LAS CONDES
MUNICIPALIDAD

**INFORME DE ACTIVIDADES MENSUAL**

| Mes | Octubre |
|---|---|

| | |
|---|---|
| **Nombre** | Diego Pereira Chamorro |
| **RUT** | [redacted] |
| **Profesión** | [redacted] |
| **Departamento** | Gestión de Inmuebles \| Administración Municipal |
| **Programa Social** | N/A |
| **Período del Contrato** | 7 agosto 2026 – 31 diciembre 2026 |
| **Función que desempeña** | Desarrollar funciones profesionales especializadas orientadas al diseño, preparación, coordinación y mejora de proyectos e iniciativas relacionadas con la habilitación, adecuación, mantención, construcción y optimización de bienes muebles e inmuebles municipales, así como el fortalecimiento de los procesos asociados a su gestión. |

**Actividades efectuadas en el mes:**

| | |
|---|---|
| 1- | Vista técnica a SPA Cerro Apoquindo. |
| 2- | Desarrollo de informe de daños, evaluación preliminar y recomendaciones para el SPA Cerro Apoquindo. |
| 3- | Desarrollo de soluciones para mejoras en seguridad del SPA Cerro Apoquindo |
| 4- | Resolución de comentarios de Revisión Estructural de proyecto de Dirección del Transito en Scuola Italiana, actualización de documentos y respuestas a Revisor Estructural. |
| | |

| | |
|---|---|
| **Firma prestador de los servicios** | DIEGO ANDRÉS PEREIRA CHAMORRO<br>Firmado digitalmente por DIEGO ANDRÉS PEREIRA CHAMORRO<br>DN: C=CL, CN=DIEGO ANDRÉS PEREIRA CHAMORRO, L=Santiago, O=www.Firmadox.cl, OU=16588481-7, ST=Santiago, E=diego.pereira@asmaro.cl<br>Razón: Soy el autor de este documento<br>Ubicación: Santiago<br>Fecha: 2026.11.02 14:26:17-03'00'<br>Foxit PDF Reader Versión: 2025.3.0 |

**Las Condes,** Noviembre (mes) de 2026 (año)

RECIBIDO
03 NOV 2026
DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL

LAS CONDES
MUNICIPALIDAD

**DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES**

Durante el mes de octubre se desarrolló una visita técnica al SPA Cerro Apoquindo donde se detectaron algunas condiciones de riesgo para las personas, principalmente relacionadas en orden de riesgo, con potenciales desprendimientos en la zona de sala de basuras, en menor medida radieres levantados y algunas rejar perimetrales inclinadas.

Se desarrolló un informe de levantamiento indicando posibles causas de los hallazgos y potenciales mejoras o soluciones.

Se desarrolló un informe con las soluciones para las situaciones de mayor riesgo y acorde con las competencias de la especialidad Estructural, en orden, un muro de contención de hormigón armado anclado al suelo, en forma de L en planta.

La proyección de un radier nuevo, para reemplazar el radier levantado.

Un muro de contención de 0.6 m de altura para controlar los empujes de suelo en el perímetro exterior del recinto.

Adicionalmente, en el mes de octubre se desarrollaron algunos ajustes y mejoras al proyecto Estructural de la Dirección del Tránsito de la Municipalidad de las Condes, ya que el proyecto fue revisado por un Revisor de Cálculo José Manuel Gelmi, se resolvieron los comentarios y se actualizaron la memoria y plano del proyecto.

En listado de actividades

1. SPA Cerro Apoquindo
   - Visita técnica para identificar condiciones de riesgo para las personas.
   - Detección de riesgos asociados a desprendimientos de terreno en sala de basuras, radieres levantados y rejas perimetrales inclinadas.
   - Elaboración de informe de levantamiento, identificando posibles causas y alternativas de solución.
   - Desarrollo de soluciones estructurales para las condiciones de mayor riesgo:
     - Muro de contención de hormigón armado, anclado al terreno y con configuración en L en planta.
     - Diseño de nuevo radier para reemplazar el existente.
     - Muro de contención perimetral de 0,60 m de altura para controlar empujes de suelo.
2. Dirección de Tránsito – Municipalidad de Las Condes
   - Revisión y ajustes al proyecto estructural.
   - Resolución de observaciones emitidas por el revisor de cálculo José Manuel Gelmi.
   - Actualización de la memoria de cálculo y planos estructurales del proyecto.

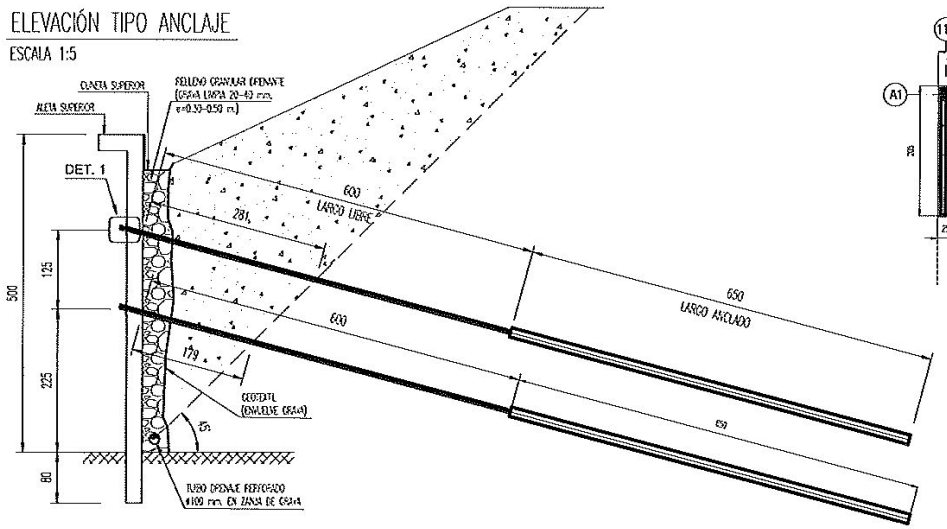
| | |
|---|---|
| **Firma prestador de los servicios** | DIEGO ANDRÉS PEREIRA CHAMORRO<br>Firmado digitalmente por DIEGO ANDRES PEREIRA CHAMORRO<br>DN: C=CL, CN=DIEGO ANDRES PEREIRA CHAMORRO, L=Santiago, O=www.Firmadox.cl, OU=16888461-7, ST=Santiago, E=diego.pereira@amauro.cl<br>Razón: Soy el autor de este documento<br>Ubicación: Santiago<br>Fecha: 2026.11.02 14:26:26-03'00'<br>Foxit PDF Reader Versión: 2025.3.0 |

**Las Condes,** Noviembre (mes) de 2026 (año)

MUNICIPALIDAD DE LAS CONDES
ADMINISTRADOR MUNICIPAL

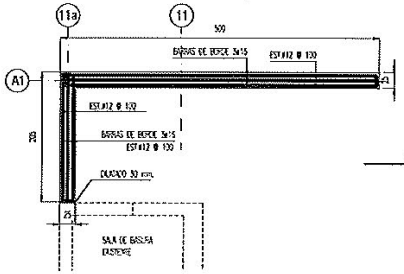
## ELEVACIÓN TIPO ANCLAJE

ESCALA 1:5



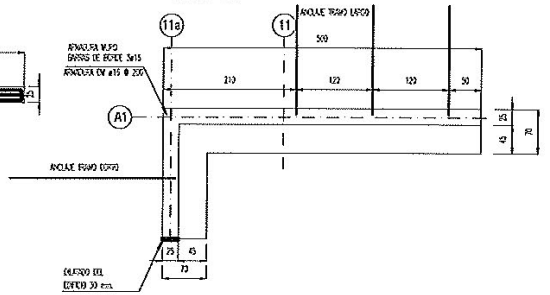

## PLANTA MURO

ESCALA 1:5 (ARMADURAS)



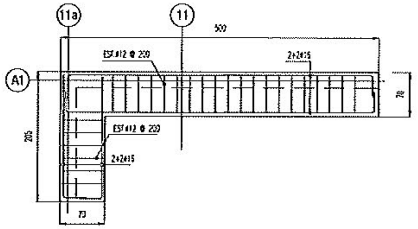

## PLANTA EMPLAZAMIENTO ANCLAJE

ESCALA 1:5



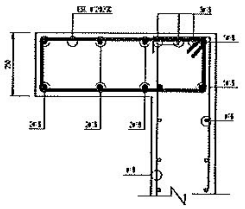

## PLANTA CON ARMADURA DE PESTAÑA

ESCALA 1:5 (ARMADURAS)



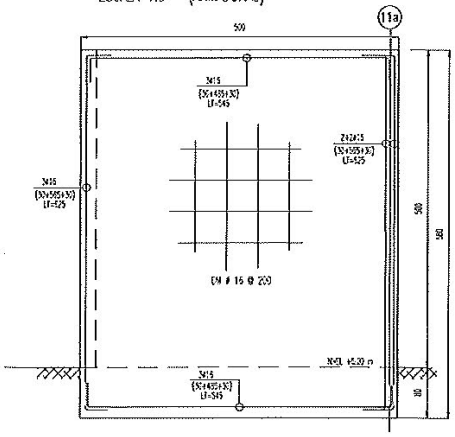

## DETALLE DE PESTAÑA

ESCALA 1:12.5 (ARMADURA / mm)



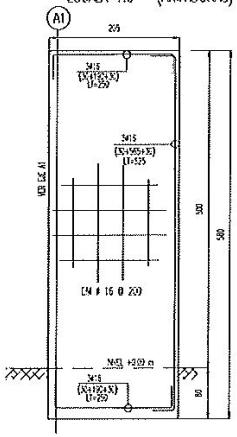
## ELEVACIÓN EJE A1

ESCALA 1:5 (ARMADURAS)

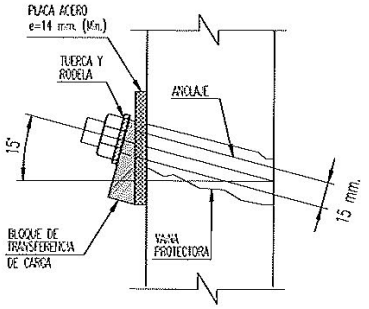



## ELEVACIÓN EJE 11a

ESCALA 1:5 (ARMADURAS)




## DETALLE 1




| | | |
|---|---|---|
| INGENIERO | : DIEGO PEREIRA CHAMORRO | ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE LAS CONDES |
| ING. AYUDANTE | : -- | |
| PROYECTISTA | : -- | |
| DIBUJANTE | : CLAUDIO QUINTREL H. | |
| ARQUITECTO: | : _____ | |
| REVISOR: | : _____ | DIEGO PEREIRA CHAMORRO<br>Ingeniero Civil, MSc |
| ARCHIVO | : _____ | |

# PROYECTO ESTRUCTURA
# MUROS CONTENCIÓN SPA CERRO APOQUINDO
# SOLUCION N° 1

Dirección : VITAL APOQUINDO 700

Propietario
Municipalidad de Las Condes

**CORTE MUROS**
**DETALLES**

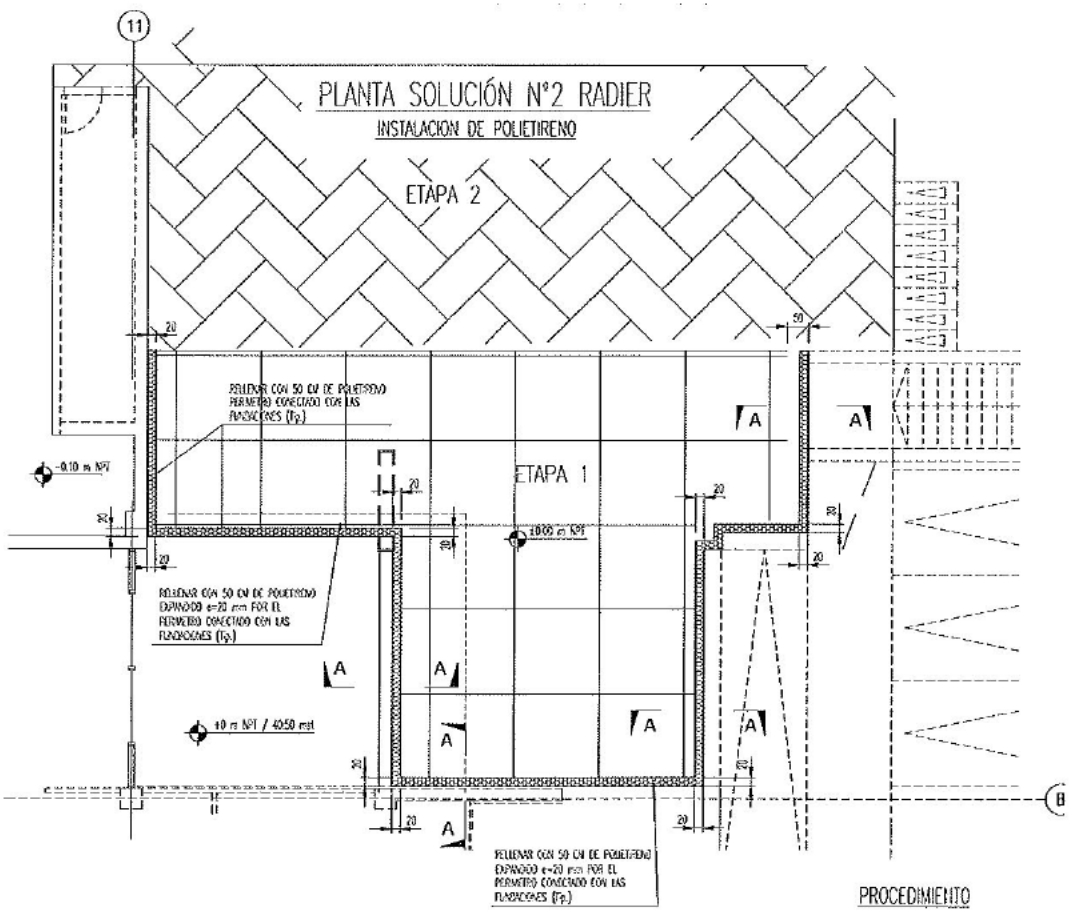
| REVISIONES | |
|---|---|
| REV. | FECHA |
| A | 17/10/2026 |

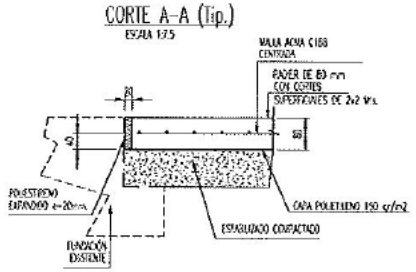
PLANO N° :

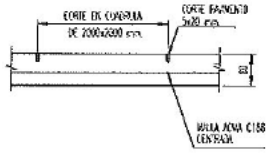
**01**

ESCALA : SE INDICAN

FECHA : OCTUBRE. 2026




## PROCEDIMIENTO

La propuesta considera un radier de 8 cm de espesor con una malla acma centrada ligeramente desplazada hacia la base,

El radier debe ir sobre una cama de estabilizado compactado de al menos 10 cm sobre esta cama se debe desplegar un politetileno de 0.2 mm de espesor.

| | |
|---|---|
| INGENIERO | : DIEGO PEREIRA CHAMORRO |
| ING. AYUDANTE | : — |
| ERGOTECNIA | : — |
| DIBUJANTE | : CLAUDIO QUINTREL H. |
| ARQUITECTO: | : |
| REVISOR: | : |
| ARCHIVO | : |

ILUSTRE
MUNICIPALIDAD DE LAS CONDES

DIEGO PEREIRA CHAMORRO
[redacted]

# PROYECTO ESTRUCTURA
# MUROS CONTENCIÓN SPA CERRO APOQUINDO
# SOLUCION N° 2

Dirección : VITAL APOQUINDO 700

Propietario
Municipalidad de Las Condes

**CORTE MUROS**
**DETALLES**

| REVISIONES | |
|---|---|
| REV. | FECHA |
| A | 17/10/2026 |

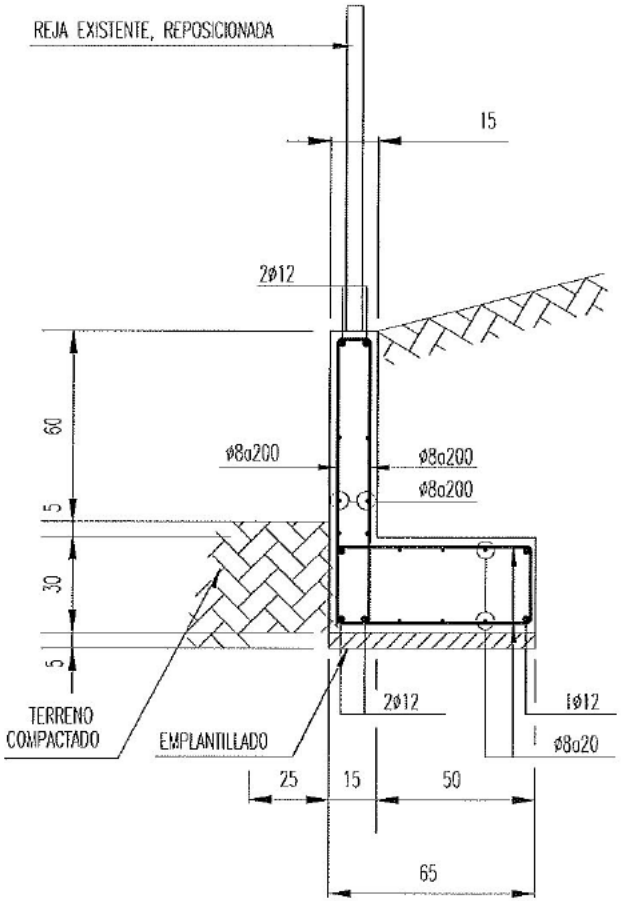
PLANO N° :
02

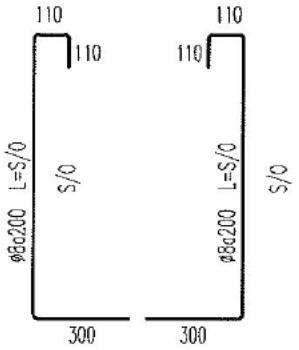
ESCALA : SE INDICAN
FECHA : OCTUBRE, 2026

## MURO DE CONTENCION

H = 50cm

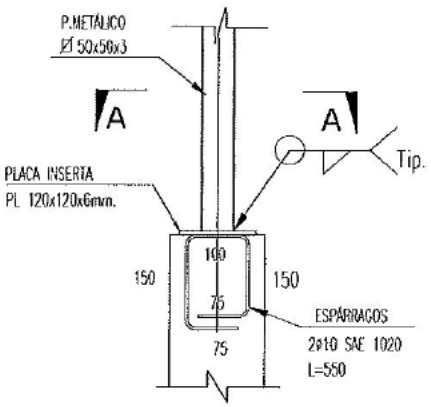
ESCALA 1:5



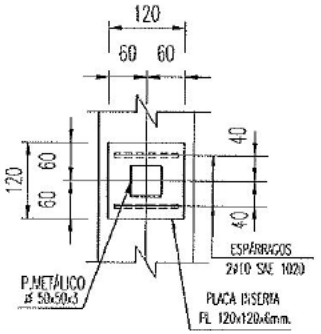

## DETALLE ANCLAJE REJA

ESCALA 1:5 ELEVACIÓN




## CORTE A-A

ESCALA 1:5 PLANTA




| | |
|---|---|
| INGENIERO | : DIEGO PEREIRA CHAMORRO |
| DIS. ARQUITECTO | : -- |
| PROYECTISTA | : -- |
| DIBUJANTE | : ELABORO QUINTEROL H. |
| ARQUITECTO: | : |
| REVISOR: | : |
| ARCHIVO | : |

ILUSTRE
MUNICIPALIDAD DE LAS CONDES

DIEGO PEREIRA CHAMORRO

PROYECTO ESTRUCTURA
MUROS CONTENCIÓN SPA CERRO APOQUINDO
SOLUCION N° 3

Dirección : VITAL APOQUINDO 700

Propietario
Municipalidad de Las Condes

CORTE MUROS
DETALLES

| REVISIONES | |
|---|---|
| REV. | FECHA |
| A | 17/10/2026 |

PLANO N° :

03

ESCALA : SE INDICAN

FECHA : OCTUBRE, 2026

# INFORME REVISION "HABILITACION OFICINAS MUNICIPALES- LAS CONDES"

## 1. Introducción y Antecedentes.

El proyecto contempla 3 sectores:

- La habilitación de oficinas municipales, de 2 pisos, estructurado a base de elementos metálicos arriostrados, losa colaborante y segundo piso en metalcon. (5 planos)
- Las bodegas de recinto de Scuola Italiana consiste en pilares metálicos y cierres de metalcon. (1 plano)
- Plano de la reja divisoria de la dirección de tránsito (1 plano)

Antecedentes Utilizados:

- 7 planos de cálculo.
- Memoria de cálculo
- Planos de arquitectura

Principales Normas consideradas:

- NCh 430 Of.2008 + DS60: Diseño en Hormigón Armado
- NCh 433 OF.96 Mod.2009 + DS61: Diseño Sísmico de Edificios
- NCh 1537: Diseño estructural: Cargas permanentes y cargas de uso
- NCh 3171: Combinaciones de carga.
- NCh 431: Sobrecargas de Nieve
- NCh 432: Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones
- NCh427: Estructuras de acero.

Análisis y diseño propio

Se procede al análisis y diseño del proyecto de manera independiente y se plantean posteriormente las respectivas observaciones.

Se utilizan los valores de cargas que se señalan en la memoria de cálculo incluyendo los parámetros sísmicos. El corte basal considerado en ambas direcciones fue de 15T.

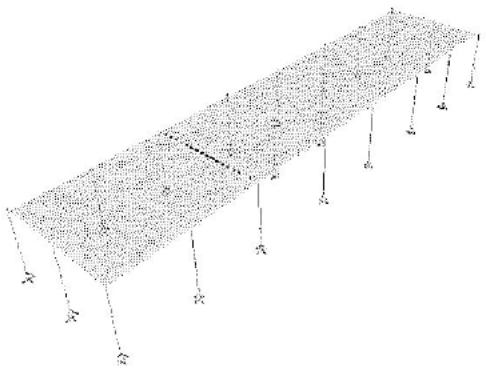


Figura 1: Modelo del piso 1 (No se muestra piso 2)

Resultados principales

El diseño de vigas, losa colaborante, arriostramientos, pilares, cerchas, costaneras, **cumplen** con las normas aplicables.

Respecto a las **fundaciones** y considerando la combinación de verificación de tensiones y levantamiento dada por NCh3171, ***PP + Sismo***, se generan levantamientos en las zapatas aisladas.

Para obtener las reacciones, se utilizaron 4 combinaciones de carga: PP+Sx; PP-Sx; PP+Sy y PP-Sy. La numeración de apoyos es la siguiente:

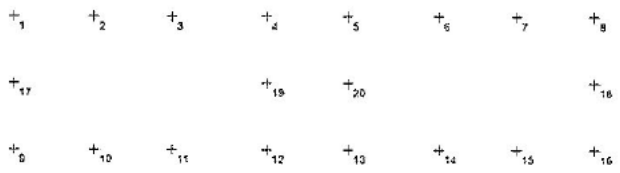



Figura 2: Numeración de apoyos.

| Apoyo N° | Comb. | FZ | Apoyo N° | Comb. | FZ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SX | -2.08 | 11 | SX | 6.12 |
| 1 | SMX | 4.14 | 11 | SMX | -0.63 |
| 1 | SY | 4.19 | 11 | SY | 2.92 |
| 1 | SMY | -2.13 | 11 | SMY | 2.58 |
| 2 | SX | 5.5 | 12 | SX | 1.4 |
| 2 | SMX | -1.1 | 12 | SMX | 1.4 |
| 2 | SY | 2.4 | 12 | SY | 1.4 |
| 2 | SMY | 2 | 12 | SMY | 1.4 |
| 3 | SX | 2.75 | 13 | SX | 1.37 |
| 3 | SMX | 2.75 | 13 | SMX | 1.37 |
| 3 | SY | 2.75 | 13 | SY | 1.37 |
| 3 | SMY | 2.75 | 13 | SMY | 1.37 |
| 4 | SX | 1.48 | 14 | SX | -0.68 |
| 4 | SMX | 1.53 | 14 | SMX | 6.06 |
| 4 | SY | 5.35 | 14 | SY | 2.52 |
| 4 | SMY | -2.34 | 14 | SMY | 2.86 |
| 5 | SX | 1.5 | 15 | SX | 5.94 |
| 5 | SMX | 1.44 | 15 | SMX | -0.81 |
| 5 | SY | 5.49 | 15 | SY | 2.74 |
| 5 | SMY | -2.55 | 15 | SMY | 2.4 |
| 6 | SX | 2.69 | 16 | SX | 0.64 |
| 6 | SMX | 2.69 | 16 | SMX | 0.64 |
| 6 | SY | 2.69 | 16 | SY | 0.64 |
| 6 | SMY | 2.69 | 16 | SMY | 0.64 |
| 7 | SX | -1.2 | 17 | SX | 1.21 |
| 7 | SMX | 5.49 | 17 | SMX | 1.58 |
| 7 | SY | 2.69 | 17 | SY | -1.96 |
| 7 | SMY | 1.6 | 17 | SMY | 4.76 |
| 8 | SX | 4.18 | 18 | SX | 1.55 |
| 8 | SMX | -2.13 | 18 | SMX | 1.17 |
| 8 | SY | 5.14 | 18 | SY | -3.3 |
| 8 | SMY | -3.09 | 18 | SMY | 6.01 |
| 9 | SX | 0.66 | 19 | SX | 2.72 |
| 9 | SMX | 0.66 | 19 | SMX | 2.67 |
| 9 | SY | 0.66 | 19 | SY | -1.15 |
| 9 | SMY | 0.66 | 19 | SMY | 6.54 |
| 10 | SX | -0.77 | 20 | SX | 2.61 |
| 10 | SMX | 5.98 | 20 | SMX | 2.67 |
| 10 | SY | 2.44 | 20 | SY | -1.38 |
| 10 | SMY | 2.78 | 20 | SMY | 6.66 |

Tabla 1: Reacciones en los apoyos

Hay algunos apoyos que tienen reacción negativa, esto es, tracciones o levantamiento. Las zapatas son de 30 cm de altura por lo que su peso es de 0.48T para la zapata de 80x80 y 0.27T para la zapata de 60x60. Dado esto, la solución más simple es unir las zapatas que se encuentran arriostradas mediante una zapata continua y viga de fundación, que penetra hasta el fondo de la zapata. En la figura 3 se muestra lo que se plantea.

[SE INCLUIRAN VIGAS DE FUNDACIÓN ENTRE LAS FUNDACIONES INDICADAS]

[CORREGIDO]

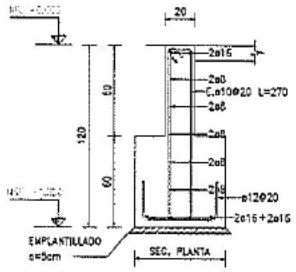



Figura 3: Propuesta para unión de zapatas con arriostramientos.

## 2 Observaciones al proyecto

### 2.1 ASPECTOS GENERALES-RESUMEN

- Algunas zapatas se levantan ante la acción sísmica, se plantea una solución uniendo las zapatas aisladas.
- El resto del diseño es satisfactorio.
- Hay observaciones para aclarar algunos aspectos de los planos.

## 2.2 MEMORIA DE CALCULO

- En el punto 4, se habla que las cerchas están compuestas por perfiles 90CA010, sin embargo, en los planos son de espesor 085.

[CORREGIDO EN EL PLANO]

- En punto 5.2, no queda claro la resistencia al corte y compresión de los muros. Por ejemplo, resistencia de 1 kg/cm² al corte resultaría en 1100 kg/ml al corte, pero es bastante mayor que lo que se señala en manual.
- Está repetidas las tablas de las propiedades mecánicas y techumbre (Tabla 5.2 y 6.4) [AL REVISAR LA MEMORIA NO SE DETECTA EL ERROR]
- En puto 6.5, indicar el esfuerzo de corte basal considerado.

[CORREGIDO, SE AGREGA EL CORTE BASAL]

- En punto 7.6 habla de muros con paneles SIP, sin embargo, en planos habla de muros de metalcon.

[CORREGIDO]

Se considerará 0,38 kgf/cm², es un valor referencial para diseñar los muros con planillas de cálculo, en la planilla se ajustan igualmente los factores de seguridad, el valor de 1 kgf/cm² no contempla el FS de 2.5

## 2.3 PLANOS

- Se adjuntan las observaciones también en los plano
- Este informe no revisa la coordinación entre plan arquitectura.

2.3.1 Habilitación de oficinas municipales

| | OBS Nº | Lámina | Observación |
|---|---|---|---|
| [CORREGIDO] | 1 | 1 | En las notas incorporar: Cargas consideradas, zona sísmica, tipo de suelo, factor de importancia, tensiones admisibles del suelo y quién debe recibir sello de fundación. |
| Se agregan | 2 | 1 | Agregar zapatas compuestas con viga de fundación para evitar levantamiento de zapatas. |
| Se agregan | 3 | 1 | Los pilares principales no deberían tener el inserto como anclaje de pilares. Usar pernos. |
| [CORREGIDO] | 4 | 1 | Hay un "NPT" que no corresponde. |
| [CORREGIDO] | 5 | 2 | Según elevación de eje 7" (Lam.04) hay arriostramiento entre ejes C y E'. |
| [CORREGIDO] | 6 | 2 | En el detalle de la losa colaborante indica espesor 120 mm en lugar de 11.5 de la planta. Además hay conectores por debajo de la placa. |
| [CORREGIDO] | 7 | 2 | En la planta se señala la placa de espesor 11.5 mm en lugar de 11.5 cm o 115 mm. |
| Se acoge | 8 | 3 | En la planta de techumbre, falta dibujar una costanera , falta acotar todas las cerchas entre si y detallar llegada de cercha a apoyos laterales. |

[redacted]

| | | | |
|---|---|---|---|
| [CORREGIDO] | 9 | 3 | En los muros de metalcon no se especifica el espesor de la placa de OSB (usar min 11,1 mm) |
| [CORREGIDO] | 10 | 3 | En elevación eje E`, no se entiende nota ya que no existe eje D" |
| [CORREGIDO] | 11 | 4 | En elevación eje C y D`, no se entiende nota ya que no existe eje D" |
| Se acoge | 12 | 4 | Es altamente recomendable que las vigas lleguen de tope a los pilares en lugar de arriba de ellos. |
| [CORREGIDO] | 13 | 4 | En los detalles hay un error en la ventana, hay texto cortado |
| [CORREGIDO] | 14 | 5 | La viga 100x100x3 está muy subdimensionada. No se modificó. Ahora recibe las vigas del piso. |
| se considera tornillo autoperforante con alas #10 x 2" cada 25 cm | 15 | 5 | Para la costanera de piso se está considerando que la placa de OSB arriostra el ala superior comprimida. Para eso debe especificarse suficientes tornillos. De no considerarse esto, la costanera podría no ser suficiente. |
| No se considera sobrelosa en esa alternativa | 16 | 5 | Indicar que más se consideró, tal como pavimento, sobrelosa, etc. Indicar carga máxima, de lo contrario pueden hacer lo que estimen. |

2.3.2 Planos de Bodega de servicios

| | N° | Lámina | Observación |
|---|---|---|---|
| Corregido | 1 | 1 | No coinciden las mallas dispuestas en el radier. |
| Corregido | 2 | 1 | Indicar si los muros de metalcon llevan OSB. |
| Se agrega nota | 3 | 1 | Indicar anclaje del PM existente. ¿hay poyo de fundación? Debería plantearse que se debe chequear su existencia de mínimo poyo 50x50 por ej. Al igual que el anclaje. |

2.3.3 Reja

- Sin observaciones

# 3 Conclusiones

- El proyecto no presenta problemas graves de diseño.
- Se deben levantar las observaciones acá descritas y emitir una nueva versión de planos y memoria de cálculo.

**José Manuel Gelmi Weston**
Ingeniero Civil Estructural. PUC. MSc. PUC
Revisor Estructural 1ª categoría.

13 de octubre de 2026

[redacted]

# INFORME DE INSPECCIÓN VISUAL PARA MEJORAS Y RESGUARDOS ESTRUCTURALES

# CENTRO DEPORTIVO SPA CERRO APOQUINDO



| |
|---|
| INGENIERO A: DIEGO PEREIRA CHAMORRO |
| DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE INMUEBLES |



| | | |
|---|---|---|
| DIRECCIÓN | : | VITAL APOQUINDO 700, LAS CONDES, REGIÓN METROPOLITANA |
| FECHA | : | SEPTIEMBRE 2026 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| REVISIÓN B | : | | |
| REVISIÓN A | : | REVISIÓN INTERNA | 07/10/2026 |

1 Introducción ..... 3
1.1 General ..... 3
1.2 Alcances ..... 3
2 Antecedentes ..... 3
3 Ubicación del proyecto ..... 4
4 Descripción de la infraestructura del edificio ..... 5
5 Contexto y visita técnica ..... 6
6 Criterio de clasificación de las desviaciones ..... 8
7 Análisis de cada sector ..... 17
7.1 Sector 1: Desprendimiento de suelo y rocas, sector sala de basura ..... 17
7.2 Sector 2: pavimentos levantados y desnivelados ..... 18
7.3 Sector 3: Inclinación de reja perimetral ..... 19
7.4 Sector 4: Transporte de suelo y rocas por aguas lluvias ..... 19
7.5 Sector 5: Ingreso de agua y suelo fino al interior del recinto ..... 19
7.6 Sector 6: Medidor de agua potable afectado ..... 20
8 Recomendaciones preliminares ..... 20
9 Conclusiones ..... 21

# 1 Introducción

## 1.1 General

El presente documento describe una inspección visual, revisión documental y análisis conceptual de algunas necesidades estructurales del Centro Deportivo SPA Cerro Apoquindo debido a que se han detectado algunas situaciones que si no se abordan podrían afectar la seguridad de las personas que usan el edificio. De estas situaciones se cuentan, por ejemplo, desprendimientos, transporte de material desde el cerro aguas arriba durante lluvias hacia el edificio, inclinaciones de rejas por cargas de suelo, entre otros aspectos, se clasificarán las situaciones de acuerdo con el nivel de riesgo que puedan presentar a las personas y se indicarán las posibles soluciones a cada situación detectada así mismo como las posibles causas de estos eventos.

El objetivo de este documento es explicar las observaciones del levantamiento visual, revisar los antecedentes disponibles de las obras existentes y establecer conceptualmente las necesidades de intervención, y a su vez determinar las causas más probables de las situaciones detectadas, los riesgos de los hallazgos y las potenciales mejoras de ser necesarias.

## 1.2 Alcances

Este documento se enfoca principalmente en el levantamiento de las situaciones riesgosas, descripción de los hallazgos, posibles causas y propuestas de mejoras o soluciones, se complementará con las respectivas memorias de cálculo de cada solución o mejora, estos documentos serán otros entregables.

# 2 Antecedentes

- **Informe Spa Cerro Apoquindo (Daños):** Informe de daños desarrollado por personal de SPA Cerro Apoquindo.
- Planos desde el **2014_03-S-000** hasta el **2014_03-S-804**, planos estructurales desarrollados por Rene Lagos Engineers.
- **2014-03_bases_de_calculo_Centro Deportivo**: bases de cálculo Estructural SPA Cerro Apoquindo desarrollado por Rene Lagos Engineers.
- **Planos de arquitectura** del: 2018-09-12_CDM_C°APO_R17_02-Plano - GEN S01 - PLANO DE EMPLAZAMIENTO, Hasta el: 2018-09-12_CDM_C°APO_R17_02-Plano - GEN S06 - PLANTA DE CUBIERTAS, Incluyendo el: 2018-09-12_CDM_C°APO_R17_02-Plano - DET S28 - DETALLE SALA DE BASURAS GENERAL, desarrollado por Jorge Iglesis
- **Proyecto de pavimentación y aguas lluvias**: 6380-ALL-RevC (02-02-2018) desarrollado por RUZ VUCASOVIC INGENIEROS

# 3 Ubicación del proyecto

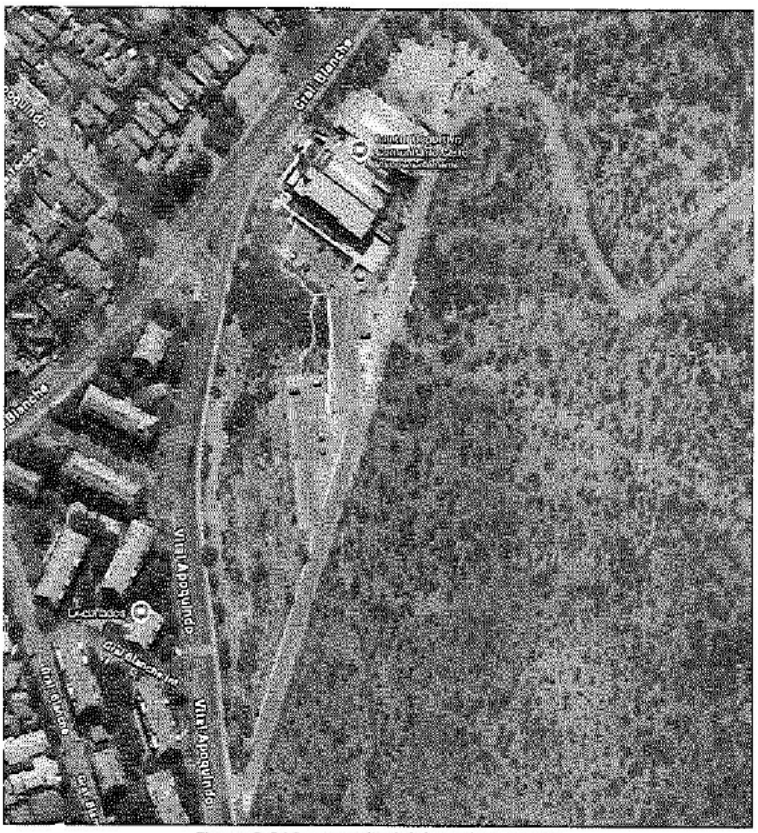
En Tabla 3.1 se muestra la información geográfica del proyecto, mientras que en la Figura 3.1 se muestra una imagen satelital ("Google Earth") del emplazamiento de las estructuras.

| Datos de ubicación | |
|---|---|
| Comuna | Las Condes |
| Región | Metropolitana de Santiago |
| País | Chile |
| **Información geográfica** | |
| Latitud | 33°24'S |
| Longitud | 70°32'W |
| Altura (m.s.n.m.) | 782 |

*Tabla 3.1 información geográfica*




*Figura 3.1 Ubicación del proyecto*


Cerro Blanco
Cerro Blanco
Cerro Blanco

## 5 Contexto y visita técnica

El presente informe tiene por objeto registrar y evaluar las condiciones observadas durante la inspección técnica realizada en las instalaciones del SPA Cerro Apoquindo, emplazado en un sector de ladera del Cerro Apoquindo, así como establecer recomendaciones orientadas a corregir desviaciones de infraestructura y mitigar los procesos de erosión, desprendimiento y transporte de material de suelo y rocas existentes en el entorno inmediato de la edificación.

La visita técnica fue desarrollada con fecha 28 de septiembre de 2026, en conjunto con personal del edificio. Durante la inspección se efectuó el recorrido indicado en la Figura 5.1, con el propósito de realizar un levantamiento visual de las principales desviaciones asociadas a la infraestructura del recinto y recopilar antecedentes relacionados con eventos de deslizamiento, erosión y transporte de material de suelo y rocas.

Debido a las características propias del emplazamiento, caracterizado por la presencia de sectores de pendiente y superficies de terreno natural con presencia de suelo y material rocoso, las precipitaciones generan escurrimientos superficiales capaces de producir erosión y movilización de material hacia sectores ubicados a menor cota.

El recinto cuenta con un proyecto de evacuación y manejo de aguas lluvias, destinado a captar, conducir y descargar los escurrimientos generados durante eventos de precipitación. No obstante, durante la inspección se identificaron evidencias de transporte de material fino, erosión superficial y desplazamiento de material de suelo y rocas, lo que evidencia la existencia de sectores donde las aguas lluvias continúan interactuando con el terreno natural y/o donde los escurrimientos se concentran, generando condiciones favorables para el arrastre de material.

Dentro de las principales desviaciones observadas durante el recorrido se identificaron desalineaciones y deformaciones en sectores de la reja perimetral, además de zonas de terreno potencialmente susceptibles a deslizamientos o desprendimientos de suelo y material rocoso.

En sectores interiores del recinto se observaron además evidencias de ingreso y filtración de aguas lluvias, acompañadas de material fino proveniente del terreno, situación que permite inferir la existencia de vías de escurrimiento o infiltración que requieren ser identificadas y controladas. Estas condiciones pueden favorecer procesos progresivos de lavado y pérdida de material, particularmente durante eventos de precipitación de mayor intensidad o duración.

Adicionalmente, durante la inspección se revisó un sector que presenta levantamiento localizado de una losa de piso. Esta condición deberá ser analizada considerando las características del terreno subyacente, la presencia o circulación de agua y las condiciones constructivas del elemento, con el objeto de establecer su posible mecanismo de origen y determinar las medidas correctivas que correspondan.

La presencia de material suelto y fragmentos de roca en sectores de pendiente constituye además una condición que requiere atención, debido a que su eventual desplazamiento hacia zonas de circulación, accesos o instalaciones podría representar un riesgo para las personas y para la infraestructura existente.

Cabe señalar que la existencia de un sistema de evacuación de aguas lluvias no necesariamente elimina completamente los fenómenos descritos. Su efectividad depende, entre otros factores, de la adecuada intercepción de los escurrimientos provenientes de las laderas, de la capacidad y continuidad de las obras

de captación y conducción, del estado de conservación de canaletas y drenajes, de las pendientes del terreno y de las condiciones superficiales y geotécnicas de los materiales existentes.

En este contexto, el presente informe considera la identificación y registro de las principales desviaciones observadas, la evaluación de los sectores susceptibles a erosión, transporte o desprendimiento de material, la revisión general de las condiciones de evacuación de aguas lluvias y la formulación de recomendaciones de mitigación, reparación y mantenimiento.

Las medidas propuestas estarán orientadas prioritariamente al control del agua y de sus trayectorias de escurrimiento, a la protección de superficies susceptibles a erosión y a la estabilización, contención o retiro controlado de materiales potencialmente inestables. Asimismo, se establecerán recomendaciones específicas para las desviaciones detectadas en los elementos de infraestructura del recinto, diferenciando aquellas acciones de carácter preventivo o de mantenimiento de aquellas que requieran una intervención correctiva.

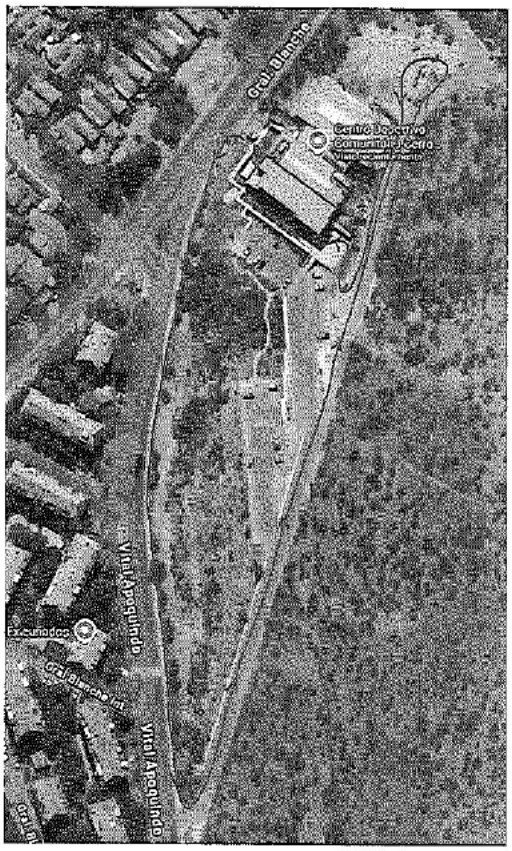



*Figura 5.1 Recorrido de inspección visual*

# 6 Criterio de clasificación de las desviaciones

El criterio de clasificación de las desviaciones observadas se hará acorde con el riesgo de daño a las personas, se clasificará como:

- Riesgoso (color rojo): aquellas que podrían provocar daño grave a las personas si no se consideran mejoras
- Moderado (color naranjo): aquellas que podrían generar daños leves a personas
- Leve (color morado): aquellas que inicialmente no generan daños a las personas pero que afectan la estética o en el peor caso a largo plazo podrían convertirse en un riesgo moderado.

Se ordenan los sectores según el plano de la Figura 6.1 y se clasifican en colores según su nivel de riesgo, el resumen se tiene en la Tabla 6.1.

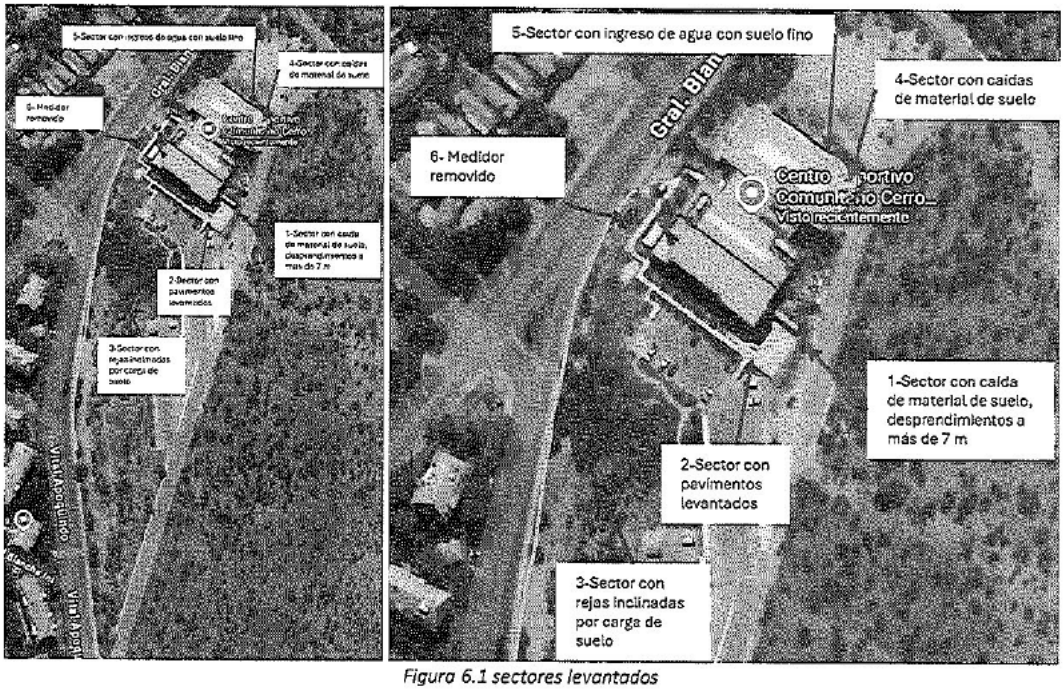
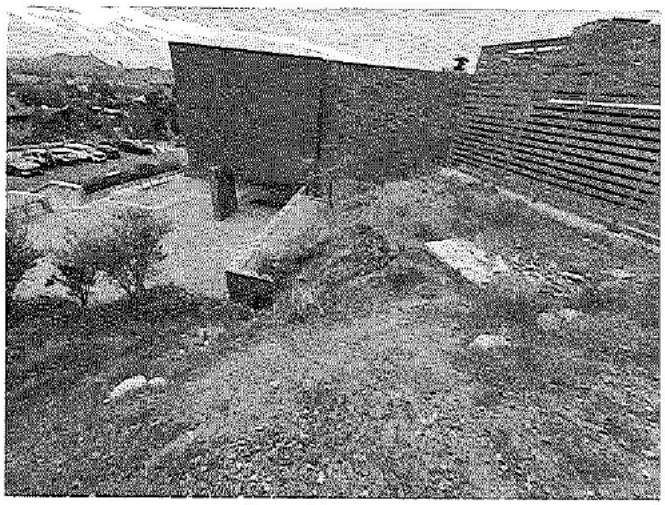
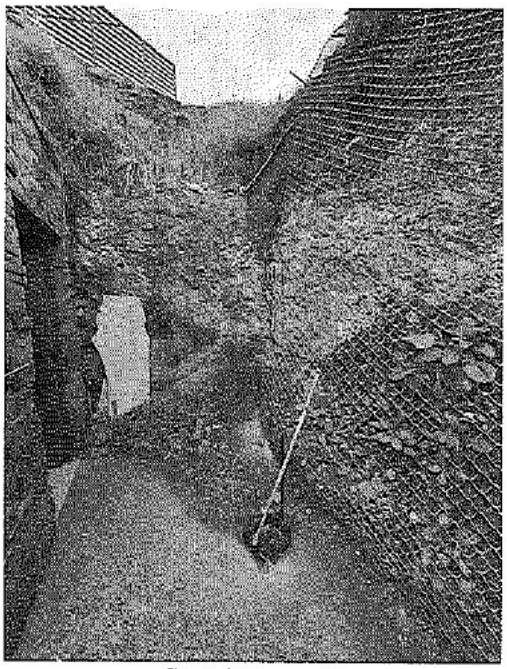


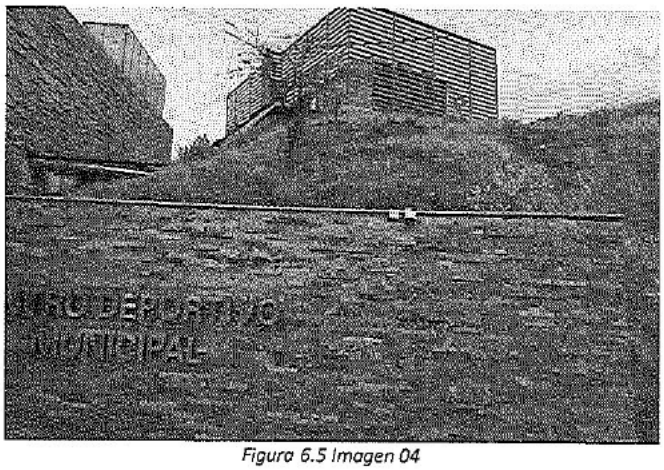
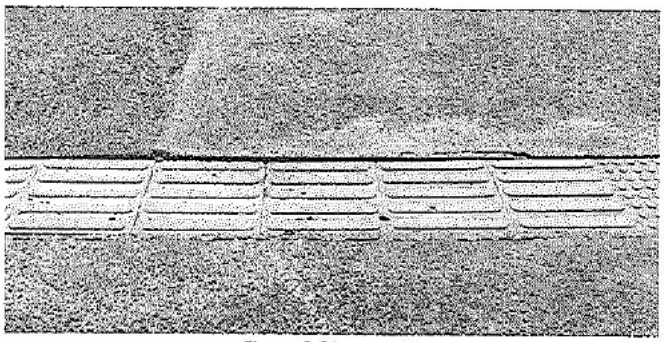

*Figura 6.1 sectores levantados*

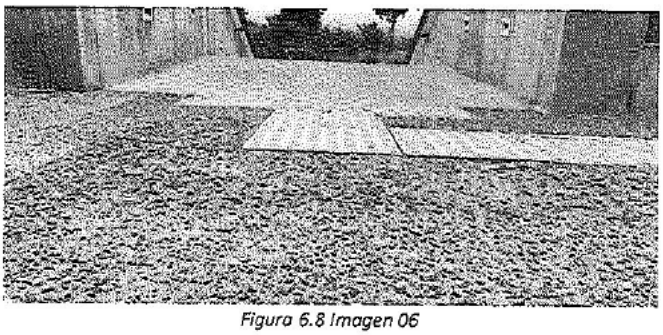
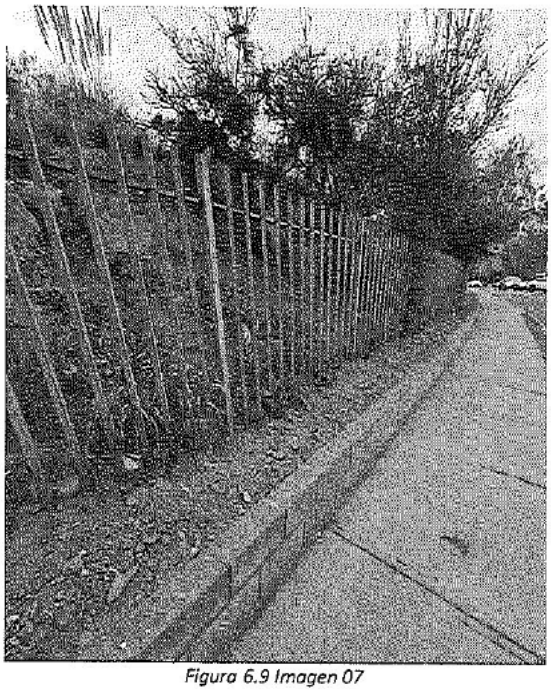
| Sector | Descripción | Clasificación | color |
|---|---|---|---|
| 1 | Sector con caída de material de suelo y rocas proveniente de desprendimientos del talud. | Riesgoso para la seguridad de las personas | |
| 2 | Sector con pavimentos levantados | Riesgo moderado para la seguridad de las personas | |
| 3 | Sector con reja perimetral inclinada-deformada | Riesgo moderado, potencial caída de la reja | |
| 4 | Sector con caídas de material de suelo sobre techo | Riesgo moderado, a largo plazo podría generar problemas locales y en el peor escenario dañar el techo | |
| 5 | Sector con ingreso de agua con suelo fino al interior del recinto | Riesgo leve, a largo plazo podría generar problemas locales | |
| 6 | Medidor removido | Riesgo leve para la seguridad de las personas, sin embargo, genera problemas de índole financiero | |

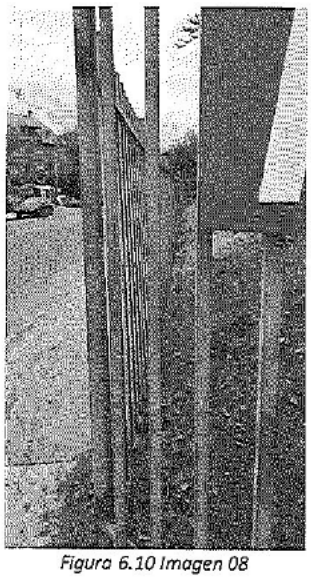
*Tabla 6.1 Clasificación de los hallazgos*

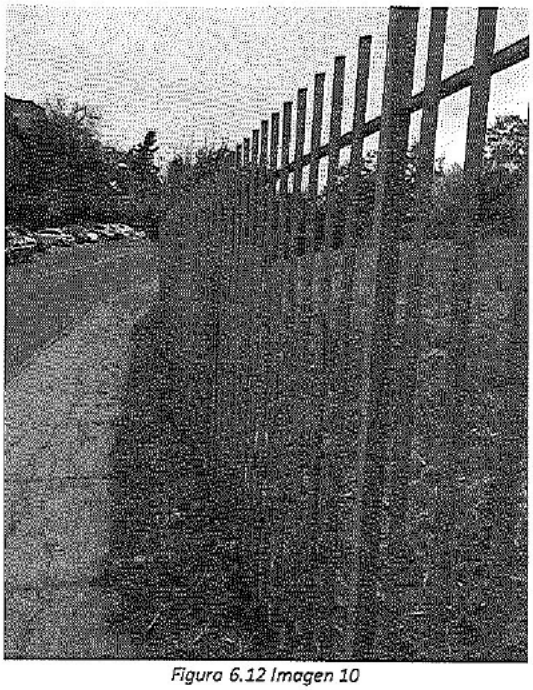
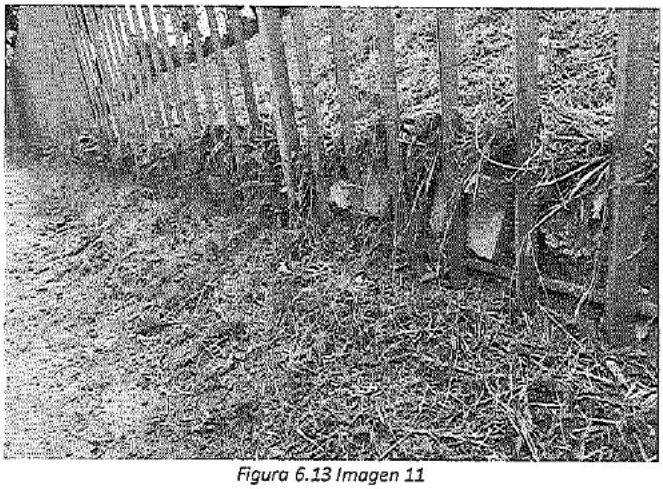
| Sector | Fotografía | Descripción |
|---|---|---|
| 1 |  *Figura 6.2 Imagen 01* | Se observa material desprendido de la parte superior del talud, el cual cayó a los pies de este, esta condición se clasifica como riesgosa por posibles desprendimientos a futuro del talud |

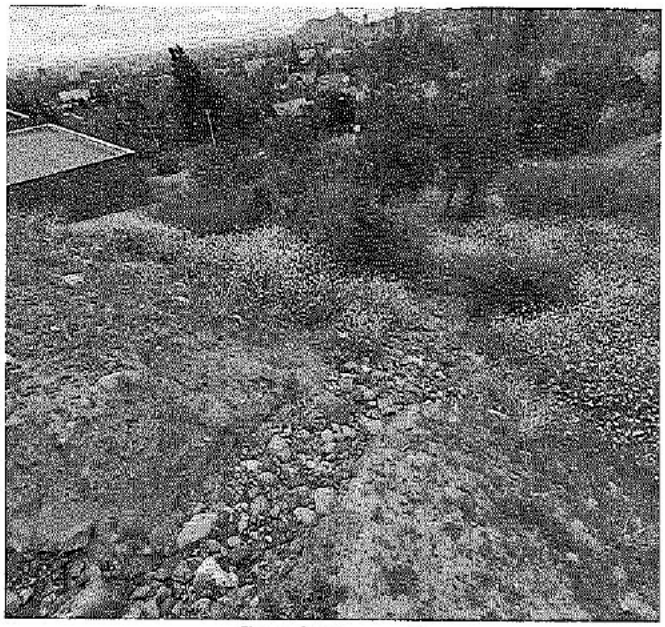
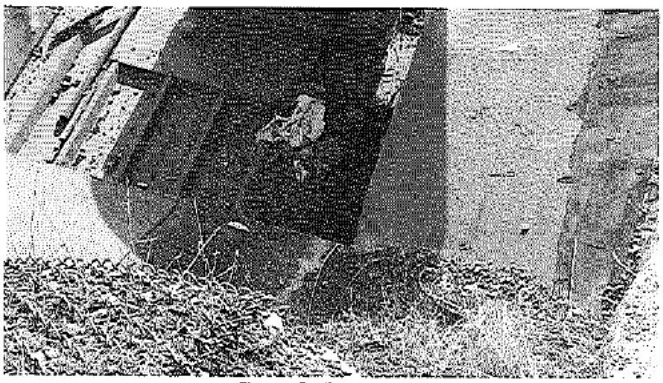
| | | |
|---|---|---|
| 1 | <br>*Figura 6.3 Imagen 02* | Se observa otro ángulo del sector desprendido de suelo |
| | <br>*Figura 6.4 Imagen 03* | Se observa una vista de la parte inferior del talud, se observa que existe un sector desprotegido que ha sido el que principalmente se ha visto afectado a los desprendimientos. |

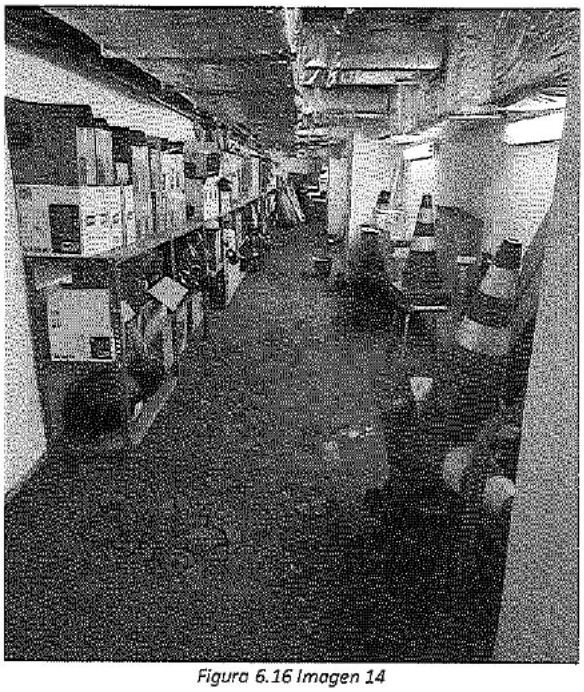
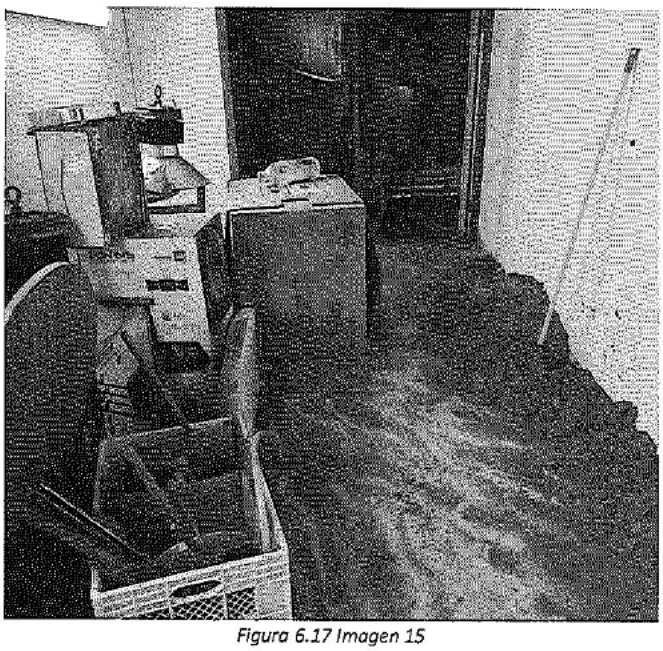
| | | |
|---|---|---|
| | <br>*Figura 6.5 Imagen 04* | Vista frontal del sector con desprendimientos, en esta zona se ha definido por arquitectura una sala de basura.<br>Convendría considerar si es de hormigón. |
| 2 | <br>*Figura 6.6 Imagen 05* | Pavimentos levantados/hundidos, se observa que las palmetas se encuentran desniveladas |
| 2 | <br>*Figura 6.7 Imagen 06* | Pavimentos agrietados, levantados y con desniveles. |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | <br>*Figura 6.8 Imagen 06* | Pavimentos levantados/hundidos. |
| 3 | <br>*Figura 6.9 Imagen 07* | Sector 3, reja perimetral con una pendiente hacia afuera producto de la carga del suelo, movimiento de este mismo por lluvias o sismos. |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | <br>*Figura 6.10 Imagen 08* | Otra vista de la reja inclinada, a priori se observa una inclinación evidente. |
| 3 | <br>*Figura 6.11 Imagen 09* | Otro ángulo de la reja, se mide un ángulo de inclinación cercano a 6°. |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | <br>*Figura 6.12 Imagen 10* | Otro ángulo de la reja, se observa la inclinación. En este ángulo se observa una inclinación cercana a 2°. |
| 3 | <br>*Figura 6.13 Imagen 11* | En esta figura se observa el suelo contenido por la reja. |

| | | |
|---|---|---|
| 4 | <br>*Figura 6.14 Imagen 12* | En esta figura se observa otro ángulo del canal improvisado para evacuación de aguas lluvias provenientes del cerro. |
| 4 | <br>*Figura 6.15 Imagen 13* | En esta figura se observa material proveniente del cerro, rocas y suelo que ha caído debido a las aguas lluvias que acarrean suelo del cerro. |

| | |
|---|---|
|  *Figura 6.16 Imagen 14* | En la figura se observa material fino mezclado con agua que se ha colado a través de un muro de tabiquería. |
|  *Figura 6.17 Imagen 15* | En la figura se observa otro ángulo del mismo sector afectado por las filtraciones de agua con suelo fino. |

| | | |
|---|---|---|
| 19 | <br>*Figura 6.18 Imagen 16* | En esta figura se observa un medidor de agua potable removido, dañado o tapado por suelo desprendido de las lluvias. |

# 7 Análisis de cada sector

A continuación, se describe y analiza preliminarmente cada sector.

## 7.1 Sector 1: Desprendimiento de suelo y rocas, sector sala de basura

Corresponde al sector de mayor criticidad identificado durante la inspección. Se observan evidencias de desprendimiento y acumulación de suelo y material rocoso proveniente del talud ubicado aguas arriba del edificio. El sector presenta una zona sin obras de estabilización visibles, a diferencia de sectores adyacentes que cuentan con elementos de protección. En terreno se estimó una altura de talud del orden de 7 a 8 m, existiendo además una sala de basura en su parte inferior.

En la Figura 7.1 se observa el emplazamiento de la zona más afectada.

La condición observada representa un riesgo para las personas debido a la posibilidad de nuevos desprendimientos y caída de material hacia sectores inferiores. Se recomienda abordar prioritariamente esta zona, considerando inicialmente el saneo o retiro controlado de material potencialmente inestable y posteriormente una solución permanente de estabilización y/o contención. La alternativa definitiva deberá ser desarrollada y verificada mediante la correspondiente memoria de cálculo.

Para solucionar o mejorar esta condición, se contempla un muro de contención, si este se adosará o no a la sala de basura dependerá de la estructuración de esta y será evaluado u calculado en un informe complementario a este.

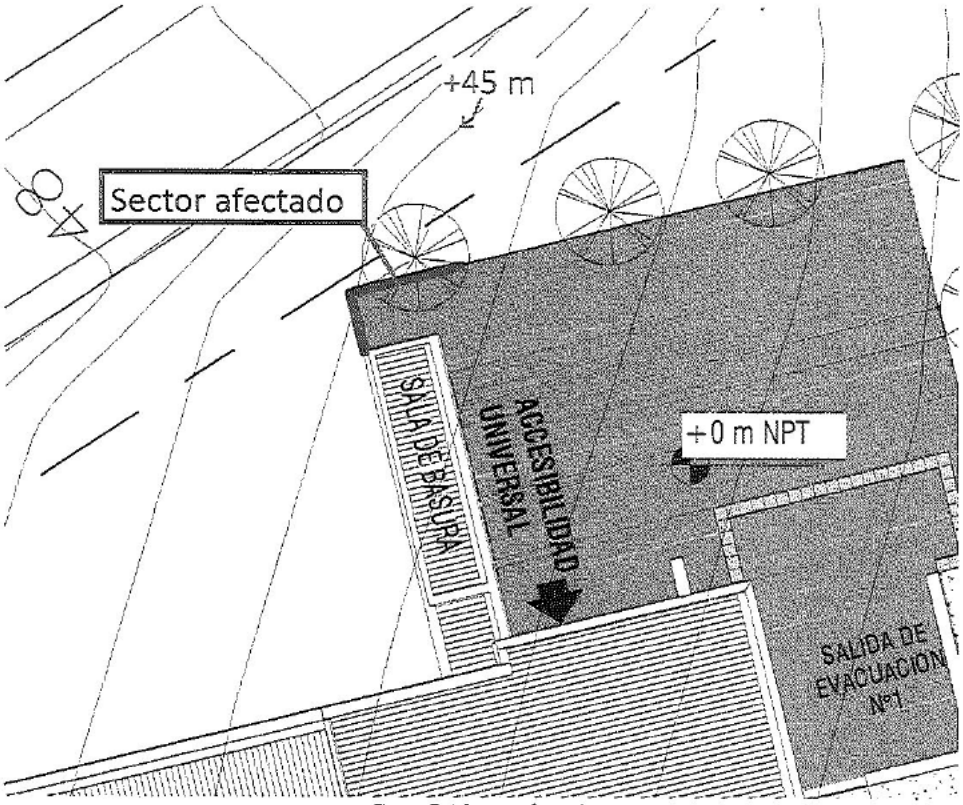



*Figura 7.1 Sector afectado*

## 7.2 Sector 2: pavimentos levantados y desnivelados

Se observan sectores de pavimento con levantamientos, hundimientos, agrietamientos y desniveles, generando irregularidades en superficies destinadas a circulación.

A partir de la inspección visual no es posible establecer una causa única del fenómeno. Su origen podría estar relacionado con movimientos del terreno de apoyo, presencia o circulación de agua u otras condiciones locales que deberán verificarse antes de definir la reparación. En primera instancia corresponde identificar la extensión del sector afectado y evaluar las condiciones bajo el pavimento. Además del eventual deterioro progresivo, los desniveles existentes constituyen un riesgo de tropiezo para los usuarios.

A priori, la condición podría estar asociada a movimientos o asentamientos del terreno de apoyo del pavimento, condición que deberá verificarse previo al diseño de la solución.

## 7.3 Sector 3: Inclinación de reja perimetral

Se observa una deformación e inclinación evidente de la reja perimetral, registrándose durante la inspección inclinaciones aproximadas de hasta 6°, además de sectores con inclinaciones menores cercanas a 2°. Se observa asimismo que parte del terreno se encuentra directamente apoyado sobre la reja, generando una condición de contención para la cual no ha sido diseñada.

La deformación observada es compatible con la existencia de acciones laterales ejercidas por el terreno, potencialmente incrementadas por movimientos o cambios en las condiciones del suelo asociados a lluvias. Se recomienda evitar que la reja continúe funcionando como elemento de contención y evaluar una solución independiente para contener o reperfilar el terreno.

El diseño de dicha solución y la eventual reparación o reemplazo de los elementos deformados serán abordados en un documento complementario a este. En esta zona se contempla un muro de contención de 1 m de altura que pueda retener el suelo y reubicar la reja sobre este mismo.

## 7.4 Sector 4: Transporte de suelo y rocas por aguas lluvias

Se observan evidencias de escurrimiento superficial y transporte de material proveniente del cerro, incluyendo suelo y fragmentos de roca que alcanzan sectores inferiores de la propiedad. También se identifica una conducción aparentemente improvisada para evacuar aguas provenientes de la ladera.

Considerando que existe un proyecto formal de pavimentación y aguas lluvias, resulta necesario contrastar las obras existentes con dicho proyecto, verificando la continuidad de canalizaciones, puntos de captación y descarga y eventuales modificaciones u obstrucciones.

La solución deberá orientarse principalmente a interceptar y controlar las aguas antes de que desarrollen trayectorias libres sobre el terreno, reduciendo la erosión y el transporte de material. Dependiendo de la revisión del sistema existente, podrían requerirse obras complementarias de captación, conducción, disipación de energía y retención de sedimentos.

## 7.5 Sector 5: Ingreso de agua y suelo fino al interior del recinto

Se observó ingreso de agua mezclada con material fino al interior del edificio, atravesando un sector de tabiquería y generando acumulaciones de suelo en recintos interiores. Las fotografías muestran que el fenómeno corresponde a algo más significativo que una filtración superficial aislada, existiendo transporte efectivo de material fino junto con el agua.

Esta condición requiere determinar la trayectoria de ingreso del agua y su relación con las condiciones exteriores y el sistema de evacuación de aguas lluvias. Particular atención deberá prestarse a la eventual pérdida progresiva de material fino del terreno exterior. Las medidas deberán orientarse inicialmente a controlar el agua desde el exterior, evitando que alcance y atraviese los cerramientos, para posteriormente reparar e impermeabilizar los elementos afectados.

### 7.6 Sector 6: Medidor de agua potable afectado

Se identificó un medidor de agua potable removido, dañado o cubierto por material de suelo, condición asociada al desplazamiento de material durante eventos de lluvia.

Si bien este hallazgo presenta una criticidad menor respecto de los anteriores, evidencia nuevamente que existe transporte de material hacia sectores de infraestructura. Se deberá verificar el estado operativo del medidor y sus conexiones, retirar el material acumulado y considerar una protección, cámara o eventual reubicación que evite que futuros eventos de escurrimiento vuelvan a afectarlo.

## 8 Recomendaciones preliminares

En forma previa a la ejecución de las soluciones definitivas, se recomienda implementar una serie de acciones preventivas, de mantenimiento y obras menores, orientadas principalmente a mantener operativos los sistemas de evacuación de aguas lluvias y disminuir la disponibilidad de material susceptible de ser movilizado durante eventos de precipitación.

Se recomienda considerar las siguientes actividades:

- Limpieza general de canaletas, sumideros, cámaras, ductos y elementos de captación de aguas lluvias, retirando sedimentos, vegetación, residuos y cualquier elemento que pueda disminuir su capacidad hidráulica.
- Inspección de ductos y conducciones de aguas lluvias, verificando visualmente su continuidad, estado general y ausencia de obstrucciones. En aquellos tramos donde no sea posible realizar una inspección directa, se podrá considerar limpieza mediante agua a presión o inspección mediante cámara.
- Inspección y limpieza de drenes existentes, verificando que sus puntos de descarga se encuentren libres y que exista evidencia de funcionamiento. La ausencia de descarga en períodos húmedos, cuando sea esperable flujo, deberá ser considerada como antecedente para una revisión posterior.
- Limpieza de cámaras y puntos de descarga, retirando especialmente acumulaciones de suelo fino y material granular que puedan indicar transporte recurrente de sedimentos.
- Retiro manual o mediante medios menores de suelo, rocas y material suelto acumulado en canalizaciones, zonas de circulación, cubiertas y sectores próximos al edificio.
- Remoción controlada de fragmentos de roca, suelo superficial y otros materiales evidentemente sueltos o susceptibles de desplazamiento, principalmente en sectores inmediatamente superiores a zonas de tránsito o permanencia de personas. En sectores donde la remoción pueda comprometer la estabilidad del talud, ésta deberá quedar condicionada a una evaluación específica.
- Limpieza y despeje de las trayectorias existentes de evacuación de aguas, evitando que vegetación, sedimentos o elementos depositados generen desvíos del escurrimiento hacia sectores no previstos.
- Reposición o mejoramiento menor de canaletas y elementos de conducción deteriorados, siempre que no implique modificar sustancialmente el esquema hidráulico existente. No se recomienda generar nuevas descargas directamente sobre terreno natural sin una evaluación previa.

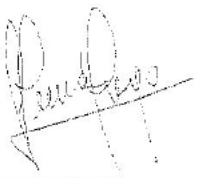
- Retiro periódico de sedimentos después de eventos importantes de lluvia, especialmente en aquellos puntos donde durante la inspección se constató transporte de suelo y rocas. El informe ya registra material proveniente del cerro asociado a las aguas lluvias.
- Mantener despejado el entorno de la reja perimetral, retirando acumulaciones superficiales de material suelto cuando sea posible hacerlo sin generar una desestabilización del terreno. No se deberá realizar excavación o retiro significativo del suelo actualmente contenido por la reja hasta definir la solución correspondiente, considerando que se observó apoyo directo del terreno sobre ésta.
- Limpieza del sector afectado por ingreso de agua y finos al interior del recinto, complementada con inspecciones posteriores a lluvias para identificar el punto y trayectoria de ingreso. El registro actual confirma la presencia de agua acompañada de material fino.
- Inspección visual posterior a cada evento de lluvia relevante, registrando nuevos desprendimientos, acumulaciones de sedimentos, obstrucciones de drenajes, aparición de cárcavas, movimientos de rocas, deformaciones de la reja y nuevos puntos de ingreso de agua.

Como criterio general, estas actividades corresponden a medidas preventivas y de mantenimiento y no sustituyen las obras definitivas de estabilización, contención o mejoramiento del sistema de aguas lluvias que puedan resultar necesarias. Su objetivo es disminuir temporalmente la probabilidad de obstrucciones, erosión y movilización de material mientras se desarrollan las soluciones y memorias de cálculo correspondientes.

# 9 Conclusiones

En conjunto, los hallazgos presentan un factor común asociado a la interacción entre la ladera, el terreno y las aguas lluvias. Se observan desprendimientos, transporte de suelo y rocas, deformación de elementos perimetrales, ingreso de agua con finos y afectación de infraestructura. Sin embargo, no todos los fenómenos pueden atribuirse directamente al agua sin estudios adicionales.

Por ello, el criterio general de intervención debería ser primero controlar las aguas superficiales y sus trayectorias, posteriormente estabilizar o contener los sectores susceptibles a desprendimiento y finalmente reparar los elementos afectados. El Sector 1 requiere atención prioritaria debido a la posibilidad de desprendimientos hacia una zona potencialmente ocupada por personas; los sectores 3, 4 y 5 deberían abordarse como parte de una estrategia conjunta de manejo del terreno y aguas lluvias. Las soluciones definitivas que impliquen obras de contención, estabilización, drenaje o refuerzo serán respaldadas en un informe complementario específicamente para las soluciones contempladas.



Diego Pereira Chamorro

[redacted]

USM

# MEMORIA DE CÁLCULO

# SOLUCIONES ESTRUCTURALES

# MUROS DE CONTENCIÓN Y RADIERES

# CENTRO DEPORTIVO SPA CERRO APOQUINDO



| |
|---|
| INGENIERO A: DIEGO PEREIRA CHAMORRO |
| DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE INMUEBLES |



| | | |
|---|---|---|
| DIRECCIÓN | : | VITAL APOQUINDO 700, LAS CONDES, REGIÓN METROPOLITANA |
| FECHA | : | SEPTIEMBRE 2026 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| REVISIÓN B | : | | |
| REVISIÓN A | : | REVISIÓN INTERNA | 14/10/2026 |

1 Introducción ..... 3
1.1 General ..... 3
1.2 Alcances ..... 3
2 Antecedentes ..... 3
3 Ubicación del proyecto ..... 3
4 Descripción de las áreas consideradas en el diseño de los elementos ..... 5
4.1 Sector 2: Pavimentos levantados ..... 6
5 Bases de Cálculo ..... 7
5.1 Normativa y Bibliografía ..... 7
5.2 Materiales considerados ..... 8
5.3 Características del Suelo ..... 8
6 Solicitaciones ..... 8
6.1 Peso propio ..... 8
6.2 Empuje estático de suelo ..... 9
6.3 1.2. Hipótesis de cálculo ..... 14
6.4 Combinaciones de Carga (NCh3171) ..... 15
7 Cálculo de empujes de suelo ..... 16
8 Análisis de muro de 5 m de altura ..... 18
8.1 Modelo de análisis ..... 18
8.2 Cargas sobre el modelo ..... 22
8.3 Solución con muro anclado ..... 24
8.4 Resultados para muro anclado ..... 25
8.5 Estimación de longitudes preliminares de los cables de anclaje ..... 26
8.6 Verificación de esfuerzos en muro ..... **¡Error! Marcador no definido.**
8.7 Esquema para solución para muro de 5 m ..... 28
8.8 Solución para radier levantado ..... 30
8.9 Esquema de solución para muro de 0.6 m de altura ..... 32
9 Conclusiones ..... 34

# 1 Introducción

## 1.1 General

El presente documento se complementa con el documento "INFORME DE INSPECCIÓN VISUAL PARA MEJORAS Y RESGUARDOS ESTRUCTURALES".

El objetivo de este documento es justificar analíticamente que las soluciones definidas para las desviaciones estructurales detectadas en el SPA Cerro Apoquindo.

Las soluciones serán acorde con los antecedentes disponibles y con los datos recolectados en terreno; estas consisten en una serie de muros de contención y un mejoramiento de radier que se ha levantado.

## 1.2 Alcances

Este documento presenta la justificación del diseño de una serie de muros de contención del SPA Cerro Apoquindo, para diferentes alturas de muro y considera el diseño de un radier.

# 2 Antecedentes

- **Informe Spa Cerro Apoquindo (Daños):** Informe de daños desarrollado por personal de SPA Cerro Apoquindo.
- Planos desde el **2014_03-S-000** hasta el **2014_03-S-804**, planos estructurales desarrollados por Rene Lagos Engineers.
- **2014-03_bases_de_calculo_Centro Deportivo**: bases de cálculo Estructural SPA Cerro Apoquindo desarrollado por Rene Lagos Engineers.
- **Planos de arquitectura** del: 2018-09-12_CDM_C°APO_R17_02-Plano - GEN S01 - PLANO DE EMPLAZAMIENTO, Hasta el: 2018-09-12_CDM_C°APO_R17_02-Plano - GEN S06 - PLANTA DE CUBIERTAS, Incluyendo el: 2018-09-12_CDM_C°APO_R17_02-Plano - DET S28 - DETALLE SALA DE BASURAS GENERAL, desarrollado por Jorge Iglesis
- **Proyecto de pavimentación y aguas lluvias**: 6380-ALL-RevC (02-02-2018) desarrollado por RUZ VUCASOVIC INGENIEROS

# 3 Ubicación del proyecto

En Tabla 3.1 se muestra la información geográfica del proyecto, mientras que en la Figura 3.1 se muestra una imagen satelital ("Google Earth") del emplazamiento de las estructuras.

| **Datos de ubicación** | |
|---|---|
| Comuna | Las Condes |
| Región | Metropolitana de Santiago |
| País | Chile |
| **Información geográfica** | |
| Latitud | 33°24'S |
| Longitud | 70°32'W |
| Altura (m.s.n.m.) | 782 |

*Tabla 3.1 información geográfica*

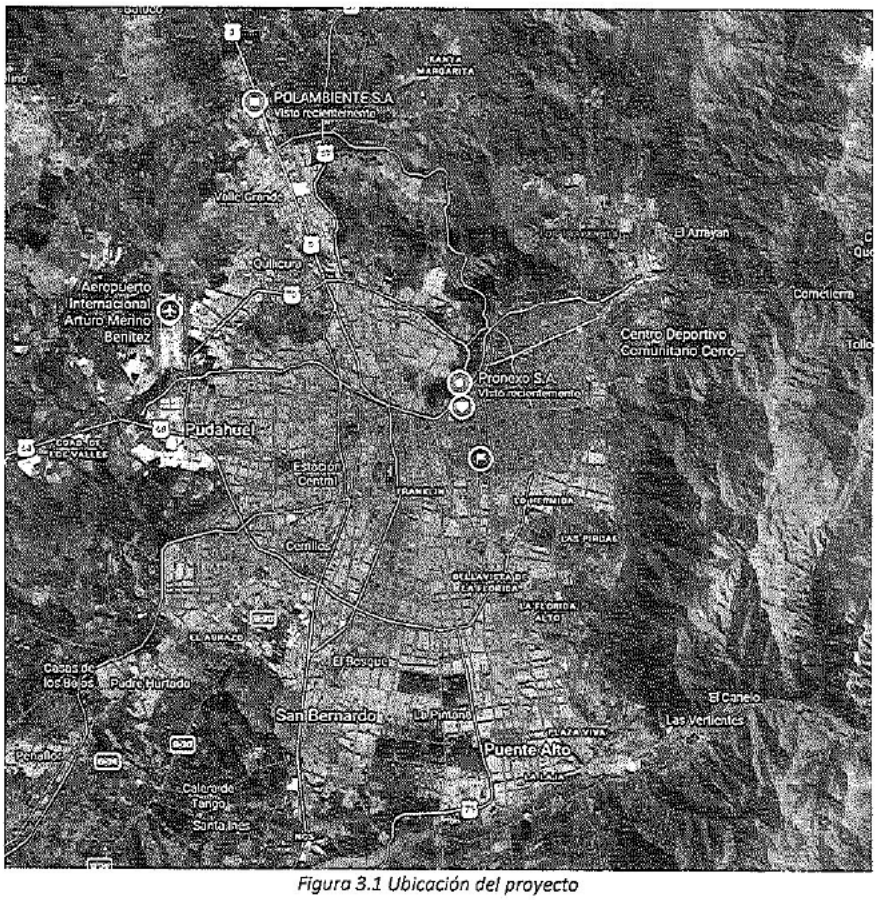



*Figura 3.1 Ubicación del proyecto*

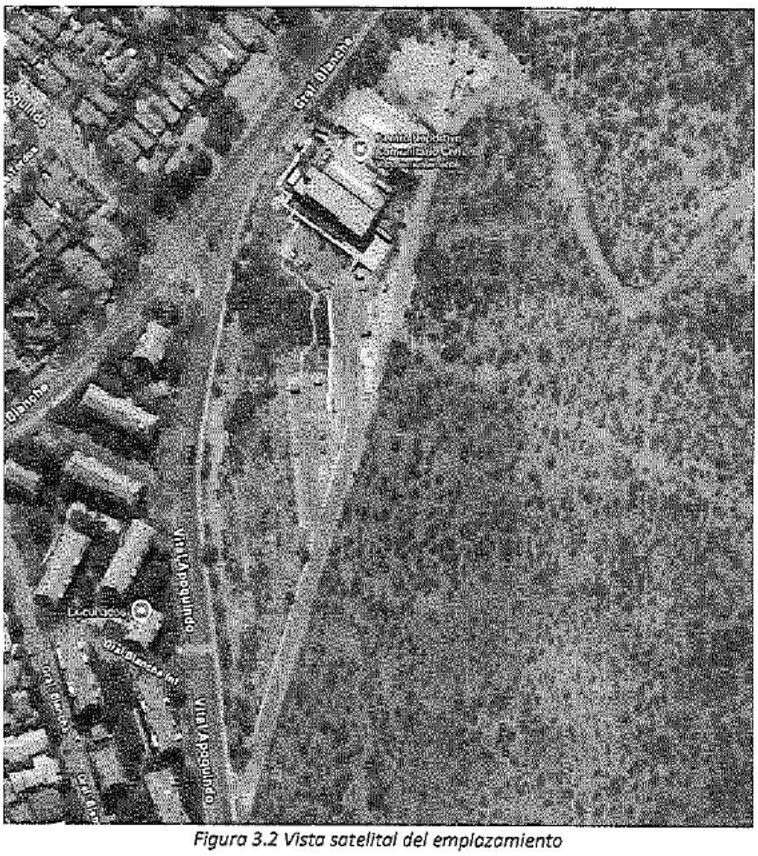



*Figura 3.2 Vista satelital del emplazamiento*

# 4 Descripción de las áreas consideradas en el diseño de los elementos

En el informe de inspección se han definido seis sectores de interés, de los cuales el sector 1, 2 y 3 pueden ser abordados con soluciones estructurales, respecto a los sectores, 4, 5 y 6, requieren de un análisis de canalización de aguas lluvias, inspecciones, mantenciones y planteamientos de diseño hidráulicos entre otras posibles disciplinas o alternativas que puedan estudiarse, por lo tanto, en lo que involucra estrictamente este documento es a las soluciones para los sectores 1, 2 y 3.

Para el sector 1, que ha sido identificado como el más crítico de todos, se plantea un muro de contención de hormigón cerca de 5 metros de altura, se debe revisar o inspeccionar un sector definido en arquitectura como sala de basuras que en terreno se usaba como bodega, para determinar si su estructura puede ser aprovechable para adosar el muro de contención y sumar rigidez y resistencia, se asumirá en primera instancia un escenario independiente de muro, pero en la práctica para evitar filtraciones o percolación de material, se propondrá al menos un sello flexible que permita impermeabilizar la unión. El muro de contención deberá tener un drenaje en la parte inferior para evitar el aumento de la presión por acumulación de agua.

Para el sector 2 se plantea un reemplazo de la calzada existente por un radier, el radier se propone con un punto de apoyo flexible, en ese contexto se considerará una unión del radier con el edificio existente, se deberá estimar en qué sentido se han detectado las deformaciones o asentamiento, para prevenir a largo plazo o predecir, la tendencia de la deformación que eventualmente podría continuar su curso, para ello, se revisarán los antecedentes y se planteará la solución más adecuada.

Para el sector 3 se plantea un muro de contención de baja altura, de al menos 0.6 m de altura, este muro considera recalzar la reja perimetral para aprovechar el material en buen estado el cual a lo más requerirá de una limpieza y retoque de pinturas antioxidantes.

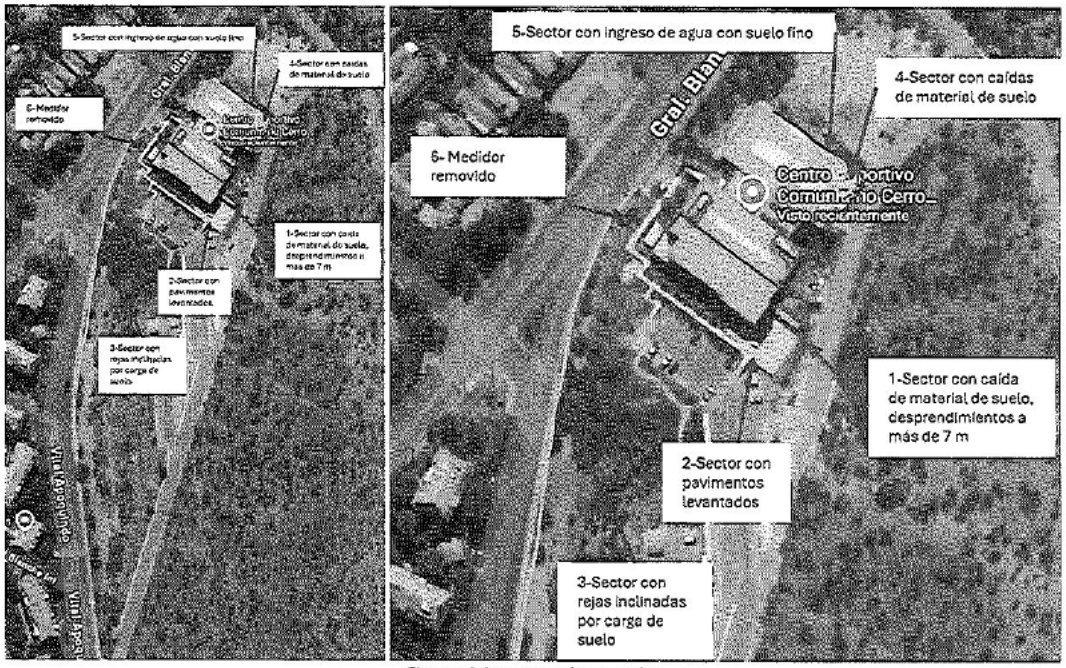



*Figura 4.1 sectores levantados*

## 4.1 Sector 2: Pavimentos levantados

En el sector 2 se indican aproximadamente los elementos desnivelados que pueden generar accidentes, se estimaron desniveles entre 1 a 2 cm en las uniones entre paños de radier, no se tiene claridad si debajo existe un radier y cómo se ha considerado, ya sea armado o no, sin este antecedente se propone una solución independiente de radier armado de 8 cm de espesor con cortes superficiales.

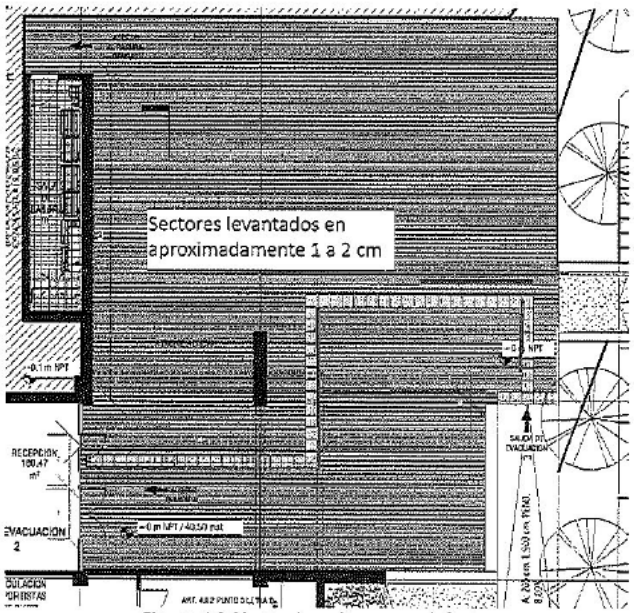



*Figura 4.2 Planta de radieres con defectos*

# 5 Bases de Cálculo

## 5.1 Normativa y Bibliografía

| + | Tipo | Nombre | Año | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| • | Norma | NCh170 | 2016 | Hormigón– Requisitos generales. |
| • | Norma | NCh430 | 2008 | Hormigón Armado – Requisitos de diseño y cálculo. |
| • | Norma | D.S.N°60 | 2011 | Requisitos de Diseño y Cálculo para el Hormigón Armado |
| • | Código | ACI318S | 2008 | Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. |
| • | Norma | NCh204 | 2020 | Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado |
| • | Norma | NCh203 | 2006 | Acero para uso estructural - Requisitos |
| • | Norma | NCh433 | 2026 | Diseño sísmico de Edificios. |
| • | Norma | NCh1537 | 2009 | Diseño estructural - Cargas permanentes y sobrecargas de uso. |
| • | Norma | NCh3171 | 2017 | Diseño estructural - Combinaciones de carga. |

*Tabla 5.1 Normas*

## 5.2 Materiales considerados

Los materiales considerados se describen en la Tabla 5.2.

| Elemento Estructural | Propiedades Mecánicas | | |
|---|---|---|---|
| **Muros Fundaciones** | Material: | Hormigón | |
| | Calidad: | G25 | |
| | Resistencia específica f'c: | 255 | [kgf/cm²] |
| | Elasticidad: | 241095 | [kgf/cm²] |
| | Densidad: | 2500 | [kgf/m³] |
| **Acero de refuerzo** | Material: | Acero de refuerzo | |
| | Calidad: | A630-420H | |
| | Resistencia a la tracción fr: | 6420 | [kgf/cm²] |
| | Limite fluencia fy: | 4280 | [kgf/cm²] |
| | Elasticidad: | 2100000 | [kgf/cm²] |
| | Densidad: | 7850 | [kgf/m³] |

*Tabla 5.2 Materiales*

## 5.3 Características del Suelo

No se cuenta con el antecedente del estudio de mecánica de suelos para el proyecto, sin embargo, se asumirá un suelo que para empujes sea exigente, en este caso se asumirá un ángulo de fricción interno de 30°, una tensión admisible de 1.5 kgf/cm² y un balasto de 3 kgf/cm³, peso específico de 1.8 Tf/m³.

# 6 Solicitaciones

## 6.1 Peso propio

Las propiedades del suelo son preliminares y pueden rectificarse con mayores antecedentes.

Para la determinación del peso propio de los elementos estructurales se considera una densidad del hormigón armado de:

$$\gamma_{HA} = 2{,}4 \text{ tf/m}^3$$

En el caso de los muros de contención, se considera como carga gravitacional el peso propio de los elementos de hormigón armado, además del peso del suelo que gravita directamente sobre la zapata de fundación.

El peso total considerado se determina mediante:

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3$$

Donde:

- $W_t$: peso total considerado.
- $W_1$: peso propio del muro y su fundación.
- $W_2$: peso del relleno posterior apoyado sobre la zapata.
- $W_3$: peso del relleno anterior apoyado sobre la zapata.

El peso del relleno anterior $W_3$ solamente se considerará cuando se garantice su permanencia durante la vida útil de la estructura, sin posibilidad de remoción o pérdida por erosión.

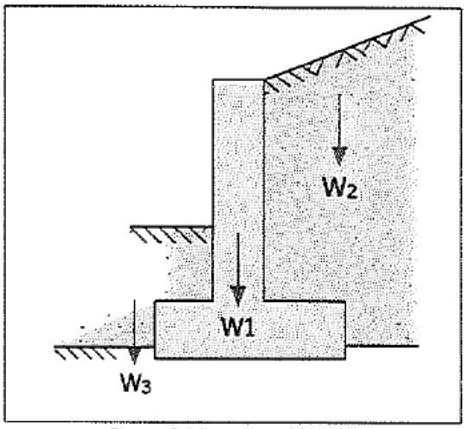



*Figura 6.1 Pesos considerados*

Por otra parte, de manera conservadora, no se considera la contribución del empuje pasivo del terreno ubicado frente al muro para las verificaciones de estabilidad.

## 6.2 Empuje estático de suelo

Sobre la cara posterior del muro de contención actúa el empuje activo del terreno ($P_a$),mientras que sobre la cara anterior puede desarrollarse un empuje pasivo ($P_b$), cuya contribución no será considerada en las verificaciones de estabilidad.

El empuje de tierras puede presentar una componente normal a la superficie del muro y una componente tangencial asociada a la fricción entre el suelo y el elemento estructural, representada mediante el ángulo de roce suelo–muro ($\delta$).

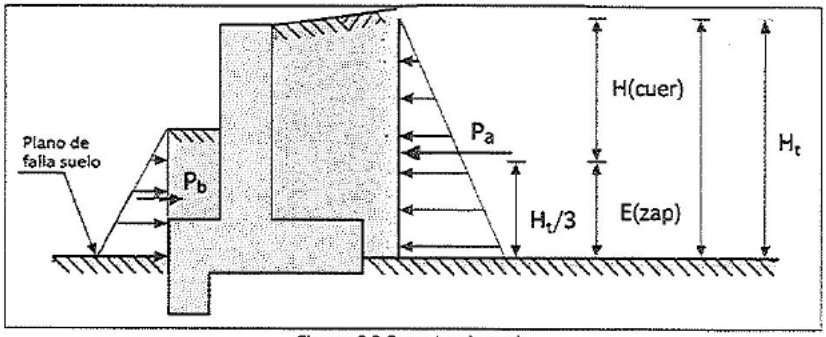



*Figura 6.2 Empujes de suelo*

### 6.2.1 Determinación del empuje activo

La resultante del empuje activo de tierras se determina mediante:

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H_t^2 K_a$$

Donde:

$P_a$: Empuje activo resultante por unidad de longitud del muro

$\gamma$: Peso unitario del relleno

$H_t$: Altura total considerada para el empuje

$K_a$: Coeficiente de empuje activo

La altura total se determina mediante:

$$H_t = E_{\text{zap}} + H_{\text{cuer}}$$

Siendo:

- $E_{\text{zap}}$: espesor de la zapata.
- $H_{\text{cuer}}$: altura del cuerpo del muro.
-

### 6.2.2 Coeficiente de empuje activo

Se emplea la expresión de Coulomb:

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - i)}{\cos^2(i)\cos(i+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\delta+\phi)\operatorname{sen}(\phi-\beta)}{\cos(\delta+i)\cos(i-\beta)}}\right]^2}$$

Donde:

$\phi$: Ángulo de fricción interna del suelo

$\delta$: Ángulo de roce suelo–muro

$\beta$: Inclinación del talud superior

$i$: Inclinación de la cara posterior del muro

### 6.2.3 Caso particular: muro sin fricción suelo–muro

Para el caso particular en que $\delta = 0$, el empuje activo presenta una distribución triangular de presiones, cuya resultante actúa a una altura:

$$z = \frac{H_t}{3}$$

medida desde la base de la distribución de presiones.

### 6.2.4 Solicitación sísmica

Para considerar los efectos sísmicos sobre el muro de contención se emplea un procedimiento pseudoestático, mediante el cual la acción sísmica se representa a través de aceleraciones equivalentes aplicadas a las masas involucradas.

Estas aceleraciones generan fuerzas inerciales que modifican el estado de empujes del terreno y las solicitaciones sobre la estructura.

Incremento sísmico del empuje de tierras

El incremento de empuje asociado a la acción sísmica se determina mediante:

$$P_s = \frac{1}{2}\gamma H_t^2 \Delta K_{ae}$$

Donde:

- $P_s$: incremento sísmico del empuje de tierras.
- $\gamma$: peso unitario del relleno.
- $H_t$: altura total considerada.
- $\Delta K_{ae}$: incremento del coeficiente de empuje activo debido al sismo.

El incremento del coeficiente se obtiene mediante:

$$\Delta K_{ae} = (1 - k_v)K_{ae} - K_a$$

### 6.2.5 Coeficiente de empuje activo sísmico

El coeficiente de empuje activo sísmico se determina mediante la expresión de Mononobe–Okabe:

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - i)}{\cos(\theta)\cos^2(i)\cos(i + \delta + \theta)\left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\delta + \phi)\operatorname{sen}(\phi - \theta - \beta)}{\cos(\delta + i + \theta)\cos(i - \beta)}}\right]^2}$$

Donde:

$K_{ae}$: Coeficiente de empuje activo sísmico

$\phi$: Ángulo de fricción interna del suelo

$\delta$: Ángulo de roce suelo–muro

$\beta$: Inclinación del talud superior

$i$: Inclinación de la cara posterior del muro

$\theta$: Ángulo sísmico equivalente

$k_h$: Coeficiente de aceleración sísmica horizontal

$k_v$: Coeficiente de aceleración sísmica vertical

El ángulo sísmico equivalente se determina mediante:

$$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 - k_v}\right)$$

Para el caso particular de una interfaz sin fricción entre suelo y muro, se considera:

$$\delta = 0$$

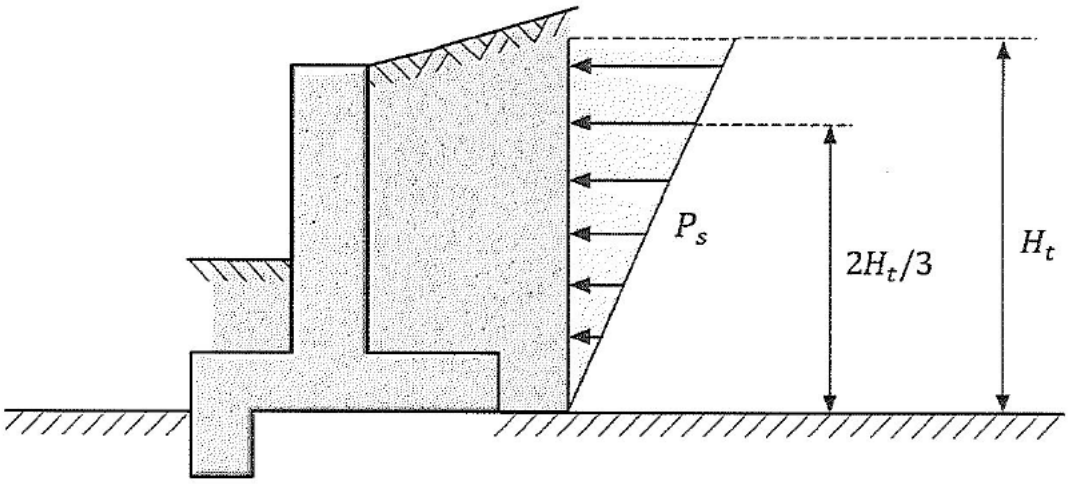



*Figura 6.3 Empuje sísmico*

### 6.2.6 1.1.1. Fuerza resistente disponible en la fundación (fricción)

La resistencia al deslizamiento del muro de contención se determina considerando la fuerza de fricción desarrollada en la interfaz entre la base de la zapata y el terreno de fundación.

Esta resistencia es proporcional a la fuerza normal efectiva transmitida al suelo y al coeficiente de fricción correspondiente, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F_r = \mu N' = N' \tan(\delta_f)$$

Donde:

$F_r$: Fuerza resistente por fricción en la base

$\mu$: Coeficiente de fricción suelo–fundación

$N'$: Fuerza normal efectiva sobre la base de la zapata

$\delta_f$: Ángulo de fricción en la interfaz suelo–fundación

$\phi$: Ángulo de fricción interna del suelo

El coeficiente de fricción se determina mediante:

$$\mu = \tan(\delta_f)$$

El valor de $\delta_f$ deberá establecerse según las características del suelo de fundación y la materialidad de la superficie de contacto, considerando los parámetros geotécnicos disponibles.

Para efectos de la verificación al deslizamiento, la resistencia disponible deberá compararse con las solicitaciones horizontales actuantes, considerando las combinaciones de carga correspondientes.

### 6.2.7 Solicitación debido a la inercia del muro y cargas sobre la zapata

La acción sísmica genera fuerzas de inercia sobre las masas que conforman el muro de contención, incluyendo el peso propio de sus elementos estructurales y las cargas gravitacionales que correspondan.

Mediante un análisis pseudoestático, la fuerza horizontal equivalente se determina como:

$$F_{sh} = k_h W_t$$

Donde:

$F_{sh}$: Fuerza sísmica horizontal equivalente

$k_h$: Coeficiente de aceleración sísmica horizontal

$W_t$: Peso total considerado para el análisis

El peso total podrá determinarse mediante:

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3$$

Donde $W_1$corresponde al peso propio del muro y su fundación, $W_2$ al peso del relleno posterior sobre la zapata y $W_3$ al peso del relleno anterior que se considere permanente.

La fuerza sísmica horizontal de cada componente se aplicará en su respectivo centro de gravedad, generando solicitaciones adicionales de corte y momento volcador sobre la fundación.

Para una evaluación global, la resultante de las fuerzas inerciales podrá ubicarse en el centro de gravedad del conjunto de masas consideradas.

Se deberá evitar la duplicación de acciones sísmicas correspondientes a masas de suelo que ya se encuentren representadas mediante el modelo de empujes sísmicos adoptado.

## 6.3 1.2. Hipótesis de cálculo

Para el análisis y diseño estructural del muro de contención se adoptan las siguientes hipótesis generales:

1. Modelo de análisis: el diseño se desarrollará considerando una franja de muro de ancho unitario de 1,00 m, representativa de su comportamiento por unidad de longitud, para el caso de muros largos, para el caso de muros cortos se considerará la geometría específica.

2. Análisis sísmico: las solicitaciones sísmicas se evaluarán mediante un procedimiento pseudoestático, considerando los criterios sísmicos aplicables al proyecto y las disposiciones pertinentes de la NCh433.

3. Condiciones del terreno: el muro estará destinado a contener suelo natural y material de relleno, considerando las características geotécnicas de los materiales existentes y las condiciones de compactación que correspondan.

4. Geometría del relleno: para efectos del modelo de cálculo, se considerará una superficie de relleno horizontal a la altura superior del muro, siempre que esta hipótesis represente adecuadamente las condiciones del terreno.

5. Empujes de tierras: se considerarán los empujes activos estáticos y sísmicos correspondientes, de acuerdo con las características geométricas del muro y los parámetros resistentes del suelo.

6. Resistencia pasiva: de manera conservadora, no se considerará la contribución del empuje pasivo del terreno ubicado frente al muro para las verificaciones de estabilidad global.

7. Condiciones de drenaje: se considerará la influencia de las aguas superficiales y subterráneas, incorporando presiones hidrostáticas cuando no se pueda garantizar un drenaje efectivo del trasdós.

8. Verificaciones de estabilidad: se evaluará la seguridad frente al deslizamiento, volcamiento y capacidad de soporte del terreno, además de las verificaciones de resistencia estructural de los elementos de hormigón armado.

## 6.4 Combinaciones de Carga (NCh3171)

| LRFD | ASD |
|---|---|
| 1)1.4D | 1)D |
| 2)1.2D+1.6L+0.5(LroSoR) +1.6H | 2)D+L |
| 3a)1.2D+1.6(LroSoR)+L+1.6H | 3)D+(LroSoR) |
| 3b)1.2D+1.6(LroSoR)+0.8W+1.6H | 4)D+0.75L+0.75(LroSoR) |
| 4)1.2D+1.6W+L+0.5(LroSoR) +1.6H | 5a)D+W |
| 5)1.2D+1.4E+L+0.2S+1.6H | 5b)D+E |
| 6)0.9D+1.6W+1.6H | 6a)D+0.75W+0.75L+0.75(LroSoR) |
| 7)0.9D+1.4E+1.6H | 6b)D+0.75E+0.75L+0.75S |
| | 7)0.6D+W |
| | 8)0.6D+E |

Donde,

D = carga permanente;

E = carga sísmica según NCh433 y NCh2369

L = carga de uso según NCh1537

Lr = carga de uso de techo según NCh1537

R = carga de lluvia según ASCE/SEI 07, capítulo 8

S = carga de nieve según NCh431

W = carga de viento según NCh432

H= empujes de suelo

# 7 Cálculo de empujes de suelo

El esquema de análisis se presenta en la Figura 7.1, se evalúa para cada altura de muro la carga generada por el suelo, se considera un suelo con un ángulo de fricción interna de 30°, para efectos de análisis se considerará adecuada, considerando adicionalmente un factor de seguridad apropiado mayor o igual a 1.5 para volcamiento y deslizamiento.

El análisis de estabilidad detecta que para el muro de 5 m, no es viable geométricamente el emplazamiento de un muro de contención libre, esto debido a que no hay suficiente espacio para poder dar aumentar el tamaño de las alas del muro, con ello será necesario considerar la sala de basura como estructura aportante, a la falta de antecedentes directos de la estructura de la sala, se asumirá de hormigón armado, siendo consistente con toda la materialidad del edificio y que se encuentra en contacto con suelo, en ese sentido la estructura de soporte considera una conexión como será descrita posteriormente.

En cuanto a los muros de 0.6 m de altura, estos se diseñarán de 15 cm de espesor, con pata hacia el suelo de 20 cm de espesor y un largo de al menos 50 cm entrando en el suelo, adicionalmente se considerará un diente de 40 cm enterrado.

Igualmente se debe indicar que la estimación de altura del talud ha sido de difícil acceso, estos 7 metros consideran una altura desde un plano inclinado o pendiente inicial que desciende cerca de 2 a 3 metros antes de la pendiente abrupta de casi 90°, con ello, la estimación de la altura es total de 7 metros aproximados, considerando que esta altura es alcanzable en su totalidad, para efectos de diseño del muro, se considerará la carga de 7 metros, pero con altura de 5 metros, adicionalmente se considerará una losa superior en la entrada a modo de proteger el acceso ante cualquier eventualidad, por otro lado, se extenderá un tramo más de muro de contención para resguardar de mejor manera el acceso a la sala.

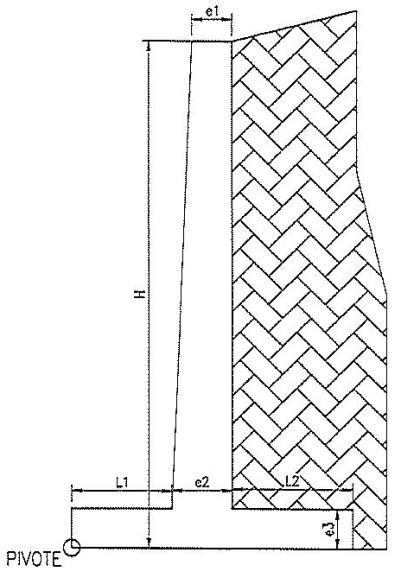



*Figura 7.1 Esquema de análisis*

| MURO DIMENSIONES | | | |
|---|---|---|---|
| H | 7 | 0.6 | m |
| e1 | 0.2 | 0.15 | m |
| e2 | 0.4 | 0.15 | m |
| e3 | 0.3 | 0.2 | m |
| L1 | 2.5 | 0 | m |
| L2 | 0.5 | 0.5 | m |

recomendaciones

0.7 m

| | Ai | |
|---|---|---|
| A1, X1 | 1.02 | 0.13 |
| A2, X2 | 2.01 | 0.06 |
| At, CG | 3.03 | 0.19 |
| | Xi | Xi |
| | 1.70 | 0.33 |
| | 2.60 | 0.08 |
| | 2.30 | 0.25 |

*Tabla 7.1 Tabla de datos inicial para cada muro*

| DATOS SUELO | | | |
|---|---|---|---|
| ø' | 30 | 30 | 0.5236 |
| C | 0.2 | 0.5 | tf/m² |
| Cr | 0.58 | 0.58 | |
| g | 9.8 | 9.8 | m/s² |
| γ | 1800 | 1800 | kgf/m³ |
| m | 10.0 | 10.0 | |
| Q | 0 | 0 | 0.000 |
| a | 0 | 0 | 0.000 |
| d | 15 | 15 | 0.262 |

| DATOS SÍSMICOS | | | |
|---|---|---|---|
| Ao | 0.30 | 0.30 | g |
| Sobrecarga | 100 | 100 | kgf/m² |
| Kh | 0.20 | 0.20 | |
| Kv | 0.13 | 0.13 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Volumen | 3.0 | 0.2 | m³ |
| Densidad | 2.5 | 3.5 | Tf/m³ |
| Peso Muro | 7.6 | 0.7 | Tf |
| CG Muro | 2.3 | 0.2 | m |
| Peso tierra | 6.3 | 0.5 | Tf |
| CG Tierra | 3.2 | 0.4 | m |

| COEFICIENTES | | |
|---|---|---|
| Ka | 0.33 | 0.33 |
| Kp | 3.00 | 3.00 |
| K0 | 0.50 | 0.50 |
| Cr | 0.70 | 0.70 |
| Kae | 0.48 | 0.48 |
| Z | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Empujes de tierra - Muro no arriostrado | | | |
| Ea | 4233 | 393 | Kgf/m² |
| Eae | 284 | 284 | Kgf/m² |
| **Fuerzas** | | | |
| **Fa** | **14817** | **118** | **kgf/m** |
| **Fae** | **993** | **85** | **kgf/m** |
| **Brazos** | | | |
| **ha** | **2.3** | **0.2** | **m** |
| **hae** | **4.7** | **0.4** | **m** |
| **Momento volcante** | | | |
| **Ma** | **34572** | **24** | **kgf-m/m** |
| **Mae** | **4634** | **34** | **kgf-m/m** |
| **M tot** | **39206** | **58** | **kgf-m/m** |
| **Momento restitutivo** | | | |
| **Mr muro** | **17400** | **164** | **kgf-m/m** |
| **Mr suelo** | **19845** | **216** | **kgf-m/m** |
| **M tot** | **37245** | **380** | **kgf-m/m** |
| **FS** | **0.95** | **6.59** | |

*Tabla 7.2 Resultados del análisis de estabilidad*

Los resultados de la estabilidad son insuficientes para el muro de 5 m (con cargas de 7 m), por lo que se complementará con un modelo de análisis.

# 8 Análisis de muro de 5 m de altura

Se considerarán las cargas previamente calculadas para generar un modelo de análisis que considere el sistema completo de sala de basura con muro anexo.

## 8.1 Modelo de análisis

Los modelos de análisis se basan en los criterios descritos previamente, en la Figura 8.1 se observa una vista isométrica del modelo original de análisis. En la Figura 8.2 y Figura 8.3 se muestra la planta del cielo del 1° piso y de la techumbre. Desde la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** hasta la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran las elevaciones principales.

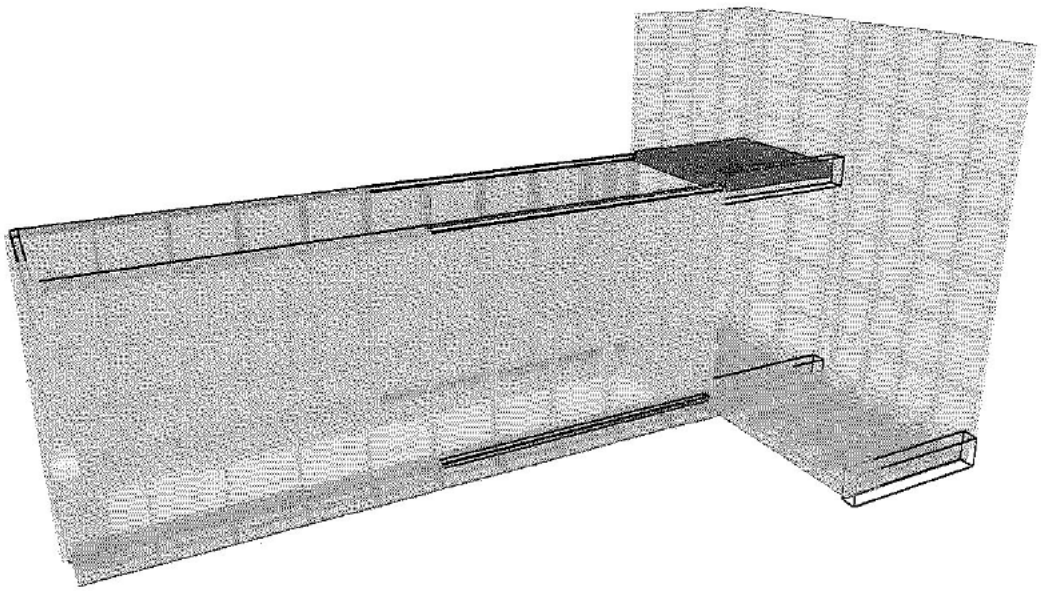


*Figura 8.1 Vista isométrica del modelo de análisis*

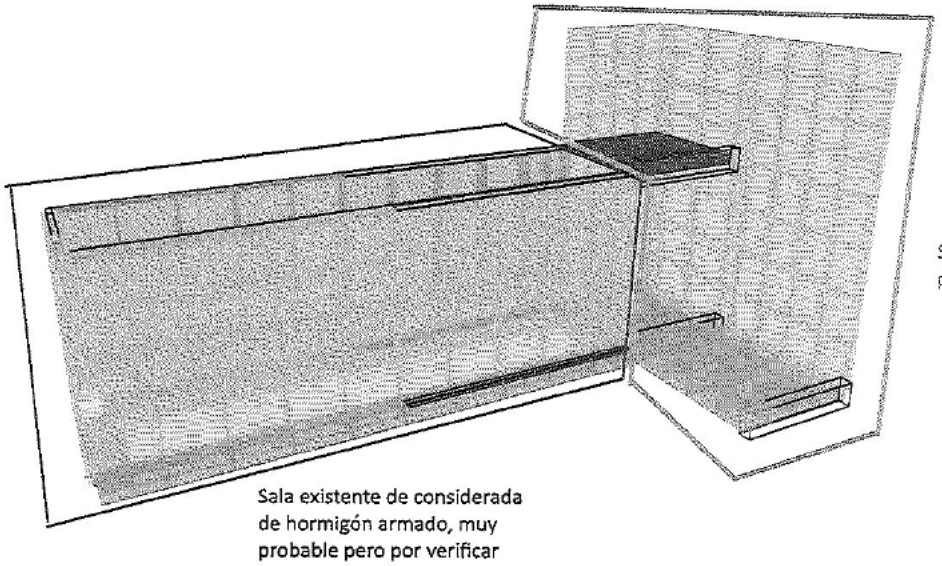



*Figura 8.2 Vista de la planta del cielo del 1° piso*

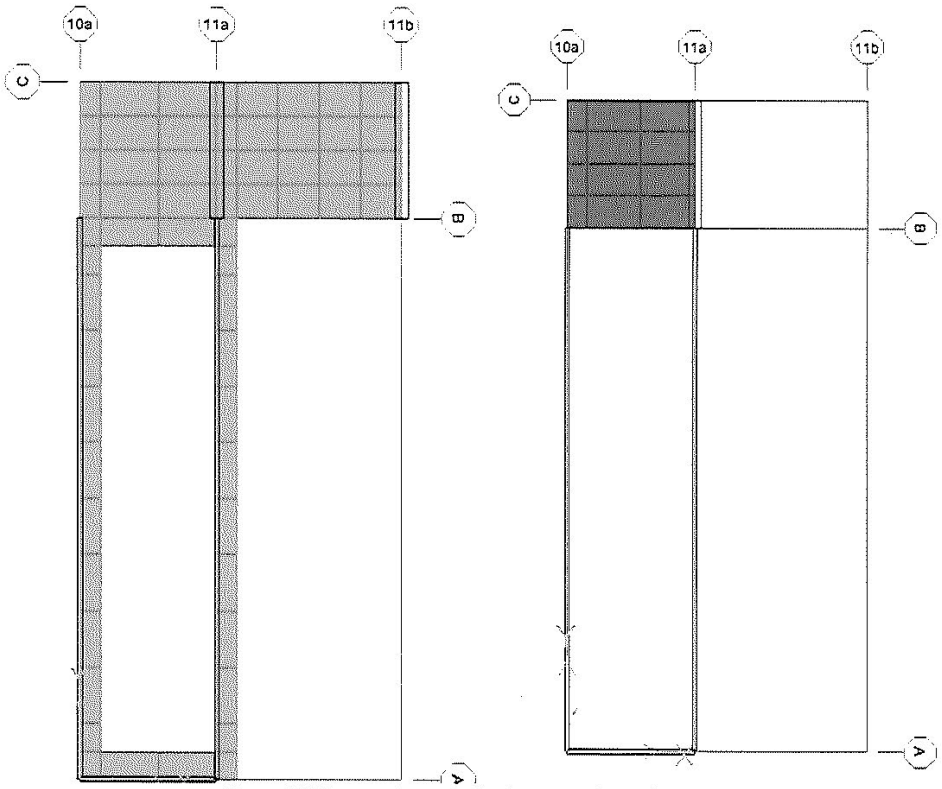



*Figura 8.3 Vista en planta de fundaciones y de nivel +3.0*

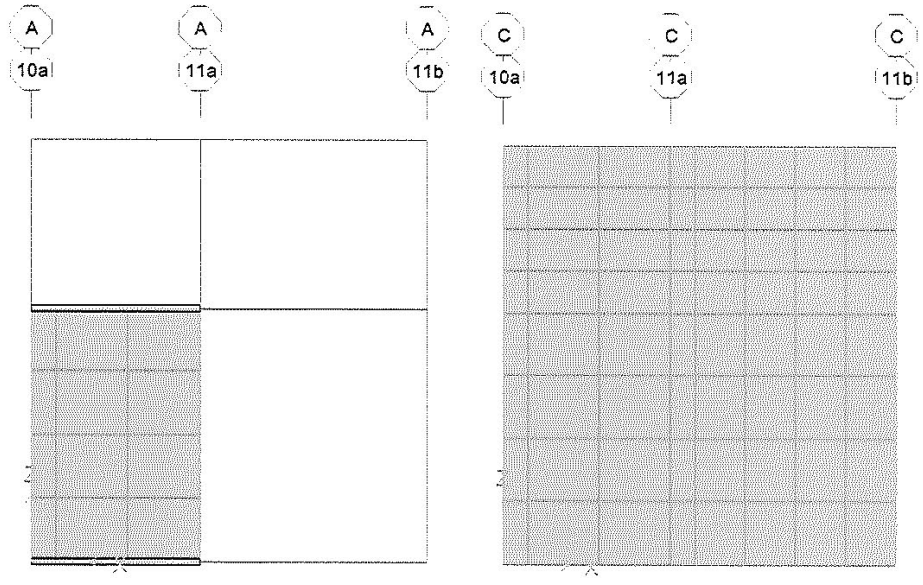



*Figura 8.4 Elevación de eje A y C*

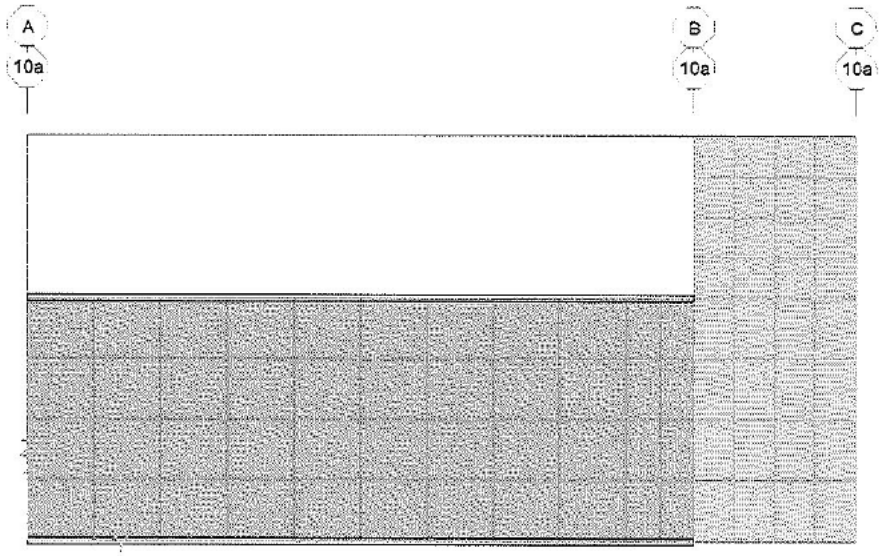



*Figura 8.5 Eje 10a*

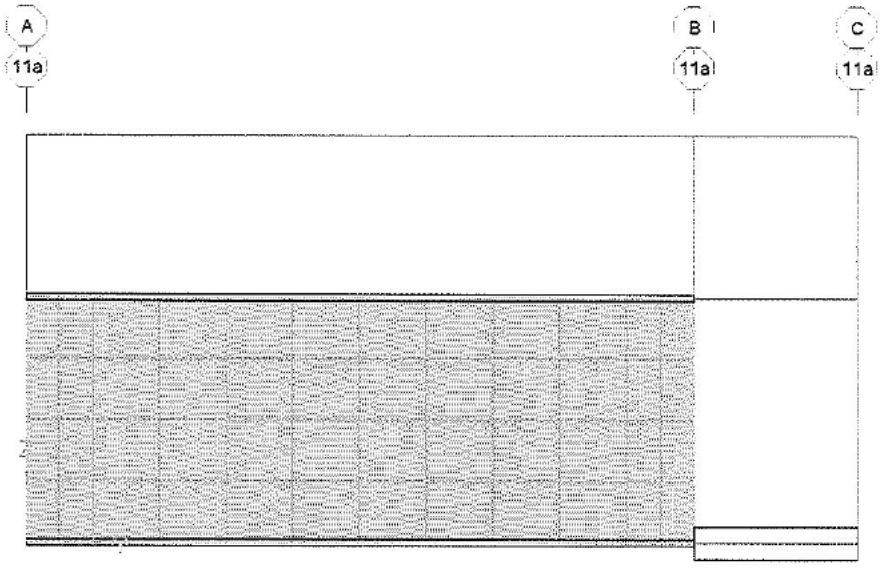



*Figura 8.6 Eje 11ª*

## 8.2 Cargas sobre el modelo

Las cargas sobre el modelo son principalmente las cargas de empuje de suelo estático y sísmico, los cuales son críticos para la estructura combinada, para el caso estático se considera conservadoramente la altura de 7 m de carga, sin embargo, por diseño se consideran 5 m de altura, es decir la carga considerada y de diseño será para 7 metros pero el muro solo se considerará de altura máxima de 5 m, esto permitirá un mayor factor de seguridad y permitirá a futuro, de ser necesario tener el muro habilitado para poder darle mayor altura con base a lo existente.

La carga basal por metro cuadrado de la carga estática se estima en 4.15 Tf/m² y reduciéndose a cero hasta los 7 m, para el caso sísmico se tiene en los 5 m un valor de 4.68 Tf/m², rediciéndose a cero en la base.

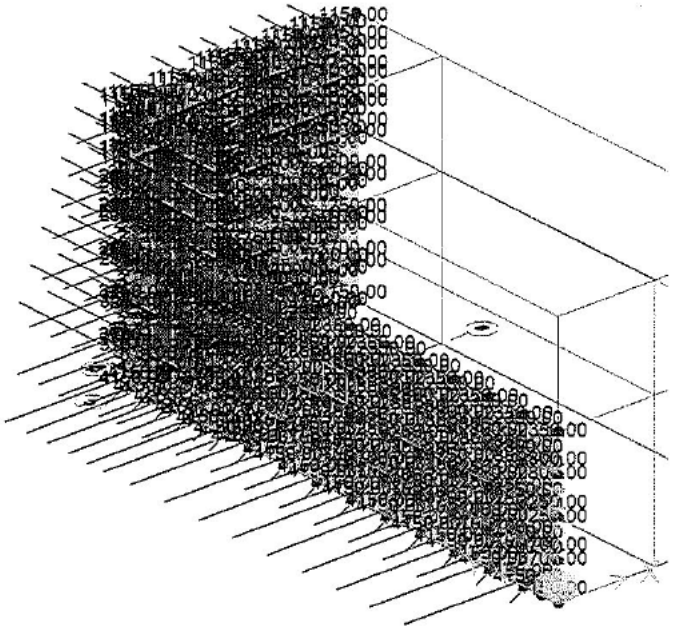


*Figura 8.7 Cargas de empuje estático*

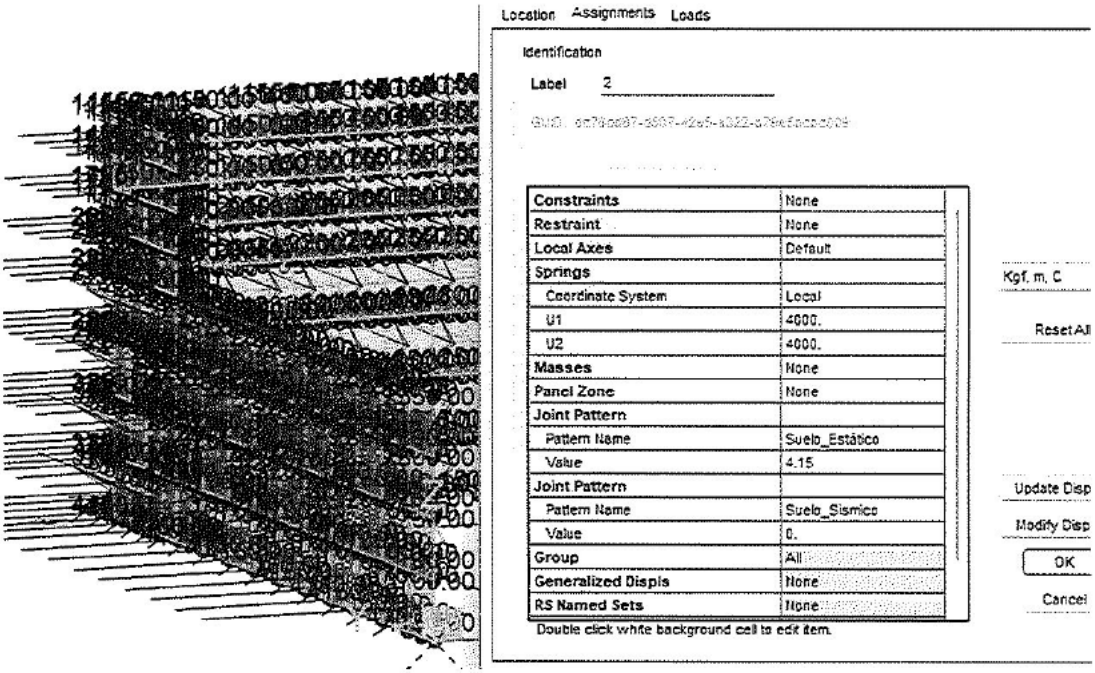



*Figura 8.8 Cargas de empuje sísmico*

### 8.2.1 Verificación de estabilidad y tensiones máximas admisibles

Se verifica la estabilidad del sistema estructural incluyendo la sala de basura, y los resultados no son adecuados para los factores de seguridad esperados, es decir no se logra una compresión de la base adecuada para 5 m de altura, los resultados se muestran en la Figura 8.9, donde para el caso de empuje estático se levanta más de un 50% de la base que indica un factor de seguridad inferior a 1.5, para el segundo caso se tiene el caso de empuje activo (estático) y caso sísmico de donde se levanta aún más, con ello la alternativa recomendada técnico económicamente es un muro anclado al suelo.

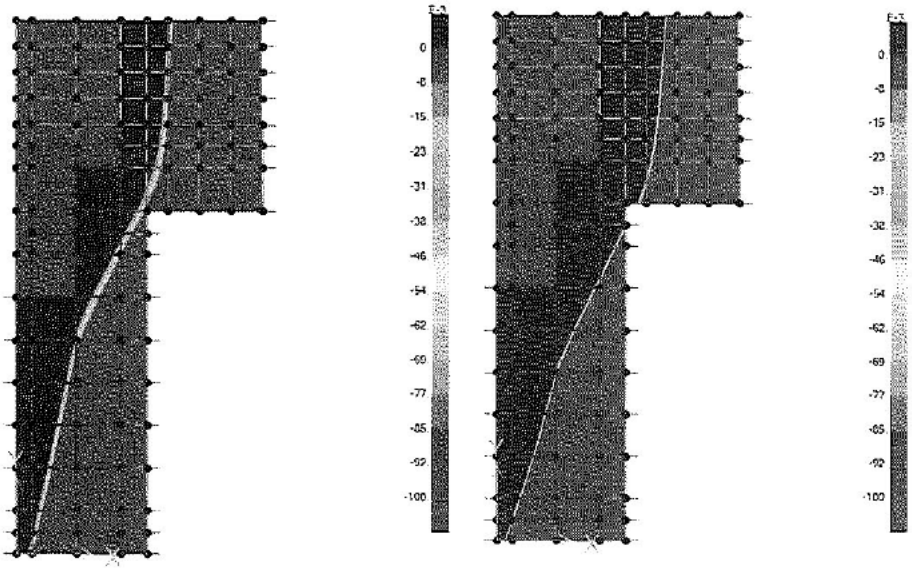



*Figura 8.9 Resultados de la estabilidad para D+Hest y D+Hest+Hsis (se levanta más del 50%)*

## 8.3 Solución con muro anclado

Considerando el mismo modelo anterior, se considerará ahora el muro anclado al suelo, este anclaje se muestra en la Figura 8.10, se consideran 6 puntos de anclaje en el tramo largo y 2 puntos de anclaje en el tramo corto. Los anclajes se estiman como resortes con rigideces similares a un cable de un torón con cerca de 15 mm de diámetro.

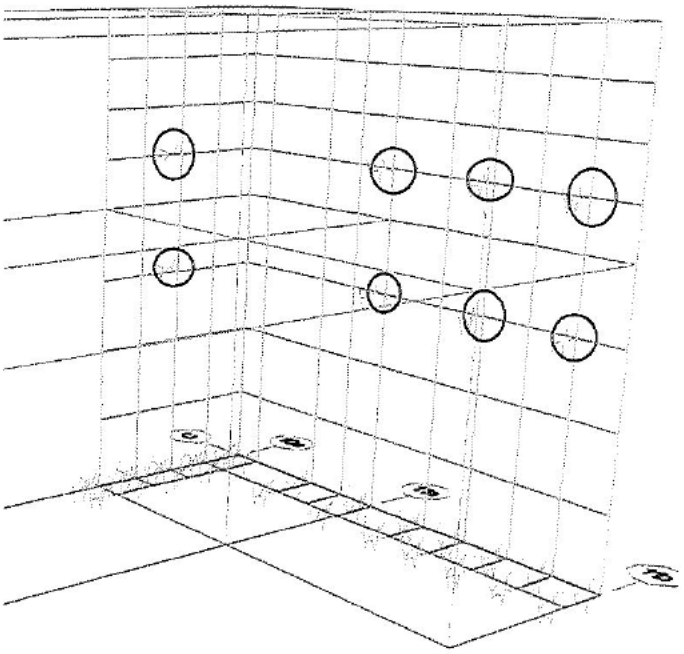


*Figura 8.10 Solución con anclajes, puntos anclados del modelo*

## 8.4 Resultados para muro anclado

Los resultados para el muro anclado consisten en determinar la carga que cada punto de anclaje demanda, luego, esa demanda debe ser transferida a los anclajes.

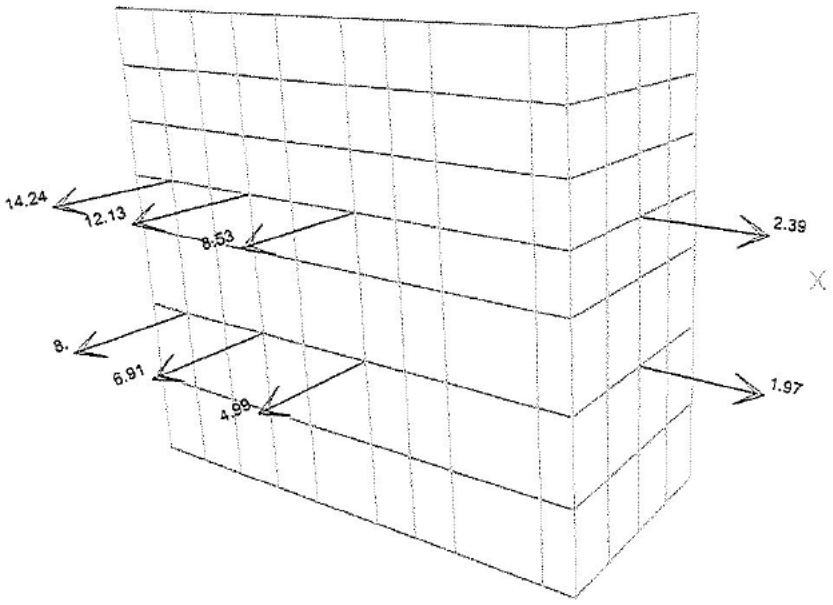



*Figura 8.11 Cargas en anclajes*

Para el muro de contención de 5 m de altura del Cerro Apoquindo, considerando un terreno compuesto presumiblemente por gravas con finos y una solicitación máxima de 15 tf por anclaje.

## 8.5 Estimación de longitudes preliminares de los cables de anclaje

Longitud libre: considerando $\phi = 30°$, altura de 5 m y anclajes inclinados 15° bajo la horizontal, se estima la longitud libre igual a 6 m.

Longitud de bulbo: se considera una adherencia de 75 kPa, un diámetro efectivo de 150 mm y un factor de seguridad de 2.0 para una fuerza de 15 tf.

$$L_b = \frac{FS \cdot T}{\pi \cdot D \cdot \tau_u}$$

$$L_b = \frac{1.5(150)}{\pi(0.15)(75)} \approx 6.4 \text{ m}$$

La estimación supone una transferencia uniforme de carga.

Protección anticorrosiva: se debe considerar un sistema de doble protección para anclajes permanentes, con tendones protegidos, longitud libre envainada, bulbo protegido e inyectado y cabeza de anclaje sellada y protegida contra la humedad.

Considerando una longitud libre de 6 m, se tiene una longitud total de 6+6.4 =12.4 m conservadoramente.

Sin mayores antecedentes se recomendará esta configuración, la cual se puede modificar si se logra demostrar otra resistencia.

En la Tabla 8.1, se muestran diferentes configuraciones de largos de empotramiento total para diferentes adherencias del suelo, en la Tabla 8.2 se tienen las longitudes para el caso en que se encuentre roca.

Si no existen mayores antecedentes prevalece la longitud de 12.5 m.

| Adherencia (kPa) | Bulbo calculado (m) | Bulbo adoptado (m) | Longitud libre (m) | Longitud total (m) |
|---|---|---|---|---|
| 75 | 6.37 | 6.5 | 6 | 12.5 |
| 80 | 5.97 | 6 | 6 | 12 |
| 85 | 5.62 | 6 | 6 | 12 |
| 90 | 5.31 | 5.5 | 6 | 11.5 |
| 95 | 5.03 | 5.5 | 6 | 11.5 |
| 100 | 4.77 | 5 | 6 | 11 |
| 105 | 4.55 | 5 | 6 | 11 |
| 110 | 4.34 | 4.5 | 6 | 10.5 |
| 115 | 4.15 | 4.5 | 6 | 10.5 |
| 120 | 3.98 | 4 | 6 | 10 |

*Tabla 8.1 caso de diferentes adherencias del suelo*

| Adherencia última (kPa) | Bulbo calculado (m) | Bulbo adoptado (m) | Longitud libre (m) | Longitud total (m) |
|---|---|---|---|---|
| 150 | 3.18 | 3.5 | 5.25 | 8.75 |
| 200 | 2.39 | 2.5 | 3.75 | 6.25 |
| 250 | 1.91 | 2 | 3 | 5 |
| 300 | 1.59 | 2 | 3 | 5 |
| 350 | 1.36 | 1.5 | 2.25 | 3.75 |
| 400 | 1.19 | 1.5 | 2.25 | 3.75 |
| 450 | 1.06 | 1.5 | 2.25 | 3.75 |
| 500 | 0.95 | 1 | 1.5 | 2.5 |

*Tabla 8.2 Caso de roca*

## 8.6 Esquema para solución para muro de 5 m y resistencia de muros

En la Figura 8.12 y Figura 8.13 se muestran dos figuras con un esquema en corte y un esquema en planta.

El planteamiento considera una aleta superior que ayuda a rigidizar el muro en su coronación y reducir los momentos en el mismo muro, con ello se requiere un muro de 25cm de espesor con doble malla ø16a200, lo cual se replicaen toda su extensión.

Los anclajes serán finalmente 8, 2 en el tramo corto y 6 en el tramo largo, con ello, los cables requeridos, esto sin antecedentes del suelo, es de 12.5 m.

La verificación de resistencia en el muro se hace por momento y corte, y se consideran valores representativos en el análisis, esto es por metro lineal, ya que existe una redistribución de cargas ante eventuales concentraciones, en ese sentido se logra la resistencia requerida para la combinación amplificada de empujes de suelo, por otro lado, se debe considerar que se han considerado cargas cerca de un 16% mayores a las requeridas para un muro de 5 m de altura, esto suponiendo un desprendimiento en pendiente que exija mayor resistencia, con ello, los resultados se consideran adecuados. Por otro lado

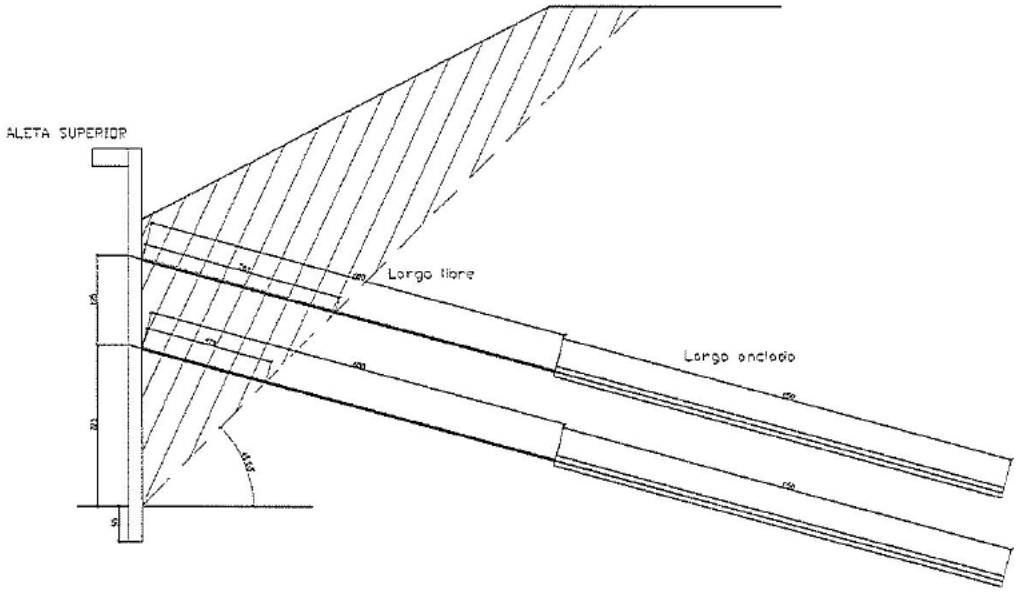



*Figura 8.12 Vista en corte del anclaje propuesto*

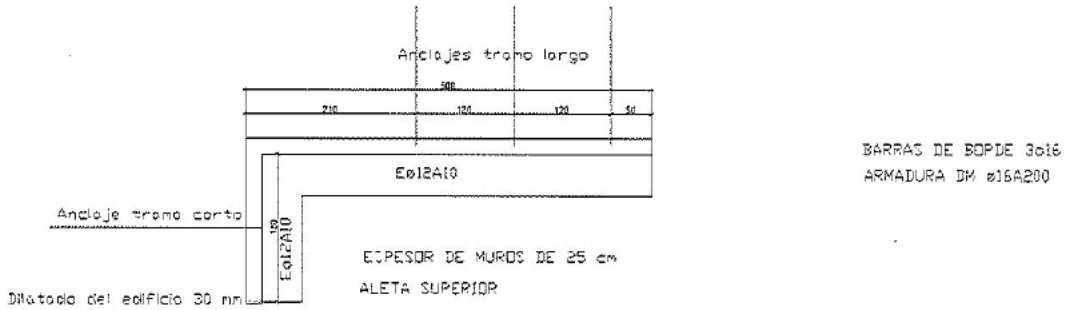



*Figura 8.13 Vista en planta*

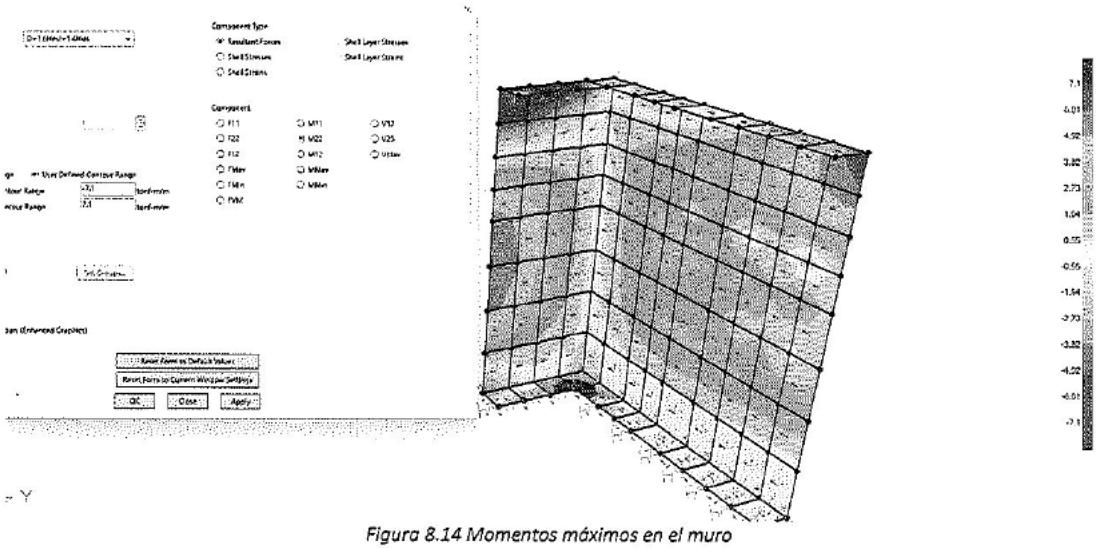


*Figura 8.14 Momentos máximos en el muro*

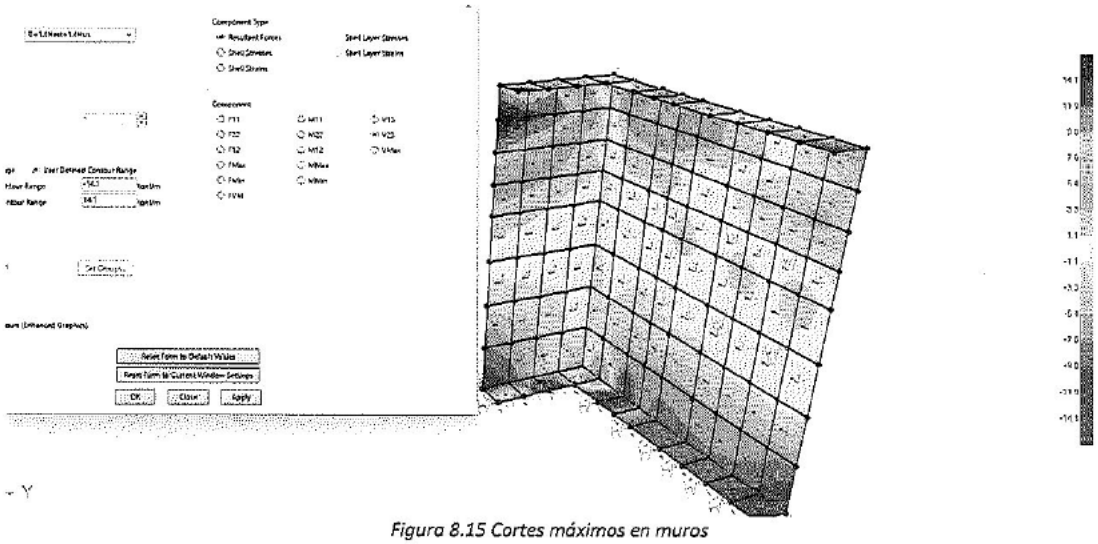


*Figura 8.15 Cortes máximos en muros*

| | |
|---|---|
| ø | 16 |
| separación cm | 20 |
| e efec. | 20 |
| fy [Kg/cm²] | 4200 |
| f'c [Kg/cm²] | 200 |
| e [cm] | 25 |
| rec. [cm] | 5 |
| Usando | ø16a20 |
| Momentos | |
| Cuantía usada % | 0.40 |
| Cuantía minima % | 0.09 |
| øMn [Tf-m/m] | 7.1 |
| Mu | 7 |
| Estado (FU) | Conforme (0.98) |
| Cortes | |
| øVc [Tf/m] | 14.1 |
| Vu | 14 |
| Estado (FU) | Conforme (1) |

*Tabla 8.3 Momentos representativos en el muro*

## 8.7 Solución para radier levantado

Para el radier levantado se plantea un reemplazo del radier y baldosas existentes por un radier armado conectado al edificio, de este modo cualquier diferencia en asentamientos será compatibilizado, acá será importante considerar un espacio libre en las llegadas del radier al edificio para evitar que se rompa si eventualmente hay asentamientos.

La propuesta considera un radier de 8 cm de espesor con una malla acma centrada ligeramente desplazada hacia la base, el radier se conecta a las fundaciones perimetrales con barras de acero ø8a200 inyectadas 15 en las fundaciones existentes con sikadur 31, adicionalmente para dejar un juego flexible se consdiera un remate perimetral con una capa de 50 mm de polietireno expandido en un tramo perimetral de 50 cm, sobre este producto va el radier.

El radier debe ir sobre una cama de estabilizado compactado de al menos 10 cm sobre esta cama se debe desplegar un politetileno de 0.2 mm de espesor.

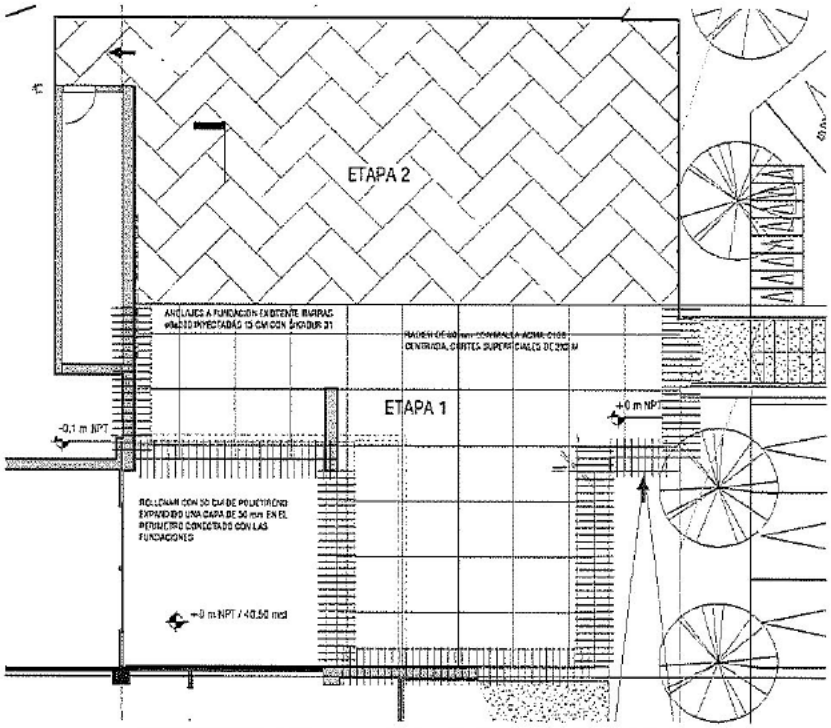



*Figura 8.16 Esquema propuesto de solución para radieres dañados*

Verificación de resistencia del radier, con resultados conformes, se consideran luces de 50 cm.

Programa Momentos y Cortes Últimos en Vigas

Luz de la viga [m] 0.5 Carga Dead por área [kgf/m²] 250 factor 1.2 Total 300 [kgf/m²]
Ancho Tributario [m] 1 Carga Live por área [kgf/m²] 500 factor 1.6 Total 800 [kgf/m²]

Calcular Vu y Mu

Carga por metro lineal [kgf/m] 1100 [kgf/m]

| | ql²* | | |
|---|---|---|---|
| Momentos | MA | MB | MC |
| Simple-Simple | 0 | 1/8 | 0 |
| Simple-Empotrado | 0 | 9/128 | 1/8 |
| Empotrado-Emportado | 1/12 | 1/24 | 1/12 |

| | ql* | | |
|---|---|---|---|
| Cortes | VA | VB | VC |
| Simple-Simple | 1/2 | 0 | 1/2 |
| Simple-Empotrado | 3/8 | 0 | 5/8 |
| Empotrado-Emportado | 1/2 | 0 | 1/2 |

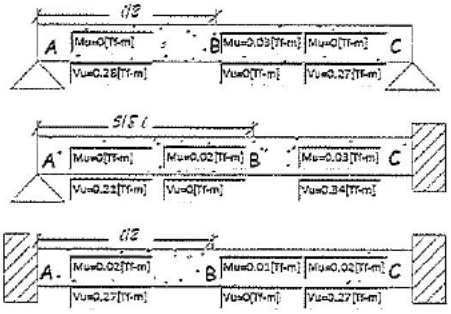



*Figura 8.17 Cargas máximas estimadas*

| | |
|---|---|
| ø | 6 |
| separación cm | 15 |
| e efec. | 6.5 |
| fy [Kg/cm²] | 4200 |
| f'c [Kg/cm²] | 200 |
| e [cm] | 8 |
| rec. [cm] | 1.5 |
| Usando | ø6a15 |
| | |
| Cuantía usada % | 0.24 |
| Cuantía minima % | 0.09 |
| øMn [Tf-m/m] | 0.4 |
| Mu | 0.03 |
| Estado (FU) | Conforme (0.07) |
| | |
| øVc [Tf/m] | 3.6 |
| Vu | 0.28 |
| Estado (FU) | Conforme (0.08) |

*Tabla 8.4 Resistencia del radier*

## 8.8 Esquema de solución para muro de 0.6 m de altura

En la Figura 8.18 se indica el esquema de la solución para el muro de 0.6 m de altura.

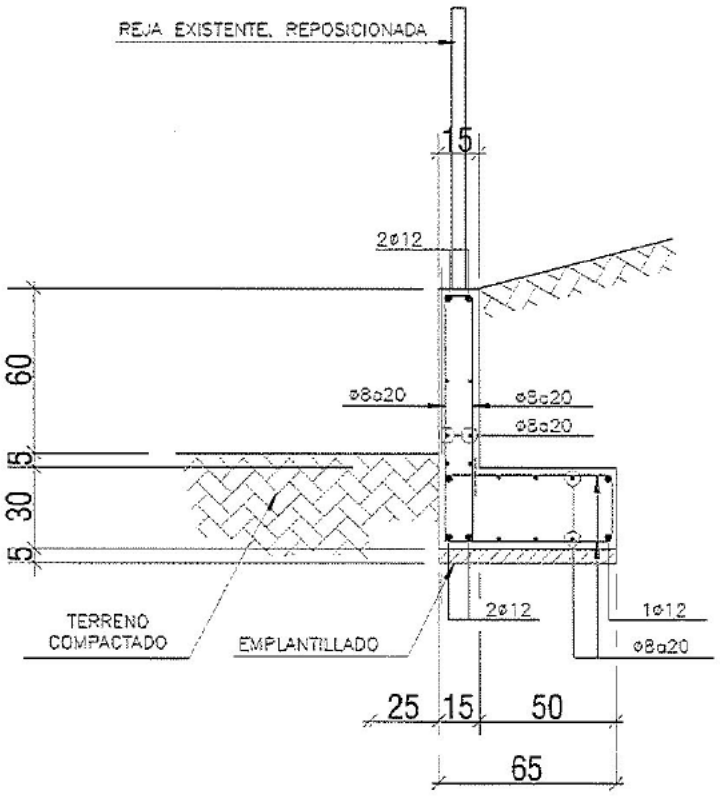



*Figura 8.18 Esquema de muro bajo con reja*

# 9 Conclusiones

Sector 1, Muro de contención principal: el análisis evidencia que una solución convencional de muro de contención no permite satisfacer adecuadamente las condiciones de estabilidad consideradas, debido principalmente a las restricciones geométricas del emplazamiento y a las solicitaciones del terreno. En consecuencia, se propone una solución de hormigón armado complementada con anclajes al terreno, cuyo dimensionamiento definitivo podría ajustarse de mejor manera si se incorporan antecedentes del suelo, ya sea una mecánica que existe o ensayos.

Se propone un muro de 25 cm de espesor con doble malla ø16a200 mm, con una aleta superior y 8 puntos de anclaje de 12.5 m, los cables son de 1.5 cm (0.60") de diámetro aproximado y la perforación de 150 mm.

Sector 2, Radieres levantados: se propone reemplazar los pavimentos afectados mediante un radier armado de 8 cm de espesor, apoyado sobre una base granular compactada y provisto de una barrera de humedad. La solución incorpora medidas destinadas a controlar la fisuración y compatibilizar posibles movimientos diferenciales, cuya disposición deberá verificarse en el diseño definitivo y la exploración en terreno sobre las carpetas de suelo existentes.

Sector 3, Muro perimetral: se plantea la construcción de un muro de contención de hormigón armado de aproximadamente 0,60 m de altura, destinado a contener el terreno y permitir la recuperación de la reja perimetral existente.

Condiciones geotécnicas e hidráulicas: las soluciones propuestas consideran parámetros de suelo estimados ante la ausencia de antecedentes geotécnicos específicos. Por lo tanto, su validación definitiva deberá contemplar la comprobación de las condiciones del terreno y la implementación de sistemas de drenaje y evacuación de aguas lluvias que eviten la acumulación de presiones hidrostáticas y el arrastre de material.

Comentarios finales: las soluciones desarrolladas constituyen una base técnica para abordar las deficiencias identificadas en los sectores analizados. Su ejecución deberá quedar condicionada a la validación de los parámetros de diseño, la resolución de las verificaciones pendientes y complementadas con los planos correspondientes. Asimismo, se recomienda complementar las intervenciones estructurales con medidas de mantención, control de escorrentías y seguimiento de las condiciones del terreno.



Diego Pereira Chamorro

[redacted]

USM