

CONSTRUCCIONES ENTERRADAS [SUBSUELOS]

**ALUMNOS
SEBASTIÁN HUARTAMENDÍA
DIEGO LUZARDO**

**TUTORAS
ARQ. ROSA MARTORELLI
ARQ. MAGDALENA CASTRO**

SETIEMBRE DE 2013

AGRADECIMIENTOS

Docentes de la UdelaR
Facultad de Arquitectura

Área Patologías
Arq. Rosa Martorelli
Arq. Magdalena Castro

Cátedra Acondicionamiento Sanitario
Arq. Eduardo Brenes

Empresa Constructora Saceem

Director de Obra
Ing. Joaquín Lanza
Capataz General de Obra
Sr. Luis Borges

ÍNDICE

PRÓLOGO [PR]

1. Fundamentación
2. Objetivo
3. Metodología
4. Limitaciones

BLOQUE 1 – INTRODUCCIÓN [IN]

1. Tipos de suelos
2. Condiciones por implantación
 - 2.1. Nivel freático
 - 2.2. Predios linderos
 - 2.3. Formas de excavación
 - 2.4. Maquinaria

BLOQUE 2 – CONSTRUCCIONES ENTERRADAS [CE]

1. Cerramiento perimetral
 - 1.1. Muro de contención
 - 1.2. Tipos
 - 1.2.1. Hormigón armado
 - 1.2.2. Conformado con bloques de mortero de cemento portland
 - 1.2.3. Hormigón colado
 - 1.2.4. Hormigón proyectado
2. Cerramiento inferior
3. Impermeabilización
 - 3.1. Tipos
 - 3.2. Sistemas
 - 3.2.1. Impermeabilizantes asfálticos
 - 3.2.2. Aditivos
 - 3.2.3. Cementicos
 - 3.2.4. Otros
4. Drenaje

BLOQUE 3 – PATOLOGÍAS FRECUENTES [PF]

1. Patología
 - 1.1. Constructiva
 - 1.2. Preventiva
 - 1.3. Curativa
2. Patologías en construcciones enterradas
 - 2.1. Ausencia o falla de drenaje
 - 2.2. Fallas accidentales
3. Estudio de casos
 - 3.1. Caso 1
 - 3.2. Caso 2
 - 3.3. Caso 3

REFLEXIÓN FINAL [RF]

BIBLIOGRAFÍA [BI]

PRÓLOGO [PR]

1. Fundamentación

Esta tesina pretende aportar insumos para el proceso de formación del arquitecto porque se considera que el tema de las construcciones enterradas (subsuelos) es de gran relevancia. El tema es abordado en los cursos de Construcción únicamente en el segundo curso (correspondiente al tercer año de la carrera) mientras que en los cursos de Estabilidad se lo menciona en el tercer curso (correspondiente al cuarto año de la carrera) siendo abordado de manera simple, quedando a criterio del estudiante su profundización. Si bien es posible estudiar algún caso en el curso de Práctica de Obra (correspondiente al quinto año de la carrera) refiere allí a algún proyecto particular quedando a criterio del docente a cargo el incluirlo¹.

Se aspira a que el trabajo sirva de referencia y deje un antecedente del abordaje de la temática para futuras tesinas de otros estudiantes.

En referencia al grado de exposición de las construcciones enterradas M. Carrió entiende que: "*(...) se incrementa debido al contacto directo con el suelo y todo lo que ello significa (presencia de napa freática, filtraciones de agua, etc.)*"²

En cuanto a los procesos patológicos M. Carrió resume en los siguientes porcentajes las causas de los mismos:

Proyecto [Diseño].....40%
Ejecución.....35%
Material.....15%
*Mantenimiento.....10%*³

Estos porcentajes evidencian la importancia del papel que juegan tanto los proyectistas como los directores de obra en la prevención y control del proceso patológico.

En cuanto a las consecuencias que puede ocasionar M. Carrió expresa que "*(...) una futura reparación sería de un costo elevado, y muy complejo de solucionar.*"⁴

En suma, resulta de gran relevancia el buen diseño y posterior ejecución de la obra en estos sectores altamente vulnerables a la aparición de patologías.

2. Objetivo

Recopilar información referente a los cerramientos en construcciones enterradas (subsuelos) más frecuentes en el medio local: perimetrales (muros de contención) e inferiores (sobre el suelo). El núcleo del trabajo se centra en el análisis de los mismos y sus patologías frecuentes.

¹ Refiere a la Carrera de Arquitectura según el Plan de Estudios del año 2002.

² Extraído de M. Carrió, J., "*Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos*", Ed. Munillalera, Madrid, España, año 2010.

³ *Ibidem.*

⁴ *Ibidem.*

3. Metodología

Inicialmente se tomó conocimiento de los principales aspectos vinculados a la temática en base a la revisión bibliográfica específica. Ante la ausencia de bibliografía referida a algún aspecto del tema, se recurrió a entrevistar a profesionales y técnicos idóneos en él. Se procuró complementar la información obtenida con el estudio de tres casos previamente seleccionados, correspondientes a obras de cierta entidad que fueron analizados a través de sus recaudos gráficos, memorias e informes.

Posteriormente se continuó con un trabajo de análisis de la información y comparación de los datos recabados. Finalmente se abordó la elaboración de la tesina.

4. Limitaciones

El tiempo en que se enmarcó el desarrollo de la tesina impidió efectuar un seguimiento de las obras seleccionadas para su estudio, las cuales se encontraban en proceso de construcción o habían sido finalizadas últimamente. En el caso en que la obra se encontraba en proceso de ejecución, las patologías no llegaron a evidenciarse por el mismo motivo. Asimismo, no se pudo acceder a las obras por diversos motivos.

BLOQUE 1 – INTRODUCCIÓN [IN]

1. Tipos de suelos⁵

El suelo se presenta bajo dos formas fundamentales:

Las rocas

Son formaciones geológicas solidas con notable resistencia a la compresión y de gran tenacidad, solamente pueden ser separadas en trozos a través de medios mecánicos poderosos como ser explosivos o martillos neumáticos.

Los suelos

Son agregados naturales de partículas minerales separables por medios mecánicos de poca intensidad, como por ejemplo el agitado en agua. Son trabajables con palas y picos.

Las arenas son el resultado de la descomposición de las rocas por medios físicos, carecen de cohesión si están limpias y su resistencia es debida al rozamiento interno.

Las arcillas son el resultado de la descomposición química de las rocas, son cohesivos y han sufrido en el proceso de formación geológica presiones debidas a estratos superiores del suelo o del agua que las ha comprimido.

Las derivadas de rocas silíceas no varían su volumen frente a distintos contenidos de humedad, en cambio las derivadas de rocas cálcicas sí lo hacen. Los asientos (descensos) que se producen en las fundaciones sobre arcilla se acentúan más que en otros tipos de suelos.

FRACCIÓN GRUESA		FRACCIÓN FINA		
GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	
PERMEABILIDAD	+	GRAVA	-	CAPILARIDAD
	↓	ARENA	↑	
		LIMO		
	-	ARCILLA	+	

6

⁵ Para profundizar en el tema consultar: AA.VV., Ficha de Construcción I, "Rocas y Suelos", Farq., Montevideo, Uruguay, año 2005.

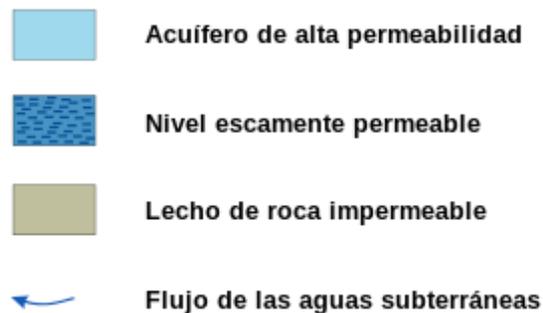
⁶ Cuadro elaborado en base a AA.VV., Ficha de Estabilidad III, "Dispositivos de Fundación", Farq., Montevideo, Uruguay, año 2007.

2. Condiciones por implantación

2.1. Nivel freático⁷

Definición

Según Wikipedia: "Un acuífero es aquel estrato o formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrarnos con materiales muy variados como gravas de río, limo, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas, depósitos de dunas e incluso ciertos tipos de arcilla. El nivel superior del agua subterránea se denomina tabla de agua, y en el caso de un acuífero libre, corresponde al nivel freático."



8

⁷ También se conoce como capa freática, manto freático, napa freática, napa subterránea, tabla de agua o simplemente freático.

⁸ Fuente imagen: www.wikipedia.com

Variación del nivel freático

Las variaciones del nivel freático son consecuencia de la interacción de numerosos y complejos factores. Algunas de las variables que intervienen están asociadas a causas naturales mientras que otras se relacionan con la actividad del hombre, es decir, las causas antrópicas.

Causas naturales

El comportamiento de los acuíferos depende de sus propias características físicas y de las del ambiente natural en las cuales se insertan.

Desde el punto de vista climatológico las lluvias son la principal causa de variación del nivel freático. Mientras que desde el aspecto topográfico e hidrológico, la mayor o menor pendiente del terreno condicionará la velocidad con que circula tanto el agua superficial como subterránea.



9

Causas antrópicas¹⁰

- Falta de mantenimiento de los cursos fluviales. Los ríos y arroyos actúan como evacuadores del agua subterránea.
- Falta de mantenimiento de pluviales. Estos deben garantizar en todo momento la evacuación del agua de lluvia.
- Deforestación. Ésta agresión al medio ambiente incrementa el porcentaje de agua retenida en el suelo.
- Posibles pérdidas de la red de saneamiento.

⁹ Fuente imagen: www.wikipedia.com

¹⁰ Se mencionan las más relevantes.

Incidencias por proximidad a las construcciones

- a. Presión por presencia circundante de la napa freática.

Si el nivel freático queda comprendido en la altura del subsuelo –en caso de no contar con la impermeabilización adecuada– el agua podría ingresar por presión tanto a través de cerramientos perimetrales como a través del cerramiento inferior.

- b. Capilaridad

Si el nivel freático está por debajo del nivel inferior de la cimentación, el ingreso de agua se produciría –en caso de no contar con la impermeabilización adecuada– únicamente por capilaridad.

Aquí, conviene efectuar la siguiente puntualización respecto a las estructuras de los materiales:

- Burbujas (poros de aire)
- Capilares (conductos, poros capilares), pueden ser interconectados o no, y abierto o no al exterior. Forma variable y tamaño del orden de 0,0001 a 0,1milímetros.

En los materiales de construcción es frecuente encontrar estas estructuras combinadas.

La capilaridad es una propiedad de los fluidos que depende de su tensión superficial, la cual a su vez, depende de la cohesión del líquido que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular o cohesión intermolecular entre sus moléculas es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua.

En las construcciones, la capilaridad es un fenómeno físico en virtud del cual el agua contenida en el suelo asciende por las paredes impregnando el muro tanto longitudinal como transversalmente.

La humedad capilar se da normalmente en muros donde la impermeabilización es deficiente o inexistente.

Esta humedad intrínseca puede alcanzar alturas de hasta 2 metros, la cual tiende a evaporarse en la superficie de la pared causando eflorescencias.

Disminución del nivel freático

La presencia de agua, afecta las propiedades y las características resistentes en suelos saturados, provocando una presión adicional sobre el frente de excavación. Esto, sumado a los movimientos producidos por variaciones del nivel freático, nos lleva a tener que realizar un estudio hidrológico que contemple el modo de efectuar su extracción.

A partir de ese estudio se está en condiciones de especificar los caudales máximos, coeficientes de permeabilidad del suelo en el que se va a operar, el tipo de bombas que se debe utilizar, cuantas se requerirán y que profundidad habrá que alcanzar.

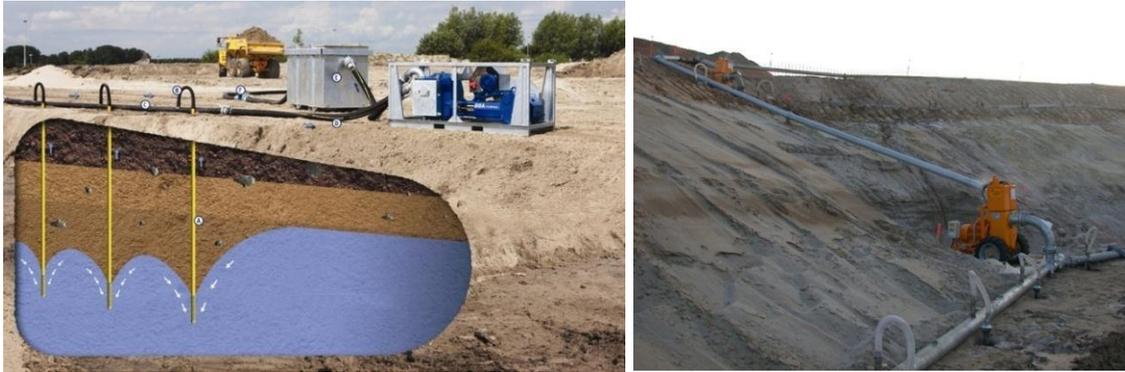
El rebajamiento de la napa freática es la técnica mediante la cual se elimina el agua en una zona más o menos profunda del terreno por medio de la extracción continua de agua intersticial para que el perfil de la lámina freática se mantenga por debajo de la excavación a ejecutar.

Uno de los sistemas utilizados para rebajar la napa freática de manera artificial es el denominado sistema Well-Point.

Sistema Well-Point

El sistema Well-Point se basa en succionar en diferentes puntos con el fin de bajar el nivel de agua contiguo a la construcción.

Los trabajos de excavación se simplifican si se cuenta con una pantalla perimetral continua en el predio, empotrada en un sustrato impermeable o reduciendo el gradiente hidráulico. Ya creado el recinto perimetral, se procede a extraer el agua mediante Well-Point.



2.2. Predios linderos

Con pared medianera¹¹

Cuando exista pared medianera (de un lado o de ambos) se labrará un acta de constatación para cada una de ellas, en la que deberá aparecer, entre otras cosas, el estado en el que se encuentran las mismas y sus fincas linderas con informe técnico detallado.

Los muros medianeros deberán ser apuntalados para evitar desmoronamientos.

Cuando los trabajos de cimentación del subsuelo se hagan al lado de edificios existentes cuyos cimientos sean menos profundos que los que se construyan, las excavaciones necesarias se harán por trincheras, procediéndose de inmediato al trabajo de submuración correspondiente a la nueva cimentación antes de comenzar las excavaciones de los tramos siguientes.

Los apuntalamientos realizados para la sujeción de las edificaciones medianeras deberán mantenerse hasta que las nuevas construcciones iguallen la altura de las medianeras contiguas.

Sin construcciones

Aquí se simplifican los trabajos y se contará con mayor libertad de actuación en cuanto a tareas de excavación y cimentación. Asimismo, en consecuencia, existirá mayor libertad en cuanto a la elección del cerramiento perimetral del subsuelo.

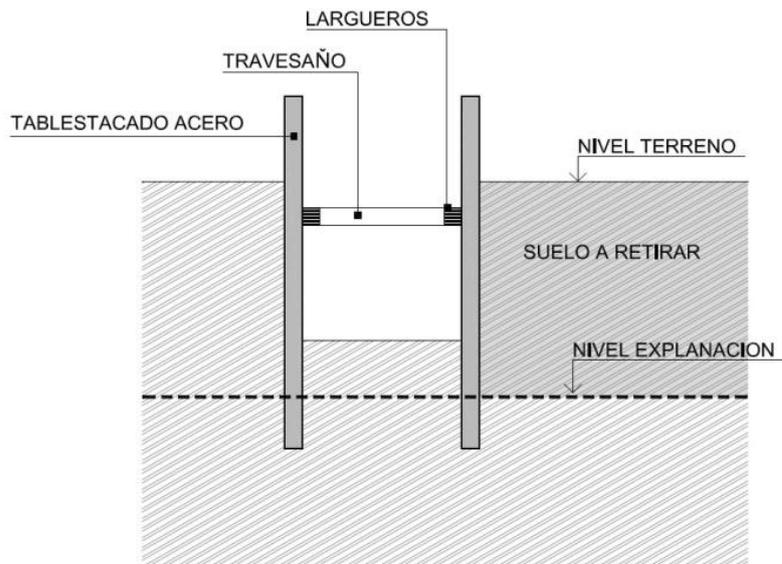
¹¹ Para profundizar en la temática visitar: www.parlamento.gub.uy, Código Civil de Uruguay, arts. 589 a 618 inclusive.

2.3. Formas de excavación¹²

Excavación mediante trinchera (zanja) perimetral

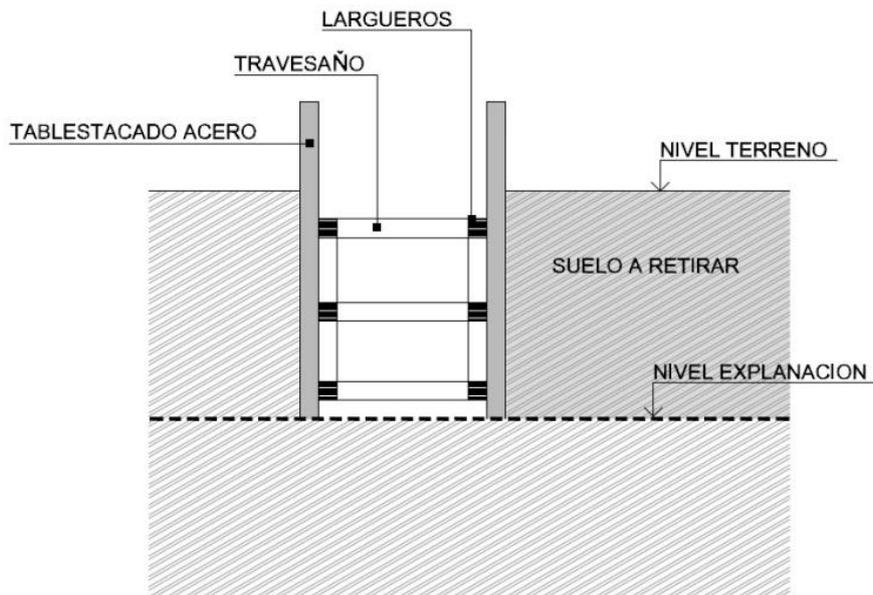
a. Con suelo desmoronable

Se colocan tablestacados de acero hincados en los frentes de excavación. Asimismo, se colocan travesaños y largueros a medida que avanza la excavación. La excavación se realiza entre los travesaños mediante una retroexcavadora.



b. Con suelo firme

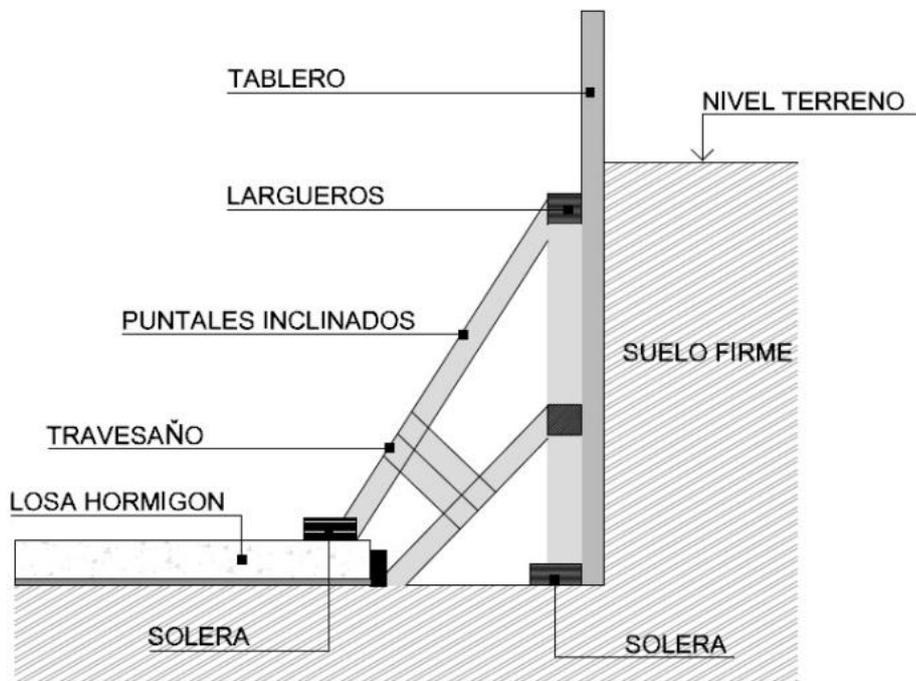
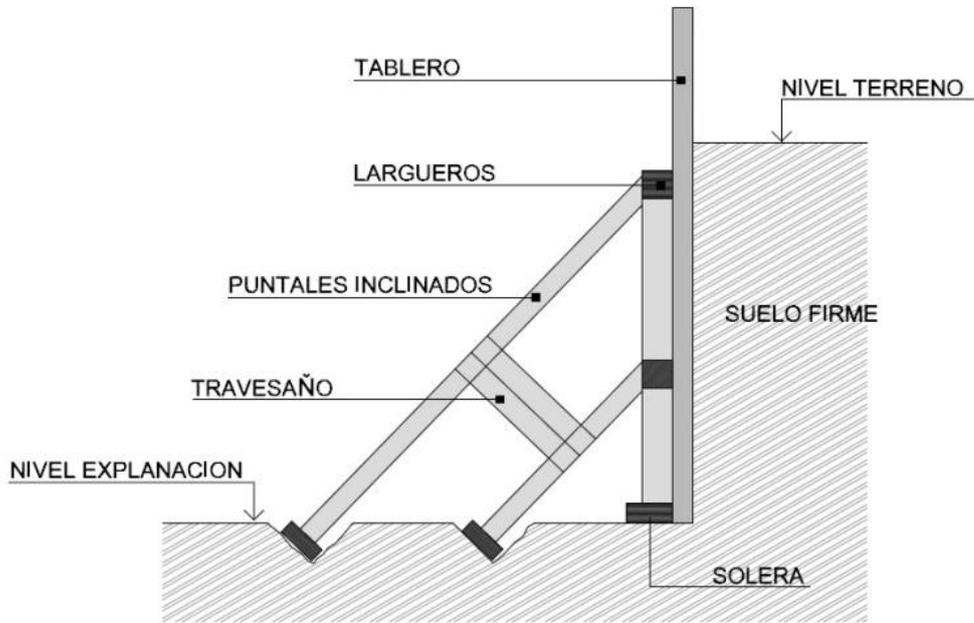
Se excava la trinchera hasta el nivel de explanación. Se entiba de acuerdo a las necesidades de cada caso.



¹² Esquemas elaborados en base a: Chudley, R., "Manual de Construcción de Edificios", Ed. Gustavo Gili S.A., México, año 1988.

Excavación Completa

Es condición necesaria que el suelo sea firme.
Se corta el terreno verticalmente.



2.4. Maquinaria

Por tipo de suelos

- a. Suelo rocoso

Previamente se requiere triturar la roca mediante el uso de explosivos.

- b. Suelo no rocoso

Dependerá de cada caso particular, según la composición del suelo.

Por existencia de construcciones linderas

Condiciona en tanto que se contará con mayor o menor libertad de movimiento para efectuar la remoción de tierra.

La opción correcta debe contemplar tanto las características, como la existencia o no de construcciones y su estado físico.

BLOQUE 2 – CONSTRUCCIONES ENTERRADAS [CE]**1. Cerramiento perimetral****1.1. Muro de contención**

Los muros de contención tienen por finalidad resistir las presiones laterales ó empujes producidos por el material retenido detrás de ellos. Su estabilidad la deben en general al peso propio y al peso del material que está sobre su fundación. Estos empujes serán producidos por terrenos naturales o rellenos artificiales y eventualmente por sobrecargas sobre estos. La existencia de una napa freática actuando conjuntamente, es frecuente.

Clasificación por modos de trabajo

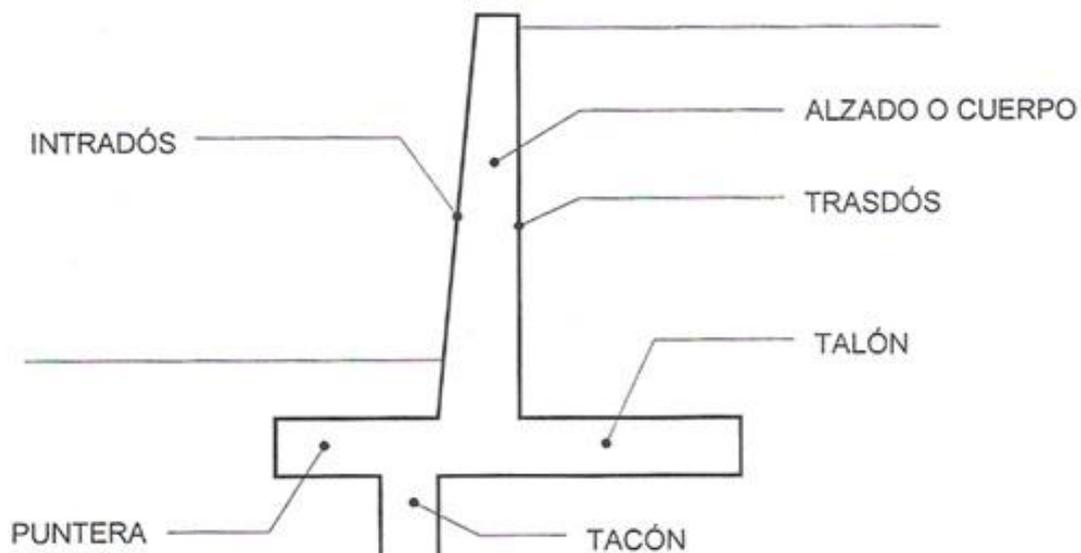
- a. En mensula (a la flexion)

El típico muro de contención [aislado] es una ménsula que resiste el empuje del terreno, convirtiendo éste en un empuje sobre el terreno que está bajo su base.

Se pueden construir con: bloques de mortero de cemento portland, hormigón armado, hormigón en masa y hormigón ciclópeo. Siendo en hormigón en masa o ciclópeo, influye en el modo de trabajo de forma preponderante, el peso propio.

Ejecutado con hormigón ciclópeo, se utiliza generalmente como muro exento. Asimismo, suele emplearse para recimentaciones.

A modo ilustrativo se agrega el siguiente gráfico de muro de contencion aislado. Corresponde destacar que el mismo no se encuentra a escala y que no siempre debe poseer todas las partes que en el son descriptas como talón y puntera.



¹³ Fuente imagen: Arq. Chamlian H., "Proyecto y Ejecución de Dispositivos de Cimentación", IC, Farq., Montevideo, Uruguay, año 2012.

b. Vinculados a otras estructuras (a la flexión mas el peso de otros niveles superiores)¹⁴

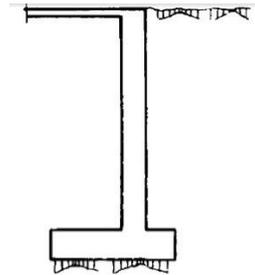
Es el caso en que sobre el subsuelo hayan otros pisos.

Según J. Calavera "Al desempeñar el muro una segunda misión que es la de transmitir cargas verticales al terreno, desempeña también una función de cimiento."

Se pueden construir con: bloques de mortero de cemento portland, hormigón armado y hormigón en masa.

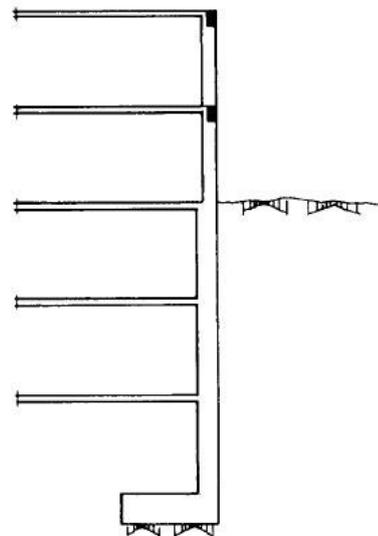
b.1. Un nivel

Aparte del peso propio, recibe como única carga vertical la reacción del apoyo de la losa superior.



b.2. Varios niveles

Adicionalmente recibe el peso de otros niveles superiores.



1.2. Tipos

El orden propuesto sigue el criterio sugerido por el Arq. Eduardo Brenes, quien entiende que los de mayor uso son el muro de hormigón armado y el muro cuyo alzado se conforma con bloques de mortero de cemento portland. Por debajo de estos dos tipos, se ubican los muros conformados mediante las técnicas del colado y el proyectado del hormigón respectivamente, que representan un porcentaje mínimo de los muros de contención construidos en el medio local. Finalmente se decidió no desarrollar lo referente al muro de contención conformado con paneles prefabricados, por no estar extendido su uso y ser un caso excepcional.

En suma, se mencionarán ordenados de mayor a menor utilización en el medio local.

¹⁴ Fuente esquemas: Elder A. J. & Vanderberg, M., "Construcción. Manuales AJ", Ed. H. Blume, Madrid, España, año 1977.

1.2.1. Hormigón armado

Descripción

El muro de hormigón armado, consta de un cuerpo vertical o alzado que contiene la tierra y se mantiene en posición gracias a la zapata o losa base.

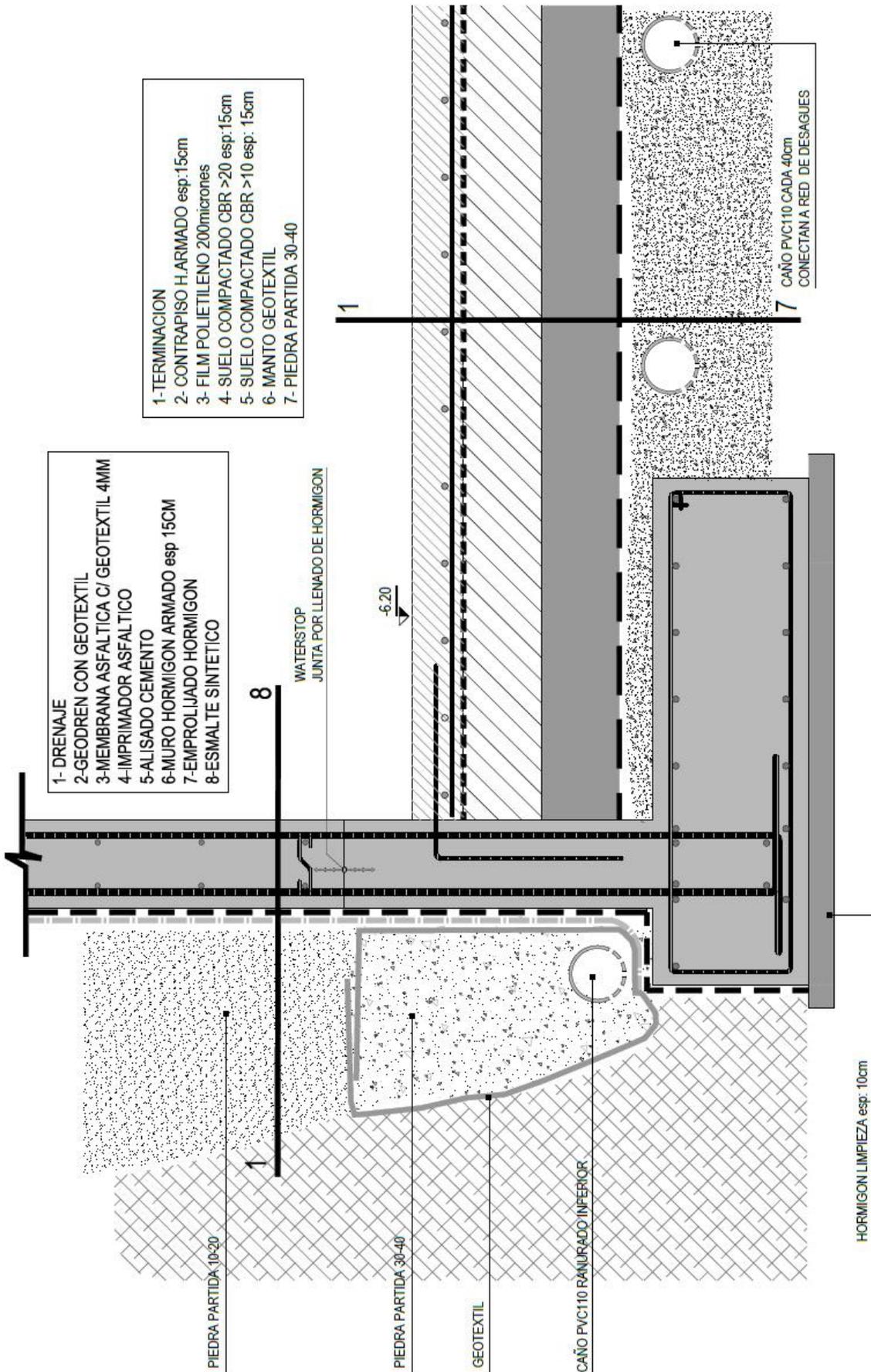
El peso del relleno por encima del talón, además del propio peso del muro, contribuye a la estabilidad de la estructura. En cuanto a los recubrimientos J. Calavera expresa "(...) *en muros encofrados el recubrimiento mínimo no debe bajar de 25mm*". Asimismo, en cuanto al curado del hormigón el mismo autor destaca "(...) *es de importancia excepcional*".

Procedimiento constructivo

La excavación se efectúa según lo establecido en el plan de excavación. Previamente a la ejecución de la zapata o base del muro se regulariza la superficie mediante una capa de hormigón de limpieza. Sobre ésta se realiza la base del muro mediante una zapata corrida de hormigón armado de acuerdo a las especificaciones de proyecto. Al armar la zapata se deben prever armaduras de espera para lograr el vínculo con el alzado del muro. Acabada la misma se procede al montaje del encofrado del muro y la disposición de las armaduras. Habiendo sido verificado que se ha conformado un espacio estanco que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas y que la posición de las armaduras sea la indicada tanto en planos como planillas de estructura, se procede al vertido del hormigón. En la mayoría de los casos se utiliza un hormigón tradicional de diferentes resistencias según cálculo. En estos casos es necesaria la utilización de vibradores para obtener una óptima compactación del hormigón¹⁵. Luego del fraguado característico del hormigón se procede al desencofrado. A continuación se procede al sellado de juntas y pases que se originaron por el propio encofrado de modo de lograr los requisitos de estanqueidad. Habiendo logrado una superficie limpia, homogénea sin imperfecciones ni elementos punzantes (de existir, deben ser eliminados) se comienza la colocación del sistema de impermeabilización y se procede a la instalación del sistema de drenaje, el cual es aconsejable en todos los casos.

Ver detalle de corte integral en la página siguiente. Obsérvese como se han resuelto la impermeabilización y el sistema de drenaje (temas que serán abordados en los puntos 3 y 4 respectivamente del bloque 2).

¹⁵ Cabe señalar que cada vez es más frecuente el uso de hormigones autocompactantes que no requieren del vibrado debido a que contiene aditivos que le confieren dichas características.



1.2.2. Conformado con bloques de mortero de cemento portland

Descripción

Se conforma con bloques de mortero de cemento portland vibrado y pasantes, los cuales permiten el vertido del hormigón y la colocación de las armaduras verticales.

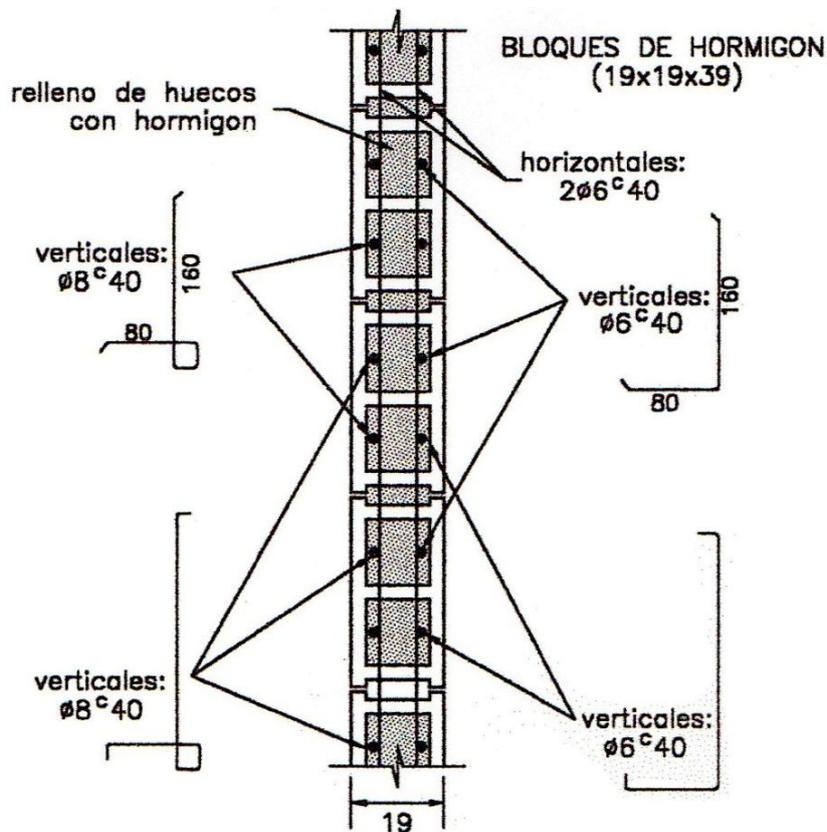
Al ser ejecutado con bloques, la altura queda condicionada al elemento empleado y en general no supera una altura de 10 veces el espesor del bloque.

Al no requerir de encofrado, maquinaria especial, ni mano de obra calificada, los costos del muro resultan considerablemente bajos a la vez que se aceleran los tiempos de su ejecución.

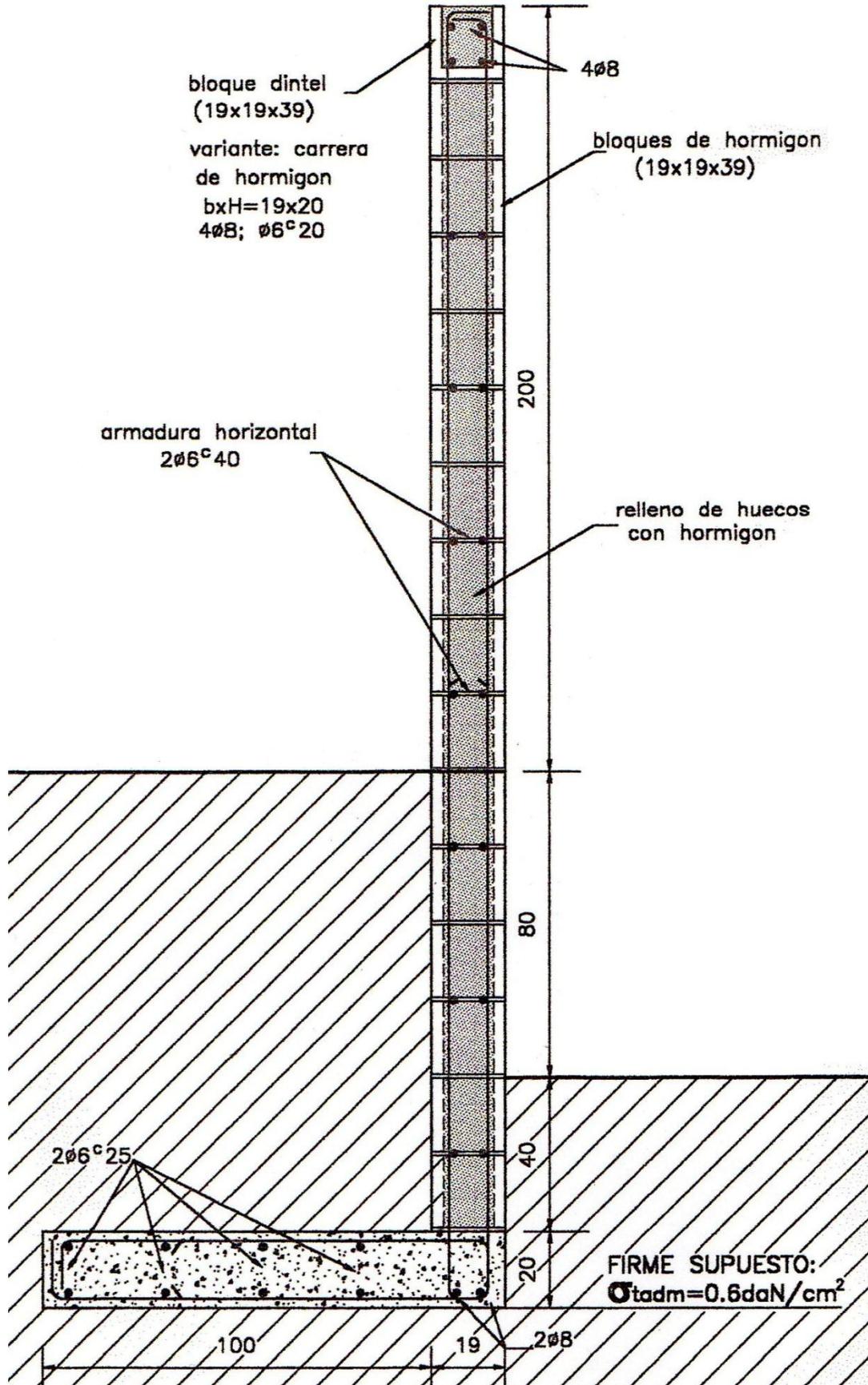


Procedimiento constructivo

La excavación se efectúa según lo establecido en el plan de excavación. Previamente a la ejecución de la zapata o base del muro se regulariza la superficie mediante una capa de hormigón de limpieza. Sobre ésta se realiza la base del muro mediante una zapata corrida de hormigón armado de acuerdo a las especificaciones de proyecto. Al armar la zapata se deben prever armaduras de espera para lograr el vínculo con el alzado del muro. Se procede a la elevación del muro por hiladas colocando las armaduras verticales y rellenando gradualmente. Cada 2 hiladas deben disponerse armaduras horizontales de refuerzo (ver detalles). Finalizado la ejecución del alzado se comienza con la regularización de la superficie mediante un alisado de arena y portland.



Detalle – Planta



Detalle - Corte

La imagen que sigue, corresponde a la visita a obra de una Cooperativa en barrio Malvín Norte que se encuentra bajo el asesoramiento técnico del Arq. Eduardo Brenes. En la misma, se puede ver la ejecución de la primera hilada de bloques de un muro aislado que tiene como objetivo contener un talud de tierra natural que genera una diferencia de nivel con el predio lindero de aproximadamente 1,80m. Nótese la presencia de las armaduras de espera que salen de la base.



1.2.3. Hormigón colado

Descripción

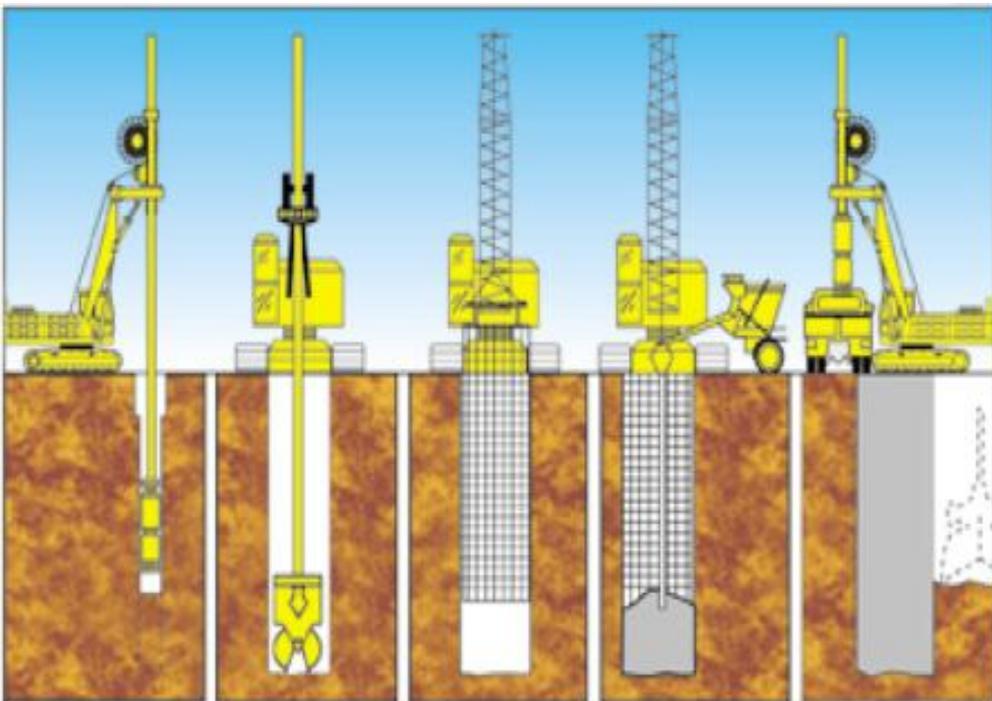
Este tipo de solución no es muy aplicable en nuestro medio ya que resulta costosa y requiere el empleo de maquinaria especial; pero en algunas circunstancias es necesario utilizarlo. No requiere de encofrados, lo que permite realizar todo el perímetro de la construcción y luego realizar la excavación dentro de ella, muy utilizada en presencias de napas freáticas adyacentes, ya que este muro genera una gran envolvente al predio. En cuanto a los recubrimientos de muros hormigonados contra el terreno J. Calavera expresa "no debe ser inferior a 70mm". La impermeabilización de estos muros se realiza por el lado interior conformando una pared separada del muro mediante una cámara de aire que incluirá sus drenajes correspondientes. Es necesario tener un tipo de suelo no desmoronable, en caso contrario utilizar bentonita¹⁶ para lograr estas condiciones.

Procedimiento constructivo

Se comienza por la excavación con maquinaria adecuada para efectuar las zanjas. Luego se colocan las armaduras, las cuales llegan a pie de obra preparadas previamente en taller. Acto seguido se procede al vertido del hormigón. Luego de fraguado el hormigón se comienza con la excavación interior para generar el o los subsuelos.

Según J. Calavera "[el] empleo de baja relación agua/cemento, superfluidificantes, hidrófugo de masa, etc. pueden reducir su permeabilidad de forma eficaz"

Se construye un muro paralelo que diste del muro colado unos 5 o 10 cm que permita lograr estanqueidad frente a las filtraciones de agua. Según J. Calavera "regularmente espaciadas en cada planta, deben disponerse rejillas de ventilación para evitar la condensación de agua en la cámara. Las rejillas deben disponerse en piso y techo de cada cámara". Asimismo en la cámara generada entre ambos muros se coloca en la parte inferior un drenaje que se encargará de recoger dicha agua.



¹⁶ La bentonita es una arcilla que se expende en forma de polvo y presenta la capacidad de poder absorber grandes cantidades de agua. Posee sodio como base de cationes y al ser mezclada con agua forma una suspensión o gel coloidal que por agitación pasa al estado plástico.

Este proceso forma una costra o torta en las paredes de la excavación, que puede alcanzar varios centímetros de espesor.

1.2.4. Hormigón proyectado

En este punto resulta conveniente hacer una aclaración. Al ser el hormigón proyectado una técnica reciente en el medio, resulta escasa la bibliografía referente al tema. En consecuencia, se efectuaron un par de entrevista a técnicos idóneos en el tema de manera de poder salvar el vacío bibliográfico. Los entrevistados fueron integrantes de la plantilla de personal de la empresa constructora Saceem; el Ing. Civil Joaquín Lanza, Director de Obra y el Sr. Luis Borges, Capataz General de Obra. En el desarrollo del tema se transcriben a modo de cita algunos pasajes de dichas entrevistas.

Descripción

El hormigón debe proyectarse a través del uso de equipos específicos según describe el Sr. L. Borges *"Precisamos una bomba para bombear el hormigón. Precisamos un compresor para hacer el proyectado."* Esto permite presumir que su uso queda limitado a construcciones de gran entidad.

La granulometría del hormigón utilizado debe ser fina para lograr una adecuada proyección del mismo. Según indica el Sr. L. Borges *"(...) un hormigón de una granulometría más fina que el común (...)".*

La conformación del muro mediante la proyección del hormigón permite una rápida ejecución del mismo. El Ing. Civil J. Lanza expresa *"(...) es importante ejecutar el hormigonado a la velocidad más rápida".*

Procedimiento constructivo

Es posible proyectar tanto sobre una cara de encofrado (que no necesariamente tiene que quedar perdido) como directamente sobre la tierra, si es que ésta cuenta con la compactación adecuada. El Ing. Civil J. Lanza expresa *"(...) es aplicable en terrenos arcillosos o muy compactos".*

a. Con encofrado

El Sr. L. Borges expresa *"Se encofra solo una pantalla, se pone la armadura, se la asegura (...), se pone guía, (...) y después se comienza a proyectar sobre ese tablero. Después de proyectarse se fratacha (...)".*

En suma, para su ejecución se procede de la siguiente manera: se conforma el tablero, se disponen las armaduras según especificaciones técnicas, luego se las asegura y se coloca una guía, se proyecta el hormigón sobre ese tablero y finalmente se hace la terminación (alisado).

b. Sin encofrado (sobre el terreno compacto)

El Sr. Luis Borges expresa *"(...) puedes poner la armadura sobre la tierra y asegurar la armadura".* El resto del procedimiento es similar a lo descrito precedentemente en el punto a.

2. Cerramiento inferior

Descripción

Cada subsuelo requiere de un piso adecuado para las actividades que allí se den¹⁷ (garaje, oficina,...) El proyecto de los pisos debe determinar niveles, adherencia, propiedades químicas entre otras características. Los pisos de los subsuelos deben resistir además del esfuerzo por el propio uso (cargas permanentes y eventuales), la fuerza ascendente que ejerce la napa freática.

Las losas de sub-presión son construidas cuando el nivel de la napa freática coincide o está por encima del nivel del cerramiento inferior.

El análisis de suelo local, entre otros datos, resulta crucial para el diseño de pisos. Las capas inferiores tienen la función de soportar las cargas. Una sub-base con buena resistencia mecánica reduce los costos de ejecución de las capas superiores y evita futuros asentamientos. En suelos altamente deformables, se requiere de un refuerzo con suelo compactado, y el piso debe contar con las juntas de trabajo necesarias para permitir los movimientos. Hay suelos, sin embargo, con resistencia muy baja. En esos casos es necesario recurrir a apuntalamientos que pueden resultar muy costosos.

Procedimiento Constructivo

Previo a la construcción del piso, se nivela el terreno y se deben considerar los diferentes espesores de las capas. Estas serían, una capa drenante, y sus diferentes tipos de sub-bases, dependiendo del programa y/o función de la losa inferior. Se colocan las armaduras.

Se determina la altura del piso de hormigón con un teodolito¹⁸ o un nivel láser.

Se instala una guía para el vaciado del hormigón.

Vaciado generalmente en secciones, se realizara en paños no mayores a 4 metros de longitud para evitar la aparición de fisuras y/o grietas.

Con una llana se alisa la superficie del hormigón húmedo. La llana hace que las partículas más finas del hormigón se ubiquen en la superficie, creando así un suelo liso.

¹⁷ Los tipos de pisos pueden llegar a ser tan variados como la cantidad de actividades que los subsuelos posean.

¹⁸ El teodolito es un instrumento de medición mecánico-óptico de alta precisión.

3. Impermeabilización

3.1. Tipos¹⁹

a. Impermeabilización trabajando con presión positiva

Se utiliza cuando es posible acceder a la cara que está en contacto con el suelo. En estos casos la impermeabilización se debe efectuar por el lado exterior (Imagen 1).

b. Impermeabilización trabajando con presión negativa

Se utiliza cuando el acceso a la cara en contacto con el suelo resulta imposible. En estos casos la impermeabilización se debe efectuar por el lado interior (Imagen 2).

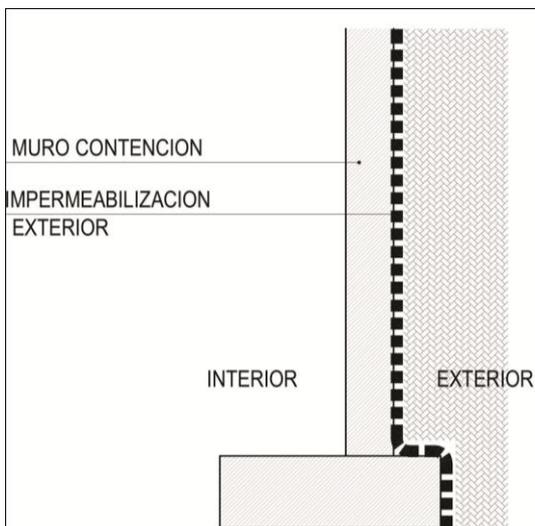


Imagen 1

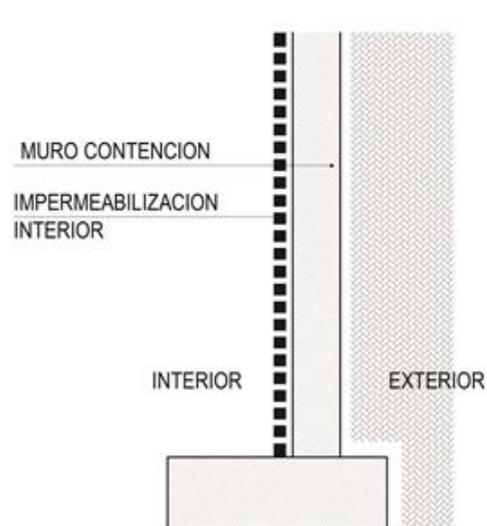


Imagen 2

Resulta conveniente la utilización de la impermeabilización del lado exterior debido a que se está evitando el ingreso de agua al muro. Esto prolonga la vida útil del mismo respecto al otro tipo en el que el muro se encuentra permanentemente expuesto.

El tipo de impermeabilización interior conviene reservarlo para casos en que no quede otra alternativa como los son las medianeras. Además sirven como reparación ante una eventual falla del tipo exterior.

3.2. Sistemas

La elección del sistema de impermeabilización adecuado a cada caso, dependerá de diferentes factores:

- geometría de las piezas
- facilidad de acceso
- nivel de la napa freática
- calidad de la mano de obra

Se deduce que la elección no puede permanecer ligada únicamente a aspectos económicos. Los elementos enterrados serán de muy difícil acceso como para corregir eventuales fallas. De esa forma, la impermeabilización de subsuelos deberá ser proyectada como para perdurar durante un periodo equivalente al de la vida útil previsto para la totalidad de la obra.

¹⁹ Esquemas elaborados a partir de artículo de: AA. VV., Revista de Tecnología y Negocios de la Construcción "Téchne", N° 67, Ed. PINI, Brasil, año 2002.

La función principal de un sistema de impermeabilización consiste en impedir el pasaje de agua de un medio exterior (suelo) a un medio interior (local de subsuelo).

Se hará mención a los sistemas más utilizados en el medio local.

3.2.1. Impermeabilizantes asfálticos

Membranas

Las membranas asfálticas son productos impermeabilizantes prefabricados a base de asfalto modificado. En general las membranas asfálticas poseen las siguientes características²⁰:

- estabilidad térmica y dimensional
- alta resistencia a los esfuerzos mecánicos
- alta resistencia a la fatiga mecánica
- elevada flexibilidad
- alta resistencia al punzonado estático y dinámico
- amplia gama de resistencia a la temperatura
- elevada durabilidad

La superficie a impermeabilizar tiene que estar en perfectas condiciones, libre de polvo, grasas, y elementos que pudieran perforar las mismas.

Previo a la colocación de las membranas asfálticas se aplican imprimantes asfálticos (base solvente o acuosa) para mejorar la adherencia de las membranas al sustrato.

Las membranas asfálticas se presentan en rollos de ancho de 1mt, en cual su colocación se realiza con sopletes de fuego solapando sus lados aprox.10cm. En la mayoría de los casos se adhiere totalmente a la superficie.

Emulsiones

Las emulsiones asfálticas pueden ser moldeadas tanto en caliente como en frío, son productos impermeabilizantes, moldeados in situ, compuestos de la superposición de capas de asfalto, diferenciándose su calidad en función del tipo de asfalto y de los polímeros empleados. Los asfaltos pueden ser oxidados, poli-condensados o modificados.

Para la impermeabilización con emulsiones, la mayor dificultad radica en la supervisión operativa, el control del espesor y la cantidad de asfalto. Incrementa su durabilidad y su eficacia cuanto mayor es el peso de asfalto aplicado por m² de superficie.

Para la aplicación de la nueva capa, debe aguardarse el fraguado completo de la capa anterior.

3.2.2. Aditivos

Hidrófugos

Los hidrófugos son aditivos orgánicos o inorgánicos, libres de grasa, con consistencia líquida o pastosa, agregados a morteros de cemento u hormigón. Los orgánicos se encuentran discontinuados en su producción ya que su efectividad es breve en el tiempo, dejando de cumplir su función.

Poseen características que hacen impermeable al mortero u hormigón, debido a que producen una reacción química de coloides que cierra sus poros. Actuando en conjunto con morteros y hormigones no poseen flexibilidad, no debiendo en ese caso ser aplicados a estructuras susceptibles de agrietarse.

Existen hidrófugos de secado normal, indicados para áreas sujetas a humedades de suelo y/o presión hidrostática positiva, e hidrófugos de secado rápido, indicados para áreas sujetas a presión hidrostática negativa.

²⁰ Estas características pueden variar también de acuerdo al polímero añadido.

3.2.3. Cementicos

Cementos modificados con polímeros

El cemento polimérico es un revestimiento impermeabilizante, semiflexible, compuesto por un sistema bi-componente (componente en forma de polvo + parte líquida) a base de cementos especiales, aditivos minerales y resina acrílica.

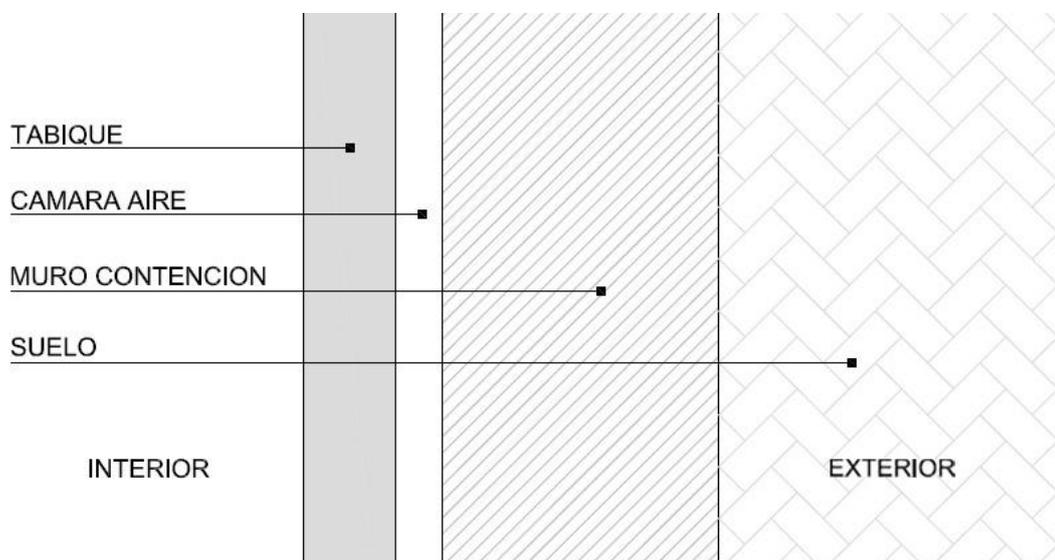
Los cementos poliméricos son aplicados sobre superficies de albañilería, hormigón o mortero. Puede resistir presiones hidrostáticas considerables, tanto negativas como positivas. Posee bajo módulo de elasticidad, pudiendo soportar movimientos normales de estructura. Puede ser aplicado con cepillo, escoba de pelos o paleta metálica, conforme al tipo de utilización. Puede recibir refuerzo con tela de poliéster blanca, situación en la que el espesor de la impermeabilización alcanza cerca de 3 o 4 mm.

Antes de iniciar la impermeabilización, es necesario hacer un lavado de base con cepillo de acero y agua o con chorro de agua de alta presión, para que la superficie después de seca este limpia y libre de partes sueltas. Las fallas de hormigonado deben ser reparadas con mortero de cemento y arena en proporción de 1:3, mezclado con solución de agua y emulsión adhesiva en base a resina acrílica. Cuando la napa freática está en contacto con las paredes del subsuelo, se recomienda ejecutar taponamiento con la utilización de cemento de secado ultra-rápido, después de la preparación del sitio.

3.2.4. Otros

Creación de cámara de aire

Se construye un tabique separado del muro de contención el cual genera una cámara de aire de aprox. 5cm, que impedirá el pasaje de agua de un elemento a otro. Esta solución reduce las dimensiones de los locales interiores.



Detalle – Cámara de aire

Se debe complementar con un desagüe en la parte inferior que canalizará el agua que ingrese a través del muro de contención.

4. Drenaje

El agua es una de las principales causas del deterioro prematuro de las construcciones. Por lo tanto, es fundamental impedir que ésta permanezca en contacto con los cerramientos del subsuelo durante periodos prolongados de tiempo.

Esto debido a que el exceso de agua en los suelos afecta:

- propiedades geomecánicas
- mecanismos de transferencia de carga
- poros, incrementando la presión sobre estos.
- subpresión de flujo
- presión hidrostática
- volumetría, quedando sujeta a posibles cambios

Los sistemas de drenaje tratan de alejar lo más posible el agua de la base del cerramiento perimetral como del inferior. Estos sistemas son sumamente necesarios en subsuelos y complementan el proyecto de impermeabilización.

Cerramiento perimetral

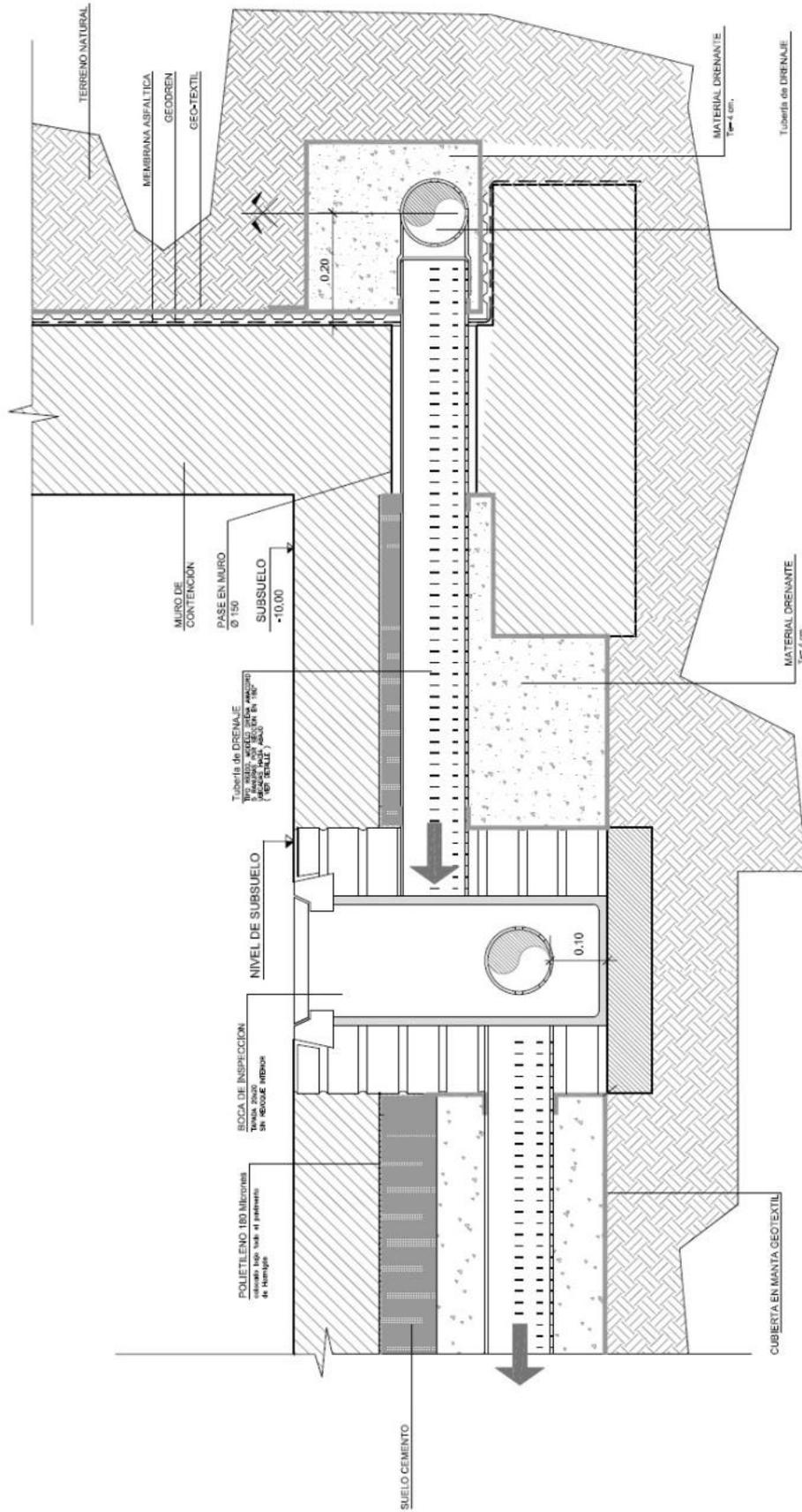
En el caso de los muros de contención los drenajes deben situarse en la parte inferior del lado exterior de la base del muro y se deben inclinar hacia un desagüe²¹. Las tuberías del drenaje deben ser perforadas y deben cubrirse con un filtro que comienza con grava alrededor del tubo, y cambia gradualmente a un material de granos ligeramente más gruesos que los del terreno circundante. Posteriormente se envuelve la grava con un manto de geotextil, conformando el sistema de drenaje, ya que el agua, es sabido, recorrerá el camino más sencillo.

Luego del manto drenante, se rellena para llegar al nivel correspondiente según los requerimientos del proyecto. Es recomendable evitar el uso de arcillas expansivas y rellenos mixtos (ej. rocas combinadas con arena). Se prefiere el uso de suelos no cohesivos permeables (ej. Arena y grava o piedra triturada). Es importante asimismo, una buena compactación para que el relleno no se asiente por su propio peso.

Otra opción que complementa y mejora el drenaje es la implementación de los sistemas con geodren. La utilización del geodren permite captar los fluidos y conducirlos de una manera rápida y eficiente. Además reduce los tiempos de construcción de los sub-drenes debido a su sencilla instalación.

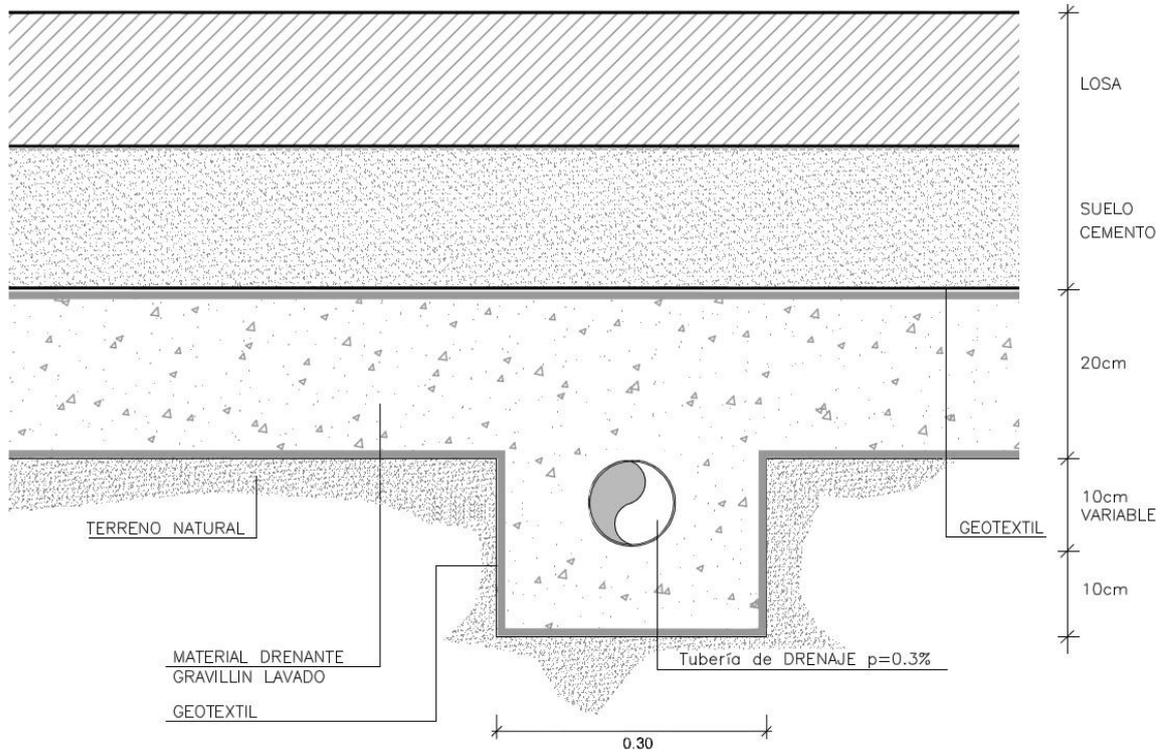
Ver detalle de corte integral en la página siguiente.

²¹ En algunos casos puede llegar a requerir de un sistema de bombeo.



Cerramiento inferior

Independientemente del proceso constructivo del muro de contención, siempre que el nivel de agua este por encima de la cota del último subsuelo deberá preverse una losa de sub-presión.



Detalle – Drenaje bajo el piso para evitar que el ascenso de la napa freática fisure la losa.

BLOQUE 3 – PATOLOGÍAS FRECUENTES [PF]

1. Patología

1.1. Constructiva

M. Carrió define la patología constructiva de una obra como "(...) [la] ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio (o en alguna de sus unidades) después de su ejecución".²²

Para atacar un problema constructivo se debe efectuar un diagnóstico, que no se debe limitar únicamente a la identificación de los síntomas. Se debe conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado actual. M. Carrió expresa "Se debe seguir la línea inversa al proceso. Es decir, se debe empezar por observar el resultado de la lesión, para seguir la evolución de la misma, para llegar a su origen, la causa."²³

En suma, la patología constructiva es una "aproximación" de la arquitectura a la medicina, en donde el arquitecto se convierte en un "médico de obras" que aplicará sobre ellas, la patología preventiva como la patología curativa, según corresponda.

Lesiones

Las lesiones dependen de cada proceso patológico concreto, por lo que la mayoría de éstas pueden aparecer como causa en algunos procesos patológicos y como consecuencia de otra lesión en otros procesos patológicos.

M. Carrió resume los tipos de lesiones en el siguiente cuadro²⁴:

TIPO	TIPO DE LESIÓN	PRIMARIA	SECUNDARIA
FÍSICAS	HUMEDADES		
	de obra	*	
	capilar	*	*
	de filtración	*	*
	de condensación	*	*
	accidental		*
	SUCIEDAD		
	por depósito	*	
	por lavado diferencial	*	
	EROSIÓN		
atmosférica	*	*	
MECÁNICAS	GRIETAS		
	por carga	*	*
	por dilatación-contracción	*	*
	FISURAS		
	por soporte	*	*
	por acabado	*	*
	DESPRENDIMIENTOS		
	acabado continuo	*	*
	acabado por elementos	*	*
	EROSIÓN		
mecánica	*		
QUÍMICAS	EFLORESCENCIAS		*
	OXIDACIÓN Y CORROSIÓN		
	oxidación	*	*
	corrosión		
	por oxidación previa		*
	por inmersión		*
	por aireación diferencial	*	*
	por par galvánico	*	
	intergranular	*	
	ORGANISMOS		
animales	*		
vegetales		*	
EROSIÓN			
química		*	

²² Extraído de M. Carrió, J., "Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos", Ed. Munillalera, Madrid, España, año 2010.

²³ Ibídem.

²⁴ Ibídem.

Causas

En referencia a las causas M. Carrió expresa que "(...) *no son únicas en cada proceso, sino que suelen aparecer varias a la vez y, en cualquier caso siempre encontraremos unas directas y otras indirectas actuando conjuntamente*".²⁵

a. Directas

M. Carrió las define como "(...) *los agentes que ponen en marcha el proceso patológico*".²⁶

b. Indirectas

M. Carrió las define como "(...) *cada uno de los factores inherentes a la unidad constructiva, consecuencia de su selección o de su diseño defectuoso que, al aunarse con la acción directa, posibilitan la aparición del proceso*".²⁷

M. Carrió resume las causas directas e indirectas en el siguiente cuadro²⁸:

FAMILIA	TIPO DE CAUSA
DIRECTAS	MECÁNICAS
	esfuerzos mecánicos (cargas y sobrecargas)
	empujes
	impactos
	rozamientos
	FÍSICAS
	agentes atmosféricos (lluvia, viento, helada, cambios térmicos, contaminación)
	QUÍMICAS
	contaminación ambiental
	humedad
	sales solubles contenidas
	organismos
	LESIONES PREVIAS
	humedades
	deformaciones
grietas y fisuras	
desprendimientos	
corrosiones	
organismos	
INDIRECTAS	DE PROYECTO
	elección
	del material
	de la técnica y el sistema constructivo
	diseño
	diseño constructivo
	pliego de condiciones
	DE EJECUCIÓN
	DE MATERIAL
	defecto de fabricación
cambio del material	
DE MANTENIMIENTO	
uso incorrecto	
falta de mantenimiento periódico	

²⁵ Extraído de M. Carrió, J., "Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos", Ed. Munillalera, Madrid, España, año 2010.

²⁶ Ibídem.

²⁷ Ibídem.

²⁸ Ibídem.

1.2. Patología preventiva

Según M. Carrió: *"Se tratará de considerar en el diseño y en la ejecución, la importancia de lo que podríamos llamar la "funcionalidad constructiva" de los elementos y unidades, que implica la consideración de su durabilidad e integridad ante las acciones exteriores del propio uso que va a recibir el edificio y cada una de sus partes a lo largo de su vida. Ello implicará una serie de medidas de diseño constructivo y de selección del tipo de material que le permitan su enfrentamiento ante dichas acciones, así como otras medidas de mantenimiento y de correcto uso".*²⁹

1.3. Patología curativa

El proceso patológico siempre debe estar precedido por una primera fase de análisis y estudios previos, que permitirá al arquitecto tomar decisiones respecto a la adopción (o no) de medidas de tipo curativas. Al respecto M. Carrió expresa: *"Aquí el arquitecto se convierte en "investigador" para conocer los pormenores constructivos de la unidad en cuestión, partiendo de los síntomas de la/s lesión/es hasta "descubrir" el origen del mal. Solo entonces podrá decidir los remedios a aplicar para anular la causa y hacer desaparecer el proceso patológico, lo que llevará consigo a la "curación" de la lesión.*

*Aplicará, pues, todo un "plan" de reparación de la unidad constructiva dañada que le permitirá su restauración, la cual, unida a la de las demás unidades lesionadas, le permitirá conseguir la rehabilitación total del edificio".*³⁰

²⁹ Extraído de M. Carrió, J., *"Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos"*, Ed. Munillalera, Madrid, España, año 2010.

³⁰ *Ibidem*.

2. Patologías en construcciones enterradas

Las humedades y filtraciones son por excelencia las patologías más frecuentes en las construcciones enterradas, ya que están en contacto permanente con los suelos, el cual generalmente es portador de un alto porcentaje de humedad. Asimismo, la presencia de la napa freática constituye una exigencia aun mayor respecto a la condición de estanqueidad del de los cerramientos perimetrales e inferior.

Las humedades pueden manifestarse en la parte inferior del muro como mancha de gran extensión, tipo zócalo, o incluso llegando a cubrir toda la superficie. Pueden conformarse como manchas aisladas y/o radiales.

Son más intensas en las proximidades de grietas, juntas de encuentro con cimentaciones vecinas u otras discontinuidades. Puede también registrarse una humedad generalizada, atribuible al fenómeno de condensación, en ambientes donde la única capa de impermeabilización se ubica por el lado interior del muro de contención.

Se visualizan como:

- manchas amarillentas
- eflorescencias
- desprendimientos de la capa de pintura
- manchado de la terminación existente
- etc.

Aumentan en general la exigencia del comportamiento de la impermeabilización, alteraciones motivadas por:

- Carencia de un sistema de drenaje o mal funcionamiento del drenaje originalmente dispuesto (2.1. Ausencia o falla de drenaje)
- Rotura de instalaciones sanitarias (2.2. Fallas accidentales)

2.1. Ausencia o falla de drenaje

Es recomendable la instalación de drenajes en subsuelos en todo predio donde sea probable que el nivel freático del terreno se eleve por encima de la base del muro. Incluso, se recomienda la aplicación sin presencia de la napa freática puesto que estaríamos alterando las características del suelo previo a la construcción, ya que al utilizar otro tipo de relleno se modificaría la porosidad del mismo, ocasionando que el suelo trabaje como "una esponja" ya que captaría toda el agua circundante (lluvia, riego, etc.) debido a que el agua siempre tenderá a desplazarse por el camino más simple, que sería en este caso el relleno poroso. Por lo tanto se estaría aumentando el tenor de agua en la cara exterior del muro.

2.2. Fallas accidentales

Estas causas son ajenas al diseño del muro.

Rotura de instalación sanitaria

Las cañerías afectadas pueden ser de abastecimiento y/o de desagüe.

En el caso de ser caños de abastecimientos la rotura se dará por presión, mientras que en las redes de evacuación producirá mayor afectación por tratarse de aguas agresivas generando un olor característico.

En ambos casos los efectos suelen ser una "mancha" de humedad en forma de "nube circular" alrededor del punto de rotura o de "nube alargada", siguiendo el recorrido del conducto afectado, puesto que es corriente que el agua discurra desde la rotura por la superficie del tubo en la junta superficial que se crea entre él y el material que lo contiene. Este segundo tipo de síntoma puede llegar a confundirse con la condensación intersticial sobre tuberías, aunque en la rotura la cantidad de agua es evidentemente mayor.

3. Estudio de casos

A modo de complementar y ampliar el desarrollo teórico se exponen los análisis de tres casos particulares.

3.1. Caso 1

Se trata de un proyecto ubicado en Punta del Este, sobre la costa (playa brava)³¹. El mismo es un edificio de viviendas más un subsuelo para estacionamientos.

El proyecto original se asienta en una zona donde previamente se determinó la presencia de la napa freática. Por tal motivo se diseñó un sistema de drenajes. El mismo puede sintetizarse de la siguiente manera: un manto drenante con sus respectivas cañerías de desagüe por debajo de losa de sub-presión en toda su extensión (Imagen 1).

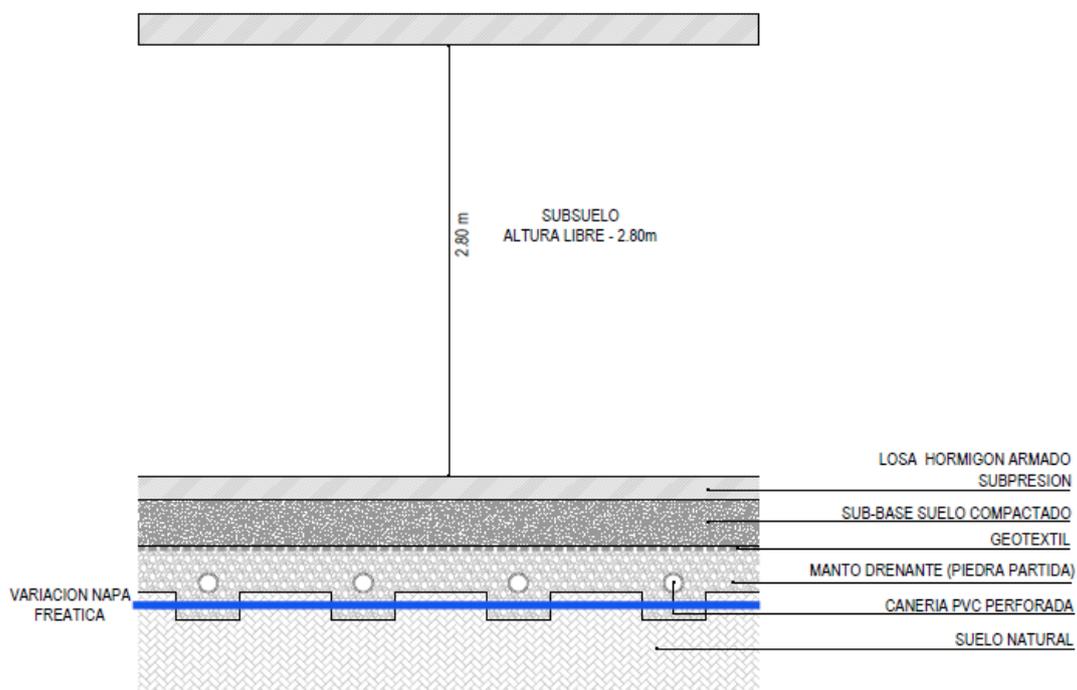


Imagen 1

Resultó que en la práctica, por motivos económicos y de ejecución de obra, se tomó la decisión por parte de la empresa constructora eliminar parte de este sistema de drenaje, no respetando el proyecto original. Por lo tanto se dejaron únicamente las cañerías en zanjas con material drenante. De esa manera, se eliminó gran parte de la superficie drenante. Esta decisión resultó crítica, ya que a los pocos días de finalizada la losa de sub-presión comenzaron a aparecer grietas longitudinales paralelas a los trazados de cañerías. El problema fue que la napa que no se canalizó por las cañerías, ascendió y agrietó la losa (Imagen 2).

³¹ El caso fue descrito por el Arq. Eduardo Brenes.

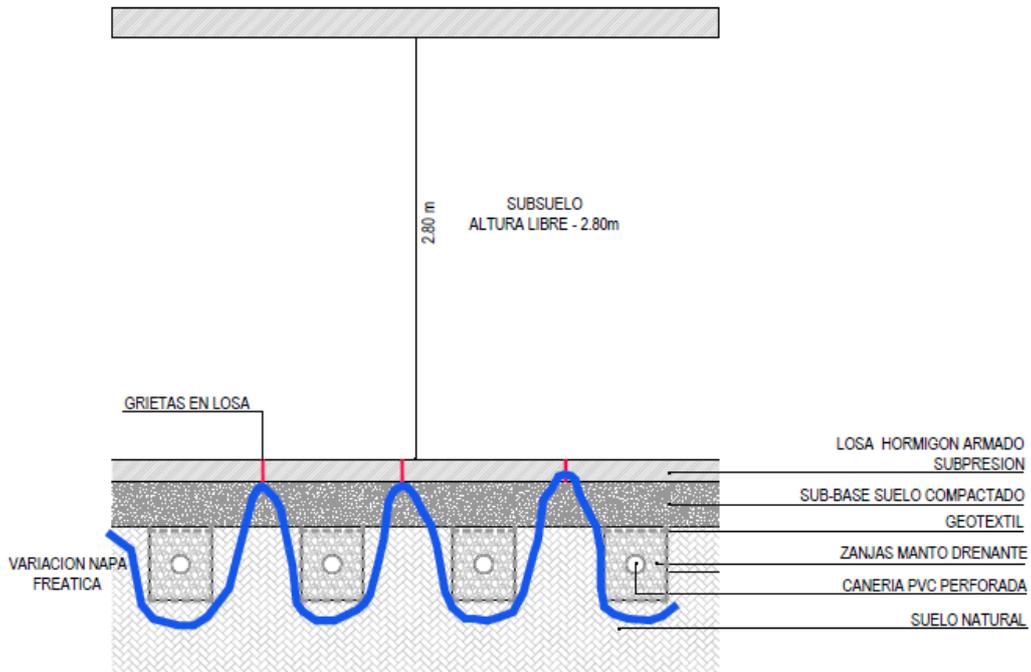


Imagen 2

La solución correcta para subsanar este error, hubiese sido remover toda la losa de sub-presión y las capas sucesivas hasta llegar al manto drenante, ejecutándolo de acuerdo a las especificaciones del proyecto original. Esto resultaba muy costoso.

Pero como este proyecto estaba diseñado con un subsuelo de altura libre +2.80m, se optó por ejecutar una sobre losa con un nuevo manto drenante (Imagen 3).

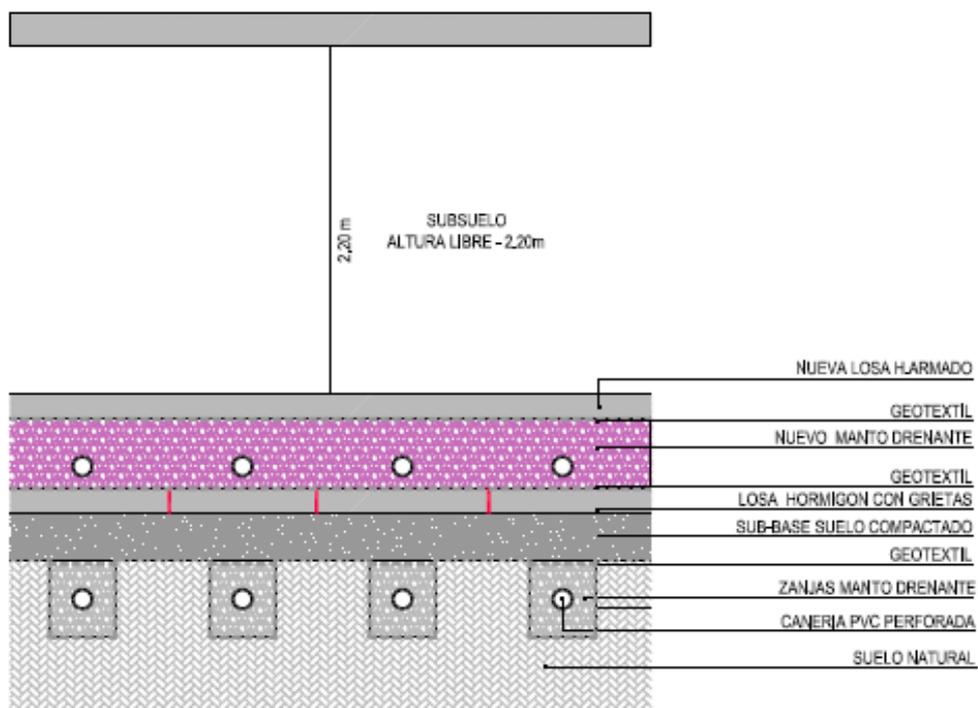


Imagen 3

Conclusión

Este caso deja en evidencia la importancia de que la ejecución debe ser consecuente con el diseño. En el caso de que la ejecución sea modificada por diferentes motivos, será imprescindible consultar dichos cambios con el asesor correspondiente ya que de no ser así podría ocasionar patologías difíciles de subsanar, las cuales tendrán repercusión tanto en los costos como en los tiempos de ejecución. Es fundamental la comunicación entre las partes actuantes para evitar errores en la ejecución. Es evidente que en general, en la práctica esto no ocurre lo cual confirma los porcentajes expuestos en la fundamentación del trabajo.

3.2. Caso 2

Esta obra se encuentra exenta de toda construcción en un contexto urbano consolidado, en el departamento de Montevideo.

Estado de Obra: finalizada en 2010

Tipo de suelo: arcilloso

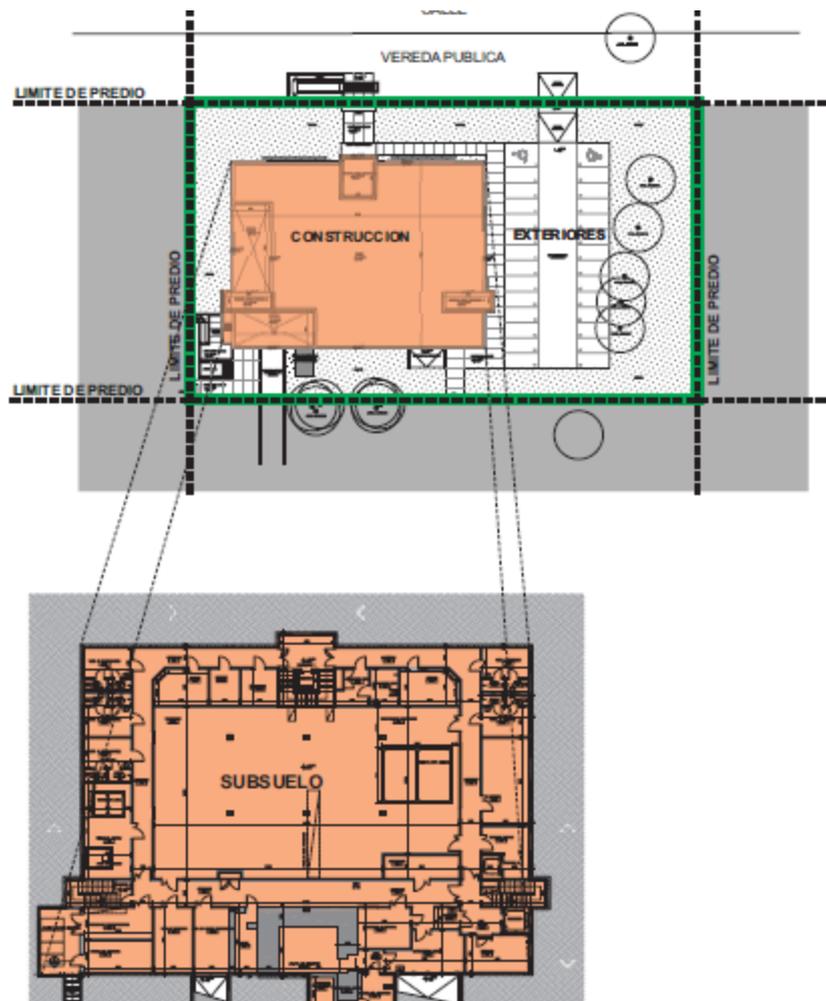
Según informe geotécnico, no existe presencia de napa freática.

El proyecto consta de 3 niveles, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Subsuelo – depósitos e instalaciones (área aprox. = 1800m²)

Planta baja – Hall acceso – Administración (área aprox. = 1700m²)

Planta Alta – Oficinas, Laboratorios (área aprox. = 1700m²)



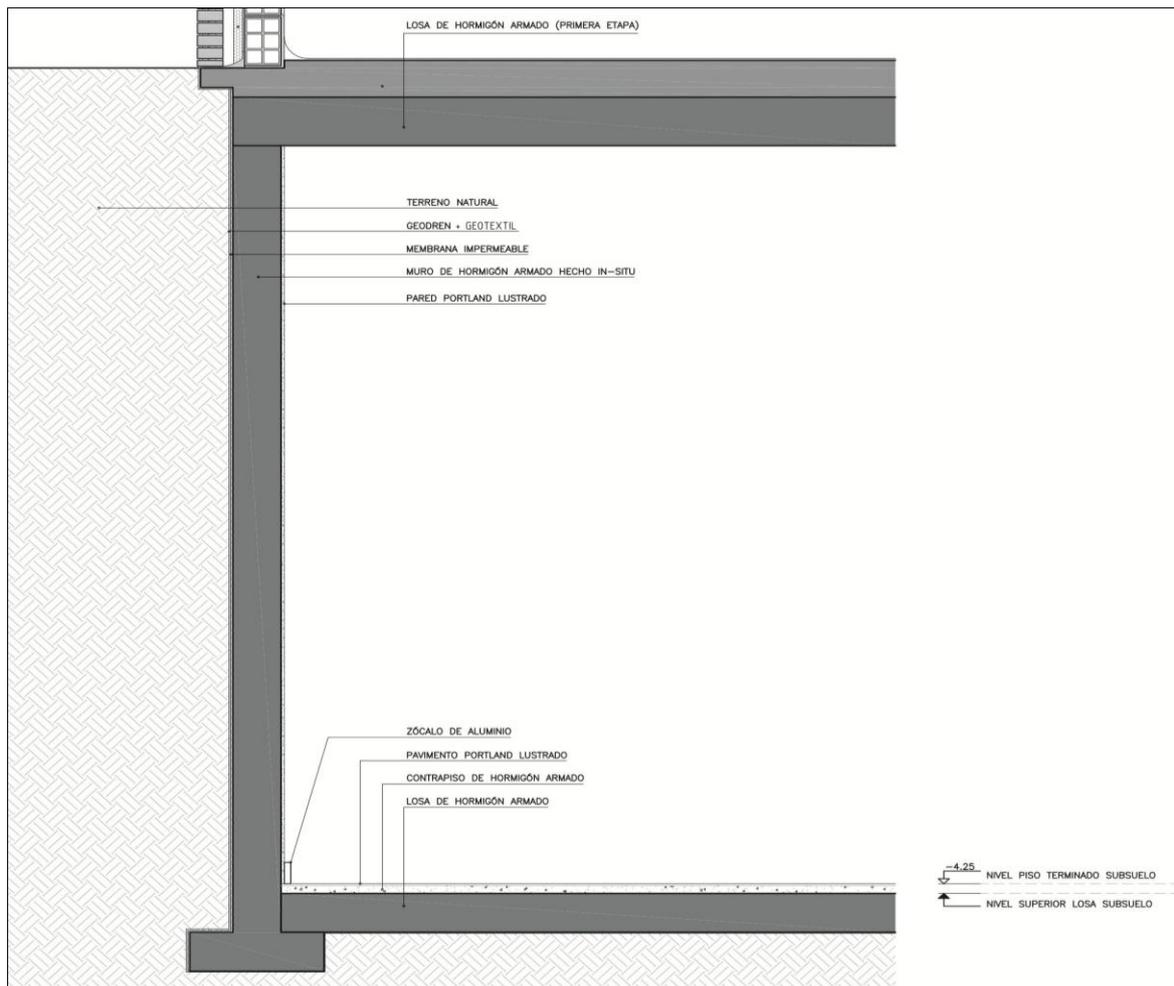
Sector de estudio – Planta de ubicación



Sector estudiado – Corte

Proceso constructivo

1. Excavación
2. Construcción del muro de hormigón armado in situ, mediante encofrados tradicionales
3. Imprimador y membrana asfáltica en cara exterior (Impermeabilización trabajando con presión positiva)
4. Colocación de geodren con geotextil
5. Relleno con material de excavación



Detalle – Muro de hormigón armado



Luego del fraguado del hormigón de los muros de contención, se comienza el proceso de desencofrado.



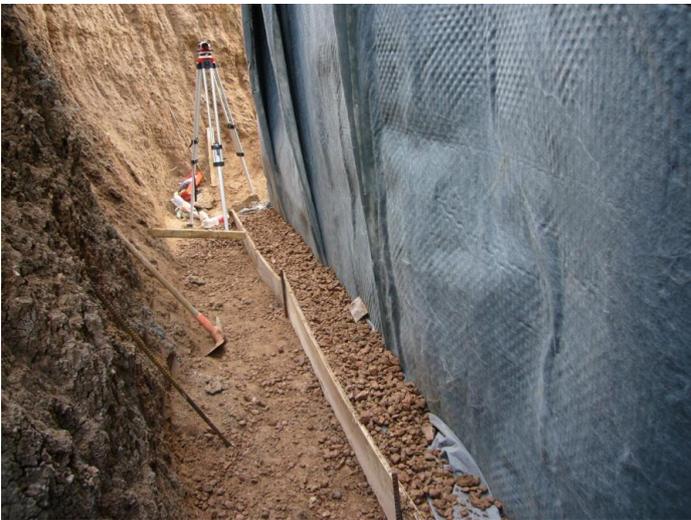
Verificar la no existencia de elementos punzantes que pudieran dañar la impermeabilización. Si existieran deben eliminarse. Sellado de perforaciones en los muros a causa del encofrado. Luego se aplica imprimador asfáltico como base para la aplicación de la membrana asfáltica.



Aplicación de membrana asfáltica con terminación de aluminio.



Colocación del geodren (plástico color negro) y a continuación el manto de geotextil (gris), el cual queda en contacto con la tierra. Se sostiene este sistema con un entablado sujetado a la estructura, hasta la colocación de los rellenos correspondientes.



Colocación del material de relleno.

No se pudo realizar un seguimiento del estado actual de la obra, ya que no se contó con autorización para visitar la misma. Por este motivo se intentó deducir posibles patologías futuras mediante el estudio de los recaudos gráficos (planos, memorias y fotografías del proceso constructivo) no pudiendo posteriormente ratificar las mismas.

En este proyecto se utilizó un sistema de drenajes, mediante la utilización única de un manto de geodren. El mismo no fue complementado con un sistema de cañerías de desagüe el cual hubiese captado el agua que escurre por el geodren.

Siempre es importante colocar este sistema de desagüe, incluso aunque no existan napas freáticas circundantes (como en este caso) ya que dicho sistema contribuye a la evacuación del agua de lluvia. Más aún porque al modificar el tenor de tierra, el agua se desplazara a estos sectores donde el terreno no se encuentra tan compactado como en su estado natural. Por tal motivo se tendrá una gran presencia de agua próxima a los muros lo que generara filtraciones al edificio.

Conclusión

De acuerdo a los recaudos gráficos analizados, se pudo constatar que a diferencia del caso 1, (donde el diseño era correcto y la ejecución errónea) ocurre a la inversa, es decir, el diseño es erróneo y la ejecución correcta debido a que no se implementó un completo sistema de drenaje según lo desarrollado en punto 4 del bloque 2. De esta manera nuevamente se confirman los porcentajes expuestos en la fundamentación del trabajo, pero en este caso en aspectos de proyecto (diseño).

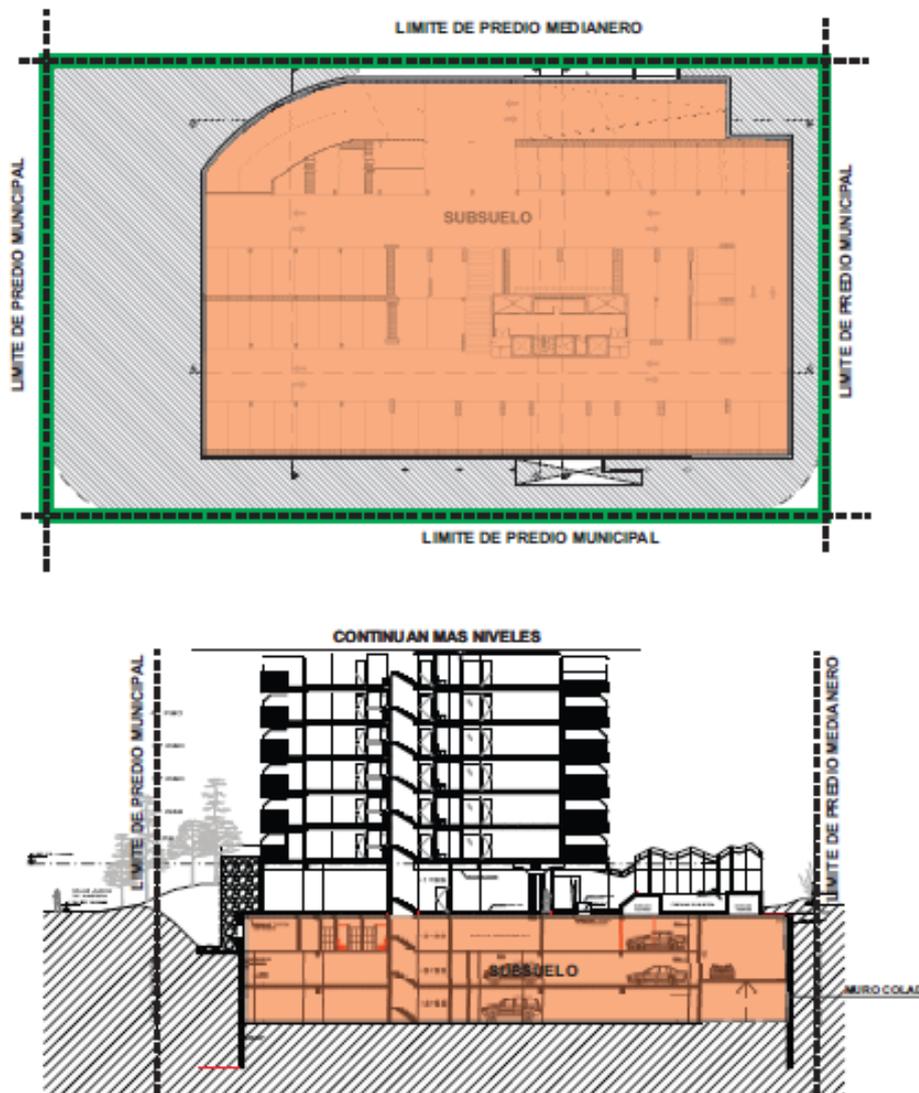
3.3. Caso 3

Este proyecto se ubica en zona este, próximo a la costa, en el departamento de Maldonado. La obra se encuentra conformando una manzana entera. Por tal motivo no tiene construcciones adyacentes.

Estado actual de la obra: en construcción.

Tipo de suelo: arena.

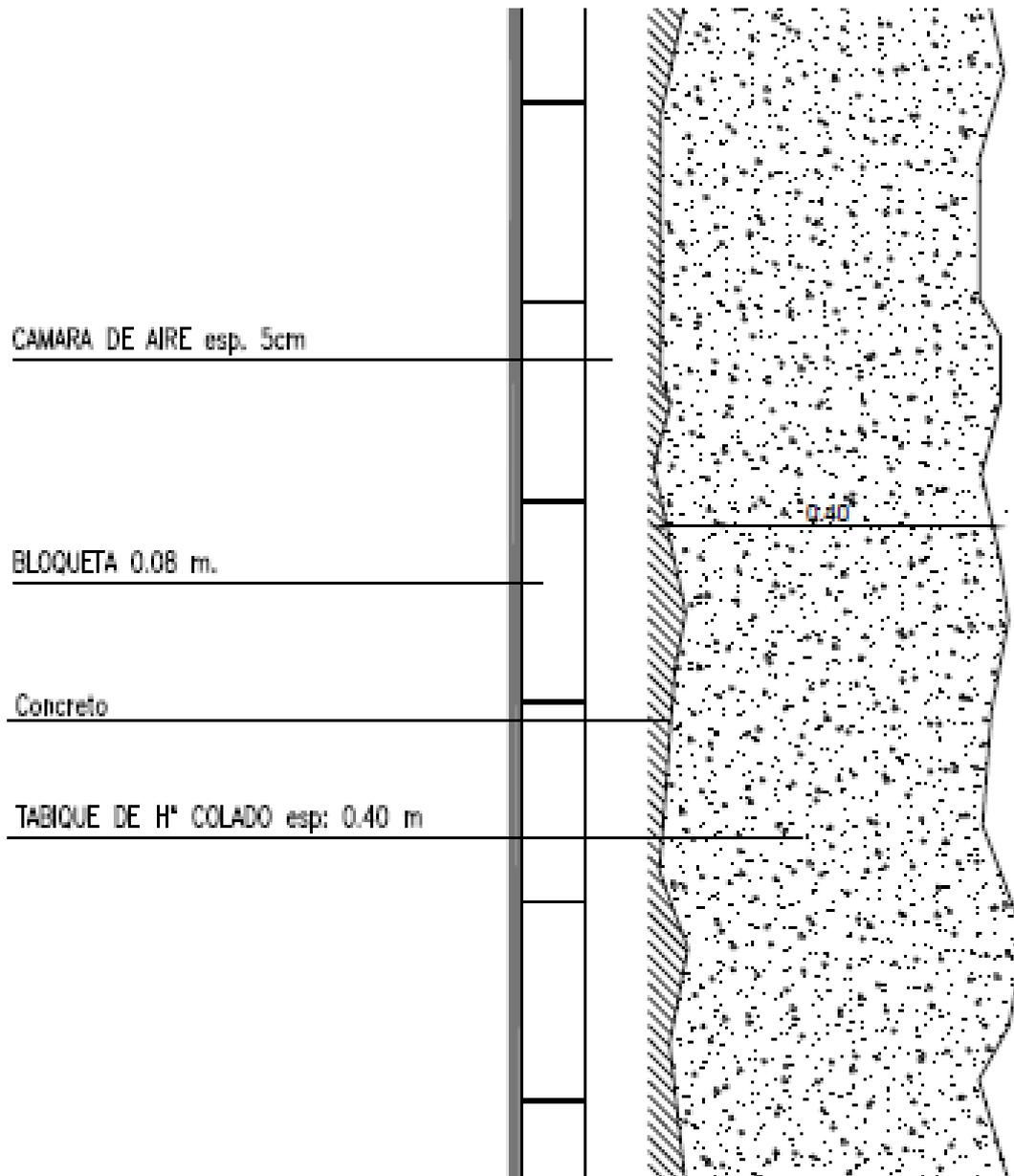
Napa freática: no se realizó un estudio correspondiente para determinar su presencia.



Sector estudiado – Planta y corte

Proceso constructivo del subsuelo

1. Se realiza muro colado sobre terreno. Se debe cubrir los diferentes niveles de napas (inferior/ superior) para lograr un espacio seco y estanco para luego quitar el terreno interior al anillo de muro colado.
2. Se realiza un muro de bloqueta separado del muro colado de hormigón, mediante una cámara de aire de 5 cm de espesor.
3. En la parte inferior de la cámara se dejan caños de desagüe para captar el agua que pasa a través del muro colado, el cual no es totalmente impermeable.



Detalle – Corte Muro hormigón colado



En esta imagen se puede apreciar la construcción del muro de hormigón colado a la vista, en la que aun no se ha ejecutado la regularización de la superficie y la construcción de la cámara de aire según detalle precedente.



En esta imagen se puede ver que al no soportar el muro de contención la presión de la napa freática (que no se tuvo en cuenta), se generaron grietas del orden de entre 5 y 10 cms.



Como consecuencia de las grietas, el agua se filtró e inundó el recinto excavado que generaba el subsuelo.

El sistema adoptado en este proyecto puede funcionar con la presencia o no de la napa freática circundante. En caso de existir, el muro debería resistir la presión generada por la napa de acuerdo a los cálculos correspondientes. En este proyecto esto no ocurrió ya que no se efectuó el estudio correspondiente que determinara su eventual presencia y en consecuencia no fue contemplado por el proyectista a la hora de diseñar el muro.

Conclusión

En un principio no se pudo determinar cuál fue el error que ocasiono la patología. Puede haber al menos dos hipótesis al respecto, la primera puede ser que no se haya hecho un estudio exhaustivo de la eventual presencia de la napa freática. La segunda sería que dicho estudio haya sido realizado y en su momento no detectó la presencia de la napa circundante. Bajo esta hipótesis la variación de la napa freática pudo haber ocurrido por diversos motivos (nuevas construcciones adyacentes, variación del caudal de la napa, etc.) lo cual hubiera sido en el periodo comprendido entre la elaboración del proyecto y la ejecución del mismo que puede ser en el entorno del año.

De esta manera una vez más, se confirman los porcentajes expuestos en la fundamentación del trabajo. De acuerdo a la primer hipótesis sería en aspectos de proyecto y de acuerdo a la segunda sería en conjunto proyecto y ejecución, ya que se tendría que haber efectuado un nuevo estudio previo al inicio de la obra.

REFLEXIÓN FINAL [RF]

A los estudiantes

En esta reflexión final, a modo de cierre, se realiza un comentario referido a la experiencia que nos dejó afrontar el desafío de la tesina.

Se considera oportuno abordar ésta reflexión ya que apunta en primer lugar, a ponderar aciertos con el fin de que puedan ser replicados por otros estudiantes en la elaboración de sus tesinas y en segundo lugar, a mencionar los obstáculos que fueron apareciendo en el camino recorrido para que sean eludidos con mayor facilidad y así poder alcanzar los objetivos con mayor eficacia y en el menor tiempo posible.

Aquello que resultó más complejo, una vez decidido el tema que iba a abordarse, fue la estructuración y el método para su desarrollo. Aquí debe invertirse una cuota parte de dedicación. Una vez logrado esto, el abordaje de la tesina se simplifica.

Es recomendable estar permanente reformulando los objetivos planteados. Esto debe hacerse la cantidad de veces que sea necesario hasta que queden claramente especificados.

Es importante no perder de vista estos aspectos ya que permitirán ganar tiempo.

Resulta significativa la utilización de las fuentes consultadas, la investigación y la búsqueda de información con el mayor rigor posible. Asimismo, el relevamiento fotográfico, el aporte de piezas graficas (plantas, cortes y detalles constructivos) y el recurso de la entrevista a terceros que contribuyen a mejorar la calidad del producto final. En particular, las entrevistas resultan ser muy efectivas ya que brindan la visión de terceros desde otro ángulo, con lo cual rápidamente se alcanza la reflexión y reformulación. Asimismo resulta un recurso interesante destinado a salvar un vacío bibliográfico referido a algún aspecto del tema abordado o para ofrecer un aporte complementario capaz de enriquecer la elaboración de la tesina.

Por diversos motivos habrá limitaciones, que irán apareciendo y obstaculizarán el curso de la tesina. Se mencionan algunas a modo ilustrativo: conseguir obras para ser estudiadas, la dificultad para conseguir los recaudos gráficos necesarios para su estudio en tiempo y forma, la imposibilidad de acceder a algunas (o todas) ellas, la concesión de entrevistas y la coordinación de los tiempos entre los participantes (entrevistado y estudiantes) etc.

Por estos motivos conviene mencionarlas, para que éstas no conspiren en desmedro del trabajo.

De nuestra parte, esperamos haber dejado un trabajo que inspire a otros estudiantes a complementarlo y/o superarlo.

Sebastián y Diego

BIBLIOGRAFÍA [BI]Textos³²

- AA.VV., "Curso de Cálculo de Estructuras de Hormigón Armado", Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España, año 1999.
- AA. VV., Revista de Tecnología y Negocios de la Construcción "Téchne", Nº 67, Ed. PINI, Brasil, año 2002.
- AA.VV., "Seminario Patología y Gestión de Calidad en la Construcción", S.A.U., Montevideo, Uruguay, año 1998.
- AA.VV., Ficha de Construcción I, "Rocas y Suelos", Farq., Montevideo, Uruguay, año 2005.
- AA.VV., Ficha de Estabilidad III, "Dispositivos de Fundación", Farq., Montevideo, Uruguay, año 2007.
- Calavera, J., "Atlas de Patologías" [versión web].
- Arq. Chamlian H., "Proyecto y Ejecución de Dispositivos de Cimentación", IC, Farq., Montevideo, Uruguay, año 2012.
- Chudley, R., "Manual de Construcción de Edificios", Ed. Gustavo Gili S.A., México, año 1988.
- Elder A. J. & Vanderberg, M., "Construcción. Manuales AJ", Ed. H. Blume, Madrid, España, año 1977.
- Gatto, A., "Construcciones Edilicias" Tomo III, Oficina de Publicaciones Centro de Estudiantes de Ingeniería, Montevideo, Uruguay, año 2000.
- Arq. Martorelli, R., "Fenómenos Degresivos en Edificios", IC, Área de Patología, Farq., Montevideo, Uruguay, año 1999.
- Monjó Carrió, J., "Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos", Ed. Munillalera, Madrid, España, año 2010.
- Torres, R., "Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado", [pdf], Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Mérida, Venezuela, año 2008.
- Ulsamer, F., "Las Humedades en la Construcción", Ed. CEAC S.A., Barcelona, España, año 1963.
- U.N.I.T., "Norma 1050:2000, Proyecto y ejecución de estructuras de hormigón en masa o armado", año 2000.

Sitios web

- www.wikipedia.org
- www.construmatica.com
- www.wellpoint.it
- www.elconstructorcivil.com
- www.cemartigas.com.uy
- www.parlamento.gub.uy

³² Se ordenan alfabéticamente según apellido del o los autor/es.