



UNIVERSIDAD  
**SAN IGNACIO  
DE LOYOLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Carrera de Ingeniería Civil**

**GESTIÓN DE LOS INVOLUCRADOS EN LA SOLUCIÓN  
DE INTERFERENCIA DE TUBERÍA MATRIZ DE GAS  
EN OPERACIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL  
INTERCAMBIO VIAL BENAVIDES EN LIMA, 2015**

**Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional  
de Ingeniero Civil**

**RODRIGO ALDO ECHEVARRIA MENDOZA**

**Asesor:  
Mgtr. Ing. Wilder Orlando Rodriguez Mogollon**

**Lima - Perú  
2018**

## Tabla de contenido

Lista de Tablas.....	ix
Lista de Figuras.....	x
<b>1. CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....</b>	<b>3</b>
1.1. Datos Generales.....	3
1.2. Nombre o Razón Social de la Empresa .....	3
1.3. Ubicación de la Empresa.....	3
1.4. Giro de la Empresa .....	5
1.5. Tamaño de la Empresa .....	5
1.6. Breve Reseña Histórica de la Empresa.....	5
1.7. Organigrama Funcional de la Empresa .....	5
1.8. Misión, Visión y Política.....	7
1.8.1. Misión:.....	7
1.8.2. Visión: .....	7
1.8.3. Política: .....	7
1.9. Productos y Clientes.....	7
1.9.1. Productos en Perú:.....	7
1.9.2. Clientes.: .....	8
1.10. Premios y Certificaciones.....	8
1.10.1. Premios. ....	8
1.10.2. Certificaciones.....	8
1.11. Relación de la Empresa con la Sociedad .....	9
<b>2. CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>10</b>
2.1. Caracterización del Área en el que Participó.....	10
2.2. Antecedentes y Definición del Problema .....	10
2.2.1. Antecedente sobre el proyecto de concesión. ....	10
2.2.2. Antecedente sobre el intercambio vial a desnivel Benavides. ....	11
2.2.3. Antecedente sobre la ejecución del túnel.....	13
2.2.4. Antecedente sobre el equipamiento del túnel. ....	16
2.2.5. Antecedente sobre las interferencias. ....	17
2.2.6. Definición del problema: interferencia de tubería de gas Ø500mm. ....	18
2.3. Objetivos.....	21
2.3.1. Objetivo general. ....	21
2.3.2. Objetivos específicos.....	21
2.4. Justificación.....	21
2.5. Alcances.....	21
2.6. Limitaciones .....	22
<b>3. CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
3.1. Introducción .....	23
3.1.1. Alternativas de reubicación de tuberías.....	23
3.1.2. Modificaciones a la ingeniería .....	26
3.1.3. Cambios a la ingeniería en el proyecto IVD Benavides.....	28
3.1.4. Transporte de gas soportados en apoyos metálicos y/o por costales de arena.....	31
<b>4. CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>33</b>
4.1. Metodología .....	33

	iii
4.1.1. Descripción .....	33
4.1.2. Adecuación de la ingeniería del túnel .....	34
4.1.3. Alternativas de solución para soporte de tubería de gas.....	36
4.1.4. Características de la tubería de gas Ø500mm. ....	38
4.1.5. Diseños. ....	38
4.1.6. Cálculo estructural de los apoyos de la tubería. ....	39
4.1.7. Protección catódica de la tubería de gas metálica. ....	41
4.1.8. Plan de contingencia. ....	42
4.1.9. Procedimientos constructivos. ....	43
4.1.10. Gestión de la comunicación. ....	43
<b>5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1. Productividades Alcanzadas .....</b>	<b>45</b>
<b>5.2. Costos Incurridos .....</b>	<b>46</b>
<b>5.3. Problemas Observados.....</b>	<b>47</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>48</b>
<b>7. Recomendaciones .....</b>	<b>51</b>
<b>8. Referencias .....</b>	<b>52</b>
<b>9. Anexos .....</b>	<b>54</b>

### Lista de Tablas

Tabla 1. Establecimientos anexos de Odebrecht Peru Ingenieria Y Construccion S.A.C.....	4
Tabla 2. Características de la Tubería metálica de gas Ø500mm .....	38
Tabla 3. Resumen de Resultados del Cálculo estructural en tubería de Gas Ø500mm.....	40
Figura 1. Mapa de ubicación de la empresa en Lima.....	3
Figura 2. Organigrama de la Empresa para el proyecto Vías Nuevas de Lima .....	6
Figura 3. Mapa de Ubicación de los tramos del proyecto Vías Nuevas de Lima. ....	11
Figura 4. Ubicación del Proyecto IVD Benavides .....	12
Figura 5. Tráfico caótico en zonas de influencia de proyecto IVD Benavides.....	12
Figura 6. Modelamiento del tráfico con escenario Actual y con Proyecto.....	13
Figura 7. Proyección del Túnel .....	14
Figura 8. Sección Típica del Túnel .....	14
Figura 9. Secuencia Constructiva para la Ejecución del Túnel.....	16
Figura 10. Equipamiento del Túnel.....	16
Figura 11. Interferencias Identificadas en IVD Benavides.....	17
Figura 12. Reubicación de Tubería Matriz de Agua ø1000, ø1600 y tubería de desagüe Ø1200 .	18
Figura 13. Bosquejo de Reubicación de Tubería de Gas Ø500mm mediante sifón.....	19
Figura 14. Procedimiento Constructivo de Microtunelación .....	19
Figura 15. Bosquejo de Reubicación de Tubería de Gas ø500mm .....	20
Figura 16. Sección de Túnel con interferencia de Gas reubicada por el método Hot Tap .....	20
Figura 17. Métodos de excavación sin zanja por empuje .....	24
Figura 18. Proceso de excavación de la tubería piloto .....	25
Figura 19. Esquema ilustrativo de sistema de seguimiento de la cabeza de perforación desde la superficie .....	26
Figura 20. Esquema de proceso constructivo bajo una carretera .....	26
Figura 21. Evitar el corte de la ladera de cerro – Zona “Paredón” .....	28
Figura 22. Planta y secciones antes y después de la Adecuación de la Ingeniería .....	29
Figura 23. Ejecución de Pilotes manuales. ....	30
Figura 24. Pre-anclajes en empalmes de Tubería Ø1000 y Ø1600 .....	30
Figura 25. Transporte de Gaseoductos y Oleoductos en otros países .....	31
Figura 26. Norma ASME 3.1 – Espacio sugerido de soporte.....	31
Figura 27. Gestión permanente con empresas externas a la organización para el desarrollo del proyecto.....	33
Figura 28. Vista en Planta de construcción del túnel con la interferencia de gas Ø500mm.....	35
Figura 29. Representación simplificada del Túnel Benavides .....	35
Figura 30. Situación “tipo” de evacuación con fuego en Túnel.....	36
Figura 31. Esquema del Escenario 1 para evacuación en caso de incendios .....	36
Figura 32. Alternativa de solución planteada por ULMA .....	37
Figura 33. Vistas 3D de apoyo tipo pedestal y pórtico.....	38
Figura 34. Plano general indicando los 3 sectores de la Interferencia por Tubería de Gas Ø500 .	39
Figura 35. Destalles de Soporte Metálico para Tubería y triducto.....	39
Figura 36. Modelo y resultados de deformaciones y tensiones tangenciales por sismo del sector 3 .....	41
Figura 37. Pruebas CIS en IVD Benavides.....	42
Figura 38. Plan de Contingencia aprobado por la gerencia .....	42

Figura 39. Pasos para el Procedimiento Constructivo del Tramo 2. ....	43
Figura 40. Comunicaciones generadas hasta la aprobación de la solución .....	44
Figura 41. Periodos de aprobación de la Ingeniería por parte de “Cálidda”. ....	45
Figura 42. Cronograma comparativo entre la solución propuesta por la CPS versus lo ejecutado realmente. ....	45
Figura 43. Costos incurridos por el área de Ingeniería para el diseño de la solución. ....	46
Figura 44. Costos incurridos para la ejecución de los trabajos aprobados. ....	46
Figura 45. Gráfico comparativo de costos de la solución planteada por “Cálidda” versus la solución adoptada. ....	47
Figura 46. Fotos de Ejecución Satisfactoria de Trabajos realizados .....	50

## Introducción

En el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se muestra un caso de éxito de un Proyecto de Ingeniería donde se tuvo la oportunidad de ser parte del equipo del área de Ingeniería que desarrolló una modificación al diseño inicial para evitar una reubicación de una tubería matriz de gas natural en operación durante la construcción de un Túnel Vial en el año 2015.

Este proyecto representa un reto a la ingeniería puesto que está ubicada en una zona netamente urbana de Lima metropolitana, rodeado de edificios, en donde existe una gran cantidad de interferencias por debajo de la calzada. La presencia de estas hizo necesario la búsqueda de soluciones de reubicación en coordinación permanente con las Concesionarias prestadoras de servicios (CPS), con el fin de que estas no afecten la ejecución de las obras y se llegue a cumplir con los plazos y costos determinados. La interferencia más importante dentro de las encontradas es la tubería matriz de gas de  $\varnothing 500\text{mm}$  que abastece a las ciudades de Lima y Callao, la cual atraviesa el túnel y genera un alto riesgo en su reubicación, los plazos y costos exigidos por la CPS de gas “Cálidda”, los cuales no eran compatibles con el cronograma y presupuesto de la obra, lo que conllevó a la búsqueda y gestión de una solución que relacione seguridad, plazo, costo y constructibilidad.

Es así, que el trabajo se desarrollará de la siguiente manera, en el capítulo 1 se describe todo acerca de la organización, en el capítulo 2 se explicará a detalle la definición del problema, en el capítulo 3 se explica cómo surgió la idea de estos cambios, donde para obtener la mejor solución se indagaron otras posibles alternativas de reubicación de tuberías menos costosas que la propuesta por la CPS, sin embargo el costo era muy similar a lo indicado por “Cálidda”. Por ello, se pensó atacar la interferencia por otro camino, siendo de esta manera que con las experiencias en otras obras del personal del área de Ingeniería, era habitual realizar cambios al diseño inicial del proyecto para optimizar costos y plazos.

Luego de ello, en el capítulo 4 se detalla cómo se desarrollaron estas soluciones, indicando que con el apoyo de especialistas externos a la organización, se gestionaron y desarrollaron adecuaciones a la ingeniería del túnel, protegiendo la tubería matriz de gas, sin modificar su ubicación, adecuando la metodología constructiva, minimizando riesgos, y reduciendo

sustancialmente el gasto que hubiera significado la reubicación de la tubería de gas, lo que resultó evitar un desembolso de US\$ 2.877 millones.

Finalmente, en el capítulo 5 se realiza un análisis de los trabajos realizados y cuáles fueron sus resultados, así como también cuales son las conclusiones y recomendaciones que se tienen.

## 1. CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 1.1. Datos Generales

Es una Organización global de origen brasileño que se inicia en el año 1944, con el compromiso permanente para el desarrollo de las Comunidades en las que interviene y con la satisfacción de los Clientes.

En el año 1979 se expande internacionalmente y comienza en Perú, donde a los largo de 38 años se orientó a la construcción de grandes proyectos de infraestructura, los cuales han cooperado con la transformación económica y social en el país. (ODEBRECHT, 2017)

### 1.2. Nombre o Razón Social de la Empresa

El nombre de la Empresa es ODEBRECHT PERU INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. registrada con número de RUC 20166012687. Siendo contribuyente de tipo Sociedad Anónima Cerrada (SUNAT, 2017)

### 1.3. Ubicación de la Empresa

El Domicilio Fiscal de la empresa se encuentra registrado en: Av. Víctor Andrés Belaunde Nro. 280 Int. 502 LIMA - LIMA - SAN ISIDRO (SUNAT, 2017). En la figura 1 se muestra el mapa de la ubicación:



Figura 1. Mapa de ubicación de la empresa en Lima

Fuente: Google. (s.f.). [Mapa de San Isidro, Lima, Perú en Google maps]. Recuperado el 24 de Noviembre, 2017, de: <https://www.google.com.pe/maps/place/Odebrecht+Per%C3%BA/@-12.0956586,-7.040073,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9105c85cbda0fe55:0x2d590273f8b459e5!8m2!3d-12.0956586!4d-77.0378843>

Así mismo cuenta con veinte establecimientos anexos al rubro, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Establecimientos anexos de Odebrecht Peru Ingenieria Y Construccion S.A.C.*

<b>Código</b>	<b>Tipo de Establecimiento</b>	<b>Dirección</b>	<b>Actividad Económica</b>
48	DE. DEPOSITO	Car.Panamericana Norte Nro. . Sec. Palo Redondo Pueblo Chao La Libertad - Viru - Chao	-
40	PR. S.PRODUCTIVA	Km. 13.3 Mza. B Lote. 01 A.H. Virgen De Chapi Lima - San Juan De Miraflores	-
36	OF. OF.ADMINIST.	Jr. Manuel Bonnemaision Nro. 287 Urb. Stella Maris Ii Etapa Prov. Const. Del Callao - Prov. Const. Del Callao - Bellavista	-
38	OF. OF.ADMINIST.	Cal.Miguel Grau Nro. 989 Lambayeque - Lambayeque - Olmos	-
21	PR. S.PRODUCTIVA	Car.Olmos Corral Quemado Km. 86 Cas. Caserio Limon Cajamarca - Jaen - San Felipe	-
26	PR. S.PRODUCTIVA	Jr. Libertad Nro. 155 Cas. Caserio (Campo De Futbol Zapatero) San Martin - Lamas - Zapatero	-
45	SU. SUCURSAL	Av. Costanera Nro. 1539 (Dentro Colegio Militar) Prov. Del Callao - La Perla	-
37	PR. S.PRODUCTIVA	Car.Interoceanica Urcos-Iñapa Km. 468 (Lado Izq. Carrt. Interocéanica Urcos) Madre De Dios - Tambopata - Las Piedras	-
35	PR. S.PRODUCTIVA	Car.Carr. Huanuco-Tingo Maria Km. 107 Chontaplaya (Chontaplaya) Huanuco - Leoncio Prado - Mariano Damaso Beraun	-
22	PR. S.PRODUCTIVA	Car.Olmos Corral Quemado Nro. 26 Cas. Caserio Beatita Lambayeque - Lambayeque - Salas	-
12	MA. CASA MATRIZ	Av. Victor Andres Belaunde Nro. 280 Int. 502 Lima - Lima - San Isidro	-
42	PR. S.PRODUCTIVA	----Apv. Huayna Capac Nro. Sn C.P. Chimpahuaylla Cusco - Cusco - San Jeronimo	-
43	PR. S.PRODUCTIVA	Av. Elespuru Nro. Sn Av. Caqueta (Div. Rafael Hoyos Rubio) Lima - Lima - Rimac	-
23	OF. OF.ADMINIST.	Cal.Fco Cuneo Salazar Nro. 270 Urb. Patazca Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo	-
39	OF. OF.ADMINIST.	Jr. Jose Santos Chocano Mza. H Lote. 10 Urb. Santa Monica Cusco - Cusco - Wanchaq	-
24	PR. S.PRODUCTIVA	Car.Panamericana Sur Nro. 167 (Pampa Melchorita) Lima - Cañete - Imperial	-
44	OF. OF.ADMINIST.	----Matarani Mza. F Lote. 1 A.V.I.S. Puerto Rico Arequipa - Islay - Islay	-
46	PR. S.PRODUCTIVA	Av. Aviacion Cdra 19 Nro. . Lima - Lima - San Luis	-
29	DE. DEPOSITO	Av. Jose Carlos Mariategui Nro. 1460 Asoc. De Prop. Nueva Ate Lima - Lima - Ate	-
47	DE. DEPOSITO	----Circunvalacion Mza. Ñ Lote. 3 Urb. Rustica La Capitana Lima - Lima - Lurigancho	-

Fuente: SUNAT, 2017

#### **1.4. Giro de la Empresa**

Otras actividades especializadas de Construcción

#### **1.5. Tamaño de la Empresa**

Según el tipo de empresa (definido por nivel de ventas), la empresa está ubicada en Gran Empresa, según ya que sus ventas anuales facturan más de 2,300 Unidades Impositivas Tributarias (UIT) (SUNAT, 2017)

#### **1.6. Breve Reseña Histórica de la Empresa**

La organización se fundó en Salvador de Bahía, Brasil en el año 1944 por el Ingeniero Norberto Odebrecht, quien falleció en julio del 2014. Luego de este suceso Marcelo Odebrecht, nieto de Norberto, se encargó de dirigir la compañía hasta el año 2015 y en la actualidad lo hace Newton de Souza.

Es una empresa que está presente en Suramérica, América Central, las Antillas, Norteamérica, África, Europa y el Medio Oriente, quien es reconocida mundialmente por la magnitud de proyectos que ejecuta y la calidad con lo que lo hace.

En el país peruano se inicia en el año 1979 con la construcción de la Hidroeléctrica Charcani V (Arequipa), esta obra fue un reto desafiante que significó el inicio de su compromiso con el desarrollo del país y, al mismo tiempo, la primera actuación de Odebrecht a nivel internacional. (ODEBRECHT, 2017)

#### **1.7. Organigrama Funcional de la Empresa**

La distribución de la empresa para el proyecto en estudio se desarrolló como se indica en la figura 2, el organigrama con mayor detalle se encuentra indicado en el Anexo 01.

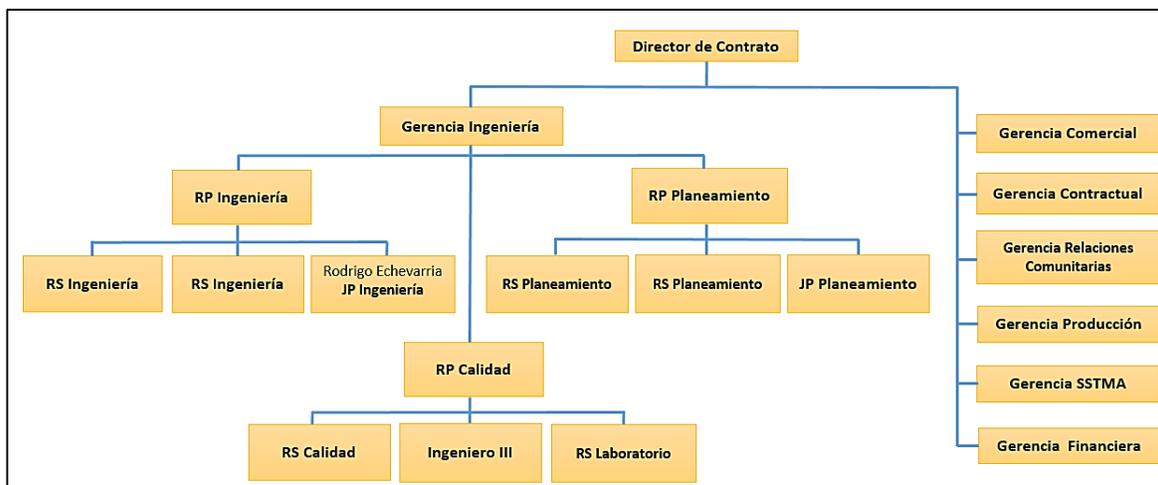


Figura 2. Organigrama de la Empresa para el proyecto Vías Nuevas de Lima

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Odebrecht Perú Ingeniería y Construcción SAC. Distribución de áreas en la organización para el proyecto específico de Vías Nuevas de Lima, Perú, 2014.

El Área de Ingeniería dentro de la Organización se dedica al acompañamiento diario de obra buscando siempre la optimización de plazos y costos. Para ello, mi labor es la gestión general, seguimiento, control y verificación del proyecto.

Cuando se requiera una modificación de gran envergadura al diseño inicial y que estén involucrados terceros, es necesaria la gestión constante con las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS) y con los consultores externos para obtener las soluciones más óptimas.

Además de ello, verificar que los diseños planteados sean ejecutables, teniendo coordinaciones continuas con el área de producción, planeamiento, seguridad y relaciones comunitarias para evitar posibles afectaciones sociales.

Finalmente, a mi cargo se encuentran dos técnicos dibujantes y un asistente, encargados de la elaboración de planos y documentos para luego presentar los cambios en un Reporte de Adecuación a la Supervisión Técnica de Obra (STO). Teniendo reuniones directas para el claro entendimiento y posterior aprobación.

## 1.8. Misión, Visión y Política

### 1.8.1. Misión:

“Educar para la vida, por el trabajo, para valores y superación de límites” (ODEBRECHT, 2017)

### 1.8.2. Visión:

“Conquista de nuevos desafíos y cumplimiento de los compromisos asumidos con excelencia para generar confianza y satisfacción de los clientes” (ODEBRECHT, 2017)

### 1.8.3. Política:

Diálogo transparente con las comunidades, entidades de gobierno y la sociedad organizada. Articulación de asociaciones y cooperación para el desarrollo sostenible. (ODEBRECHT, 2017)

## 1.9. Productos y Clientes

### 1.9.1. Productos en Perú.:

Entre las principales obras destacadas en el país son las siguientes:

*Central Hidroeléctrica Charcani V (1979)*, proporcionó de Electricidad a Arequipa, Tacna y Moquegua. Única Hidroeléctrica en el mundo que funciona dentro de un volcán.

*Proyecto de Irrigación Chavimochic Etapas I y II (1988)*, generó energía eléctrica y proporcionó de agua para la ciudad de Trujillo y las poblaciones rurales de la zona.

*Interoceánicas Norte y Sur (2005)*, construcción de importantes eje viales para el país, que generaron mayor integración con país vecino, Brasil.

*Proyecto Bayóvar (2009)*, es un puerto construido para la exportación de los fosfatos de la mina Bayóvar.

*Metro de Lima – Línea 1 – Tramo II (2014)*, la construcción de un ferrocarril metropolitano que transporta aproximadamente 320 000 pasajeros por día.

*Central Hidroeléctrica de Chaglla (2016)*, ubicada en Huánuco, es la tercera más grande del Perú. Genera 456 mega watts de potencia y abastece al 10% de la demanda de la energía eléctrica a nivel nacional.

Toda la información indicada fue extraída de la página web de la organización (ODEBRECHT, 2017)

#### 1.9.2. **Clientes.:**

La participación total es el Estado Peruano, constituyéndose dentro de ello; Gobiernos regionales del Perú y La Municipalidad Metropolitana de Lima.

### 1.10. Premios y Certificaciones

#### 1.10.1. **Premios.**

Los premios más sobresalientes de la organización en Perú son los siguientes:

En el año 2008, la concesionaria Integración de Infraestructura Regional Suramérica (IIRSA) Norte ganó el Premio Perú 2021 gracias al proyecto de Responsabilidad Social en la Carretera ejecutada. Así mismo, se le concedió el premio International Road Federation (IRF) al proyecto Integrando Ingeniería y Medio Ambiente en la categoría Gestión de Proyectos.

En el año 2015, la concesionaria Rutas de Lima recibió el reconocimiento por parte de la International Finance Magazine como la Mejor Asociación Público Privada del Perú. Durante el mismo año, la Interoceánica Sur (IIRSA Sur) Tramo 2 y 3 fue reconocida de igual manera pero a nivel Latinoamérica por el Global Finance Banking.

La empresa asegurado Pacífico Seguros le entregó a la concesionaria IIRSA Sur un reconocimiento por su compromiso con la seguridad y salud de los trabajadores en el año 2015. (ODEBRECHT, 2017)

#### 1.10.2. **Certificaciones.**

La Concesionaria Rutas de Lima se convirtió en la primera concesión vial en ser parte de la “Marca País” y obtuvo la certificación internacional Tri-Norma (ISO 9001 – ISO 14001 – OHSAS 18001).

Este paquete de certificaciones también la obtuvo en el año 2014 la Concesionaria IIRSA Norte certificando sus Sistema de Gestión Integrado.

En el año 2013 la concesionaria IIRSA Sur tramo 2 y 3 recibieron la certificación ISO 9001. (ODEBRECHT, 2017)

### **1.11. Relación de la Empresa con la Sociedad**

El grupo Odebrecht contribuye al Desarrollo Social a través de la generación de trabajos e ingresos directos e indirectos y la mejora de la calidad de vida de las poblaciones de las Comunidades donde actúa. Además de la valoración de la cultura gracias a que Odebrecht permite el ingreso de personas de diversas razas, orígenes, etnias, orientación sexual, respeto de costumbres y la colaboración para la preservación de las comunidades.

También contribuyen a la sociedad con la responsabilidad ambiental utilizando recursos naturales, recursos renovables, reducción de residuos y la mitigación de los impactos causados por las operaciones. (ODEBRECHT, 2017).

## **2. CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1. Caracterización del Área en el que Participó**

La Municipalidad Metropolitana de Lima en el año 2013 adjudicó el proyecto Vías Nuevas de Lima a la Concesionaria Rutas de Lima por un periodo de 30 años, y esta a su vez contrató a la empresa Odebrecht para la construcción de las obras. Este proyecto es una Iniciativa Privada autosostenible, donde el contrato es a Suma Alzada por un valor de US\$ 590 Millones de inversión privada. (Rutas de Lima, 2017)

La organización de la empresa para la construcción de estas obras se distribuyó como se indicó en el organigrama del ítem 1.7.,(Véase Figura 2) en el cual cuenta con un área de Ingeniería de soporte para el continuo seguimiento de la obra, donde siempre se está buscando la optimización en costo y plazo. Para ello gestiona, diseña y desarrolla diferentes soluciones para las diversas complicaciones que se puedan presentar durante la ejecución del proyecto.

### **2.2. Antecedentes y Definición del Problema**

#### **2.2.1. Antecedente sobre el proyecto de concesión.**

La demanda de una infraestructura vial moderna y segura da pie al proyecto Vías Nuevas de Lima con el objetivo de mejorar el tránsito vehicular por las principales vías de la ciudad de Lima, de esta manera la Concesionaria Rutas de Lima, rehabilitará la infraestructura vial en los tres principales ejes viales de acceso y articulación de la ciudad de Lima.

La concesión en la carretera Panamericana Norte va desde el Óvalo de Hálich hasta el Intercambio de Ancón en un total de 31.6 km. Mientras que, en la carretera Panamericana Sur va desde el Intercambio Vial “Trébol” de la Avenida Javier Prado hasta el puente Pucusana, lo que hacen un total de 54.4 km. Finalmente, la concesión en la autopista Ramiro Prialé, que se extenderá en 29 km, desde Vía Evitamiento hasta el intercambio vial Los Ángeles.



Figura 3. Mapa de Ubicación de los tramos del proyecto Vías Nuevas de Lima.  
Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima

Odebrecht Ingeniería y Construcción asumió el reto, en servicio del cliente Rutas de Lima, para la construcción de soluciones viales, constituidos por pasos a nivel y desnivel, puentes peatonales, paraderos y extensión de vías auxiliares comprendidos en 115 kilómetros que articulan las principales vías de acceso a la ciudad de Lima, integrando 23 distritos por el norte, sur y este.

Dentro de la concesión en la Panamericana Sur, se encuentra la obra del Intercambio Vial a Desnivel (IVD) Benavides.

### 2.2.2. Antecedente sobre el intercambio vial a desnivel Benavides.

El nudo vehicular con más congestión vehicular en el tramo sur de la concesión, viene a ser el intercambio vial a desnivel entre la avenida Alfredo Benavides Diez Canseco y la Panamericana Sur, teniendo más 87,600 vehículos por día sobre el puente (Odebrecht, 2014), debido a ello y a las interferencias por déficit en la capacidad vehicular, se presentan problemas de congestión muy agobiantes para los conductores.

La mayor congestión se registra en el puente del intercambio vial, causados por los giros a la izquierda desde la Panamericana Sur hacia la Av. Benavides y desde la Av. Allende hacia la Av.

Benavides; el tramo entre el puente y la Av. Allende presenta además problemas con la incorporación vehicular de la Calle Cerro Azul y el ingreso y salida de vehículos de los dos grifos situados en las esquinas de la Av. Circunvalación y en la esquina con la Av. Allende.

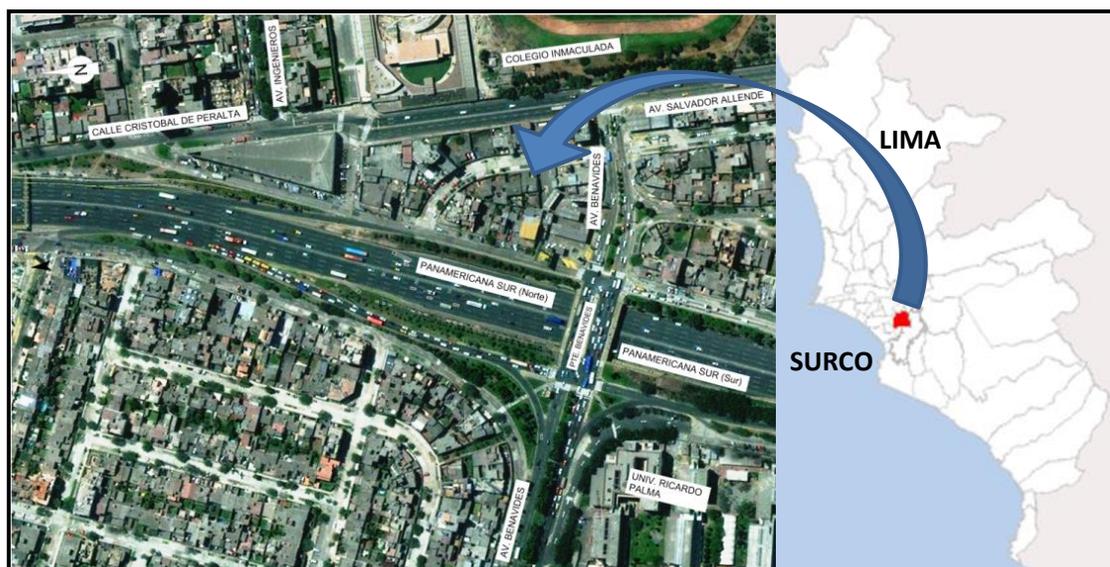


Figura 4. Ubicación del Proyecto IVD Benavides

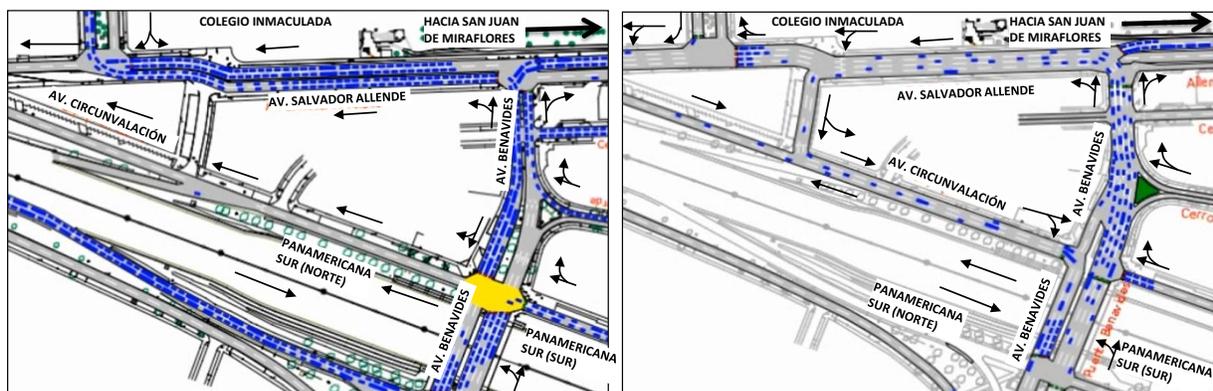
Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería  
Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides, Resumen Ejecutivo.



Figura 5. Tráfico caótico en zonas de influencia de proyecto IVD Benavides

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería  
Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides, Resumen Ejecutivo.

El IVD Benavides, se trata de la construcción de un túnel carretero que atraviesa la Panamericana Sur (sentido Sur) en un recorrido de 820m y que tiene como propósito conectar directamente el flujo vehicular proveniente del Norte hacia el distrito de San Juan de Miraflores, además de un reordenamiento vehicular superficial que permitirá la fluidez en la circulación de vehículos en este sector, como se muestra en la *figura 6*.



*Figura 6.* Modelamiento del tráfico con escenario Actual y con Proyecto

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides, Estudio de Tráfico.

### 2.2.3. Antecedente sobre la ejecución del túnel.

A la fecha se han utilizado diferentes métodos para la realización de túneles urbanos, tomando muy en cuenta las condiciones que se tienen que tener como es la longitud del túnel y su profundidad, las condiciones geológicas, la proximidad a edificios y estructuras, las zonas de acopio de materiales y los servicios afectados son condiciones fundamentales para ver que método a escoger. Tomando en cuenta estos parámetros se estableció el método idóneo para la construcción del túnel dentro de una zona residencial urbana con edificaciones a sus alrededores.

La estructura planteada es un túnel de 820m de longitud que cruza bajo la Panamericana Sur y circula bajo la Avenida Allende.

El túnel comienza con una rampa de ingreso de 135m, luego en un tramo de 130m de sección cerrada describe dos curvas horizontales reversas de 100m de radio para luego dar paso a una zona intermedia de 70m con ventilación natural. Al final de la zona de ventilación se ubica la salida emergencia 1 y los cuartos técnicos en superficie. Luego se tiene un tramo de 380m en sección

cerrada con dos curvas reversas con 50m y 100m de radio, a la mitad de este tramo se ubica la salida de emergencia 2. Finalmente el túnel culmina en la rampa de salida de 105m de longitud como se detalla en la siguiente imagen (Odebrecht, 2014):

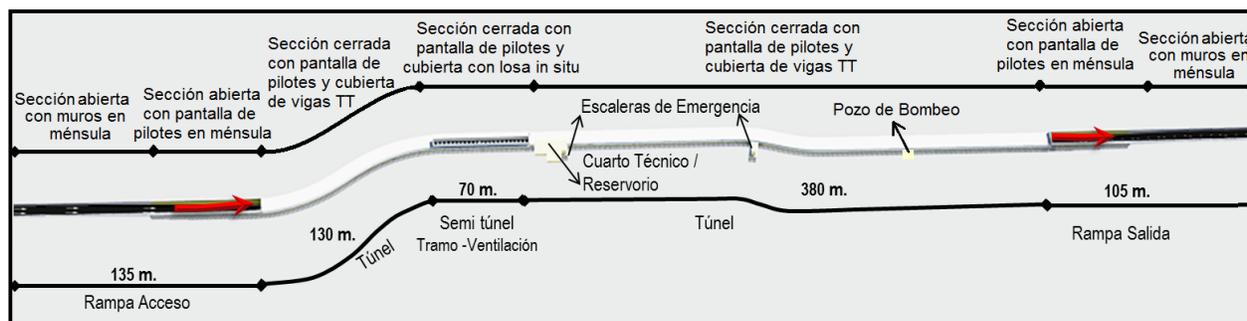


Figura 7. Proyección del Túnel

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides, Resumen Ejecutivo.

La sección típica del túnel consta un gálibo libre mínima de 5.50 m, alcanzando hasta los 6.25 m, y un ancho libre horizontal de 9.0 m, de manera que se den cabida a dos carriles de 3.60m cada uno para circulación de vehículos, bermas de 0.60m y veredas de 0.50m en ambos lado exclusivas para el mantenimiento de las instalaciones y la evacuación de emergencia.

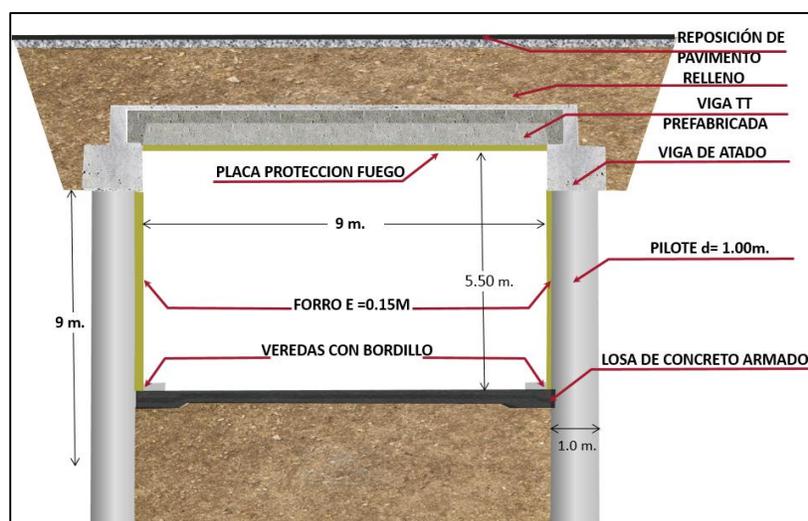


Figura 8. Sección Típica del Túnel

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides, Resumen Ejecutivo.

El procedimiento constructivo para la ejecución del Túnel en sección cerrada es:

#### ***2.2.3.1. Pilotes.***

La tipología de la estructura del túnel es mediante pantallas de pilotes de 1.0m de diámetro con alturas variables entre 5.10m y 9.80m, separados entre ellos 0.50m. El proyecto contempla la ejecución de 997 pilotes.

Para la ejecución era necesaria una excavación superficial del terreno existente y luego una excavación profunda con el diámetro del pilote. Después de ello se colocaba la armadura de la estructura, vaciándolo con concreto  $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$  posteriormente.

#### ***2.2.3.2. Vigas de Atado.***

Cuando el pilote ya cumplió el tiempo de curado, se realizaba el armado del acero para la ejecución de las vigas de atado. Estas tenían la función de unir los pilotes y también ser la base para el montaje de Vigas Pre-fabricadas.

#### ***2.2.3.3. Vigas pre-fabricadas.***

Son 192 vigas con peraltes entre 0.80m y 1.0m, las cuales se fijan sobre las vigas de atado mediante barras de anclaje y finalmente se cubren con una losa de 10cm de espesor que impermeabiliza la cubierta del túnel.

#### ***2.2.3.4. Colocación de material granular en la parte superior y excavación dentro del túnel.***

Se coloca el material granular en la parte superior y luego se asfalta para reanudar el tránsito vehicular, mientras se procede con la excavación dentro del túnel en toda su longitud.

#### ***2.2.3.5. Losa inferior y Equipamiento de Túnel.***

La losa inferior de rodadura tiene una función estructural, siendo de concreto armado de 0.30m de espesor y ensanchamiento a 0.40m en los bordes. Esta losa actúa como puntal entre la pantalla de pilotes.

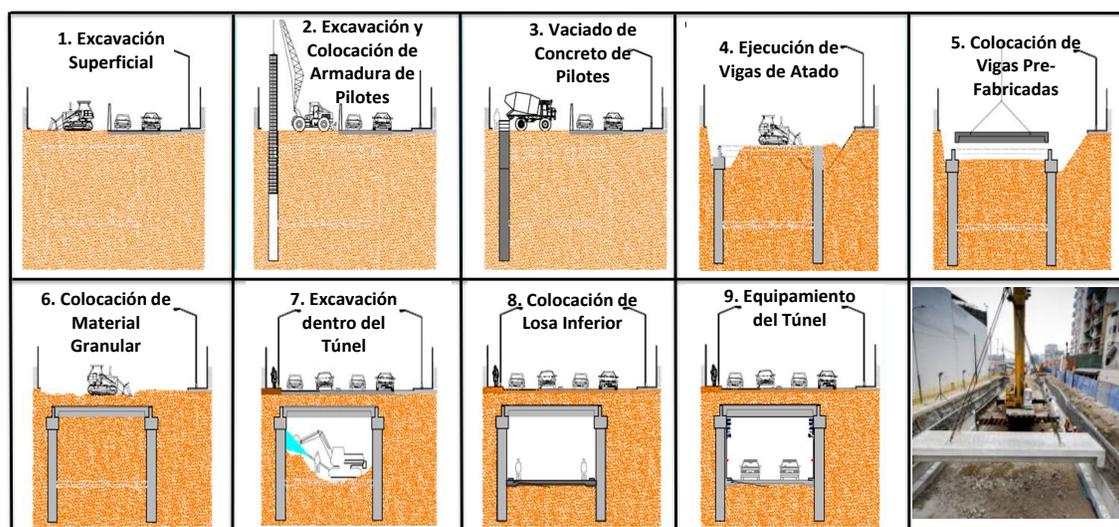


Figura 9. Secuencia Constructiva para la Ejecución del Túnel

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides, Planos.

#### 2.2.4. Antecedente sobre el equipamiento del túnel.

La consideración más importante para tener en cuenta en el diseño de túneles viales son: accidentes, trabajos de mantenimiento, incendios, acumulación de sustancias contaminantes en el aire, incidentes que obliguen al corte de un carril o del túnel, entre otros. Para ello está previsto en el IVD Benavides la implementación de un Sistema de Gestión y Control Integral de última generación para detectar en el menor tiempo los problemas y restaurar posteriormente la capacidad de la vía. (Odebrecht, 2014)



Figura 10. Equipamiento del Túnel

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides, Equipamiento de Túnel.

### 2.2.5. Antecedente sobre las interferencias.

Por la ubicación del proyecto en un entorno urbano lleno de edificaciones y comercios, la construcción del Túnel IVD Benavides representó un reto de ingeniería, donde se tiene una gran cantidad de interferencias como lo son: redes de agua, desagüe, redes de fibra óptica y telecomunicaciones, redes de Media Tensión y Alta Tensión, redes de gas natural, etc. La presencia de las interferencias hizo necesaria la búsqueda de soluciones en coordinación permanente con las EPS para que se ejecuten las reubicaciones y que estas no afecten la ejecución de las obras y se pueda cumplir con los plazos y costos pactados del proyecto.

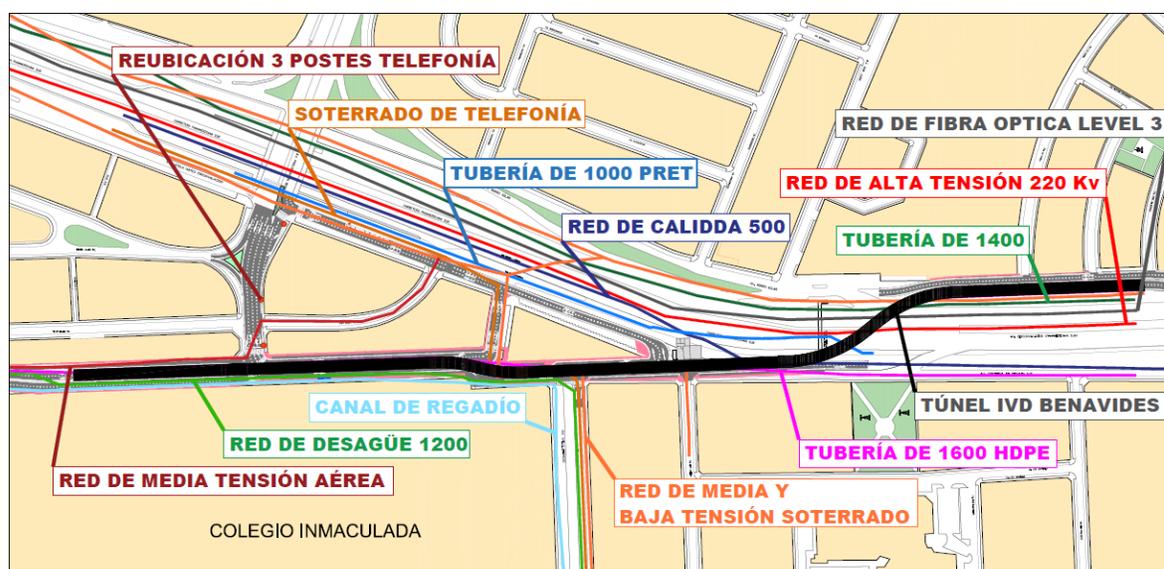


Figura 11. Interferencias Identificadas en IVD Benavides  
Fuente: Elaboración Propia. Vías Nuevas de Lima

Entre las principales interferencias, se presentaron para su reubicación dos tuberías matrices de agua de  $\varnothing 1000\text{mm}$  y  $\varnothing 1600\text{mm}$  que abastecen a 8 y 11 distritos de la ciudad respectivamente, dos tuberías matrices de desagüe de  $\varnothing 1200\text{mm}$  y  $\varnothing 1400\text{mm}$  y una tubería matriz de gas natural de  $\varnothing 500\text{mm}$ . (Odebrecht, 2015)

Para la reubicación de estas tuberías conllevaron al desarrollo de un planeamiento y seguimiento detallado en coordinación constante con la EPS SEDAPAL por implicar el corte de agua por varios días a distritos importantes de la ciudad de Lima.



*Figura 12.* Reubicación de Tubería Matriz de Agua  $\phi 1000$ ,  $\phi 1600$  y tubería de desagüe  $\phi 1200$

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Archivos de fotográficos del Proyecto IVD Benavides, Lima, Perú. Año 2015.

### 2.2.6. Definición del problema: interferencia de tubería de gas $\phi 500$ mm.

De las interferencias encontradas la más compleja es una tubería matriz de gas de  $\phi 500$ mm que abastece a redes domiciliarias y áreas industriales de la ciudad. Esta tubería que atraviesa la traza del túnel pertenece a la Concesionara Prestadora de Servicios (CPS) de gas “Cálidda”.

Esta Concesionaria es una empresa del Grupo Energía de Bogotá, a la que el Estado peruano le otorgó la concesión del diseño, construcción y operación del sistema de distribución de gas natural en el Departamento de Lima y la provincia Constitucional del Callao, por un plazo de 33 años, contados a partir del año 2000. (Osinergmin, 2017)

Según la ley de Concesiones en el Perú, establece que las CPS son las obligadas a efectuar las remociones de interferencias y en caso de proyectos de infraestructuras, los costos los asume la Entidad que ejecuta el Proyecto. (Osinergmin, 2000)

Desde la concepción del proyecto en el año 2012 se inició la comunicación con la CPS “Cálidda” para la reubicación de la tubería, donde en Mayo del 2013 se solicitó formalmente el presupuesto correspondiente, teniendo luego posteriores solicitudes por la demora en su respuesta; es así que en Noviembre del 2014 la CPS Cálidda remite el presupuesto por US\$9’080,839 para la reubicación de tubería (acero) X56 20” cuyo plazo de ejecución sería de 8 meses que incluye 2 meses de movilización de equipos pesados vía marítima y 4 meses por adquisición de materiales; esta propuesta consideraba para esta reubicación la ejecución de un sifón

mediante microtunelación con escudo abierto. La reubicación abarcaría 135m de tubería con una traza por debajo del túnel proyectado. (Odebrecht, 2014)

Los trabajos consistían en realizar dos grandes zanjas, la primera sería 01 fosa de ataque y la segunda 01 fosa para la recepción de los equipos de microtunelación de hasta 15m de profundidad y 4.0m x 8.0m de largo.

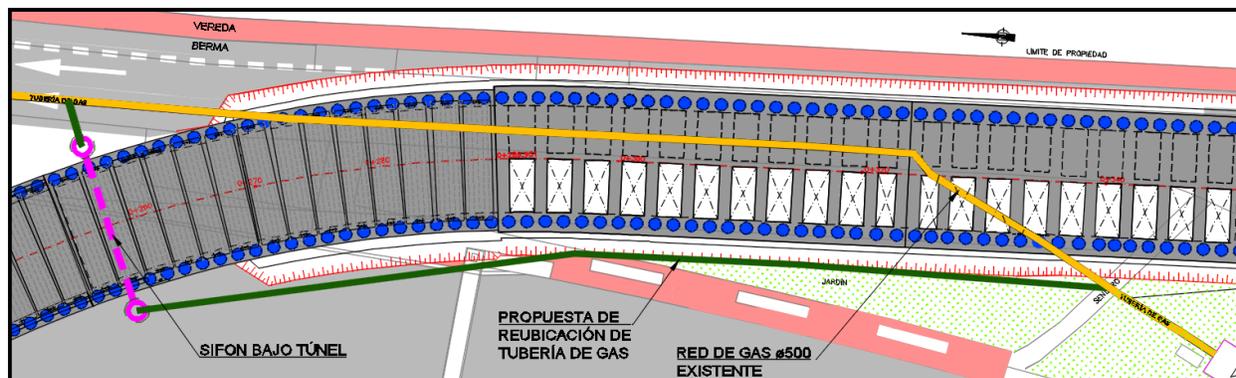


Figura 13. Bosquejo de Reubicación de Tubería de Gas Ø500mm mediante sifón

Fuente: Elaboración Propia. Vías Nuevas de Lima

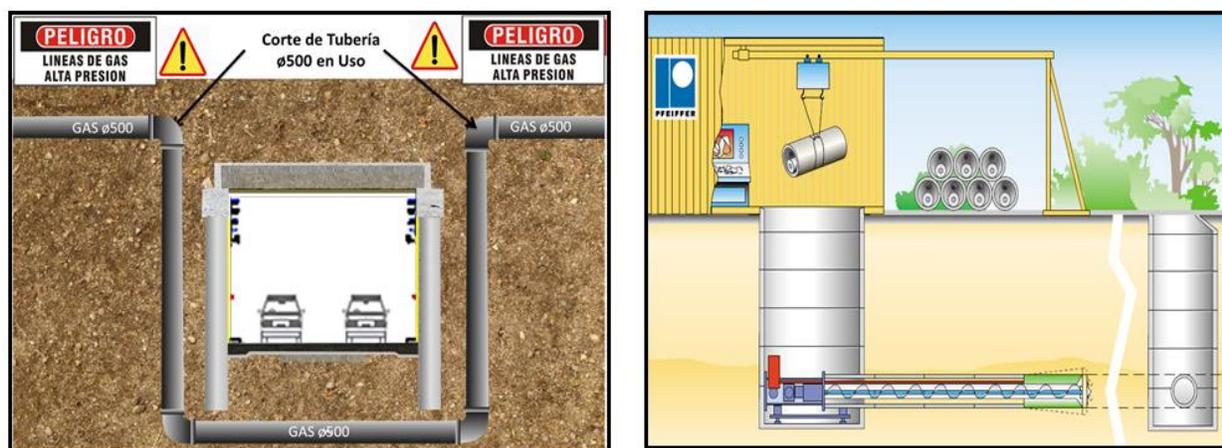


Figura 14. Procedimiento Constructivo de Microtunelación

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, propuesta enviada por "Cálidda"

Por el costo y plazo propuesto, se descartó esta propuesta y se realizaron nuevas coordinaciones para que se plantee una solución distinta que esté acorde con los plazos disponibles del proyecto. Esta nueva propuesta fue presentada por la CPS Cálidda en Marzo del 2015 por un monto de **US\$3'092,117**, planteándose ahora la reubicación de 100m de tubería (acero) X56 20" para ser realizado en un periodo de 7 meses que incluye 4 meses por adquisición de materiales;

donde la tubería existente se retiraría una vez realizada la instalación de la nueva línea instalada sobre un primer tramo de túnel construido. (Odebrecht, 2015)

Tanto la primera como la segunda propuesta determinaron que el empalme sería con la tubería en servicio, utilizando el procedimiento Hop Tap que consiste en la instalación de una conexión en funcionamiento, mediante la operación de soldar una sección metálica envolvente, sin degradar o interrumpir el servicio. Este proceso se realiza a una presión de funcionamiento completo y con cero interrupciones del servicio o la pérdida de producto. (Natural Gas STAR, 2003)

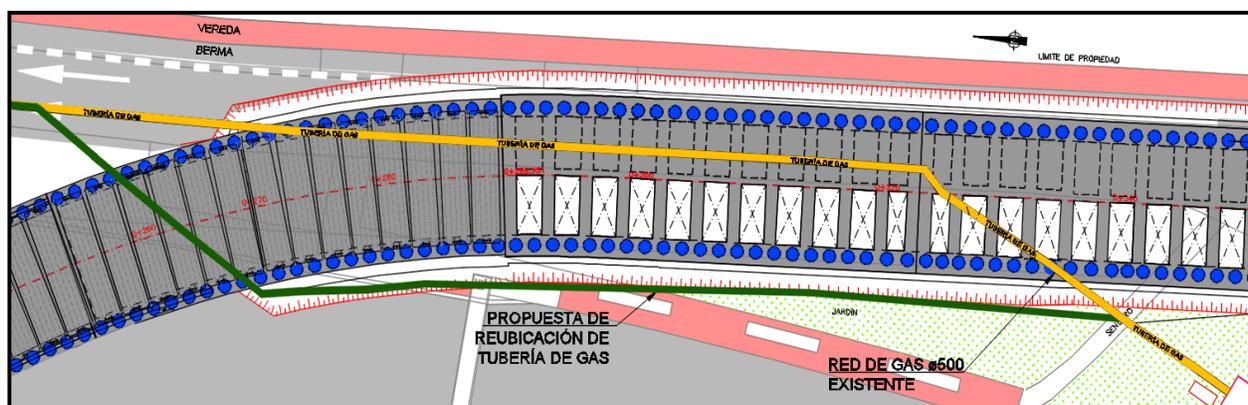


Figura 15. Bosquejo de Reubicación de Tubería de Gas  $\phi 500$ mm

Fuente: Elaboración Propia. Vías Nuevas de Lima

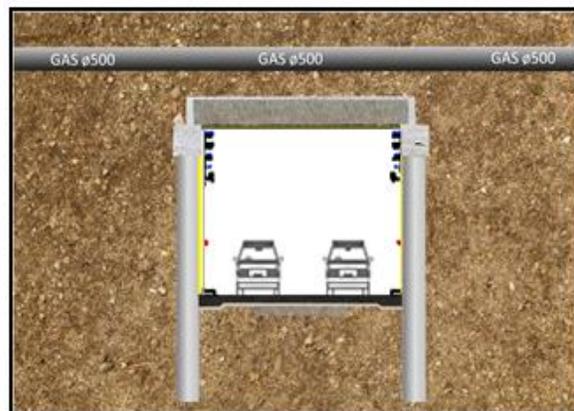


Figura 16. Sección de Túnel con interferencia de Gas reubicada por el método Hot Tap

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014) .Proyecto Vías Nuevas de Lima, propuesta enviada por "Cálidda"

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo general.**

Gestionar una nueva solución junto con consultores externos que permita optimizar los costos y plazos exigidos por la CPS, desarrollando modificaciones a la ingeniería del túnel tal que sean constructivamente ejecutables y económicamente adaptables.

### **2.3.2. Objetivos específicos.**

Gestionar con la Supervisión Técnica de Obra las modificaciones a realizar a la ingeniería del túnel mediante la elaboración de un Reporte de Adecuación al Expediente Técnico y la constante comunicación para obtener la aprobación de los cambios propuestos.

Realizar coordinaciones y comunicaciones constantes con el área de Seguridad y Producción de la obra para que se identifiquen todos los riesgos que se tienen al trabajar con una Tubería matriz de gas Ø500mm en operación, para que luego se elabore un Plan de Contingencia.

Tener reuniones constantes con la Concesionaria de Gas “Calidda” para lograr un rápido entendimiento de la propuesta, y así lograr que los cambios planteados se aprueben en un tiempo no mayor a 3 meses.

## **2.4. Justificación**

Este trabajo se realiza ante el inminente riesgo que se tendría al reubicar una tubería matriz de gas natural en operación en una zona urbana, los nuevos plazos y costos asociados a estos trabajos no contemplados en el cronograma y presupuesto del proyecto, además de la mayor afectación social que se generaría en la zona.

## **2.5. Alcances**

En el presente trabajo se desarrollan los cambios de ingeniería realizados por especialistas externos a la organización, que por su experiencia y magnitud de las adecuaciones se solicitó de sus servicios. Estas modificaciones fueron analizadas, aprobadas y gestionadas por el área de Ingeniería para su ejecución.

Este trabajo comprende las gestiones realizadas con la Supervisión Técnica de Obra y con la Concesionaria Prestadora de Servicios de gas para la aprobación de los cambios propuestos.

El proyecto abarca los costos incurridos por los cambios de ingeniería y el desarrollo de la solución, pero no se incluyen los gastos indirectos por la “posible” paralización de obras si se hubiera optado por la solución propuesta de la CPS.

Se muestra un análisis de las alternativas para el mecanismo de soporte que se utilizará para la interferencia de gas en operación.

Se realiza un comparativo de costos entre la solución planteada por la concesionaria de gas versus la propuesta realizada por la organización.

## **2.6. Limitaciones**

Una de las principales limitaciones era necesariamente tener la aprobación de “Cálidda” para poder dar inicio a los trabajos, pese a que había zonas donde no se le afectaba directamente a la tubería.

Otra limitación fue que el proyecto “Vías Nuevas de Lima” al ser una obra del estado peruano, es indispensable tener la aprobación de la Supervisión Técnica de Obra para cualquier cambio que se realice a la ingeniería inicial, no sólo era necesaria la opinión favorable de la CPS de gas.

Luego que se tomó la decisión de realizar modificaciones a la ingeniería, se tuvo un corto periodo de tiempo para desarrollar y aprobar los trabajos de solución.

### 3. CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Introducción

Debido a que lo indicado por la CPS de gas “Cálidda” no era compatible con el cronograma y presupuesto de la obra, conllevó a la búsqueda de una solución que conjugue seguridad, plazo, costo y constructibilidad. Es así, que verificado mediante calicatas el emplazamiento y la profundidad de la tubería de gas natural, se definió que esta se encuentra ubicada por encima del techo del túnel, superponiéndose a él y sin interceptarlo directamente. Con ello se determinó que la tubería afecta al procedimiento constructivo del túnel y no a la estructura en sí, por lo que en primera instancia se evaluaron distintos métodos de reubicación de interferencias soterradas.

##### 3.1.1. Alternativas de reubicación de tuberías

Para el caso del proyecto, la CPS de gas indicó que para la conexión de la tubería en operación tendría que usarse el método Hot Tap, pero el traslado de tuberías podría ser diferente, debido a que ellos tenían experiencias exitosas con esta metodología y además no afectaban a la población con el corte del servicio.

En el mundo de la ingeniería existen diferentes métodos de reubicación de tuberías enterradas, tal como lo señala Mingués Santiago en el Año 2015 en su tesis doctoral “Métodos de Excavación sin zanjas”, donde explica a detalle cada uno de ellos y cuando se debe aplicar cada uno, sin embargo, para el presente trabajo se explicará sólo los que podrían ser aplicados:

##### *3.1.1.1. Métodos de compactación del suelo (SC)*

Consiste en el método de excavación sin zanja para colocar nuevos ductos donde los trabajos de perforación son ejecutados in situ por desplazamiento del terreno mediante un dispositivo de empuje y con ello generar la compactación.

La operación consiste en desplazar el suelo mediante la aplicación de una fuerza de empuje, donde el material del terreno es desplazado en lugar de retirarse tras ser excavado a lo largo de la línea de excavación. Estos trabajos se realizan con varillas que se conoce como “Perforación

empujada” o con un martillo impactador que se llama también “Perforación percusiva por impacto”. (Mínguez Santiago, 2015)

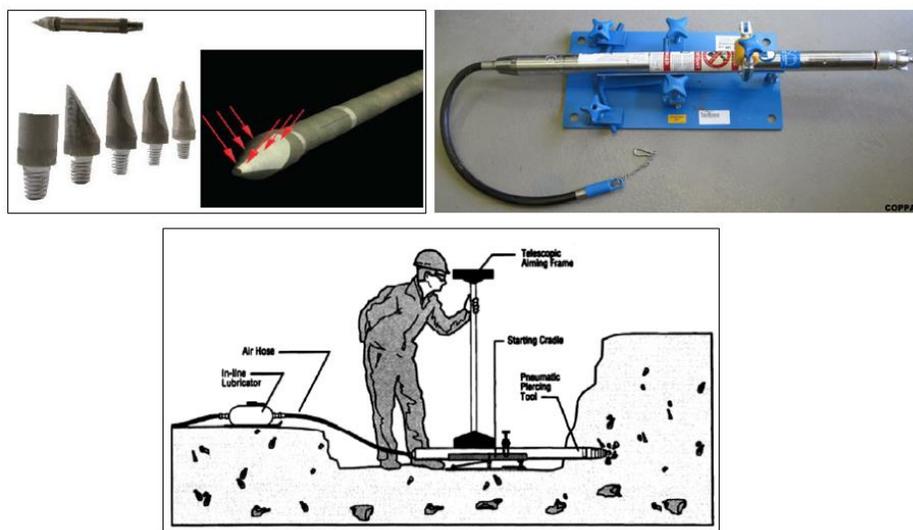


Figura 17. Métodos de excavación sin zanja por empuje

Fuente: (Mínguez Santiago, 2015). Métodos de Excavación sin zanjas

Por la sencillez de los trabajos, generalmente se utiliza un equipo de dos personas, sin embargo, estos trabajos hacen inviable utilizarlo en el proyecto, ya que la instalación de estas tuberías es hasta de  $\text{Ø}300\text{mm}$  de diámetro, y las velocidades de avance en suelos normales es de  $10\text{m/h}$ . En el caso del túnel, el terreno natural tiene material granular de  $\text{Ø}5\text{cm}$  en promedio, lo que dificulta trabajar con estos métodos de excavación.

### **3.1.1.2. Perforación horizontal dirigida:**

Se define como un sistema orientable que utiliza una plataforma de perforación en la superficie para el traslado de tuberías bajo carreteras y/o obstáculos. Este método es utilizado para la instalación de líneas de comunicación, líneas eléctricas, gaseoductos, oleoductos y conducciones de agua a presión.

El proceso consta de ejecutar un sondeo piloto a los largo de la trayectoria planificada usando el empuje en la plataforma de perforación y la rotación de las varillas de perforación para avanzar

poco a poco en esa dirección. Este sondeo se perfora con un diámetro de 2.5 a 12.5 cm a lo largo de la línea central del diseño propuesto. (Mínguez Santiago, 2015)

Pasado este proceso, se conecta un retroensanchador al extremo de la sarta de perforación, seguida del tubo flexible o semiflexible que se desea instalar. Este tubo es instalado a lo largo de la vía que contiene una suspensión de bentonita que sirve como lubricante para el traslado del conducto.

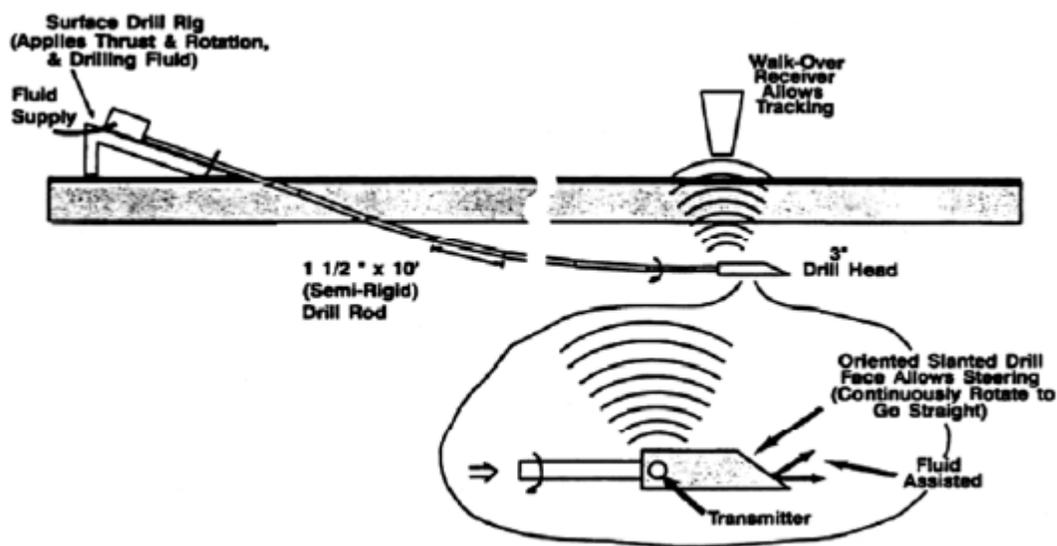


Figura 18. Proceso de excavación de la tubería piloto

Fuente: (Mínguez Santiago, 2015) Métodos de Excavación sin zanjas

Las máquinas de perforación dirigida generalmente son del tipo oruga porque llevan un carro de avance y empuje para grandes perforaciones a altas presiones. Estos se complementan con un sistema de guiado que muchas veces va en la superficie a través del suelo o un sistema de navegación electromagnético desde el fondo del agujero, los cuales sirven para monitorizar el progreso del sondeo piloto. El dispositivo de control se encuentra en la cabeza de perforación que lleva una sonda de transmisión detrás de la broca, las cuales son alimentadas por una batería y emite señales de forma continua donde el receptor manual los recoge desde la superficie, tal como se puede observar en las siguientes figuras (Mínguez Santiago, 2015):



Figura 19. Esquema ilustrativo de sistema de seguimiento de la cabeza de perforación desde la superficie  
Fuente: (Mínguez Santiago, 2015). Métodos de Excavación sin zanjas



Figura 20. Esquema de proceso constructivo bajo una carretera  
Fuente: (Mínguez Santiago, 2015). Métodos de Excavación sin zanjas

Este método es de una gran utilidad para el trabajo que se requiere, sin embargo, el costo de los trabajos es muy similar a la microtunelación ofrecida por la CPS, a esto se le tiene que adicionar la conexión de la tubería mediante Hot Tap, lo cual genera un riesgo inminente al tratarse de una interconexión de conductos con gas en operación en una zona urbana.

### 3.1.2. Modificaciones a la ingeniería

En base a lo indicado y a las experiencias obtenidas del grupo de ingeniería en otros proyectos a nivel nacional se propuso otra alternativa de solución, para lo cual se indagó la posibilidad de

realizar cambios a la estructura del túnel y no a la tubería para evitar su reubicación. Es así, que se evidenció que es una práctica usual realizar cambios a la ingeniería en búsqueda de optimización cuando se tienen interferencias de gran envergadura y también cuando se requiere dar mayor seguridad al personal de trabajo, esto siempre y cuando los costos y plazos del proyecto lo permitan. Un claro ejemplo de estos cambios son los trabajos realizados en el proyecto de la carretera IIRSA Norte, donde en la zona del “Paredón” se efectuaron adecuaciones al diseño inicial para garantizar la seguridad al personal de campo y también poder cumplir con los objetivos del proyecto, con ello se obtuvieron resultados satisfactorios tal como se explicará a continuación:

#### ***3.1.2.1. Proyecto IIRSA Norte - Venciendo el “PAREDON” de desafíos:***

Tal es el caso del proyecto IIRSA NORTE en el año 2015, obra que comprende la construcción, operación y mantenimiento de los tramos de carretera de Yurimaguas – Tarapoto – Rioja – Corral Quemado – Olmos – Piura – Paita con una longitud de 960 km.

El Paredón se trata de una zona geográfica Pongo de Cainarachi, la cual está formada por una geología bastante desfavorable, con pendientes muy altas, fuertes inclinaciones, en algunas áreas con la masa de roca mostrando inmersiones desfavorables, que hace las pistas bastante sujeta a procesos de inestabilizaciones. El proyecto aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones contaba con realizar cortes verticales a las laderas del cerro para poder ampliar la plataforma de la carretera.

Es así, que se iniciaron los trabajos de corte en las laderas superiores y se observaron marcados e imprevistos geotécnicos y anomalías geológicas que tuvieron un impacto en la estabilidad de taludes substancialmente mas alto, provocando el deslizamiento de las laderas en varios puntos de la carretera.

Después de estos sucesos se estableció como premisa el cambio de los proyectos del cliente, considerando que "no toque" la cuesta superior. A partir de ahí, se concibió una ingeniería para obtener el ancho solicitado en la carretera sin corte de las laderas, colocando muros de contención convencionales con losas en voladizos en la parte superior y que se encuentren ancladas en las zonas de roca. Así mismo, donde no se tenía un terreno estable, se planteó la construcción de

andenes de piedra desde la parte baja mas cercana que tenga roca sólida, como en Macchu Picchu. (IIRSA NORTE, 2009)

Esta solución se dio de manera satisfactoria y la información complementaria se encuentra en el Anexo 2.



Figura 21. Evitar el corte de la ladera de cerro – Zona “Paredón”  
Fuente: (IIRSA NORTE, 2009). Venciendo un “Paredón” de Desafíos

Entonces, en base a este ejemplo donde se realizó un cambio a la ingeniería para evadir el corte de las laderas del cerro y brindar seguridad el personal de obra, es posible realizar un cambio a la ingeniería del túnel para salvar la reubicación de la tubería de gas matriz de Ø500mm y que esta no afecte al proceso constructivo.

### 3.1.3. Cambios a la ingeniería en el proyecto IVD Benavides.

Con estas experiencias se sostuvieron reuniones con nuestros principales consultores y con la propia CPS “Cálidda”, donde se definió que la solución más adecuada era la construcción del túnel sin la reubicación de esta tubería matriz, para esto se tendría que desarrollar adecuaciones al

proyecto en este sector manteniendo su funcionalidad y protegiendo la tubería con el cumplimiento de sus estándares de seguridad.

Debido a la metodología diseñada del túnel, durante la ejecución del proyecto se presentaron diversas oportunidades donde se realizaron cambios a la ingeniería, los cuales determinaron que sí es posible realizar modificaciones en este proyecto, como lo son:

### ***3.1.3.1. Adecuación de la ingeniería por interferencia de agua de $\varnothing 1600$ .***

En la rampa de salida del túnel se tenía una tubería de agua  $\varnothing 1600$ mm que estaba afectando 90 pilotes en el lado izquierdo, para evitar paralizaciones de obra hasta ejecutar la reubicación de la interferencia, se optó por desplazar todos los pilotes afectados a una distancia de 50 cm., lo que llevó al ensanchamiento del túnel y rediseñando las vigas pre-fabricadas.

Entonces los pilotes que a su vez son las columnas laterales de la estructura del túnel se pudieron desplazar ligeramente con éxito, estableciendo que es posible cambiarlos de posición.

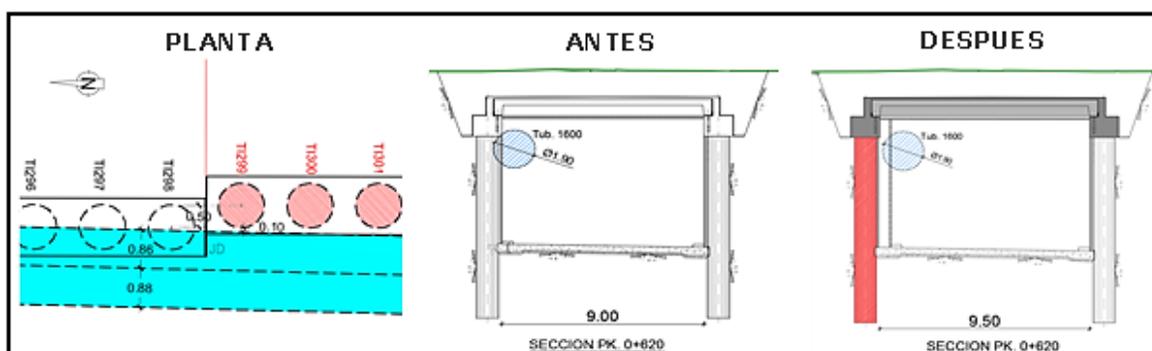


Figura 22. Planta y secciones antes y después de la Adecuación de la Ingeniería

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides, Reporte de adecuación N°05.

### ***3.1.3.2. Ejecución de pilotes manuales.***

El proyecto inicial contemplaba la ejecución del 100% de pilotes con pilotera mecánica, durante la construcción del túnel surgió una alternativa de solución de reemplazar los pilotes mecánicos por pilotes manuales, que nació en un principio debido a que la altura de la pilotera (9m.) interfería con los cables de alta tensión y no se cumplían las distancias de seguridad planteadas por Luz del Sur, por lo que se adoptó usar esta metodología.

Con ello se determinó que con la ejecución de los pilotes manuales se reducía el riesgo de poder chocar con la tubería.



Figura 23. Ejecución de Pilotes manuales.

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima, Estudio Definitivo de Ingeniería Obra Obligatoria: Intercambio a Desnivel Benavides.

### 3.1.3.3. Colocación de pre-anclajes en tubería.

En las reubicaciones de las otras interferencias de agua y desagüe, específicamente en los codos, se tenían unos dados de concreto armado que tenían conectados unos elementos metálicos denominados pre-anclajes los cuales iban soldados a la tubería para soportar la interferencia y los empujes en los cambios de dirección a presiones de prueba.

Siendo la tubería gas metálica, se estableció que era posible utilizar elementos metálicos durante los trabajos.



Figura 24. Pre-anclajes en empalmes de Tubería Ø1000 y Ø1600

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2014). Archivos de fotográficos del Proyecto IVD Benavides, Lima, Perú. Año 2015.

Si bien es cierto, era posible un cambio a la ingeniería del túnel para modificar el procedimiento constructivo y no afectar a la línea de gas, también era necesario analizar cómo se soportaría la tubería durante la ejecución de la obra, ya que esta iba a quedar expuesta y sin apoyos.

### 3.1.4. Transporte de gas soportados en apoyos metálicos y/o por costales de arena.

Se observó que en proyectos de transporte de gas natural y oleoductos de gran envergadura a nivel mundial, se acostumbra a colocar apoyos metálicos puntuales, los cuales reciben las cargas generadas por la tubería y luego las transmiten al terreno. En otros casos, es muy común colocar sacos de arena para que la tubería descansa sobre ellas.



Figura 25. Transporte de Gaseoductos y Oleoductos en otros países

Fuente: (CONCENTRA, 2015). Transporte de Gas en Colombia. Recuperado de: <https://concentra.co/productos/transporte>

Por consiguiente, la tubería matriz de gas puede seguir funcionando simplemente apoyada en elementos metálicos. La distancia de apoyo está definida en normas internacionales, como son la normativa ASME B 31.1 (American Society of Mechanical Engineers) *Power Piping* y B31.8 *Gas Transmission and Distribution Piping System*, donde indica que para una tubería de gas en servicio de un diámetro de 20” se sugiere una distancia máxima entre apoyos de 11.9 m y considera una deformación admisible entre soportes de 0.1” (2.5mm).

Nominal Pipe Size, NPS	Suggested Maximum Span			
	Water Service		Steam, Gas, or Air Service	
	ft	m	ft	m
1	7	2.1	9	2.7
2	10	3.0	13	4.0
3	12	3.7	15	4.6
4	14	4.3	17	5.2
6	17	5.2	21	6.4
8	19	5.8	24	7.3
12	23	7.0	30	9.1
16	27	8.2	35	10.7
20	30	9.1	39	11.9
24	32	9.8	42	12.8

Figura 26. Norma ASME 3.1 – Espacio sugerido de soporte

Fuente: (ASME 3.1, 2002). The American Society of Mechanical Engineers. Tabla 121.5.

De este modo, las adecuaciones a desarrollar vienen a ser un proyecto nuevo dentro del proyecto del IVD Benavides, tal como lo define la Guía del PMBOK:

“Proyecto: Esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMBOK, 2013)

## 4. CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 4.1. Metodología

#### 4.1.1. Descripción.

Por la complejidad y magnitud de los cambios a realizar en el túnel, para el desarrollo de la propuesta de solución, se identificó y contrató por sus experiencias a las siguientes empresas especialistas:

**Typsa.-** Es una consultora de origen español, quienes fueron los que desarrollaron el Expediente inicial del IVD Benavides, entonces por su conocimiento del proyecto se les encargó del acondicionamiento de túnel para no afectar la tubería de gas natural de Ø500mm.

**Arenas & Asociados.-** Es una consultora de origen español a quienes se contrató para que realizaran los cálculos estructurales para el diseño de los soportes metálicos de tuberías.

**All Terrain D&D.-** Es una empresa de origen peruana que se encargó de las excavaciones manuales de pilotes y de las zanjas para la colocación de soportes en la tubería.

**Trackerz.-** Es una empresa peruana que se le encargó el diseño y fabricación de las estructuras metálicas para soporte de las tuberías mientras estaba expuesta durante la construcción del túnel.

**Prosermant.-** Empresa peruana que es reconocida bajo estándares de la CPS “Cálidda”, quienes se encargaron del diseño de la ingeniería de protección catódica a la tubería de gas.



Figura 27. Gestión permanente con empresas externas a la organización para el desarrollo del proyecto  
Fuente: Elaboración Propia. Proyecto Vías Nuevas de Lima

Para obtener una solución óptima relacionando seguridad, plazo, costo y constructibilidad se desarrollaron distintas fases, las cuales demandaron un plazo aproximado de 90 días calendario hasta su aprobación pero sin interrumpir la ejecución normal del túnel. A continuación se describen estas fases:

#### **4.1.2. Adecuación de la ingeniería del túnel**

La tubería de gas, no afecta directamente a la estructura del túnel pero sí al proceso constructivo, ya que modifica las condiciones de ejecución en lo referido a excavaciones, traslado de encofrados, de armaduras, operaciones de izaje, montaje, etc. Consecuencia de ello, fue necesario realizar modificaciones en la estructura del túnel acorde a estas nuevas condiciones, posibilitando la ejecución del mismo como se describe a continuación:

##### ***4.1.2.1. Reubicación de pilotes.***

El trazo de la tubería de gas atraviesa la pantalla de pilotes en el lado derecho e izquierdo del túnel. Con ello es imposible realizar la excavación de los pilotes, impidiendo además de la colocación vertical del acero y el concretado. Para evitar esta afectación, con los ejemplos anteriormente indicados, se desplazaron los pilotes afectados alejándolos del eje central para generar espacios libres en el paso de la tubería. Estas estructuras fueron desplazados a una distancia de 1.20m en el lado izquierdo que son 4: TI75, TI76 y TI77; y en el lado derecho se desplazó una distancia de 1.0m el pilote TD117. Ver anexo 3 – Adecuaciones de Ingeniería al Túnel Benavides. (Odebrecht, 2015)

##### ***4.1.2.2. Reemplazo de vigas pre-fabricadas por losa in situ.***

La ubicación de la tubería de gas sobre el túnel también afecta el montaje de las vigas pre-fabricadas que forman el techo de la estructura, según procedimiento mostrado en la fig. 9. Esto se mitigó reemplazando las 8 vigas afectadas (VP44 a la VP52) por una losa in situ que pueda ser armada y concretada teniendo la tubería suspendida. Esta losa llena se dispone con una junta de dilatación intermedia formando dos paños (8A y 8B). Ver anexo 3 – Adecuaciones de Ingeniería al Túnel Benavides.

#### 4.1.2.3. Modificación de Cubierta en Zona de Ventilación.

La tubería de gas en otro tramo del túnel realiza un quiebre diagonal y atraviesa algunas ventanas destinadas a la ventilación natural del túnel. Debido a que la tubería no puede quedar expuesta, las 5 ventanas que se ven obstruidas tendrían que ser anuladas. La propuesta de solución en este sector fue modificar la disposición de vigas para que una sola viga diagonal se ubique exactamente debajo de la tubería brindándole soporte y permitiendo contar con 4 ventanas de geometría irregular pero que en conjunto mantienen un área equivalente a la que se tenía en el principio. (Odebrecht, 2015)

Esta viga diagonal propuesta cuenta con muros laterales (e=20cm.) formando un canal logra enterrar y proteger la tubería con material granular con la altura de tapada que exige la CPS “Cálidda”.

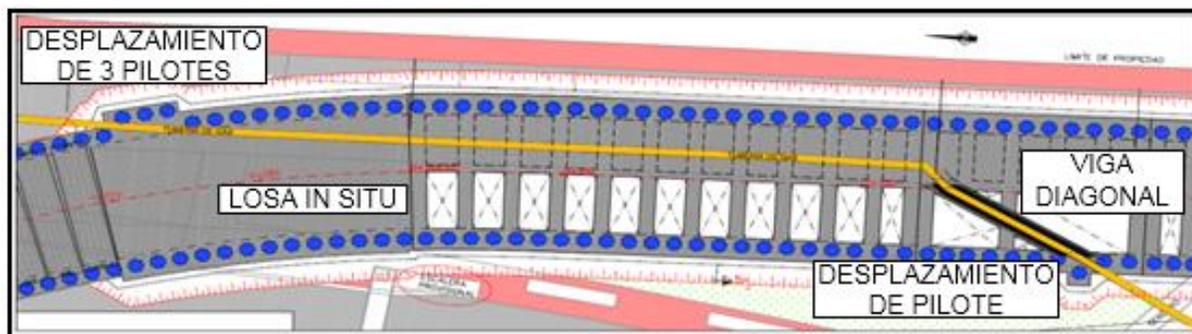


Figura 28. Vista en Planta de construcción del túnel con la interferencia de gas Ø500mm

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Reporte de adecuación N°12.

#### 4.1.2.4. Efecto en el funcionamiento de la ventilación del túnel

Teniendo una nueva distribución de ventanas de ventilación, era necesario realizar una nueva evaluación al funcionamiento del flujo de aire y humos en el interior del túnel en caso se presentase un incendio con distintos escenarios. Para ello, se evaluaron evaluaron 28 escenarios siguiendo el siguiente esquema:

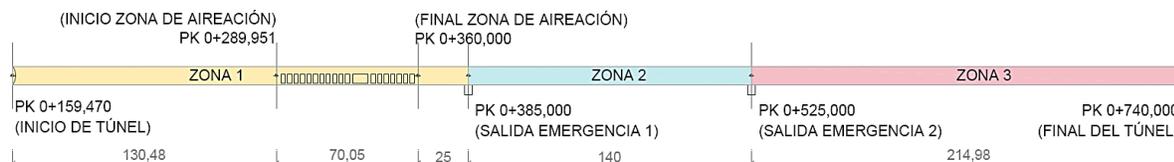


Figura 29. Representación simplificada del Túnel Benavides

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Reporte de adecuación N°12.

De todos los escenarios, el mas desfavorable es cuando un vehículo se incendia en la salida del túnel, al tener la estructura un solo sentido, las personas tienen que retroceder hacia las salidas de emergencia mas cercanas. Con ello se determinó que el tiempo de evolución del humo resulta inferior al de evacuar de los usuarios, teniendo resultados satisfactorios.



Figura 30. Situación “tipo” de evacuación con fuego en Túnel

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Reporte de adecuación N°12.

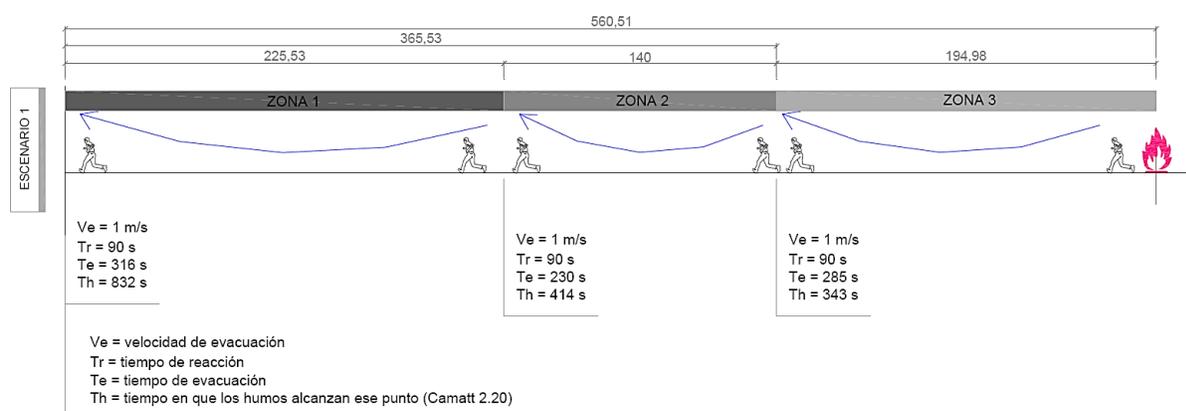


Figura 31. Esquema del Escenario 1 para evacuación en caso de incendios

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Reporte de adecuación N°12.

#### 4.1.3. Alternativas de solución para soporte de tubería de gas.

Luego de tener la adecuación de la Ingeniería del Túnel aprobada por la STO, era inevitable que para su ejecución se tendría que excavar el sector donde está ubicada la tubería de gas, por lo menos hasta fondo de la Losa in situ para la colocación de encofrados, acero y concreto. Esta situación era la principal preocupación de “Cálidda” porque se le quitaría el apoyo y protección de la tubería, por ello se definió junto con la CPS de colocar apoyos y/o sostenimiento puntuales durante los trabajos de obras civiles, buscando así diseñar estructuras que cumplan la condición de ser modulares y que se puedan montar manualmente evitando el uso de soldadura durante la obra.

#### **4.1.3.1. Alternativa usando estructuras de encofrado modular.**

Una de las primeras alternativas fue la propuesta enviada por la empresa ULMA, quienes ofrecieron utilizar unos sistemas estandarizados de soporte como elementos tipo MK para formar una viga en celosía con longitudes de hasta 16m y pedestales de soporte de hasta 3 m de altura, separados cada 3m. Estos apoyos necesariamente tendrían que estar fuera del área en la que se emplaza el túnel por el tamaño de sus piezas.

Debido a sus dimensiones sería necesario utilizar grúas menores para su manipulación, situación que se busca evitar en la proximidad de la tubería. Esta propuesta tiene el inconveniente de requerir espacios amplios para su instalación, muy cerca a los límites de propiedad. Ver planos de detalle en Anexo 6.

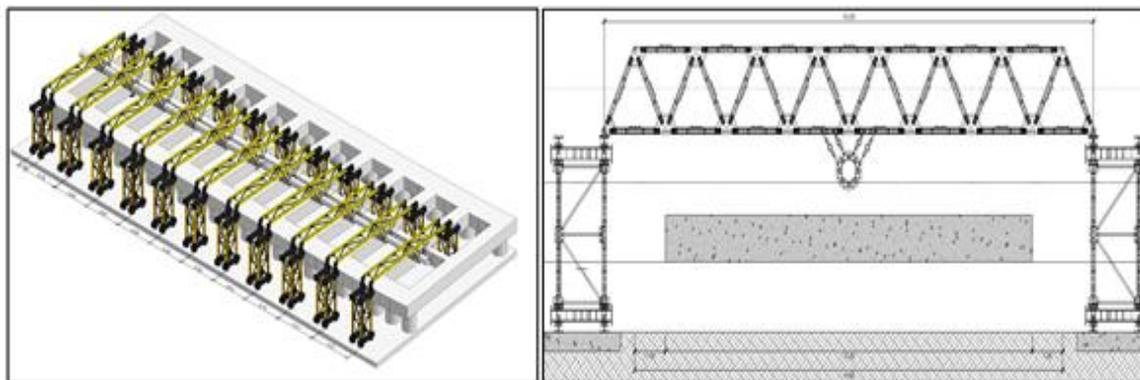


Figura 32. Alternativa de solución planteada por ULMA

Fuente: (ULMA Encofrados, 2015). Planos de propuestas de soporte de tubería de gas en operación. Lima

#### **4.1.3.2. Alternativa usando estructuras metálicas.**

Otra propuesta para el soporte de la tubería de gas, es la enviada por la empresa Trackerz, quienes propusieron una estructura metálica, la cual fue elegida por tener la ventaja de poder configurar la estructura de soporte libremente para cada situación particular, con la posibilidad de que los elementos empleados sean recuperables.

Con ello se concibieron soportes ubicados directamente bajo de la tubería, con la consideración de que las barras verticales de cada soporte atraviesan el espesor de la losa del túnel. Con esta disposición el espacio utilizado para los soportes es el mínimo posible, y los desplazamientos verticales son controlados de manera eficiente mediante pernos nivelantes, con esta alternativa se configuraron 6 distintos módulos de soportes de tipo pedestal y de tipo pórtico. (Odebrecht, 2015)

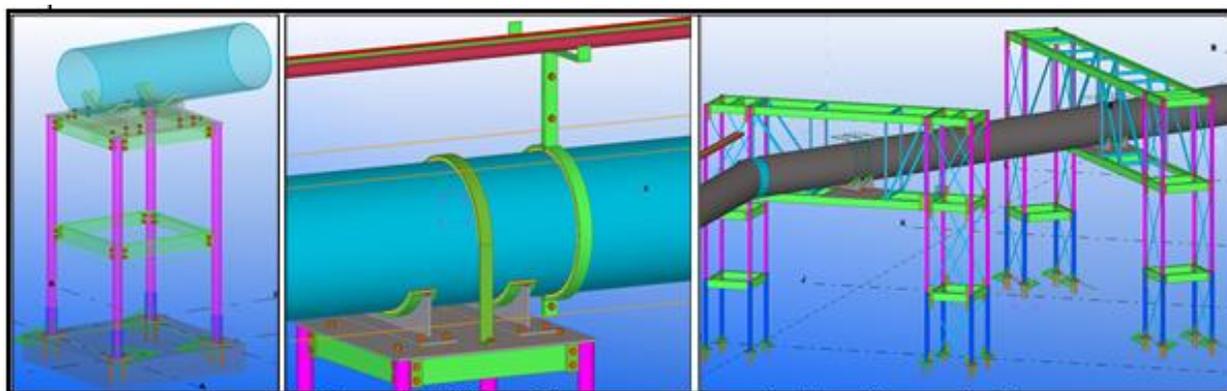


Figura 33. Vistas 3D de apoyo tipo pedestal y pórtico

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Ingeniería de Detalle de Soportes Metálicos para Tubería de Gas 20”.

#### 4.1.4. Características de la tubería de gas Ø500mm.

La empresa “Calidda” nos envió especificaciones técnicas de la tubería de gas, donde nos indica que es de acero al carbono y las características físicas son las siguientes:

Tabla 2. Características de la Tubería metálica de gas Ø500mm

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior mm	Exterior inch	Espesor mm	Especificación		Recubrimiento Polietileno
				Clase	Grado	
20"	508	20	11.13	API5L	X56	Tricapa 3LPE

Fuente: (CALIDDA, 2015)

#### 4.1.5. Diseños.

Debido al poco tiempo que teníamos para la aprobación de los cambios de ingeniería, se realizó una estrategia para acelerar la revisión y posterior aprobación por parte de la CPS de gas, que consistió en dividir todo el tramo afectado por la tubería en 3 partes. Con esta táctica favorable se pudo iniciar los trabajos en las fechas programadas.

Los sectores son los siguientes:

Sector 1: Entre el Progresiva Kilométrica (PK) 0+269 al PK 0+290 (21m)

Sector 2: Entre el PK 0+290 al PK 0+324 (34m)

Sector 3: Entre el PK 0+324 al PK 0+339 (15m)

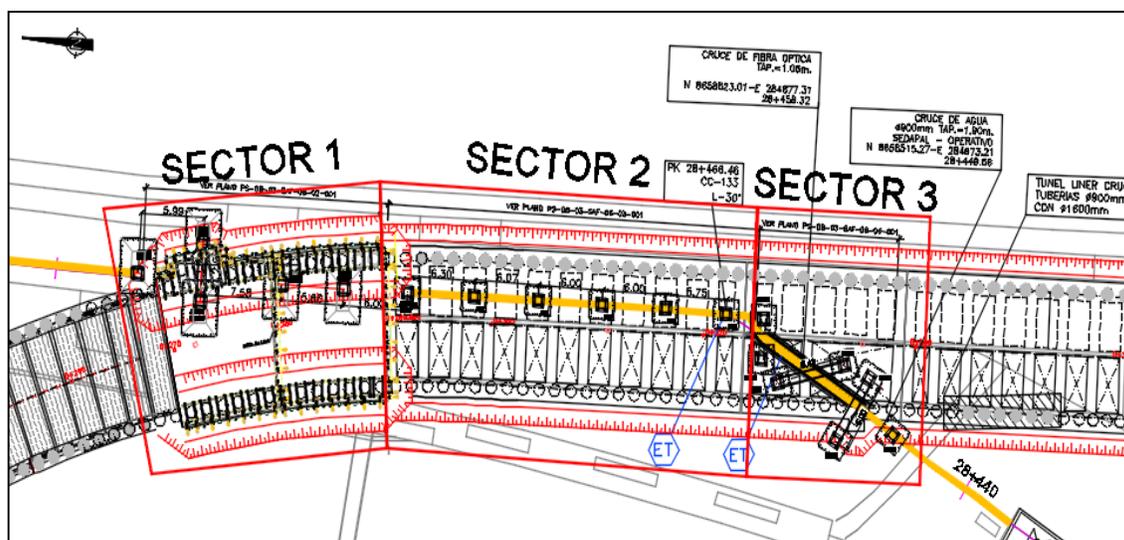


Figura 34. Plano general indicando los 3 sectores de la Interferencia por Tubería de Gas Ø500

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Ingeniería de Detalle de Soportes Metálicos para Tubería de Gas 20”.

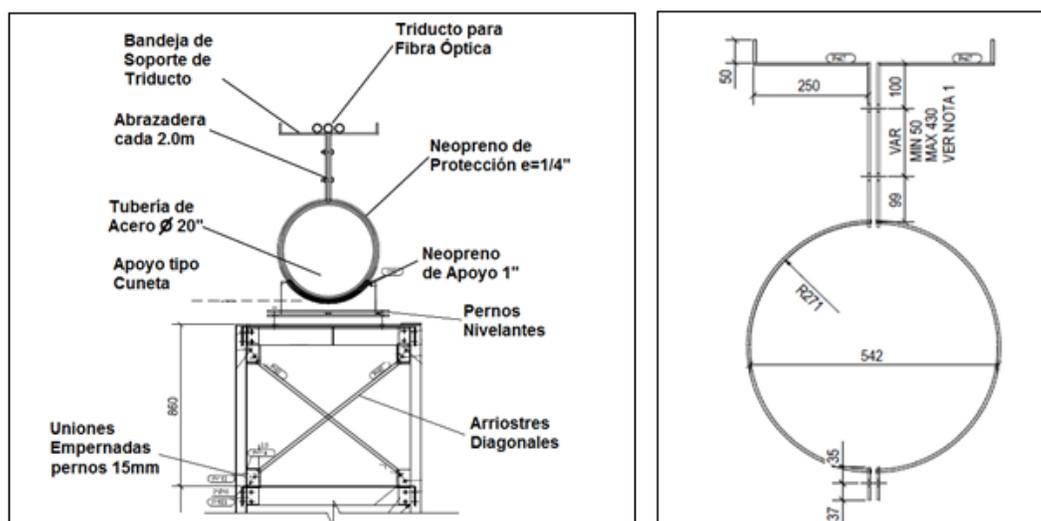


Figura 35. Destalles de Soporte Metálico para Tubería y triducto

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Ingeniería de Detalle de Soportes Metálicos para Tubería de Gas 20”.

#### 4.1.6. Cálculo estructural de los apoyos de la tubería.

Como principal premisa ante “Cálidda” fue que el diseño de las estructuras de soporte de la tubería de gas en operación, era la de garantizar que la tubería no sea sometida a desplazamientos ni esfuerzos que pongan en riesgo su integridad.

El modelamiento espacial de los soportes metálicos en cada sector los realizó la empresa española Arenas y Asociados utilizando el software “Robot Structural Analysis”, donde se hizo un análisis estático y dinámico para poder verificar el comportamiento de la estructura en todos los sectores. Se verificó que los esfuerzos y sobretodo las deformaciones en la tubería de gas se encuentran limitadas a valores por debajo de los máximos permitidos para este tipo de tubería según las consideraciones de la especificación ASME 3.1, ASME B 31.1 Power Piping y ASME B 31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems. Para el análisis de la estructura se tomaron en cuenta las solicitaciones por peso propio, presión interna (la presión máxima de operación de 75bar, a solicitud de la concesionaria), variación térmica, sobrecarga vertical, viento transversal y sismo.

Se determinó que la tubería podía soportarse por apoyos cada 12m, sin embargo adoptando los requerimientos de los operadores de la línea “Cálidda”, se limitaron las distancias de separación a 6m entre ejes de apoyos con los siguientes resultados:

Tabla 3. *Resumen de Resultados del Cálculo estructural en tubería de Gas Ø500mm*

<b>SECTOR</b>	<b>Deformación Máxima Permisible (0.1") (mm)</b>	<b>Deformación Máxima entre soportes (mm)</b>	<b>Tensiones Máximas Permisibles (0.9fy) (MPa)</b>	<b>Tensiones en Tubería (MPa)</b>
<b>1</b>	<b>2.5</b>	<b>1.0</b>	<b>351</b>	<b>207.5</b>
<b>2</b>	<b>2.5</b>	<b>1.5</b>	<b>351</b>	<b>204.3</b>
<b>3</b>	<b>2.5</b>	<b>1.1</b>	<b>351</b>	<b>260.6</b>

Fuente: (ASME 3.1, 2002)

Para información complementaria ver Anexo 4 – Ingeniería de Soportes 1, 2 y 3.

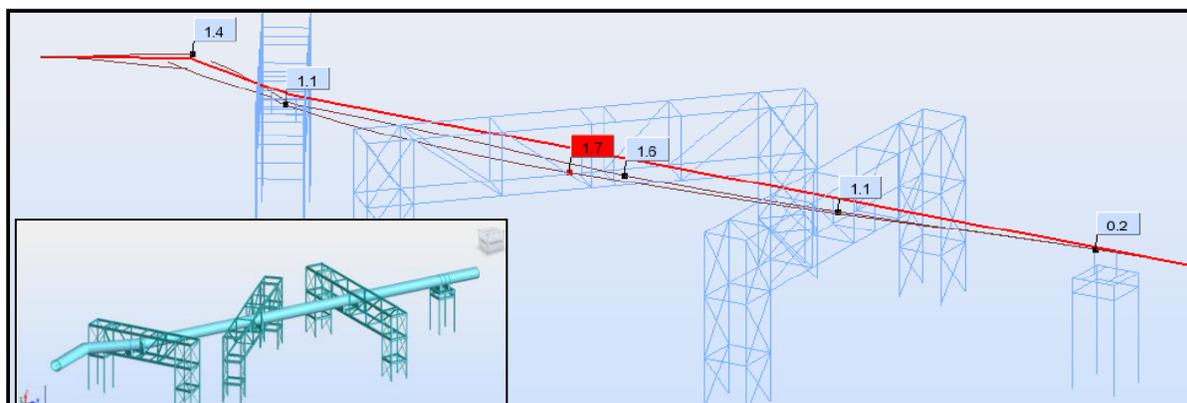


Figura 36. Modelo y resultados de deformaciones y tensiones tangenciales por sismo del sector 3

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Ingeniería de Detalle de Soportes Metálicos para Tubería de Gas 20”.

#### 4.1.7. Protección catódica de la tubería de gas metálica.

Debido a que en el sector 3 la tubería de gas iba a estar sobre una viga diagonal, era necesario realizar una protección adicional en este tramo, para lo cual por su experiencia trabajando con la concesionaria de gas se contrató a la empresa peruana “Prosermant” para que realicen en primera instancia las pruebas estándar para valorar la condición de la tubería sobre la protección actual a la corrosión externa (el revestimiento y protección catódica).

Antes de iniciar los trabajos de excavación era necesario saber la condición de la tubería, para ello en primer lugar se realizaron la prueba CIS, que provee información exacta sobre el estado de funcionamiento del sistema de protección catódica, e información aproximada respecto a la condición del revestimiento de las tuberías, luego se efectuó la prueba DCVG, que se emplea para evaluar con mayor énfasis los sectores defectuosos identificados durante el CIS, determinando así la condición exacta del revestimiento en esos puntos, la severidad y la longitud de los defectos. Ver Anexo 8 para información complementaria. (Odebrecht, 2015)

Luego de la conclusión de los trabajos en estos tramos y cuando se haya ejecutado los rellenos finales, se debe realizar la misma valoración para corroborar que no existió ningún daño a la tubería durante la ejecución del túnel.



Figura 37. Pruebas CIS en IVD Benavides

Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima, EDI IVD Benavides, Ingeniería de Detalle del Sistema de Protección Catódica por corriente galvánica para la Tubería de Gas 20”

#### 4.1.8. Plan de contingencia.

Al trabajar con una tubería matriz de gas en servicio y cercana a ella, se tenía un riesgo latente, por ello era necesaria la elaboración de un plan de contingencia por si ocurriera un evento no deseado y que permitiese saber cómo actuar durante una emergencia. Es así que se gestionó con el área de Seguridad para la elaboración de este documento, quienes luego de las evaluaciones y análisis para prevenir los riesgos durante la ejecución de los trabajos y el impacto de los mismos sobre la salud y el medio ambiente, desarrolló un Plan de Contingencias, que fue aprobada por la Gerencia y Director de Obra y posteriormente de conformidad por “Cálidda”. Ver Anexo 9 para mayores detalles.

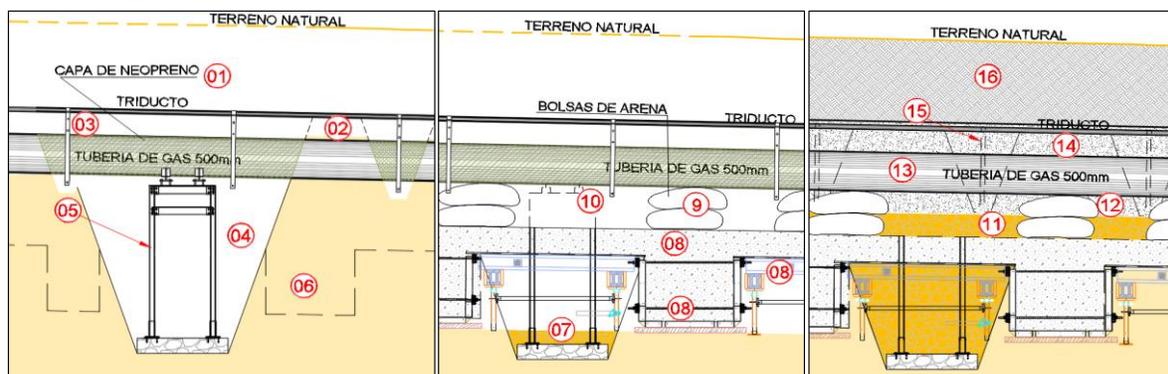
<b>ODEBRECHT</b> PLAN DE CONTINGENCIA PARA TRABAJOS DE EXCAVACIÓN CERCANOS A LINEAS DE GAS DE 500 mm Versión: 01		Fecha de emisión: Junio 2015
<b>PLAN DE CONTINGENCIA          PARA TRABAJOS DE EXCAVACIÓN          CERCANOS A LINEAS DE          GAS DE 500 mm</b>		
Elaborado: [Firma] Gerente de Obra	Revisado: [Firma] Gerente de Obra	Revisado: [Firma] Gerente de Obra
Aprobado: [Firma] Gerente de Obra	Aprobado: [Firma] Gerente de Obra	Aprobado: [Firma] Gerente de Obra
Aprobado: [Firma] Gerente de Obra	Aprobado: [Firma] Gerente de Obra	Aprobado: [Firma] Gerente de Obra

Figura 38. Plan de Contingencia aprobado por la gerencia

Fuente: (ODEBRECHT, 2015). Plan de Contingencias, Lima.

#### 4.1.9. Procedimientos constructivos.

Los trabajos a realizar para el soporte provisional de la tubería de gas son los mismos para cada sector. En siguiente imagen se muestran los pasos constructivos.



**Paso 1:** Excavación total hasta Triducto.

**Paso 2:** Excavación puntual entre Triducto y Tubería de GAS.

**Paso 3:** Colocación de Protección a la Tubería (Neopreno) y Abrazaderas para soportar Triducto.

**Paso 4:** Excavación mayor, para Colocación del Primer Soporte de Tubería.

**Paso 5:** Colocación de Base y Soporte de Tubería.

**Paso 6:** Excavación para Losa y viga del Túnel.

**Paso 7:** Colocación de Material granular compactado.

**Paso 8:** Colocación del Encofrado, Acero y Concreto para la losa

**Paso 9:** Colocación del apoyo permanente en losa.

**Paso 10:** Retiro de Apoyos Temporales

**Paso 11:** Relleno con Material Granular por encima de la losa.

**Paso 12:** Colocación de Arena Fina.

**Paso 13:** Retiro Parcial de Protección de Tubería.

**Paso 14:** Relleno con Arena en Talud.

**Paso 15:** Retiro de Abrazadera y completar relleno con una capa delgada sobre el Triducto.

**Paso 16:** Terminar con Material Granular a Nivel de Terreno.

Figura 39. Pasos para el Procedimiento Constructivo del Tramo 2.

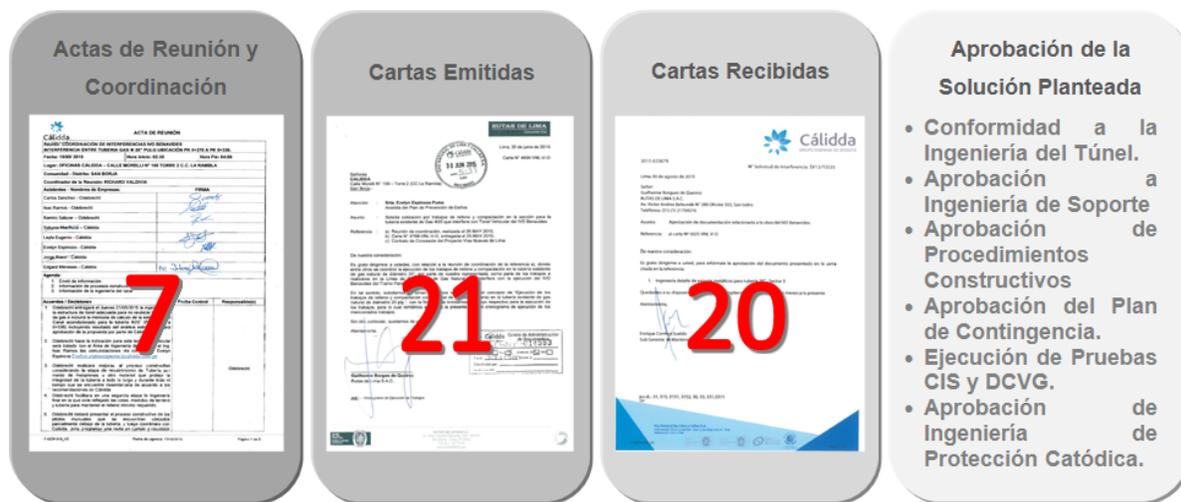
Fuente: (ODEBRECHT Infraestructura, 2015). Procedimiento Constructivo.

Ver Anexo 5 –Planos de Procedimientos Constructivos sectores 1, 2 y 3.

#### 4.1.10. Gestión de la comunicación.

Debido a que la tubería está operada por una concesionaria, fue necesario tener una comunicación permanente con ellos. Así, que para definir las soluciones fue indispensable el diálogo constante con los operadores, para ello se tuvieron 7 reuniones de coordinación en las oficinas de la CPS (Ver Anexo 7). Así mismo, para la entrega formal de la ingeniería de soporte en cada sector y los otros informes correspondientes a los trabajos con la tubería de gas, se emitieron 21 cartas y se recibieron 20.

Con la aprobación oficial, se iniciaron los trabajos en los tres sectores mencionados.



Más de 300 correos enviados y recibidos

Figura 40. Comunicaciones generadas hasta la aprobación de la solución  
Fuente: Elaboración Propia. Proyecto Vías Nuevas de Lima.

## 5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1. Productividades Alcanzadas

Con las modificaciones a la ingeniería del túnel, luego de una buena gestión con la CPS de gas “Cálidda”, se obtuvo la aprobación por parte de ellos en un período óptimo de 90 días calendarios, tal como se ve en el siguiente diagrama:

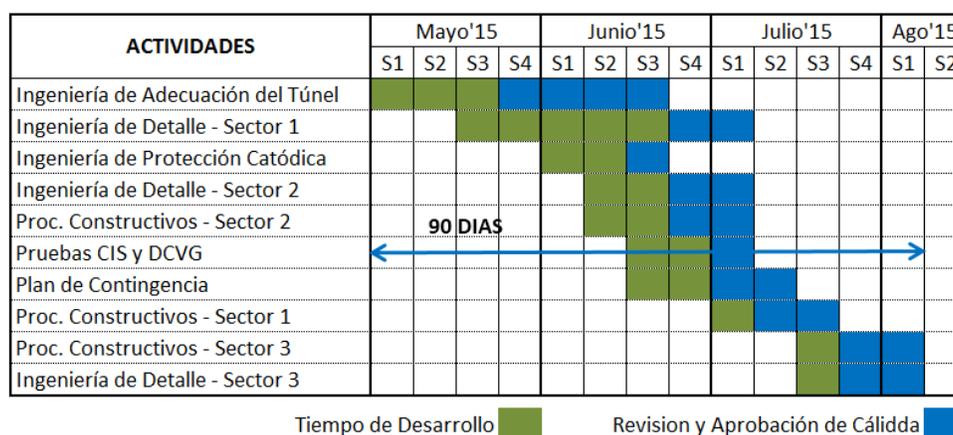


Figura 41. Periodos de aprobación de la Ingeniería por parte de “Cálidda”.

Fuente: Elaboración Propia. Proyecto Vías Nuevas de Lima.

El avance del túnel hasta el mes de Agosto del año 2015 era de un 37.8%, teniendo de esta manera que con la solución implementada se mantuvo la productividad y por consiguiente el avance previsto del proyecto sin interrupción en el proceso del túnel. Caso contrario hubiera sido adoptar la solución propuesta por la CPS de gas, ya que era necesaria la paralización de la obra de por lo menos 3 meses por los trabajos de reubicación como se muestra en el siguiente cronograma comparativo:

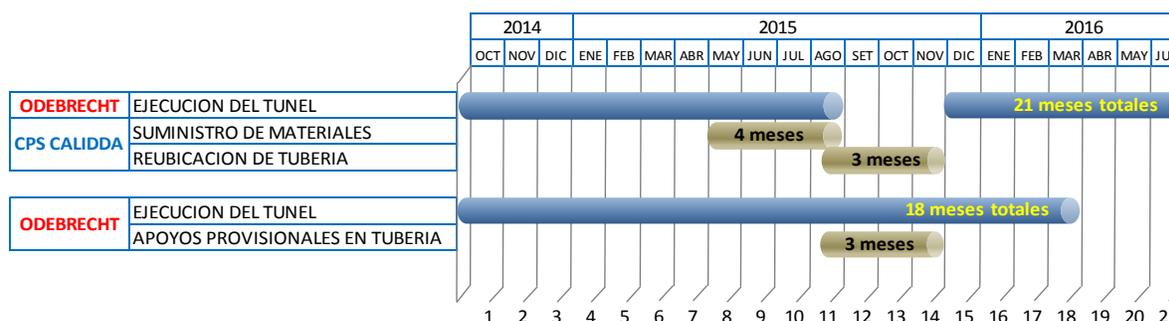


Figura 42. Cronograma comparativo entre la solución propuesta por la CPS versus lo ejecutado realmente.

Fuente: Elaboración Propia. Proyecto Vías Nuevas de Lima.

Cabe señalar, que estos cambios de Ingeniería dentro del proyecto Vías Nuevas de Lima también tenían que ser aprobados por parte de la Supervisión Técnica de Obra (STO), la cual como se indica en los anexos, se tuvo opinión favorable por parte de los especialistas de la STO para estos trabajos.

## 5.2. Costos Incurridos

Los resultados de los costos se observan en la reducción significativa del gasto que no fue necesario efectuar por concepto de reubicación de la tubería de gas contra la solución desarrollada del cambio de la ingeniería del túnel y la implementación de esta solución en campo.

En primer lugar se muestran los costos incurridos para el pago de servicios de los consultores externos para el desarrollo de la solución.

ITEM	EMPRESA	CONCEPTO	COSTO
1	TYPSA	Adecuación de la Ingeniería del IVD Benavides	57,600.00
2	TAT INGENIERÍA	Análisis y Cálculo Estructural de apoyos	7,400.00
3	TRAKERZ	Modelamiento de Estructura metálica	1,000.00
4	PROSEMANT	Ingeniería de Protección Catódica	1,800.00
<b>TOTAL US\$ :</b>			<b>67,800.00</b>

Figura 43. Costos incurridos por el área de Ingeniería para el diseño de la solución.

Fuente: Elaboración Propia. Proyecto Vías Nuevas de Lima.

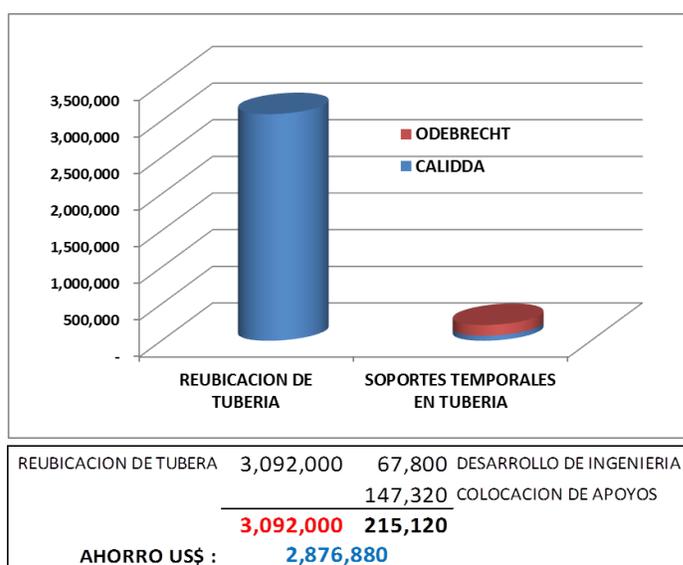
En segundo lugar está la implementación de los cambios realizados en campo, los cuales son los siguientes:

ITEM	EMPRESA	CONCEPTO	COSTO
1	TRACKERZ CORPORATION SAC	Fabricación y colocación de Soportes Metálicos	52,800.00
2	ALL TERRAIN D&D SAC	Excavación y relleno manual en sector de tubería	22,200.00
3	PROSERMANT PERU	Colocación de protección catódica	9,170.00
4	CALIDDA	Supervisión de los trabajos en sector de tubería	18,300.00
5	CÁLIDDA	Relleno manual con material seleccionado en sector de la tubería	44,850.00
<b>TOTAL US\$ :</b>			<b>147,320.00</b>

Figura 44. Costos incurridos para la ejecución de los trabajos aprobados.

Fuente: Elaboración Propia. Proyecto Vías Nuevas de Lima.

Teniendo el siguiente cuadro comparativo de los costos realizados.



**AHORRO DE  
\$2,876,880**



Figura 45. Gráfico comparativo de costos de la solución planteada por “Cálidda” versus la solución adoptada.  
Fuente: Elaboración Propia. Proyecto Vías Nuevas de Lima.

Cabe mencionar que los acondicionamientos que se dieron en el túnel para poder ser construido bajo la tubería, no suscitaron considerables costos, porque las mayores cantidades eran ínfimas y se conservaron los rendimientos como se muestra en la *figura 41*. Tampoco en este monto se han considerado los gastos que hubiera demandado por afectaciones sociales y los ahorros como efecto de un mayor plazo en la ejecución del túnel por la reubicación de la tubería de gas (¡tres meses de Gastos Generales!).

### 5.3. Problemas Observados

La falta de experiencia de la CPS de gas “Cálidda” en lo que corresponde a prácticas similares en tuberías matrices de gas en operación, hizo que condicionen el diseño al tomar márgenes de seguridad por encima del estándar, en lo que respecta a la cantidad y separación de los puntos de apoyo para el soporte de la tubería de gas.

Otro problema observado fue que a pesar de haber tenido una constante comunicación fluida con el área de Plan de Prevención de Daños de la CPS “Cálidda”, la revisión y aprobación de los diseños demoró más de lo esperado, esto debido a que internamente “Cálidda” requería la aprobación de las áreas de Proyectos y Operaciones.

## 6. Conclusiones

Primera conclusión, las interferencias en general tienen gran impacto en cualquier tipo de obra de construcción, su reubicación o mantenimiento se debe considerar con el mínimo detalle desde el inicio del proyecto. En el caso del proyecto Vías Nuevas de Lima se creó un área ligada a producción con recursos para la gestión y ejecución de las reubicaciones de interferencias (Área de Interferencias), desarrollando y gestionando en forma oportuna expedientes técnicos con la Ingeniería para estas reubicaciones y posterior revisiones y aprobaciones de la CPS, pero sufriendo la postergación en varias oportunidades por motivos ajenos a nosotros repercutiendo en el avance normal en la Ejecución del Túnel.

Segunda conclusión, siempre se tendrán alternativas de solución distintas a la inicial que tienen que ser analizados en cuanto a ventajas y desventajas a nivel de costos, impacto social, plazos, seguridad y que se puedan adecuar a la realidad.

Tercera conclusión, la mejor solución propuesta por la CPS no era la más viable para nosotros, ya que los intereses de ellos no son los mismos para todos. La prioridad nuestra era evitar incurrir en gastos adicionales y que los plazos se prolonguen, mientras que para “Cálidda” sólo era reubicar su tubería manteniendo la seguridad sin importar el tiempo en que se puedan tardar.

Cuarta conclusión, gracias a una comunicación eficaz entre la CPS y el constructor para las modificaciones que se realizarían a la ingeniería, se consiguió que la solución propuesta sea aprobada en un tiempo menor a tres meses y que no afecte los costos y plazos del proyecto, además que sean constructivamente ejecutables sin afectar la tubería de gas.

Quinta conclusión, una gestión adecuada garantiza que se presenten los Reportes de Adecuación (RAE) al Estudio Definitivo de Ingeniería (EDI) de forma oportuna hacia la Supervisión Técnica de Obra (STO) para que ellos puedan aprobar los trabajos y no afecten el calendario. Una solución de ingeniería no sólo requería la aprobación de “Cálidda”, sino también la aprobación de la STO ya que este proyecto es una Obra Pública que se ejecuta para el Estado. En el proyecto IVD Benavides para este trabajo se aprobó el RAE N° 12 – Adecuación de Tubería de Gas Ø500mm, donde se incluyeron los anexos 4, 5 y 6 del presente trabajo.

Sexta conclusión, dentro del Área de Ingeniería se tuvo una gestión de la comunicación permanente con los consultores externos y con el área de producción con el objetivo de lograr diseños ejecutables.

Séptima conclusión, se realizaron las gestiones con el área de seguridad y con el apoyo de CPS “Cálidda” para identificar los riesgos que se tenían al trabajar con una tubería de matriz de gas en operación, luego de ello se elaboró un plan de contingencia el cual fue aprobado por todas las gerencias de ambas empresas. Posteriormente, a través de charlas se reforzó la conducta sobre la seguridad a los trabajadores involucrados en las actividades cercanas a la tubería; con esta estrategia se minimizaron los riesgos potenciales que implicaban realizar intervenciones de reubicación en una tubería de gas natural en operación.

Octava conclusión, con los trabajos de la no reubicación de la tubería principal de gas que iba a tener una gran afectación a la población por el corte del servicio, se evitó este malestar social principalmente a los moradores de la zona. Debido a que inicialmente con los trabajos del túnel, ya se había generado una reacción negativa de los vecinos por las incomodidades inherentes a las obras.

Novena conclusión, es habitual que en las ciudades exista gran cantidad de redes de tuberías matrices que recorren y atraviesan calles, y cuya reubicación de ser necesaria para la construcción de obras no sea viable; en consecuencia se requieren excepcionalmente soluciones de este tipo que permitan a las líneas matrices existentes coexistir con las nuevas estructuras cuando se plantean cimentaciones o elementos enterrados de estructuras importantes como ésta.

La solución de innovación presentada puede ser aplicada en proyectos de ejecución de carreteras urbanas, estructuras de concreto y toda obra que contenga Interferencias.



Figura 46. Fotos de Ejecución Satisfactoria de Trabajos realizados  
Fuente: Elaboración Propia. Proyecto Vías Nuevas de Lima.

## 7. Recomendaciones

Primera recomendación, se debe tener una comunicación constante, clara, fluida y concisa con las Empresas Prestadoras de Servicios para evitar cambios sustanciales en los plazos, alcances y costos de la obra.

Segunda recomendación, es necesario realizar mayores trabajos de campo complementarios a la información enviada por las empresas operadoras de las interferencias, para verificar y corroborar la información enviada.

Tercera recomendación, las gestiones con las entidades prestadoras de servicios deben hacerse con debida anticipación por que los plazos de estas pueden entrar en conflicto con los plazos de la obra principal.

Cuarta recomendación, se debe considerar que en el presupuesto inicial se incluya un costo adicional al Área de Ingeniería porque se deben optimizar los costos asociados a cambios a la ingeniería que ocurran durante la ejecución de una obra.

Quinta recomendación, si se ejecuta un proyecto de infraestructura cercano o en medio de una zona urbana rodeada de edificios, sería lo ideal que este tenga un diseño flexible y adaptable para cualquier cambio de ingeniería que ocurra durante la construcción, ya que en el caso del IVD Benavides resultó crucial para el éxito de la obra. La posibilidad de poder realizar el desplazamiento de pilotes, poder reemplazar las vigas pre-fabricadas por una losa in-situ y sobre todo poder ejecutar el túnel en diferentes frentes de trabajo, fue de vital importancia para poder continuar con la solución planteada de modificar la ingeniería.

## 8. Referencias

- ASME 3.1. (30 de 11 de 2002). American Society of Mechanical Engineers. *Suggested Pipe Support Spacing - Table 121.5*. New York, Estados Unidos de América: ASME.
- CALIDDA. (19 de 03 de 2015). Ficha Técnica de Tuberías de Acero. *Código: S-DIO-003*. Lima, Perú: Calidda.
- CONCENTRA. (15 de 05 de 2015). *Concentra - Inteligencia en Energía*. Obtenido de Concentra - Inteligencia en Energía: <https://concentra.co/productos/transporte>
- IIRSA NORTE. (29 de 07 de 2009). Vencendo um "Paredón" de Desafíos. *CONINFRA 2009 - 3º Transportation Infrastructure Conference*. Sao Paulo, Brasil: Odebrecht.
- Mínguez Santiago, F. (2015). Métodos de Excavación sin zanjas. *Métodos de Excavación sin zanjas*. España: Tesis Doctoral, Caminos.
- Natural Gas STAR. (15 de 12 de 2003). *Uso de Hot Taps para las conexiones de tuberías en servicio*. Obtenido de Using Hot Taps for In Service Pipeline Connections: [http://www.oilproduction.net/files/ll\\_hot\\_taps.pdf](http://www.oilproduction.net/files/ll_hot_taps.pdf)
- ODEBRECHT. (06 de 2015). Plan de Contingencias. *Plan de Contingencias para trabajos de Excavación cercanas a Líneas de Gas de Ø500mm*. Lima, Perú: Odebrecht.
- ODEBRECHT. (27 de 12 de 2017). *Odebrecht*. Obtenido de [www.odebrecht.com.pe](http://www.odebrecht.com.pe): <http://www.odebrecht.com.pe/sobre-la-empresa/historia-en-el-peru>
- ODEBRECHT. (21 de 12 de 2017). *www.odebrecht.com.pe*. Obtenido de [www.odebrecht.com.pe](http://www.odebrecht.com.pe): <http://www.odebrecht.com.pe/vision-de-futuro>
- ODEBRECHT Infraestructura. (09 de 2014). Proyecto Vías Nuevas de Lima. *Estudio Definitivo de Ingeniería - Intercambio Vial a Desnivel Benavides*. Lima, Lima, Perú: Odebrecht.
- ODEBRECHT Infraestructura. (06 de 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima. *Informe Técnico - Ingeniería de Detalle de Soportes Metálicos para Tubería de Gas 20"*. Lima, Lima, Perú: Odebrecht.
- ODEBRECHT Infraestructura. (06 de 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima. *Informe Técnico - Informe de Detalle del Sistema de Protección Catódica por Corriente Galvánica para la Tubería de Gas 20"*. Lima, Lima, Perú: Odebrecht.
- ODEBRECHT Infraestructura. (08 de 06 de 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima - IVD Benavides. *Adecuación de Túnel PK 0+269 - 0+339 por Interferencia de Tubería de Gas Ø500mm*. Lima, Perú: Odebrecht.
- Osinergmin. (31 de 12 de 2000). Ley de Concesiones Eléctricas. *Decreto Supremo N° 009-93-EM*. Lima, Lima, Perú.
- Osinergmin. (5 de 12 de 2017). *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*. Obtenido de Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería: <http://www2.osinerg.gob.pe/Pagina%20Osinergmin/Gas%20Natural/Contenido/conce001.html>
- PMBOK. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. (Guía del PMBOK®) - Quinta Edición (SPANISH)*. Pensilvania, EE UU: Project Management Institute.
- Rutas de Lima. (12 de 12 de 2017). *Rutas de Lima*. Obtenido de Rutas de Lima: <http://rutasdelima.pe/documento>

SUNAT. (27 de Diciembre de 2017). *Superintendencia Nacional de Administración Tributaria - SUNAT* . Obtenido de [www.sunat.gob.pe](http://www.sunat.gob.pe): <http://e-consultaruc.sunat.gob.pe/cl-ti-itmrconsruc/jcrS00Alias>

ULMA Encofrados. (28 de 05 de 2015). Proyecto Vías Nuevas de Lima. *Diseño de Encofrado de Vigas y Losa Fondo de Losa y Viga*. Lima, Perú: ULMA Perú.

## 9. Anexos

- Anexo 1 – Organigrama de la Empresa.
- Anexo 2 – Cambio de Ingeniería en Zona de “Paredón” – IIRSA Norte.
- Anexo 3 – Adecuaciones de Ingeniería al Túnel Benavides.
- Anexo 4 – Ingeniería de Soportes de gas sectores 1, 2 y 3.
- Anexo 5 – Procedimientos Constructivos Sectores 1, 2 y 3.
- Anexo 6 – Planos ULMA – Alternativa no ejecutada.
- Anexo 7 – Actas de Reuniones.
- Anexo 8 – Ingeniería de Protección Catódica y pruebas CIS.
- Anexo 9 – Plan de Contingencia.
- Anexo 10 – Panel Fotográfico.