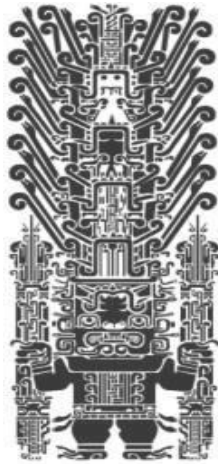


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EMPLEO DE UN SISTEMA DE ENTIBACIÓN MEDIANTE
ANCLAJES POSTENSADOS TEMPORALES EN UN CONJUNTO
RESIDENCIAL CON OFICINAS DE 12 PISOS EN EL DISTRITO
DE LA MOLINA DE LIMA – PERÚ”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
CAMPOS HINOSTROZA MAXORLANDO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

LIMA-PERÚ

2018

HOJA DE RESPETO

DEDICATORIA

A mis padres, por todo el apoyo que me brindaron día a día, al estudiar esta maravillosa profesión. Quiero decirles que sus esfuerzos se ven ahora recompensados.

AGRADECIMIENTO

A mi alma máter, la Universidad Nacional Federico Villarreal, porque en sus aulas se brindó a mi persona una educación de alta calidad en la Ingeniería Civil.

RESUMEN

El muro anclado es una estructura de contención flexible, que permite deformaciones en el terreno debido a su metodología constructiva, que implica la construcción de los muros por fases (bataches).

El momento crítico del proceso constructivo se da, cuando se ha perfilado el terreno para el vaciado de los muros primarios, y aun no se han tensado los anclajes. Es en esta etapa en la que se producen la mayor parte de los asentamientos en el terreno vecino.

Es así que el muro anclado viene a ser una estructura de contención muy importante y compleja, digno de un estudio eficiente.

Para explicar todo ello se realiza la presente tesis titulada: “EMPLEO DE UN SISTEMA DE ENTIBACIÓN MEDIANTE ANCLAJES POSTENSADOS TEMPORALES EN UN CONJUNTO RESIDENCIAL CON OFICINAS DE 12 PISOS EN EL DISTRITO DE LA MOLINA DE LIMA – PERÚ”.

Palabras clave: Sistema de Entibación, Anclajes Postensados.

ABSTRACT

The anchored wall is a flexible containment structure, which allows deformations in the ground due to its constructive methodology, which involves the construction of walls by phases (bataches).

The critical moment of the constructive process occurs when the ground has been shaped for the emptying of the primary walls, and the anchors have not yet been tightened. It is at this stage that most of the settlements occur in the neighboring land.

Thus the anchored wall becomes a very important and complex containment structure, worthy of an efficient study.

In order to explain all this, the present thesis is entitled: "EMPLOYMENT OF A SYSTEM OF ENTIBATION THROUGH TEMPORARY POSTENSATED ANCHORS IN A RESIDENTIAL SET WITH OFFICES OF 12 FLOORS IN THE DISTRICT OF THE MOLINA DE LIMA - PERU".

Keywords: Insertion system, Post-anchored anchors.

INTRODUCCIÓN

Es sumamente importante mencionar (recalcar), que el momento crítico del proceso constructivo se da, cuando se ha perfilado el terreno para el vaciado de los muros primarios, y aun no se han tensado los anclajes. Sabemos que es en esta etapa cuando son producidas la mayor parte de los asentamientos en el terreno vecino.

Debido a esto muchas empresas del rubro, como Pilotes Terratest, recomiendan a sus clientes la excavación en anchos reducidos en la primera línea de anclajes y una altura máxima de excavación de 3.00m en todos los niveles. Si bien el muro anclado ha demostrado ser una estructura muy confiable para la seguridad global de las excavaciones, es imposible evitar pequeñas deformaciones en el terreno debido al proceso constructivo. Estas deformaciones pueden conllevar a ligeras rajaduras en las edificaciones vecinas, debido a los asentamientos diferenciales. Es responsabilidad de la empresa constructora, el ejecutar las excavaciones de una manera eficaz y responsable.

A su vez, de acuerdo a la distribución de anclajes adoptado, el estado de carga temporal sobre los muros subterráneos puede alterar el diseño originalmente propuesto. El Ingeniero Estructural a cargo del proyecto deberá verificar los estados críticos (flexión, punzonamiento, entre otros) de acuerdo a las cargas entregadas y reforzar el muro en caso de ser necesario.

Una vez construidos los muros y losas del subterráneo hasta el nivel inmediato inferior a la cota del arriostre, se destensarán los cables de los anclajes.

En la presente tesis se presentan contribuciones al diseño propuestas por la empresa Pilotes Terratest (que ha demostrado ser muy bueno) para minimizar las posibles deformaciones en el terreno.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes	10
1.2 Formulación del problema	11
1.3 Justificación e importancia	11
1.4 Objetivos	11
1.5 Hipótesis	12

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de muros anclados	13
2.2 Criterios básicos	13

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1	Normas de aplicación	18
3.2	Datos generales utilizados en el diseño	18
3.3	Criterios adoptados para el diseño	20
3.4	Hipótesis de los cálculos	23
3.5	Paneles – muros subterráneos	24
3.6	Soil nailings	25
3.7	Diseño de la entibación con anclajes pasivos	26
3.8	Anclajes	30
3.9	Diseño de estabilidad del talud con anclajes activos	36
3.10	Metodología constructiva de los muros anclados	41

CONCLUSIONES	43
---------------------	-----------

RECOMENDACIONES	45
------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	46
---------------------	-----------

ANEXOS

• ANEXO 01: MODELOS DE CÁLCULO	48
• ANEXO 02: LISTA DE ANCLAJES	105
• ANEXO 03: PLANOS	108
• ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO	120

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Con motivo del proyecto de construcción del Conjunto Residencial con Oficinas de 12 pisos, en la ciudad de Lima, se realiza la presente tesis con fines a describir el útil e importante sistema de entibación de la excavación a realizar mediante anclajes postensados temporales.

El nuevo edificio contará con 7 niveles de sótanos. El nivel de sello de fundación de los muros perimetrales se considera conforme a los indicados en los planos del proyecto estructural.

La entibación se realizará utilizando el sistema de MURO ANCLADO en todo el perímetro de la excavación.

El diseño se ha estudiado de acuerdo a los antecedentes aportados por el cliente. Algunos de ellos son:

- ☐ Planos de arquitectura
Elaborados por: DLPS ARQUITECTOS
- ☐ Estudio de mecánica de suelos
Elaborados por: M&M consultores SRL

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Qué procedimiento ingenieril puede ser empleado con fines de brindar la adecuada seguridad en las excavaciones de la construcción del Conjunto Residencial con oficinas de 12 pisos en el distrito de La Molina?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles serán los criterios a adoptarse para el diseño de los muros anclados?
- ¿Cómo influye el control de calidad en el proceso constructivo de los muros anclados?
- ¿Qué método habrá de ser empleado para lograr la estabilidad del talud?

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Durante las excavaciones en este tipo de proyectos suelen ocurrir pequeñas deformaciones en el terreno debido al proceso constructivo. Estas deformaciones pueden conllevar a ligeras rajaduras en las edificaciones vecinas, debido a los asentamientos diferenciales. Para evitar ello se realizará un sistema de entibación mediante anclajes postensados temporales, que brindará la adecuada seguridad en las excavaciones.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Lograr la seguridad durante las excavaciones para alcanzar el éxito durante la construcción del Conjunto Residencial con oficinas de 12 pisos en el distrito de La Molina.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los criterios adoptados para el diseño en materia de muros anclados.
- Evaluar el control de calidad durante el proceso constructivo.
- Diseñar la estabilidad del talud mediante anclajes activos.

1.4. HIPÓTESIS

Con el empleo de un sistema de entibación mediante anclajes postensados temporales se brindará la adecuada seguridad en las excavaciones de la construcción del Conjunto Residencial con oficinas de 12 pisos en el distrito de La Molina.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DE MUROS ANCLADOS

Es conveniente tener presente algunas definiciones para poder entender el objetivo de la aplicación de muros pantalla en el medio. Se presenta imágenes convenientes para el entendimiento del tema.

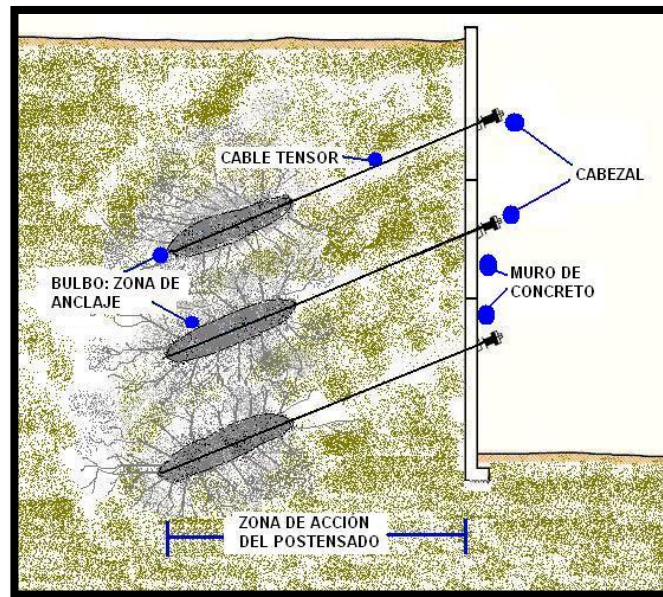
Se han tomado en cuenta las siguientes premisas:

- Debido a que la protección en excavaciones con muros pantalla, es relativamente nueva y se difunde cada vez más, es necesario obtener un conocimiento básico para poder adentrarse en el tema.
- Los conocimientos del Ingeniero en áreas como Mecánica de Suelos, Geotecnia y conocimientos Estructurales se complementan con las indicaciones técnicas que se presentan a lo largo de este capítulo.
- Es deber del ingeniero entender la importancia del proceso constructivo y los riesgos de no seguir una adecuada metodología ligada a reglamentos y especificaciones.

2.2. CRITERIOS BÁSICOS

- **Esquema General**

Constituyen un tipo de estabilización y protección de taludes verticales en excavaciones profundas, muy usada en edificios con varios sótanos, que actúa como un muro de contención.



Anclajes. CAPECO.

- **Necesidad**

¿Por qué es necesario un muro pantalla?

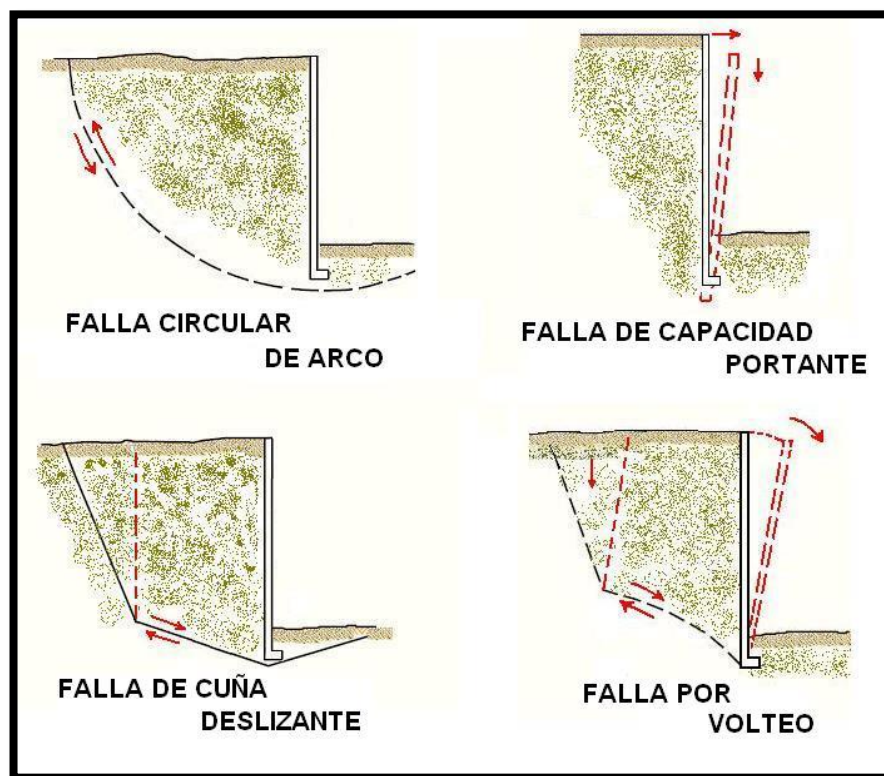
- Brinda seguridad al proceso de excavación.
- Permite alcanzar grandes profundidades.
- Basados en la profundidad de la excavación y en comparación con otros sistemas del medio, constituye un sistema económicamente rentable.
- Debido al aspecto que logra, no requiere tarrajeo sino unos retoques simples.
- Por su forma y composición, forma parte de la Estructura Final de la edificación.

- Luego de quedar arriostrado por Losas, vigas y Columnas; deja de necesitar el anclaje.

- **Fallas comunes en excavaciones**

Al realizar excavaciones los riesgos de derrumbes y deslizamientos están siempre presentes.

El riesgo y el daño aumentan conforme la excavación profundiza y de no tomar las medidas de seguridad correspondientes las consecuencias pueden ser fatales.

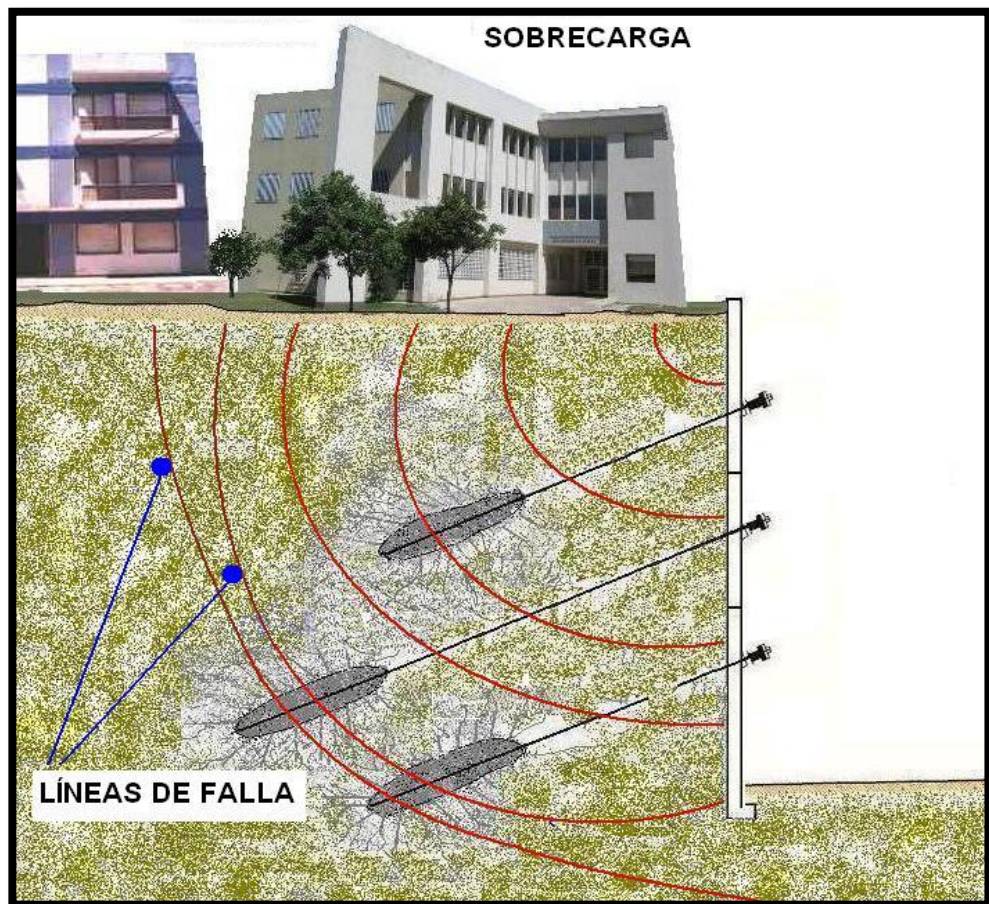


Tipos de fallas. Fuente: CAPECO.

- **Acción sobre las fallas**

El sistema de muros anclados, tiene como función prevenir las fallas, anteponiéndose a las líneas de fallas y deslizamientos, así como soportar los esfuerzos que sean requeridos.

Todo eso se logra mediante la buena práctica constructiva y un diseño que involucre todas estas variables.



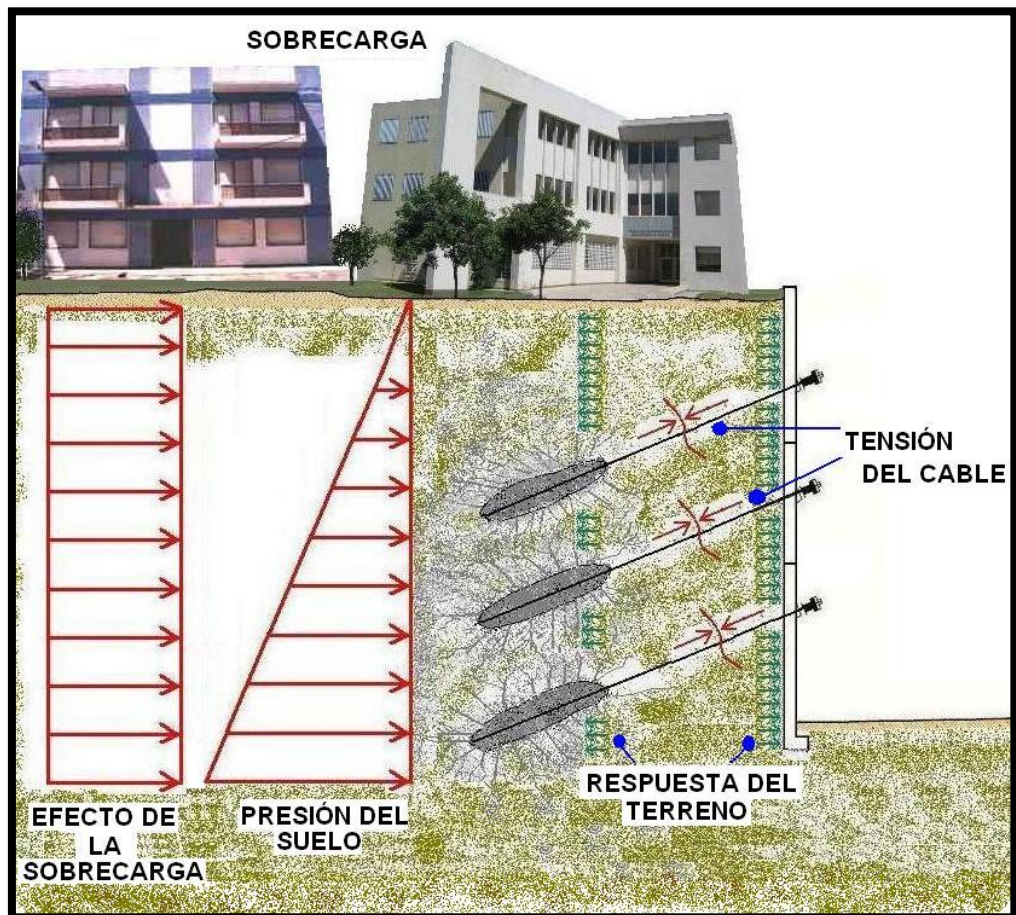
Líneas de falla. Fuente: CAPECO.

- **Mecánica del Muro Anclado**

En el diagrama de fuerzas mostrado, se observa cómo se deberían de distribuir los esfuerzos en el suelo

Existe tanto una presión propia del suelo así como una presión generada por la sobrecarga.

El esfuerzo resistente se observa tanto en el cable tensor como en la pantalla.



Mecánica del muro anclado. Fuente: CAPECO.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. NORMAS DE APLICACIÓN

- DIN 4085: Berechnung des Erddrucks. Cálculo del empuje
- DIN 4125: Ground anchorages. Design, construction and testing.
- EAB: Empfehlungen des Arbeitsausschusses Baugruben (DGEG)
Recomendaciones de la comisión de trabajo “Excavaciones”
de la Soc. Alemana de Suelos y Fundaciones.
- ACI 318-95: Código de diseño de Hormigón Armado DIN 1054: Permissible
loading of subsoil
- DIN 4084: Calculation of soil failure and slope failure

3.2. DATOS GENERALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO

3.2.1. Datos del terreno. Parámetros geotécnicos adoptados

SECTOR	Profundidad (m)		Estrato	Peso unitario (kN/m ³)	Angulo de fricción interna	Cohesión (kN/m ²)
	Desde	Hasta				
SECTOR 1	0.00	2.70	Relleno	19	30	5
	2.70	8.00	Grava suelta	20	38	20
	8.00	40.00	Grava semidensa	22	40	25
SECTOR 2	Profundidad (m)		Estrato	Peso unitario (kN/m ³)	Angulo de fricción interna	Cohesión (kN/m ²)
	Desde	Hasta				
	0.00	1.00	Relleno	19	30	5
	1.00	7.00	Arcilla	19	32	40
	7.00	18.00	Grava suelta	20	38	20

Nota: Los parámetros se basaron en la experiencia de PTP en la zona del proyecto y en el estudio de mecánica de suelos mencionado líneas arriba. En caso de encontrarse un suelo diferente al expuesto en este informe, se debe informar de inmediato a PTP para proceder al rediseño de los anclajes. Fuente: Propia.

3.2.2. Coeficiente Sísmico

El coeficiente sísmico horizontal adoptado es el siguiente: Para estado de uso temporal:

- $k_h = 0,12g$ para la zona calles y deslindes eriazos. (Desplazamiento residual sísmico moderado)
- $k_h = 0,15g$ para la zona de edificios vecinos. (Desplazamiento residual sísmico restringido)

Nota: Estos valores se han tomado en base al estudio de peligro sísmico de la ciudad de Lima y corresponden a $\frac{1}{2}$ de la máxima aceleración registrada, aplicando el método probabilístico para un periodo de retorno de 100 años, lo que equivale a una vida útil de 11 años con una probabilidad de excedencia de 10%.

3.2.3. Posición adoptada en el cálculo de la napa freática

Dado que la napa freática está por debajo del sello de fundación de los muros, su posición no afecta los cálculos realizados.

3.2.4. Cargas de edificios vecinos y sobrecargas.

Para las sobrecargas se adoptó una mínima de 10 kN/m^2 en los sectores contiguos a la excavación. En sectores con estructuras presentes, la sobrecarga mínima aumenta proporcionalmente con el número de pisos de dicha construcción.

En el caso de sismo, procedemos a adicionar el efecto producido por el corte basal multiplicando a las cargas distribuidas de manera respectivamente a su coeficiente sísmico. De esta manera se tendrán no sólo cargas verticales que se caracterizan por ser distribuidas sino también cargas horizontales distribuidas, las cuales demuestran reflejar el efecto producido por el corte basal debido a que sobre el edificio actúa la fuerza sísmica.

3.3. CRITERIOS ADOPTADOS PARA EL DISEÑO

Las Fuerzas de anclajes y solicitaciones en el muro se han determinado mediante el método de estados límites con el programa GGU RETAIN de origen alemán. Los procedimientos de diseño que usa el programa están basados en las normas alemanas DIN, EAB y EAU.

3.3.1. Empuje activo: mayoración y distribución adoptada.

Tanto para la zona de calles como para las zonas de edificaciones vecinas se ha adoptado un empuje activo ponderado siguiendo los criterios que se muestran continuación.

- Empuje activo ponderado

En general se parte del empuje para el estado activo mayorado E_{aoh} según lo indicado en las EAB, dependiendo de la limitación de asentamientos deseada en la superficie. El empuje activo se incrementa en función de la estructura vecina de la siguiente forma.

$$K_{aoh} = (1 - f) \cdot K_{ah} + f \cdot K_{oh}$$

Siendo:

K_{ah} = factor de empuje activo

K_{oh} = factor de empuje en reposo

f = factor de mayoración

Para edificios de hormigón armado se adopta un factor de mayoración $f = 0.50$

Para las calles se adopta un factor de mayoración $f = 0.25$

El empuje activo se calcula según la teoría de Rankine y normado en la DIN 4085:

$$K_{ah} = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2(\alpha) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta_a) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]}$$

$$E_{ah} = \frac{h^2}{2} \cdot \gamma \cdot K_{agh}$$

K_{agh} : Coeficiente de empuje activo.

ϕ : Ángulo de fricción interna del suelo.

α : Inclinación muro con respecto a la vertical.

δ_a : Ángulo de fricción muro-suelo lado activo.

β : Ángulo del talud del terreno con respecto a la horizontal.

h: Altura del suelo, medido desde cota de coronamiento del muro.

γ : Peso unitario del suelo.

El empuje en reposo se calcula según la teoría de *Jaky* generalizada por *Franke* para presencia de talud (Bautechnik 1974 - fascículo 1):

$$K_0 = 1.0 - \text{seno } \phi + (\cos \phi + \text{seno } \phi) * \beta/\phi$$

Siendo:

ϕ : Ángulo de rozamiento interno

β : Ángulo del talud del terreno con respecto a la horizontal

Para el caso de las cargas de edificios se ha utilizado una distribución rectangular sobre el muro obedeciendo la distribución recomendada en la EAB.

La teoría utilizada en este caso para los empujes en reposo es una extensión de la teoría de *Boussinesq* para suelos anisotrópicos (teoría de *Fröhlich*).

3.3.2. Empuje pasivo

Para el caso de Muros Anclados no se considera el aporte del empuje pasivo en el diseño.

3.4. HIPÓTESIS DE LOS CÁLCULOS

3.5.1. Cálculos para los muros anclados

Para el cálculo se han asumido las siguientes zonas y niveles de fundación vecinas:

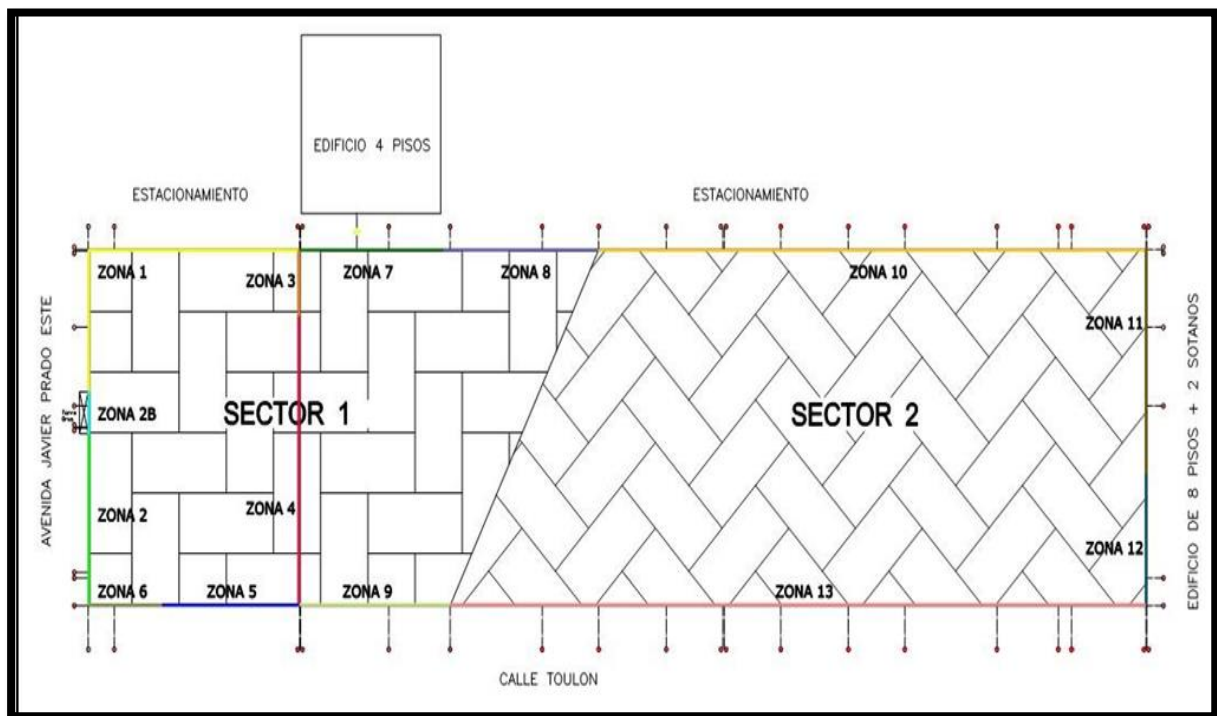
	Zona	NFC (m)	Estructura vecina	Sello Fundación Vecino (m)*
Edificio 1 NFC: - 23,25m	1	-18.75	Calle	2.70
	2	-19.90	Calle	2.40
	2B	-19.90	Calle / TG	2.40
	3	-18.75	Terreno	1.45
	3B	-18.75	Terreno	-6.10
	4	-21.30	Terreno	1.45
	5	-20.40	Calle	1.45
	6	-23.25	Calle	2.00

Cálculo Edificio 1. Fuente: Propia.

	Zona	NFC (m)	Estructura vecina	Sello Fundación Vecino (m)*
Edificio 2 NFC: -8,40m	7	-6.10	Edif. 4 pisos	2.30
	8	-6.50	Estacionamiento	1.75
	9	-7.60	Calle	1.40
	10	Variable	Estacionamiento	0.00**

Cálculo Edificio 2. Fuente: Propia.

*Niveles adoptados para el diseño debido al desconocimiento del nivel real. En caso de una variación significativa en los niveles se deberá replantear el diseño de la zona respectiva.



Zonas a estabilizar por PTP. Fuente: Terratest. S.A.C.

Es importante mencionar que el cliente, o quien corresponda, será el responsable de entibar todo el resto de la excavación. PTP se hace responsable únicamente de los sectores reportados en sus planos.

3.5. PANELES – MUROS SUBTERRÁNEOS

Debido a la magnitud de carga de los anclajes y el estado de carga que imponen sobre los muros subterráneos, los muros actualmente presentados en el proyecto estructural deben ser verificados y reforzados para la condición de cargas debiendo contar con un refuerzo adicional por punzonamiento y flexión en las zonas de aplicación de la carga de anclajes.

3.6. SOIL NAILINGS

Para este proyecto en el que se basa la presente tesis, se consideraron nails del tipo TITAN 40/16 de la firma Ischebeck. Es importante mencionar que la característica importantísima de éstos es de ser autoperforantes, siendo la barra de perforación la armadura misma del anclaje. Viene a estar esta característica ligada a la alta calidad que poseen los elementos que componen el sistema (barras, bits, etc.) la que se muestra como una solución de alta velocidad en el terreno en cuestión.

Los anclajes TITAN están compuestos por barras huecas con rosca externa continua en toda su longitud. La longitud de fabricación de estas barras es de 3.0 metros, y se empalman mediante manguitos roscados hembra-hembra, siendo siempre posible empalmar barras hasta alcanzar las longitudes totales deseadas, cortándose las barras en caso de ser necesario.

La perforación con barras TITAN puede ser rotativa pura o por roto percusión en cabeza, eligiéndose la broca de perforación según las condiciones del terreno. Es importante mencionar que al ser cumplida la función de fluido de perforación por la lechada de cemento, esta debe ser inyectada a lo largo del tiempo de perforación. Ha de retornar una buena parte de la suspensión debido a aquel espacio anular caracterizado por quedar entre la barra y suelo.

La capacidad de carga interna del nail está dada por la capacidad de carga de la barra de acero.

Tipo de barra	TITAN 40/16
Diámetro exterior - interior nominal [mm]	40 – 16
Carga última [kN]	660
Carga de fluencia [kN]	465
Tensión $T_{0,2}$ de fluencia [N/mm ²]	590
Area de la sección [mm ²]	879
Momento de Inercia [cm ⁴]	8,98
Peso [kg/ml]	6,9

Fuente: ISCHEBECK.IBERICA, S.L.

Dado que en el diseño se utiliza un análisis de estado límite último, se tomaron las resistencias de fluencia de estas barras.

La protección anticorrosiva de los anclajes pasivos se realiza mediante un espesor mínimo de recubrimiento de lechada de cemento de 30mm, garantizada mediante centradores.

3.7. DISEÑO DE LA ENTIBACIÓN CON ANCLAJES PASIVOS

Los análisis de estabilidad de estructuras geotécnicas están basados en métodos clásicos de estabilidad de taludes (Bishop y Janbu). Se consideran distintas superficies potenciales de falla hasta obtener la más desfavorable en la estructura analizada.

La estabilidad de la superficie de falla es mejorada por los “nails” (anclajes) que atraviesan la línea potencial de rotura y se anclan en la zona pasiva.

3.7.1. Determinación de la fuerza del anclaje pasivo

Para determinar la fricción última unitaria disponible se utilizó el trabajo realizado por Bustamante, el cual correlaciona las fricciones del suelo con el número de golpes del ensayo de penetración estándar (Nspt). Para el suelo predominante en la zona de estudio – arcilla con arenas - se adoptó una fricción última q_s de 100 kN/m².

En el punto de intersección del anclaje pasivo con la superficie de falla se genera un sistema de fuerzas, el cual puede ser representado por una fuerza axial, fuerza de corte y momento flector.

La fuerza estabilizadora del anclaje pasivo en el análisis de estabilidad de talud, puede ser determinada del lado de la seguridad considerando solo la carga axial, despreciando la fuerza de corte y el momento flector. Esta fuerza es determinada por el menor valor entre la fuerza límite por la resistencia del material o la fuerza admisible de arrancamiento por fricción.

$$T_n = \min[T_a; F_w]$$

Donde:

T_a : Fuerza de diseño a tracción y compresión de la barra de acero:

$$T_a = 465 \text{ kN} / 1.15 = 404.3 \text{ kN}$$

D: Diámetro equivalente del nail mayorado por un factor debido al tipo de suelo. En este proyecto se utilizará un bit de perforación de 70mm de diámetro. Para el tipo de suelo se obtiene un diámetro final:

$$D = 0.07 + 0.05 = 0.12\text{m}$$

Fw: Fuerza admisible de arrancamiento por metro de clavo detrás de la superficie de falla por metro de ancho de muro:

$$F_w = \frac{q_s \cdot \pi \cdot D \cdot L}{\gamma_A \cdot sh} = \frac{100 \cdot \pi \cdot 0,12 \cdot 1}{1,1 \cdot 5,0} \cong 7 \text{ kN/m/m}$$

con:

gA: Factor parcial de seguridad para la resistencia del bulbo de inyección (DIN 1054) sh: separación horizontal entre clavos

Fw: Valor redondeado al entero superior

3.7.2. Verificaciones de estabilidad

Con el modelo propuesto se realizaron las verificaciones de estabilidad del muro vertical, utilizando como base de cálculo la nueva norma alemana DIN4084. La nueva norma aplica coeficientes parciales de minoración a los elementos resistentes y de mayoración a las acciones desestabilizantes. Los factores de seguridad parciales adoptados, corresponden según las especificaciones de la DIN 1054 (nueva) al estado de carga estático permanente LC1 y al estado sísmico extraordinario LC3.

	Abrev.	Coeficiente parcial	
FACTORES DE REDUCCIÓN		LC1	LC3
Ángulo de fricción interna	γ_{ϕ}	1.25	1.10
Cohesión	γ_c	1.25	1.10
Fuerza de arranque anclajes, clavos, geosintéticos	γ_A	1.10	1.10
FACTORES DE MAYORACIÓN			
Cargas permanentes	γ_G	1.0	1.0
Cargas variables	γ_Q	1.3	1.0

Factores de seguridad parciales adoptados. Fuente: Propia.

Factor de Uso

Al proceder a realizar el diseño por estabilidad, el programa GGU-STABILITY ha sido empleado. La función que tiene este software es de proceder (de manera automática) a incrementar las cargas actuantes con la participación del respectivo coeficiente parcial y la disminución de las fuerzas que se caracterizan por ser resistentes, por lo que, cuando ya se termina de calcular, viene a ser necesario (simplemente) verificar que las fuerzas actuantes hayan de ser menores a las fuerzas resistentes:

$$\sum Fzas. Actuantes \leq \sum Fzas. Resistentes$$

En otras palabras, el factor de uso deberá ser siempre menor o igual a 1:

$$\mu = \frac{\sum Fzas. Actuantes}{\sum Fzas. Resistentes} \leq 1$$

A continuación, se presenta una tabla resumen de los Nails:

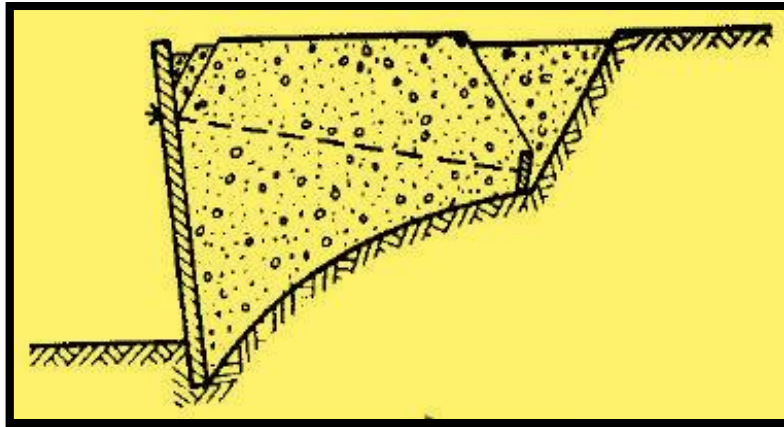
LISTA DE NAILS						
Sector	Línea	Cantidad nails	Tipo nail	Lo m	Lo tot m	Fuerza max (*) Tn
ZONA 11 (H: -6,90m)	1	7	TITAN 40-16	3.00	21.00	40.00
Edificio 8 pisos + 2 sótanos a 7m	2	7	TITAN 40-16	4.00	28.00	40.00
ZONA 11 (H: -8,40m)	1	4	TITAN 40-16	3.00	12.00	40.00
Edificio 8 pisos + 2 sótanos a 7m	2	4	TITAN 40-16	5.00	20.00	40.00

*Es la máxima fuerza que puede transmitir el perno al muro si éste se deforma. Esta no es una fuerza de pretensado. Fuente: Propia.

3.8. ANCLAJES

3.8.1. Longitud de anclajes

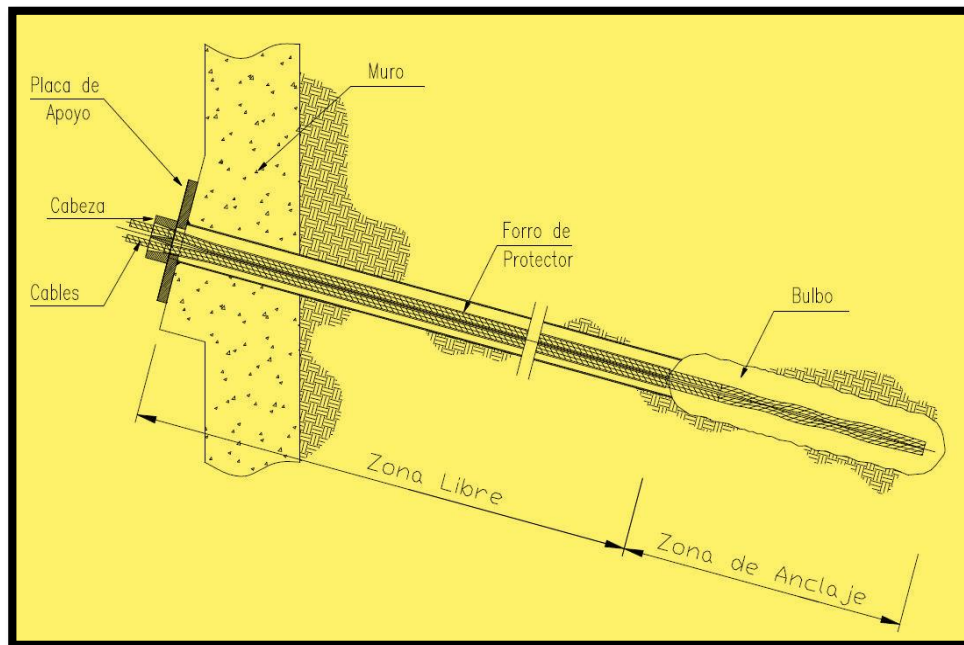
Se define la longitud necesaria de los anclajes de tal forma que garantice la estabilidad de la entibación con un adecuado coeficiente de seguridad para el estado último analizado (falla más probable), de tal forma de evitar la falla en una zona profunda por detrás de la zona de influencia de los anclajes.



Falla de cuña profunda en muros anclados. Fuente: CAPECO.

3.8.2. Partes de los anclajes

En la siguiente figura se pueden apreciar las partes que conforman un anclaje activo:



Partes de los anclajes. Fuente: CAPECO.

- Longitud libre (Lf) del anclaje

La longitud libre del anclaje ha de ser mayor a:

$$L_f \geq 4.50 \text{ m.}$$

El proceder a fijar una longitud libre mínima tiene por finalidad a las deformaciones específicas del anclaje limitar. Porque son estas deformaciones las causantes de que se puedan provocar incrementos o decrementos que son, en la carga del anclaje, muy importantes. Ya que pueden condicionar la estabilidad que posee la entibación. Sea ésta motivada por una pérdida (menor carga a la de diseño) o también podría darse el caso de un aumento excesivo de la misma que produzca la famosa rotura del tendón.

- Diseño de Longitud de bulbo (Lv) del anclaje

Los factores que controlan la capacidad del bulbo de anclaje son los siguientes:

- Diámetro de perforación.
- Características mecánicas del suelo.
- Sistema de perforación.
- Metodología de inyección del anclaje.

Cabe destacar que, dentro de la Metodología de Inyección del bulbo de los anclajes, se considera la inyección a una presión garantizada de 10 bares, lo que asegura el desarrollo de la adherencia entre el grout y el suelo.

La longitud de bulbo se obtiene basándose en ensayos de arrancamiento, en todos los ensayos de aceptación realizados y en toda la experiencia de PILOTES TERRATEST en las diferentes unidades de suelos con trabajos realizados.

Se adoptan longitudes de bulbo mínimas igual a $L_v = 5,0$ m dentro del SECTOR 1 y $L_v = 8,0$ m dentro del SECTOR 2.

3.8.3. Carga de anclaje (F_w)

La carga de los anclajes ha sido obtenida mediante el software de diseño GGU-RETAIN de origen alemán, que realiza un análisis de estados límites, proporcionando las fuerzas requeridas para obtener el equilibrio del sistema, así como las deformaciones esperables y las solicitaciones en el muro.

Los resultados de cálculo son presentados en forma anexa al final de este documento.

La siguiente tabla muestra las cargas máximas en los anclajes:

Zona	Ejes	Línea de anclajes	Separación máxima entre anclajes (m) (*)	Carga máxima anclajes (Tn) (**)
1	Eje 1, Eje I	1	4,90	59
		2	4,90	108
		3	4,90	108
		4	4,90	108
		5	4,90	108
2	Eje 1	1	4,50	54
		2	4,50	88
		3	4,50	88
		4	4,50	88
		5	4,50	88
		6	4,50	88
2B	Eje 1	1	2,33	110
		2	2,33	110
		3	2,33	110
		4	2,33	110
		5	3,50	53
		6	3,50	53
3	Eje III	1	4,50	77
		2	4,50	99
		3	4,50	99
		4	4,50	99
		5	4,50	99
3B	Eje III	4	4,50	45
		5	4,50	68
4	Eje III	1	4,50	88
		2	4,50	108
		3	4,50	108
		4	4,50	108
		5	4,50	108
		6	4,50	108
5	Eje A	1	4,90	44
		2	4,90	93
		3	4,90	93
		4	4,90	93
		5	4,90	93
		6	4,90	93

Fuente: Propia.

Zona	Ejes	Línea de anclajes	Separación máxima entre anclajes (m) (*)	Carga máxima anclajes (Tn) (**)
6	Eje A	1	4.90	54
		2	4.90	108
		3	4.90	108
		4	4.90	108
		5	4.90	108
		6	4.90	108
		7	4.90	108
7	Eje I	1	5.00	33
		2	5.00	63
8	Eje I	1	5.00	30
		2	5.00	43
9	Eje A	1	5.00	30
		2	5.00	50
10	Eje I	1	5.00	25
		2	5.00	25
13	Eje A	1	5.00	25
		2	5.00	25

*Las distancias son referenciales y pueden variar en planos.

**Cargas de servicio. Para las verificaciones estructurales del muro deberá considerarse un 25% de carga adicional que se aplica durante el ensayo de aceptación de los anclajes.

Fuente: Propia.

3.8.4. Cables de acero

Los anclajes son proyectados con cables de acero de alta resistencia y baja relajación, de 15.2 mm (0,6") de diámetro, diseñados con una carga mínima de fluencia de 235 kN (ASTM A 416 Grado 270).

El coeficiente de seguridad adoptado para el diseño de los tendones de acero, según DIN 4125 es:

FS = 1.5. Estado de carga de diseño: AS

AS = Empuje activo + Sismo

3.8.5. Tensado de los anclajes – Ensayo de aceptación

Durante el procedimiento de tensado, el 100% de los anclajes son sometidos a una prueba de aceptación en la cual se verifica la calidad de la ejecución y las características de fluencia y pérdida de carga de los anclajes en el estado límite de servicio. (Ensayo de Aceptación según DIN 4125).

El ensayo se inicia con una pre-carga F_i que es incrementada en etapas hasta una carga de prueba F_p igual a 1.25 veces la carga de servicio del anclaje.

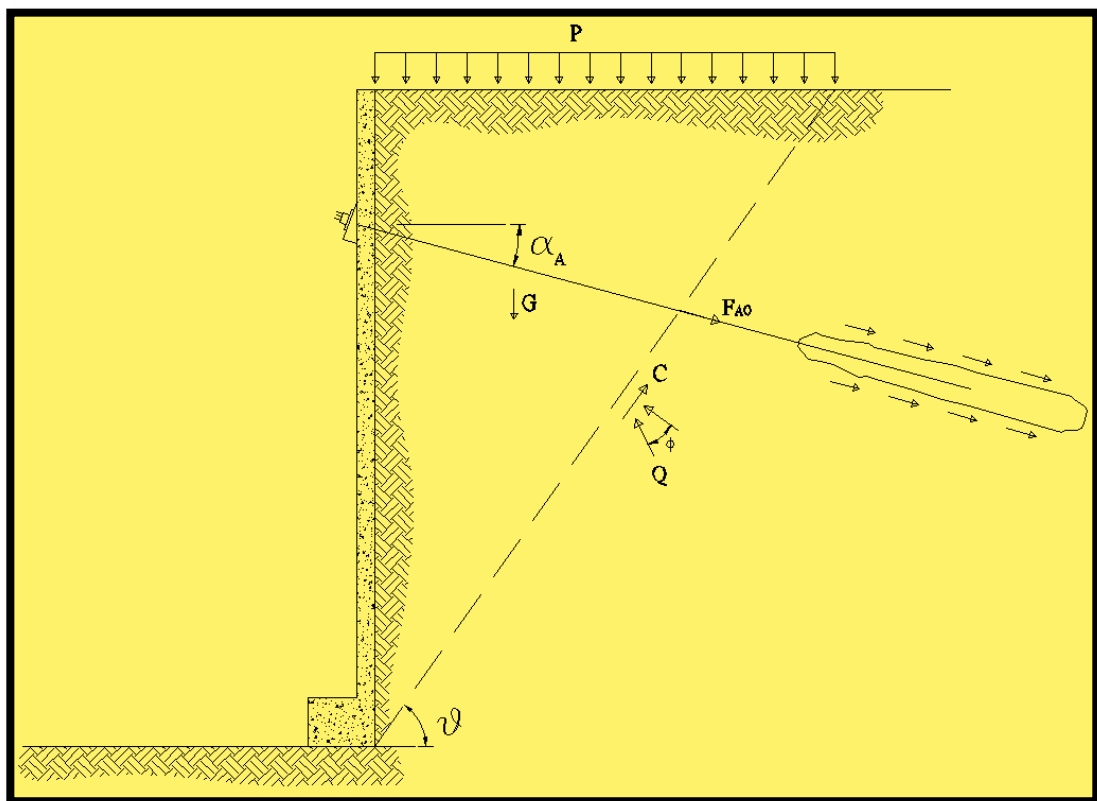
Posteriormente el anclaje es descargado hasta su carga de bloqueo, dejando al anclaje en su estado de carga definitivo.

En cada etapa de carga, el desplazamiento del anclaje es medido como una función de la carga para verificar el comportamiento de fluencia del elemento suelo-bulbo.

La carga de prueba del Ensayo de Aceptación será como máximo $F_p \leq 0.90 F$ (Fluencia de la sección de acero del anclaje).

3.9. DISEÑO DE ESTABILIDAD DEL TALUD CON ANCLAJES ACTIVOS

Las cargas determinadas para los anclajes son verificadas en el programa de estabilidad de taludes GGU-STABILITY, donde se realiza una verificación de la estabilidad global de la estructura mediante los métodos de Bishop (para planos de falla circular) y Janbu (para planos de falla en cuña).



Cargas actuantes en un plano de falla reforzado con anclajes activos. Fuente: Capeco.

En este análisis final se determina la longitud óptima de los anclajes y se verifica las cargas de los mismos para el caso estático, sísmico y los distintos estados constructivos, de tal forma que el sistema proporcione un Factor de Seguridad de acuerdo a la siguiente tabla:

	Estado de uso definitivo	Estado constructivo	Estado sísmico extraordinario
FS	1.40	1.30	1.10

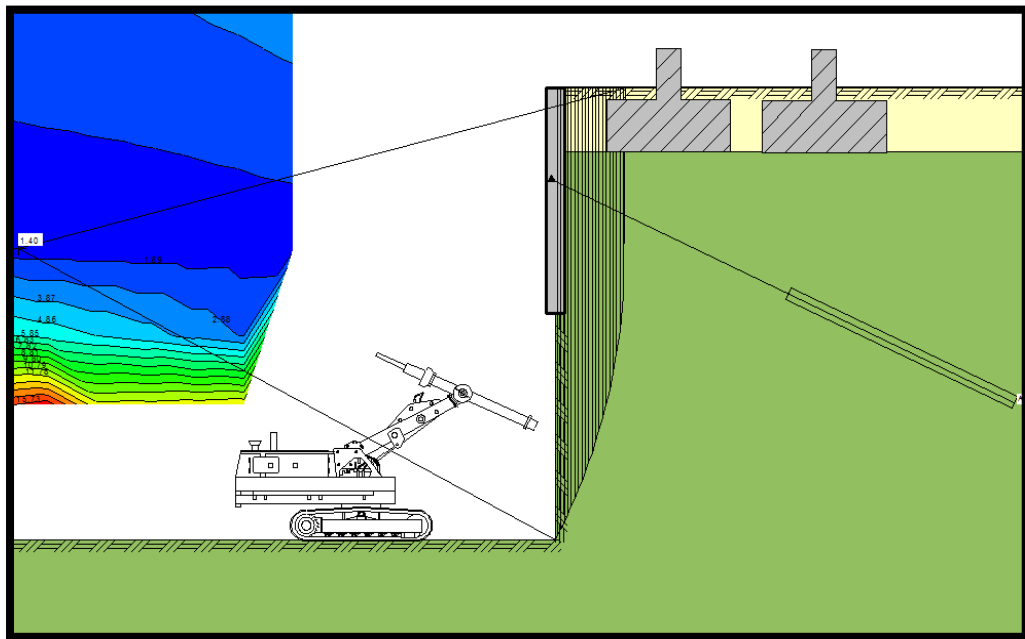
Fuente: CAPECO.

3.9.1. Estado de uso definitivo

En este estado se considera la excavación en toda su profundidad con todos los muros y anclajes ejecutados y tensados.

3.9.2. Estado constructivo

Se realiza el cálculo de estabilidad en cada una de las fases constructivas para determinar el factor de seguridad mínimo.



Verificación para el estado constructivo (figura no tiene relación con el proyecto actual).

Fuente: CAPECO.

3.9.3. Estado sísmico extraordinario

Se considera la influencia de solicitaciones sísmicas mediante coeficientes de aceleración pseudoestáticos de acuerdo a la Fórmula de Kuntsche (teoría de Bishop).

La influencia de las aceleraciones sísmicas es considerada mediante cargas adicionales actuantes en el centroide de cada dovela en el sentido vertical y horizontal de la siguiente forma:

$$F_H = \frac{A_h * G}{g} = k_h * G$$

$$F_V = \frac{A_v * G}{g} = k_v * G$$

Donde:

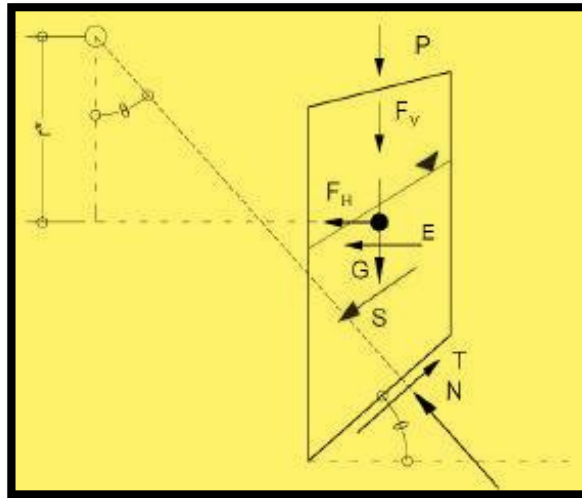
Fv, FH: Fuerza adicional debida a la solicitación sísmica en dirección vertical y horizontal

G: Peso del cuerpo de la dovela

g: aceleración de la gravedad

kh, kv: Coeficientes pseudoestáticos de aceleraciones sísmicas horizontal y vertical [-] (En muchas normas se considera el coeficiente vertical como la mitad del coeficiente horizontal).

La influencia de las fuerzas sísmicas adicionales se muestra en el siguiente esquema de fuerzas:



Fuerzas actuantes en las dovelas en el análisis de Equilibrio Límite. Fuente: Elaboración propia.

El factor de seguridad del sistema queda descrito de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{r * \sum T_i}{r * \sum (G_i + P_i) \sin \theta_i + r_i^* * \sum F_{H_i}}$$

La fuerza \$F_v\$ aumenta o reduce el peso de la dovela de la siguiente forma:

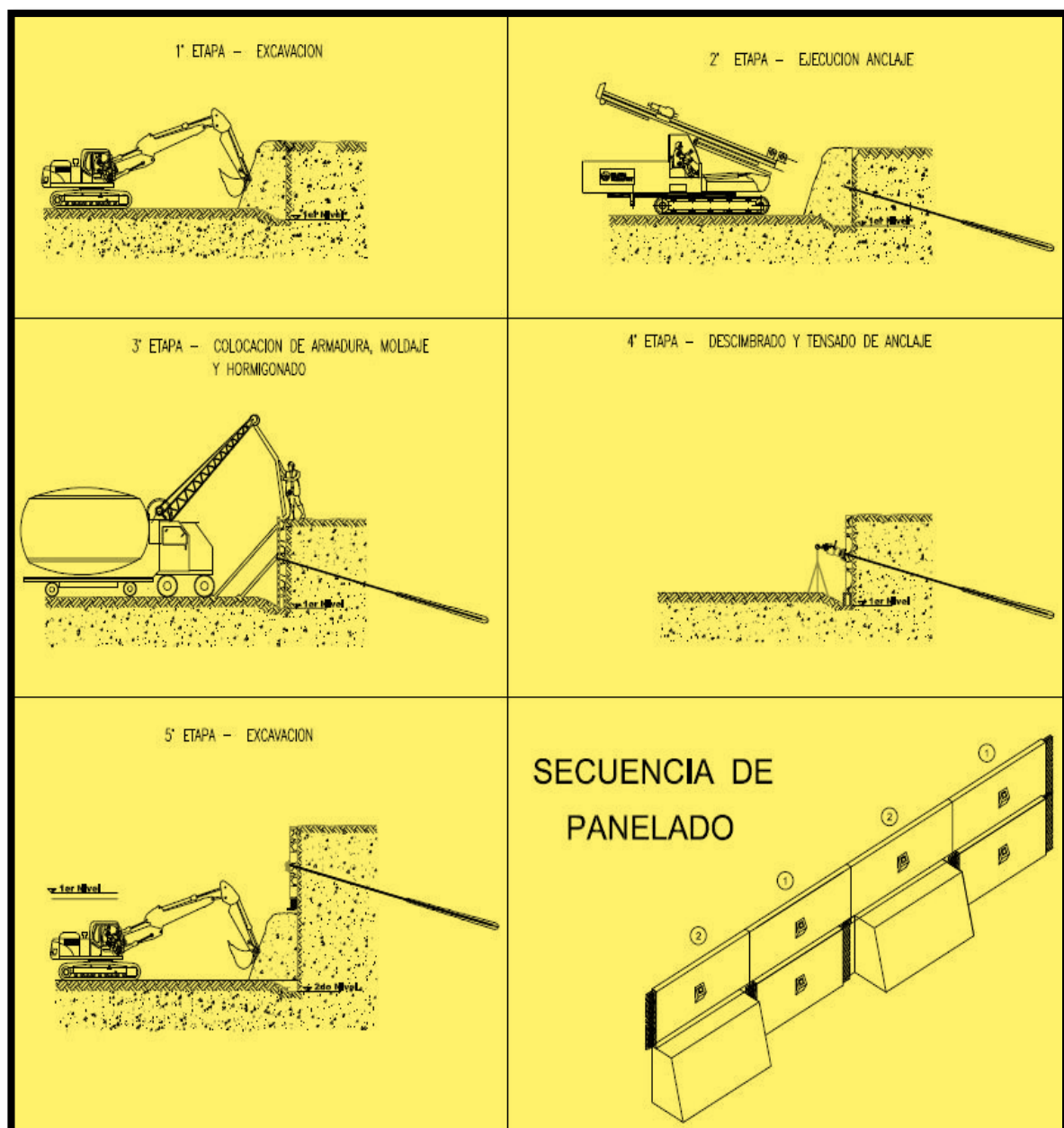
$$(1 + k_p) * G, \text{ o, } (1 - k_p) * G$$

La fuerza horizontal \$F_H\$ se considera en el denominador adicionalmente, mediante un brazo de palanca distinto \$r^*\$.

3.10. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE LOS MUROS ANCLADOS

La construcción del muro anclado procede simultáneamente con el progreso de la excavación y el muro anclado que se va construyendo desde arriba hacia abajo. La secuencia constructiva por bataches es la siguiente:

- En primera instancia se excavará para dejar una plataforma para la ejecución de los anclajes de la primera línea.
- Ejecución e instalación de los anclajes temporales según secuencia de panelado.
- Ejecución del panel de muro de hormigón armado en forma tradicional considerando el uso de encofrado industrializado. Se incluyen las armaduras de empalme para las losas, vigas y entre tramos de muro.
- Tensado de los anclajes de los paneles ejecutados.
- Construcción del panel contiguo.
- Tensado del anclaje de los paneles contiguos.
- Al estar el tensado de los anclajes correspondientes a la línea ejecutada completo, entonces se procederá a excavar con la finalidad de conformar una plataforma nueva de trabajo. Ello con fines de realizarse la ejecución de los anclajes de la línea inferior. Cabe destacar que los procedimientos indicados anteriormente han de ser repetidos hasta la cota de sello que posee la fundación.



Esquema de secuencia constructiva. Fuente: CAPECO.

CONCLUSIONES

- Los muros anclados son necesarios básicamente por 3 aspectos: brindan seguridad al proceso de excavación, permite alcanzar grandes profundidades y basados en la profundidad de la excavación y en comparación con otros sistemas del medio, constituye un sistema económicamente rentable.
- El sistema de entibación presenta la siguiente modalidad:

Sector Suelo	Eje	Líneas de anclajes	Separación entre anclajes* (m)	Carga máxima anclajes** (ton)
Sector 1	Zona 1	5	4,75	105
	Zona 2	6	4,75	93
	Zona 3	3	5,00 / 2,80	104
	Zona 4	4	4,40 / 5,00 / 2,91	110
	Zona 5	6	4,90	93
	Zona 6	7	4,90	108
Sector 1	Zona 7	2	5,00	63
	Zona 8	2	5,00	43
	Zona 9	2	5,00	50
Sector 2	Zona 10	2	4,95	25
	Zona 11	2	4,75	***
	Zona 12	2	4,75	***
	Zona 13	2	4,75	24

*Las distancias son referenciales y pueden variar en planos.

**Cargas de servicio. Para las verificaciones estructurales del muro deberá considerarse un 25% de carga adicional que se aplica durante el proceso de tensado de los anclajes.

***Zonas solucionadas con sistema de Soil Nailing.

Fuente: Propia.

- De acuerdo con esta distribución de anclajes, el estado de carga temporal sobre los muros subterráneos puede alterar el diseño originalmente propuesto. El Ingeniero Estructural a cargo del proyecto deberá verificar los estados críticos (flexión, punzonado, entre otros) de acuerdo a las cargas entregadas y reforzar el muro en caso de ser necesario, considerando que PTP utiliza de forma estándar los siguientes tamaños de placas para anclajes:

Para anclajes con cargas hasta 63 Tn se utilizan planchas de acero A36 de 320 x 320 x 28 mm.

Para anclajes con cargas hasta 110 Tn se utilizan planchas de acero A36 de 350 x 350 x 32 mm.

- Es importante mencionar que cualquier modificación de los parámetros supuestos puede alterar, en menor o mayor medida, el diseño propuesto.

RECOMENDACIONES

- Los anclajes deben quedar como mínimo a 70 cm del borde de un panel de muro.
- La posición de los anclajes puede variar ± 50 cm en cualquier dirección, siempre que se respete la distancia mínima al borde de los paneles.
- La posición del anclaje debe ser reforzada contra el punzonamiento.
- El ángulo de los anclajes puede variar $\pm 5^\circ$ tanto de forma horizontal como vertical.
- Todos los anclajes deben ser sometidos a una prueba de aptitud y tensados a la carga de bloqueo estimada en el proyecto.
- La longitud del bulbo puede variar ± 10 cm.
- La longitud libre puede variar ± 10 cm.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson & Hanna (1983). *Overall Stability of Anchored Retaining Walls*.
Estados Unidos: JGED - ASCE - Vol 109

Feddersen (1974). *Verpreßanker im Lockergestein. (Anclajes inyectados en suelos)*. Alemania: Der Bauingenieur 49 - Pags. 302 – 310

Franke & Heibbaum (1988). *Ein Beitrag zum Nachweis der Standsicherheit auf der tiefen Gleitfuge. (Una contribución para la verificación de la estabilidad en la línea de falla profunda)*. Alemania: Bauingenieur 63 - Pags. 391 – 398

Ranke & Ostermayer (1968). *“Beitrag zur Stabilitätsuntersuchung mehrfach verankerter Baugrubenumschließungen”*. (Una contribución al cálculo de estabilidad de muros de excavaciones sostenidos por anclajes (múltiples)). Alemania: Die Bautechnik 45 - Pags. 341 - 350

Sociedad Alemana de Suelos y Fundaciones (2006). *Empfehlungen des Arbeitskreises “Baugruben” (EAB - Recomendaciones de la comisión de trabajo: Excavaciones)*. Alemania.

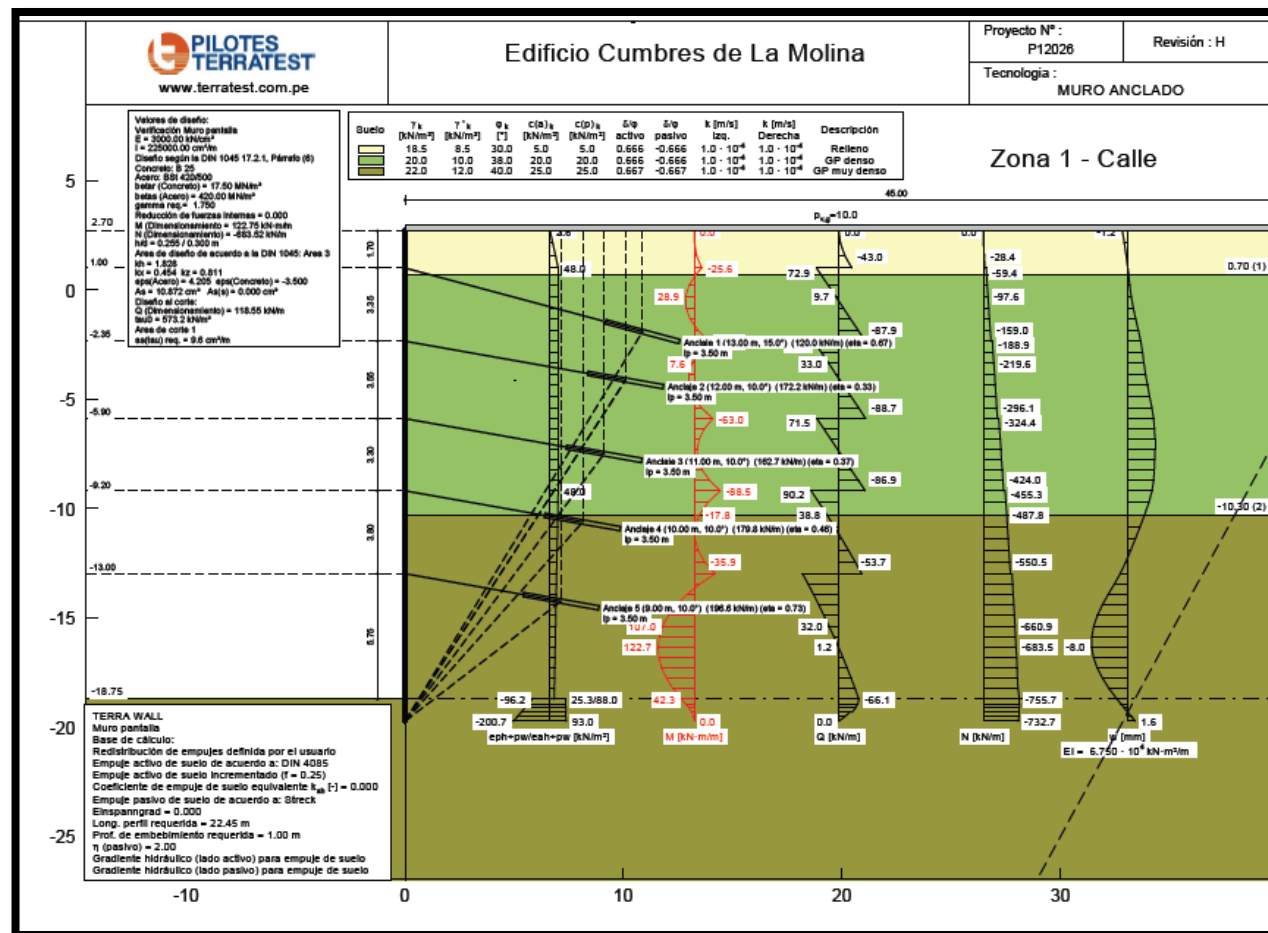
Weissenbach (1977) *Baugruben (Excavaciones)*. Alemania: Bauingenieur

ANEXOS

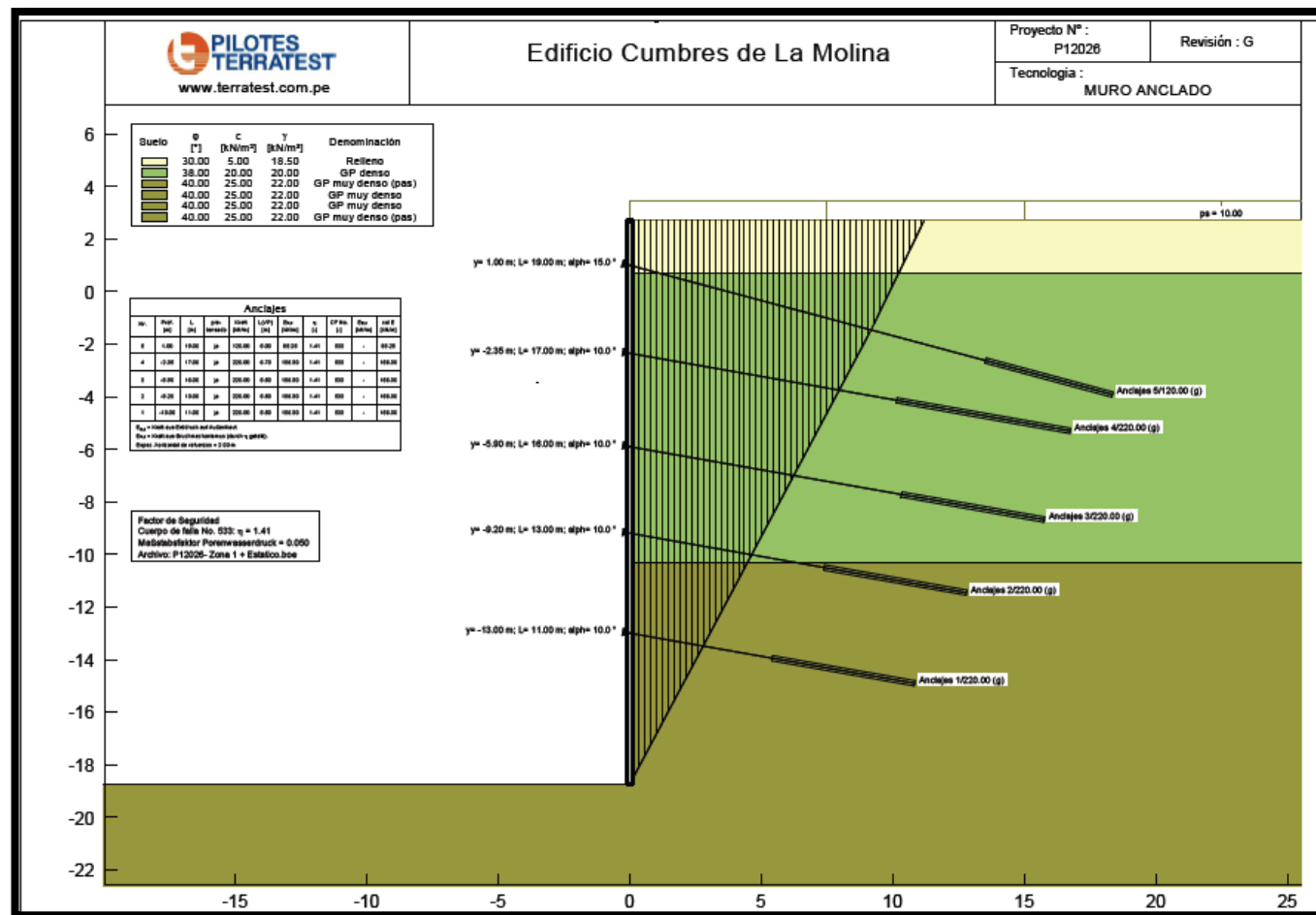
ANEXO 1

MODELOS DE CÁLCULO

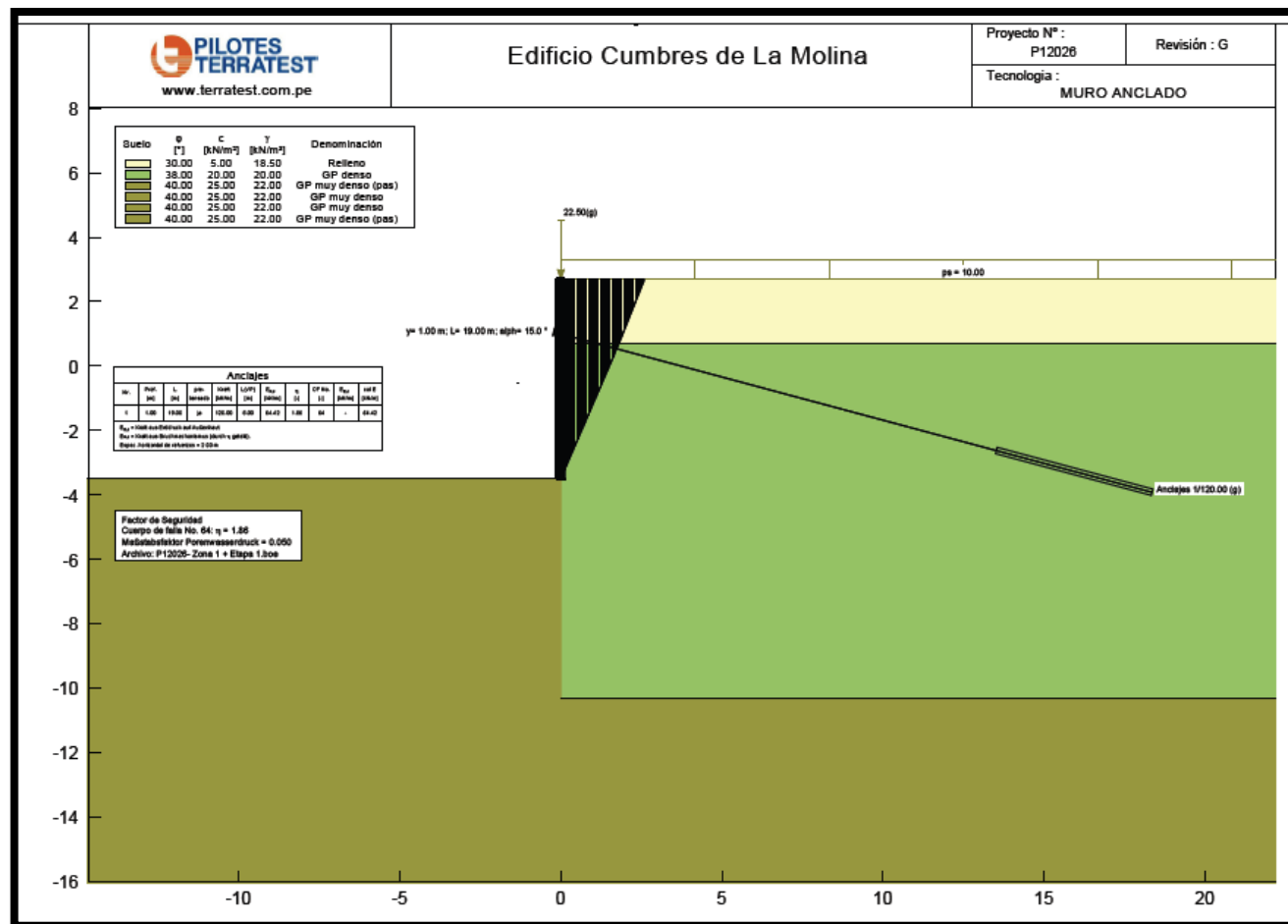
MODELO DE CÁLCULO
EDIFICIO 01



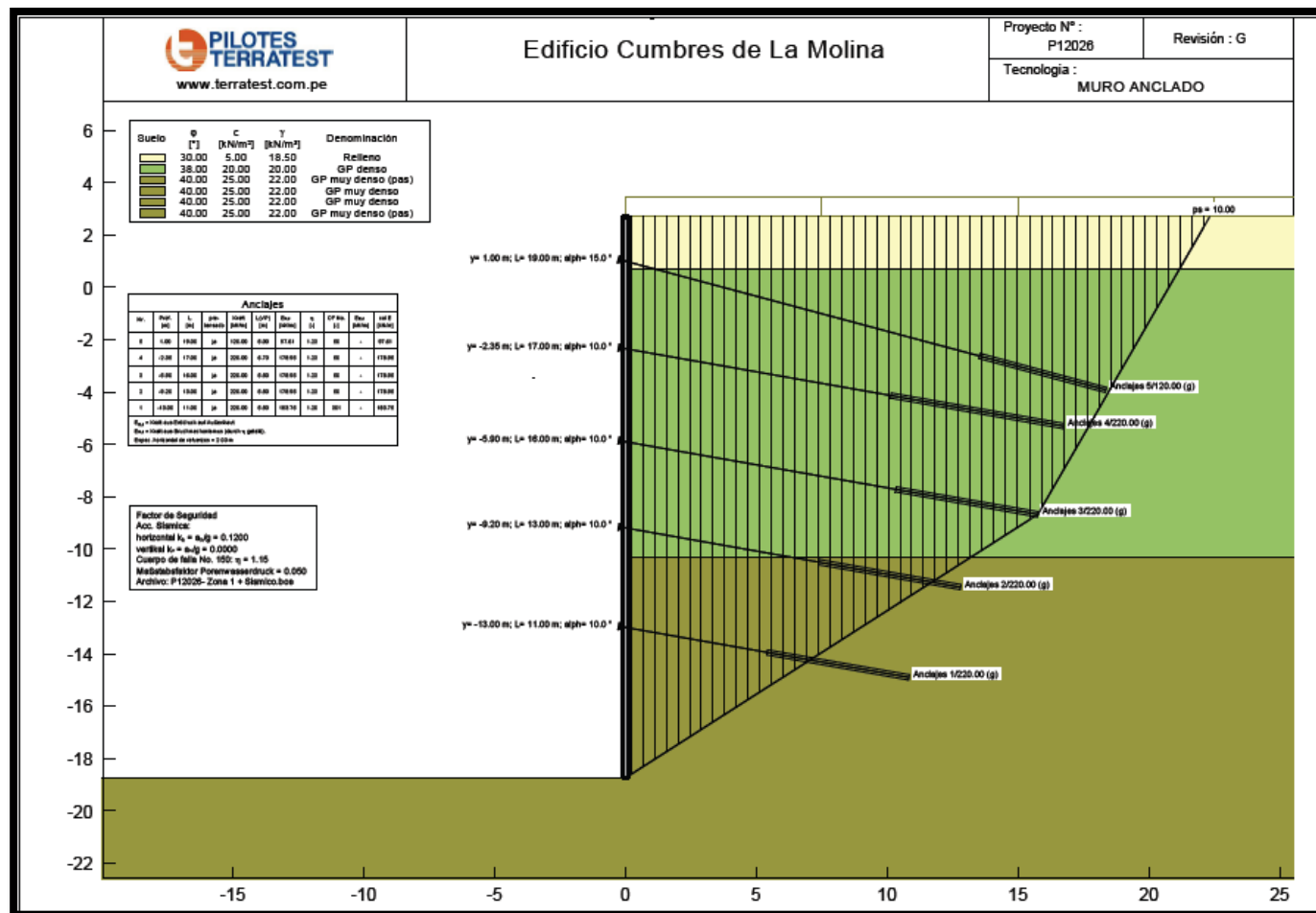
Fuente: Terratest Perú S.A.C.



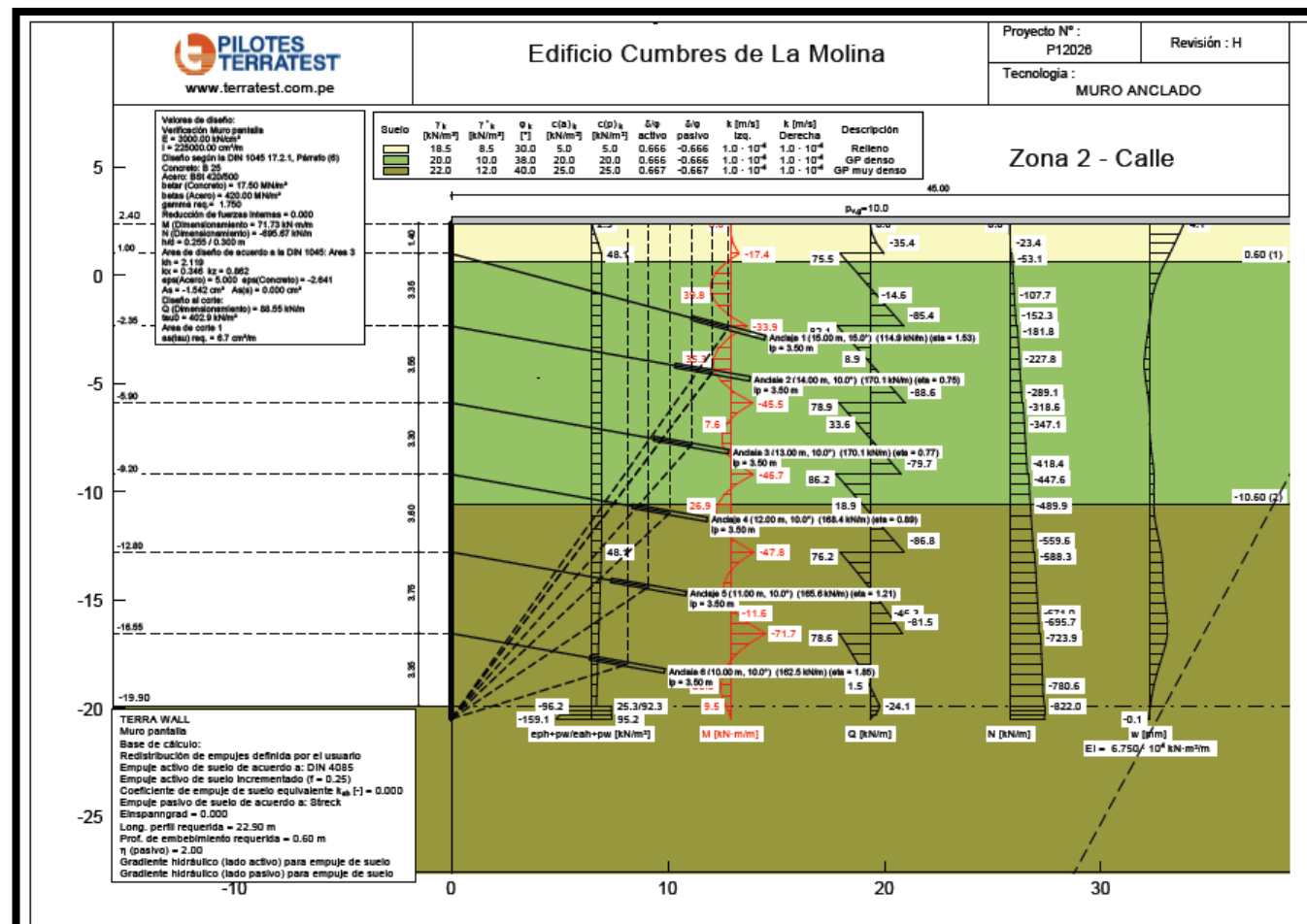
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



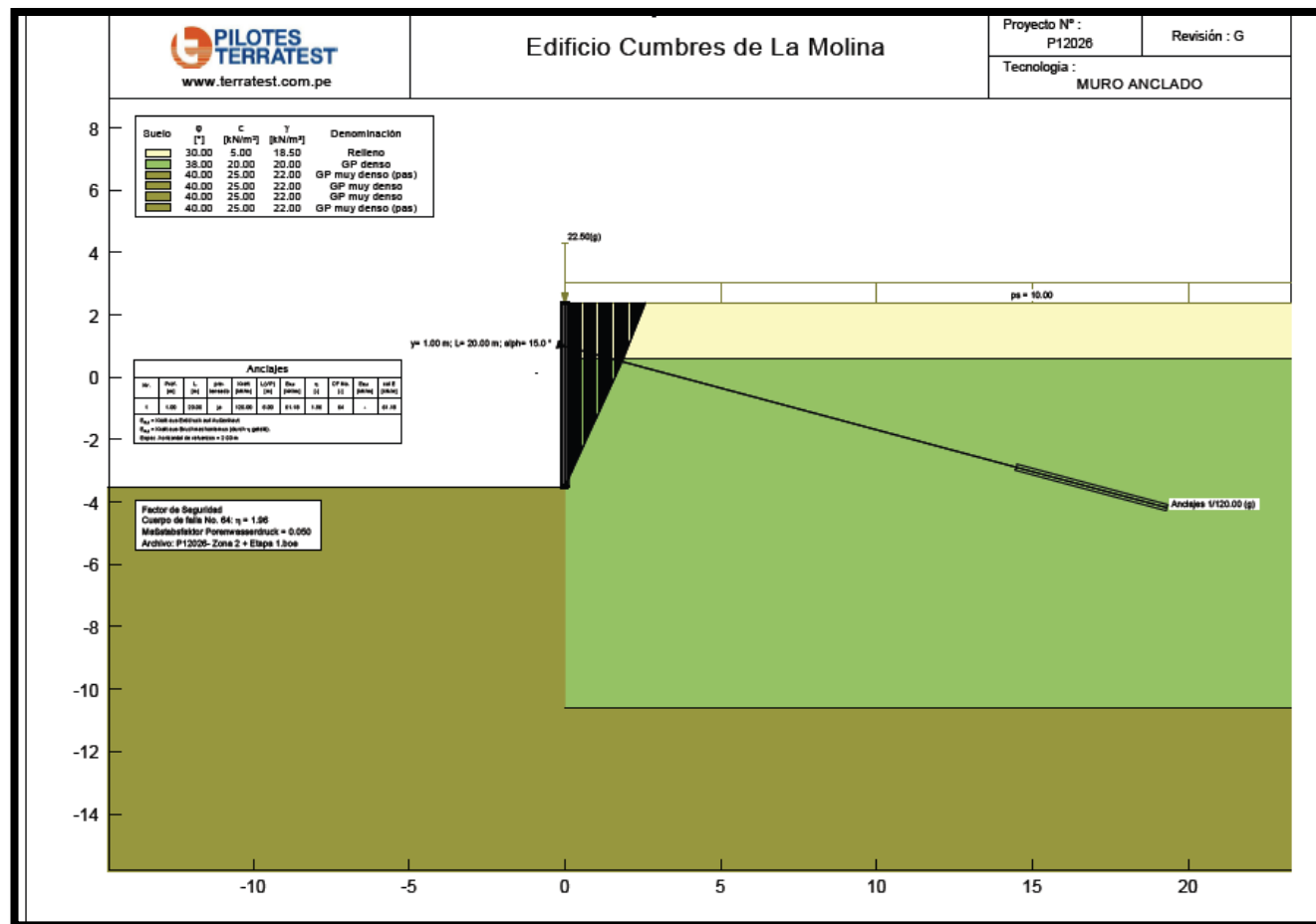
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



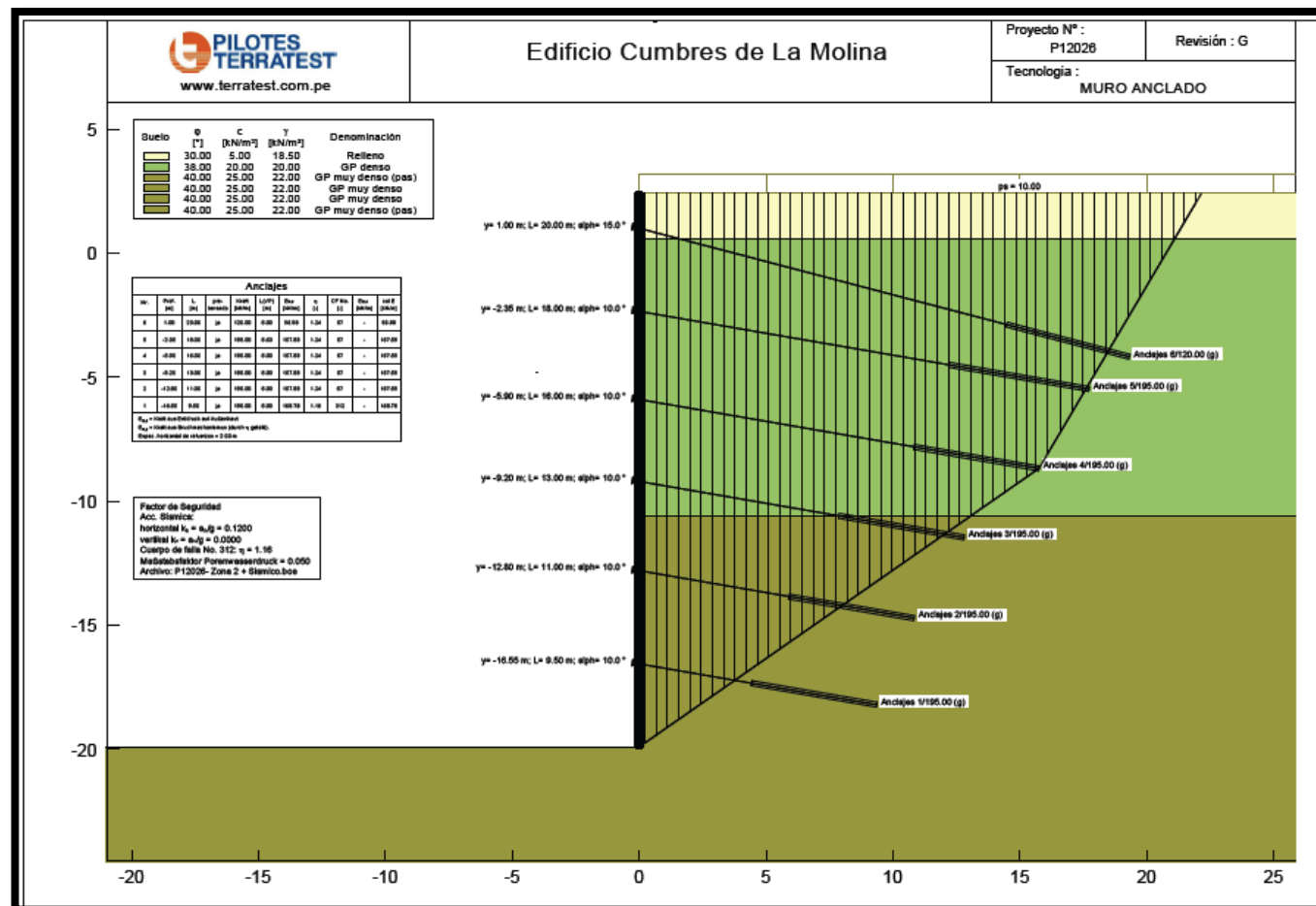
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



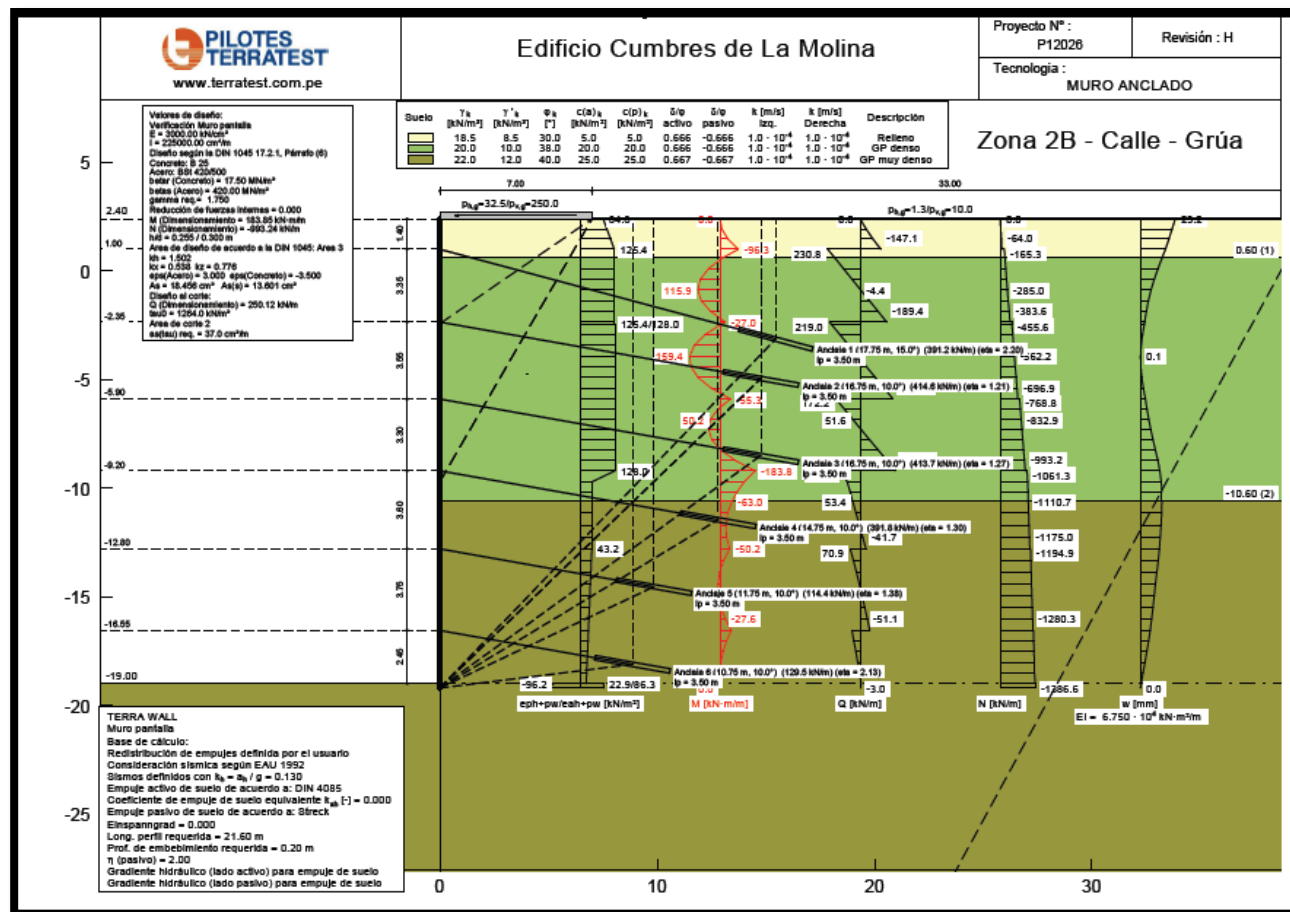
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



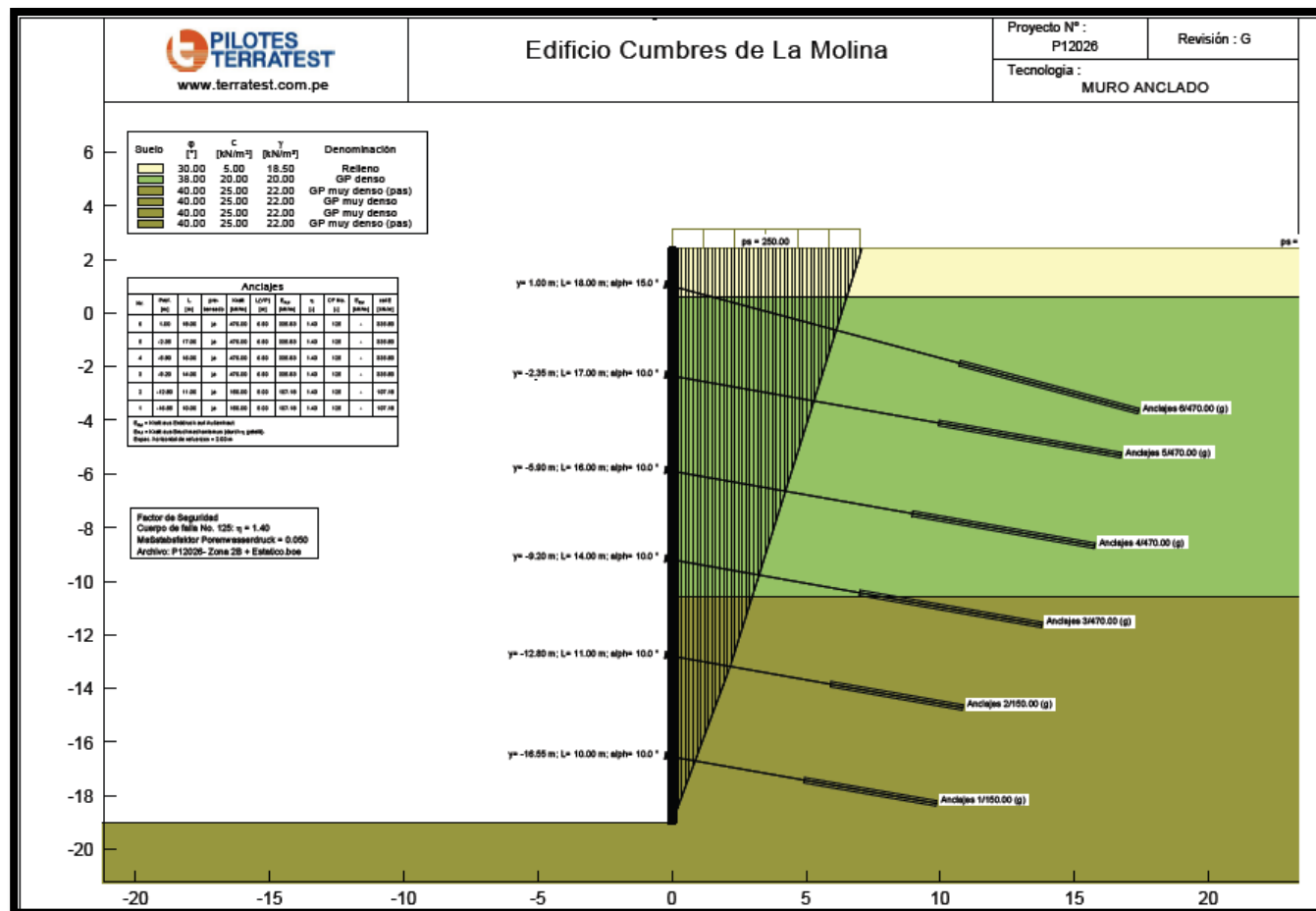
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



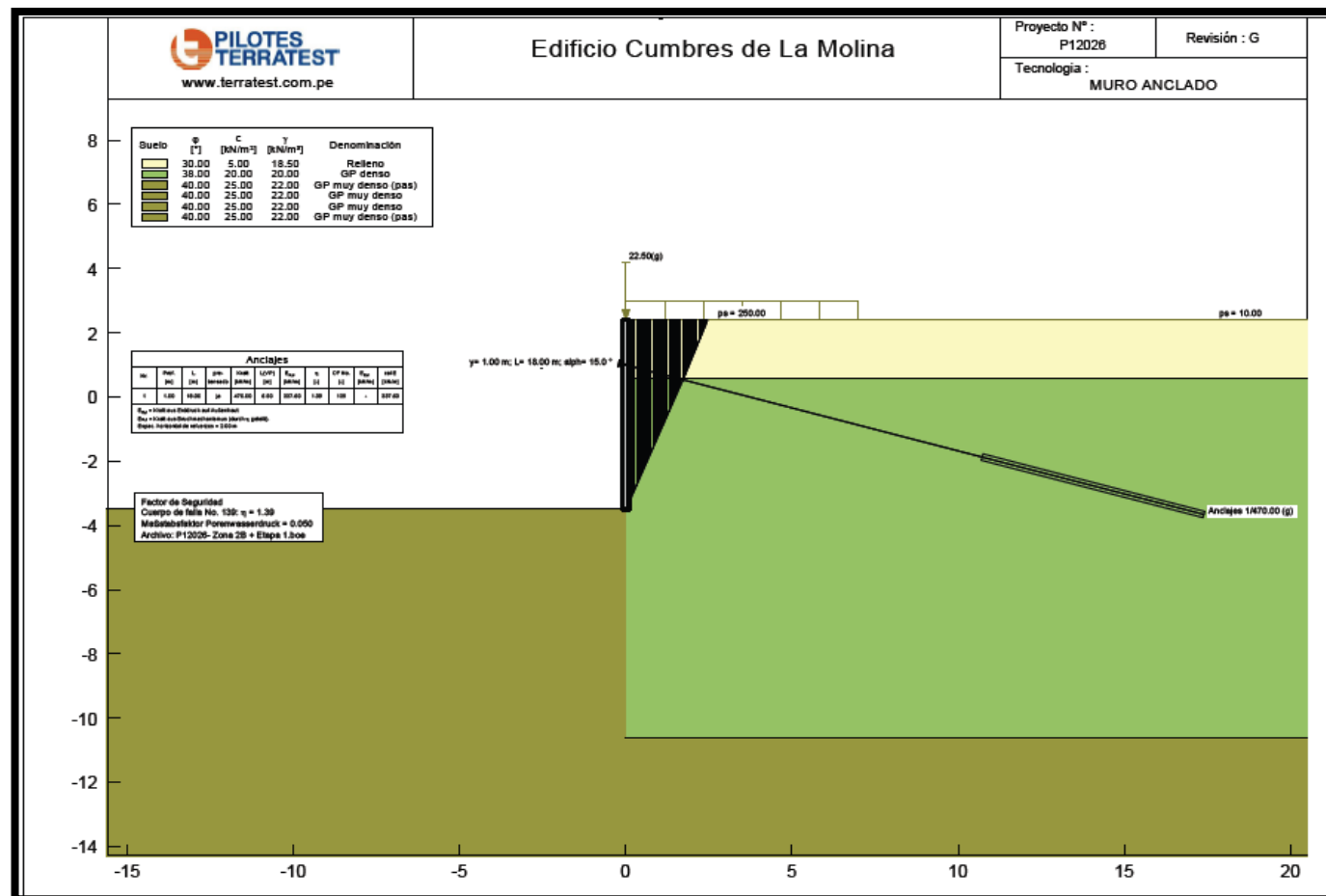
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



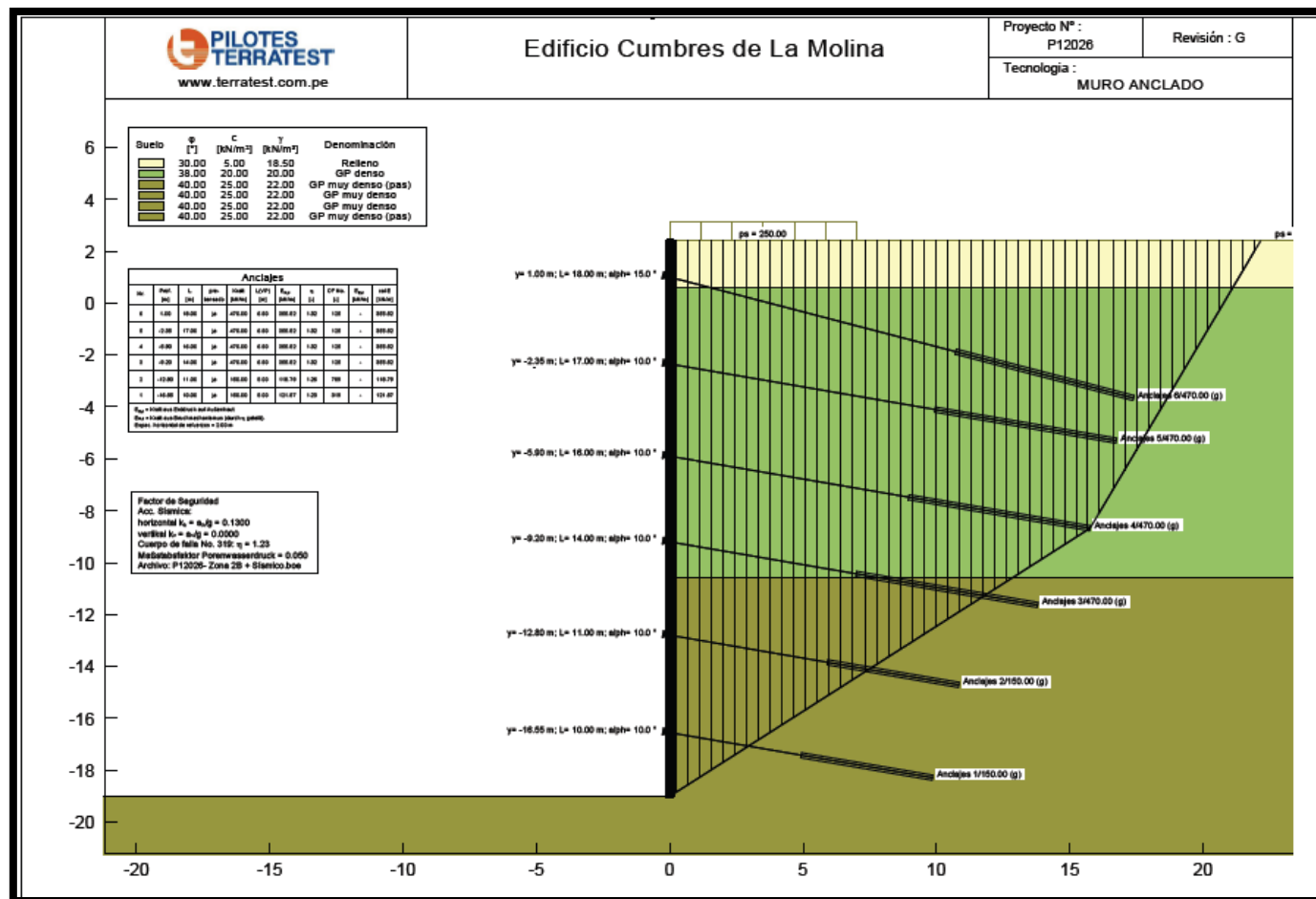
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



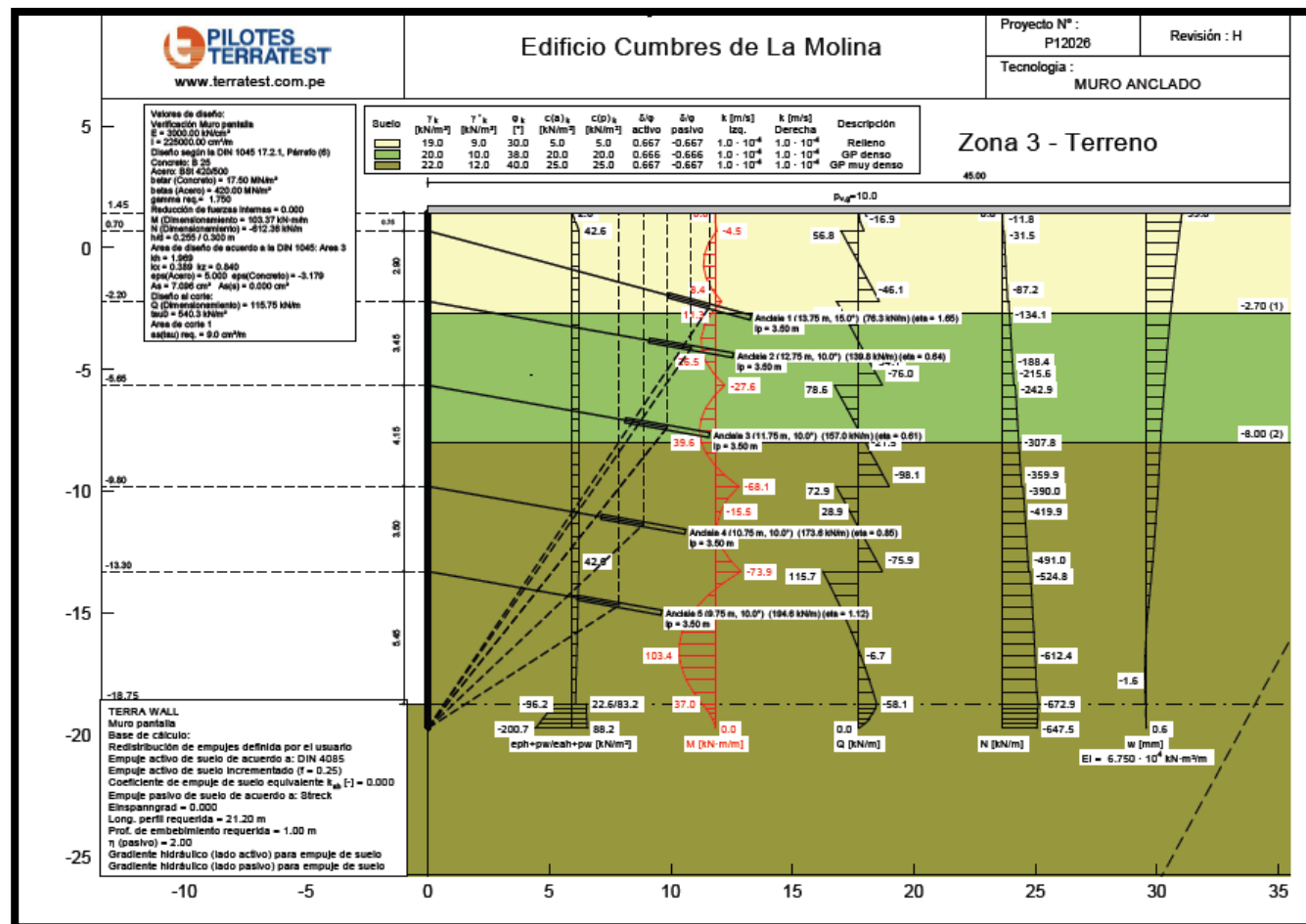
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



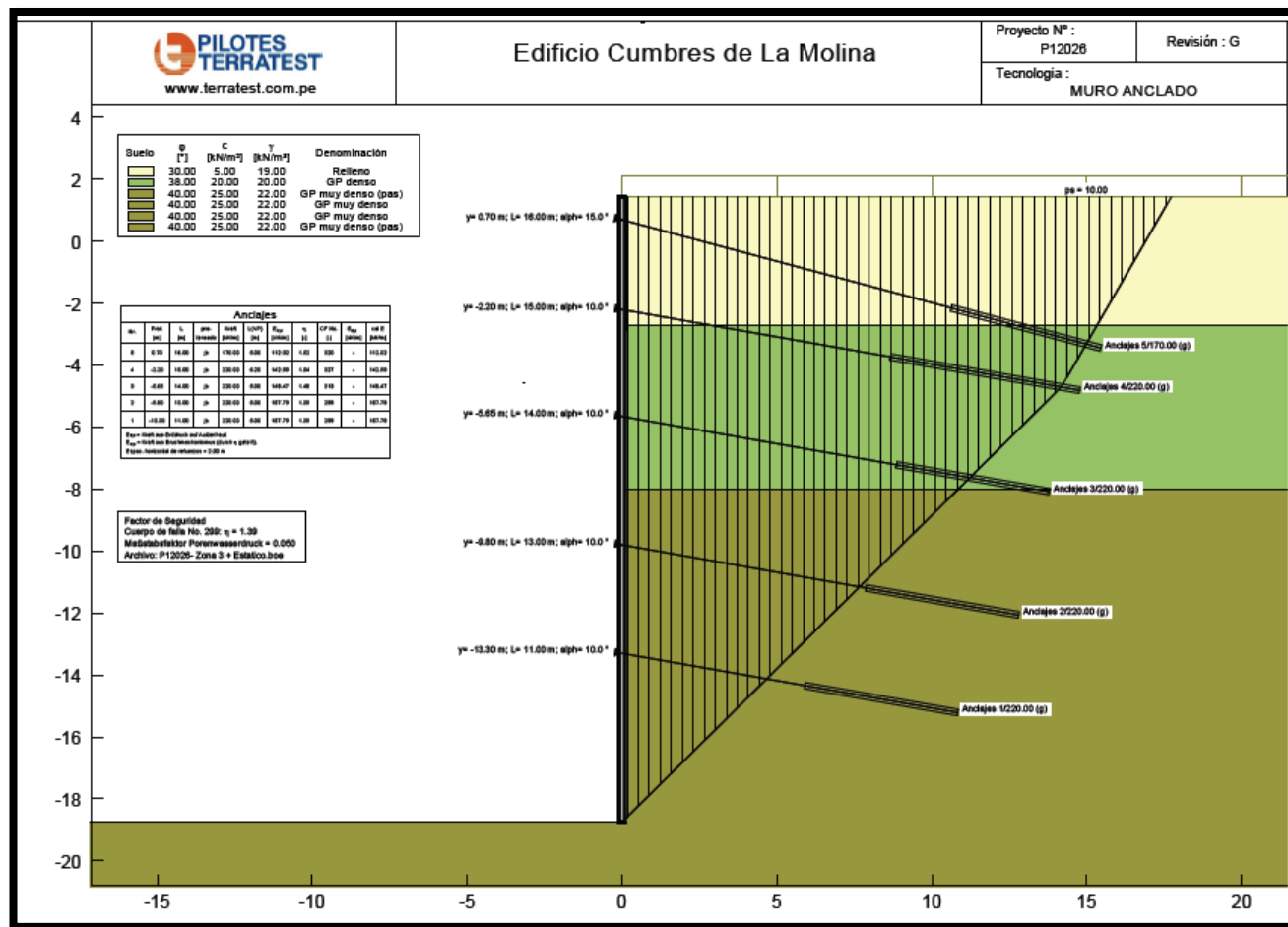
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



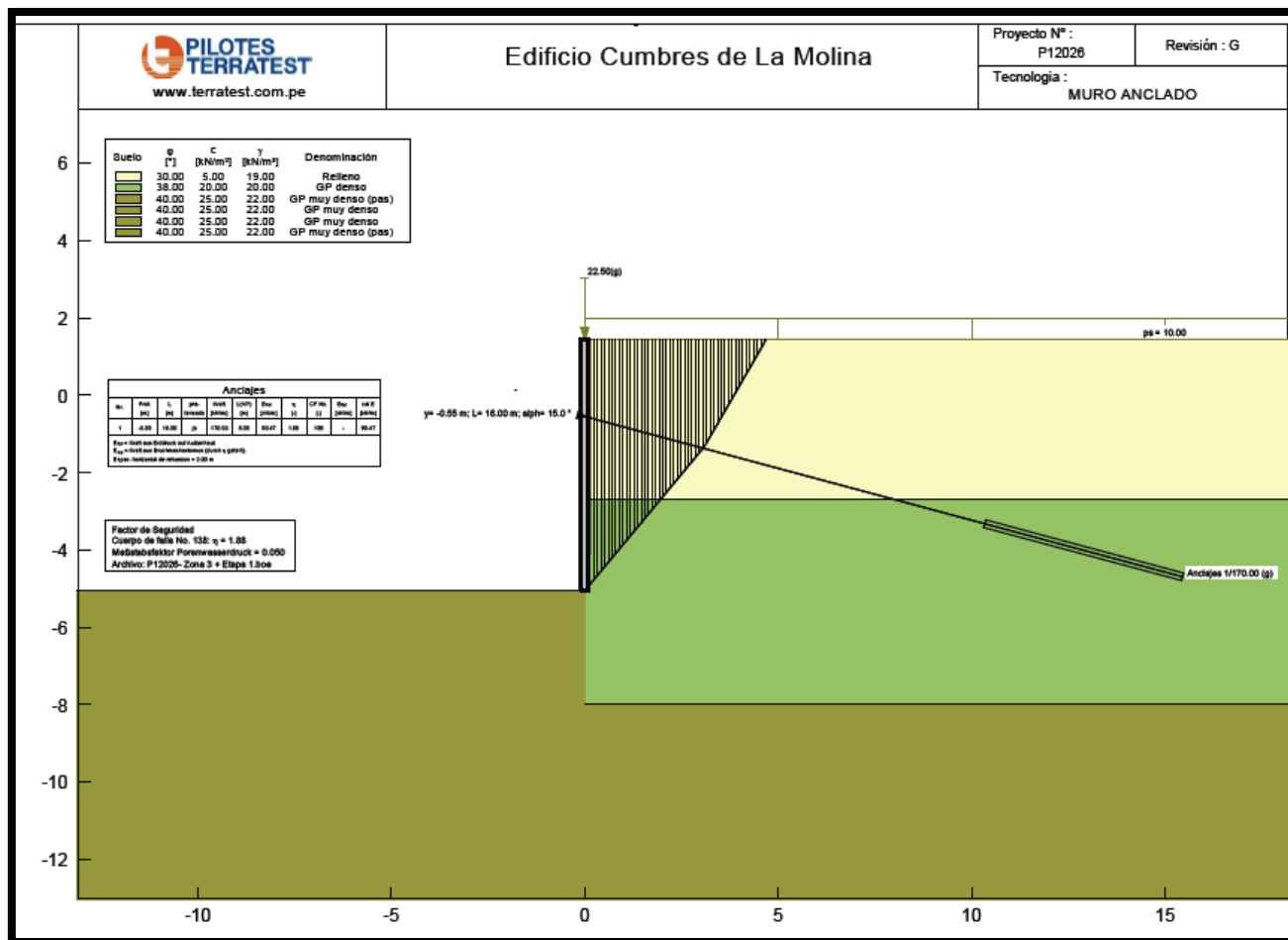
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



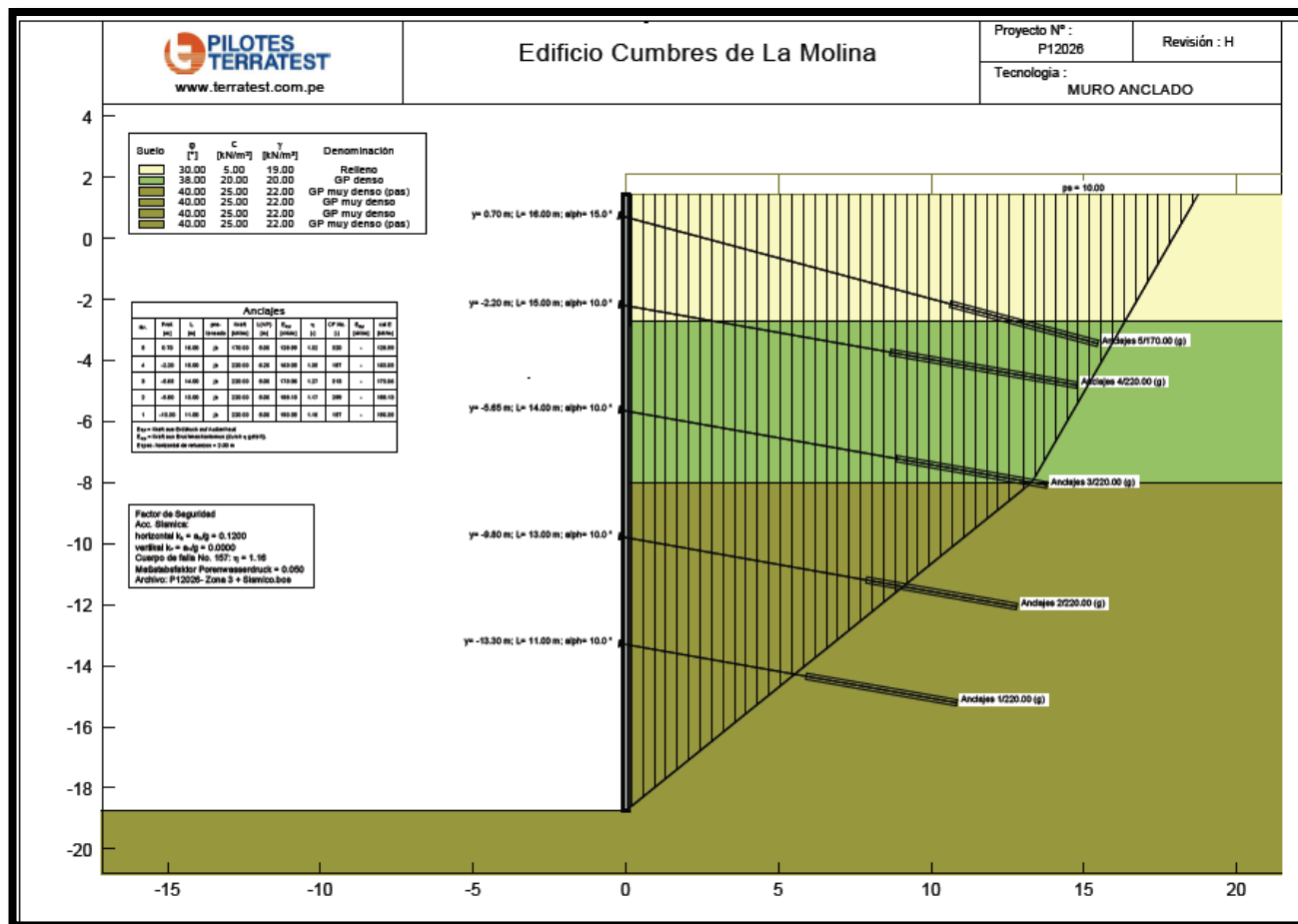
Fuente: Terratest Perú S.A.C.



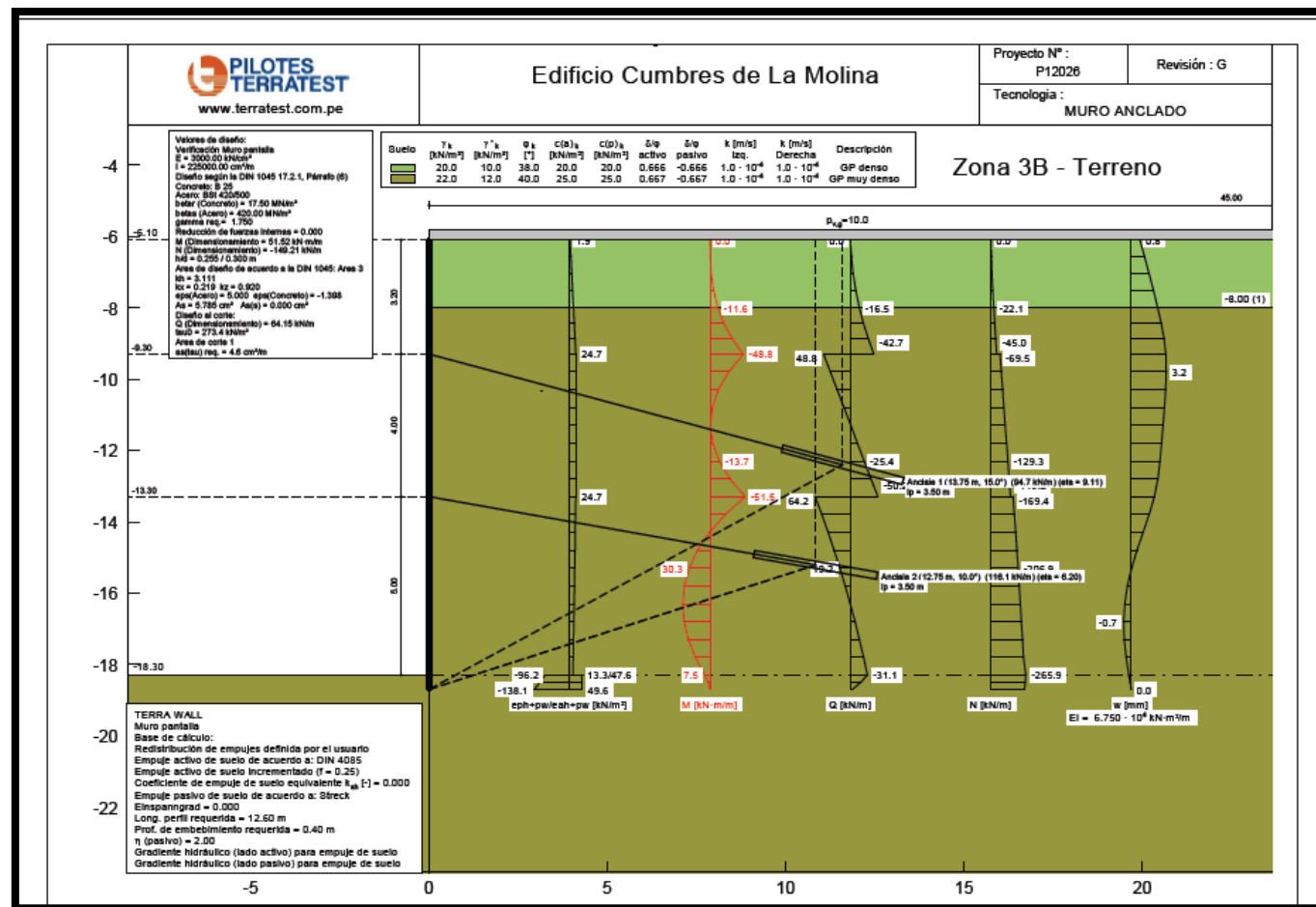
Fuente: Terratest Perú S.A.C.



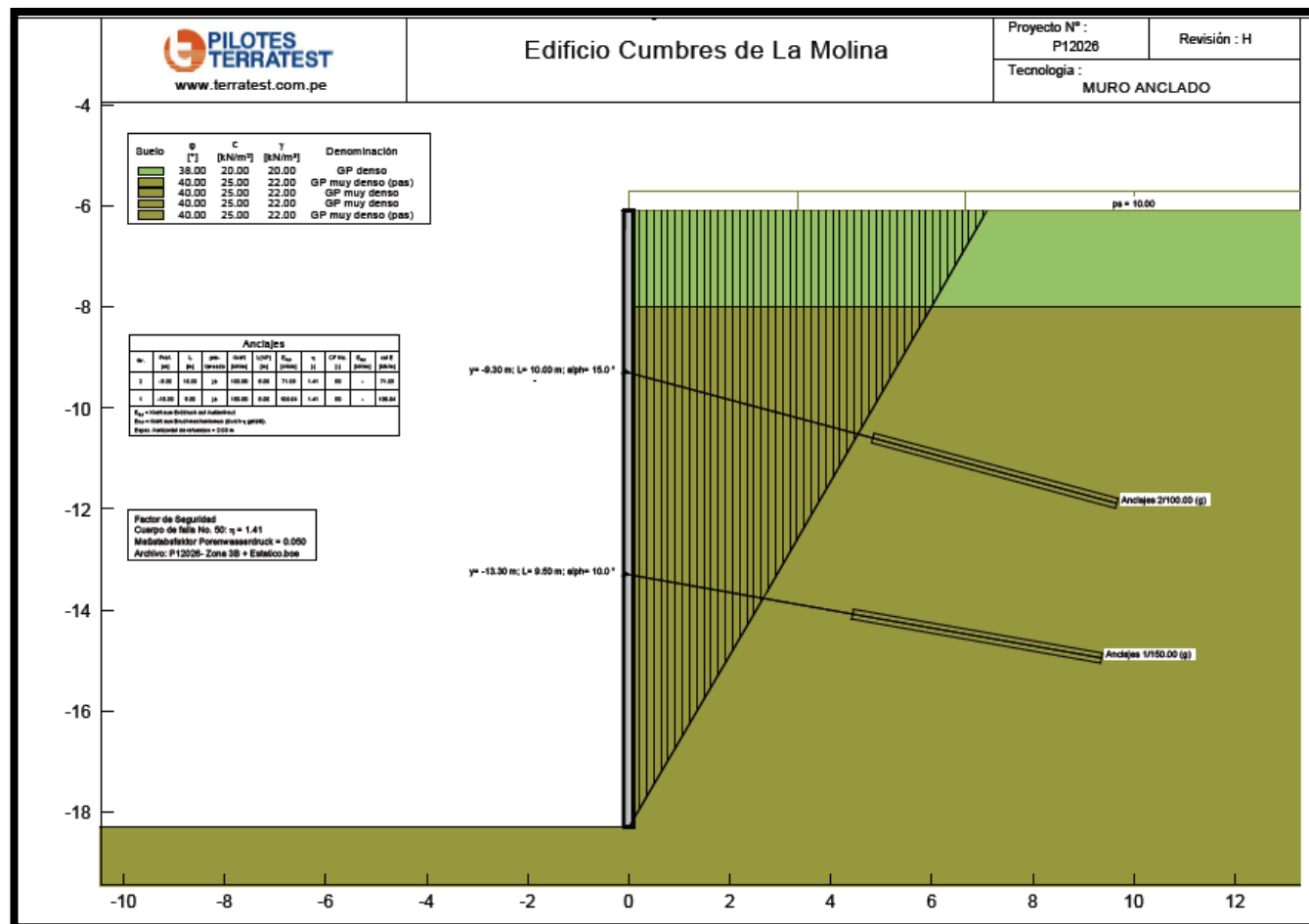
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



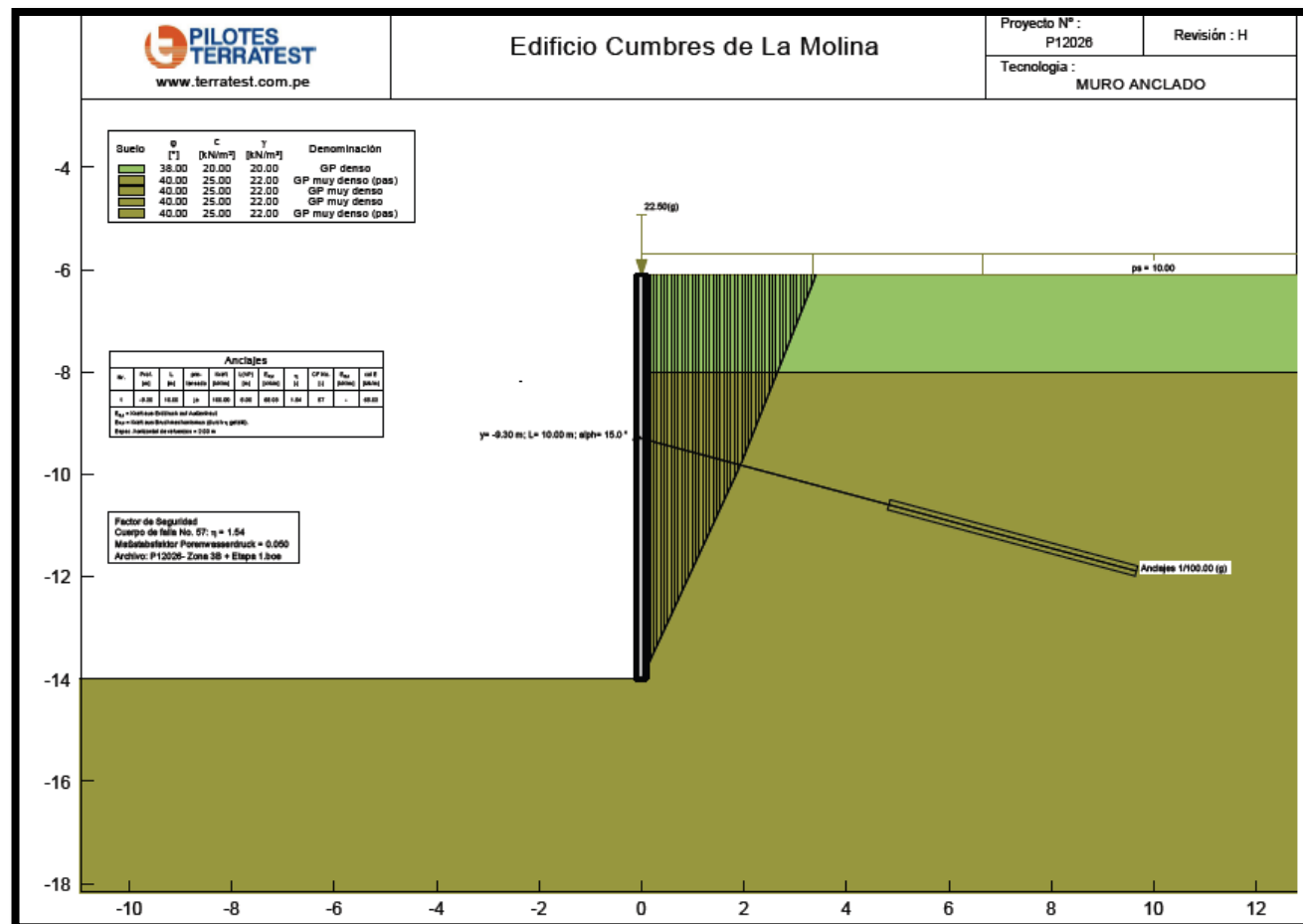
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



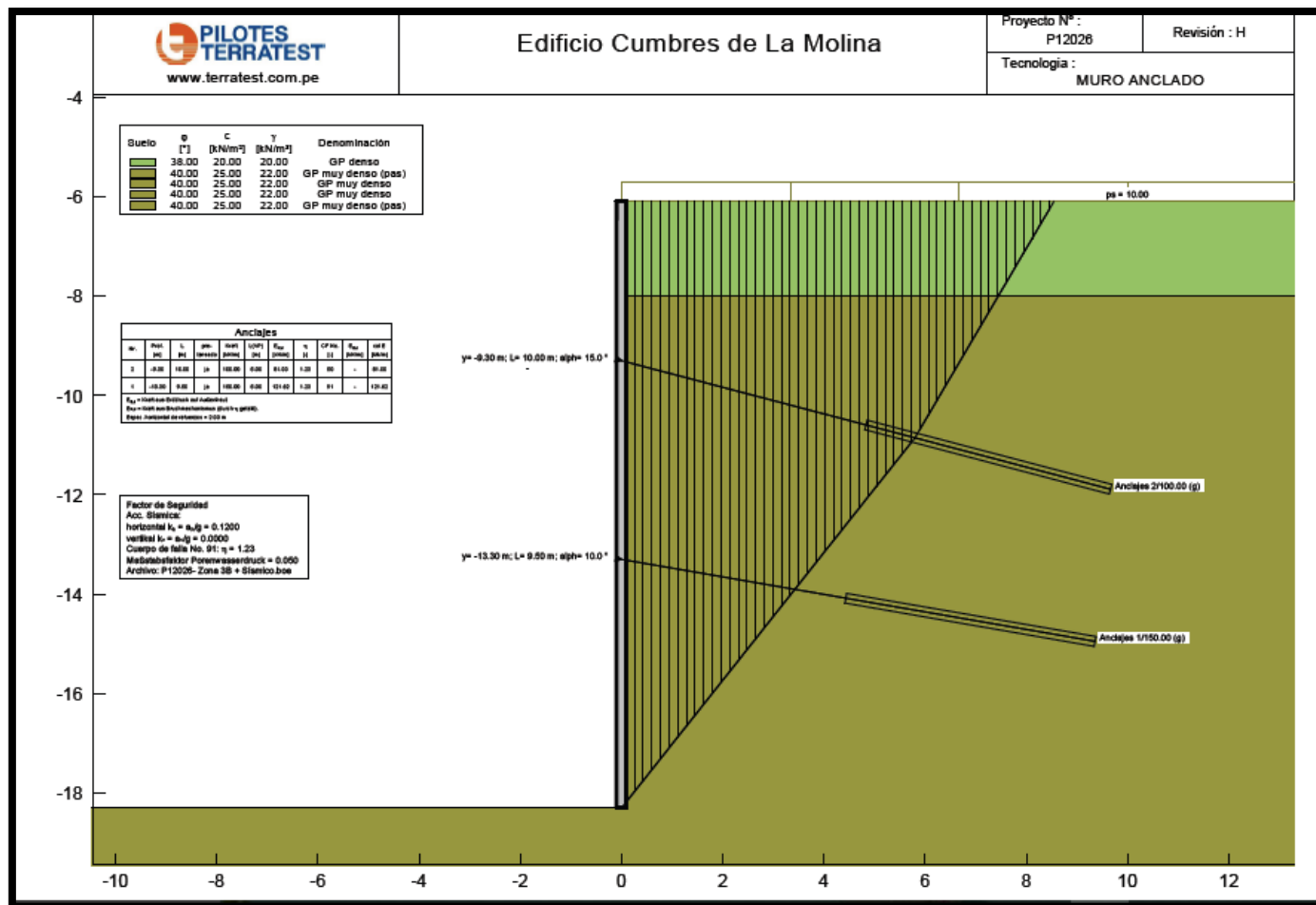
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



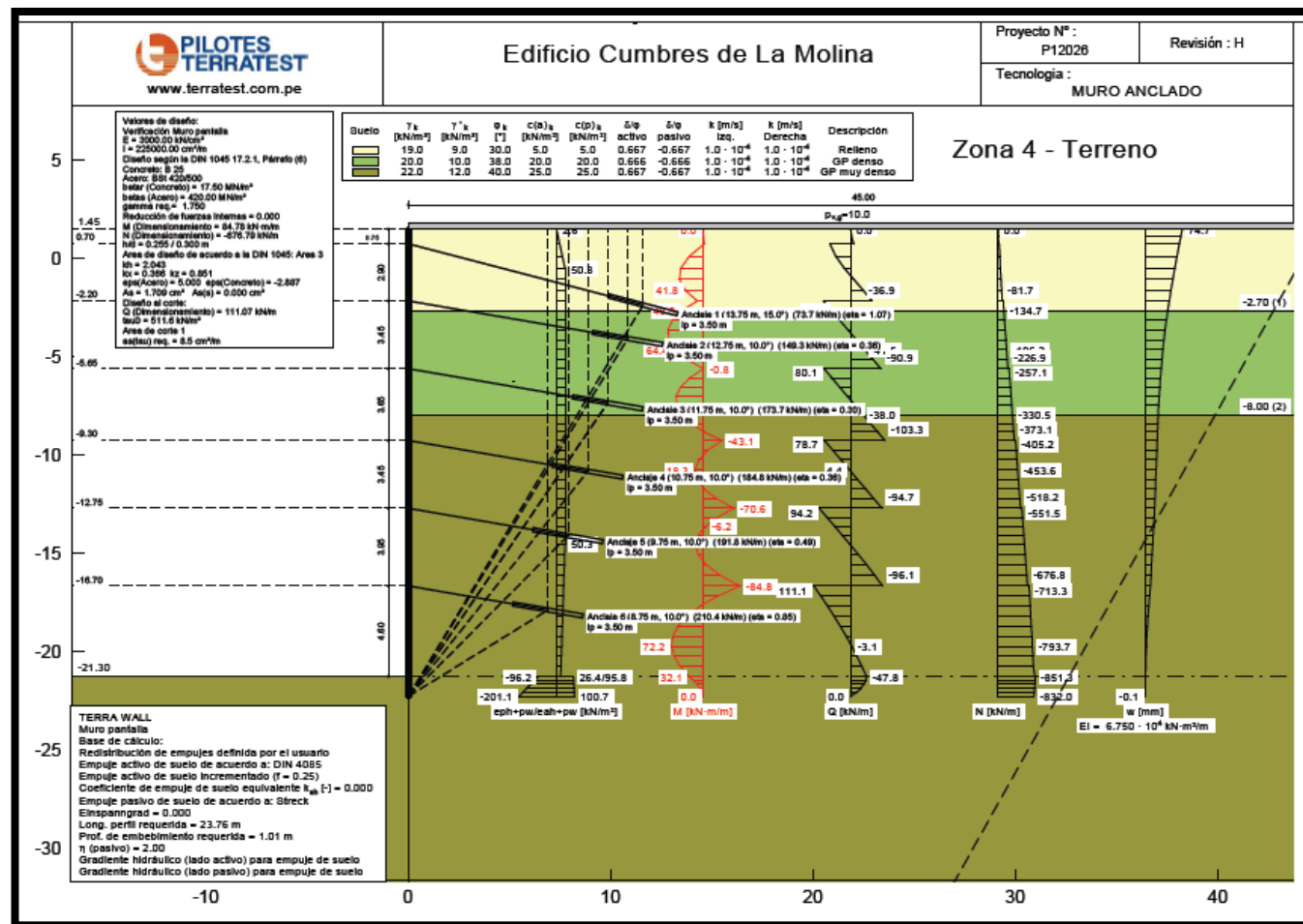
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



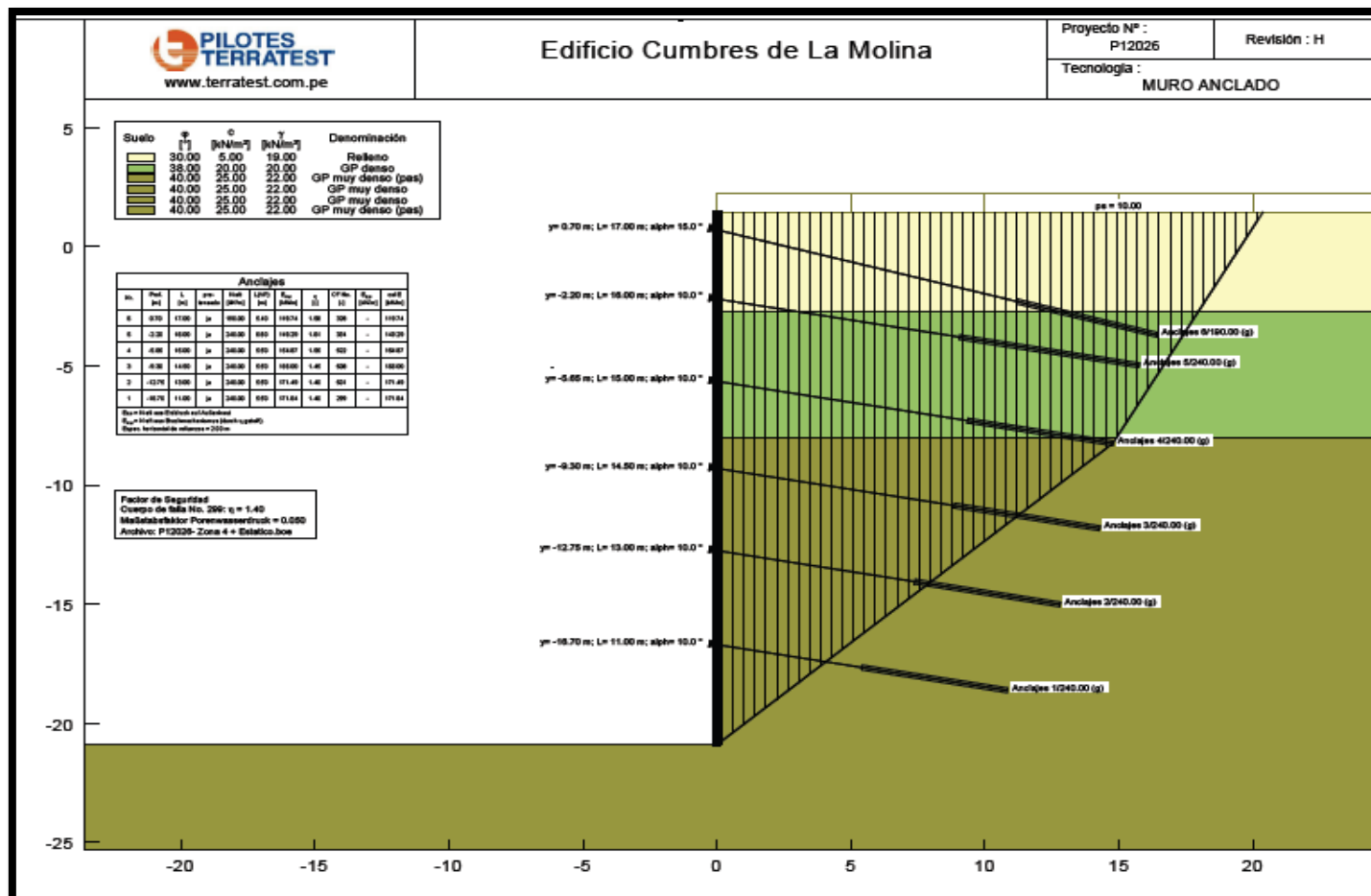
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



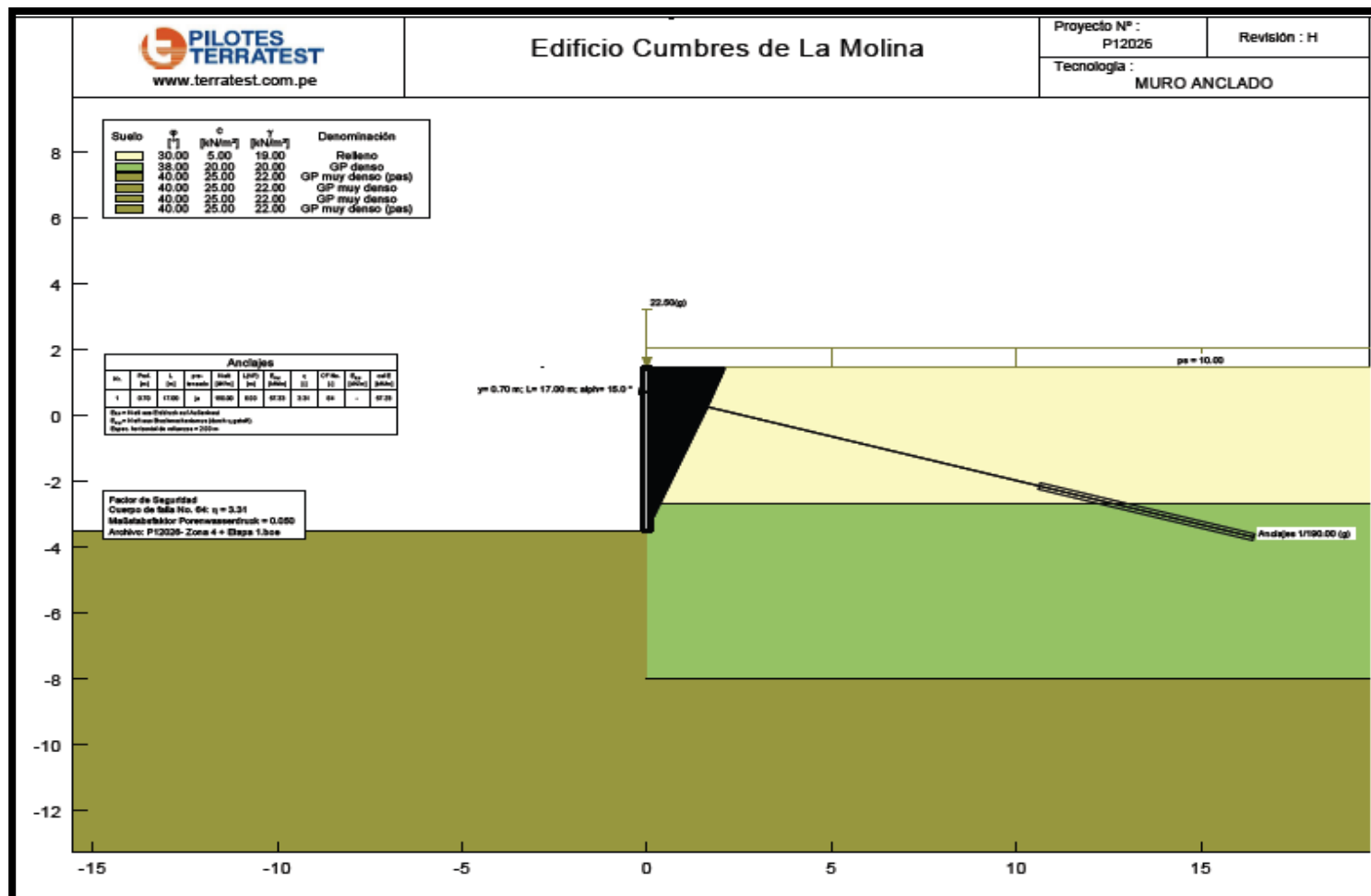
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



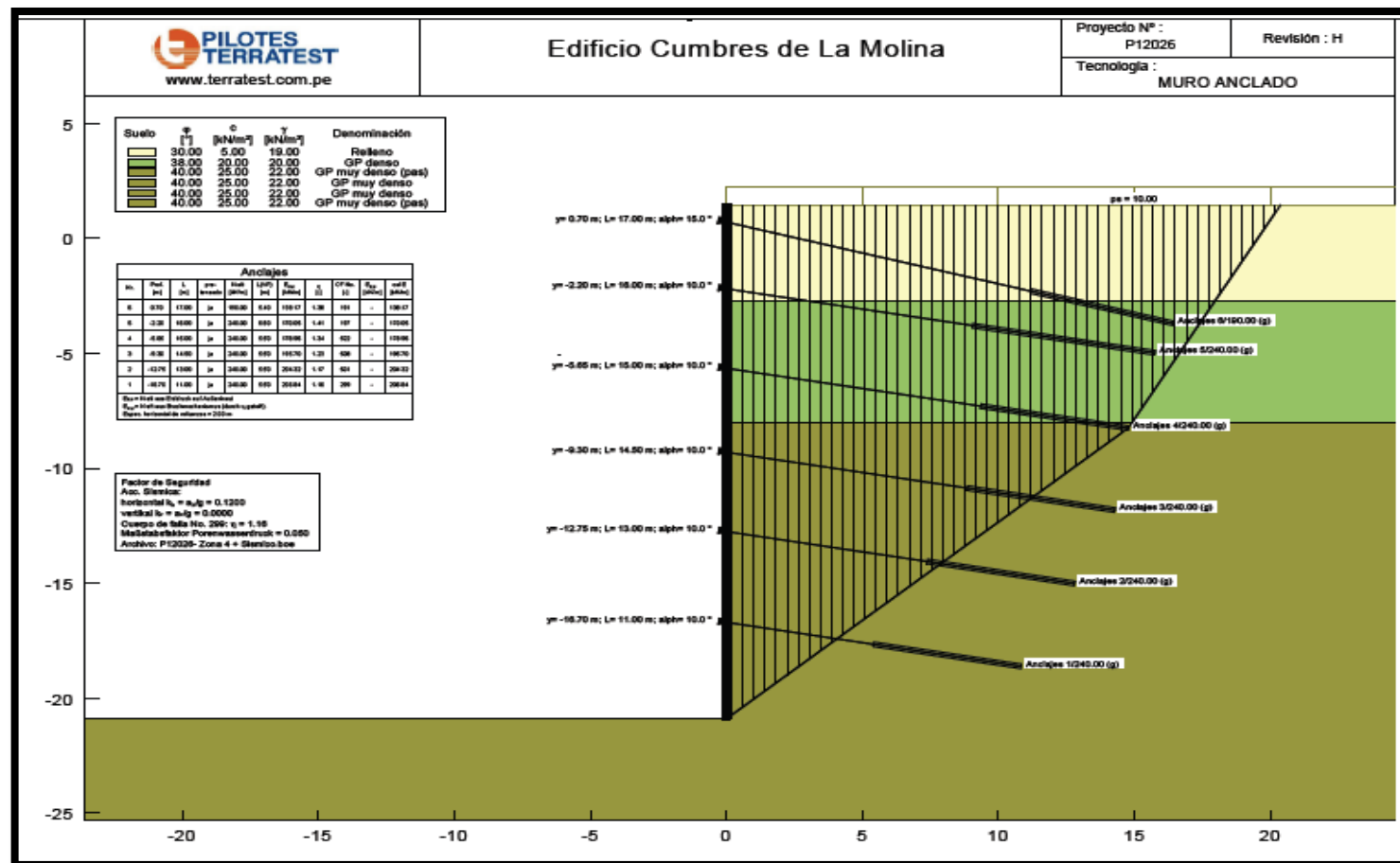
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



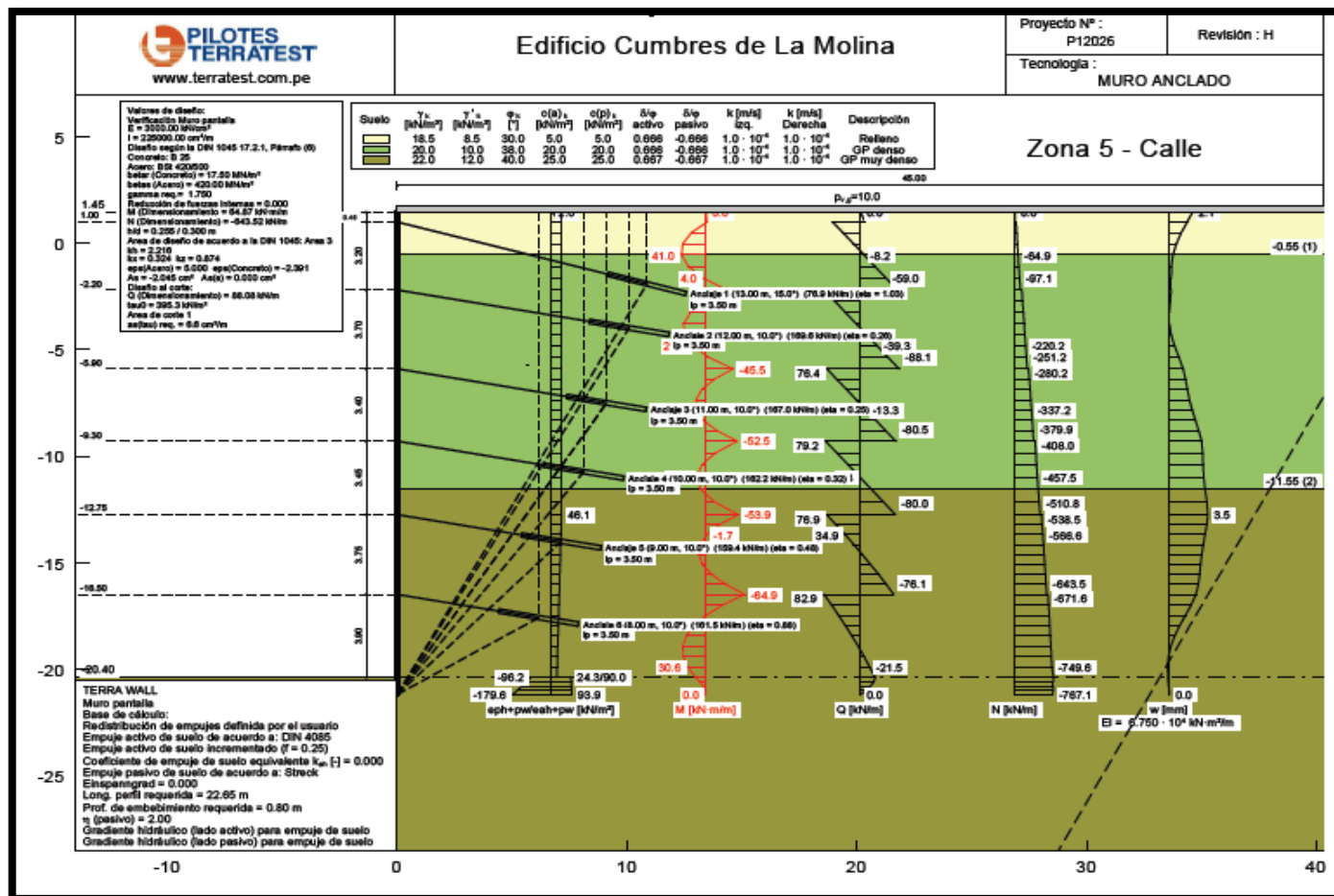
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



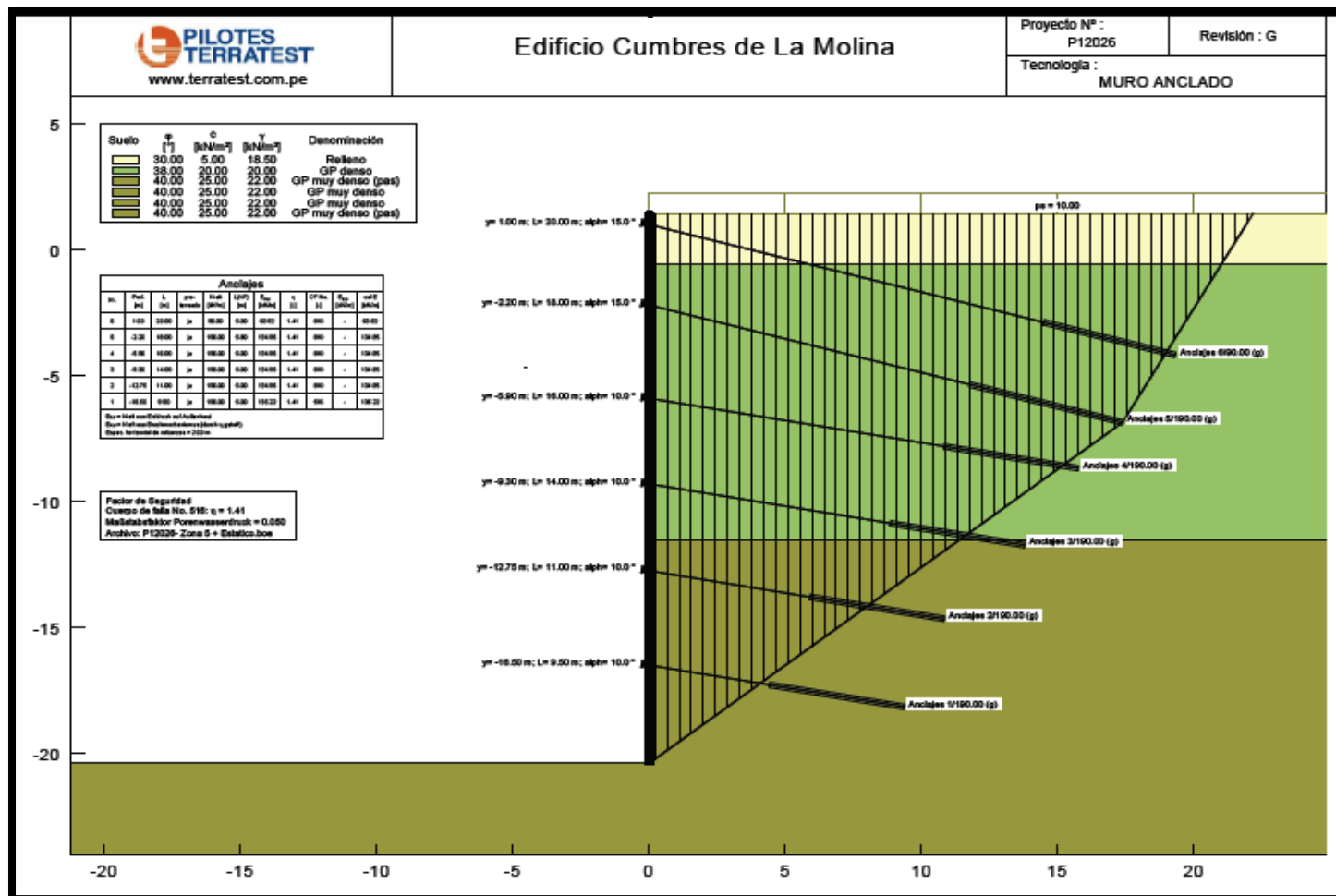
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



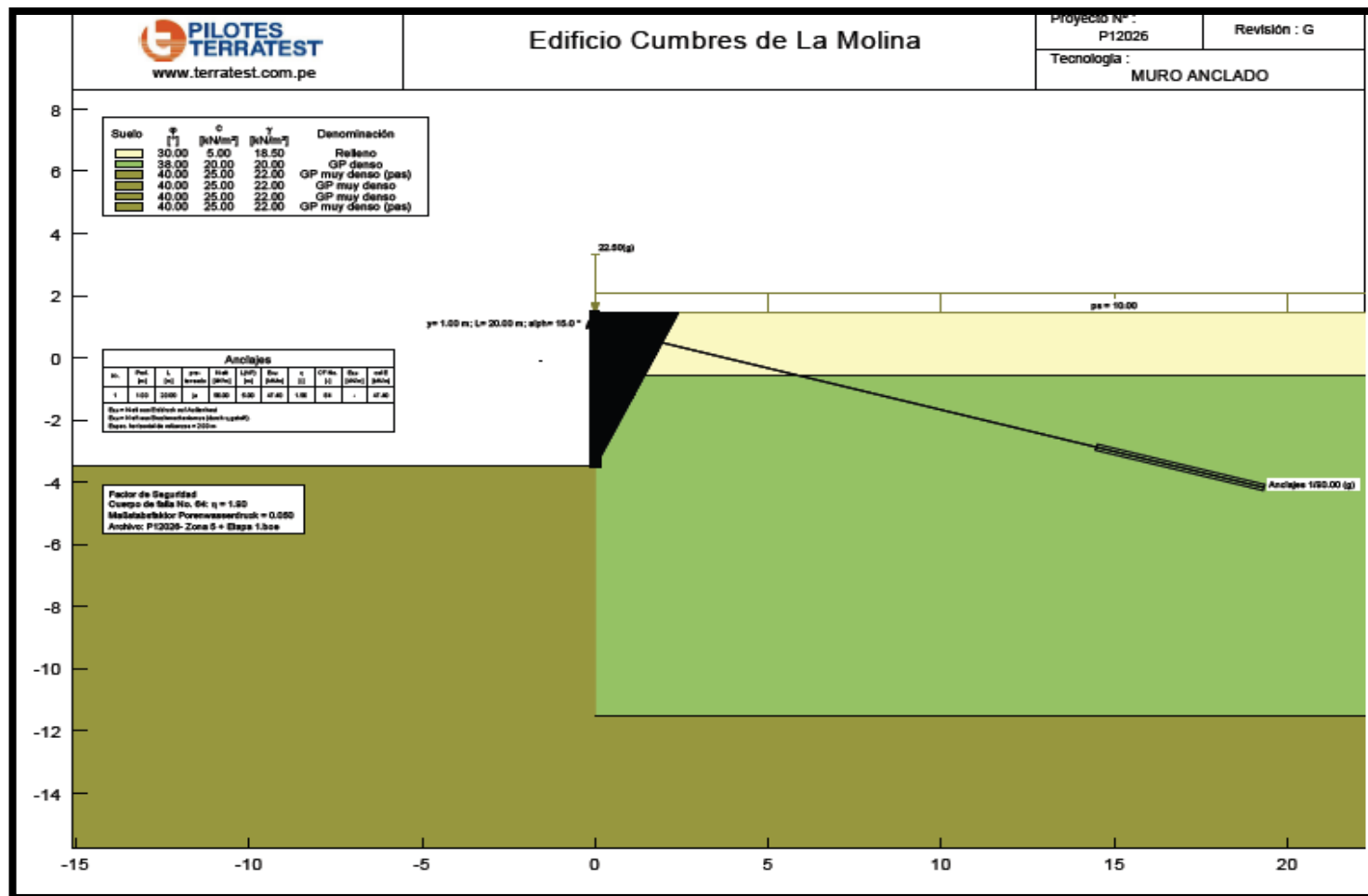
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



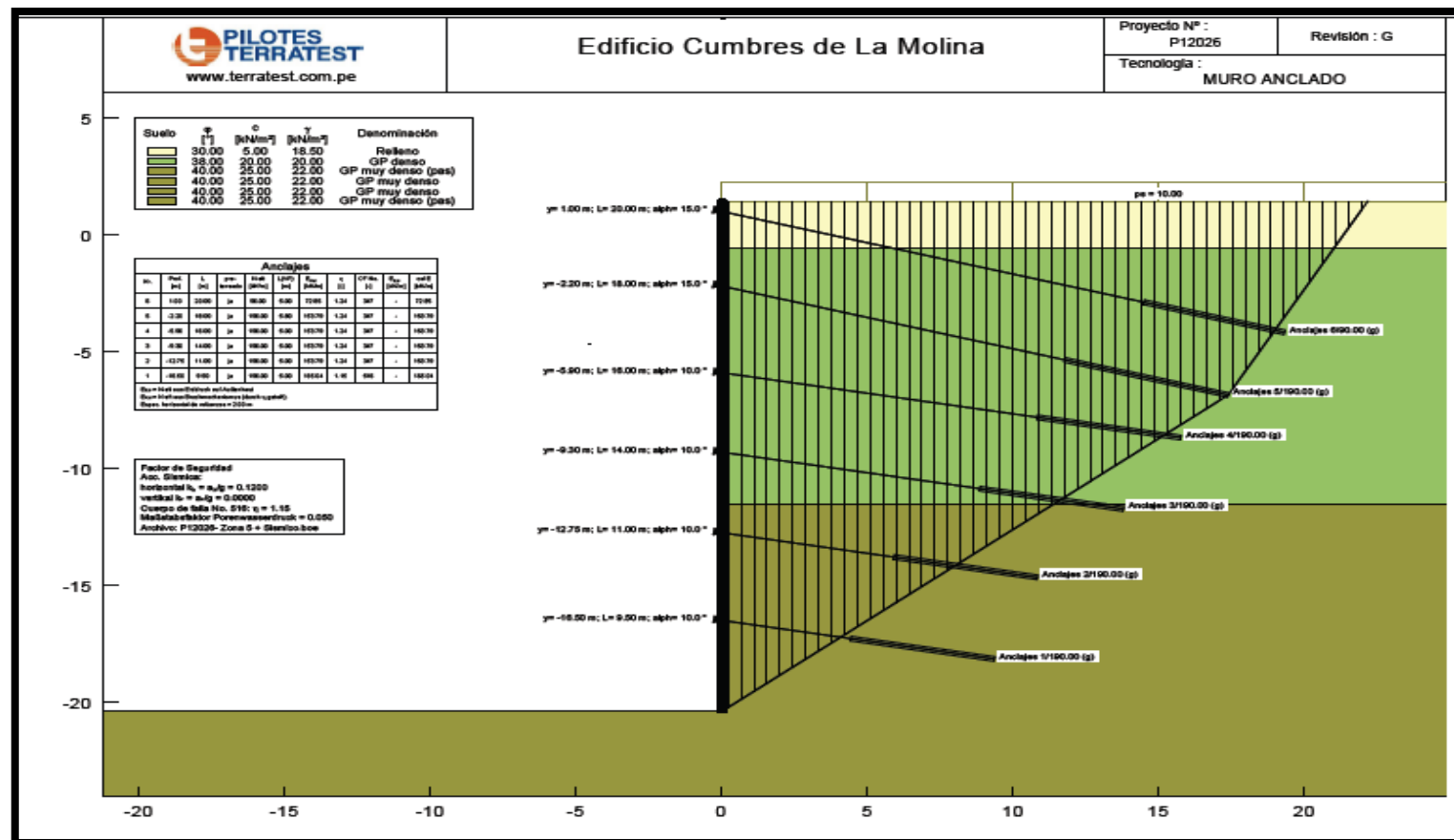
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



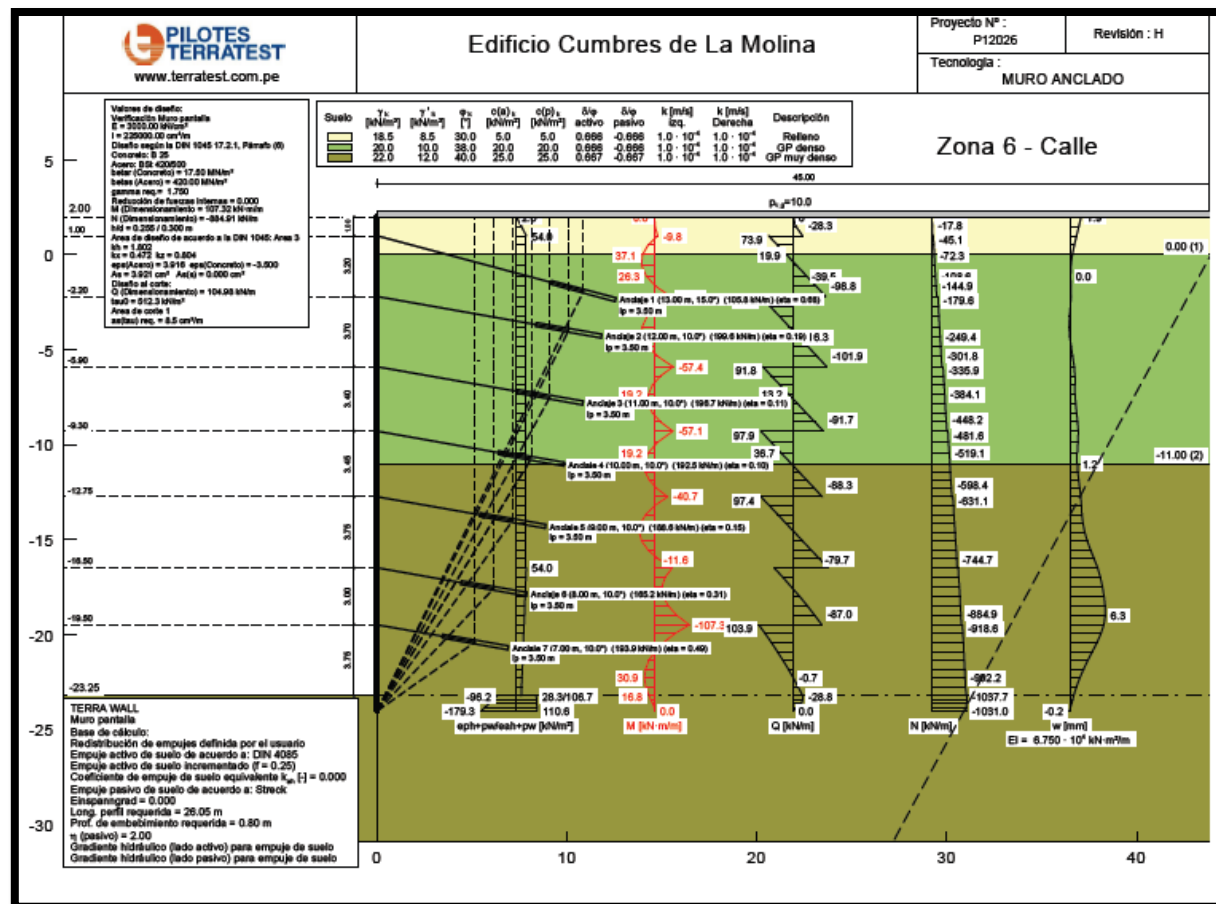
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



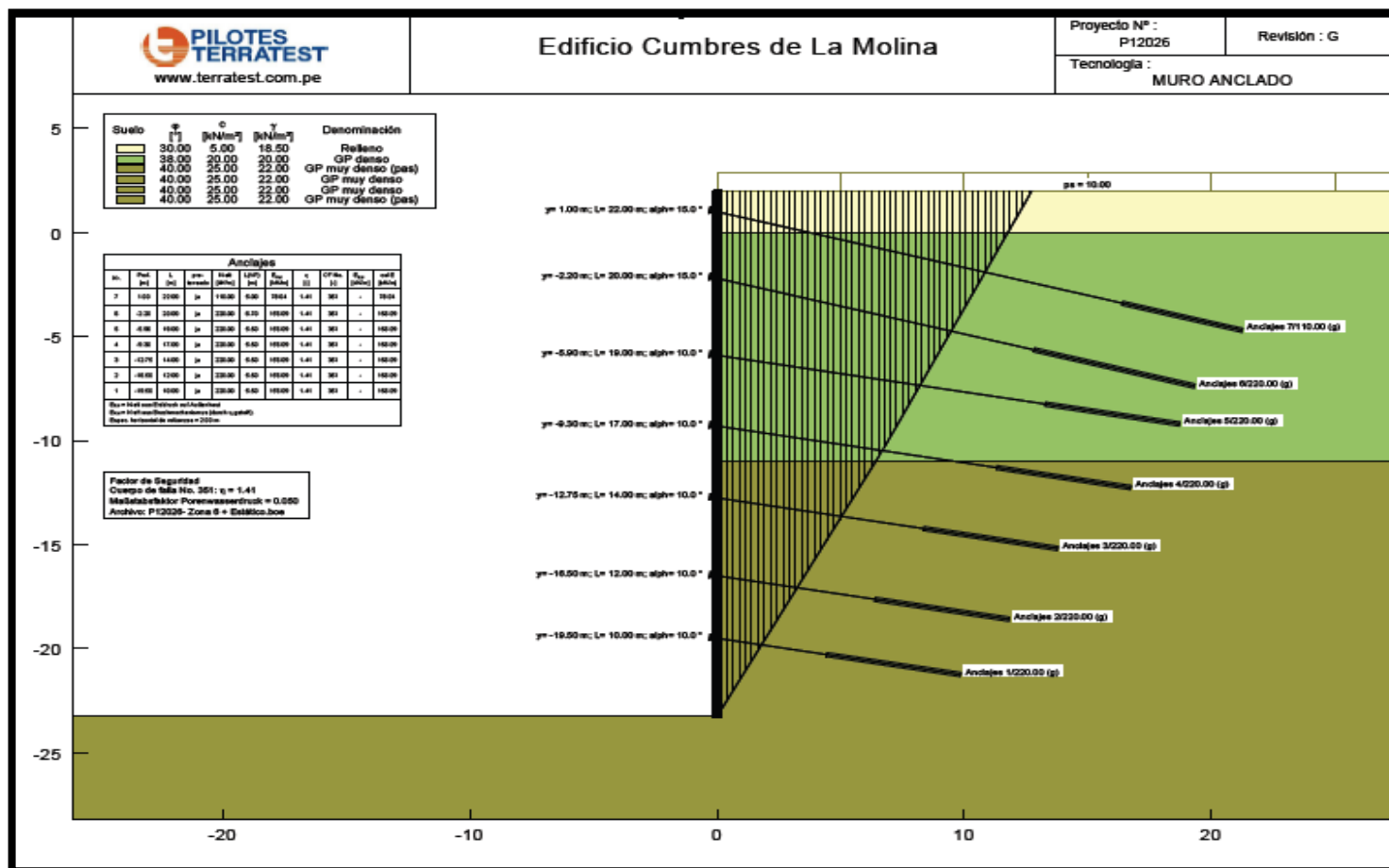
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



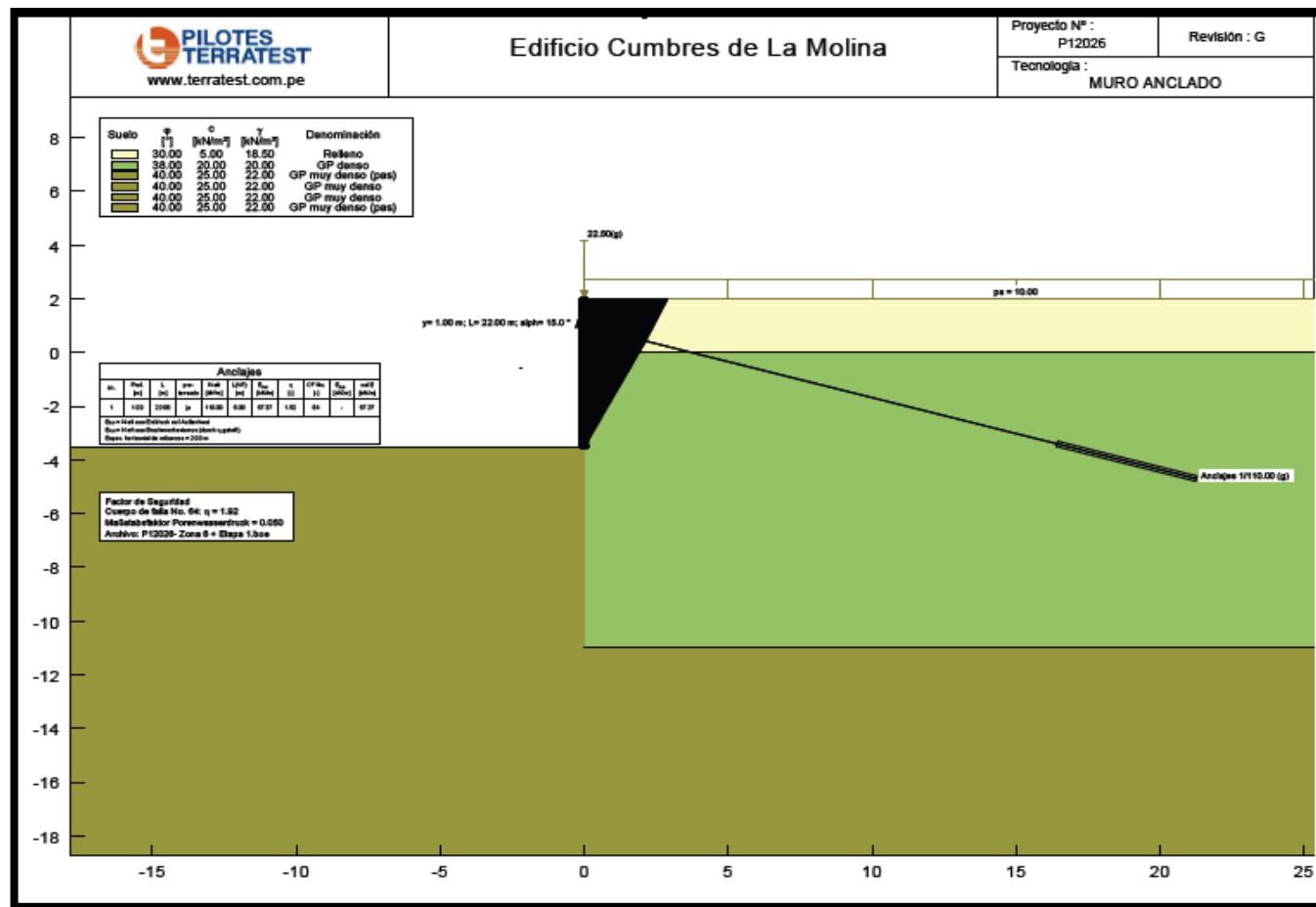
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



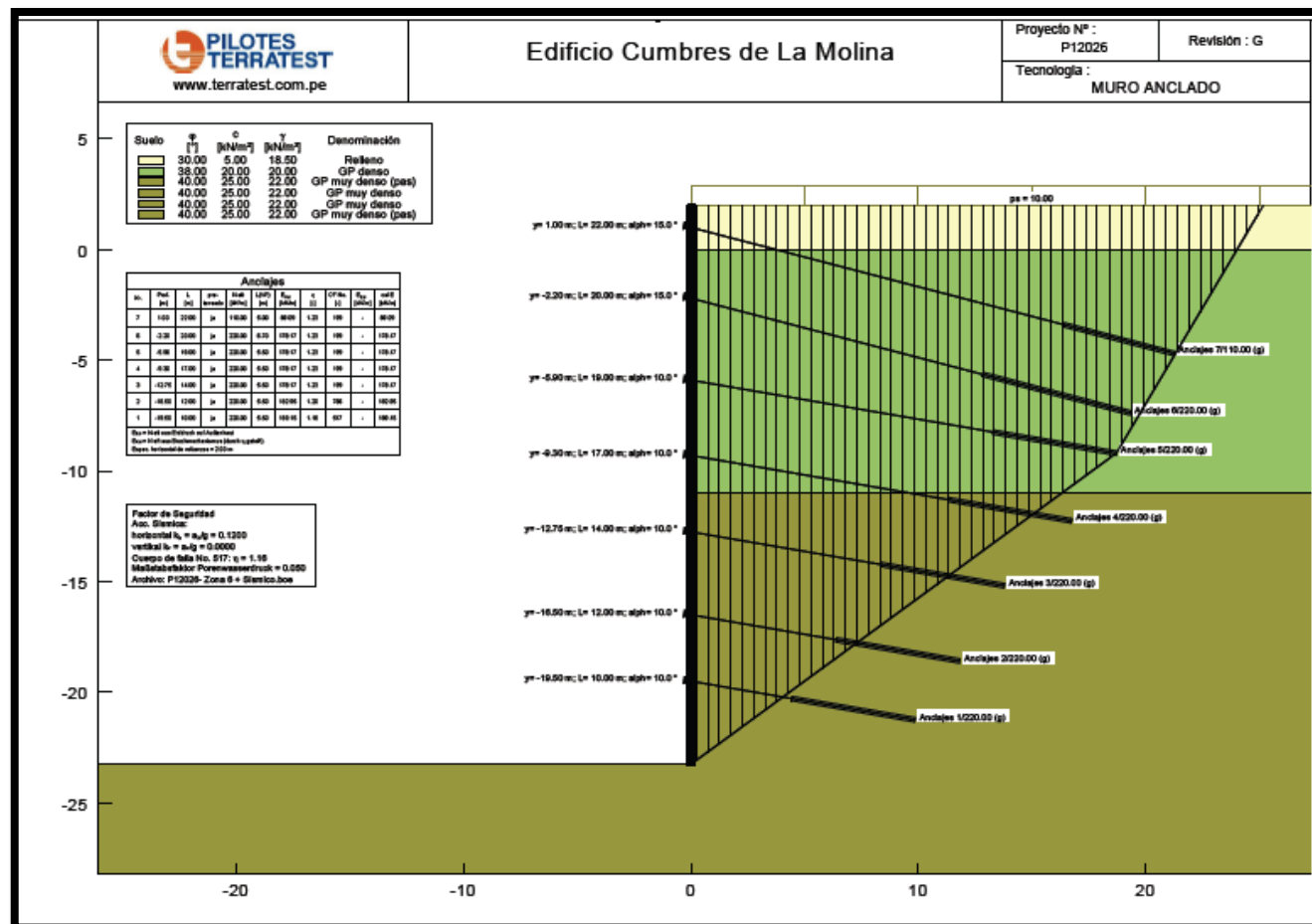
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



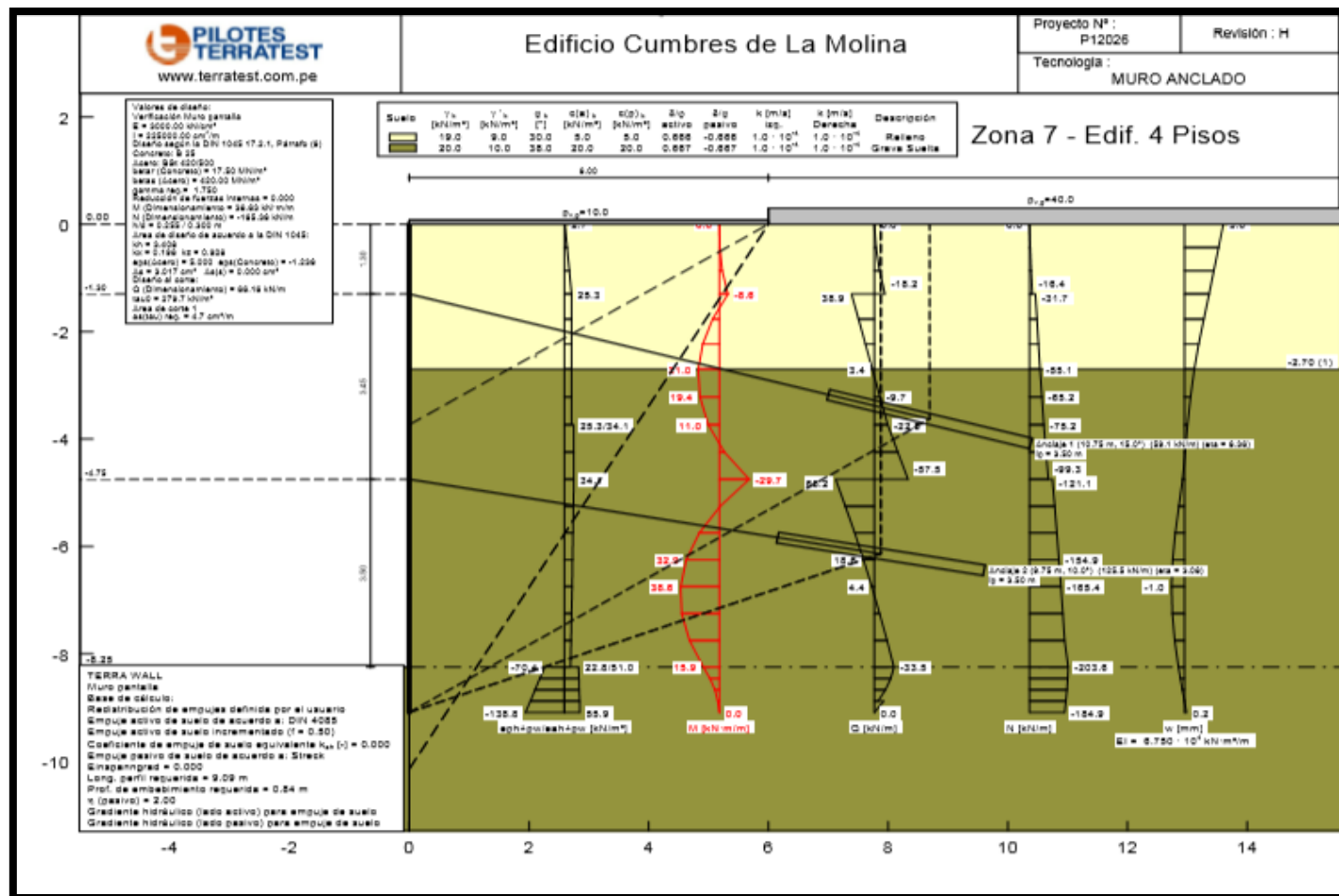
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



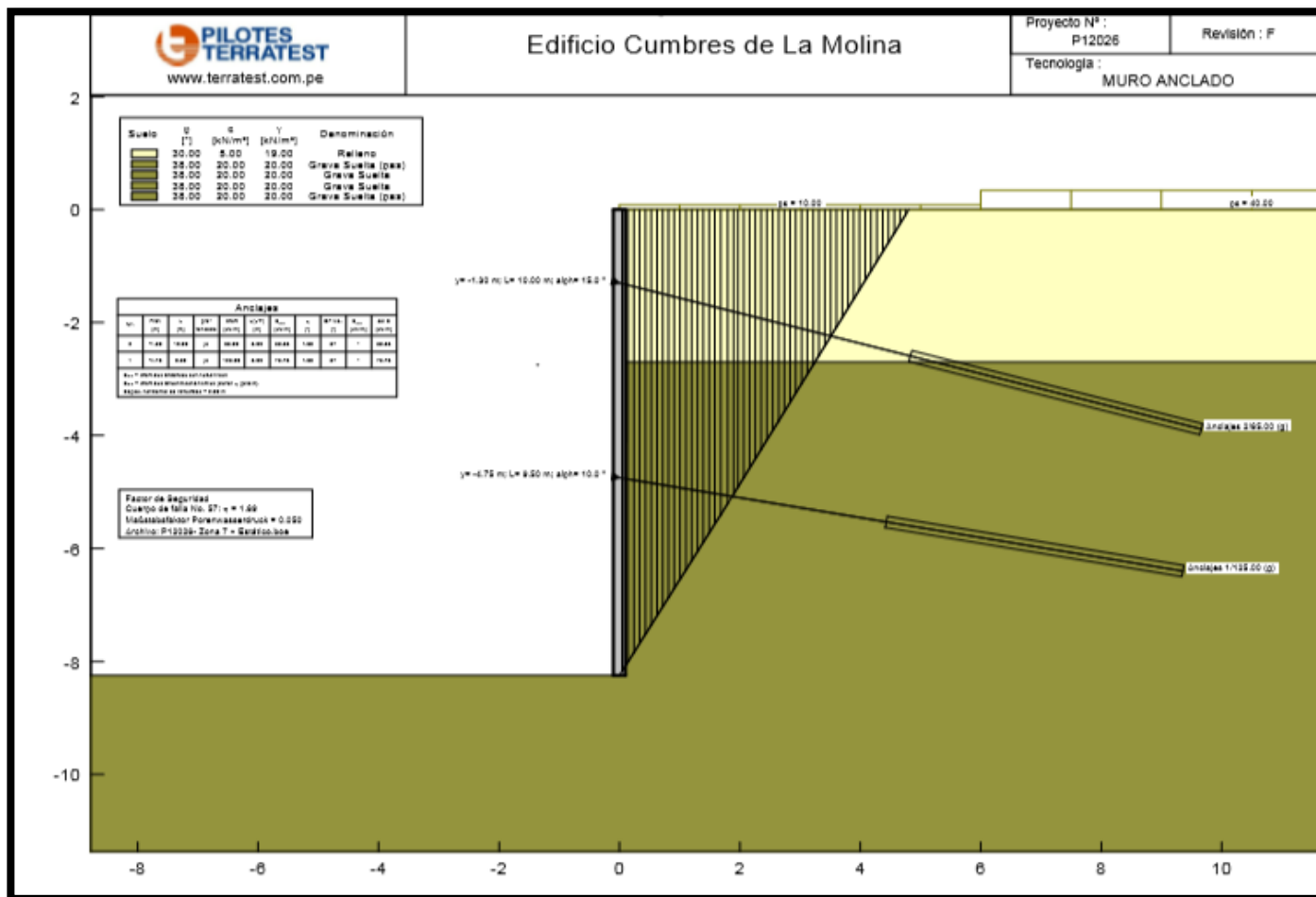
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C

MODELO DE CÁLCULO

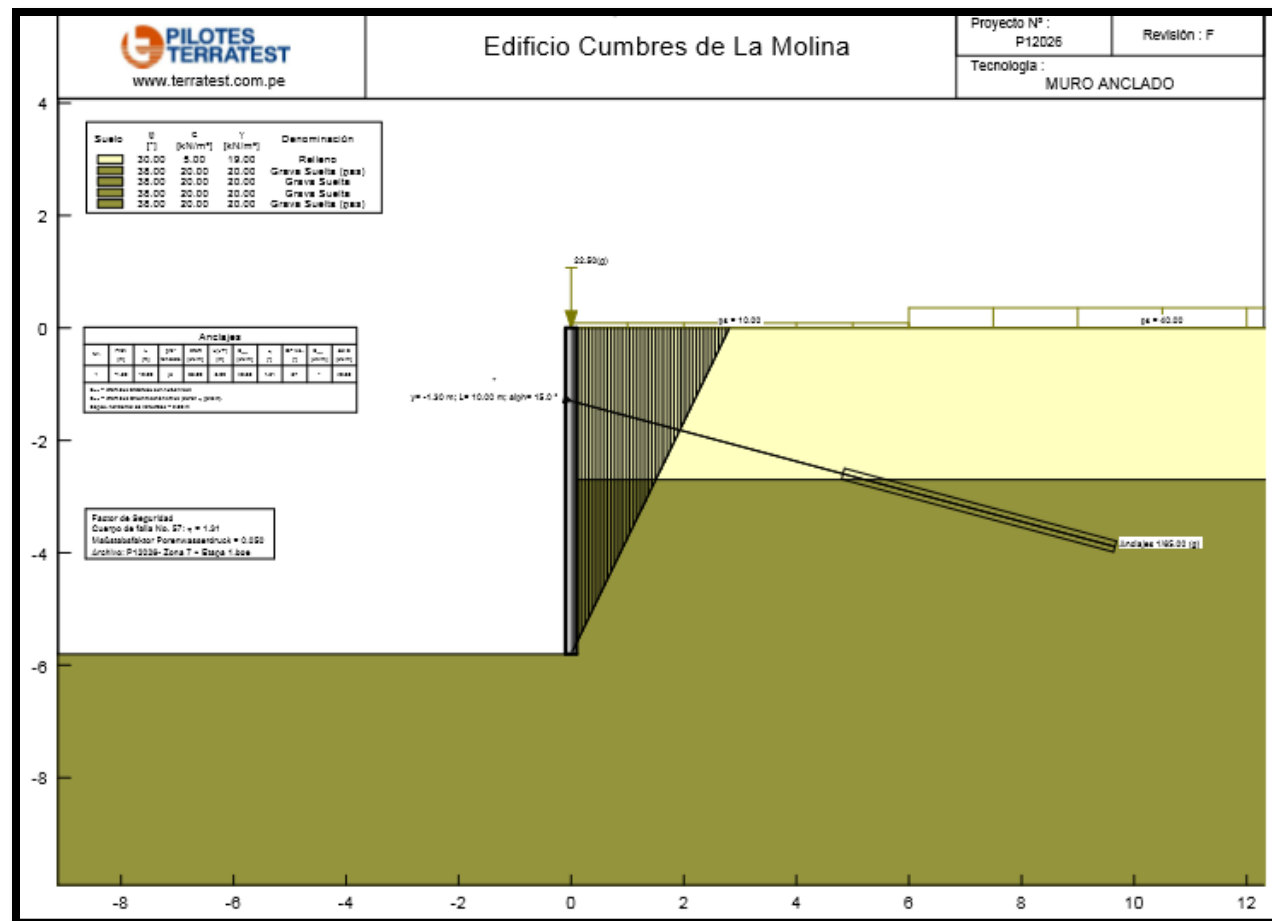
EDIFICIO 02



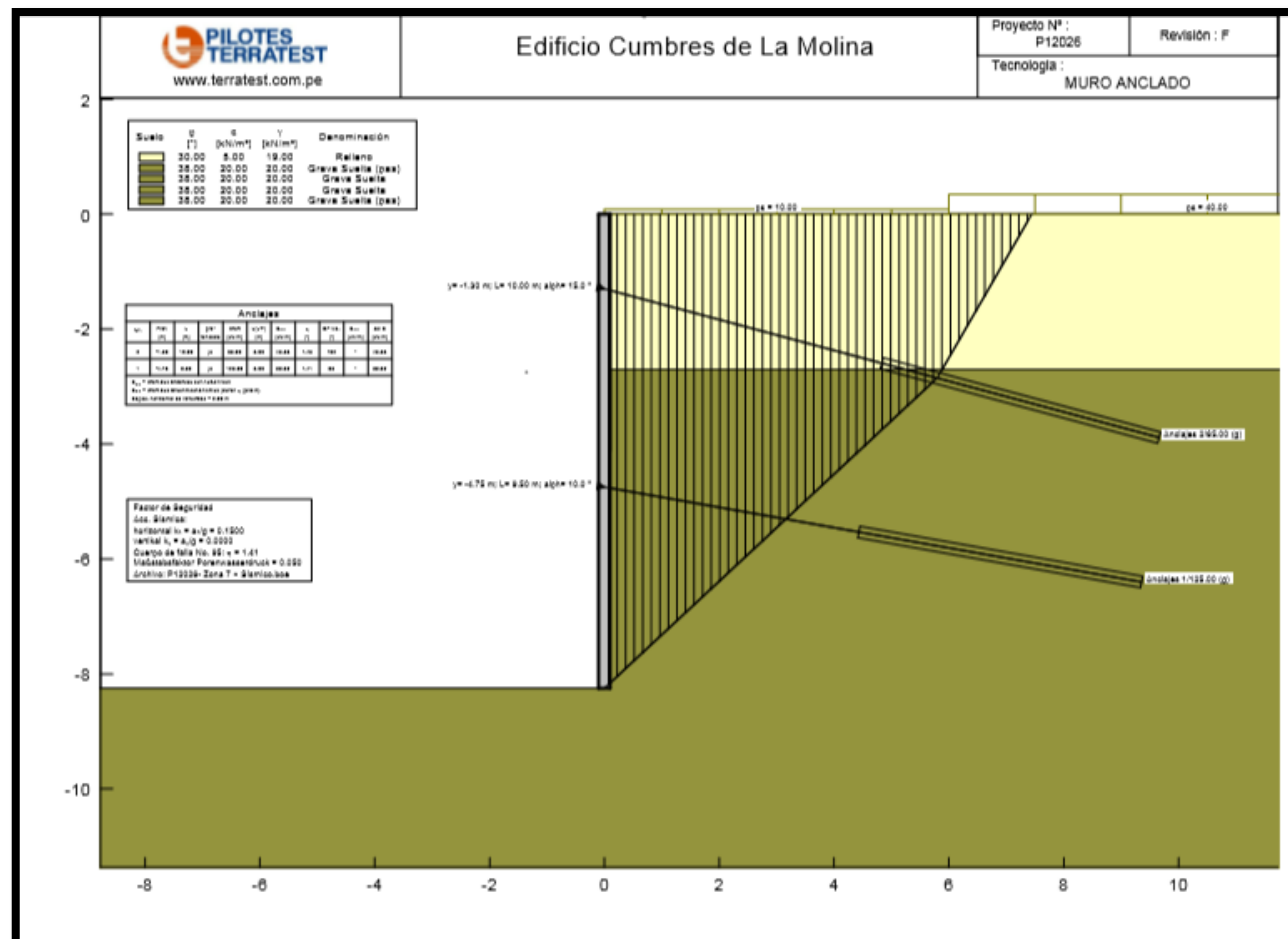
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



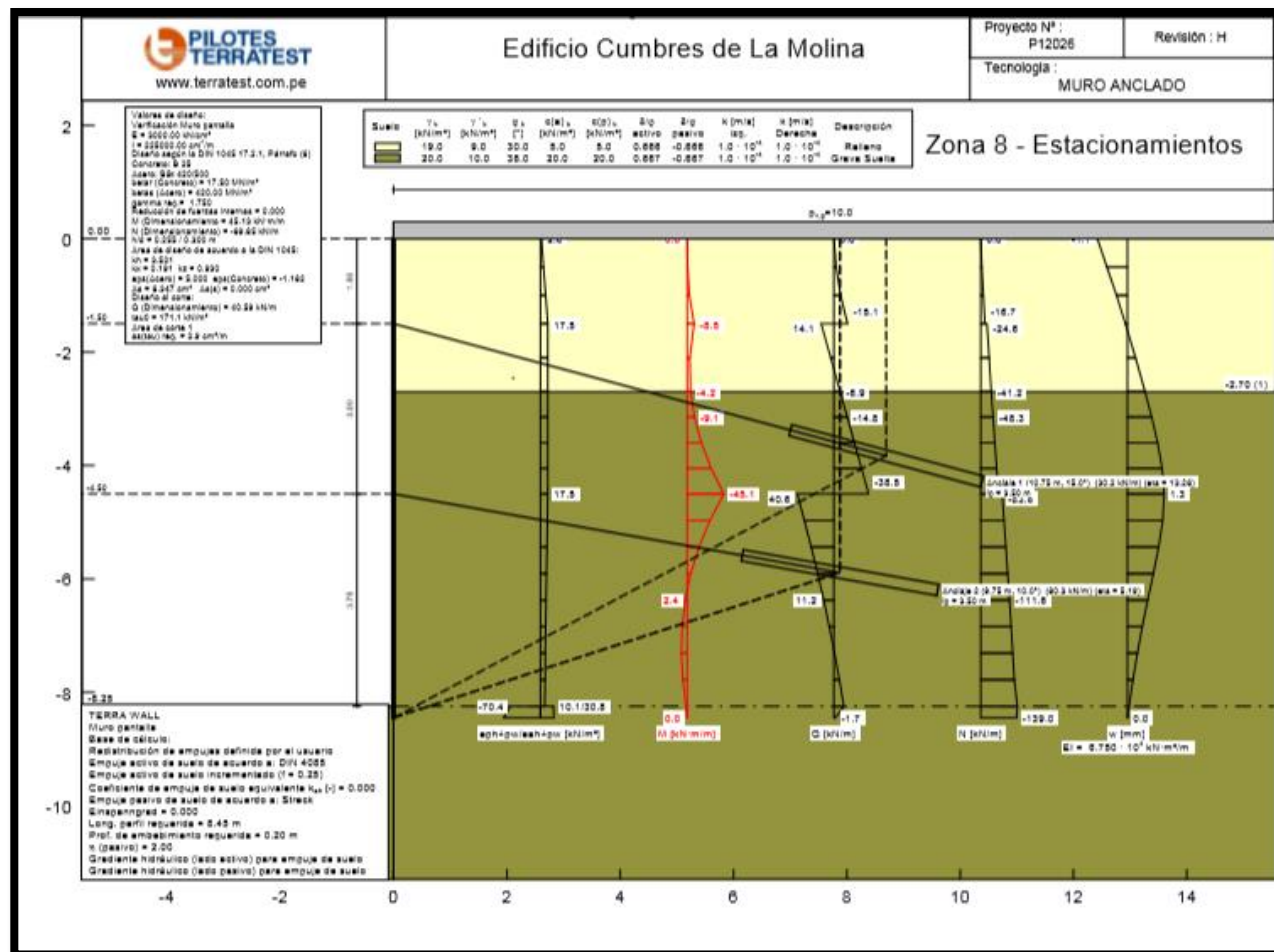
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



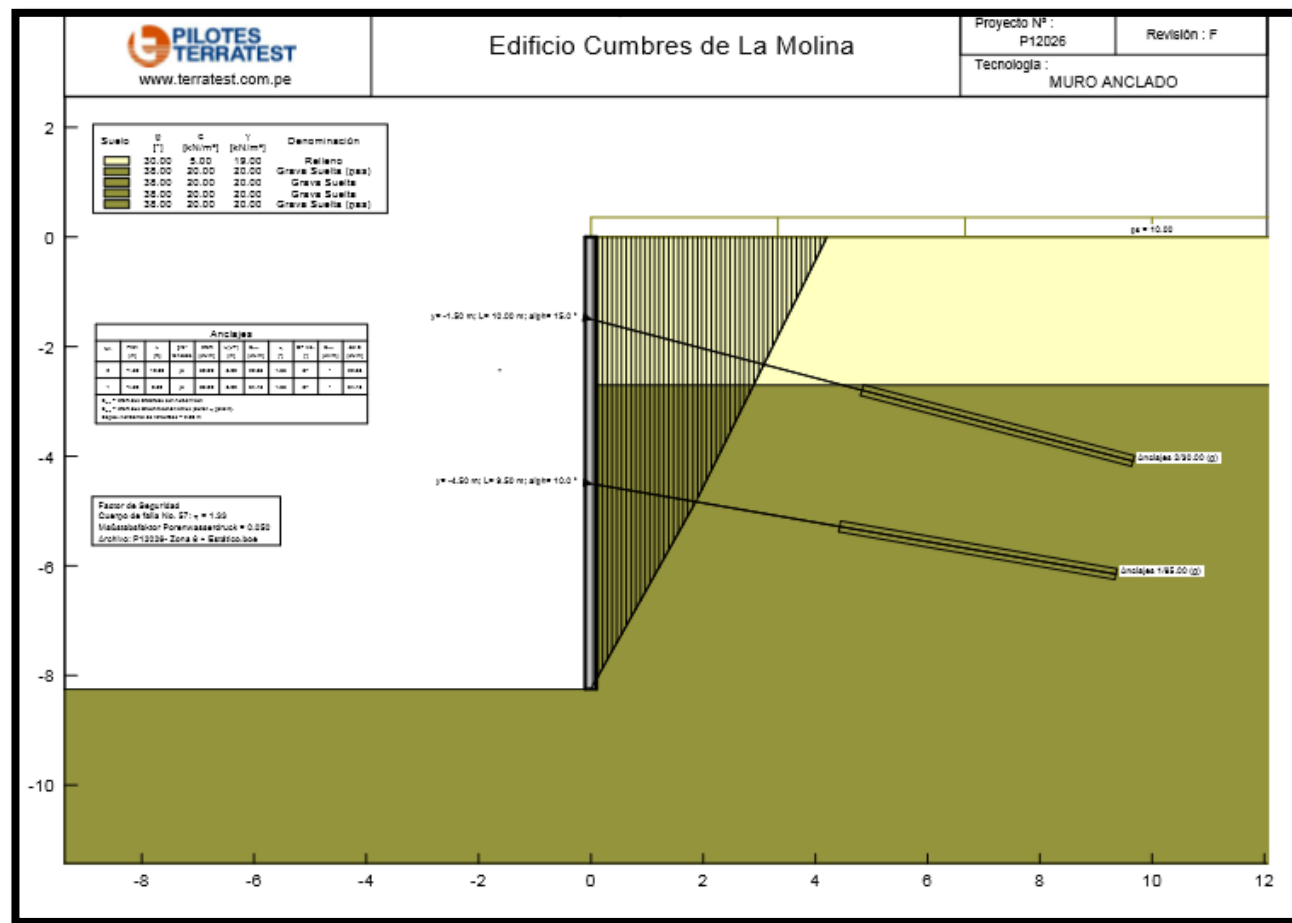
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



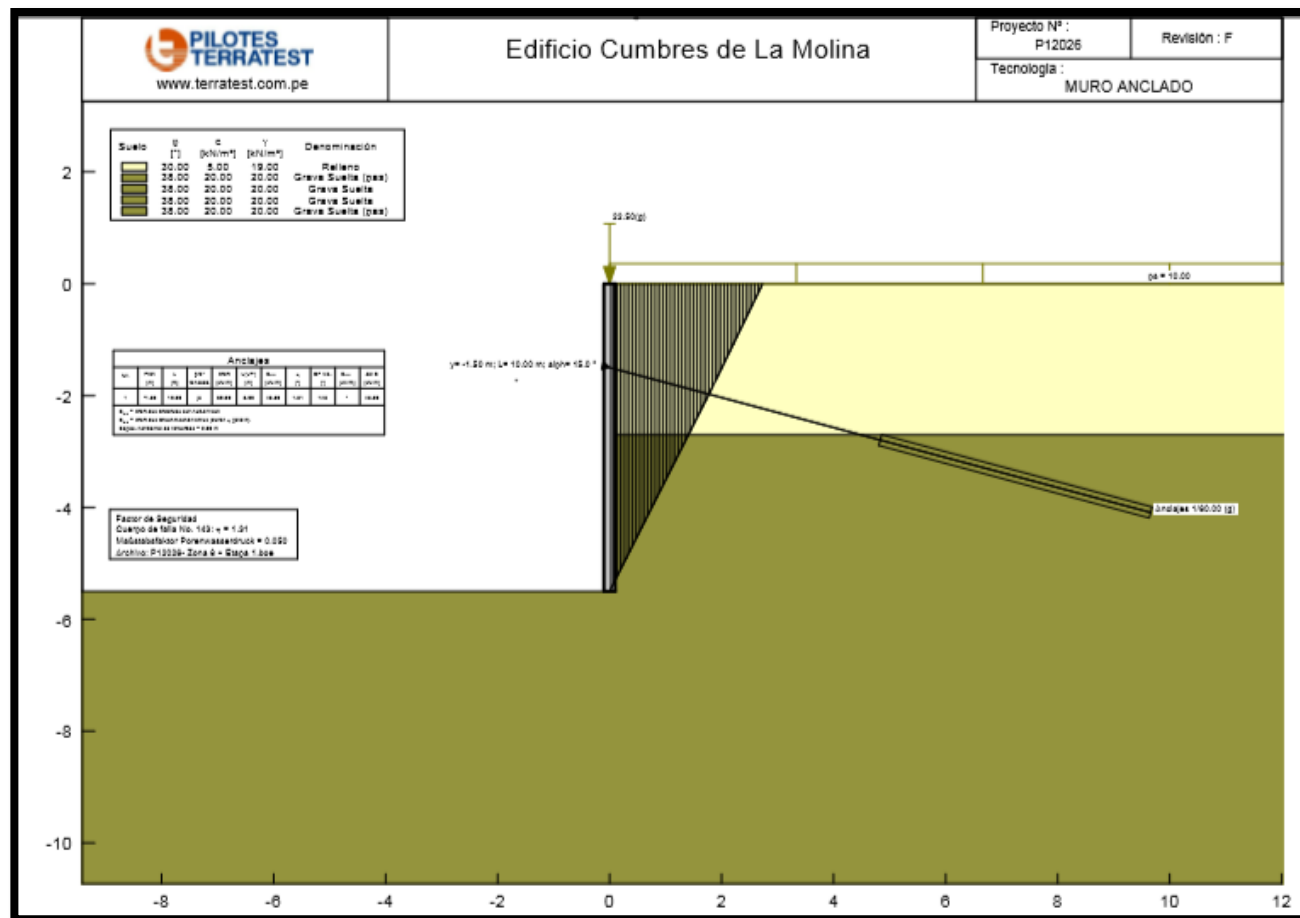
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



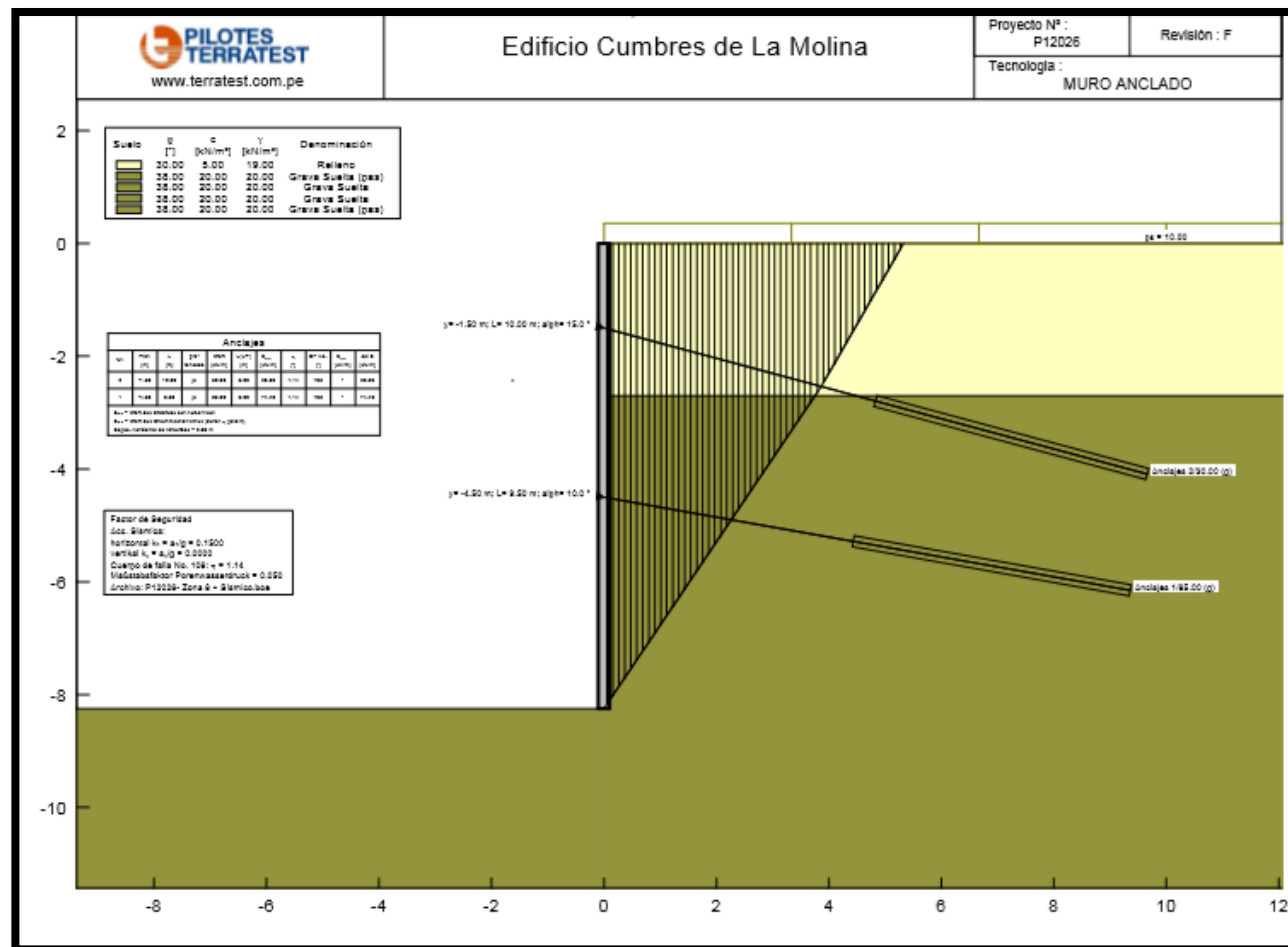
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



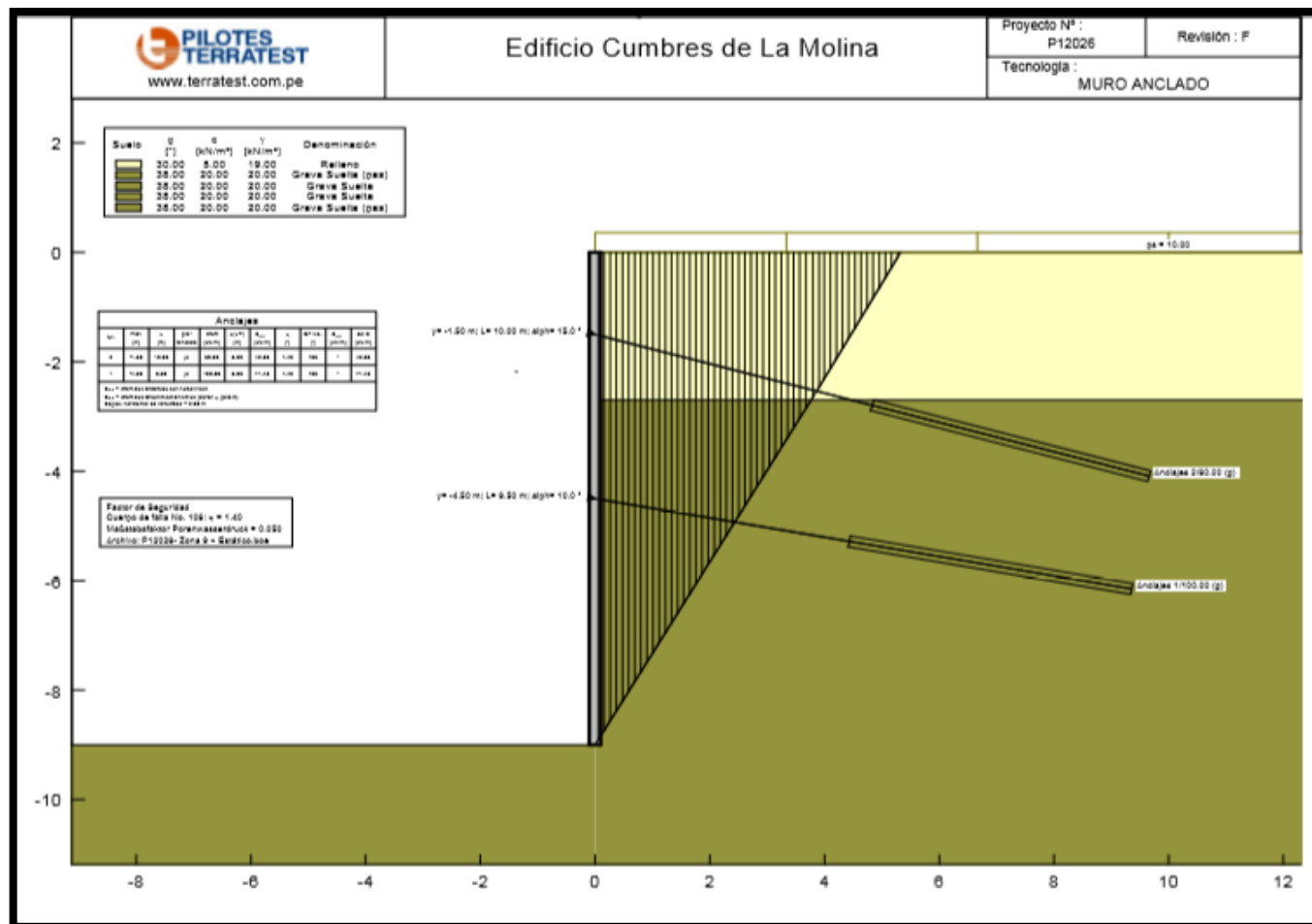
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



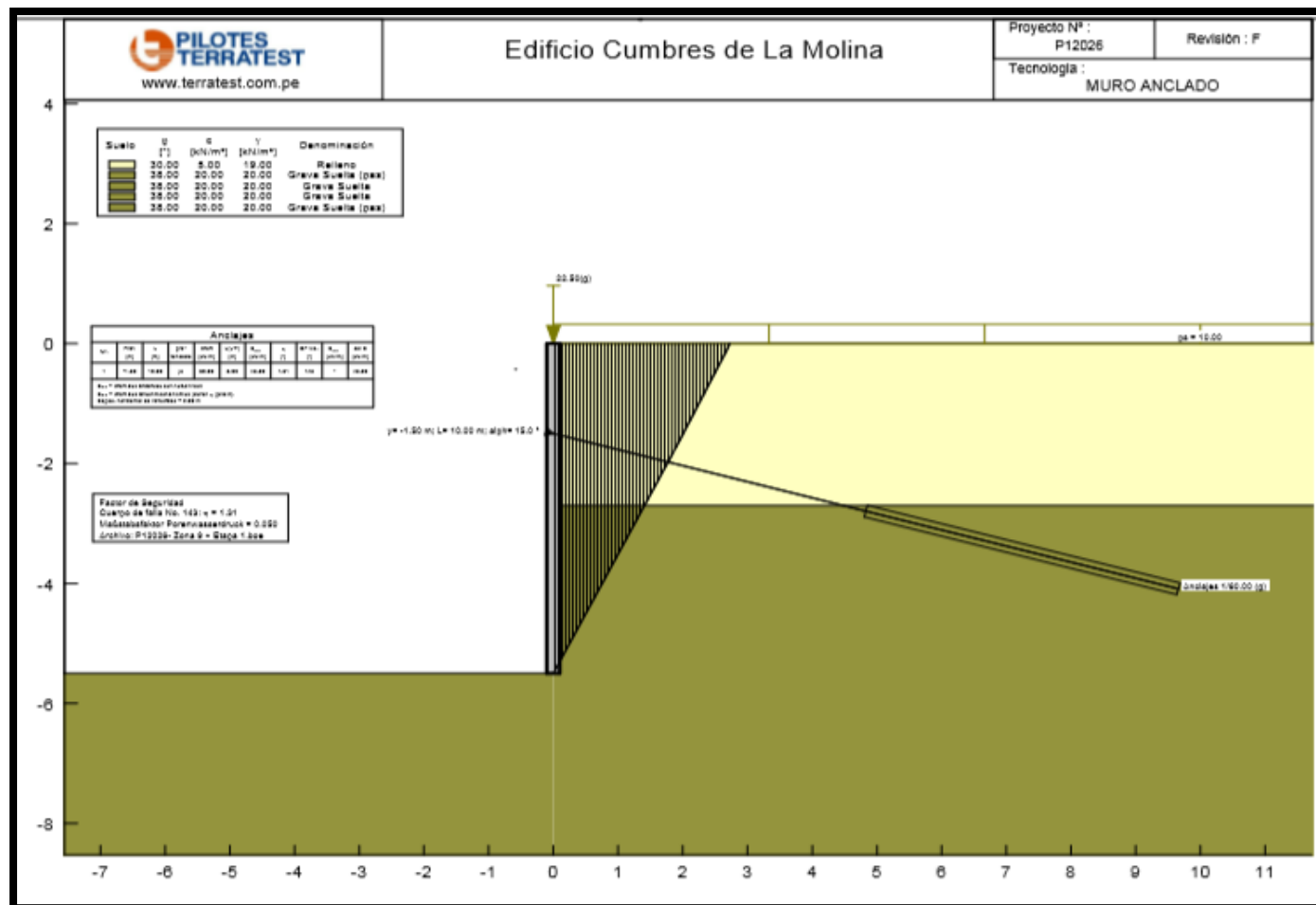
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



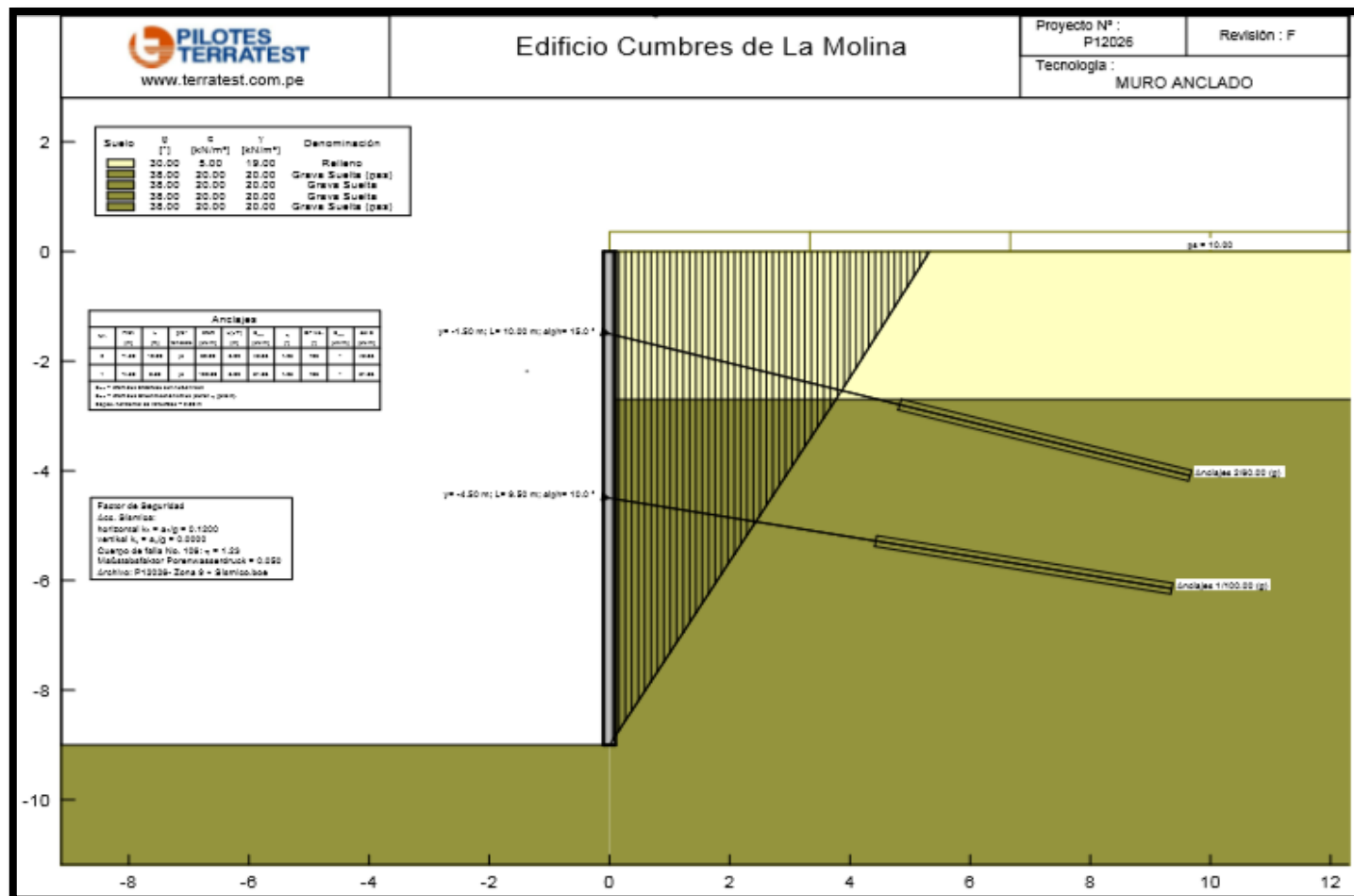
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



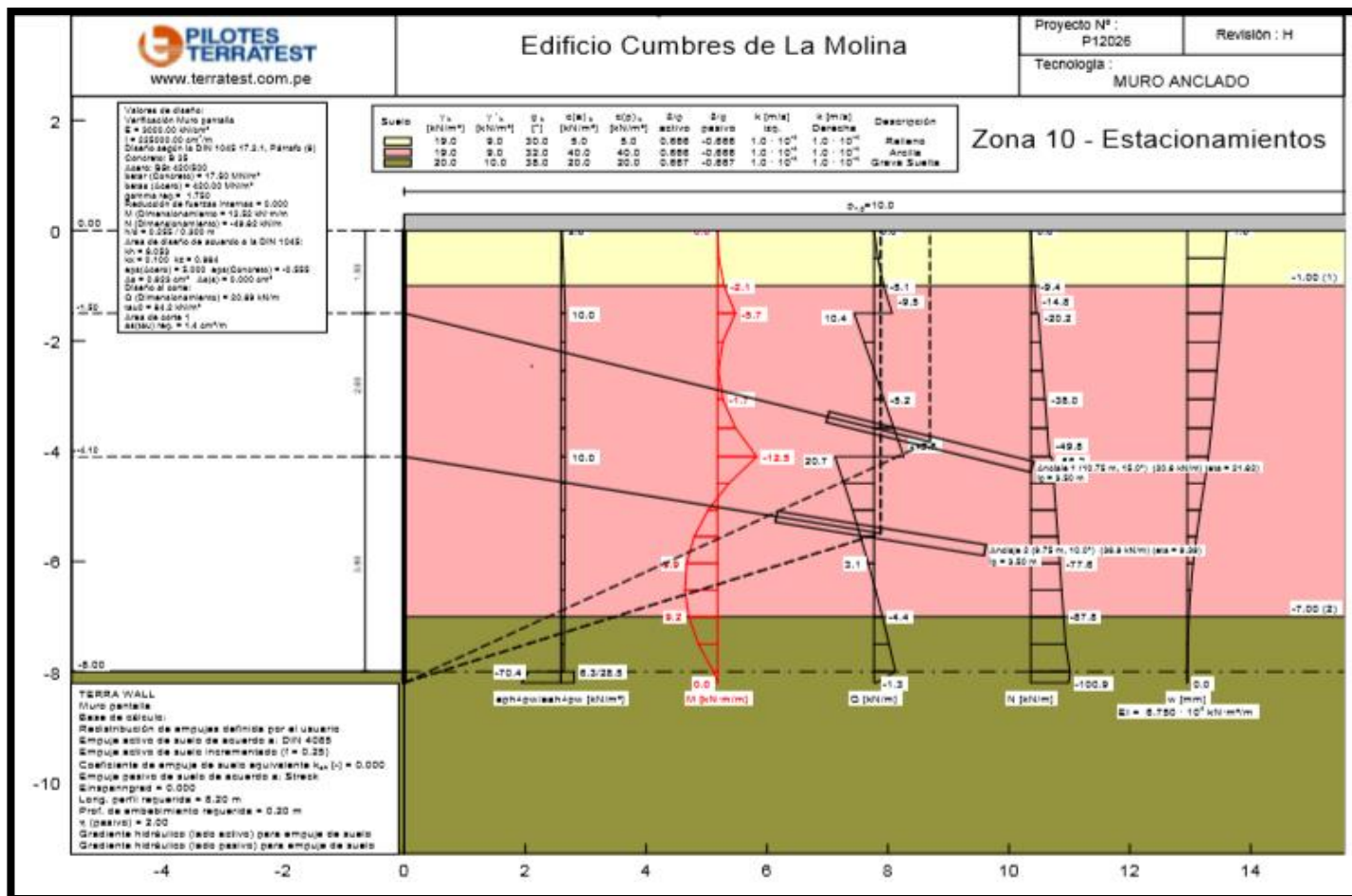
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



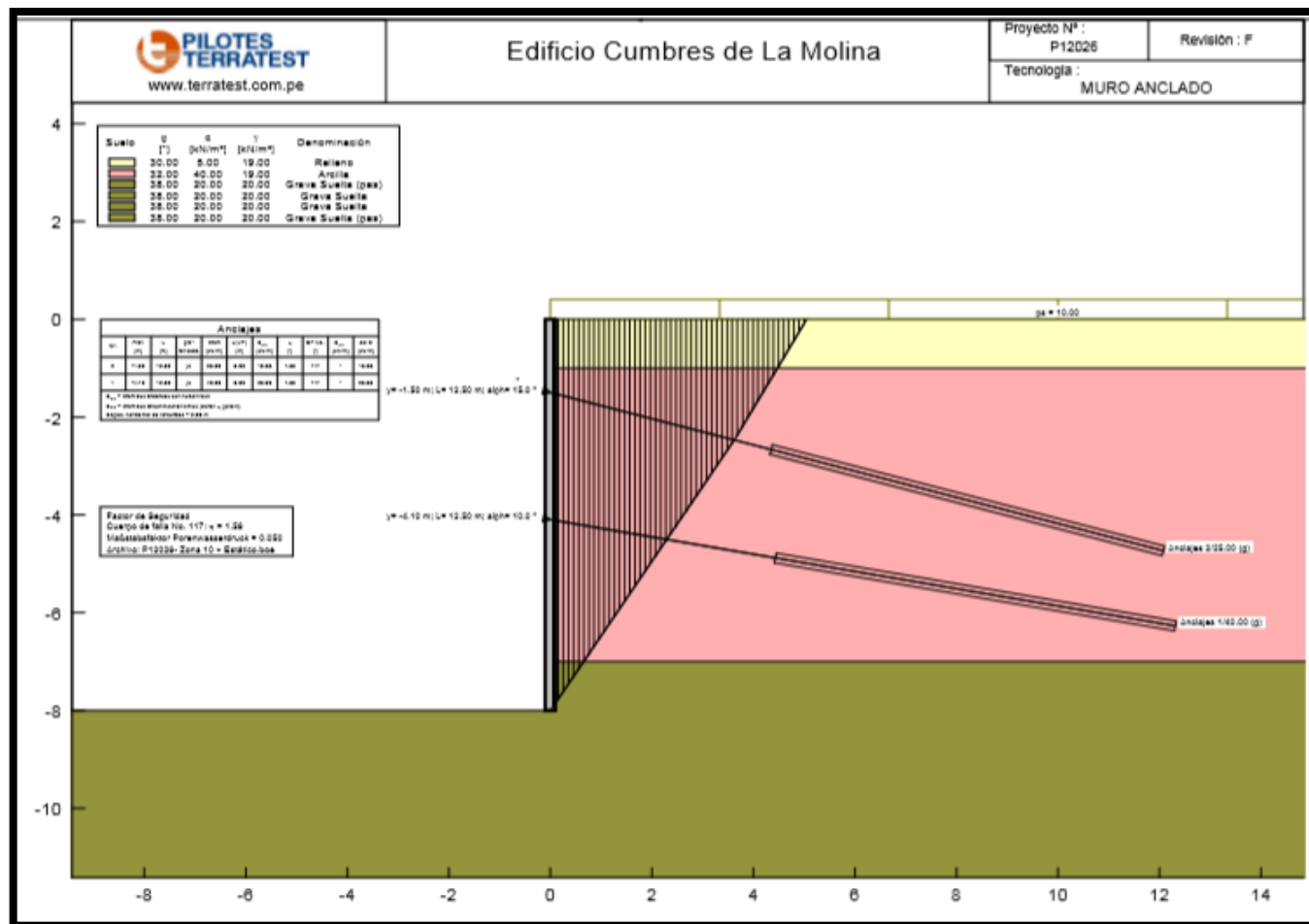
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



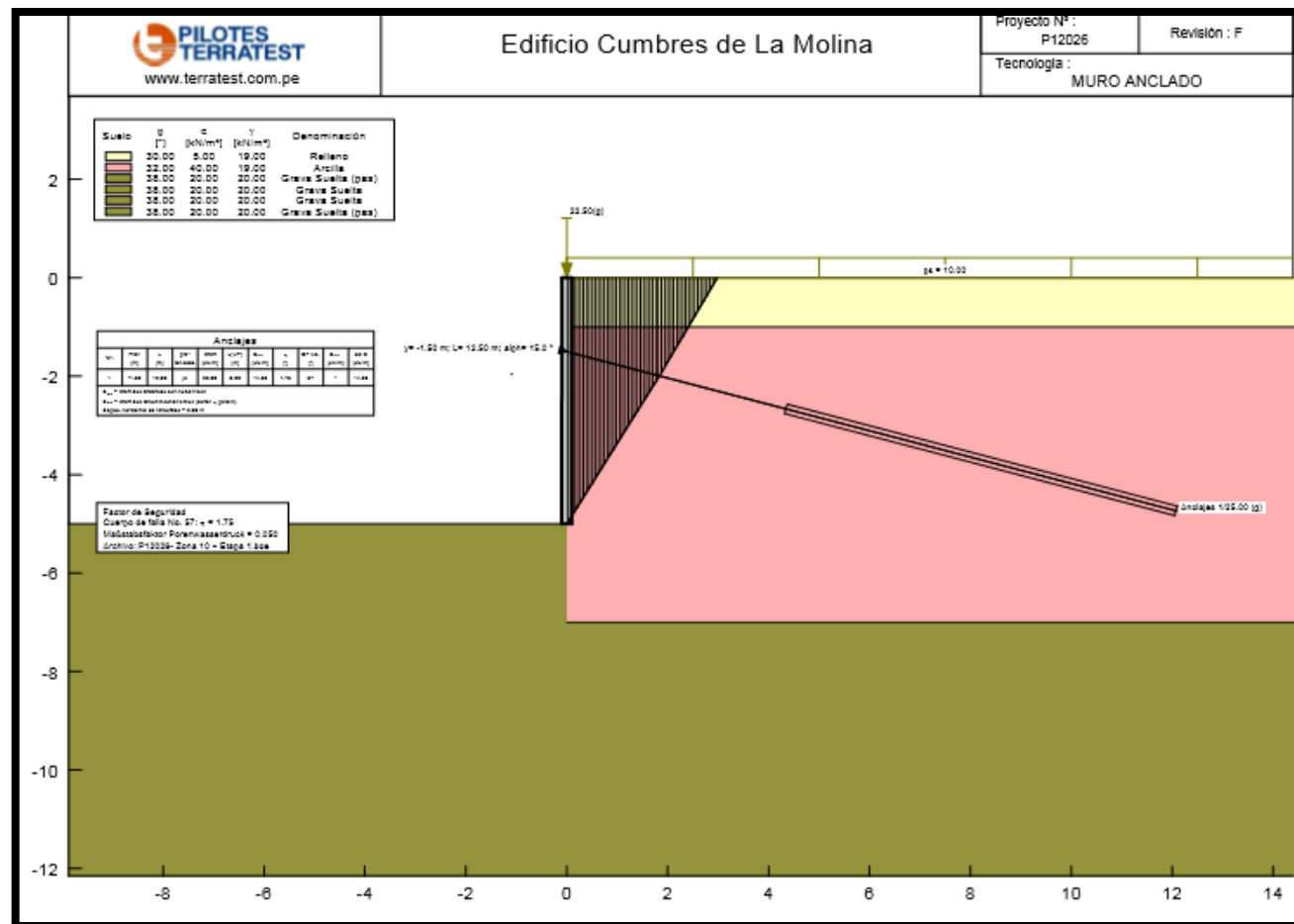
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



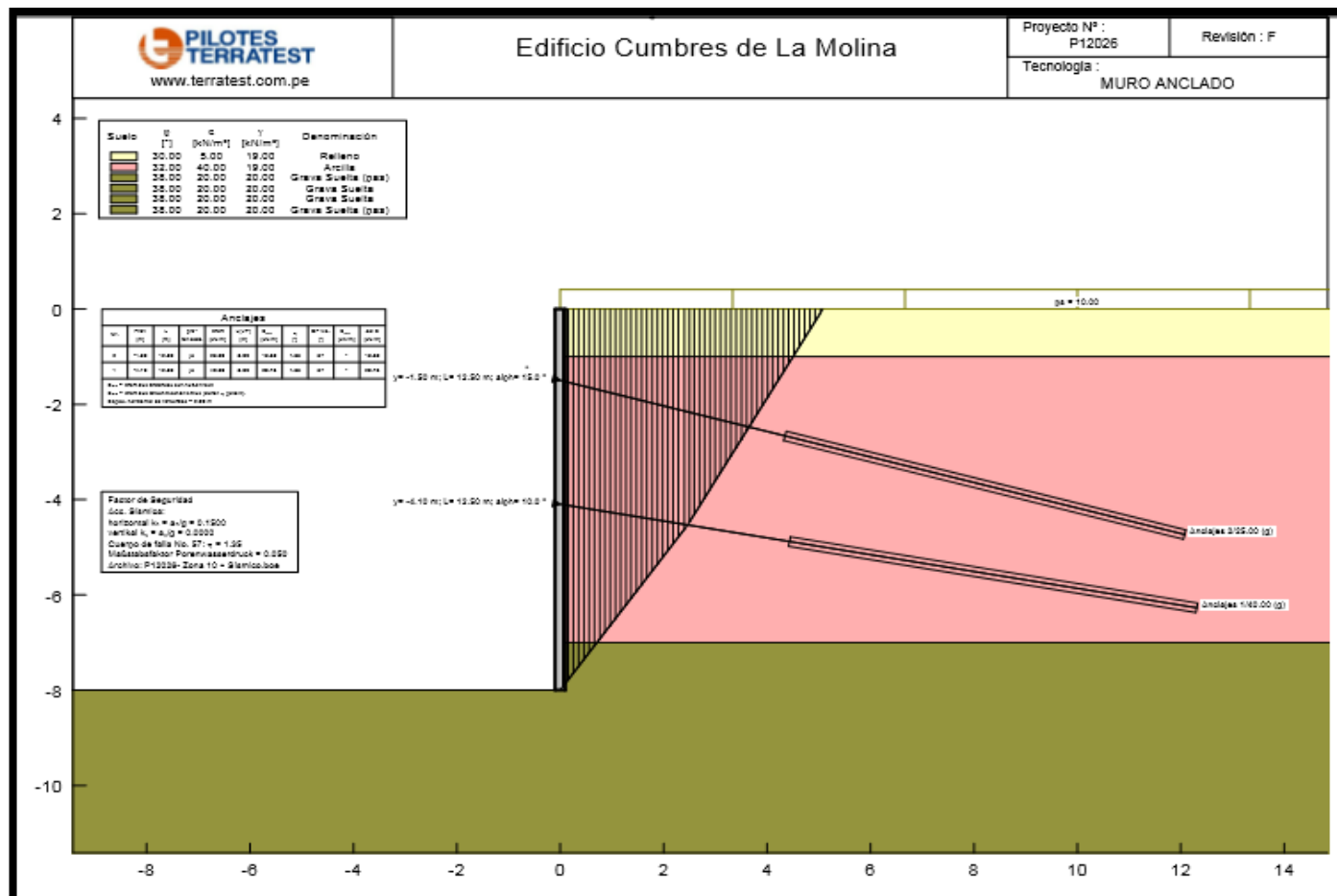
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



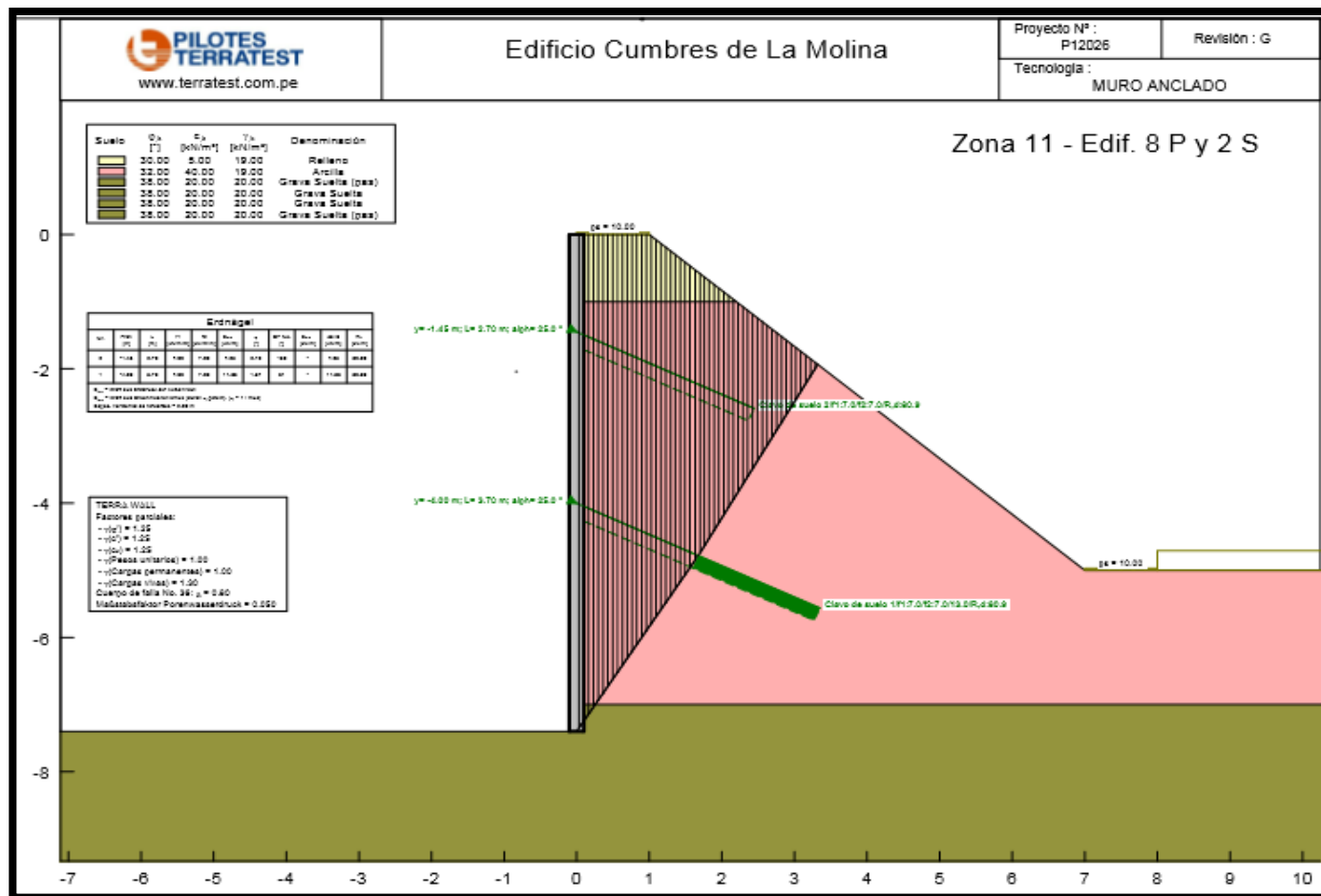
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



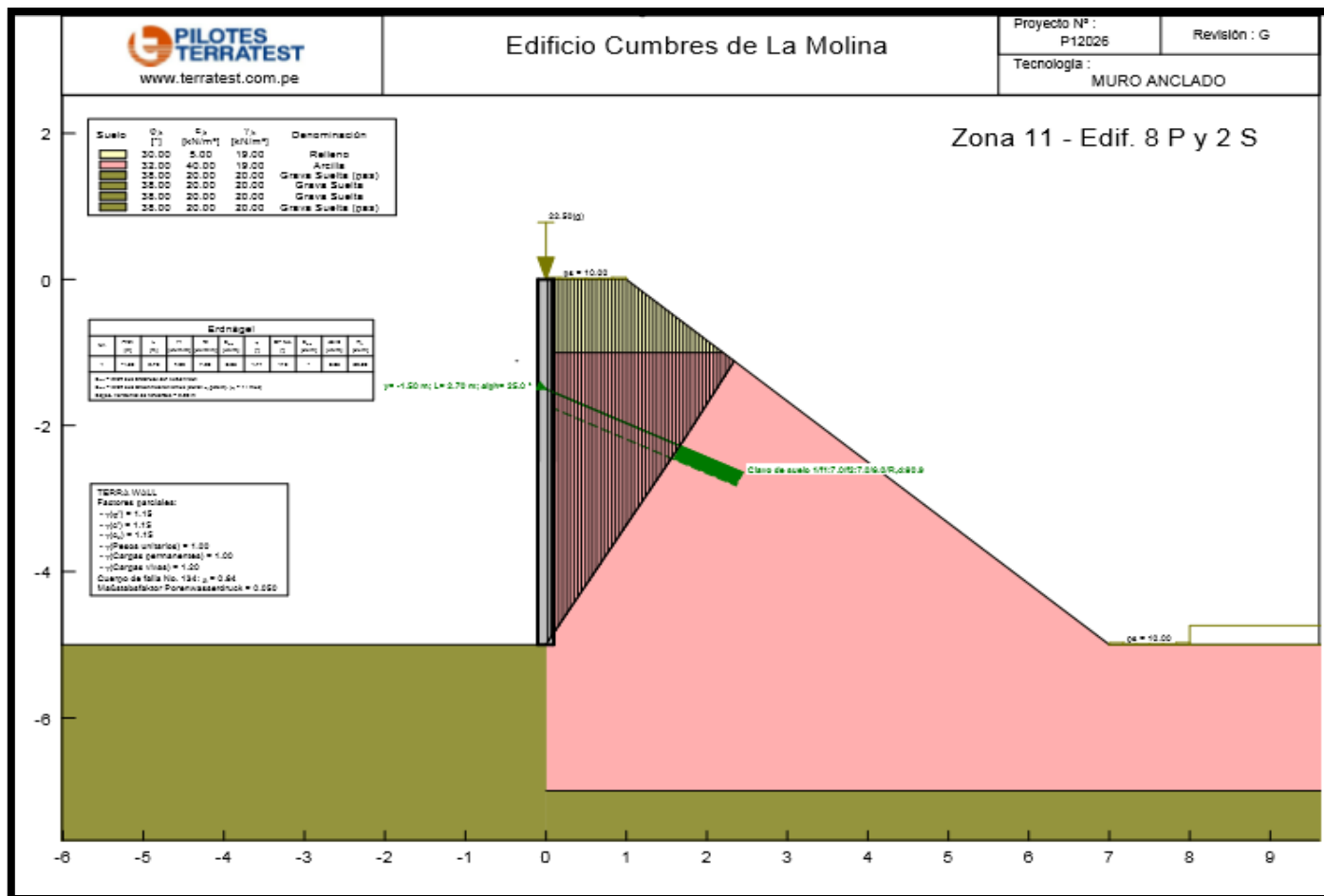
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



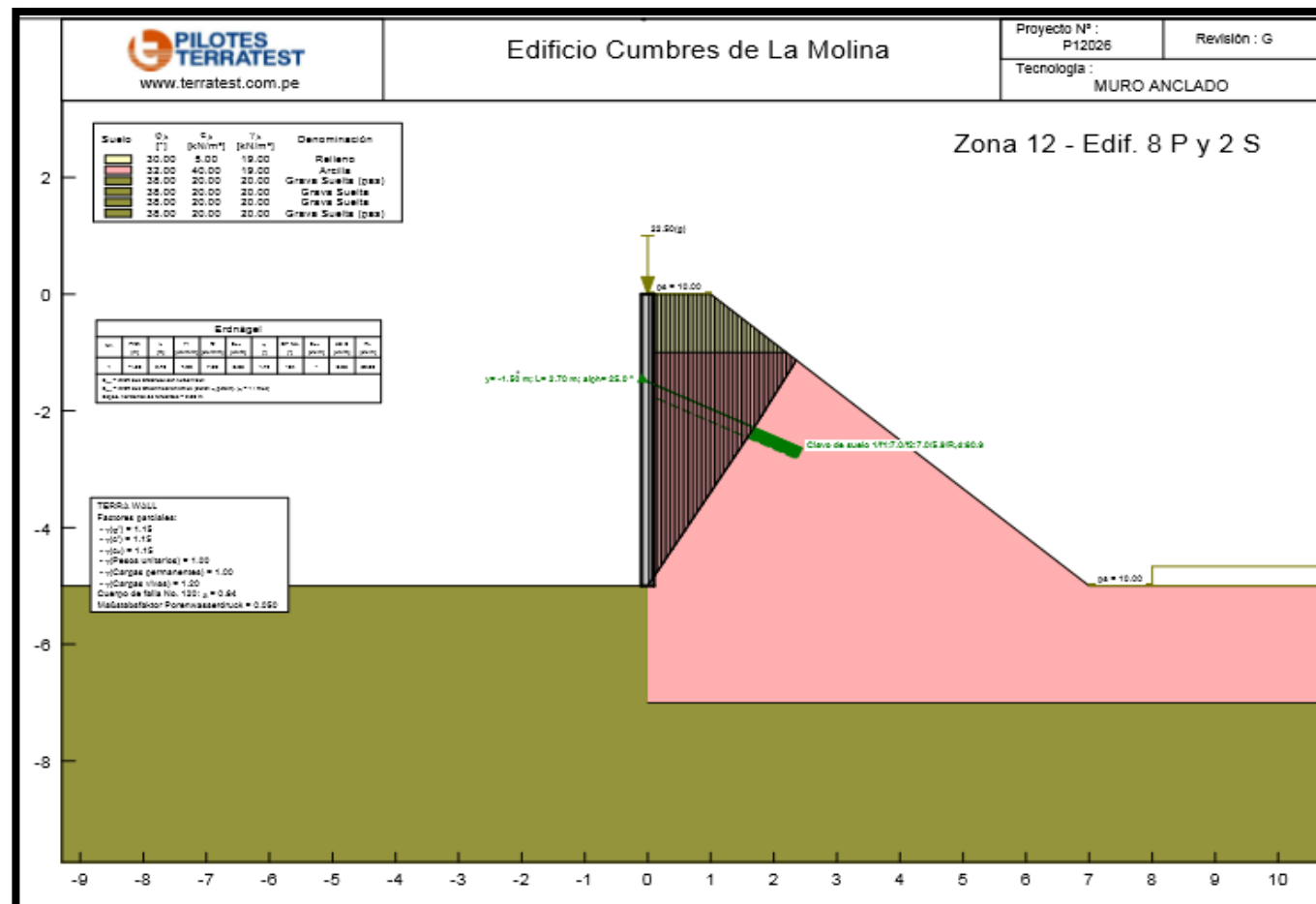
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



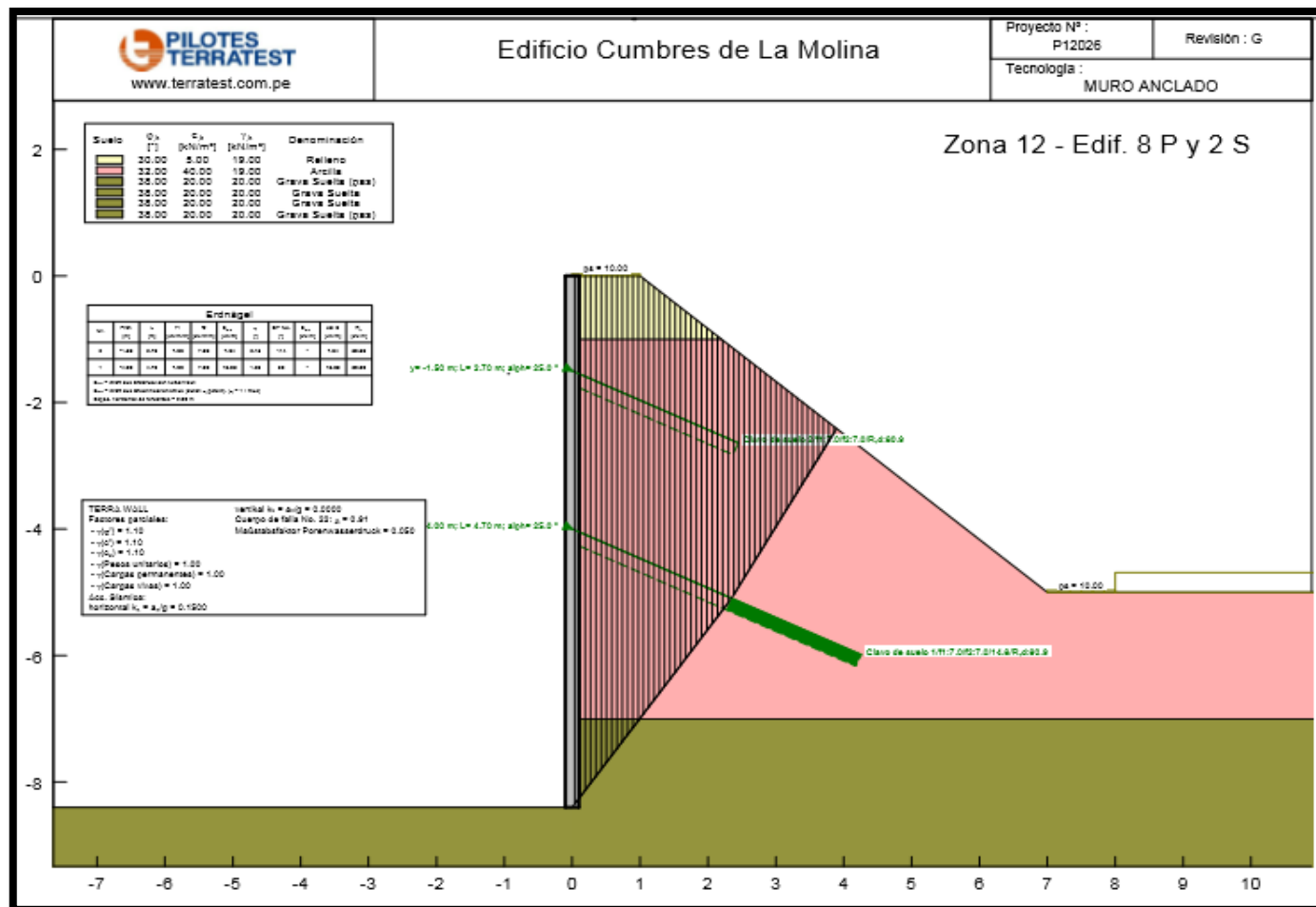
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



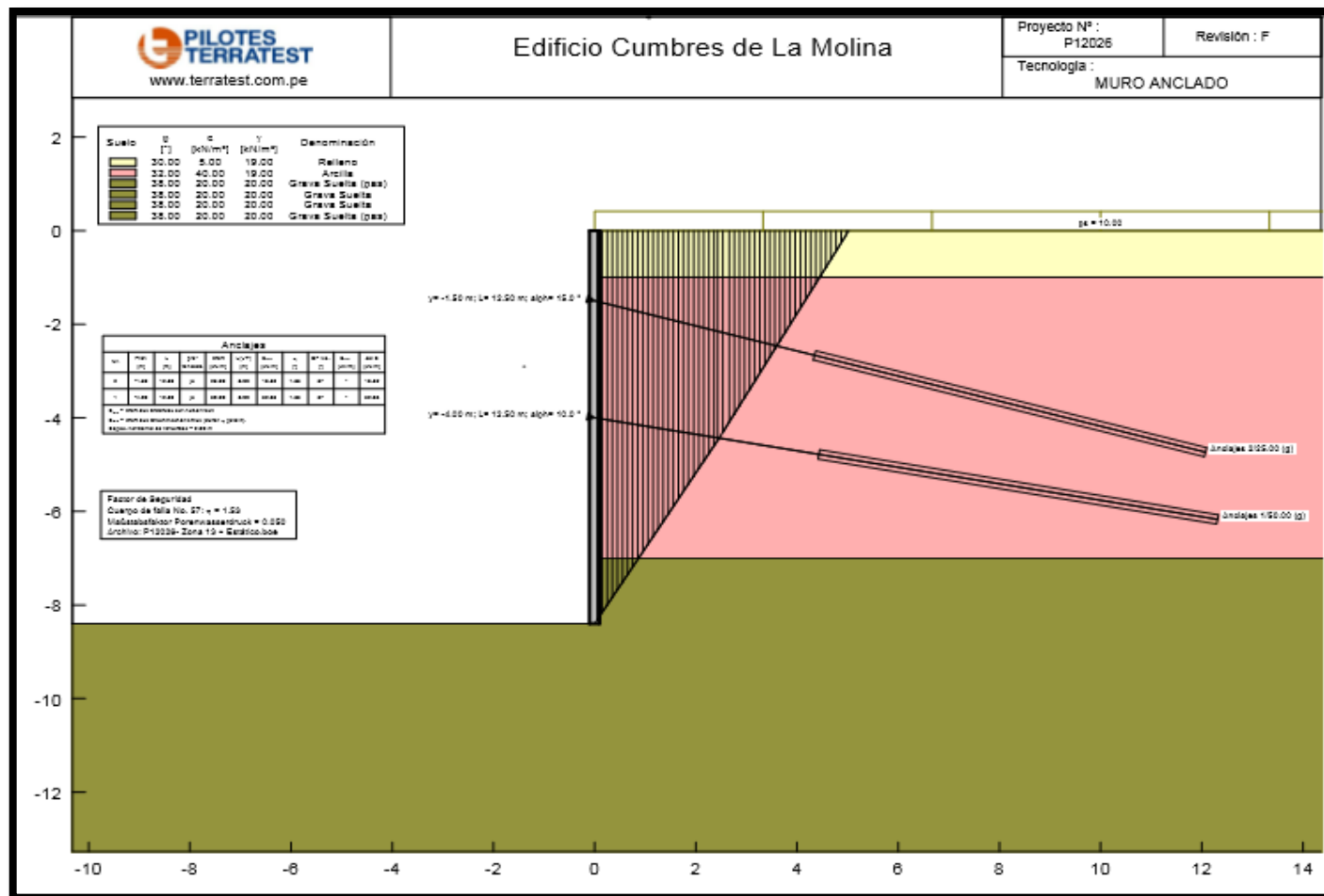
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C

ANEXO 02
LISTA DE ANCLAJES

PROYECTO ANCLAJES POSTENSADOS
P12026 - Edificio Cumbres de La Molina
MUROS ANCLADOS

LISTA DE ANCLAJES - Revisión H-1 del 12 de Abril del 2013				Realizó: JSC/MSS		Revisó: MSS								
Sector	Numera ción	Línea	Cant. anc.	Tipo Anclaje	Anclaje Tipo	ah max m	NA m	Lv m	Lf m	Lo m	av °	Pw' Ton	Lo tot m	
Edificio 1 - NFC: -23,25m														
SECTOR 1														
ZONA 1 (NFC: -18,30m)	1.09 @ 1.22	1	14	T-IGU	TERRA 6 - 4	4.90	Ver planos	5.00	14.00	19.00	15	59	266.00	
Avenida Javier Prado (NTR: +2.70m)	2.09 @ 2.22	2	14	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	6.70	10.30	17.00	10	108	238.00	
	3.09 @ 3.22	3	14	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	5.90	10.50	16.00	10	108	224.00	
	4.09 @ 4.22	4	14	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	5.90	7.50	13.00	10	108	182.00	
	5.09 @ 5.22	5	14	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	5.90	5.50	11.00	10	108	154.00	
ZONA 2 (NFC: -19,45m)	1.01 @ 1.06	1	6	T-IGU	TERRA 6 - 4	4.50	Ver planos	5.00	15.00	20.00	15	54	120.00	
Avenida Javier Prado (NTR: +2.40m)	2.01 @ 2.06	2	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.50	Ver planos	5.90	12.50	18.00	10	88	108.00	
	3.01 @ 3.06	3	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.50	Ver planos	5.00	11.00	16.00	10	88	96.00	
	4.01 @ 4.06	4	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.50	Ver planos	5.00	8.00	13.00	10	88	78.00	
	5.01 @ 5.06	5	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.50	Ver planos	5.00	6.00	11.00	10	88	66.00	
	6.01 @ 6.06	6	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.50	Ver planos	5.00	4.50	9.50	10	88	57.00	
ZONA 2B (NFC: -19,90m)	1.07 @ 1.08b	1	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	2.33	Ver planos	6.90	11.10	18.00	15	110	54.00	
Avenida Javier Prado (NTR: +2.40m)	2.07 @ 2.08b	2	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	2.33	Ver planos	6.90	10.10	17.00	10	110	51.00	
	3.07 @ 3.08b	3	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	2.33	Ver planos	6.90	9.10	16.00	10	110	48.00	
	4.07 @ 4.08b	4	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	2.33	Ver planos	6.90	7.10	14.00	10	110	42.00	
	5.07 @ 5.08	5	2	T-IGU	TERRA 6 - 4	3.50	Ver planos	5.00	6.00	11.00	10	53	22.00	
	6.07 @ 6.08	6	2	T-IGU	TERRA 6 - 4	3.50	Ver planos	5.00	5.00	10.00	10	53	20.00	
ZONA 3 (NPT: -18,30m)	1.106 @ 1.108	1	3	T-IGU	TERRA 6 - 5	4.50	Ver planos	5.00	11.00	16.00	15	77	48.00	
Terreno - Eje 7 (NTR: +1,45m)	2.106 @ 2.108	2	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	6.20	8.80	15.00	10	99	45.00	
	3.106 @ 3.108	3	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	5.00	9.00	14.00	10	99	42.00	
	4.106 @ 4.108	4	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	5.00	8.00	13.00	10	99	39.00	
	5.106 @ 5.108	5	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	5.00	6.00	11.00	10	99	33.00	
ZONA 3B (NPT: -18,30m)	4.104 @ 4.105	4	2	T-IGU	TERRA 6 - 3	4.50	Ver planos	5.00	5.00	10.00	10	45	20.00	
Terreno - Eje 7 (NTR: -6,10m)	5.104 @ 5.105	5	2	T-IGU	TERRA 6 - 5	4.50	Ver planos	5.00	4.50	9.50	10	68	19.00	
ZONA 4 (NPT: -20,85m)	1.109 @ 1.116	1	8	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.50	Ver planos	5.40	11.60	17.00	15	86	136.00	
Terreno - Eje 7 (NTR: +1,45m)	2.109 @ 2.116	2	8	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	6.80	9.20	16.00	10	108	128.00	
	3.109 @ 3.116	3	8	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	5.90	9.50	15.00	10	108	120.00	
	4.109 @ 4.116	4	8	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	5.90	9.00	14.50	10	108	116.00	
	5.109 @ 5.116	5	8	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	5.90	7.50	13.00	10	108	104.00	
	6.109 @ 6.116	6	8	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.50	Ver planos	5.90	5.50	11.00	10	108	88.00	
ZONA 5 (NPT: -19,95m)	1.95 @ 1.100	1	6	T-IGU	TERRA 6 - 3	4.90	Ver planos	5.00	15.00	20.00	15	44	120.00	
Calle - Eje K (NTR: +1,45m)	2.95 @ 2.100	2	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.90	Ver planos	5.80	12.20	18.00	10	93	108.00	
	3.95 @ 3.100	3	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.90	Ver planos	5.00	11.00	16.00	10	93	96.00	
	4.95 @ 4.100	4	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.90	Ver planos	5.00	9.00	14.00	10	93	84.00	
	5.95 @ 5.100	5	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.90	Ver planos	5.00	6.00	11.00	10	93	66.00	
	6.95 @ 6.100	6	6	T-IGU	TERRA 6 - 6	4.90	Ver planos	5.00	4.50	9.50	10	93	57.00	
ZONA 6 (NPT: -22,67m)	1.101 @ 1.103	1	3	T-IGU	TERRA 6 - 4	4.90	Ver planos	5.00	17.00	22.00	15	54	66.00	
Calle - Eje K (NTR: +2.00m)	2.101 @ 2.103	2	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	6.70	13.30	20.00	10	108	60.00	
	3.101 @ 3.103	3	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	5.90	13.50	19.00	10	108	57.00	
	4.101 @ 4.103	4	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	5.90	11.50	17.00	10	108	51.00	
	5.101 @ 5.103	5	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	5.90	8.50	14.00	10	108	42.00	
	6.101 @ 6.103	6	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	5.90	6.50	12.00	10	108	36.00	
	7.101 @ 7.103	7	3	T-IGU	TERRA 6 - 7	4.90	Ver planos	5.90	4.50	10.00	10	108	30.00	
TOTAL ANCLAJES			246											3637.00

NOTA:

El peso de acero calculado incluye un metro adicional para el tensado (medido desde la placa)

ah max=	separación máxima entre anclajes (en horizontal) o distancia de influencia de anclajes
NA =	cota de intersección del eje del anclaje con el eje del muro
L1 =	longitud del anclaje desde el eje del muro o pila hasta el centro del bulbo
Lo =	longitud del anclaje desde la placa hasta el fin del bulbo
Lf =	longitud libre (placa hasta inicio bulbo)
Lv =	longitud del bulbo
Lad=	longitud entre el eje del muro o pila y la placa
L anc =	longitud del anclaje incluyendo 1,00 m de suplemento para el tensado
av =	ángulo del eje del anclaje respecto de la horizontal
ah =	ángulo del plano vertical que contiene el anclaje con el plano vert. perpendicular al muro (VER PLANO DE PLANTA)
Estado A =	Empuje Activo F.S = 1.75
Estado R =	Empuje en Reposo F.S = 1.33
Estado AS =	Empuje Activo + Sismo F.S = 1.50
Estado AR1 =	Empuje Ponderado (0,25*Activo + 0,75*Reposo) F.S = 1.435
Estado AR2 =	Empuje Ponderado (0,50*Activo + 0,50*Reposo) F.S = 1.50
Pw =	carga de servicio del anclaje por unidad de longitud del muro
Pw' =	carga de servicio del anclaje

Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C

PROYECTO ANCLAJES POSTENSADOS
P12026 - Edificio Cumbres de La Molina
MUROS ANCLADOS

LISTA DE ANCLAJES - Revisión H-2 del 12 de Abril del 2013				Realizó: MSS/JSC Revisó: MSS										
Sector	Numeración	Línea	Cant. anc.	Tipo Anclaje	Anclaje Tipo	ah max m	NA m	Lv m	Lf m	Lo m	av °	Pw' Ton	Lo tot m	
SECTOR 1														
ZONA 7 (NFC: -6,10m) Edificio 4 pisos - Eje I (NTN: 215m) h = 8,25m	1.23 @ 1,20	1	6	T-1GU	TERRA 6 - 3	5,00	Ver planos	5,00	5,00	10,00	15	33	60,00	
	2.23 @ 2,20	2	6	T-1GU	TERRA 6 - 4	5,00	Ver planos	5,00	4,50	9,50	10	63	57,00	
ZONA 8 (NFC: -6,50m) Estacionamiento - Eje I (NTN: +1,75m) h=8,25m	1.29 @ 1,35	1	7	T-1GU	TERRA 6 - 2	5,00	Ver planos	5,00	5,00	10,00	15	30	70,00	
	2.29 @ 2,35	2	7	T-1GU	TERRA 6 - 3	5,00	Ver planos	5,00	4,50	9,50	10	43	66,50	
ZONA 9 (NFC: -7,60) Calle Toucan - Eje a (NTN: +1,40) h=9,00m	1.08 @ 1,94	1	7	T-1GU	TERRA 6 - 2	5,00	Ver planos	5,00	5,00	10,00	15	30	70,00	
	2.08 @ 2,94	2	7	T-1GU	TERRA 6 - 4	5,00	Ver planos	5,00	4,50	9,50	10	50	66,50	
SECTOR 2														
ZONA 10 (NFC: variable) Estacionamiento - Eje I (NTN: variable) h=8m	1.36 @ 1,58	1	23	T-1GU	TERRA 6 - 2	5,00	Ver planos	8,00	4,50	12,50	15	25	287,50	
	2.36 @ 2,58	2	23	T-1GU	TERRA 6 - 2	5,00	Ver planos	8,00	4,50	12,50	10	25	287,50	
ZONA 13 (NFC: variable) Calle Toucan - Eje a (NTN: variable) h=9,00m	1.59 @ 1,87	1	29	T-1GU	TERRA 6 - 2	5,00	Ver planos	8,00	4,50	12,50	15	25	362,50	
	2.59 @ 2,87	2	29	T-1GU	TERRA 6 - 2	5,00	Ver planos	8,00	4,50	12,50	10	25	362,50	
TOTAL ANCLAJES			144											1690,00

* SECTOR 1 con perforación ODEX90, SECTOR 2 con perforación ODEX 115

LISTA DE NAILS														Lo tot m
Sector	Numeración	Línea	Cant. anc.	Tipo Nail	D barra	ah max m	NA m	Lv m	L adic* m	Lo m	av °			
SECTOR 2														
ZONA 11 (NFC: -6,90m) Edificio 8 pisos + 2 sótanos a 7m - eje IX (NTN: +0,50m) h=7,40m	A.01 @ A.07	1	7	TITAN 40-16	40mm	5,00	Ver planos	2,70	0,30	3,00	25		21,00	
	B.01 @ B.07	2	7	TITAN 40-16	40mm	5,00	Ver planos	3,70	0,30	4,00	25		28,00	
ZONA 12 (NFC: -8,40m) Edificio 8 pisos + 2 sótanos a 7m - eje IX (NTN: +0,00m) h=6,40m	A.08 @ A.11	1	4	TITAN 40-16	40mm	5,00	Ver planos	2,70	0,30	3,00	25		12,00	
	B.08 @ B.11	2	4	TITAN 40-16	40mm	5,00	Ver planos	4,70	0,30	5,00	25		20,00	
TOTAL NAILS			22											61,00

* Longitud adicional necesaria para el colocó de placa y tuerca para asegurar el pemo
usar TITAN 40/16 con bit Ballístico.

NOTA:

El peso de acero calculado incluye un metro adicional para el tensado (medido desde la placa)

ah max = separación máxima entre anclajes (en horizontal) o distancia de influencia de anclajes

NA = cota de intersección del eje del anclaje con el eje del muro

L1 = longitud del anclaje desde el eje del muro o pila hasta el centro del bulbo

Lo = longitud del anclaje desde la placa hasta el fin del bulbo

Lf = longitud libre (placa hasta inicio bulbo)

Lv = longitud del bulbo

Lad = longitud entre el eje del muro o pila y la placa

L anc = longitud del anclaje incluyendo 1,00 m de suplemento para el tensado

av = ángulo del eje del anclaje respecto de la horizontal

ah = ángulo del plano vertical que contiene el anclaje con el plano vert. perpendicular al muro (VER PLANO DE PLANTA)

Estado A = Empuje Activo F.S = 1,75

Estado R = Empuje en Reposo F.S = 1,33

Estado AS = Empuje Activo + Sismo F.S = 1,50

Estado AR1 = Empuje Ponderado (0,25° Activo + 0,75° Reposo) F.S = 1,435

Estado AR2 = Empuje Ponderado (0,50° Activo + 0,50° Reposo) F.S = 1,50

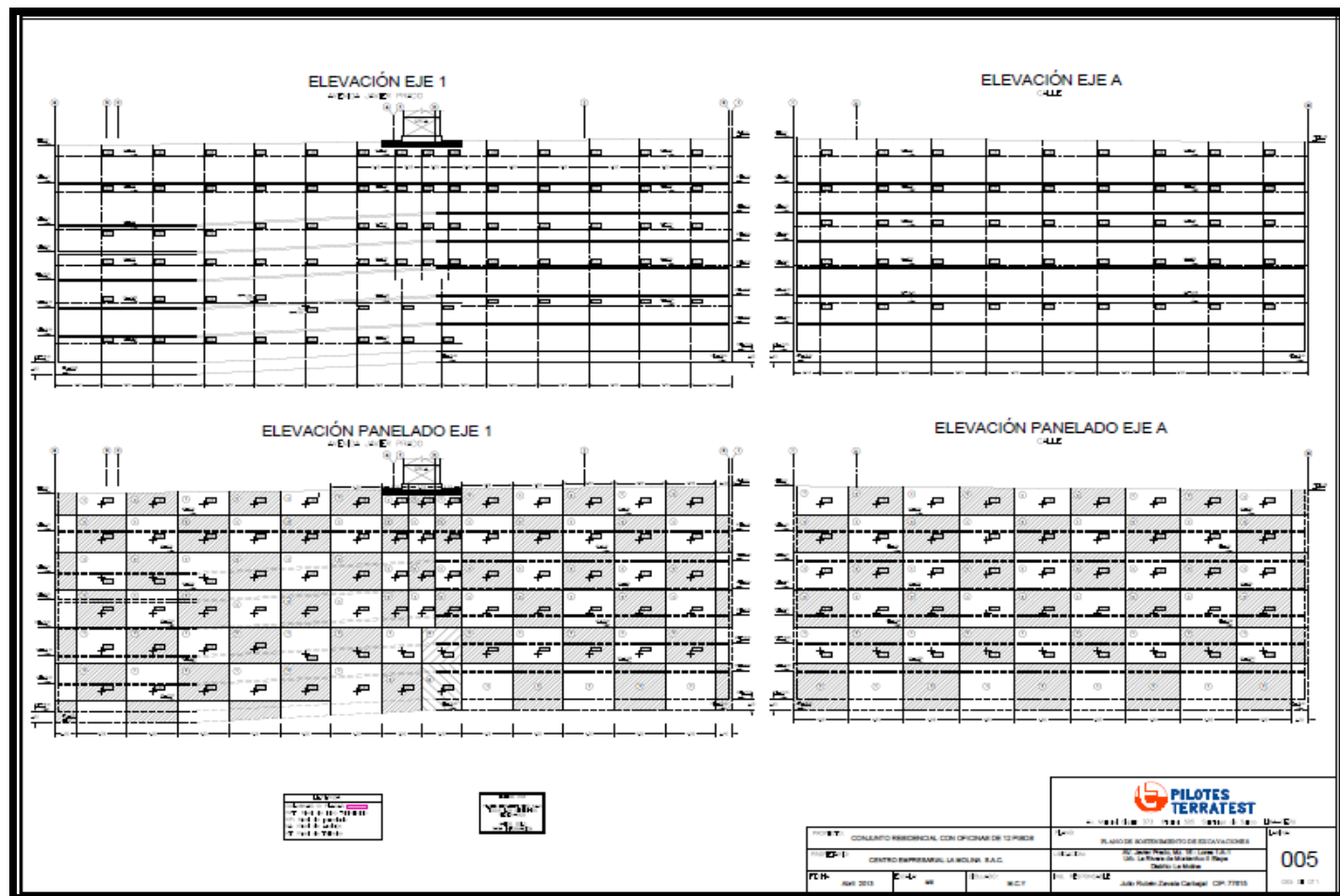
Pw = carga de servicio del anclaje por unidad de longitud d el muro

Pw' = carga de servicio del anclaje

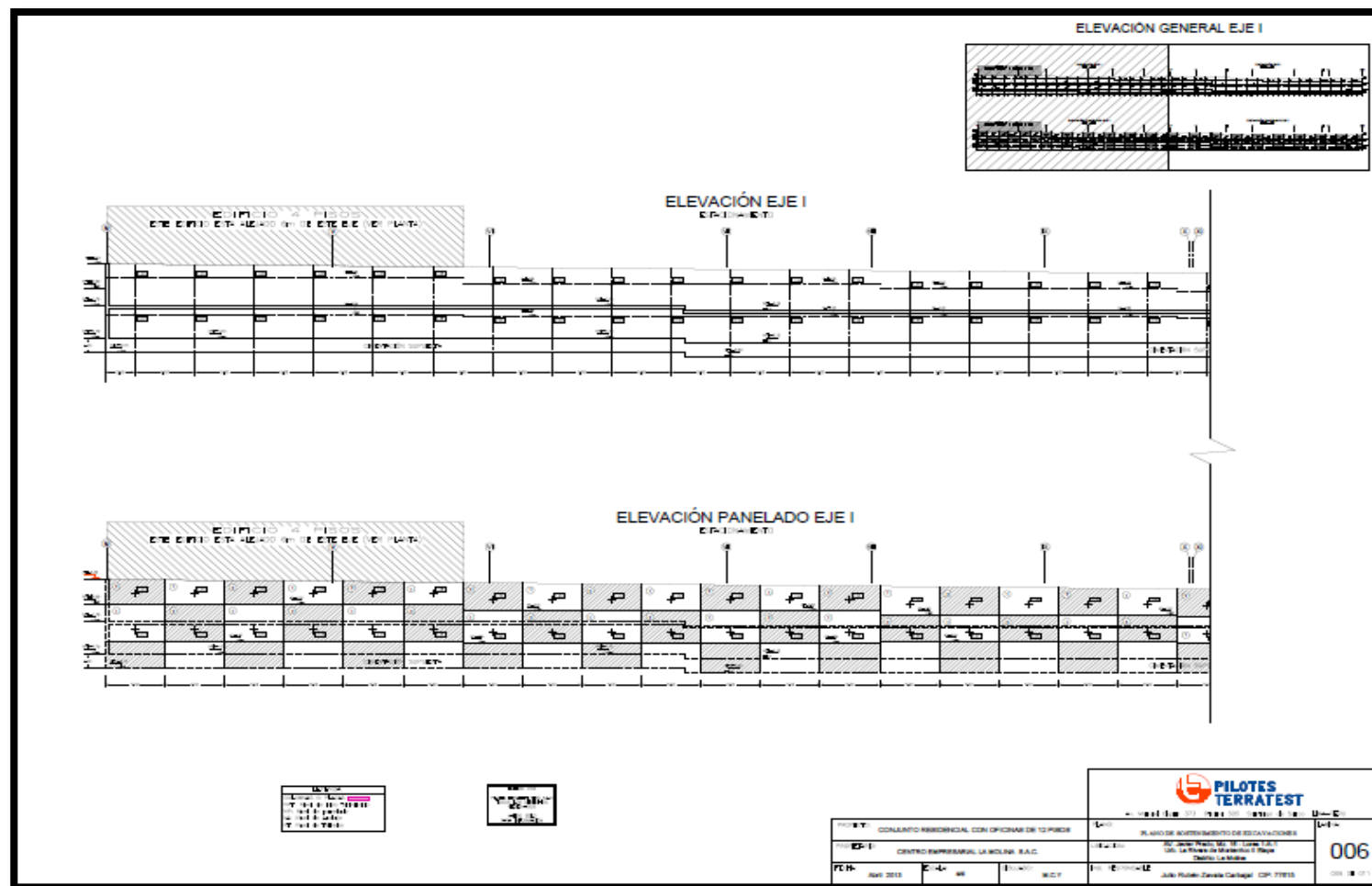
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C

ANEXO 03

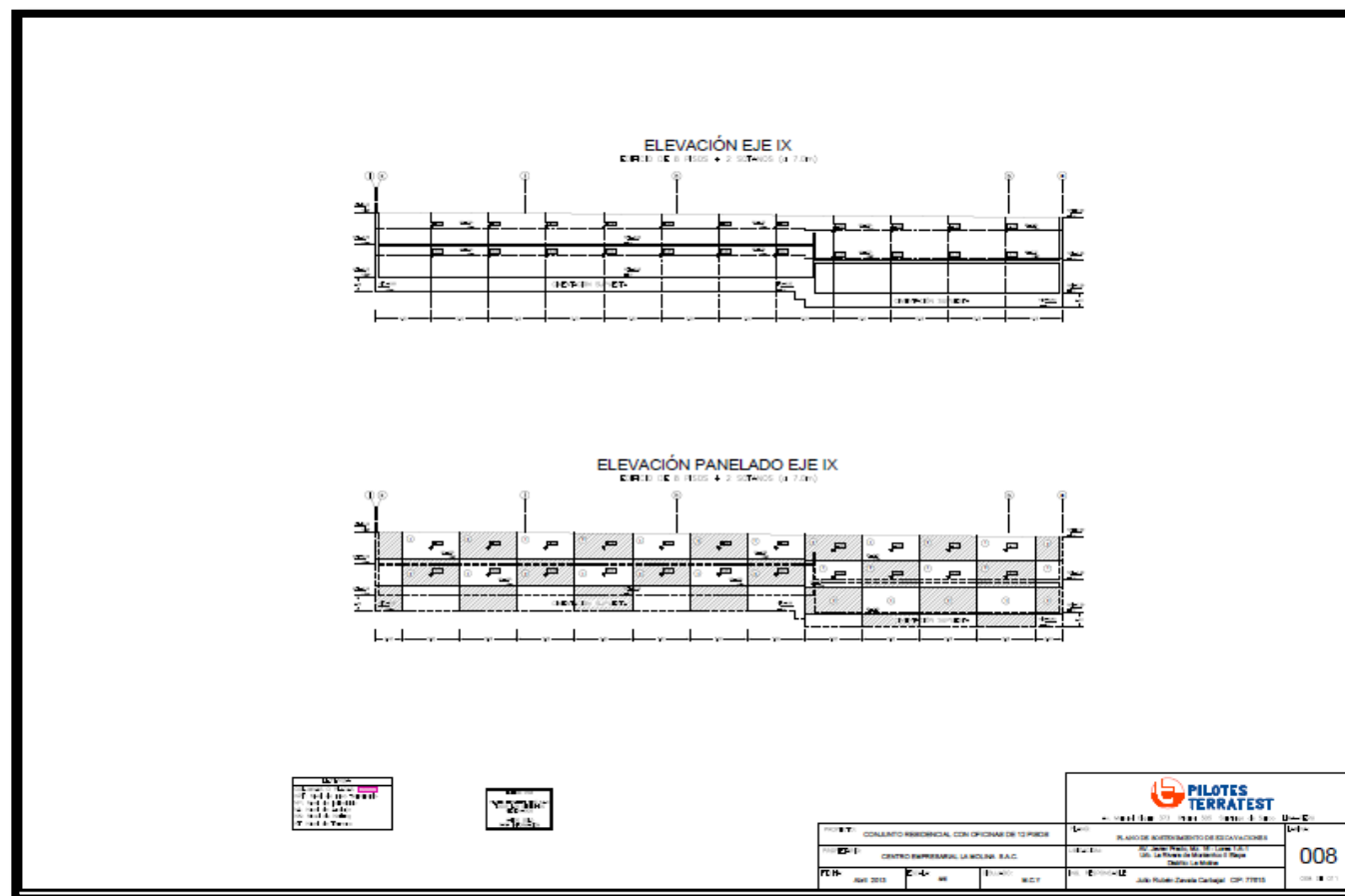
PLANOS



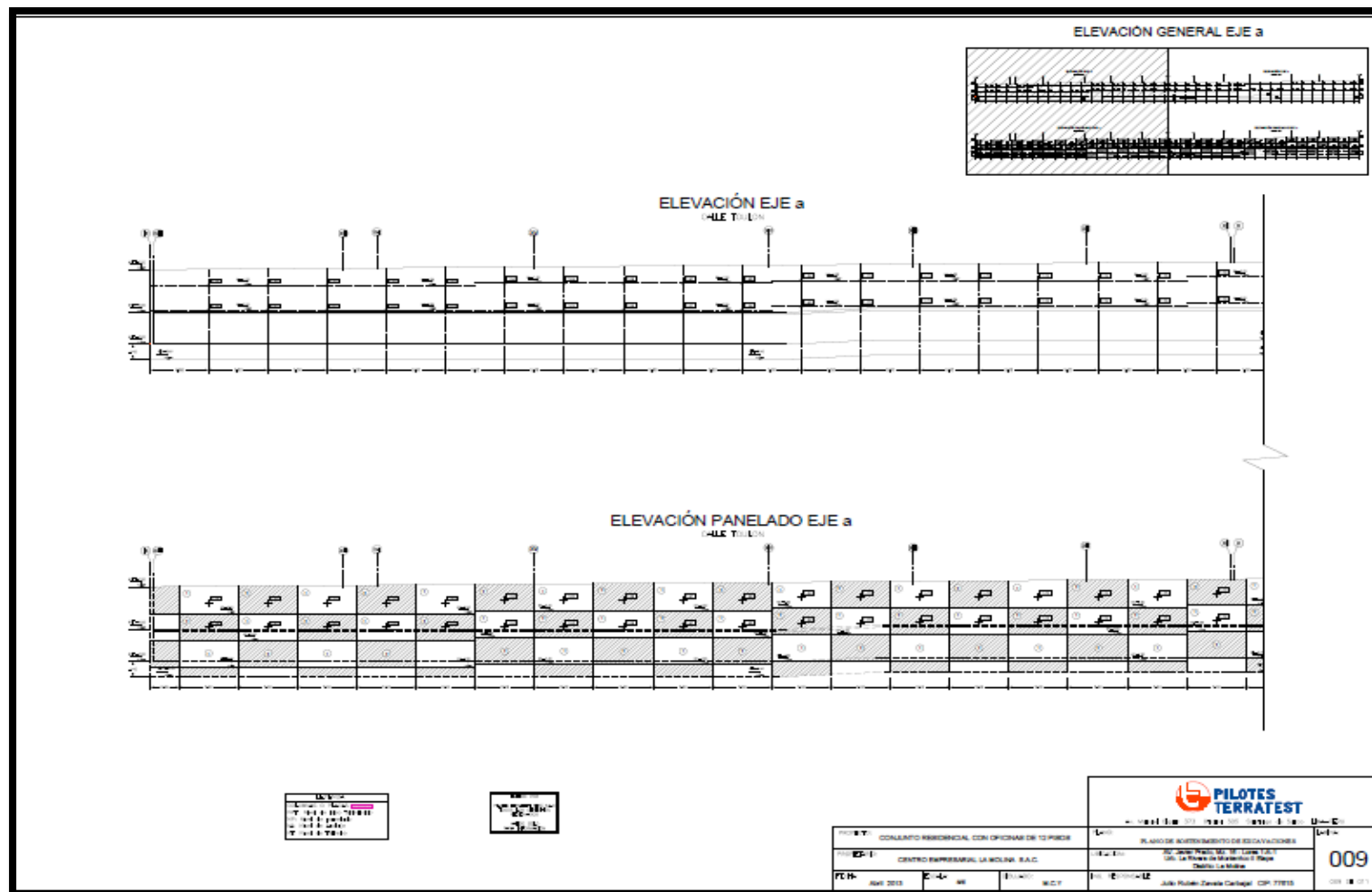
Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C.



Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C



Fuente: Pilotes Terratest Perú S.A.C

ANEXO 04

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1. Vista interna del predio



Foto 2. Vista del colindantes

Fuente: Propia.