

Auxiliar de Ingeniería civil para el apoyo en el área de geología y geotecnia en los proyectos de líneas de transmisión de energía de la empresa Óptima Ingeniería S.A.S

Edgar Enrique Nobles Vides

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero civil

Director

Jose Alberto Rondón

Ingeniero Civil, M.Sc

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

*Principalmente, dedico este título a Dios, quien me ha brindado la fortaleza necesaria para nunca rendirme y superar cada obstáculo en este camino académico.*

*A mis padres, Edgar Nobles y Olga Vides, por su incondicional apoyo. Su confianza en mí y su constante aliento fueron fundamentales para perseguir mis sueños.*

*A mis hermanas, Eileen y Dayana, que han sido un ejemplo constante de determinación y éxito, inspirándome siempre a esforzarme por alcanzar mis metas.*

### **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia por su inquebrantable apoyo y sacrificio a lo largo de mi educación. Este logro no habría sido posible sin su creencia en mi capacidad para alcanzar mis objetivos.

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander por brindarme una educación de calidad y por todas las oportunidades de aprendizaje que he recibido a lo largo de estos años.

Agradezco a mis amigos, los merecedores de mi afecto. Este logro no habría sido posible sin el apoyo y la inspiración que cada uno de ustedes ha aportado a mi vida.

A todos los que han formado parte de este viaje, mi más sincero agradecimiento por hacerlo posible.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo General .....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marco teórico .....	14
2.1 Misión .....	14
2.2 Visión.....	15
3. Marco conceptual.....	15
3.1 Geología y geotecnia.....	15
3.2 Estudios de suelos .....	16
3.3 Diseño de fundaciones .....	18
3.4 Líneas de transmisión de energía.....	18
4. Desarrollo de la práctica .....	20
4.1 Inducción.....	20
4.2 Actividades ejecutadas.....	20
4.2.1 Línea de Transmisión HVDC 600 kV Kimal – Lo Aguirre.....	20
4.2.2 Subestación Santa Teresa a 220/23 kV .....	27
4.2.3 Línea de Transmisión Paquillusi – Pumiri a 220 kV .....	33
5. Conclusiones .....	40
6. Recomendaciones .....	41
Referencias Bibliográficas .....	42

Apéndices..... 43

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Listado de asignación sitios de torres con obras complementarias</i> .....	22
Tabla 2 <i>Listado de asignación planos de obras complementarias</i> .....	23

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Logo Óptima Ingeniería S.A.S</i> .....	14
Figura 2 <i>Trabajo de campo</i> .....	15
Figura 3 <i>Informe de estudios de suelos</i> .....	17
Figura 4 <i>Estructura de soporte línea de transmisión de energía</i> .....	19
Figura 5 <i>Condiciones sitio de torre</i> .....	21
Figura 6 <i>Ejemplo plano de obras complementarias</i> .....	23
Figura 7 <i>Comentarios realizados a los planos de obras complementarias</i> .....	24
Figura 8 <i>Comunicado de envío de documentos asociados a obras complementarias</i> .....	26
Figura 9 <i>Emplazamiento general del proyecto</i> .....	27
Figura 10 <i>Planta general de vías</i> .....	28
Figura 11 <i>Informe de criterios de diseño obra civil</i> .....	29
Figura 12 <i>Informe de mecánica de suelos</i> .....	30
Figura 13 <i>Memoria de cálculo vías y zonas de circulación interna para aprobación</i> .....	31
Figura 14 <i>Memoria de cálculo vías y zonas de circulación interna aprobada</i> .....	32
Figura 15 <i>Ubicación específica del proyecto</i> .....	33
Figura 16 <i>Memoria de diseño cimentación estructura llegada Pumiri</i> .....	33
Figura 17 <i>Plano de silueta estructura terminal Pumiri</i> .....	34
Figura 18 <i>Plano de referencia</i> .....	35
Figura 19 <i>Esquema elementos del proyecto</i> .....	36
Figura 20 <i>Especificaciones del perno de anclaje y placa base</i> .....	36

Figura 21	<i>Plano diseño cimentación estructura llegada Pumiri tipo pila.....</i>	37
Figura 22	<i>Plano diseño cimentación estructura llegada Pumiri tipo zapata .....</i>	38
Figura 23	<i>Entrega planos cimentación estructura especial Pumiri .....</i>	39

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Listado de asignación sitios de torre con obras complementarias tramo 4.....	43
Apéndice B. Listado de asignación sitios de torre con obras complementarias tramo 5.....	44
Apéndice C. Listado de asignación sitios de torre con obras complementarias tramo 6.....	45

## Resumen

**Título:** Auxiliar de Ingeniería civil para el apoyo en el área de geología y geotecnia en los proyectos de líneas de transmisión de energía de la empresa Óptima Ingeniería S.A.S\*

**Autor:** Edgar Enrique Nobles Vides\*\*

**Palabras Clave:** Consultoría, Geología y geotecnia, Ejecución

Durante mi práctica empresarial en una destacada empresa de consultoría especializada en proporcionar soluciones de ingeniería para proyectos de infraestructura, tuve la oportunidad invaluable de participar activamente en diferentes proyectos para el área de geología y geotecnia. Bajo la supervisión del coordinador del área y especialistas del campo, contribuí en diversas etapas, desde la planificación inicial hasta la ejecución final. La colaboración estrecha con el equipo técnico permitió adaptarme ágilmente a las necesidades cambiantes de los proyectos, garantizando la alineación de acciones con los objetivos del cliente.

Dicha experiencia consolidó mis habilidades técnicas y fortaleció mi capacidad para abordar desafíos complejos, colaborando efectivamente en un entorno dinámico y profesional. Este proyecto de grado documenta detalladamente cómo mis aportes apoyaron la ejecución exitosa de los proyectos y enriquecieron mi desarrollo profesional al aplicar los conocimientos adquiridos en mi formación académica.

Además, se presentan conclusiones fundamentadas en el análisis de los retos enfrentados y las lecciones aprendidas en Óptima Ingeniería S.A.S. Oportunidad que me permitió crecer como profesional y reafirmó mi interés y compromiso con el campo de la ingeniería civil, preparándome para futuros desafíos en el ámbito laboral.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Jose Alberto Rondón. Ingeniero Civil, M.Sc

### Abstract

**Title:** Civil Engineering Assistant supporting the areas of Geology and Geotechnics in the energy transmission line projects of Óptima Ingeniería S.A.S\*

**Author(s):** Edgar Enrique Nobles Vides\*\*

**Key Words:** Consultancy, Geology and Geotechnics, Execution

While I was doing my internship at this leading consulting firm specialized in providing engineering solutions for infrastructure projects, I had the invaluable opportunity to actively participate in different projects for the geology and geotechnical area. Under the supervision of the area coordinator and field specialists, I contributed in several stages, from initial planning to final execution. The close collaboration with the technical team allowed me to adapt quickly to the changing needs of the projects, ensuring the alignment of actions with the client's objectives.

This experience consolidated my technical skills and strengthened my ability to tackle complex challenges, collaborating effectively in a dynamic and professional environment. This degree project documents in detail how my contributions supported the successful execution of projects and enriched my professional development by applying the knowledge acquired in my academic training.

In addition, conclusions are presented based on the experience and analysis of the challenges faced and lessons learned at Óptima Ingeniería S.A.S. This opportunity allowed me to grow as a professional and reaffirmed my interest and commitment to the field of civil engineering, preparing me for future challenges in the workplace.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of physics and Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Jose Alberto Rondón. Civil engineering, M.Sc

## Introducción

La práctica empresarial representa una oportunidad invaluable para aplicar los conocimientos teóricos adquiridos durante la formación académica en un entorno profesional real. Este documento, presenta una visión detallada de las labores desarrolladas durante mi práctica en Óptima Ingeniería, una destacada empresa de consultoría ubicada en Medellín, Antioquia.

Óptima Ingeniería se distingue por su experiencia y excelencia en la ejecución de proyectos de infraestructura, especialmente en líneas de transmisión eléctrica y subestaciones. Durante mi práctica, participé activamente en proyectos que exigían estudios de suelos, diseño de fundaciones y obras complementarias, proporcionando un apoyo integral desde las etapas iniciales hasta la ejecución final.

El enfoque principal de mi trabajo estuvo centrado en participar activamente apoyando al equipo de geología y geotecnia, asumiendo responsabilidades cruciales tales como la elaboración de memorias de cálculo, la creación de planos técnicos; y la coordinación y atención de modificaciones en los diseños entregados por el personal a cargo. Actividades orientadas a asegurar el éxito mediante el cumplimiento de los estándares de calidad, puntualidad y los requisitos específicos de cada proyecto.

Durante esta experiencia, apliqué los conocimientos adquiridos en mi formación como ingeniero civil en la Universidad Industrial de Santander para abordar los desafíos y necesidades presentes en los proyectos de Óptima Ingeniería. Esto incluyó la adaptación ágil a cambios imprevistos y una meticulosa organización documental, asegurando así la eficiencia y la excelencia en la ejecución de cada tarea.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Contribuir al cumplimiento exitoso de proyectos de ingeniería civil mediante la ejecución de tareas específicas entregadas por los contratistas o el personal interno, con el fin de satisfacer las necesidades y requisitos específicos de cada proyecto.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Brindar soporte a los diseños en los proyectos de líneas de transmisión de energía proporcionados por contratistas o personal interno. Se buscará coordinar y facilitar, en promedio, el 80% de las modificaciones, según las necesidades del proyecto, llevando a cabo un control meticuloso del proceso. Garantizando así la calidad y conformidad de los resultados.

Participar de manera activa y específica junto al equipo de geología y geotecnia en el avance de diseño y actividades relevantes asociadas a los proyectos en ejecución, con el objetivo de alcanzar un 90% de puntualidad, aportando al éxito integral de los proyectos de ingeniería civil en los que participe.

Contribuir en la elaboración de memorias de cálculo y planos, con el objetivo de preservar su precisión y coherencia con los estándares profesionales, fortaleciendo así mis competencias laborales en ingeniería y formando parte activa de éxito del proyecto en ejecución.

## 2. Marco teórico

En este segmento se presenta a Óptima ingeniería como una empresa que nace con el fin de satisfacer la necesidad manifestada por el sector de infraestructura de contar con una empresa de ingeniería innovadora y con un enfoque orientado en la satisfacción del cliente reflejándose en el mayor valor agregado para sus proyectos. El nombre “ÓPTIMA” tiene sus raíces en uno de sus principios que es la OPTIMIZACIÓN de los proyectos implementando métodos de ingeniería innovadores y procesos constructivos modernos. Son un aliado estratégico para sus clientes en cualquiera de las etapas del proyecto: ingeniería conceptual, ingeniería básica, ingeniería de detalle, ingeniería de propietario, gerencia (PMO) o supervisión (ITO/Interventoría) (S.A.S, 2023).

### Figura 1

*Logo Óptima Ingeniería S.A.S*



*Nota: La figura muestra el logo distintivo de la empresa, simboliza su identidad y compromiso con la excelencia en ingeniería (S.A.S, 2023).*

### 2.1 Misión

Somos una empresa de ingeniería cuyo fin primordial es brindar a nuestros clientes y aliados soluciones a la medida, apoyados del trabajo en equipo, con altos estándares de innovación y optimización, cumpliendo los tiempos de entrega y, sobre todo, brindando un trato personalizado al cliente, cumpliendo sus expectativas a todo nivel y agregando valor a nuestro trabajo para que les permita alcanzar alto nivel de competitividad en la región (S.A.S, 2023).

## **2.2 Visión**

Al año 2027 Óptima Ingeniería será reconocida como una de las 5 mejores empresas de ingeniería aplicada al sector transmisión eléctrica en los países donde presta sus servicios y será considerada por grandes clientes como un aliado de valor estratégico para el desarrollo de proyectos de infraestructura en la región (S.A.S, 2023).

## **3. Marco conceptual**

### **3.1 Geología y geotecnia**

Los estudios geológicos y geotécnicos son aplicaciones prácticas esenciales en proyectos de infraestructura, tales como edificaciones, carreteras, puentes y obras hidráulicas. Estos estudios permiten realizar análisis detallados del suelo y subsuelo, identificando características geológicas y geotécnicas que puedan influir en la construcción y operación de las obras. El diseño de fundaciones, por ejemplo, se basa en el entendimiento de las condiciones geológicas locales para garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras sobre ellas construidas.

La geología se aplica estratégicamente en proyectos específicos como líneas de transmisión eléctrica y subestaciones. Las actividades en este contexto incluyen la revisión de informes de mecánica de suelos para evaluar las condiciones del terreno, el diseño geotécnico de fundaciones, estructuras y obras complementarias.

La integración de la geología en la ingeniería civil no solo permite anticipar riesgos geotécnicos, sino que también asegura la calidad y eficiencia de las soluciones ingenieriles, contribuyendo así al éxito y la seguridad cada proyecto (Escobar, 2024).

### **Figura 2**

*Trabajo de campo*



*Nota: La figura muestra el trabajo de campo realizado por el equipo de geotecnia de Óptima Ingeniería.*

### ***3.2 Estudios de suelos***

Los estudios de suelos son fundamentales en la ingeniería civil, proporcionando la información necesaria para el diseño seguro y eficiente de estructuras sobre el terreno. Estos estudios comprenden investigaciones y análisis que permiten entender las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo y del subsuelo. El proceso incluye varias etapas: una investigación preliminar que recopila información existente sobre el sitio, un trabajo de campo que involucra perforaciones y muestreos de suelo y roca, y análisis de laboratorio para determinar propiedades como la granulometría, los límites de Atterberg, la consolidación, la compresión triaxial y la permeabilidad. Posteriormente, se realiza un análisis e interpretación de datos para desarrollar un modelo geotécnico del sitio, evaluando posibles riesgos y características del terreno.

Finalmente, se elabora un informe geotécnico con recomendaciones para el diseño de fundaciones, muros de contención, sistemas de drenaje y otras estructuras, incluyendo sugerencias para la mitigación de riesgos (Das, 2013).

### Figura 3

*Informe de estudios de suelos*



*Nota: La figura muestra un informe de estudios de suelos realizado por Óptima Ingeniería (S.A.S, 2023).*

### ***3.3 Diseño de fundaciones***

El diseño de fundaciones es una disciplina esencial en la ingeniería civil, encargada de garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras construidas. Estas fundaciones, las cuales transmiten las cargas de una edificación al suelo, se clasifican en dos categorías: superficiales y profundas. Las fundaciones superficiales, como zapatas aisladas, zapatas corridas y losas de cimentación se utilizan cuando los suelos cercanos a la superficie pueden soportar las cargas estructurales. Por otro lado, las fundaciones profundas, como pilotes y cimentaciones por pozos, son necesarias cuando los suelos superficiales no tienen la capacidad de carga requerida, trasladando las cargas a estratos más resistentes a mayor profundidad.

El proceso de diseño de fundaciones comienza con una investigación geotécnica para evaluar las características del suelo y el subsuelo, seguida de la selección del tipo de fundación más adecuado basándose en estos datos y en las cargas estructurales. Posteriormente, se realizan cálculos detallados para determinar las dimensiones y características de la fundación, asegurándose de que cumplan con las normativas y estándares de ingeniería. El diseño estructural se documenta en planos y especificaciones técnicas, y durante la construcción, se supervisa el proceso para garantizar la calidad y el cumplimiento del diseño (Das, 2013).

### ***3.4 Líneas de transmisión de energía***

Las líneas de transmisión de energía en el contexto de la geotecnia se refieren a las estructuras y cimentaciones utilizadas para sostener y proteger los cables de alta tensión que transportan electricidad a largas distancias sobre terrenos diversos. Esto incluye el diseño de cimentaciones para torres y estructuras, considerando las propiedades geotécnicas del suelo para garantizar la estabilidad y resistencia adecuadas. La geología identifica características del terreno como rocas y fallas geológicas, las cuales son cruciales para seleccionar rutas seguras y estables

para las líneas de transmisión. La geotecnia complementa estos estudios con pruebas que evalúan las propiedades físicas y mecánicas del suelo, informando el diseño de fundaciones que aseguren estabilidad frente a cargas y condiciones externas variables.

En el diseño de fundaciones se encuentran diferentes tipos según la capacidad de carga del suelo, mientras que las estructuras de soporte, como torres y postes, deben resistir fuerzas ambientales como el viento y la carga de hielo. Durante la construcción, se implementan estrictamente los planos y especificaciones técnicas para garantizar la seguridad y calidad de la infraestructura, con mantenimiento regular para prevenir daños y asegurar el funcionamiento eficiente y seguro de las líneas de transmisión (Das, 2013).

#### **Figura 4**

*Estructura de soporte línea de transmisión de energía*



*Nota: La figura muestra una estructura diseñada para el soporte y protección de línea de transmisión de energía.*

## **4. Desarrollo de la práctica**

### ***4.1 Inducción***

Esta fase inicial en el proceso de incorporación a Óptima Ingeniería estuvo bien planificada y facilitó la integración en la empresa. Se recibió información esencial y una orientación detallada sobre los objetivos, la cultura organizacional y las normas internas. Durante la reunión de inducción, se conoció al equipo de trabajo y la visión general de los proyectos en curso. Asimismo, se recibió capacitación inicial sobre las herramientas y metodologías utilizadas por la empresa, lo que permitió una adaptación rápida y una contribución desde el inicio.

### ***4.2 Actividades ejecutadas***

Durante la práctica se tuvo la oportunidad de apoyar directamente tres proyectos claves que se encontraban en fase de ejecución en países como Perú y Chile. Estos proyectos incluyeron la Línea de Transmisión HVDC 600 kV Kimal – Lo Aguirre, la Subestación Santa Teresa a 220/23 kV y la Línea de Transmisión Paquillusi – Pumiri a 220 kV.

#### ***4.2.1 Línea de Transmisión HVDC 600 kV Kimal – Lo Aguirre***

La empresa Conexión Kimal Lo Aguirre S.A., en adelante “Conexión Energía”, conformado por las empresas Transelec S.A., Inversiones Chile S.A. y China Southern Power Grid International (CSGI), se adjudicó mediante licitación pública internacional la ejecución y explotación del proyecto “Línea HVDC – Lo Aguirre”, en adelante LTE HVDC. Este proyecto de infraestructura eléctrica comprende la construcción de una línea de transmisión de corriente continua de alta tensión, que se extiende aproximadamente 1.342 Km desde la Región de Antofagasta hasta la Región Metropolitana, con el propósito de optimizar la eficiencia en la transmisión eléctrica a larga distancia, reducir pérdidas y garantizar una mayor estabilidad en el suministro regional en Chile.

Durante la participación en este proyecto en Óptima Ingeniería, el enfoque estuvo en apoyar el desarrollo de obras complementarias en los tramos constructivos 4, 5 y 6, tales como cunetas, mallas y trinchos metálicos, definidos previamente a la participación en el proyecto para cada sitio de torre. Este proceso involucró el análisis de la información existente, como informes sobre geología, visitas de campo, estudios de suelos y levantamientos aerofotográficos realizados para las diferentes fases del proyecto. El objetivo principal fue asegurar la estabilidad e integridad estructural de la infraestructura, en sus puntos críticos a lo largo del tramo constructivo de la línea de transmisión.

### Figura 5

*Condiciones sitio de torre*



*Nota: Las figuras muestran las condiciones de uno de los sitios de la línea de transmisión de energía del proyecto LTE HVDC (S.A.S, 2023).*

En la tabla 1 se enumeran los sitios donde se identificaron condiciones adversas, requiriendo la implementación de obras complementarias, que, si bien no hacen parte de los elementos principales de la estructura, permiten mitigar amenazas y garantizar el funcionamiento adecuado de las torres, a su vez se especifica el tipo de obra.

**Tabla 1**

*Listado de asignación sitios de torres con obras complementarias*

TABLA DE ASIGNACIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS									
INFORMACIÓN DE LAS TORRES Y LOCALIZACIÓN							OBRAS COMPLEMENTARIAS GENERALES		
Número de torre	Tipo de estructura	Tipo de Suelo	X Este (m)	Y Norte (m)	Tramo Constructivo	Altura útil	CUNETAS	MALLA	TRINCHOS METALICOS
2530	A6KL	3	326679,926	6363627,296	6	H44	X		X
2531A	S6KL	3	327107,78	6363111,698	6	H47		X	
2588	SR6KL	2	325099,226	6334977,889	6	H47		X	
2630	S6KL	3	324474,885	6319780,669	6	H56	X		X
2645	S6KL	3	322848,393	6315262,459	6	H45	X		X
2651	SR6KL	3	323432,788	6312591,123	6	H68	X		X
2663	S6KL	3	324711,418	6307125,781	6	H56	X		X
2669V3	S6KL	3	323486,402	6304805,43	6	H38	X		X
2688	A6KL	4	323540,61	6298739,54	6	H55	X		X
*	Sitios de torre involucrados dentro de variantes. Información posterior al análisis. Revisar aplicabilidad.								

*Nota: Esta tabla muestra algunos sitios de torre correspondientes al tramo 6 de la línea de transmisión de energía del proyecto LTE HVDC (S.A.S, 2023).*

Mediante la integración de los análisis y resultados obtenidos previamente, se generó la memoria de obras complementarias generales, que detalla para cada uno de los sitios listados las condiciones geológicas, se especifica el tipo de obra y la implantación de esta en el área de interés.

Simultáneamente, para desarrollar los planos correspondientes a cada número de torre, fue esencial la coordinación de actividades y el trabajo en equipo, dada la gran cantidad de estructuras ubicadas en condiciones adversas. Esta colaboración interdisciplinaria permitió una distribución eficiente de tareas entre los miembros del área asignados para este proyecto.

El proceso de diseño de los planos de obras complementarias se llevó a cabo de manera secuencial, iniciando por el tramo constructivo 4 y avanzando progresivamente hacia los tramos 5

y 6. Se utilizaron los planos asociados al tramo 3 como referencia, asegurando la aplicación de los niveles de detalle exigidos por Óptima Ingeniería en sus proyectos para garantizar la satisfacción de los clientes.

Posteriormente, se entregó un primer informe para revisión, el cual incluyó los planos preliminares y la memoria de obras complementarias generales, facilitando la detección y de posibles inconsistencias antes de la entrega final.

**Tabla 2**

*Listado de asignación planos de obras complementarias*

Número de torre	X Este (m)	Y Norte (m)	Cunetas	Malla	Trinchos Metálicos	CUNETAS TOTAL LONGITUD [m]	TRINCHOS			MALLAS AREÁ [m3]	Asignación
							Longitud [m]	Cantidad Trinchos [m]	TOTAL		
1902	310560.722	6631455.75			X		1	32	32		Edgar
1916A	309571.899	6624912.509							0		Samuel
1917A	309234.187	6624374.758							0		Samuel
1918	308949.658	6623921.693			X		1	29	29		Edgar
1919	308747.563	6623599.889			X		1	30	30		Samuel
1920	308518.876	6623235.743			X		1	30	30		Edgar
1922	308152.829	6622442.71			X		1	47	47		Edgar
1926	307606.727	6620772.734		X	X		20	2	40	67	Samuel
1953	302762.314	6607936.908			X		20	2	40		Edgar
1961	302093.528	6604334.746		X	X		7	6	42	288	Samuel
1966A	300071.104	6601742.916			X		9	4	36		Edgar
2044	289884.276	6566210.32			X		7	4	28		Edgar
2085A	289094.393	6546134.519			X		7	4	28		Samuel
2089	288718.248	6544073.563	X			90			0		Edgar
2090	288630.249	6543591.4	X			41			0		Samuel
2127	288063.359	6525663.547	X				39		0		Samuel
2145	289924.147	6517257.028		X					0	205	Edgar
2148	289906.59	6515931.44	X			33			0		Samuel
2168	289016.091	6506434.942			X		7	4	28		Edgar
2174	289642.556	6503654.647			X		7	6	42		Samuel

*Nota: Esta tabla facilita la coordinación y el control meticuloso del proceso de desarrollo de obras complementarias (S.A.S, 2023).*

**Figura 6**

*Ejemplo plano de obras complementarias*





Finalmente, al implementar el listado de asignación planos de obras complementarias (Tabla 2), se logró gestionar todos los comentarios y realizar las modificaciones requeridas. Se autoriza el envío al cliente y se procede con el diligenciamiento del comunicado correspondiente. Este documento detalla todos los elementos entregados y asegura que se han abordado satisfactoriamente los comentarios recibidos sobre los documentos y planos entregados anteriormente.

**Figura 8**

*Comunicado de envío de documentos asociados a obras complementarias*



Medellín, Colombia – 10 de mayo de 2024

Atn. **KALPATARU POWER CHILES**  
Santiago de Chile, Chile

**Referencia:** LÍNEA DE TRANSMISIÓN HVDC KIMAL - LO AGUIRRE ±600 kV

**Asunto:** OI-PY-160-KILO-COM-169 Envío Documentos asociados a Obras Complementarias

Cordial saludo,

Estimados ingenieros, se entrega con el presente comunicado los documentos correspondientes a la memoria de cálculo y planos de obras complementarias. Para esta ocasión se envían los documentos asociados al Tramo No 4, Tramo No 5 y Tramo No 6, en donde se atienden los comentarios realizados sobre el documento y los planos anteriormente entregados. Lo anterior como parte del proyecto Línea de transmisión HVDC KIMAL – LO AGUIRRE ±600 kV.

A continuación, se relacionan los documentos que hacen parte de esta entrega:

DOCUMENTOS				
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO	REV.	ENVIADO
1	CNX-KILO-002-DL-L4-CV-MCA-E0200	Memoria de cálculo diseño de obras complementarias generales sección 4	0	10/04/2024
2	CNX-KILO-002-DL-L5-CV-MCA-E0201	Memoria de cálculo diseño de obras complementarias generales sección 5	0	10/04/2024
3	CNX-KILO-002-DL-L6-CV-MCA-E0202	Memoria de cálculo diseño de obras complementarias generales sección 6	0	10/04/2024
4	CNX-KILO-002-DL-L4-CV-PLN-E0200	Plano diseño de obras complementarias generales sección 4	0	10/04/2024
5	CNX-KILO-002-DL-L5-CV-PLN-E0201	Plano diseño de obras complementarias generales sección 5	0	10/04/2024
6	CNX-KILO-002-DL-L6-CV-PLN-E0202	Plano diseño de obras complementarias generales sección 6	0	10/04/2024

Los comentarios realizados sobre la versión anterior son atendidos.

*Nota: La figura muestra el comunicado de envío de obras complementarias (S.A.S, 2023).*

#### 4.2.2 Subestación Santa Teresa a 220/23 kV

El proyecto “Subestación Santa Teresa a 220/23 kV” está emplazado en la localidad de Lampa, en la Región Metropolitana de Santiago de Chile, Chile. Este proyecto se encuentra en la fase de ingeniería básica y tiene como objetivo principal mejorar la infraestructura eléctrica de la región mediante la construcción de una nueva subestación eléctrica. La subestación incluye un edificio de dos pisos sin subterráneos, diseñado para albergar equipos y sistemas necesarios para el funcionamiento eficiente y seguro de la instalación.

Adicional, el proyecto comprende la construcción de una línea de transmisión de 4.34 Km de longitud, que conecta la subestación Nueva Lampa con la subestación Santa Teresa 220kV. Esta línea de transmisión asegura una distribución de energía eléctrica eficiente y mejora el suministro eléctrico en la región.

#### Figura 9

##### *Emplazamiento general del proyecto*



*Nota: La figura muestra la ubicación general del proyecto (S.A.S, 2023).*

Dentro del marco de este proyecto, la actividad específica a desarrollar consistió en apoyar el diseño de la memoria de cálculo de vías y zonas de circulación interna de la subestación Santa









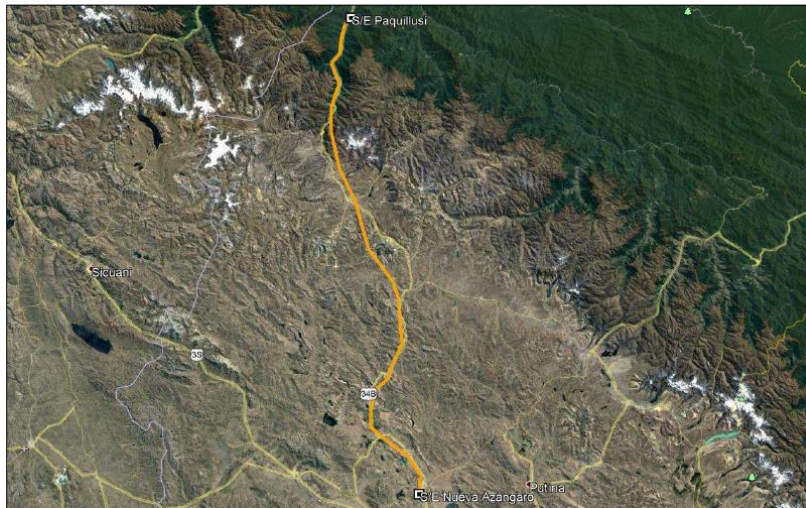


#### 4.2.3 Línea de Transmisión Paquillusi – Pumiri a 220 kV

El proyecto “Línea de Transmisión Paquillusi – Pumiri a 220 kV” es una iniciativa para el mejoramiento de la infraestructura eléctrica en el sur del Perú. Este proyecto tiene como objetivo principal conectar las subestaciones Paquillusi 220 kV y Pumiri 220 kV, facilitando la transmisión eficiente de energía generada por la Central Hidroeléctrica San Gabán III, ubicada en el distrito de San Gabán, departamento de Puno.

#### Figura 15

*Ubicación específica del proyecto*

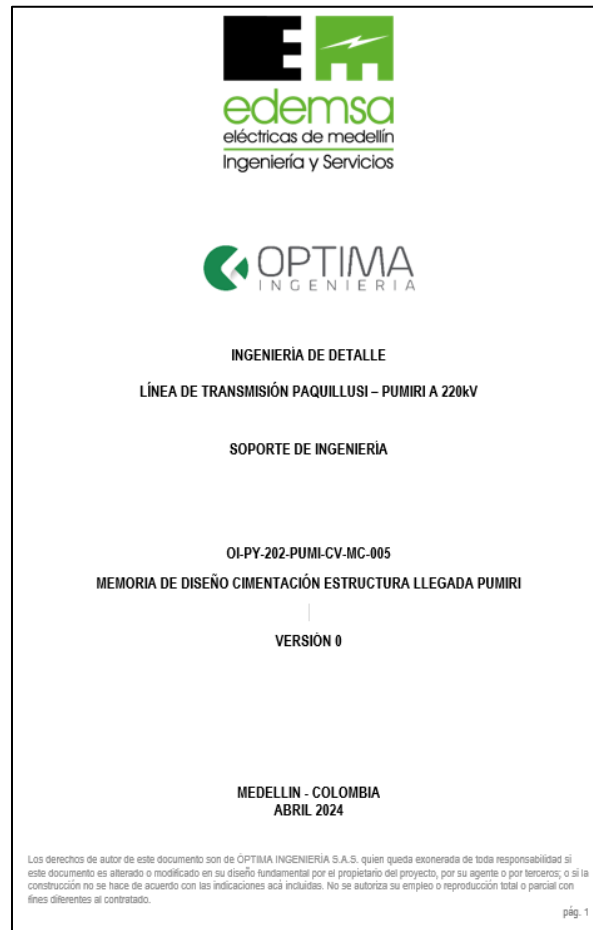


*Nota: La figura muestra la ubicación de la línea de transmisión Paquillusi – Pumiri (S.A.S, 2023).*

Como parte de este proyecto, se abordó el diseño de los planos relacionados con los reportes de diseño de las fundaciones para las torres de llegada a la subestación Pumiri 220 kV. Se desarrollaron dos alternativas de cimentaciones: cimentación tipo pila y cimentación tipo zapata.

#### Figura 16

*Memoria de diseño cimentación estructura llegada Pumiri*

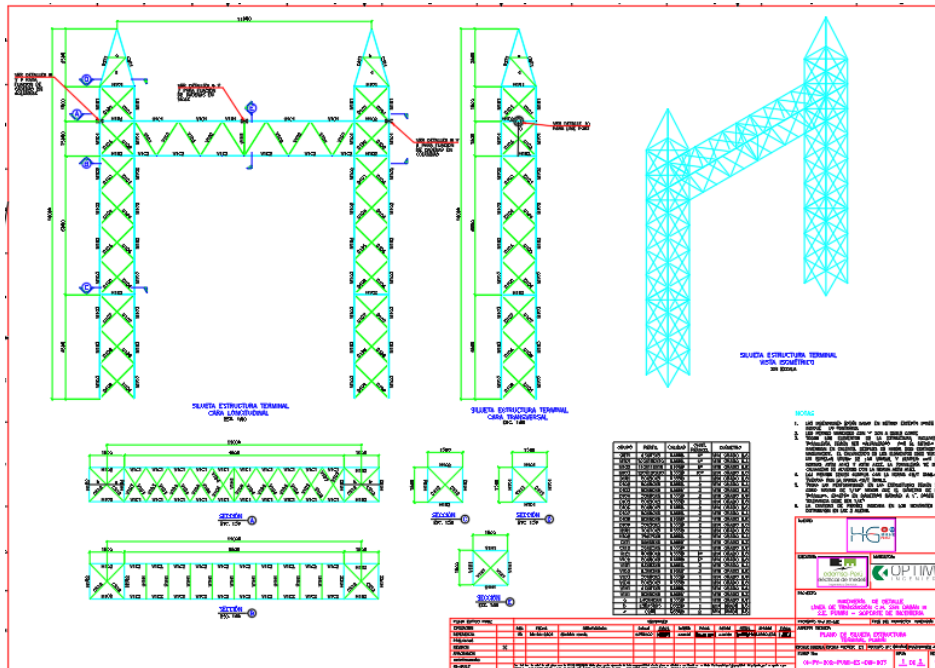


*Nota: La figura muestra la memoria de diseño para las alternativas de cimentación tipo pila y zapata de la estructura de llegada Pumiri (S.A.S, 2023).*

Inicialmente, se recibieron documentos de referencia, el plano de silueta de la estructura de llegada a la subestación Pumiri 220 kV y un plano de cimentación relacionado con otro diseño que posee características similares a las fundaciones requeridas para este proyecto. Estos documentos, complementados con un esquema detallado, las instrucciones recibidas y el trabajo en equipo con el ingeniero responsable de los reportes de diseño, mejoraron la comprensión de los requisitos exigidos, facilitando el inicio del diseño de los planos.

### **Figura 17**

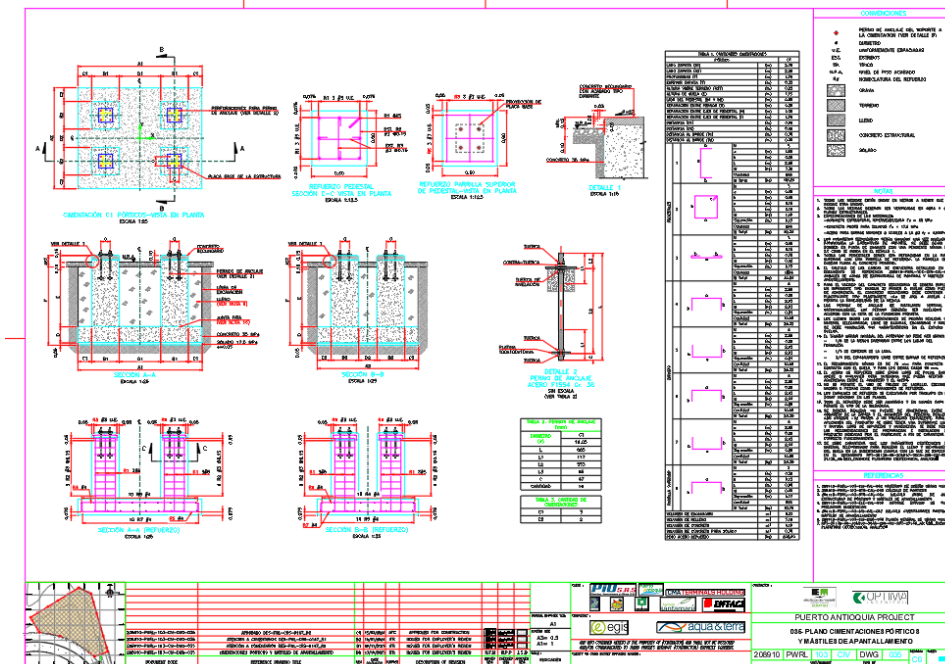
*Plano de silueta estructura terminal Pumiri*



Nota: Plano de la estructura a la que se le realiza el plano diseño cimentación (S.A.S, 2023).

Figura 18

Plano de referencia



Nota: Plano base para el diseño del plano cimentación estructura llegada Pumiri (S.A.S, 2023).

**Figura 19**

*Esquema elementos del proyecto*



*Nota: Esquema conformado por superficie, ortofoto y trazado de la línea de transmisión.*

Posteriormente, se diseñó una versión preliminar de los planos de llegada a la subestación Pumiri 220 kV y se envió para revisión interna. De la retroalimentación recibida, se destacó la autorización para la incorporación de las especificaciones del perno de anclaje y la placa base.

**Figura 20**

*Especificaciones del perno de anclaje y placa base*

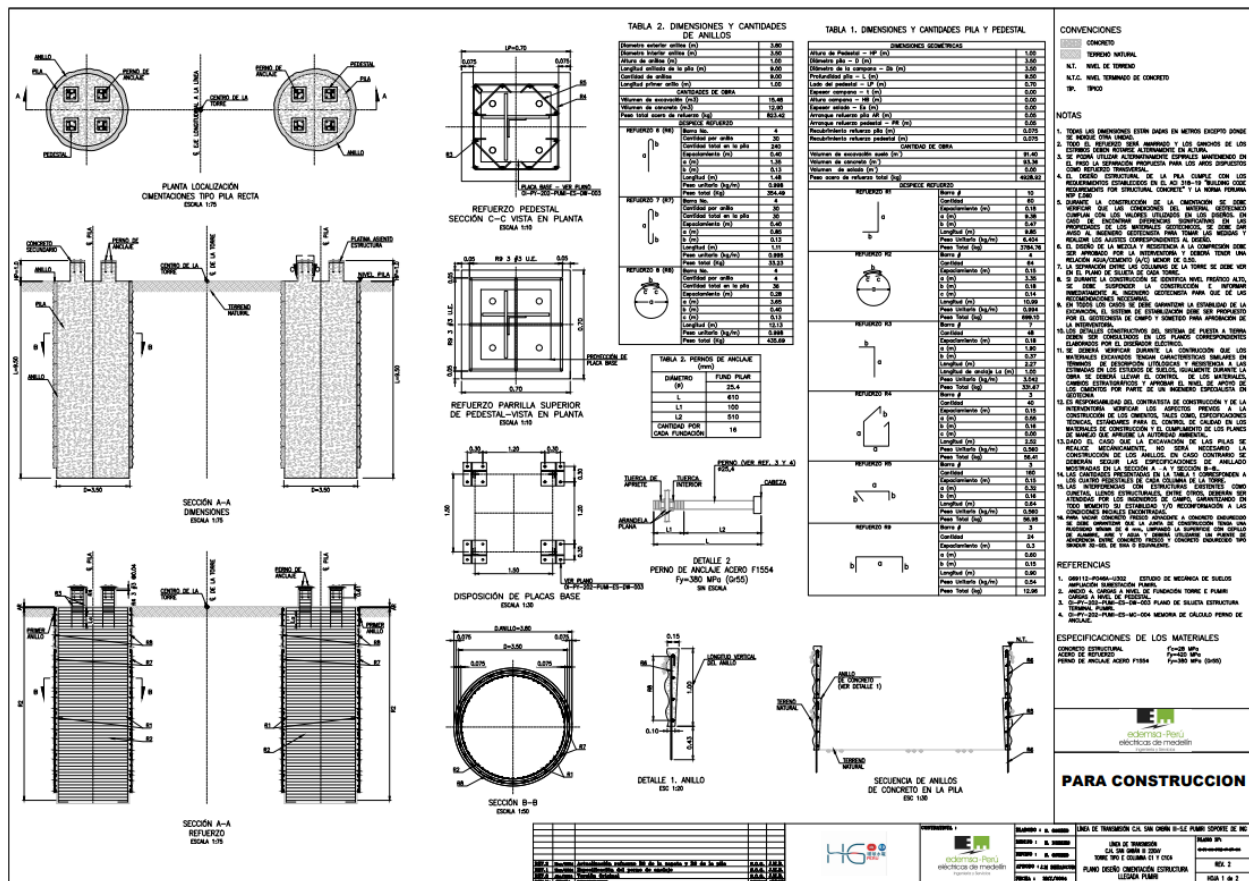
PERNO	
Instalación	Pre-instalado
Tipo	T - Con cabeza o platina
Sub-tipo	Placa base no elevada
Acero	SAE1020 (fy=350 MPa)
Diámetro	1
Longitud total del perno, L [mm]	700
Lado platina, Lbrg [mm]	100
Longitud embebida, Ldh [mm]	351
Longitud roscada, Lr [mm]	154
Proyección de la rosca, P [mm]	92
Proyección bajo platina, C [mm]	57
GEOMETRÍA FUNDACIÓN	
Caso	Caso V
c1x [mm]	300
sx [mm]	200
c2x [mm]	300
c1y [mm]	300
sy [mm]	200
c2y [mm]	300
PLACA BASE	
Espesor de placa base, ep [mm]	31.8
Espesor grouting / Dist. libre placa elevada, eg [mm]	200

*Nota: Especificaciones obtenidas de la memoria de cálculo de placa base y perno de anclaje.*

Seguidamente se diseñó la versión definitiva para cada alternativa de cimentación, incorporando todas las especificaciones y ajustes requeridos. Además, se realizaron revisiones adicionales para asegurar que todos los comentarios fuesen atendidos y estuvieran alineados con las normas técnicas establecidas y los estándares profesionales.

Figura 21

Plano diseño cimentación estructura llegada Pumiri tipo pila




<p>CONTRATISTA :</p>	<p>ELABORO : S. OSORIO</p>	<p>LÍNEA DE TRANSMISIÓN C.H. SAN GABÁN III-S.E PUMIRI SOPORTE DE ING</p> <p>LÍNEA DE TRANSMISIÓN C.H. SAN GABÁN III 220kV TORRE TIPO E COLUMNA C1 Y C1C4</p> <p>PLANO DISEÑO CIMENTACIÓN ESTRUCTURA LLEGADA PUMIRI</p>	<p>PLANO N°:</p> <p>01-PY-202-PUMI-CV-DW-005</p>
	<p>DIBUJO : E. NOBLES</p>		<p>REV. 2</p>
	<p>REVISO : S. OSORIO</p>		<p>HOJA 1 de 2</p>
	<p>APROBO : J.M BETANCUR</p> <p>FECHA : MAY/2024</p>		

Nota: Alternativa cimentación tipo pila para la estructura llegada Pumiri 220kV (S.A.S, 2023).



**Figura 23**

*Entrega planos cimentación estructura especial Pumiri*


OI-PY-202-COM-061

---

Medellín, Colombia – 17 de mayo de 2024

Atn. Ingeniero  
**LUIS ENRIQUE ORTEGA ACOSTA**  
 Gerente de Construcción Energía.  
**EDEMSA PERU**

**Asunto:** OI-PY-202-COM-061 Entrega Planos cimentación estructura especial Pumiri V2

Cordial saludo,

Ingeniero Ortega, para su revisión y comentarios se entrega en el presente comunicado los documentos correspondientes al desarrollo del soporte durante construcción de la línea de transmisión PAQUILLUSI - PUMIRI A 220 kV:

Como parte integral del comunicado se adjuntan los siguientes documentos:

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO	REV.	ENVIADO
1	OI-PY-202-PUMI-CV-DW-005	Plano de diseño cimentación estructura terminal Pumiri	2	17/05/2024

Estaré atento a cualquier duda o comentario,

Saludos cordiales,

PBX: +57 444 6682 / E-mail: info@optimaingenieria.co  
Carrera 65 # 42-123 primer piso, Medellín - Colombia

www.optimaingenieria.co

*Nota: Comunicado de envío cimentación estructura llegada Pumiri 220kV (S.A.S, 2023).*

## 5. Conclusiones

Durante la práctica empresarial, se llevaron a cabo diversos proyectos de transmisión de energía que, debido a su complejidad y requisitos específicos, demandaron una gestión integral de múltiples entregables y una estrecha colaboración interdisciplinaria. El éxito de estos proyectos se atribuye a la ejecución efectiva de tareas específicas asignadas por contratistas o personal interno, así como a la coordinación de meticulosas revisiones adaptadas a las necesidades particulares de cada proyecto y la colaboración con el equipo de geología y geotecnia.

La contribución en la elaboración de memorias de cálculo y planos, asegurando su precisión y coherencia con los estándares profesionales, fue crucial para fortalecer las competencias laborales y garantizar el éxito integral de los proyectos ejecutados. La capacidad de adaptarse a cambios, resolver problemas y mantener una comunicación clara y constante con todas las partes interesadas resultó fundamental para cumplir con el 100% de las actividades dentro de los plazos establecidos.

Es relevante destacar que la gestión de comentarios y modificaciones durante la fase de revisión jugó un papel clave en asegurar que los entregables cumplieran con los estándares profesionales requeridos. Este proceso facilitó la identificación temprana de errores y áreas de mejora, estableciendo un ciclo de retroalimentación efectivo entre el equipo de trabajo y el cliente, y promoviendo una cultura de mejora continua y compromiso con la calidad y eficiencia en cada etapa del proceso.

En conclusión, esta práctica empresarial ha complementado mi formación académica y los conocimientos adquiridos durante mi trayectoria como estudiante en la Universidad Industrial de Santander, proporcionándome habilidades prácticas en un entorno laboral real. Ha contribuido

significativamente a mi crecimiento personal y profesional, y ha apoyado exitosamente los proyectos de Óptima Ingeniería en los que participé.

## **6. Recomendaciones**

Se recomienda a la empresa seguir implementando los procesos de revisión sistemática y gestión de comentarios para todos los entregables. Esto ayudará a identificar errores y áreas de mejora de manera temprana, asegurando que los resultados finales cumplan con los estándares profesionales requeridos.

A su vez, incentivar la colaboración entre las diferentes áreas de especialización. Los proyectos multidisciplinarios se benefician enormemente de la diversidad de perspectivas y conocimientos, proporcionando soluciones más innovadoras y efectivas.

### Referencias Bibliográficas

- Budhu, M. (2010). *Soil Mechanics & Foundations, 3rd Edition*.
- Chile, D. V. (2018). *Manual de carreteras*.
- Das, B. M. (2013). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning.
- Escobar, G. D. (2024). *Manual de geología para ingenieros*. Manizales.
- ICONTEC, I. C. (2000). *Normas Técnicas Colombianas NTC*.
- Institute, P. M. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)*.
- Institute, T. A. (1965). *Full Depth Asphalt pavement structures for highways and streets*.
- Officials, A. A. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*.
- Patricio Moraga, N. P. (2008). *Pavimentos Urbanos en Chile: Procedimientos y Diseños*.
- Romero Herrera, J. P. (2010). *Guía práctica para el diseño y proyecto de líneas de transmisión de alta tensión en Chile*.
- S.A.S, Ó. I. (2023). *Óptima Ingeniería*. Obtenido de <https://www.optimaingenieria.co/>
- Sísmica, A. C. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*.
- Terzaghi, K. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*.
- Whitman, T. W. (2012). *Mecánica de suelos*.

Apéndices

Apéndice A. Listado de asignación sitios de torre con obras complementarias tramo 4

TABLA DE ASIGNACIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS									
INFORMACIÓN DE LAS TORRES Y LOCALIZACIÓN							OBRAS COMPLEMENTARIAS GENERALES		
Número de torre	Tipo de estructura	Tipo de Suelo	X Este (m)	Y Norte (m)	Tramo Constructivo	Altura útil	CUNETAS	MALLA	TRINCHOS METALICOS
1458	SR6KL	2	344103,1	6853961,284	4	H66			X
1463	SR6KL	3	343781,694	6851204,96	4	H66	X		
1468	S6KL	2	343494,456	6848741,65	4	H47			X
1476	S6KL	3	342846,756	6844330,629	4	H41		X	
1477	SR6KL	3	342677,103	6843924,652	4	H35			X
1478	SR6KL	3	342411,055	6843288,005	4	H59			X
1480A	S6KL	3	341917,518	6842106,98	4	H51		X	
1506*	SR6KL	3	337628,649	6830108,88	4	H69			X
1507*	SR6KL	3	337330,347	6829620,823	4	H69			X
1508*	S6KL	3	337083,675	6829217,237	4	H56		X	
1533	SR6KL	7	334475,676	6816251,002	4	H54			X
1535	S6KL	3	334267,705	6815160,659	4	H47			X
1536	S6KL	2	334202,129	6814816,857	4	H44		X	
1537	SR6KL	2	334090,52	6814231,72	4	H36			X
1584	SR6KL	2	327985,564	6790233,686	4	H59	X		X
1643	SR6KL	2	319810,229	6761790,208	4	H41		X	
1660	S6KL	2	317183,563	6752488,98	4	H39		X	
1687A	SR6KL	2	313240,251	6738598,314	4	H65	X		
1691	S6KL	2	312674,799	6736573,797	4	H48		X	
1726	S6KL	2	313079,633	6718193,504	4	H45		X	
1728	SR6KL	2	313225,462	6716881,585	4	H65		X	
1777	A6KL	2	313628,951	6693623,265	4	H44		X	
1783	T6KL	2	313069,38	6690754,74	4	H31			X
1784	A6KL	2	313337,542	6689355,976	4	H44			X
1785	SR6KL	2	313427,624	6688886,098	4	H45			X
1786	SR6KL	2	313525,826	6688373,861	4	H59			X
1794*	SR6KL	2	312160,515	6684646,968	4	H50			X
*	Sitios de torre involucrados dentro de variantes. Información posterior al análisis. Revisar aplicabilidad.								

**Apéndice B.** Listado de asignación sitios de torre con obras complementarias tramo 5

TABLA DE ASIGNACIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS									
INFORMACIÓN DE LAS TORRES Y LOCALIZACIÓN							OBRAS COMPLEMENTARIAS GENERALES		
Número de torre	Tipo de estructura	Tipo de Suelo	X Este (m)	Y Norte (m)	Tramo Constructivo	Altura útil	CUNETAS	MALLA	TRINCHOS METALICOS
1799*	A6KL	3	310605,559	6682140,921	5	H34			X
1803*	A6KL	3	310563,016	6680410,297	5	H23			X
1806*	S6KL	3	310773,132	6679359,085	5	H44			X
1813	T6KL	3	309534,578	6676328,923	5	H35		X	
1816	A6KL	3	309511,189	6675273,719	5	H38			X
1820	SR6KL	3	309450,249	6672524,395	5	H50			X
1833	SR6KL	3	309273,524	6664551,353	5	H41			X
1833A	S6KL	3	309269,314	6664361,4	5	H36		X	
1835	A6KL	3	309241,88	6663123,72	5	H23			X
1848	AI6KL	3	311404,26	6656678,759	5	H49	X	X	
1853	SI6KL	3	311531,996	6654871,837	5	H47		X	
1861	S6KL	4	311717,279	6650886,142	5	H48	X		
1902	S6KL	4	310560,722	6631455,75	5	H38			X
1918	SI6KL	3	308949,658	6623921,693	5	H45			X
1919	SI6KL	3	308747,563	6623599,889	5	H56			X
1920	SI6KL	3	308518,876	6623235,743	5	H41			X
1922	AI6KL	3	308152,829	6622442,71	5	H49			X
1926	AI6KL	3	307606,727	6620772,734	5	H49		X	X
1953	SR6KL	3	302762,314	6607936,908	5	H56			X
1961	S6KL	4	302093,528	6604334,746	5	H62		X	X
1966A	S6KL	4	300071,104	6601742,916	5	H35			X
2044	S6KL	4	289884,276	6566210,32	5	H35			X
2085A	AI6KL	3	289094,393	6546134,519	5	H31			X
2089	SI6KL	3	288718,248	6544073,563	5	H53	X		
2090	SI6KL	4	288630,249	6543591,4	5	H56	X		
2127	A6KL	4	288063,359	6525663,547	5	H46	X		
2145	SI6KL	3	289924,147	6517257,028	5	H41		X	
2148	TI6KL	4	289906,59	6515931,44	5	H40	X		
2168	SR6KL	4	289016,091	6506434,942	5	H60			X
2174	AI6KL	3	289642,556	6503654,647	5	H43			X
2175	S6KL	4	289666,735	6503547,338	5	H42			X
2183	T6KL	4	289228,98	6499516,25	5	H26			X

Apéndice C. Listado de asignación sitios de torre con obras complementarias tramo 6

TABLA DE ASIGNACIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS									
INFORMACIÓN DE LAS TORRES Y LOCALIZACIÓN							OBRAS COMPLEMENTARIAS GENERALES		
Número de torre	Tipo de estructura	Tipo de Suelo	X Este (m)	Y Norte (m)	Tramo Constructivo	Altura útil	CUNETAS	MALLA	TRINCHOS METALICOS
2238	S6KL	3	290421,464	6484053,146	6	H36			X
2242	S6KL	3	291371,394	6483059,03	6	H48	X		X
2243	SR6KL	4	291579,103	6482818,238	6	H51	X		
2244	S6KL	3	291986,684	6482345,74	6	H50			X
2250	S6KL	4	293596,341	6480313,117	6	H35			X
2254	A6KL	3	293653,52	6478082,23	6	H23			X
2272	AI6KL	3	296925,81	6469896,56	6	H29			X
2274	AI6KL	4	297170,072	6469530,05	6	H49			X
2275	T6KL	3	297621,72	6468852,36	6	H23			X
2276	SR6KL	3	297733,649	6468318,366	6	H57			X
2288	SI6KL	3	301524,493	6464426,048	6	H62			X
2289	SI6KL	3	301453,364	6463954,35	6	H63			X
2313	S6KL	4	297844,902	6453126,23	6	H54	X		
2340	TI6KL	3	294593,55	6440701,63	6	H37		X	X
2342	SI6KL	3	294540,24	6439879,409	6	H51			X
2343	SI6KL	3	294487,832	6439071,106	6	H54			X
2350	SI6KL	4	294510,831	6435722,626	6	H47			X
2358	TI6KL	4	296450,09	6432131,69	6	H43			X
2401	SR6KL	3	308850,988	6419103,815	6	H50			X
2402	SR6KL	4	309273,966	6418286,814	6	H68	X		X
2403	SR6KL	4	309359,021	6418122,526	6	H63	X		
2411	S6KL	3	311335,982	6414303,937	6	H41	X		
2462	S6KL	4	318675,408	6393493,007	6	H62			X
2467*	S6KL	4	319148,32	6391718,95	6	H47	X		
2475*	SR6KL	3	318354,46	6387382,858	6	H48			X
2504	SI6KL	3	321317,574	6374943,733	6	H66			X
2505A	AI6KL	3	321392,577	6374348,439	6	H31			X
2506	AI6KL	3	321440,079	6373971,42	6	H31			X
2507	SR6KL	3	321497,581	6373515,029	6	H38			X
2511	SR6KL	3	321574,91	6371588,576	6	H41	X		X
2522	SR6KL	3	323729,651	6367182,613	6	H41			X
2523	SR6KL	3	324154,312	6366670,863	6	H41			X