

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

**PROYECTOS:**  
**PROYECTO DE REGENERACIÓN URBANA – SECTOR LA  
AURORA DEL CANTÓN DAULE.**

**OBRA:**  
**CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA  
URBANA SATÉLITE DE LA AURORA**

**INFORME GEOTÉCNICO**

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

Contenido

1.	GENERALIDADES .....	4
1.1	Introducción .....	4
1.2	Objetivos .....	6
2.	COMPOSICIÓN DEL PROYECTO.....	6
3.	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA .....	7
3.1	PERFORACIONES .....	8
3.2	CPTu .....	10
3.3	MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE .....	11
3.3.1	Fundamentos para la determinación del perfil de Vs.....	12
3.4	MEDICIÓN DE PERIODO PREDOMINANTE .....	20
3.4.1	Procedimiento .....	20
3.4.2	Instrumentación - Equipos de medición .....	21
3.4.3	Procesamiento de las señales, tratamiento y normalización de gráficos según "SESAME 2004".....	22
3.4.4	Localización geográfica del punto de análisis. ....	23
3.5	CALICATAS .....	26
4.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	27
5.	DESCRIPCIÓN DE LOS ESTRATOS DE SUELOS .....	28
5.1	FASE I .....	29
5.1.1	MÓDULO 4 .....	29
5.1.2	MÓDULO 5.....	30
5.1.3.	MÓDULO 6.....	30
5.1.4.	MÓDULO 7.....	31
5.1.5.	MÓDULO 8.....	32
5.1.6.	MÓDULO 9.....	32
5.1.7.	MÓDULO 10.....	33
5.2	FASE II.....	34
5.2.1	MÓDULOS 1a, 1 y 2 .....	34
5.2.2	MÓDULO 3 .....	35
6.	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS ENCONTRADAS .....	50
7.	EVALUACIÓN DEL TIPO DE CIMENTACIÓN A EMPLEAR PARA LOSA DEL MALECON .....	63
8.	ANALISIS DE LOS ESTADOS LIMITES DE FALLA Y SERVICIO DE LAS CIMENTACIONES .....	67
8.1	CIMENTACIONES PROFUNDAS.....	67
9.	HINCABILIDAD .....	74
10.	IMPLANTACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN PROPUESTA.....	77
11.	INTERACCION SUELO ESTRUCTURA.....	89
12.	CIMENTACIONES SUPERFICIALES .....	99

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

12.1.1	Evaluación del estado límite de servicio .....	102
12.1.2	Evaluación del estado límite de falla.....	105
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	106

## “CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 Introducción

El proyecto consiste en la ejecución del “ESTUDIO Y DISEÑO DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA” el cual se encuentra ubicado paralelo a la vía León Febres Cordero colindante al río Daule y al Estero Sabanilla y posee una longitud de 470 m. En la Figura 1 se muestra la ubicación del área de estudio.



Figura 1. Ubicación del área de Estudio  
Fuente: Google Earth

De acuerdo con el proyecto arquitectónico del Malecón (ver **¡Error! No se encuentra el rigen de la referencia.**) se proyecta que la cota de la losa de los muelles que se encuentran sobre el río Daule sea la +4.33, la misma que estará apoyada sobre pilotes. La zona que corresponde a tierra según la topografía se encuentra entre las cotas +3.00 a +3.80, con la finalidad de no elevar la cota actual de la zona de tierra y evitar que las viviendas tengan una cota inferior a la de cota la plataforma del malecón, en la mayor parte del proyecto el diseño arquitectónico ha considerado alcanzar los niveles con respecto a la losa mediante escalinatas, sin embargo en ciertas zonas dicha condición varía y se considera la necesidad de construir rellenos de hasta 1.80, m por lo cual para los análisis se ha considerado un incremento de esfuerzos debido a rellenos.

Según los datos obtenidos a partir de la batimetría se pudo estimar que la cota de marea mínima corresponde a -1.50 y la cota de marea máxima es +4.12.

El proyecto contempla además zona de parqueos, ciclovía y una planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra hacia la zona posterior del malecón y no forma parte de

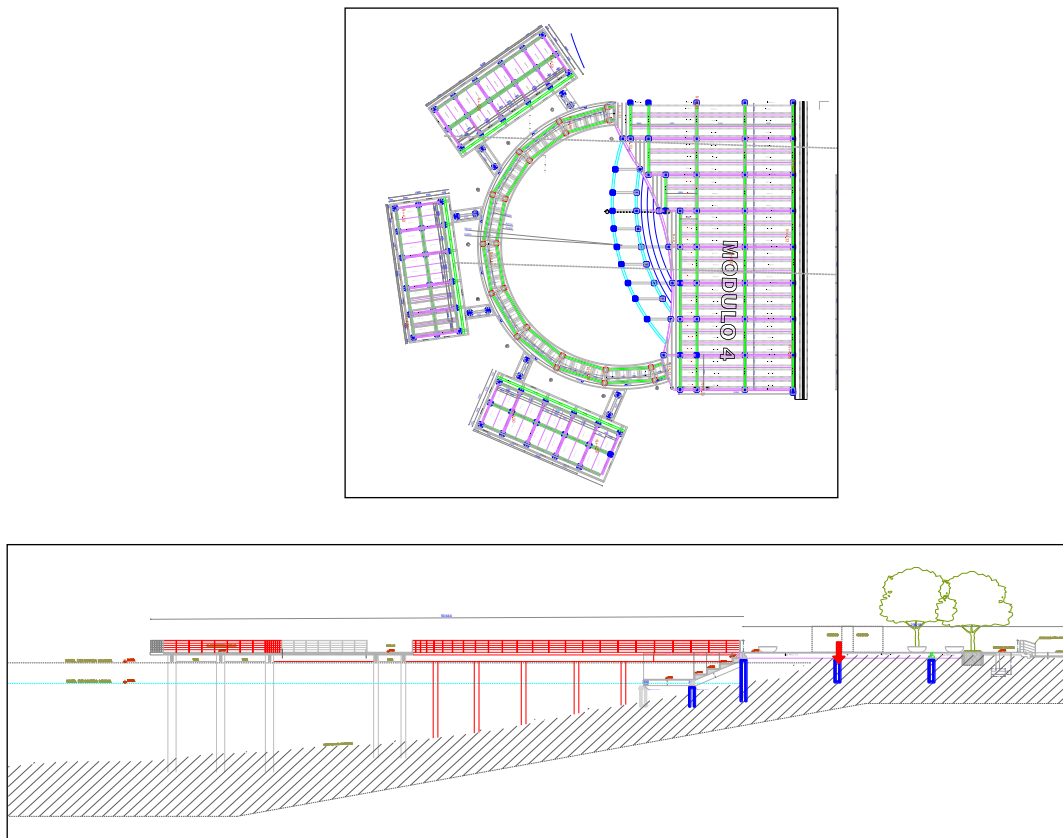


## “CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

la plataforma, así como estructuras conformadas por una sola planta tales como kioscos, administración, cuarto de servicios generales, baños, cisterna.

En el presente informe se detalla la campaña de exploración realizada para determinar el tipo de materiales que se encuentra en el subsuelo del área de estudio con la finalidad de definir el tipo de cimentación tanto para la plataforma del malecón como para las estructuras que conforman el proyecto arquitectónico a fin de que cumplan con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), realizando además análisis de la interacción suelo-estructura y presentando el espectro de diseño para un periodo de retorno de 475 años de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15).

En la Figura 2 se presenta un esquema del proyecto donde se observa que el malecón se extiende aproximadamente 70 m hacia el río Daule y en dichas estructuras se proyecta la construcción de locales comerciales



**Figura 2. Esquema del proyecto**  
**Fuente: Civil Cad 3D**

## "CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"

### 1.2 Objetivos

#### Objetivo general

El objetivo general es realizar los estudios que permitan la construcción de la cimentación de la losa del malecón y de las estructuras que conforman el proyecto arquitectónico, a fin de que cumplan con el nivel de servicio, realizando análisis de interacción suelo estructura, así como determinar el espectro de diseño.

#### Objetivos específicos

- Mostrar los resultados de la campaña de exploración geotécnica realizada en el sitio de estudio.
- Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo que permitan generar modelos con similares características.
- Realizar un análisis técnico económico para la selección de la alternativa de cimentación.
- Realizar los análisis para el tipo de cimentación recomendada
- Realizar análisis de interacción suelo estructura
- Presentar el análisis de los resultados de la respuesta de sitio

## 2. COMPOSICIÓN DEL PROYECTO

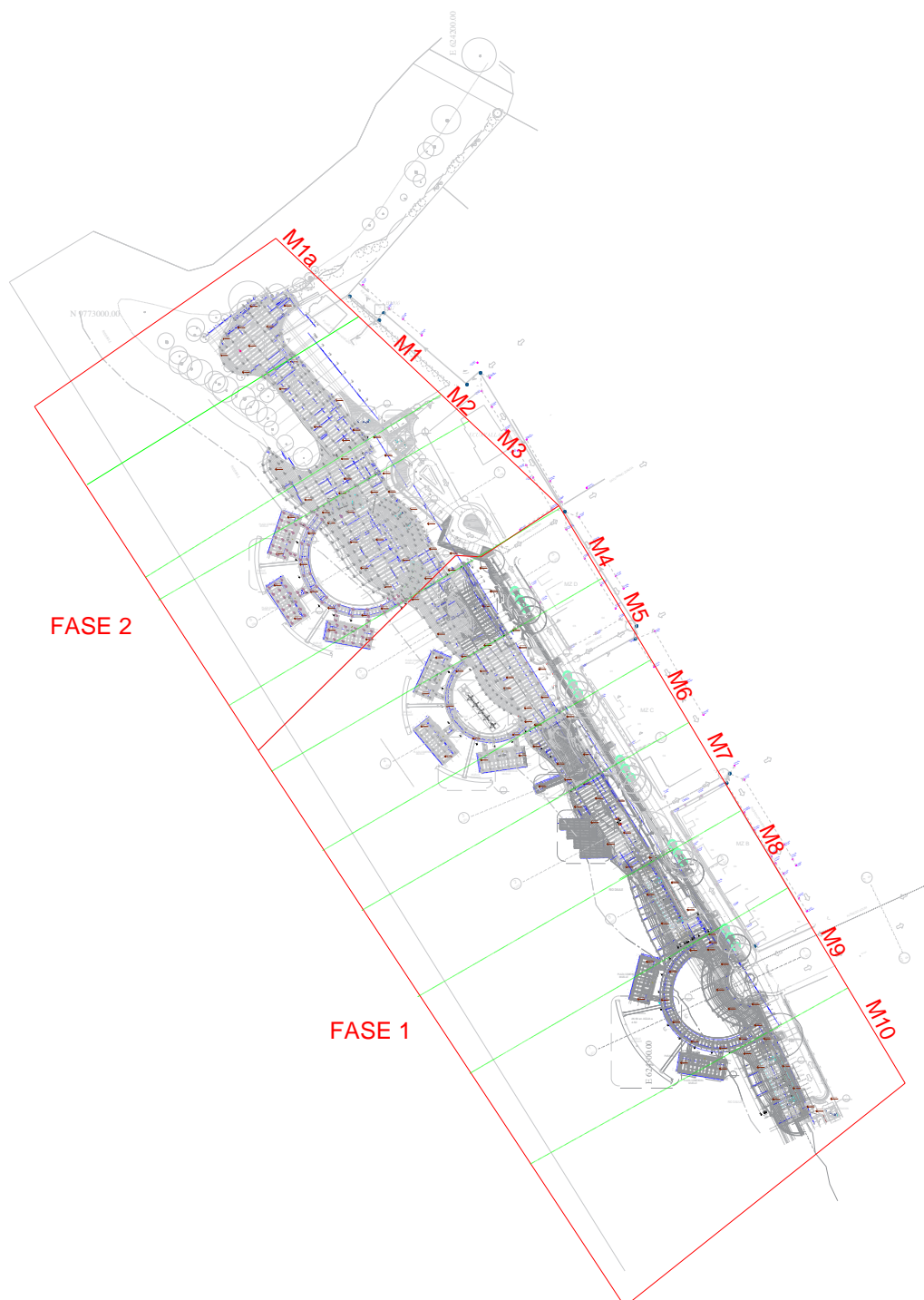
El proyecto se encuentra zonificado por áreas numeradas en sentido norte a sur denominadas módulos los cuales son: Módulo 1a, Módulo 1, Módulo 2, Módulo 3, Módulo 4, Módulo 5, Módulo 6, Módulo 7, Módulo 8, Módulo 9 y Módulo 10. Para la ejecución del proyecto se han considerado dos etapas constructivas: Fase I y Fase II, cada una de estas etapas se compone por un número específico de módulos. En la tabla a continuación se muestran las Fases del proyecto y los módulos que las componen.

FASE	MÓDULOS
I	4-5-6-7-8-9-10
II	1a-1-2-3-4

Al ser un proyecto ejecutado a orillas del río Daule, algunos módulos tendrán componentes en agua y en tierra. Los módulos 3, 5 y 9 son los que tienen una mayor presencia en agua, ya que en el diseño arquitectónico de estos se tiene concebido la existencia de muelles, piletas y juegos acuáticos que se desarrollan de forma importante hacia el río Daule, con el fin de volver al proyecto un atractivo para el desarrollo familiar. A continuación, en la

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

Figura 3. se encuentra una vista en planta del proyecto con el área correspondiente a cada módulo.



**Figura 3. Distribución en planta del proyecto**  
Fuente: Civil Cad 3D

### 3. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

### 3.1 PERFORACIONES

Para realizar la investigación del subsuelo del área de estudio se ha considerado la ejecución de perforaciones en tierra y en agua, las mismas que se dieron por concluidas cuando se registró 5.00 m consecutivos de  $N_{60} > 70$  golpes.

La metodología de perforación empleada fue a percusión y lavado hasta llegar al estrato resistente y posteriormente a rotación y lavado con la finalidad de cumplir con lo citado anteriormente. En cada perforación se realizaron ensayos SPT cada metro y medio empleando el martillo Safety y se extrajeron muestras alteradas e inalteradas para la realización de los ensayos de laboratorio.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las 9 perforaciones a percusión realizadas y en la foto 1 los trabajos realizados.

**Tabla 1. Ubicación y profundidad de las perforaciones en tierra.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Perforación	Coord. Este [m]	Coord. Norte [m]	Prof. Nivel freático [m]	Profundidad del sondeo [m]	Cota
P-01	624123	9773019	2.50	20.00	+3.412
P-03	624231	9772818	2.40	20.00	+4.062
P-04	624277	9772745	1.83	21.50	+1.814
P-05	624318	9772691	1.80	24.03	+3.235
P-06	624347	9772642	1.80	26.00	+2.688
P-07	624256	9772783	2.30	20.00	+3.628
P-08	624367	9772616	0.80	25.00	+2.938
P-09	624302	9772706	1.10	20.00	+2.699
P-10	624212	9772853	1.50	12.00	+4.144
P-11	624198	9772859	2.40	13.00	+3.899
P-12	624254	9772795	2.30	16.50	+2.675
P-13	624341	9772657	0.75	26.00	+3.200

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**



**Foto 1.- Ubicación de perforación en tierra**  
**Fuente: Trabajos en campo**

Adicionalmente, se realizaron 6 perforaciones en agua para lo cual se instaló una plataforma como se observa en la foto.

La ubicación de las perforaciones se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2. Ubicación y profundidad de las perforaciones en agua.**  
**Fuente: Elaboración propia**

Perforación	Coord. Este [m]	Coord. Norte [m]	Prof. Nivel freático [m]	Profundidad del sondeo [m]	Cota
P-01A	624318	9772628	-	20.0	-6.942
P-2A	624275	9772722	-	20.0	-1.287
P-3A	624205	9772786	-	12.0	-4.409
P-4A	624138	9772849	-	12.0	-3.117
P-5A	624082	9772949	-	14.0	-0.157
P-06	624328	9772620	-	20.0	-6.313

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Foto 2.- Ubicación de perforación en agua**  
**Fuente: Trabajos en campo**

### **3.2 CPTu**

Se realizó un (1) ensayo CPTu por sus siglas que significan penetrómetro de cono tipo estático (penetración a través de un empuje continuo), CPTu, es un ensayo de campo que permite medir las sobrepresiones de poros que se producen durante la hincia, dichas sobrepresiones son leídas a través de un elemento poroso situado en la base del cono. Este penetrómetro se introduce en el suelo con ayuda de un mecanismo hidráulico capaz de aplicar de 2.5 a 20 toneladas de fuerza axial. Una de las ventajas es que permite de manera más eficiente y rápida obtener ciertos parámetros del suelo sin la necesidad de realizar ensayos de laboratorio. Además, se realizaron 2 ensayos de disipación de presión de poros en los estratos arcillosos para determinación de parámetros geotécnicos para estimar los tiempos de asentamientos.

En la siguiente tabla se presenta la ubicación del CPT con su profundidad.

**Tabla 3. Ubicación de sondeos CPTu**

**Fuente: Elaboración propia**

<b>Sondeo</b>	<b>Coord. Este [m]</b>	<b>Coord. Norte [m]</b>	<b>Cota [msnm]</b>	<b>Profundidad* [m]</b>
CPTu-1	624381	9772584	+2.968	21.00



## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

En la Foto 3 se muestra la ejecución de los trabajos en campo.



**Foto 3.- Ubicación del ensayo CPTu**  
**Fuente: Trabajos en campo**

### **3.3 MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE**

Gracias a la evolución de los métodos de exploración geofísica en la actualidad es posible clasificar el perfil de suelo de determinado sitio con base en su perfil de velocidades de onda de corte. Las normativas internacionales así como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) poseen rangos para los valores de  $V_{s30}$  (Velocidad de onda de corte en los 30 m más superficiales) a partir de los cuales se categoriza y clasifica el perfil de suelo.

La velocidad de onda de corte ( $V_s$ ) se asocia directamente a la rigidez del suelo, por lo que este parámetro resulta muy útil como información geotécnica orientada al diseño de cimentaciones.

Hoy en día existen diversas técnicas para estimar  $V_s$  entre las cuales pueden mencionarse los ensayos downhole y crosshole que se denominan invasivos debido a que requieren la ejecución de una y dos perforaciones, respectivamente. Sin embargo, también se puede realizar sondeos no invasivos que se basan en la medición e interpretación de las ondas sísmicas a nivel de la superficie del terreno. Este último tipo de sondeos son los más utilizados en la práctica profesional ya que requieren una menor cantidad de trabajo e inversión económica para determinar el valor de  $V_s$ .

## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

### **3.3.1 Fundamentos para la determinación del perfil de Vs**

Dada la complejidad de realizar mediciones directas para obtener el valor de velocidad de onda de corte en suelo se desarrollaron procedimientos geofísicos para conseguir un valor estimado de dicha velocidad, a través de la curva de dispersión de ondas superficiales.

La dispersión de ondas superficiales representa el cambio de la velocidad de propagación asociado a la frecuencia y longitud de onda. La dispersión de las ondas superficiales puede ser representada en un gráfico de frecuencia-velocidad de fase (f-k) mediante el cual es posible identificar el modo fundamental de vibración y modos superiores.

Finalmente, mediante un procedimiento de inversión de las curvas de dispersión, se logra determinar un perfil unidimensional de la velocidad de onda de corte (Vs).

### **3.3.2 Procedimientos para la obtención de la curva de dispersión**

Se utiliza sismica de micro-temblores para la medición de ondas superficiales tipo Rayleigh. Para estas mediciones se puede aprovechar el ruido ambiente (fuente pasiva), o usar una fuente activa (por ejemplo, golpes con un martillo de peso considerable). Entre los métodos empleados para procedimientos activos se tiene el análisis espectral de las ondas de corte (SASW) y el análisis multi-canal de ondas superficiales (MASW) y para el caso de fuente pasiva, se suelen utilizar como métodos: SPAC, ESAC y f-k.

La combinación entre los métodos pasivo y activo permite conformar la curva de dispersión del perfil del suelo mediante la cual, a partir de un procedimiento de inversión, se consigue obtener un perfil 1D de la Vs del suelo.

### **3.3.3 Equipo utilizado**

Para la adquisición de la data se emplearon los siguientes equipos:

- Sismógrafo de 24 canales.
- Cable principal de 115 m.
- Geófonos de 4.5 Hz
- Laptop.
- Martillo de 12 libras.
- Cinta métrica.

### **3.3.4 Ubicación de la campaña de prospección geofísica**

Los arreglos fueron lineales y quedaron completamente definidos por la separación entre geófonos y la distancia de impacto (ubicación del golpe donde se genera la fuente activa)



**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

al último geófono.

En función de dicho espaciamiento, así como de la distancia de la fuente activa, se pueden explorar distintos rangos de frecuencias (longitudes de onda) y con ello generar una descripción más completa del perfil de velocidades. Mayores longitudes de ondas permiten explorar satisfactoriamente frecuencias más bajas y por lo tanto los estratos de suelo más profundos. A la inversa, menores longitudes de ondas se asocian a frecuencias mayores y por lo tanto a los estratos de suelo más superficiales.

Dadas las condiciones del sitio se conformaron 3 arreglos lineales, de 69 metros (geófonos separados cada 3m). En la Tabla 4 se presentan las coordenadas de ubicación de los ensayos realizados y en la Figura 4 se puede apreciar de forma gráfica dicha ubicación.

**Tabla 4. Ubicación de los ensayos geofísicos**  
Fuente: Elaboración propia

<b>Línea</b>	<b>Extremo</b>	<b>Coordenada Este [m]</b>	<b>Coordenada Norte [m]</b>
Línea 1	Inicio	624219	9772961
	Fin	624252	9772901
Línea 2	Inicio	624239	9772823
	Fin	624276	9772765
Línea 3	Inicio	624362	9772626
	Fin	624395	9772564

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**



**Figura 4.- Ubicación de la campaña de exploración**  
Fuente: Google Earth

En la

Foto 4 es posible apreciar una vista general de los tendidos ejecutados.

Empleando la misma dirección del tendido se adquirió más data reduciendo el espaciamiento entre geófonos a la mitad. La intención de este achique en la distancia entre geófonos fue recabar la mayor cantidad de información para así lograr una interpretación más robusta.

## “CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”



**Foto 4.- Ubicación del ensayo de medición de las ondas de corte**  
**Fuente: Trabajos en campo**

### **3.3.5 Interpretación de resultados**

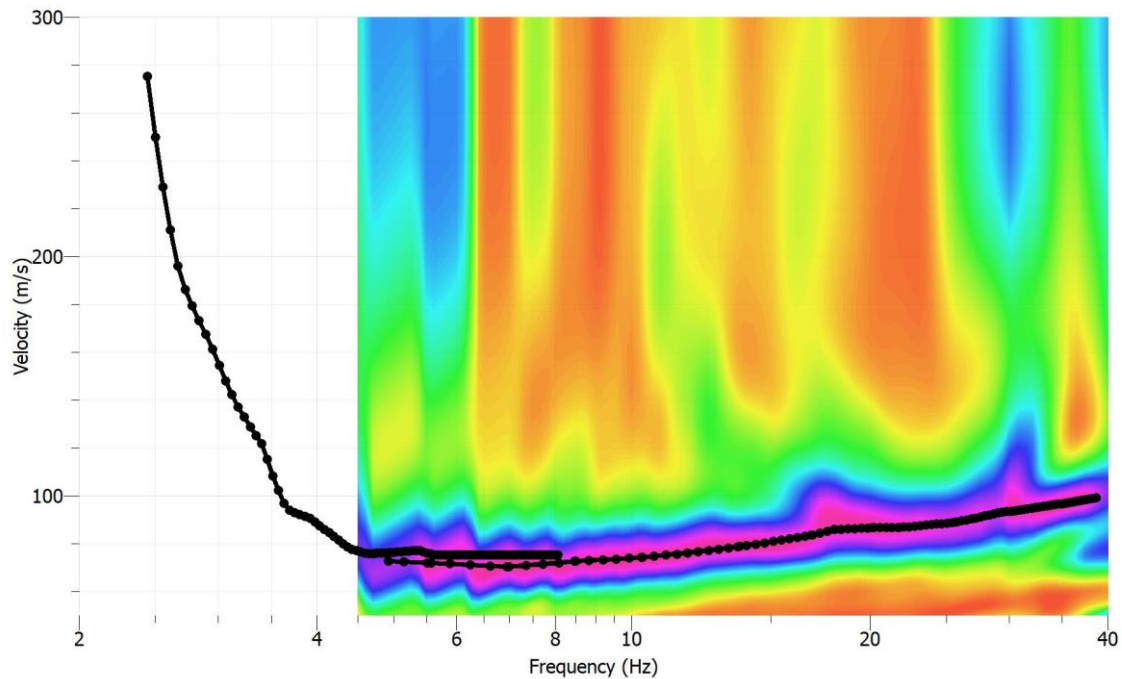
Se siguió el enfoque del análisis en frecuencia-número de onda o F-k (Lacoss et al. 1969, Kværna y Ringdahl 1986) para los ensayos activos lineales.

El análisis en el dominio f-k permite construir un espectro de amplitudes de las respuestas del arreglo estudiado, y definir a partir de él la curva de dispersión para cada combinación de frecuencia y velocidad de fase. De la inversión de la curva de dispersión, se puede obtener una estimación del modelo de velocidad de onda de corte superficial de las capas más superficiales.

El método ESPAC es una metodología derivada del método SPAC, y permite la ejecución de ensayos pasivos por medio del uso de arreglos lineales. Al igual que el f-k, el ESPAC permite definir la curva de dispersión para cada combinación de frecuencia y velocidad de fase. Su mayor ventaja es que puede ser usada en lugares donde no es factible desplegar un arreglo bidimensional por restricciones de espacio.

En la Figura 5 se presenta la curva de dispersión empírica que corresponde a la interpretación de los ensayos activos y pasivos

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 5.- Curva de dispersión empírica, ensayos activos y pasivos línea MASW1**  
**Fuente: Elaboración propia**

Finalmente, como se ha mencionado anteriormente, se realizó una inversión para generar un modelo que sea compatible con las observaciones en terreno y reflejadas a través de las curvas de dispersión o autocorrelación. Mediante un proceso iterativo empleando el método de Whatelet (2004) basado en el algoritmo del vecino, se obtiene un perfil 1D de ondas de corte, sin embargo, no se genera una solución única, sino que con distintos niveles de “Misfit” o desajuste con respecto a los datos empíricos.

En el apartado 3.2.1 de la norma NEC-SE-DS se puede encontrar la clasificación de los seis tipos de suelos caracterizados por el parámetro Vs30, que representa a la velocidad de onda de corte en los primeros 30 m.

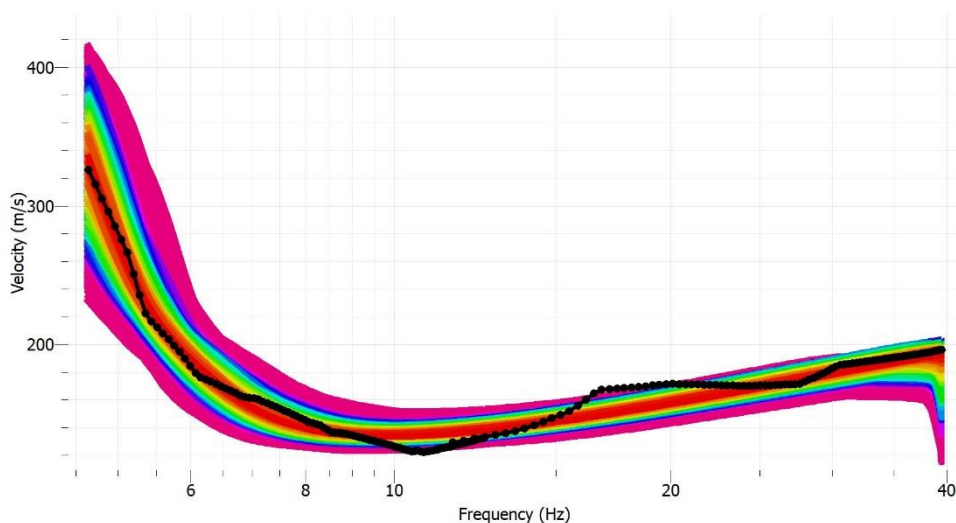
$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Donde  $h_i$  es el espesor y  $V_i$  es la velocidad de las ondas S de la  $i$  capa y  $N$  el número total de capas.

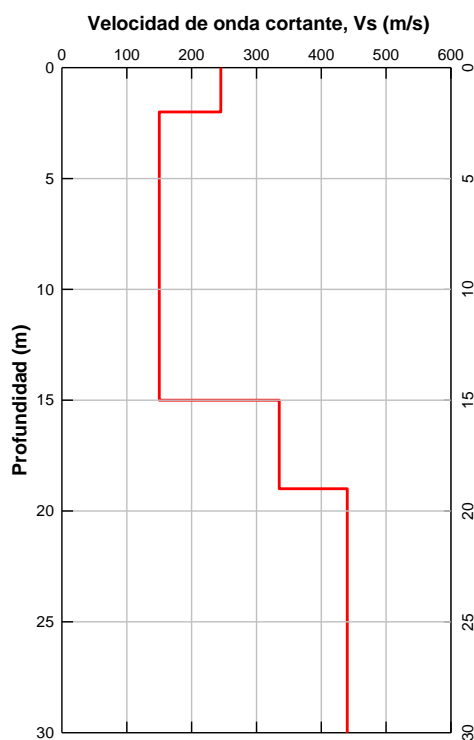
A continuación, se muestran los resultados obtenidos para los 3 ensayos ejecutados:



**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**



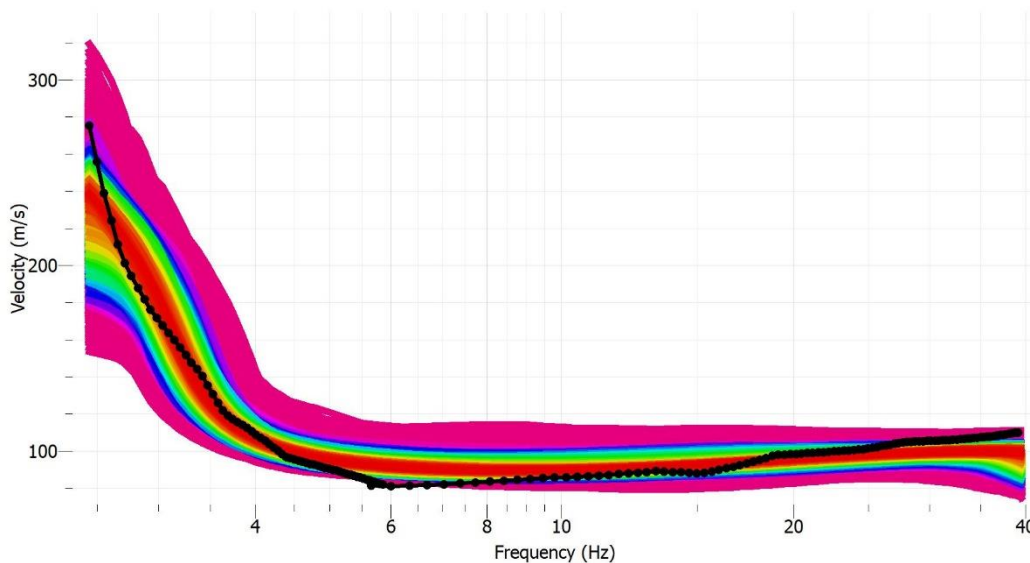
**Figura 6.- Obtención de curva de dispersión teórica Línea MASW1**  
Fuente: Elaboración propia



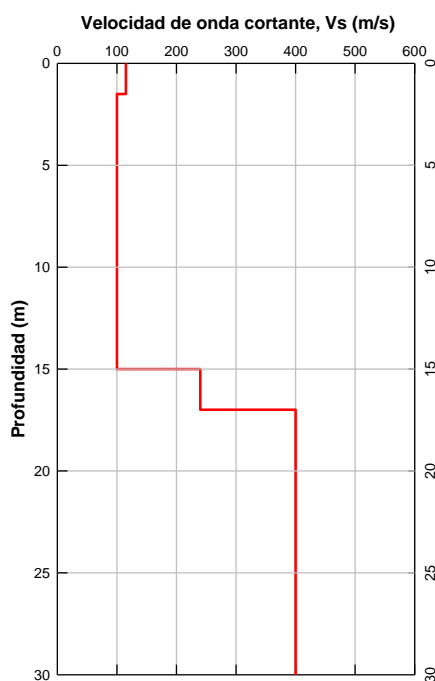
Hi [m]	Hi [m]	Vs [m]
0.0	2.0	245
2.0	15.0	150
15.0	19.0	335
19.0	30.0	440
	$Vs_{30}$	227

**Figura 7.- Obtención de perfil de velocidades de las ondas de corte Línea MASW1**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



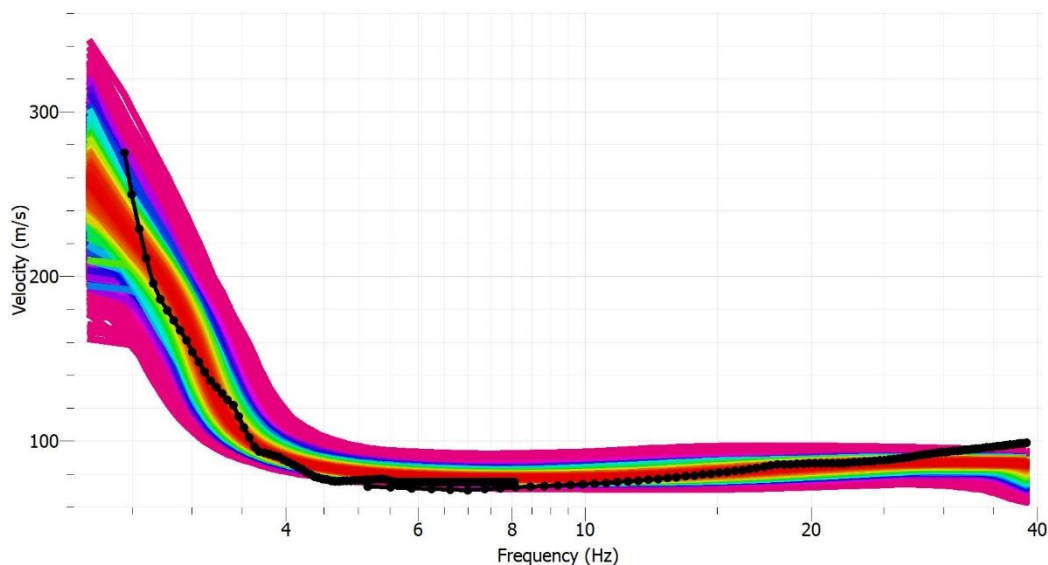
**Figura 8.- Obtención de curva de dispersión teórica Línea MASW2**  
**Fuente: Elaboración propia**



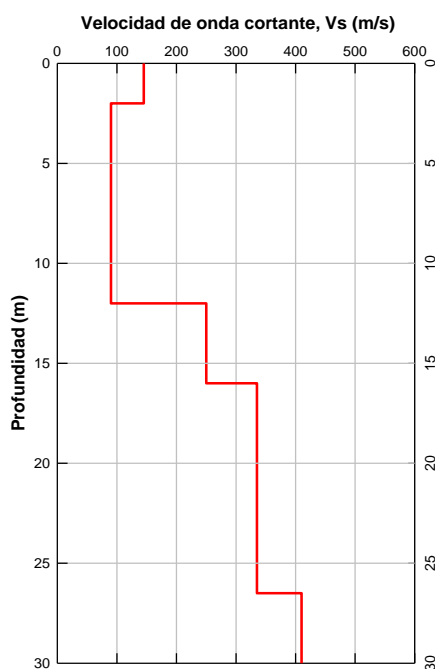
Hi [m]	Hi [m]	Vs [m]
0.0	1.5	115
1.5	15.0	100
15.0	17.0	240
17.0	30.0	400
	$V_{s30}$	163

**Figura 9.- Obtención de perfil de velocidades de las ondas de corte Línea MASW2**  
**Fuente: Elaboración propia**

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**



**Figura 10.- Obtención de curva de dispersión teórica Línea MASW3**  
**Fuente: Elaboración propia**



Hi [m]	Hi [m]	Vs [m]
0.0	2.0	145
2.0	12.0	90
12.0	16.0	250
16.0	26.50	335
26.50	30.00	410
	$V_{s30}$	165

**Figura 11.- Obtención de perfil de velocidades de las ondas de corte Línea MASW3**  
**Fuente: Elaboración propia**

## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

### **3.4 MEDICIÓN DE PERIODO PREDOMINANTE**

Dentro de los objetivos de este ensayo se tiene caracterizar el espectro del suelo en términos de Periodo [seg], por medio de mediciones de vibración ambiental y ensayos de análisis espectral mediante la técnica Nakamura para obtener el coeficiente de relación y la amplificación espectral existente en cada sitio de análisis.

Obtener una gráfica de plano referenciado en UTM que muestre la respuesta espectral [Tn] en colores, considerando solo la vibración ambiental en el suelo mediante métodos de interpolación usando como referencia los sitios de estudio localizados en el polígono delimitado por el contratante.

#### **3.4.1 Procedimiento**

El procesado de las mediciones se realizó utilizando el software MotusWave V2 el cual es un programa ad-hoc escrito en MATLAB por el equipo del Centro de monitoreo Sísmico de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (CEMSIS) probado desde el año 2016 a raíz del sismo de 7.8Mw de Pedernales y es actualmente el software de análisis oficial de este instituto de investigación. El programa procesa el registro de cada canal del instrumento realizando las siguientes tareas:

- Remoción de offset usando técnicas de regresión polinomial en tercer grado y corrección por línea base mediante la media del registro.
- Selección automática de ventanas de análisis basado en parámetros definidos por el usuario, para delimitar en tiempo la sección de la señal que se desea analizar.
- Multiplicación de cada ventana por una ventana de Hanning, y determinación del espectro de la señal sin filtrado para identificar posibles fuentes conocidas de ruido y discriminar patrones desconocidos.
- Ingreso del tipo de filtro, configuración y especificaciones de frecuencia de corte según el tipo de suelo en análisis.
- Cálculo de la transformada rápida de Fourier y suavizado de la misma para cada ventana.
- Cálculo de los espectros de Fourier para las componentes de aceleración, velocidad y desplazamiento



## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

- Cálculo de los cocientes espectrales NS/V, EO/V y HC /V (donde HC son las componentes horizontales combinadas).
- Cálculo de ruido usando la técnica de análisis por división espectral en octavas, este valor se contrasta con la densidad espectral para identificar las frecuencias predominantes y fundamentales de cada sitio de análisis.

### **3.4.2 Instrumentación - Equipos de medición**

Para realizar las mediciones de microtremores en el polígono de estudio, se utilizaron 2 equipos, un equipo 160-Wave de Reftek que cuenta con registrador de aceleración y velocidad de Reftek modelo C055, además se usó para referencia de aceleraciones un acelerógrafo de fuerza y masa balanceada con acelerómetro triaxial y 1 geófono de 4.5Hz vertical, modelo DAS-03 marca Ardasysmic. Todos estos equipos presentan las siguientes características mínimas en común:

El vector de aceleración del movimiento del suelo lo detecta en las tres componentes: Horizontal (H), Vertical (V) y Transversal (T), es decir, en las componentes (x, y, z).

La detección de movimiento lo realiza mediante tres sensores, cuya componente horizontal debe orientarse en la dirección en la que está ubicado el lado más amplio del área o a su vez en forma transversal, pero manteniendo esta configuración en todos los puntos de análisis.

La señal que registran los sensores es digitalizada con un convertidor analógico-digital de 24 bits y la mínima vibración que el equipo puede registrar es de  $2e-9$  m/s o en el caso de los acelerógrafos  $1.6e-7$  m/s<sup>2</sup>.

El registro digital se efectúa en dos tarjetas de memoria de 16 Gb o una sola de 32Gb, cuyas capacidades son suficientes para almacenar datos de algunas decenas de microtremores o sismos y ensayos de vibración ambiental de al menos 48h continuas.

Cada equipo cuenta con su propia batería de 12V cargada, esto debido a que el ruido de líneas eléctricas podría perturbar los registros de más baja amplitud

En la foto 5 se muestra los trabajos realizados

## “CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”



Foto 5.- Ubicación del ensayo de medición del periodo elástico  
Fuente: Trabajos en campo

### 3.4.3 Procesamiento de las señales, tratamiento y normalización de gráficos según “SESAME 2004”

Con el objeto de conservar las partes estacionarias del ruido ambiental y evitar así los transitorios frecuentemente asociados con fuentes puntuales (peatones, tráfico cercano, maquinaria en funcionamiento, ganado y pastoreo de animales de granja, etc.), al programa MotusWave tiene incorporado un módulo para la selección automática de ventanas. Este módulo consiste en un algoritmo conocido en inglés como antitrigger, el cual detecta transitorios y los elimina del procesado. El procedimiento para detectar transitorios se basa en una comparación entre dos promedios de amplitudes de la señal analizada. Uno de ellos es un promedio de periodo corto (STA, por las siglas de short term average), o sea, el promedio de la amplitud de la señal durante un periodo corto de tiempo, denotado “TSTA” (típicamente 0,5 – 2,0 s). El otro es un promedio de periodo largo (LTA, por las siglas de long term average), o sea, el promedio de la amplitud de la señal durante un periodo largo de tiempo, denotado “TLTA” (típicamente varias decenas de segundos). Cuando el cociente STA/LTA excede un umbral previamente establecido, se considera que se detecta un “evento”. Este criterio para seleccionar ventanas fue tomado del programa J-Sesame, un programa que surge del proyecto europeo SESAME, anteriormente nombrado, hoy en día más conocido como Geopsy, sin embargo, es limitante y limitado en algunos análisis periódicos por carecer de un núcleo de procesamiento matemático, lo cual el programa MotusWave lo obtiene de Matlab. El funcionamiento de este módulo requiere que el usuario introduzca valores a diferentes parámetros. Para el procesado de los datos se escogieron los valores que se resumen en la Tabla 5:

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

**Tabla 5. Tabla de los parámetros utilizados durante el procesado**

**Fuente: Elaboración propia**

Longitud de la ventana (sec.)	> 1500
Solape de las ventanas (% de la longitud de la ventana)	50
Longitud de la ventana para el promedio de corto plazo (sec.)	2
Longitud de la ventana para el promedio de largo plazo (sec.)	36
Nivel mínimo para el umbral de STA/LTA	0.5
Nivel máximo para el umbral de STA/LTA	2

**3.4.4 Localización geográfica del punto de análisis.**

En la Tabla 6 se muestra las coordenadas de los ensayos realizados y en la

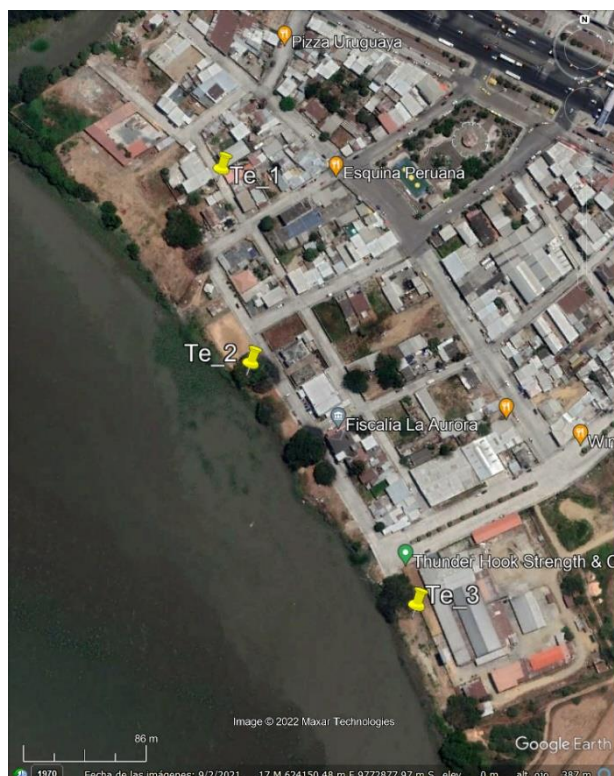
Figura 12 la ubicación espacial de los mismos

**Tabla 6. Tabla de localización geográfica de los límites de terreno donde se realiza el análisis de periodos de suelo mediante la técnica de Nakamura.**

**Fuente: Elaboración propia**

Coordenadas Geográficas UTM (WGS84 Zona 17S)
Te_1 (624228.00 m E , 9772933.00 m S)
Te_2 (624253.00 m E , 9772793.00 m S)
Te_3 (624366.00 m E , 9772613.00 m S)

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 12.- Vista geográfica de los puntos y límites de estudio.**  
**Fuente: Google Earth**

Para cada sitio analizado se realizaron dos mediciones, una ejecutada con un geófono de alta sensibilidad y otra con un acelerógrafo, pero adicionalmente se analiza la respuesta en una referencia de suelo para tener una mejor apreciación de los fenómenos que puedan afectar el comportamiento de las señales adquiridas y fundamentalmente conocer el Periodo del suelo, en la Figura 13 se observa en colores el terreno en contraste con los valores de HV encontrados.

A continuación, se presenta en forma resumida los resultados de Periodos fundamentales del suelo.

Ref.	HVSr Tn [seg]		
	(NS)	(EO)	(HV)
Te_1	0,58	0,87	0,57
Te_2	0,53	0,52	0,53
Te_3	0,66	0,67	0,66

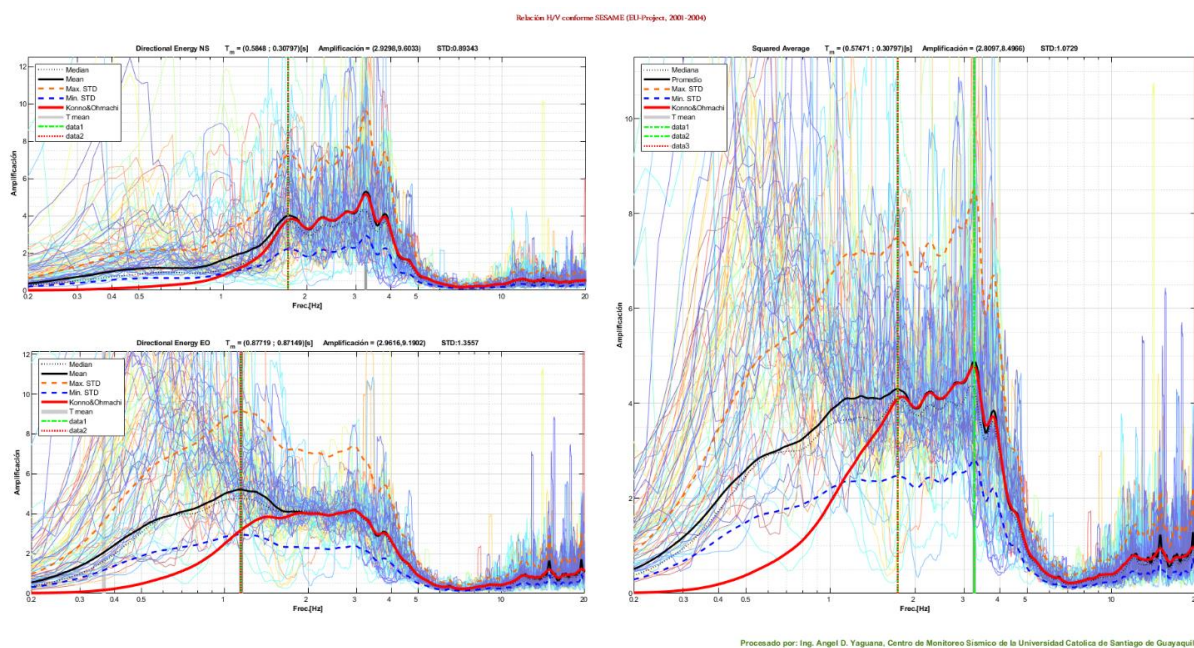


**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA”**



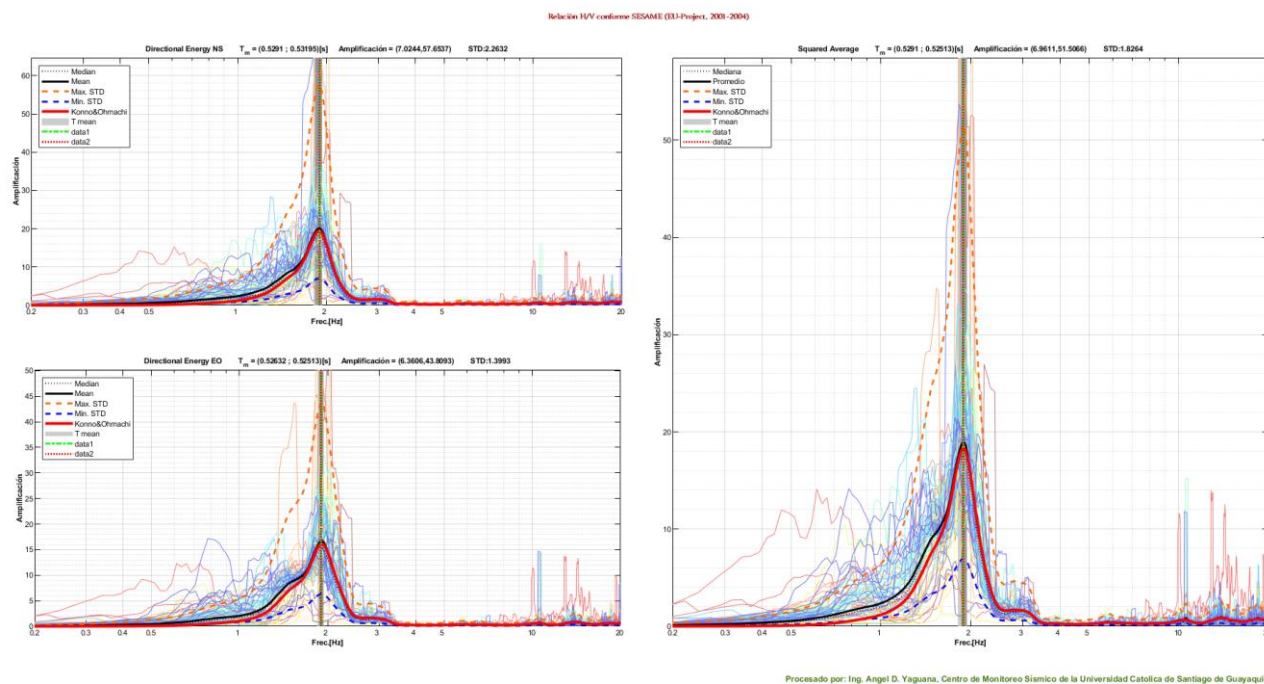
**Figura 13.- Vista en colores del terreno en contraste con los valores de HV encontrados**  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, los resultados obtenidos

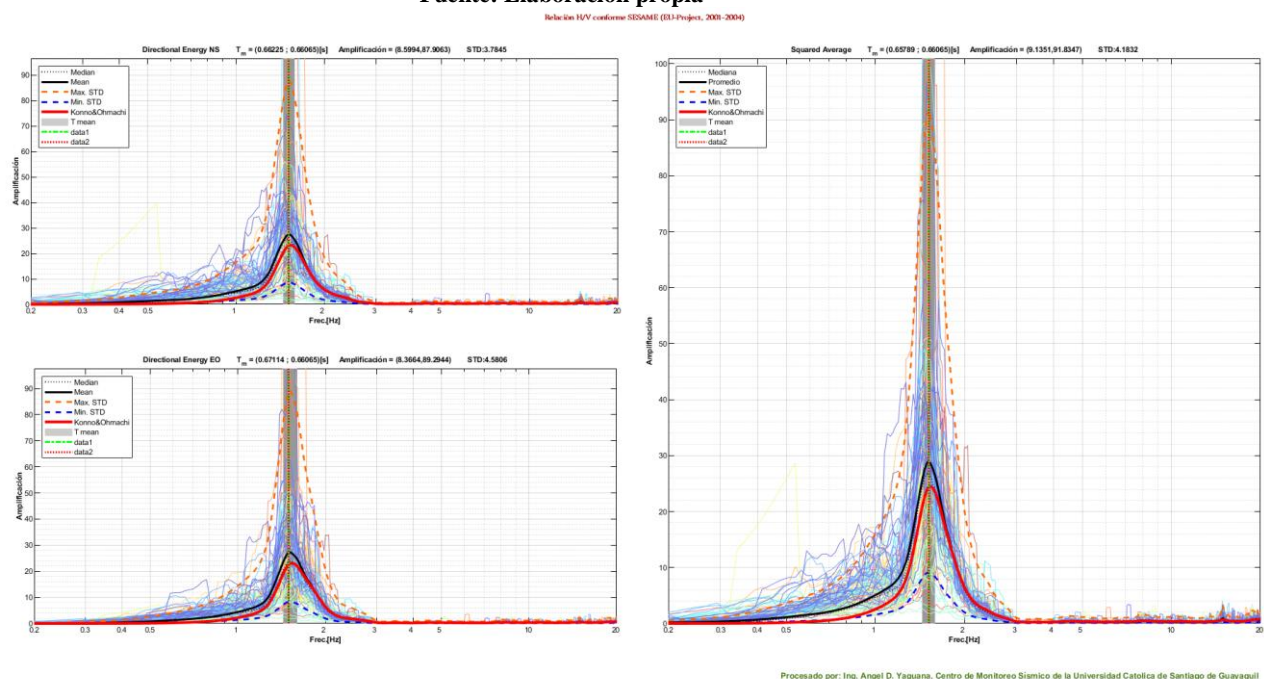


**Figura 14.- Resultados de periodo elástico obtenidos para la medición Te\_1**  
Fuente: Elaboración propia

## “CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”



**Figura 15.- Resultados de periodo elástico obtenidos para la medición Te\_2**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 16.-Resultados de periodo elástico obtenidos para la medición Te\_3**  
Fuente: Elaboración propia

### 3.5 CALICATAS

Con la finalidad de obtener muestras de la rasante de las futuras vías y parqueos del proyecto se realizaron calicatas (sondeos a cielo abierto) hasta la profundidad de 1.50 m.



**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

En la tabla 3 se muestra la ubicación en que se ejecutaron estos sondeos y en la foto 3 se puede apreciar al personal durante el desarrollo de los trabajos.

**Tabla 7. Ubicación y profundidad de las calicatas.**  
**Fuente: Elaboración propia**

Perforación	Coord. Este [m]	Coord. Norte [m]	Profundidad de la calicata [m]
C-1	624378	9772607	1.50
C-2	624311	9772726	1.50
C-3	624243	9772837	1.50
C-4	624178	9772913	1.50



**Foto 6.- Ubicación de calicatas**  
**Fuente: Trabajos en campo**

#### **4. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Las muestras recuperadas de las perforaciones se llevaron al Laboratorio de Suelos, en donde se desarrollan pruebas para la identificación y clasificación, tales como:

- Humedad Natural

## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

- Gradación por Tamices
- Límites de Atterberg
- Resistencia a la compresión simple en muestras de arcilla
- Penetrómetro y Torvane
- CBR (para los materiales extraídos de las calicatas)

En la parte final del informe, se anexan los registros de los análisis de laboratorio.

Las Normas utilizadas para la ejecución de los ensayos son las siguientes:

- D1140-00(2006) Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer than No. 200 (75-μ) Sieve
- D4318-05 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- D2487-06 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- D420-98(2003) Standard Guide to Site Characterization for Engineering, Design, and Construction Purposes
- D5434-03 Standard Guide for Field Logging of Subsurface Explorations of Soil and Rock.

### **5. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTRATOS DE SUELOS**

En el sitio se realizaron dos perfiles longitudinales que abarcan de forma general la tipología del suelo en el terreno, estos pueden ser observados en la Figura 17 y Figura 18, es importante mencionar que debido a que la perforación P-01 se encuentra distante a la perforación P-03, dicha perforación no se ha considerado en el perfil longitudinal en tierra, con fines visuales.

Adicionalmente para lograr entender a detalle la tipología del suelo en el sitio de estudio se realizará la descripción de cada uno de los módulos por secciones transversales. Gracias a esto se logra obtener información puntual de lo que ocurre en cada uno de estos sectores independientes.



## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

### **5.1 FASE I**

A continuación, se realizará la descripción de los geo-materiales encontrados en los módulos que pertenezcan a la Fase I del proyecto, como se indicó anteriormente en la Composición del proyecto, los módulos correspondientes a esta fase son los módulos 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

#### **5.1.1 MÓDULO 4**

A continuación, se describe la secuencia estratigráfica obtenida del perfil transversal implantado en el módulo 4 (Figura 19).

- En tierra se pudo observar en la perforación 10 un relleno que inicia a nivel de terreno natural con un espesor de 2.50 m, mientras que para la perforación 11, se detectó un relleno con un espesor de 3.00 m, el relleno en la perforación 10 tiene un porcentaje de humedad natural (w) del orden de 16%, su índice de plasticidad (IP) varía entre 11% y 15% y el número de golpes registrado a partir del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) es igual a 17, en comparación con los valores obtenidos en la perforación 11 en la cual el índice de plasticidad varía entre 13% y 16%, y un número de golpes de 16
- Por debajo de este relleno en tierra se encuentra una arcilla de 4.00 m de espesor. De acuerdo a la clasificación USCS (Sistema Unificado de Clasificación de suelos por sus siglas en inglés) este material corresponde a una arcilla de baja plasticidad (CL), en la perforación 10. El contenido de finos obtenido de las muestras es igual a 52%, su IP es igual a 14% y su resistencia al corte no drenado ( $S_u$ ) se encuentra entre los 68 y 144 kPa. Para la perforación 11 por debajo del relleno se encuentra arcilla café verdosa de 4.50 m de espesor correspondiendo a una arcilla de baja plasticidad
- Para la parte en agua, este material arcilloso se encuentra mezclado con material de relleno y tiene un espesor igual a 2.50 m (llegando hasta la cota -6.91), el porcentaje de finos oscila entre 35% y 46% y del ensayo se pudo obtener que el estrato registra 18 golpes.
- Finalmente, una vez concluida la arcilla tanto en agua como en tierra se observó la presencia de suelo residual. En la zona en tierra, este suelo residual registró un número de golpes desde 65 hasta el rechazo (mayor a 100 golpes) para la perforación 10, para la perforación 11 se registró un número de golpes desde 70 hasta 88. Para el caso en agua, el número de golpes mínimo es de 49 y se llega hasta el rechazo en la cota -7.18.

## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

### **5.1.2 MÓDULO 5**

La siguiente descripción de la secuencia estratigráfica corresponde al perfil transversal implantado en el módulo 5 (Figura 20).

- La perforación ubicada en tierra detectó un relleno que parte desde el nivel de terreno natural cuyo espesor es igual a 1.00 m. El índice de plasticidad obtenido del relleno es del orden de 21% y su número de golpes varía entre 7 y 16.
- Subyaciendo al relleno en tierra, se encontró un estrato de limo arenoso con un espesor igual a 1.50 m. El pasante del tamiz #200 es igual al 63% y su resistencia al corte no drenado es igual a 16 kPa. La clasificación USCS correspondiente a este limo es equivalente a ML (limo de baja plasticidad), siendo su IP igual a 15%.
- Debajo del limo se encuentra un estrato de arcilla, el cual continúa hasta la perforación en agua. La perforación en tierra detectó que este estrato tiene un espesor de 5.00 m y en agua se registró que el espesor es igual a 1.50 m, llegando hasta la cota -5.85. El material clasifica como una arcilla de baja plasticidad (CL) en tierra, y en agua como una arcilla de alta plasticidad (CH). El porcentaje de finos obtenido de las muestras en tierra es igual a 51%, mientras que en agua es igual a 98%. Finalmente, el valor de  $S_u$  para las muestras en tierra se encuentra entre 28 kPa y 136 kPa, este valor en agua es del orden de 32 kPa.
- Una vez finalizada la arcilla, se detectó suelo residual hasta el fin de las perforaciones. En tierra, los primeros metros registran golpes entre 40 y 70 y una vez se alcanza la cota -13.21 ya se llega al rechazo, mientras que, en agua el número de golpes es igual a 68 y alcanza el rechazo en la cota -8.315.

### **5.1.3. MÓDULO 6**

Continuando con la descripción de las secuencias estratigráficas, la siguiente corresponde al perfil transversal implantado en el módulo 6, el cual se puede apreciar en la Figura 21.

- La perforación 7 en tierra registró una capa de relleno que inicia a nivel de terreno natural y su espesor es igual a 2.85 m. Su porcentaje de humedad natural oscila entre 8% y 19% y su IP es igual a 15%, además, el número de golpes registrado se encuentra entre 10 y 19. Para la perforación 12 se pudo registrar una capa de relleno que inicia al nivel del terreno, compuesta por grava arcillosa, la cual tiene un espesor igual a 3.50 m, con un porcentaje de humedad natural entre 7 % y 22% , alcanzando un IP igual a 16%, además que el numero de golpes obtenido se encuentra entre 6 y 10

## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

- Por debajo del relleno se observó una arcilla de alta plasticidad (CH) para ambas perforaciones, esta capa de material cohesivo tiene un espesor de 9.15 m, para la perforación 7 y 8.5 para la perforación 12. El porcentaje de finos obtenido de las muestras varía entre 67% y 98%, su índice de plasticidad se encuentra entre 33% y 119% para la perforación 7 y entre 92% y 107% para la perforación 12. En la resistencia al corte no drenado se obtuvo 8 kPa y 38 kPa. En agua también se detectó una arcilla de alta plasticidad, cuyo porcentaje de finos es igual a 98% y su valor de  $S_u$  es igual 32 kPa.
- Debajo del estrato arcilloso se registró suelo residual cuyo número de golpes inicia en 55 y alcanza el rechazo en la cota -12.15 para el caso en tierra de la perforación 7 y 51 golpes para la perforación 12. En agua este suelo residual registra golpes iguales a 68 y llega al rechazo en la cota -8.315.

### **5.1.4. MÓDULO 7**

La descripción de la secuencia estratigráfica realizada a continuación corresponde al perfil transversal implantado en el módulo 7, mostrado en la Figura 22.

- En la exploración realizada en tierra se detectó relleno desde el nivel de terreno natural hasta una profundidad de 1.00 m. Este relleno compuesto de arenas y gravas registró un IP igual a 15% y gracias a los ensayos SPT se pudo obtener un número de golpes igual a 19.
- Por debajo del relleno en tierra se detectó una arcilla de espesor igual a 14.00 m. De acuerdo a la clasificación USCS el material cohesivo encontrado en esta perforación corresponde a una arcilla de alta plasticidad, cuyo índice de plasticidad varía entre 23% y 127%, su porcentaje de finos fluctúa entre 77% y 98% y su resistencia al corte no drenado va desde 8 kPa hasta 136 kPa.
- En agua también se detectó la presencia de arcillas, los primeros 4.50 m corresponden a una arcilla mezclada con material de relleno con un número de golpes entre 6 y 12 y un porcentaje de pasantes del tamiz #200 entre 15% y 57%. Por debajo de este material se encuentra arcilla de alta plasticidad cuyo espesor es igual 5.00 m, su IP varía entre 36% y 77%, su porcentaje de finos se encuentra entre 62% y 94% y el valor de  $S_u$  oscila entre 40 kPa y 200 kPa.
- Continuando en profundidad, se encontró una capa de limo cuyo espesor en tierra es igual a 1.00 m y en agua 1.50 m. Los datos obtenidos en tierra indican que es un limo de baja plasticidad, cuyo  $IP=11\%$ , su porcentaje de finos es igual a 85% y su resistencia al corte no drenado es igual a 176 kPa. Por otro lado, los

## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

datos obtenidos en agua indican que es un limo de alta plasticidad cuyo IP es igual a 22%, su pasante del tamiz #200 es igual a 53% y el valor de  $S_u$  es de 200 kPa.

- Una vez terminada la capa de limo se pudo encontrar suelo residual tanto en tierra como en agua. En tierra, este suelo residual registró el rechazo de forma inmediata en la cota -15.64, mientras que, en agua se registraron 58 golpes en el primer metro de suelo residual y se llegó al rechazo en la cota -13.059.

### **5.1.5. MÓDULO 8**

A continuación, se realizará la descripción de la secuencia estratigráfica para el perfil transversal implantado en el módulo 8 (Ver Figura x).

- En el sitio correspondiente a la perforación 5 se detectó un relleno de espesor 1.60 m, mientras que para la perforación 9 el espesor de este relleno es de 4.50 m. De los ensayos SPT realizados en las muestras se determinó que el número de golpes en el relleno oscila entre 3 y 20, su humedad natural fluctúa entre 17% y 50% y su índice de plasticidad entre 28% y 25%.
- Debajo del relleno se detectó arcilla de alta plasticidad cuyo valor de IP varía entre 26% y 123% en la perforación 6 y entre 28% y 53% en la perforación 9. El espesor de arcilla en la perforación 5 es de 16.40 m y en la perforación 9 es de 6.00 m, el porcentaje de finos fluctúa entre 57% y 96% y el valor de  $S_u$  se encuentra entre 4 kPa y 92 kPa en la perforación 5, mientras que en la perforación 9 este valor fluctúa entre 8 kPa Y 52 kPa.
- Particularmente, en la perforación 9 se detectó un estrato de limo de baja plasticidad de espesor 2.00 m, su IP es igual a 13%, su contenido de finos 93% y su resistencia al corte no drenado es entre 52 kPa Y 196 kPa.
- Continuando en la perforación 9, debajo del limo se encontró una arcilla de alta plasticidad de espesor 3.00 m cuyo índice de plasticidad es del orden de 26%, su contenido de finos varía entre 61% y 97% y un  $S_u$  de 200 kPa.
- Finalmente, se detectó suelo residual hasta el final de ambas perforaciones. En la perforación 5 el número de golpes obtenidos a partir del ensayo SPT alcanza el rechazo en la cota -15.54, y en la perforación 9 este rechazo es alcanzado en la cota -16.08.

### **5.1.6. MÓDULO 9**

## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

La siguiente descripción de secuencia estratigráfica a realizar corresponde al perfil transversal implantado en el módulo 9, el cual se muestra en la Figura 24.

- En la zona en tierra se tiene las perforaciones 5 y 6, las cuales lograron detectar a partir del nivel de terreno natural hasta una profundidad de 2.80 m un relleno cuyo número de golpes oscila entre 6 y 20 y su humedad natural se encuentra entre el 15% y 28%. En el caso de la perforación 13 se detectó relleno con una profundidad de 2.50 m, cuya humedad natural oscila entre el 17% y 27 %, con un número de golpes entre 2 y 7
- Por debajo del relleno se encontró material cohesivo que corresponde a arcillas de alta plasticidad (CH). En las perforaciones en tierra, el espesor de esta arcilla es igual a 16.40 m para ambas perforaciones , El IP varía entre 23% y 158%, para la perforación 6, a su vez para la perforación 13 el IP varía entre 50% y 176%, además el su pasante del tamiz #200 para la perforación 6 fluctúa entre 57% y 98% y el valor de la resistencia al corte no drenado se encuentra entre 4 kPa y 92 kPa.
- Para el caso de las perforaciones en agua, la perforación 1 tiene una capa de arcilla mezclada con material de relleno cuyo pasante del tamiz #200 varía entre 26% y 46%. Una vez concluido ese estrato, se encontró arcilla de alta plasticidad, cabe recalcar que esta misma arcilla se detectó de forma inicial en la perforación 6, el contenido de finos se encuentra entre 80% y 99% y su valor de  $S_u$  varía entre 12 kPa Y 96 kPa.
- En la perforación 6 en tierra y 1 en agua se encontró en las cotas -14.17 y -17.48, respectivamente, limo de alta plasticidad. El limo detectado en la perforación 6 tiene un contenido de finos del orden de 96%, un IP de 42% y una resistencia al corte no drenado entre 96 kPa Y 200 kPa. Mientras que, el limo encontrado en la perforación 1 tiene un contenido de finos entre 63% y 89%, un IP igual a 25% y una resistencia al corte no drenado igual a 80 kPa.
- Por debajo de la arcilla en la perforación 5 en tierra y 6 en agua, y por debajo del limo en la perforación 1 en agua y 6 en tierra, se encuentra suelo residual hasta el final de las perforaciones. En tierra, el número de golpes inicia con 73 y se llega al rechazo en la cota -20.70, por otro lado, en agua el número de golpes inicial es igual a 23 y se llega al rechazo en la cota -19.13.

### **5.1.7. MÓDULO 10**

Esta última descripción de la secuencia estratigráfica corresponde al perfil transversal implantando en el módulo 10, como se muestra en la Figura 25.

## **"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

- En la perforación 8, la cual es la correspondiente a tierra, se detectó un relleno de 2.50 m de espesor con un número de golpes obtenidos a partir del ensayo SPT entre 5 y 10. Su humedad natural corresponde a 22% y su índice de plasticidad fluctúa entre 7% y 22%.
- Por debajo de este relleno en tierra y al inicio de la perforación 6 en agua, se pudo encontrar arcilla de alta plasticidad. En tierra, el contenido de finos correspondiente a las muestras obtenidas oscila entre el 75% y 98%, el índice de plasticidad varía entre 35% y 55% y la resistencia al corte no drenado fluctúa entre 8 kPa y 200 kPa.
- La arcilla encontrada en la perforación 6 en agua tiene un porcentaje de pasante del tamiz #200 entre 53% y 95%, un índice de plasticidad entre 20% y 160% y una resistencia al corte no drenado que oscila entre 12 kPa y 96 kPa.
- Por debajo de la arcilla hasta el final de ambas perforaciones se encuentra suelo residual cuyo número de golpes en tierra inicia en 41 y llega hasta el rechazo en la cota -19.84 y en agua inicia en 23 golpes y llega al rechazo en la cota -19.09.

### **5.2 FASE II**

La siguiente secuencia de descripciones de los geo-materiales corresponde a la información obtenida a partir de los perfiles transversales realizados en los módulos que componen la Fase II del proyecto, como se mencionó con anterioridad en la Composición del proyecto, los módulos correspondientes a esta fase son los módulos 1a, 1, 2 y 3.

Considerando la falta de información geotécnica que se tiene sobre esta fase, las perforaciones 1 en tierra y 5 en agua fueron utilizadas para realizar la descripción de los perfiles correspondientes a los módulos 1a, 1 y 2. Para el módulo 3 se tomó la decisión de utilizar la perforación más próxima en agua, siendo esta la perforación P-04A y en tierra se conservó la perforación P-01.

#### **5.2.1 MÓDULOS 1a, 1 y 2**

A continuación, se describe la secuencia estratigráfica obtenida de los perfiles transversales implantados en los módulos 1a, 1 y 2 (Figura 26, Figura 27 y Figura 28).

- De la perforación en tierra ( P-01, perforación 1), se identificó un relleno que inicia a nivel de terreno natural y tiene un espesor de 0.50 m. Su humedad natural es igual a 15%, su IP es del rango de 17%, del ensayo de penetración estándar se registró que el estrato alcanza un valor máximo de 7 golpes.

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

- Por debajo del relleno en tierra se encontró un estrato considerable de arcilla, mientras que esta misma se detectó desde el inicio de la perforación P-05A en agua. De acuerdo con la clasificación USCS, este material clasificó como CH, el índice de plasticidad varía entre 23% y 85% en tierra, y en agua varía entre 13% y 69%. El pasante del tamiz #200 de las muestras obtenidas en tierra oscila entre 64% y 100%, de las muestras obtenidas en agua el porcentaje de finos fluctúa entre 62% y 99%, finalmente, la resistencia al corte no drenado de las arcillas en tierra va desde los 8 kPa hasta los 200 kPa, en agua estos valores de  $S_u$  inician en 16 kPa y alcanzan los 200 kPa.
- Es importante mencionar que dentro de este estrato de arcilla se encuentran 2 lentes de arena en agua y 1 lente de turba en tierra. Las arenas tienen un IP variable entre 6% y 17% y su número de golpes obtenidos a partir de ensayos SPT inician en 13 y llegan hasta 38. La turba encontrada en tierra posee una humedad natural igual a 265% y un índice de plasticidad del 100%.
- Finalmente, por debajo de la arcilla en la perforación P-01 en tierra y por debajo del espejo de arena en la perforación 5 en agua, se encontró suelo residual cuyo número de golpes alcanza inmediatamente el rechazo. En la siguiente tabla se muestra la cota en la que se llega al rechazo para cada uno de los módulos.

**Tabla 8. Cota de rechazo alcanzada en cada módulo.**  
Fuente: Elaboración propia

MÓDULO	COTA DE RECHAZO EN AGUA	COTA DE RECHAZO EN TIERRA
1a	-7.06	-9.36
1	-7.06	-9.36
2	-7.41	-9.07

### 5.2.2 MÓDULO 3

Para concluir con la Fase II, se describe la secuencia estratigráfica obtenida del perfil transversal implantado en el módulo 3 mostrado en la Figura 29.

- De la perforación en tierra (perforación P-01), se identificó un relleno que inicia a nivel de terreno natural y tiene un espesor de 0.50 m. Su humedad natural es igual a 15%, su IP es del rango de 17%, del ensayo de penetración estándar se registró que el estrato alcanza un valor máximo de 7 golpes.
- Subyaciendo el relleno en tierra, se detectó un estrato de arcilla con un lente de turba. Refiriéndose inicialmente a la arcilla, esta clasificó como una arcilla de alta plasticidad, su IP se encuentra entre 23% y 85%, su contenido de finos varía entre

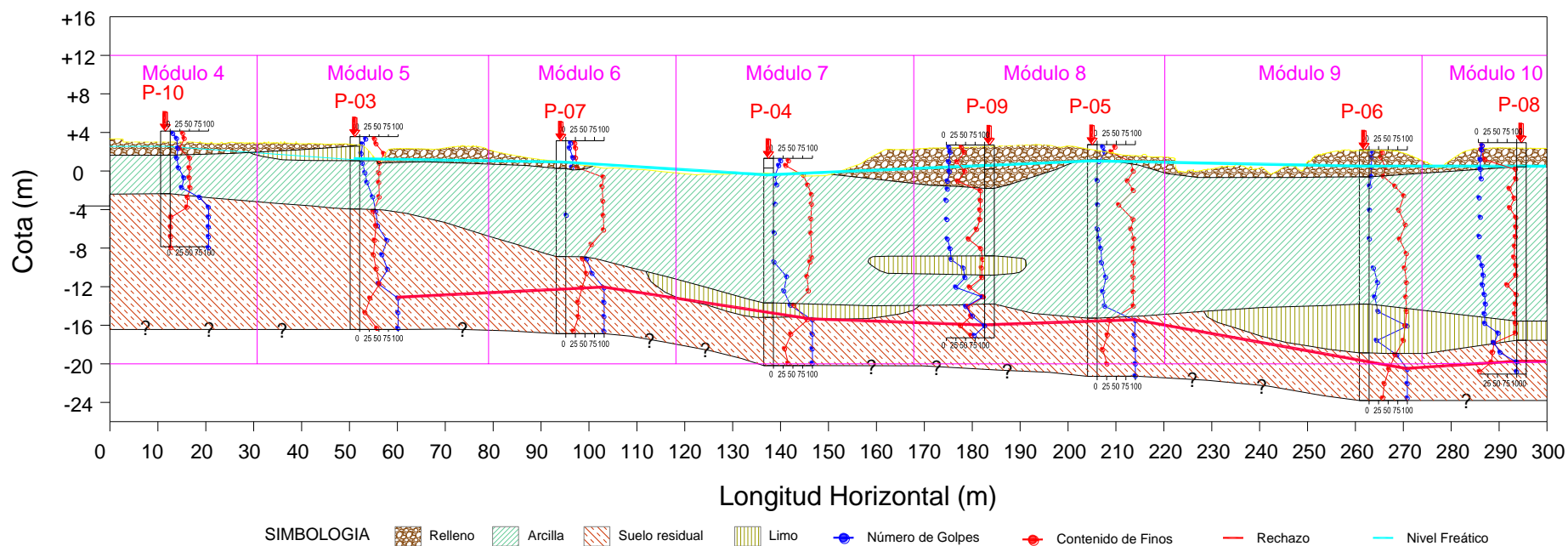
**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

64% y 100% y la resistencia al corte no drenado fluctúa entre 8 kPa y 200 kPa. El lente de turba encontrado tiene una humedad natural igual a 265% y un IP de 100%.

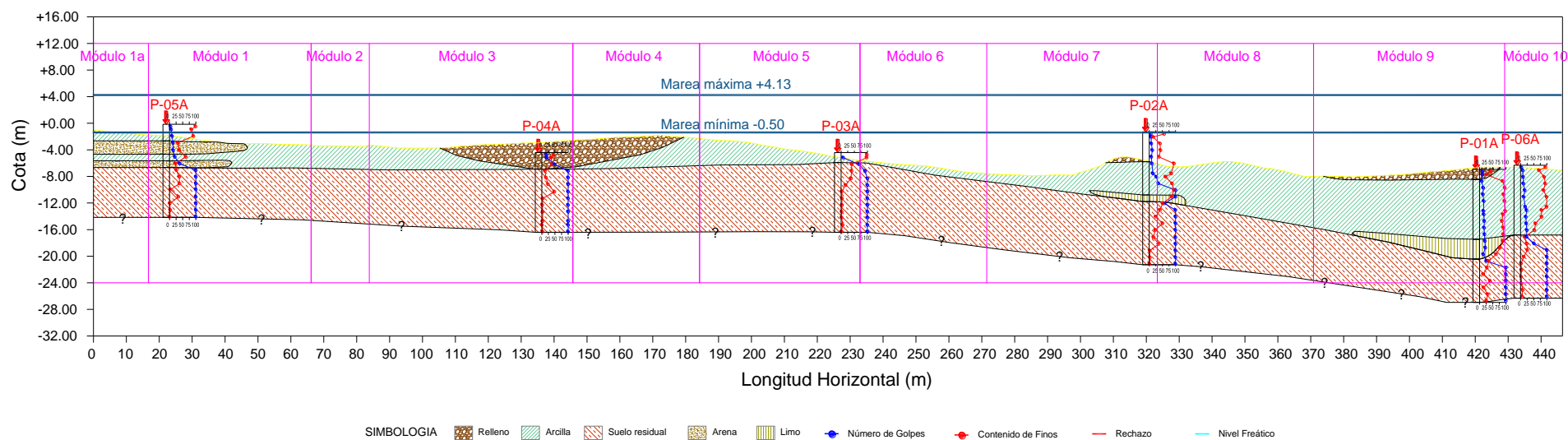
- Luego de la arcilla en la perforación en tierra y al inicio de la perforación en agua se encontró un estrato de suelo residual que continuó hasta el fin de la exploración. En tierra, el número de golpes alcanza inmediatamente el rechazo en la cota -9.36 y en agua el número de golpes registrado inicia en 49 y se llega al rechazo en la cota -5.89.



**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

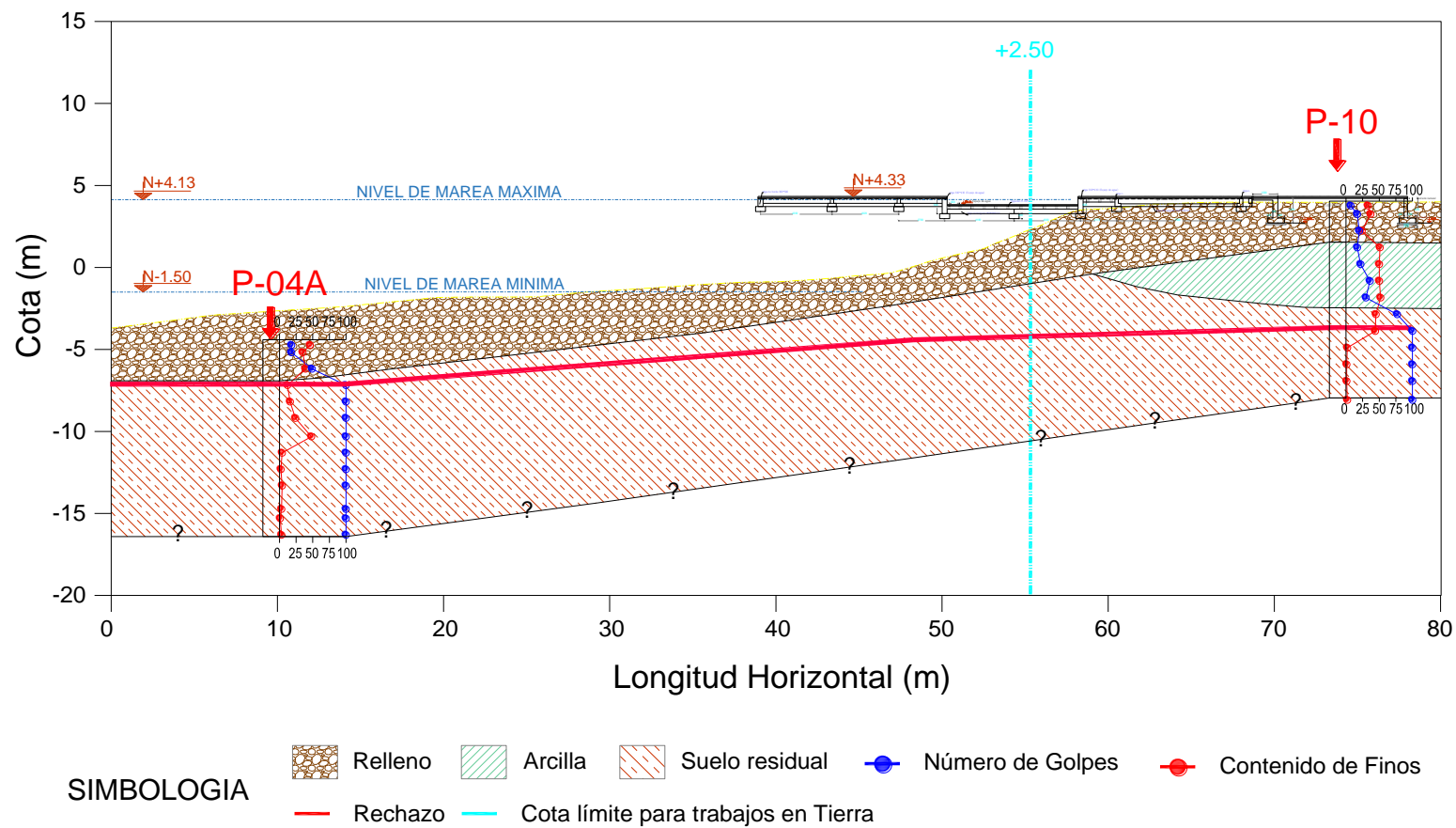


**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



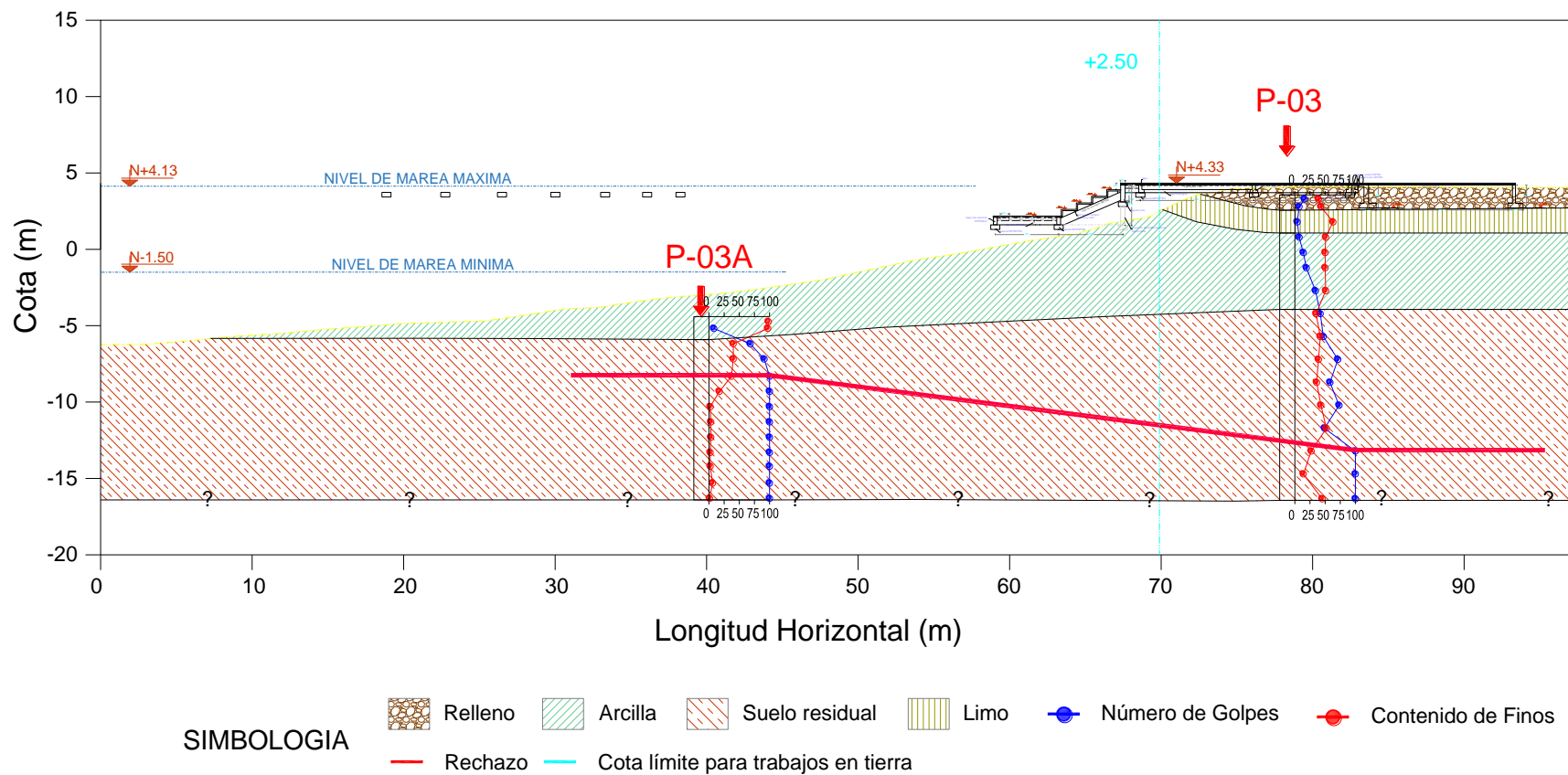
**Figura 18.- Perfil longitudinal en agua**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



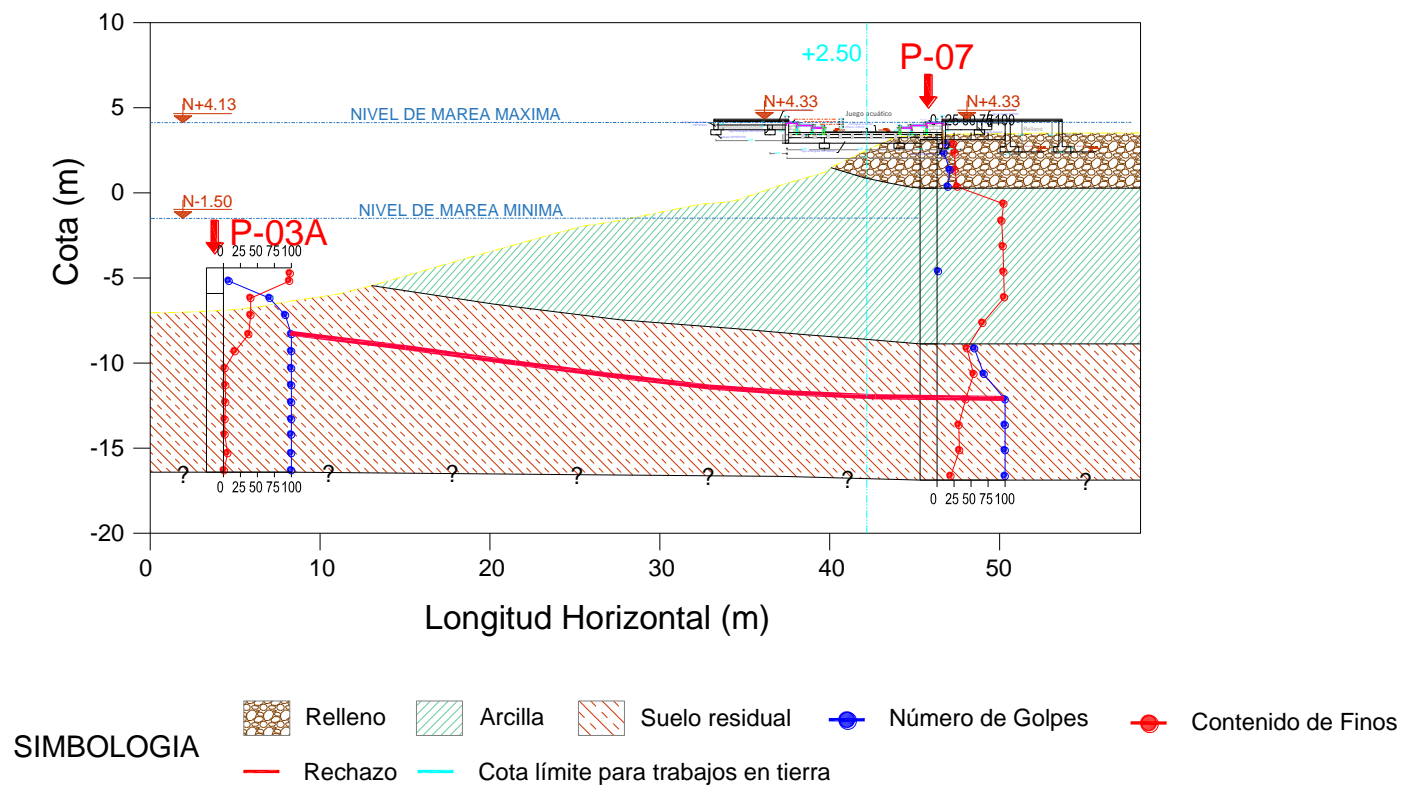
**Figura 19.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 4**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 20.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 5**  
**Fuente: Elaboración propia**

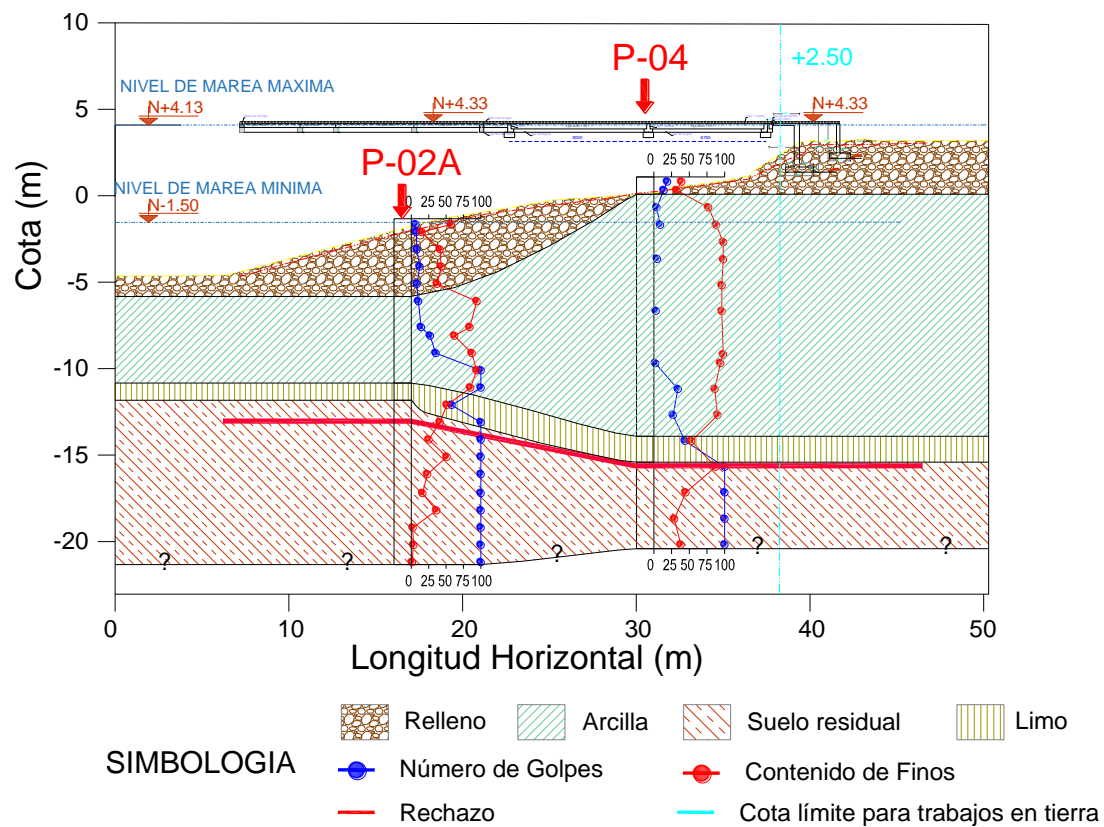
**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 21.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 6**  
**Fuente: Elaboración propia**

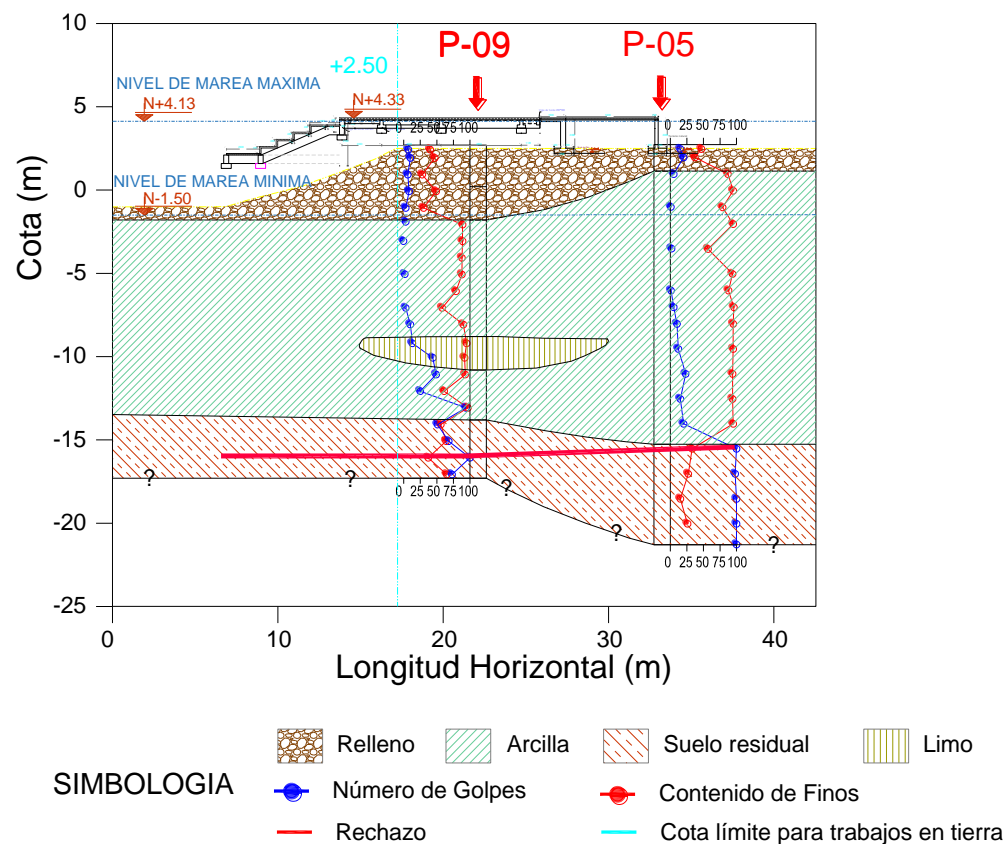


**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



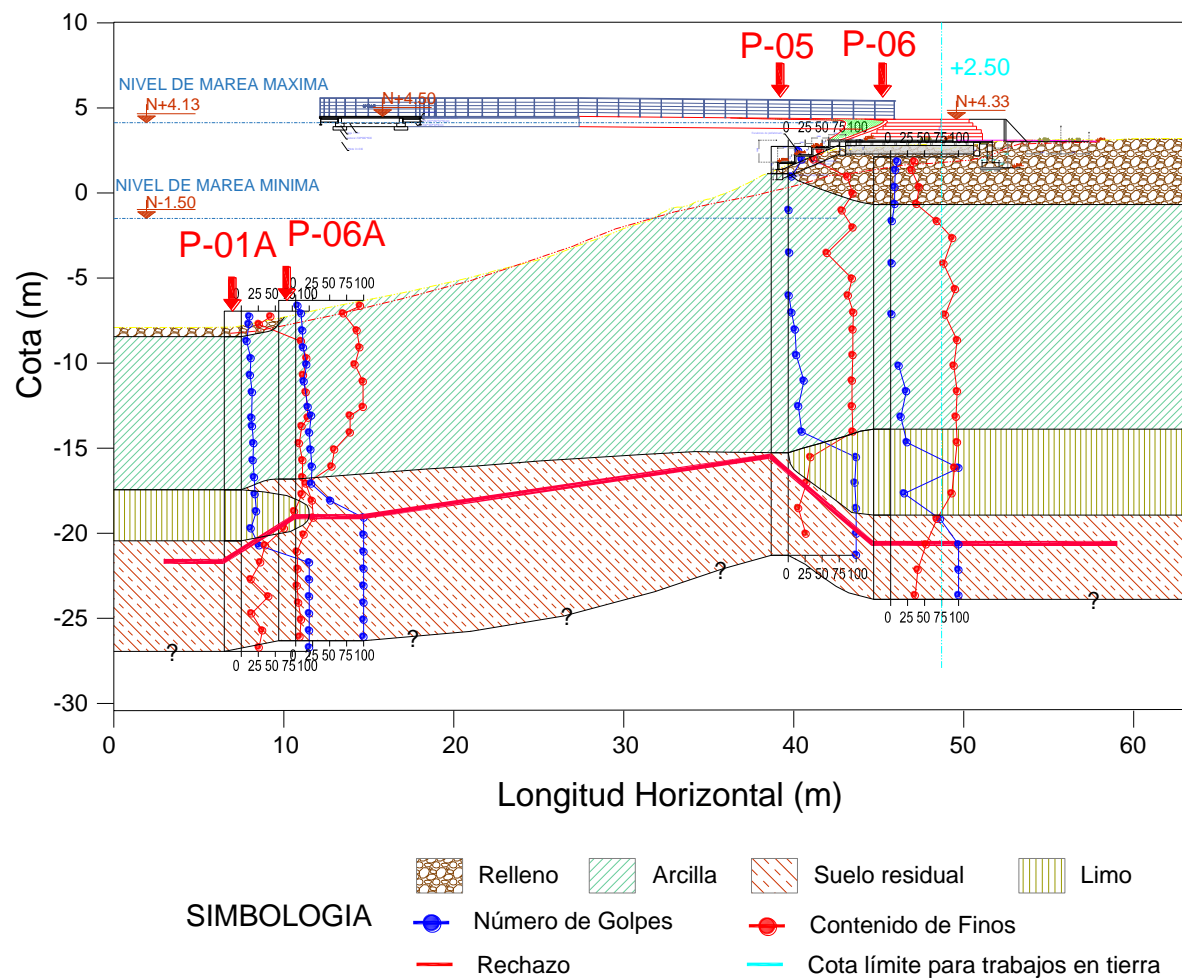
**Figura 22.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 7**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



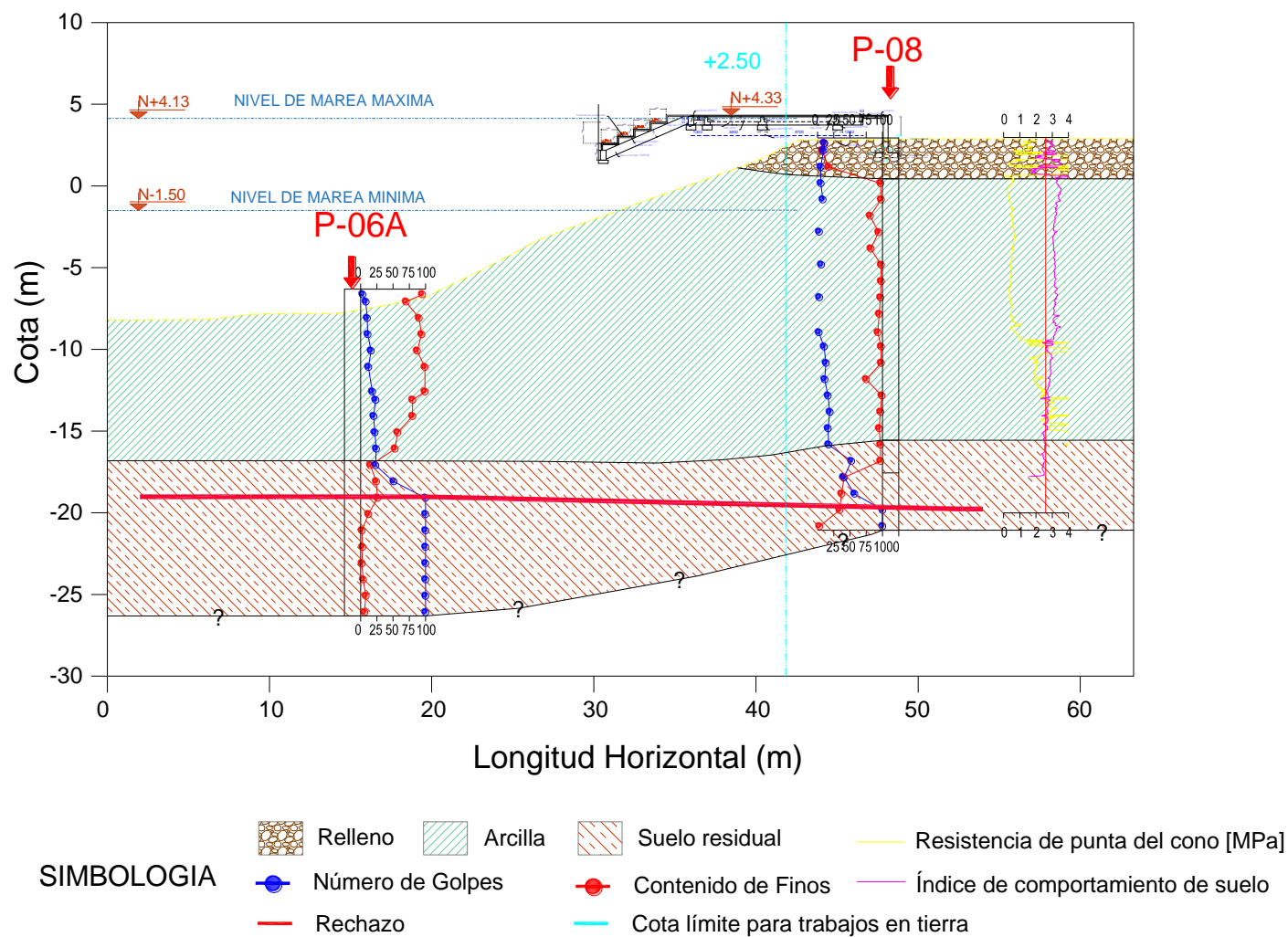
**Figura 23.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 8**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



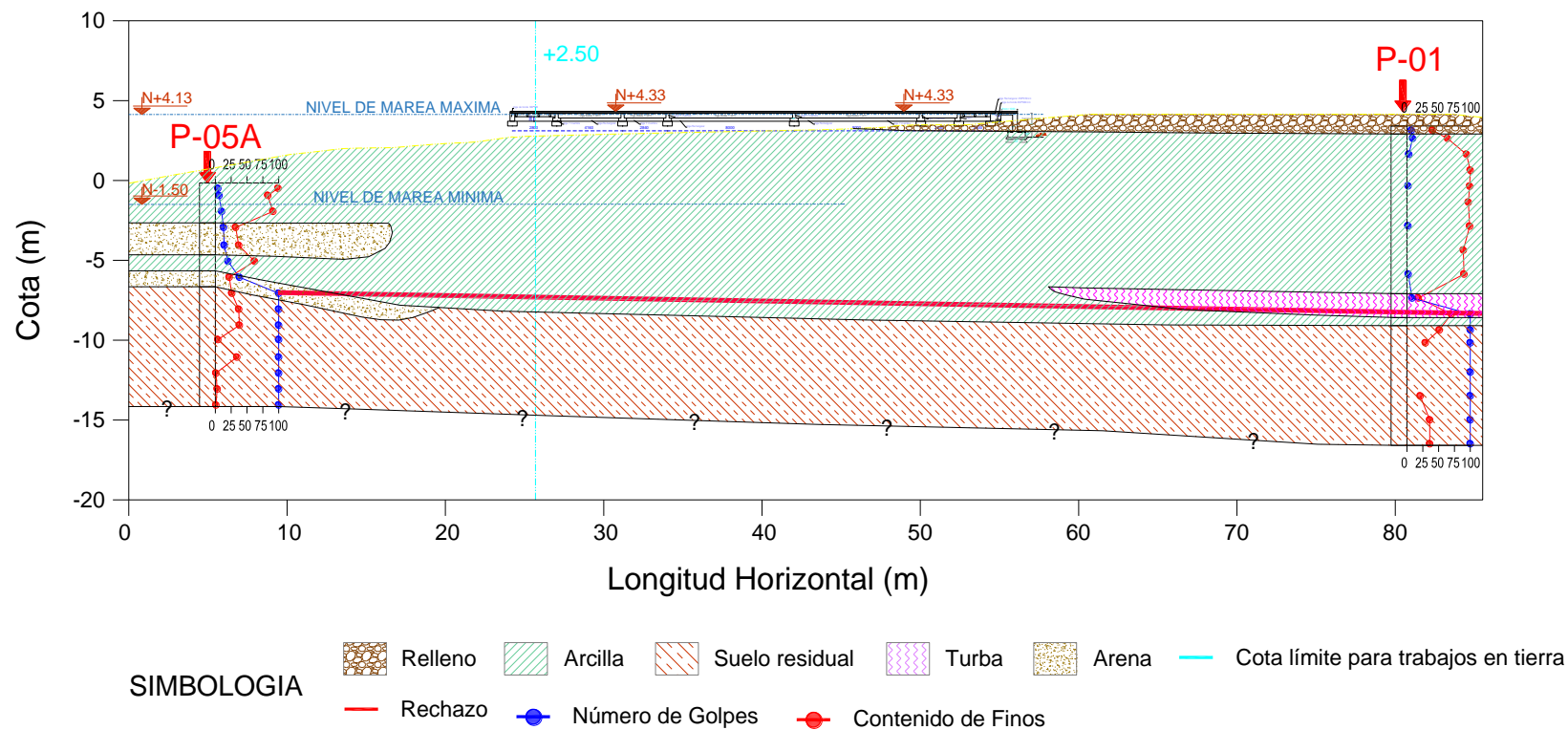
**Figura 24.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 9**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



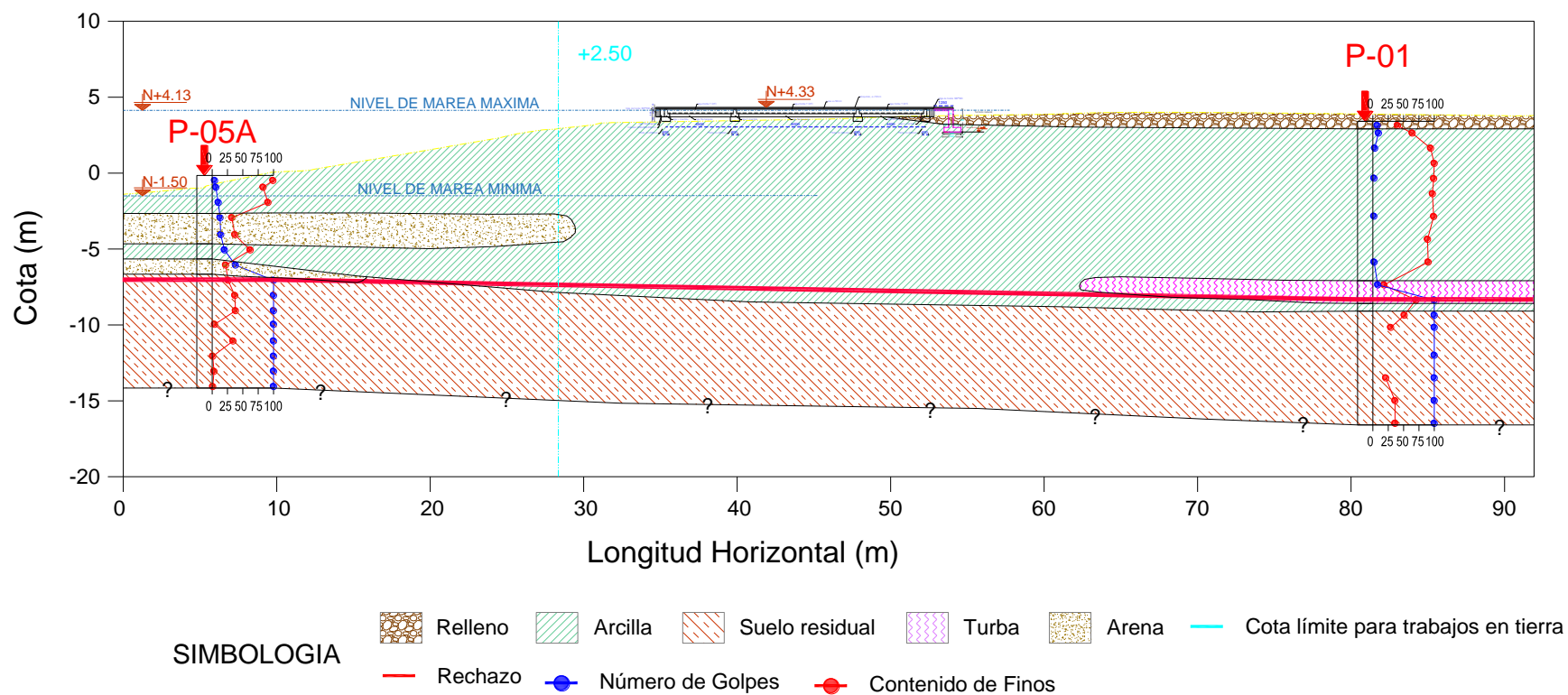
**Figura 25.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 10**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



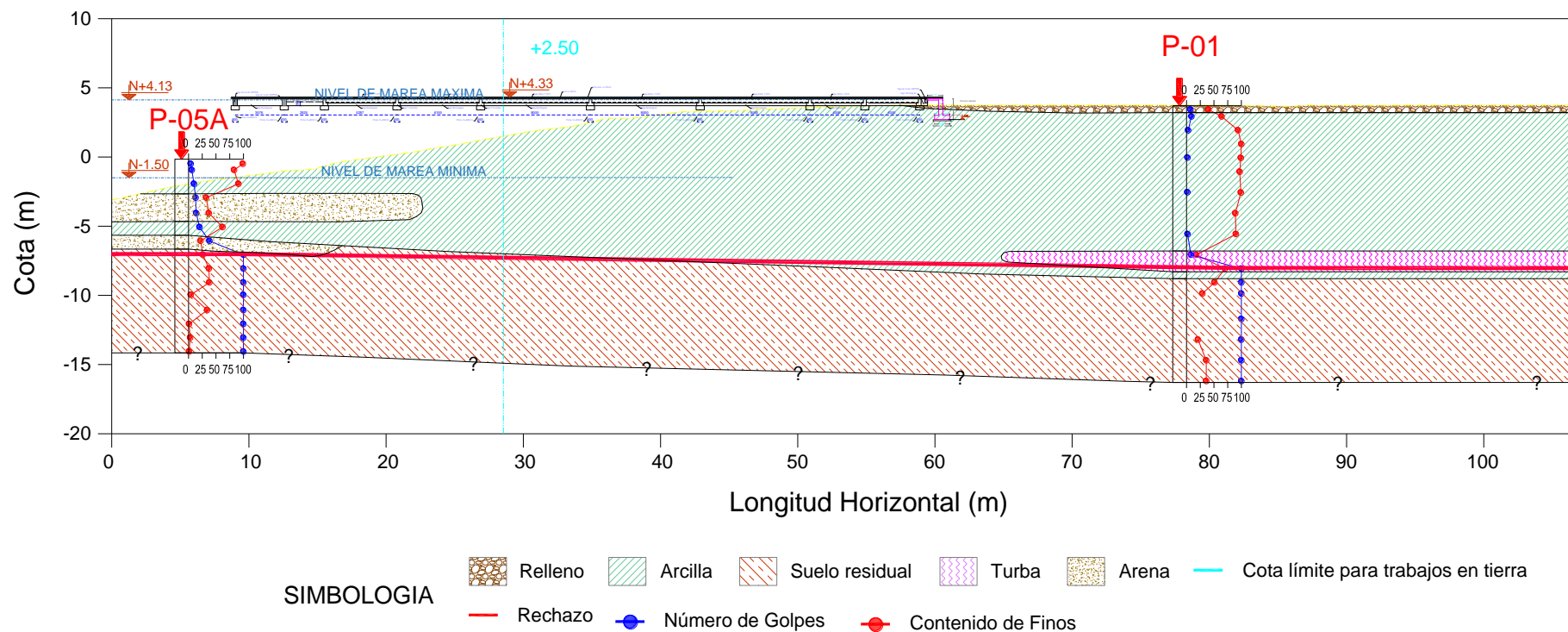


**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



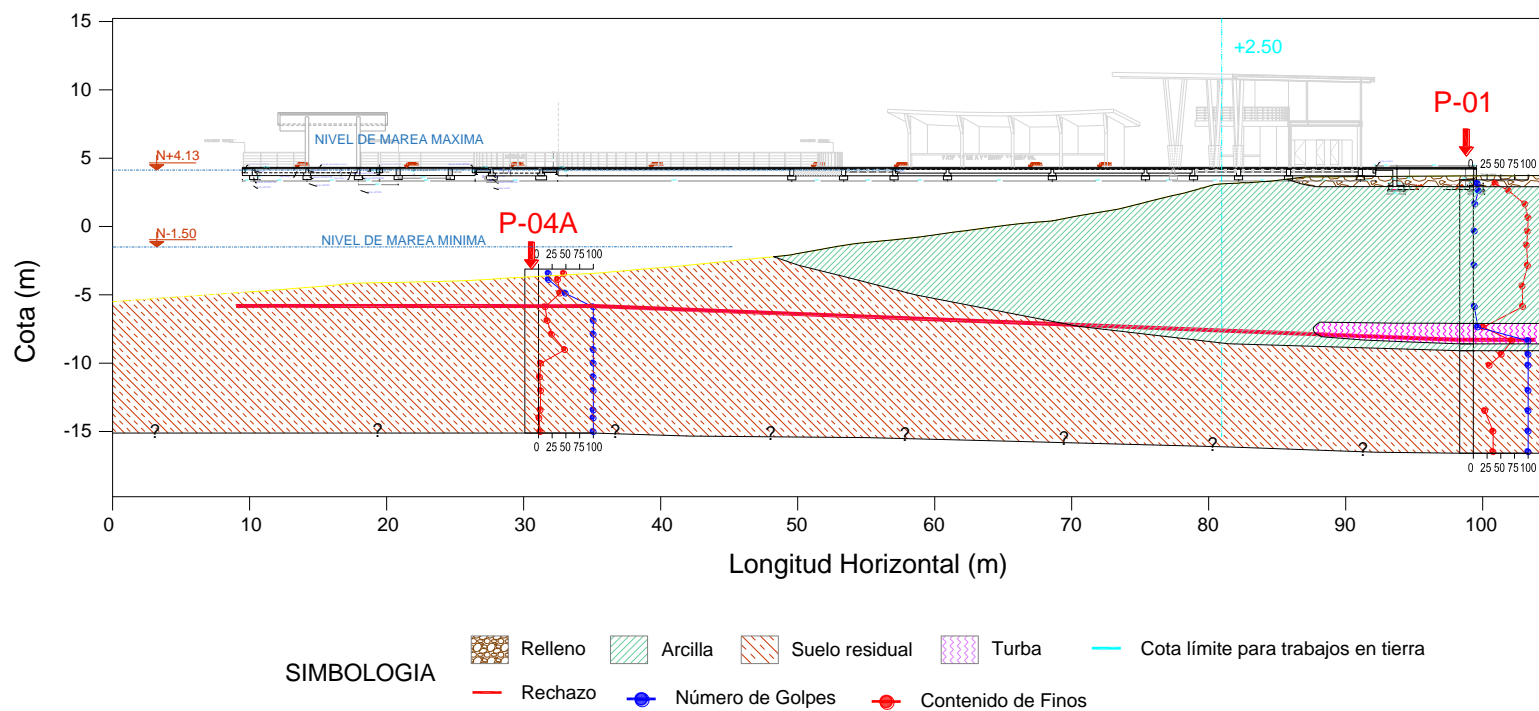
**Figura 27.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 1**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 28.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 2**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 29.- Perfil transversal correspondiente al Módulo 3**  
**Fuente: Elaboración propia**

## “CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

### 6. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS ENCONTRADAS

De los perfiles estratigráficos y la descripción de los estratos de suelo que fueron mostrados en la sección anterior se puede llegar a la conclusión que el área de estudio presenta una notable variabilidad estratigráfica (**GRAN ERRATICIDAD**). Mediante los perfiles longitudinales y transversales mostrados con anterioridad, se determinó que entre las perforaciones en agua P03A, P04A Y P05A se presenta el estrato resistente de forma superficial, es decir, se encuentra a una profundidad entre 1.50 a 7.00 m (entre las cotas -5.00 y -7.00), este fenómeno se puede detectar de la misma manera en la perforación P10 en tierra.

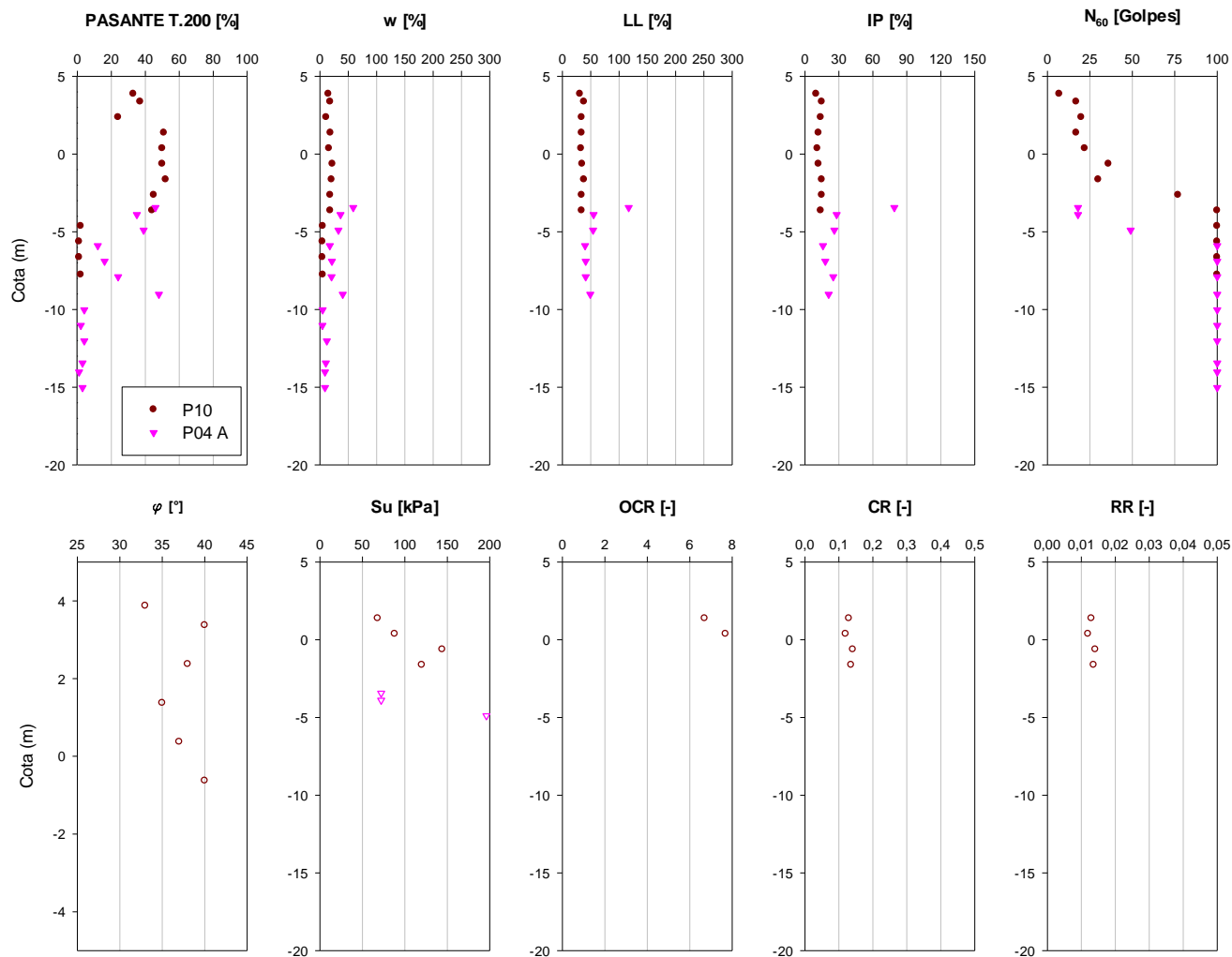
Hacia el sector norte del proyecto, en la perforación en tierra P01 se puede ubicar el estrato resistente a una profundidad de 12.0 m (cota -8.30), mientras que, hacia el sur desde las perforaciones P03 hasta la P08 en tierra el estrato resistente se encuentra entre las cotas -12.00 y -20.00. En agua, entre las perforaciones P02A hasta la P01A el estrato resistente se registra entre las cotas -13.00 y -21.00.

Como se mencionó en la Descripción de los Estratos de Suelo correspondiente a los módulos que componen la Fase II del proyecto, existe una considerable falta de información geotécnica en lo que respecta a esta etapa y para poder tener una idea acerca de las condiciones presentes en los distintos módulos se decidió utilizar la información obtenida de las perforaciones que se encuentran dentro del área que abarca la ejecución de la Fase II.

Se anexan los resultados de las perforaciones.

Para entender el comportamiento de los geo-materiales se han unido las propiedades de las perforaciones para cada sección analizada, se debe indicar que los parámetros de OCR, CR, RR y ángulo de fricción interna fueron estimados en base a correlaciones, mostrándose con símbolos vacíos dichos valores, sin embargo, se realizó un ensayo CPTu con mediciones de presión de poros para obtener los valores de OCR y parámetros que permitan determinar los asentamientos del proyecto. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la caracterización:

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

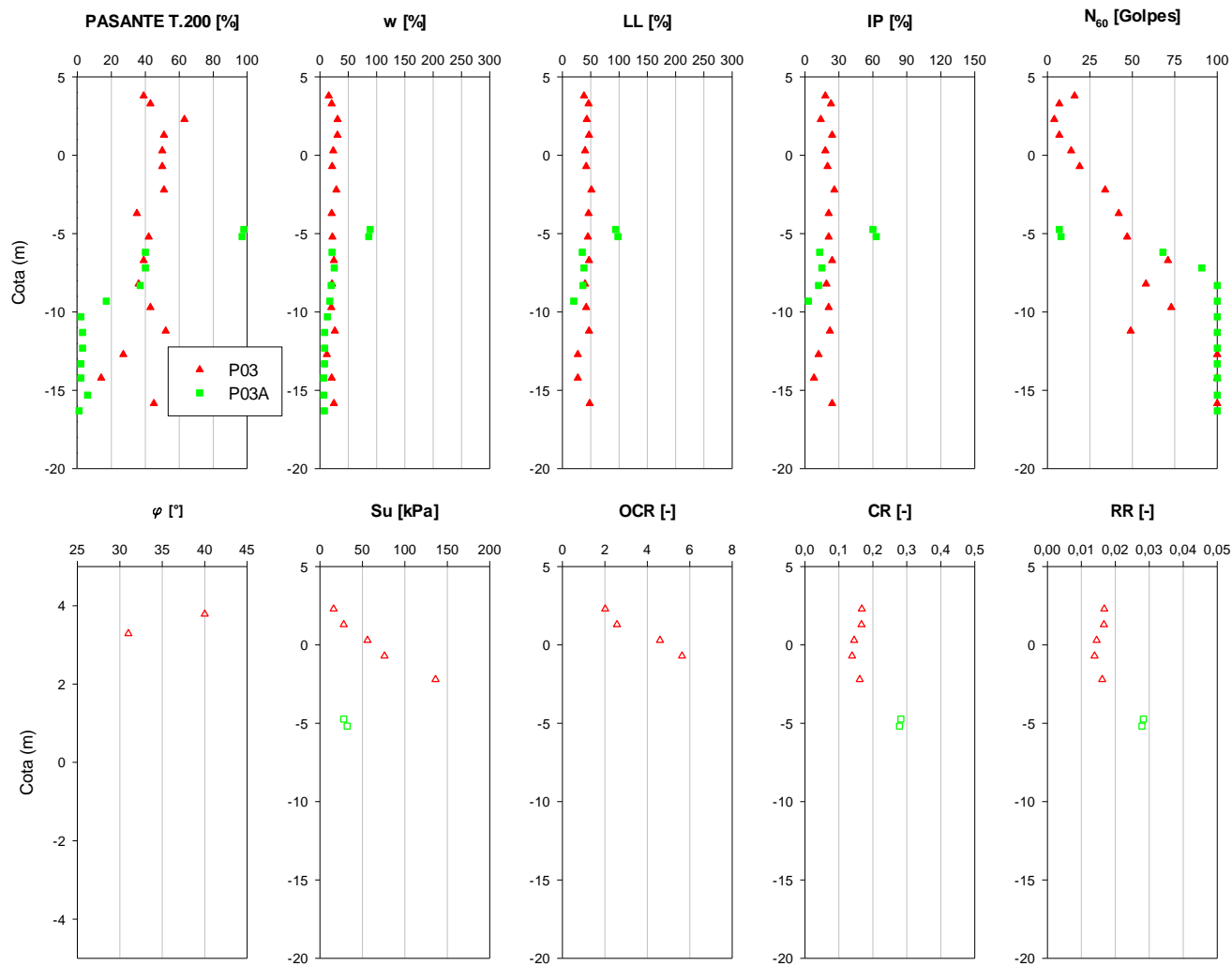


**Figura 30.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 4**

**Fuente: Elaboración propia**



**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

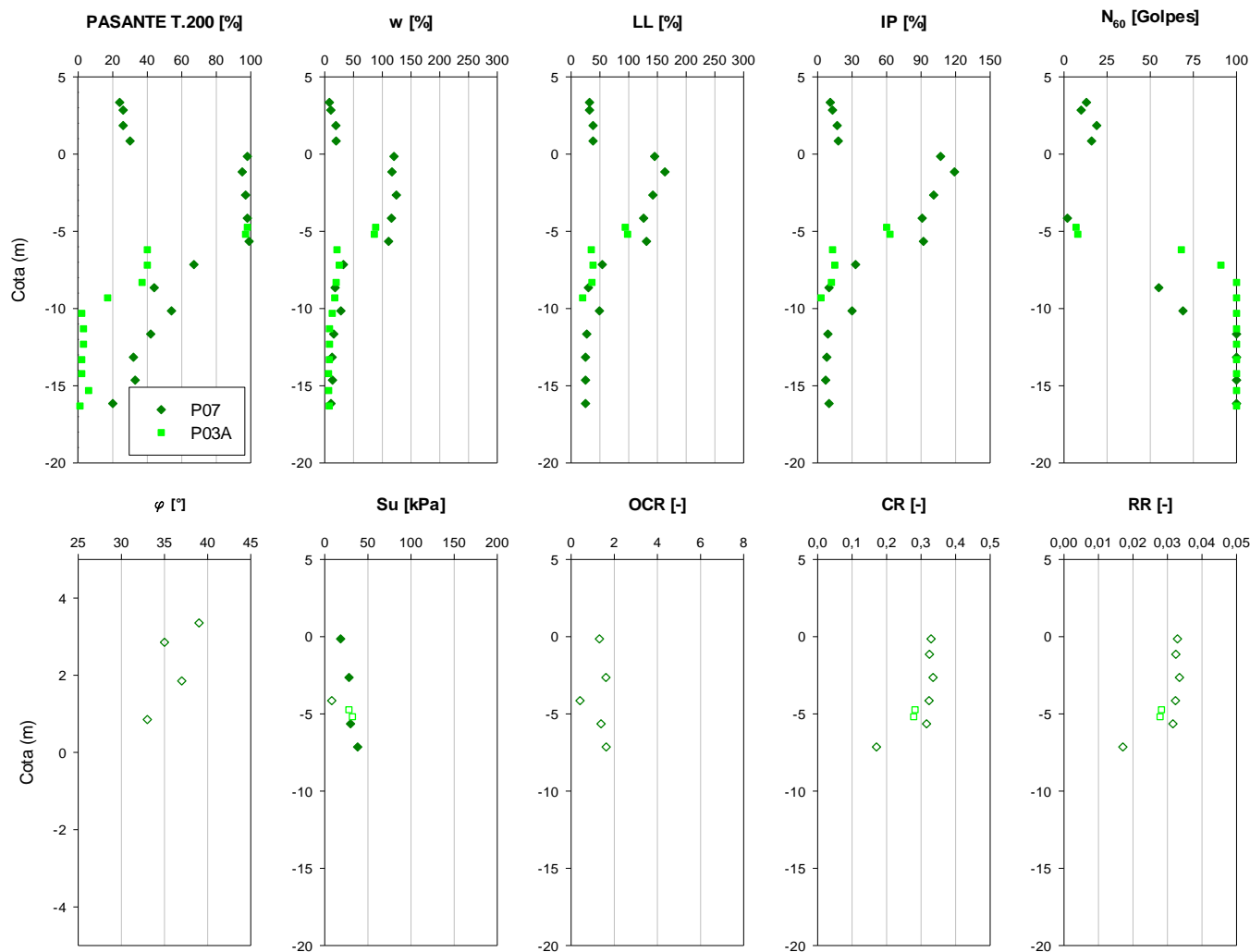


**Figura 31.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 5**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

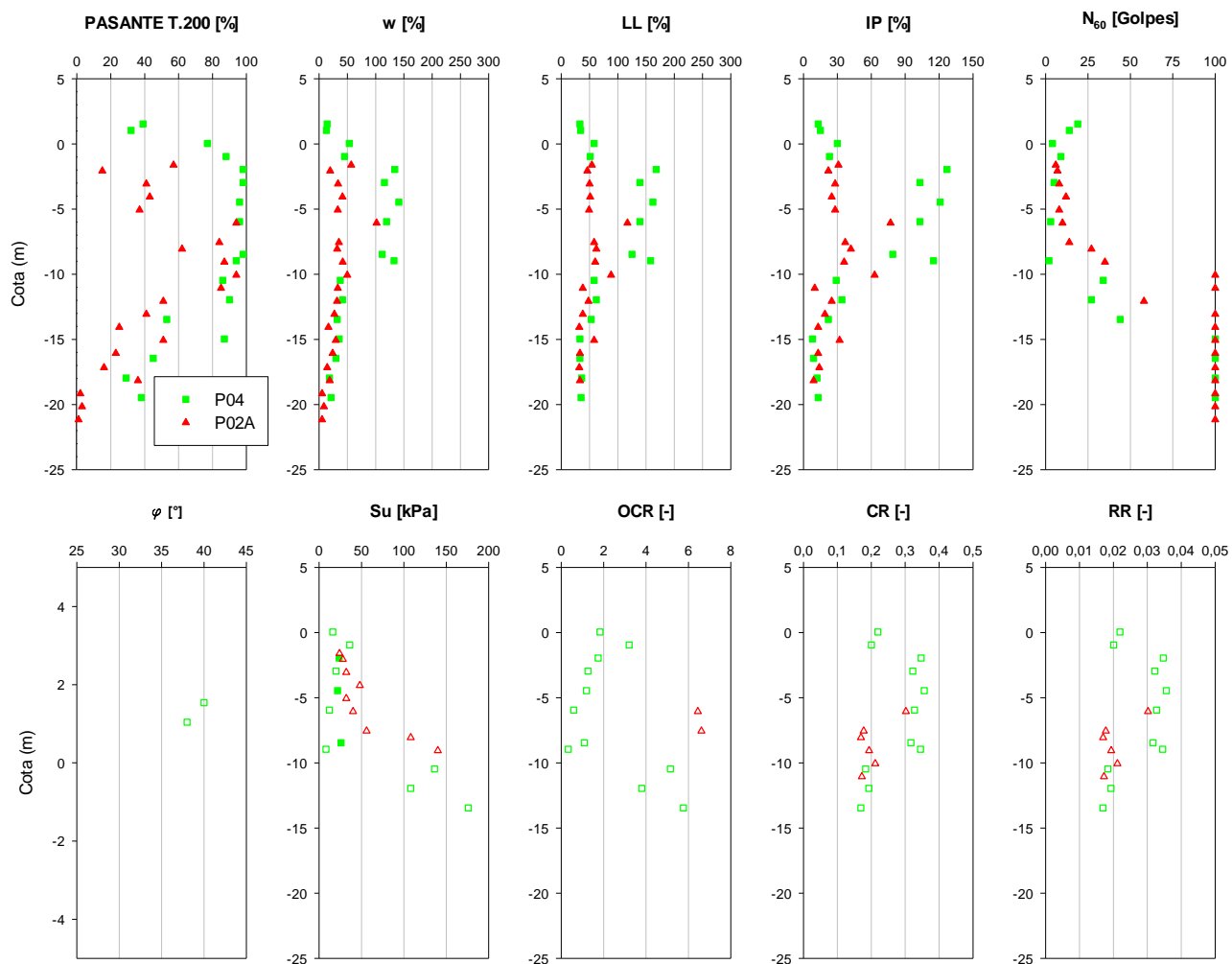
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



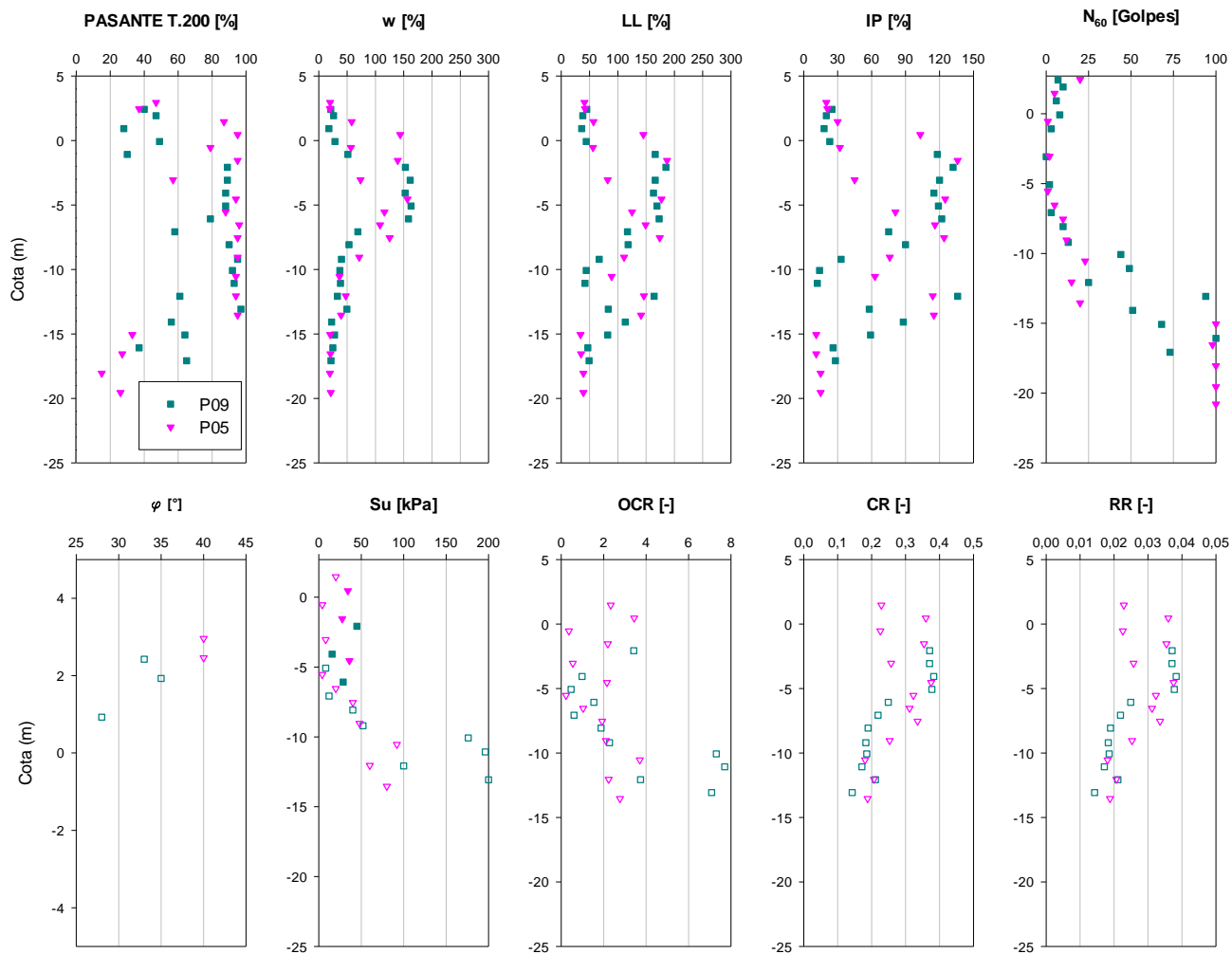
**Figura 32.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 6**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 33.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 7**  
**Fuente: Elaboración propia**

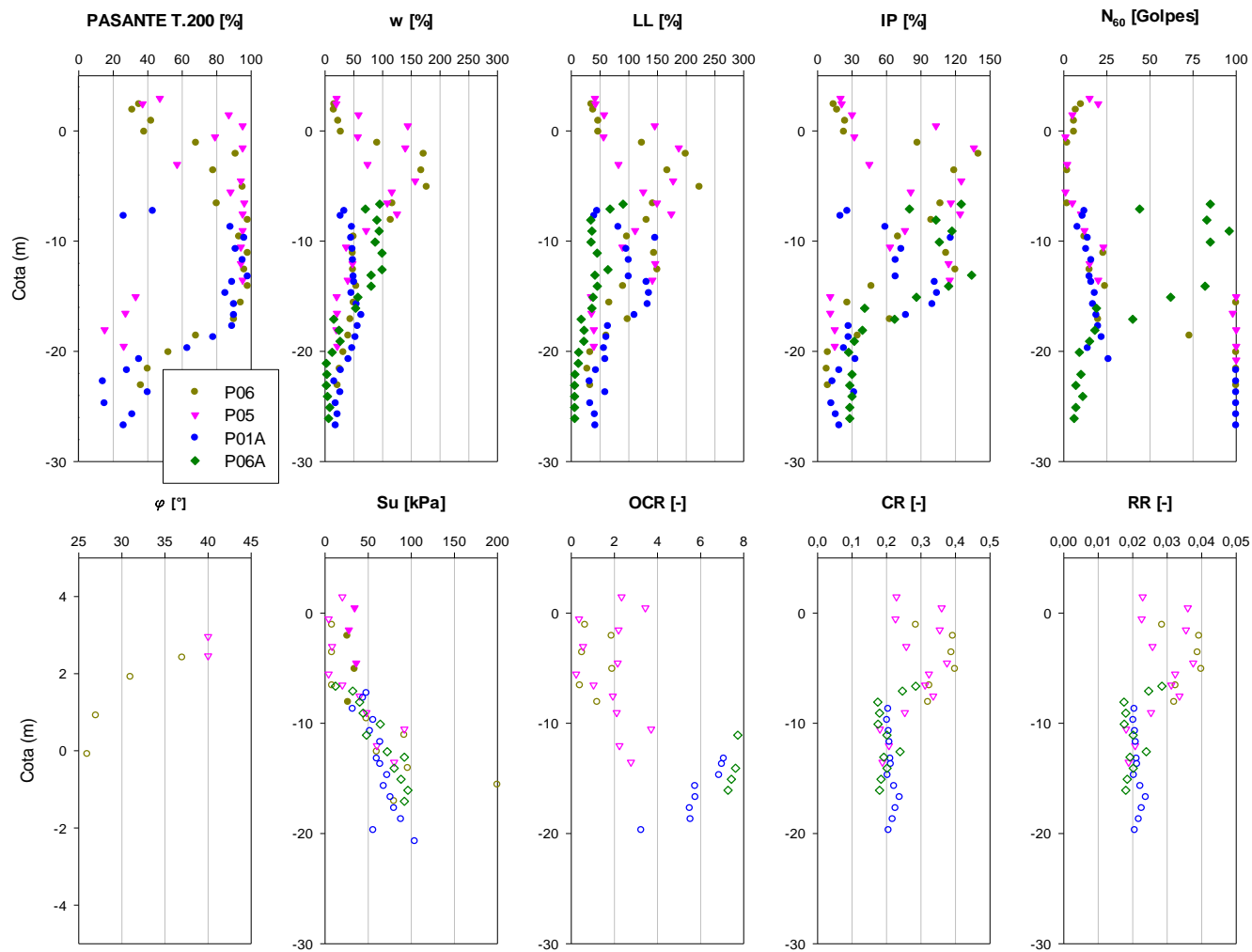
**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 34.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 8**  
**Fuente: Elaboración propia**

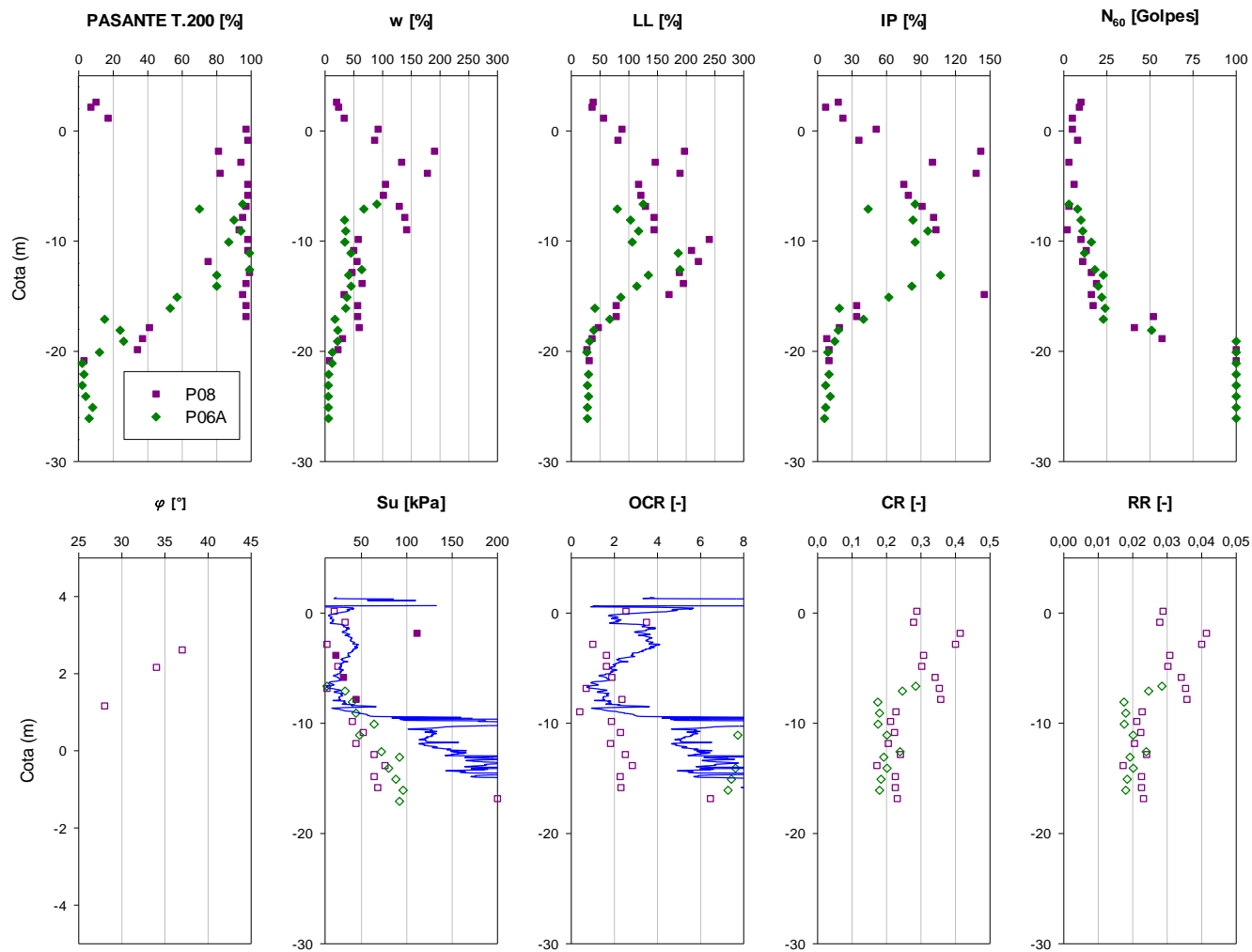


**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



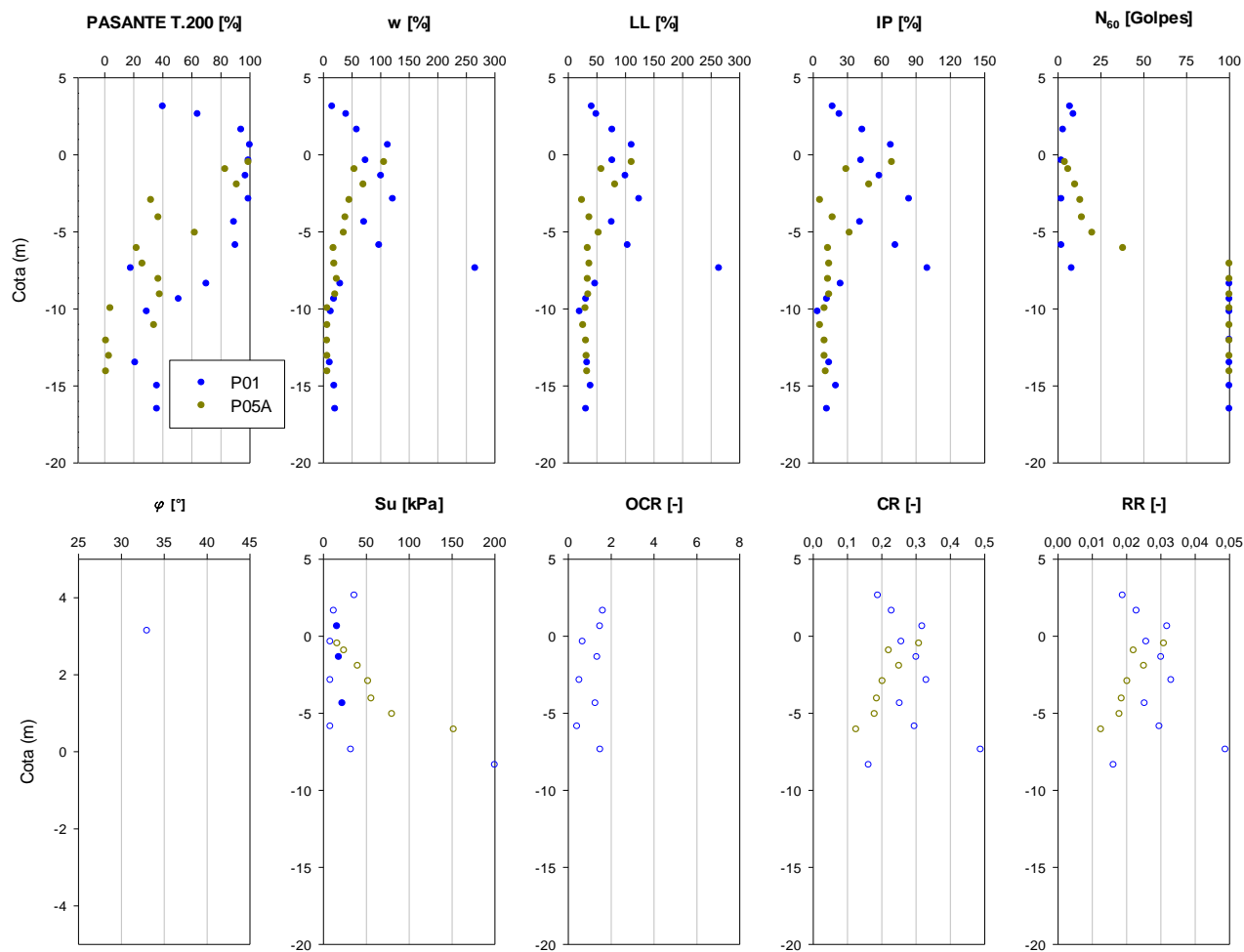
**Figura 35.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 9**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 36.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 10**  
**Fuente: Elaboración propia**

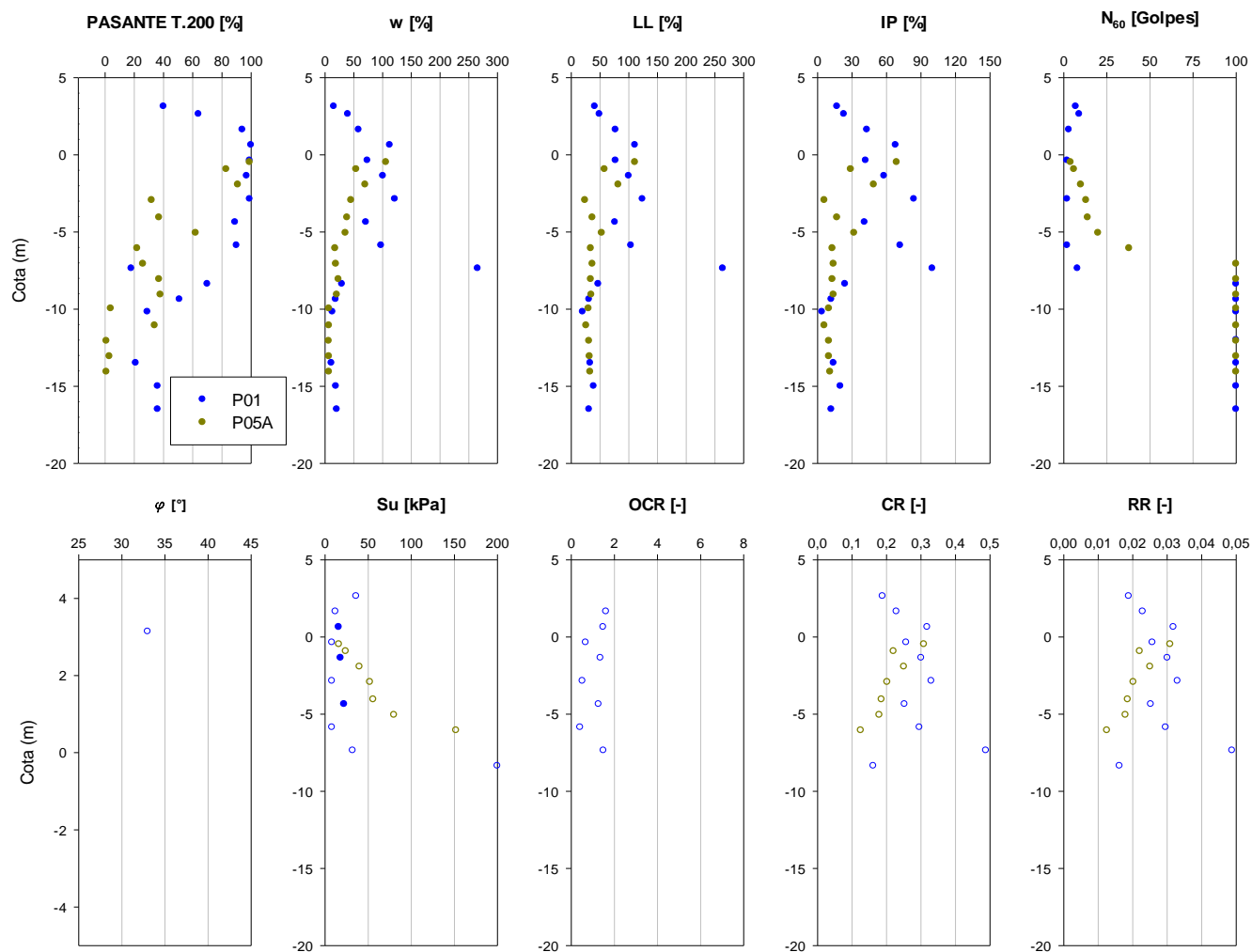
**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 37.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 1ª**

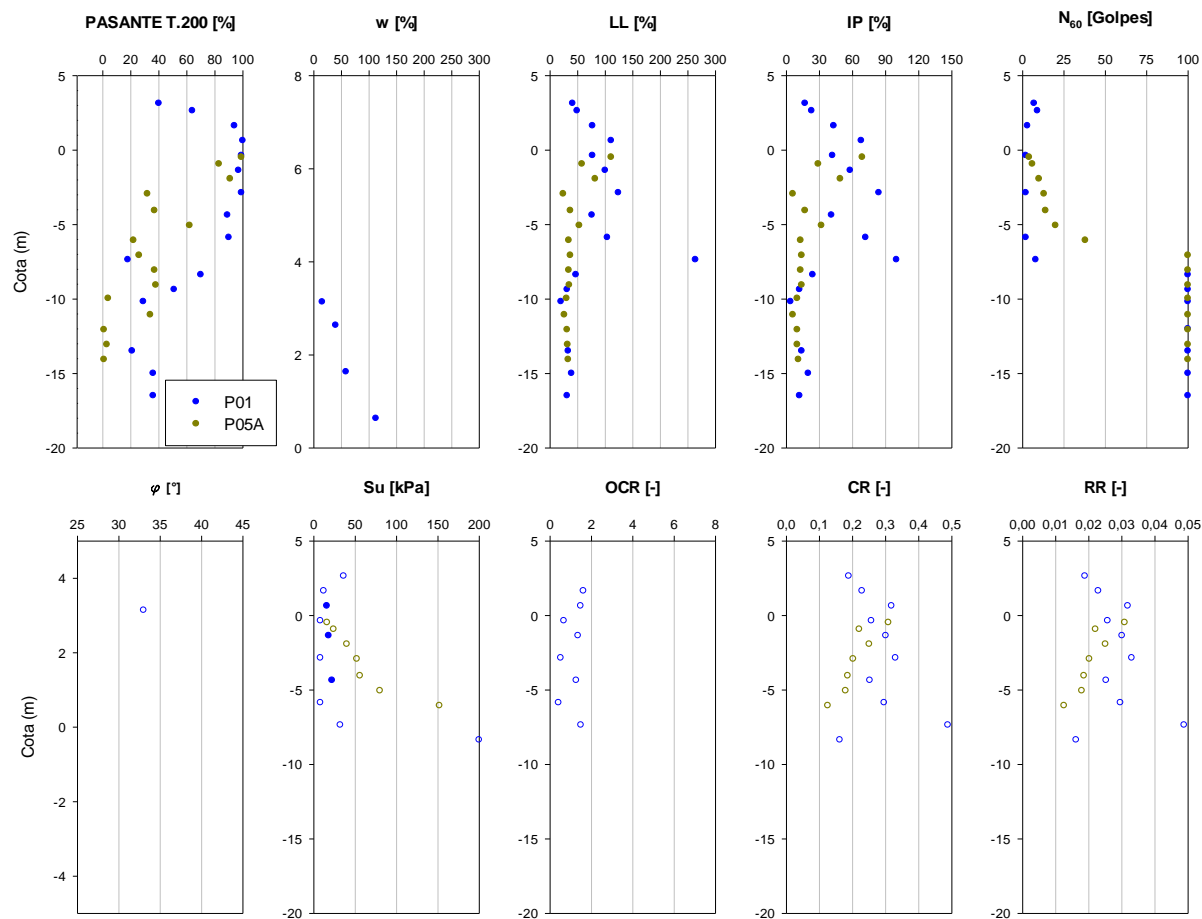
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



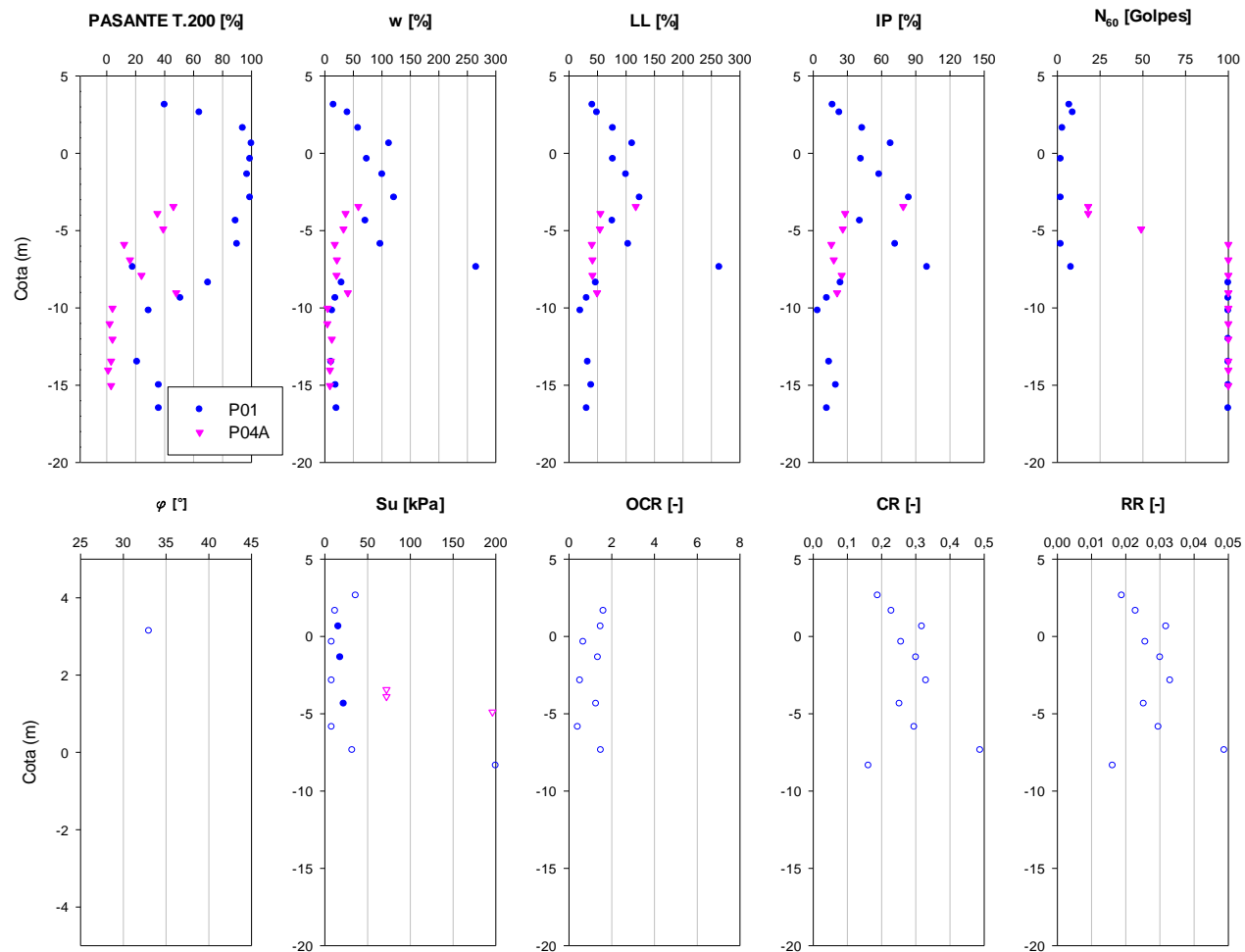
**Figura 38.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 1**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 39.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 2**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 40.- Caracterización estratigráfica correspondiente a las perforaciones realizadas en el Módulo 3**

**Fuente: Elaboración propia**



**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

## **7. EVALUACIÓN DEL TIPO DE CIMENTACIÓN A EMPLEAR PARA LOSA DEL MALECON**

De acuerdo con el prediseño estructural por cada apoyo se construirá un pilote, por lo que se partió con la cuantificación de estos elementos, identificando espacialmente en el plano (longitud de pilotes) con colores cada pilote e identificando su longitud, en el archivo de Excel (cantidad de pilotes) se detalla la cuantificación de los metros lineales de pilote por cada módulo tanto para agua como para tierra. Estos datos fueron empleados para obtener los costos y tiempos aproximados de cada alternativa de cimentación y de esta manera identificar su impacto, ya que se pudo confirmar que cualquier alternativa de pilote (hincado, prebarrenado, etc.) satisface los estados límite de falla ver cálculo de capacidad de carga.

### **7.1 FASE I**

Una vez obtenidas las cantidades se resumió la información (archivo de Excel Anexo de ponderaciones), en este resumen se presentan 3 alternativas de cimentación y 4 escenarios geotécnicos, como se muestra a continuación a manera de ejemplo.

<b>ESCENARIO GEOTECNICO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Escenario 1	Componente Tierra con profundidad de rechazo relativamente uniforme, módulos 6, 7, 8, 9, 10
Escenario 2	Componente en Agua con profundidad de rechazo relativamente uniforme, módulos 6, 7, 8, 9, 10
Escenario 3	Componente Tierra con profundidad de rechazo superficial o significativamente variable, módulos 4 y 5
Escenario 4	Componente en Agua con profundidad de rechazo superficial o significativamente variable, módulos 4 y 5

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

MATRIZ COMPARATIVA DE ANALISIS DE TIPO DE CIMENTACIONES PARA EL ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO DEL MALECON LA AURORA - COMPONENTE EN AGUA - PROFUNDIDAD DE RECHAZO RELATIVAMENTE UNIFORME -												
Tipo de pilotes	SECCION / DIAMETRO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	Proceso constructivo	Número de Pilotes	Longitud de pilotes	Metros lineales de pilotes	Metros lineales de desperdicio	Tiempo construcción	Costo Estimado Cotización 1	Costo Estimado Cotización 2	Costo Estimado Cotización 3
Pilotes prebarrenados	0.60	Se puede en obra liquidar según los metros ejecutables	Mayor cantidad costo	Barrenar hasta la cota del pilote	354	Entre 16.50 y 26.50	6870	No existiría, solo es exceso de hormigon en el vaciado por ser fundido en sitio	1 frente de trabajo 354 días + 10 días obras previas	\$ 618,300.00		Costo barrenado incluye polímero \$90.0
		Cumple con la capacidad de carga	Mayor tiempo de construcción	Hormigonar hasta la profundidad deseada con 25% de desperdicio						\$ 371,493.81		Costo de hormigón f'c=350 kg/cm2
		Fabricación in situ / No necesita elementos adicionales de fabricación ni transporte	Hormigon no puede ser inspeccionado después del fundido del elemento	Acero						\$ 914,894.55		Costo del Kg acero de refuerzo \$2.00
		Elementos no sufren daños por motivos del accionar mecánico del golpe por medios mecánicos para su instalación a la cota de diseño	Velocidad de perforación depende mucho del estrato a perforar, teniendo en cuenta los daños mecánicos por presencia de elementos no propios del tipo de suelo (raíces profundas, rellenos no determinados en los sondeos exploratorios)	Canisa metálica no recuperable (8 mm)						\$ 1,626,479.21		Costo del Kg acero \$2.00
		Si la canisa metálica es perdida, se garantiza que las paredes del pilote es homogéneo	Pruebas en sitio para verificar dosificación de hormigon durante el vaciado	Desalzo de material de prebarrenado						\$ 72,841.92		Distancia de acarreo hasta 10 km costo \$3.00 m3-km
		Los pilotes no sufren de daños estructurales por el transporte	Cuando se realiza en agua hay costos adicionales por el proceso constructivo que deben ser contemplados en el estudio y presupuesto referencial	Pruebas de integridad del pilote						\$ 148,680.00		Cada prueba a \$300.00 tubo 1 1/2 \$3.00, pruebas al 100% de los pilotes
				Pruebas PDA						\$ 191,160.00		Cada prueba a \$1800.0, pruebas al 30% de los pilotes
				Movilización de equipos incluye barcaza, bote, remolcador y construcción de obra falsa						\$ 2,088,600.00		2 barcasas \$1000 c/u ; 1 barcaza pequeña \$500 ; 1 remolcador \$1000 c/u ; \$400.00 obra falsa x pilote ; \$500 personal el día ; \$500 insumos diarios
										\$ 6,032,449.49		
Pilotes prefabricados hincados	40X40	Mayor capacidad de carga	No es posible determinar una cota de punta del pilote	Prefabricados desde planta	354	Entre 16.50 y 26.50	6870	15%	rendimiento 4 pilotes diarios 90 días + 10 días obras previas	\$ 1,264,080.00	\$ 1,027,065.00	Cotización 1 a \$160.0 ml y cotización 2 a \$130 ml
		Control de resistencia de elemento por función en planta	En el transporte los pilotes pueden sufrir daños en su transporte y manipulación hacia el lugar de la obra, por tener procesos contractuales por diferencia de cantidades incluso problemas de calidad	Transporte de elemento prefabricado de planta a obra								
		Menor tiempo de construcción		Hincados en sitio						\$ 191,160.00	\$ 191,160.00	Cada prueba a \$1800.0, pruebas al 30% de los pilotes
				Pruebas PDA						\$ 741,600.00		2 barcasas \$1000 c/u ; 1 remolcador \$1000 c/u ; \$400.00 obra falsa x pilote ; \$500 personal el día por frente de trabajo ; \$500 insumos diarios
				Movilización de equipos incluye barcaza, bote, remolcador y construcción de obra falsa						\$ 2,196,840.00		
Pilotes tubulares hincados	0.60	Menor tiempo de construcción	Menor capacidad de carga	hincado en sitio	354	Entre 16.50 y 26.50	6870	5%	1 frente 354 días + 10 días obras previas	\$ 618,300.00		Costo hincado \$90.0
		Se pueden cortar dependiendo de la zona	No es posible determinar una cota de punta del pilote	Sección ejecutada en planta 16 mm de espesor						\$ 3,415,606.33	-	Costo del Kg acero \$2.00
				Movilización de equipos incluye barcaza, bote, remolcador y construcción de obra falsa						\$ 2,265,600.00		3 barcasas \$1000 c/u ; 1 remolcador \$1000 c/u ; \$400.00 obra falsa x pilote ; \$500 personal el día por frente de trabajo ; \$500 insumos diarios
										\$ 6,299,506.33	-	

Con esta visión general de cada alternativa tanto técnica como económica, ventajas, desventajas, proceso constructivo, costo del proyecto, tiempos estimados y considerando que el terreno tiene una estratigrafía muy errática, se procedió a generar una matriz de evaluación utilizando la escala de Likert (ver archivo matriz de evaluación), siendo las variables consideradas las detalladas a continuación:

#	Variables a considerar	Ponderación
1	Capacidad de carga axial	5.00%
2	Capacidad de carga lateral	5.00%
3	Tiempo de construcción	25.00%
4	Costo	30.00%
5	Desperdicio	20.00%
6	Problemas contractuales	15.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>

## **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

Como se muestra en la última tabla el mayor peso (ponderación) ha sido considerado para las variables de costo y el tiempo de construcción, esto se debe a que el valor final de la solución de cimentación representa un porcentaje importante del costo total del proyecto y el mismo resultará importante para concretar la construcción de la obra.

Por su parte el tiempo de construcción también resulta muy relevante ya que el mismo incide de forma directa en el periodo de retorno de la inversión realizada. El poder contar cuanto antes con el proyecto concluido permitirá generar recursos económicos asociados al comercio directo al interior del malecón, generará plazas de empleo directo e indirecto, mejorará la plusvalía del sector, fomentará el turismo y mejorará la calidad de vida de los vecinos.

Las otras variables que se consideran relevantes son: el desperdicio que se generará en la instalación de los pilotes y los problemas contractuales que se puedan presentar al momento de la construcción debido a la gran erraticidad del suelo. El desperdicio resulta muy importante ya que además de repercutir en pérdidas económicas retrasa la planificación y extiende el plazo considerado para la construcción del proyecto. Así también, los problemas contractuales asociados a metros lineales de pilotes que se deberían pagar (por ejemplo el caso de elementos integrales como pilotes hincados) a pesar de no haber sido instalados completamente porque el terreno impidió esta tarea resulta relevante en aspectos legales y administrativos frente a la fiscalización de entidades gubernamentales encargadas de corroborar el fiel cumplimiento de las obras llevadas a cabo haciendo uso de fondos públicos asignados a los municipios.

Los aspectos técnicos asociados a la capacidad de carga axial y lateral de los pilotes han recibido una baja ponderación con relación a las variables antes mencionadas debido a que el número de pilotes por apoyo considerando las diferentes alternativas de cimentación es prácticamente el mismo frente a las descargas transmitidas.

Para las puntuaciones se empleó una escala de 5 niveles que es lo más usado para cada variable (ítem) cuando se emplea la escala de Likert.

Se discretizó considerando para las variables 1 y 2 una misma escala de puntuación ya que ambas comprenden a la evaluación del estado límite de falla de la cimentación siendo. La valoración de 5 puntos se adoptó para definir que la variable resulta muy importante, 3 puntos se consideraron para una relevancia moderada y 1 punto para cuando la variable merece poca atención.

Independientemente del tipo de cimentación profunda la revisión del estado de límite de falla se centra en la verificación del comportamiento axial del pilote y este se complementa con la revisión de la capacidad lateral, de ahí las puntuaciones asignadas en el documento de Excel.

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

VARIABLES 1 y 2		
#	Importancia	Puntuación
1	Muy importante	5
2	Importante	4
3	Moderadamente importante	3
4	De poca importancia	2
5	Sin importancia	1

Al igual que para las dos variables anteriores, para la evaluación del tiempo de construcción y el costo (variables 3 y 4) se estableció una misma escala de puntuación también con valores de 1 a 5, pero a diferencia de las dos primeras variables en esta ocasión el que la alternativa entregue menores tiempos de construcción o sea más económica amerita una mayor valorización puesto que al final la alternativa seleccionada para cada escenario geotécnico corresponderá a la mejor puntuada. En contraposición, para una alternativa de cimentación profunda que requiere mucho tiempo para su construcción o es muy costosa se ha asignado la puntuación más baja del rango considerado y así por su parte, si el impacto es promedio (razonable o manejable) se adopta un valor central, con relación a la escala.

VARIABLES 3 y 4		
#	Impacto	Puntuación
1	Muy prolongado/muy costoso	1
2	Prolongado/Costoso	2
3	Razonable/manejable	3
4	Corto/económico	4
5	Muy corto/muy económico	5

Finalmente, para las variables de desperdicio y problemas contractuales se dispuso también de una escala con 5 niveles, pero adoptando un rango negativo para una visualización de que dicha puntuación es desfavorable para determinada alternativa de cimentación. Es importante destacar que la adopción del rango con valores negativos para las dos últimas variables no altera la conclusión de la toma de decisión que selecciona a la alternativa de cimentación que más puntúa ante determinado escenario geotécnico.

La puntuación de -2 se consideró en el caso de que el desperdicio o problemas contractuales seas altamente probables y de forma opuesta un valor de 2 se asignó en caso de existe una escasa probabilidad (o sean de magnitudes sin importancia, despreciables) de que estos se produzcan.

VARIABLES 5 y 6		
#	Importancia	Puntuación
1	Muy probable	-2
2	Probable	-1
3	Poco probable	0
4	De poca importancia	1
5	Sin importancia	2

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

Como resultado de la evaluación se presenta en la siguiente tabla la alternativa seleccionada para cada condición y los módulos en los que esta aplica.

ESCENARIO GEOTECNICO	DESCRIPCION	ALTERNATIVA SELECCIONADA	MODULOS A LOS QUE APLICA	UBICACIÓN DEL MÓDULO
Escenario 1	Componente Tierra con profundidad de rechazo relativamente uniforme.	<u>Pilotes de Hormigón Prefabricado Hincados</u>	Módulos 6, 7, 8, 9, y 10	Tierra
Escenario 2	Componente en Agua con profundidad de rechazo relativamente uniforme.	<u>Pilotes de Hormigón Prefabricado Hincados</u>	Módulos 6, 7, 8, 9, y 10	Agua
Escenario 3	Componente Tierra con profundidad de rechazo superficial o significativamente variable.	<u>Pilotes de Hormigón Prefabricado Hincados</u>	Módulos 4 y 5	Tierra
Escenario 4	Componente en Agua con profundidad de rechazo superficial o significativamente variable.	<u>Pilotes de Acero Tubulares Hincados</u>	Módulos 4 y 5	Agua

## 7.2 FASE II

Debido a que no se pudo realizar la exploración geotécnica planificada en el sector de los módulos 1 al 3 que corresponden a la Fase 2, se tiene un alto grado de incertidumbre en la definición de la profundidad a la que se ubica del estrato resistente por lo cual se ha adoptado una posición conservadora en dicha zona y se recomienda utilizar pilotes de tipo prebarrenado.

## 8. ANALISIS DE LOS ESTADOS LIMITES DE FALLA Y SERVICIO DE LAS CIMENTACIONES

### 8.1 CIMENTACIONES PROFUNDAS

El malecón de la Aurora consiste en una serie de estructuras, que conforman plataformas sustentadas por pilotes, cuya función fundamental es transmitir los esfuerzos al suelo y a la vez constituyen el principal mecanismo de rigidez lateral del sistema. La característica principal de este tipo de estructura consiste en que la altura libre de los pilotes varía en

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

función de la batimetría, por lo tanto, aquellos pilotes más próximos al río presentarán una condición crítica tanto desde el punto de vista de capacidad portante como de estabilidad lateral.

Una vez que se realizó la selección del tipo de pilotes de acuerdo con la matriz de decisiones y debido a la gran erradicidad del suelo, se decidió evaluar la capacidad de carga de los pilotes por módulo, es decir que la longitud de los pilotes es variable como se muestra en las Tabla 9 y Tabla 10.

**Tabla 9. Tipos de pilotes analizados.**  
Fuente: Elaboración propia

FASE	MÓDULO	Comp. Agua	Comp. Tierra
FASE I	4	Acero Tubular $\phi$ 60 cm	Hormigón prefabricado 40x40
	5	Acero Tubular $\phi$ 60 cm	Hormigón prefabricado 40x40
	6	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
	7	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
	8	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
	9	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
	10	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
FASE II	1.a	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm
	1	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm
	2	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm
	3	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm

**Tabla 10. Longitud de pilotes analizados.**  
Fuente: Elaboración propia

**LONGITUD DE PILOTES (m)**

FASE	MÓDULO	Comp. Tierra		Comp. Agua	
		Hormigón prefabricado	Acero Tubular	Hormigón prefabricado	Acero Tubular
FASE I	4	9.50	-		15.50
	5	18.50	-		12.5, 19.50
	6	17.00		17.00	



**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

	7	20.50		18.50	
	8	20.50		18.50	
	9	22.50; 24.5		26.50	
	10	23.50		23.50	

FASE	MÓDULO	H.A. Prebarrenado Tierra	H.A. Prebarrenado Agua
FASE II	1.a	15.5	
	1	15.5	16.5
	2	15.5	16.5
	3	15.5	16.50; 19.50

Para el cálculo de capacidad de carga de un pilote se emplea la siguiente formula

$$Q_{ult} = Q_s + Q_t$$

Donde

$Q_{ult}$ : Capacidad de carga última

$Q_s$ : Capacidad por fuste

$Q_t$ : Capacidad por punta

La capacidad de carga admisible se obtiene dividiendo la capacidad por punta y la capacidad por fuste para el factor de seguridad que se considere en este caso se empleará un factor de 2.5.

$$Q_{adm} = \frac{Q_s}{FS_s} + \frac{Q_t}{FS_t}$$

Siendo,

$Q_{adm}$ : Capacidad de carga admisible

$FS_s$ : Factor de seguridad para fuste

$FS_t$ : Factor de seguridad para punta

Para la estimación de la capacidad axial de los pilotes para pilotes hincados prefabricados se aplicó la metodología de análisis propuesta por USACE (US Army Corps of Engineers) implementada en el software APILE con la finalidad de estimar la capacidad por fuste y por punta de pilotes de 0.40x0.40m para los pilotes prebarrenados, se utilizó el software SHAFT, de ENSOFT. Dicho programa utiliza los métodos de capacidad carga aprobados por FHWA en su manual de diseño de pilotes prebarrenados donde esencialmente adopta el método alfa para la estimación de capacidad por fuste en arcillas, y el método beta para

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

la capacidad por fuste en arenas.

La cota de punta de punta para los pilotes se estableció acorde al análisis por estabilidad lateral presentado en el informe análisis de respuesta de sitio, y se realizaron análisis de capacidad portante para cada zona tanto para pilotes en tierra (altura libre igual a 0), como para pilotes en agua (mayor altura libre, y por lo tanto la menor longitud enterrada).

Para cada módulo se estimó la capacidad portante se utilizaron los factores de seguridad mínimos recomendados por NEC 15, igual a 2.5 en condición estática y 1.50 en condición pseudo estática.

A continuación, se detallan las propiedades de los geomateriales utilizados para cada módulo.

MODULO 4				
TIERRA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	3.0	Arena arcillosa		32
3.0	8.0	Arcilla gris verdosa	30	
8.0	15.0	Arena		41

MODULO 4				
AGUA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	3.0	Arcilla	30	
3.0	4.3	Arena		41
4.3	25.0	Arena		42

MODULO 5				
TIERRA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	5.0	Arcilla	50	
5.0	15.0	Arcilla	100	
15.0	25.0	Arena		41

MODULO 5				
AGUA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

0.0	5.0	Arcilla	35	
5.0	10.0	Arena		41
10.0	15.0	Arena		42

MODULO 6				
AGUA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	7.5	Arcilla gris verdosa	30	
7.5	11.0	Arena		36
11.0	25.0	Arena		41

MODULO 6				
TIERRA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	3.0	Grava		32
3.0	10.0	Arcilla	30	
10.0	15.0	Arena		36
15.0	25.0	Arena		41

MODULO 7				
AGUA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	8.0	Arcilla gris verdosa	60	
8.0	25.0	Arena		41

MODULO 7				
TIERRA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	15.5	Arcilla gris verdosa	40	
8.0	25.0	Arena		41

MODULO 8				
AGUA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	12.5	Arcilla gris verdosa	40	
12.5	15.5	Arena		36

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

15.5	25.0	Arena		41
------	------	-------	--	----

MODULO 8				
TIERRA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	18.5	Arcilla gris verdosa	40	
15.5	25.0	Arena		41

MODULO 9				
TIERRA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	22.0	Arcilla gris verdosa	45	
22.0	30.0	Arena		41

MODULO 9				
AGUA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	14.0	Arcilla gris verdosa	62	
14.0	25.0	Arena		41

MODULO 10				
AGUA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	17.0	Arcilla gris verdosa	60	
14.0	25.0	Arena		41

MODULO 10				
TIERRA				
Desde (m)	Hasta (m)	Material	S <sub>u</sub> (kPa)	(φ)°
0.0	22.0	Arcilla gris verdosa	40	
22.0	25.0	Arena		41

Los resultados de los análisis obtenidos se detallan las capacidades para los módulos de la Fase I a continuación:

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA”**

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		PARTE AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	26.50	88	76	164	66	109	35	59
	10	-	-	-	-	-	-	-	-

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		PARTE AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	6	17.00	64	105	169	68	113	26	43
	7	18.50	72	108	180	72	120	29	48
	8	18.50	86	82	168	67	112	34	57
	9	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	23.50	109	90	199	80	133	44	73

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		PARTE TIERRA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	6	17.00	75	101	176	70	117	30	50
	7	20.50	88	75	163	65	109	35	59
	8	20.50	108	90	198	79	132	43	72
	9	22.50; 24.5	121	90	211	84	141	48	81
	10	23.50	124	90	214	86	143	50	83

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN TIERRA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	4	9.5	32	105	137	55	91	13	21

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN TIERRA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	18.5	161	69	230	92	153	64	107

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	19.5	70	67	137	55	91	47	47
	5	12.5	73	63	136	54	91	29	49

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA"**

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	4	15.5	69	65	134	54	89	28	46
	5	-	-	-	-	-	-	-	-

Los resultados de los análisis obtenidos se detallan las capacidades para los módulos de la Fase II a continuación:

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN TIERRA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
2	1.a	15.5	81	81	162	54	108	27	54
	1	15.5	88	81	169	56	113	29	59
	2	15.5	88	81	169	56	113	29	59
	3	15.5	88	81	169	56	113	29	59

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
2	2	16.5	89	81	170	57	113	30	59
	3	16.5	73	81	154	51	103	24	49

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
2	3	19	119	81	200	67	133	40	79

## 9. HINCABILIDAD

Para determinar la profundidad de hincado de un pilote es importante tener en cuenta dos factores, la resistencia y su hincabilidad; el primer factor únicamente toma en cuenta la capacidad que se requiere conseguir a una cierta profundidad y el otro factor determina la cantidad de energía que se demanda para alcanzar una profundidad determinada. Es decir, necesariamente no siempre será posible alcanzar cierta capacidad axial ya que para alcanzarla se demandaría de una gran energía para llegar a la profundidad requerida.

Los análisis de hincabilidad de los pilotes se lo realizó con la ayuda del programa GRLWEAP, el cual utiliza la Ecuación de Onda Unidimensional (Wave Equation Analysis) que simula la respuesta de un pilote durante la hinca. Dicho software, predice el desempeño de distintos martillos durante la hinca y la relación entre la capacidad de carga axial de los pilotes y el número de golpes neto requerido. Para los análisis se consideró lo siguiente:

Los datos de entrada considerados en el análisis de GRLWEAP son:

- Dimensiones de la sección transversal del pilote.



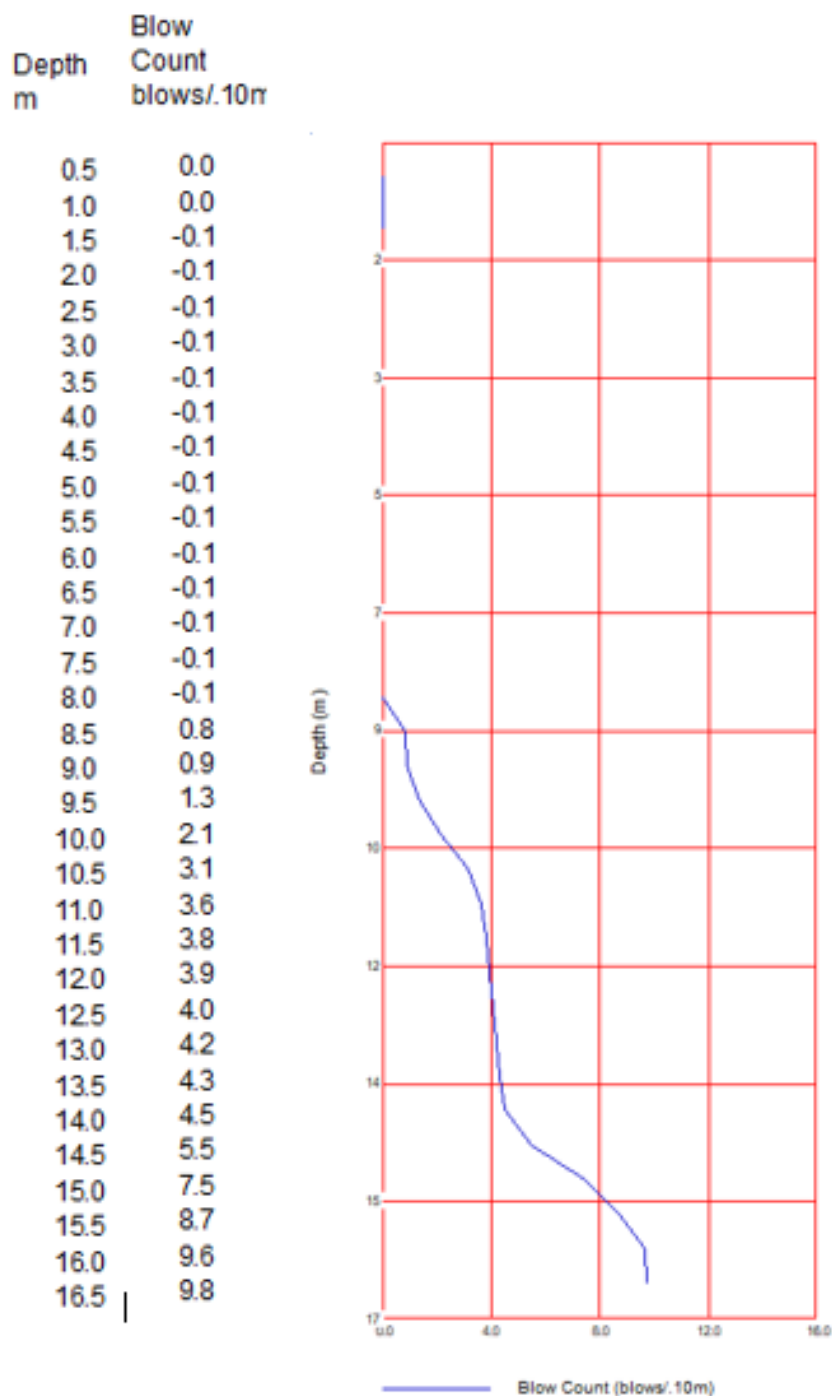
### **“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

- Hormigón de resistencia a la compresión  $f'_c = 420 \text{ kg/cm}^2$  para los pilotes.
- Martillo DELMAG D62-22, configuración en Setting 3, 40 golpes por minuto, comúnmente usados en proyectos de pilotaje en el medio.
- Tipo de “cushion” del martillo, es el especificado por el fabricante y el “cushion” del pilote, madera tipo plywood de 15 cm de espesor.

Por lo tanto, de los análisis de hincabilidad realizados se obtuvieron dos resultados principales: cálculo de capacidad de carga axial (dividida en capacidad por fuste, punta y capacidad ultima), y la variación con la profundidad del número de golpes requerido por cada 10 cm, donde se estima que el criterio de hinca (número de golpes a partir no es eficiente continuar) es 30 golpes cada 10 cm, para el martillo evaluado.

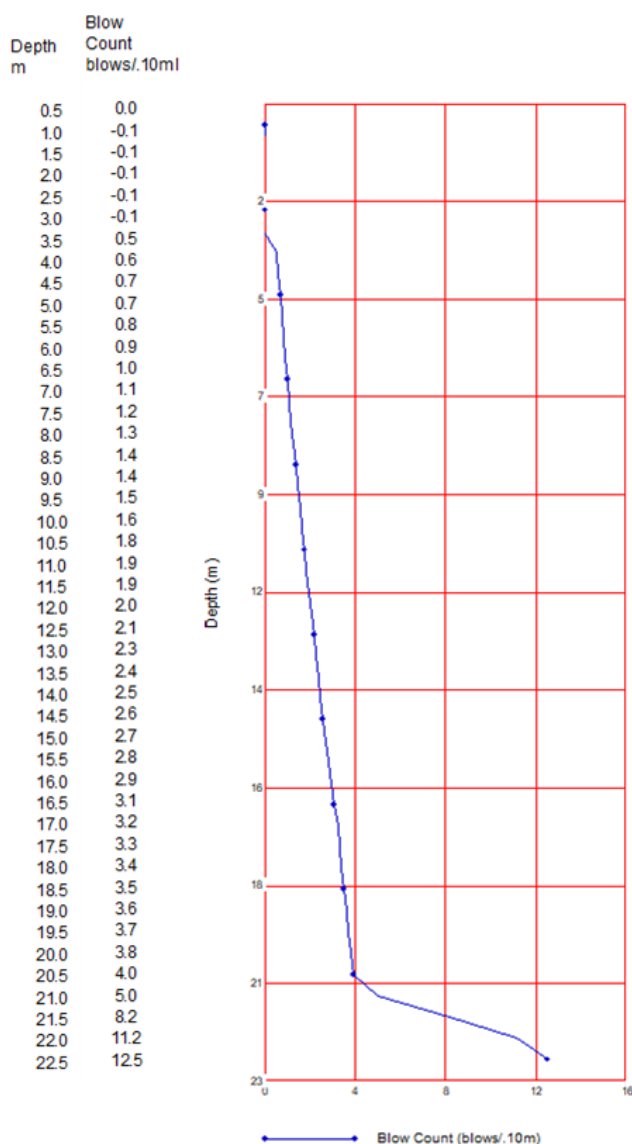
Es importante mencionar que NEC-SE-GC (2015), en el capítulo 6.5, se recomienda, “previo a la hinca de pilotes, realizar un análisis de hincabilidad siguiendo los procedimientos del PDCA (Pile Driving Contractors Association) (2001)”, el cual puntualiza que para casos en donde el comportamiento del pilote es analizado mediante un estudio de suelo y la resistencia última se la determina mediante el método de Ecuación de Onda Unidimensional (Wave Equation Analysis), el factor de seguridad recomendado puede reducirse a 2.5 para la condición estática. Por lo tanto, Por lo tanto, de los análisis de hincabilidad realizados la variación con la profundidad del número de golpes requerido por cada 10 cm, para el martillo evaluado, y nos permite reducir el factor de seguridad utilizado para la estimación de capacidades admisibles. A continuación, se presentan los resultados del análisis de hincabilidad para pilotes módulo 6 y módulo 9 en tierra.

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**



**Figura 41.- Resultados análisis de hincabilidad pilotes de 40x40 cm hincados Modulo 6 en tierra**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

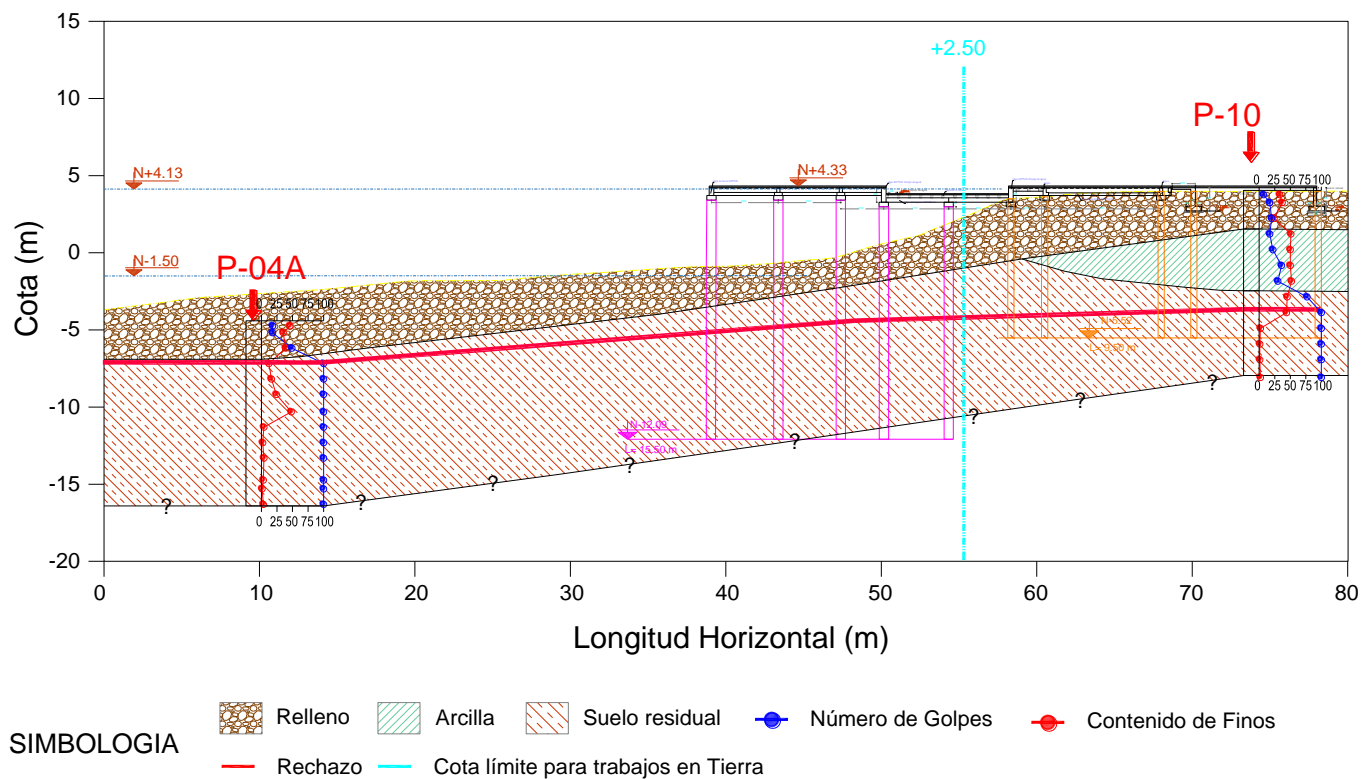


**Figura 42.- Resultados análisis de hincabilidad pilotes de 40x40 cm hincados Modulo 9 en tierra**  
**Fuente: Elaboración propia**

## 10. IMPLANTACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN PROPUESTA

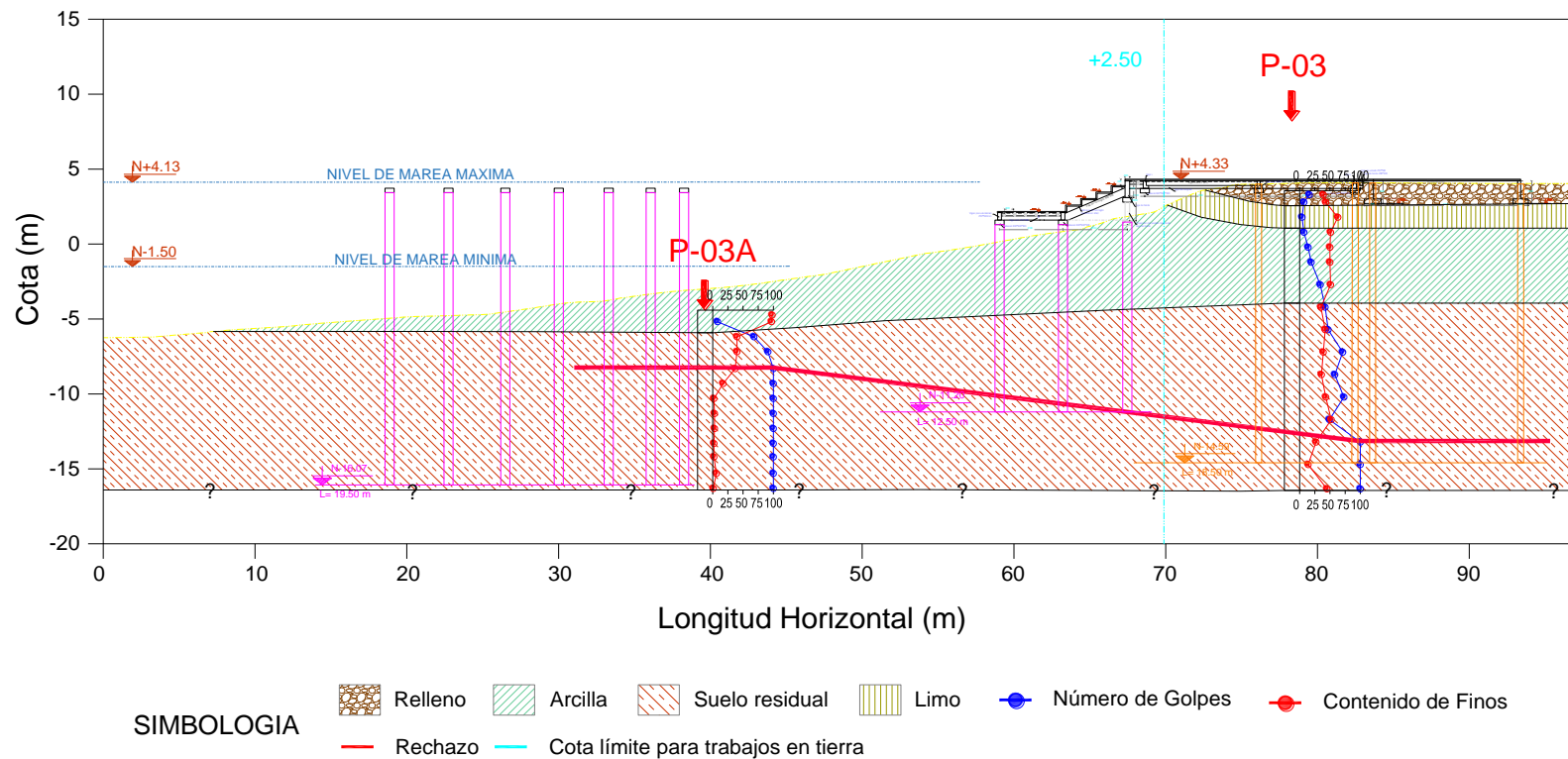
A continuación en la Figura 43 a Figura 53, se presentan los pilotes en la estratigrafía correspondiente, con la finalidad de visualizar la solución de cimentación profunda para cada módulo.

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



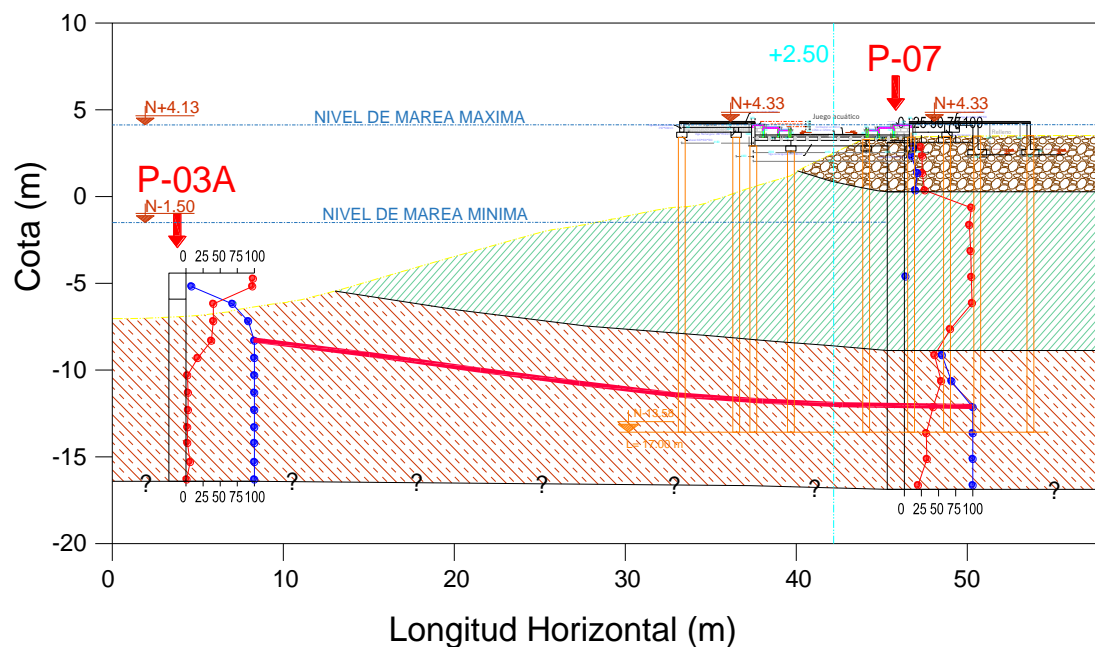
**Figura 43.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 4**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 44.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 5**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



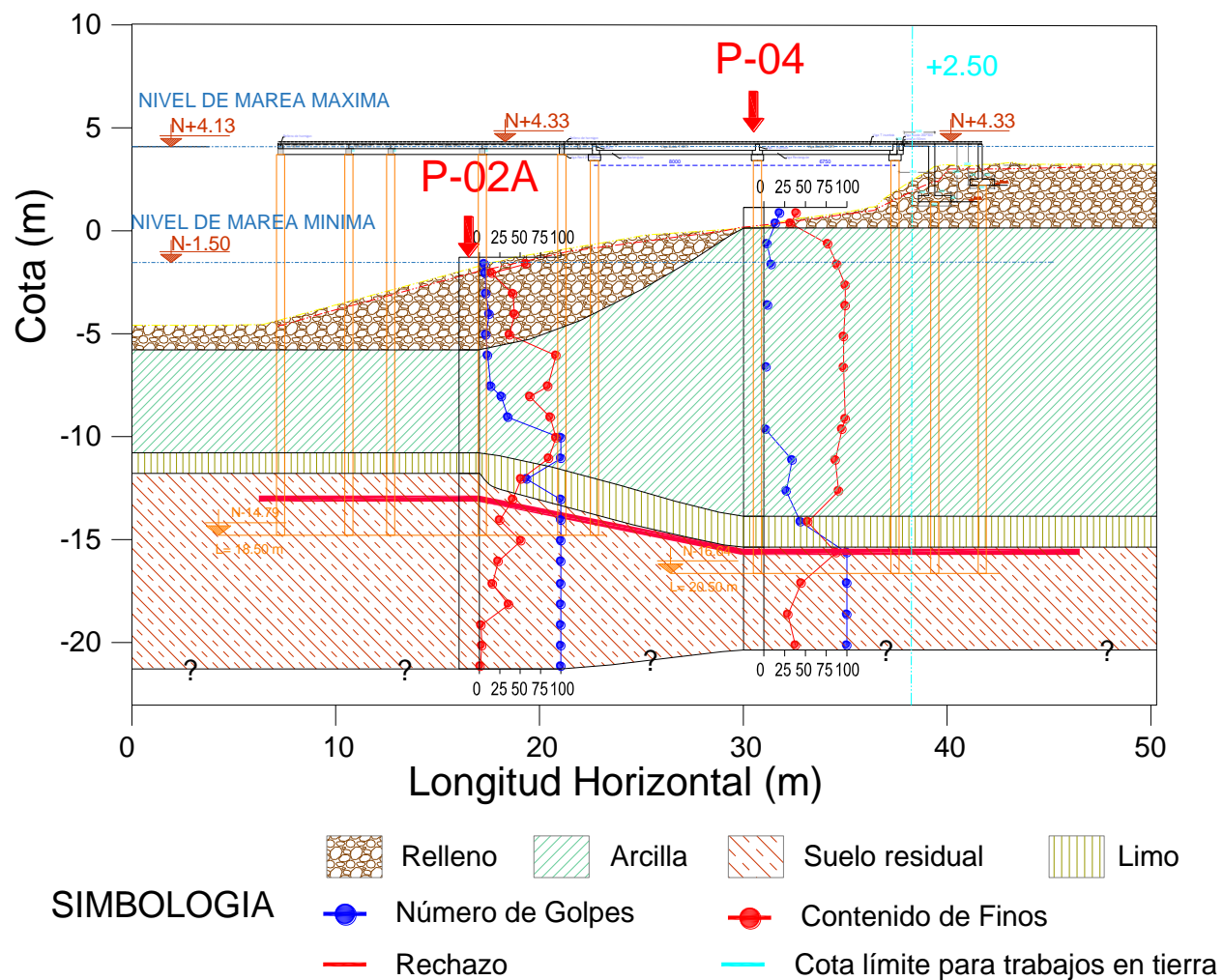
**SIMBOLOGIA**

Relleno	Arcilla	Suelo residual	Número de Golpes	Contenido de Finos
Rechazo	Cota límite para trabajos en tierra			

**Figura 45.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 6**  
**Fuente: Elaboración propia**

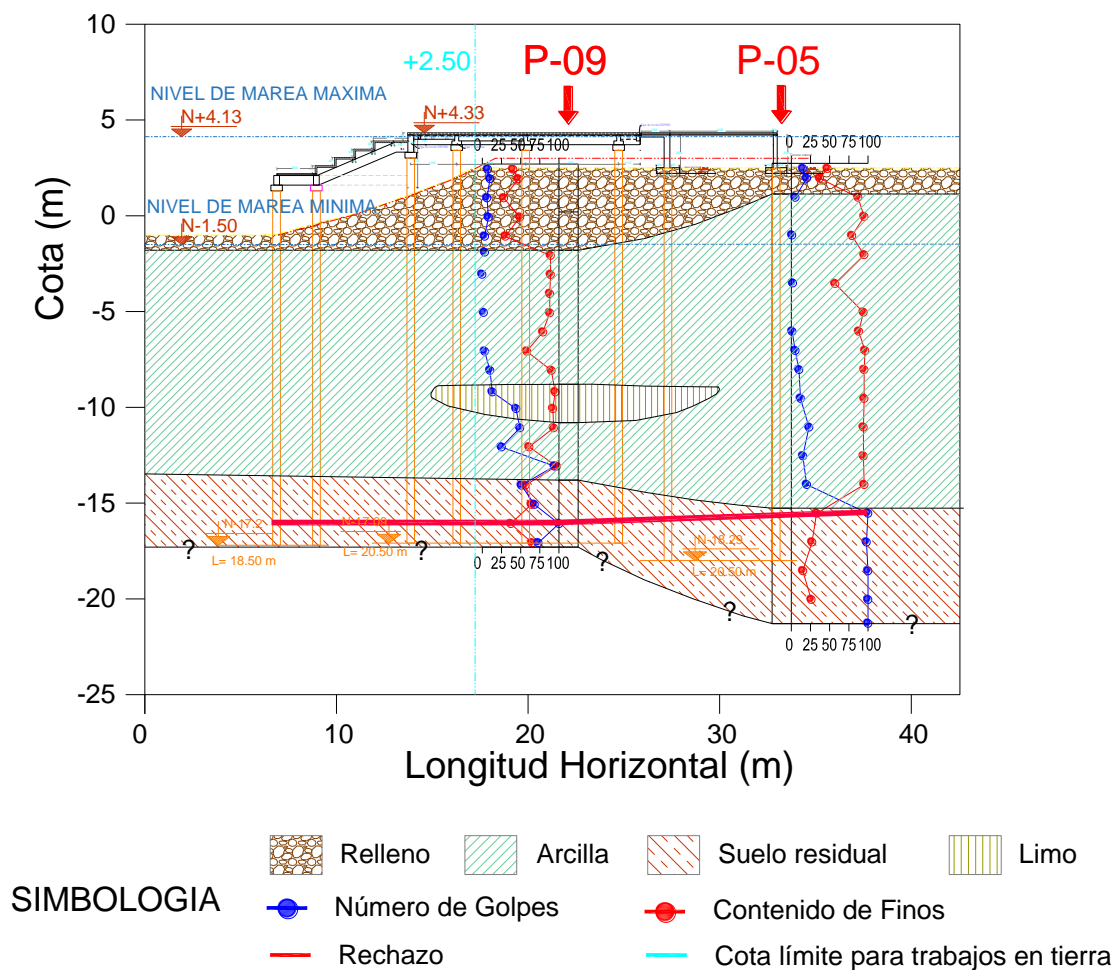


**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



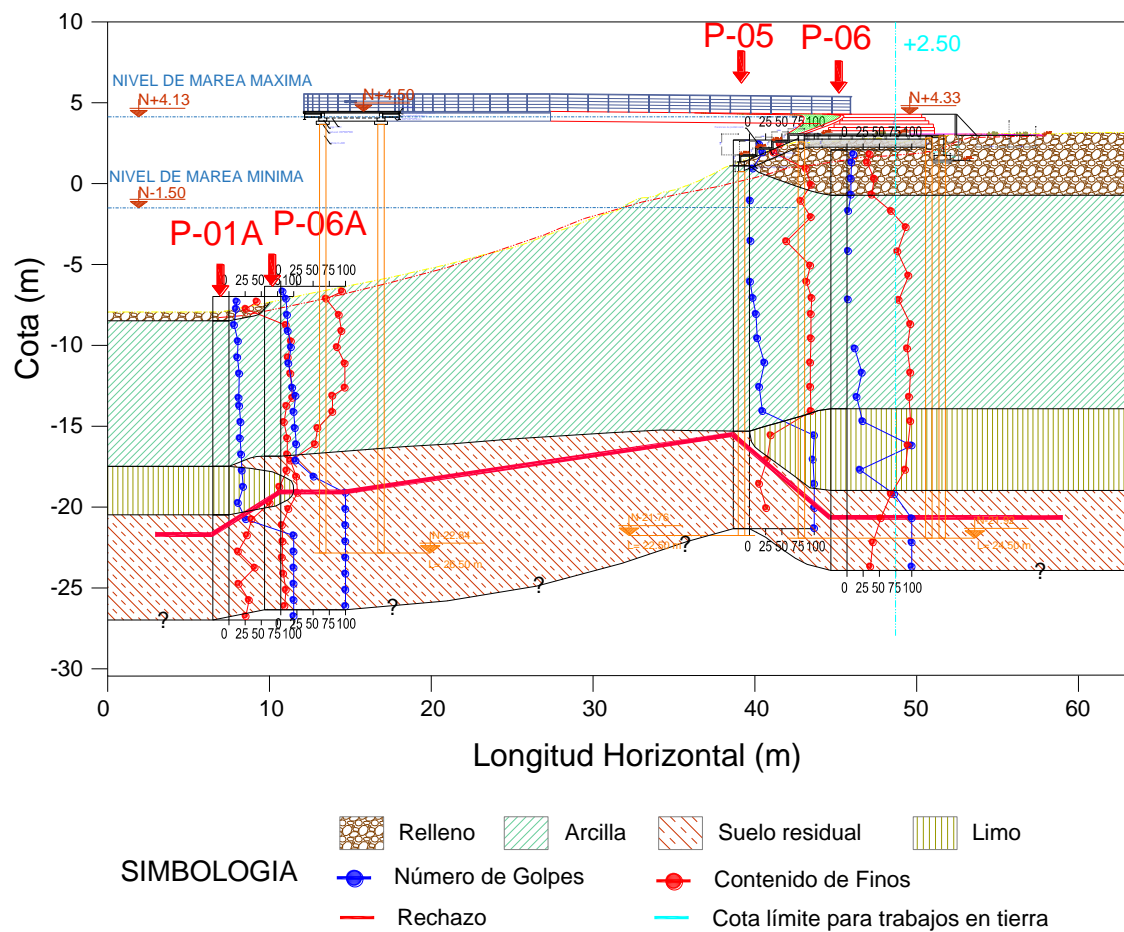
**Figura 46.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 7**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



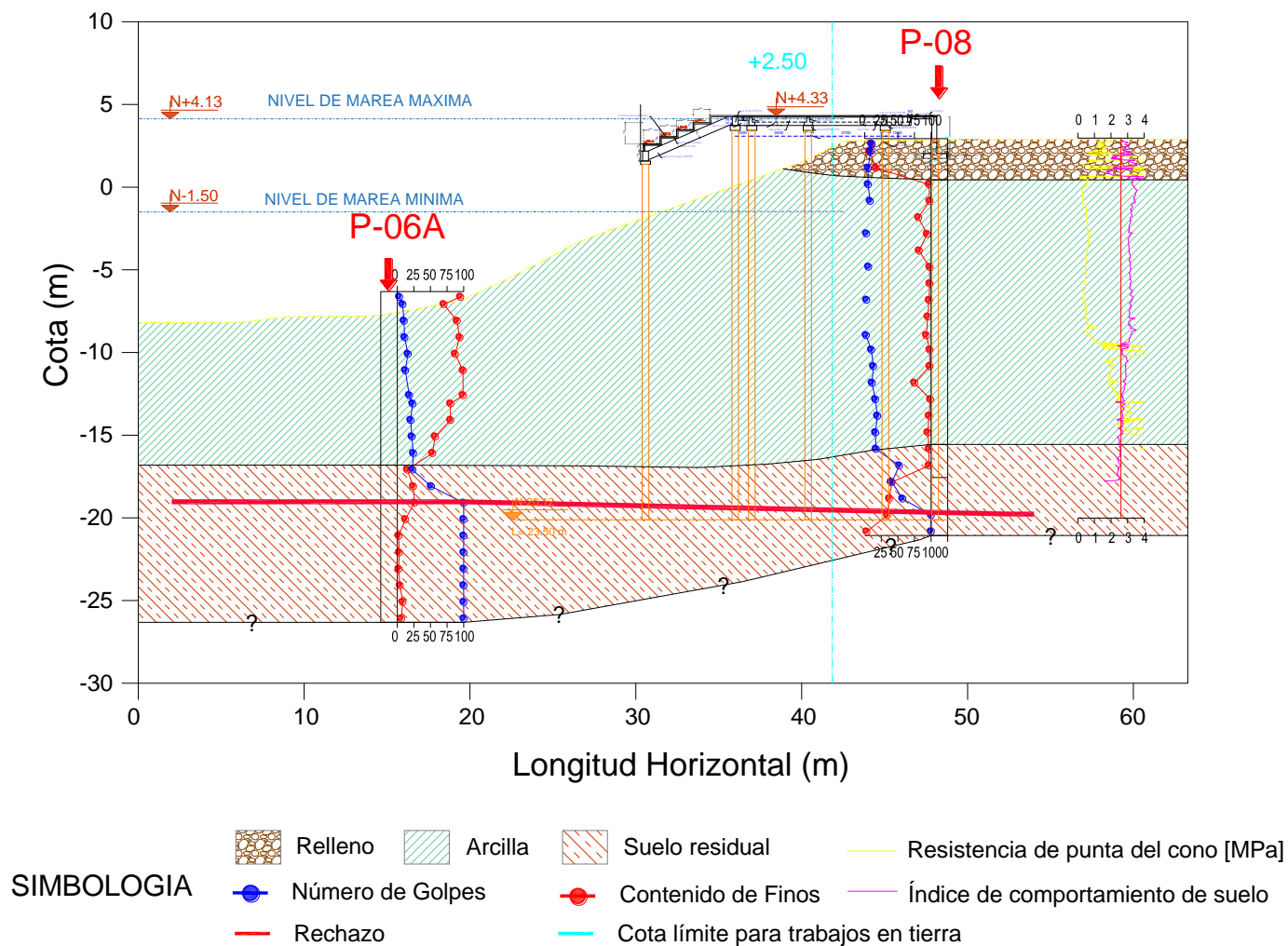
**Figura 47.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 8**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



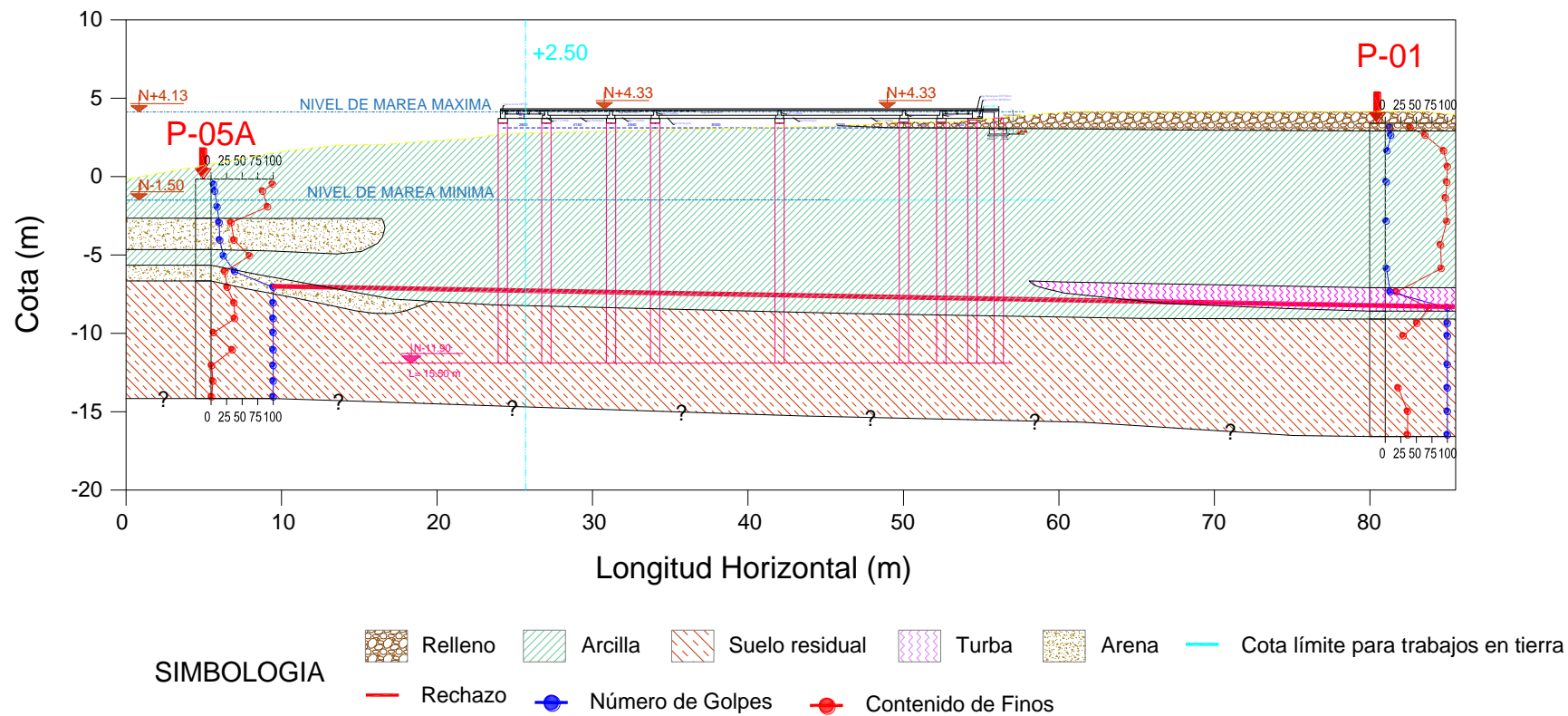
**Figura 48.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 9**  
**Fuente: Elaboración propia**

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



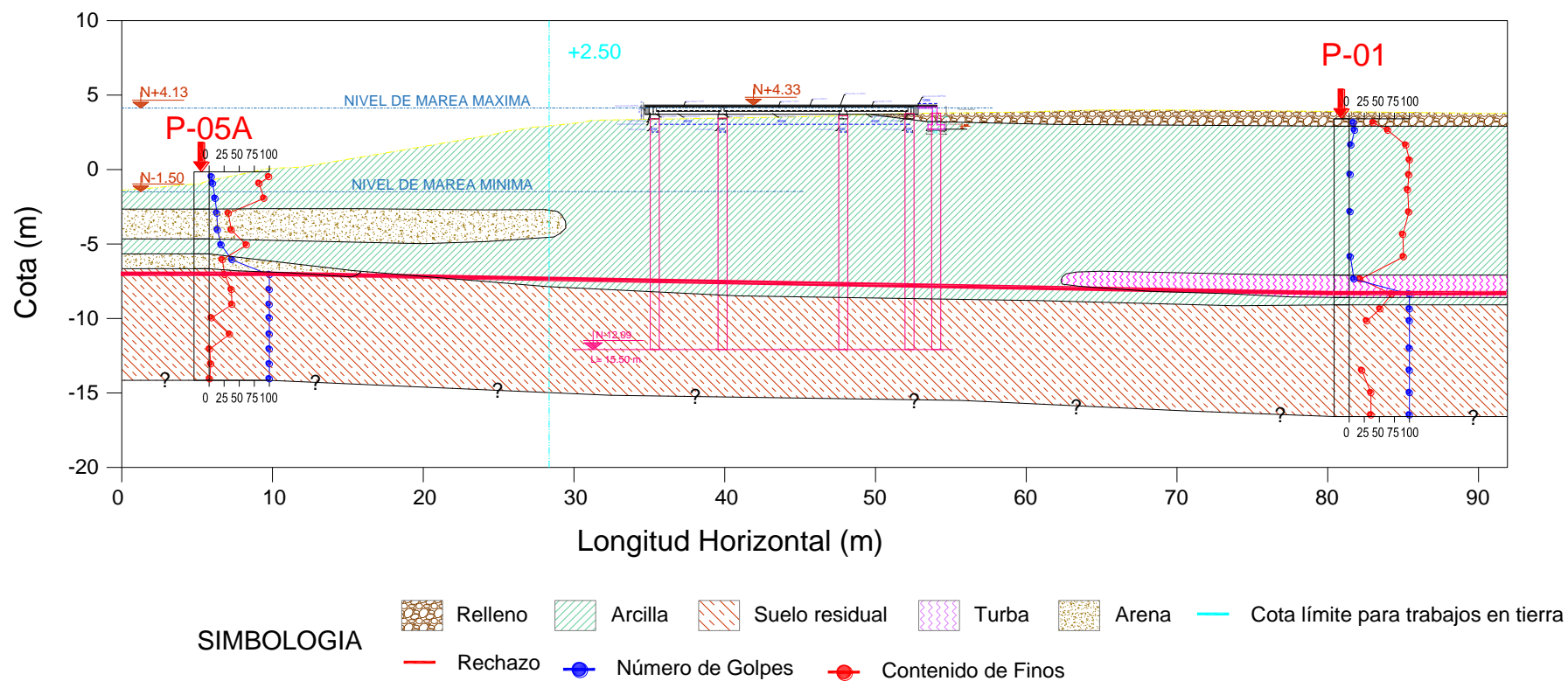
**Figura 49.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 10**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



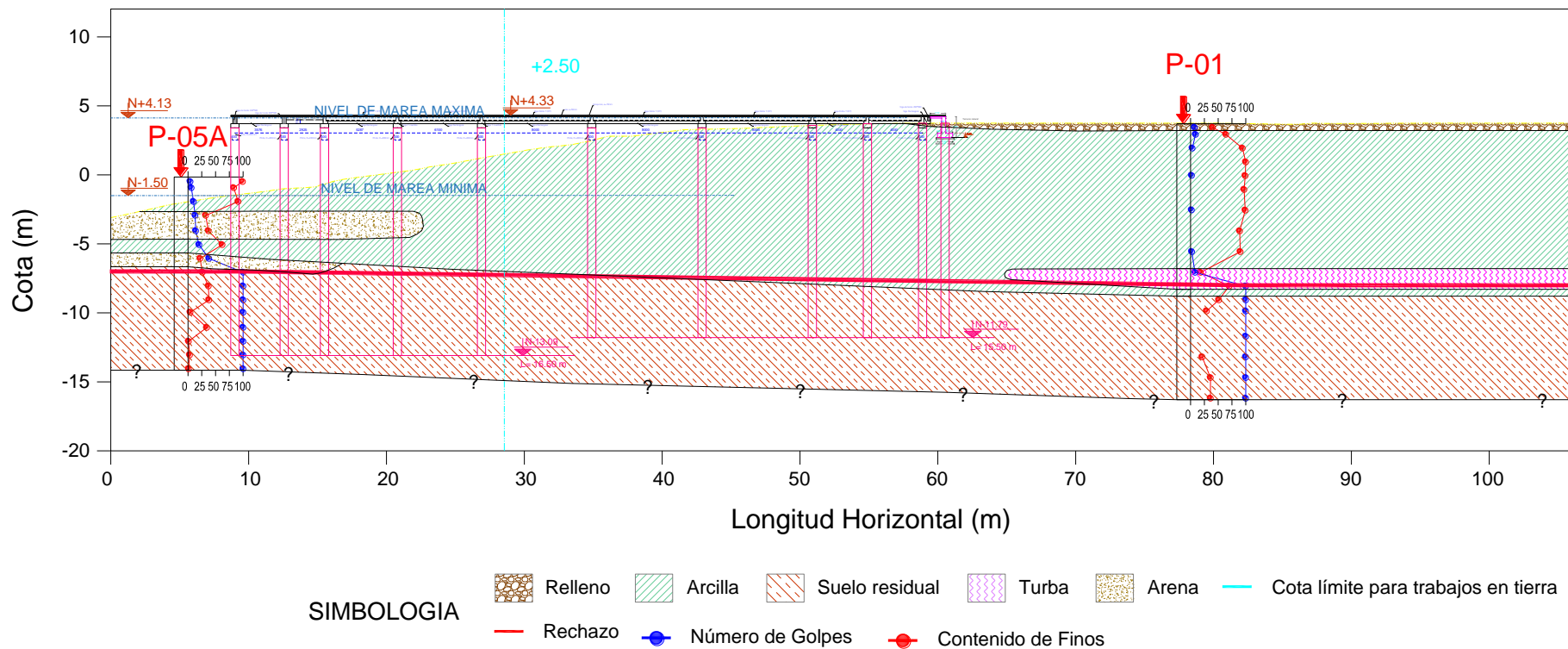
**Figura 50.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 1ª**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 51.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 1**  
**Fuente: Elaboración propia**

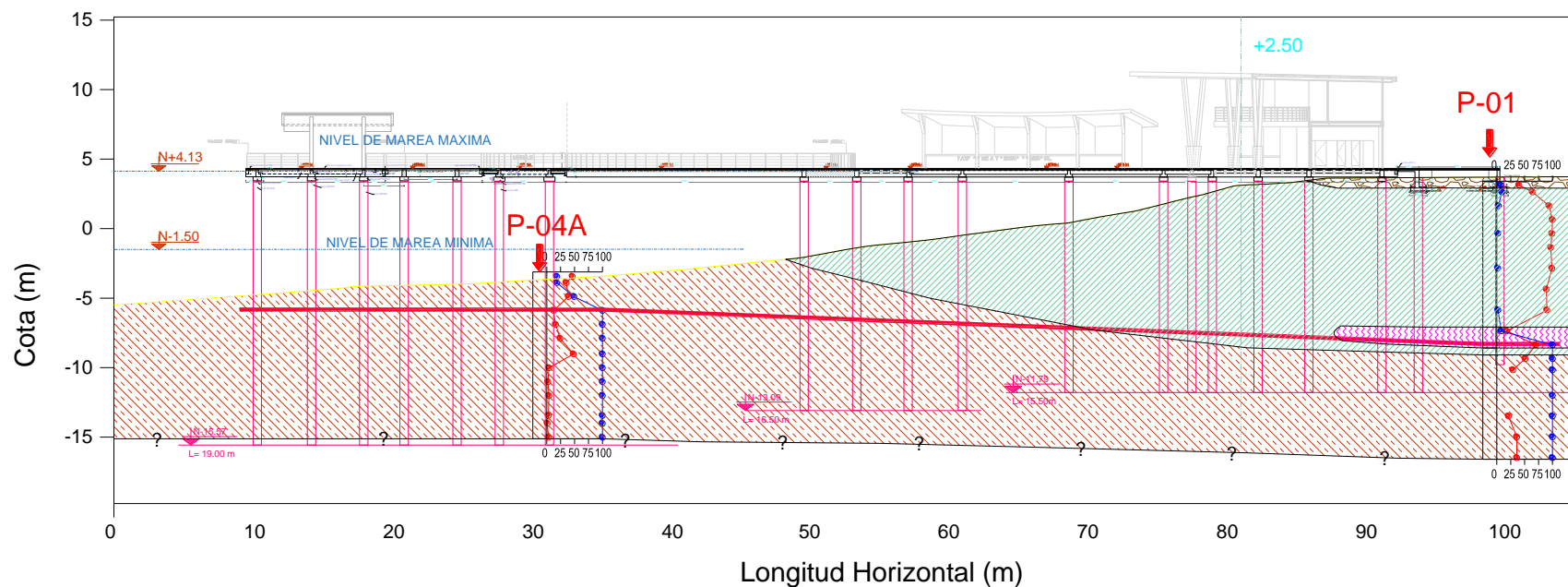
**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**Figura 52.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 2**  
**Fuente: Elaboración propia**



**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**



**SIMBOLOGIA**

- Relleno
- Arcilla
- Suelo residual
- Turba
- Cota límite para trabajos en tierra
- Rechazo
- Número de Golpes
- Contenido de Finos

**Figura 53.- Perfil transversal con pilotes correspondiente al Módulo 3**  
Fuente: Elaboración propia

## “CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

### 11. INTERACCION SUELO ESTRUCTURA

Existen dos fuentes de fuerzas sísmicas que tienen que considerarse en el diseño de pilotes:

1. **Fuerzas inerciales:** Fuerzas inducidas en los pilotes producto de las aceleraciones generadas en la estructura por efecto del sismo. Las fuerzas laterales y momentos flectores inerciales se asumen que son aplicadas en la cabeza de los pilotes.
2. **Fuerzas cinemáticas:** Son fuerzas y momentos inducidas en los pilotes por el movimiento del suelo producto del sismo. El movimiento del suelo interactuara con los pilotes, y por la diferencia de rigidez entre los pilotes y en suelo en movimiento, se generarán esfuerzos laterales entre los pilotes y el suelo, lo que se traduce en fuerzas cortantes y momentos flectores en los pilotes.

Con la finalidad de estimar los momentos flectores y fuerzas cortantes máximas en los pilotes, Tabesh y Poulos (2001) proponen considerar que las fuerzas inerciales y cinemáticas actúan en fase (100% simultáneamente), lo cual puede ser un enfoque un poco conservador; sin embargo, se ha demostrado una correcta correspondencia con análisis dinámicos más complejos.

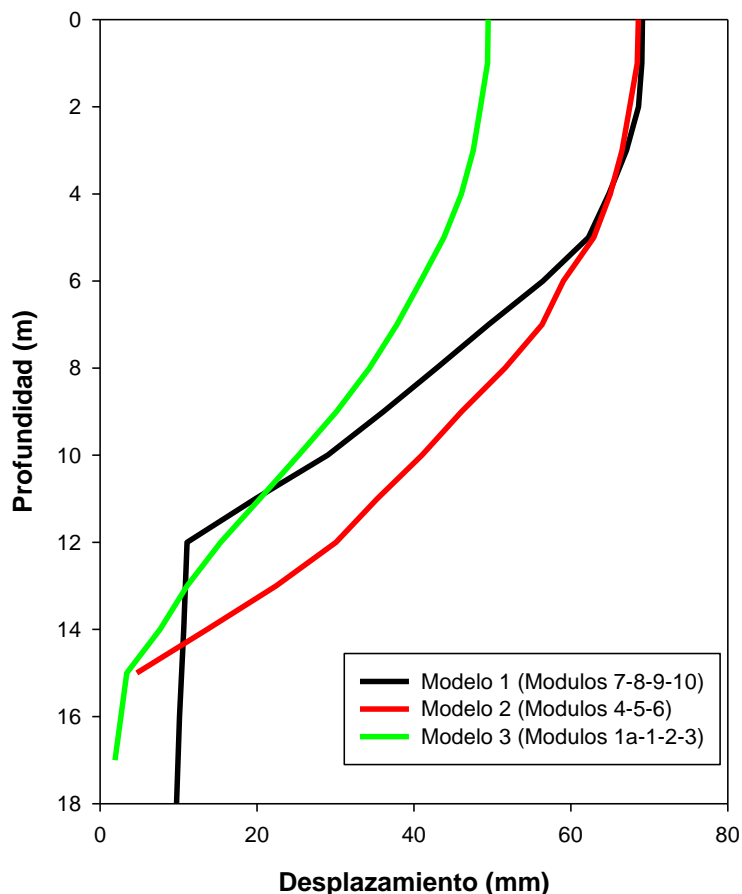
Por lo tanto, los análisis de interacción suelo-estructura presentados en esta sección, consideraran lo siguiente:

- Se utilizará el software LPILE, de Ensoft; el cual es un programa reconocido internacionalmente basado en procedimientos racionales para el análisis de pilotes sometidos a carga lateral utilizando el método de curvas p-y para representar la respuesta no lineal del suelo.
  - Se modelará el pilote elásticamente; sin embargo, para los pilotes de hormigón se representará la rigidez a la flexión de los pilotes considerando el 50% del momento de inercia, producto del agrietamiento por flexión esperado en el hormigón, según lo recomendado por FEMA P-1051 (2016).
  - Se realizarán análisis estáticos considerando la aplicación simultanea de las siguientes fuerzas:
  - Fuerzas inerciales y secciones, suministradas por el diseñador estructural y resumidas en la Figura 54 correspondientes a al 100% de la carga muerta, 50% de la carga viva y 100% del sismo.
  - Perfil de desplazamientos del suelo obtenido del análisis de respuesta de sitio (fuerzas cinemáticas), el cual se presenta en la Figura 55.

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

CASO	MODULO	SECTOR	SECCION	Pu (kN)	V (kN)
	Modulo 1a	Comp. Tierra	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	378	77
	Modulo 1	Comp. Tierra	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	351	27
	Modulo 2	Comp. Tierra	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	202	14
	Modulo 3	Comp. Tierra	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	724	47
1	MAX.			<b>724</b>	<b>77</b>
2	Modulo 2	Comp. Agua	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	202	14
3	Modulo 3	Comp. Agua	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	343	31
4	Modulo 6	Comp. Tierra	Hormigón prefabricado 40x40	297	33
5		Comp. Agua	Hormigón prefabricado 40x40	348	113
6	Modulo 7	Comp. Tierra	Hormigón prefabricado 40x40	248	19
7		Comp. Agua	Hormigón prefabricado 40x40	113	12
8	Modulo 8	Comp. Tierra	Hormigón prefabricado 40x40	432	88
9		Comp. Agua	Hormigón prefabricado 40x40	213	64
10	Modulo 9	Comp. Tierra	Hormigón prefabricado 40x40	369	36
11		Comp. Agua	Hormigón prefabricado 40x40	354	22
12	Modulo 10	Comp. Tierra	Hormigón prefabricado 40x40	240	88
13		Comp. Agua	Hormigón prefabricado 40x40	182	45

**Figura 54. Fuerzas inerciales, suministradas por el diseñador estructural**  
Fuente: Elaboración propia



**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

Figura 55. Perfil de desplazamientos del suelo obtenido del análisis de respuesta de sitio

Fuente: Elaboración propia

- Los modelos estratigráficos utilizados en los análisis corresponden a aquellos debidamente detallados previamente en el análisis de capacidad portante de las cimentaciones profundas.
- Los pilotes se modelaron en condición de cabeza fija.

Finalmente, los resultados obtenidos del análisis se presentan a continuación:

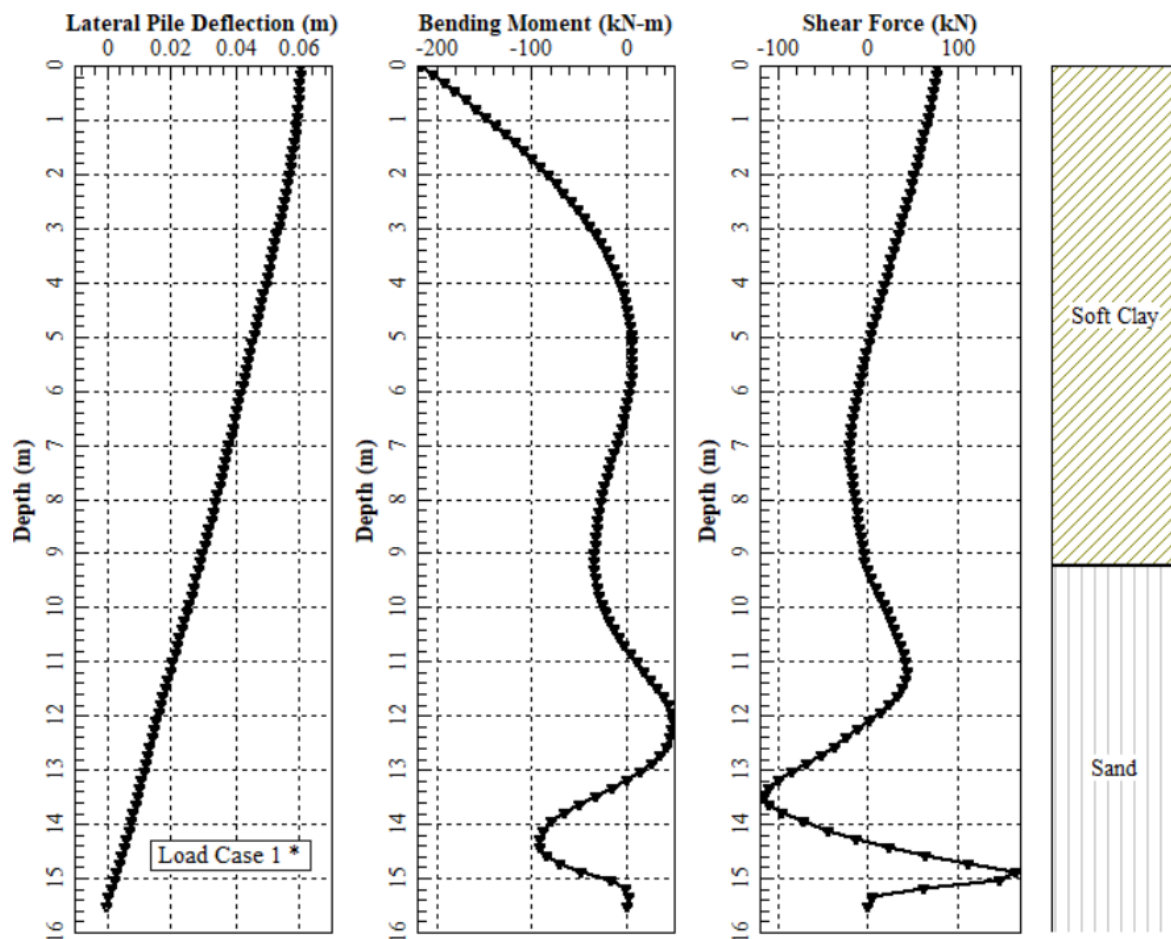
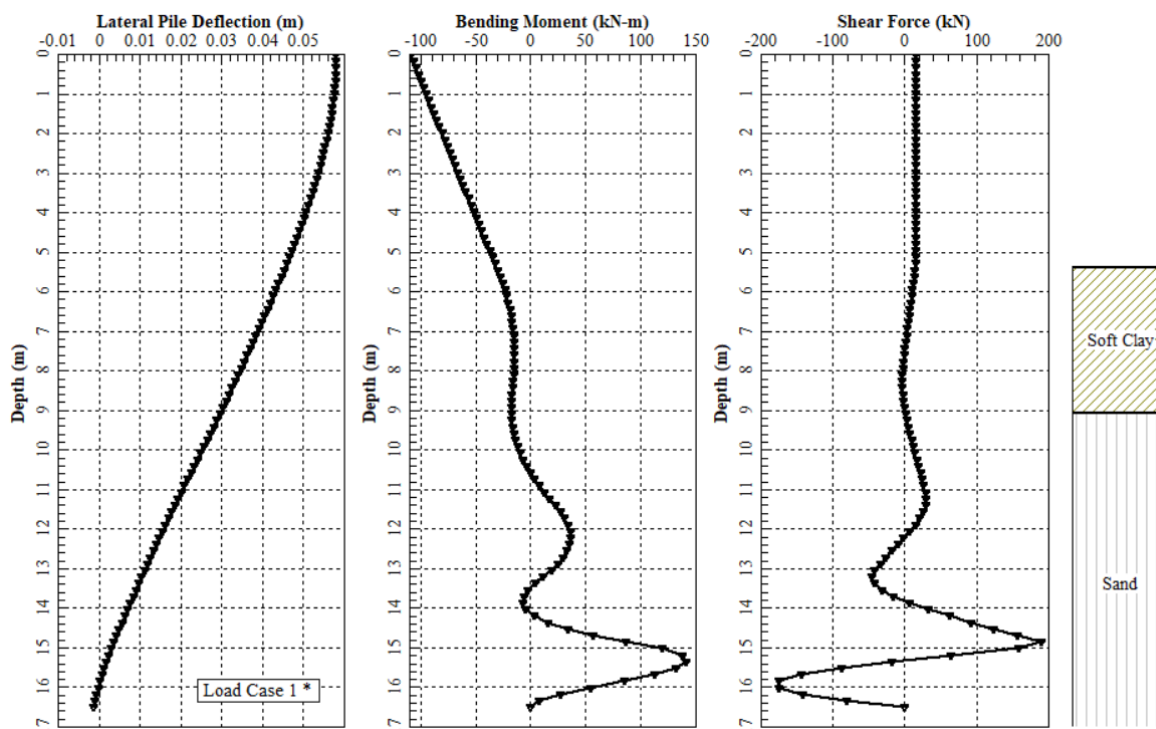


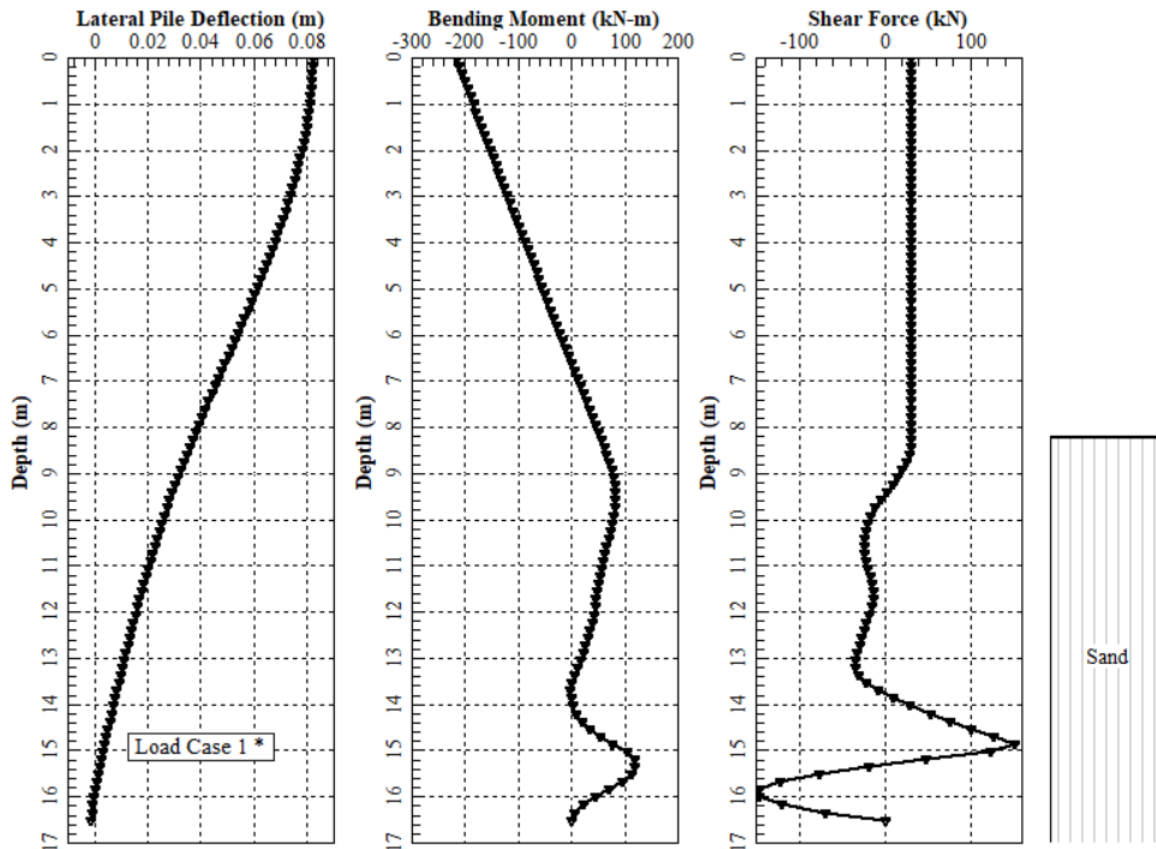
Figura 56. Resultados Caso 1: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes

Fuente: Elaboración propia

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA"**

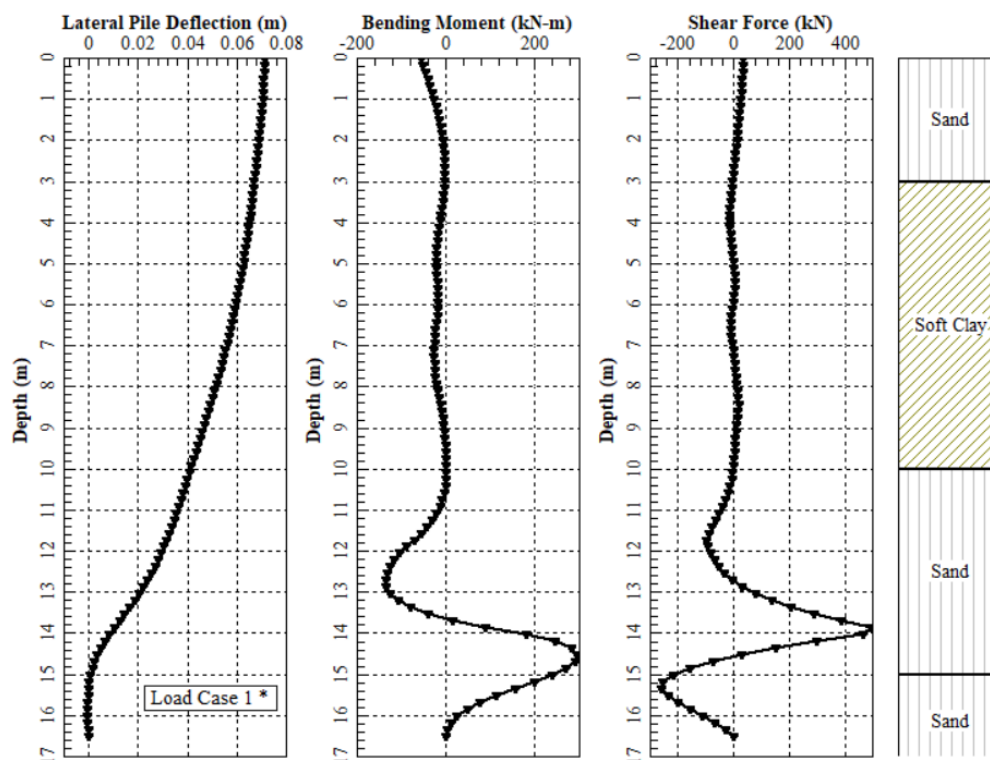


**Figura 57. Resultados Caso 2: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia

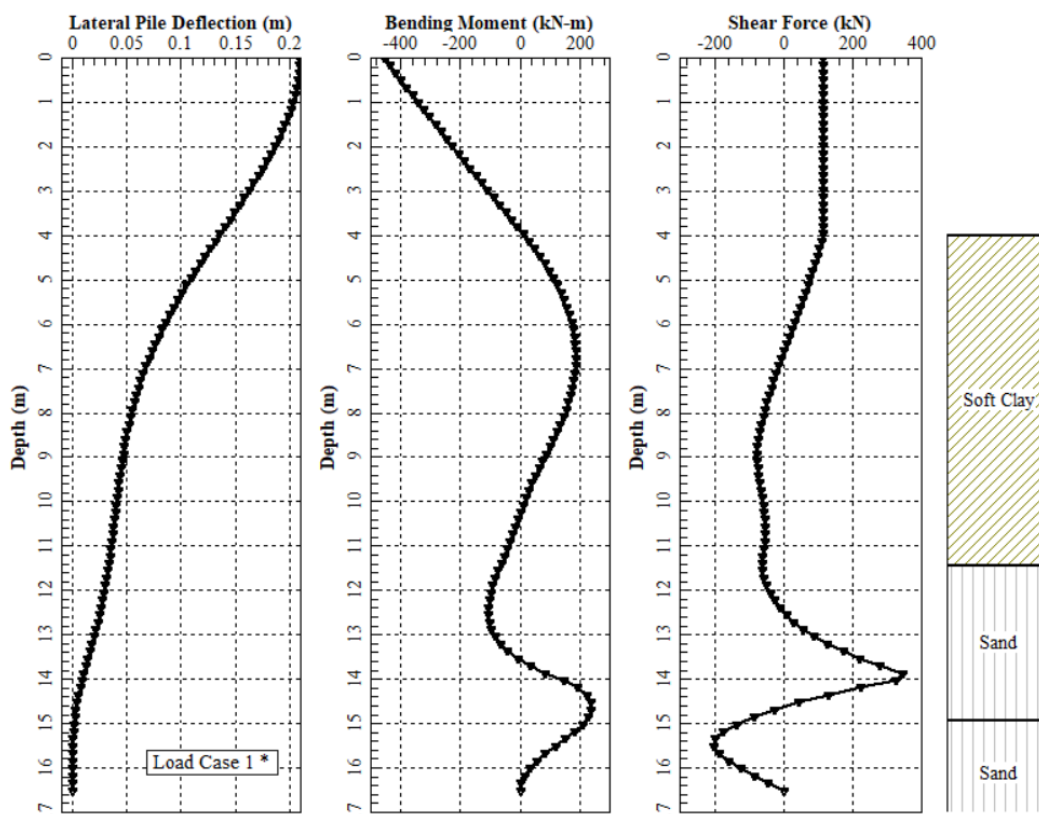


**Figura 58. Resultados Caso 3: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA"**



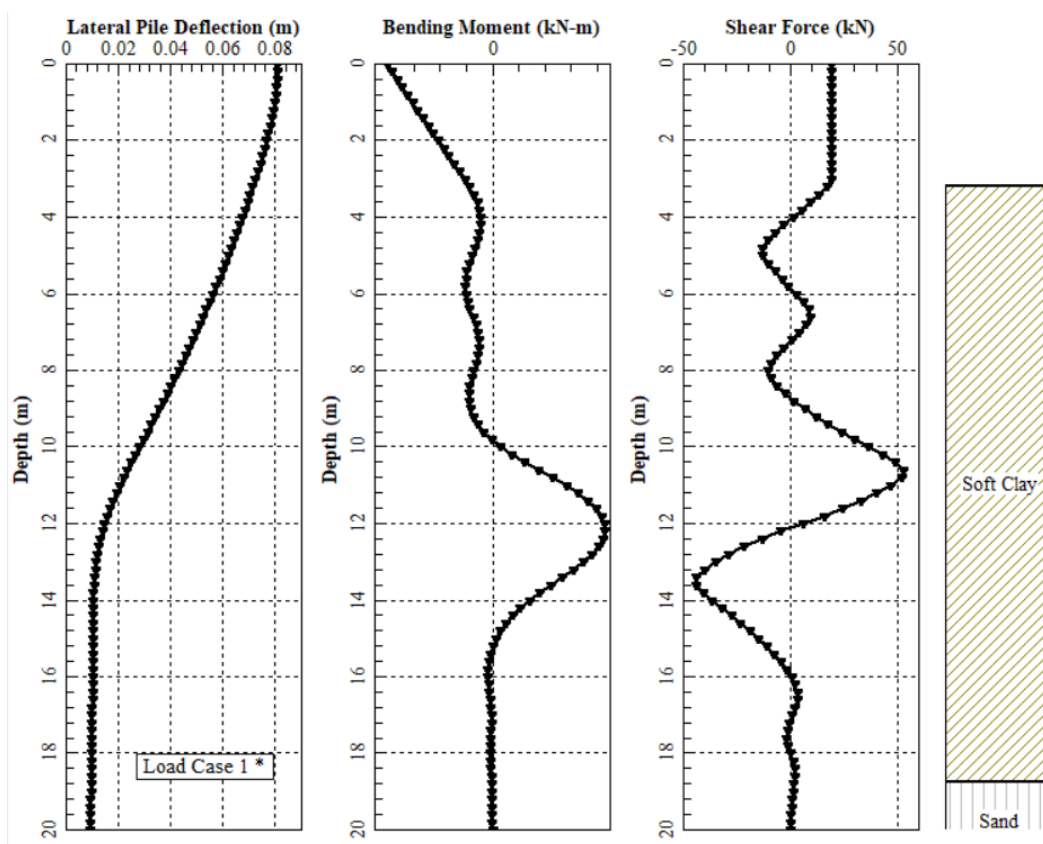
**Figura 59. Resultados Caso 4: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia





**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

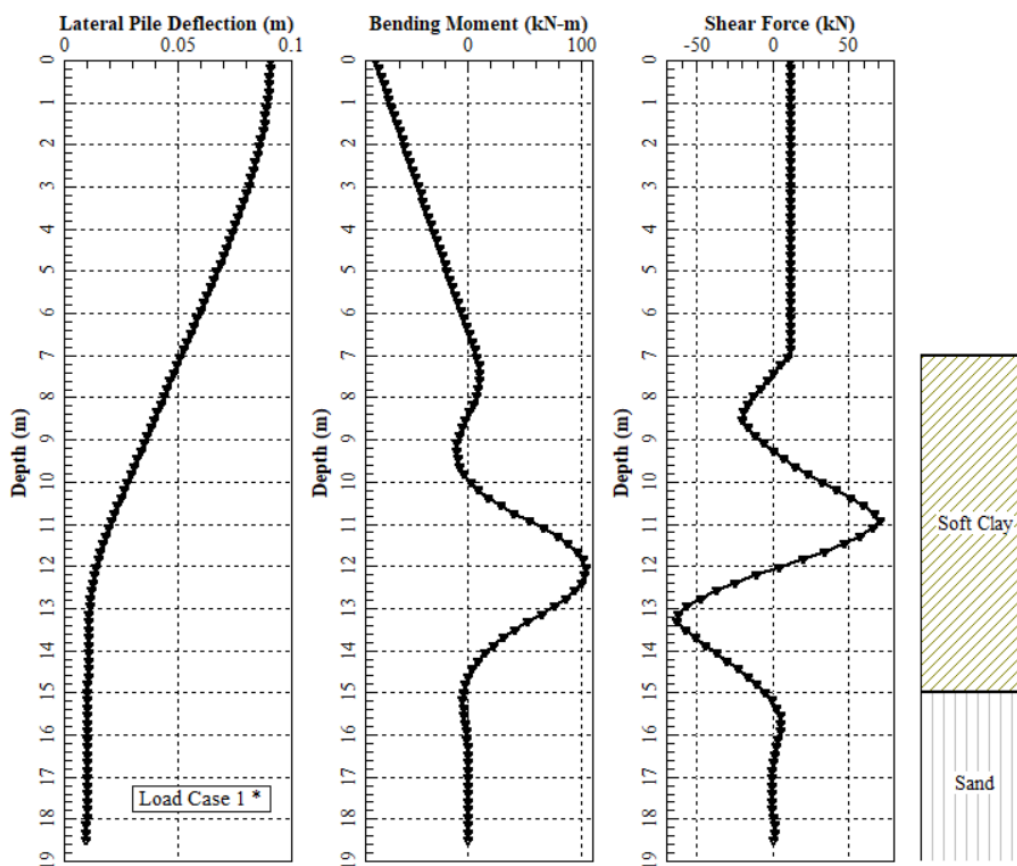
**Figura 60. Resultados Caso 5: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 61. Resultados Caso 6: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia

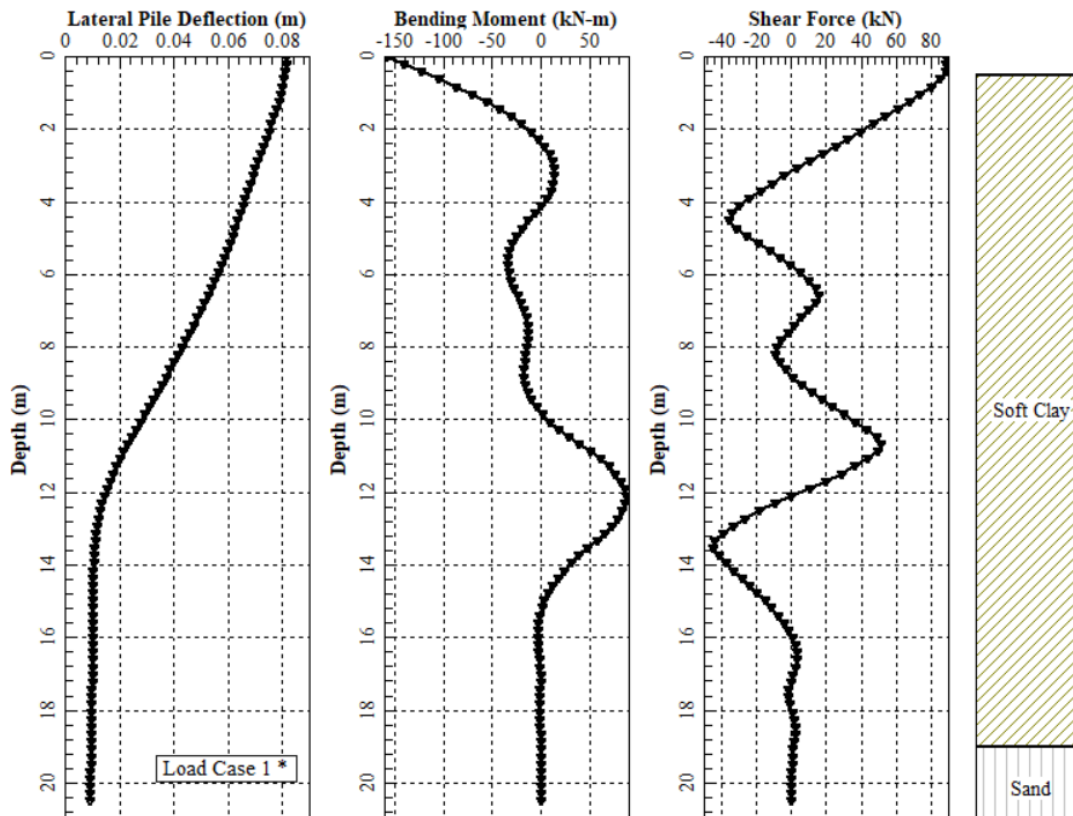


**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

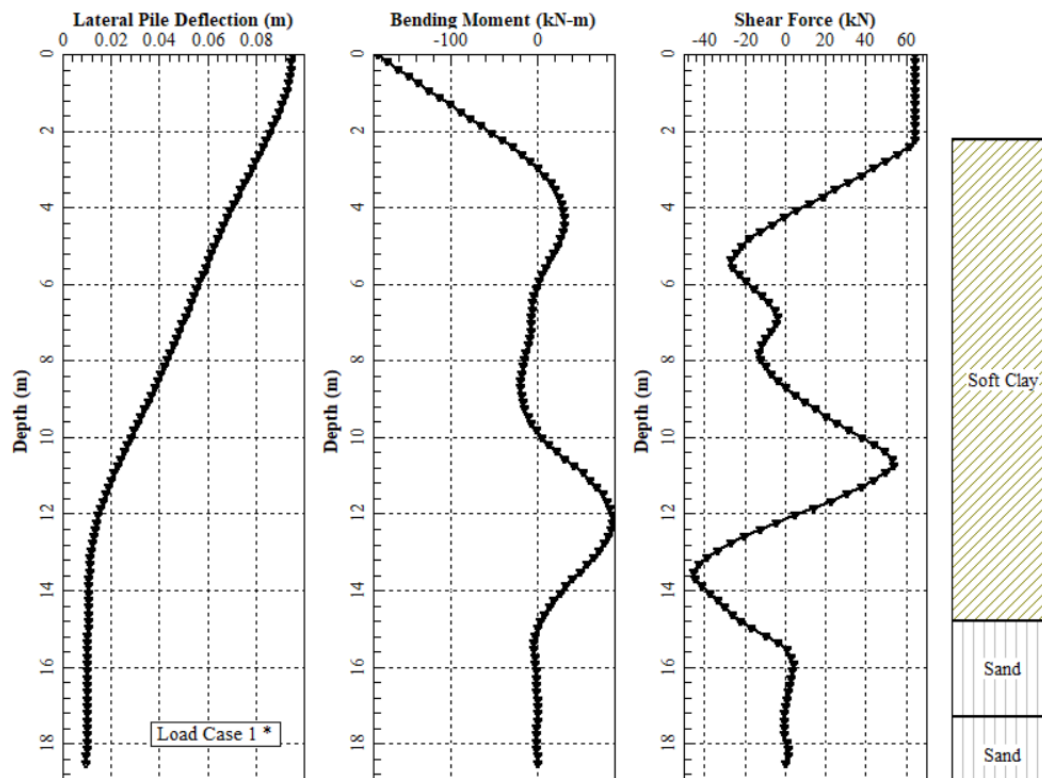


**Figura 62. Resultados Caso 7: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
**Fuente: Elaboración propia**

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA"**



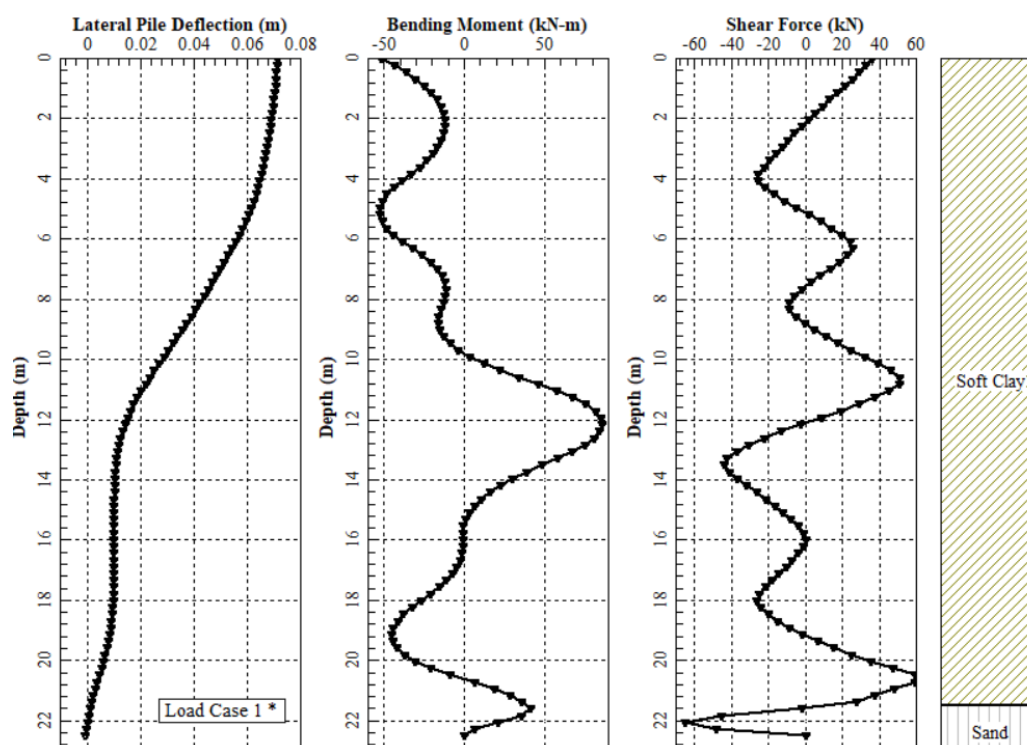
**Figura 63. Resultados Caso 8: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 64. Resultados Caso 9: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**

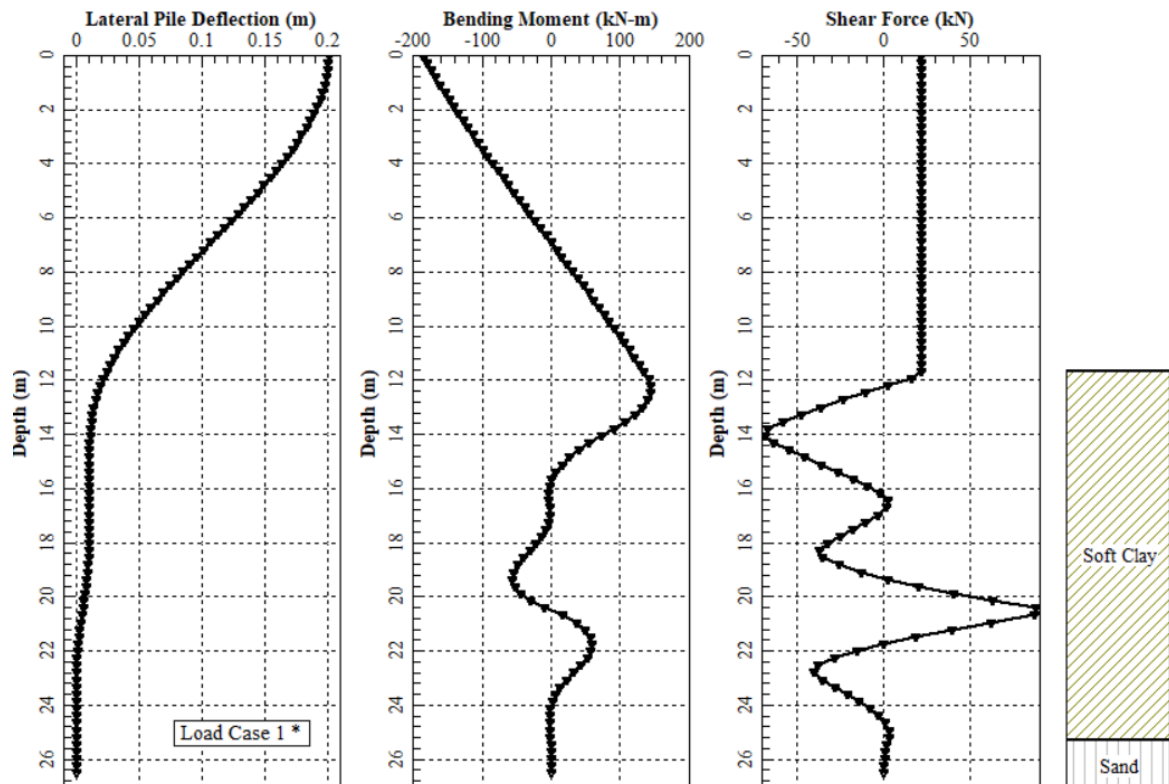
**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

Fuente: Elaboración propia

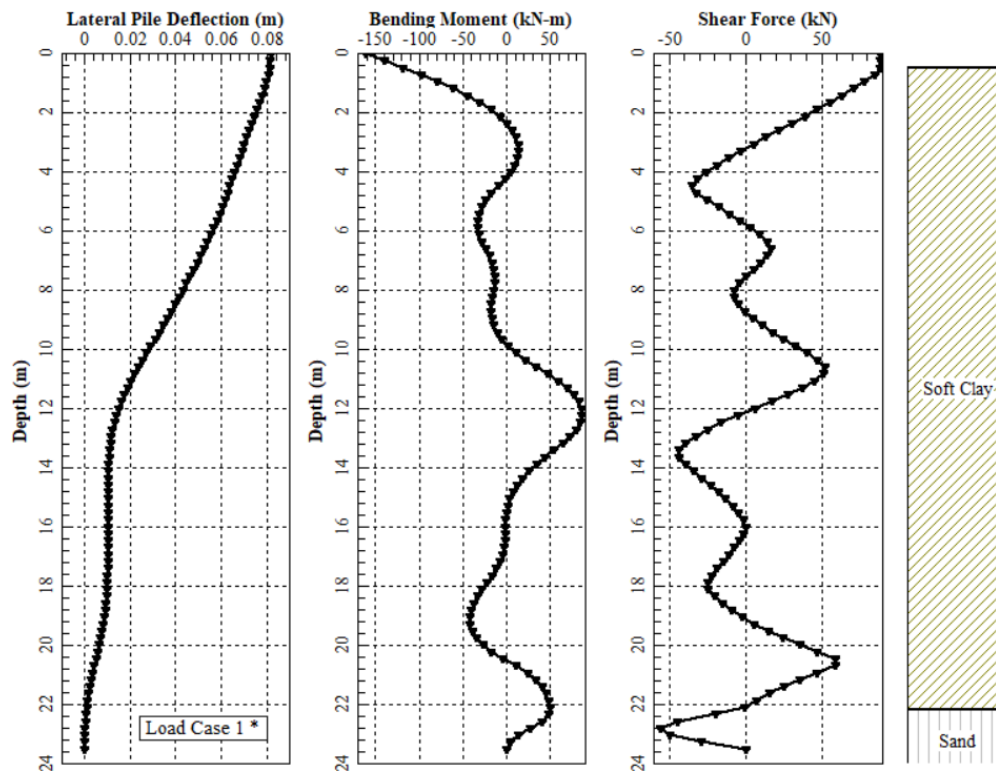


**Figura 65. Resultados Caso 10: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA”**



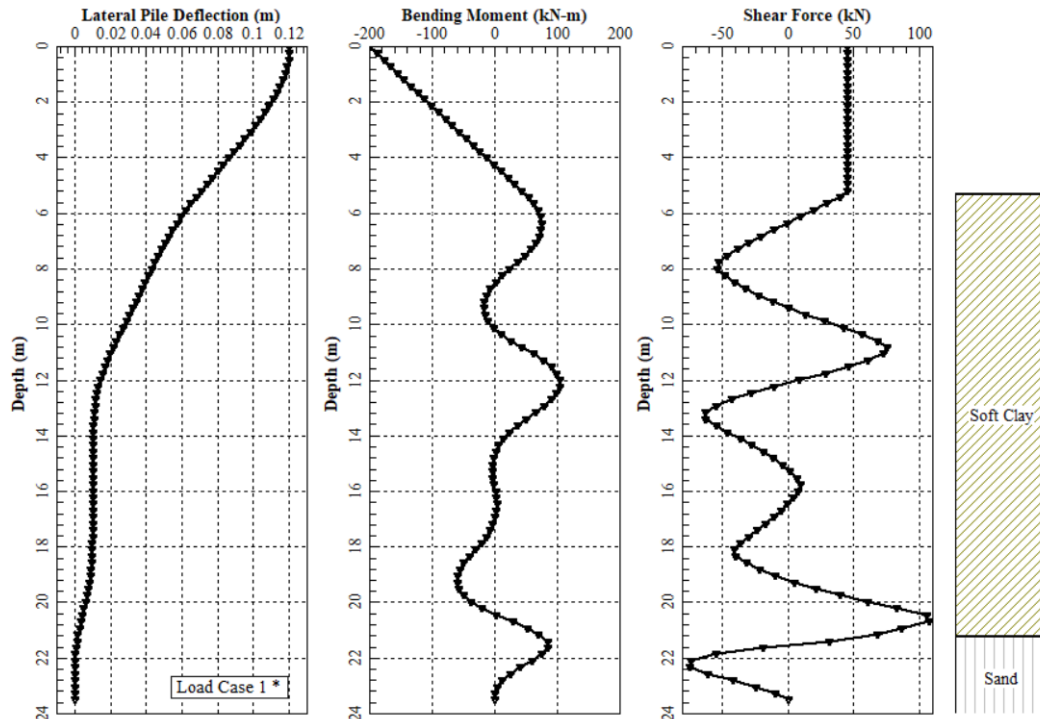
**Figura 66. Resultados Caso 11: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 67. Resultados Caso 12: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 68. Resultados Caso 13: deflexión lateral del pilote, momentos flectores, fuerzas cortantes**  
Fuente: Elaboración propia

En general las demandas de esfuerzos obtenidas de los análisis mencionados serán de gran utilidad al diseñador estructural, con la finalidad de considerar la acción conjunta de la interacción inercial y cinemática.

## 12. CIMENTACIONES SUPERFICIALES

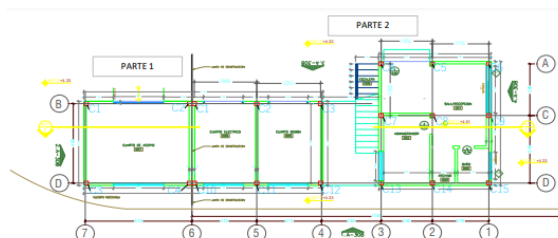
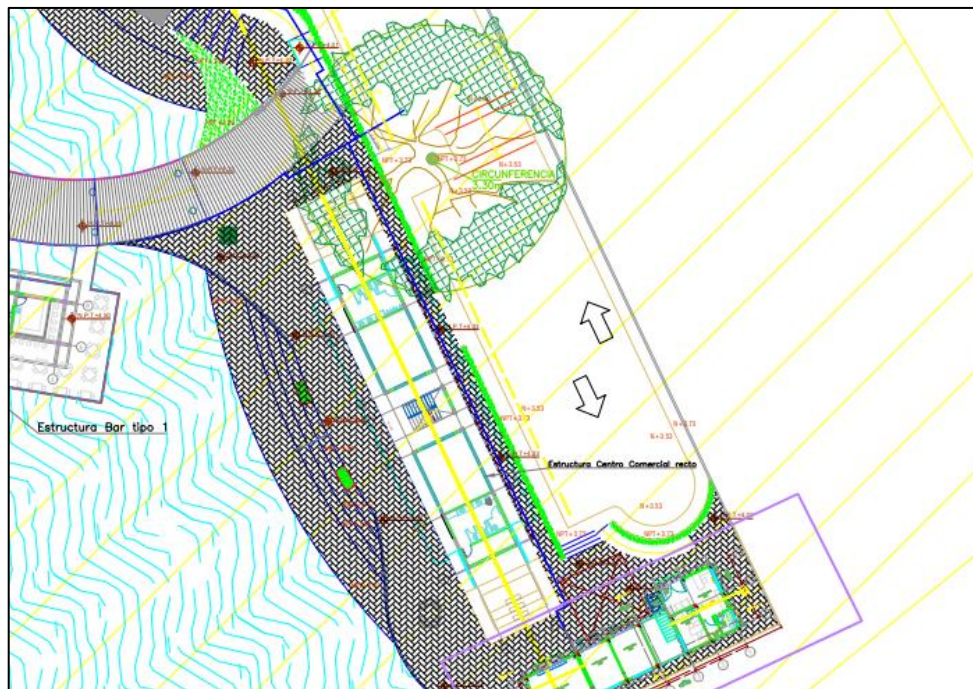
Existen estructuras que se encuentran por fuera de la plataforma del malecón, por lo cual se ha realizado la evaluación de estas, analizando los estados límite de falla y servicio, el primero de estos dos estados se asocia a la capacidad del suelo para soportar las cargas transmitidas a través de la cimentación y el segundo corresponde a la magnitud de asentamientos que se generarán por dichas cargas transmitidas.

De acuerdo con la información proporcionada de parte de la especialidad estructural, a continuación, se detallan las estructura y cargas tanto para la fase I como para la fase II:



**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA”**

**FASE I**



PARTE 1			
COLUMNA	PM (ton)	PV (ton)	P total (ton)
C1	1,279	0,689	1,97
C2	1,279	0,689	1,97
C3	1,279	0,689	1,97
C4	1,279	0,689	1,97

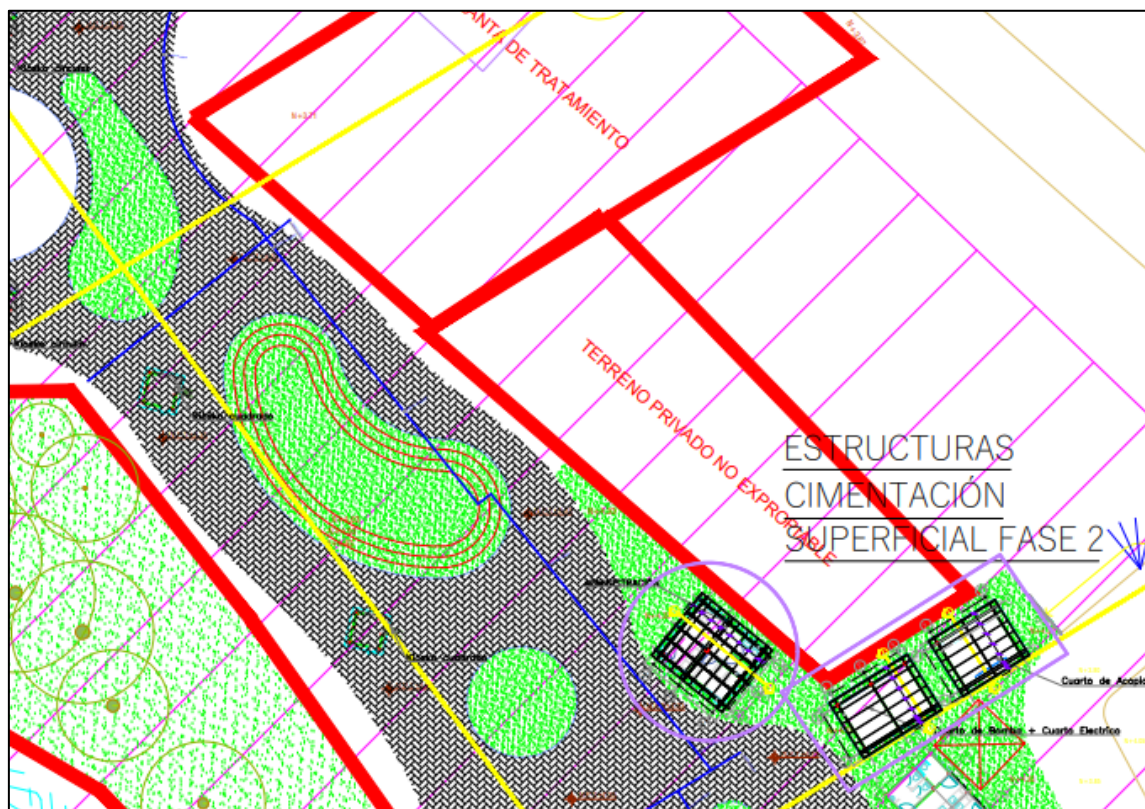
PARTE 2			
COLUMNA	PM (ton)	PV (ton)	P total (ton)
C1	2,270	0,204	2,47
C2	4,707	0,422	5,13
C3	2,391	0,215	2,61
C4	1,242	0,111	1,35
C5	2,611	0,234	2,85
C6	1,369	0,123	1,49
C7	2,867	0,257	3,12
C8	6,026	0,541	6,57
C9	3,159	0,284	3,44
C10	2,328	0,209	2,54
C11	4,707	0,422	5,13
C12	2,391	0,215	2,61
C13	1,624	0,146	1,77
C14	3,414	0,306	3,72
C15	1,790	0,161	1,95

**Figura 69.- Cargas para las estructuras de la Fase I**  
Fuente: Civil Cad3D

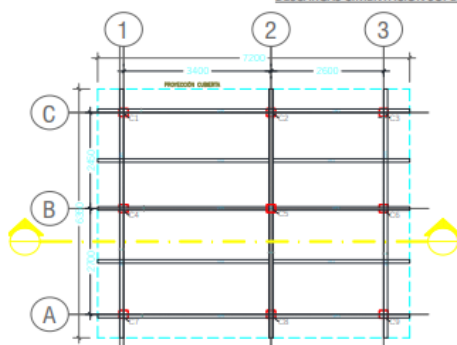
**FASE II**

A continuación, se detalla las estructuras y la descargas por cada una de las estructuras de la fase II.

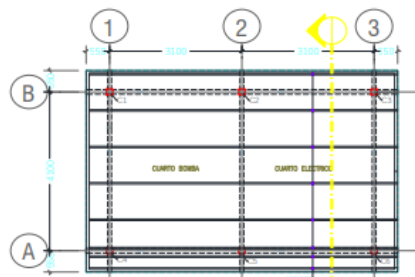
**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA”**



**DESCARGAS CIMENTACION SUPERFICIAL FASE 2**



ADMINISTRACIÓN			
COLUMNA	PM (ton)	PV (ton)	P total (ton)
C1	0,33	0,24	0,56
C2	0,42	0,37	0,79
C3	0,27	0,19	0,46
C4	0,52	0,42	0,93
C5	0,67	0,66	1,33
C6	0,42	0,33	0,76
C7	0,35	0,26	0,60
C8	0,44	0,41	0,85
C9	0,29	0,20	0,49



SERVICIOS GENERALES (Cuarto Bomba y Electrico)			
COLUMNA	PM (ton)	PV (ton)	P total (ton)
C1	0,45	0,34	0,79
C2	0,74	0,64	1,38
C3	0,45	0,34	0,79
C4	0,39	0,34	0,73
C5	0,63	0,61	1,24
C6	0,39	0,34	0,73



## "CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA"

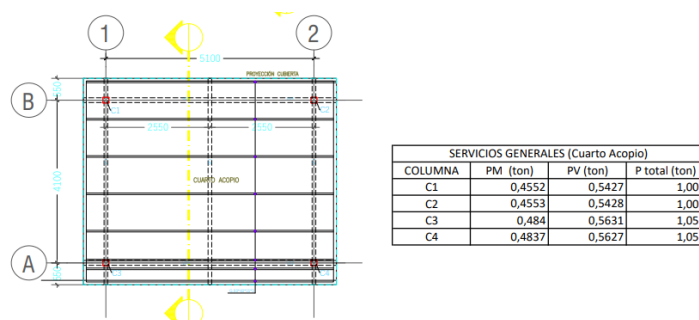


Figura 70.- Cargas para las estructuras de la Fase II

Fuente: Civil Cad3D

Adicionalmente se recibieron los planos correspondientes a las cisternas tanto para la Fase I y Fase II, siendo la cisterna de la fase I la cisterna de mayor almacenamiento.

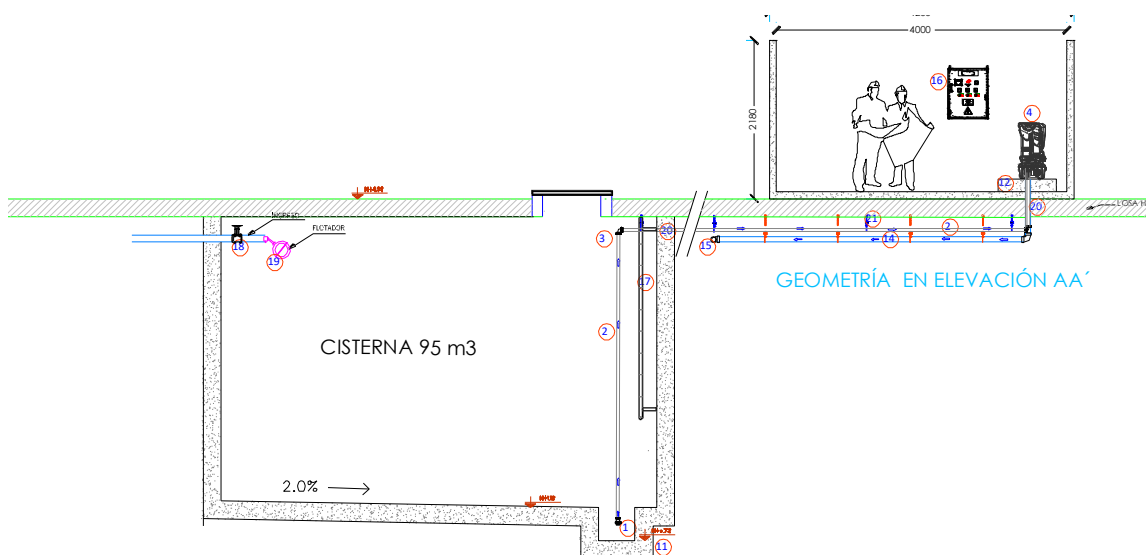


Figura 71.- Esquema de la cisterna de mayor cubicaje

Fuente: Civil Cad3D

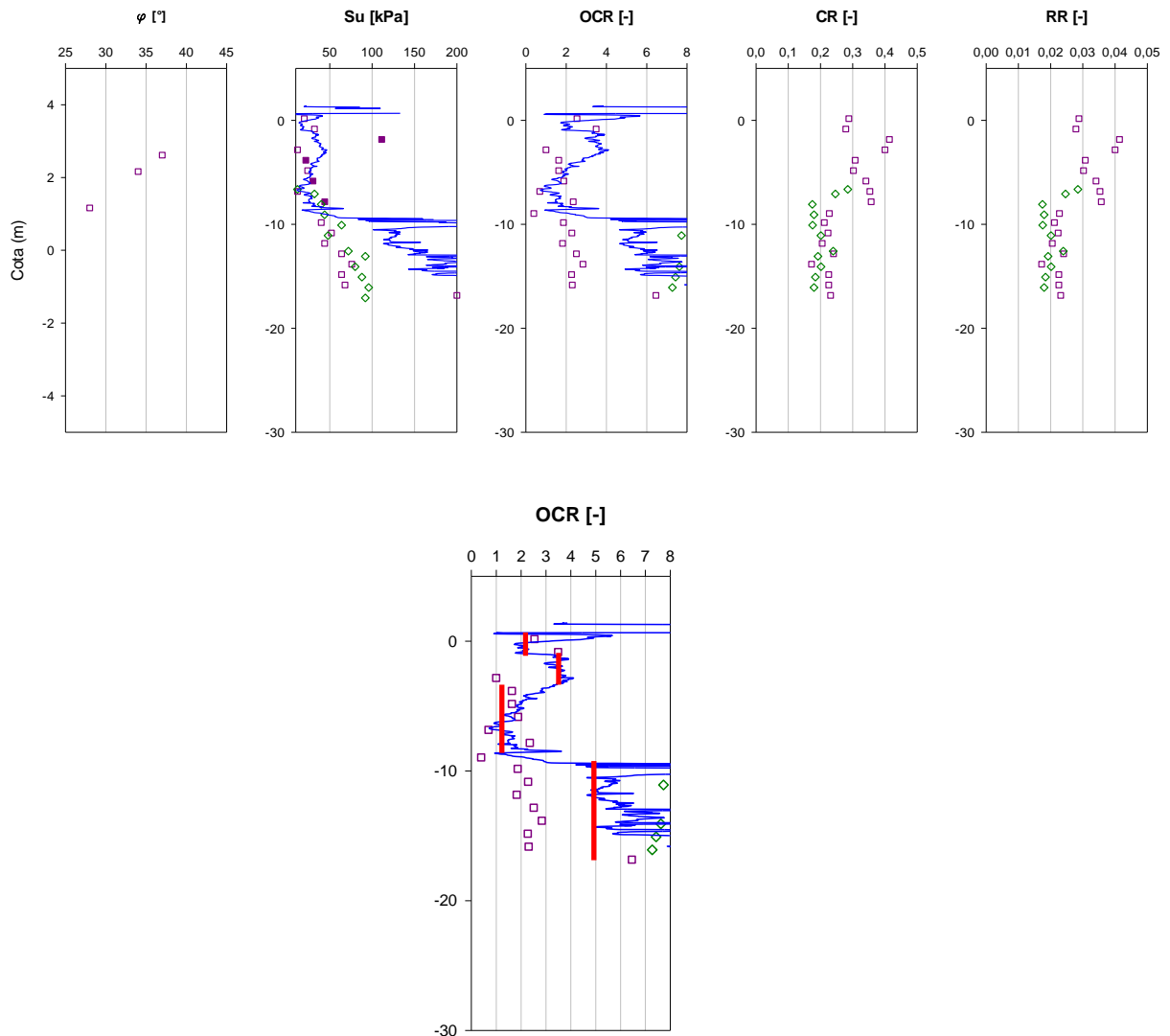
Una vez revisados los planos arquitectónicos del proyecto se muestra que la cota de contrapiso de estas estructuras es la +4.33 y el terreno natural se encuentra a la cota +2.50 aproximadamente, por lo cual se ha considerado un incremento de esfuerzos por el relleno de 1.80 m de espesor, de 32.4 KPa adicionales a la carga de la estructura.

### 12.1.1 Evaluación del estado límite de servicio

Mediante la caracterización geotécnica se condensaron los resultados de la campaña de exploración y de laboratorio para determinar las propiedades de los diferentes geomateriales a ser considerados en el modelado para la evaluación del asentamiento por consolidación.

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA”**

A continuación, se presenta los valores considerados de OCR, CR y RR para el modelo matemático del cálculo de asentamiento, cabe mencionar que dichos valores fueron obtenidos por correlaciones, además se consideró los parámetros obtenidos mediante el ensayo CPTu, por lo cual se adoptó el siguiente escenario geotécnico para la fase I



**Figura 72.- Tendencias consideradas para los parámetros de interés para la Fase I.**  
**Fuente: Elaboración Propia**

En función de que no se pudo realizar ensayos en la zona correspondiente a la fase II se empleó conservadoramente el modelo propuesto para la fase I, cabe indicar que una vez que se proyecte la construcción de dicha fase será necesario complementar la información mediante perforaciones o ensayos CPTu.

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

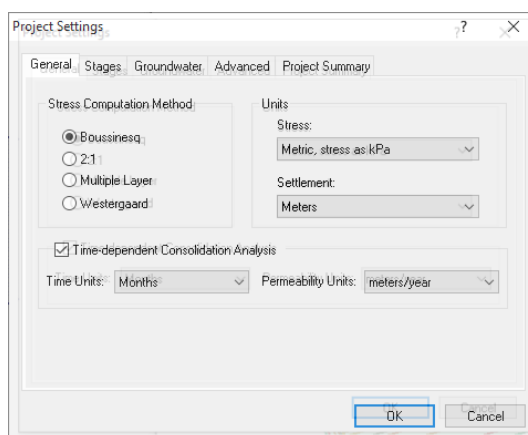
La frontera drenante se ubicó a profundidad de 20.50 m y el nivel freático se lo consideró a la profundidad de 0.80 m. Finalmente, las propiedades de los geo-materiales fueron las siguientes:

**Tabla 11. Propiedades consideradas para el modelo de consolidación.**

**Fuente: Elaboración Propia**

Material	Prof. superior [m]	Prof. inferior [m]	Espesor [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	OCR [-]	CR [-]	RR [-]
Relleno	0.00	2.30	2.30	17.00			
Arcilla 1	2.30	4.00	1.70	15.00	2.00	0.30	0.030
Arcilla 2	4.00	6.00	2.00	15.00	3.10	0.30	0.030
Arcilla 3	6.00	12.00	6.00	15.00	1.20	0.30	0.030
Arcilla 4	12.00	20.50	8.50	15.00	5.20	0.20	0.020
Arena	20.50	23.00	3.00	17.00	-	-	-

Para el cálculo de los asentamientos se utilizó el software Settle 3D, de Rocscience, que es un programa para el análisis de la consolidación. El programa combina la simplicidad del análisis unidimensional con las capacidades de potencia y visualización de programas tridimensionales. Para el cálculo del incremento de esfuerzos hasta la mitad de los estratos compresibles (suelos arcillosos) se ha usado la teoría propuesta por Boussinesq tal como se muestra a continuación.

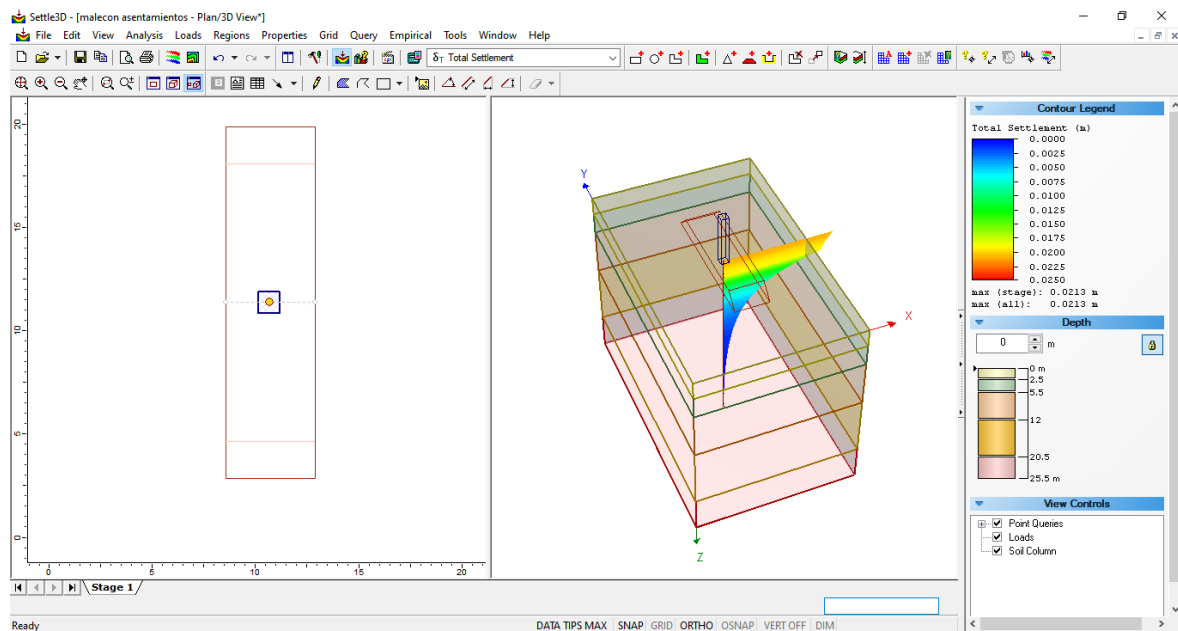


**Figura 73.- Teoría utilizada para el análisis de asentamientos.**

**Fuente: Elaboración Propia**

## “CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

Se consideró un plinto de dimensiones 1.00 x 1.00 m con cuya área de contacto la descarga para el apoyo más cargado es de 6.57 t/m<sup>2</sup>, más la descarga del modelo conformado se obtuvo que los asentamientos la alternativa de cimentación mediante plintos son del orden de 3 cm (Figura 74), lo cual es aceptable para la cimentación.



**Figura 74.- Asentamientos por consolidación para una altura de relleno de 1.80 m y un PLINTO de 1.00 x 1.00 m**  
Fuente: Elaboración Propia

### 12.1.2 Evaluación del estado límite de falla

Para evaluar la capacidad admisible del suelo se ha considerado la alternativa de cimentación constituida por un sistema de plintos aislados amarradas entre sí por vigas riostras lo cual ayudará a rigidizar el sistema de cimentación, por debajo del mismo se proyecta construir un mejoramiento de suelo mediante dos capas de 0.30 m cada uno constituido por material granular, compactado al 95% de la densidad obtenida en el laboratorio.

Para el cálculo de la capacidad admisible de las zapatas corridas se utilizó la teoría de remplazo de materiales propuesta por Meyerhof y Hanna para cimentaciones rígidas.

Los factores de capacidad de carga empleados son los recomendados por Meyerhof.

La formulación empleada es la siguiente:

$$q_a = 5.14c_2 \left[ 1 + 0.2 \left( \frac{B}{L} \right) \right] + \left( 1 + \frac{B}{L} \right) \gamma_1 H^2 \left( 1 + \frac{2D_f}{H} \right) \frac{K_r \tan \phi_1 \lambda_s}{B} + \gamma_1 D_f \leq q_t$$

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

Siendo,

$q_u$ :	Capacidad de carga última
$\gamma_1, \gamma_2$ :	Peso específico del suelo
$B, L$ :	Dimensiones de cimentación, ancho y largo
$H$ :	Espesor de capa fuerte, debajo del desplante de la cimentación
$D_f$ :	Desplante de la cimentación
$N_c, N_q, N_\gamma$ :	Factores adimensionales de capacidad de carga, en función del ángulo de fricción del suelo ( $\Phi$ )
$\Phi_1, \Phi_2$ :	Ángulo de fricción de capas de suelo 1 y 2
$c_1, c_2$ :	Resistencia al esfuerzo cortante no drenado (kPa)

La capacidad de carga se ha evaluado para diferentes tipos de plintos como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 12. Resumen de capacidades de carga**  
Fuente: Elaboración Propia

PLITOS ANCHO $b=$	0.80	1.0 m	1,2 m
CAPACIDAD ADMISIBLE	38 t/m <sup>2</sup>	42 t/m <sup>2</sup>	46 t/m <sup>2</sup>

### 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto se encuentra zonificado por áreas numeradas en sentido norte a sur denominadas módulos los cuales son: Módulo 1a, Módulo 1, Módulo 2, Módulo 3, Módulo 4, Módulo 5, Módulo 6, Módulo 7, Módulo 8, Módulo 9 y Módulo 10. Para la ejecución del proyecto se han considerado dos etapas constructivas: Fase I y Fase II, cada una de estas etapas se compone por un número específico de módulos. En la tabla a continuación se muestran las Fases del proyecto y los módulos que las componen.

FASE	MÓDULOS
I	4-5-6-7-8-9-10
II	1a-1-2-3-4

Al ser un proyecto ejecutado a orillas del río Daule, algunos módulos tendrán componentes en agua y en tierra. Los módulos 3, 5 y 9 son los que tienen una mayor presencia en agua, ya que en el diseño arquitectónico de estos se tiene concebido la existencia de muelles, piletas y juegos acuáticos que se desarrollan de forma importante hacia el río Daule, con el fin de volver al proyecto un atractivo para el desarrollo familiar.

Se realizó una campaña de exploración de detalle mediante la ejecución de ensayos directos (perforaciones en tierra y en agua), calicatas y un ensayo CPTu, mediciones

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

geofísicas (medición del periodo elástico del suelo y medición de ondas de corte).

El área de estudio presenta una notable variabilidad estratigráfica (**GRAN ERRATICIDAD**). Mediante el perfil longitudinal se determinó que entre las perforaciones P03A, P04A P05A y la P10 se presenta el estrato resistente de manera superficial, esto es a profundidades entre 1.5 a 7.0 m (cota entre -5.00 y -7.00). En el sector norte del proyecto, en la P01 (en tierra) el estrato resistente se ubica a 12.0 m cota -8.3, mientras que hacia el sur, en tierra, desde la P03 hasta la P08 el estrato resistente se encuentra entre las cotas -12.0 y -20.0 y en agua, entre las perforaciones P02A a P01A el estrato resistente registra entre la cota -13.0 y -21.0.

La serie estratigráfica detectada de manera superficial se trata de una arcilla limosa gris verdosa mezclada con material de relleno y pintas de oxidación de consistencia medio firme y plasticidad media. Por debajo del estrato antes descrito se encuentra una arcilla gris verdosa oscura con residuos de materia orgánica de consistencia de blanda a medio firme, de alta plasticidad y alto contenido de humedad. Continuando en profundidad, se detectaron en ciertas perforaciones en dicho estrato un número de golpes superior a 100. De manera general el siguiente estrato detectado es un suelo residual constituido de arenas limosas con rechazo.

La profundidad a la que se registró rechazo hacia la P03A es de 2.50 m y en la P03 es de 16.50 m, lo cual demuestra claramente la erraticidad del terreno tanto en sentido longitudinal como transversal. Se anexa un plano con los perfiles longitudinales y transversales realizados.

No fue factible la ejecución de trabajos de exploración en un parte de la Fase II, por lo cual se recomienda una vez que se cuente con la expropiación de los terrenos realizar ensayos en dicha zona para identificar el tipo de materiales existentes en el subsuelo.

Por lo expuesto se realizó una matriz para determinar la alternativa más viable desde el punto de vista técnico y económico (anexo B), de acuerdo con esta matriz se decidió zonificar las cimentaciones por cada módulo de la siguiente manera

**Tabla 13. Tipos de pilotes analizados.**  
**Fuente: Elaboración Propia**

FASE	MÓDULO	Comp. Agua	Comp. Tierra
FASE I	4	Acero Tubular $\phi$ 60 cm	Hormigón prefabricado 40x40
	5	Acero Tubular $\phi$ 60 cm	Hormigón prefabricado 40x40
	6	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"**

	7	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
	8	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
	9	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
	10	Hormigón prefabricado 40x40	Hormigón prefabricado 40x40
FASE II	1.a	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm
	1	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm
	2	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm
	3	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm	H.A. Prebarrenados $\phi$ 60 cm

**Tabla 14. Longitud de pilotes analizados.**

Fuente: Elaboración Propia

**LONGITUD DE PILOTES (m)**

FASE	MÓDULO	Comp. Tierra		Comp. Agua	
		Hormigón prefabricado	Acero Tubular	Hormigón prefabricado	Acero Tubular
FASE I	4	9.50	-		15.50
	5	18.50	-		12.5, 19.50
	6	17.00		17.00	
	7	20.50		18.50	
	8	20.50		18.50	
	9	22.50; 24.5		26.50	
	10	23.50		23.50	

FASE	MÓDULO	H.A. Prebarrenado Tierra	H.A. Prebarrenado Agua
FASE II	1.a	15.5	
	1	15.5	16.5
	2	15.5	16.5
	3	15.5	16.50; 19.50

Los resultados de los análisis obtenidos se detallan las capacidades para los módulos de la Fase I a continuación:



**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		PARTE AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	26.50	88	76	164	66	109	35	59
	10	-	-	-	-	-	-	-	-

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		PARTE AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	6	17.00	64	105	169	68	113	26	43
	7	18.50	72	108	180	72	120	29	48
	8	18.50	86	82	168	67	112	34	57
	9	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	23.50	109	90	199	80	133	44	73

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		PARTE TIERRA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	6	17.00	75	101	176	70	117	30	50
	7	20.50	88	75	163	65	109	35	59
	8	20.50	108	90	198	79	132	43	72
	9	22.50; 24.5	121	90	211	84	141	48	81
	10	23.50	124	90	214	86	143	50	83

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN TIERRA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	4	9.5	32	105	137	55	91	13	21

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN TIERRA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	18.5	161	69	230	92	153	64	107

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	19.5	70	67	137	55	91	47	47
	5	12.5	73	63	136	54	91	29	49

**"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA AURORA"**

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
1	4	15.5	69	65	134	54	89	28	46
	5	-	-	-	-	-	-	-	-

Los resultados de los análisis obtenidos se detallan las capacidades para los módulos de la Fase II a continuación:

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN TIERRA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
2	1.a	15.5	81	81	162	54	108	27	54
	1	15.5	88	81	169	56	113	29	59
	2	15.5	88	81	169	56	113	29	59
	3	15.5	88	81	169	56	113	29	59

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
2	2	16.5	89	81	170	57	113	30	59
	3	16.5	73	81	154	51	103	24	49

FASE	MÓDULO	LONGITUD PILOTES (m)	CAPACIDAD DE CARGA						
		COMPONENTE EN AGUA	Fuste (ton)	Punta (ton)	Pu (ton)	P comp Est (ton)	P comp Sis (ton)	P tens Est (ton)	P tens Sis (ton)
2	3	19	119	81	200	67	133	40	79

De acuerdo con el estudio hidrológico del proyecto, se indica que no se presentará erosión ni sedimentación en los pilotes del malecón, por lo expuesto no se ha considerado dicho efecto en los pilotes.

Debido a la gran erraticidad se recomienda previo a la construcción de los pilotes realizar perforaciones de comprobación y pilotes de prueba con la finalidad de corroborar si es factible la optimización del diseño.

Se realizaron análisis de interacción suelo estructura, que en general las demandas de esfuerzos obtenidas de los análisis mencionados serán de gran utilidad al diseñador estructural, con la finalidad de considerar la acción conjunta de la interacción inercial y cinemática.

En ciertas zonas se construirán estructuras que no forman parte de la losa del malecón y para alcanzar los niveles de contrapiso se proyecta la construcción de un relleno de 1.80 m de altura por lo cual se realizaron los análisis de los estados límite de falla y servicio de dichas estructuras determinando que se obtienen asentamientos inferiores a 3 cm y se recomienda la cimentación de las mismas mediante plintos aislados amarrados entre sí por vigas riostras.

**“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”**

Las cisternas proyectadas pueden ser construidas mejorando el subsuelo del área de construcción 0.30 m y desplantada sobre la losa que se estipula en los planos estructurales.

Debido a que el suelo clasifica como un suelo tipo F se ha realizado el análisis de respuesta de sitio el mismo que se detalla en el informe Análisis de respuesta de sitio

ELABORADO POR:	REVISADO POR:
ING. TERESA ARMAS ESPECIALISTA GEOTÉCNICA	ARQ. DANIEL FERNANDO SAN LUCAS MACIAS DIRECTOR GENERAL DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CÓDIGO SERCOP: 8uE1iUQsG4
REVISADO POR:	APROBADO POR:
ING. CIV. JAVIER ELIAS PRIETO LAINA SUBDIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO – OBRAS PÚBLICAS CÓDIGO SERCOP: tJsbg5oV6w	ING. CIV. ÁNGEL WASHINGTON TAIPE VELIZ DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS CÓDIGO SERCOP: 1b5qYDfpNP