



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ESTABILIZACIÓN DE TERRENO SÚPER-MERCADO MAYORISTA: PILOTES EXCAVADOS

Luis Lama-Landázuri

Piura, junio de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Lama, L. (2017). *Estabilización de terreno súper-mercado mayorista: pilotes excavados* (Trabajo de Suficiencia Profesional de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA



“Estabilización de terreno súper-mercado mayorista: pilotes excavados”

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil

Luis Rafael Lama Landázuri

Asesor: Ing. Jorge Timaná Rojas

Piura, Junio 2017

Dedicatoria

A Dios, a mis padres, por su esfuerzo y sacrificio, por confiar en mí y alegrarse por cada uno de mis logros, a Fiorella y Victoria por ser mis motivos y el impulso que necesito.

Prólogo

Uno de los proyectos de construcción en las que el suscrito ha participado como Jefe de Obra (Residente Privado), fue la construcción de la Tienda Makro en el distrito de Villa el Salvador, la cual motivó la redacción del presente trabajo.

Este proyecto se ejecutó sobre un terreno inestable, conformado en parte por relleno antrópico (basura, desmonte, y desperdicios en general), dado que inicialmente se utilizó el terreno como una cantera de arena y después fue utilizado como botadero de la ciudad.

La obra se realizó en 2 etapas, siendo la primera en el año 2013 los trabajos que corresponden al mejoramiento y reforzamiento de la fundación utilizando, muros de contención, Geomallas y pilotes excavados para lo cual se movilizaron miles de metros cúbicos de tierras para la ejecución. La segunda etapa realizada en el año 2015, en la cual el suscrito también participo como Jefe de Obra se llevaron a cabo los trabajos correspondientes a la súper-estructura (2 Naves industriales) de concreto Pretensado, arquitectura, y especialidades diversas.

El presente trabajo detallará los trabajos realizados en la primera etapa de estabilización de terreno, correspondiente a la instalación de pilotes excavados.

Resumen

El presente trabajo de suficiencia profesional describe la experiencia y el aporte del suscrito a un proyecto de construcción cuyo tema central es la instalación de pilotes perforados, desarrollando de forma explicativa el paso a paso de la ejecución del proyecto, mencionando las contingencias ocurridas y las soluciones planteadas.

Índice

Introducción.....	1
1. Aspectos generales.....	3
1.1. Antecedentes	3
La Empresa: Torre Azul Constructora.....	3
a) Breve reseña.....	3
b) Sistema organizacional.....	5
1.2. Descripción general de la experiencia	6
2. Fundamentación.....	9
3. Aportes y desarrollo de experiencias	11
3.1. Cargo y funciones.....	11
3.2. Aportes generales	13
4. Desarrollo del proyecto – pilotes excavados.....	15
4.1. Descripción del proyecto de construcción	15
4.1.1. Resumen Contractual.....	15
4.1.2. Alcance General	15
4.1.3. Descripción del Terreno y EMS	17
4.2. Marco teórico - normativo	27
4.3. Alcances técnicos	29
4.4. Gestión constructiva	32
4.4.1. Plan de Trabajo.....	32
4.4.2. Ejecución de Trabajos.....	38
4.4.2.1. Trabajos iniciales	38
4.4.2.2. Desarrollo de la ejecución	44
5. Conclusiones y recomendaciones	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	59

Introducción

El suscrito egresó en el año 2012, año desde el cual viene realizando actividades dentro del rubro de la construcción hasta la actualidad. Dentro de dichas actividades y experiencias se ha elegido un proyecto de estabilización de terreno para un supermercado de 16,000.00 m², dentro de este proyecto se ejecutaron partidas de instalación de Pilotes excavados, siendo este último el tema principal del texto.

En el presente trabajo se describirá la experiencia del suscrito, así como su participación en el proyecto en mención, también se desarrollará de manera cronológica las etapas de la ejecución mencionando las contingencias, decisiones y soluciones dadas en obra.

En el capítulo 1 de Aspectos Generales, se hace una síntesis de la empresa donde el suscrito ha laborado, describiendo brevemente el sistema organizacional y finalmente se enumera de manera general la experiencia del suscrito en los distintos proyectos que ha participado. En el capítulo 2 se fundamentan las razones principales que motivaron a la redacción del presente trabajo. En el capítulo 3 se explica de forma breve las funciones dentro del cargo asignado al suscrito, así mismo los aportes dados desde su puesto. En el capítulo 4 se desarrolla de manera amplia el proyecto de construcción orientado a la ejecución de los pilotes, desde el marco teórico, pasando por la mención de los alcances y estudio de expedientes hasta la descripción del proceso de ejecución. Finalmente en el capítulo 5 se dan las conclusiones y recomendaciones a partir de todo el desarrollo antes mencionado.

Capítulo 1

Aspectos generales

1.1. Antecedentes

La Empresa: Torre Azul Constructora

a) Breve reseña

La empresa Organización Torre Azul SAC con nombre comercial Torre Azul Constructora®, fue fundada en el año 2005, con el fin de satisfacer las necesidades propias del rubro de la construcción, especializándose inicialmente en la construcción y equipamiento de centros comerciales, posteriormente la participación en obras de distintas características se diversificó emprendiéndose proyectos tales como centros educativos, coliseos deportivos, edificios industriales y de oficinas, supermercados e hipermercados, multicines y edificios multifamiliares, que juntos suman más de 500,000.00 m2 de área construida a lo largo de la trayectoria empresarial.



Fig. 01.- Logo Torre Azul
Constructora

Dentro de los principales clientes de la empresa figuran los siguientes:



RETAIL

Cencosud Perú S.A.
 C.C. Plaza San Miguel
 Cineplex S.A.
 Cinemark S.A.
 Corporación EW S.A.
 Eckerd Perú S.A.
 Makro Supermayorista
 Supermercados Peruanos – Plaza Vea
 MRBT S.A. – Strip Mall Universitaria
 Inretail Properties Management – Real Plaza
 Tarjetas Oh!

INDUSTRIAS

Inrododen Perú S.A.C.
 Lima Caucho S.A.
 PPL Logistic
 Enerjet S.A
 Unique – Mafer Real StatetS.A.

INSTITUCIONES

Pontificia Universidad Católica del Perú
 Universidad de Lima
 Universidad Peruana Cayetano Heredia
 Colegios Peruanos - Innova Schools
 Instituto Salesiano
 La Molina Christian School

INMOBILIARIA

Flat Perú S.A.
 Los Portales S.A.
 Inmobiliaria Punto Exacto

ENTIDADES

Banco Interamericano de Finanzas.
Ministerio de Relaciones Exteriores.
Sociedad Bíblica Peruana A.C.

b) Sistema organizacional

Dentro del esquema general organizacional, la empresa forma su cadena de valor como se muestra en la Fig. 02. Son varias las áreas que mueven la operación de la empresa, dentro de ella en el área de operaciones (GO) y resaltado de verde en la Fig. 02 se ubica el núcleo de operaciones o núcleo de obra, cuyo ejercicio de labores son directas en el sitio de la obra.



Fig. 02.- Cadena de Valor – OTASAC

La unidad básica organizacional de la empresa en obra (núcleo de obra), es liderada únicamente por el Jefe de proyecto o Residente de obra, en un esquema que se presenta en el Diagrama 01, el cual representa el organigrama típico de la organización en la ejecución de obra.

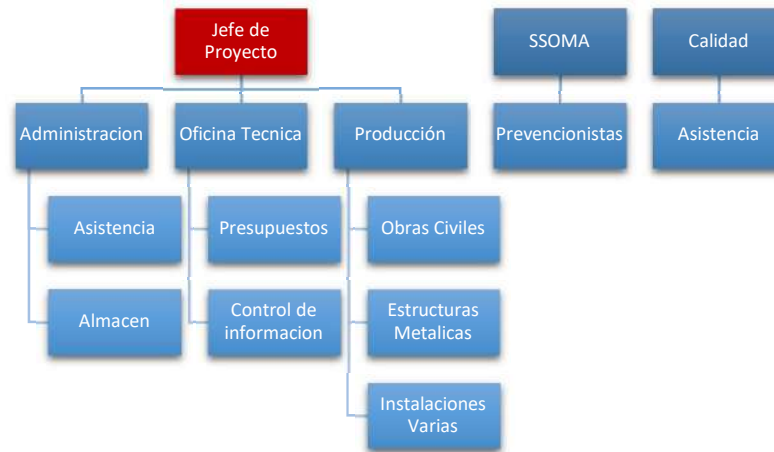


Diagrama 01.- Organigrama Típico - OTASAC

1.2. Descripción general de la experiencia

El suscrito inicia las relaciones laborales con la empresa el 09 de julio del 2012, siendo contratado inicialmente como asistente de oficina técnica. Desde tal fecha a la actualidad ha participado en distintos proyectos propios de la organización como:

- Construcción de Supermercado Plaza Vea - Sullana
- Estabilización de tierras Makro - Villa el Salvador
- Construcción de Edificio Empresarial 21- San Isidro 21
- Demolición, Construcción y ampliación de Edificación para Cines – Plaza San Miguel
- Construcción de Facultad de Derecho – PUCP
- Construcción de Cineplanet – Ventanilla
- Obras de Habilitación Urbana del CC La Rambla Brasil – Breña
- Construcción Tienda Makro - Villa El Salvador
- Reforzamiento y Ampliación de Plaza Vea Bolichera – Santiago de Surco
- Construcción de Nave Industrial Braillard – Villa el Salvador
- Construcción de colegio Miravalles – Comas
- Ampliación y reforzamiento de Colegio Humtec - Comas

En la actualidad el suscrito desempeña el cargo de Gerente de Proyectos dentro del área de operaciones de la compañía, siendo su principal función la gestión de obras en general de la organización.

Dentro de los objetivos profesionales planteados tras finalizar el pregrado estaba conocer sistemas de gestión de proyectos de construcción, sin embargo, era necesario previamente aumentar los conocimientos en cuanto a procesos constructivos en las distintas obras en ejecución, esto para aplicar la teoría aprendida durante la carrera universitaria.

En el transcurso de los años, desde el pregrado hasta la fecha, el suscrito ha desarrollado su conocimiento tanto en procesos constructivos como en técnicas y procesos de gestión de proyectos que han sido de aporte, desde sus funciones, para la organización y valor profesional. Parte de esta experiencia será expuesta en el presente trabajo, para estudio y evaluación.

Capítulo 2

Fundamentación

Uno de los proyectos de construcción en las que el suscrito ha participado como Jefe de Obra (Residente Privado), fue la construcción de la Tienda Makro en el distrito de Villa el Salvador que inició en el año 2013.

El reto de este proyecto se fundamenta en las condiciones sobre las cuales iba a ser desarrollado tanto el diseño como la ejecución.

La obra se diseñó y ejecutó sobre un suelo inestable teóricamente incapaz de portar cargas dado que estaba conformado por relleno antrópico (basura, desmonte, etc.). Inicialmente, el terreno fue una cantera de explotación de arena eólica y luego de retirado suficiente material se utilizó como un botadero sanitario.

El proyecto se ejecutó en 2 etapas, siendo la primera en el año 2013 realizándose los trabajos que corresponden al mejoramiento y reforzamiento de la fundación utilizando muros de contención, pilotes y Geo-mallas, así mismo se movilizaron más de 125.000 m³ de suelo. La segunda etapa realizada en el año 2015, en la cual el suscrito también participó como Jefe de Obra se llevaron a cabo los trabajos correspondientes a la súper-estructura (2 Naves industriales) de concreto Pretensado, arquitectura, y especialidades diversas.

El presente trabajo desarrollará a detalle los trabajos realizados en la primera etapa, específicamente la ejecución de los pilotes como parte importante en la conformación de la súper-estructura.

Capítulo 3

Aportes y desarrollo de experiencias

En el presente capítulo, el suscrito hará un breve resumen de las funciones asignadas a su persona en el proyecto de estudio, así mismo una breve explicación de su participación en el entorno interno como en el externo a la organización en cuanto a las decisiones sobre el proyecto.

3.1. Cargo y funciones

Como se mencionó anteriormente, en este proyecto en particular el suscrito desempeñó las funciones de Jefe de Proyecto de inicio a fin de partidas. De acuerdo al Manual de Organización y Funciones de la empresa, con código MOF-OTA las actividades genéricas del Jefe de Proyecto son:

- Ejecuta la obra de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas en el expediente técnico aprobado, efectuando los respectivos controles de calidad y a la vez optimizando el uso de los recursos de equipo mecánico y mano de obra.
- Controla el buen estado de operatividad y el buen uso del equipo mecánico asignado así como el aprovisionamiento oportuno de los insumos necesarios.
- Autorizar, controlar y evaluar el gasto de planillas, combustibles, lubricantes, repuestos, viáticos, y otros rubros inherentes a las actividades administrativas del proyecto.
- Imparte normas de seguridad para el personal y custodia de los bienes de la obra su cargo.
- Supervisar, controlar y evaluar el cumplimiento de las funciones y responsabilidades del personal técnico y administrativo a su cargo.
- Evaluar e implementar sobre el cumplimiento de ejecución de metas y gastos según cronograma establecidos
- Tomar la decisión de la contratación de los subcontratistas en base a las cotizaciones y alternativas alcanzadas por las diferentes áreas.
- Mantenerse informado y revisar los diferentes resultados e informes de las diferentes áreas a fin de reportarlo a Gerencia, Cliente y tomar las decisiones convenientes para mejorar el desarrollo de la obra.
- Participar en las reuniones con Supervisión, Cliente, Gerencia OTA e informa del desarrollo y acciones a tomar en las diferentes etapas de Obra.

- Coordinar con Supervisión las nuevas reprogramaciones indicadas por el Cliente e informar a las diferentes áreas del organigrama para los trabajos respectivos.

En Aseguramiento de la Calidad

- Seguir y divulgar en la obra la política, metas y objetivos de la calidad.
- Implementar y mantener el sistema de aseguramiento de la calidad en la obra.
- Asistir en la revisión y aprobar el Plan de Aseguramiento de la Calidad de la Obra, supervisando la elaboración los procedimientos específicos de la obra incluyendo los formatos de control.
- Asistir en la elaboración y aprobar las requisiciones de los materiales permanentes.
- Administrar, en estrecha coordinación con el cliente o su representante en el lugar de la obra, las modificaciones o cambios de los documentos contractuales previos al inicio y durante la ejecución de la obra. Manejar los reclamos potenciales en relación a cambios en el alcance del proyecto: Aprobar la emisión de consultas técnicas al cliente.
- Supervisar la realización de auditorías para evaluar el adecuado seguimiento de los procedimientos específicos.
- Revisar sub-contratos para la aprobación del Superintendente de obras.
- Dirigir reuniones de coordinación con el cliente ó su representante y con los sub-contratistas.

En planificación:

- Elaboración de la programación de la obra. Firmar en términos de revisión la programación inicial de la obra para la aprobación del Superintendente de Obra.
- Revisar las diferentes reprogramaciones de obra, asignando los recursos que crea conveniente

En el campo:

- Analizar e interpretar los siguientes documentos contractuales: Planos, Especificaciones técnicas, Procedimientos,
- Aprobar instrucciones de trabajo.
- Asegurar el cumplimiento de los lineamientos establecidos por el programa de salud, seguridad y ambiente en la obra.
- Aprobar sistemas y métodos constructivos.

Costos y valorizaciones:

- Aprobar el informe semanal de obra.
- Aprobar la valorización de obra.
- Aprobar las valorizaciones de los sub-contratistas.
- Aprobar el informe semanal de producción.
- Aprobar el cuadro de control de gastos y controlar el presupuesto meta.

Funciones De Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

- Cumplir con lo dispuesto en el Manual Integrado de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Cumplir con el Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo de OTA.
- Asegurar que la Política de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente sea divulgada a todo el personal bajo su control.
- Conocer y difundir el Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente del Proyecto, los procedimientos y las regulaciones gubernamentales aplicables al proyecto, asegurando su comprensión y cumplimiento por parte del personal empleado y obrero bajo su cargo.
- Seguir los procedimientos e instrucciones de trabajo previamente planificados con Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, retroalimentándolos para asegurar su mejora continua.
- Asegurar que los subcontratistas sean informados y cumplan de los requerimientos del Plan de Seguridad del Proyecto.
- Asegurar que los equipos y vestimentas de protección personal estén disponibles para su distribución en el proyecto.
- Asegurar que todo el personal que ingrese a las instalaciones del proyecto sean entrenados en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente antes de ser asignados a un supervisor.
- Coordinar con otros contratistas y subcontratistas para asegurar que los asuntos de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente comunes sean tratados apropiadamente.
- Realizar inspecciones planeadas sobre las condiciones durante las jornadas de trabajo; y tomar las acciones correctivas sobre todo aquello que se encuentre debajo de los estándares.

3.2. Aportes generales

Al margen de las funciones que dicta el Manual, el principal compromiso del suscrito es velar por el éxito del proyecto, buscando la máxima satisfacción del cliente sin mermar los intereses de la organización con el apoyo de todo el equipo técnico y laboral en general.

Gestión interna general

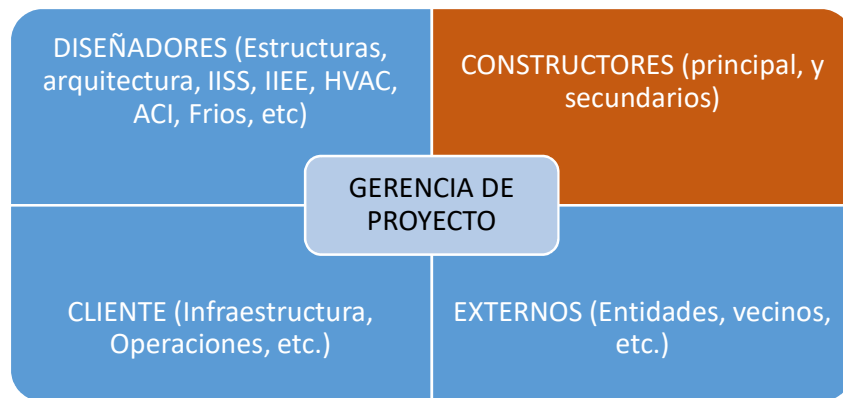
Para conseguir dicho propósito, fue necesaria la gestión integral de las diversas áreas importantes del núcleo de obra: Económica, tiempos y producción, calidad, riesgos generales, seguridad y salud ocupacional, comunicación e información, entre las principales. Cada una de estas áreas tenía responsables a cargo para la gestión de cada una, liderada por el suscrito.

Todos los problemas típicos y no típicos de absoluta competencia del contratista eran resueltos por el equipo de obra, en tomas de decisiones por niveles de trascendencia. Las decisiones que se tomaban con mayor frecuencia, calificadas de bajo riesgo, con resultados normalmente de poca trascendencia, se realizaban en coordinaciones directas en campo que no alcanzaban más allá del jefe del área a cargo, sin embargo las decisiones de menor frecuencia o de alto riesgo, con resultados de mayor impacto se tomaban en reunión con

todos los jefes de área a cargo del suscrito en salvaguarda del proyecto, cuidando principalmente y en equilibrio los intereses de la organización y del cliente.

Gestión externa general

En una órbita externa estaba la gestión general del proyecto liderada por el Director del proyecto o gerente de proyecto de la empresa BK CONSTRUCCIONES representantes del cliente en obra. Desde dicho punto de vista el equipo de obra, representado por el suscrito, la organización era solo era un INTERESADO más en el papel de contratista principal, como se muestra en el siguiente diagrama. Los interesados del proyecto, estaban representadas por aproximadamente 25 personas, incluyendo a la gerencia de proyecto representada por un miembro.



Desde la planificación del proyecto, pasando por la ejecución y finalmente hasta el cierre, se presentaron un sinnúmero de contingencias que ameritaba las reuniones convocadas por la gerencia de proyecto, en muchas de las cuales participaba el cliente como informado. En la mayoría de dichas reuniones, la representada del suscrito era invitada con todo el resto de involucrados para resolver en conjunto problemas de diseño, de requerimiento o necesidad del cliente, condiciones reales de campo y problemáticas externas.

Capítulo 4

Desarrollo del proyecto – pilotes excavados

El presente Capítulo desarrollará el detalle en cuanto a la ejecución de los pilotes excavados en el proyecto de estudio, haciendo en la primera parte una descripción general del proyecto, pasando después por marcos técnicos y finalmente en la descripción del proceso de ejecución.

4.1. Descripción del proyecto de construcción

4.1.1. Resumen Contractual

La obra se ejecutó en el Distrito de Villa el Salvador en el departamento de Lima, iniciando en marzo del 2013. El nombre de la obra fue “Construcción de Makro Villa el Salvador – Etapa 01”. El contrato se celebró entre las empresas Organización Torre Azul SAC como contratista principal y el cliente Makro Supermayorista SA, siendo el representante de este último en calidad de supervisión la empresa BK Construcciones SA.

El monto contractual del proyecto fue de S/. 9'015,994.43 (nueve millones quince mil novecientos noventa y cuatro con 43/100 nuevos soles) para la ejecución de las obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, pilotes y muros de contención. El plazo contractual para la ejecución fue de 150 días calendario, con fecha de inicio 11/03/13 y con fecha fin 29/08/13.

4.1.2. Alcance General

La obra se ubica en la Carretera Panamericana Sur, Av. Mateo Pumacahua y calle Jojoba (antes calle uno) del Distrito de Villa el Salvador, Provincia del departamento de Lima.

El área afectada por la obra está circunscrita en un terreno con una extensión de 16,297.00m². En el pasado este terreno fue utilizado como cantera cuyo recurso mineral extraído fue arena eólica (depositada naturalmente), dejando en la zona una gran y profunda abertura que posteriormente fue rellenada con material de desmonte, el cual es tomado como nuevo terreno “natural” y de recepción de la obra.

En la primera etapa o parte de la obra total se ejecutó, básicamente, la conformación del plataformado y todos los trabajos de los que este depende para su ejecución. Es decir se tratará la sub estructura de la Tienda. Como se aprecia en la imagen (Fig. 03) en esta primera etapa la plataforma quedará a nivel de sub rasante en los distintos niveles según el proyecto final.

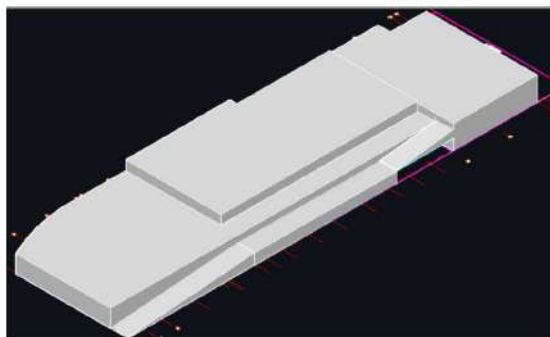


Fig. 03.- Isométrico de niveles finales

Este plataformado será el apoyo de las cimentaciones de la tienda y sus instalaciones como se muestra en las siguientes imágenes. La fig. 04 corresponde al plano de cimentaciones y la fig. 05 corresponde al plano de la arquitectura general.

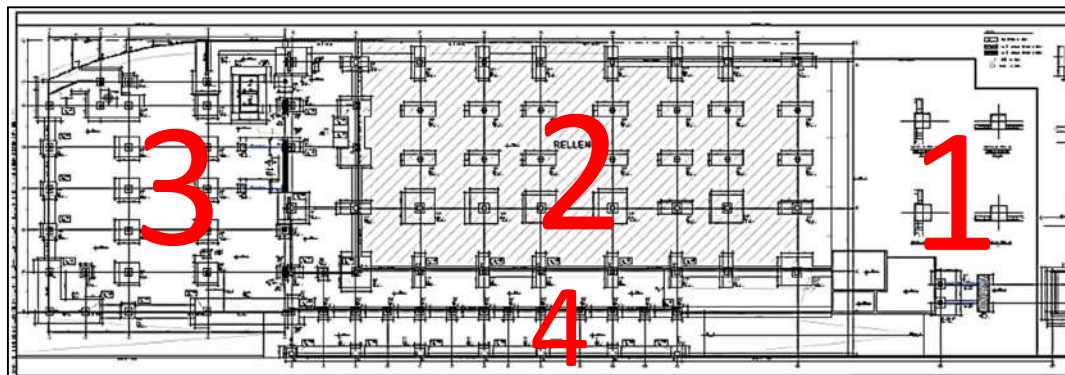


Fig. 04.- Sectorización general – Planta de cimentaciones

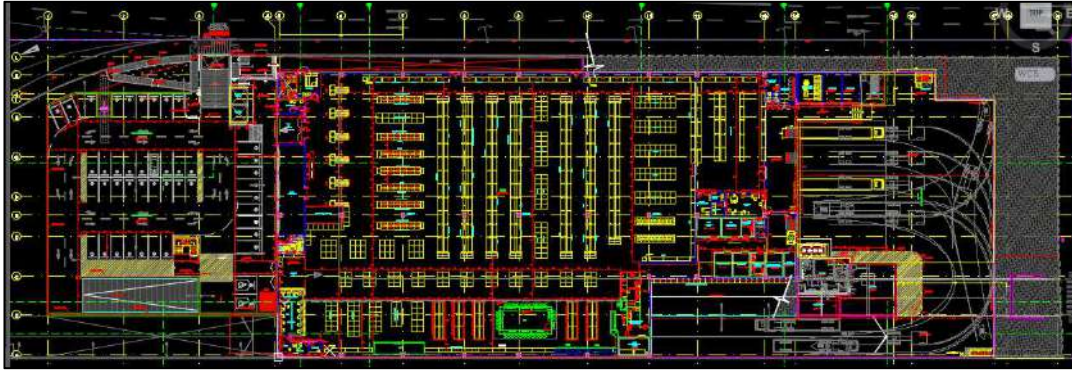


Fig. 05.- Planta general de arquitectura

El desnivel en los distintos sectores será solucionado con la construcción de muros de contención. De la fig. 04 en la zona 1, se ejecutará la conformación de la fundación mediante relleno controlado; en la zona 2, que es la zona más afectada por los rellenos antrópicos, se hará un tratamiento mixto de geomallas e instalación de pilotes, para la conformación de la fundación; en la zona 3 se hará un corte masivo a tajo abierto hasta encontrar suelo competente (arena) y se rellenará como recomienda el EMS a nivel de subrasante. El sector 4, será un sistema de estabilización mixta entre instalación de pilotes, corte de tierras y relleno controlado, según las condiciones del terreno.

Se dio inicio a la obra con el trazo y replanteo de las zonas definidas por el proyecto, posterior a ello se empezaría con el movimiento de tierras por los corte y relleno (con material mejorado), paralelamente se trabajaron las obras civiles, las cuales involucraron netamente a los muros de contención y estos a su vez al proceso de perforación para la instalación de los pilotes necesarios en la cimentación según el diseño, es preciso recalcar que las zapatas de las columnas no están incluidas en esta primera etapa de ejecución. Por otro lado, como trabajo preliminar se contempla la demolición de las estructuras presentes en el terreno, principalmente, las instalaciones del ex Crematorio.

4.1.3. Descripción del Terreno y EMS

El área del terreno en toda su extensión es de topografía moderadamente accidentada e irregular, se encontraban algunas construcciones ubicadas en la zona de ingreso frente a la panamericana sur. Superficialmente estaba conformado por dos plataformas, la parte baja donde se ubicaban las construcciones, servicios, etc, y la parte alta rodeada por taludes en las zonas perimetrales con fuerte pendiente, existiendo una diferencia de nivel de alrededor de 20m en todo el terreno, como se muestra en la Fig. 06.

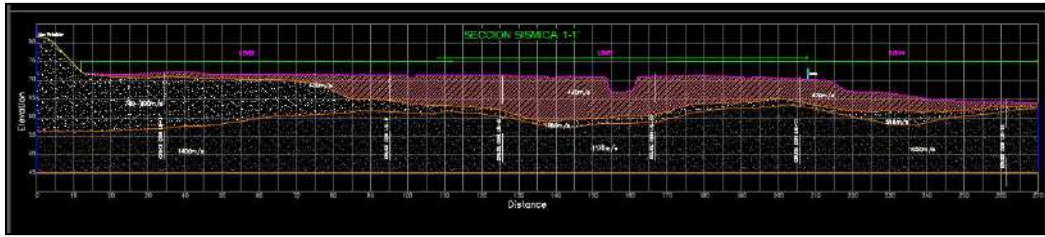


Fig. 06.- Perfil topográfico 250ml



Fig. 07.- Vistas de la zona baja del Terreno



Fig. 08.- Vistas de la zona alta del Terreno



Fig. 09.- Vistas de la zona media del Terreno

Como se mencionó anteriormente, la historia del suelo ha sido afectada por la explotación del mineral (arena eólica) y los constantes cambios al uso del suelo. En la siguiente secuencia cronológica de imágenes (Fig. 10) se muestra desde el año 2002 los cambios físicos y superficiales que ha tenido el terreno desde vistas satelitales hasta el año 2013, año en que se entregó el terreno para la construcción.

**2002****2003****2005**



2010



2011



2013

Fig. 10.- Vistas cronológicas satelitales

Para la elaboración del plan de trabajo y la ejecución de obras en el terreno, fue necesario el estudio del expediente de mecánica de suelos para tenerlo en cuenta necesariamente en el proceso constructivo.

El EMS se sustenta en investigaciones directas, indirectas y recopilación de información de campo: 20 calicatas (C-1 a C-20) en algunos casos profundizados con posteadora los que alcanzaron una profundidad máxima de 5.00m, se recabo información de 8 trincheras (T1 a T2) existentes en la zona de rellenos antrópicos, se realizaron 8 ensayos de Penetración Estándar (SPT) (ver. Fig. 15) hasta una profundidad máxima de 6.45m, 2 perforaciones diamantinas (P-01 y P-02) hasta una profundidad máxima de 16m (ver Fig. 16 y 17), y 17 ensayos de densidad de campo por el método del anillo.

Las investigaciones indirectas consistieron en métodos geofísicos: 15 ensayos mediante el método de refracción sísmica y 6 por el método MASW (1D). Ver imágenes Fig. 11, 12, 13.

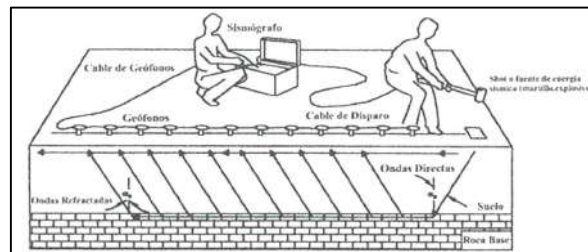


Fig. 11.- Disposición en el Campo método refracción

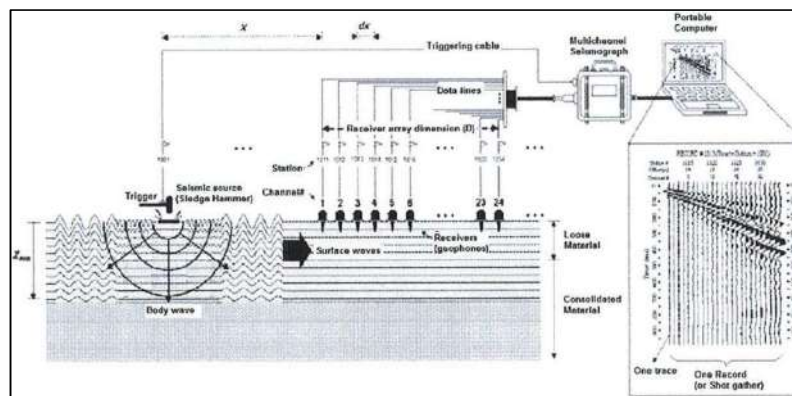


Fig. 12.- Disposición en el Campo método refracción



Fig. 13.- Ensayo de refracción sísmica LS-05



Fig. 14.- Vista interior de la calicata C-1

En la Fig. 11 se muestra el perfil estratigráfico que alcanzo una profundidad de exploración de 4.50m, manualmente se excavo hasta 2.50m y continuó con un sondaje mediante la posteadora manual hasta los 4.50m.



Fig. 15.- Ensayo de Penetración Estándar (SPT-1)



Fig. 16.- Perforación con diamantina (P-02)



Fig. 17.- Perforación con diamantina (P-02)

En la figura fig.17 se muestra el material extraído de la perforación P-02 en donde el material de relleno se encontró hasta una profundidad de 11.50m, luego desde 11.50m hasta los 16.00m de exploración aparece el material natural de arena fina.

El EEMMSS sectorizo la exploración en 3 zonas; la zona 01, era la parte baja, la zona 02 era la parte media y la zona 03 era la parte más alta del terreno, como se muestra en la fig. 18.

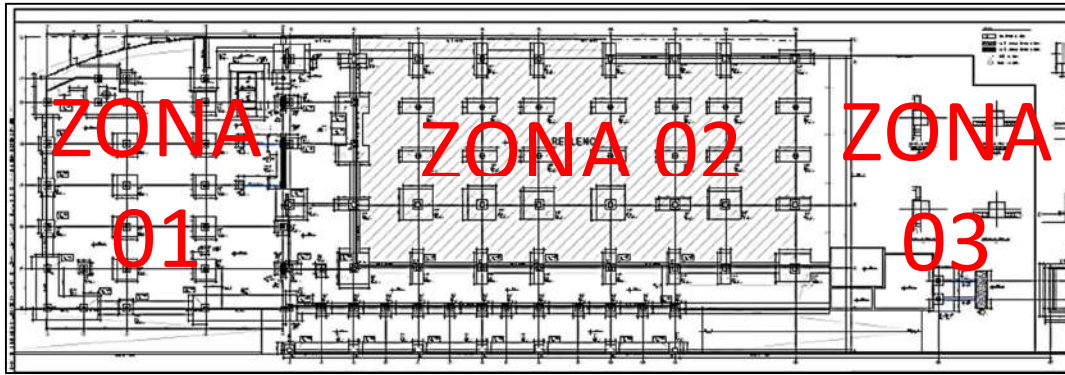


Fig. 18.- Sectorización de la exploración del EEMMS

Los materiales predominantes en la zona de estudio están constituidos principalmente por:

1. Rellenos antrópicos de pésimas condiciones geotécnicas el cual está limitado por la Norma de Suelos y Cimentaciones (E-050) para la cimentación sobre estos materiales, se ubica principalmente en la zona 2 (central) cuyo espesor llega a tener hasta 17m de profundidad. Las superficies de contacto relleno arena de los laterales (norte, sur y este) presentarían cambios bruscos con taludes superiores a 1:1 como resultado del tajo para la explotación de la arena. En los perfiles estratigráficos (A-A, B-B, C-C, 1-1, 2-2, 3-3, 4-4) se muestra la variación de los espesores de estos materiales.
2. Arena fina de origen eólico, de acuerdo a la clasificación SUCS son arenas pobremente gradada (SP) y arena pobremente gradada con limos (SP-SM), presentan regulares buenas características geotécnicas, sobre el cual se cimentaran las obras civiles como cualquier conformación de rellenos ingenieriles, se ubica hacia la zona 1, 2 y bajo rellenos.

En base a la información geotécnica, geológica y topográfica, se presenta la siguiente zonificación:

Zona 1: Parte Baja del Terreno

Sobre este sector se realizaron las siguientes investigaciones C1 C2 C18 C19 C20 SPT1 SPT6. Representa la zona más baja del predio.

Está constituido por una primera capa de rellenos antrópicos (arena fina, gravas subredondeadas aisladas, plásticos, raíces, losas de concreto) cuyo espesor esta en el orden de 0.60 a 0.90m. Subyace material conformado por arena fina, color beige, poco húmedo, no plástico, con lentes de limos aislados, de compacidad firma a muy firme, con suelos naturales y persisten en profundidad.

Zona 2: Parte Media del Terreno

Sobre este sector se realizaron las calicatas C3 C4 C5 C6 C11 C12 C13 C14, ensayos de penetración estándar SPT2 SPT4 SPT8, y las perforaciones con diamantina P01 P02. En esta zona se observaban dos áreas bien definidas de suelos:

- **Zona Perimetral**

Sobre este sector se realizaron las calicatas C3 C5, el subsuelo esta conformado superficialmente por material removido de arena fina y relleno típico de la zona, de espesor promedio de 0.30m, subyacente se tiene el material de arena fina, color beige, poco húmedo, no plástico, de compacidad firme.

- **Zona Central**

En este sector se concentran los rellenos antrópicos (escombros, grabas, plásticos, fierros, etc.) típicos de la zona de estudio, de pésimas condiciones geotécnicas, su espesor está en el orden de 1.50 hasta los 17m en promedio. Luego subyace material de suelo natural conformado por una arena mal gradada, de color grisáceo, de compacidad muy firme a muy denso, no plástico, ligeramente húmedo, estrado muy permeable, el suelo arenoso continúa en profundidad y compacidad hasta 30m de profundidad.

Zona 3: Parte Posterior del Terreno

Sobre este sector se realizaron las calicatas C7C8 C9 C10 y los ensayos de penetración estándar SPT3 SPT5 SPT7.

El subsuelo que está conformado por una primera capa delgada de material de relleno gravoso con arena, de compacidad firme, el espesor que varía de 0.20m a 0.40m a excepción de la C7 que tiene material de relleno hasta los 1.80m, subyace suelo natural conformado por arena fina (SP y SP-SM), color beige, poco húmedo, no plástico, de compacidad muy firme a firme.

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, ensayo de refracción sísmica, perforaciones con diamantina, perfiles, estratigráficos, características de las estructuras a construir y esfuerzos que transmitirá al suelo de fundación la estructura proyectada, se recomendó lo siguiente:

Zona 1: Parte Baja del Terreno (+62.00)

Para obras mayores se recomendó cimentar sobre suelo natural arena mal gradada (SP) de compacidad firme a muy firme, a una profundidad mínima de cimentación de $D_f=2.00$ (Con respecto a la cota +62.00), para lo cual se recomendó emplear zapatas aisladas de concreto armado conectadas con vigas de cimentación y zapatas corridas armadas. Para una capacidad portante admisible del suelo de 1.00kg/cm².

Zona 2: Parte media del Terreno (+71.00)

Para la cimentación de estructuras principales el EMS recomendó utilizar una cimentación superficial en base a platea de cimentación o losa de concreto armado (a nivel

que mande el proyecto). Se recomendó utilizar una viga collarín de 0.60m de peralte en todo el borde de la platea. Para cimentar cualquier estructura sobre esta zona, primeramente se removerán en su totalidad los rellenos existentes, luego reemplazar con material seleccionado de tipo granular o relleno de ingeniería y compactar en capas de 0.20m de espesor al 98% de la máxima densidad seca del proctor modificado. El primer estrato de este suelo mejorado por debajo del nivel de la platea de cimentación tendrá un espesor de 1.00m y estará conformado por un suelo granular del tipo afirmado compactado por capas de 0.20 al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado. Se recomendó nivelar, escarificar y compactar la superficie de contacto entre el suelo natural y el material de relleno antes de realizar el mejoramiento del suelo. Se recomendó los controles de compactación y la supervisión de parte de un especialista para los trabajos de cimentación. Para una capacidad portante admisible del suelo para losas de 0.65kg/cm².

Zona 3: Parte posterior del Terreno (+71.00)

En este sector para la cimentación de obras mayores se recomendó cimentar sobre el material de arena mal gradada (SP) de compacidad muy firme, a una profundidad mínima de cimentación de Df=2.00m, con respecto al nivel del terreno natural (+71.00), por debajo siempre de todo material de relleno que se pueda encontrar, recomendando usar una cimentación superficial en base a zapatas aisladas de concreto armado conectadas con vigas de cimentación y zapatas corridas armadas. Para una capacidad portante admisible del suelo de 1.32kg/cm².

Debido a la naturaleza deleznable del suelo se recomendó utilizar encofrados para las cimentaciones. Así mismo recomendó el diseño de muros de contención para la zona perimetral del terreno. Para los trabajos de compactación, recomendó tener cuidado con las cercanías a los taludes colindantes con los lados perimetrales del terreno, ya que podría presentarse posibles derrumbes de no tomar las medidas de seguridad. Se recomendó para el corte de material de arena (SP o SP-SM) en razón de 1:1.2.

Para la determinación de empujes laterales sobre muros de contención, encofrados o estructuras enterradas, se emplearían una distribución triangular de presiones. El empuje total puede determinarse mediante la siguiente relación:

$$E_A = \frac{\gamma H^2}{2N_\phi}$$

Donde:

E_A : Empuje de presión activa para suelos friccionantes y con cohesión.
 γ : Peso específico del suelo (1.63 Tn/m³)
 N_ϕ : Coeficiente adimensional que depende de ϕ
 H : Altura del Muro
 K_A : Coeficiente activo de presiones

Donde: $K_A = \frac{1}{N_\phi} = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$

Para $\phi = 33^\circ$
 $K_A = 0.294$
 $N_\phi = 3.39$

No se previó agresión química del suelo de cimentación al concreto y acero de refuerzo: el grado de alteración al concreto por contenido de sulfatos es leve. El EMS sugirió emplear cemento tipo I.

El grado de alteración al acero por contenido de cloruros es no perjudicial. Diseñar recubrimientos mínimos.

El grado de alteración por contenido de Sales Solubles Totales es no perjudicial por lo tanto no ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Con respecto a las arenas de estacionamiento los suelos que conforman el subsuelo por debajo de la vía existente, que trabajan como material de cimentación del pavimento, corresponden arenas mal gradadas con limo, cuya clasificación SUCS es SP-SM y clasificación AASHTO A-3(0). Para el suelo de clasificación SP-SM el material de la subrasante de granulometría fina tiene una capacidad de soporte buena, con un valor de CBR en el orden de 25.5% al 100% de la máxima densidad seca, en donde la curva de compactación se obtuvo una máxima densidad seca de 1.734 gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 16.7%.

4.2. Marco teórico - normativo

Según la norma E.050 de Suelos y cimentaciones, del reglamento nacional de edificaciones, en el capítulo 5 de título Cimentaciones profundas, define a este tipo de cimentaciones como aquellas en las que la relación profundidad / ancho (D_f/B) es mayor a 5, siendo el D_f la profundidad de la cimentación y B el ancho o diámetro de la misma. En este caso de estudio los pilotes se encuentran incluidos dentro del grupo de cimentaciones profundas.

Dicha norma indica que la cimentación profunda será usada cuando las cimentaciones superficiales no sean capaces de portar carga después de aplicados los factores de seguridad en los cálculos por rotura o por asentamiento.

Se deben cumplir ciertas características del suelo para hacer necesario el uso de cimentaciones profundas:

- a. Cuando el estrato o estratos superiores del suelo son altamente compresibles y demasiado débiles para soportar la carga transmitida por la estructura. En estos casos se usan pilotes para transmitir la carga a un estrato de mayor resistencia.
- b. Cuando están sometidas a fuerzas horizontales, ya que las cimentaciones con pilotes tienen resistencia por flexión mientras soportan la carga vertical transmitida por la estructura.
- c. Cuando existen suelos expansivos, colapsables, licuables o suelos sujetos a erosión que impiden cimentar las obras por medio de cimentaciones superficiales.
- d. Las cimentaciones de algunas estructuras, como torres de transmisión, plataformas en el mar, y losas de sótanos debajo del nivel freático, están sometidas a fuerzas de levantamiento. Algunas veces se usan pilotes para resistir dichas fuerzas.

Los pilotes son elementos estructurales, que son usados principalmente para transmitir las cargas a estratos más resistentes mediante el contacto con la “punta” y/u obtener mayor capacidad para las demandas de cimentación obtenida mediante la fricción de la superficie en contacto del pilote con el terreno.

Estos elementos estructurales, pueden ser de distintos materiales (madera, acero, concreto), de distintas formas de sección (cuadradas, circulares, hexagonales, etc.), así mismo de distintas formas de instalación (hincados o perforados). La elección de la mejor alternativa del material, sección y forma de instalación será la que mejor se acomode a las condiciones reales del sitio, que sea técnica y económicamente viable.

Para el presente estudio en particular, el pilote instalado fue de concreto armado de sección circular y perforado.

Pilotes perforados

Los pilotes perforados o pilotes contruidos in-situ, se pueden fabricar de distintas maneras según las condiciones del suelo. La técnica consiste básicamente en perforar el suelo con un barreno extrayendo el material al exterior, luego se introduce el acero corrugado y finalmente se procede con la aplicación del concreto. Ver fig. 19

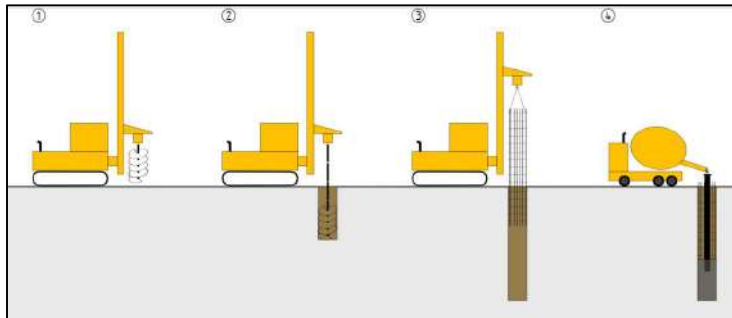


Fig. 19a.- Proceso de instalación de pilotes perforados hormigonados in-situ

Dentro de este método existen técnicas de proceso según las condiciones del suelo, siendo la principal la estabilidad granulométrica del suelo, es decir suelos sin cohesión entre sus partículas, suelos colapsables o desmoronables. Si el suelo es muy consolidado, que resiste sin problemas cortes mayores a 90° entonces no será necesario ningún método de confinamiento antes del vaciado.

En este caso en particular, el suelo antrópico es un suelo fácilmente colapsable que amerita un PILOTE IN SITU DE CAMISA RECUPERABLE. Es decir que a medida que se va perforando y extrayendo el material se va instalando una camisa o fuste metálico para confinar el suelo, se colocará posteriormente el acero habilitado en su interior para ser vaciado, a medida que se va aplicando el concreto se van retirando las fundas de acero.

En la siguiente imagen se puede apreciar gráficamente el proceso de instalación de un pilote perforado in-situ.

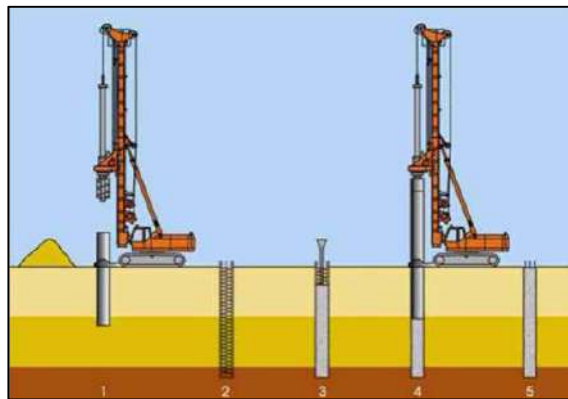


Fig. 19b.- Proceso de instalación de pilotes perforados hormigonados in-situ

4.3. Alcances técnicos

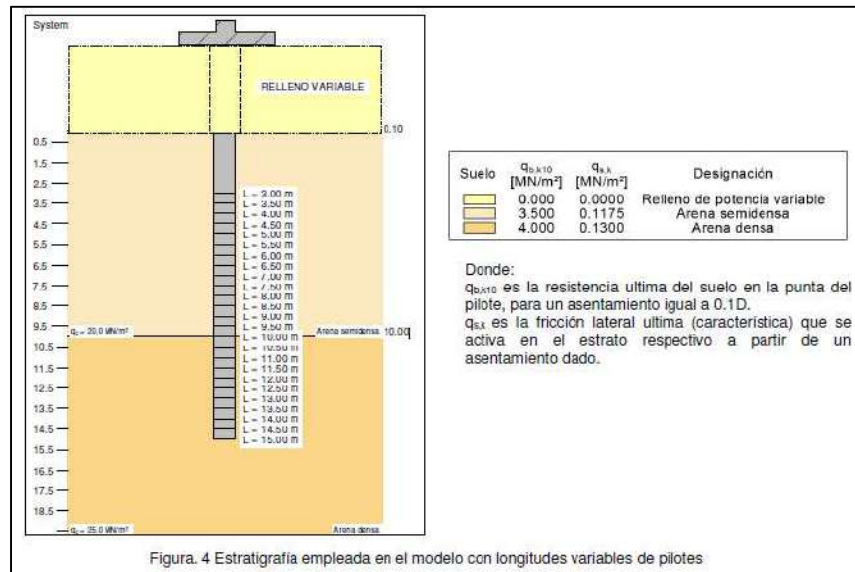
En la presente sección, se presentará principalmente los alcances técnicos extraídos del expediente, elaborados por la empresa PILOTES TERRATEST DEL PERÚ SAC (PTP).

Las normas aplicadas para el diseño de los pilotes fueron:

- DIN 4014: Bored cast-in-place piles. Formation, design and bearing capacity.
- DIN 1054: Permissible loading of subsoil
- UNE-EN 1536: Bored Piles (Eurocódigo). Julio 2000
- DRILLED SHAFTS: Construction Procedures and Design Methods
- Publication N° FHWA-IF-99-025-US Department of Transportation-FHWA
- ACI 318-95: Código de diseño de Hormigón Armado

Los parámetros aplicados para el diseño de los pilotes han sido tomados del estudio de mecánica de suelos. Así mismo las condiciones del terreno resumidas en dicho informe del EMS.

El informe del expediente de pilotes dicta: “Para la modelación de los pilotes, se ha tomado en cuenta la estratigrafía propuesta en el estudio de mecánica de suelos, con un primer estrato de espesor variable de relleno de material removido y un segundo estrato de arena densa con un incremento de su compacidad en la profundidad. Debido a que cada zapata tendrá un trato distinto según su ubicación en el terreno, se han modelado los pilotes de tal forma, de que penetren en todos los casos por lo menos 3m en el estrato de arena firme, resultando así pilotes de longitudes variables para cada zapata. Se ha considerado que el estrato de relleno no aporta ninguna resistencia por fricción del fuste del pilote. Los parámetros empleados para los modelos de cálculo son los siguientes:



Acerca de la tecnología propuesta por la empresa diseñadora si indica: “se propone la ejecución de pilotes de 1000mm de diámetro con perforación previa al hormigonado de los pilotes.

Dependiendo del tipo de suelo y de la presencia de agua, el método constructivo consiste en ejecutar la perforación mediante un encamisado metálico que evite desmoronamientos del terreno circundante.

Una vez finalizada la perforación del pilote, se coloca la armadura previamente montada. Luego, mediante un conducto de alimentación (Tubería tremie) se va llenando de concreto, a medida que va desplazando al lodo hacia la superficie o se va retirando el encamisado.

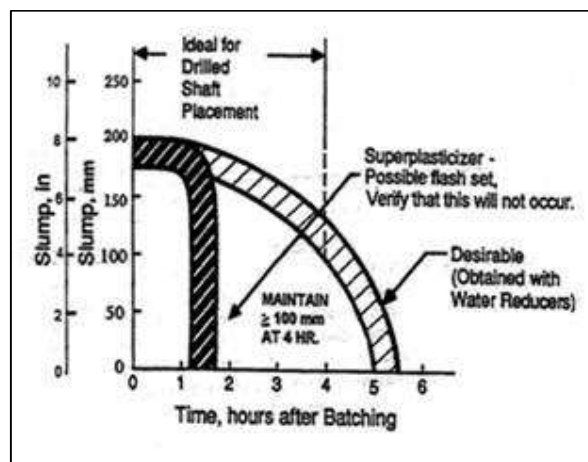
El tipo de maquinaria a emplear, es mediante perforadoras rotativas hidráulicas equipadas con barras Kelly para suelos duros o roca.”

En el expediente de diseño indica de igual forma la memoria de cálculo de los pilotes, en donde se detalla los procedimientos de cálculo y diseño de estos elementos estructurales según las condiciones tomadas en cuenta.

Especificaciones del concreto

Dentro de los acuerdos comerciales entre OTA y el propietario, estaba el suministro del acero habilitado y del concreto para que sea instalado por la pilotera PILOTES TERRATEST. Los requerimientos que debían cumplir para el concreto, dados por TERRATEST, eran especiales siendo los siguientes:

- 1.- Concreto con Slump de 8" puesto en obra.
- 2.- Tamaño máximo de agregado $\frac{3}{4}$ ", nominal de $\frac{1}{2}$ "
- 3.- Retardador de pérdida de fluidez de por lo menos 4 horas. Se debe mantener fluido, por lo menos 4 horas, considerando una reducción máx. de la fluidez según el siguiente esquema. Evitar aditivos superfluidificantes vertidos en obra



- 4.- Resistencia H30 (300kg/cm²)

Aspectos constructivos:

- 5.- Descarga directa desde el mixer hacia la tubería tremie (tubería para el vaciado de los pilotes). El concreto se canaliza con la tubería hacia el fondo del pilote. El concreto no se vibra.
- 6.- Considerar la provisión en horario nocturno.
- 7.- El tiempo de descarga es el tiempo que se demoró el mixer en vaciar todo su contenido mediante el chute. En caso implique cortar una camisa, el mixer esperará entre 10m y 15m para esta labor.

4.4. Gestión constructiva

4.4.1. Plan de Trabajo

En el presente apartado se mostrará el resumen gráfico del plan de trabajo presentado al cliente, correspondiente a las actividades de planificación relevantes al caso en estudio (Pilotes excavados).

Dados los costos meta reducidos, el objetivo principal del plan fue optimizar el uso de los recursos cumpliendo con los plazos propuestos, y con la calidad solicitada. Estos objetivos fueron transmitidos al inicio de los trabajos a todo el personal que será asignado a la obra, quienes aportaron toda su experiencia y conocimientos para alcanzar los objetivos establecidos.

Sectorización

Como se explicó anteriormente, esta primera etapa básicamente está determinada por el movimiento de tierra confinada por los muros de contención. Por lo que demanda un trabajo simultáneo de varias especialidades solo para el tratamiento del terreno de fundación como es: El movimiento de tierras, construcción de muros de contención y la instalación de pilotes.

Para esta etapa la obra se dividió en 4 sectores, independientes entre sí en cuanto al desarrollo de las actividades internas de cada sector, sin embargo tendrán dependencia externa, es decir que seguirán vínculos de fin-comienzo en algunos casos obedeciendo al proceso secuencial de instalación de pilotes, hechos solo por una máquina pilotera.

Estos sectores se han definido básicamente por el nivel del plataformado y por la dificultad de los trabajos para la realización de los muros de contención que son apoyados sobre pilotes.

A continuación se muestra en la Fig. 20 la imagen de la distribución en planta de la sectorización comentada líneas atrás.

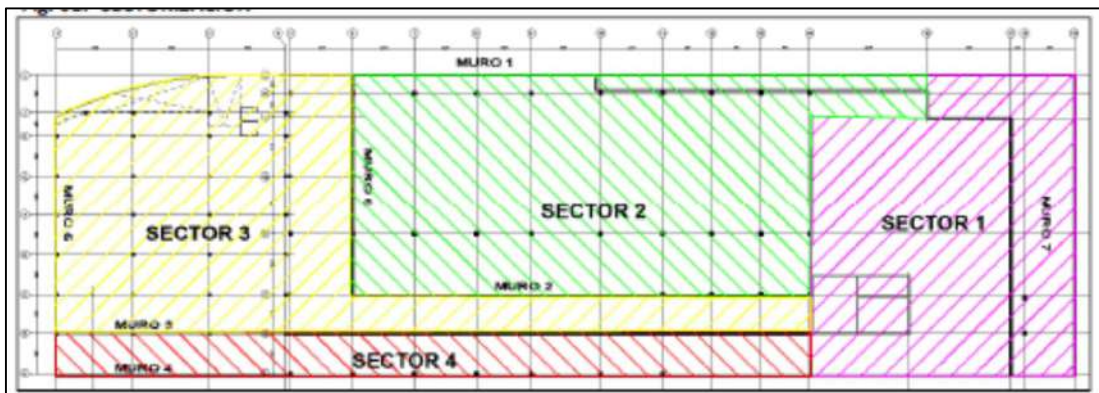


Fig. 20.- Sectorización de trabajos

- **Sector 1 ($A=3000.00m^2$)**

En esta zona el nivel de terreno promedio es de 70.50m, dentro de este se encuentra un montículo de relleno mejorado (con over de 15”) que ocupa la mayor extensión de este (45% del área del sector). Este sector es muy particular del resto, puesto que tiene un nivel bajo de material de desmonte, es decir el terreno estable (arena) se encuentra al ras. Por lo que el diseño del proyecto no contempla pilotes para esta zona. Con respecto al nivel de las zonas colindantes, este sector tiene una diferencia con estas de 11.00m, es decir existe un corte pronunciado que produce un desnivel considerable como se muestra en las siguientes fotografías (Fig. 21).



Fig. 21.- Vista Sector 01

Sector 2 ($A=4300.00m^2$)

Este sector tiene el material mejorado esparcido por el 90% de su área, esto sin compactación, el nivel promedio de su cota “existente” es de 71.00m, dentro de su extensión se encuentran 3 calicatas de considerable profundidad producto de la exploración del terreno de fundación. Colindante a este sector se encuentra la Av. Mateo Pumacahua, y tiene una diferencia de niveles con esta, promedio de 3.00m. Este sector se puede apreciar en la Fig. 22.



Fig. 22.- Vista Sector 02

- **Sector 3 ($A=3500.00m^2$)**

En este sector se ubica la calicata más grande de todas, con una profundidad de 6.00m aproximadamente y que ocupa el 15% del área del sector.

En este sector se ubica un muro existente de albañilería en donde se da el ingreso a la maquinaria, y de igual modo que el sector 2 comparten la colindancia con la Av. Mateo Pumacahua.

En cuanto al relleno mejorado, existe un montículo en este sector que se ubica al lado opuesto de la calicata grande. Este montículo DE 3.50m de alto se muestra en la siguiente Figura:



Fig. 23.- Vista Sector 03

- **Sector 4 ($A=1400.00m^2$)**

Este sector tiene casi el 90% de colindancia con el lote 2, el cual es un lote privado de un taller que aparentemente se dedica a la metalmecánica. El 100% del sector está en talud como se puede apreciar en la siguiente Figura.



Fig. 24.- Vista Sector 04

Según el cronograma y secuencia de actividades la partida que pondrá la pauta en la ejecución de obra será la instalación de pilotes. El plataformado provisional (sin compactar), será de acuerdo a la sectorización antes descrita, la cual fue realizada en base a las cotas de cimentación de pilotes, esta alternativa de secuencia se consideró la mejor presentada como ruta crítica.



Fig. 25.- Esquema de secuencia planificación

Como se muestra en la figura Fig. 26, que se usó como bosquejo en la elaboración del plan de trabajo, se indica de azul los niveles del plataformado provisional para la movilización de la maquina pilotera. El nivel de la plataforma provisional quedará al mismo nivel de vaciado de cabezal de pilote. Esto permitiría ahorrar las longitudes de perforación y por ende disminuirían los costos por este servicio.

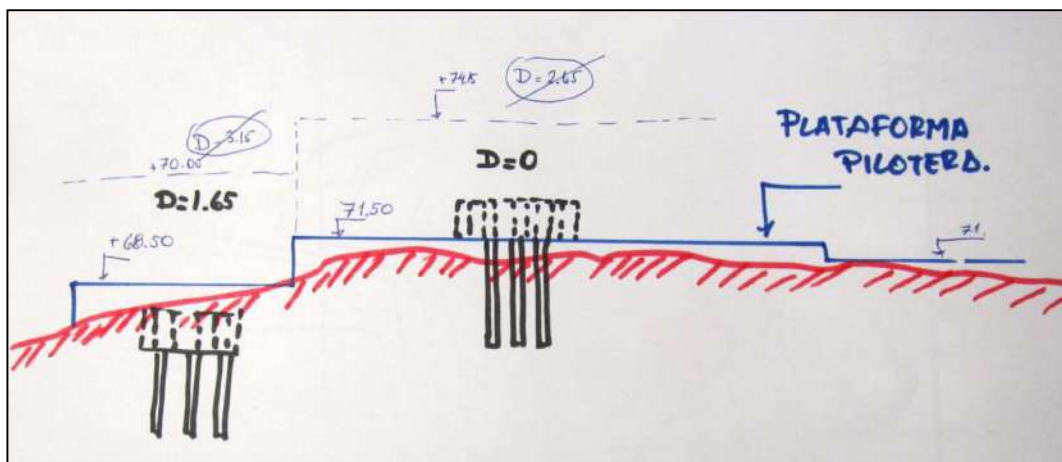


Fig. 26.- Bosquejo de corte de plataformado

En la siguiente imagen Fig. 27 se puede visualizar claramente el isométrico de niveles provisionales para el tránsito de la maquina pilotera.

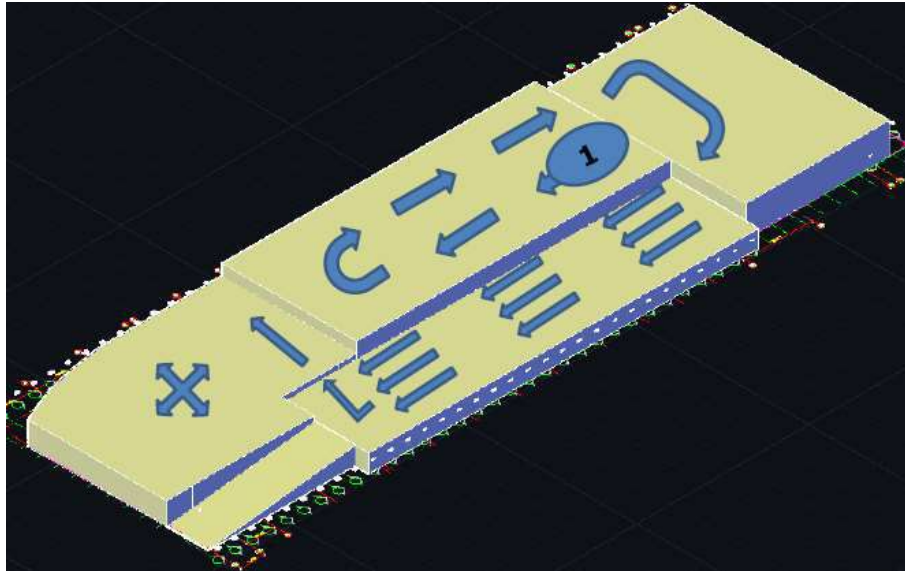


Fig. 27.- Isométrico de niveles provisionales

Como se puede apreciar en la siguiente imagen (Fig. 28), a otro isométrico con niveles distintos, los cuales serán los niveles finales y definitivos de suelo, los que se efectuarán con movimientos de tierra y muros de contención.

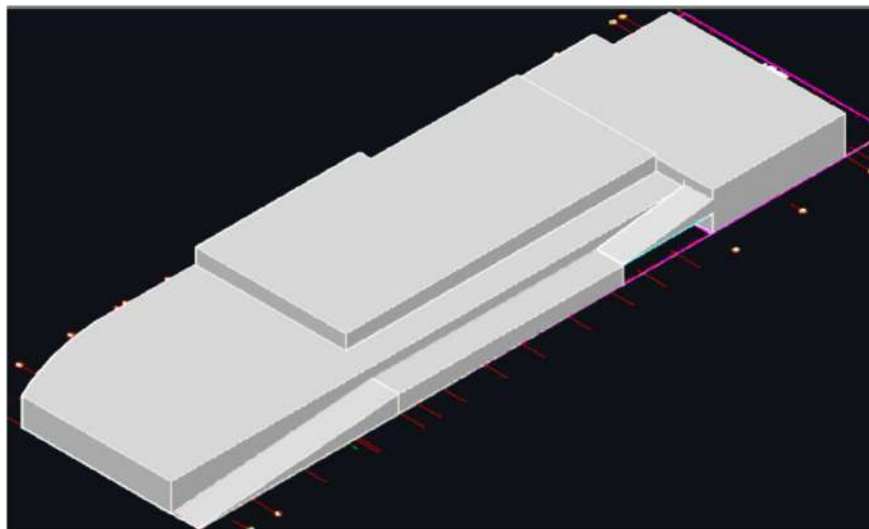


Fig. 28.- Isométrico de niveles finales

Posterior a la instalación de pilotes, la secuencia gráfica de estos procesos se puede apreciar en el siguiente bosquejo, el cual muestra de manera general el orden de las actividades a ejecutar. Este bosquejo también se presentó ante el cliente y fue aprobado por la gerencia de proyecto.

Como se aprecia en el corte de niveles (Fig. 29), una vez que se han instalado los pilotes en el nivel provisional se procede con el relleno y nivelación del sector hasta llegar al nivel de sub rasante, este relleno controlado se dejaba en caída (terraplén) siguiendo la forma del terreno natural de manera que permita la construcción de los muros de contención (negro) en una secuencia de abajo hacia arriba, procediendo luego a los rellenos controlados respectivos hasta llegar los niveles del plataforma final.

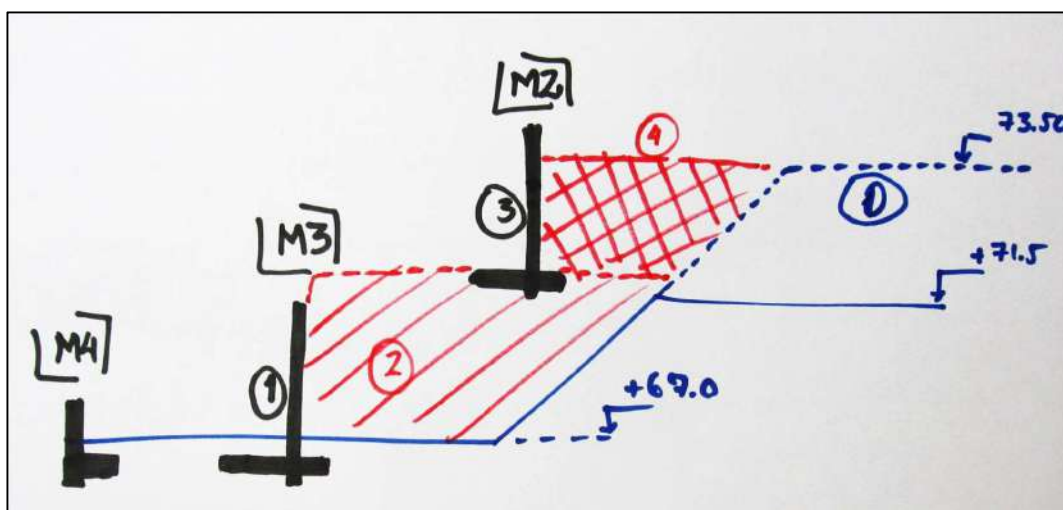


Fig. 29.- Corte – Secuencia constructiva

4.4.2. Ejecución de Trabajos

Previo al detalle de ejecución de obras, es preciso señalar las principales empresas involucradas que participaron a lo largo de la obra correspondiente a la primera etapa.

Cargo	Empresa	Nick	Representante
Contratista Principal	Organización Torre Azul SAC	OTA	Rafael Lama
Contratista Pilotera	Pilotes Terratest del Perú	PTP	Cesar Cáceres
Supervisión	BK Construcciones SA	BK	Rafael Riojas
Cliente	Makro Supermayoristas SA	Makro	Mauricio Tam

En los siguientes apartados se indicarán los eventos de coordinación, constructivos y de contingencia vinculante de mayor trascendencia durante la ejecución de obra.

4.4.2.1. Trabajos iniciales

- Trazo y replanteo

Inmediatamente después a la entrega del terreno, se procede a realizar el levantamiento topográfico de todo el terreno dado que el plano de curvas de nivel entregado inicialmente no concordaba con las condiciones reales del terreno.

El terreno no presentaba referencias de linderos fijos en 3 aristas de las 4 que definían su límite. El terreno limitaba por el frente con la Av. Pedro Miota (Panam. Sur), por la derecha con la Av. Mateo Pumacahua, por la izquierda con un terreno vecino separado con un muro de albañilería, y posteriormente limitaba con la Av. Jojoba. Como se puede visualizar en la fotografía Fig. 30, los límites no estaban claros, los muros artesanalmente levantados no estaban de acuerdo a las referencias de la partida registral.



Fig. 30.- Vista satelital 2013 – Antes de ejecución

Considerando que los elementos estructurales que las cimentaciones iban a soportar serían de concreto prefabricado, es decir piezas con medidas únicas y no variables construidas en taller-planta y montadas en el sitio, no la tolerancia era casi nula para el trazo de los pilotes, las referencias de los linderos deberían estar bien definidas y bien claras. Una mala referencia podría causar la invasión en propiedades públicas o privadas, y un mal trazo podría causar que los elementos estructurales prefabricados no cuadren o no coincidan.

Se procede a enviar un RFI de alta prioridad para que se entregue las referencias UTM para el trazo de los linderos y el de ejes.

 TORRE AZUL CONSTRUCTORA		REQUERIMIENTO DE INFORMACION (RDI)	
N° RDI: 003	N° Entrega :	FECHA: 25 MARZO 2013	
N° PROYECTO: T11	NOMBRE DE PROYECTO: MAKRO – VILLA EL SALVADOR		
Especialidad: ESTRUCTURAS			
PARA: Ing. RAFAEL RIOJAS		DE: RAFAEL LAMA	
EMPRESA: BK CONSTRUCCIONES		EMPRESA: TORRE AZUL SAC	
PLANO(S) de REFERENCIA: -		N° REV.: 0	
ESPECIFICACION(S): PUNTOS DE REFERENCIA TOPOGRAFICAS		N° REV.:	
UBICACION:			
INFORMACION REQUERIDA: MUY ALTA PRIORIDAD. LOS PUNTOS DE REFERENCIA INDICADOS EN LOS PLANOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO NO COINCIDEN CON LOS LIMITES DE PROPIEDAD REFERIDA EN LOS PLANOS DE PLANTA DE LA ESPECIALIDAD DE ARQUITECTURA. SE SOLICITA INDICAR PUNTOS EXACTOS DE REFERENCIA E INDICAR SI EL PUNTO DE LA C.T- 82.021, REFERENTE AL BUZON ES LA QUE CORRESPONDE, SEGUN EN LOS PLANOS DEL LEVANTAMIENTO.			

Fig. 31.- RFI 03 – Solicitud de referencias físicas topográficas

El RFI, no es respondido y se busca una solución en campo. Se realizó una georreferenciación con puntos existentes asumiendo como UTM puntos reales, finalmente conciliando con la supervisión dichas coordenadas registrándose los puntos en los protocolos respectivos. En base a estas referencias se realizó el trazo con una estación total, verificando que el terreno cuadra en toda su extensión sin intersección alguna sobre los linderos existentes.



Fig. 32.- Levantamiento con Estación Total

- Plataformado provisional

Como se mencionó inicialmente dentro del plan, previo al ingreso de la máquina pilotera se debían realizar las plataformas provisionales que faciliten su acceso y optimicen las perforaciones.

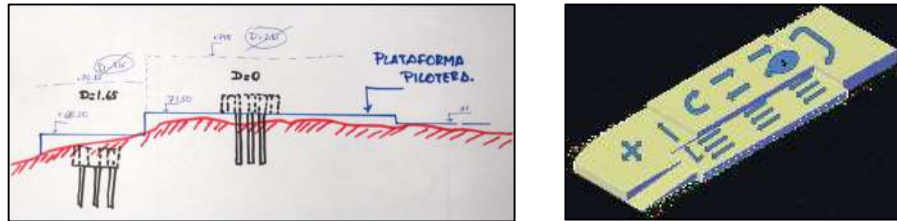


Fig. 33.- Plataformado provisional para pilotera

Siguiendo el cronograma mostrado en la tabla 01 a inicios de abril estaban contemplado los trabajos de corte y habilitación de la plataforma del sector 1, en donde la Pilotera iniciaría los trabajos de perforación.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
FLAT PARA INSTALACIÓN PILOTERA (SECTOR 1)	33 días	1/04/13	8/05/13
PLATAFORMADO +71.50	33 días	1/04/13	8/05/13
corte de material para nivelación (70.5) 1A	6 días	1/04/13	8/04/13
corte de material para nivelación (70.5) 1B	8 días	22/04/13	1/05/13
Tratamiento de saturación 1A	12 días	8/04/13	22/04/13
Tratamiento de saturación 1B	4 días	1/05/13	6/05/13
Relleno y compactación con material de préstamo mejorado (1.00M) 1A	3 días	22/04/13	24/04/13
Relleno y compactación con material de préstamo mejorado (1.00M) 1B	3 días	6/05/13	8/05/13
Eliminación de material excedente	1 día	25/04/13	25/04/13
INSTALACIÓN DE PILOTES DEL SECTOR 1	38 días	25/04/13	7/06/13
INSTALACIÓN 1A	10 días	25/04/13	7/05/13
INSTALACIÓN 1B	26 días	9/05/13	7/06/13

Tabla. 01.- Cronograma – Plataformado Sector 01 +71.50

Dentro del marco de planificación interna (look ahead planning) de los jefes de producción, se ordena la ejecución de los trabajos con las maquinarias previstas. Con material de préstamos se realizaron las rampas de acceso para el ingreso de la pilotera y su ascenso desde el nivel +62.00 al nivel +71.50. En las siguientes fotografías se puede apreciar el acopio del material de relleno provisional y la habilitación del acceso para la pilotera.



Fig. 34.- Habilitación de acceso a pilotera (izq.) Acopio de material para rampas (der.)

En la siguiente vista se puede apreciar la panorámica de toda la extensión del sector 1, de cota provisional +71.50 donde la pilotera iniciara las perforaciones.



Fig. 35.- Vista del sector 1 y 2

A medida que se va suministrando y acopiando el material, trabajos hechos por maquinarias de viajes externos, inmediatamente las máquinas de movimientos internos trabajan en la nivelación de la plataforma superior subiendo por la rampa provisional lista para la pilotera, esto con el fin de que a medida que los volquetes y de más maquinarias transiten por dicha rampa, esta se va compactando hasta el día de la llegada de la pilotera.

Como se muestra en la siguiente fotografía, se controlan los niveles previstos para la plataforma provisional.



Fig. 36.- Plataformado sector 02

Según lo planificado por el equipo, el plataformado va quedando listo para el arribo de la máquina de pilotaje. Como se puede apreciar en la siguiente imagen el terreno es más llano y nivelado.

Es importante tener en cuenta que una de las exigencias principales de PTP fue la horizontalidad del terreno dado que no puede hacer perforaciones en un terreno inclinado.



Fig. 37.- Vista general del plataformado

Con fecha 22.04.13 se envía un correo de carácter de urgencia a BK para que convoque una reunión con PTP para afinar la programación para el traslado de la pilotera, dado que según el cronograma tenía como fecha de inicio el 25.04.13.

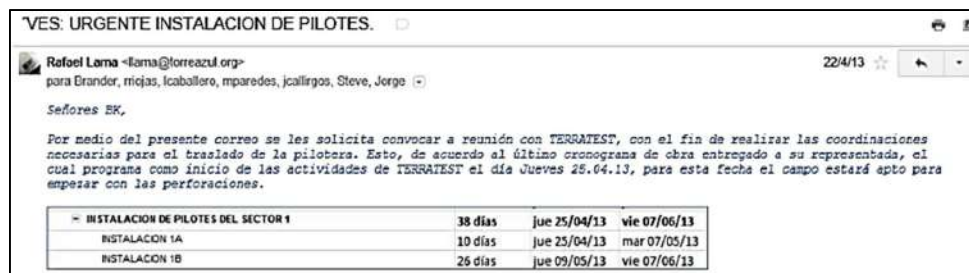
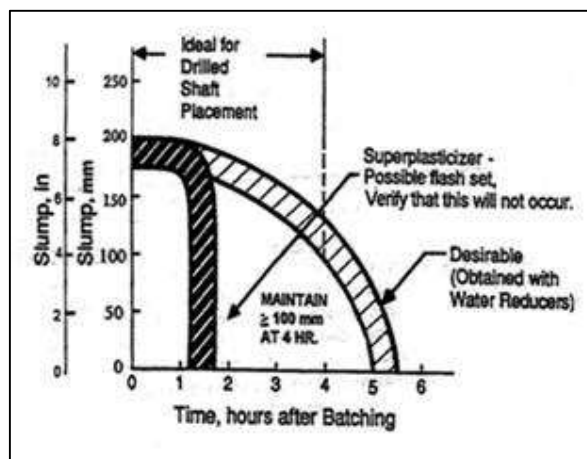


Fig. 38.- Correo de coordinación para fechas de inicio PTP

Como se muestra en la imagen del correo remitido, se indica que para dicha fecha se cumplirá con el plataformado provisional para el tránsito de la pilotera.

En reunión se acuerdan con acta las nuevas fechas replanteadas de la llegada de la pilotera para el día 29.04.13, así mismo se hace una serie de requerimientos por parte de PTP a OTA en cuanto al suministro del concreto con características especiales:

- 1.- Concreto con Slump de 8" puesto en obra.
- 2.- Tamaño máximo de agregado $\frac{3}{4}$ ", nominal de $\frac{1}{2}$ "
- 3.- Retardador de pérdida de fluidez de por lo menos 4 horas. (Se debe mantener fluido, por lo menos 4 horas, considerando una reducción máx. de la fluidez según el siguiente esquema. (Evitar aditivos superfluidificantes vertidos en obra))



4.- Resistencia H30 (300kg/cm²)

Aspectos constructivos:

5.- Descarga directa desde el mixer hacia la tubería tremie (tubería para el vaciado de los pilotes). El concreto se canaliza con la tubería hacia el fondo del pilote. El concreto no se vibra.

6.- Considerar la provisión en horario nocturno.

7.- El tiempo de descarga es el tiempo que se demoró el mixer en vaciar todo su contenido mediante el chute. En caso implique cortar una camisa, el mixer esperará entre 10m y 15m para esta labor.

Este concreto no es comercial en el mercado peruano, sería complicado mantener una caída de revenimiento tan lenta de 4 horas, por lo que era urgente y necesario realizar el diseño de mezcla en las principales concretas del mercado. De esta contingencia se hablará más adelante.



Fig. 39.- Instalación de Pilotera

Con retraso de un día a lo programado por el difícil acceso en cuanto a la pendiente de la rampa habilitada, la pilotera ingresa al sector 1 de la obra, se instala su campamento del personal a cargo de PTP, en donde incluyen sus oficinas, almacén y accesorios de la pilotera.

4.4.2.2. Desarrollo de la ejecución

a. Características del concreto

Mediante correo electrónico por parte del responsable de PTP, luego de sus trabajos preliminares, indica que el equipo ya está instalado y habilitado para iniciar las perforaciones (02.05.13).

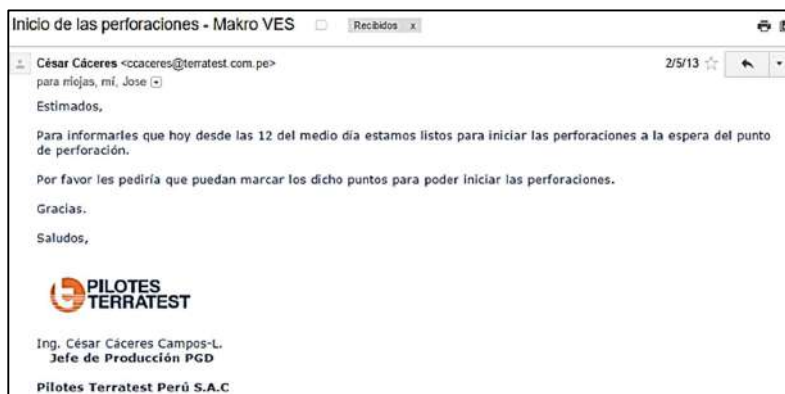


Fig. 40.- Correo: se indica la conformidad para el inicio de perforación

Paralelo a las actividades de inicio, se procedió a cotizar con las principales concretas Mixercon, Firth, y Unicon el concreto para pilotes. Mixercon y Firth, empiezan a diseñar la mezcla de acuerdo a lo requerido en paralelo para brindar la cotización fina. Ambas demoran en la cotización para este concreto, dadas las características del diseño.

La concretera que aparentemente llega al diseño es Mixercon, a quien se le visitó en planta en compañía del Jefe de calidad de OTA y calidad por parte de BK. Se le transmite la urgencia de la definición del precio y del despacho a obra, dado que PTP está lista para la perforación.

Es importante mencionar el riesgo de afectación al plazo a causa del NO suministro del concreto oportunamente. Ante esta eventualidad la máquina perforadora tendría horas muertas.

Luego de unas visitas a su planta, en la cual se expusieron los pormenores del requerimiento del tipo de concreto en conjunto con el staff técnico de PTP, se remite un correo al área de calidad de Mixercon para solicitar de manera urgente la cotización.



Fig. 41.- Correo: Solicitud de cotización concreto 300 a Firth

Contingencias en plazo por el Diseño de mezcla

Es importante mencionar que el impacto por este tipo de diseño de concreto alcanza no solo los costos directos como la funda (30,000 US\$ cada una), costo del pilote (concreto armado), etc. sino los indirectos causados por el tiempo de atraso siendo esta la ruta crítica, al cliente lo involucra el lucro cesante, a Torre Azul las altas penalidades y a Terratest las penalidades y el riesgo de no llegar a otro compromiso de contrato en otra obra (ejecución de carta fianza).

Luego de los ensayos en la planta de la concretera Mixercon, se inician los vaciados de los primeros pilotes con 10 días calendario de retraso de acuerdo al cronograma contractual. Sin embargo surgieron problemas en cuanto a los requisitos de trabajabilidad del concreto.

A la llegada del mixer se tomó de inmediato una muestra considerable (en bugui) del concreto para realizar ensayos continuos de slump durante el proceso de vaciado, resultando a la primera media hora un descenso de más de 1" en la trabajabilidad del concreto medido con el cono de Abrams, esto no cumplía con las características solicitadas a la concretera en cuanto a la perdida de slump en el tiempo, lo que desencadenó el atrapamiento de la camisa metálica de la pilotera. Con dificultad fue posible la extracción de la funda metálica, advirtiendo en gran medida a la concretera mediante correo mostrado en la imagen Fig. 42.

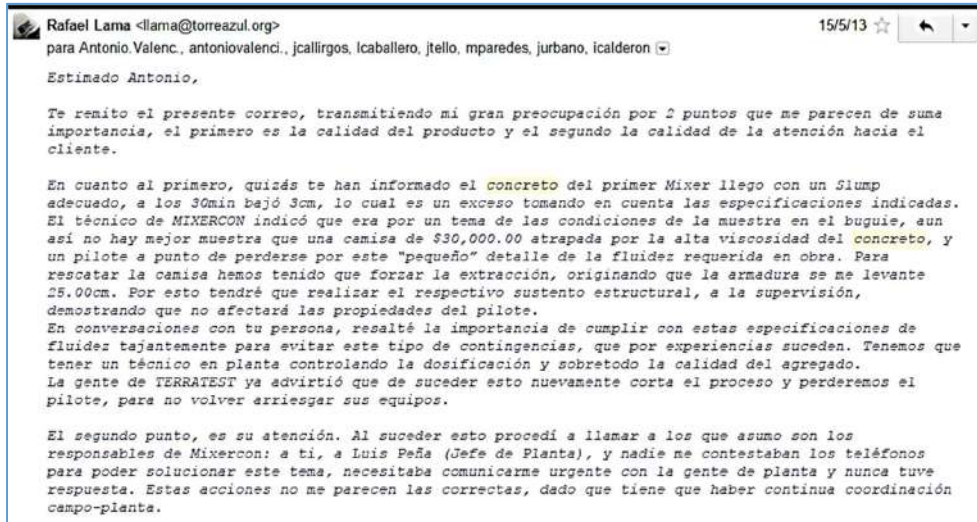


Fig. 42.- Correo: Reclamo por calidad concreto a Mixercon



Fig. 43.- Vista de la funda atrapada

Dada esta eventualidad, en paralelo se abren nuevamente las coordinaciones con las concreteras Firth y Unicon. Ante la insistencia del área logística de la empresa, Firth no envía la cotización de la mezcla solicitada dada la gran responsabilidad que ello implica.

Se continúan los vaciados con Mixercon siempre con dificultad, se toman los pilotes con longitudes menores para evitar una posible pérdida de la funda, hasta llegar a cambiar de concretera, sin embargo se presentó el primer problema grave de aborto de pilote.

Como se muestra en la imagen Fig. 44, el grafico muestra una pérdida de slump muy pronunciada fuera del rango de tolerancia puesto en el gráfico, esta pérdida provocó el atrapamiento inminente de la camisa obligando a PTP a tomar acciones de fuerza con equipos especiales para destruir el pilote en estado de semifragua (tomar en cuenta que es un concreto de alta resistencia, su curva de madurez es rápida).



Fig. 46.- Solicitud de cambio de resistencia

Finalmente la supervisión en coordinación con el área de ingeniería de PTP valida la solicitud y proceden con el cambio a 280 kg/cm². Esta confirmación fue comunicada a Unicon para que emita su cotización, este hecho nunca ocurrió.

Con casi un mes de atraso, y dadas las condiciones de producción, Torre Azul indica el deslinde de responsabilidad por tratarse de un factor externo a su especialidad, señalando que quien debe suministrar el concreto dadas las características propias debería ser Terratest. La supervisión contesta dando a lugar la solicitud sin embargo, solicita a OTA que sea el intermediario de compra entre PTP y la concretera dada la capacidad económica, trasladando la responsabilidad a PTP por las contingencias de los tiempos ocasionados por la mezcla.



Fig. 47.- Correo: se traslada responsabilidad de suministro de concreto a PTP



Fig. 48.- Respuesta de BK, responsabilidad de suministro de concreto

Con fecha 23.05.13 se le informa de manera formal a supervisión que ninguna de las empresas concreteras Firth y Unicon se pronuncian en cuanto al despacho, pese a los esfuerzos de los involucrados.

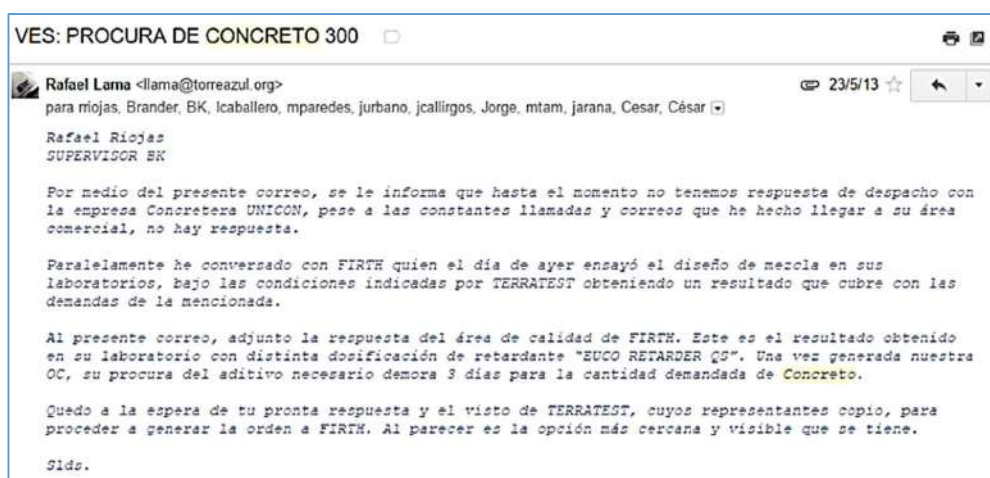


Fig. 49.- Se informa a BK que se tienen los resultados de concreto del laboratorio de Firth.

A día siguiente Firth anuncia que ha dado con el diseño de mezcla requerido según las pruebas de laboratorio y emite un correo con los resultados de las mismas como se muestra en la imagen 50. Con ello se le informa a supervisión de la noticia así mismo a Terratest, solicitando una reunión en la planta de Firth para corroborar los resultados en un nuevo ensayo

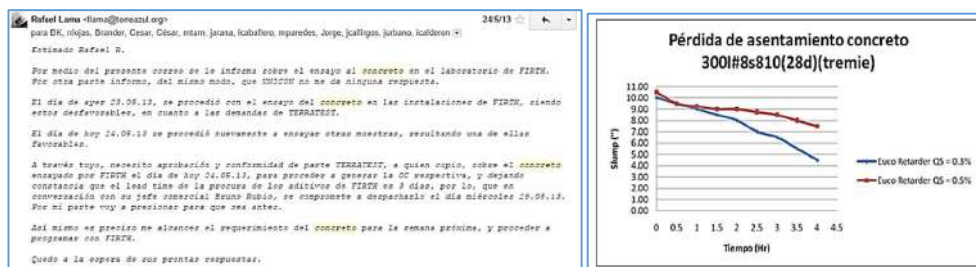


Fig. 50.- Resultados de Firth

Con la corroboración en planta por todos los involucrados OTA, BK y PTP, se indica que para el 29.05.16 se realizará el despacho, sin embargo esto se dilato dos días más dada la dificultad para la adquisición de la cantidad de los aditivos necesarios para cumplir con el diseño de mezcla.

Con 30 días calendario de retraso se reanudan las actividades correspondientes al pilotaje no habiendo problemas en los primeros pilotes. Como lo previsto, el diseño de mezcla de Firth cumplía con todos los requisitos dados por las especificaciones. Sin embargo a los 2 días ocurre nuevamente un atrapamiento de la camisa, de inmediato se verifico el comportamiento del asentamiento del concreto resultando todo favorable como se muestra en la imagen 51.



Fig. 51.- Funda atrapada (izq), Slump cumple con requisitos (der.)

Inmediatamente después de verificados los resultados, se llega a la conclusión de que la máquina de PTP no tiene la fuerza necesaria para la extracción de sus camisas, por lo que se transmite la gran preocupación a la supervisión, sobre todo por el impacto en tiempos que sigue acumulándose.

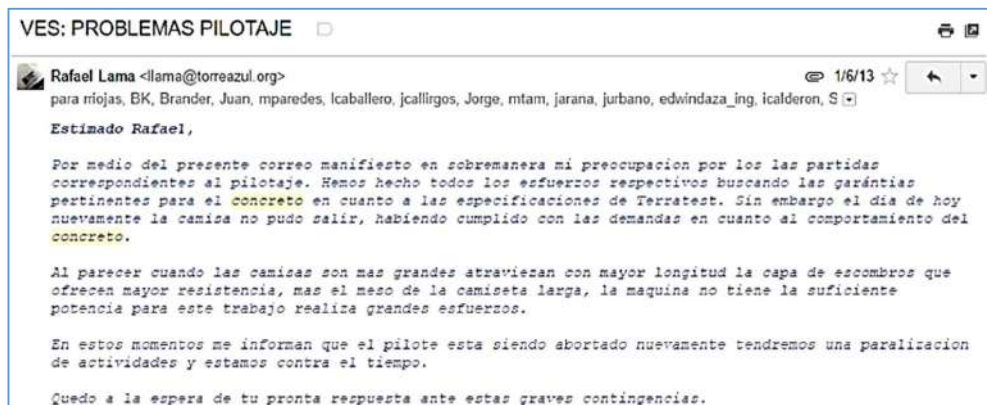


Fig. 52.- Informe de problemas en pilotera

Dado el gran problema que se tenía en cuanto a tiempo la gerencia general de OTA decide cursar un correo particular al Gerente de Makro indicando su preocupación y pensando en otras alternativas sustitutas de los pilotes en los sectores venideros, dado que definitivamente los plazos ya no se cumplirían.

El cliente acepta la propuesta, y se convoca a una reunión para revisar las ideas para reducir el impacto. El principal sector a sustituir sería el S3 (estacionamiento), se realiza un estudio para el impacto económico en base a los planos de estratigrafía dado por el EEMMSS. Los resultados económicos fueron muy elevados, dado que en este sector se encontraba la fosa más profunda del botadero, se tendría que eliminar cerca de 40,000m³ de relleno sanitario, dados los cortos tiempos la propuesta fue aceptada en una modalidad de precios unitarios.

En las siguientes fotografías se aprecia la secuencia de la corte, excavación y eliminación del sector 3.



Fig. 53.- Movimiento de tierras en estacionamientos Sector

Proceso instalación del Pilote

Como se indicó inicialmente se llevó a cabo los procesos correspondientes a la instalación de pilotes en las 4 secuencias descritas anteriormente en la figura 54

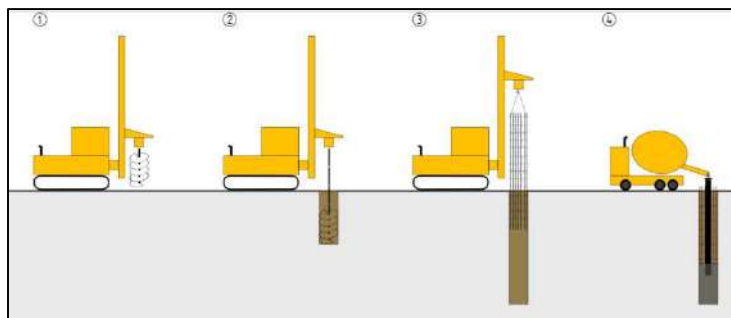


Fig. 54.- Secuencia de instalación de pilote

a. Excavación / Perforación

Con el accesorio de barreno, se procede a realizar las perforaciones al terreno, cabe señalar que en aproximadamente el 20% de los pilotes excavados se tuvo problemas con este proceso producto de los vicios ocultos (objetos extraños de materiales duros y desconocidos). Este problema se solucionó al 100% siendo el único impacto en demoras extras a las normales. No hubo reubicación o desviación de pilotes causados por estos cuerpos extraños, de haber sucedido era necesario un recalcu lo estructural tomando en cuenta esta excentricidad.



Fig. 55.- Excavación / Perforación

b. Colocación de Funda

En la medida que se va dando la extracción del material con el barreno se van instalando las camisas o fundas, con esto se garantiza un espacio libre y limpio para colocar el acero habilitado para los pilotes sin la invasión de material extraño que perjudique la calidad del pilote. Las alturas en las perforaciones se controlaban con los niveles de la funda. Una vez alcanzado el nivel se tapan con rejillas los hoyos

para evitar accidentes como se muestra en la imagen 56, dado que tiene un metro de diámetro, espacio suficiente para que un hombre pueda ingresar, así mismo impedir el ingreso de agentes extraños al pilote excavado.

En la siguiente imagen se puede apreciar el proceso de ingreso de la camisa, y las camisas atrapadas listas para el ingreso del acero habilitado.



Fig. 56.- Colocación de Funda

c. Colocación del Acero

Dado los planos de pilotes se procede a habilitar y almacenar las armaduras de los pilotes, así mismo se etiquetan para evitar confusiones. Como se muestra en la imagen 57, utilizando anillos soldados de “rigidez” se ensambla la armadura, con estos anillos se garantiza que las barras no se muevan cuando se lleve a cabo el izaje.



Fig. 57.- Habilitación de acero

Dados los rendimientos esperados de la pilotera entre 18 y 24 metros lineales de perforación al día, se procede a habilitar y almacenar las armaduras como se muestra en la imagen 58, como se indicó fueron debidamente etiquetados y ordenados según la secuencia de la programación. Dados los efectos de la intemperie se procedió a protegerlos con plástico azul



Fig. 58.- Almacenamiento de estructuras de acero habilitado

En la siguiente imagen se puede apreciar el izaje de la armadura habilitada para su colocación final.

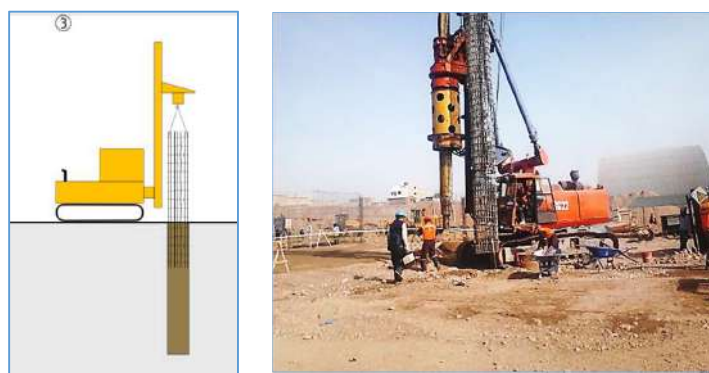


Fig. 59.- Colocación de Acero

d. Colocación del Concreto 300kg/cm²

Esta es la etapa final de la instalación del pilote, una vez colocado el acero, ingresa una tubería de 10" llamada "tremie" para colocar el concreto en alturas y evitar la segregación o separación de los componentes del concreto por la caída. A medida que el concreto es colocado de inmediato y en paralelo se va retirando las camisas. Este fue el punto crítico de la instalación de los pilotes, dado que la facilidad de la extracción de funda dependía del cumplimiento de las características del concreto según las especificaciones, esto se comentará con mayor detalle más adelante.



Fig. 60.- Colocación de concreto

Luego de la instalación de pilotes se procede a la ejecución del cabeza de los pilotes, estos cabezales conectan a la súper-estructura con los pilotes transmitiendo las cargas así mismo distribuyéndola a los pilotes contenidos en dicho cabezal. En la figura 9846 se muestra el grafico de los cabezales.

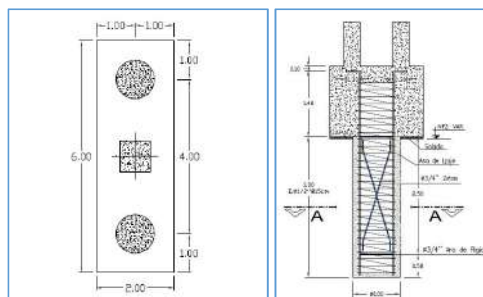


Fig. 61.- Detalle típico de cabezal

Una vez que los pilotes son instalados, se procede a excavar el entorno para demoler la longitud de protección del acero hasta el nivel de fondo de cabezal como se muestra en las siguientes imágenes, luego de ellos se procede típicamente como la ejecución de una zapata: se coloca el solado, se coloca el acero, se encofra y finalmente se coloca el concreto.



Fig. 62.- Demolición superficial de pilote (izq.), Solado de Cabezal (der.)



Fig. 63.- Colocación de acero y encofrado de Cabezal

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Las conclusiones de acuerdo al tema desarrollado en el presente trabajo acerca de la experiencia de ejecutar pilotes excavados son las siguientes:

- a. Previo al inicio de los trabajos según el alcances del contrato, fue fundamental la comunicación y/o coordinación con la empresa pilotoera para conocer sus requerimientos en cuanto a materiales y condiciones de campo, rendimientos, metodologías de trabajo, y finalmente sus sugerencias como expertos en el tema para darles las facilidades y garantizar el flujo de trabajo continuo con la mayor anticipación posible.
- b. Luego de las coordinaciones necesarias con los involucrados al proyecto, la definición de la ruta crítica del plan de trabajo, sincerada, fue muy importante. Dados los tiempos muy reducidos, era necesaria la identificación y confirmación de la ruta crítica, que en este caso sería la instalación de pilotes. Con esta identificación, las reuniones previas con PTP (mencionadas en la conclusión anterior) eran de vital importancia para disminuir al máximo las posibles restricciones.
- c. El contratista, en beneficio del cliente y del proyecto debe estudiar sin excepción todos los expedientes que están contenidos dentro del proyecto sin discriminar si pertenecen o no a su alcance de ejecución. Esto ahorrará costos y tiempos para anticipación y resolución de problemas que afecten directamente al proyecto.
- d. El diseño de mezcla del concreto de preferencia debe ser comercial. Los diseños estructurales extranjeros deben alinearse al mercado de materiales Nacional para reducir la incertidumbre de producción.
- e. Los materiales no comerciales se deberán cotizar con más de dos proveedores y reducir las incertidumbres aumentando la probabilidad de éxito para conseguir dicho material. La ejecución se deberá realizar con ambos proveedores en paralelo.
- f. Los cortes de plataformado provisional para el paso de la pilotoera, redujeron los costos debido a las longitudes de perforación.
- g. La ruta crítica debe tener recursos “redundantes”, es decir nunca debe depender de recursos únicos con escasa o nula presencia en el sector.

- h. Durante las perforaciones de los pilotes, se verificaba la exploración del estudio de mecánica de suelos, la cual era imprecisa. Cabe resaltar que los métodos de exploración que se hizo para la construcción aproximada del perfil estratigráfico fue refracción sísmica y análisis multicanal (MASW). Los cuales son métodos no destructivos ni invasivos.

5.2. Recomendaciones

Las recomendaciones de acuerdo al tema desarrollado en el presente informe acerca de la experiencia de ejecutar pilotes excavados son las siguientes:

- a. Como parte del protocolo de inicio de un proyecto de construcción y previo a la primera actualización del plan de trabajo general de obra, serán necesarias reuniones de coordinación con todos los involucrados de afectación directa al proyecto de los cuales dependa el cumplimiento del plazo y gasto previstos. La finalidad de estas reuniones será recolectar la mayor cantidad de datos incidentes para la ejecución del proyecto orientado a investigar la ruta crítica del proyecto. El morador de este ejercicio podrá ser la gerencia de proyectos (designada por el propietario) o en el caso de que no hubiese esta será el contratista principal (quien gobierna la mayor parte de incidencias de la obra). La idea es que debe haber un responsable de la integración del proyecto tratando de mantener las consideraciones iniciales con el propietario, este papel no lo juega necesariamente la supervisión de obra.
- b. Luego de las coordinaciones recomendadas en el apartado anterior, se recomienda proceder a realizar una programación intermedia llamada Look ahead planning (Lean construction), la cual consiste en desagregar lo suficiente las partidas o actividades de las próximas 3 o 4 semanas de obra, nutriéndolas de restricciones, asignándoles un responsable para el levantamiento de las mismas así como las fechas máximas de levantamiento. Así mismo, esta programación deberá tener ingresados los datos de los recursos necesarios para la realización de dichas actividades (Mano de obra, materiales y equipos). Con ello la incertidumbre de la ejecución disminuye ampliamente asegurando los flujos de trabajo.
- c. El contratista principal como un involucrado más al proyecto y en colaboración a la integración interdisciplinaria del mismo deberá estudiar todos los expedientes técnicos, aun si estos no forman parte del alcance contractual de ejecución. Deberá conocer y estudiar todas las especialidades tanto en su diseño como en sus métodos de ejecución.
- d. El contratista principal o quien sea el responsable del suministro del concreto especial no deberá ser responsable por los tiempos que demore las pruebas de diseño de mezcla que satisfagan los requerimientos de un diseño estructural de un tercero (PTP). A raíz de ello se recomienda trabajar con diseños de concreto comerciales que sirvan como base para diseñar otras mezclas con pocas variantes. En este caso, al margen de la trabajabilidad solicitada, la resistencia de diseño fue de 300kg/cm², esta no es una resistencia comercial en el Perú. Los conceptos de diseño se hicieron con normativas españolas donde sí son comerciales estas resistencias. Los diseños deben adaptarse al mercado Peruano.
- e. Para el suministro de materiales de características especiales, se deberá tener más de un proveedor que tenga el producto. El proyecto tendrá un riesgo alto dado que la ruta crítica estará supeditada a un solo proveedor o a una sola opción.
- f. Si las condiciones actuales del terreno en cuanto a los niveles topográficos son superiores a la cota de cimentación, se deberá evaluar el costo de mayores longitudes

perforadas versus cortes masivos de terreno, este análisis buscará optimizar el costo y tiempos del proceso.

- g. Las alternativas de solución de contingencias o restricciones nunca pueden ser solo UNA, siempre deberá buscarse al menos una segunda. Sobre todo si esto compromete a la ruta crítica del proyecto. El éxito del proyecto no puede depender solo de un recurso, siempre debe haber recursos sustitutos que estén al alcance. En este caso, por ejemplo, disponer solamente de una maquina pilotera puso en una grave riesgo al proyecto, si la maquina hubiese tenido una avería de consideración que la inhabilitaba tiempo largo, el proyecto se hubiese detenido totalmente durante todo ese tiempo, así mismo la empresa PTP no contaba con una maquina similar disponible. Se debe tratar en lo posible realizar diseños (pilotes) cuya ejecución sea con recursos comerciales cuya oferta en el país sea amplia.

Por ejemplo, el diseño pudo haberse hecho con micropilotes, quizás tomaba un poco más de tiempo, sin embargo el riesgo de no cumplimiento disminuía considerablemente, dado que en el Perú hay muchas empresas que tienen máquinas perforadoras (drillings) de micropilotes, si una se averiaba inmediatamente se podía reemplazar y el proyecto continuaba.

- h. Para este tipo de terrenos compuesto por material antrópico cuyas características y/o propiedades de los elementos del material no son uniformes ni homogéneas se sugiere que la exploración para bosquejar el perfil estratigráfico se realice con perforaciones extractivas, de esta manera se disminuye la incertidumbre y el diseño de longitudes de pilotes se hace más óptima y a su vez mas económica.