200	-	0
M5	SM		ARENA LIMOSA	5		12	Medianamente densa	9,38	9	20,19		21	21	0	0,0	80,7	19,3	2,01	1,68	29	206	-	0

IF-2025-27168662-GDEBA-DPTYLLOPISU

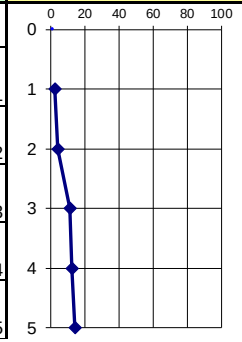
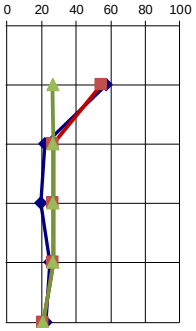
CIMHE SRL | CIMHE GEOTÉCNICA SAS | CIMHE INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22576-24

Fecha: 10/12/2024
Página 17 de 32

Tabla 14. Parámetros Geomecánicos y Litología Perforación 3

NRO. DE MUESTRA	SÍMBOLO	NIVEL FREATICO	DESCRIPCIÓN LITOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	GRÁFICO DE PENETRACIÓN Índice de Penetración " N " (SPT)	N_{SPT}	Consistencia o Compacidad Relativa	Esfuerzo vertical efectivo ($\sigma'v$) T/m^2	N1(60) o N60	CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE CONSISTENCIA: HUMEDAD (%)	Gráfico de% Humedad y Limites de Consistencia	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	GRANULOMETRÍA: %GRAVA	%ARENA	%FINOS	PROPIEDADES FÍSICAS y GEOTÉCNICAS: Peso Unitario (γ) gr/cm^3	Peso Unitario seco (γd) gr/cm^3	Ángulo de fricción (ϕ) grados sexagecimales	Módulo de Deformación (Es) Kg/cm^2	Resistencia a la Compresión Sin Confinar (qu) Kg/cm^2	Resistencia al corte Su Kg/cm^2
																							
M1	CH		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (GRASA)	1		2	Blanda	1,70	1	57,25		55	26	28	0,0	2,7	97,3	1,70	1,08	0	83	0,14	0,07
M2	SP-SM		ARENA MAL GRADADA CON LIMO	2		4	Suelta	3,63	5	22,10		26	26	0	0,0	88,0	12,0	1,93	1,58	27	151	-	0
M3	SP-SM		ARENA MAL GRADADA CON LIMO	3		11	Medianamente densa	5,26	11	19,47		26	26	0	0,0	88,0	12,0	1,64	1,37	29	228	-	0
M4	SP-SM		ARENA MAL GRADADA CON LIMO	4		12	Medianamente densa	7,24	10	24,99		26	26	0	0,0	88,0	12,0	1,97	1,58	29	220	-	0
M5	SM		ARENA LIMOSA	5		14	Medianamente densa	9,10	10	22,54		21	21	0	0,0	80,7	19,3	1,86	1,52	29	224	-	0

IF-2025-27168662-GDEBA-DPTYLLOPISU

CIMHE SRL CIMHE GEOTÉCNICA SAS CIMHE INSUMOS SAS

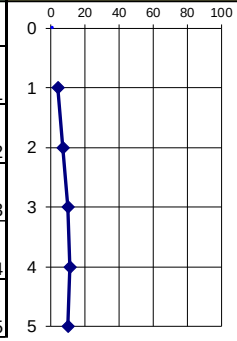
GRUPO CIMHE

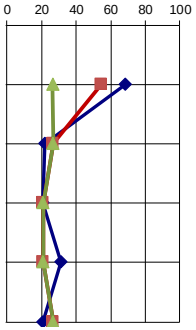
Cliente: OPISU
OT: 22576-24

Fecha: 10/12/2024
Página 18 de 32

Tabla 15. Parámetros Geomecánicos y Litología Perforación 4

NRO. DE MUESTRA	SÍMBOLO	NIVEL FREATICO	DESCRIPCIÓN LITOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	GRÁFICO DE PENETRACIÓN Índice de Penetración " N " (SPT)	N_{SPT}	Consistencia o Compacidad Relativa	Esfuerzo vertical efectivo (σ`v) T/m^2	N1(60) o N60	CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE CONSISTENCIA: HUMEDAD (%)	Gráfico de% Humedad y Limites de Consistencia	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	GRANULOMETRÍA: %GRAVA	%ARENA	%FINOS	PROPIEDADES FÍSICAS y GEOTÉCNICAS: Peso Unitario (γ) gr/cm^3	Peso Unitario seco (γ_d) gr/cm^3	Ángulo de fricción (ϕ) grados sexagecimales	Módulo de Deformación (Es) Kg/cm^2	Resistencia a la Compresión Sin Confinar (q_u) Kg/cm^2	Resistencia al corte Su Kg/cm^2
M1	CH	▽	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (GRASA)	1		4	Mediana o firme	1,71	3	68,23		55	26	28	0,0	2,7	97,3	1,71	1,01	0	117	0,28	0,14
M2	SP-SM		ARENA MAL GRADADA CON LIMO	2		7	Suelta	3,67	8	21,89		26	26	0	0,0	88,0	12,0	1,97	1,61	28	199	-	0
M3	SM		ARENA LIMOSA	3		10	Medianamente densa	5,47	9	20,92		21	21	0	0,0	80,7	19,3	1,79	1,48	29	215	-	0
M4	SM		ARENA LIMOSA	4		11	Medianamente densa	7,21	9	31,32		21	21	0	0,0	80,7	19,3	1,74	1,33	29	211	-	0
M5	SP-SM		ARENA MAL GRADADA CON LIMO	5		10	Medianamente densa	9,18	7	20,41		26	26	0	0,0	88,0	12,0	1,97	1,64	28	189	-	0





IF-2025-27168662-GDEBA-DPTYLLOPISU

En la exploración de modo general a profundidades hasta -1 m se verifican materiales arcillosos de plasticidad moderada a alta con consistencias de blandas a medianas; a partir de esta profundidad y hasta -5 m, se verifican materiales predominantemente arenosos limosos con compacidades de suelta a medianamente densas.

Nivel freático detectado a -1 m de profundidad.

Tabla 16. Materiales Clasificados de Cada Perforación.

Prof. (m) y Nivel Freático	Clasif. P1	Clasif. P2	Clasif. P3	Clasif. P4
1	CH	CH	CH	CH
2	SM	CH	SP-SM	SP-SM
3	SM	SM	SP-SM	SM
4	SP-SM	SM	SP-SM	SM
5	SM	SM	SM	SP-SM

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. Si bien esta evaluación geotécnica se asocia a temas de pavimentos, se dejan tensiones admisibles expresadas para edificaciones menores públicas, veredas, refugios menores para espera de transporte publico o similares.

Es de notar que las tensiones admisibles calculadas 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 0.17 Kg/cm2 para cota de fundación entre -1 y -2 m y el módulo de balasto no serán en ningún caso superior a 0.51 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 con espesores de intervención de -1 m oscilan entre 3 y 5%.

CIMHE SRL | CIMHE GEOTÉCNICA SAS | CIMHE INSUMOS SAS

GRUPO CIMHE

Cliente: OPISU
OT: 22576-24

Fecha: 10/12/2024
Página 20 de 32

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

	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
ZONA DE PERFORACIÓN	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		CH	3	117	0,140	0	0,28	0,28	0,28	1,03	1,30	0,39
	2		SM	8	198	0	28	0,74	0,79	0,63	2,94	2,20	0,66
	3		SM	8	202	0	28	0,99	0,83	0,63	3,05	2,24	0,67
	4		SP-SM	9	207	0	29					2,30	0,69
	5		SM	9	205	0	28					2,28	0,68
2	1		CH	1	83	0,070	0	0,17	0,17	0,17	0,51	0,92	0,28
	2		CH	4	133	0,180	0	0,37	0,37	0,37	1,32	1,47	0,44
	3		SM	8	193	0	28	0,95	0,83	0,63	2,80	2,15	0,64
	4		SM	8	200	0	28					2,22	0,67
	5		SM	9	206	0	29					2,29	0,69
3	1		CH	1	83	0,070	0	0,17	0,17	0,17	0,51	0,92	0,28
	2		SP-SM	5	151	0	27	0,65	0,69	0,63	1,71	1,68	0,50
	3		SP-SM	11	228	0	29	0,77	0,81	0,63	3,89	2,53	0,76
	4		SP-SM	10	220	0	29					2,44	0,73
	5		SM	10	224	0	29					2,49	0,75
4	1		CH	3	117	0,140	0	0,28	0,28	0,28	1,03	1,30	0,39
	2		SP-SM	8	199	0	28	0,73	0,77	0,63	2,97	2,21	0,66
	3		SM	9	215	0	29	0,83	0,83	0,63	3,47	2,39	0,72
	4		SM	9	211	0	29					2,34	0,70
	5		SP-SM	7	189	0	28					2,10	0,63

Tabla 18 Parámetros para Excavaciones.

	Propiedades del Suelo a Cada Metro de Perforación							Parámetros, Empujes de Tierra en Excavaciones				
ZONA DE PERFORACIÓN	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 σv Kg/cm2	Coeficiente de empuje Activo (Ka) Rankie	Presión Lateral Activa Kg/cm2 (*)	Coeficiente de empuje Pasivo (Kp) Rankie	Presión Lateral Pasiva Kg/cm2
1	1		CH	3	117	0,140	0	0,18	1,000	0,175	1,000	0,455
	2		SM	8	198	0	28	0,37	0,357	0,134	2,801	1,049
	3		SM	8	202	0	28	0,58	0,356	0,204	2,813	1,618
	4		SP-SM	9	207	0	29	0,77	0,353	0,272	2,832	2,179
	5		SM	9	205	0	28	0,96	0,354	0,339	2,824	2,706
2	1		CH	1	83	0,070	0	0,17	1,000	0,171	1,000	0,311
	2		CH	4	133	0,180	0	0,34	1,000	0,342	1,000	0,701
	3		SM	8	193	0	28	0,54	0,359	0,193	2,786	1,498
	4		SM	8	200	0	28	0,74	0,356	0,263	2,807	2,068
	5		SM	9	206	0	29	0,94	0,354	0,332	2,827	2,653
3	1		CH	1	83	0,070	0	0,17	1,000	0,170	1,000	0,310
	2		SP-SM	5	151	0	27	0,36	0,375	0,136	2,665	0,966
	3		SP-SM	11	228	0	29	0,53	0,344	0,181	2,905	1,529
	4		SP-SM	10	220	0	29	0,72	0,348	0,252	2,875	2,081
	5		SM	10	224	0	29	0,91	0,346	0,315	2,891	2,630
4	1		CH	3	117	0,140	0	0,17	1,000	0,171	1,000	0,451
	2		SP-SM	8	199	0	28	0,37	0,357	0,131	2,804	1,030
	3		SM	9	215	0	29	0,55	0,350	0,191	2,859	1,563
	4		SM	9	211	0	29	0,72	0,352	0,254	2,843	2,050
	5		SP-SM	7	189	0	28	0,92	0,361	0,331	2,773	2,545

IF-2025-27168662-GDEBA-DPTYLLOPISU

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 para temas de desagües.

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, 03, HCHO (Formaldehido) 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 93 y 101 ppm respectivamente siendo inferiores a los valores limites 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, transito, 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 lasa cargas tipo de transito según se presentan en tabla a continuación con frecuencias típicas o probables estimadas.

Tabla 19 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 Vehiculo 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 20 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%

Tabla 21 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 22 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 23. Error normal Combinado

Proyecto de pavimento	S_o	
	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 Po = 4.2 y final Pf = 3 para ser más exigente en el diseño final, (ΔPSI=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 valores de CBR obtenidos por correlación en muestras de suelos exploradas en los primeros metros, próximos al 4-7%, le corresponde un valor de K de 1-2 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.

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 20-25 cm. Se considera que el material existente (CH) (A-7) pueda ser estabilizado con cemento ofreciendo mejores prestaciones en términos de rigidez.

Material A-7, Suelo Natural Estabilizado con 8% de Cemento.
Resistencia a la Compresión en probetas a 7 Días = 2.14 MPa
Coeficiente de Balasto o Módulo de Reacción según AASTHO 93 = 6 y 13.5 kg/cm2/cm (60-135 MPa/m) dependiendo del espesor.

Tabla 23. 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							
MPa/m	pci	10 cm		15 cm		20 cm		25 cm	
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. Se especifica para este proyecto 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 10^6 psi.

Tabla 23. 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 24. 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/cm²
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 25. 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 26. Coeficiente J dependiente de la situación de transferencia de carga entre losas.

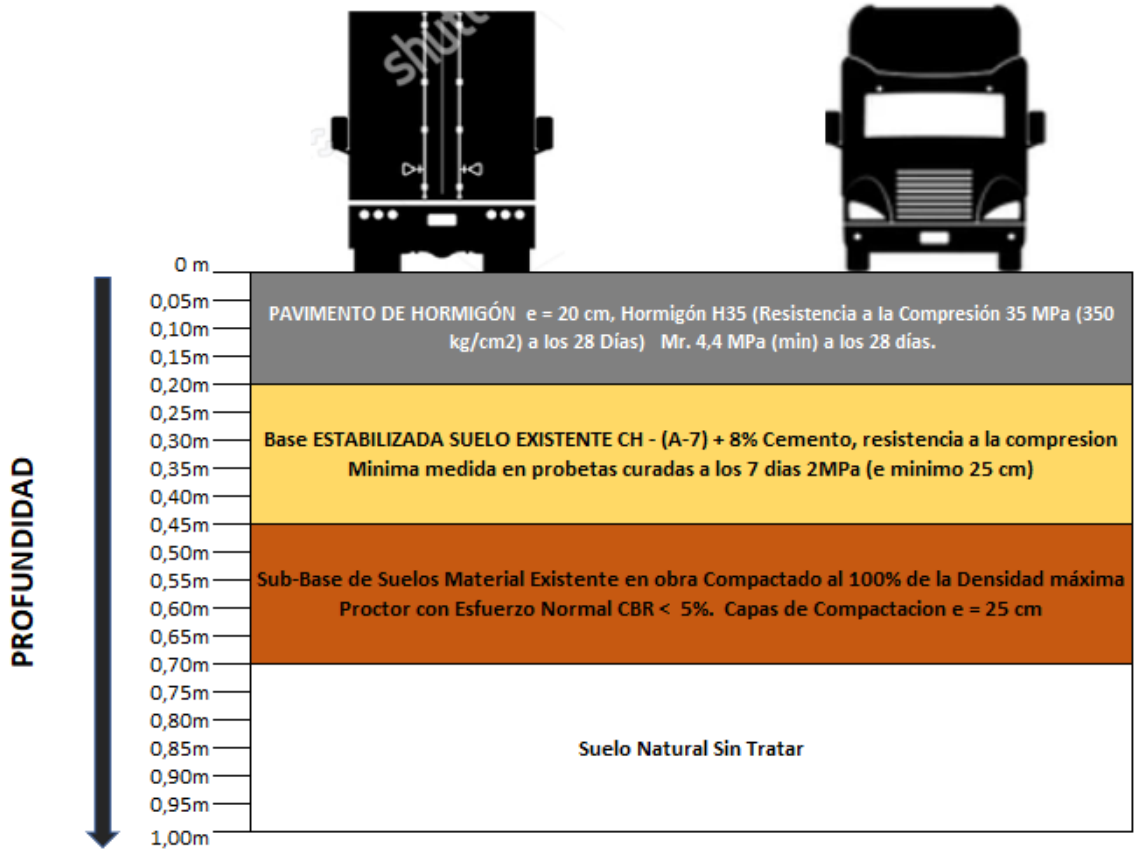
Condición	J
Junta con pasadores – Losa confinada	2.7
Junta con pasadores – Losa no confinada	3.2
Junta sin pasadores – Losa confinada	4.2
Junta sin pasadores – Losa no confinada	4.4

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.

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 = 15cm) y apoyo en base estabilizada con cemento (e =15cm) deriva espesores de hormigón que oscilan entre 9 y 8 Pulgadas, 22,86 y 20,32 cm respectivamente, siendo el menor espesor calculado aquel cuyo apoyo es sobre 15 cm de base de suelos estabilizado con 8% de cemento. Conviene en tal sentido preparar una base estabilizada de 20 cm para que el espesor de pavimento final corresponda con 20 cm.

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.

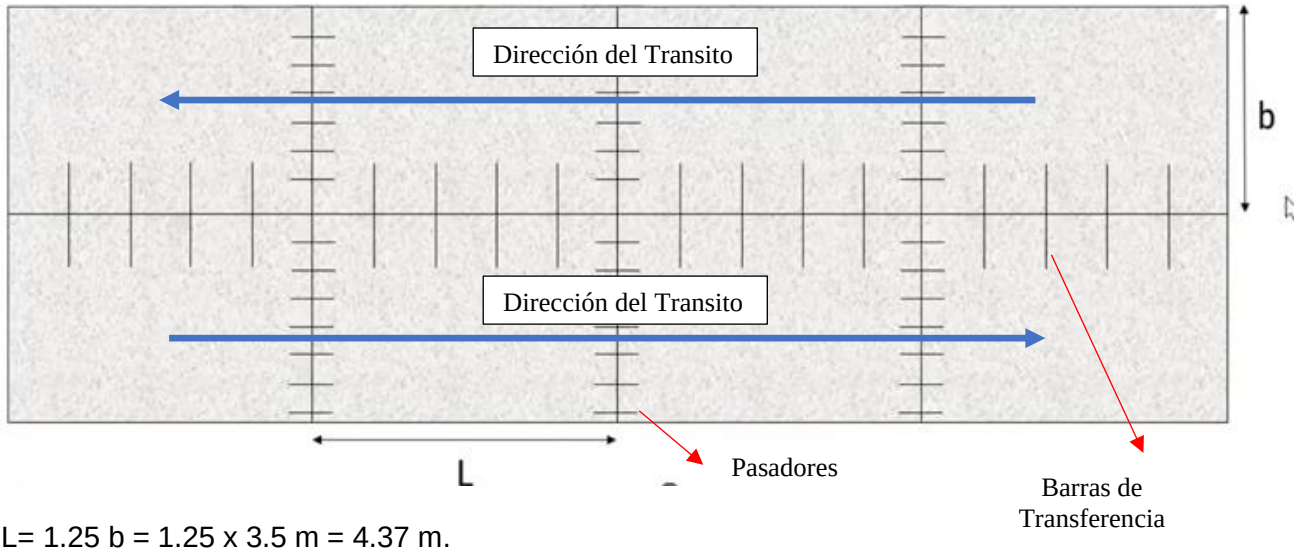


Del diseño del pavimento rígido, es necesario además presentar configuración de losas, espaciamiento dimensión y largo de pasadores de corte y el requerimiento o no de acero de conexión entre losas paralelas. En este sentido el método expresa los siguientes criterios:

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

$$L_{máx} = 1.25 \cdot b \qquad L_{máx} = 25 \cdot h \qquad L_{máx} = 6\,m$$

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



L= 1.25 b = 1.25 x 3.5 m = 4.37 m.
L= 25 x 0.22 = 5.50 m.
Lmax = 6 m.

Estos valores podrían además comparase con los recomendados según el métodos 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 27. 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 Tmáx ≤ 19 mm	Agregado Grueso Tmáx > 19 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

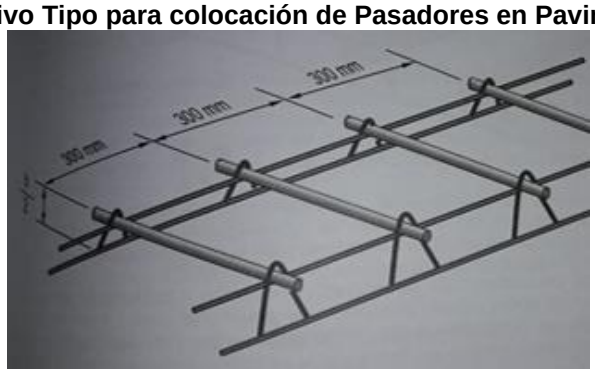
Los pasadores cumplen la función de transmitir cargas de corte entre paños o tramos de losa sin que exista un a transmisión de tensiones en tracción o compresión por contracción del pavimento. En este sentido debe ser barras lisas y con un material desvinculante de adherencia longitudinal con el hormigón. 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 28. Separación, Longitud y Diámetro de Pasadores en Función del espesor de Hormigón.

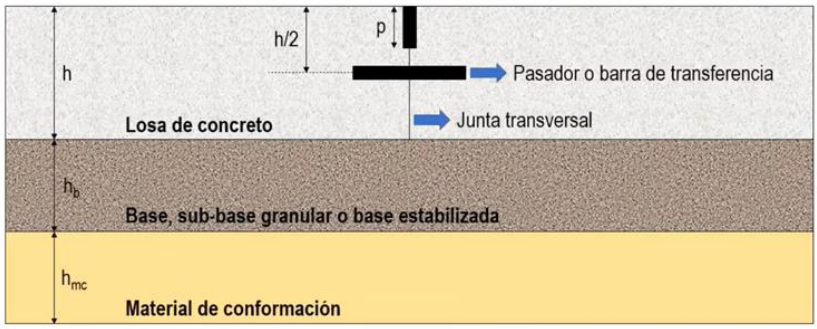
Espesor de losa (cm)	Diámetro del pasador (")	Longitud del pasador (cm)	Separación entre barras (cm)
14 – 15	3/4	35	30
16 – 18	7/8	35	
19 – 20	1	35	
21 – 23	1 1/8	40	
24 – 25	1 1/4	45	
26 – 28	1 3/8	45	
29 – 30	1 1/2	50	

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

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 transito 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 ½" 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 29. Separación, Longitud y Diámetro de Barras de Anclaje

H (cm)	Barra de ϕ3/8"				Barra de ϕ1/2"				Barra de ϕ5/8"			
	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 tipico de la via
Largo de la Varilla

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 5 m de profundidad, se expresan las siguientes conclusiones:

En la exploración de modo general a profundidades de hasta -1m se verifican materiales arcillosos de plasticidad moderada a alta con consistencias de blandas a medianas; a partir de esta profundidad y hasta -5 m, se verifican materiales predominantemente arenosos limosos con compacidades de suelta a medianamente densas.

Se detecta nivel freático a -1 m de profundidad. No se verifica presencia de suelos expansivos a pesar de que hay presencia de arcillas de plasticidad moderada con LL mayores a 50% solo en el primer metro de exploración.

A continuación, se detallan consideraciones para las distintas tipologías de fundaciones recomendadas o verificadas en la obra de referencia. Se destaca que el presente estudio ha tenido como objeto principal el diseño de estructuras de pavimentos, sin embargo, se presentan recomendaciones generales para fundaciones superficiales de obras menores, veredas refugios de paradas de autobuses.

- Fundaciones en platea rígida o rigidizada con vigas de riostra, considerar un Módulo de Balasto de 0.50 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 0,17 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; se 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.
- En caso de que para estructuras menores de requiera 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 los primeros 30 cm 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.
- 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. La estructura de pavimento estará compuesta por una remoción de hasta 70 cm de profundidad de la cota actual para iniciar a partir de esta superficie la compactación de los que sería la sub-base. Se utilizará en tal sentido el mismo material, removido correspondiente con un CH (A-7) compactando el mismo a la humedad optima hasta alcanzar una densidad de compactación que supere el 95% de la densidad Proctor con esfuerzo normal determinada en ensayos de laboratorio. Se espera según ensayos y cálculos realizados en este estudio que esta capa se acerque a un CBR de 5% y se compacten 15 cm de este material terminado. Seguidamente se planifica la preparación de la base cuyo espesor calculado es de 25 cm. Esta capa deberá estar conformada por el misma material retirado de la excavación sin materia orgánica y con 8% de cemento. Esta capa deberá compactarse con la humedad optima del conjunto y hasta el 95% de la densidad máxima determinada en laboratorio. Finalmente deberá colarse hormigón H35 en espesores no menores de 20 cm con un diagrama de junta y una colocación de pasadores de corte según se especifica en la sección 6 de este documento. Debe garantizarse en todo caso la correcta distribución del material cementicio en la colocación de la base, el 8% esta calculado en función del peso unitario seco del material de modo que por cada m3 de suelo suelto deberá agregase de entre de 120 y 150 kg de cemento correctamente distribuidos.
- En caso de construcciones nuevas con la planificación de subsuelos, o en trabajos de canalización de aguas, se recomienda que toda excavación debe estar protegida contra desmoronamientos y/o inestabilidades de los taludes, en este sentido se deben diseñar sistemas provisorios y/o permanentes en función de lo requerido y contemplando las presiones de empujes reportadas en la tabla 18. Se ha despreciado el aporte de la cohesión que permitiría dejar los primeros metros de excavaciones libre de soporte, de

modo de establecer como prioridad la seguridad del personal y de la infraestructura en su fase constructiva.

- Todos los trabajos de cierre de excavaciones, podrán ser ejecutados con el material extraído propio de la excavación al que se la aplique el debido proceso de compactación alcanzando la densidad máxima Proctor para un esfuerzo normal siempre excluyendo capa vegetal.
- Toda recolección de aguas de lluvia, así como el tratamiento y disposición final de las aguas servidas, debe tratarse con especial atención, ya que cambios en el contenido de agua de los materiales (suelos), generan cambios en desmejora de su capacidad portante y que pueden comprometer las edificaciones proyectadas.
- Se recomienda que las coladas le hormigón sean controladas según lo especificado en la norma IRAM 1546 y que se planifiquen procesos de aserrado y curado en tiempo y forma que corresponden para este tipo de construcciones.
- Para los materiales suelos evaluados, se podrán manejar parámetros Proctor para controles de compactación de %humedad Optima 24% y Densidad Máxima seca Proctor con esfuerzo normal 1680 Kg/m3.
- Para los materiales suelos evaluados en combinación con 8% de cemento, se podrán manejar parámetros Proctor para controles de compactación de %humedad Optima 26% y Densidad Máxima seca Proctor con esfuerzo normal 1690 Kg/m3

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

IF-2025-27168662-GDEBA-DPTYLLOPISU

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: IF-2025-27168662-GDEBA-DPTYLLOPISU

LA PLATA, BUENOS AIRES
Lunes 4 de Agosto de 2025

Referencia: Estudio de suelos

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 32 pagina/s.

Digitally signed by GDE BUENOS AIRES
DN: cn=GDE BUENOS AIRES, c=AR, o=MINISTERIO DE GOBIERNO BS.AS., ou=SUBSECRETARIA DE GOBIERNO DIGITAL, serialNumber=CUIT 30715124234
Date: 2025.08.04 10:02:50 -03'00'

Federico Nicolás Insaurralde
Director
Dirección de Pliegos Técnicos y Legajos Licitatorios
Organismo Provincial de Integración Social y Urbana

Digitally signed by GDE BUENOS AIRES
DN: cn=GDE BUENOS AIRES, c=AR, o=MINISTERIO DE GOBIERNO BS.AS., ou=SUBSECRETARIA DE GOBIERNO DIGITAL, serialNumber=CUIT 30715124234
Date: 2025.08.04 10:02:51 -03'00'