

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DEL VIADUCTO ELEVADO  
CRUCE JAVIER PRADO-PROYECTO TREN ELÉCTRICO  
TRAMO VILLA EL SALVADOR – AV. GRAU**

**TOMO II  
(Anexos)**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**HEBERTH FRANK BENAVIDES SANTISTEBAN**

**Lima- Perú**

**2012**

# **ANEXOS**

**METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DEL  
VIADUCTO ELEVADO-CRUCÉ JAVIER  
PRADO- PROYECTO TREN ELÉCTRICO  
TRAMO VILLA ELSALVADOR-AV. GRAU**

**HEBERTH BENAVIDES SANTISTEBAN**

# **ANEXO A**

**ESTUDIO GEOTECNICO**  
**TRAMO: E, F, G y G1**

## **INDICE**

### **1. GENERALIDADES**

- 1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO
- 1.2 UBICACION DEL TRAMO EN ESTUDIO
- 1.3 CARACTERISTICAS DE LAS ESTRUCTURAS

### **2. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO**

### **3. INVESTIGACIONES DE CAMPO**

- 3.1 CALICATAS
- 3.2 ENSAYOS DE CARGA
  - 3.2.1 Ubicación
  - 3.2.2 Equipo Utilizado
  - 3.2.3 Procedimiento del Ensayo de Carga Directa Estática
  - 3.2.4 Resultados
  - 3.2.5 Modulo de Reacción de la Subrasante
- 3.3 ENSAYOS GEOFISICOS

### **4. INVESTIGACIONES DE LABORATORIO**

### **5. ZONIFICACION DEL SUBSUELO**

- 5.1 PERFIL ESTRATIGRAFICO

### **6. ANALISIS DE LA CIMENTACION**

- 6.1 PARAMETROS GEOTECNICOS
- 6.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACION
- 6.3 CAPACIDAD ADMISIBLE
  - 6.3.1 Capacidad Admisible por Resistencia
  - 6.3.2 Capacidad Admisible por Asentamiento
  - 6.3.3 Resultados
  - 6.3.4 Verificación por Distorsión Angular y Asentamientos Permisibles
- 6.4 METODO EMPIRICO
- 6.5 ANALISIS QUIMICO DE LA CIMENTACION
- 6.6 ESTABILIDAD DE TALUDES DE CORTE

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **ANEXOS**

LAMINAS

TABLAS

REGISTRO DE CALICATAS

ENSAYO DE CARGA

ENSAYOS SISMICOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

ANALISIS DE LA CIMENTACION

PANEL FOTOGRAFICO

PLANO

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Este estudio documenta el Estudio Geotécnico de los tramos; E, F, G y G1, que forma parte del proyecto; Obras Civiles del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao.

El estudio tiene el propósito de determinar las condiciones del subsuelo, elaborar el perfil estratigráfico del terreno, determinar los parámetros de diseño y alternativas de cimentación de las obras del Tren Eléctrico Lima (TEL). Además de presentar los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar los parámetros geotécnicos del suelo al nivel de cimentación de las estructuras proyectadas.
- Zonificación geotécnica
- Determinar la capacidad portante del suelo
- Determinar los asentamientos del suelo a nivel de cimentación
- Estabilidad de talud de corte de las excavaciones
- Análisis Químico del suelo
- Uso del material de las excavaciones
- Conclusiones y recomendaciones.

### 1.2 UBICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO

El presente estudio corresponde a los tramos: E, F, G y G1. Las obras que se proyectan construir, se desarrollan a lo largo de la Av. Aviación, a excepción del tramo G1 que se desarrolla íntegramente en la Av. Miguel Grau. El eje de estos tramos cruzan los distritos de San Borja, San Luís y La Victoria pertenecientes a la Provincia de Lima y Dpto. de Lima. Los tramos materia del presente estudio geotécnico están delimitados de la siguiente manera:

Tramo E.-Inicia en la Av. Javier Prado y finaliza en la Ca. Esciron (Dist. de San Luís).

Tramo F.-Inicia en la Ca. Esciron (Distrito de San Luís) y finaliza en la Ca. Francia (Dist. De La Victoria).

Tramo G.-Inicia en la Ca. Francia (Distrito de La Victoria) y finaliza en la Av. Grau (Dist. De La Victoria).

Tramo G1.-Inicia en el cruce de la Av. Aviación y la Av. Miguel Grau y finaliza en la Estación Miguel Grau (Dist. De La Victoria).

### 1.3 CARACTERISTICAS DE LAS ESTRUCTURAS

En los tramos que corresponden al presente estudio (tramo E, F, G y G1) no existen estructuras construidas o semiconstruidas que forme parte del TEL.

Las estructuras principales que se proyectan construir se describen a continuación:

#### 1.3.1 Tramo E.

- \* Cruce de 30m. entre las avenidas Aviación y Javier Prado.
- \* 01 estación, Estación Javier Prado, ubicada entre la Av. Aviación y la Ca. Las Letras.
- \* Cruces de 32m. y 45m, en la Av. Canadá.
- \* Cruces de 28m. y 40m, en la Av. Del Aire.

\*Cruces típicos con bicolumnas y monocolumnas de 20m.de separación.

### 1.3.2 Tramo F.

\* Cruce de 25m. y 35 m. el Ovalo de Los Derechos Humanos(Ovalo Arriola) y cruce con Av. Arriola.

\* 01 estación; Estación Nicolás Arriola, ubicada entre la Av. Aviación y la Ca. Las Letras.

\* Cruces de 22m. y 27m(Puente México),ubicado entre cruce de Av. Aviación y Av. México.

\*Cruces típicos con bicolumnas y monocolumnas de 20m.de separación.

### 1.3.3 Tramo G.

\* Cruce de 30m.(Puente La Católica),ubicado entre en el cruce de Av. Aviación y Av. Isabel La Católica.

\* Cruce de 25m., ubicado entre el cruce de la Av. Aviación y Av. San Cristóbal.

\* Cruce de 30m., ubicado entre el cruce de la Av. Aviación y Av. Sebastián Barranca.

\* 01 estación; Estación Mercado Mayorista.

\* Cruce de 35m., ubicado entre el cruce de la Av. Aviación y Av. Bausate y Meza.

\* Cruce de 35m., ubicado entre el cruce de la Av. Aviación y Av. 28 de Julio.

\* Cruce de 30m. y 35m., ubicado entre el cruce de la Av. Aviación y Av. García Naranjo.

\* Cruce de 25m. y 35m., ubicado entre el cruce de la Av. Aviación y Ca. Antonio Raimondi.

\*Cruces típicos con bicolumnas y monocolumnas de 20m.de separación.

### 1.3.4 Tramo G1.

\* Cruce de 30m., 33m. y 35m., los cuales se encuentran ubicados desde la Ca. Raimondi hasta la Estación Miguel Grau.

\* 01 estación; Estación Miguel Grau.

\*Cruces típicos con bicolumnas y monocolumnas de 20m.de separación.

En los tramos sin estructuras se proyectan monocolumnas, los esfuerzos se transmitirán al suelo a través de zapatas rígidas, las dimensiones propuestas por CTEL se muestra en la Tabla N° 1:

Tabla N°1:

Dimensiones de Zapatas Para el TEL

Dimensiones (m)	
Ancho (B)	Largo (L)
8	11
9	13

## 2. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Lima esta situada sobre el cono de deyección del río Rimac. El cono de deyección de Lima, consiste de material aluvial de estructura lentiforme entrelazadas con depósitos superpuestos de canto rodado, arena, arcilla y limos sin orden ni arreglo.

Los depósitos fluviales han sido depositados durante la última etapa del Pleistoceno, formando un abanico fluvial. El cono de deyección va desde Santa Clara al este, Morro Solar al Sur y Bocanegra al norte.

El tramo específico del estudio se encuentra sobre el depósito aluvial del río Rimac. En el tramo en estudio, la grava del conglomerado de Lima se encuentra a poca profundidad, en estado compacta a densa, con buena proporción de cantos (10-25%), bolones redondeados de tamaño máximo generalmente de 7 a 13 pulgadas. A este material también se le denomina localmente cascajo o grava del conglomerado. En los mapas geológicos de Lima y mapa de zonificación de suelos según Martínez Vargas (1978)(ver Lamina 01 y 02), se puede distinguir que el tramo del presente estudio se encuentra sobre depósitos de origen aluvial. El estudio realizado y estudios anteriores realizados en este tramo confirman la existencia del depósito aluvial compuesto por gravas a poca profundidad.

## 3. INVESTIGACIONES DE CAMPO

### 3.1 CALICATAS

Con el objeto de explorar el subsuelo y extraer muestras alteradas para su respectivo ensayo de laboratorio, se realizaron 17 calicatas distribuidas a lo largo del tramo: E, F, G y G1. Se realizaron excavaciones de profundidad variable: 10 calicatas(C-17, C-18, C-20,C-21, C-22, C-23, C-24, C-26,C-27 y C-28) de 5.0m de profundidad y 07 calicatas(C-13, C-14, C-15,C-16, C-19, C-25 y C-29) de 8.0m de profundidad. La ubicación de las calicatas se presenta en el Anexo Plano Geotécnico. En el Anexo Registro de Calicatas se puede ver la estratigrafía de la excavación. En el Anexo Ensayos de Laboratorio se presentan los certificados de los ensayos. A continuación se describe la estratigrafía de las calicatas:

#### Calicata C-13.

Ubicado entre la Av. Aviación y la Av. Javier Prado. Los resultados son como sigue; Presenta una primera capa de relleno compuesto por arena limosa (SM), medianamente compacto de 1.30m de espesor. Subyacente se tiene la grava en estado compacto y denso a partir de 5.0m. hasta la profundidad de excavación (8.0m), presenta cantos (20%) y boleos de formas subredondeados.

#### Calicata C-14.

Ubicada entre la Estación Javier Prado (Av. Aviación y Ca Las Letras: Presenta una capa de relleno y suelo arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) de 0.5m. de espesor, húmedo. Subyacente se tiene grava pobremente gradada (GP) hasta la profundidad de excavación (8.0m), en estado compacto a denso, presenta cantos (15%) y boleos (10%) de formas subredondeados y  $T_{max}=11"$ .

#### Calicata C-15

Ubicada entre la Av. Aviación y Av. Canadá, se llegó a excavar hasta la profundidad de 8.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno limoso(SM) medianamente compacto de 0.40m. de espesor. Subyacente se tiene el material grava pobremente gradada (GP) en estado compacto (hasta 2.0m) y en estado denso (de 2.0m. a 8.0m.), presenta cantos (25%) y boleos de  $T_{max}=13"$  de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-16

Ubicada entre la Av. Aviación y Av. Canadá, también se llegó a excavar hasta la profundidad de 8.0m. (cruce de 45m. de luz). El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno limoso de 0.30m. de espesor. Subyacente se tiene mezcla de grava pobremente gradada con limos (GP-GM y GP), medianamente denso de 0.30m. a 2.0m. y compacto a denso a partir de 2.0m. de profundidad. Presenta cantos (15% a 25%) y boleos (10%) de T<sub>max</sub>=12" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-17

Ubicada en la Av. Aviación y Av. Del Aire, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno compuesto por grava limoso (GM) de 0.40m. de espesor. Subyacente se tiene el material típico gravoso (GP) del conglomerado, en estado suelto a medianamente compacto, presenta gravas (80%), cantos (10%) y boleos de T<sub>max</sub>=12" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-18

Ubicada en la Av. Aviación y Av. Los Alisios, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno y suelo limo arcilloso de de 0.90m. de espesor. Subyacente se tiene mezcla de grava pobremente gradada con limo (GP-GM) y grava pobremente gradada (GP) medianamente compacto a partir de 2.0m. de profundidad, presenta gravas (50% a 64%), cantos (20%) y boleos de T<sub>max</sub>=9" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-19

Ubicada en el Ovalo Arriola, se llegó a excavar hasta la profundidad de 8.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno de suelo limoso y arcilloso (SM y CL) cuyo espesor llega a tener 1.60m., de consistencia media y húmedo. De 1.60 a 2.30m se tiene mezcla de grava pobremente gradada con limo (GP-GM) medio suelto. Subyacente se tiene grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, compacto, presenta gravas (64%), cantos (20%) y boleos de T<sub>max</sub>=10" de formas sub redondeadas hasta la profundidad de excavación.

#### Calicata C-20

Ubicada en la Estación Arriola, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado muestra una primera capa de suelo de chacra (0.6m.). Subyacente se tiene el material típico grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, medianamente compacto a compacto, presenta gravas (63 a 76%), cantos (hasta 20%) y boleos de T<sub>max</sub>=13" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-21

Ubicada en la Av. Aviación y A. México, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno y suelo arenoso con limo (SM) cuyo espesor llega a tener 1.0m., compacto y húmedo. Subyacente se tiene grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, medianamente suelto a compacto, presenta gravas (50 a 70%), cantos (10 a 20%) y boleos de T<sub>max</sub>=15" de formas sub redondeadas hasta la profundidad de excavación.

#### Calicata C-22

Ubicada en la Av. Aviación y Av. México, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de arcilla limoso de baja plasticidad (CL-ML) cuyo espesor llega a tener 0.7m., compacto, húmedo y de color beige. Subyacente se tiene grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, medianamente compacto (0.70 a 2.50m.) a compacto (2.50 a 5.0m), presenta gravas (55 a 64%), cantos (5 a 15%) y boleos de T<sub>max</sub>=12" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-23

Ubicada en la Av. Aviación y Av. Isabel La Católica, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno, arena limosa, gravas,

presencia de plástico, trozos de ladrillo, cuyo espesor llega a tener 1.0m., seguidamente se tiene relleno de grava limoso (GM) compacto, húmedo, de color beige, constituido por 55% de grava. De 2.60 a 2.65 presencia de losa de concreto. Subyacente se tiene suelo natural, grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, compacto ( de 2.65 a 5.0m.) presenta gravas (77%), cantos (15%) y boleos de T<sub>max</sub>=12" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-24

Ubicada en la Av. Aviación y Av. Isabel La Católica, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno de de relleno limoso de baja plasticidad (ML) cuyo espesor llega a tener 1.5m., compacto, húmedo y de color marrón. Subyacente se tiene grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, compacto (1.5 a 5.0m), presenta gravas (70%), cantos (15%) y boleos de T<sub>max</sub>=12" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-25

Ubicada en la Estación Mercado Mayorista, se llegó a excavar hasta la profundidad de 8.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno con presencia plástico y trozos de ladrillo de 0.50m de espesor, seguido se tiene una capa de limo de baja plasticidad (ML) (entre la profundidad de 0.50 a 1.70m. ). Subyacente se tiene suelo natural, grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, compacto a denso, presenta gravas (72%), cantos (20%) y boleos de T<sub>max</sub>=10" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-26

Ubicada en la Av. Aviación y Av. Bauzate y Meza, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno y suelo limo arcilloso de de 0.80m. de espesor. Subyacente se tiene mezcla de grava pobremente gradada con limo (GP-GM) hasta 2.0m. de profundidad y grava pobremente gradada (GP) en estado compacto a partir de 2.0m. hasta la profundidad excavada, presenta gravas (60%), cantos (5% a 20%) y boleos de T<sub>max</sub>=13" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-27

Ubicada en la Av. Aviación y Av. 28 de Julio, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno con presencia de basura de 0.70m de espesor, seguido se tiene arcilla limoso de baja plasticidad (CL-ML)(de 0.70 a 1.60m. de profundidad), compacto, húmedo y de color marrón. Subyacente se tiene grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, compacto, presenta gravas (76%), cantos (20%) y boleos de T<sub>max</sub>=13" de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-28

Ubicada en la Av. Aviación y Av. Grau, se llegó a excavar hasta la profundidad de 5.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno, arena limosa, gravas, de 0.90m de espesor, a la profundidad de 0.30m. existe una losa de concreto de 0.20m. de espesor. Subyacente se tiene suelo natural, grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, medianamente compacto (de 0.90m. a 5.0m.) presenta gravas (75%), cantos (15%) y boleos de T<sub>max</sub>=12" y de formas sub redondeadas.

#### Calicata C-29

Ubicada en la Estación Miguel Grau, se llegó a excavar hasta la profundidad de 8.0m.. El resultado de esta calicata muestra una primera capa de relleno, arena limosa(SM), de 2.80m. de espesor, presencia de trozos de ladrillo, plástico, se encuentra medio compacto. Subyacente se tiene suelo natural, grava pobremente gradada (GP) en matriz arena, compacto (de 2.8m. a 8.0m.) presenta gravas (62%), cantos (15%) y boleos de T<sub>max</sub>=13" y de formas sub redondeadas.

### 3.2 ENSAYOS DE CARGA

Los ensayos fueron realizados por personal y equipo del Laboratorio Geotécnico del CISMID de la Universidad Nacional de Ingeniería y bajo la supervisión de Hidroenergía Consultores en Ingeniería SRL

#### 3.2.1 Ubicación

En el tramo que comprende el presente estudio se realizaron 03 ensayos de carga horizontal, ubicado en las siguientes estaciones:

Ensayo de Carga P-4: Ubicada en la Estación Javier Prado

Ensayo de Carga P-5: Ubicada en la Estación Arriola

Ensayo de Carga P-6: Ubicada en la Estación Mercado Mayorista

#### 3.2.2 Equipo Utilizado

Sistema de Reacción.- Para la carga de reacción horizontal se utilizó la placa de 1.0m de lado el cual se apoya sobre un muro de concreto (1mx1m) de 0.15cm de espesor el cual hacia contacto con el terreno.

Sistema de Transmisión de Carga.- Se utilizó una gata hidráulica de 35 toneladas de capacidad máxima, una celda electrónica de carga y placa metálica de lado 0.60 m. de diámetro de 1" de espesor.

Sistema de Adquisición de Datos.-La adquisición de los datos del asentamiento y de la carga aplicada se realizó mediante un equipo electrónico denominado Data Logger. El asentamiento y la deformación horizontal se registró por medio de 04 extensómetros para el ensayo (0.01 mm de precisión), localizados en los vértices de la placa cuadrada.

#### 3.2.3 Procedimiento del Ensayo de Carga Directa Estática

- De forma manual se conformaron las trincheras de sección rectangular, de 1.1m de ancho, 2.10 de largo y 3.0m de profundidad.
- Se aplicó la precarga, con el objeto del acomodo de la carga de reacción y el sistema de transmisión de carga.
- Se aplicó los incrementos de carga a intervalos de 0.60 Kg/cm<sup>2</sup> utilizando la gata hidráulica, para cada incremento de carga se tomaron aproximadamente de 10 a 30 lecturas de asentamiento a intervalos de 1 minuto, dependiendo que éstas se estabilicen o las tres últimas lecturas sean similares (tasa mínima de deformación es de 0.03 mm/min).
- Se efectuó la descarga por decrementos a intervalos de 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>, hasta el valor de esfuerzo de 0.10 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### 3.2.4 Resultados

La tabla N°2 resume el máximo esfuerzo aplicado y la máxima deformación registrada. La ubicación en planta se presenta en el Anexo Plano Geotécnico. Los registros de cada ensayo se presenta en el Anexo Ensayos de Carga.

Tabla N° 2:

Esfuerzo Máximo Aplicado y Deformación Máxima Registrada

Ensayo de Carga	Ubicación	Esfuerzo Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Max. (mm)
P-4	Estación Javier Prado	8.8	4.31
P-5	Estación Nicolás Arriola	8.8	9.04
P-6	Estación Mercado Mayorista	8.9	6.33

### 3.2.5 Módulo de Reacción de la Subrasante

El módulo de Reacción o Coeficiente de Balastro ha sido obtenido como la relación entre la tensión capaz de generar una penetración de de la placa equivalente a una deformación de 0.127cm (0.05”).

A partir de los valores de Kv se deben determinar los valores Kb, módulo de reacción de las zapatas en función de las dimensiones de éstas, que es el utilizado para el análisis. Terzaghi propone relacionar el valor de Kv (placas de 30cmx30cm), con valores de Kb para cimentaciones que midan bxb de la siguiente manera:

$$Kb = Kv \left[ \frac{b + 0.3}{2 * b} \right]^{[2]} \dots\dots\dots(1)$$

Para cimientos rectangulares se puede emplear la siguiente expresión:

$$Ksrec tan gular = \left( \frac{2}{3} \right) Kb \left[ 1 + \frac{b}{2 * l} \right] \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

- Kb= Módulo de reacción para zapata cuadrada de lado bxb.
- Kv= Módulo de reacción para placa de 30 cm.
- b= Lado menor de la zapata.
- L= Largo de la zapata.

En la Tabla N° 7.se presentan el resumen de los módulos de reacción, evaluadas para los 03 ensayos y para 02 dimensiones de zapatas proporcionadas por CTEL. La curva de Tensión Deformación es presentada en el Anexo Ensayo de Carga del presente informe. En el Anexo Tablas se presentan valores típicos de modulo de reacción para diversos tipos de suelo, realizados con placa de 30cm.

**TABLA N°3**  
**Modulos de Reaccion**

Ensayo	Ubicación	K60	K30	Modulo de Reacción Ks(kg/cm3)	
				b=8m.xL=11m.	b=9m.xL=13m.
P-4	Estación Javier Prado	7.1	12.6	3.10	3.00
P-5	Estación Nicolás Arriola	4.0	7.1	1.70	1.70
P-6	Estación Mercado Mayorista	9.4	16.7	4.5	4.0

Para otras dimensiones se puede evaluar el Modulo de Reacción (Ks) utilizando las ecuaciones 1 y 2.

Se recomienda utilizar como Modulo de Reacción para el Tramo E,F,G,G1 y para las dimensiones de zapatas proporcionadas el valor representativo de 3.0kg/cm3.

### 3.3 ENSAYOS GEOFISICOS

Se realizaron 10 líneas sísmicas por el método de refracción sísmica y 17 líneas sísmicas por el método del MASW.

Los perfiles sísmicos en general muestran hasta tres capas con grados de compacidad crecientes en profundidad. En base a los resultados de los ensayos de refracción sísmica y según la información: geológica, geotécnica y calicatas realizados próximo a los ensayos sísmicos, se presenta la siguiente interpretación.

Los ensayos sísmicos registran una primera capa de relleno de espesor variable 0.50 a 2.80m., cuya velocidad de ondas de propagación P varía de 290 a 570 m/s y las ondas S de 150 a 350 m/s, de acuerdo a los materiales encontrados en las calicatas se trataría de suelo fino en ocasiones mezcla de gravas con limo (SM, ML, GP-GM y SM-SC). Seguidamente se tiene un segundo horizonte elástico cuya velocidad de propagación P, varía de 1070 a 1300m/s y velocidad S de 400 a 600m/s, el espesor donde se manifiesta estas velocidades varía de 6.50m. a 9.70m., de acuerdo a las velocidades y material encontrado en las calicatas se trataría de grava compacta a densa. Por último se tiene un tercer horizonte de grava densa, que presenta velocidad de ondas de propagación P de 1500 a 1800m/s y velocidad de ondas S de 580 a 820m/s. En el anexo ensayos sísmicos se muestran los perfiles y los registros de ondas de llegada. La ubicación en planta se muestra en plano Geotécnico. En la Tabla N° 3, Tabla N° 4a y N° 4b se presentan los resultados de velocidades y espesores obtenidos por el método de refracción sísmica y MASW respectivamente.

Con los resultados de velocidad de compresión P y de corte S se estimaron los parámetros dinámicos: Modulo de Young, coeficiente de Poisson y Modulo de Corte. Los resultados se presentan en el Anexo Ensayos Sísmicos. Así también en el Anexo Plano Geotécnico se muestra la zonificación con los valores de modulo de Young y coeficiente de Poisson de la segunda capa.

Tabla N°3:  
Resultados de Velocidades y Espesores para las Ondas "P"

Ubicación	Línea Sísmica	Estrato N°1 Vp(m/s)	Espesor (m)	Estrato N°2 Vp(m/s)	Espesor (m)	Estrato N°2 Vp(m/s)
Estación Javier Prado	LS 12	464	1.50-2.2	1190	6.0 -7.80	1800
Av. Aviación y Av. Canadá	LS 13	340	1.0-1.60	1150	6.0 -10.0	1740
Av. Aviación y Av. Del Aire	LS 14	412	1.50-2.0	1070	6.50 -8.75	1850
Av. Aviación y Ca. Andrés Castillo	LS 15	290	2.0-2.50	1050	8.70 -9.50	1590
Estación Arriola	LS 16	560	1.60-2.30	1130	8.70 -9.70	1510
Av. Aviación y Ca. Alberto Montellano	LS17	480	1.80-2.50	1170	7.00 -8.50	1730
Estación Mercado Mayorista	LS 18	460	2.0-2.60	1120	5.30-8.60	1500
Av. Aviación y Av. 28 de Julio	LS 19	487	2.8-3.30	1155	5.30-7.70	1500
Av. Aviación y Av. Grau	LS 20	570	2.80-3.50	1300	5.40-6.0	1540
Av. Grau y Av. Nicolás Ayllón	LS 21	390	2.50-3.50	1200	3.40-7.70	1600

**TABLA 4a**  
**Resultados de Velocidades y Espesores para las Ondas "S"**

<b>Ubicación</b>	<b>Línea Sísmica</b>	<b>Velocidades Vs (m/s)</b>	<b>Profundidad (m)</b>
Estación Javier Prado	LW 15	250-300	0.0-1.60
		400-600	1.60-8.8
		600-800	8.8-24.0
Av. Aviación y Av. Canadá	LW 16	220-330	0.0-1.50
		400-600	1.50-10.0
		600-820	10.0-24.0
Av. Aviación y Av. Canadá	LW 17	250-320	0.0-1.50
		400-600	1.50-11.0
		600-810	11.0-24.0
Av. Aviación y Av. Del aire	LW 18	220-300	0.0-1.50
		400-600	1.50-10.0
		650-780	10.0-24.0
Av. Aviación y Av. Del aire	LW 19	200-320	0.0-1.50
		400-550	1.50-10.0
		600-780	10.0-24.0
Av. Aviación y Ca, Libis	LW20	150-320	0.0-1.80
		400-600	1.80-9.0
		650-750	9.0-24.0
Av. Aviación Av. Arriola	LW21	200-350	0.0-1.50
		400-600	1.50-9.0
		620-820	9.0-24.0
Ovalo Arriola	LW22	200-280	0.0-2.0
		380 -550	8.5-9.8
		580-750	9.80-24.0
Estación Arriola	LW23	280-400	0.0-2.0
		450-600	2.0-9.80
		600-800	9.80-24.0
Av. Aviación y Ca. Alberto Montellano	LW24	280-380	0.0-1.80
		400-600	1.80-11.0
		600-730	11.0-24.0
Av. Aviación y Ca. Bélgica	LW25	200-320	0.0-1.50
		350-620	1.50-11.0
		650-820	11.0-24.0

**TABLA 4b**  
Resultados de Velocidades y Espesores para las Ondas "S"

Av. Aviación y Ca. Católica	LW26	270-320	0.0-2.0
		350-600	2.0-10.0
		620-750	10.0-24.0
Av. Aviación y Ca. Sebastián Barranca	LW27	180-300	0.0-2.0
		400-580	2.0-9.0
		600-750	9.0-24
Av. Aviación y Bausate y Meza	LW28	210-300	0.0-1.80
		350-600	1.80-11.0
		650-800	11.0-24.0
Av. Aviación y Av. 28 de Julio	LW29	220-320	0.0-3.0
		400-600	3.0-10.0
		650-800	10.0-24.0
Av. Aviación y Av. Grau	LW30	220-400	0.0-4.0
		450-650	4.0-10.0
		650-800	10.0-24.0
Estación Grau	LW31	180-220	0.0-3.0
		320-550	3.0- 10.0
		600-820	10.0-24.0

#### 4. INVESTIGACIONES DE LABORATORIO

Se realizaron ensayos de laboratorio de mecánica de suelos con las muestras alteradas extraídas de las calicatas. En total se ejecutaron 39 ensayos de granulometría (ASTM D-422), 08 Límites de Atterberg (ASTM D-423 y D-424), 39 ensayos de contenido de humedad, 17 ensayo de gravedad específica, los anteriores ensayos fueron realizados en el laboratorio Geotécnico de Hidroenergía SRL. También se realizaron 17 ensayos de densidad natural y 12 ensayos químicos el cual se realizo de acuerdo a las recomendaciones de la norma E-050(Suelos y Cimentaciones del RNC) y MTC, las muestras para ensayos químicos fueron enviadas a el Laboratorio LASA. Los ensayos de laboratorio siguieron las recomendaciones de la American Society form Testing and Materials (ASTM). Los resultados y registros de los ensayos se presentan en el anexo ensayo de laboratorio del presente estudio. Las tablas siguientes resumen los resultados de los ensayos estándar:

Tabla N° 5a  
Resumen de los resultados de Ensayos Estándar

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYOS ESTÁNDAR					
			SUCS	AASHTO	% FINOS	W (%)	LL%	IP %
C-13	M-1	0.20-1.30	SM	A-2-4	14.65	7.14	NP	NP
	M-2	1.30-8.00	GP	A-1a	3.12	4.23	NP	NP
C-14	M-1	0.20-0.50	CL	A-6	60.14	16.59	32.48	12.60
	M-2	0.50-8.00	GP	A-1a	4.72	2.75	NP	NP
C - 15	M-1	0.40-2.00	GP	A-1a	72.20	1.48	NP	NP
	M-2	2.00-8.00	GP	A-1a	3.93	2.07	NP	NP
C - 16	M-1	0.30-2.00	GP-GM	A-1a	5.70	2.75	NP	NP
	M-2	2.00-8.00	GP	A-1a	3.47	2.07	NP	NP
C-17	M-1	0.00-0.40	GM	A-1b	20.21	3.05	23.54	3.30
	M-2	0.40-1.20	GP	A-1a	2.67	2.01	NP	NP
	M-3	1.20-5.00	GP	A-1a	1.99	2.31	NP	NP
C-18	M-1	0.90-2.00	GP-GM	A-1b	6.63	3.36	NP	NP
	M-2	2.00-5.00	GP	A-1a	4.05	2.83	NP	NP
C-19	M-1	0.60-1.60	CL	A-6	69.81	18.71	31.25	11.89
	M-2	1.60-2.30	GP-GM	A-1b	5.20	2.60	NP	NP
	M-3	2.30-8.00	GP	A-1a	4.02	3.78	NP	NP
C-20	M-1	0.00-0.60	SM	A-4	40.16	4.39	NP	NP
	M-2	0.60-2.00	GP	A-1 <sup>a</sup>	4.16	2.51	NP	NP
	M-3	2.00-5.00	GP	A-1 <sup>a</sup>	3.19	3.23	NP	NP
C-21	M-1	0.30-1.00	SM	A-4	48.20	5.27	21.36	3.00
	M-2	1.00-2.00	GP	A-1a	3.42	3.30	NP	NP
	M-3	2.00-5.00	GP	A-1a	4.45	3.21	NP	NP

Tabla N° 5b  
Resumen de los resultados de Ensayos Estándar

C-22	M-1	0.00-0.70	CL-ML	A-4	63.45	8.49	23.58	4.04
	M-2	0.70-2.50	GP	A-1a	4.93	2.64	NP	NP
	M-3	2.50-5.00	GP	A-1a	3.93	3.79	NP	NP
C-23	M-1	1.00-2.60	GM	A-1b	20.41	3.96	NP	NP
	M-2	2.65-5.00	GP	A-1a	2.52	3.25	NP	NP
C-24	M-1	0.60-1.50	ML	A-4	50.71	9.95	23.25	3.56
	M-2	1.50-5.00	GP	A-1a	3.36	3.70	NP	NP
C-25	M-1	0.50-1.70	ML	A-6	62.11	11.58	21.69	NP
	M-2	1.70-8.00	GP	A-1a	3.24	4.62	NP	NP
C-26	M-1	0.80-2.00	GP-GM	A-1b	6.06	2.04	NP	NP
	M-2	2.00-5.00	GP	A-1a	3.66	4.74	NP	NP
C-27	M-1	0.70-1.60	CL-ML	A-4	55.34	4.50	25.68	5.32
	M-2	1.60-5.00	GP	A-1a	2.60	3.11	NP	NP
C-28	M-1	0.50-0.90	GP-GM	A-1a	6.63	3.11	NP	NP
	M-2	0.90-5.00	GP	A-1a	2.69	3.37	NP	NP
C-29	M-1	0.25-2.80	SM	A-1b	12.43	5.50	NP	NP
	M-2	2.80-8.00	GP	A1-a	4.30	3.83	NP	NP

## 5. ZONIFICACION DEL SUBSUELO

### 5.1 PERFIL ESTRATIGRAFICO

Los perfiles estratigráficos del tramo en estudio se realizaron con el objeto de identificar las características geotécnicas de sus materiales componentes. Los perfiles estratigráficos se efectuaron en base a los resultados de las investigaciones geotécnicas, inspección insitu, ensayos de laboratorio, así como a las características geológicas de la zona y a estudios realizado por Hidroenergía SRL y por consultores especializados mencionados en la bibliografía.

### 5.1.1 Tramo E

El tramo inicia en la Av. Javier Prado y finaliza en la Ca. Esciron. En general el material gravoso se encuentra a partir de 1.20m..

De acuerdo a las investigaciones realizadas en este tramo: 04 calicatas de 8.0m. de profundidad(C-13,C-14, C-15 y C-16),01 calicata de 5.0m.(C-17), ensayos sísmicos y investigaciones de consultores se presenta la siguiente zonificación:

En general el tramo presenta una cobertura de material de relleno de poco espesor (0.40m a 1.30m.), compuesto de arenas limosas, arcillas y en ocasiones mezcla de grava con limo (CL, SM y GP-GM), de acuerdo a la sísmica esta capa presenta un espesor hasta de 2.0m. , la velocidad característica de ondas de compresión P es variable 340 a 460m/s y ondas de propagación S de 200 a 320 m/s. Subyacente se tiene material de gravas pobremente gradadas (GP), constituidos por gravas (64 a 80%), cantos (10% a 25%) de formas subredondeados, en estado semi compacto (nivel mas superficial de la grava) y compacto a denso. La velocidad de propagación de ondas para las gravas compactas es de: ondas P de 1070 a 1190m/s y velocidad de ondas S de 400 a 600m/s y para las gravas de mayor densidad la velocidad de ondas de P es de 1740 a 1800 m/s y ondas de propagación S de 600 a 820 m/s.

### 5.1.2 Tramo F

El tramo inicia en la Av. En la Ca. Esciron y finaliza próximo en la Ca. Francia.

De acuerdo a las investigaciones realizadas en este tramo: 01 calicata de 8.0m. de profundidad(C-19),04 calicata de 5.0m.(C-18,C-20,C-21 y C-22), ensayos sísmicos y investigaciones de consultores especializados se presenta la siguiente zonificación:

En general el tramo presenta una cobertura de material de relleno de espesor variable (0.60m a 1.60m.), compuesto de arenas limosas, arcillas y en ocasiones mezcla de grava con limo (CL, CL-ML, SM y GP-GM), de acuerdo a la sísmica esta capa presenta un espesor hasta de 2.5m., la velocidad características de ondas de compresión P es variable de 290 a 560m/s y ondas de propagación S de 150 a 350 m/s. Subyacente se tiene material de gravas pobremente gradadas (GP), constituidos por gravas (50 a 70%), cantos (15% a 20%) de formas subredondeados, en estado medianamente compacto (nivel mas superficial de la grava y contacto con la primera capa) compacto a denso. La velocidad de propagación de ondas para las gravas compactas es de: ondas P de 1050 a 1170m/s y velocidad de ondas S de 350 a 620m/s y para las gravas de mayor densidad la velocidad de ondas de compresión P es de 1510 a 1730 m/s y ondas de propagación S de 600 a 820 m/s.

### 5.1.3 Tramo G

El tramo inicia en la Ca. Francia y Finaliza en la Av. Miguel Grau

Se realizaron investigaciones en este tramo que consistieron en: 01 calicata de 8.0m. de profundidad(C-25),05 calicatas de 5.0m.(C-23,C-24,C-26,C-27 y C-28), ensayos sísmicos.

El tramo G, tiene la particularidad de presentar a lo largo de la berma central material de relleno acumulado de 2.5 a 3.5m de altura. Se suma a esto el hacinamiento vehicular, de ambulantes que ocupan toda la vía, delincuencia y presencia de interferencias (estaciones de grifo).Por lo que el contratista deberá tomar sus precauciones. Las investigaciones geotécnicas en este tramo se tuvieron que adecuar a las condiciones antes mencionadas y presenta los siguientes resultados:

En general el tramo presenta una cobertura de material de relleno de espesor variable (0.90m a 2.60m.), compuesto de arenas limosas, arcillas, en ocasiones mezcla de grava con limo, restos de basura y pequeños espesores de losa de concreto (ML,CL-ML,SM y GP-GM),es posible encontrar en este tramo algunas construcciones de concreto(losas de concreto(C-23) o muros enterrados), de acuerdo a la sísmica esta capa presenta un espesor hasta de 2.5m., la velocidad características de ondas de compresión P varia de 460 a 570m/s y ondas de propagación S de

150 a 350 m/s. Subyacente se tiene material de gravas pobremente gradadas (GP), constituidos por gravas (70 a 77%), cantos (5% a 20%) de formas subredondeados, en estado medianamente compacto (nivel mas superficial de la grava y contacto con la primera capa) compacto a denso. La velocidad de propagación de ondas para las gravas compactas es de: ondas P de 1120 a 1300m/s y velocidad de ondas S de 320 a 600m/s y para las gravas de mayor densidad la velocidad de ondas de compresión P es de 1500 a 1540 m/s y ondas de propagación S de 620 a 820 m/s.

Las calicatas y la sísmica realizada no registra presencia de estructuras de concreto enterradas, pero por referencias de comerciantes de la zona es posible encontrar en la berma central y eje central (que se encuentra con material de relleno de 2.5 a 3.5m de altura), algunas construcciones tipo zanjas realizadas por comerciantes los que utilizaban para almacenar sus mercaderías en épocas pasadas, estas construcciones a lo mas llegarían a 2.5m de profundidad los que estarían apoyados sobre material grava.

#### 5.1.4 Tramo G1

El tramo se desarrolla a lo largo de la Av. Miguel Grau. Inicia en la Av. Aviación y Av. Miguel Grau y finaliza en la Estación Miguel Grau (Av. Sebastián Lorente).

Se realizaron investigaciones en este tramo que consistieron en: 01 calicata de 8.0m. de profundidad(C-29) y ensayos sísmicos.

La calicata C-29 realizada en la estación Miguel Grau, registra una cobertura de material de relleno de 2.80m de espesor, el relleno esta compuesto de arena limosa(SM) con 38% de gravas, trozos de ladrillo y restos de plásticos, de acuerdo a la sísmica esta capa presenta un espesor hasta de 3.5m., presenta una velocidad de ondas de compresión P de 390m/s y ondas de propagación S de 180 a 220 m/s. Subyacente se tiene suelo natural compuesto por grava pobremente gradadas (GP), presenta gravas (62%), cantos (15%) de formas subredondeados, en estado compacto a denso. La velocidad de propagación de ondas P para las gravas compactas es 1200m/s y velocidad de ondas S de 320 a 550m/s y para las gravas de mayor densidad la velocidad de ondas de compresión P es de 1600 m/s y ondas de propagación S de 620 a 820 m/s.

## 6. ANALISIS DE LA CIMENTACION

Los pilares se cimentarán sobre la grava del conglomerado de acuerdo a la información proporcionada por CTEL estas serán de formas rectangulares.

### 6.1 PARAMETROS GEOTECNICOS

#### 6.1.1 Parámetros de Resistencia

Los parámetros de resistencia a utilizar en el análisis de la cimentación, han sido escogidos de ensayos de corte directo in situ realizados sobre el conglomerado de Lima (Humala 1982). Los ensayos de corte directo realizados sobre la grava de Lima reportan valores de ángulo de fricción de 34° a 40° y cohesión de 0.15 a 0.6kg/cm<sup>2</sup>, en base a los antecedentes y a la experiencia en estos tipos de suelo, se escoge conservadoramente para la grava del tramo E,F,G y G1: cohesión=0° y ángulo de fricción del suelo=38°.

Como referencia en el Anexo Tablas se presentan los resultados de ensayos de corte insitu realizados sobre la grava de Lima.

#### 6.1.2 Parámetros de Elasticidad

Del ensayo de refracción sísmica para las ondas P y MASW para las ondas S, se ha calculado el módulo de elasticidad en función de la velocidad de propagación de las ondas de corte. El modulo cortante dinámico se calcula de la formula  $G_d = \rho V_s^2$  y el modulo de Young dinámico  $E_d = 2G_d(1 - \nu)$ . Los valores del modulo dinámico corresponden a niveles de deformación unitaria

de  $1 \times 10^6$  cm/cm; para niveles de deformación unitaria de  $1 \times 10^2$  cm/cm, que corresponden a esfuerzos transmitidos de 4.5 a 6.0kg/cm<sup>2</sup>, el modulo de Young secante seria conservadoramente  $0.1 \times E_d$ .

Para el análisis de la cimentación por asentamiento, se utilizará el modulo de young de la segunda capa, los resultados a lo largo del tramo de estudio varia de 128Mpa a 153Mpa, se adopta el criterio de escoger el menor valor de modulo de Young de la segunda capa (128 Mpa) y para un coeficiente de Poisson de 0.3.

En el Anexo Ensayos Sísmicos se presenta los registros de cálculo de los parámetros. En el Anexo Plano Geotécnico se presenta la zonificación en relación al modulo de Young de la segunda capa.

## 6.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACION

De acuerdo a los resultados de las investigaciones geotécnicas y los registros estratigráficos, se recomienda cimentar a la profundidad de 3.5m., a excepción de la estación Miguel Grau por la existencia de relleno (2.80m de espesor), se recomienda cimentar a 4.0m.

## 6.3 CAPACIDAD ADMISIBLE

El análisis de la capacidad admisible se realizará de acuerdo a las especificaciones AASHTO LRFD. el cual recomienda el análisis de la cimentación en los tres estados límite: servicio, resistencia y Evento Extremo.

### 6.3.1 Capacidad Admisible por Resistencia

Para el análisis de la capacidad admisible por resistencia se utilizara la ecuación propuesta por AASHTO LRFD para suelos no cohesivos. Los registros de calculo detallado se presenta en el Anexo Análisis de la Cimentación .El resumen de los resultados se presenta en la Tabla N° 6

$$q_u = 0.5g\gamma BC_{w1} N_{\gamma m} \times 10^{-9} + g\gamma C_{w2} D_f N_{qm} \times 10^{-9} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- $q_u$  = Capacidad de carga nominal (Mpa)
- $g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )
- $D_f$  = Profundidad de la cimentación (mm)
- $\gamma$  = Densidad total (kg/cm<sup>3</sup>)
- $B$  = Ancho de la zapata
- $B'$  = Ancho de la zapata reducida (mm)  $B'=B -2 e_B$
- $L$  = Longitud de zapata (mm)
- $L'$  = Longitud de la zapata  $L'=L-2 e_L$
- $e_B$  = Excentricidad paralela a la dirección B(mm)
- $e_L$  = Excentricidad paralela a la dirección L(mm)
- $C_{w1}, C_{w2}$  = Coeficientes en función de Dw (adimensional)
- $D_w$  = Profundidad de la napa freática (mm)

$\Phi_{f=}$  = Angulo de fricción del suelo ( $^{\circ}$ )

$N_{\gamma m}, N_{qm}$  = Factores de capacidad de carga modificados (adimensional)

$$N_{\gamma m} = N_{\gamma} S_{\gamma} C_{\gamma} i_{\gamma}$$

$$N_{qm} = N_q S_q C_q i_q d_q$$

### Factores de Capacidad de Carga

$$N_{\gamma} = 2(N_q + 1) \tan \phi_f$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi_f} \tan^2(45 + \phi_f/2)$$

### Factores de Forma

$$S_{\gamma} = 1 - 0.4 \left( \frac{B'}{L'} \right)$$

$$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi_f$$

### Factores de Compresibilidad

$$D_f C_{\gamma} = C_q = e^{(-4.4 + 0.6 \frac{B}{L}) \tan \phi_f + \frac{(3.07 \sin \phi_f) [\log_{10}(2I_r)]}{1 + \sin \phi_f}} \leq 1$$

$$I_r = 2D_r \sqrt{\frac{p_a}{q}}$$

$q$  = Presión efectiva debido a la sobrecarga del suelo (Mpa)

$p_a$  = Presión atmosférica considerada como 0.101 (Mpa)

### Factor de Profundidad

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$$

\*Si los suelos por encima del fondo de la zapata son tan competentes como los suelos debajo de la zapata.

\*Si los suelos son más débiles, utilizar  $d_q = 1$ .

#### 6.3.2 Capacidad Admisible por Asentamiento

El análisis de la capacidad admisible estará limitado a una asentamiento de 2.0 pulgadas (5.08 cm.) que es el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales.

Para efectos del cálculo de una aproximación al asentamiento inmediato, bajo condiciones límite de capacidad portante de un suelo relativamente homogéneo, recurrimos a la expresión matemática sugerida por la AASHTO, según se indica a continuación.

La evaluación en detalle se presenta en el anexo Análisis de la Cimentación del presente informe. El resumen de resultados se presenta en la Tabla N° 6.

$$S_e = \frac{q (1 - \nu^2) \sqrt{A}}{E_s \beta z}$$

$S_e$	=	Asentamiento estimado (cm)
$q$	=	Intensidad de carga (Mpa)
$\nu$	=	Módulo de Poisson
$\beta z$	=	Factor de forma. Depende $L/B$
$A$	=	Área efectiva de la zapata (mm <sup>2</sup> )
$B$	=	Ancho efectivo de la zapata (mm)
$L$	=	Largo efectivo de la zapata (mm)
$E_s$	=	Módulo de elasticidad (Mpa)

### 6.3.3 Resultados

La siguiente tabla resume los resultados del análisis de la cimentación del tramo de estudio. El análisis se realizó con las dimensiones de las zapatas propuestas por CTTEL (8m.x11m. y 9m.x13m.) y a la profundidad de cimentación de 3.5m y 4.0m..

#### ➤ Resultados para $D_f=3.5m$ .

**TABLA N°6a**

Resultados de la Capacidad Admisible por capacidad portante y Asentamiento

( $B=8.0m \times L=11m.$ )

Estado Limite	Presión Actuante	Resistencia		Asentamiento	
		qu.	qadm.	qadm.	Asentamiento
	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)
Servicio	1.38	84.6	29.6	8.2	4.39
Resistencia	1.77	86.2	30.2	8.6	4.84
Evento extremo(X)	3.53	68.4	23.9	9.1	3.92
Evento extremo( Y )	3.62	92.1	32.2	9.2	4.11

**TABLA N°6b**

Resultados de la Capacidad Admisible por capacidad portante y Asentamiento

( $B=9.0m \times L=13m.$ )

Estado Limite	Presión Actuante	Resistencia		Asentamiento	
		qu.	qadm.	qadm.	Asentamiento
	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)
Servicio	1.00	88.4	30.9	7.7	4.93
Resistencia	1.29	90.0	31.5	7.6	4.95
Evento extremo(X)	2.43	73.4	25.7	9.1	4.74
Evento extremo( Y )	2.40	94.1	32.9	8.6	4.75

➤ Resultados para Df=4.0m.

**TABLA N°6c**  
Resultados de la Capacidad Admisible por capacidad portante y Asentamiento  
(B=8.0m x L=11m.)

Estado Limite	Presión Actuante	Resistencia		Asentamiento	
		qu.	qadm.	qadm.	Asentamiento
	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(cm)
Servicio	1.38	88.4	30.9	8.1	4.33
Resistencia	1.77	90.0	31.5	8.5	4.78
Evento extremo(X)	3.53	71.9	25.1	9.3	4.01
Evento extremo( Y)	3.62	98.1	34.3	9.1	4.11

**TABLA N°6d**  
Resultados de la Capacidad Admisible por capacidad portante y Asentamiento  
(B=9.0m x L=13m.)

Estado Limite	Presión Actuante	Resistencia		Asentamiento	
		qu.	qadm.	qadm.	Asentamiento
	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(cm)
Servicio	1.00	91.9	32.1	7.9	4.93
Resistencia	1.29	93.5	32.7	7.6	4.95
Evento extremo(X)	2.43	76.7	26.8	9.1	4.74
Evento extremo( Y)	2.40	99.2	34.7	8.6	4.75

6.3.4 Verificación por Distorsión Angular y Asentamientos Permisibles

Por las condiciones del suelo (gravas), el tipo de cimentación rígida y la simetría de las estructuras, en tramos con pilares y zapatas de similar geometría los asentamientos presentan igual valor en consecuencia la distorsión angular prevista es nula.

Para otros casos se ha estimado la distorsión angular, de acuerdo a la combinación más desfavorable de asentamientos presentados en la Tabla N° 6a, N°6b, N°6c y N°6d(se escogieron los valores de asentamiento máximo y mínimo) y considerando una separación entre pilares de L=20m.:

$$\delta = \left( \frac{4.93 \text{ max} - 3.92 \text{ min}}{L = 2000} \right) = 1 / 1980$$

De acuerdo a la Norma E050 el asentamiento diferencial no debe ocasionar una distorsión angular mayor que  $\delta=1/500$ (limite seguro en los que no se permiten grietas). Como  $1/500$  mayor que  $1/1980$ .No se prevé grietas en la estructura.

Tambien para suelos granulares el asentamiento diferencial se puede estimar como el 75% del asentamiento total, asumiendo como asentamiento total 2\*(5.08cm limite permisible), entonces el asentamiento diferencial es  $0.75*5.08=3.81$ cm y la distorsión angular:

$$\delta = \left( \frac{3.81}{L = 2000} \right) = 1 / 525$$

Como  $1/500$  mayor que  $1/525$ .No se prevé grietas en la estructura.

#### 6.4 METODO EMPIRICO

Existen varios criterios para evaluar la capacidad admisible de carga del terreno en función de los resultados de los ensayos de carga in situ (Ensayo de Carga), El Comité Francés de Mecánica de Suelos indica que el valor de  $q_{ad}$  es el menor entre  $q_{03}$ ,  $2/3 q_{10}$  y  $1/2 q_{20}$ , donde los subíndices representan los valores de descarga en milímetros. El valor de  $q_{ad}$  se toma como la carga correspondiente en la curva esfuerzo deformación, que es producto de la intersección de una recta paralela a la curva de descarga que pasa por los valores de deformación en milímetros indicados y la curva referida.

También existe el criterio de Terzaghi y Peck (1967) que indica que la carga admisible determinada por un ensayo de carga es la mitad del esfuerzo que ocasiona un asentamiento de un centímetro en el ensayo de carga, o la mitad del esfuerzo de falla.

Existen varios métodos para predecir el asentamiento de una cimentación en función de los resultados de los ensayos de carga. De acuerdo a Terzaghi y Peck (1967):

$$\frac{p}{P_0} = \frac{4}{\left(1 + \frac{D_0}{D}\right)^2}$$

Donde:

$p$  = asentamiento de la zapata en cm

$P_0$  = asentamiento de la placa de carga en cm

$D$  = dimensión menor de la cimentación en metros

$D_0$  = diámetro de la placa de carga en metros

Se realiza la evaluación para las dimensiones de zapatas proporcionadas por CTCL y a esfuerzos de 5.5kg/cm<sup>2</sup> y 6.0kg/cm<sup>2</sup>, los resultados se presentan en la siguiente Tabla, para otras dimensiones podrá usarse la fórmula presentada en el informe.

**TABLA N° 7**  
Resultados de Asentamiento

B=D (m)	Ensayo de Carga P-4		Ensayo de Carga P-5		Ensayo de Carga P-6	
	Asentamiento p(cm)		Asentamiento p(cm)		Asentamiento p(cm)	
	5.5kg/cm <sup>2</sup>	6.0kg/cm <sup>2</sup>	5.5kg/cm <sup>2</sup>	6.0kg/cm <sup>2</sup>	5.5kg/cm <sup>2</sup>	6.0kg/cm <sup>2</sup>
8	0.12	0.13	0.24	0.25	0.17	0.18
9	0.12	0.13	0.24	0.25	0.18	0.18

Los valores de asentamiento obtenidos por el método empírico, son bastante menor es (0.12cm a 0.25cm) a los obtenidos por el método teórico para cargas de 5.5kg/cm<sup>2</sup> y 6.0kg/cm<sup>2</sup>, por lo que para fines de diseño se considera el método teórico (Tabla N° 6a-d). Los resultados bajos de los asentamientos de una buena característica geotécnica del suelo para fines de cimentación.

## 6.5 ANALISIS QUIMICO DE LA CIMENTACION

Se extrajeron 12 muestras de suelo de las calicatas realizadas y se enviaron al Laboratorio de Suelos LASA para el análisis químico respectivo.

De acuerdo a los resultados, la agresión química del suelo al concreto de la cimentación para el tramo E,F,G y G1 por contenido de sulfatos, sales solubles totales y cloruros es Despreciable; por lo tanto se deberá usar cemento Portland tipo I con un contenido mínimo de cemento de 350 kg/m<sup>3</sup> y una relación agua cemento de 0.45.

En el Anexo ensayos de laboratorio se presentan los certificados de los análisis químicos así también se indica las normas utilizadas para su realización. En el Anexo Tablas se presenta los rangos permisibles para la agresión química al concreto.

## 6.6 ESTABILIDAD DE TALUDES DE CORTE

Según las excavaciones realizadas durante la exploración de suelos, los taludes de las excavaciones permanecieron estables hasta la máxima profundidad de 5 m. y 8.0m. Sin embargo para efectos del cálculo de empujes activos y pasivos se recomienda considerar un ángulo de fricción de  $\phi = 38^\circ$  y cohesión nula.

Se deberá diseñar el ángulo del talud de excavación y los empujes del terreno sobre el muro de contención, en base a las propiedades mecánicas del subsuelo, que se proponen como:

$$C = 0.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 32^\circ$$

Los coeficientes de empuje activo y pasivo se determinan mediante las siguientes relaciones:

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

Para el suelo subyacente se considera  $C=0 \text{ kg/cm}^2$  y  $\phi = 38^\circ$ ; los coeficientes de empuje activo y pasivo son:

$$\text{Empuje activo, } K_a = 0.24$$

$$\text{Empuje pasivo, } K_p = 4.2$$

Asimismo, se deberán tomar en cuenta algunas condiciones particulares en las excavaciones provisionales, que harían necesario el uso de entibaciones; entre éstas cabe mencionar:

- Excavaciones adyacentes a vías con tráfico o a estructuras
- Lugares donde sea necesario efectuar modificaciones o conexiones de tuberías, que puedan dar origen a filtraciones.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

-El presente informe se basa en los trabajos geotécnicos realizados a lo largo de los tramos E, F, G y G1: 10 calicatas de 5.0m de profundidad, 07 calicatas de 5.0m., 03 ensayo de carga horizontal, 10 ensayos sísmico por el método de refracción sísmica y 17 ensayos por el método MASW. Ensayos de laboratorio: 39 ensayos de granulometría, 08 Límites de Atterberg, 39 ensayos de contenido de humedad, 17 ensayo de gravedad específica, 17 ensayos de densidad natural y 12 ensayos químicos. También estudios de suelo realizados por consultores especializados los que son mencionados en la referencia.

-De acuerdo a las investigaciones geotécnicas el perfil estratigráfico se muestra bastante homogéneo, presenta una primera capa compuesta de arenas limosas, arcillas, algunos rellenos de gravas con limos (SM-SC, CL, SM y GM) algunos sectores con relleno conteniendo basura (tramo G, próximo mercado Mayorista), los espesores más potentes de este material se encuentra en la Ovalo Nicolás Arriola (1.60m) y Estación Miguel Grau (2.80m). Subyacente se tiene material de gravas pobremente gradadas (GP), constituidos por gravas (50 a 80%), cantos (10% a 20%) de formas subredondeados, en estado medianamente compacto, compacto y denso. A lo largo de los tramos investigados no se evidencia estratos o lentes de suelo fino.

-En el tramo G, es posible encontrar en la berma central y eje central (que se encuentra con material de relleno de 2.5 a 3.5m de altura), algunas construcciones tipo zanjas realizadas por comerciantes los que utilizaban para almacenar sus mercaderías en épocas pasadas (por referencia de comerciantes), estas construcciones a lo más llegarían a 2.5m de profundidad los que estarían apoyados sobre material grava. En la etapa constructiva programar calicatas de 3.0m orientados a determinar las interferencias al que se hace mención.

-De acuerdo a los resultados de las investigaciones geotécnicas y los registros estratigráficos, en los tramos E, F, G y G1 se recomienda cimentar a la profundidad de 3.5m., a excepción de la estación Miguel Grau por la existencia de relleno (2.80m de espesor), se recomienda cimentar a 4.0m., cualquier evidencia de material fino deberá ser retirado y reemplazado con material compactado o en su defecto utilizar falsa zapata.

-La cimentación se realizará sobre grava, la capacidad admisible se presenta en las siguientes tablas, la evaluación se realizó para zapatas de: 8m.x11m. y 9m.x13m.:

### ➤ Resultados para $D_f=3.5m$ .

TABLA N° 8a.- Capacidad Admisible (B=8.0m x L=11m.)

Estado Limite	Asentamiento	
	qadm.	Asentamiento
	(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)
Servicio	8.2	4.39
Resistencia	8.6	4.84
Evento extremo(X)	9.1	3.92
Evento extremo(Y)	9.2	4.11

TABLA N° 8b.- Capacidad Admisible (B=9.0m x L=13m.)

Estado Limite	Asentamiento	
	qadm.	Asentamiento
	(kg/cm2)	(cm)
Servicio	7.7	4.93
Resistencia	7.6	4.95
Evento extremo(X)	9.1	4.74
Evento extremo( Y)	8.6	4.75

➤ **Resultados para Df=4.0m.**

TABLA N° 8c.- Capacidad Admisible (B=8.0m x L=11m.)

Estado Limite	Asentamiento	
	qadm.	Asentamiento
	(kg/cm2)	(cm)
Servicio	8.1	4.33
Resistencia	8.5	4.78
Evento extremo(X)	9.3	4.01
Evento extremo( Y)	9.1	4.11

TABLA N° 8d.- Capacidad Admisible.- (B=9.0m x L=13m.)

Estado Limite	Asentamiento	
	qadm.	Asentamiento
	(kg/cm2)	(cm)
Servicio	7.9	4.93
Resistencia	7.6	4.95
Evento extremo(X)	9.1	4.74
Evento extremo( Y)	8.6	4.75

- De acuerdo a los resultados de análisis químico, la agresión química del suelo al concreto de la cimentación para el tramo en estudio, por contenido de sulfatos, sales solubles totales y cloruros es despreciable; por lo tanto no se prevé agresión química, por lo que se deberá usar cemento Portland tipo I.

-Se realizo 03 ensayo de carga horizontal, los ensayos fueron realizados con placa cuadrada de 60cm..Se evaluaron los módulos de reacción para cimentaciones rectangulares con las dimensiones propuestas por CTEL. El resumen se muestra en la siguiente tabla.

**TABLA N°8**  
**Modulos de Reaccion**

Ensayo	Ubicación	K60	K30	Modulo de Reacción Ks(kg/cm3)	
				b=8m.xL=11m.	b=9m.xL=13m.
P-4	Estación Javier Prado	7.1	12.6	3.10	3.00
P-5	Estación Nicolás Arriola	4.0	7.1	1.70	1.70
P-6	Estación Mercado Mayorista	9.4	16.7	4.5	4.0

Se recomienda utilizar como modulo de reacción representativo a lo largo de los tramos E, F, G y G1 el valor de 3.0kg/cm3.

-En general a estabilidad de la excavación para fines de cimentación del tramo en estudio, se prevé, estable, para excavaciones donde el suelo se presente suelto o la excavación tenga que permanecer mucho tiempo se procederá a pañetear con cemento y agua.

## REFERENCIAS

Jorge E Alva Hurtado, PhD (1992), "Estudio Geotécnico de Cimentación Para El Edificio Los Jardines de Higuiereta Surco"

Consortio Metro Lima (1975), "Estudio de Factibilidad Técnico Económico y Anteproyecto del Sistema de Transporte Rápido Masivo de Pasajeros en el Área Metropolitana Lima – Callao"

Michelena, Repetto y Asociados S.A. (1986), "Estudio de Suelos Preliminar, Proyecto Especial Tren Eléctrico".

Humala G. (1972), "Ensayo de Corte Directo In-Situ en Lima"; IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Chiclayo.

Martinelli M. (1996), "Estudio de Suelos del Intercambio vial Ovalo Los Cabitos en el distrito de Surco". Informe realizado por M y M Consultores SRL para INVERMET.

Meneses J (1985), "Evaluación de Acelerogramas y Determinación de Espectros de Respuesta en Lima", Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería.

Maggiolo O.(1969), "Características del Suelo de Cimentación de la Zona de Lima Central. Aspectos Geológicos Generales y el Comportamiento de los Suelos ante los Sismos en Relación con las Estructuras", Primer congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Lima, Perú.

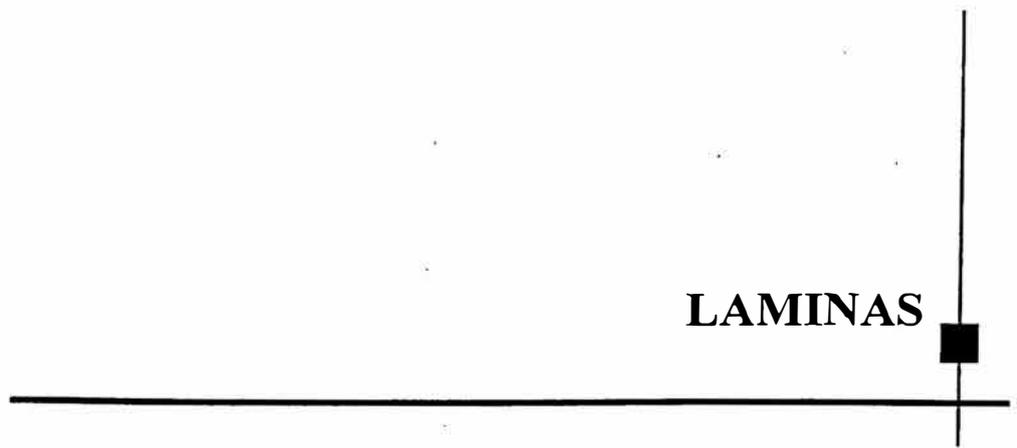
Maggiolo O. (1975) "Algunos Aspectos de Mecánica de suelos y comportamiento de construcciones durante el sismo del 3 de Octubre de 1974". Reunión Andina de Seguridad Sísmica, Pontificia Universidad Católica del Perú.

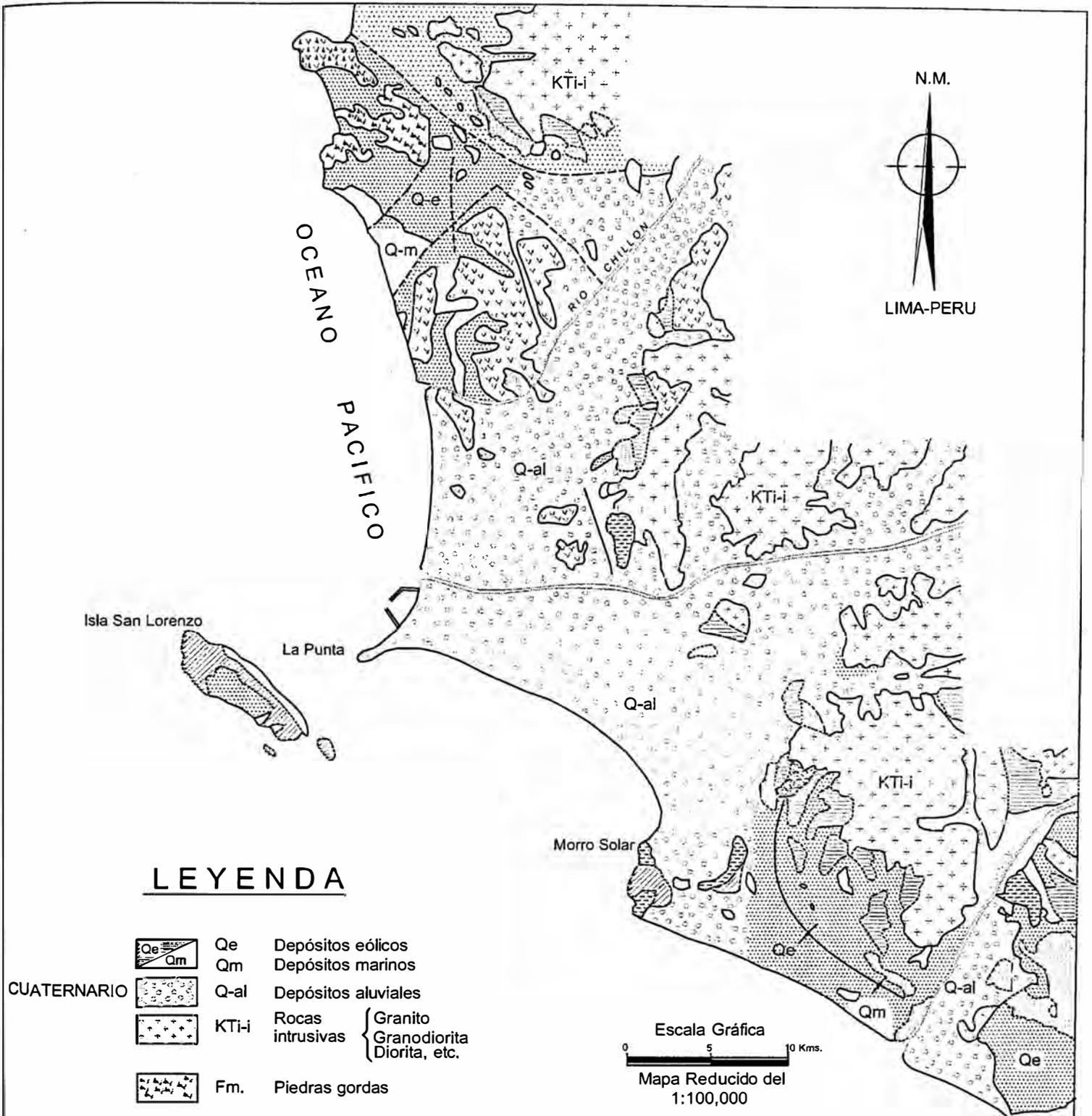
Shuan L. (1997), "Determinación de los Parámetros de Resistencia en Suelos Granulares mediante el Ensayo de Corte Directo In-Situ para fines de cimentación" h, Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería.

Terzaghi K. y Peck R.B. (1967), "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Willy, New York.

Vesic A. (1973), "Análisis de la Capacidad de Carga de cimentaciones Superficiales", JSMFED, ASCE, Vol. 99

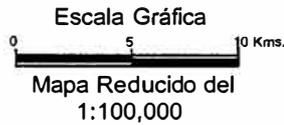
**LAMINAS**





# LEYENDA

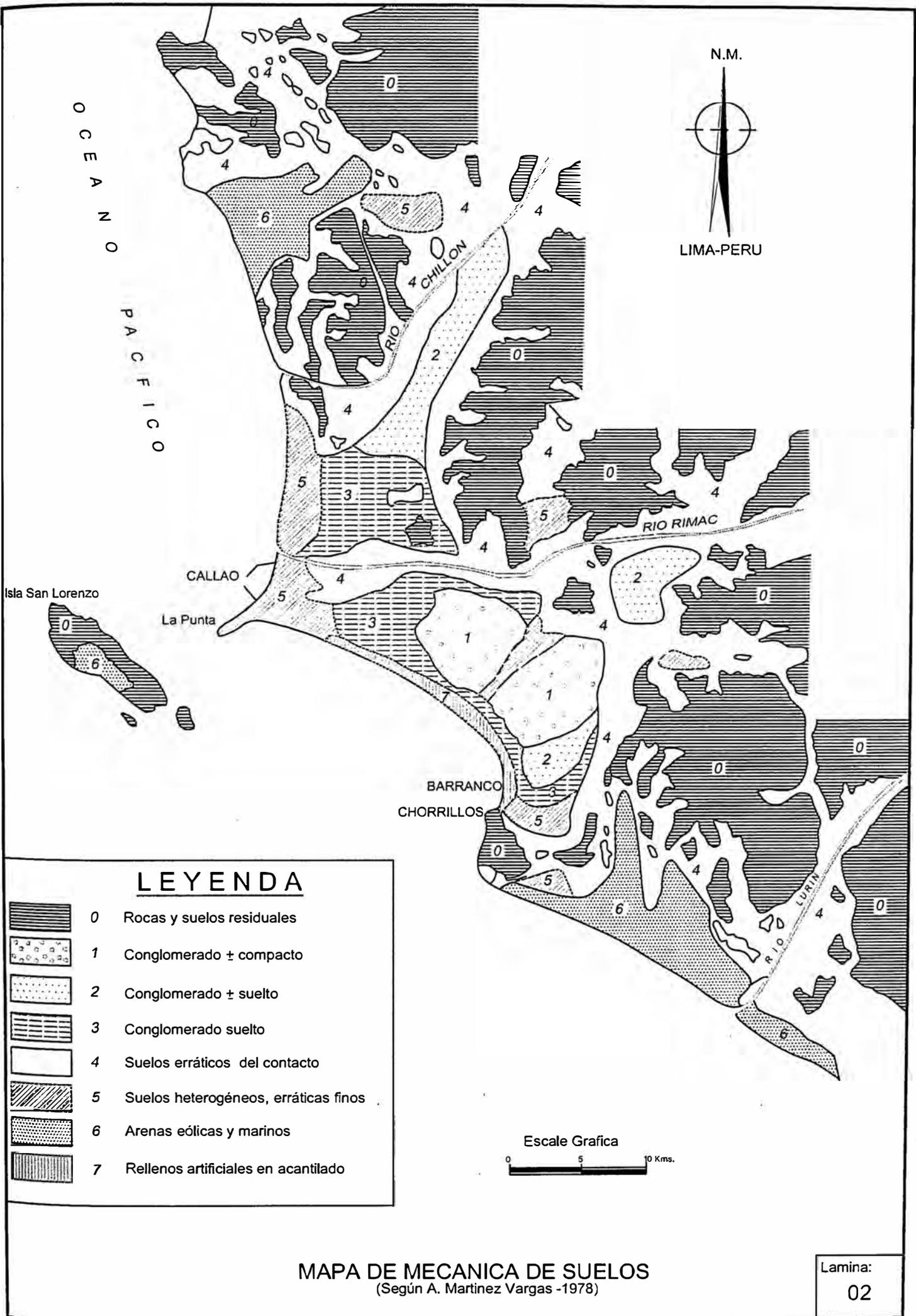
CUATERNARIO		Qe	Depósitos eólicos
		Qm	Depósitos marinos
		Q-al	Depósitos aluviales
		KT-i	Rocas intrusivas { Granito, Granodiorita, Diorita, etc. }
CRETACEO		Fm.	Piedras gordas
		Fm.	Atocongo y facies metamórficas.
		Fm.	Pamplona
		Fm.	Marcavilca
		Fm.	Herradura
		Fm.	Salto de Fraile
	JURASICO		Fm.

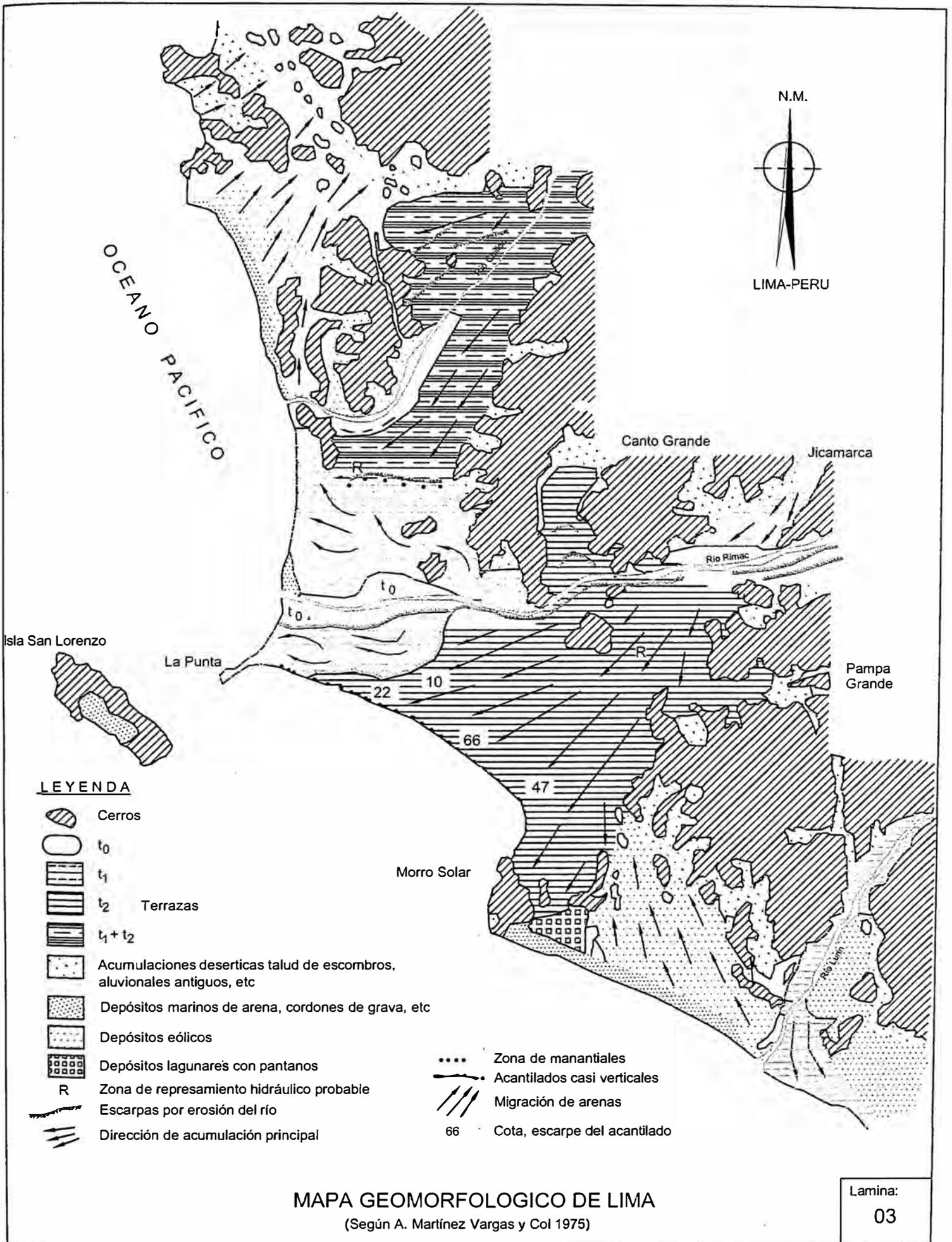


**MAPA GEOLOGICO DE LIMA**  
 (Según A. Martínez Vargas y col. 1975)

LAMINA:

01







**HIDROENERGIA**  
CONSULTORES EN INGENIERIA S.R.L.

EXPLORACION GEOTECNICA

REGISTRO DE CALICATA

**C-13**

1/2

SOLICITADO		CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA			NIVEL FREATICO		NP							
PROYECTO		"SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO-LINEA 1-TRAMO VILLA EL SALVADOR -AV.GRAU"			REGISTRO		ING. M. CARRANZA							
UBICACION		AV. AVIACION Y AV. JAVIER PRADO		COORDENADAS.		APROBADO		DR. J. ALVA						
PROFUNDIDAD		8.00 m.		E: 281.798.61 N: 8'663.095.99		FECHA		FEBRERO - 2010						
PROF (m)	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			⊗ ENSAYO SPT / CONO PECK ▲					
	SIMBOLO		SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)					
	SUCS	AASHTO									10	20	30	40
	-	-		0.00-0.20 m. SUELO DE CHACRA, LIMO ARENOSO, HUMEDO, CON PRESENCIA DE RAICES Y DE COLOR MARRON OSCURO(TOPSOIL).	SM	-	-	-						
1.0	SM	A-2-4		0.20-1.30 m. ARENA LIMOSA, PRESENCIA DE GRAVAS AISLADAS SUBREDONDEADA, HUMEDO, MEDIANAMENTE COMPACTO, DE COLOR BEIGE. CONSTITUIDO POR: GRAVA=17.55%, ARENA=67.80%, FINOS=14.65%	M-1	7.14	NP	NP						
2.0														
3.0														
4.0	GP	A-1-a		1.30-8.00 m. ESTRATO DE GRAVA POBREMENTE GRADADA Y CANTOS RODADOS EN MATRIZ DE ARENA, COMPACTA DENSO A PARTIR DE 5.00 m, MEDIANAMENTE HUMEDO, DE COLOR MARRON OSCURO, PRESENTA CANTOS (20%) Y BOLEOS DE TMAX=10" CONSTITUIDO POR: GRAVA=72.88%, ARENA=24.00%, FINOS=3.12%	M-2	4.23	NP	NP						
5.0														
6.0														

OBSERVACIONES :



**HIDROENERGIA**  
CONSULTORES EN INGENIERIA S.R.L.

EXPLORACION GEOTECNICA

REGISTRO DE CALICATA

**C-13**

2/2

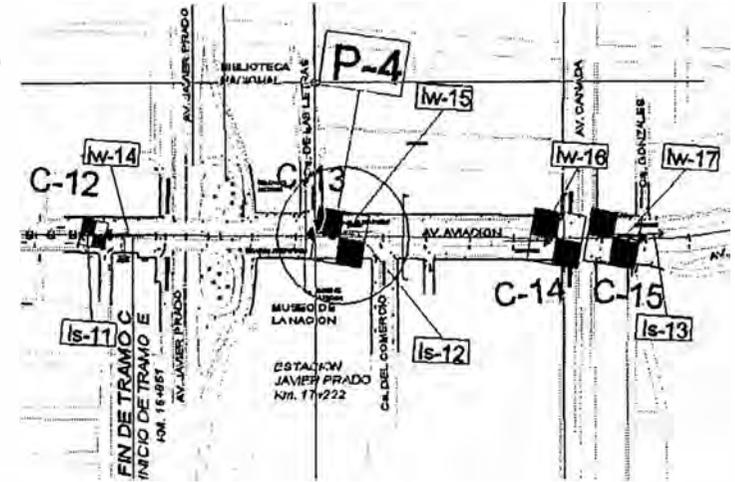
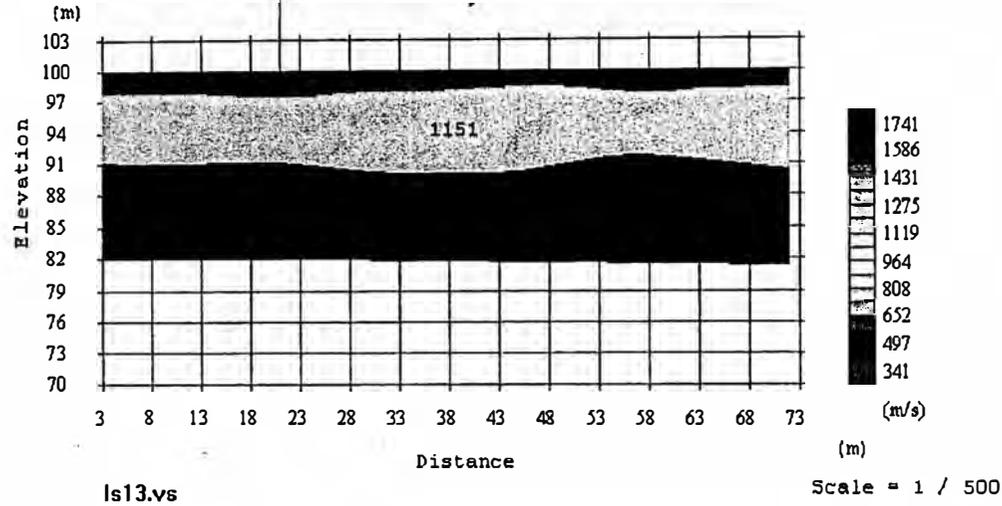
SOLICITADO		CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA			NIVEL FREATICO		NP								
PROYECTO		"SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO-LINEA 1-TRAMO VILLA EL SALVADOR -AV.GRAU"			REGISTRO		ING. M. CARRANZA								
UBICACION		AV. AVIACION Y AV. JAVIER PRADO		COORDENADAS.		APROBADO		DR. J. ALVA							
PROFUNDIDAD		8.00 m.		E: 281.798.61 N: 8'663.095.99		FECHA		FEBRERO - 2010							
PROF (m)	CLASIFICACION			DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			⊗ ENSAYO SPT / CONO PECK						
	SIMBOLO		SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)						
	SUCS	AASHTO									10	20	30	40	50
7.0	GP	A-1a		1.30-8.00 m. ESTRATO DE GRAVA POBREMENTE GRADADA Y CANTOS RODADOS EN MATRIZ DE ARENA. COMPACTA DENSO A PARTIR DE 5.00 m, MEDIANAMENTE HUMEDO, DE COLOR MARRÓN OSCURO. PRESENTA CANTOS (20%) Y BOLEOS DE TMAX=10" CONSTITUIDO POR: GRAVA=72.88%, ARENA=24.00%, FINOS=3.12%	M-2	4.23	NP	NP							
8.0															
9.0															
10.0															
11.0															
12.0															

OBSERVACIONES :

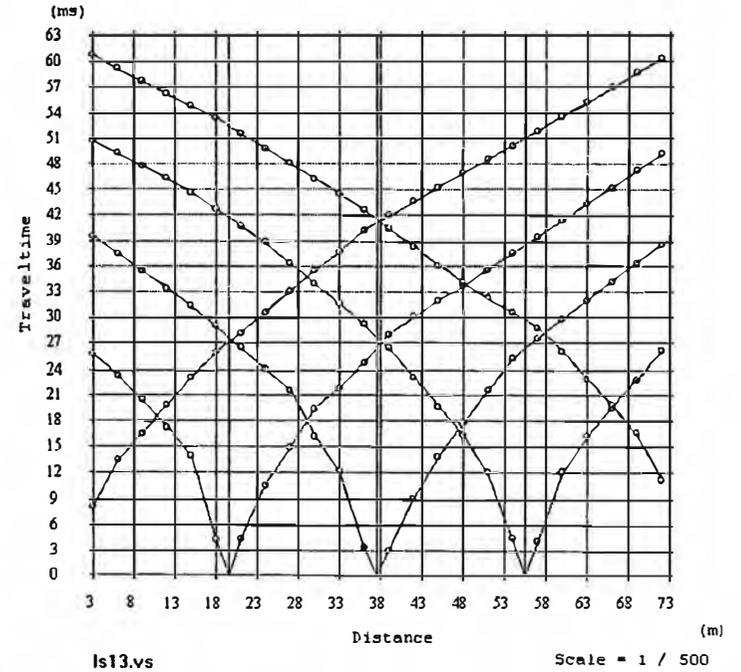
**PERFIL SISMICO**  
**LINEA SISMICA LS-13**

UBICACIÓN: AV. AVIACION Y AV. JAVIER PRADO

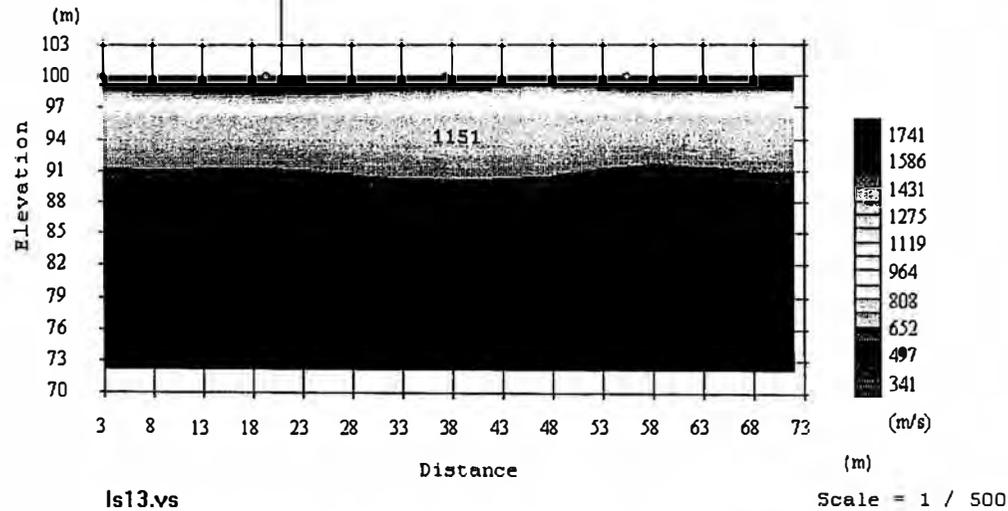
Perfil sísmico



Dromocrónica



Tomografía Sísmica





## ONDAS DE LLEGADA LS-13

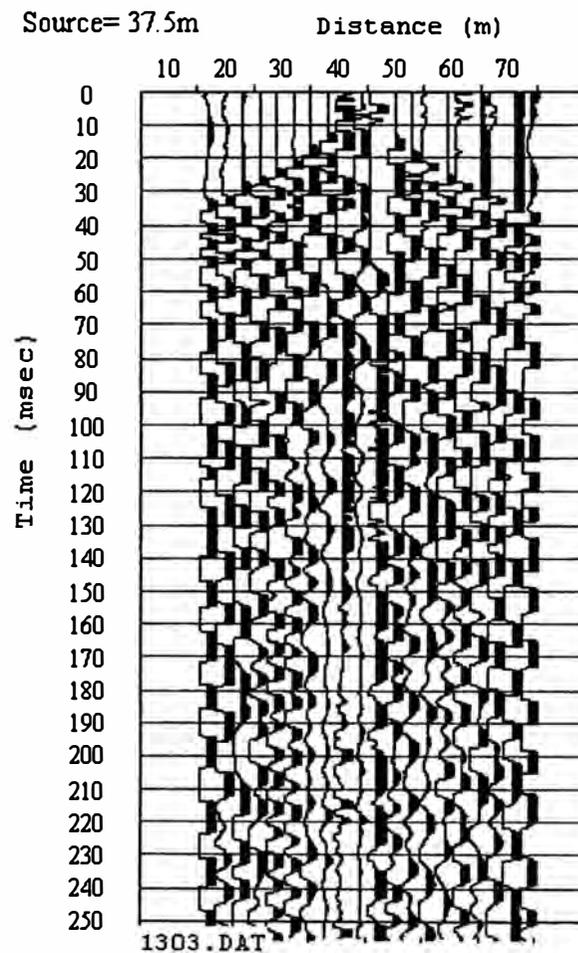
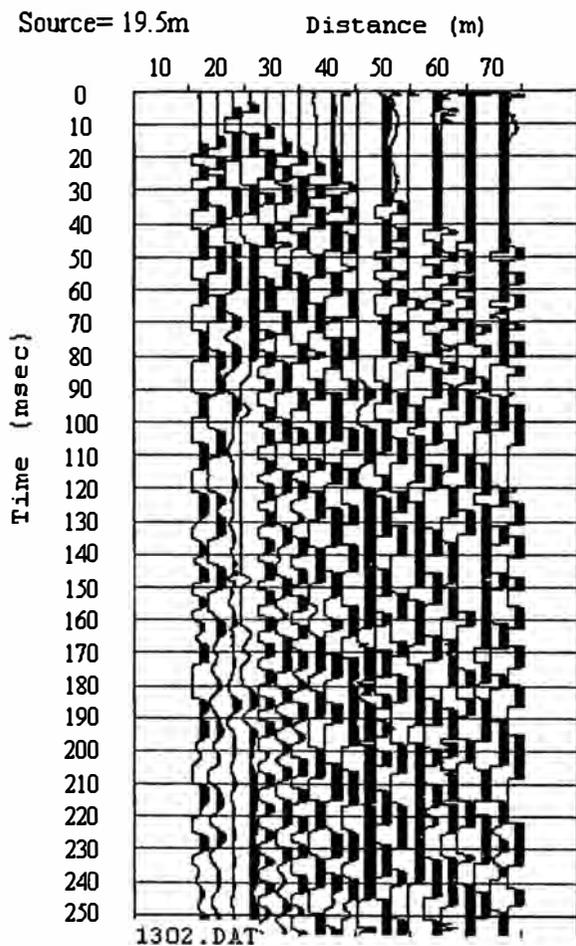
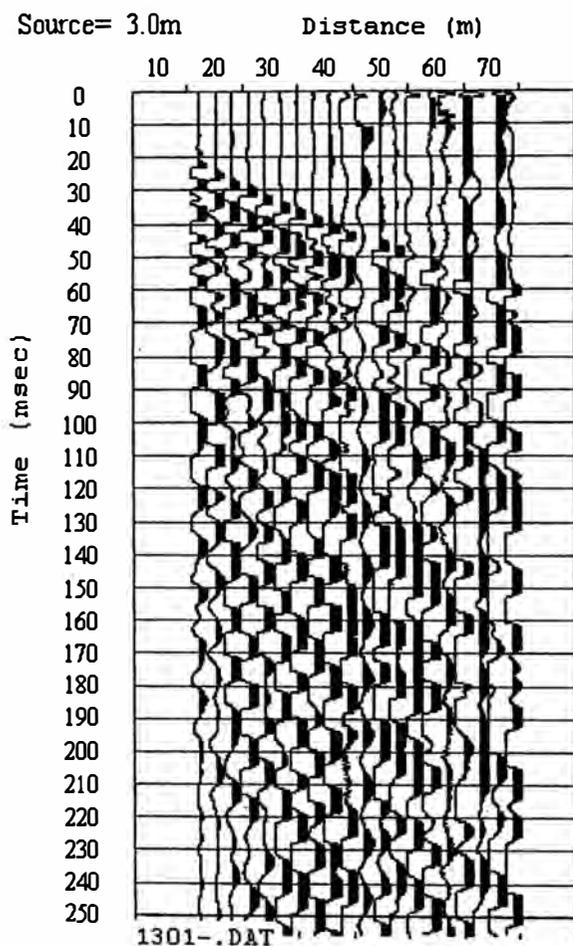
SOLICITANTE: CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA

PROYECTO : "ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE SUELOS PARA EL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA. LINEA 1- VILLA EL SALVADOR - AV. GRAU"

UBICACION :

LÍNEA SÍSMICA: LS-13

ONDAS REGISTRADAS: P





## ONDAS DE LLEGADA LS-13

SOLICITANTE: CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA

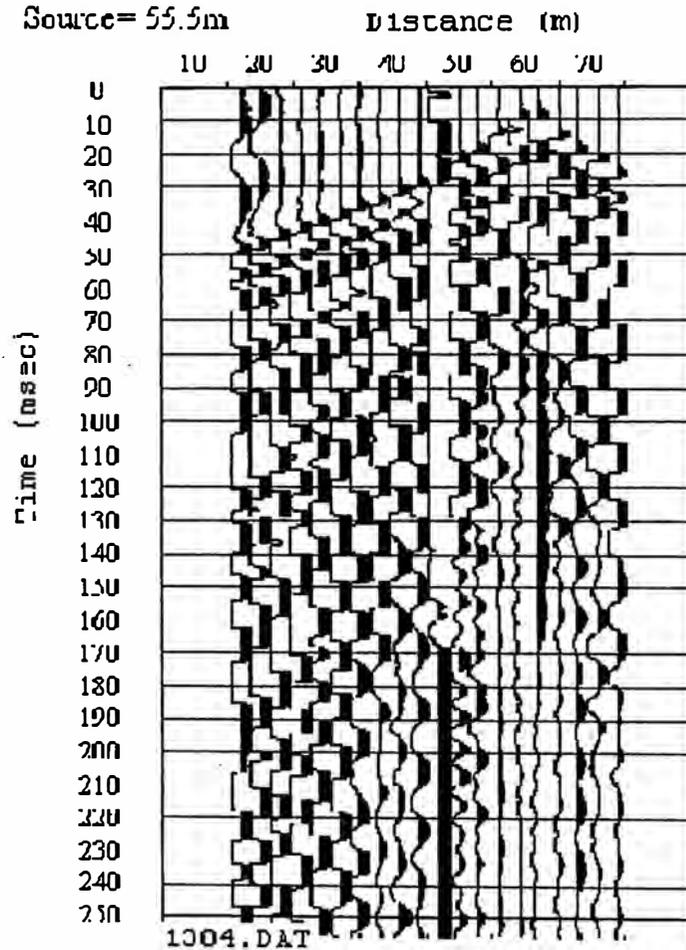
PROYECTO: "ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE SUELOS PARA EL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA. LINEA 1- VILLA EL SALVADOR - AV. GRAU"

UBICACION:

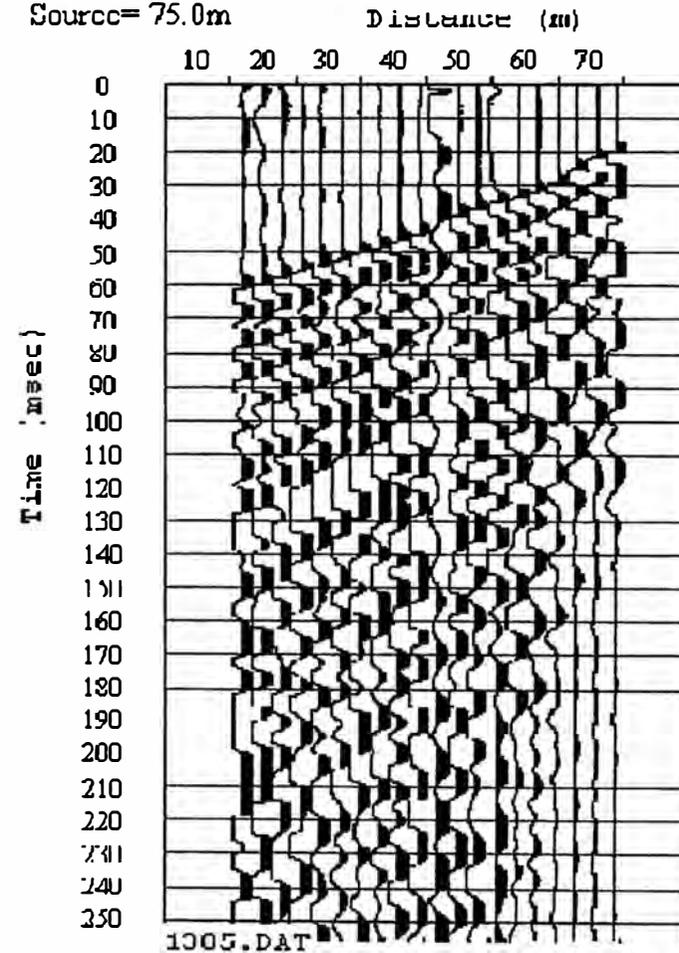
LÍNEA SÍSMICA: LS-13

ONDAS REGISTRADAS: P

Source= 55.5m



Source= 75.0m





**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)**

**INFORME** : PC/LG-2009-2150  
**SOLICITANTE** : Consorcio Tren Eléctrico Lima  
**PROYECTO** : Estudio Complementario de Suelos para el Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima- Linea 1- Villa El Salvador - Av. Grau  
**UBICACION** : Av. Aviación y Av. Javier Prado  
**FECHA** : Enero del 2010

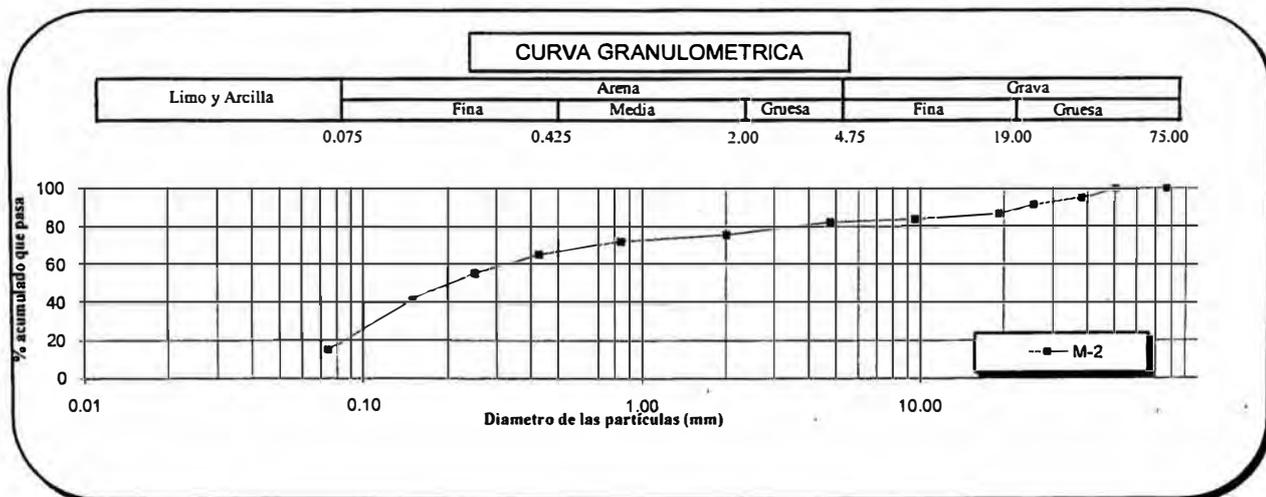
**Realizado** : H.P  
**Revisado** : Dr. J.A.H.

<b>Sondaje</b>	C - 13		
<b>Muestra</b>	M-1		
<b>Profundidad (m)</b>	0.20 - 1.30		
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)</b>	3"	76.200	100.00
	2"	50.300	100.00
	1 1/2"	38.100	94.65
	1"	25.400	91.08
	3/4"	19.050	86.62
	3/8"	9.525	83.93
	N° 004	4.760	82.45
	N° 010	2.000	75.74
	N° 020	0.840	72.37
	N° 040	0.426	65.48
	N° 060	0.250	55.33
	N° 100	0.149	41.40
N° 200	0.074	14.65	

<b>Clasificación ( S.U.C.S. )</b>	SM	
<b>Descripción ( S.U.C.S. ):</b>	ARENA LIMOSA	
<b>Clasificación ( AASHTO )</b>	A-2-4	
<b>Descripción ( AASHTO )</b>	EXCELENTE A BUENO	
<b>Contenido de Humedad</b>	( % )	7.14
<b>Límite Líquido ( LL )</b>	( % )	NP
<b>Límite Plástico ( LP )</b>	( % )	NP
<b>Límite Contracción ( LC )</b>	( % )	NP
<b>Índice Plástico ( IP )</b>	( % )	NP

<b>D<sub>10</sub> ( mm )</b>	0.00
<b>D<sub>30</sub> ( mm )</b>	0.11
<b>D<sub>60</sub> ( mm )</b>	0.32
<b>Cu</b>	0.00
<b>Cc</b>	0.00

<b>% GRAVA</b>	17.55	<b>Gruesa</b>	13.38
		<b>Fina</b>	4.17
<b>% ARENA</b>	67.80	<b>Gruesa</b>	6.71
		<b>Media</b>	10.26
		<b>Fina</b>	50.84
<b>% FINOS</b>	14.65		14.65



**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)**

**INFORME** : PC/LG-2009-2150  
**SOLICITANTE** : Consorcio Tren Eléctrico Lima  
**PROYECTO** : Estudio Complementario de Suelos para el Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima- Línea 1- Villa El Salvador - Av. Grau  
**UBICACION** : Av. Aviación y Av. Javier Prado  
**FECHA** : Febrero del 2010

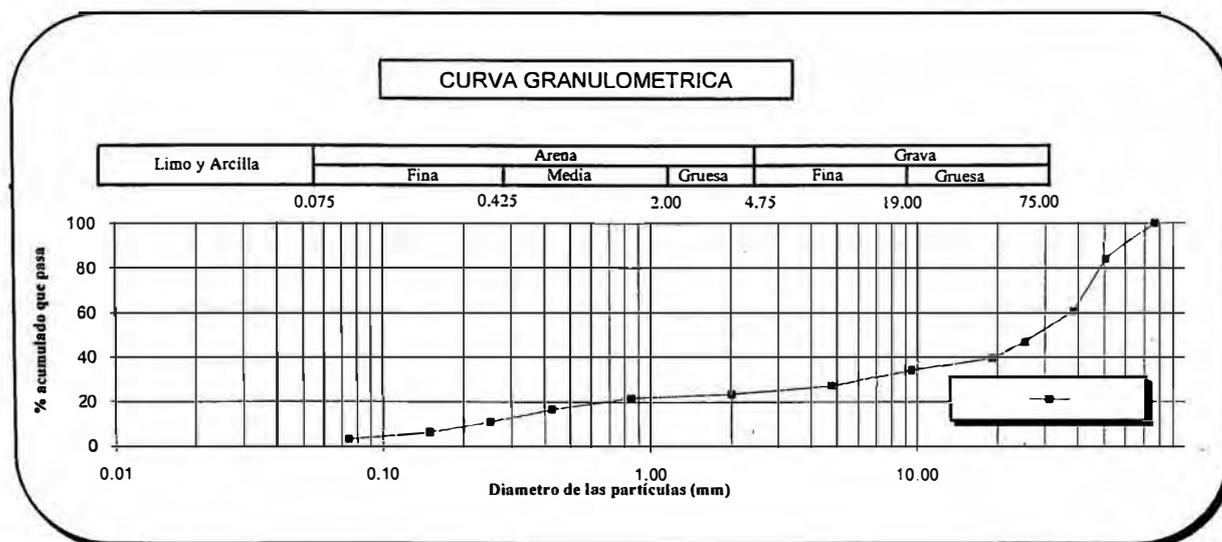
**Realizado** : Tec.H.P.Q.  
**Revisado** : Dr. J.A.H.

Sondaje		C - 13		
Muestra		M - 2		
Profundidad (m)		1.30 - 8.00		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200	100.00
		2"	50.300	84.02
		1 1/2"	38.100	60.50
		1"	25.400	46.67
		3/4"	19.050	39.51
		3/8"	9.525	34.15
		Nº 004	4.760	27.12
		Nº 010	2.000	23.54
		Nº 020	0.840	21.77
		Nº 040	0.426	16.75
		Nº 060	0.250	10.91
		Nº 100	0.149	5.99
		Nº 200	0.074	3.12

Clasificación ( S.U.C.S. )	GP
Descripción :	GRAVA POBREMENTE GRADADA
Clasificación ( AASHTO )	A-1a
Descripción ( AASHTO )	EXCELENTE A BUENO
Contenido de Humedad (%)	4.23
Límite Líquido ( LL ) (%)	NP
Límite Plástico ( LP ) (%)	NP
Límite Contracción ( LC ) (%)	NP
Índice Plástico ( IP ) (%)	NP

D <sub>10</sub> ( mm )	0.23
D <sub>30</sub> ( mm )	6.32
D <sub>60</sub> ( mm )	37.54
Cu	165.24
Cc	4.69

% GRAVA	72.88	Gruesa	60.49
		Fina	12.39
% ARENA	24.00	Gruesa	3.58
		Media	6.78
		Fina	13.64
% FINOS	3.12		3.12





**DENSIDAD DE CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA  
(ASTM D4914-94)**

**INFORME** : PC/LG-2009-2200  
**SOLICITANTE** : Consorcio Tren Eléctrico Lima  
**PROYECTO** : Estudio Complementario de Suelos para el Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima- Línea 1- Villa El Salvador - Av. Grau  
**UBICACION** : Av. Aviación - Av. Javier Prado  
**FECHA** : Enero del 2010  
**SONDAJE** : C 13 - DN 1  
**PROFUNDIDAD (m.)** : 3.00

Realizado : E.V  
Revisado : DR. J.A.H.

CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° DE TARA (g)	F
PESO DE TARA (g)	165.3
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (g)	985.6
PESO DE TARA + SUELO SECO (g)	950.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.54

MUESTRA	
DENSIDAD DE ARENA EMPLEADA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.39
PESO DEL FRASCO + EL CONO ANTES DE EMPEZAR EL ENSAYO (gr)	30100
PESO DEL FRASCO + EL CONO CON ARENA SOBRANTE (gr)	12530
PESO DE ARENA EMPLEADA	17570
PESO DE ARENA DEL CONO	9140
PESO DE ARENA EN HOYO	8430
VOLUMEN DEL HOYO (cm <sup>3</sup> )	6065
PESO DE LA MUESTRA (gr)	13250
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.18
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.54
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.09

RESULTADOS	
CONTENIDO DE HUMEDAD ( % )	4.54
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.18
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.09

NOTA : CONO DE 12"

**ABSORCION, GRAVEDAD ESPECIFICA Y POROSIDAD DE LA GRAVA  
( ASTM C 9783 )**

**Archivo** : PC/LG/2010/2150  
**Proyecto** : Estudio Complementario de Suelos para el Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima  
Linea 1 - Villa el Salvador Av. Grau.  
**Solicitado** : Consorcio Tren Eléctrico Lima  
**Ubicación** : Av. Aviación y Av. Javier Prado  
**Calicata** : C - 13  
**Muestra** : M - 2  
**Profundidad (m)** : 1.30 - 8.00  
**Fecha** : Febrero del 2010

**Realizado** : : H.P/M.M  
**Revizado** : : Dr. J.A.H.

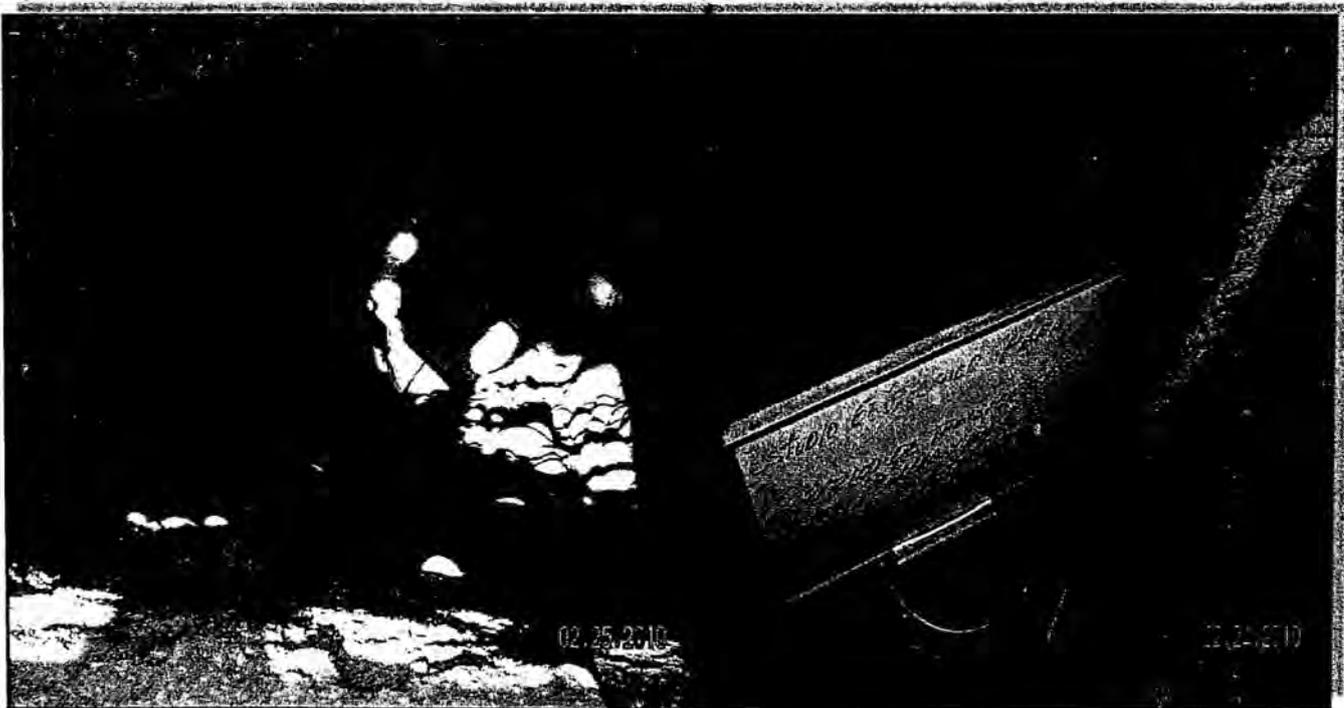
Muestra N°		M - 1	M - 2	M - 3
Peso roca saturada S.S.	( gr )	580.96	820.34	650.24
Peso roca seca	( gr )	575.60	816.58	648.24
Peso roca sumergida	( gr )	356.90	510.24	400.00
Gravedad Especifica Seca	( % )	2.57	2.63	2.59
Gravedad Especifica saturado		2.59	2.65	2.60
Gravedad Especifica Aparente		2.63	2.67	2.61
Porosidad	( % )	0.02	0.01	0.01
Absorcion	( % )	0.93	0.46	0.31

Absorción	( % )	0.57
Gravedad Especifica Seca		2.60
Porosidad	( % )	0.01

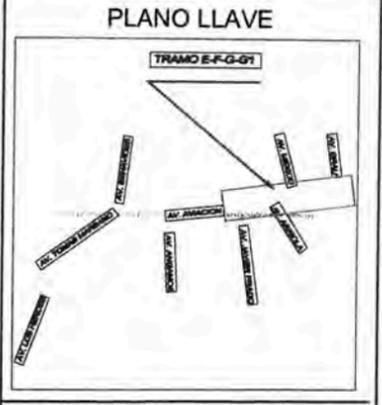
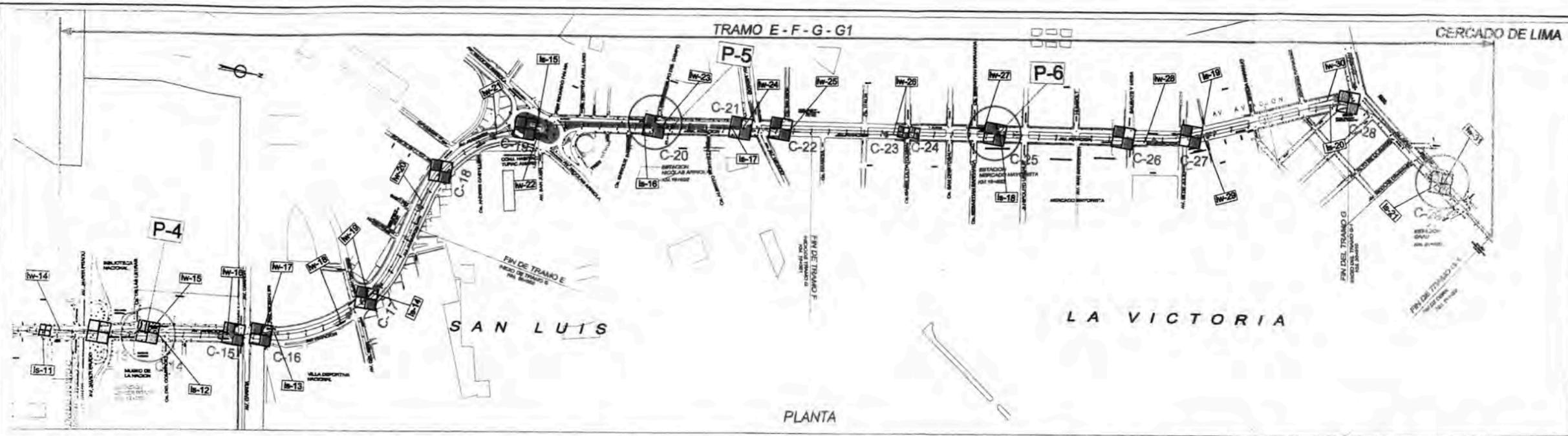


**CALICATA C-13**

**FOTO N° 01:** Vista panorámica de la calicata C-13, ubicada en la Av. Aviación y Av. Javier Prado.

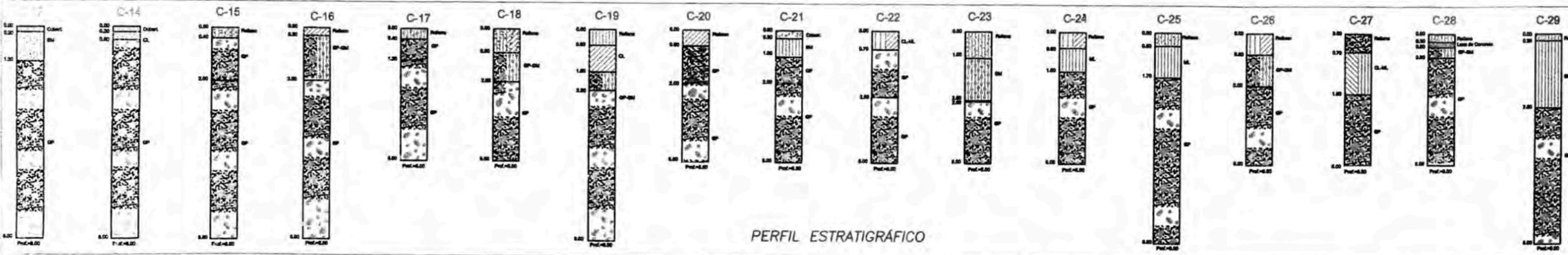


**FOTO N° 02:** Obsérvese a partir de 1.30 m. estrato de grava pobremente gradada con presencia de cantos rodados en matriz de arena., hasta los 8.00 m de profundidad..



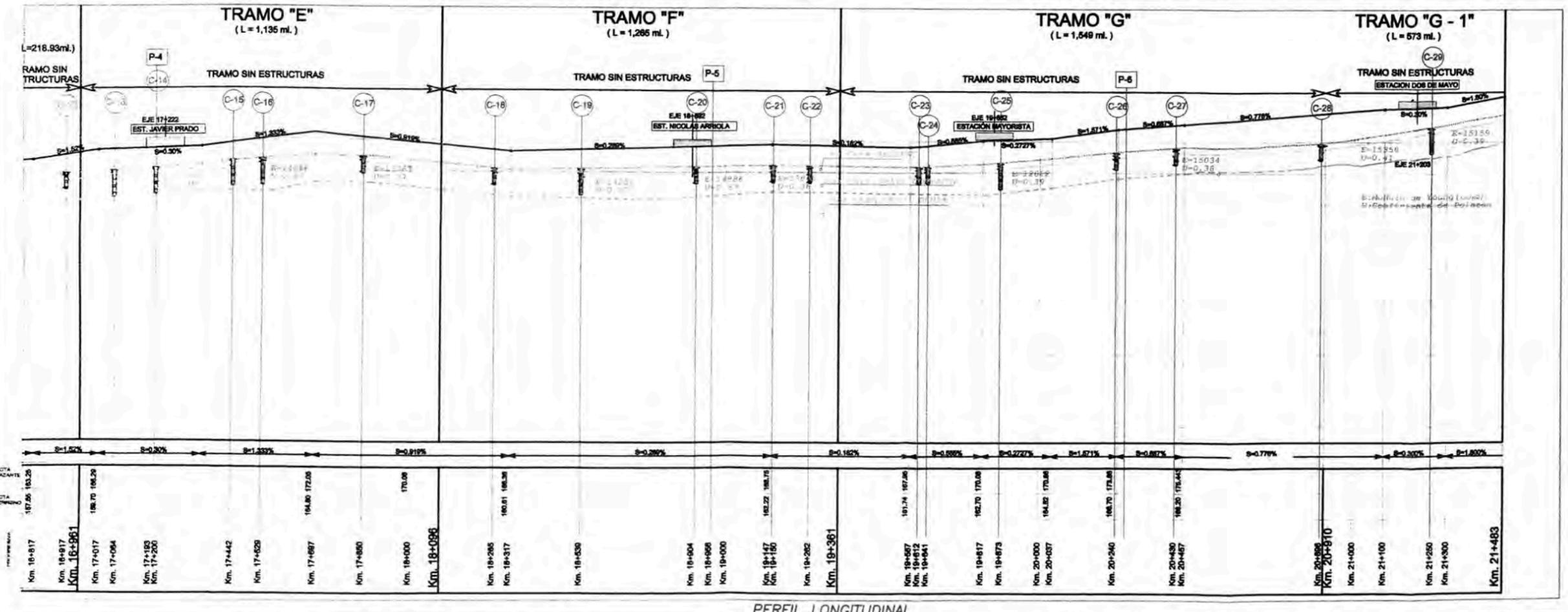
**LEYENDA**

- Calicata (Hidroenergía)
- Ensayo de Carga
- Línea de Refracción
- Línea Sísmica MASW



**Tabla de Datos de Muestreo**

Estación	Profundidad (m)	Descripción	Observaciones
C-14	0.00 - 0.50	...	...
C-14	0.50 - 1.00	...	...
C-14	1.00 - 1.50	...	...
C-14	1.50 - 2.00	...	...
C-14	2.00 - 2.50	...	...
C-14	2.50 - 3.00	...	...
C-14	3.00 - 3.50	...	...
C-14	3.50 - 4.00	...	...
C-14	4.00 - 4.50	...	...
C-14	4.50 - 5.00	...	...



**Tabla de Datos de Muestreo**

Estación	Profundidad (m)	Descripción	Observaciones
C-15	0.00 - 0.50	...	...
C-15	0.50 - 1.00	...	...
C-15	1.00 - 1.50	...	...
C-15	1.50 - 2.00	...	...
C-15	2.00 - 2.50	...	...
C-15	2.50 - 3.00	...	...
C-15	3.00 - 3.50	...	...
C-15	3.50 - 4.00	...	...
C-15	4.00 - 4.50	...	...
C-15	4.50 - 5.00	...	...

**Supervisión**

APROBADO SIN COMENTARIOS	C66.1	T. final
APROBADO CON COMENTARIOS	C66.2	
REVISAR Y REENVIAR	C66.3	

01	21-May-10	Aprobado para Construcción	HID	HID	MCA	WV
0A	22-Mar-10	Emitted para Revisión	HID	HID	MCA	WV

**CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA**

**PROYECTO:** EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MAWVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

**PLANO GEOTECNICO TRAMO: E - F - G - G1**

Escala GRAFICA

# **NIVELACIÓN – PROYECTO TREN ELECTRICO**

# **INFORME: NIVELACION PROYECTO TREN ELECTRICO**



## **UBICACIÓN:**

**DISTRITOS** : Villa el Salvador, Villa Maria de Triunfo, San Juan de Miraflores, Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y Lima.

**PROVINCIA** : Lima

**DEPARTAMENTO** : Lima

**Responsable** : Américo Taipe Torres  
**Fecha** : Diciembre del 2009

**LIMA-PERU 2010**

# INDICE

<b>CAPÍTULO I. MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>	<b>3</b>
I.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO.-.....	3
I.2. CONDICIONES CLIMATICAS EN LA ZONA DE TRABAJO.- .....	3
I.3. ALCANCES DEL TRABAJO.-.....	3
<b>CAPÍTULO II. NIVELACION .....</b>	<b>4</b>
<b>II.1. GENERALIDADES.....</b>	<b>4</b>
<b>II.1.1. OBJETIVOS DE LA NIVELACION .....</b>	<b>4</b>
<b>II.1.2. ZONA DE TRABAJO .....</b>	<b>4</b>
II.1.2.1. Ubicación Política.....	4
II.1.2.2. Ubicación Cartográfica.....	4
II.1.2.3. BM's Base .....	4
II.1.2.4. Duracion de los trabajos de nivelacion .....	5
<b>II.1.3. EQUIPOS DE INGENIERIA .....</b>	<b>5</b>
<b>II.1.4. BRIGADAS DE NIVELACION.....</b>	<b>7</b>
<b>II.2. PROCEDIMIENTO Y EJECUCION .....</b>	<b>7</b>
II.2.1. TRABAJOS DE CAMPO.....	7
II.2.2. CALCULOS DE GABINETE .....	8
<b>II.3. RESULTADOS.....</b>	<b>8</b>
<b>II.3.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>8</b>
<b>II.4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>11</b>
<b>ANEXOS:</b>	
I.- CUADRO DE SUSTENTO DE COMPENSACION BM's	
II.- BM'S DEL IGN	
III.- CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS	
IV.- LIBRETAS DE CAMPO	
V.- CROQUIS DE LOS BM	

## **MEMORIA DESCRIPTIVA**

---

### **I.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO.-**

El proyecto del Tren Eléctrico dada su envergadura abarca varios distritos de Lima y está situado a lo largo del desarrollo de la línea del tren y comprende los distritos de Villa el Salvador, Villa María de Triunfo, San Juan de Miraflores, Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y Lima.

### **I.2. CONDICIONES CLIMATICAS EN LA ZONA DE TRABAJO.-**

Durante la realización de los trabajos de nivelación, se tuvo clima nublado, con una temperatura promedio de 19 °C. y la humedad correspondiente a la costa limeña. El clima no representó ningún impedimento para poder desarrollar normalmente los trabajos pese a la irregularidad del clima ya que en esta parte del año debería de ser soleado cosa que no ocurrió,

### **I.3. ALCANCES DEL TRABAJO.-**

El trabajo consistió en la determinación de las cotas mediante nivelación partiendo de cotas conocidos de los BM's del IGN para todos los puntos intermedios comprendidos entre dichos BM's.

# CAPÍTULO I. NIVELACION

---

## I.1. GENERALIDADES

Geo Systems Ingeniería S.A. es una empresa de gran experiencia en los servicios de Topografía, Geodesia y Scanning. En ésta oportunidad ha sido contratada, para la determinación de nuevos BM's comprendidos a lo largo de la línea Tren Eléctrico.

### I.1.1. OBJETIVOS DE LA NIVELACION

- Determinación de las cotas para los nuevos BMs.

### I.1.2. ZONA DE TRABAJO

#### I.1.2.1. Ubicación Política

Departamento : Lima  
Provincia : Lima  
Distritos : Villa el Salvador, Villa María de Triunfo, San Juan de Miraflores, Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y Lima

#### I.1.2.2. Ubicación Cartográfica

- Carta Nacional : 15-j
- Nombre de Carta : Lurin
- Zona : 18 Sur

#### I.1.2.3. BM's Base

Se han utilizado los BM's que el IGN ha colocado en las distintas zonas de Lima y los cuales nos servirán como información necesaria y de verificación para nuestros cálculos y compensaciones que a lo largo de los trabajos de nivelación se realizó, estos BM's utilizados son los siguientes:

<b>BM's DEL IGN UTILIZADOS EN LA NIVELACION</b>		
<b>DENOMINACION</b>	<b>GOTA</b>	<b>UBICACION</b>
A.SA.SC-1-2001	180.4756	Intersección Av. Nicolás Ayllón / Av. Mexico
G-A-B-4-2001	164.8777	Intersección Av. Aviación / Av. Del Aire
G-A-B-5-2001	146.8742	Intersección Av. Aviación / Av. San Borja Sur
G-A-B-6-2001	131.9248	Intersección Av. Aviación / Av. Angamos
G-A-B-8-2001	104.6557	Intersección Av. Benavides / Ovalo de Higuera
A-PS-3-2001	92.3295	Intersección Av. Tomas Marsano / Av. Surco
APL.1-2001	113.2115	Intersección Av. Los Héroes / Av. San Juan
APL.2-2001	132.3461	Intersección Av. Los Héroes / Av. Miguel Iglesias
APL.3-2001	152.5231	Intersección Av. Pachacutec / Jr. Bartolomé Herrera
APL.4-2001	142.2900	Intersección Av. Pachacutec / Av. 26 de Noviembre

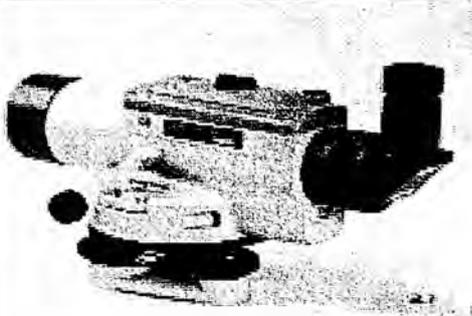
#### **II.1.2.4 Duración de los Trabajos de nivelación**

Los trabajos de nivelación se iniciaron el día viernes 12 de diciembre del 2009 y terminaron el sábado 19 del mismo.

#### **I.1.3. EQUIPOS DE INGENIERIA**

- 01 Nivel Pentax AL 270 (Imagen I).
- 02 Miras de madera de 4m.
- 03 radios Motorola.
- Pintura esmalte color rojo.
- Spray de colores rojo, blanco.
- 02 Niveles de mano (ojo de pollo).
- Pistola de fijación (Hilti).
- Libretas de campo.
- Lapiceros.

Todo lo anterior se le entrego a cada brigada.



**El nivel automático N1** proporciona un método de auto nivelación de alta precisión para trabajos de construcción y de terreno.

**Características del N1 (90312)**

El nivel automático N1 es un instrumento de precisión que ofrece un método de auto nivelación de alta precisión.

**El nivel automático de precisión N2**

El nivel automático N2 proporciona un método de auto nivelación de alta precisión para trabajos de construcción y de terreno.

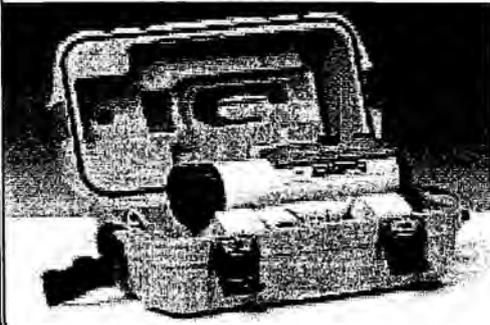
**Modelo de precisión N3**

El nivel automático N3 es un instrumento de auto nivelación de alta precisión que ofrece un método de auto nivelación de alta precisión.

**Especificaciones técnicas**

Modelo	N1 (90312)	N2 (90313)	N3 (90314)
Alcance	100m	100m	100m
Precisión	±2mm	±1mm	±1mm
Auto nivelación	Automático	Automático	Automático
Alcance de auto nivelación	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m

Modelo	N1 (90312)	N2 (90313)	N3 (90314)
Alcance	100m	100m	100m
Precisión	±2mm	±1mm	±1mm
Auto nivelación	Automático	Automático	Automático
Alcance de auto nivelación	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m
Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión en modo de precisión	10m	10m	10m



- Características principales:**
- Auto nivelación automática
  - Alcance de auto nivelación de 10m
  - Precisión de ±1mm
  - Auto nivelación en modo de precisión
  - Alcance de auto nivelación en modo de precisión de 10m
  - Precisión de ±1mm en modo de precisión
  - Auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión
  - Alcance de auto nivelación en modo de precisión en modo de precisión de 10m
  - Precisión de ±1mm en modo de precisión en modo de precisión



World Head Office  
**PENTAX Industrial Instruments Co., Ltd.**  
 4-2-1 Hongo-Chu, Chiyoda-Ku  
 Tokyo 106-8601, Japan  
 Tel: +81-3-3408-3111  
 Fax: +81-3-3408-3111  
 E-mail: pentax@pentax.co.jp  
 www.pentax.co.jp

Pentax, preferencia en el mundo

**ISO**  
 9001:2008  
 9001:2015

El nivel automático N1 es un instrumento de auto nivelación de alta precisión que ofrece un método de auto nivelación de alta precisión.

Imagen I.- NIVEL PENTAX

#### I.1.4. BRIGADAS DE NIVELACION.

El número de brigadas que estuvo realizando las labores de nivelación fueron 03, cada brigada estuvo integrado por:

- 01 Nivelador.
- 02 Ayudantes.
- 01 efectivo policial.

### I.2. PROCEDIMIENTO Y EJECUCION

#### I.2.1. TRABAJOS DE CAMPO

La nivelación se realizo en dos etapas:

La primera comprende la nivelación del tramo Puente Atocongo – Av. Grau.

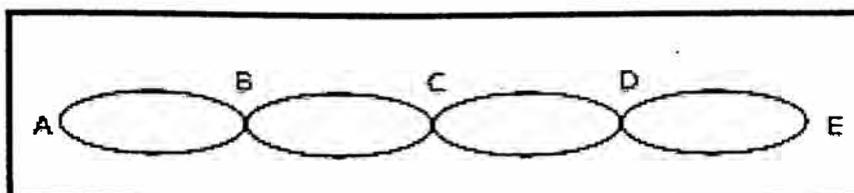
La segunda comprende la nivelación del tramo Puente Atocongo – Punto de Inicio del tren (Villa el Salvador).

La nivelación se realizo de ida y vuelta (nivelación doble) y en circuitos cerrados, se considero como tolerancia de cierre de  $\pm 0.012\sqrt{K}$ , donde K es la distancia recorrida en Km.

El procedimiento para la nivelación fue de la siguiente manera:

- Reconocimiento de campo, se realizo el recorrido de algunos tramos por donde se realizarían los trabajos, se encontraron algunas placas de los BM's colocados por el IGN para posteriormente comprarlos.
- Buscar una ubicación adecuada de los nuevos BM's.
- Señalización, marcación, monumentacion de los nuevos BM's, en esta parte se coloco como marca física la incrustación de un clavo lanzado por una pistola de clavos de acero.
- Pintado e inscripción del BM, bajo la nomenclatura adecuada.
- Nivelación de los puntos, se utilizo niveles de mano (ojo de pollo).
- Chequeo de la nivelación, calculo del error de cierre.
- De lo anterior si los errores de cierre están dentro de lo permisible se procede a darle cota a estos nuevos BM's de lo contrario se tiene que repetir la nivelación.

En forma esquemática se puede apreciar la forma como se desarrollo el procedimiento de nivelación doble. Sean B, C y D los puntos de los que nos interesa encontrar el desnivel, y sean A y E los extremos de los anillos de la línea con cotas conocidas BM del IGN.



## I.2.2. CALCULOS DE GABINETE.

El trabajo de gabinete consistió en efectuar el control de los datos de campo, para darlos por válidos, verificar que los cierres estén dentro de los márgenes permisibles para darlos por valido caso contrario retornar a campo y realizar nuevamente las mediciones.

## I.3. RESULTADOS

### I.3.1. Evaluación de resultados.

**CUADRO DE BMS COMPENSADOS TRAMO PTE.ATOCONGO A FINAL DEL TRAMO**

15/01/2010 09:00

Tramo : AV. San Juan a Grifo Pecsá

Rev 3

N° PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACION	OBSERVACION
A P E - 1	BM IGN	113.2115	Av. San Juan(esquina BCP)	
A P L - 1 - 1	Bm Intermedio	111.974	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 2	Bm Intermedio	109.987	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 3	Bm Intermedio	107.215	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 4	Bm Intermedio	104.929	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 5	Bm Intermedio	100.218	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 6	Bm Intermedio	94.800	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 7	Bm Intermedio	92.431	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 8	Bm Intermedio	92.156	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 9	Bm Intermedio	93.128	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 10	Bm Intermedio	92.689	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 11	Bm Intermedio	87.721	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 12	Bm Intermedio	85.396	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 13	Bm Intermedio	84.877	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 14	Bm Intermedio	85.923	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 15	Bm Intermedio	86.594	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 16	Bm Intermedio	87.452	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 17	Bm Intermedio	88.310	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 18	Bm Intermedio	89.256	berma central (varilla 1")	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 19	Bm Intermedio	90.101	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 20	Bm Intermedio	91.211	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P L - 1 - 21	Bm Intermedio	91.841	berma central	ver croquis de Bms (Anexo Croquis)
A P S - 3	BM IGN	92.3295	Vereda de Grifo PECSA	

Tramo : Grifo Pecsá a Ovalo Cabitos

N° PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACION	OBSERVACION
IGM GAB-8	BM IGN	104.6557	Ovalo Cabitos	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B-8-1	Bm Intermedio	104.634	Pte	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GAB-8-2	Bm Intermedio	103.689	Sardinel de Berma Central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GAB-8-3	Bm Intermedio	102.139	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GAB-8-4	Bm Intermedio	100.942	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GAB-8-5	Bm Intermedio	99.453	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GAB-8-6	Bm Intermedio	98.090	Berma Izq.	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GAB-8-7	Bm Intermedio	96.348	Vereda de sardinel Grifo Petropel	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GAB-8-8	Bm Intermedio	94.950	Vereda izq. Taller	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GAB-8-9	Bm Intermedio	93.868	Vereda izq. Telef. Publico	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
IGM APS-3	BM IGN	92.3295	Vereda de Grifo PECSA	ver croquis de Bms (Anexo croquis)

Tramo : Ovalo Cabitos a AV. Angamos

N° PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACION	OBSERVACION
GA B - 6	BM IGN	131.9248	Av. Angamos (berma central)	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 1	Bm Intermedio	130.309	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 2	Bm Intermedio	128.886	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 3	Bm Intermedio	127.672	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 4	Bm Intermedio	126.094	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 5	Bm Intermedio	124.676	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 6	Bm Intermedio	123.080	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 7	Bm Intermedio	121.590	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 8	Bm Intermedio	119.247	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 9	Bm Intermedio	116.788	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 10	Bm Intermedio	114.287	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 11	Bm Intermedio	111.919	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 6 - 12	Bm Intermedio	109.540	Berma central	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
GA B - 8	BM IGN	104.6533	Ovalo Cabitos (berma central fina)	ver croquis de Bms (Anexo croquis)

Tramo : Av. Angamos a Av. San Borja Sur

Nº PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACION	OBSERVACION
G A B - 5	BM IGN	146.8742	Av. San Borja Sur	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 5 - 1	Bm Intermedio	145.119	Berma central (base muro de colu	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 5 - 2	Bm Intermedio	143.249	Berma central (base muro de colu	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 5 - 3	Bm Intermedio	141.087	Berma central (base muro de colu	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 5 - 4	Bm Intermedio	139.349	Berma central (sardinel lado dere	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 5 - 5	Bm Intermedio	136.877	Berma central (vereda)	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 5 - 6	Bm Intermedio	135.359	Vereda Ripley	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 5 - 7	Bm Intermedio	133.529	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 6	BM IGN	131.9248	Av. Angamos (berma central)	ver croquis de Bms (Anexo croquis)

tramo: Av San Borja Sur a Av. Del Aire

Nº PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACION	OBSERVACION
G A B - 5	BM IGN	146.8742	Av. San Borja Sur	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 11	Bm Intermedio	148.196	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 10	Bm Intermedio	150.075	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 9	Bm Intermedio	152.002	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 8	Bm Intermedio	153.863	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 7	Bm Intermedio	155.674	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 6	Bm Intermedio	157.203	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 5	Bm Intermedio	158.601	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 4	Bm Intermedio	159.780	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 3	Bm Intermedio	161.041	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 2	Bm Intermedio	162.921	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 1	Bm Intermedio	164.206	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4	BM IGN	164.8777		ver croquis de Bms (Anexo croquis)

tramo: Av. Del Aire a Av. Mexico/Av. Nicolas Ayllon (pasa por Todo Aviacion y final del tramo en Av. Grau)

Nº PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACION	OBSERVACION
G A B - 4	BM IGN	164.8777	Av. Del Aire y Av. Aviacion	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 1A	Bm Intermedio	164.089	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 2A	Bm Intermedio	162.703	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 3A	Bm Intermedio	161.257	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 4A	Bm Intermedio	160.650	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 5A	Bm Intermedio	160.933	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 6A	Bm Intermedio	161.090	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 7A	Bm Intermedio	161.750	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 8A	Bm Intermedio	162.295	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 9A	Bm Intermedio	162.499	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 10A	Bm Intermedio	162.064	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 11A	Bm Intermedio	162.043	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 12A	Bm Intermedio	162.280	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 13	Bm Intermedio	163.252	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 14	Bm Intermedio	164.250	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 15	Bm Intermedio	165.810	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 16	Bm Intermedio	167.291	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 17	Bm Intermedio	168.480	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 18	Bm Intermedio	168.385	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 19	Bm Intermedio	169.338	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 20	Bm Intermedio	170.234	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 21	Bm Intermedio	172.882	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
G A B - 4 - 22	Bm Intermedio	174.311	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
Aux 1 - 5	Bm Intermedio	175.352	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
Aux 1 - 4	Bm Intermedio	176.955	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
Aux 1 - 3	Bm Intermedio	177.355	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
Aux 1 - 2	Bm Intermedio	177.385	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
Aux 1 - 1	Bm Intermedio	178.255	Berma central (sardinel )	ver croquis de Bms (Anexo croquis)
ASASC-1	BM IGN	180.4756	Av. Mexico y Av. Nicolas Ayllon	ver croquis de Bms (Anexo croquis)

tramo: Av. San Juan a Av. Miguel Iglesias

Nº PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACION	OBSERVACION
APL-2	BM IGN	132.3461	Av. Heroes y Av. Miguel Iglesias	
APL-2-1	Bm Intermedio	130.6003579		
APL-2-2	Bm Intermedio	128.3442926		
APL-2-3	Bm Intermedio	125.5805791		
APL-2-4	Bm Intermedio	121.1273798		
APL-2-5	Bm Intermedio	121.867233		
APL-2-6	Bm Intermedio	121.9979623		
APL-2-7	Bm Intermedio	120.9551773		
APL-2-8	Bm Intermedio	118.8252493		
APL-2-9	Bm Intermedio	115.4810295		
APL-1	BM IGN	113.2115	Av. Heroes y Av. San Juan	

tramo: Av. Miguel Iglesias a Jr. Bartolome Herrera

Nº PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACIÓN	OBSERVACION
APL-3	BM IGN	152.5231	Jr. Bartolome Herrera	
APL-3-1	Bm Intermedi o	156.175		
APL-3-2	Bm Intermedi o	158.888		
APL-3-3	Bm Intermedi o	156.583		
APL-3-4	Bm Intermedi o	151.968		
APL-3-5	Bm Intermedi o	146.019		
APL-3-6	Bm Intermedi o	138.570		
APL-3-7	Bm Intermedi o	140.299		
APL-3-8	Bm Intermedi o	136.481		
APL-2	BM IGN	132.3461	Av. Heroes y Av. Miguel Iglesias	

tramo: Jr. Bartolome Herrera a Av. 26 de Noviembre

Nº PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACIÓN	OBSERVACION
APL-3	BM IGN	152.5231	Jr. Bartolome Herrera	
APL-4-11	Bm Intermedi o	144.971		
APL-4-10	Bm Intermedi o	146.974		
APL-4-9	Bm Intermedi o	142.589		
APL-4-8	Bm Intermedi o	138.836		
APL-4-7	Bm Intermedi o	133.551		
APL-4-6	Bm Intermedi o	130.988		
APL-4-5	Bm Intermedi o	128.003		
APL-4-4	Bm Intermedi o	125.483		
APL-4-3	Bm Intermedi o	124.171		
APL-4-2	Bm Intermedi o	135.266		
APL-4-1	Bm Intermedi o	135.983		
APL-4	BM IGN	142.2900	Av. 26 de Noviembre	

tramo: Av. 26 de Noviembre a línea final Tren electrico (villa el Salvador)

Nº PUNTO	DESCRIPCION	COTA COMPENSADA	UBICACIÓN	OBSERVACION
APL-4-3		124.171		
APL-4-3-1	Bm Intermedi o	121.341		
APL-4-3-2	Bm Intermedi o	119.881		
APL-4-3-3	Bm Intermedi o	124.097		
APL-4-3-4	Bm Intermedi o	135.397		
APL-4-3-5	Bm Intermedi o	144.632		
APL-4-3-6	Bm Intermedi o	150.913		
APL-4-3-7	Bm Intermedi o	153.345		
APL-4-3-8	Bm Intermedi o	156.796		
APL-4-3-9	Bm Intermedi o	162.969		
APL-4-3-10	Bm Intermedi o	169.637		
APL-4-3-11	Bm Intermedi o	171.305		
APL-4-3-12	Bm Intermedi o	177.468		
APL-4-3-13	Bm Intermedi o	178.976		
APL-4-3-14	Bm Intermedi o	183.356		
APL-4-3-15	Bm Intermedi o	186.076		
APL-4-3-16	Bm Intermedi o	192.243		
APL-4-3-17	Bm Intermedi o	193.404		
APL-4-3-18	Bm Intermedi o	196.024		
APL-4-3-19	Bm Intermedi o	198.781		
APL-4-3-20	Bm Intermedi o	202.330		
APL-4-3-21	Bm Intermedi o	204.095		
APL-4-3-22	Bm Intermedi o	202.540		
APL-4-3-23	Bm Intermedi o	202.357		
APL-4-3-24	Bm Intermedi o	202.402		
APL-4-3-25		201.692		

#### **I.4. CONCLUSIONES DE LA NIVELACION**

- a) Todos los tramos nivelados han superado los parámetros permisibles de errores exigidos para una nivelación de muy buena precisión.
- b) En las líneas de nivelación sencillas sólo se tiene comprobación del resultado cuando se finaliza la nivelación. Si no es tolerable el error de cierre, se hace necesario repetir el trabajo. Este inconveniente se evita, y al mismo tiempo se aumenta la precisión, efectuando las medidas por duplicado, es decir, haciendo lo que se llama una doble nivelación.
- c) El último tramo de nivelación que va desde el BM APL4-3-1 hasta al APL 4-3-25, corresponde a una nivelación abierta (Tramo desde la Av. 26 de Noviembre hasta el final del Tren Eléctrico en Villa el Salvador), este tramo a diferencia de los anteriores no se hizo la llegada a un BM del IGN en vista de la no existencia física de esta por toda esta zona motivo por el cual se optó por este tipo de nivelación.
- d) En la línea de nivelación doble significó recorrer dos veces el mismo tramo pero eso no significó retornar por los mismos puntos que el de ida, la única condición es que pase por los mismos puntos fijos que se han dejado como marca en ambos extremos de los anillos.
- e) La nivelación geométrica sigue siendo el método más preciso, cuya precisión va desde menos de 1mm/km, además de ser usado en obras donde se requiera buena precisión.
- f) La metodología de la nivelación geométrica no tiene necesidad de corregir por curvatura sus mediciones porque se realiza en forma tal que el operador se desplaza por el terreno con el nivel manteniendo distancias visadas no superiores a 250 ó 300m distancia considerada demasiado pequeña en comparación con el radio terrestre.

#### **ANEXOS:**

- ANEXO I : Cuadro de sustento de compensación de BM's.
- ANEXO II : BM's del IGN.
- ANEXO III : Certificado de calibración de los equipos utilizados.
- ANEXO IV : Libreta de campo.
- ANEXO IV : Croquis de BM's.

**AMERICO TAIBE TORRES**  
DESARROLLO Y APLICACIONES  
GEO SYSTEMS INGENIERIA S.A.

**ANEXO I : CUADRO DE SUSTENTO DE COMPENSACION DE  
BM's**

**cuadro de Sustento de Compensacion de Bms Obra Tren Electrico**

**tramo: Av. Santiago de Surco a Ovalo Higuiereta (Cabitos)**

Nombre de BM	Dist. m	Dist.Acum. m	Dist.Acum. km	Desnivel Niv. Campo m	Cota Nivelacion (m)	Cotas Bms IGN	Cota Compensada (m)
IGM GAB-8	0	0.000		0.0000	104.6557	104.6557	104.6557
GAB-8-1	120	120.000	0.1200	-0.0215	104.6342		104.6336
GAB-8-2	168	288.000	0.2880	-0.9440	103.6902		103.6889
GAB-8-3	185	473.000	0.4730	-1.5495	102.1407		102.1385
GAB-8-4	126	599.000	0.5990	-1.1955	100.9452		100.9424
GAB-8-5	149	748.000	0.7480	-1.4890	99.4562		99.4527
GAB-8-6	116	864.000	0.8640	-1.3620	98.0942		98.0902
GAB-8-7	168	1032.000	1.0320	-1.7415	96.3527		96.3479
GAB-8-8	136	1168.000	1.1680	-1.3970	94.9557		94.9503
GAB-8-9	128	1296.000	1.2960	-1.0820	93.8737		93.8677
IGM APS-3	148	1444.000	1.4440	-1.5375	92.3362	92.3295	92.3295
proceso		1444.000		-12.3195		-12.3262	

**tramo: Av. San Juan a Av. Santiago de Surco (grifo Pecsá)**

A P L - 1	0	0			113.2115	113.2115	113.2115
A P L - 1 - 1	93	93.000	0.0930	-1.2375	111.9740		111.9736
A P L - 1 - 2	93	186.000	0.1860	-1.986	109.9880		109.9872
A P L - 1 - 3	149	335.000	0.3350	-2.771	107.2170		107.2155
A P L - 1 - 4	135.1	470.100	0.4701	-2.2855	104.9315		104.9294
A P L - 1 - 5	138	608.100	0.6081	-4.7105	100.2210		100.2183
A P L - 1 - 6	165	773.100	0.7731	-5.4175	94.8035		94.8000
A P L - 1 - 7	142.9	916.000	0.9160	-2.368	92.4355		92.4314
A P L - 1 - 8	137	1053.000	1.0530	-0.2745	92.1610		92.1563
A P L - 1 - 9	123	1176.000	1.1760	0.972	93.1330		93.1277
A P L - 1 - 10	140	1316.000	1.3160	-0.438	92.6950		92.6891
A P L - 1 - 11	140	1456.000	1.4560	-4.967	87.7280		87.7215
A P L - 1 - 12	101	1557.000	1.5570	-2.3255	85.4025		85.3955
A P L - 1 - 13	140	1697.000	1.6970	-0.518	84.8845		84.8769
A P L - 1 - 14	146	1843.000	1.8430	1.0465	85.9310		85.9227
A P L - 1 - 15	133	1976.000	1.9760	0.672	86.6030		86.5941
A P L - 1 - 16	150	2126.000	2.1260	0.8585	87.4615		87.4519
A P L - 1 - 17	148	2274.000	2.2740	0.8585	88.3200		88.3098
A P L - 1 - 18	163	2437.000	2.4370	0.9465	89.2665		89.2555
A P L - 1 - 19	140	2577.000	2.5770	0.8465	90.1130		90.1014
A P L - 1 - 20	150	2727.000	2.7270	1.1105	91.2235		91.2112
A P L - 1 - 21	130	2857.000	2.8570	0.6305	91.8540		91.8412
A P S - 3	146	3003.000	3.0030	0.489	92.3430	92.3295	92.3295
proceso		3003.000	3.0030	-20.8685	-20.8685	-20.8820	

**tramo: Av. Angamos a Av. San Borja Sur**

G A B - 5	0				146.8742	146.8742	146.8742
G A B - 5 - 1	146	146.000	0.1460	-1.7555	145.1187		145.1187
G A B - 5 - 2	140	286.000	0.2860	-1.8695	143.2492		143.2492
G A B - 5 - 3	150	436.000	0.4360	-2.162	141.0872		141.0872
G A B - 5 - 4	207	643.000	0.6430	-1.738	139.3492		139.3492
G A B - 5 - 5	195	838.000	0.8380	-2.472	136.8772		136.8772
G A B - 5 - 6	134	972.000	0.9720	-1.518	135.3592		135.3592
G A B - 5 - 7	96	1068.000	1.0680	-1.83	133.5292		133.5292
G A B - 6	127	1195.000	1.1950	-1.597	131.9248	131.9248	131.9248
proceso		1195.000	1.1950	-14.9420	-14.9494	-14.9494	

**tramo: Ovalo Hiquereta a Av Angamos**

G A B - 6		0				131.9248	131.9248	131.9248
G A B - 6 - 1	135	135.000	0.1350	-1.616		130.3088		130.3088
G A B - 6 - 2	137.24	272.240	0.2722	-1.423		128.8858		128.8858
G A B - 6 - 3	140	412.240	0.4122	-1.2135		127.6723		127.6723
G A B - 6 - 4	140.3	552.540	0.5525	-1.578		126.0943		126.0943
G A B - 6 - 5	140	692.540	0.6925	-1.4185		124.6758		124.6758
G A B - 6 - 6	140.16	832.700	0.8327	-1.596		123.0798		123.0798
G A B - 6 - 7	140	972.700	0.9727	-1.4895		121.5903		121.5903
G A B - 6 - 8	140.1	1112.800	1.1128	-2.343		119.2473		119.2473
G A B - 6 - 9	139.9	1252.700	1.2527	-2.459		116.7883		116.7883
G A B - 6 - 10	140.2	1392.900	1.3929	-2.501		114.2873		114.2873
G A B - 6 - 11	140	1532.900	1.5329	-2.368		111.9193		111.9193
G A B - 6 - 12	167	1699.900	1.6999	-2.379		109.5403		109.5403
G A B - 8	302	2001.900	2.0019	-4.887		104.6533	104.6533	104.6533
proceso		2001.900	2.0019	-27.2715		-27.2715	-27.2715	

**tramo: Av San Borja Sur a Av. Del Aire**

G A B - 5		0				146.8742	146.8742	146.8742
G A B - 5 - 1	127.2	127.200	0.1272	1.322		148.1962		148.1964
G A B - 5 - 2	186.03	313.230	0.3132	1.878		150.0742		150.0746
G A B - 5 - 3	210.45	523.680	0.5237	1.927		152.0012		152.0019
G A B - 5 - 4	205.3	728.980	0.7290	1.8605		153.8617		153.8627
G A B - 5 - 5	255.6	984.580	0.9846	1.8105		155.6722		155.6735
G A B - 5 - 6	157.55	1142.130	1.1421	1.5295		157.2017		157.2032
G A B - 5 - 7	191.58	1333.713	1.3337	1.398		158.5997		158.6015
G A B - 5 - 8	150.48	1484.193	1.4842	1.178		159.7777		159.7797
G A B - 5 - 9	199.2	1683.393	1.6834	1.2615		161.0392		161.0414
G A B - 5 - 10	207	1890.393	1.8904	1.879		162.9182		162.9207
G A B - 5 - 11	175.7	2066.093	2.0661	1.2855		164.2037		164.2065
G A B - 4	181.35	2247.443	2.2474	0.671		164.8747	164.8777	164.8777
proceso		2247.443	2.2474	18.0005		18.0005	18.0035	

**tramo: Av. Del Aire a Av. Mexico/Av. Nicolas Ayllon**

G A B - 4		0				164.8777	164.8777	164.8777
G A B - 4 - 1A	110.8	110.800	0.1108	-0.7885		164.0892		164.0893
G A B - 4 - 2A	135.8	246.600	0.2466	-1.386		162.7032		162.7034
G A B - 4 - 3A	133	379.600	0.3796	-1.446		161.2572		161.2575
G A B - 4 - 4A	172.4	552.000	0.5520	-0.608		160.6492		160.6496
G A B - 4 - 5A	191	743.000	0.7430	0.2835		160.9327		160.9332
G A B - 4 - 6A	176	919.000	0.9190	0.157		161.0897		161.0903
G A B - 4 - 7A	145	1064.000	1.0640	0.66		161.7497		161.7504
G A B - 4 - 8A	157	1221.000	1.2210	0.544		162.2937		162.2946
G A B - 4 - 9A	144	1365.000	1.3650	0.204		162.4977		162.4987
G A B - 4 - 10A	168.8	1533.800	1.5338	-0.4345		162.0632		162.0643
G A B - 4 - 11A	152	1685.800	1.6858	-0.021		162.0422		162.0434
G A B - 4 - 12A	150	1835.800	1.8358	0.2365		162.2787		162.2800
G A B - 4 - 13	152	1987.800	1.9878	0.9715		163.2502		163.2516
G A B - 4 - 14	148	2135.800	2.1358	0.9985		164.2487		164.2502
G A B - 4 - 15	160	2295.800	2.2958	1.5595		165.8082		165.8098
G A B - 4 - 16	147	2442.800	2.4428	1.481		167.2892		167.2909
G A B - 4 - 17	143	2585.800	2.5858	1.189		168.4782		168.4800
G A B - 4 - 18	150	2735.800	2.7358	-0.0955		168.3827		168.3846
G A B - 4 - 19	150	2885.800	2.8858	0.953		169.3357		169.3377
G A B - 4 - 20	188	3073.800	3.0738	0.8965		170.2322		170.2344
G A B - 4 - 21	157	3230.800	3.2308	2.648		172.8802		172.8825
G A B - 4 - 22	151.2	3382.000	3.3820	1.428		174.3082		174.3106
Aux 1 - 5	250	3632.000	3.6320	1.0415		175.3497		175.3522
Aux 1 - 4	260	3892.000	3.8920	1.6025		176.9522		176.9549
Aux 1 - 3	261	4153.000	4.1530	0.4		177.3522		177.3551
Aux 1 - 2	255	4408.000	4.4080	0.03		177.3822		177.3853
Aux 1 - 1	260	4668.000	4.6680	0.8695		178.2517		178.2550
ASASC-1	190	4858.000	4.8580	2.2205		180.4722	180.4756	180.4756
proceso		4858.000	4.8580	15.5945		15.5945	15.5979	

**tramo: Av. San Juan a Av. Miguel Iglesias**

APL-2		0			132.3461	132.3461	132.3461
APL-2-1	159	159.000	0.1590	-1.7465	130.5996		130.6004
APL-2-2	196.1	355.100	0.3551	-2.257	128.3426		128.3443
APL-2-3	165	520.100	0.5201	-2.7645	125.5781		125.5806
APL-2-4	168	688.100	0.6881	-4.454	121.1241		121.1274
APL-2-5	179	867.100	0.8671	0.739	121.8631		121.8672
APL-2-6	153	1020.100	1.0201	0.13	121.9931		121.9980
APL-2-7	150	1170.100	1.1701	-1.0435	120.9496		120.9552
APL-2-8	120	1290.100	1.2901	-2.1305	118.8191		118.8252
APL-2-9	163.7	1453.800	1.4538	-3.345	115.4741		115.4810
APL-1	98.7	1552.500	1.5525	-2.27	113.2041	113.2115	113.2115
proceso		1552.500	1.5525	-19.142	19.1420	-19.1346	

**tramo: Av. Miguel Iglesias al Jr. Bartolome Herrera**

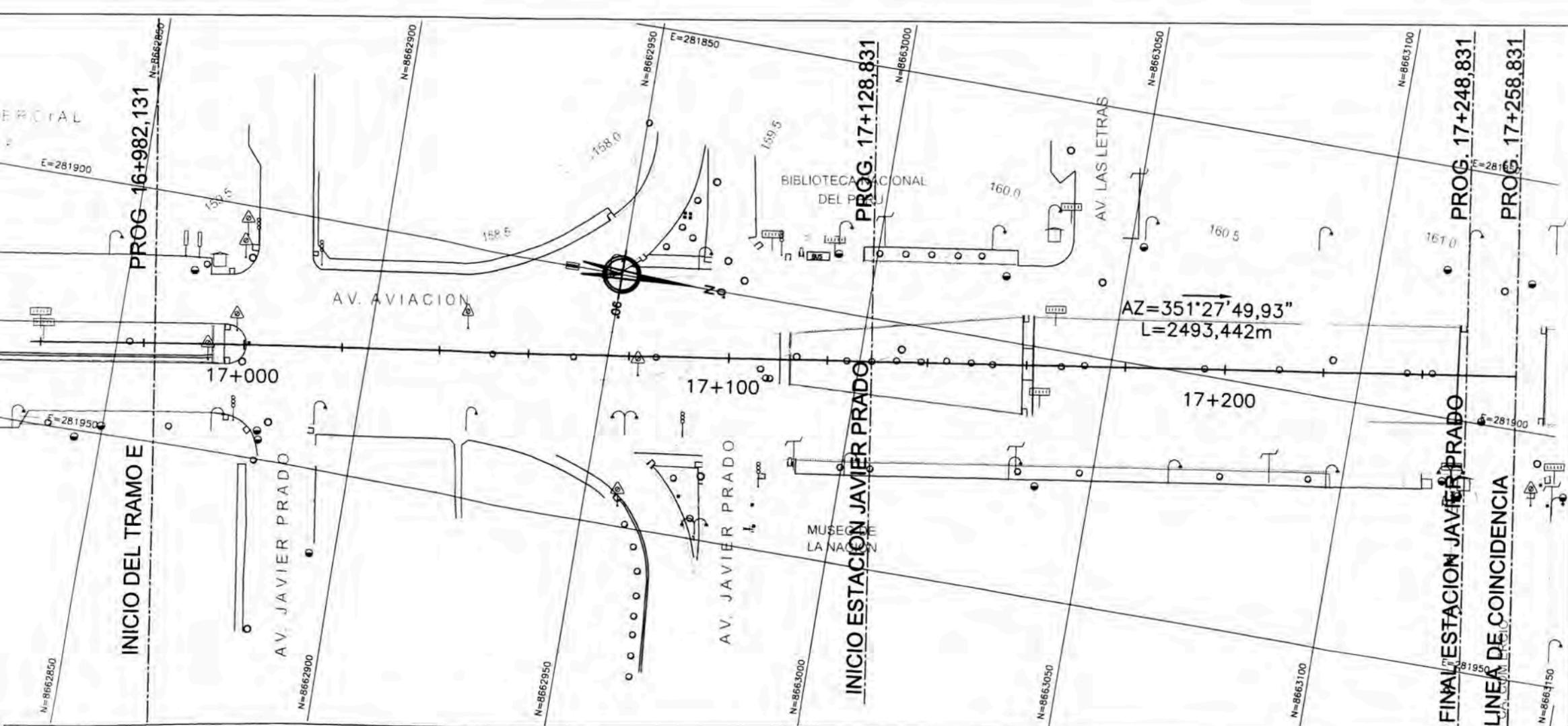
APL-3		0			152.5231	152.5231	152.5231
APL-3-1	150.3	150.300	0.1503	3.6525	156.1756		156.175
APL-3-2	141	291.300	0.2913	2.7135	158.8891		158.888
APL-3-3	147.3	438.600	0.4386	-2.3041	156.5850		156.583
APL-3-4	231	669.600	0.6696	-4.614	151.9710		151.968
APL-3-5	191.2	860.800	0.8608	-5.948	146.0230		146.019
APL-3-6	189.2	1050.000	1.0500	-7.448	138.5750		138.570
APL-3-7	195.3	1245.300	1.2453	1.7295	140.3045		140.299
APL-3-8	121.2	1366.500	1.3665	-3.818	136.4865		136.481
APL-2	101.2	1467.700	1.4677	-4.134	132.3525	132.3461	132.3461
proceso		1467.700	1.4677	-20.1706	20.1706	-20.1770	

**tramo: Av. Bartolome Herrera a Av. 26 de Noviembre**

APL-3		0			152.5231	152.5231	152.5231
APL-4-11	210	210.000	0.2100	-7.5525	144.9706		144.9713
APL-4-10	170.8	380.800	0.3808	2.0025	146.9731		146.9744
APL-4-9	150	530.800	0.5308	-4.3855	142.5876		142.5894
APL-4-8	150	680.800	0.6808	-3.7535	138.8341		138.8364
APL-4-7	154	834.800	0.8348	-5.2855	133.5486		133.5514
APL-4-6	150	984.800	0.9848	-2.5635	130.9851		130.9884
APL-4-5	166	1150.800	1.1508	-2.9855	127.9996		128.0035
APL-4-4	150	1300.800	1.3008	-2.521	125.4786		125.4830
APL-4-3	145.5	1446.300	1.4463	-1.3125	124.1661		124.1709
APL-4-2	141.9	1588.200	1.5882	11.0945	135.2606		135.2659
APL-4-1	176.6	1764.800	1.7648	0.716	135.9766		135.9825
APL-4	146	1910.800	1.9108	6.307	142.2836	142.2900	142.2900
proceso		1910.800	1.9108	-10.2395	10.2395	-10.2331	

**tramo: Av. 26 de Noviembre a final de la línea del Tren Electrico (Villa el Salvador)**

APL-4-3		0			124.1709	bm.Aux.	124.171
APL-4-3-1	180	180.000	0.1800	-2.8300	121.3409		121.341
APL-4-3-2	170	350.000	0.3500	-1.4595	119.8814		119.881
APL-4-3-3	160	510.000	0.5100	4.2160	124.0974		124.097
APL-4-3-4	167	677.000	0.6770	11.2995	135.3969		135.397
APL-4-3-5	166.6	843.600	0.8436	9.2350	144.6319		144.632
APL-4-3-6	166.6	1010.200	1.0102	6.2815	150.9134		150.913
APL-4-3-7	166.6	1176.800	1.1768	2.4315	153.3449		153.345
APL-4-3-8	166.6	1343.400	1.3434	3.4510	156.7959		156.796
APL-4-3-9	166.6	1510.000	1.5100	6.1730	162.9689		162.969
APL-4-3-10	166.6	1676.600	1.6766	6.6680	169.6369		169.637
APL-4-3-11	166.6	1843.200	1.8432	1.6680	171.3049		171.305
APL-4-3-12	166.6	2009.800	2.0098	6.1630	177.4679		177.468
APL-4-3-13	166.6	2176.400	2.1764	1.5085	178.9764		178.976
APL-4-3-14	166.6	2343.000	2.3430	4.3795	183.3559		183.356
APL-4-3-15	166.6	2509.600	2.5096	2.7205	186.0764		186.076
APL-4-3-16	166.6	2676.200	2.6762	6.1670	192.2434		192.243
APL-4-3-17	150	2826.200	2.8262	1.1610	193.4044		193.404
APL-4-3-18	103	2929.200	2.9292	2.6200	196.0244		196.024
APL-4-3-19	140	3069.200	3.0692	2.7565	198.7809		198.781
APL-4-3-20	200	3269.200	3.2692	3.5495	202.3304		202.330
APL-4-3-21	171	3440.200	3.4402	1.7645	204.0949		204.095
APL-4-3-22	103	3543.200	3.5432	-1.5545	202.5404		202.540
APL-4-3-23	175	3718.200	3.7182	-0.1830	202.3574		202.357
APL-4-3-24	223	3941.200	3.9412	0.0445	202.4019		202.402
APL-4-3-25	150	4091.200	4.0912	-0.7095	201.6924		201.692
proceso		4091.200	4.0912		-77.5215		



**LEYENDA**

**Notas:**

- DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN METROS.
- LA PROGRESIVA INDICADA ES DE LA ENTREVIA.
- TOPOGRAFIA SUMINISTRADA POR EL CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA.

**Referencias:**

DG-VE-PP-120/121 - PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL - ANTEPROYECTO  
 CTEL-FFE-GEN-DGE-CRD-12000 - CRITERIO DE DISEÑO DEL TRAZADO DE LA VIA PRINCIPAL

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	POYRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
03	25/08/10	APC REVISIÓN GENERAL	AMA	RHL	MAP	WVI
02	27/05/10	APC REVISIÓN GENERAL	AMA	RHL	MAP	WVI
01	15/04/10	APC (incluye comentarios de CCP)	AMA	RHL	MAP	WVI
0A	08/03/10	EMITIDO PARA REVISIÓN	AMA	RHL	MAP	WVI

**Cliente:** MTC

**Contratista:** CONSORCIO TREN ELECTRICO

**Proyectista:** ODEBRECHT

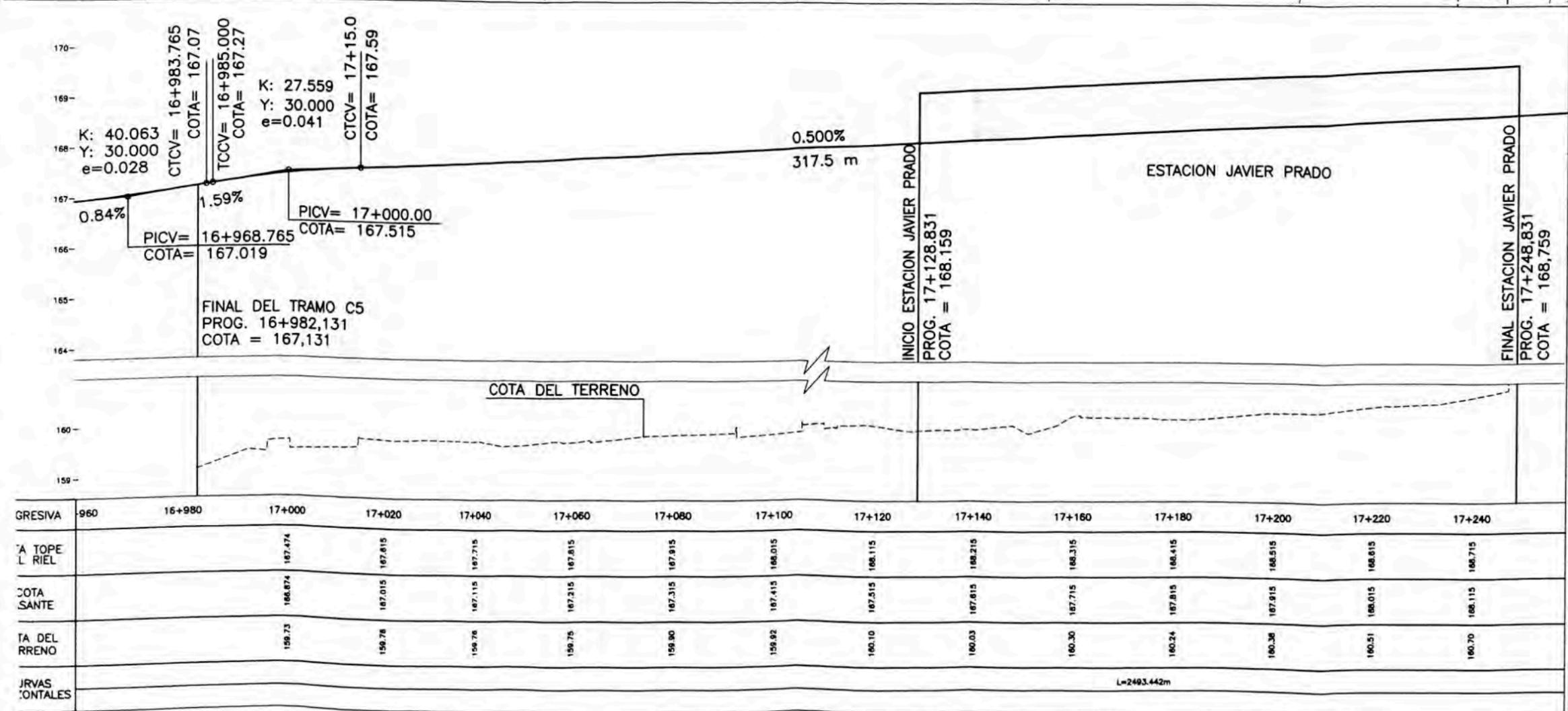
**Figurante:** FIGUEREDO FERRAZ

**Proyecto:** EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

**Código:** CTELFFEVTEDGEGDWG3550003

**Plano:** PLANTA Y PERFIL

**Escala:** (A1) 1/500



# **INFORME: POLIGONAL DE APOYO PROYECTO TREN ELECTRICO**



## **UBICACIÓN:**

**DISTRITOS** : Villa el Salvador, Villa María de Triunfo, San Juan de Miraflores, Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y Lima.

**PROVINCIA** : Lima

**DEPARTAMENTO** : Lima

**Responsable**  
**Fecha**

**: Américo Taipe Torres**  
**: Diciembre del 2009**

**LIMA-PERU 2010**

## INDICE

	Pag.
1.- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
1.1.- UBICACIÓN.....	3
1.2.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO.....	3
1.3.- DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES EN LA ZONA DE TRABAJO.....	3
1.4.- DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO.....	4
2.- POLIGONAL DE APOYO DE 2DO ORDEN.....	5
2.1.- PLANTEAMIENTO DE LA POLIGONAL DE APOYO.....	5
2.2.- PROCEDIMIENTO.....	5
2.3.- BRIGADAS Y EQUIPOS.....	6
2.3.1 Estaciones Totales.....	7
2.3.1.1.- Especificaciones Técnicas.....	7
2.4.- DEFINICIÓN DE LA POLIGONAL DE APOYO.....	8
2.5.- ERROR DE CIERRE EN POLIGONAL DE APOYO.....	9
3.5.1 Resultado del Cálculo.....	9
3.5.2 Análisis de errores en la Poligonal de Apoyo.....	8
2.6.- COMPENSACION DE LA POLIGONAL DE APOYO.....	9
• ANEXO I : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO.....	10
3.-CONCLUSIONES.....	12
4.-OBSERVACIONES.....	12
• ANEXO II: MEMORIA COMPENSACION SISTEMA TOPOGRAPH.....	13
- Libretas de campo.	
- Resultados de las coordenadas compensadas mediante el Software Topograph.	
- Certificado de calibración de los equipos utilizados.	

## **1.- MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1.1.- UBICACIÓN.-**

**DISTRITOS** : Villa el Salvador, Villa María de Triunfo, San Juan de Miraflores, Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y Lima.

**PROVINCIA** : Lima

**DEPARTAMENTO** : Lima

### **1.2.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO.-**

Se ha podido observar zonas de contrastes opuestos, una de ellas es la que va desde la Av. Miguel Iglesias hasta la Av. Javier Prado, esta zona se caracteriza por presentar un alto tráfico vehicular además del peatonal, los trabajos fueron lentos en esta zona, otra de las zonas de características diferentes es la que va desde el km 0+000 en Villa el Salvador hasta el km 5+000 en Villa María que se caracteriza por el tráfico vehicular y peatonal es muy bajo favoreciendo al buen desempeño de las lecturas para las poligonales respectivas, también podemos mencionar a la Av. Aviación específicamente el tramo comprendido entre la Av. México y la Av. Grau, aquí muy aparte al tráfico vehicular y peatonal se suma la existencia del comercio ambulatorio en las calles, quioscos, mercado de la parada, el alto grado de la delincuencia, es una zona muy peligrosa.

### **1.3.-DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES EN LA ZONA DE TRABAJO.-**

Durante la realización de los trabajos de nivelación, se tuvo clima nublado, con una temperatura promedio de 19 °C. y la humedad correspondiente a la costa limeña. El clima no representó ningún impedimento para poder desarrollar normalmente los

trabajos pese a la irregularidad del tiempo. La parte que si fue preponderante en la ejecución de estas labores fueron la restringida visibilidad que se tenía entre puntos de la poligonal dada al tráfico vehicular como peatonal esto marco el ritmo de los avances de los trabajos.

#### **1.4.- DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO.-**

Se ha empleado poligonales encuadradas para todas las poligonales, se parte de 2 puntos conocidos (estación y orientación) y se llega a otro par de puntos conocidos, las coordenadas de estos puntos inicial y final conocidos se obtuvo mediante el empleo de Receptores GPS Diferenciales de doble frecuencia (ver informe de GPS Tren Eléctrico).

El método empleado para la medición de los ángulos y las distancias (en las poligonales) fue el de lectura angular directa e inversa y por series. La observación consiste en medir las longitudes de los tramos y los ángulos horizontales entre ejes consecutivos. En campo se realizaban mediciones de los ángulos en forma directa/inversa y por series, los ángulos obtenidos por cada serie (3 series) no tenían que tener mucha diferencia (max 5") caso contrario se realizaba una 4ta serie de medidas, la distancia es el promedio de todas las distancias visadas.

Los trabajos de poligonal se realizaron durante el día, se tuvo que lidiar con el tráfico vehicular, peatonal, etc. Hubieron demoras en cuanto a lecturas incrementándose las horas muertas la cual influye de sobremanera en el rendimiento de los trabajos de poligonación.

Todo el trabajo de poligonal comprendido desde el puente Atocongo hacia la el ovalo Arriola se realizo con la estación total de marca Topcon, además de bases nivelantes para las vistas atrás y adelante.

La zona de la Av. Aviación comprendida entre las avenidas México y Grau no llevaran poligonal alguna, esto es debido a la cercanía de los puntos GPS, los cuales serán tomados como puntos de partida para futuros levantamientos.

## **2.- POLIGONAL DE APOYO DE 2DO ORDEN**

### **2.1.- PLANTEAMIENTO DE LA POLIGONAL DE APOYO.-**

Como todo trabajo topográfico de precisión, se requiere de una Poligonal de Apoyo, para, partiendo de sus vértices se realice cualquier levantamiento topográfico de la Zona, ó la referenciación de puntos específicos.

Los vértices elegidos en total fueron cinco, realizándose la monumentación de cada uno de ellos. Para la elección de los vértices se tuvo en consideración la visibilidad y distancia entre ellos además de la visual que se tiene de cada vértice.

### **2.2.- PROCEDIMIENTO.-**

Para el levantamiento de la poligonal de apoyo, previamente se reconoció el terreno y se identificó los vértices. Luego se procedió a la colocación de dichos vértices. El levantamiento se realizó mediante medidas de la estación total hacia el vértice de atrás y luego hacia el vértice de adelante, denominándose estas medidas como vista atrás y vista adelante, se hizo varias series de medidas (angulares) directas e inversas, para luego promediar el ángulo.

La poligonal partió de un vértice conocido, referenciándose al otro vértice también conocido. Las coordenadas de estos vértices fueron halladas con el GPS diferencial. El sentido de medición angular en la poligonal fue antihorario.

El Levantamiento de la Poligonal se realizó con una Estación total marca Topcon con lectura a 1" y 3" de precisión. Y para la lectura de las vistas atrás y adelante, se utilizó bases en la cual se montaba el prisma.

## **2.3 BRIGADAS Y EQUIPOS.-**

Para la realización del presente trabajo se contó con 02 brigadas con su respectivo personal que estuvo conformado por:

01 Topógrafo.

02 Instrumentista.

02 Auxiliares.

01 Efectivo policial.

La relación de equipos y accesorios utilizados es el siguiente:

- 01 Estación Total Trimble 5503 Dr200+ precisión 3 segundos. Posteriormente se utilizó una estación de marca Topcon (a pedido del Ing. Luis Soto)
- 03 Radios motorola P110.
- 03 prismas con porta prisma y jalones marca Ovni
- 01 Cámara Digital.
- 01 Camioneta Doble Cabina Pick Up 4x4
- 02 bases nivelantes.
- 02 Prisma con porta prismas.
- 01 wincha de mano.
- Pistola de impacto Hilti para clavos.

Los equipos arriba mencionados fueron para cada brigada (02 brigadas).

### **2.3.1.- Estaciones Totales.-**

En estos instrumentos, los ángulos se miden gracias a un campo magnético sobre círculos de estado sólido, llamados dispositivos de alta frecuencia electromagnética promediada superficialmente, ya que el

campo de alta frecuencia se integra sobre el círculo completo. La medición es de tal forma que los errores de excentricidad se eliminan y el fabricante garantiza una desviación estándar menor de 2s de arco. Un compensador de eje dual corrige automáticamente errores en la inclinación del eje y errores de colimación.

#### **2.3.1.1.- Especificaciones Técnicas.-**

Todos los equipos de Geo Systems son calibrados en sus laboratorios (Foto N°1), antes de salir a la realización de cualquier trabajo. El laboratorio se encuentra certificado por el fabricante (Trimble y Pentax). Para la realización de las calibraciones, el laboratorio cuenta con un set colimador, el cual certifica la verticalidad y horizontalidad de las mediciones.

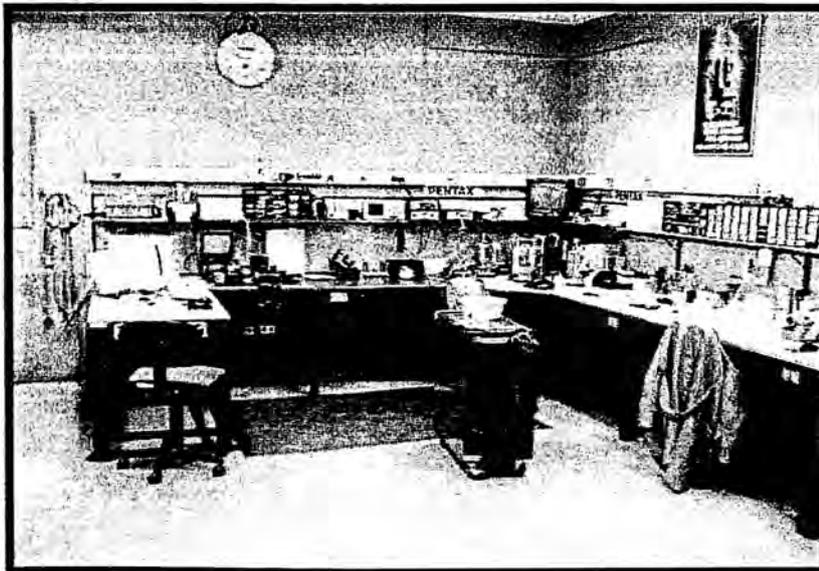


Foto N°1 Laboratorio de Geo Systems

## 2.4- DEFINICION DE LA POLIGONAL DE APOYO.

### COMPENSACIÓN DE LA POLIGONAL DE APOYO (MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS)

Como consecuencia de la toma de datos en campo, se obtiene la definición preliminar en planta de la poligonal de apoyo, expresada en los cuadros que se adjuntan en los anexos.

### 2.5- ERROR DE CIERRE EN POLIGONAL DE APOYO

**2.5.1. Resultado del Cálculo.** Como resultado del cálculo del cierre de la poligonal, normalmente se obtiene lo que se conoce como "error de cierre".

En consecuencia es necesario evaluar si los errores de cierre cumplen con los requerimientos, los cuales se describen en el siguiente ítem.

#### **23.5.2- Análisis de Errores en la Poligonal de Apoyo.-**

De acuerdo con las Especificaciones Técnicas de la propuesta técnica, se tiene una **Poligonal de Segundo Orden**, cuyos errores permisibles son:

➤ **Error Relativo (Er):-**

En Donde:

$$Er = \frac{El}{P}$$

El: Error Lineal:

P : Longitud de la poligonal:

$$Er = \frac{EL}{P} \leq \frac{1}{10000} ; \text{Cumple!}$$

➤ **Error Angular de Cierre(Eac).**-

En Donde:

$$Eac = P'' \sqrt{n}$$

Siendo:

P: Precisión del equipo: 3"

N: Numero de vértices

## 2.6- COMPENSACION DE LA POLIGONAL DE APOYO

Habiendo cumplido satisfactoriamente con los requisitos técnicos en relación a los errores de cierre de la poligonal de 2do orden se procede a realizar el cálculo para la compensación de los vértices de la poligonal, esta compensación se realizó en el Software Sistema TopoGRAPH98, considerando los mínimos cuadrados como metodología para la compensación de las coordenadas.

La manera de colocar los datos de campo en el programa es la de ingresar ángulos y distancias tal y como se ha anotado en las libretas de campo, una vez verificado que las poligonales de apoyo cumplían con los requerimientos de precisión para este tipo de obra de Ingeniería, se procedía a compensar, el programa arrojaba las nuevas coordenadas de los vértices de la poligonal ya compensados

## **ANEXO I: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO**

# Serie 5600 DR 200+ de Estaciones Totales de Trimble

## ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO

### MEDICIÓN DE ANGULOS

Precisión (Desviación típica basada en DIN 18723)	
5601	1" (0.3 mgon)
5602	2" (0.5 mgon)
5603	3" (1.0 mgon)
5605	5" (1.5 mgon)

### Letura de ángulo (cuanto mínima)

Horizontal y vertical	1" (0.1 mgon)
Módulo estándar	1" (0.1 mgon)
Estándar rápida	1" (0.1 mgon)
Retroo	2" (0.5 mgon)

### Valor medio aritmético (D-bar)

5601	
Ángulo horizontal	0.1" (0.01 mgon)
Ángulo vertical	1" (0.1 mgon)
5602-5605	
Ángulo horizontal y vertical	1" (0.1 mgon)

Compensador de nivelación automática Compensador de diez ejes (6 a 1000 mgon)

### MEDICIÓN DE DISTANCIAS

#### Precisión (desviación típica)

Prisma	
Medición estándar	±3 mm ± 3 ppm; ±0.001 pies ± 3 ppm
Estándar rápida	±8 mm ± 3 ppm; ±0.0025 pies ± 3 ppm
Retroo	±10 mm ± 3 ppm; ±0.0032 pies ± 3 ppm
Valor medio aritmético (D-bar)	±3 mm ± 3 ppm; ±0.001 pies ± 3 ppm

#### Lamina reflectiva

Medición estándar	±3 mm ± 3 ppm; ±0.001 pies ± 3 ppm
Estándar rápida	±8 mm ± 3 ppm; ±0.0025 pies ± 3 ppm
Retroo	±10 mm ± 3 ppm; ±0.0032 pies ± 3 ppm
Valor medio aritmético (D-bar)	±3 mm ± 3 ppm; ±0.001 pies ± 3 ppm

#### Modo Reflejos directa

5-200 m (16.4 pies-656 pies)	
Medición estándar	±3 mm ± 3 ppm; ±0.001 pies ± 3 ppm
Estándar rápida	±8 mm ± 3 ppm; ±0.0025 pies ± 3 ppm
Retroo	±10 mm ± 3 ppm; ±0.0032 pies ± 3 ppm
Valor medio aritmético (D-bar)	±3 mm ± 3 ppm; ±0.001 pies ± 3 ppm
>200 m (656 pies)	
Medición estándar	±5 mm ± 3 ppm; ±0.016 pies ± 3 ppm

#### Distancia más corta posible

Al prisma	2 m (6.56 pies)
Reflejos directa	2 m (6.56 pies)
Lamina reflectiva	2 m (6.56 pies)

### Método

#### Tiempo de medición

Modo Prisma	
Medición típica	3 s
Estándar rápida	3 s
Retroo	0.1 s
Valor medio aritmético (D-bar)	3.5 s por medición. Se repite hasta pararlo manualmente (o después de realizar 99 mediciones)

#### Modo Reflejos directa

Modo Reflejos directa	
Medición estándar	3-7 s
Estándar rápida	3-7 s
Retroo	0.1 s
Valor medio aritmético (D-bar)	3.5 s por medición. Se repite hasta pararlo manualmente (o después de realizar 99 mediciones)

#### Distancia (estándar claro \*)

Distancia utilizando un prisma	
1 prisma	2,500 m (8,200 pies)
Modo Largo alcance con 1 prisma	5,500 m (18,040 pies) (alcance máx.)
3 prismas	5,500 m (18,040 pies)
Modo Largo alcance con 3 prismas	5,500 m (18,040 pies) (alcance máx.)

#### Distancia utilizando una lamina reflectiva

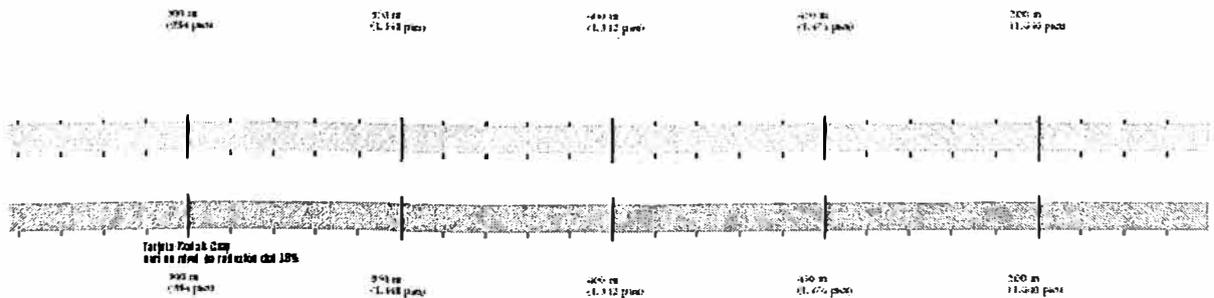
Lamina reflectiva 20 mm	100 m (328 pies)
Lamina reflectiva 20 mm	200 m (656 pies)
Modo Largo alcance	300 m (984 pies)
Lamina reflectiva 60 mm	300 m (984 pies)
Lamina reflectiva 60 mm	300 m (984 pies)
Modo Largo alcance	1,000 m (3,280 pies)

#### Medición de distancias con reflejos directa (típica)

Tarjeta Kodak Gray	(con un nivel de reflexión del 18%)* >2.0 m (6.56 pies)
Tarjeta Kodak Gray	(con un nivel de reflexión del 90%)* >600 m (1,969 pies)
Concreto (hormigón)	200-300 m (656-984 pies)
Construcción de madera	150-200 m (492-656 pies)
Construcción metálica	150-250 m (492-820 pies)
Pavimento	100-150 m (328-492 pies)
Pavimento	100-150 m (328-492 pies)

\* Fuente: *Surveying and Mapping*, 2da edición, por los autores, publicada por el *Engineering Council*. La distancia y la precisión dependen de las condiciones de uso y de la instalación de la estación.

\*\* Tarjeta Kodak Gray, catálogo número 5112772.



### **3.-CONCLUSIONES**

#### **3.1- Poligonal de Apoyo.-**

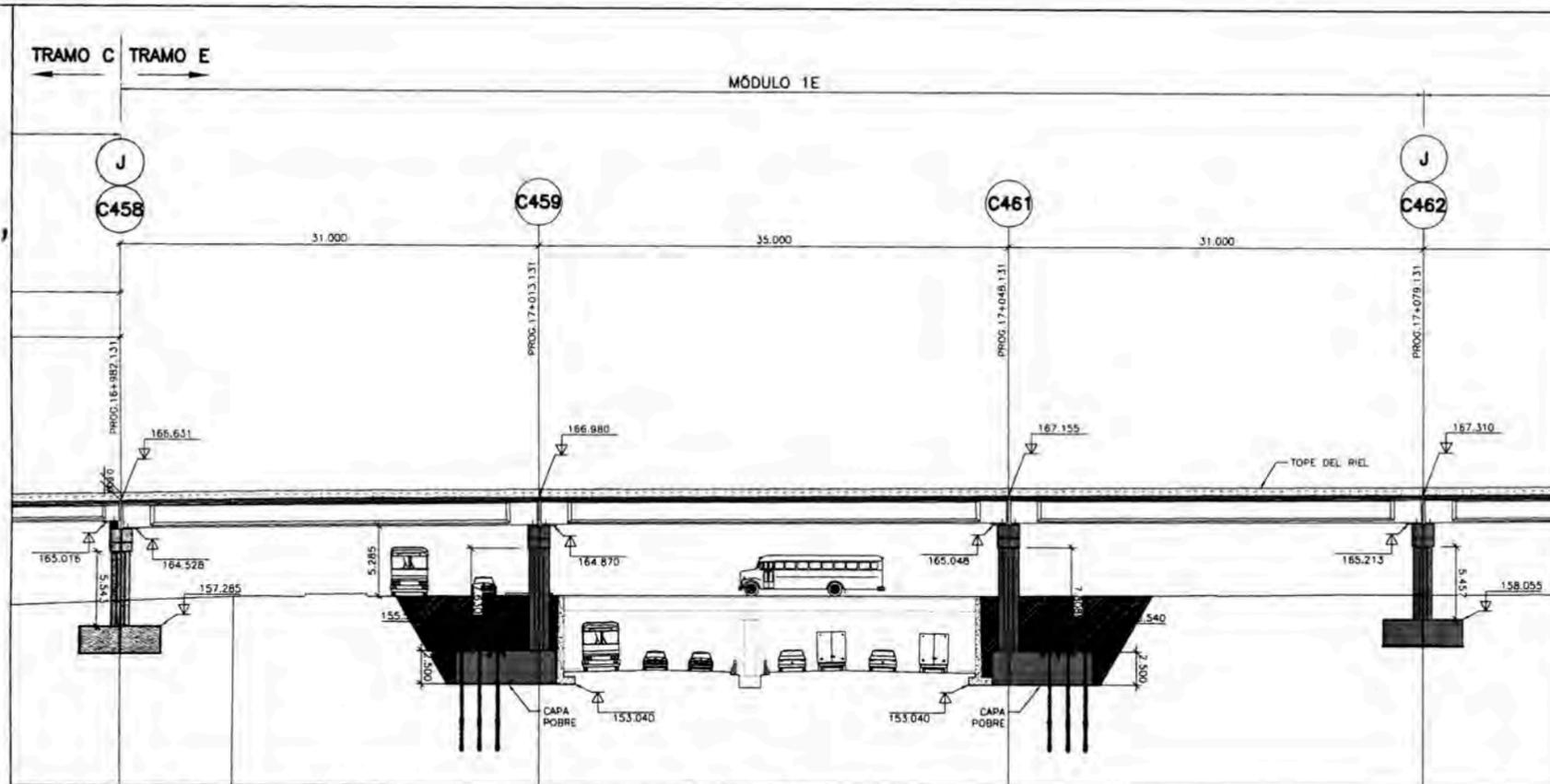
- 3.1.1.- Se ha realizado una poligonal de apoyo, la cual servirá de base para futuros trabajos topográficos tanto de levantamiento y/o de replanteo.
- 3.1.2.- La poligonal ha sido encuadrada y compensada por el método de los mínimos cuadrados, teniendo presente que los puntos de partida y de llegada son puntos calculados con GPS Diferencial, los cuales fueron llevados a coordenadas topográficas.
- 3.1.3.- Todas las poligonales medidas han superado (tanto lineal como de cierre angular) la precisión exigida para las obras de Ingeniería.
- 3.1.4.- Medir los ángulos de una poligonal junto con las distancias nos sirve para poder trasladar las coordenadas de uno de los vértices hacia el resto de los puntos. Conociendo las coordenadas de uno de los puntos de la poligonal, con el acimut y las distancias entre los vértices podemos calcular las coordenadas de los demás puntos, por lo tanto es de vital importancia hacer unas buenas lecturas angulares así como de distancias.
- 3.1.5.-. El error relativo y el error de cierre angular en las poligonales de apoyo, cumplen con los errores permisibles para una poligonal de Segundo Orden (ver Anexo: Memoria de Compensación Sistema Topograph 98).

#### **4.-OBSERVACIONES:**

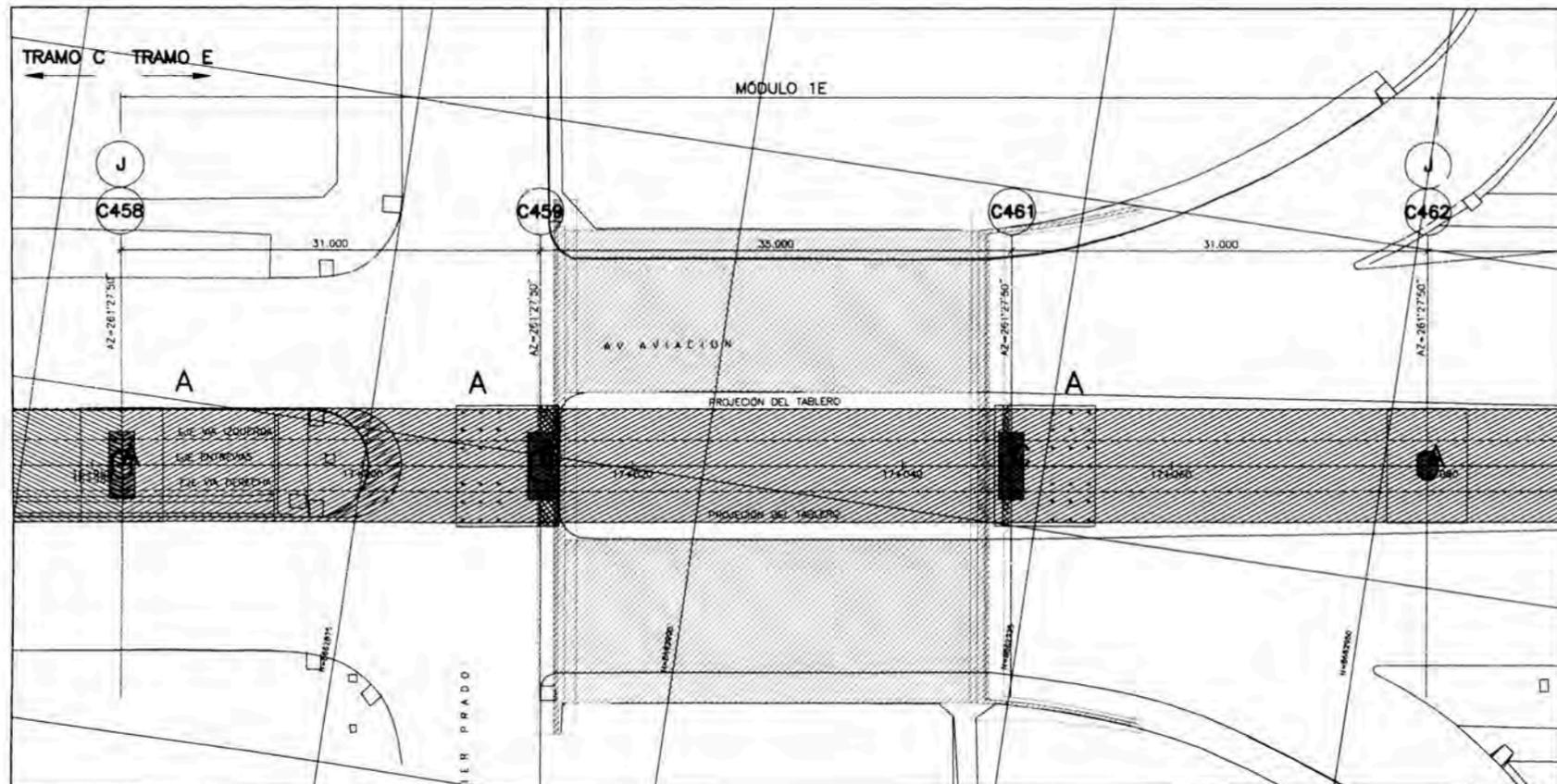
- 1. El presente informe comprende solo las poligonales desde el Puente Atocongo hasta el Ovalo Arriola.
- 2. No habrá poligonal de apoyo en el tramo de la Av. Aviación que comprende desde la Av. México hasta la Av. Grau debido a la cercanía de las 5 bases geodésicas que comprende este tramo.

**AMERICO TAIBE TORRES**  
DESARROLLO Y APLICACIONES  
GEO SYSTEMS INGENIERIA S.A.

# **ANEXO B**



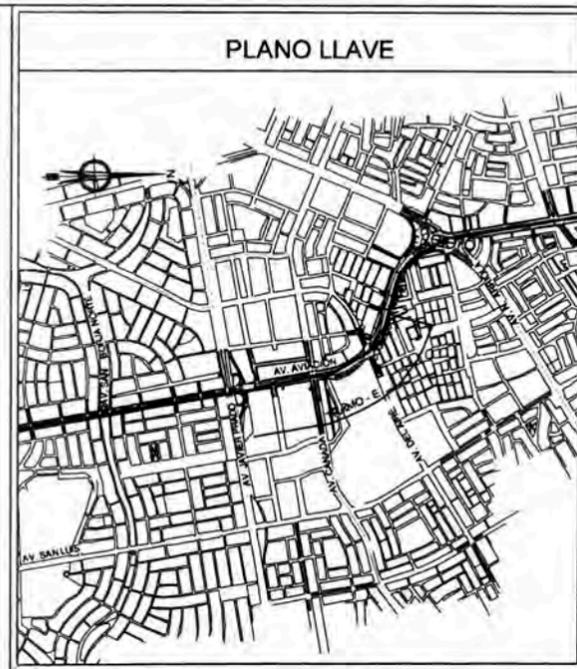
ELEVACIÓN LONGITUDINAL - POR EL EJE DE ENTRE VÍAS  
esc. 1:250



PLANO DE LAS FUNDACIONES  
esc. 1:250

Tabla de Ubicación de las Columnas

COLUMNAS	E	N	AZIMUT
C458	E= 281930.4036	N= 8662857.3008	AZ=261°27'50"
C459	E= 281925.8022	N= 8662887.9574	AZ=261°27'50"
C460	NO EXISTE	NO EXISTE	NO EXISTE
C461	E= 281920.6070	N= 281920.6070	AZ=261°27'50"
C462	E= 281916.0056	N= 662953.2263	AZ=261°27'50"



**LEYENDA**

- ESTRUCTURA EXISTENTE EN PLANTA Y VISTA.
- ESTRUCTURA EXISTENTE EN CORTE.
- ESTRUCTURA NUEVA EN PLANTA Y VISTA.
- ESTRUCTURA NUEVA EN CORTE.
- ESTRUCTURA EXISTENTE A SER DEMOLIDA.

**Notas:**

- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
- 2- CONCRETO f'c = 21 MPa PARA CIMENTACIONES.
- 3- CONCRETO f'c = 28 MPa PARA COLUMNAS Y VIGA CEBEZAL.
- 4- CONCRETO f'c = 10 MPa PARA CAPA POBRE (5cm. SOB CIMENTACIONES).
- 5- LAS FUNDACIONES DEBRAN SER LIBERADAS POR ING. ESPECIALISTA.
- 6- J= JUNTA DE DILATACION.
- 7- LA ZAPATA DEBERA SER APOYADA EN MATERIAL GRAVOSO CON PRESION ADMISIBLE DE 5.0 Kg/cm<sup>2</sup>.
- 8- LA PROFUNDIDAD MINIMA ESTIMADA DE LA COTA DE APOYO DE LAS ZAPATAS ES DE 3.2m.
- 9- LA LIBERACION FINAL DE LA COTA DE APOYO DE LAS ZAPATAS DEBERA SER HECHA POR INGENIERO GEOTECNICO DE FUNDACIONES.

**Referencias:**

CTEL-FYE-VTE-DGE-DWG-35500 AL 35503

**Supervisión:**

	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REEMBAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISERNO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TLK	TLK	ROA	WVI
02	16-Ago-10	EMITIDO PARA REVISION	TLK	TLK	ROA	WVI
03	23-Jul-10	EPR (CAMBIO DONDE INDICADO)	TLK	TLK	ROA	WVI
04	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	EAB	TLK	ROA	WVI

**Clientes:**

**Contratista:**

**Proyectista:**

**Consultor:** FIGUEROA FERRAZ CONSULTORES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.  
T-09014/E-105 DE-10-P04-003.02

**Proyecto:** EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO  
LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

**Código:** C, T, E, L, F, F, E, V, T, E, S, T, D, W, G, 3, 5, 5, 1, 2, 5, 0

**Plan:** IMPLANTACION - TRAMO "E"  
PLANTA Y ELEVACION - MÓDULO 1E

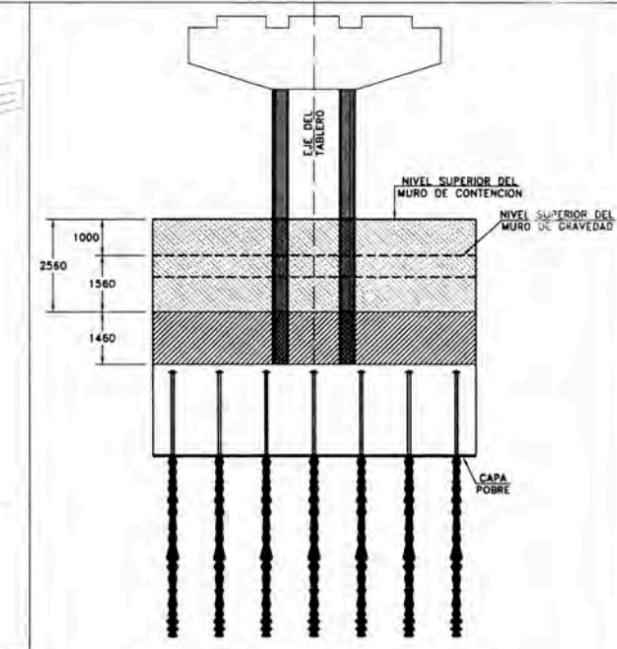
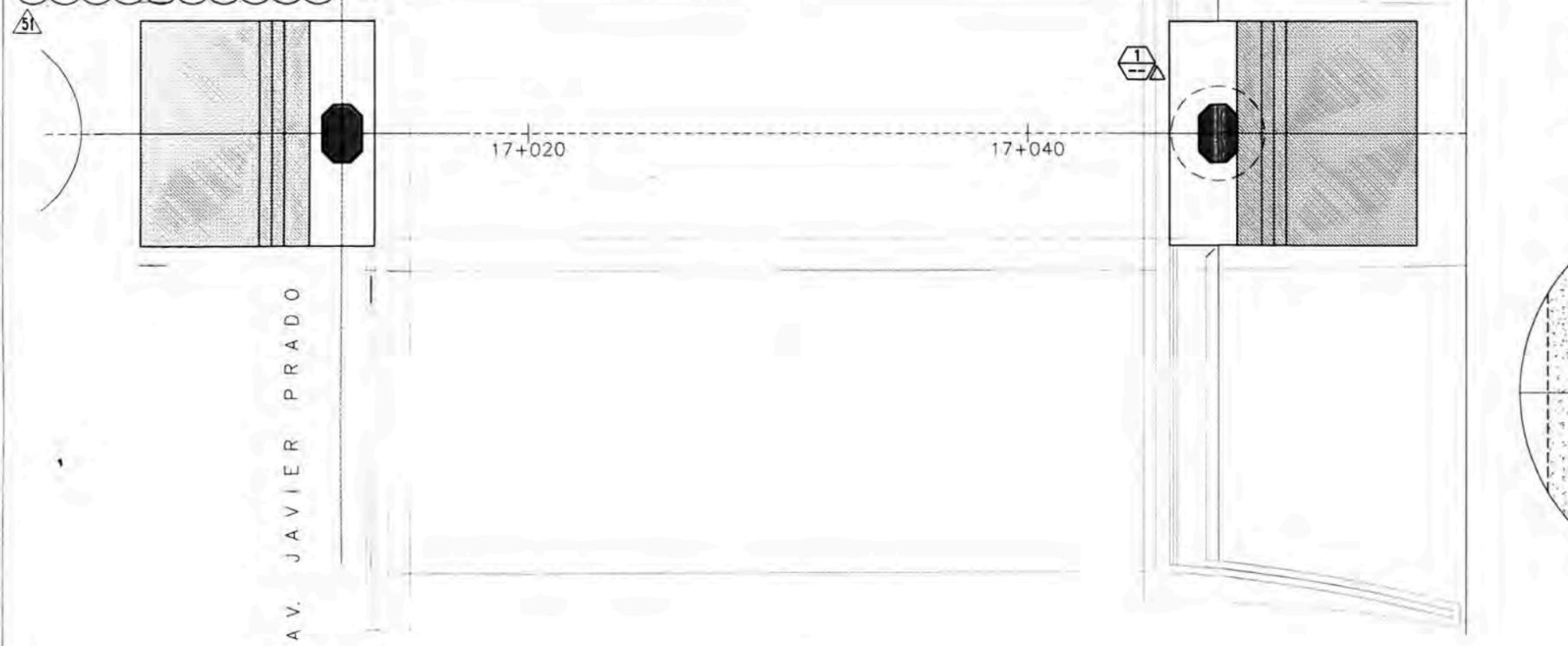
**Escala:** (A1) IND.

**MÉTODO CONSTRUCTIVO:**

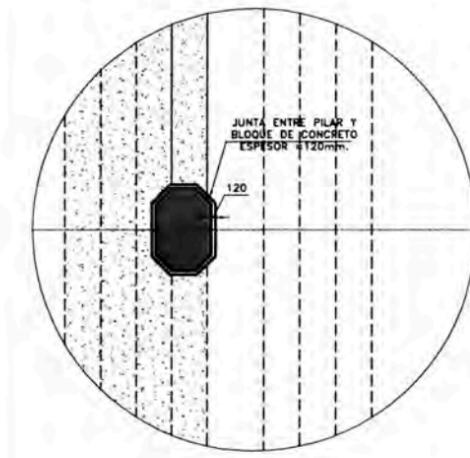
- 0 IDENTIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS Y EVENTUAL REUBICACIÓN.
- 1 ESCAVACIÓN A LA COTA 152.99.
- 2 DEMOLICIÓN PARCIAL DE LA ZAPATA DEL MURO EXISTENTE, ADAPTÁNDOSE LAS ARMADURAS EXISTENTES, SEGÚN DET. 1 Y 2.
- 3 EJECUCIÓN DE LOS MICRO PILOTES.
- 4 MONTAJE DE LAS ARMADURAS DE LA ZAPATA Y COLUMNA.
- 5 VACIADO DE LA ZAPATA.
- 6 RELLENO CON  $f'c = 21MPa$  ENTRE LA ZAPATA Y EL MURO EXISTENTE. (EJE C481).
- 7 RELLENO COMPACTADO.
- 8 RECONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO y / o VEREDAS.

AV. AVIACION

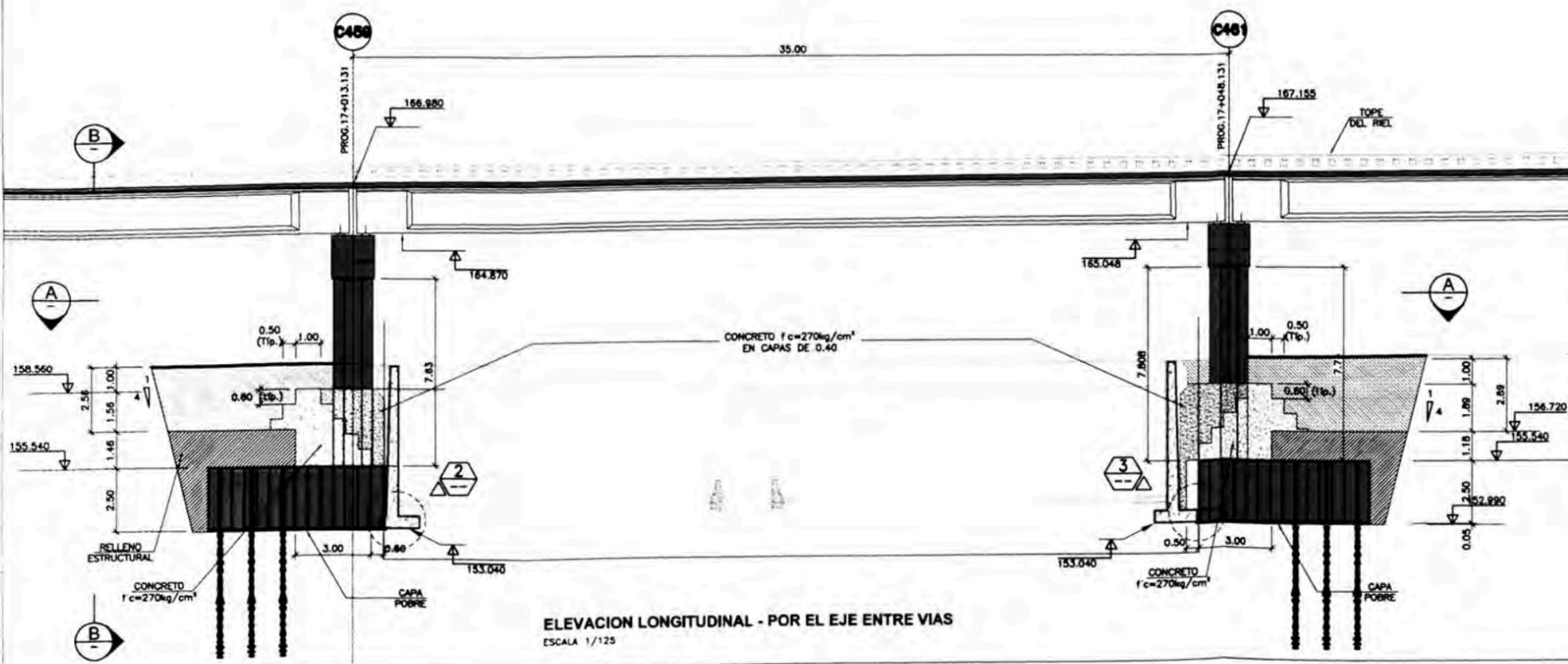
AV. JAVIER PRADO



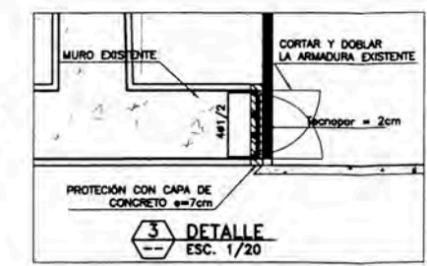
**B SECCION**  
SCALE 1:100



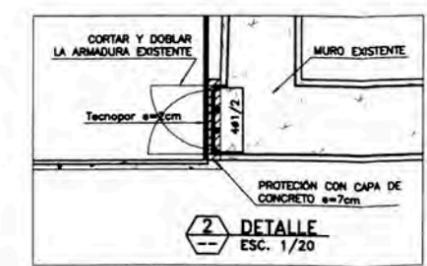
**1 DETALLE**  
ESC. 1/100



**ELEVACION LONGITUDINAL - POR EL EJE ENTRE VIAS**  
ESCALA 1/125



**3 DETALLE**  
ESC. 1/20



**2 DETALLE**  
ESC. 1/20

**PLANO LLAVE**



**LEYENDA**

- ESTRUCTURA EXISTENTE EN PLANTA Y VISTA.
- ESTRUCTURA EXISTENTE EN CORTE.
- ESTRUCTURA NUEVA EN PLANTA Y VISTA.
- ESTRUCTURA NUEVA EN CORTE.
- ESTRUCTURA EXISTENTE A DEMOLER.

**Notas:**

- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.

**Referencias:**

- CTEL-FEE-VTE-EST-DWG-35512, 35577 y 35578
- SI-071: MEMORIA DE CALCULO Y PROCEDIMIENTO PARA VACIADO DE CONCRETO EN MURO DE GRAVEDAD POSTERIOR AL MURO DE CONTENCIÓN DEL CRUCE DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. AVIACION.

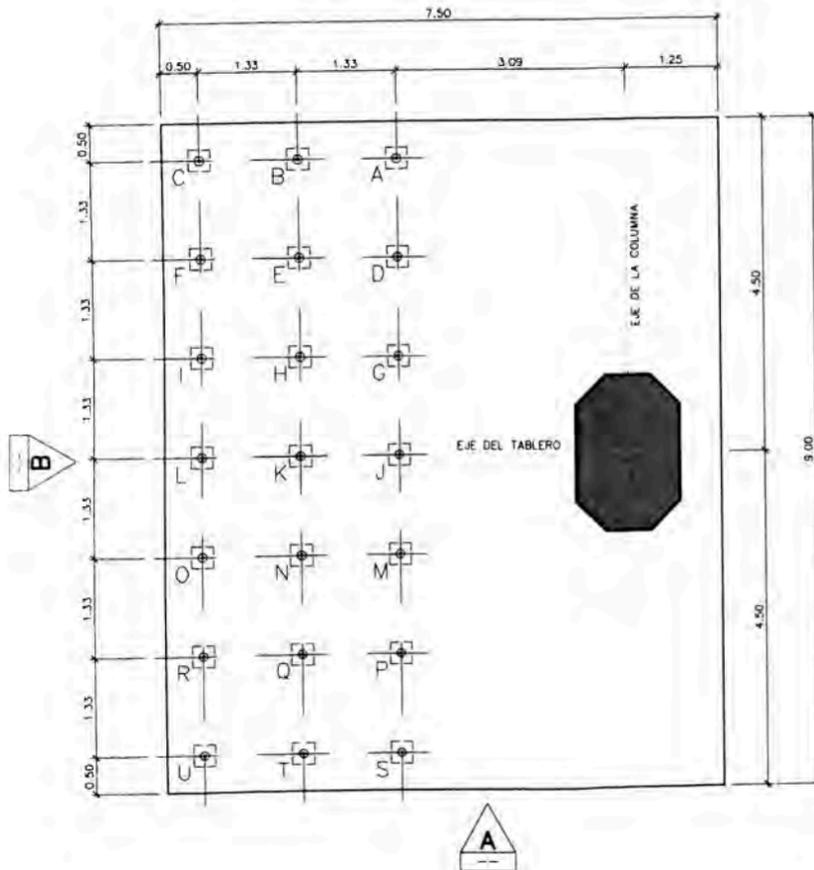
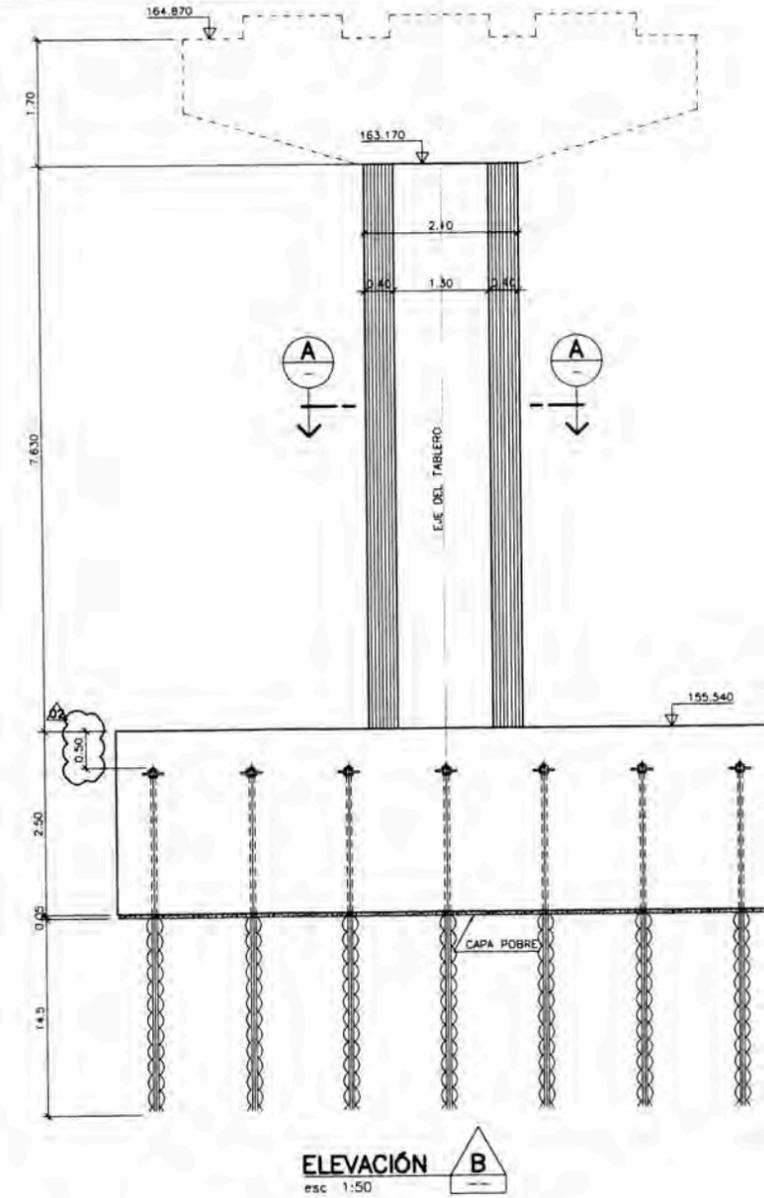
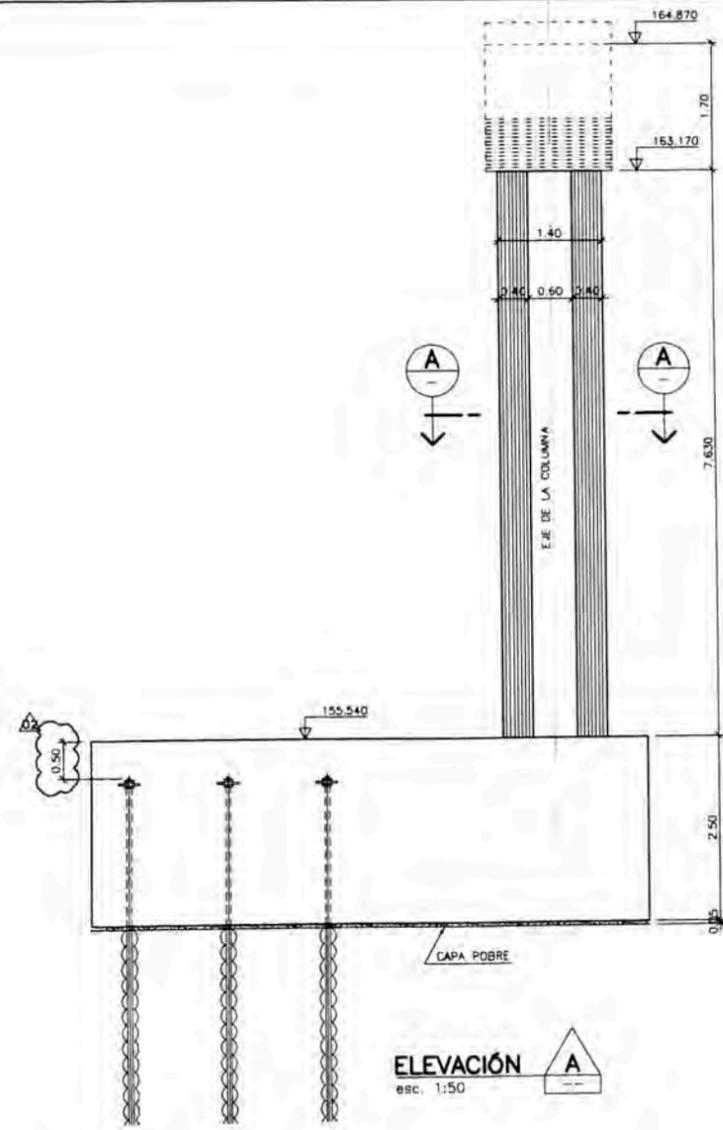
Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	POYRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

51	17-Jun-11	POST CONSTRUCCION	LMI	MCO	MCA	WVI
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CTE	GMO	MCA	WVI
01	29-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	CMC	JES	ROA	WVI
0B	16-Jul-10	REVISION GENERAL	CMC	JES	ROA	WVI
0A	23-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	CAO	JES	ROA	WVI

Cliente:	CONTRATISTA:	PROYECTISTA:
<b>AVE</b>	<b>CONSORCIO TREN ELÉCTRICO</b>	<b>ODEBRECHT</b>
<b>MTC</b>		<b>FIGUEROA FERRAZ</b>
		CONSULTOR Y INGENIERO DE PROYECTO S. R. L.
		T-09014/E-705 DE-10-P04-016 R.8

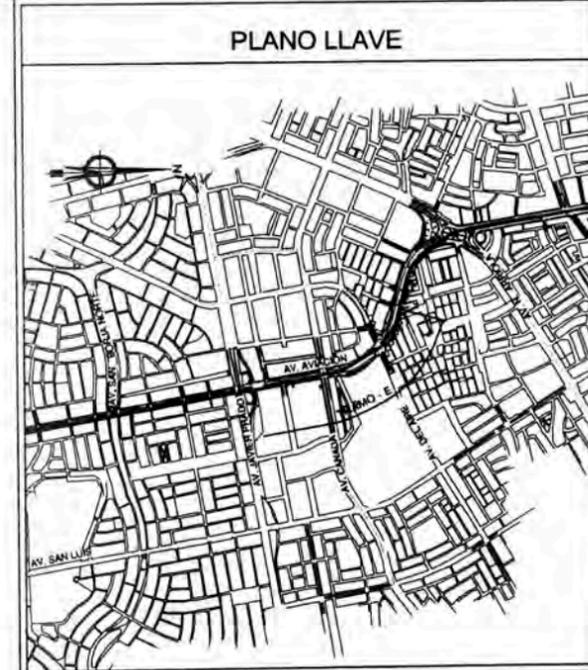
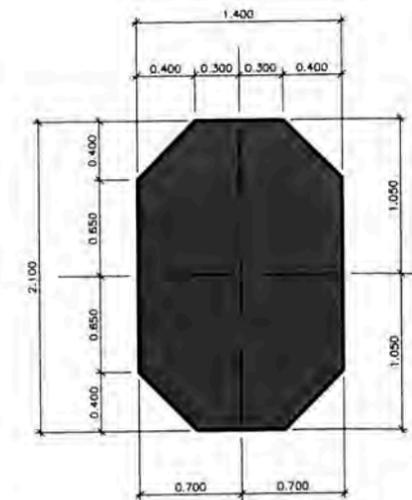
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECHANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código:	Rev.
CTELFFEVTEESTDWG3552551	5, 1
Plano:	Escala:
MÓDULO 1E - TRAVESSIA JAVIER PRADO	(A1)
MÉTODO CONSTRUCTIVO DE LA SUB-ESTRUCTURA	IND.



MICROPILOTES	MÁXIMA COMPRESIÓN (tf)	MÁXIMA TRACCIÓN (tf)	LONGITUD (m)
A	52	-42	14,5
B	40	-44	14,5
C	33	-64	14,5
D	41	-32	14,5
E	30	-34	14,5
F	28	-60	14,5
G	30	-22	14,5
H	24	-29	14,5
I	26	-56	14,5
J	24	-10	14,5
K	22	-25	14,5
L	23	-52	14,5

LEYENDA  
 21 MICROPILOTES AUTOPERFORANTES ISCHEBECK TITAN 73-53 O SIMILAR (VER ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CTCL-FFE-GEN-EST-DWG-INF-30002)



LEYENDA  
 ESTE PLANO ES VALIDO PARA LA SIGUIENTE COLUMNA Y ZAPATA. C459

Notas:  
 NOTAS:  
 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.  
 2- CONCRETO  $f_c = 28$  MPa PARA CABEZALES Y COLUMNAS  
 3- CONCRETO  $f_c = 21$  MPa PARA ZAPATAS.  
 4- LAS FUNDACIONES DEBERÁN SER LIBERADAS POR ING. ESPECIALISTA.  
 5- LA ZAPATA DEBERÁ SER APOYADA EN MATERIAL GRAVOSO CON PRESIÓN ADMISIBLE DE 5.0 Kg/cm<sup>2</sup>.  
 6- LA LIBERACIÓN FINAL DE LA COTA DE APOYO DE LAS ZAPATAS DEBERÁ SER HECHA POR INGENIERO GEOTECNICO DE FUNDACIONES.

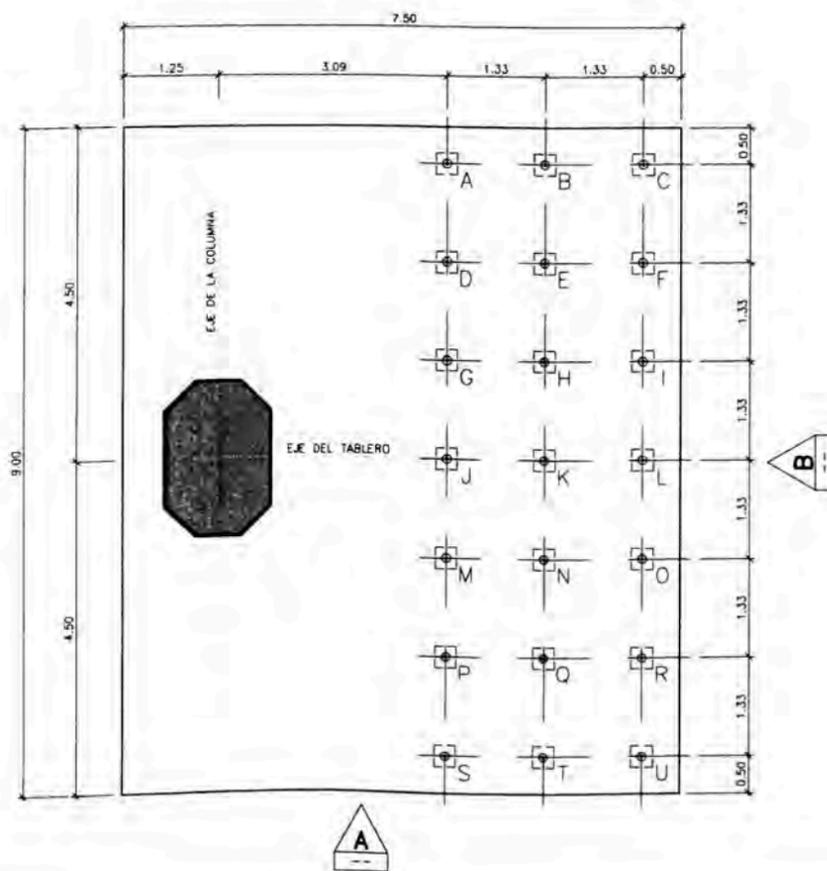
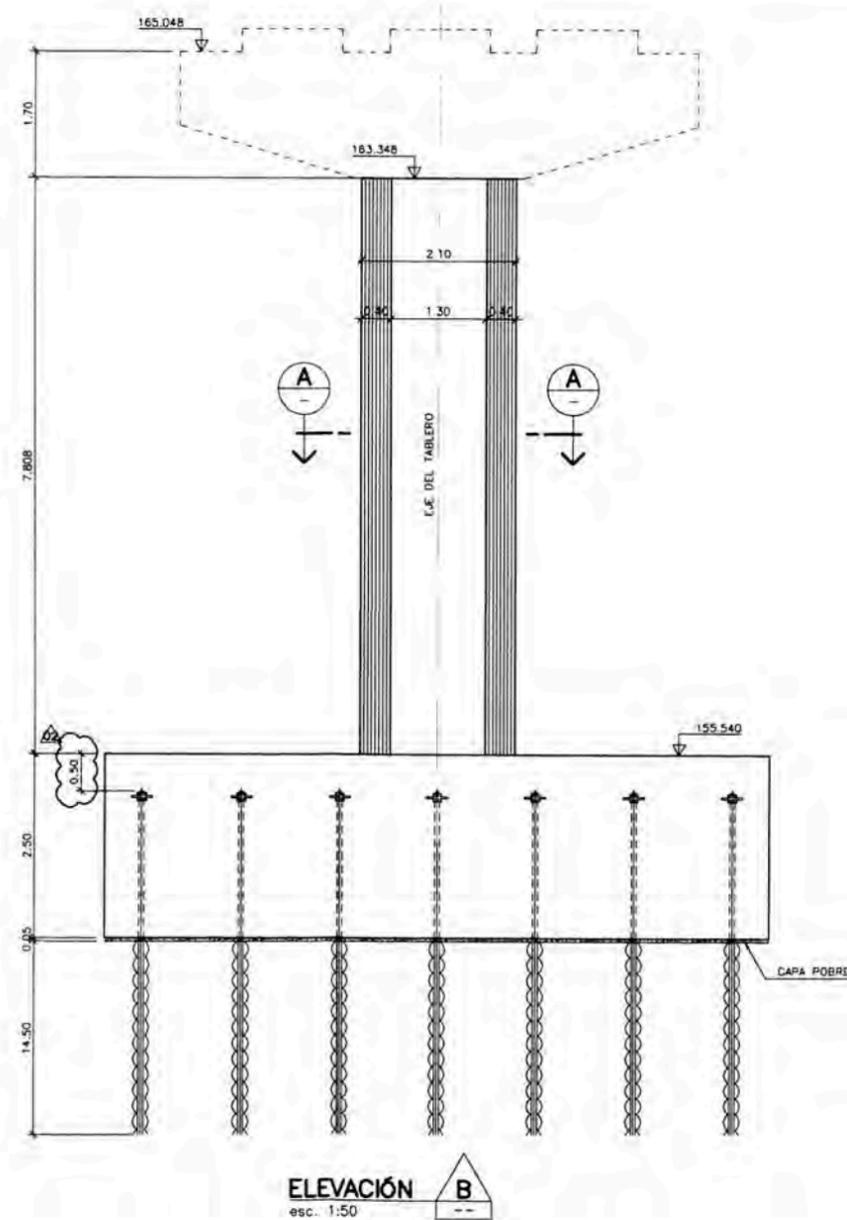
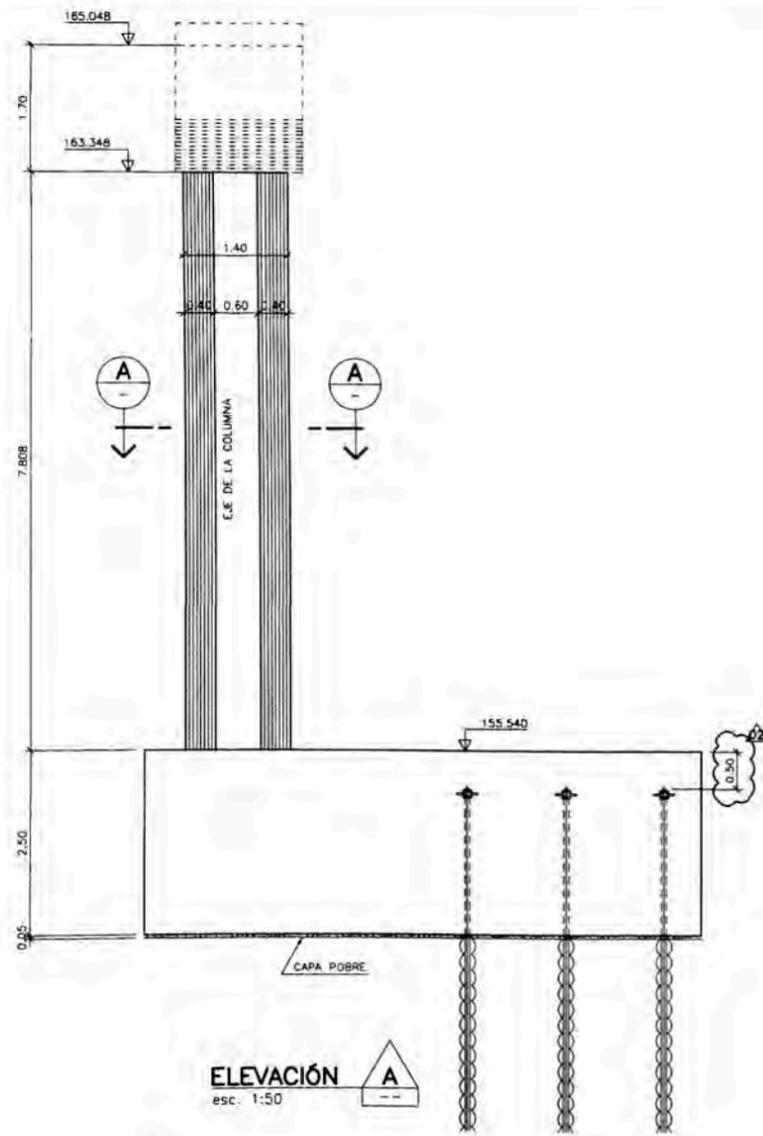
Referencias:  
 CTCL-FFE-VTE-EST-DWG-35512

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
	REVISAR Y REENMAR Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
02	27-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TLK	TLK	ROA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TLK	TLK	ROA	WVI
0C	16-Ago-10	EMITIDO PARA REVISION	TLK	TLK	ROA	WVI
0B	23-Jul-10	EPR (Cambio en los Micropilotes Autoperforantes)	TLK	TLK	ROA	WVI
0A	08-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	ALM	OLG	ROA	WVI

Proyectado: **ODEBRECHT**  
**FIGUEROA FERRAZ**  
 1-09014/E-105 DE-10-PO4-088 RA

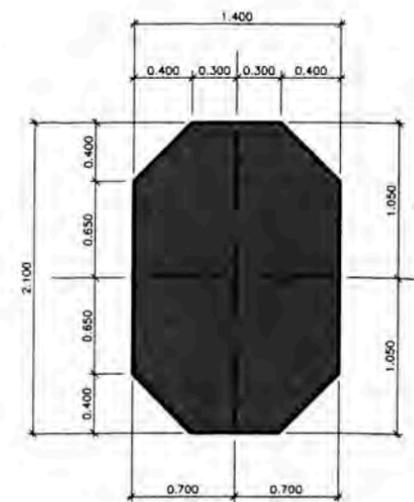
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU  
 Código: CTCLFFE-VTE-EST-DWG-35512 Rev. 5, 0  
 Plano: TRAMO E - MODULO 1E ZAPATA-COLUMNA C459 Escala: (A1) IND.



MICROPILOTES		MÁXIMA COMPRESIÓN (tf)	MÁXIMA TRACCIÓN (tf)	LONGITUD (m)
A	S	52	-42	14,5
B	T	40	-44	14,5
C	U	33	-64	14,5
D	P	41	-32	14,5
E	Q	30	-34	14,5
F	R	28	-60	14,5
G	M	30	-22	14,5
H	N	24	-29	14,5
I	O	25	-56	14,5
J		24	-10	14,5
K		22	-25	14,5
L		23	-52	14,5

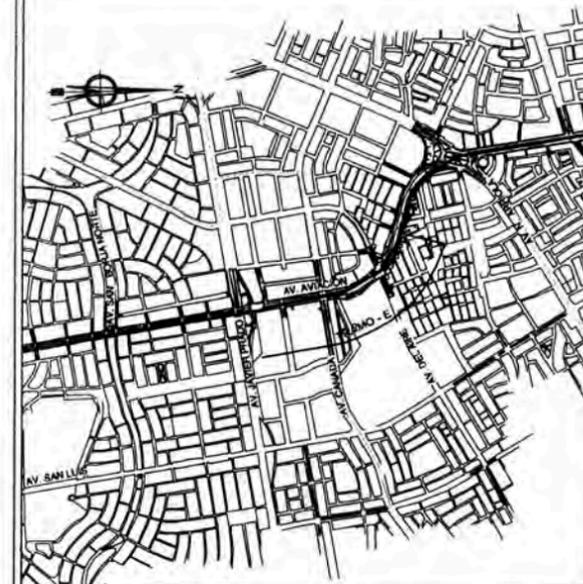
LEYENDA

- 21 MICROPILOTES AUTOPERFORANTES ISCHEBECK TITAN 73-53 O SIMILAR (VER ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CTEL-FFE-GEN-EST-DWG-INF-30002)



SECCIÓN AA  
esc. 1:25

PLANO LLAVE



LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LA SIGUIENTE COLUMNA Y ZAPATA. C461

Notas:

NOTAS:

- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
- 2- CONCRETO f'c = 28 MPg. PARA CABEZALES Y COLUMNAS.
- 3- CONCRETO f'c = 21 MPg. PARA ZAPATAS.
- 4- LAS FUNDACIONES DEBRAN SER LIBERADAS POR ING. ESPECIALISTA.
- 5- LA ZAPATA DEBERA SER APOYADA EN MATERIAL GRAVOSO CON PRESION ADMISIBLE DE 5.0 Kg/cm².
- 6- LA LIBERACIÓN FINAL DE LA COTA DE APOYO DE LAS ZAPATAS DEBERA SER HECHA POR INGENIERO GEOTECNICO DE FUNDACIONES.

Referencias:

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35512

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEMEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
POYRY	REVISAR Y REDIBUIR	Cód. 3	

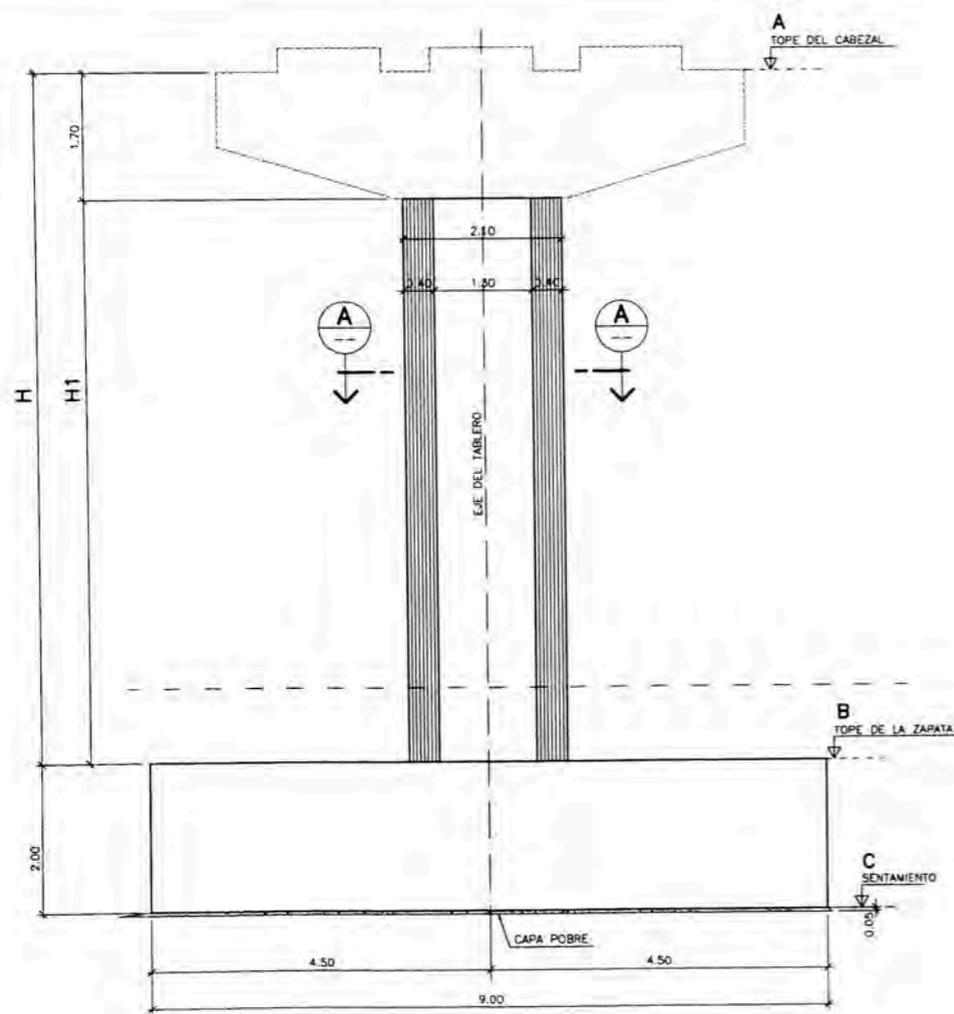
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
02	27-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TLK	TLK	ROA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TLK	TLK	ROA	WVI
DC	16-Ago-10	EMITIDO PARA REVISION	TLK	TLK	ROA	WVI
0B	23-Jul-10	EPR (Cambio en los Micropilotes Autoperforantes)	TLK	TLK	ROA	WVI
0A	08-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	ALM	OLG	ROA	WVI

Cliente:	Contratista:	Proyectista:
MTC	FIGUREDO FERRAZ	FIGUREDO FERRAZ

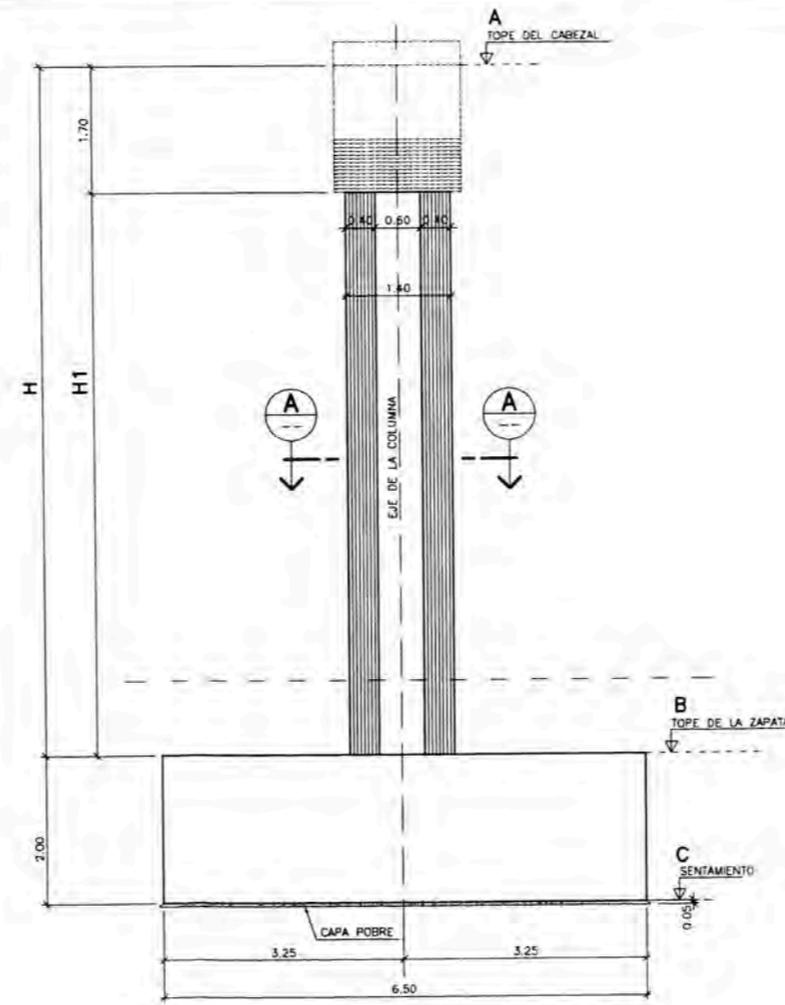
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código:	Rev.
CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35512	5,0

Peso: TRAMO E - MODULO 1E ZAPATA-COLUMNA C461 Escala: (A1) INO.

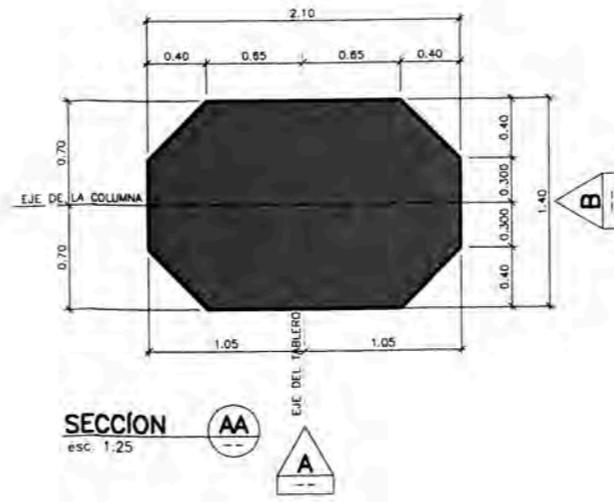
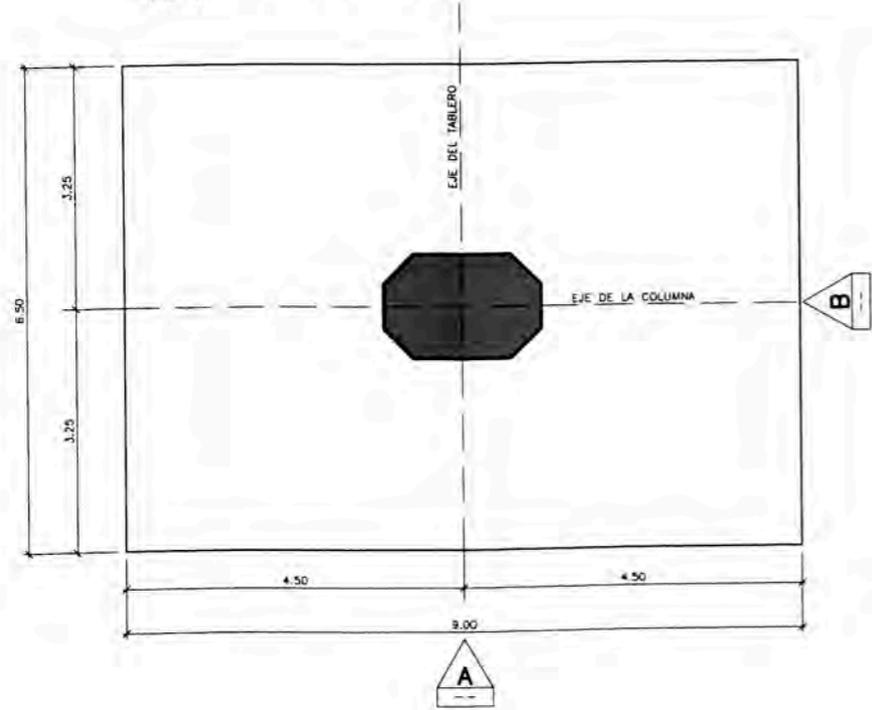


**ELEVACIÓN A**  
esc. 1:50



**ELEVACIÓN B**  
esc. 1:50

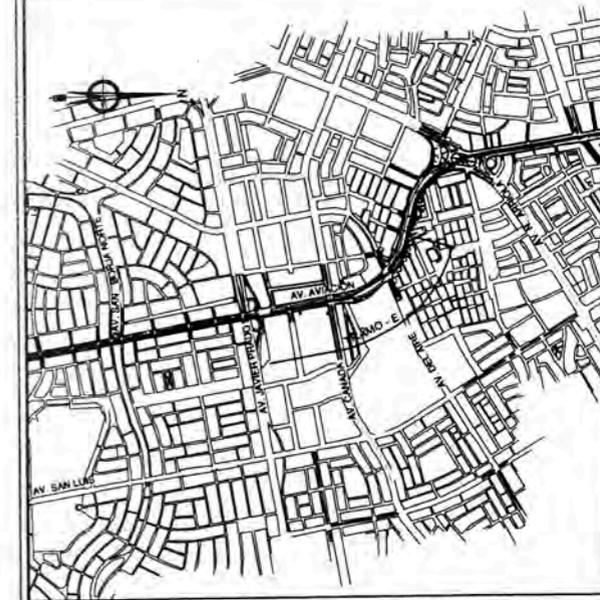
**PLANTA DE LAS ZAPATAS**  
esc. 1:50



**SECCIÓN AA**  
esc. 1:25

TABLA DE LAS COLUMNAS Y ZAPATAS					
EJE	H1	H	A	B	C
C458	5.543	7.243	164.528	157.285	155.285
C462	5.457	7.157	165.213	158.055	156.055
C463	5.455	7.155	165.361	158.206	156.206

**PLANO LLAVE**



**LEYENDA**

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LAS SIGUIENTES COLUMNAS Y ZAPATAS.  
C458 - C462 - C463

**Notas:**

- NOTAS:**
- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
  - 2- CONCRETO f'c = 28 MPa. PARA CABEZALES Y COLUMNAS.
  - 3- CONCRETO f'c = 21 MPa. PARA ZAPATAS.
  - 4- CONCRETO f'c = 10 MPa. PARA CAPA POBRE. (5cm ABAJO DE LAS ZAPATAS).
  - 5- LAS FUNDACIONES DEBRAN SER LIBERADAS POR ING. ESPECIALISTA.
  - 6- LA ZAPATA DEBERA SER APOYADA EN MATERIAL GRAVOSO CON PRESION ADMISIBLE DE 5.0 Kg/cm<sup>2</sup>.
  - 6- LA LIBERACION FINAL DE LA COTA DE APOYO DE LAS ZAPATAS DEBERA SER HECHA POR INGENIERO GEOTECNICO DE FUNDACIONES.

**Referencias:**

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-36512 al 36513.

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	Cód. 2	
	<input type="checkbox"/>	Cód. 3	

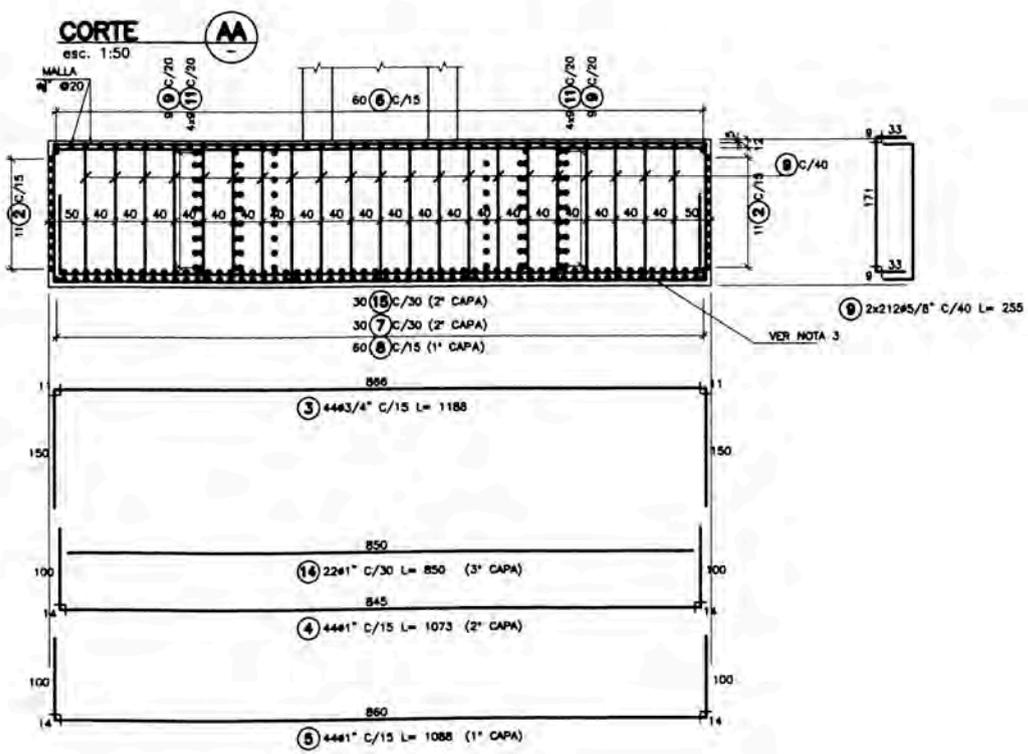
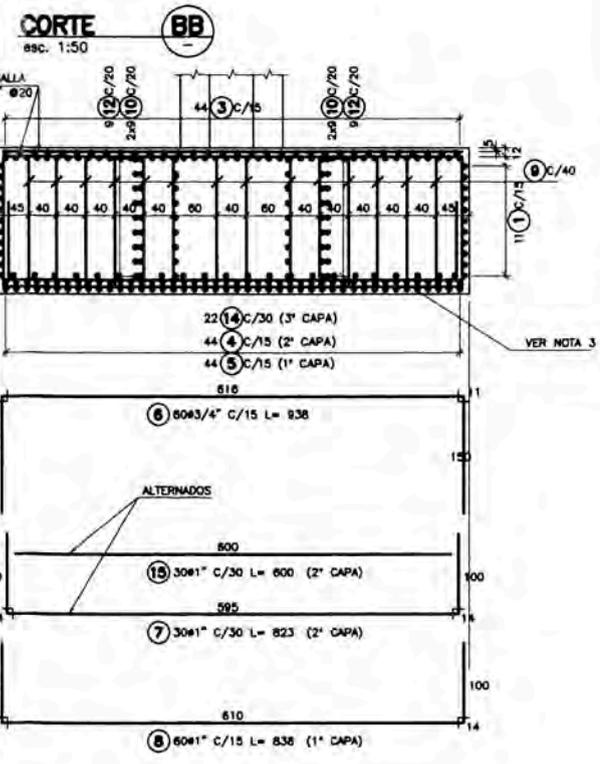
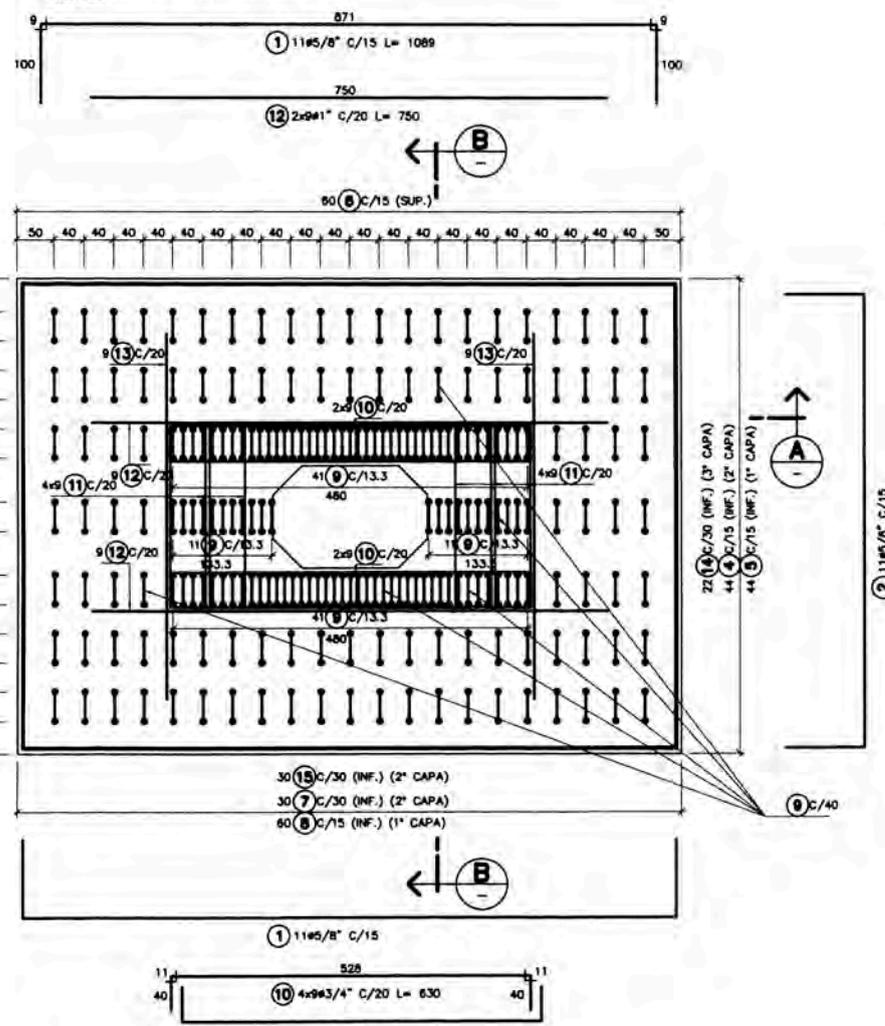
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	AEN	DLG	ROA	WVI
DB	16-Ago-10	EMITIDO PARA REVISION	AEN	DLG	ROA	WVI
QA	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	ALM	DLG	ROA	WVI

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

Código:	Rev.
CTELFFE-VTE-EST-DWG-35576	50

Plano: **TRAMO E - MODULOS 1E - 2E ZAPATAS-COLUMNAS C458-C462-C463**

**ZAPATAS EJES C458, C462 y C463 (3x)**  
**ACERO DE REFUERZO**  
**ZAPATA 900x650x200**  
 esc. 1:50



VER ACERO DE REFUERZO DE LAS COLUMNAS  
 PLANO CTCL-FFE-VIT-EST-DWG-35685

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	5/8	22	1089	23958
2	5/8	22	839	18458
3	3/4	44	1188	52272
4	1	44	1073	47212
5	1	44	1088	47872
6	3/4	60	938	56280
7	1	30	823	24690
8	1	60	838	50280
9	5/8	424	255	108120
10	3/4	36	630	22680
11	5/8	72	330	23760
12	1	18	750	13500
13	1	18	550	9900
14	1	22	850	18700
15	1	30	600	18000

(\* LONGITUD PROMEDIO)

PLANO LLAVE

LEYENDA

VÁLIDO PARA EJES:  
 C458, C462 y C463

- Notas:
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
  - MATERIALES: CONCRETO (f<sub>c</sub> = 21MPa (210 kgf/cm<sup>2</sup>))  
 ACERO (ARMADURA PASIVA) f<sub>y</sub> = 420 MPa (4200 kgf/cm<sup>2</sup>)
  - RECUBRIMIENTO: 7,5cm
  - LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.

Referencias:  
 CCI-030: RETIRADA DE ESTRIBOS ABAJO DE LAS COLUMNAS

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmas
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

51	17-Jun-11	POST CONSTRUCCION	LMI	MCO	MCA	WVI
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TLK	TLK	ROA	WVI
0B	27-Jul-10	EPR (DONDE INDICADO)	TLK	TLK	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	PAP	TLK	ROA	WVI

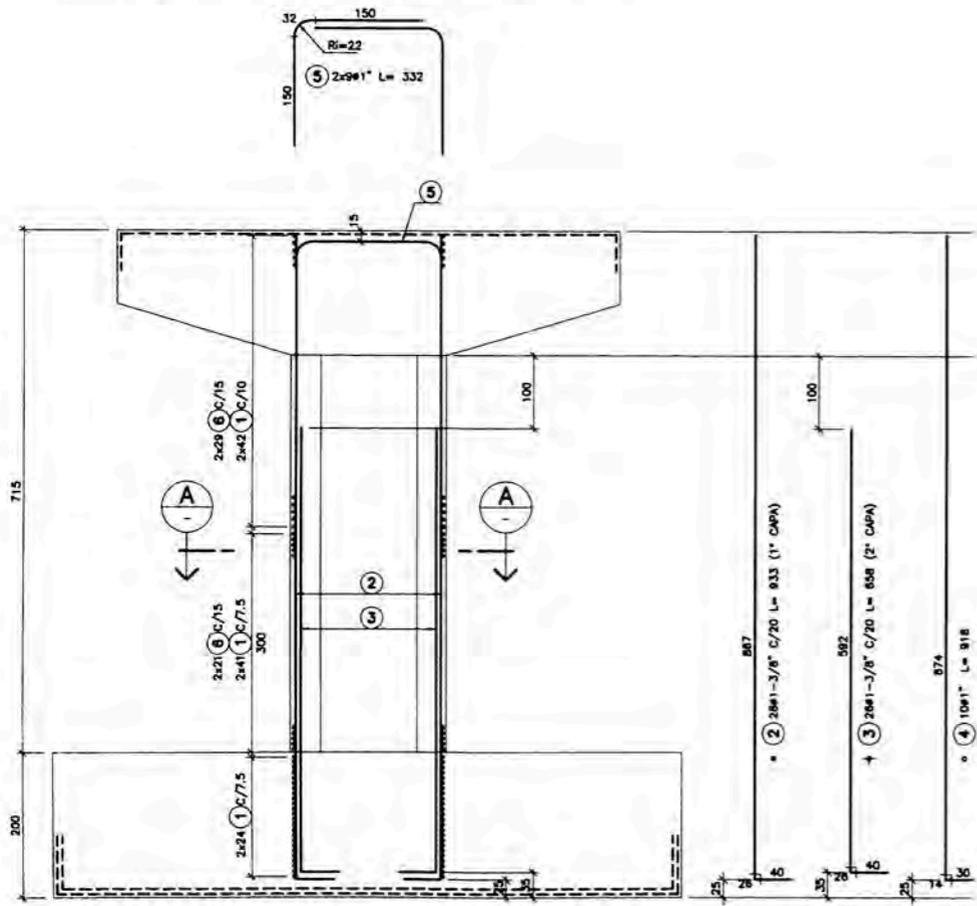
Cliente: **MTCA** Contralista: **CONSORCIO TREN ELECTRICO** Proyectista: **ODEBRECHT**  
**FIGUEROA FERRAZ**  
 CONSULTORES EN INGENIERIA CIVIL S.A.  
 T-09014/E-705 DE-10-963-SMI RA

GANCHOS			ESQUEMA			ESTRIBOS			ESQUEMA		
N°	Ø (pulg)	lc (cm)	a1 (cm)	N°	Ø (pulg)	lc (cm)	a1 (cm)	N°	Ø (pulg)	lc (cm)	a1 (cm)
1	3/8	8.5	4.0	1	3/8	8.5	4.0	1	3/8	8.5	4.0
2	1/2	7.0	8.0	2	1/2	7.0	8.0	2	1/2	7.0	8.0
3	5/8	9.5	8.0	3	5/8	9.5	8.0	3	5/8	9.5	8.0
4	3/4	11.0	8.0	4	3/4	11.0	8.0	4	3/4	11.0	8.0
5	7/8	12.0	8.0	5	7/8	12.0	8.0	5	7/8	12.0	8.0
6	1	14.0	11.0	6	1	14.0	11.0	6	1	14.0	11.0
7	1 1/4	23.0	18.0	7	1 1/4	23.0	18.0	7	1 1/4	23.0	18.0
8	1 1/2	28.0	18.0	8	1 1/2	28.0	18.0	8	1 1/2	28.0	18.0

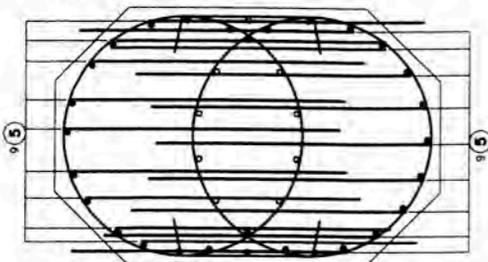
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código:	CTELFFEVT EEST DWG 3,5,6,8,3 5,1	Rev.	
Plano:	TRAMO E - EJES C458, C462 y C463 ZAPATAS - ARMADURA	Escala:	(A1) ND.

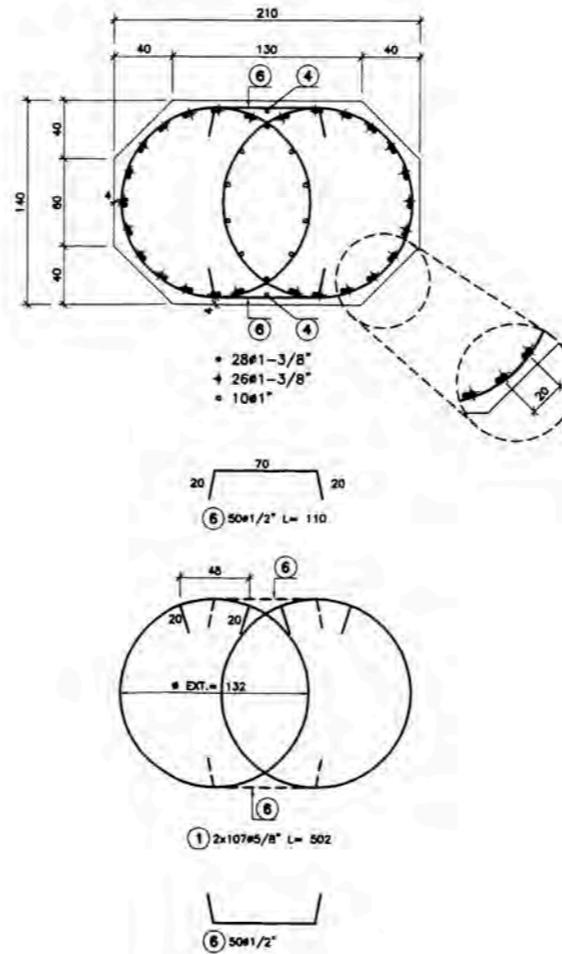
ACERO DE REFUERZO TÍPICO - COLUMNAS C458, C462 y C463 (3x)  
esc. 1:50



UBICACIÓN DE LA POS. ⑤  
esc. 1:20



SECCIÓN AA  
esc. 1:25



LISTA DE VARILLAS

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	
			UNIT.	TOTAL
1	5/8	642	502	322284
2	1-3/8	84	933	78372
3	1-3/8	78	658	51324
4	1	30	918	27540
5	1	54	332	17928
6	1/2	300	110	33000

RESUMEN

DIAMETRO N°	Ø"	kg/m	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3	3/8	0.57		
4	1/2	1.00	330.00	330
5	5/8	1.55	3222.84	4995
6	3/4	2.24		
7	7/8	3.04		
8	1	3.97	454.68	1805
11	1-3/8	7.91	1296.96	10259
PESO TOTAL ( kg )				17389

PLANO LLAVE

LEYENDA

VÁLIDO PARA COLUMNAS:  
C458, C462 y C463

- Notas:
- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS
  - 2- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS
  - 3- CONCRETO f'c= 28MPa (280 kgf/cm²)
  - 4- ACERO fy= 420 MPa (4200 kgf/cm²)
  - 5- RECLUBRIMIENTO PARA LOS ESTRIBOS= 4cm, EXCEPTO DONDE INDICADO.

Referencias:  
CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35576

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	POYRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	TLK	ROA	WVI
DA	08-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	PAP	TLK	ROA	WVI

Cliente:	Contratista:	Proyectista:
MTC		ODEBRECHT
		FIGUEIREDO FERRAZ
		CONSTRUCIONES Y SERVICIOS S.A.
		T-09014/E-T05 DE-10-INV-086 R.O

TABLA DE DOBLES - ACERO fy 4200

GANCHOS			ESQUEMA			ESTRIBOS			ESQUEMA		
DIAMETRO N°	Ø (pulg)	lc (cm)	lc (cm)	a1 (cm)	lc (cm)	lc (cm)	a1 (cm)	lc (cm)	lc (cm)	a1 (cm)	lc (cm)
3	3/8	6.0	6.0	4.0	3	3/8	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0
4	1/2	7.0	7.0	4.0	4	1/2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
5	5/8	8.0	8.0	4.0	5	5/8	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0
6	3/4	11.0	11.0	4.0	6	3/4	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0
7	7/8	13.0	13.0	4.0	7	7/8	4.0	4.0	7.0	7.0	7.0
8	1	14.0	14.0	4.0	8	1	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0
10	1 1/4	23.0	23.0	4.0	10	1 1/4	4.0	4.0	11.0	11.0	11.0
11	1 3/8	28.0	28.0	4.0	11	1 3/8	4.0	4.0	14.0	14.0	14.0

Proyecto:

EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código: CTELFFEVT, EST, DWG, 3, 5, 6, 8, 5, 5, 0

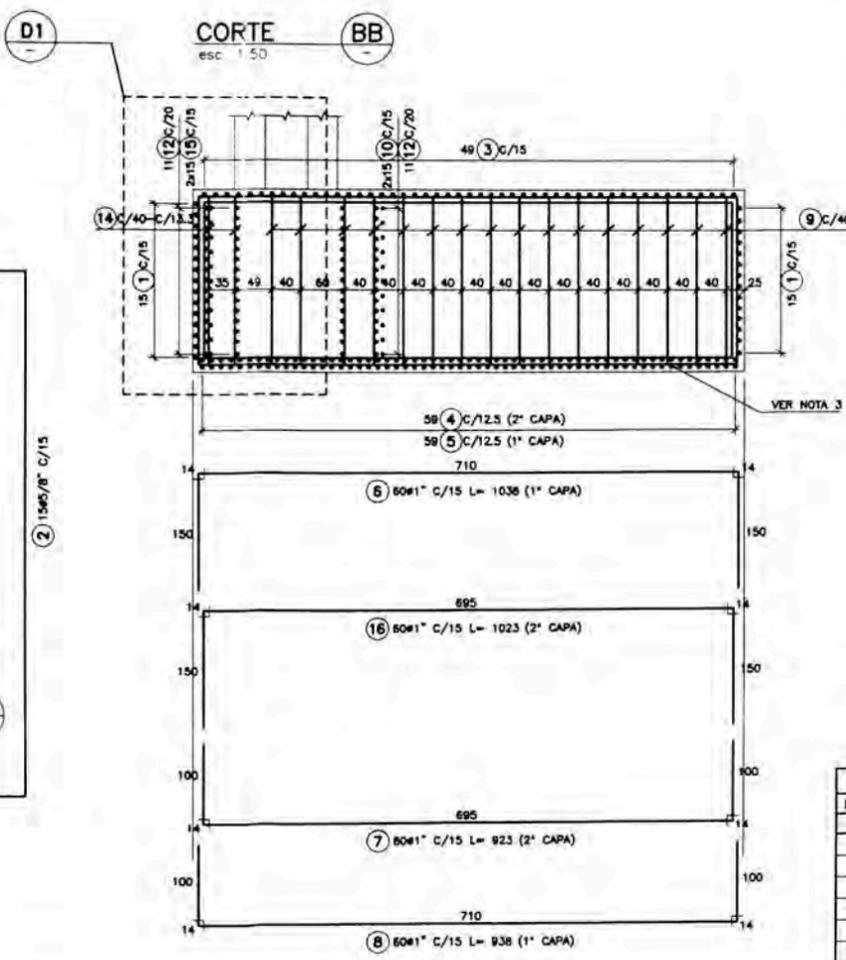
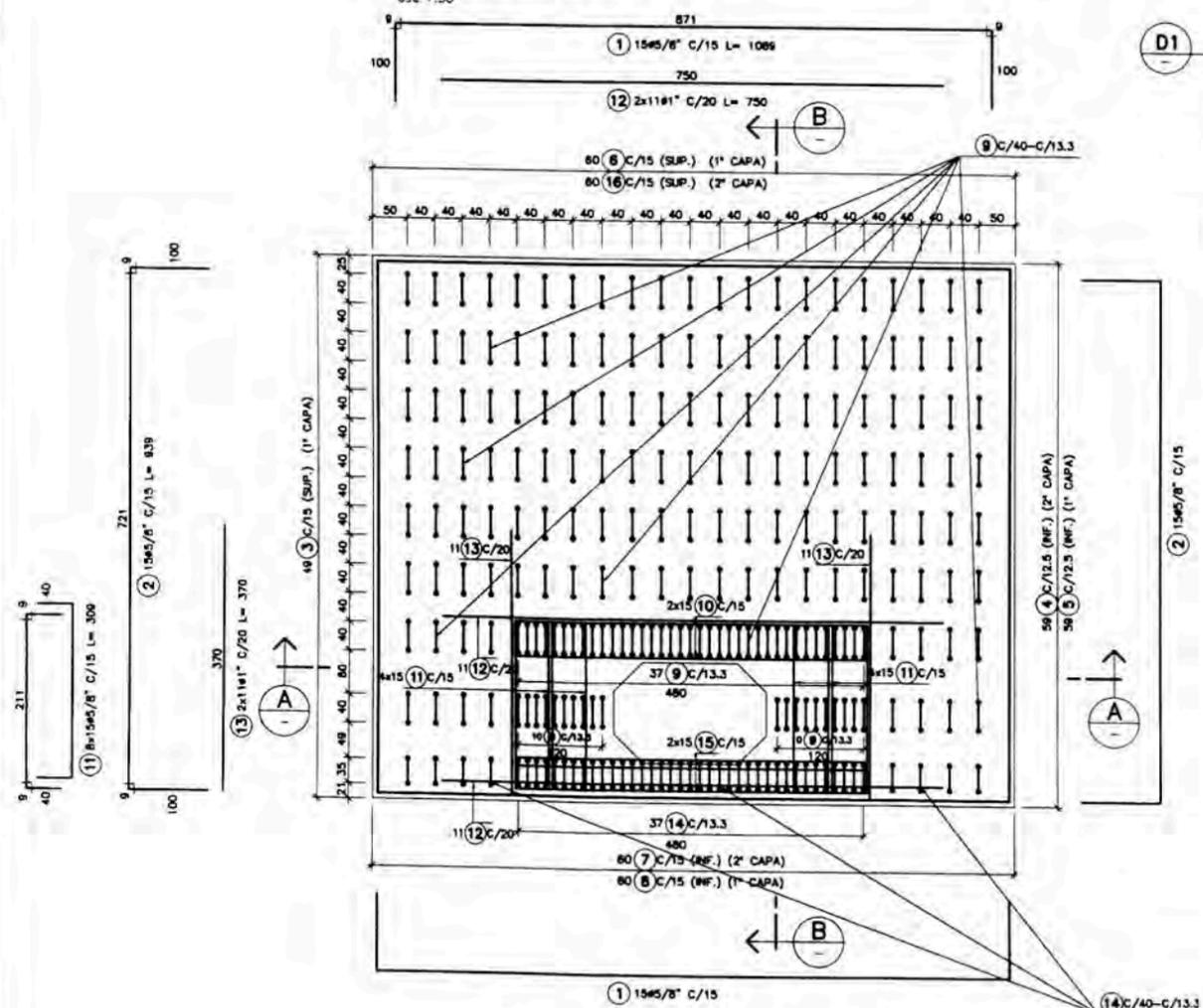
Rev.:

Plano: TRAMO E COLUMNAS - ACERO DE REFUERZO

Escala: (A1)

IND

ZAPATAS EJES C459 y C461 (2x)  
ACERO DE REFUERZO  
ZAPATA 900x750x250  
esc. 1:50



LISTA DE VARRILLAS

POS.	N°	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	5/8	30	1088	32670
2	5/8	30	936	28170
3	1	49	1188	58212
4	1	59	1073	63307
5	1	59	1088	64192
6	1	60	1036	62280
7	1	60	923	55380
8	1	60	938	56280
9	5/8	398	305	121390
10	3/4	30	576	17280
11	5/8	120	309	37080
12	1	22	750	16500
13	1	22	370	8140
14	5/8	90	295	26550
15	3/4	30	550	16500
16	1	60	1023	61380

PLANO LLAVE

LEYENDA

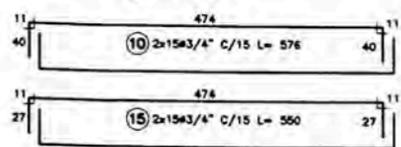
VÁLIDO PARA EJES:  
C459 y C461

RESUMEN

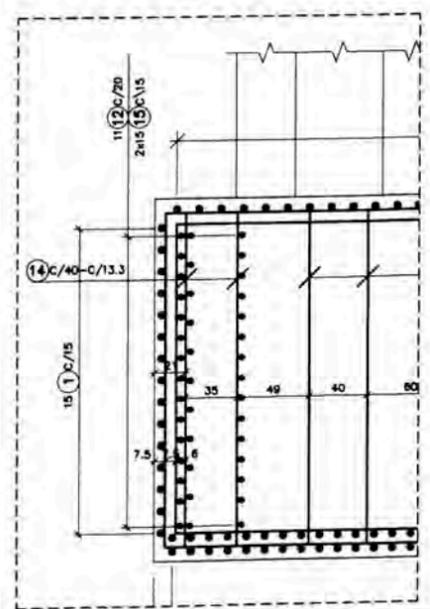
N°	DIAMETRO	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3	3/8	0.57		
4	1/2	1.00		
5	5/8	1.55	2458.60	3811
6	3/4	2.24	337.80	757
7	7/8	3.04		
8	1	3.97	4456.71	17694
11	1-3/8	7.91		
PESO TOTAL P/ 1 ZAPATA ( kg )				22262
PESO TOTAL P/ 2 ZAPATAS ( kg )				44524

Notas:  
1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS. LOS DIAMETROS EN PULGADAS.  
2- MATERIALES: CONCRETO (f'c= 21MPa (210 kgf/cm²))  
ACERO (ARMADURA PASIVA) (fy= 420 MPa (4200 kgf/cm²))  
3- RECUBRIMIENTO: 7,5cm  
4- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.

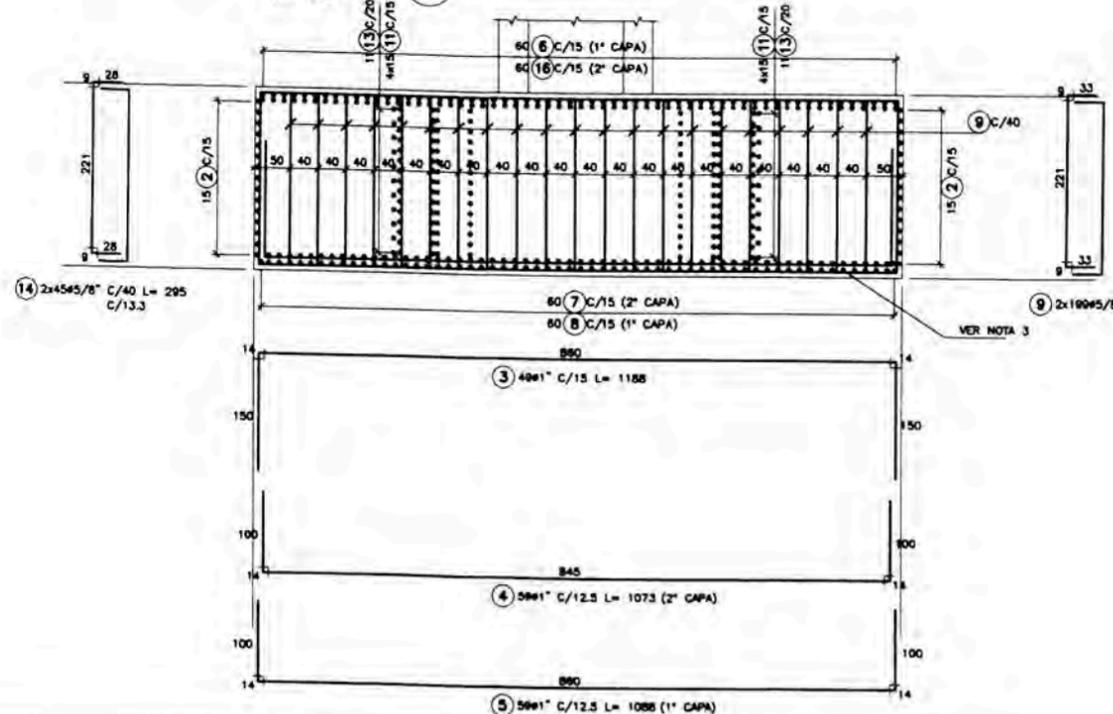
PESO TOTAL P/ 1 ZAPATA ( kg ) 22262  
PESO TOTAL P/ 2 ZAPATAS ( kg ) 44524



DETALLE D1  
esc. 1:25



CORTE AA  
esc. 1:50



VER ACERO DE REFUERZO DE LAS COLUMNAS  
PLANO CTCL-FFE-VTE-EST-DWG-35686

Referencias:  
CTCL-FFE-VTE-EST-DWG-35577 y 35578

Supervisión:

APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
D1	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	DLS	CMC	ROA	WVI
OB	06-Ago-10	EPR (REVISIÓN GENERAL)	DLS	CMC	ROA	WVI
DA	11-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	PAP	OLG	ROA	WVI

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT**  
FIGUEROA FERRAZ

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO  
LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código: CTCLFFEVTEESTD, W, G, 3, 5, 6, 8, 4, 5, 0

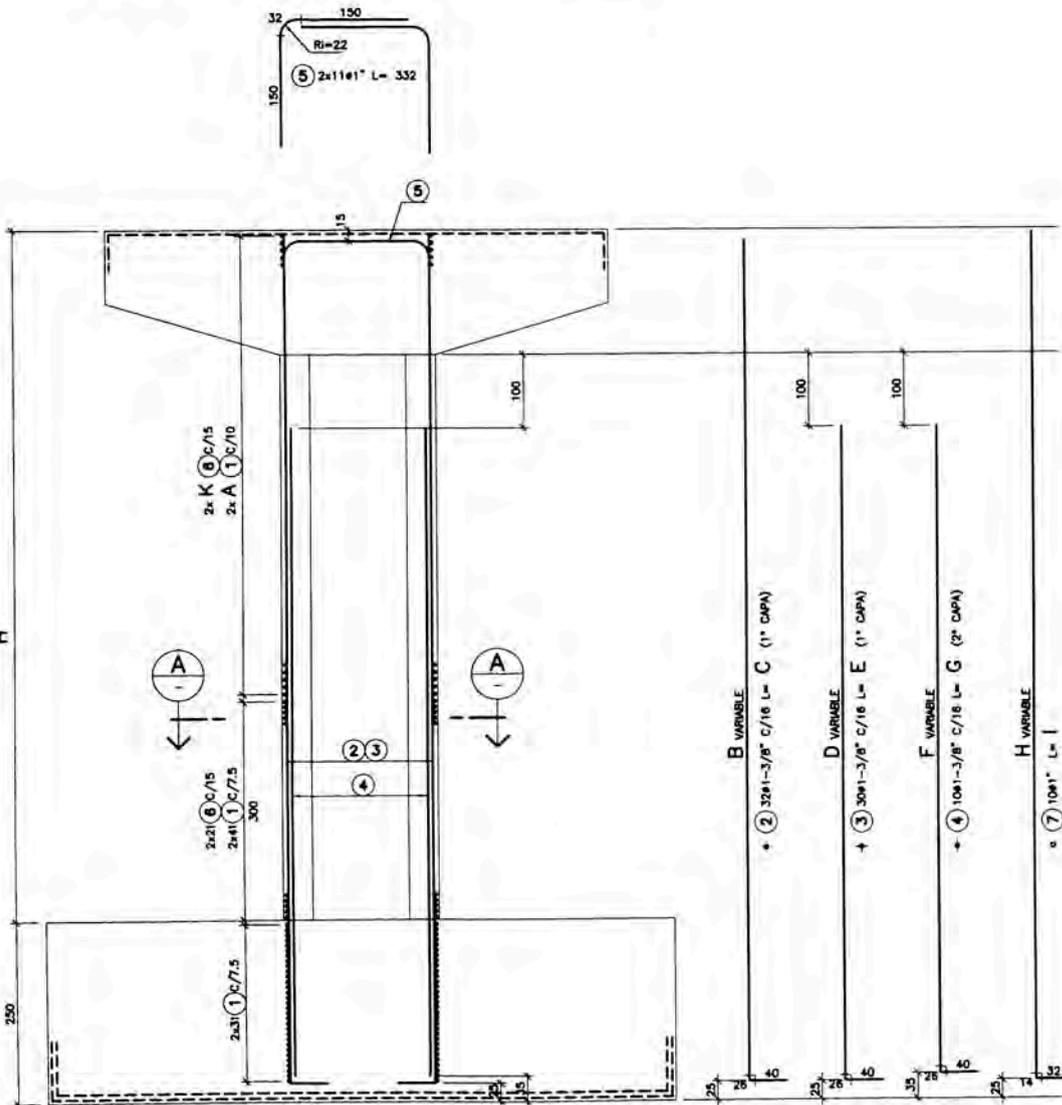
Rev. IND.

Escala: (A1)

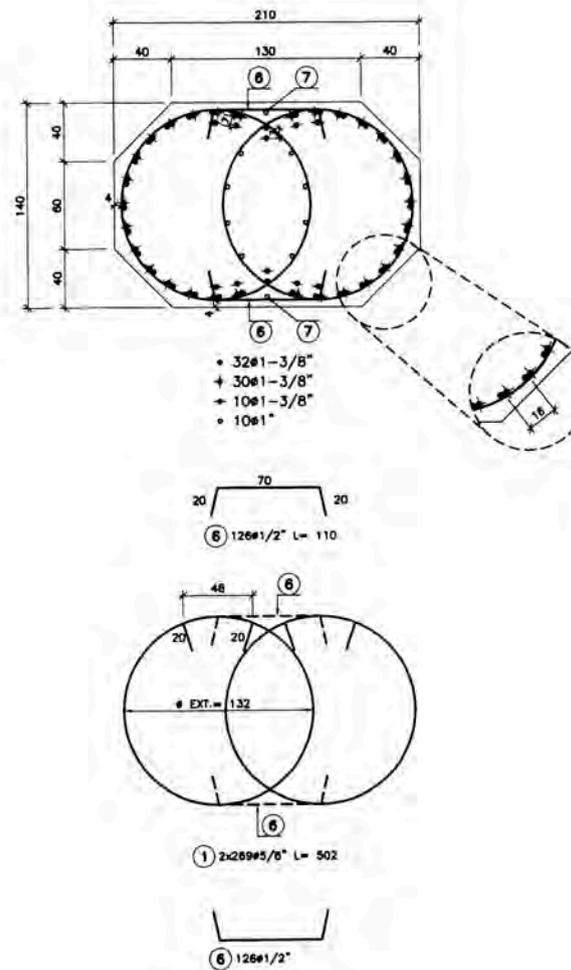
TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

DIAMETRO	GANCHOS		ESQUEMA		ESTRIBOS		ESQUEMA	
	N°	l <sub>c</sub> (cm)	l <sub>c</sub> (cm)	a <sub>1</sub> (cm)	N°	l <sub>c</sub> (cm)	a <sub>1</sub> (cm)	
3/8	4	8.0	8.0	4.5	3	3.8	4.5	
1/2	4	7.0	7.0	4.5	3	3.8	4.5	
5/8	4	8.0	8.0	4.5	3	3.8	4.5	
3/4	4	11.0	11.0	4.5	3	3.8	4.5	
7/8	4	13.0	13.0	4.5	3	3.8	4.5	
1	4	14.0	14.0	4.5	3	3.8	4.5	
1-1/8	4	23.0	23.0	4.5	3	3.8	4.5	
1-1/2	4	25.0	25.0	4.5	3	3.8	4.5	

ACERO DE REFUERZO TÍPICO - COLUMNAS  
C459 y C461 (2x)  
esc. 1:50



SECCIÓN AA  
esc. 1:25



POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	
			UNIT.	TOTAL
1	5/8	538	502	270076
2	1-3/8	64	*1192	76288
3	1-3/8	60	*933	55980
4	1-3/8	20	*923	18460
5	1	44	332	14808
6	1/2	252	110	27720
7	1	20	*1186	23720

(\* LONGITUD PROMEDIO)

DIAMETRO N°	Ø"	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3	3/8	0.57		277
4	1/2	1.00	277.20	277
5	5/8	1.55	2700.76	4186
6	3/4	2.24		
7	7/8	3.04		
8	1	3.97	383.28	1522
11	1-3/8	7.91	1507.28	11923
PESO TOTAL ( kg )				17908

PLANO LLAVE

LEYENDA

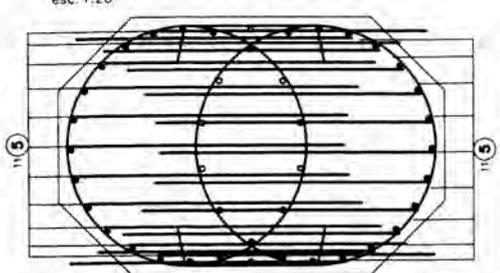
VÁLIDO PARA COLUMNAS:  
C459 y C461

- Notas:
- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS
  - 2- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS
  - 3- CONCRETO f'c= 28MPa (280 kgf/cm²)
  - 4- ACERO fy= 420 MPa (4200 kgf/cm²)
  - 5- RECUBRIMIENTO PARA LOS ESTRIBOS= 4cm, EXCEPTO DONDE INDICADO

Referencias:  
CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35577 y 35578

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

UBICACIÓN DE LA POS. 5  
esc. 1:20



COLUMNA EJE	LONGITUD (H)	POS. 1	POS. 6	POS. 2		POS. 3		POS. 4		POS. 7	
		CANTIDAD (A)	CANTIDAD (K)	LONGITUD (B)	LONGITUD (C)	LONGITUD (D)	LONGITUD (E)	LONGITUD (F)	LONGITUD (G)	LONGITUD (H)	LONGITUD (I)
C459	914.7	61	41	1118	1184	852	918	842	908	1125	1171
C461	944.1	64	43	1134	1200	881	947	871	937	1154	1200

N°	Ø (pulg)	GANCHOS		ESQUEMA		N°	Ø (pulg)	ESTRIBOS		ESQUEMA	
		lc (cm)	a1 (cm)	doblez=90°	doblez=90°			lc (cm)	a1 (cm)	doblez=90°	doblez=90°
3	3/8"	6.0	4.3			3	3/8"	4.0	3.0		
4	1/2"	7.0	5.0			4	1/2"	5.0	4.0		
5	5/8"	8.0	5.5			5	5/8"	6.0	5.0		
6	3/4"	11.0	8.0			6	3/4"	7.0	6.0		
7	7/8"	13.0	9.0			7	7/8"	11.0	8.0		
8	1"	14.0	11.0			8	1"	13.0	9.0		
10	1 1/4"	23.0	18.0			10	1 1/4"	18.0	14.0		
11	1 3/8"	28.0	21.0			11	1 3/8"	21.0	17.0		

50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	PAP	OLG	ROA	WVI
Rev.	Fecha DOM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

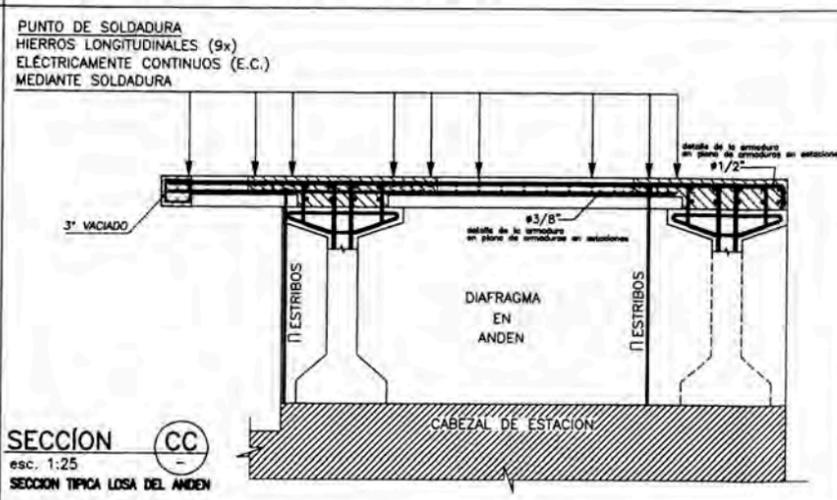
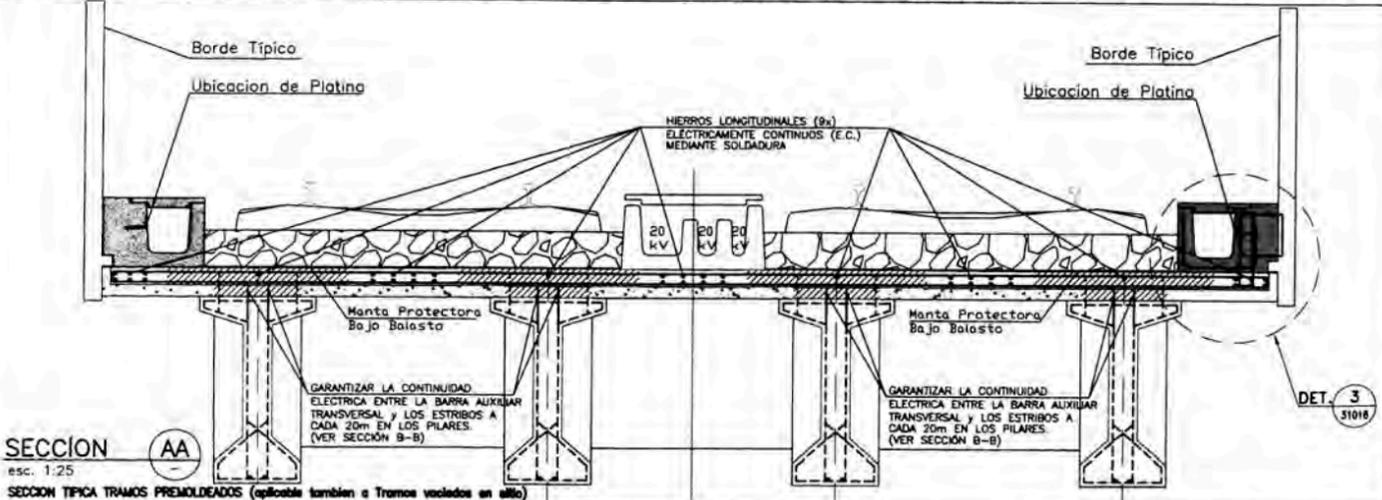
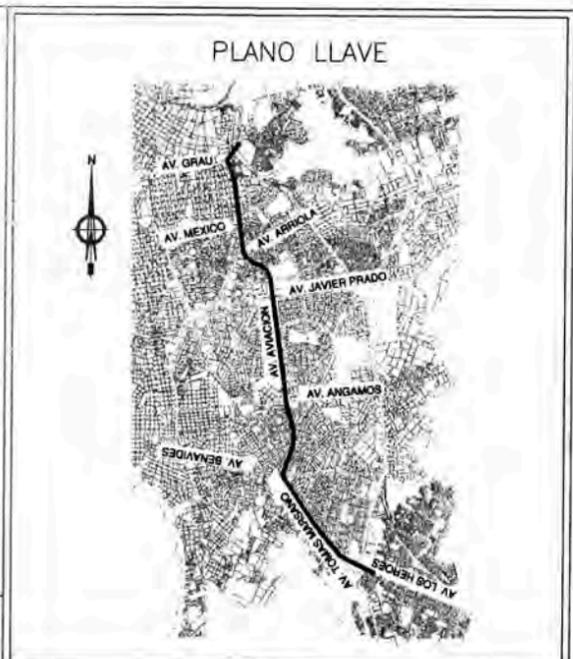
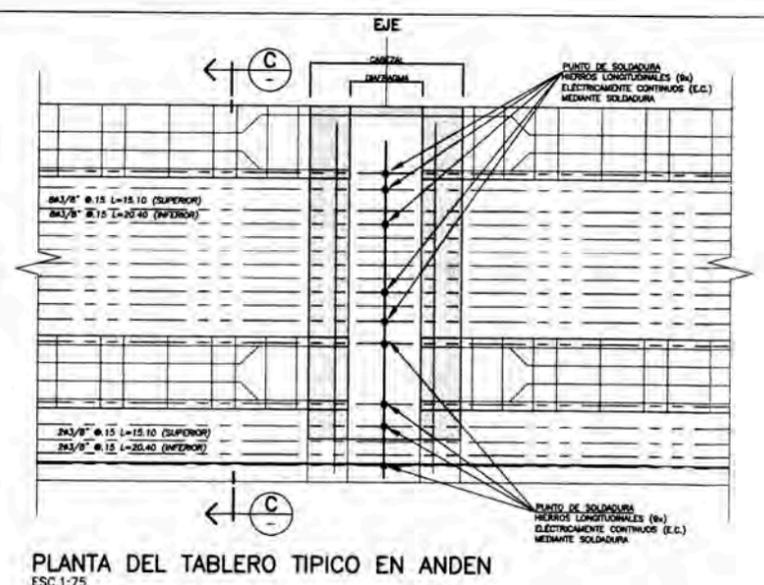
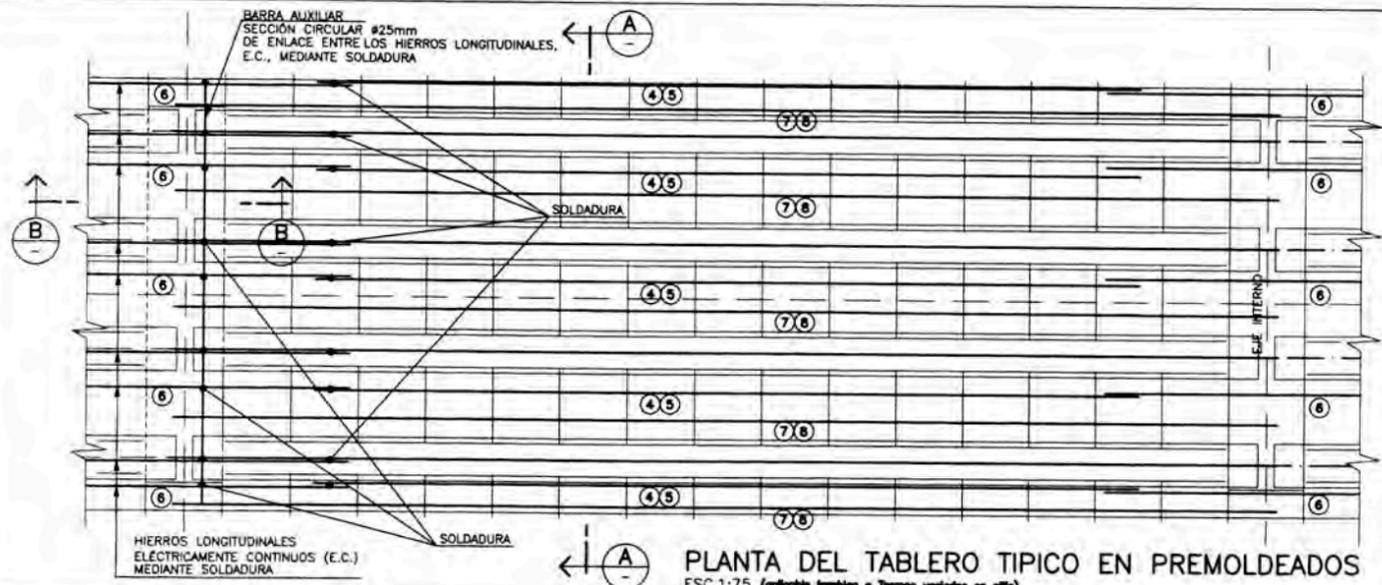
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Cliente: **ADTE** **MTCA** **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO** **ODEBRECHT** **FIGUEROA FERRAZ**

Código: **CTELFFFEVTEESTDWG35577**

Plano: **TRAMO E COLUMNAS - ACERO DE REFUERZO**

Escala: (A1) IND.

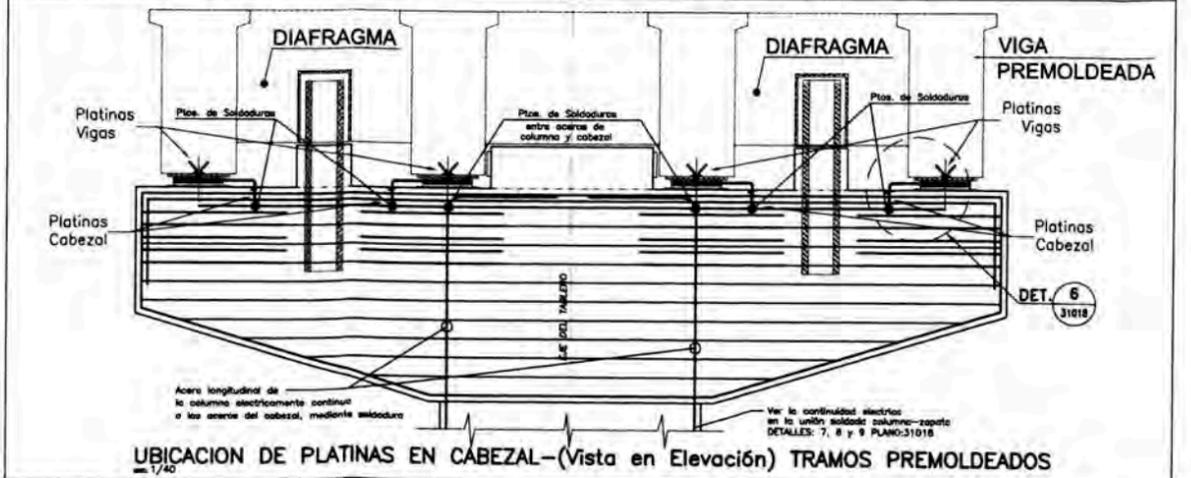
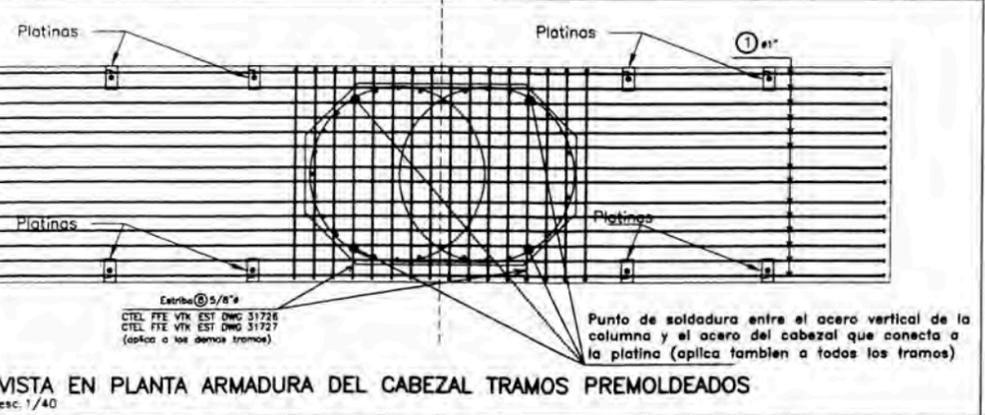
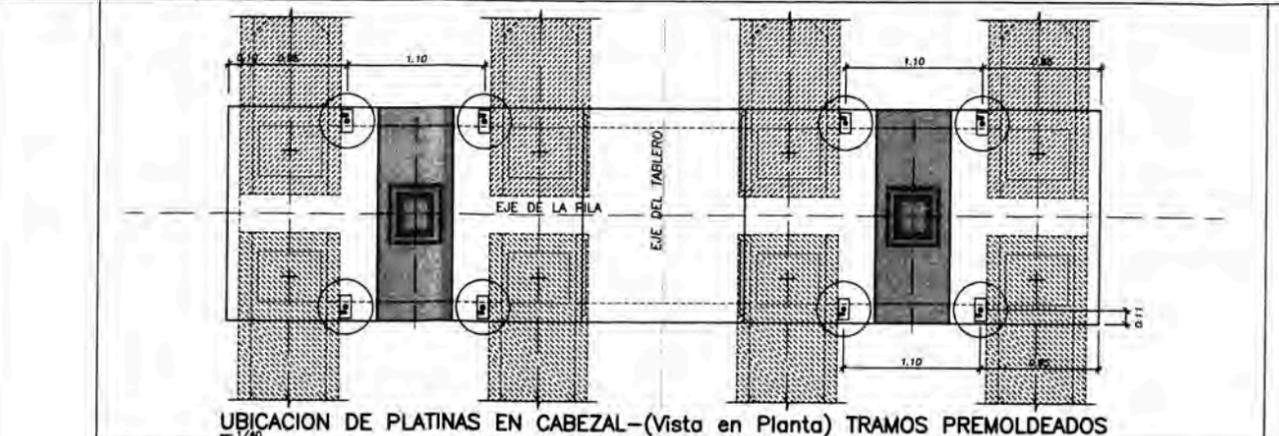
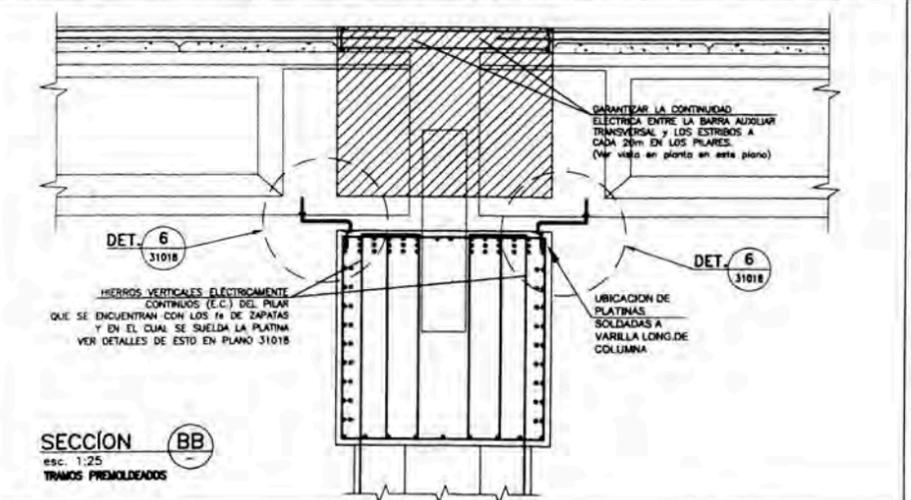


**LEYENDA**

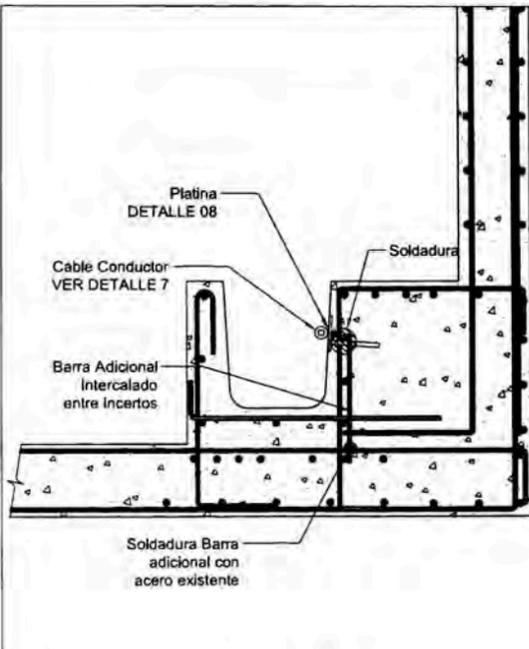
**Notas:**

- 1.-El cable conductor para corrientes de fuga, se colocaran en el lado derecho del viaducto en dirección a la Av. Grau.
- 2.-Este plano es valido para todos los tramos.
- 3.-Los puntos a tierra que se ubican en las estaciones deben bajar por la columna mas cercana al area tecnica.
- 4.-Los barras restantes, que no fueron soldados deberan ser electricamente continuas mediante atadura, en razon del 50%.
- 5.-En la parte media entre estacion y estacion se tendra una bajada para punto a tierra, segun se detalla en el procedimiento de refuerzo equipotencial (CTEL-CIE-ELT-ELE-PRO-55119-08), la seccion adjunta aplica tambien el tramo donde tenga que ubicarse dicho punto a tierra.

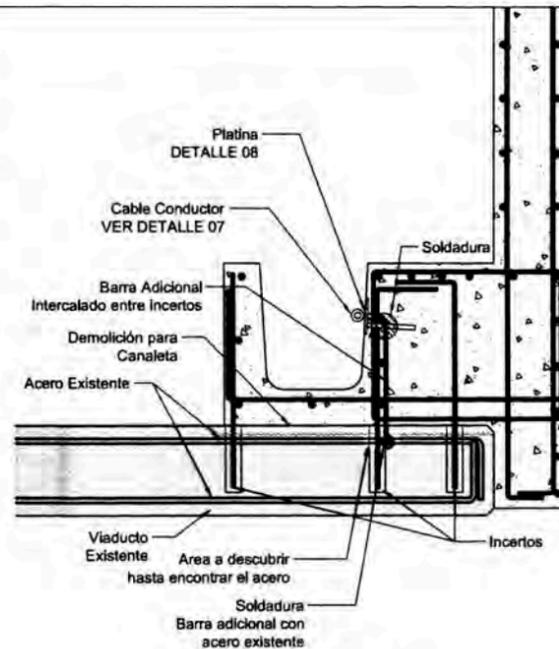
**Referencias:**



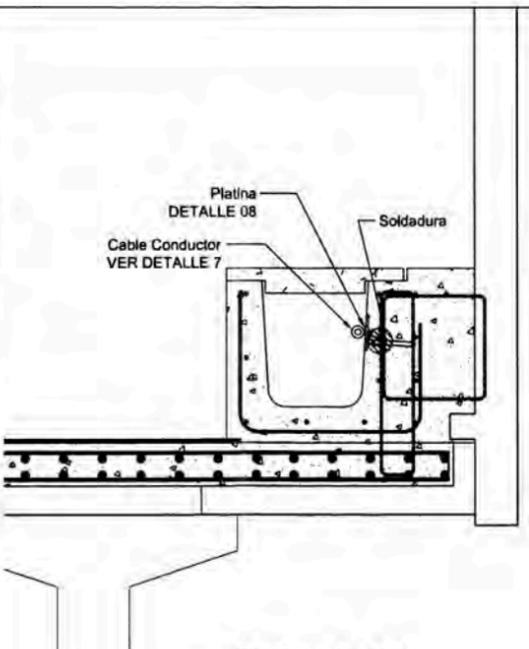
Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
POVRY	REVISAR Y REEDMAR Cód. 3	
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión
02	24-08-10	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN
01	11-08-10	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN
0A	20-Jul-10	EMITIDO PARA REVISION
ELABOR.	DISEÑO	REVIS.
Cliente:	Contratista:	Proyectista:
MTCA	TREK ELÉCTRICO	ODEBRECHT
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU		
Código:	CTELCCTEGENELE D, W, G 3, 1, 0, 1, 7	Rev.:
Plano:	PROTECCION CONTRA CORRIENTES DE FUGA SECCIONES Y DETALLES - 2/4	Escala:
		(A1)
		INDICADA



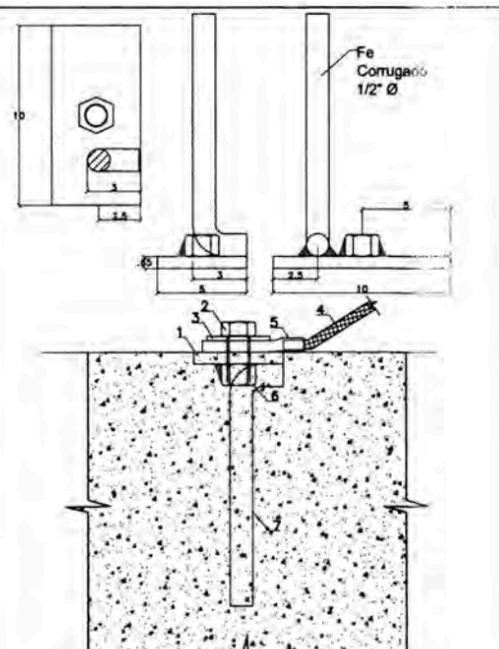
**DETALLE 01**  
(Tramo Vaciados en Sitio)



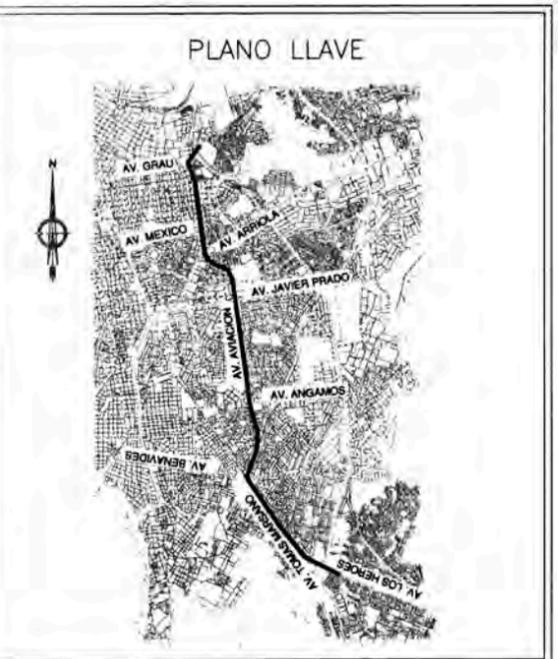
**DETALLE 02**  
(Tramo Semiconstruido)



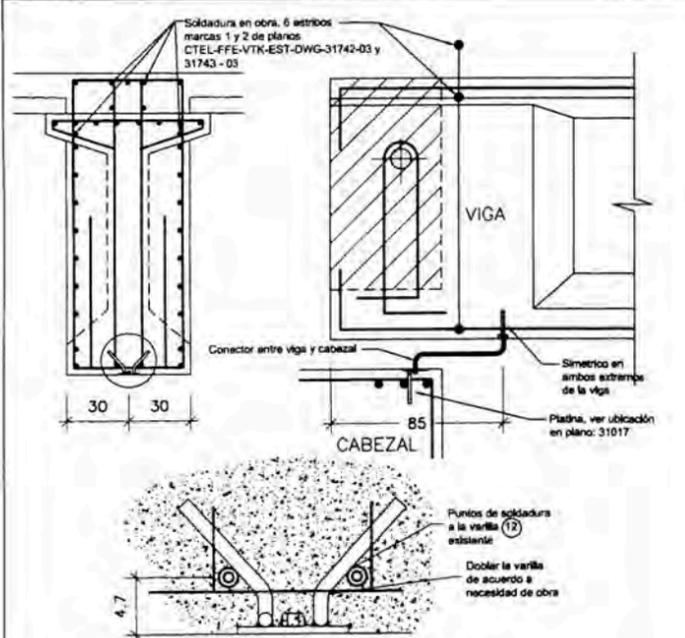
**DETALLE 03**  
(Tramo Premoldeado)



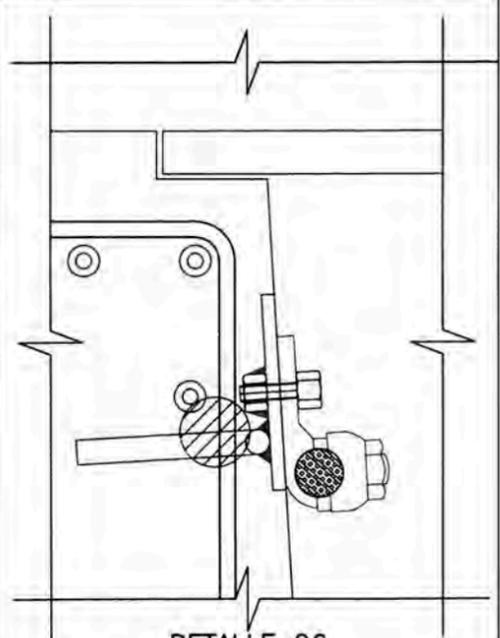
**DETALLE 04**  
PLATINA DE PUESTA A TIERRA  
EMBEBIDO EN CONCRETO PARA CABEZALES, COLUMNAS Y CANALETAS



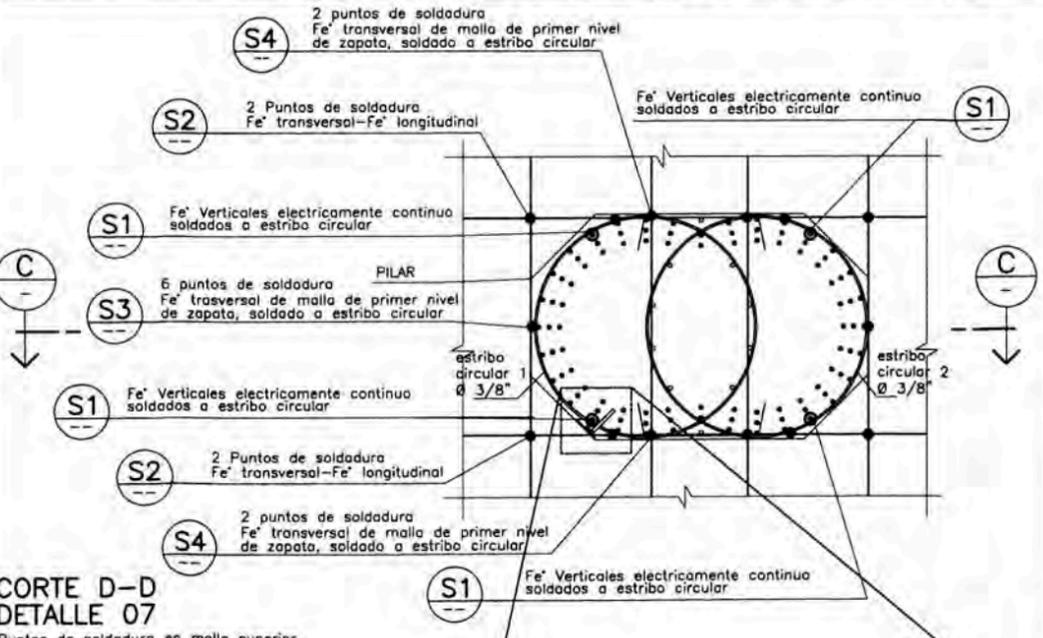
**LEYENDA**



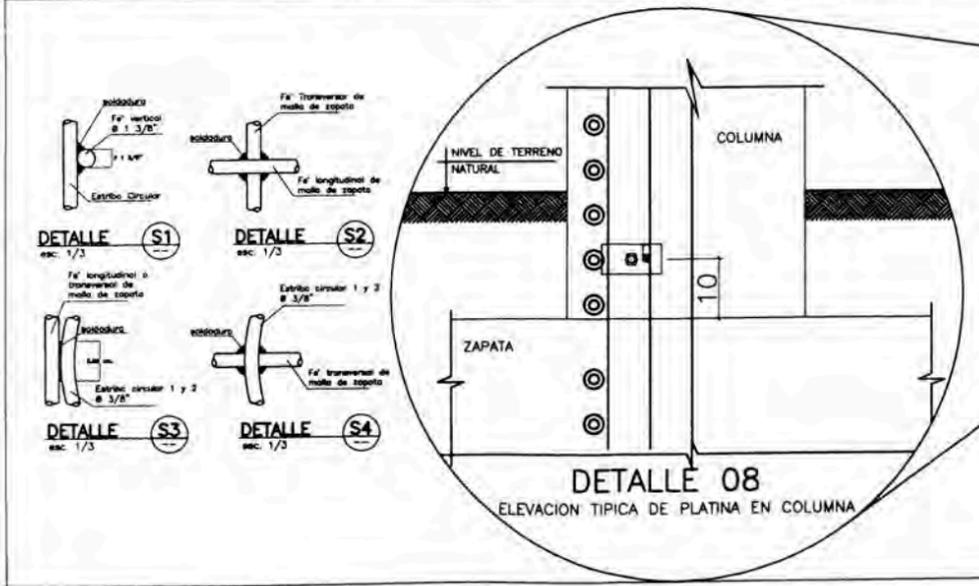
**DETALLE 05**  
Detalle de platinas en Vigas



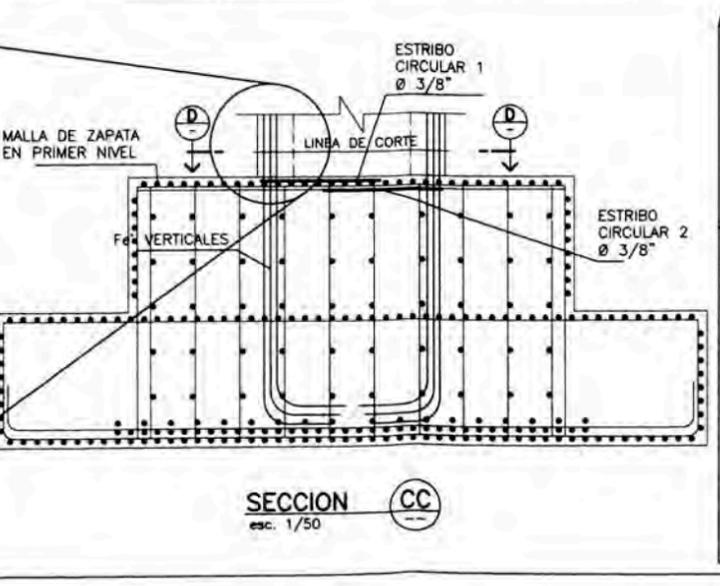
**DETALLE 06**  
PLATINA CON SUJETADOR PARA CABLE CONDUCTOR  
EN CANAleta LADO DERECHO (ver ubicación en plano 31016)



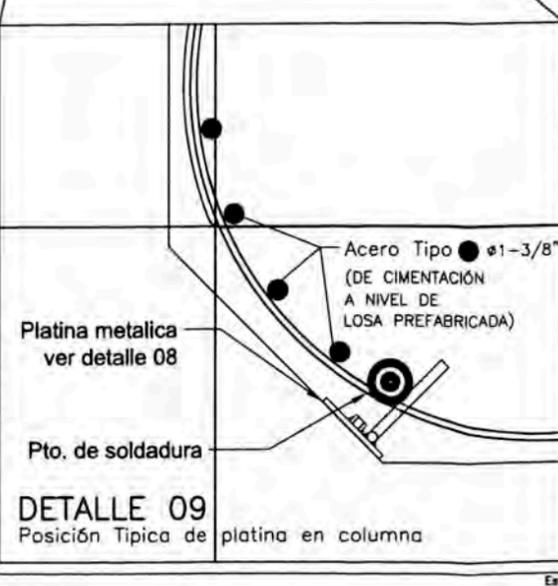
**CORTE D-D  
DETALLE 07**  
Puntos de soldadura en malla superior  
de zapata con refuerzo de columna  
(aplica a todas las columnas)



**DETALLE 08**  
ELEVACION TIPICA DE PLATINA EN COLUMNA



**SECCION CC**  
esc. 1/50



**DETALLE 09**  
Posición Tipica de platina en columna

- Notas:**
1. PL 1/4" 100x60
  2. PERNO Ø1/2"x1" (Galvanizado)
  3. ARANDELA Ø1/2" (Galvanizado)
  4. CABLE COBRE
  5. TERMINAL DE OJO PRENSADO AL CABLE COBRE.
  6. TUERCA Ø1/2"-NC
  7. BARRA CORRUGADA Ø1/2"
  8. LAS PIEZAS 1 Y 6 SERAN GALVANIZADAS EN CALIENTE UTILIZAR SOLDADURA AWS E 7010 (CELLOCORD)
  - 9.-Este plano es valido para todos los tramos.
  - 10.-Los barras restantes, que no fueron soldados deben ser electricamente continuos mediante atadura, en rozon del 50%.
  - 11.-Los puntos a tierra que se ubican en las estaciones deben bajar por la columna mas cercana al area tecnica.

**Referencias:**

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
POVRY	REVISAR Y REDIMAR Cód. 3	

02	24/08/10	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	JAF	RMO	ICV	WVI
01	11/08/10	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	JAF	RMO	ICV	WVI
0A	20/Jul/10	EMITIDO PARA REVISION	JAF	RMO	ICV	WVI

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
	DD/MM/AA					

**Cliente:** MTCA

**Contratista:** ODEBRECHT

**Proyectista:** FIGUEIREDO FERRAZ

**Escala:** (A1)

**Proyecto:** EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRIC DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

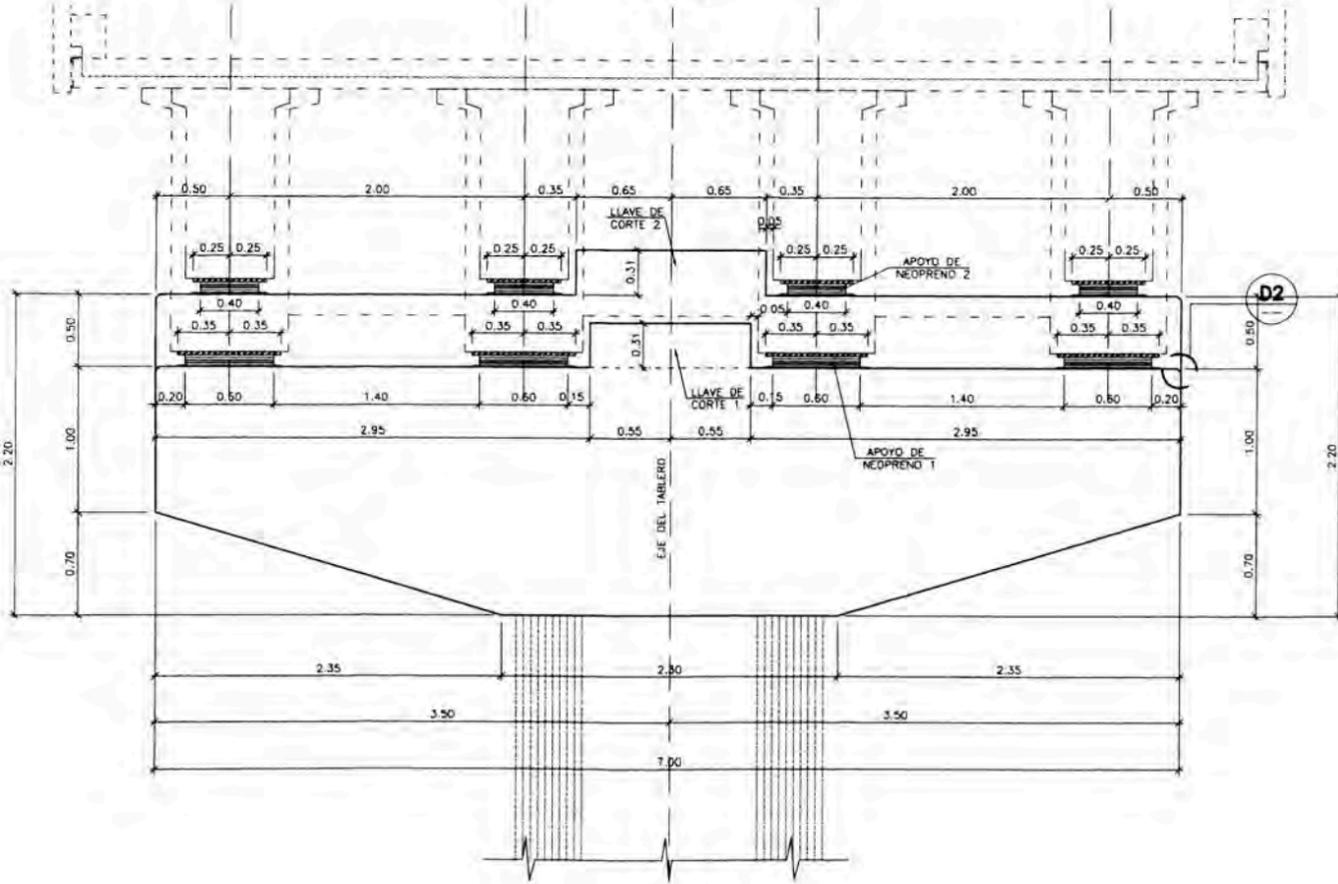
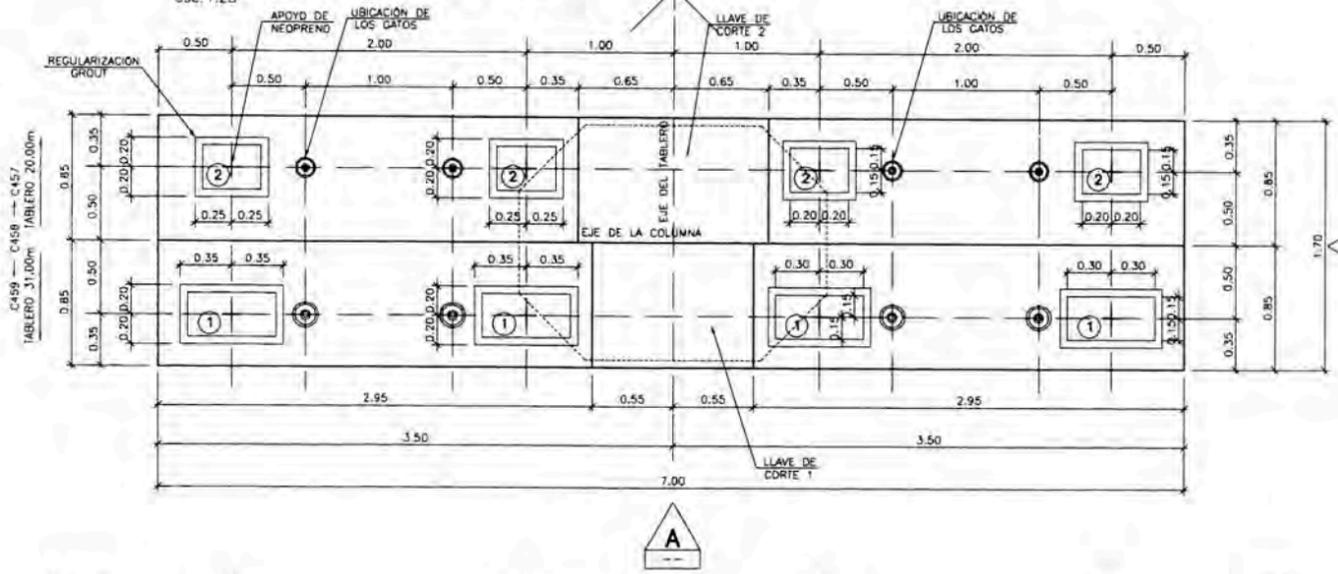
**Código:** C T E L C T E G E N E L E D W G 3 1 0 1 8 0 2

**Plano:** PROTECCION CONTRA CORRIENTES DE FUGA PLANO GENERAL DE DETALLES - 3/4

**Rev.:** INDICADA

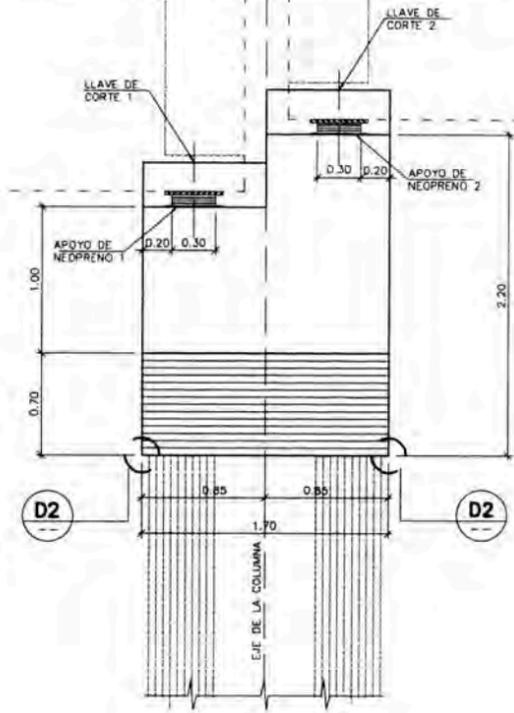
**PLANTA SUPERIOR VIGA CABEZAL**

esc. 1:25



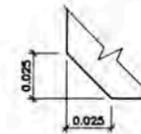
**ELEVACIÓN A**

esc. 1:25



**ELEVACIÓN B**

esc. 1:25

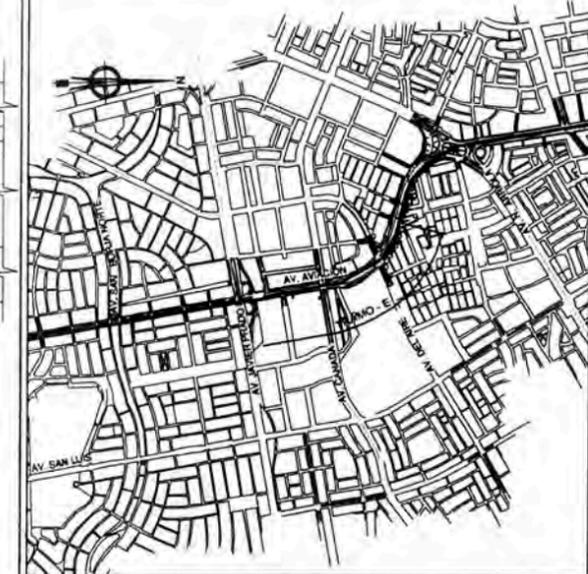


**DETALLE D2**

esc. 1:2

VER NOTA 3

**PLANO LLAVE**



**LEYENDA**

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS CABEZALES:

C458

CANTIDAD:

VIGAS CABEZALES = 1 UNID.

NEOPRENO APOYO = VER DETALLE

**Notas:**

**NOTAS:**

- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
- 2- CONCRETO F'c = 28 MPa. VIGA CABEZAL.
- 3- DETALLE TÍPICO PARA TODAS LAS ESQUINAS A 90° DEL CABEZAL.

**Referencias:**

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35510 y 35512

**Supervisión:**

APROBADO SIN COMENTARIOS Cad. 1  
 APROBADO CON COMENTARIOS Cad. 2  
 REVISAR Y REEMITAR Cad. 3

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS	APRICE
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	LSC	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	PAP	LSC	ROA	WVI

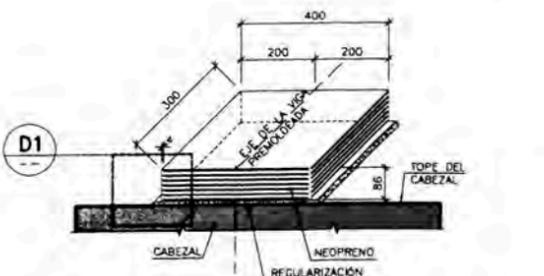
Cliente:	Contratista:	Proyectista:
<b>MTC</b>	<b>TAL</b>	<b>ODEBRECHT</b>
		<b>FIGUEROA FERRAZ</b>
		CONSTRUCIONES Y SERVICIOS S.A.
		T-090114/E-T05 DE-10-1994-070 9.0

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

Codigo:	Rev.
CTELFFEVEESTDWG35510	5,0

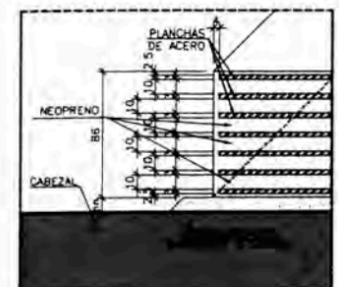
Plano: **TRAMO E - VIGA CABEZAL JUNTA PARA VIGAS CON h=1.80m**

Escala: (A1) IND.



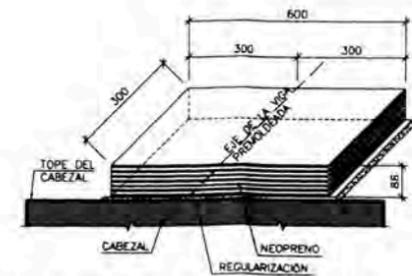
**DETALLE DEL APARATO DE APOYO 2 (4x)**

esc. 1:10



**DETALLE D1**

esc. 1:2.5



**DETALLE DEL APARATO DE APOYO 1 (4x)**

esc. 1:10

TABLA DE REACCIONES EN LOS APARATOS DE APOYO 2 (600x300)

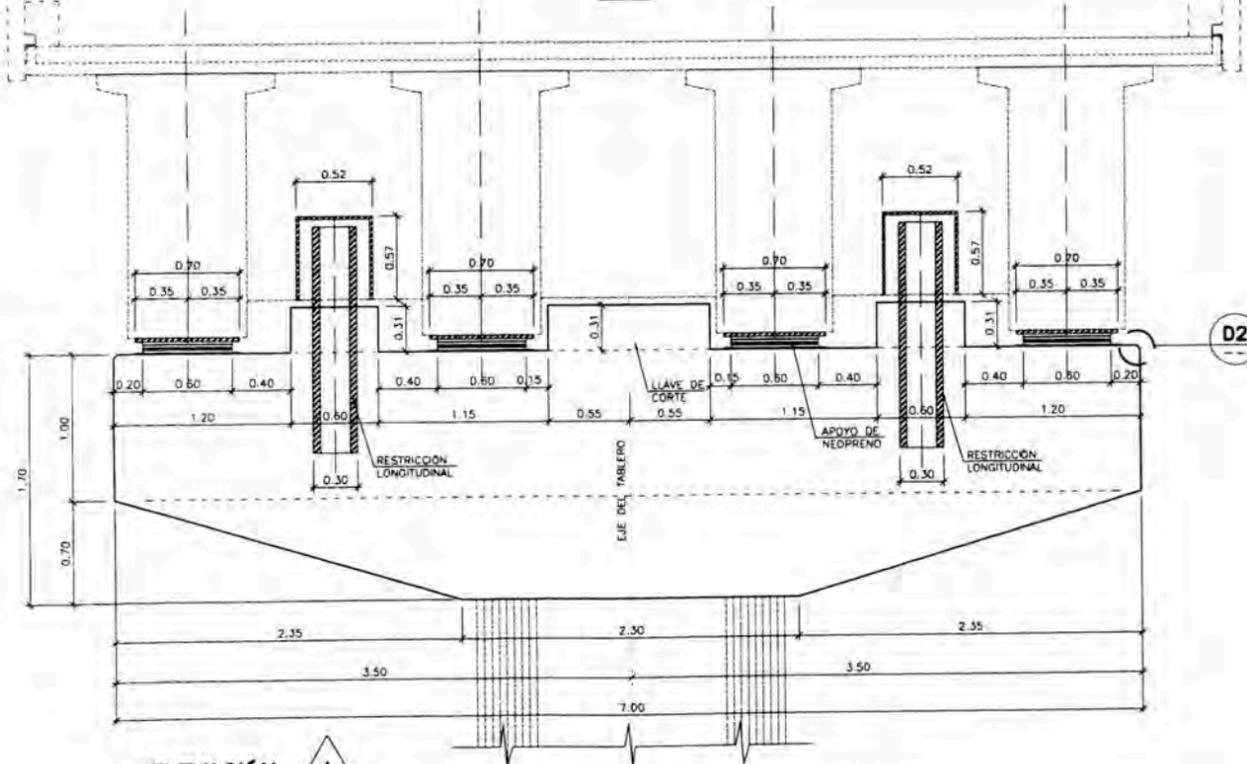
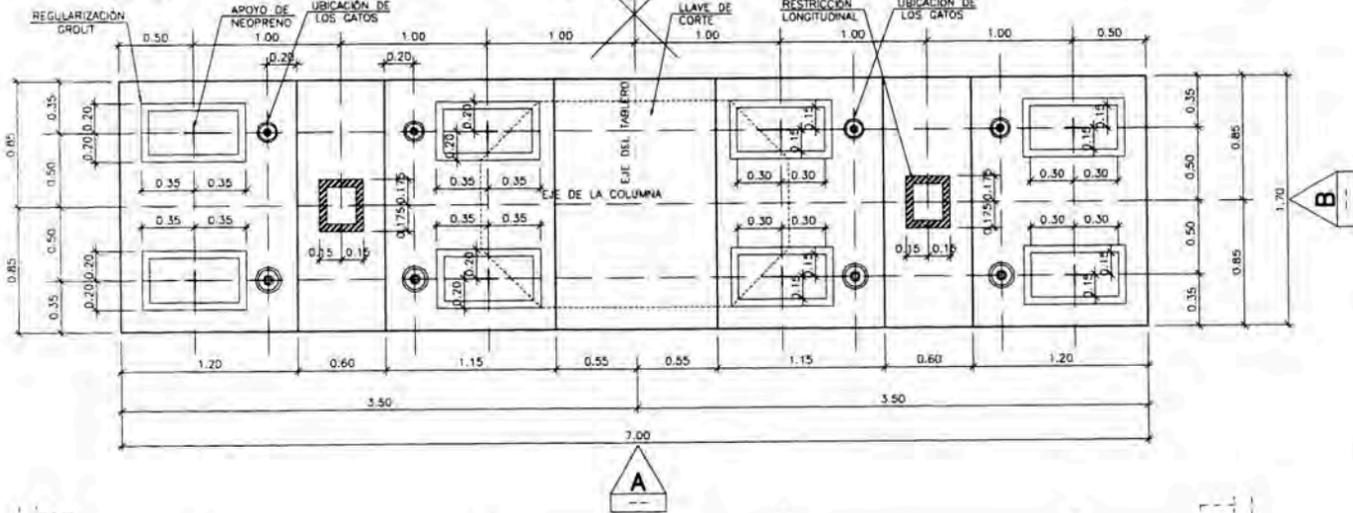
VERTICAL DC (tf)	44.4
VERTICAL DW (tf)	32.5
VERTICAL LL (tf)	32.6
HORIZONTAL CR+SH (tf)	5.2
HORIZONTAL BR+TU (tf)	5.0

TABLA DE REACCIONES EN LOS APARATOS DE APOYO 1 (400x300)

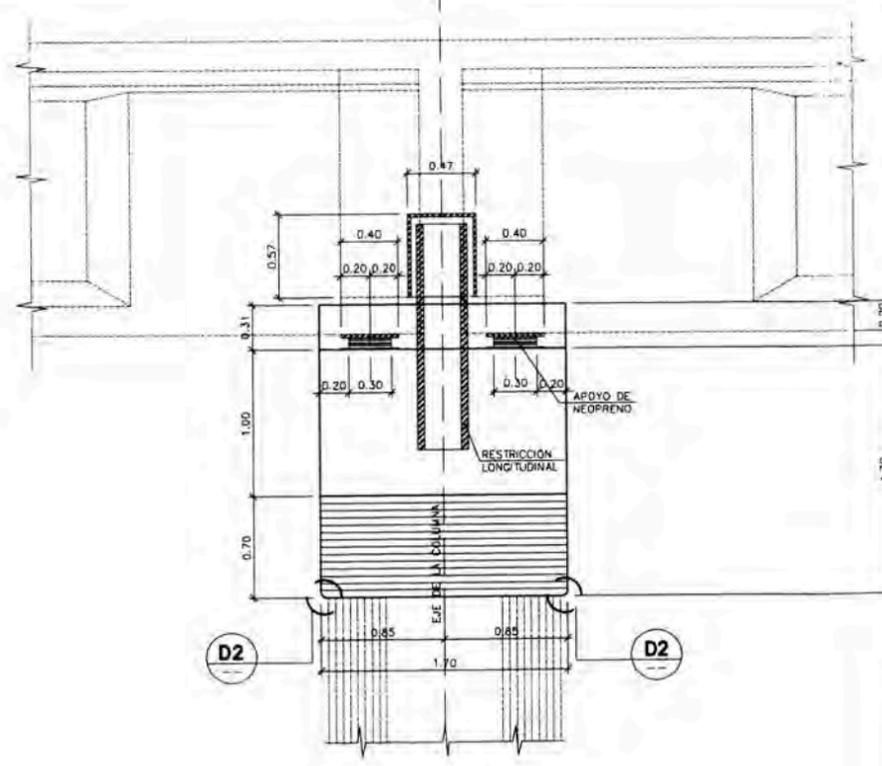
VERTICAL DC (tf)	24.5
VERTICAL DW (tf)	25.0
VERTICAL LL (tf)	25.5
HORIZONTAL CR+SH (tf)	4.3
HORIZONTAL BR+TU (tf)	4.1

**PLANTA SUPERIOR VIGA CABEZAL**

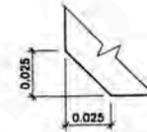
esc 1:25



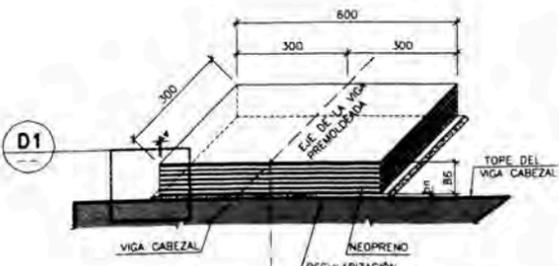
**ELEVACIÓN A**  
esc 1:25



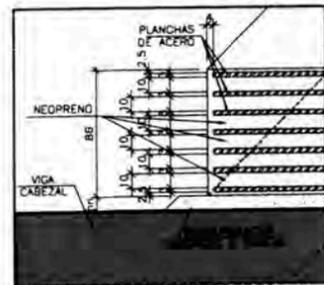
**ELEVACIÓN B**  
esc 1:25



**DETALLE D2**  
esc 1:2  
VER NOTA 3



**DETALLE DEL APARATO DE APOYO**  
esc 1:10 (MEDIDAS EN mm)

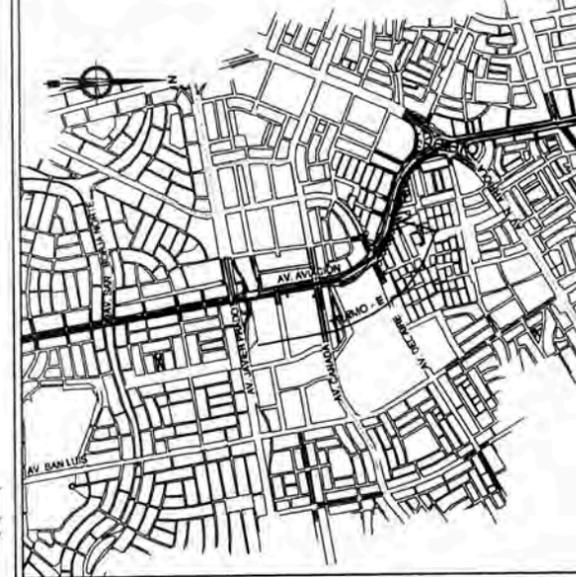


**DETALLE D1**  
esc 1:2.5

TABLA DE REACCIONES EN LOS APARATOS CABEZAL INTERNO

VERTICAL DC (tf)	44.4
VERTICAL DW (tf)	55.5
VERTICAL LL (tf)	55.6
HORIZONTAL CR+SH (tf)	1.89
HORIZONTAL BR+TU (tf)	3.93

**PLANO LLAVE**



**LEYENDA**

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS CABEZALES:  
C459-C461-C463  
CANTIDAD:  
VIGAS CABEZALES =3 UNID.  
NEOPRENO APOYO =24 UNID.  
RESTRICCIÓN LONG. =6 UNID.

**Notas:**

- NOTAS:**
- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
  - 2- CONCRETO  $f'c = 28$  MPa. PARA VIGA CABEZAL.
  - 3- DETALLE TIPICO PARA TODAS LAS ESQUINAS A 90° DEL CABEZAL.
  - 4- VER RESTRICCIÓN LONGITUDINAL EN EL PLANO 3553B.
  - 5- RESTRICCIÓN LONGITUDINAL - ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36
  - 6- PINTURA PROTECTORA EN LA RESTRICCIÓN LONGITUDINAL HASTA 15 cm POR DEBAJO DEL NIVEL SUPERIOR DEL CABEZAL.

**Referencias:**

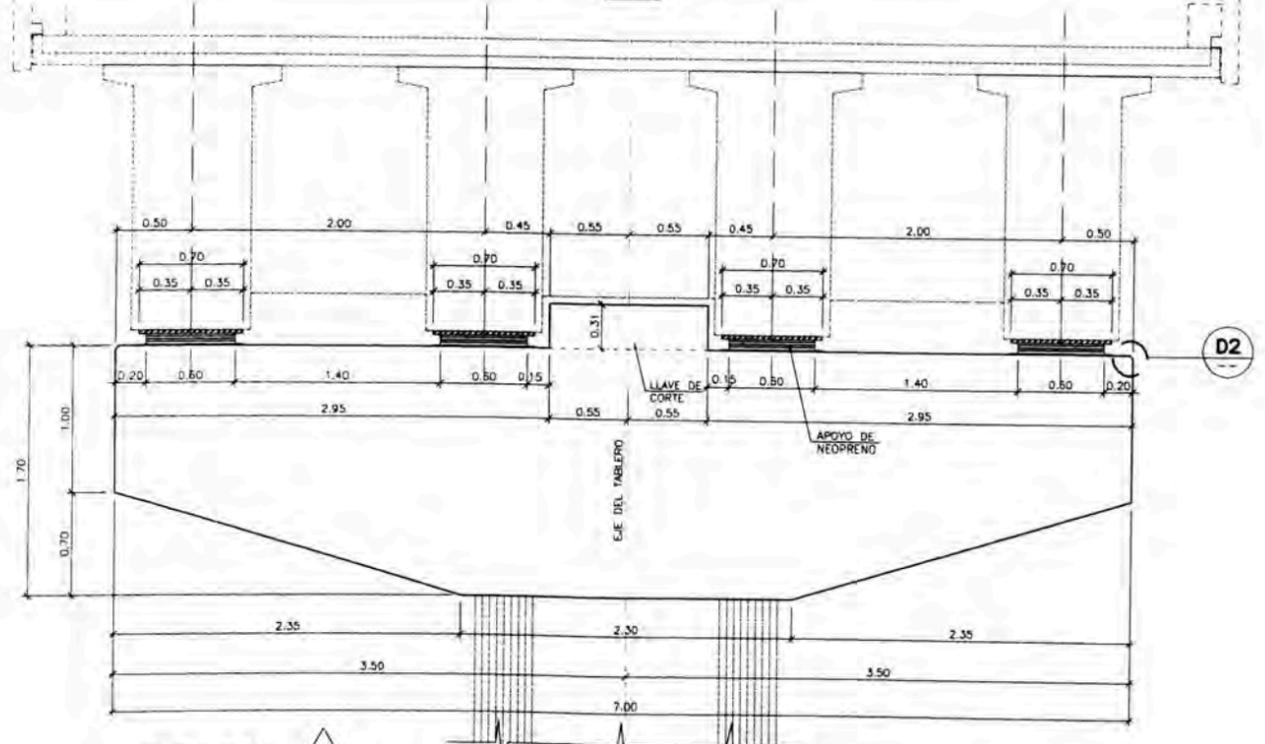
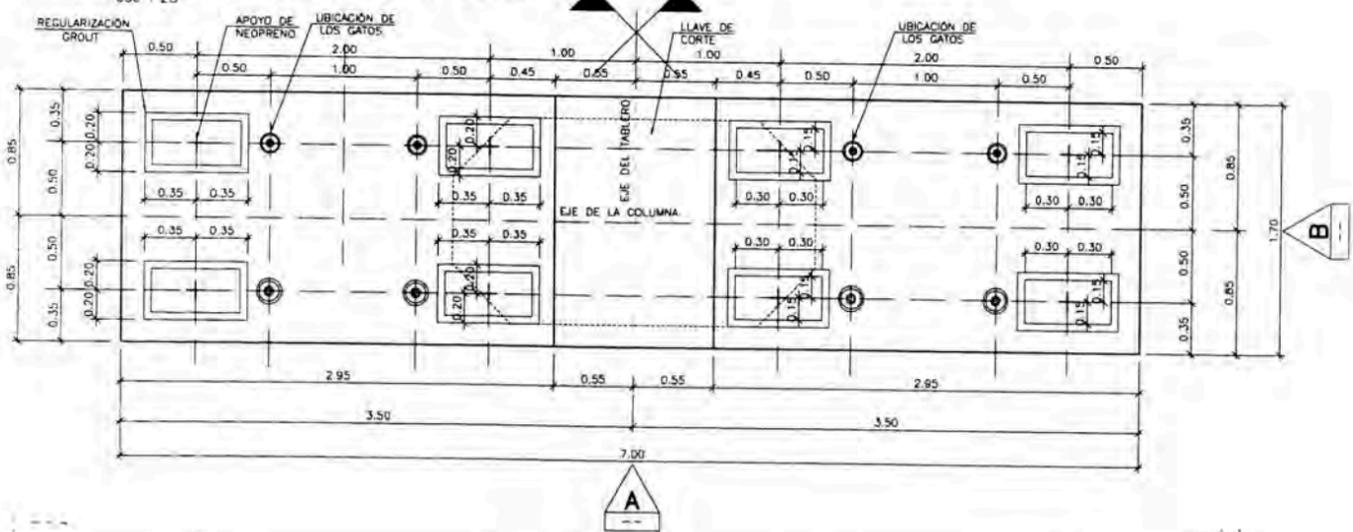
CTEL-FPE-VTE-EST-DWG-35510 y 35512  
CCI-016: CONFIRMACIÓN DE DIMENSIONES DEL DISPOSITIVO DE RESTRICCIÓN LONGITUDINAL

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVÍAR	Cód. 3	

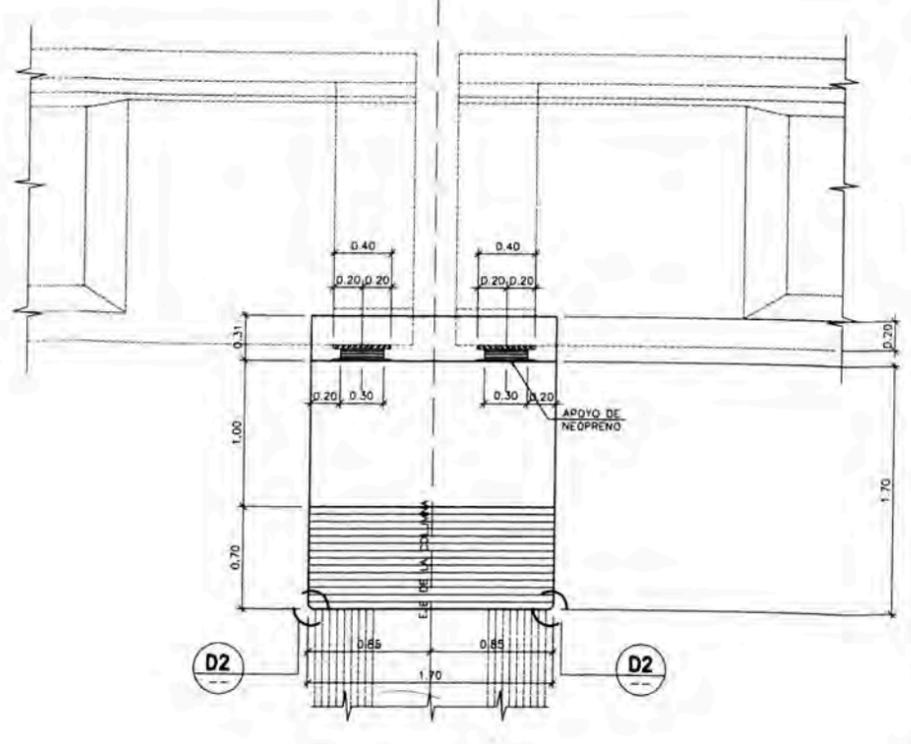
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
D1	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	LSC	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	PAP	LSC	ROA	WVI

  	Proyecto: <b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU</b>
Código: <b>G T E L F F E V T E E S T D W G 3 5 5 8 0 5 0</b>	Escala: <b>(A1) IND.</b>
Plano: <b>TRAMO E - VIGA CABEZAL INTERNA PARA VIGAS CON h=1.80m</b>	

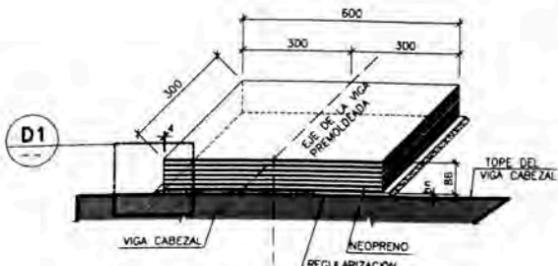
**PLANTA SUPERIOR VIGA CABEZAL**



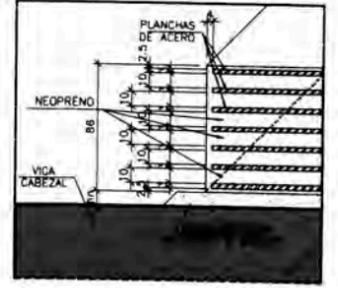
**ELEVACIÓN A**  
esc. 1:25



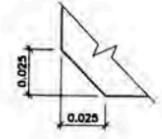
**ELEVACIÓN B**  
esc. 1:25



**DETALLE DEL APARATO DE APOYO**  
esc. 1:10 (MEDIDAS EN mm)



**DETALLE D2**  
esc. 1:2.5

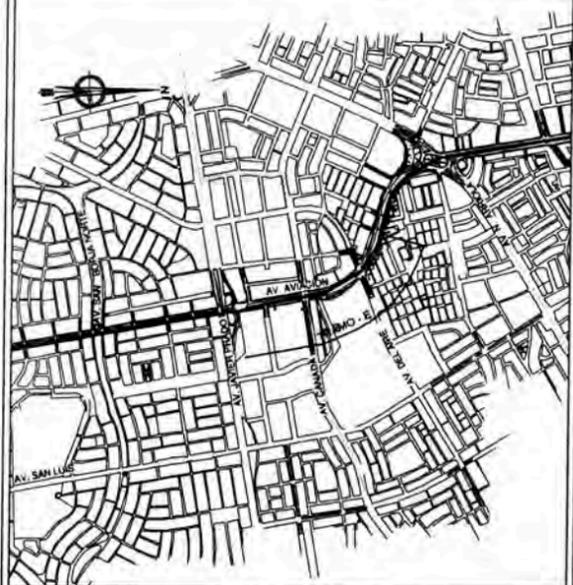


**DETALLE D3**  
esc. 1:2  
VER NOTA 3

TABLA DE REACCIONES EN LOS APARATOS DE APOYO

VERTICAL DC (t)	44.4
VERTICAL DW (t)	32.5
VERTICAL LL (t)	32.6
HORIZONTAL CR+SH (t)	5.2
HORIZONTAL BR+TU (t)	5.0

**PLANO LLAVE**



**LEYENDA**

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LA SIGUIENTE VIGA CABEZAL:  
C462

CANTIDAD:  
VIGAS CABEZALES = 1 UNID.  
NEOPRENO APOYO = 8 UNID.

**Notas:**

- NOTAS:**
- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
  - 2- CONCRETO F'c = 28 MPa. PARA VIGA CABEZAL.
  - 3- DETALLE TÍPICO PARA TODAS LAS ESQUINAS A 90° DEL CABEZAL.

**Referencias:**

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35510 y 35512

Supervisor:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMD	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	LSC	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	PAP	LSC	ROA	WVI

Cliente: **ABE** **MTC**

Proyectista: **ODEBRECHT** **FIGUEROA FERRAZ**

Contratista: **FIGUEROA FERRAZ**

T-09014/E-105 DE-16-1964-07 R.O.

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

Código: **CTELFFEVTEESTDWG3558150**

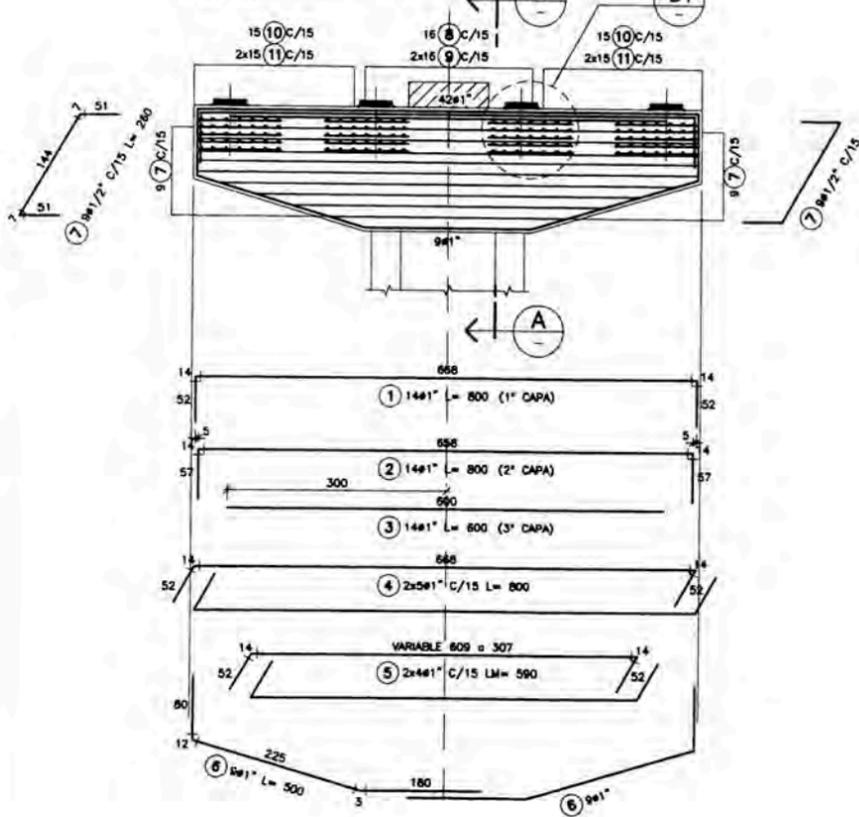
Rev. **5,0**

Plano: **TRAMO E - VIGA CABEZAL - EJE C462 PARA VIGAS CON h=1.80m**

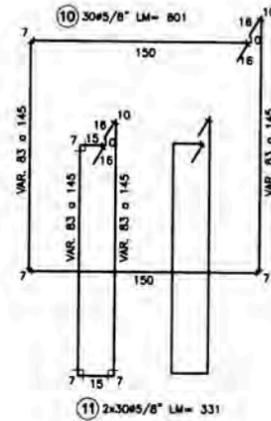
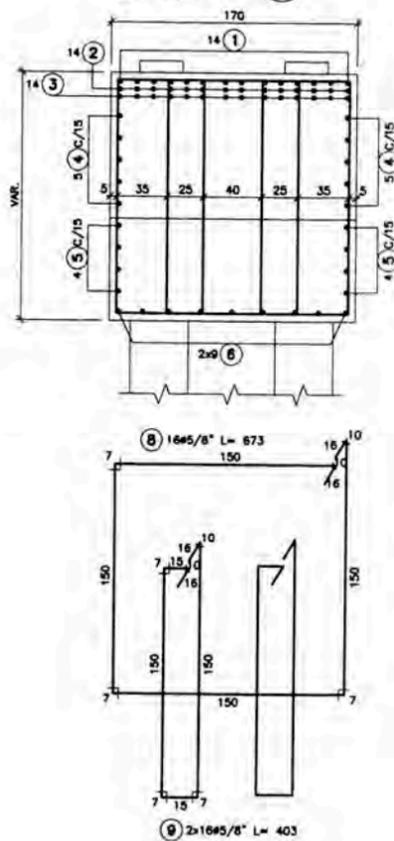
Escala: **(A1) IND.**



VIGA CABEZAL DE JUNTA  
esc. 1:50



SECCIÓN AA  
esc. 1:25



POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	
			UNIT	TOTAL
1	1	14	800	11200
2	1	14	800	11200
3	1	14	600	8400
4	1	10	800	8000
5	1	8	*590	4720
6	1	18	500	9000
7	1/2	18	260	4680
8	5/8	16	673	10768
9	5/8	32	403	12896
10	5/8	30	*601	18030
11	5/8	60	*331	19860
12	3/8	40	538	21520
13	3/8	40	526	21040
14	3/4	24	200	4800
15	3/4	13	344	4472
16	3/8	3	528	1584
17	1/2	7	340	2380
18	1/2	21	212	4452

\* LONGITUD PROMEDIO

RESUMEN

DIAMETRO Nº	Ø"	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3	3/8	0.57	441.44	252
4	1/2	1.00	115.12	115
5	5/8	1.55	615.54	954
6	3/4	2.24	92.72	208
7	7/8	3.04		
8	1	3.97	525.20	2085
11	5/8	7.91		
TOTAL (kg)				3614

PLANO LLAVE

LEYENDA

ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA LA SIGUIENTE VIGA CABEZAL: C462

- Notas:
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
  - LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
  - CONCRETO  $f_c = 28 \text{ MPa}$  ( $280 \text{ kg/cm}^2$ )
  - ACERO  $f_y = 420 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ )
  - RECUBRIMIENTO 5cm, EXCEPTO DONDE INDICADO.

Referencias:  
CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35581

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS <td>Cód. 2</td> <td></td>	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR <td>Cód. 3</td> <td></td>	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	LSC	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	PAP	LSC	ROA	WVI

Clientes: **AVE** **MTC**

Contratista: **COMPAÑIA TRIN ELÉCTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT** **FIGUEROA FERRAZ**

T-09014/E-TDS-02-10-10-03-091 R.O.

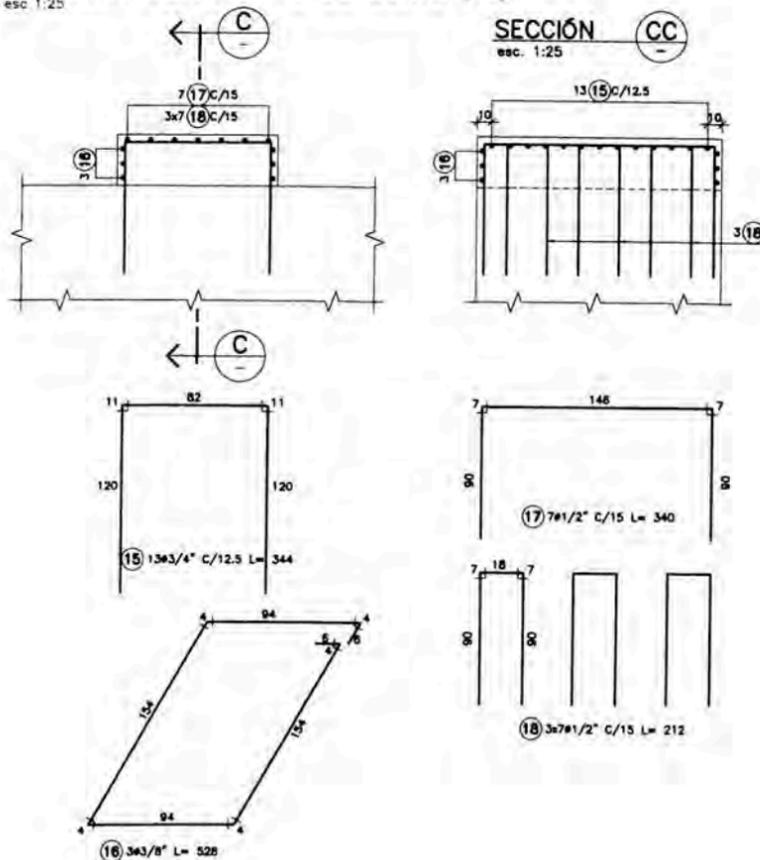
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código:	Rev.
CTELFFFEVTEESTDWG35581	510

Plano: TRAMO E - VIGA CABEZAL DE JUNTA ARMADURA - TABLERO VANO 20m

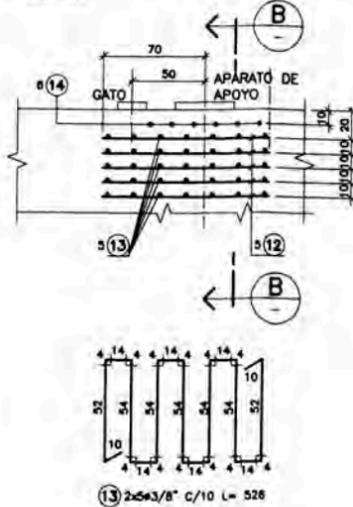
Escala: (A1) IND

ARMADURA DE LA LLAVE DE CORTE (1x)  
esc. 1:25



DETALLE D1 (4x)  
esc. 1:25

ZUNCHADO EN LOS APOYOS  
esc. 1:25



SECCIÓN BB  
esc. 1:25

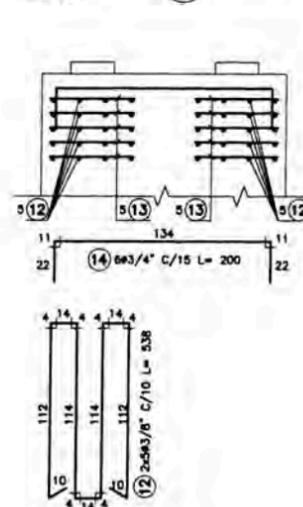
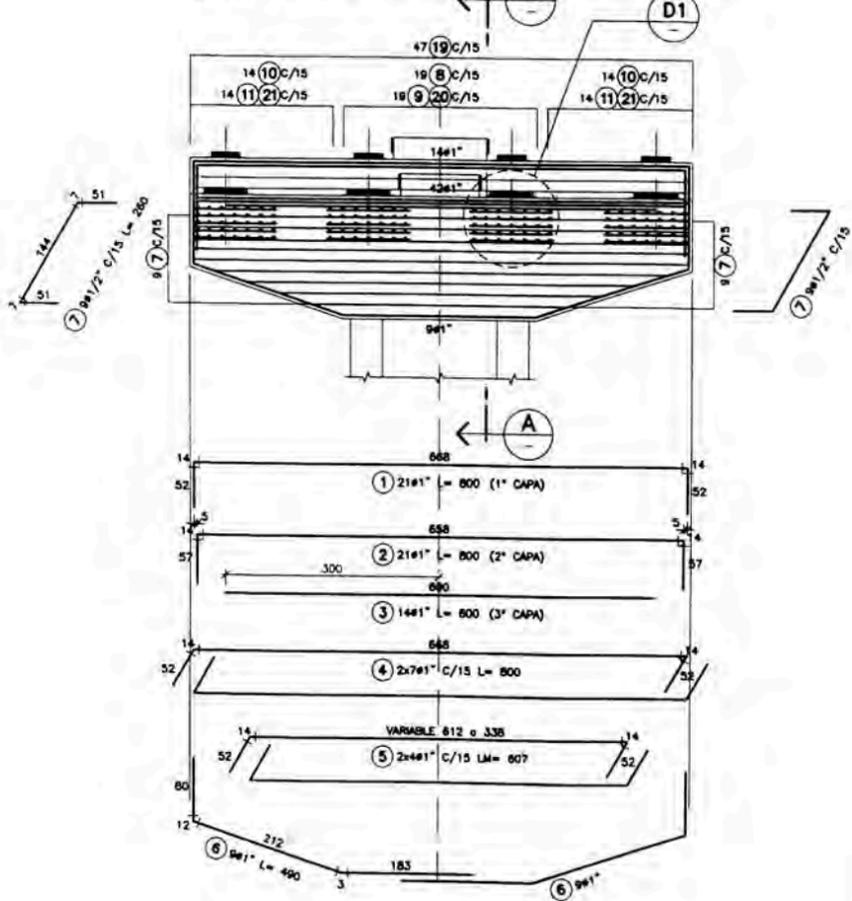


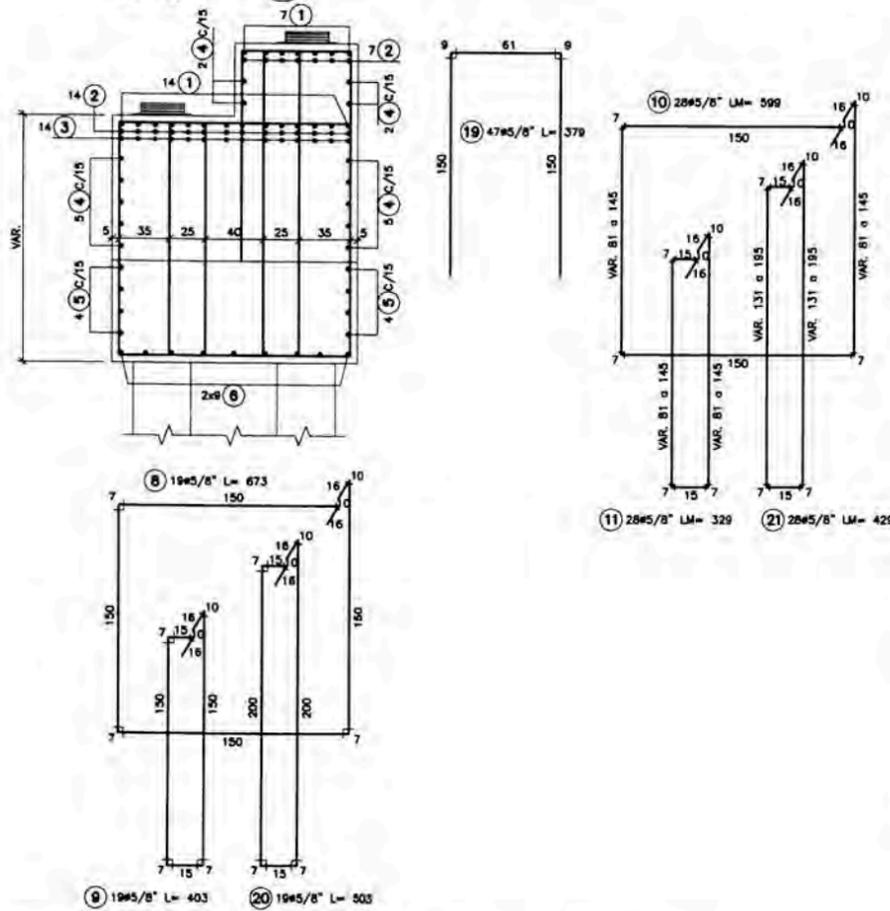
TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

GANCHOS			ESTRIBOS		
DIAMETRO Nº	Ø" (pulg)	lc (cm) doblaz=90°	DIAMETRO Nº	Ø" (pulg)	lc (cm) doblaz=90°
3	3/8	8.0	3	3/8	4.0
4	1/2	7.0	4	1/2	3.0
5	5/8	8.0	5	5/8	3.0
6	3/4	11.0	6	3/4	7.0
7	7/8	13.0	7	7/8	11.0
8	1	14.0	8	1	13.0
10	1 1/2	23.0	10	1 1/2	11.0

**VIGA CABEZAL DE JUNTA**  
esc. 1:50



**SECCIÓN AA**  
esc. 1:25



**LISTA DE VARILLAS**

POS.	#*	CANT.	LONGITUD (cm)	UNIT.	TOTAL
1	1	21	800		16800
2	1	21	800		16800
3	1	14	600		8400
4	1	14	800		11200
5	1	8	*607		4856
6	1	18	490		8820
7	1/2	18	260		4680
8	5/8	19	673		12787
9	5/8	19	403		7657
10	5/8	28	*599		16772
11	5/8	28	*329		9212
12	3/8	40	538		21520
13	3/8	40	526		21040
14	3/4	24	200		4800
15	3/4	7	364		2548
16	3/8	3	330		990
17	1/2	7	221		1547
18	1/2	23	212		4876
19	5/8	47	379		17813
20	5/8	19	503		9557
21	5/8	28	*429		12012
22	3/8	3	378		1134
23	5/8	9	257		2313
24	3/4	7	344		2408

(\* LONGITUD PROMEDIO)

**RESUMEN**

DIAMETRO	Nº	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3/8	3	0.57	446.84	255
1/2	4	1.00	111.03	111
5/8	5	1.55	881.23	1366
3/4	6	2.24	97.56	219
7/8	7	3.04		
8	8	1	3.97	2655
11	11	3/8	7.91	
PESO TOTAL ( kg )				4606

**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**

ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA LA SIGUIENTE VIGA CABEZAL: C458

- Notas:**
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS. LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
  - LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
  - CONCRETO  $f'c = 28 \text{ MPa}$  (280  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
  - ACERO  $f_y = 420 \text{ MPa}$  (4200  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
  - RECUBRIMIENTO: 5cm, EXCEPTO DONDE INDICADO.

**Referencias:**  
CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35579

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Col. 1	Firmas:
<b>CEBEL</b>	<b>PÖYRY</b>		
	APROBADO CON COMENTARIOS	Col. 2	
	REVISAR Y REVISAR	Col. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	LSC	ROA	WVI
DA	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	PAP	LSC	ROA	WVI

**Clientes:** **MTC**

**Contratista:** **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

**Proyectista:** **ODEBRECHT**  
**FIGUEROA FERRAZ**  
CORPORAÇÃO DE ENGENHARIA DE PROJETO S.A.  
1-09014/E-105 DE-10-PA3-088 R.O

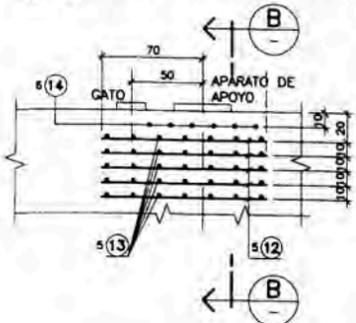
**Proyecto:** EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO  
LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

**Código:** CTELFFEVTEESTDWG35579

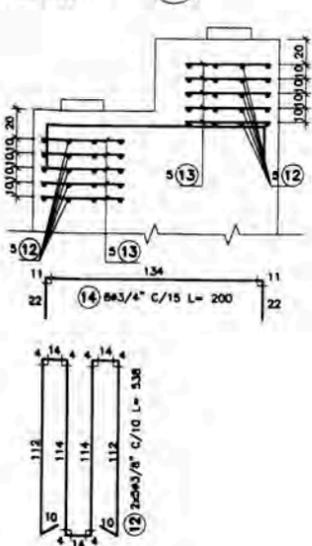
**Plano:** TRAMO E - MÓDULO 1E  
VIGAS CABEZALES DE JUNTA - ARMADURA

**DETALLE D1 (4x)**  
esc. 1:25

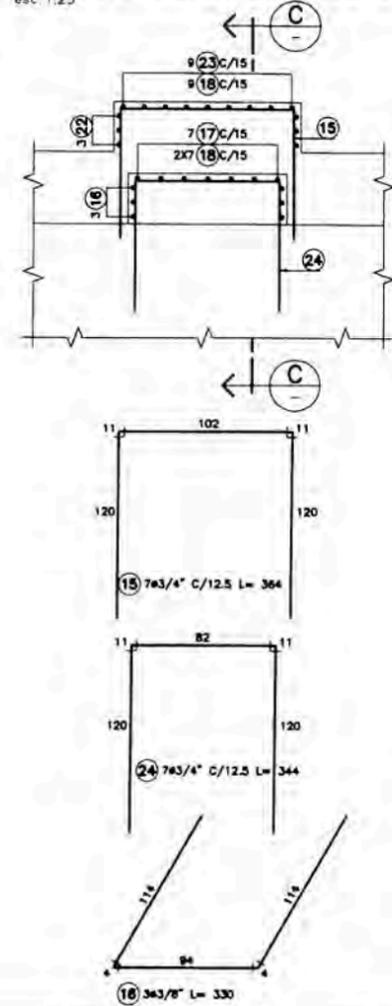
**ZUNCHADO EN LOS APOYOS**  
esc. 1:25



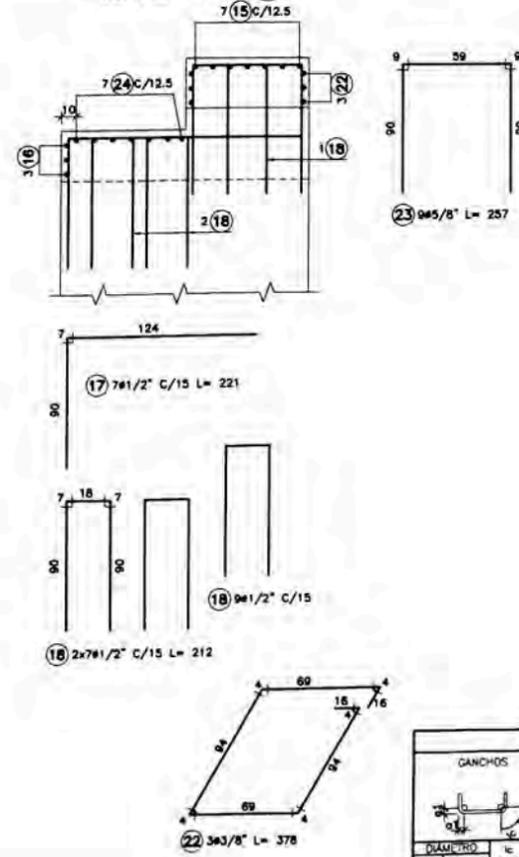
**SECCIÓN BB**  
esc. 1:25



**ARMADURA DE LA LLAVE DE CORTE (1x)**  
esc. 1:25

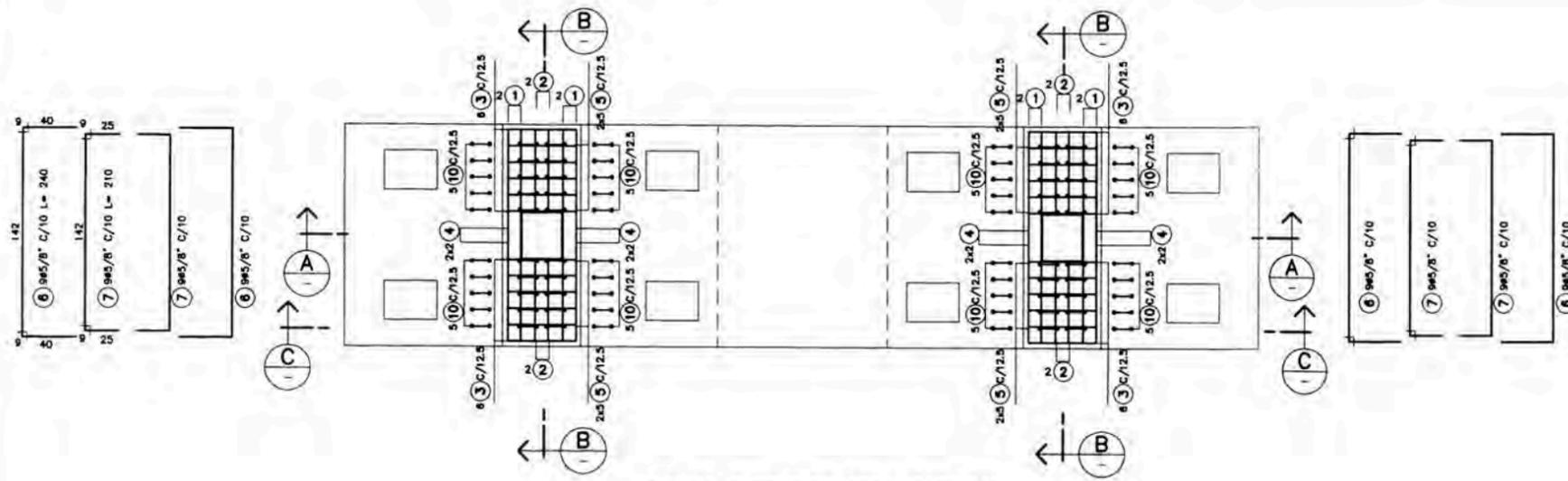


**SECCIÓN CC**  
esc. 1:25

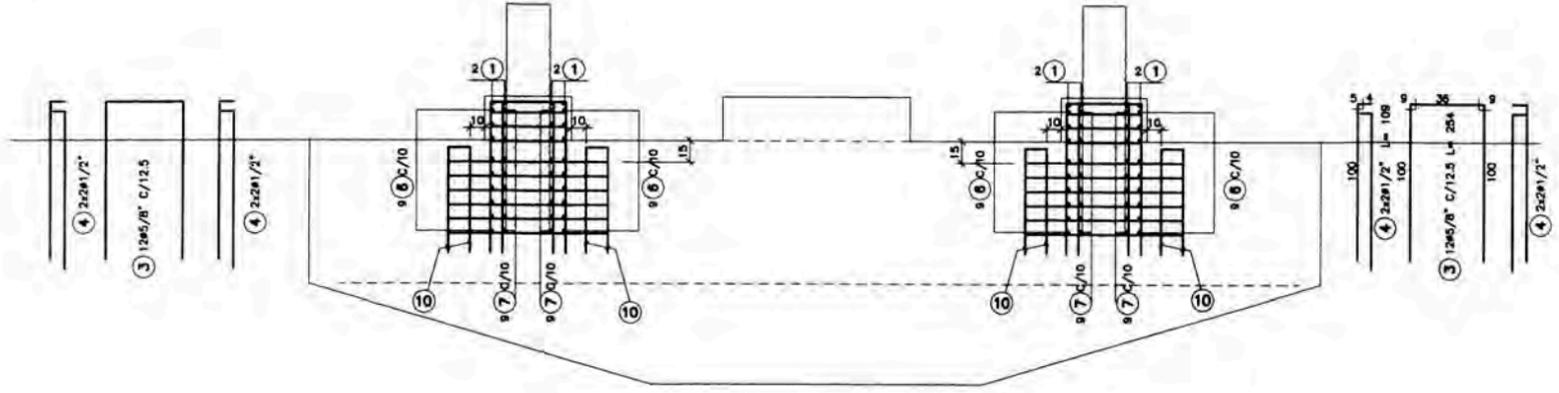


**TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200**

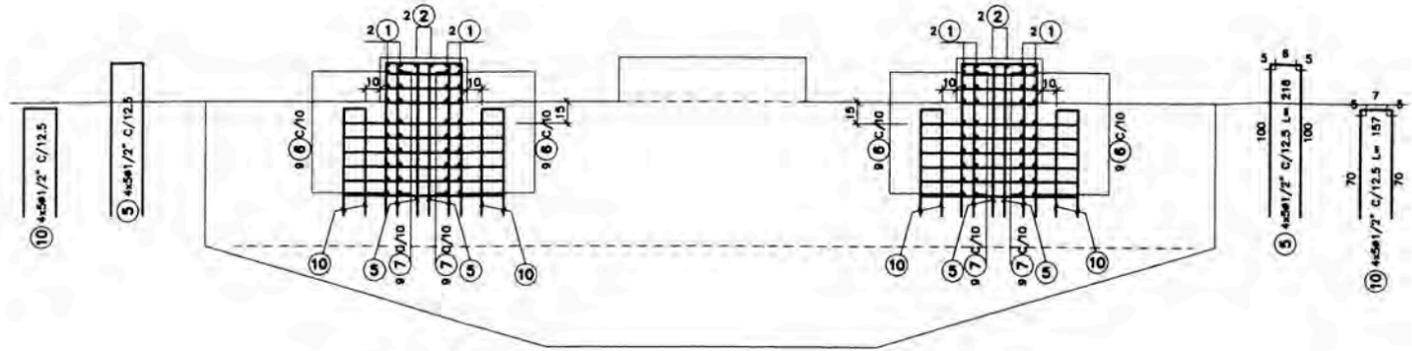
DIAMETRO	Nº	GANCHOS		ESQUEMA		DIAMETRO	Nº	ESTRIBOS		ESQUEMA	
		lc (cm)	a1 (cm)	lc (cm)	a1 (cm)			lc (cm)	a1 (cm)	lc (cm)	a1 (cm)
3/8"	3	7.0	4.0	7.0	4.0	3/8"	3	7.0	4.0	7.0	4.0
1/2"	4	8.0	4.0	8.0	4.0	1/2"	4	8.0	4.0	8.0	4.0
5/8"	5	9.0	4.0	9.0	4.0	5/8"	5	9.0	4.0	9.0	4.0
3/4"	6	10.0	4.0	10.0	4.0	3/4"	6	10.0	4.0	10.0	4.0
7/8"	7	11.0	4.0	11.0	4.0	7/8"	7	11.0	4.0	11.0	4.0
1"	8	12.0	4.0	12.0	4.0	1"	8	12.0	4.0	12.0	4.0
1 1/2"	9	14.0	4.0	14.0	4.0	1 1/2"	9	14.0	4.0	14.0	4.0
2"	10	16.0	4.0	16.0	4.0	2"	10	16.0	4.0	16.0	4.0
2 1/2"	11	18.0	4.0	18.0	4.0	2 1/2"	11	18.0	4.0	18.0	4.0
3"	12	20.0	4.0	20.0	4.0	3"	12	20.0	4.0	20.0	4.0



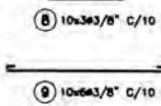
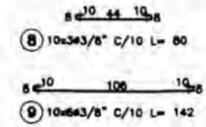
PLANTA SUPERIOR VIGA CABEZAL  
esc. 1:25



SECCIÓN AA  
esc. 1:25



SECCIÓN CC  
esc. 1:25



LISTA DE VARILLAS				
POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	
1	5/8	8	364	2912
2	5/8	8	264	2112
3	5/8	24	254	6096
4	1/2	16	109	1744
5	1/2	40	216	8640
6	5/8	36	240	8640
7	5/8	36	210	7560
8	3/8	60	80	4800
9	3/8	120	142	17040
10	1/2	40	157	6280

RESUMEN				
N°	Ø"	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3	3/8	0.57	218.40	125
4	1/2	1.00	166.64	167
5	5/8	1.55	273.20	424
6	3/4	2.24		
7	7/8	3.04		
8	1	3.97		
11	1-3/8	7.91		
PESO TOTAL P/ 1 VIGA CABEZAL ( kg )				716
PESO TOTAL P/ 3 VIGAS CABEZAL ( kg )				2148

SECCIÓN BB (2x)  
esc. 1:25

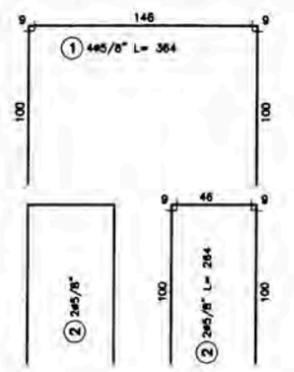
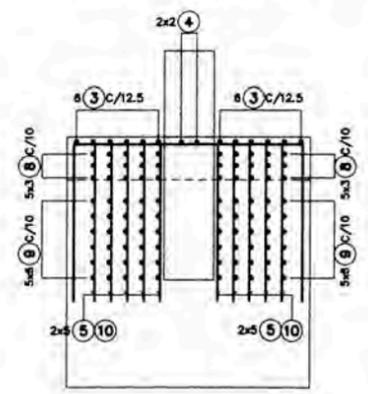


TABLA DE DOBLES - ACERO fy 4200					
GANCHOS			ESTRIBOS		
N°	Ø (pulg)	lc (cm)	ESQUEMA		Ø1 (cm)
			doblez=90°	doblez=90°	
3	3/8	8.0	4.0	4.0	4.0
4	1/2	12.0	6.0	6.0	6.0
5	5/8	16.0	8.0	8.0	8.0
6	3/4	20.0	10.0	10.0	10.0
7	7/8	24.0	12.0	12.0	12.0
8	1	28.0	14.0	14.0	14.0
9	1 1/4	32.0	16.0	16.0	16.0
10	1 1/2	36.0	18.0	18.0	18.0
11	1 3/8	40.0	20.0	20.0	20.0

PLANO LLAVE

LEYENDA

ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS CABEZALES:  
C459-C461-C463

- Notas:
- TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EXPRESADAS EN CENTÍMETROS, LOS DIÁMETROS EN PULGADAS.
  - LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTÁN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
  - CONCRETO f'c= 28MPa (280 kgf/cm²).
  - ACERO fy= 420 MPa (4200 kgf/cm²).
  - RECURRIMIENTO: 5cm, EXCEPTO DONDE INDICADO.
  - LA DISTANCIA ENTRE LAS VARILLAS INTERNAS Y EL DISPOSITIVO DE RESTRICCIÓN LONGITUDINAL DEBE SER DE 2cm.

Referencias:


Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TLK	TLK	ROA	WVI
DA	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	TLK	TLK	ROA	WVI

Rev. Fecha: DOMINICA Descripción de la revisión: ELABOR. DISEÑO. REVIS. APROB.

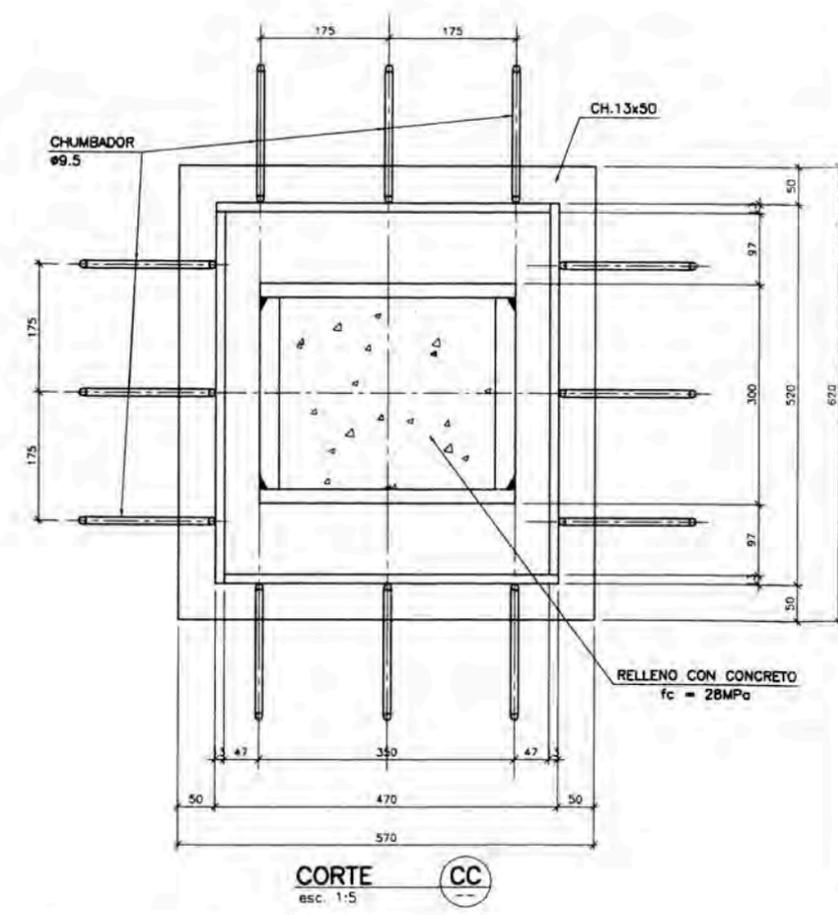
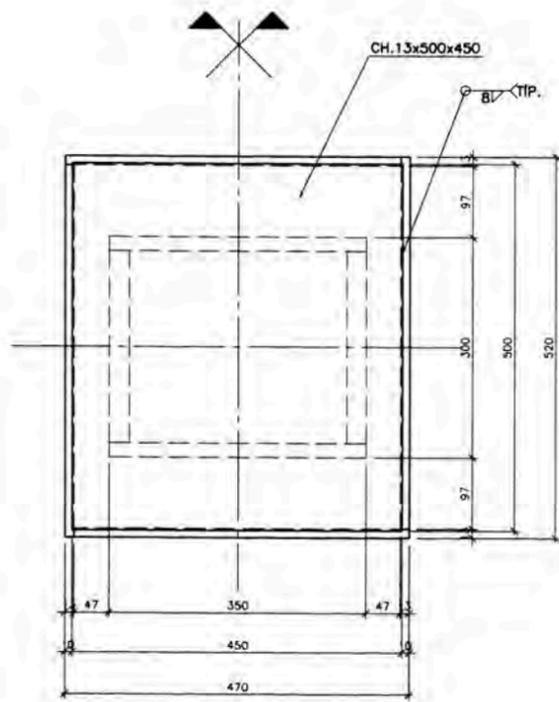
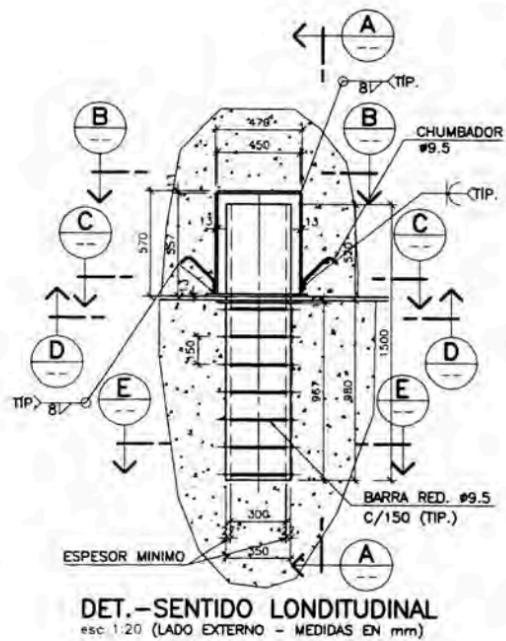
Cliente: **MTCA** Contraloría: **COMANDO EN JEFE FUERZA ELECTRICIDAD** Sub-Contratista: **ODEBRECHT FIGUEROA FERRAZ**

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

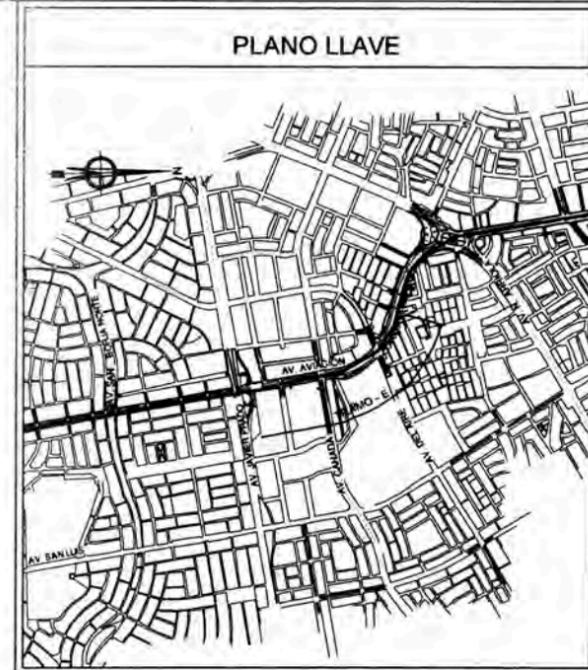
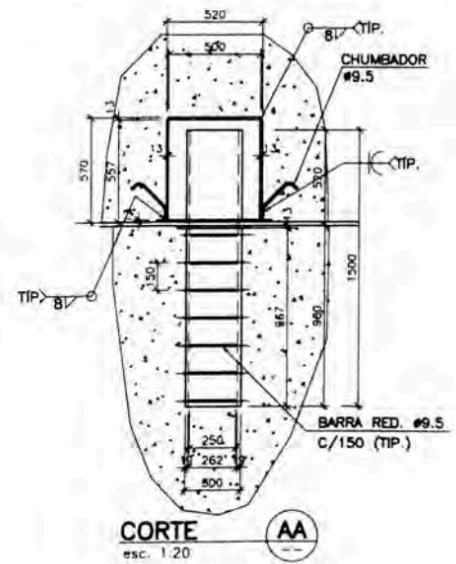
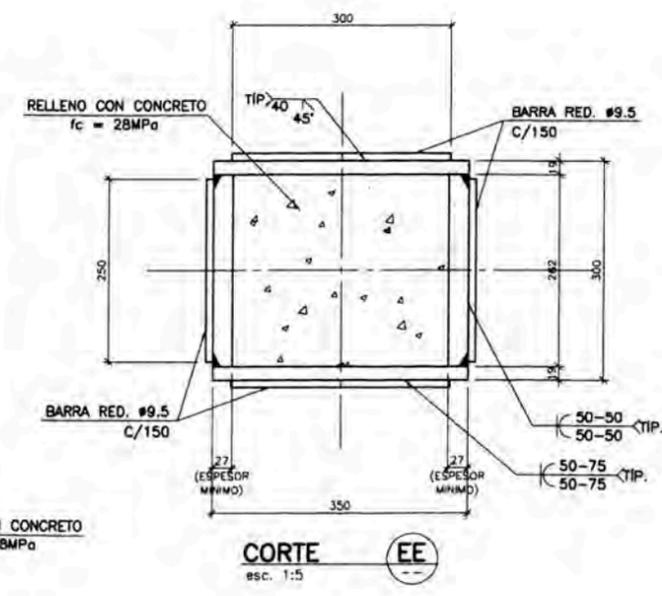
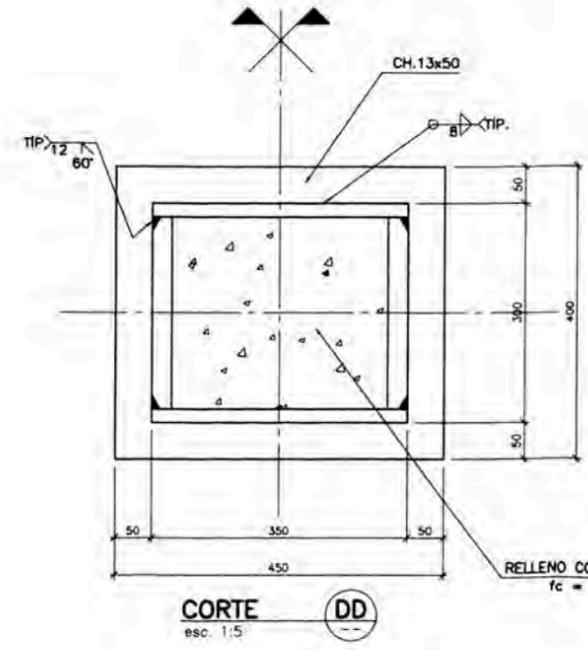
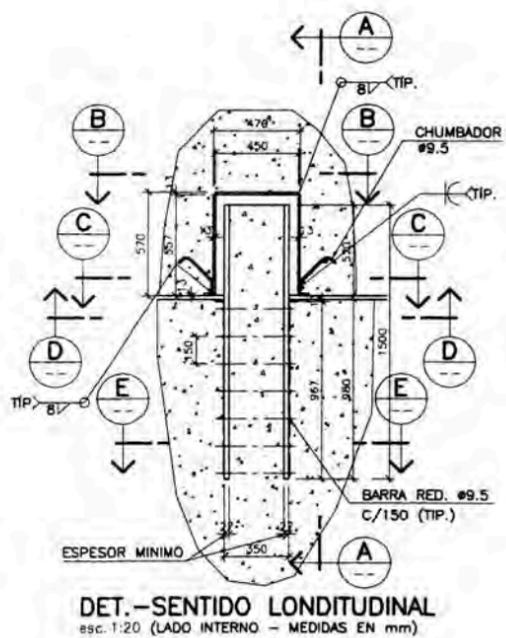
Código: C.T.E.L.F.F.E.V.T.E.E.S.T.D.W.G.3.5.6.4.8.5.0

Plano: TRAMO E - VIGA CABEZAL - TABLERO 20 m ARM. JUNTO AL DISPOSITIVO DE RESTRICCIÓN

Rev. (A1) Ind.



EJE LONGITUDINAL DEL PUENTE  
ACERO ASTM A572 gr 50 (CHAPAS E BARRAS)



**LEYENDA**  
ESTE PLANO ES VALIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS CABEZALES: C459-C461-C463

**NOTAS:**  
1- MEDIDAS EN MILIMETRO.

**Referencias:**

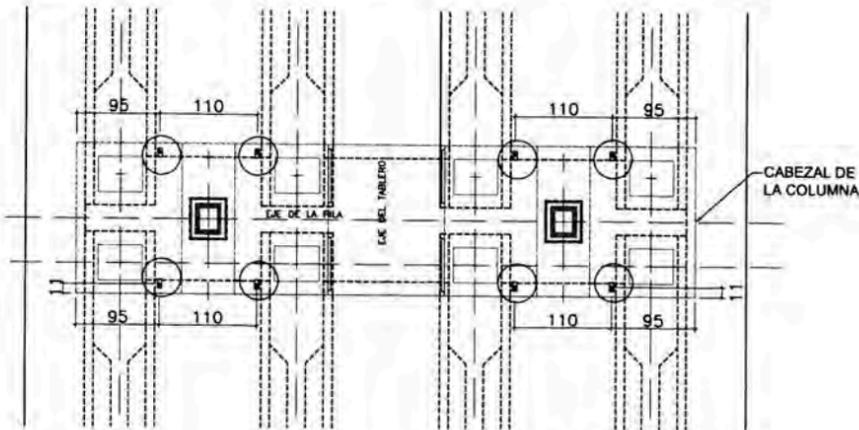
Supervisión:	APROBADO EN COMENTARIOS	Cad. 1	Firma:
APROBADO PARA CONSTRUCCION	APROBADO CON COMENTARIOS	Cad. 2	
REVISAR Y REEMITAR		Cad. 3	

50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TLK	TLK	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	TLK	TLK	ROA	WVI
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

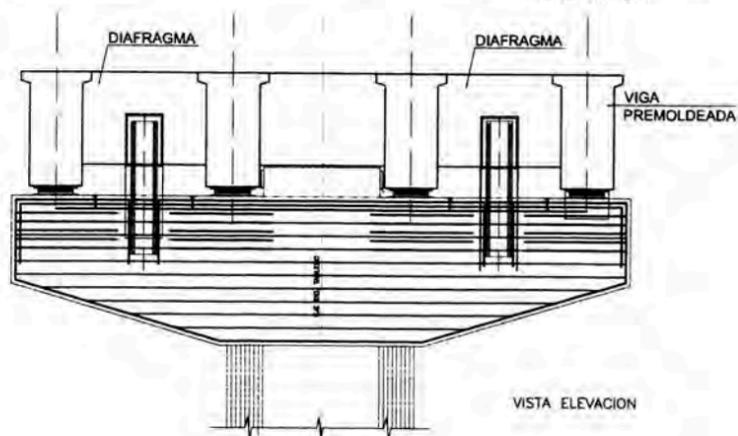
Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

Código:	Rev.
G, T, E, L, F, F, E, V, T, E, S, T, D, W, G, 3, 5, 5, 4, 5	5, 0
Plano:	Escala:
<b>TRAMO E</b>	<b>IND.</b>
<b>RESTRICCION LONGITUDINAL</b>	

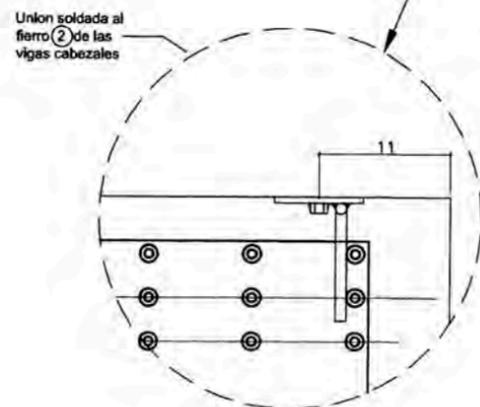
**DETALLE A**  
esc. 1/40



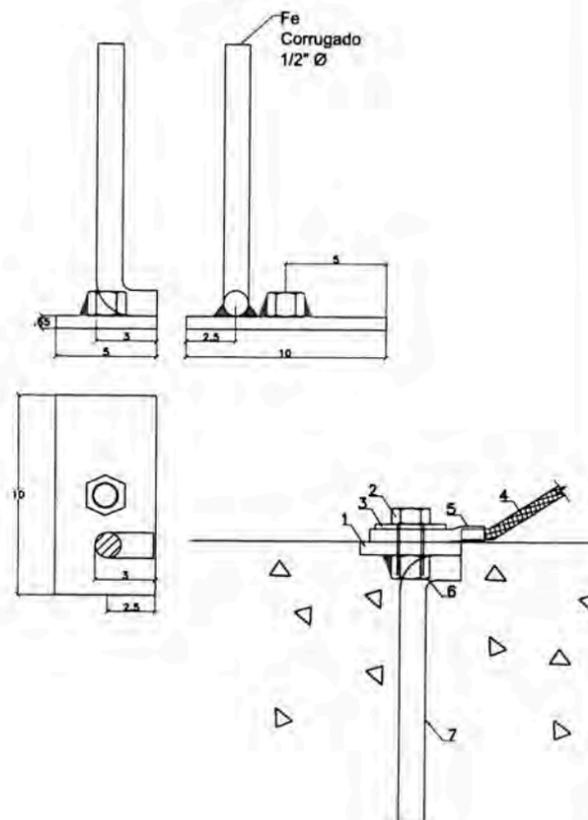
VISTA DE PLANTA



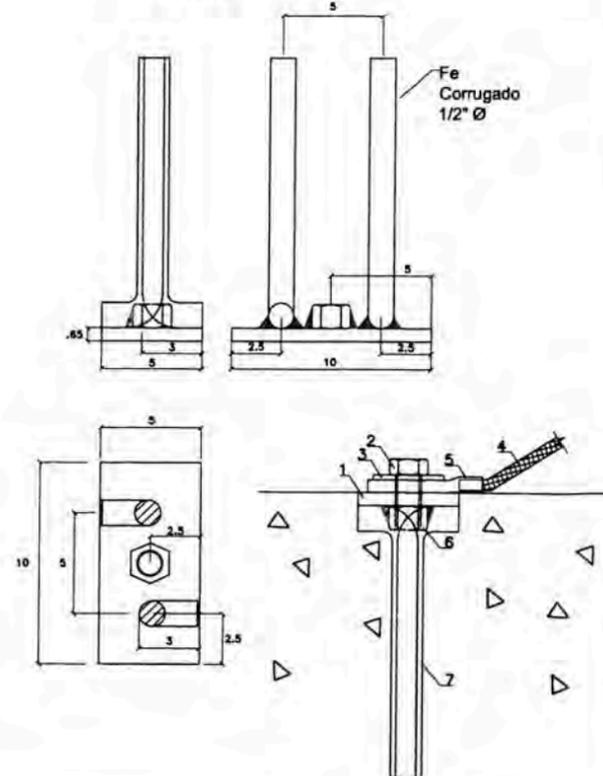
VISTA LATERAL DEL CABEZAL  
esc. 1/40



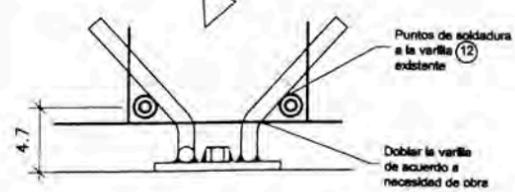
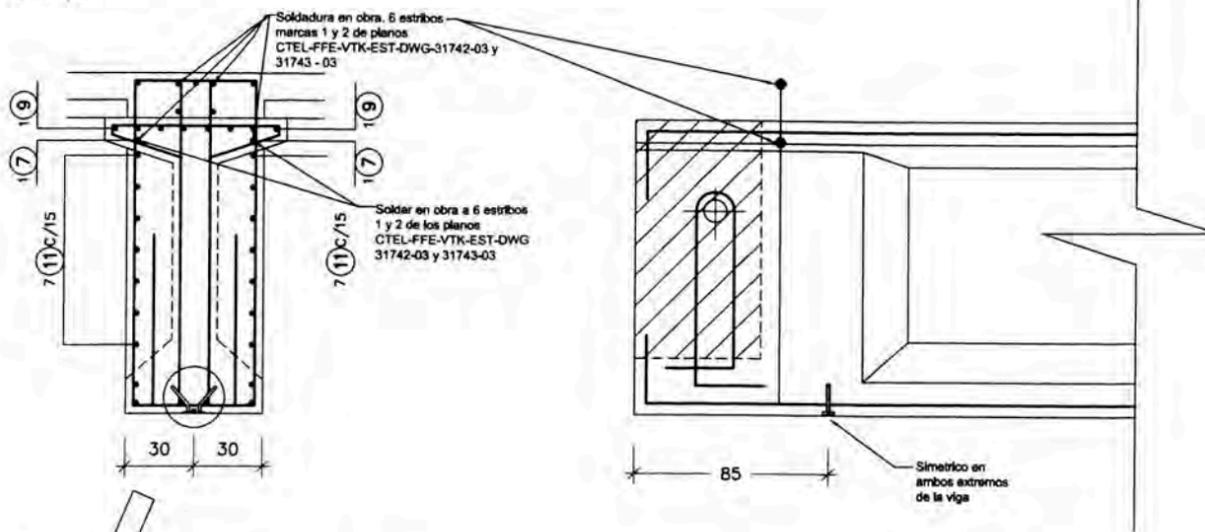
**DETALLE DE PLATINA DE PUESTA A TIERRA EMBEBIDO EN CONCRETO PARA CABEZALES DE COLUMNAS**  
esc. 1/175



**DETALLE DE PLATINA DE PUESTA A TIERRA EMBEBIDO EN CONCRETO PARA VIGAS 1 Y 2**  
esc. 1/175



**DETALLE B**  
esc. 1/20



**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**

- Notas:
1. PL 1/4" 100x60
  2. PERNO Ø1/2"x1" (Galvanizado)
  3. ARANDELA Ø1/2" (Galvanizado)
  4. CABLE COBRE
  5. TERMINAL DE OJO PRENSADO AL CABLE COBRE
  6. TUERCA Ø1/2"-NC
  7. BARRA CORRUGADA Ø1/2"
- LAS PIEZAS 1 Y 6 SERAN GALVANIZADAS EN CALIENTE UTILIZAR SOLDADURA AWS E 7010 (CELLOCORD)

Supervisión:

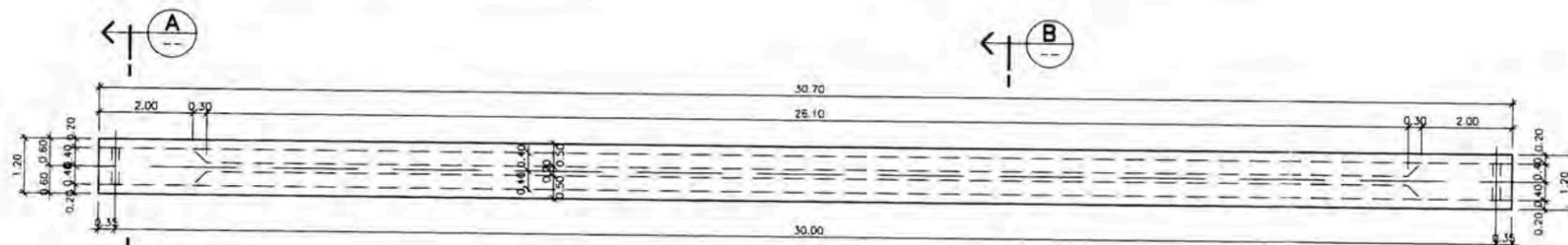
APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
REVISAR Y REDIMAR	Cód. 3	

OA 24/Mar/10	EPR	JAF	RMO	ICV	WVI		
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión		ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

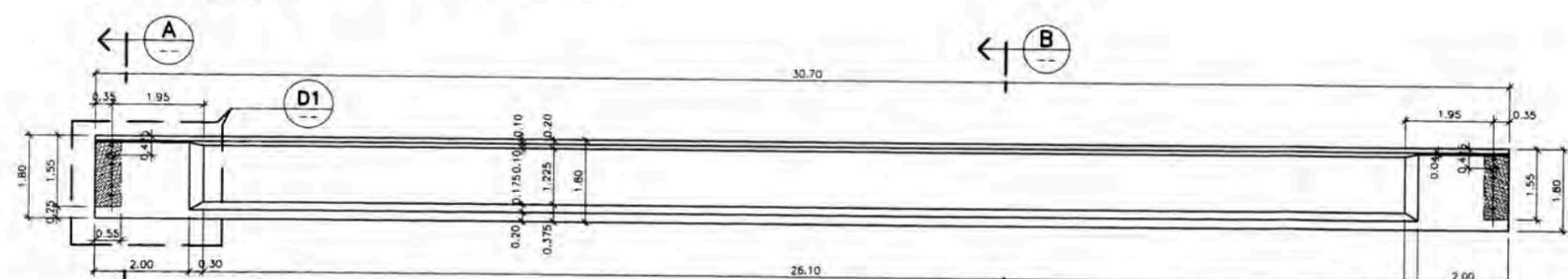
Ciente: **MTC** Contralista: **COMERCIO TRIN ELECTRICO** Proyectista: **ODEBRECHT**  
**FIGUEROA FERRAZ**  
 CONSULTORA E INGENIERIA DE PROYECTO S.A.  
 1-08014/E-105 DE-KI-2000-200

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

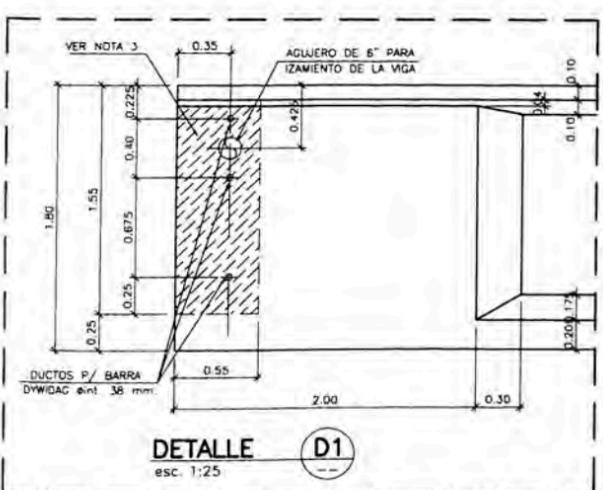
Código:	Rev.
<b>CTELFFEGENELEDWG310010A</b>	
Plano:	Escala:
<b>PROYECTO CONCEPTUAL PARA PROTECCION CONTRA LAS CORRIENTES DE FUGA - DETALLES 1/2</b>	<b>(A1)</b>
	INDICADA



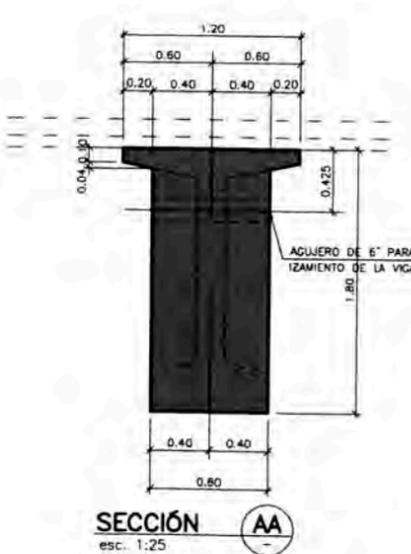
PLANTA SUPERIOR (VIGAS V27)  
ESC. 1:75



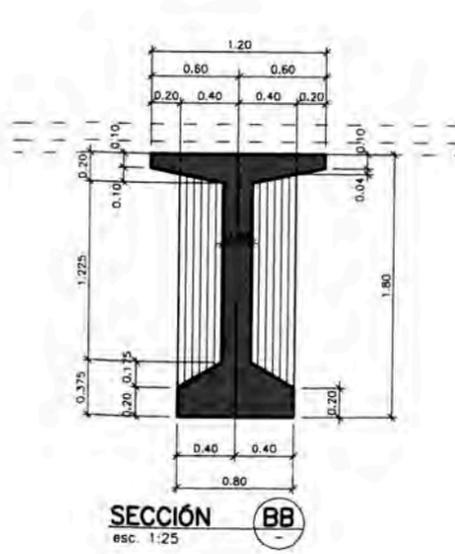
ELEVACIÓN LONGITUDINAL (VIGAS V27)  
ESC. 1:75



DETALLE D1  
esc. 1:25



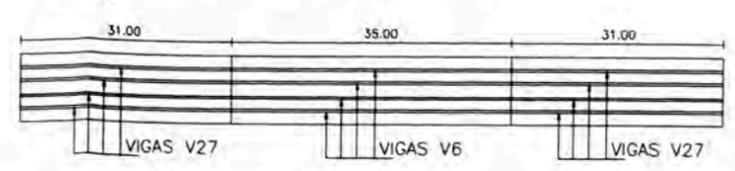
SECCIÓN AA  
esc. 1:25



SECCIÓN BB  
esc. 1:25

CANTIDADES DE VIGAS  
V27 = 8x

ESQUEMA DE UBICACION DE VIGAS  
ESC. S/E



PLANO LLAVE

LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS PREMOLDEADAS:  
C458-C459, C461-C462

- Notas:
- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
  - 2- CONCRETO  $F_c = 35 \text{ MPa}$  PARA VIGAS.
  - 3- LAS CARAS LATERALES DE LAS VIGAS PREMOLDEADAS EN CONTACTO CON LOS DIAFRAGMAS DEBEN TENER SUPERFICIE CON RUGOSIDADES DE APROXIMADAMENTE 8 mm de ALTURA A CADA 3 cm.

Referencias:  
CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35512

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
<b>CECEL</b>	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
<b>PÓVRY</b>	REVISAR Y REEMITAR	Cód. 3	

50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	EAB	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	EAB	OLG	ROA	WVI
Rev.	Fecha DDMM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Clientes: **AVE** **MTC**

Controlado: **TRAF**

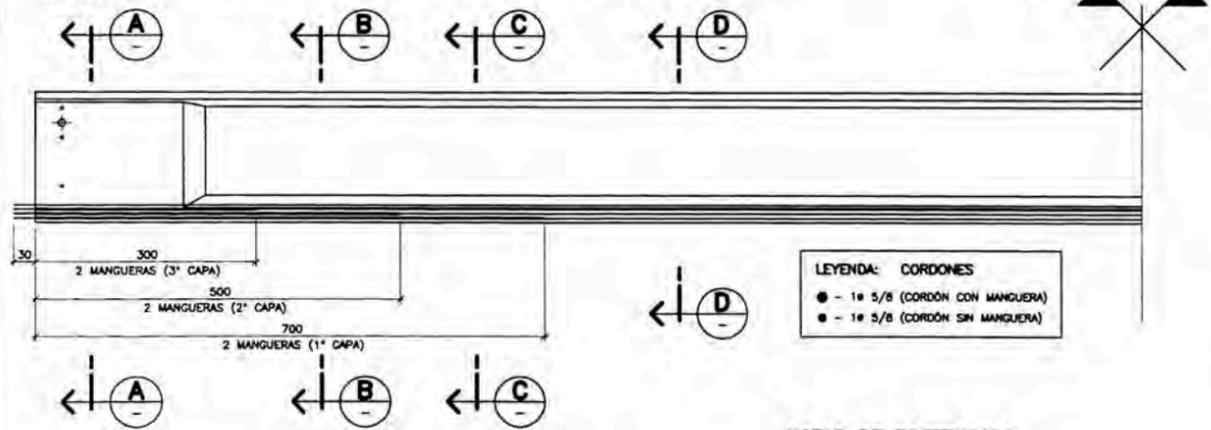
Proyectado: **ODEBRECHT**  
**FIGUEREDO FERRAZ**  
CONSTRUCIONES E INGENIERIA DE PROYECTOS S.A.  
T-09014/E-T05 DE-10-IP08-063.10

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código:	CTELFFEVTEESTDWG35512	Rev:	5,0
Plano:	TRAMO E - VIGAS PREMOLDEADAS V27 MÓDULO 1E	Escala:	(A1) IND.

**VIGA V27 - L= 30,70m - ARMADURA PRETENSADA**

esc. 1:50



**LEYENDA: CORDONES**  
 ● - 1ø 5/8 (CORDÓN CON MANGUERA)  
 ○ - 1ø 5/8 (CORDÓN SIN MANGUERA)

**NOTAS DE PRETENSADO:**

- 1- CARACTERÍSTICAS DE LOS CORDONES:  
 ø5/8 - AP= 1,39cm<sup>2</sup>  
 ESFUERZO DE TENSADO POR CORDÓN:  
 ø5/8 - F<sub>pt</sub>= 194 KN  
 CARGA UNITARIA DE ROTURA: f<sub>pu</sub> ≥ 1880 MPa  
 LÍMITE ELÁSTICO: f<sub>py</sub> ≥ 1670 MPa  
 MÓDULO ELÁSTICO: E<sub>p</sub> ≥ 195000 MPa
- 2- PARA LA APLICACIÓN DEL PRETENSADO EL CONCRETO DEBERÁ HABER ALCANZADO UNA RESISTENCIA f<sub>c</sub> > 28 MPa
- 3- ALARGAMIENTO DE LOS CORDONES: 217mm

**RESUMEN**

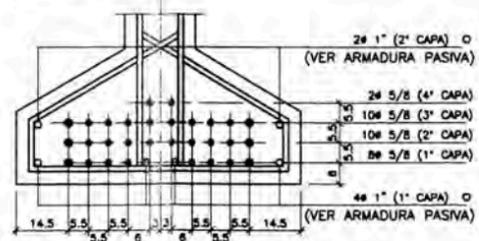
DIAMETRO ø"	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3/8	0.44	-	-
1/2	0.79	-	-
5/8	1.13	939.00	1061
TOTAL P/ 1 VIGA (kg)			1061
TOTAL P/ 8 VIGAS (kg)			8488

**LISTA DE CORDONES**

POS.	ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	5/8	30	3130	93900

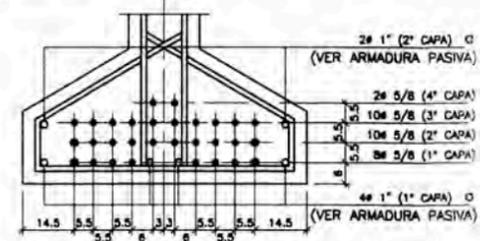
**SECCIÓN AA**

esc. 1:10



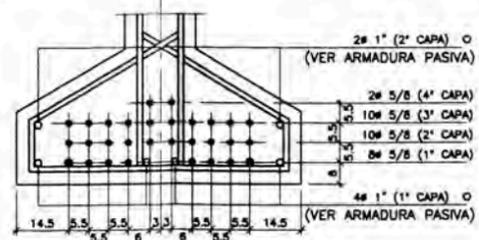
**SECCIÓN BB**

esc. 1:10



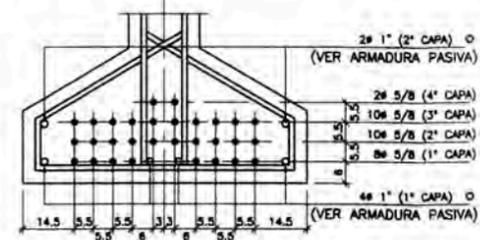
**SECCIÓN CC**

esc. 1:10



**SECCIÓN DD**

esc. 1:10



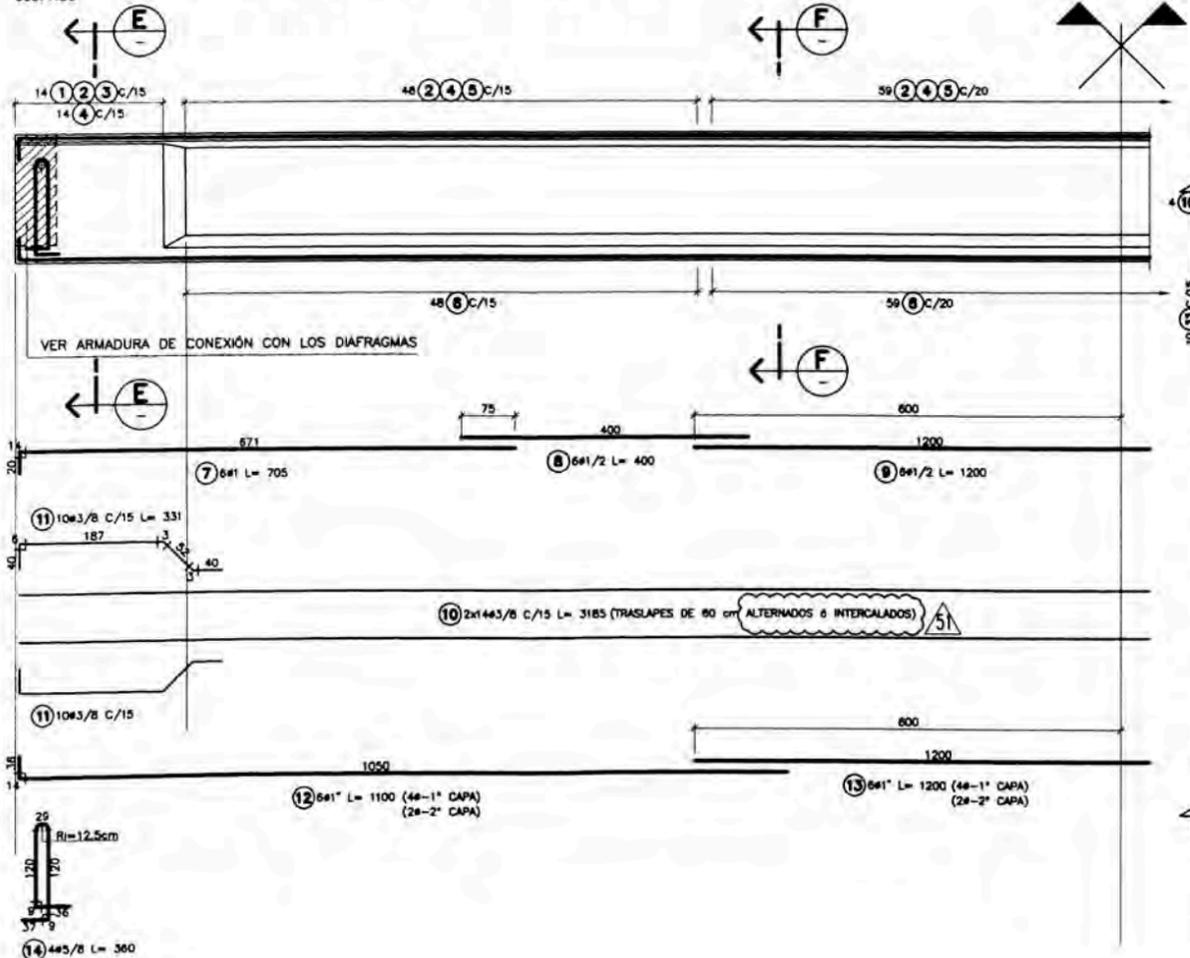
**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**

ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA LOS SIGUIENTES VANOS C458-C459, C461-C462

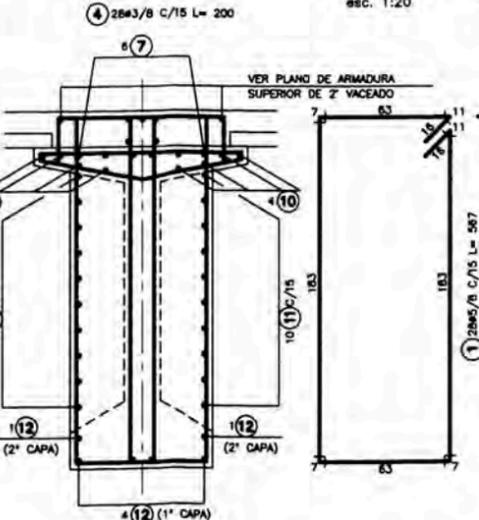
**VIGA V27 - L= 30,70m - ARMADURA PASIVA**

esc. 1:50



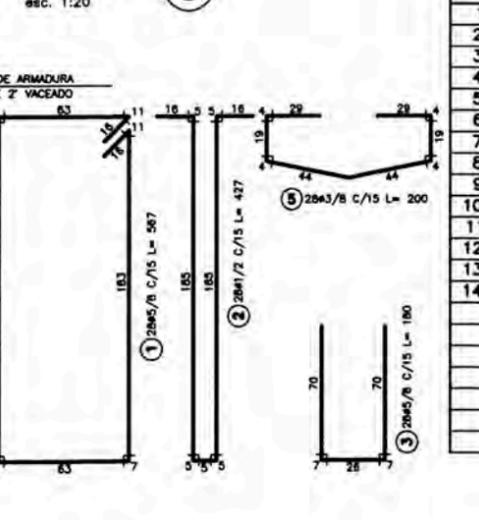
**SECCIÓN EE**

esc. 1:20



**SECCIÓN FF**

esc. 1:20



**LISTA DE VARILLAS**

POS.	ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	5/8	28	567	15878
2	1/2	183	427	78141
3	5/8	28	180	5040
4	3/8	183	200	36600
5	3/8	183	200	36600
6	3/8	155	235	36425
7	1	12	705	8460
8	1/2	12	400	4800
9	1/2	6	1200	7200
10	3/8	28	3185	89180
11	3/8	40	331	13240
12	1	12	1100	13200
13	1	6	1200	7200
14	5/8	8	360	2880

- Notas:**
- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS
  - 2- MATERIALES : CONCRETO f<sub>c</sub>= 35MPa (350 kgf/cm<sup>2</sup>)  
 ACERO (ARMADURA PASIVA) f<sub>y</sub>= 420 MPa (4200 kgf/cm<sup>2</sup>)
  - 3- RECUBRIMIENTO: 3.5cm
  - 4- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.

**Referencias:**  
 CTEL-VTE-EST-DWG-35572

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
		REVISAR Y REENVÍAR	Cód. 3	

51	17-Jun-11	POST CONSTRUCCION	LMI	MCO	MCA	WVI
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	DLS	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	DLS	OLG	ROA	WVI

Cliente: **ATE** / **MTCA** / **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT** / **FIGUEROA FERRAZ**

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

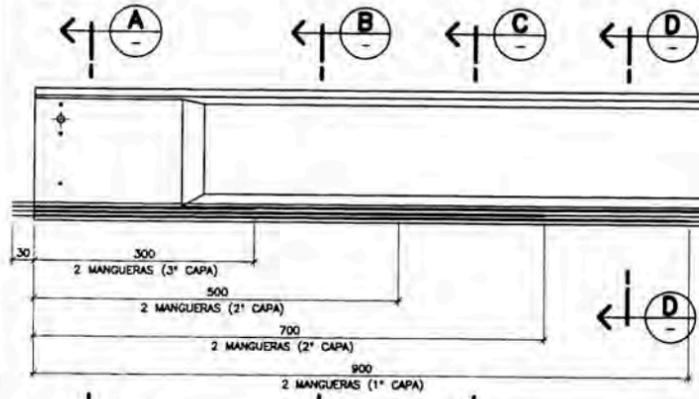
Plano: **TRAMO "E" - MÓDULO 1E - VIGAS V27 ARMADURA PRETENSADA Y PASIVA**

Rev. 51

**TABLA DE DOBLES - ACERO fy=4200**

GANCHOS			ESTRIBOS		
DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)	DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)
1/2"	7.5	4.0	1/2"	4.5	3.5
3/8"	8.0	4.0	3/8"	4.5	4.0
1/2"	11.0	8.0	1/2"	7.0	5.0
3/8"	11.0	8.0	3/8"	11.0	8.0
1"	14.0	11.0	1"	13.0	9.0
1 1/4"	18.0	14.0	1 1/4"	14.0	11.0

**VIGA V6 - L = 34,70m - ARMADURA PRETENSADA**  
esc. 1:50



RESUMEN			
DIAMETRO	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3/8	0.44	-	-
1/2	0.79	-	-
5/8	1.13	1270.80	1436
TOTAL P/ 1 VIGA (kg)			1436
TOTAL P/ 4 VIGAS (kg)			5744

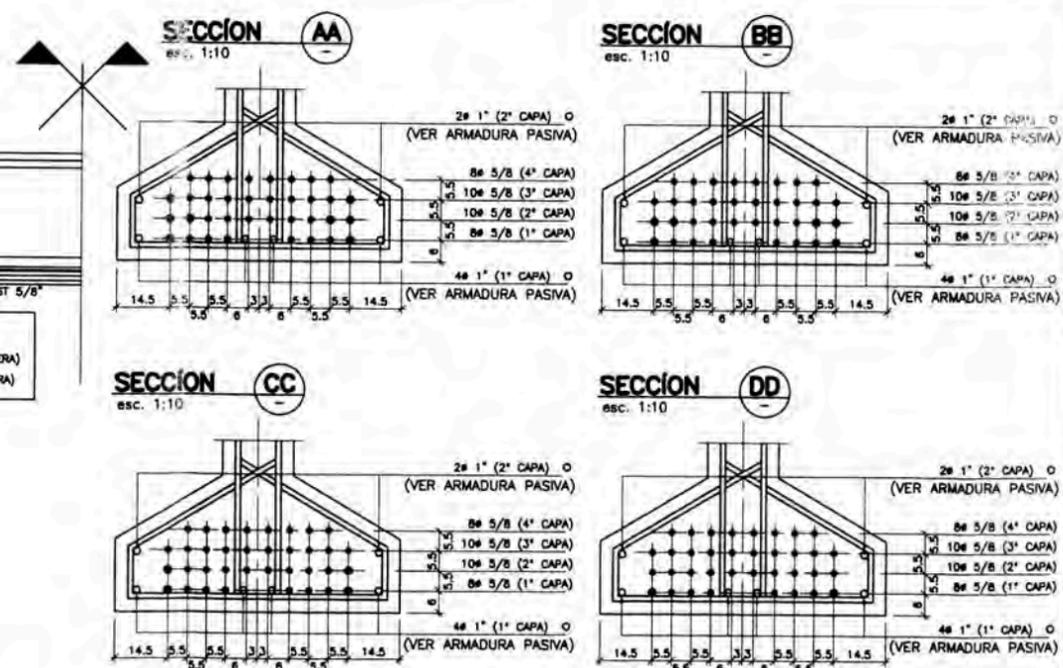
LISTA DE CORDONES				
POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	5/8	36	3530	127080

**NOTAS DE PRETENSADO:**

- 1- CARACTERÍSTICAS DE LOS CORDONES:  
 #5/8 - AP = 1.39cm<sup>2</sup>  
 ESFUERZO DE TENSADO POR CORDÓN:  
 #5/8 - F<sub>pi</sub> = 194 KH  
 CARGA UNITARIA DE ROTURA: f<sub>pu</sub> ≥ 1860 MPa  
 LIMITE ELASTICO: f<sub>pe</sub> ≥ 1670 MPa  
 MÓDULO ELASTICO: E<sub>p</sub> ≥ 195000 MPa
- 2- PARA LA APLICACIÓN DEL PRETENSADO EL CONCRETO DEBERÁ HABER ALCANZADO UNA RESISTENCIA f<sub>c</sub> > 28 MPa
- 3- ALARGAMIENTO DE LOS CORDONES: 253mm

**LEYENDA: CORDONES**

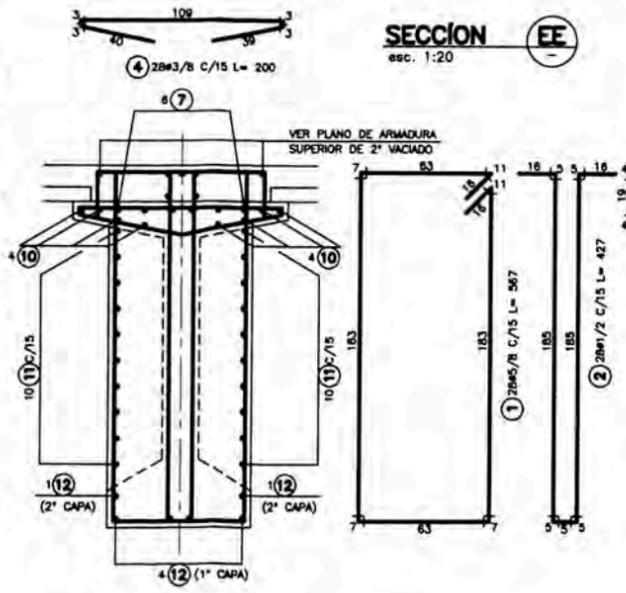
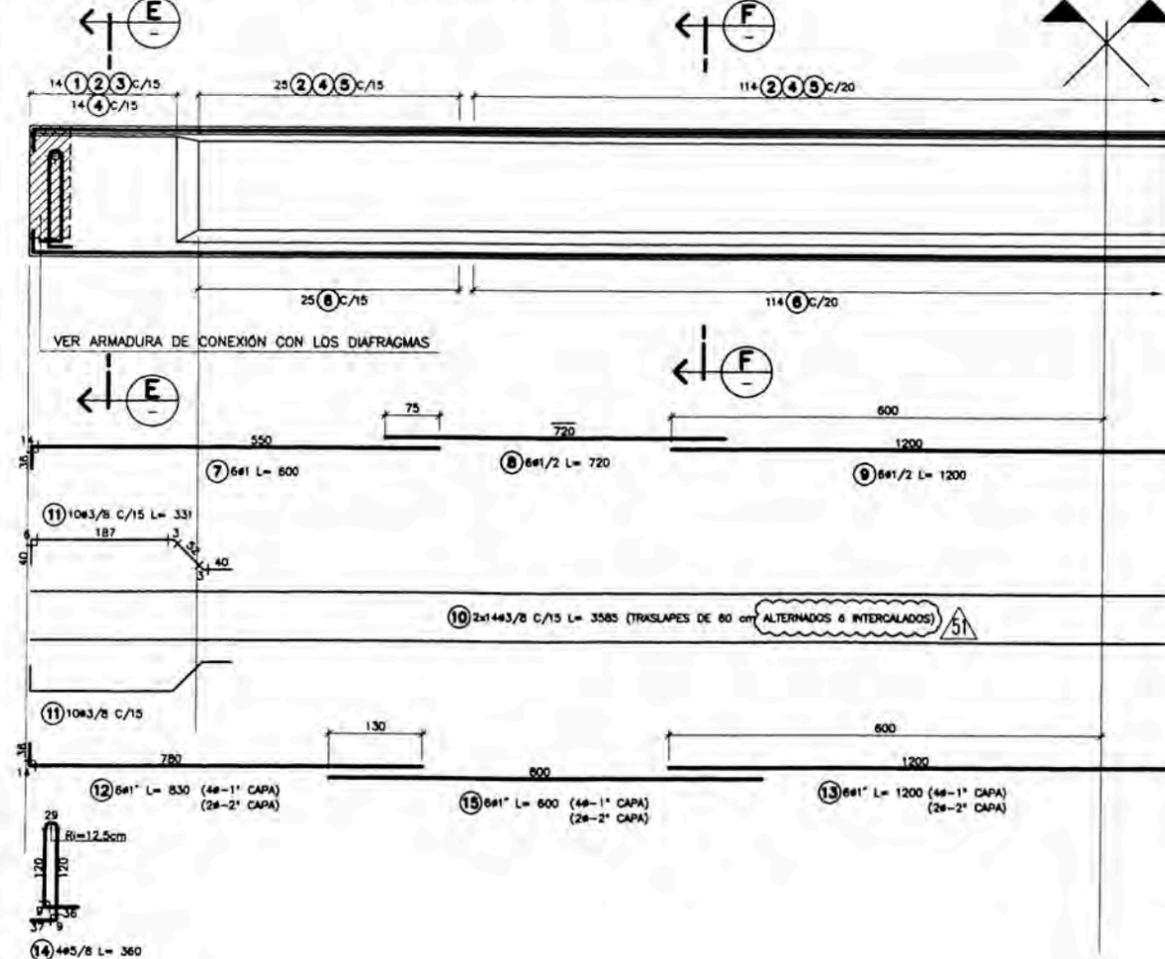
- - 1# 5/8 (CORDÓN CON MANGUERA)
- - 1# 5/8 (CORDÓN SIN MANGUERA)



**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**  
ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA EL SIGUIENTE VANO C459-C461

**VIGA V6 - L = 34,70m - ARMADURA PASIVA**  
esc. 1:50



LISTA DE VARILLAS				
POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	
1	5/8	28	567	15876
2	1/2	192	427	81984
3	5/8	28	180	5040
4	3/8	192	200	38400
5	3/8	192	200	38400
6	3/8	164	235	38540
7	1	12	600	7200
8	1/2	12	720	8640
9	1/2	6	1200	7200
10	3/8	28	3585	100380
11	3/8	40	331	13240
12	1	12	830	9960
13	1	6	1200	7200
14	5/8	8	360	2880
15	1	12	600	7200

**Notas:**

- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
- 2- MATERIALES: CONCRETO (f<sub>c</sub> = 35MPa (350 kgf/cm<sup>2</sup>))  
ACERO (ARMADURA PASIVA) f<sub>y</sub> = 420 MPa (4200 kgf/cm<sup>2</sup>)
- 3- RECUBRIMIENTO: 3.5cm
- 4- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.

Referencias:  
CTEL-FTE-VTE-EST-DWG-35573

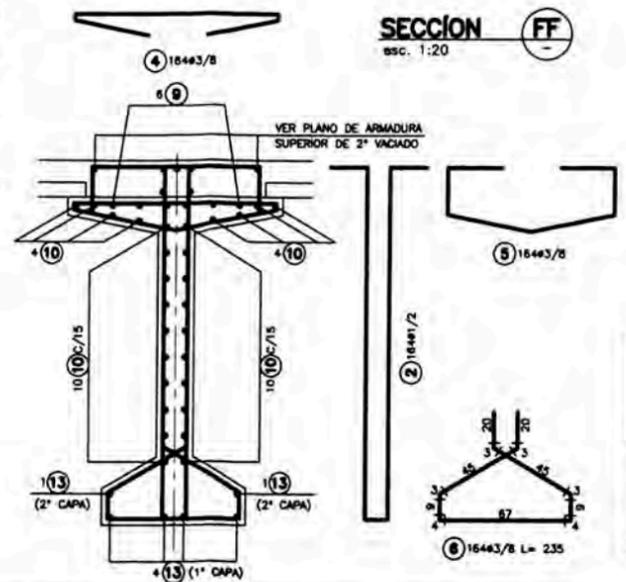


TABLA DE DOBLECES - ACERO fy=4200					
GANCHOS			ESTRIBOS		
DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)	DIAMETRO	lc (cm)	a1 (cm)
3/8	8.0	4.0	3/8	4.0	3.0
1/2	7.0	3.0	1/2	5.0	4.0
5/8	8.0	3.0	5/8	7.0	5.0
3/4	11.0	3.0	3/4	7.0	5.0
7/8	13.0	3.0	7/8	11.0	8.0
1"	14.0	11.0	1"	13.0	9.0
1 1/4"	23.0	18.0	1 1/4"	19.0	11.0

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	POYRY	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
		REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

51	17-Jun-11	POST CONSTRUCCION	LMI	MCO	MCA	WVI
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	DLS	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	DLS	OLG	ROA	WVI

Cliente: **MTCA** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

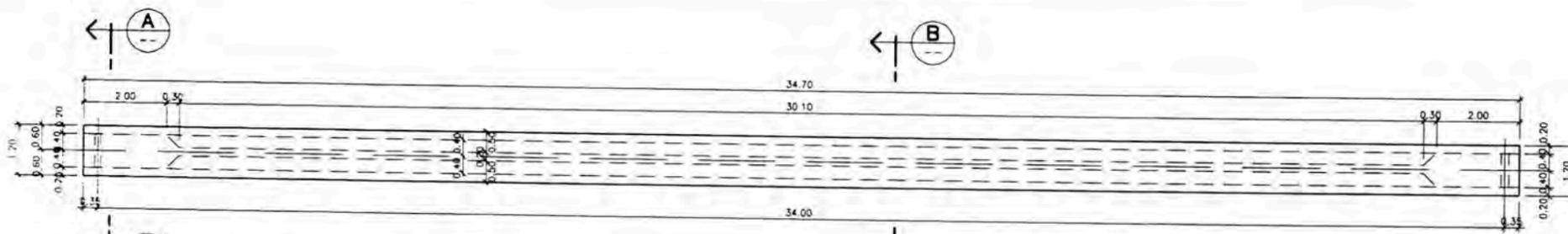
Proyectista: **ODEBRECHT** FIGUEREDO FERRAZ

**EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

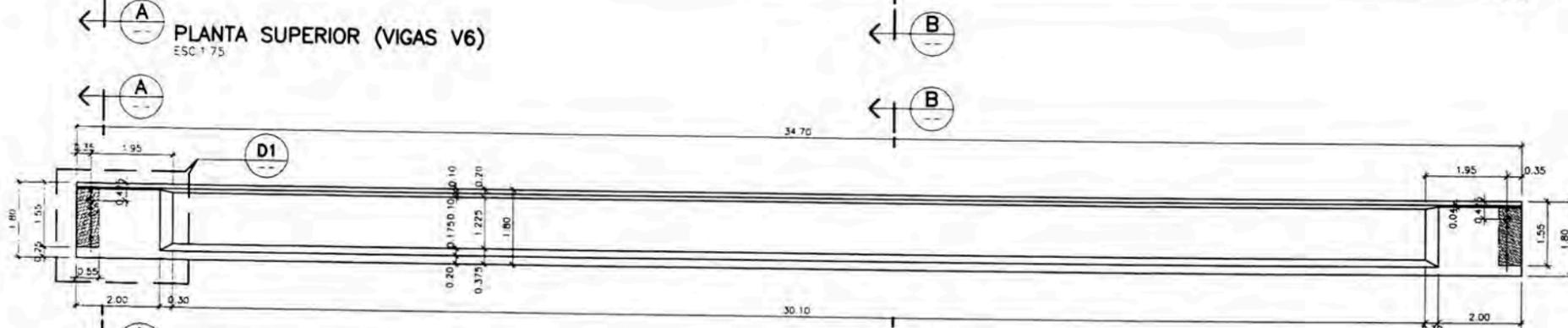
Código: **CTELFFVEVTEESTDWG3567851**

Plano: **TRAMO "E" - MÓDULO 1E - VIGAS V6 ARMADURA PRETENSADA Y PASIVA**

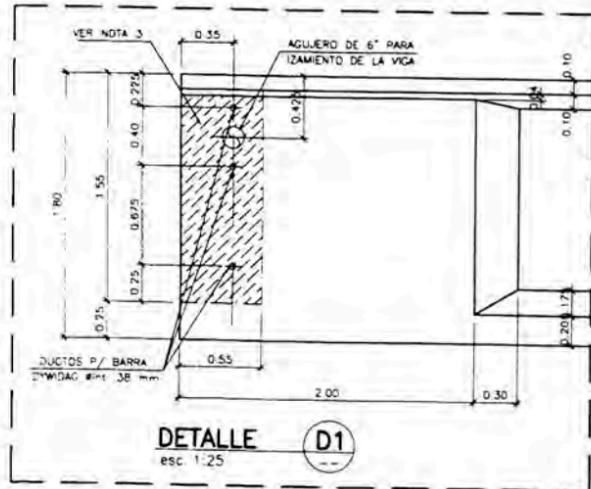
Escala: (A1) ND.



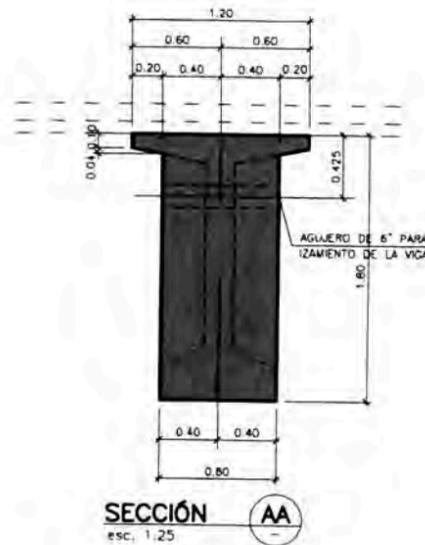
PLANTA SUPERIOR (VIGAS V6)  
ESC 1:75



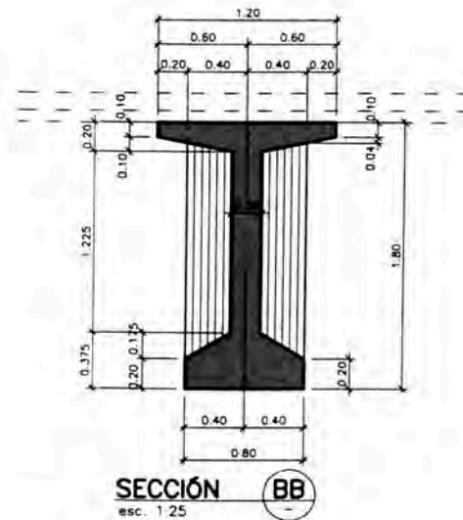
ELEVACIÓN LONGITUDINAL (VIGAS V6)  
ESC 1:75



DETALLE  
esc. 1:25



SECCIÓN AA  
esc. 1:25



SECCIÓN BB  
esc. 1:25

CANTIDADES DE VIGAS  
V6 = 4x

ESQUEMA DE UBICACION DE VIGAS  
ESC 5/E  
MÓDULO 1E



PLANO LLAVE

LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LOS SIGUIENTES  
VANOS  
C459-C461

Notas:

NOTAS:

- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
- 2- CONCRETO Fc = 35 MPa. PARA VIGAS.
- 3- LAS CARAS LATERALES DE LAS VIGAS PREMOLEADAS EN CONTACTO CON LOS DIAFRAGMAS DEBEN TENER SUPERFICIE CON RUGOSIDADES DE APROXIMADAMENTE 6 mm DE ALTURA A CADA 3 cm.

Referencias:

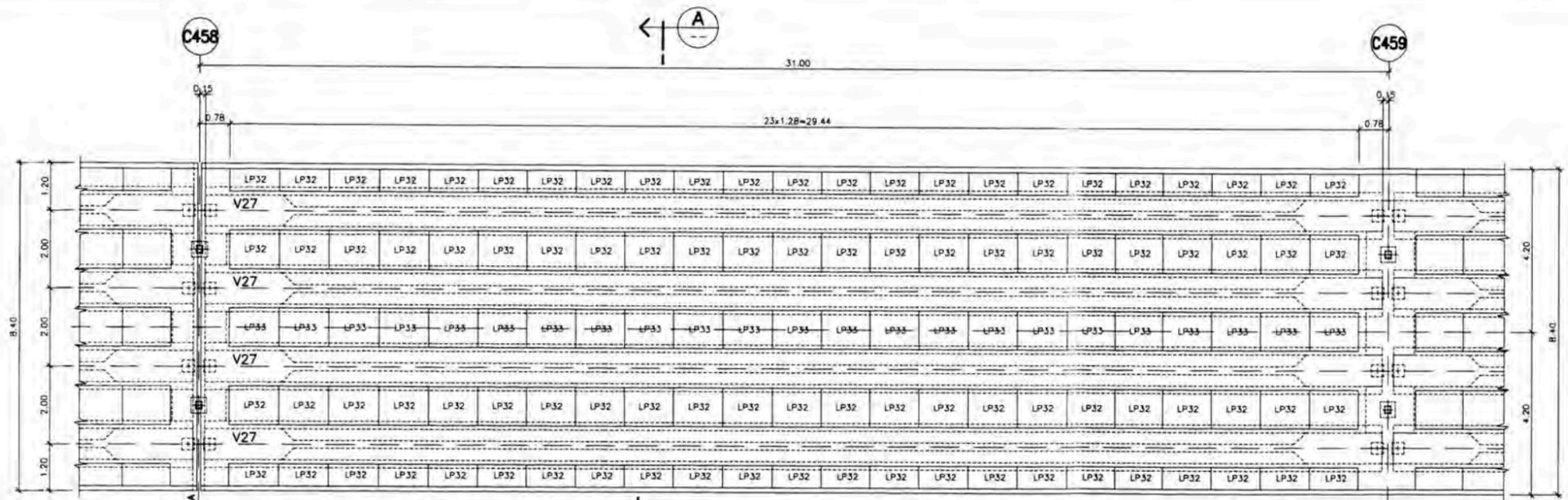
CTEL-FTE-VTE-EST-DWG-35512

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REEMBAR	Cód. 3	

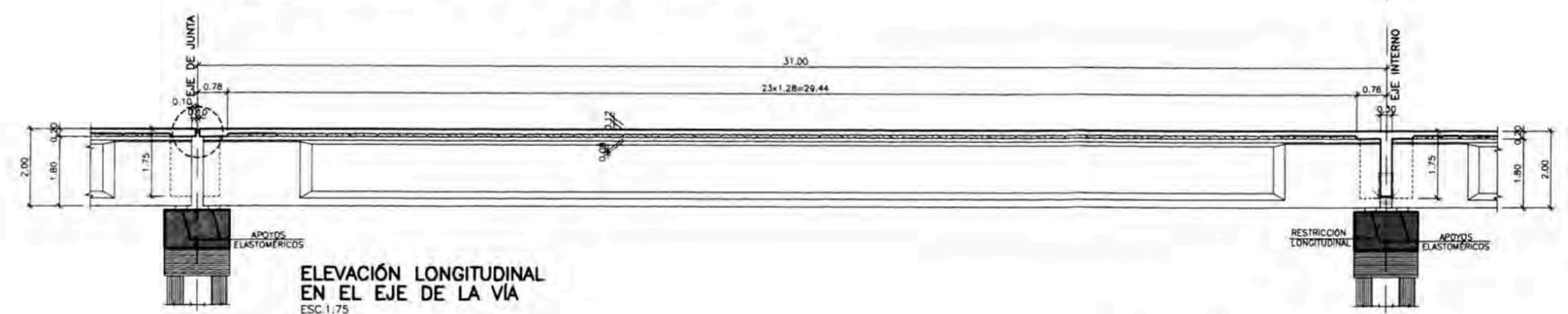
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	EAB	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	EAB	OLG	ROA	WVI
Rev	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISERO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC**  
 Contratista: **ODEBRECHT**  
 Proyectista: **FIGUEREDO FERRAZ**  
CONSEJO REGULADOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
1-09014/E-T05 DE-10-IMP3-06A R.O.

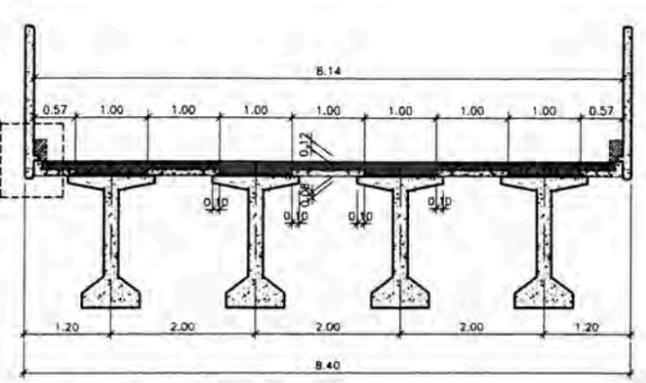
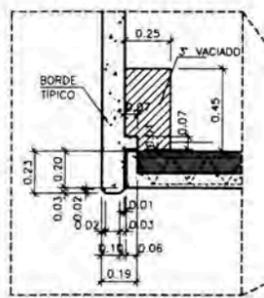
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECHANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU						
Código	CTEL	FTE	VTE	EST	DWG	3,5,5,7,3
Plano	TRAMO E - VIGAS PREMOLEADAS V6 MÓDULO 1E					Rev: 5, 0
Escala:	(A1)					IND.



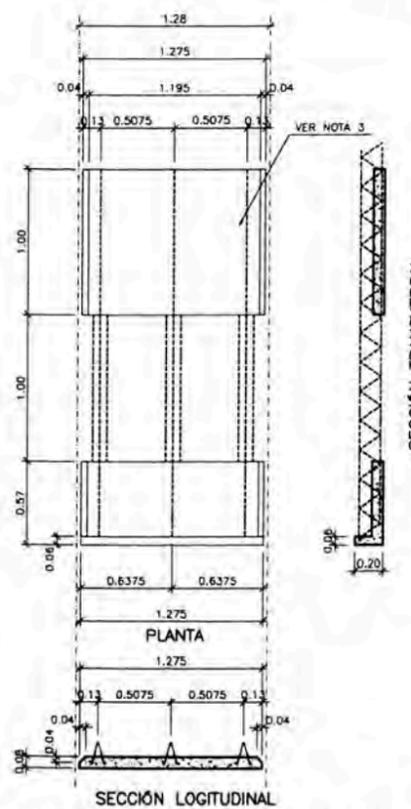
PLANTA DEL TABLERO DE JUNTA A LA IZQUIERDA  
ESC: 1:75



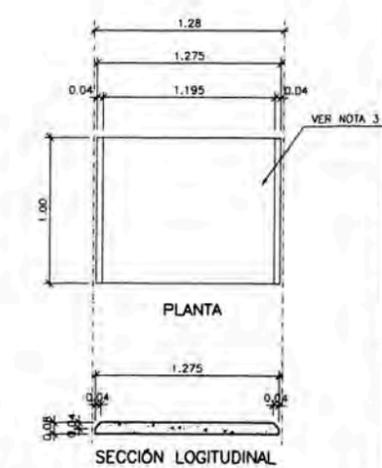
ELEVACIÓN LONGITUDINAL  
EN EL EJE DE LA VÍA  
ESC: 1:75



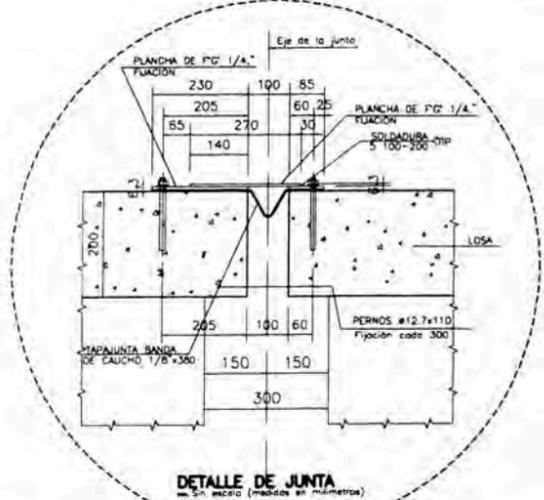
SECCIÓN AA  
esc. 1:50



SECCIÓN LONGITUDINAL  
LOSA PREMOLDEADA-LP32 (46x)  
esc. 1:25



SECCIÓN LONGITUDINAL  
LOSA PREMOLDEADA-LP33 (23x)  
esc. 1:25



DETALLE DE JUNTA  
En escala (medidas en milímetros)

PLANO LLAVE

LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA EL SIGUIENTE  
TABLERO:  
C458-C459

- NOTAS:
- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO
  - 2- CONCRETO F'c = 28 MPa. PARA LOSAS Y F'c = 35 MPa. PARA VIGAS
  - 3- LA CARA SUPERIOR DE LAS LOSAS PREMOLDEADAS DEBE TENER SUPERFICIE DE CONTACTO CON RUGOSIDADES DE APROXIMADAMENTE 6mm DE ALTURA A CADA 5cm.

Referencias:  
- CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35512

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

50	31-May-11	POSTI CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	EAB	LMJ	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	EAB	LMJ	ROA	WVI
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

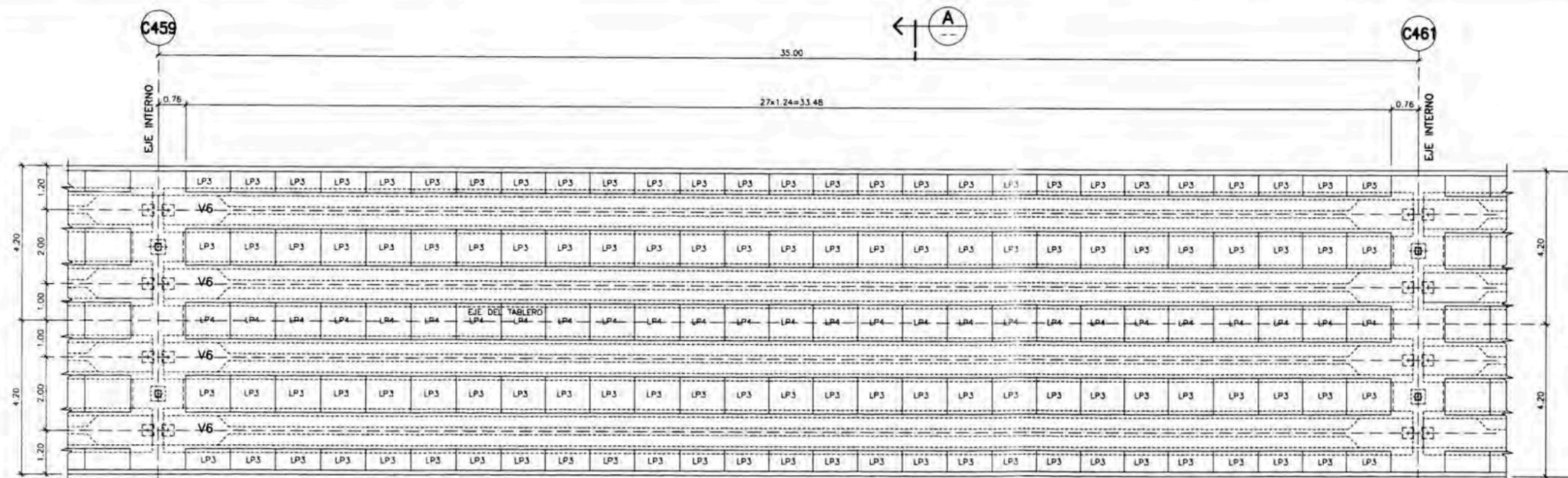
Contratista: **ELÉCTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT** (FIGUEROA FERRAZ)

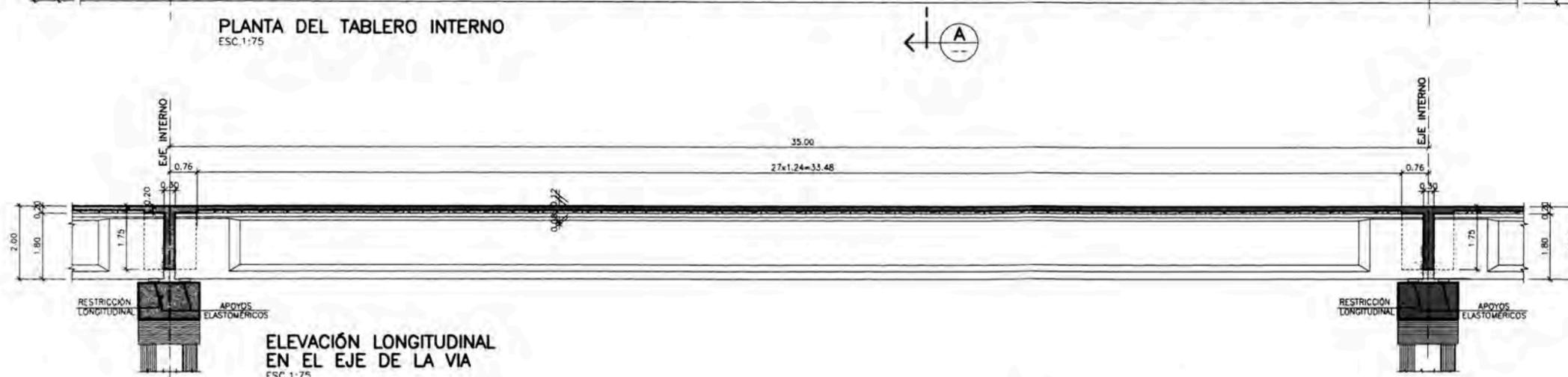
1-09014/E-105 DE-10-P04-058 R.D.

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

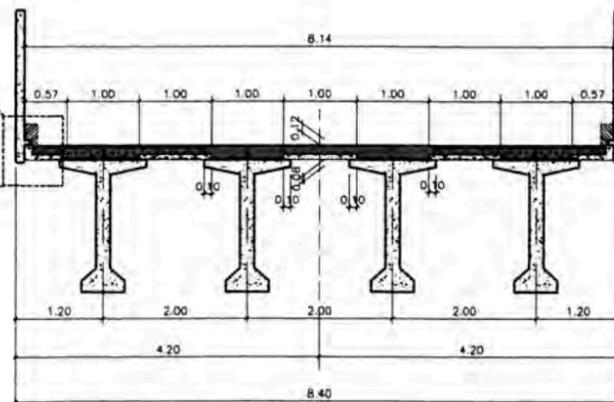
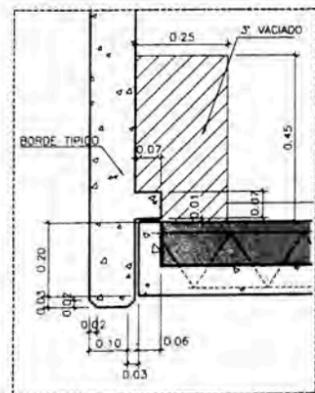
Código:	Rev.
G, T, E, L, F, F, E, V, T, E, E, S, T, D, W, G, 3, 5, 5, 6, 7	5, 0
Plano:	Escala:
TRAMO E - MÓDULO 1E	(A1)
LOSAS JUNTA A IZQUIERDA - TABLERO 31.00m	IND.



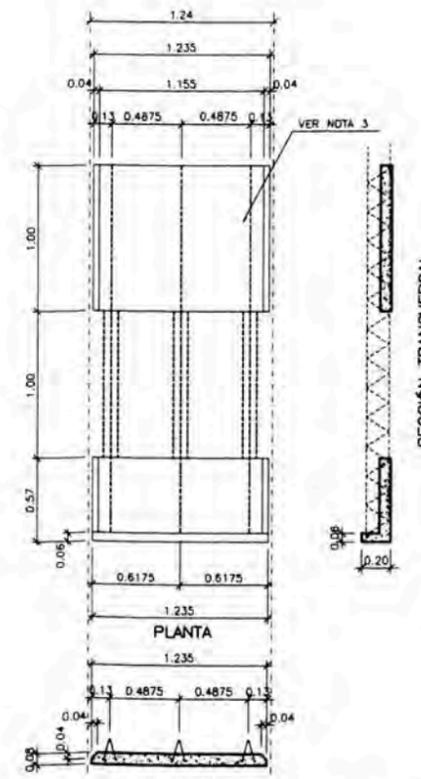
PLANTA DEL TABLERO INTERNO  
ESC. 1:75



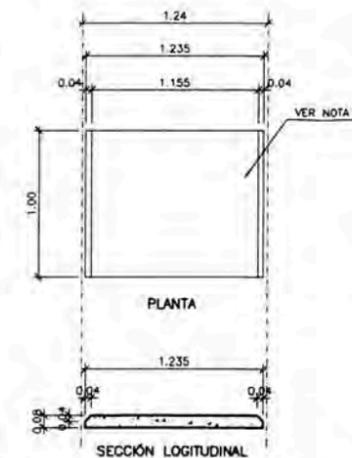
ELEVACIÓN LONGITUDINAL  
EN EL EJE DE LA VIA  
ESC. 1:75



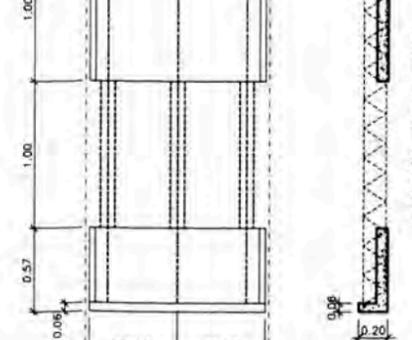
SECCIÓN AA  
esc. 1:50



SECCIÓN LOGITUDINAL  
LOSAS PREMOLEDEADA - LP3 (54x)  
esc. 1:25



SECCIÓN LOGITUDINAL  
LOSAS PREMOLEDEADA - LP4 (27x)  
esc. 1:25



SECCIÓN TRANSVERSAL

PLANO LLAVE

LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA EL SIGUIENTE TABLERO: C459-C461

Notas:

- NOTAS:**  
 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.  
 2- CONCRETO F'c = 28 Mpa. PARA LOSAS Y F'c = 35 Mpa. PARA VIGAS.  
 3- LA CARA SUPERIOR DE LAS LOSAS PREMOLEDEADAS DEBE TENER SUPERFICIE DE CONTACTO CON RUGOSIDADES DE APROXIMADAMENTE 6mm DE ALTURA A CADA 3cm.

Referencias:

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35512

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REEMITAR	Cód. 3	

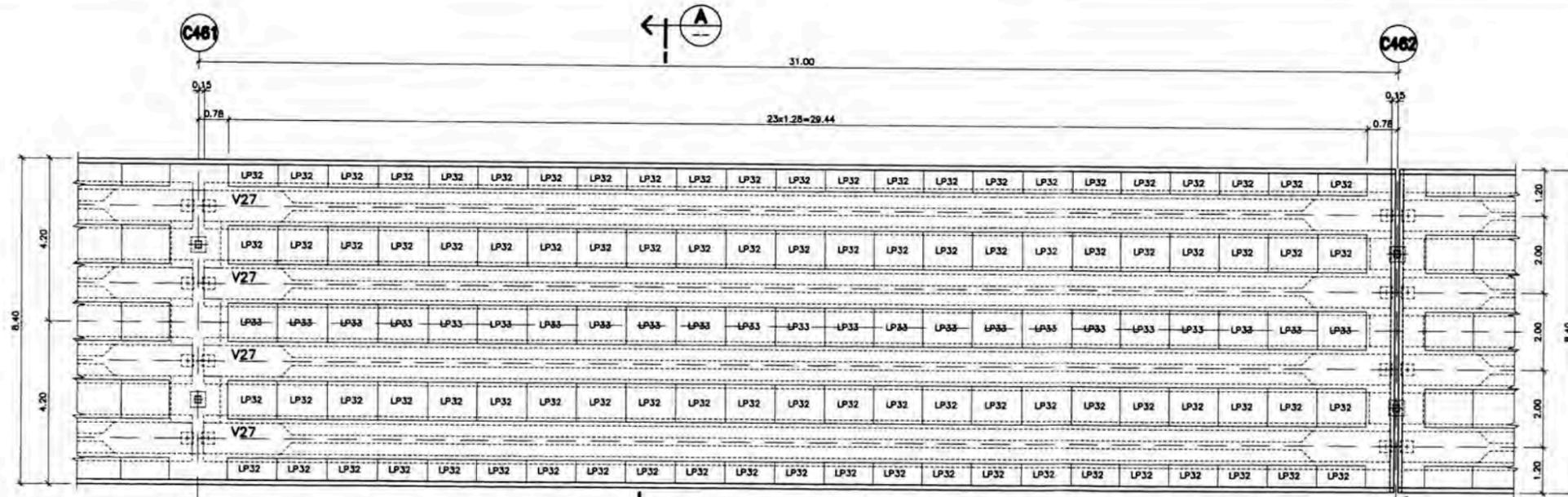
50	31-May-11	POST CONSTRUCCIÓN	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	EAB	LMJ	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	EAB	LMJ	ROA	WVI

Cliente: **ODEBRECHT**  
 Contratista: **FIGUEROA FERRAZ**  
 Proyectista: **FIGUEROA FERRAZ**  
**MTCA** **ELÉCTRICOS**

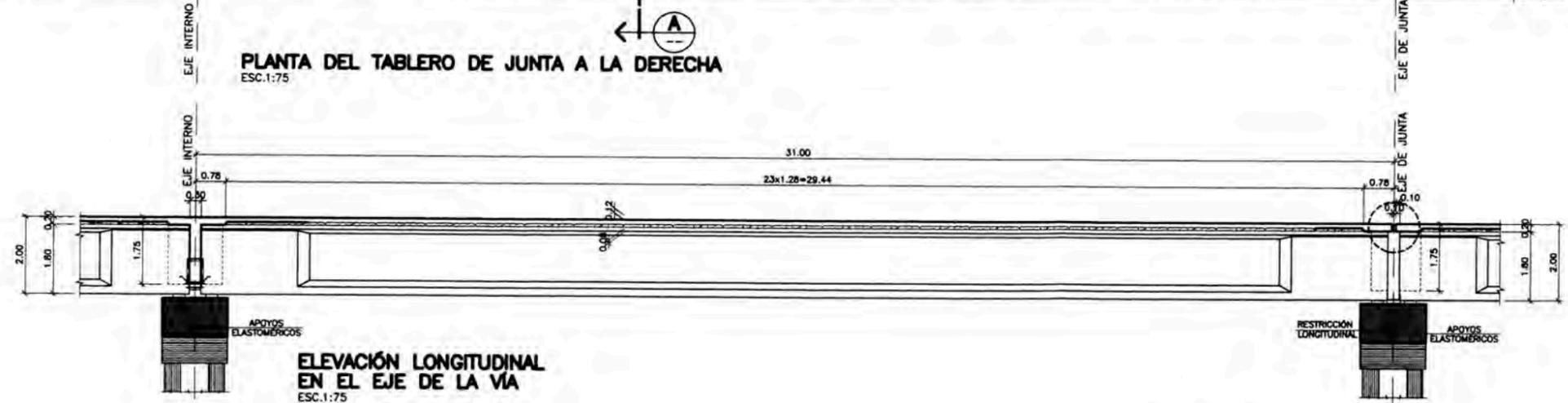
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código:	Rev:
G, T, E, L, F, F, E, V, T, E, E, S, T, D, W, G, 3, 5, 5, 6, 8	5, 0
Plano:	Escala:
TRAMO E - MODULO 1E	(A1)
LOSAS INTERNAS TABLERO 35.00m	IND.

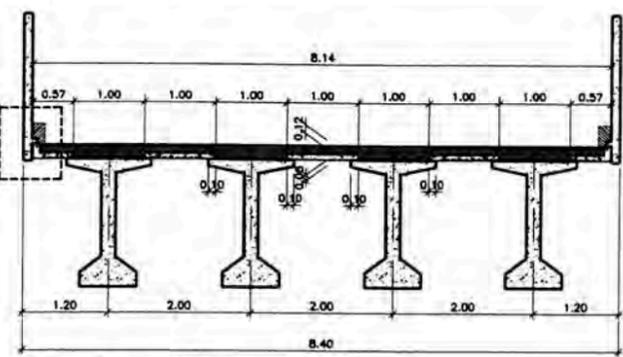
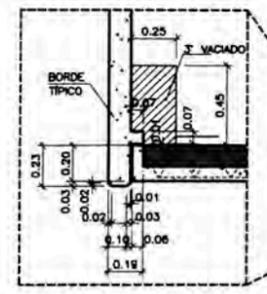
PLANO LLAVE



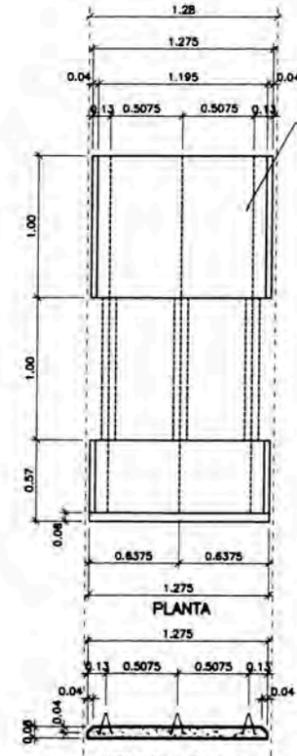
PLANTA DEL TABLERO DE JUNTA A LA DERECHA  
ESC. 1:75



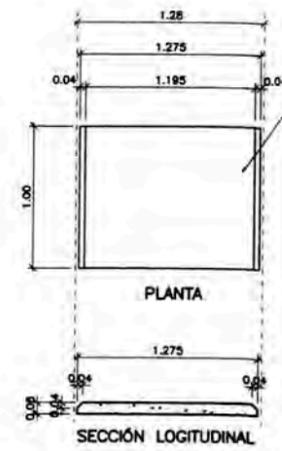
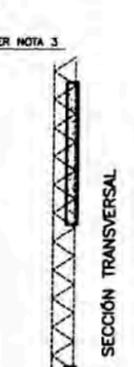
ELEVACIÓN LONGITUDINAL  
EN EL EJE DE LA VÍA  
ESC. 1:75



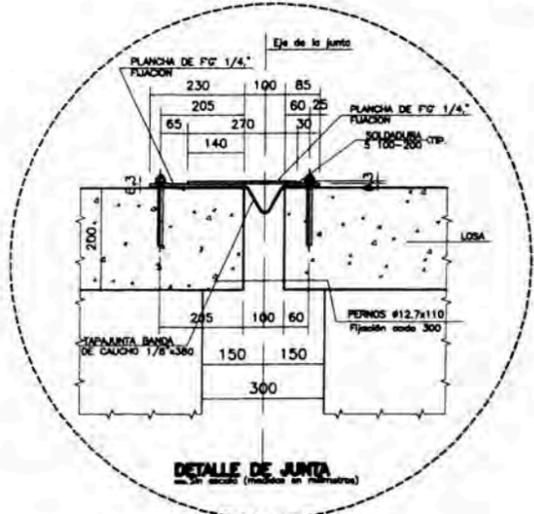
SECCIÓN AA  
esc. 1:50



SECCIÓN LONGITUDINAL  
LOSA PREMOLDEADA-LP32 (46x)  
esc. 1:25



SECCIÓN LONGITUDINAL  
LOSA PREMOLDEADA-LP33 (23x)  
esc. 1:25



DETALLE DE JUNTA

LEYENDA

ESTE PLANO ES VALIDO PARA EL SIGUIENTE TABLERO:  
C461-C462

- NOTAS:
- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
  - 2- CONCRETO  $F_c = 28$  MPa. PARA LOSAS Y  $F_c = 35$  MPa. PARA VIGAS.
  - 3- LA CARA SUPERIOR DE LAS LOSAS PREMOLDEADAS DEBE TENER SUPERFICIE DE CONTACTO CON RUGOSIDADES DE APROXIMADAMENTE 6mm DE ALTURA A CADA 3cm.

Referencias:

- CTCL-FFE-VTE-EST-DWG-35512
- SI-00074 UBICACION DE ORIFICIOS EN LOSAS DEL VACUADO PARA CABLES PARA LOS SISTEMAS ELECTROMECANICOS

Supervisión:	CONCRECIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cól. 1	Firma:
CEBEL	POYRY	APROBADO CON COMENTARIOS	Cól. 2	
		REVISAR Y REEMITAR	Cól. 3	

51	18-Jun-11	POST CONSTRUCCION	LMI	MCO	MCA	WVI
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	EAB	LMJ	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	EAB	LMJ	ROA	WVI

Cliente: **MTCA** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

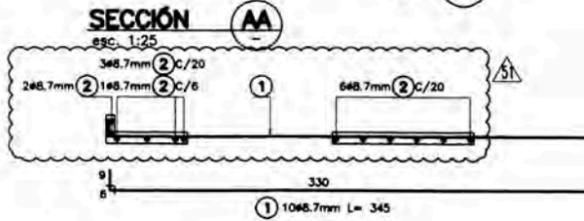
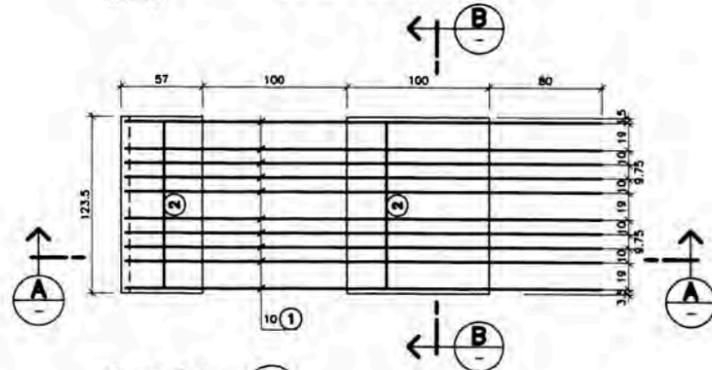
Contratista: **CONSORCIO TREN ELECTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT** (FIGUEROA FERRAZ)

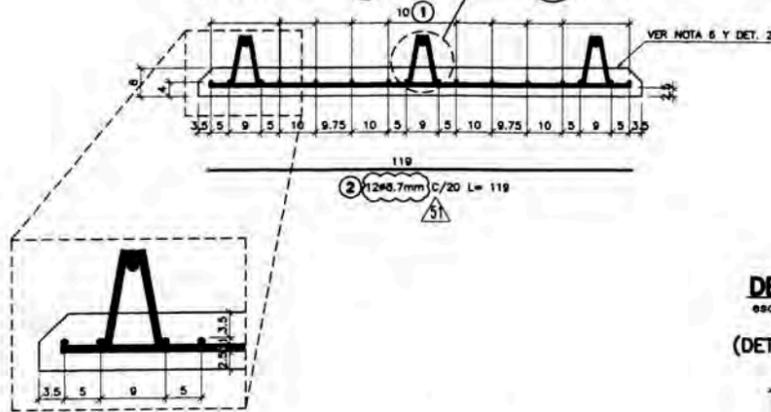
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO  
LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

CTELFFEVTEESTDWG3556951	Rev.
Plano:	Tramo E - MÓDULO 1E
	LOSAS JUNTA A DERECHA - TABLERO 31.00m
	Escala: (A1)
	NO.

**LOSA PREMOLDEADA (LP3) (84x)**  
esc. 1:25

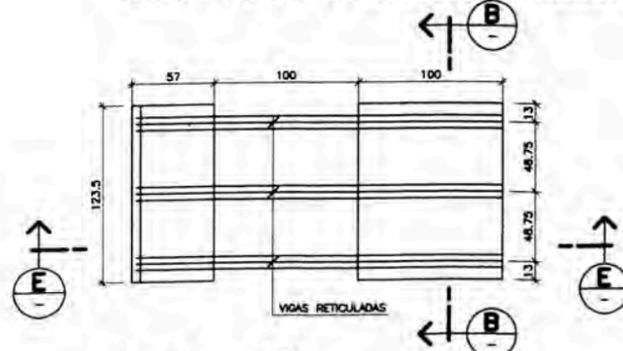


**SECCIÓN BB**  
esc. 1:10

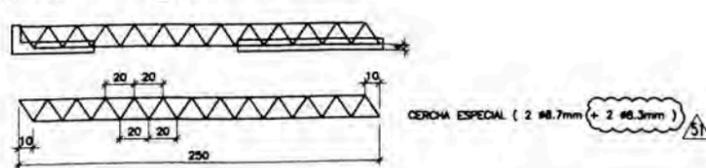


**LOSA PREMOLDEADA (LP3) (84x)**  
esc. 1:25

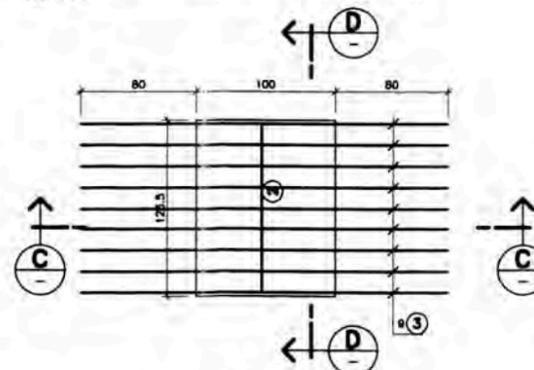
UBICACIÓN DE LAS VIGAS RETICULADAS - CERCHA



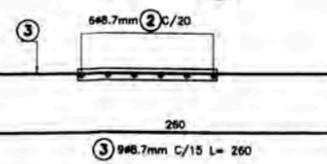
**SECCIÓN EE**  
esc. 1:25



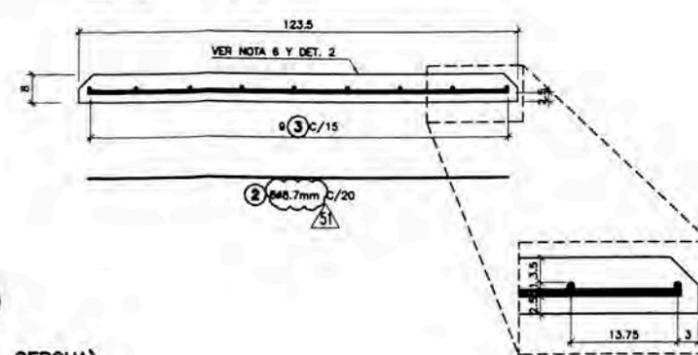
**LOSA PREMOLDEADA (LP4) (42x)**  
esc. 1:25



**SECCIÓN CC**  
esc. 1:25

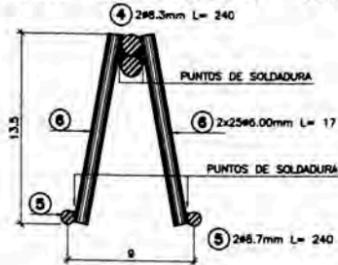


**SECCIÓN DD**  
esc. 1:10



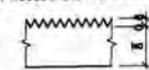
**DETALLE D1 (3x84)**  
esc. 1:2.5

(DETALLE VIGAS RETICULADAS - CERCHA)



**DETALLE D2**  
esc. :5/ESC

(CARA SUPERIOR DE LAS LOSAS LP3 Y LP4 CON RUGOSIDADES DE 6 mm DE ALTURA)



**CANTIDAD DE LOSAS**

EJES	LP3	LP4
C459-C461	54	27
C463-C464	30	15

**LISTA DE VARILLAS**

POS.	ø(mm)	CANT.	LONGITUD (cm)	
			UNIT.	TOTAL
1	8.7	840	345	289800
2	8.7	1260	119	149940
3	8.7	378	260	98280
4	8.3	504	240	120960
5	8.7	504	240	120960
6	6.0	12600	17	214200

**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**

LOSAS PRE MOLDEADAS VÁLIDAS ENTRE EJES:  
C459-C461 y C463-C464

TOTAL DE 2 TABLEROS

- Notas:
- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS. LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
  - 2- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
  - 3- CONCRETO f'c= 28MPa (280 kgf/cm²).
  - 4- ACERO fy= 500 MPa (5000 kgf/cm²).
  - 5- RECUBRIMIENTO: 2.5cm. EXCEPTO DONDE INDICADO.
  - 6- LA CARA SUPERIOR DE LAS LOSAS PRE MOLDEADAS DEBEN TENER SUPERFICIE DE CONTACTO CON RUGOSIDADES DE APROXIMADAMENTE 6mm DE ALTURA A CADA 3cm.

- Referencias:
- CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35568 y 35571
  - CCI-006: CAMBIO DEL REFUERZO EN LOSAS PREMOLDEADAS LP1 Y LP2
  - CCI-013: CAMBIO DE LA LONGITUD DE LA ARMADURA EN EL EXTREMO DE LAS LOSAS PREMOLDEADAS

Supervisión:

CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REEMITIR	Cód. 3	

51	17-Jun-11	POST CONSTRUCCION	LMI	MCO	MCA	WVI
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CTE	GMO	CMA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	LMJ	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	PAP	LMJ	ROA	WVI

Elaborado por: **ODEBRECHT**  
 Controlado por: **FIGUEROA FERRAZ**  
 Proyecto: **TRAMO E - MÓDULOS 1E Y 2E**  
 Armadura Losas Premoldeadas LP3 y LP4

**TABLA DE DOBLES - ACERO fy 4200**

GANCHOS			ESQUEMA			ESTRIBOS			ESQUEMA		
Nº	ø(pulg)	lc (cm)	ø1 (cm)	Nº	ø(pulg)	lc (cm)	ø1 (cm)	Nº	ø(pulg)	lc (cm)	ø1 (cm)
1	3/8"	8.0	4.0	1	3/8"	4.0	3.0	1	3/8"	4.0	3.0
2	1/2"	7.0	4.0	2	1/2"	7.0	4.0	2	1/2"	7.0	4.0
3	5/8"	9.0	7.0	3	5/8"	9.0	7.0	3	5/8"	9.0	7.0
4	3/4"	11.0	8.0	4	3/4"	11.0	8.0	4	3/4"	11.0	8.0
5	7/8"	13.0	9.0	5	7/8"	13.0	9.0	5	7/8"	13.0	9.0
6	1"	14.0	11.0	6	1"	14.0	11.0	6	1"	14.0	11.0
7	1 1/4"	21.0	18.0	7	1 1/4"	21.0	18.0	7	1 1/4"	21.0	18.0

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

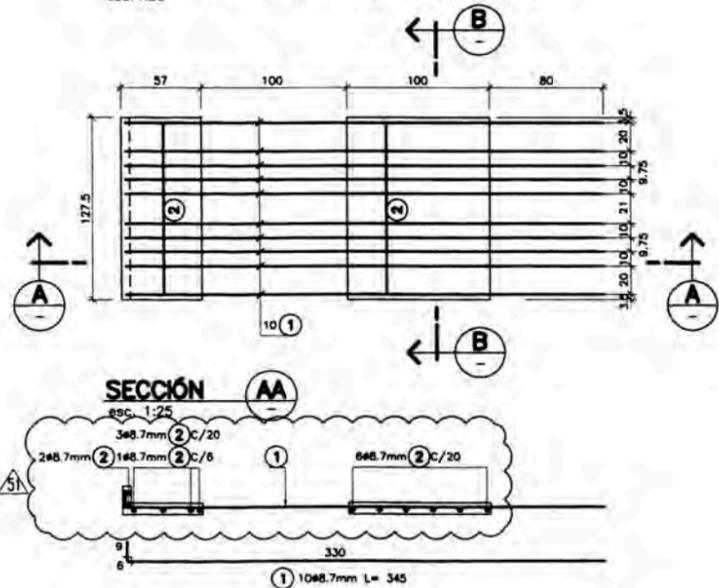
Código: **CTELFFEVTEESTDWG355687551**

Rev. **5.1**

Este documento es propiedad de CTEL. No puede ser copiado o enviado a otros sin autorización previa.

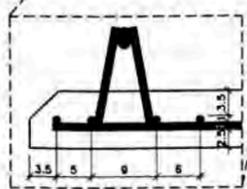
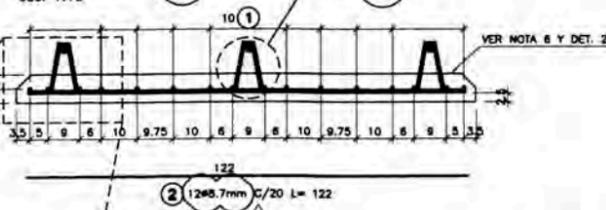
**LOSA PREMOLDEADA (LP32) (136x)**

esc. 1:25



**SECCIÓN BB**

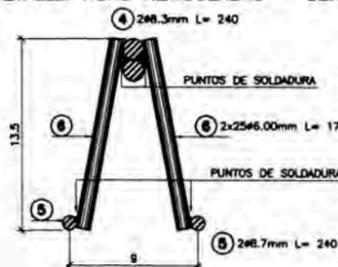
esc. 1:10



**DETALLE D1 (3x136)**

esc. 1:2.5

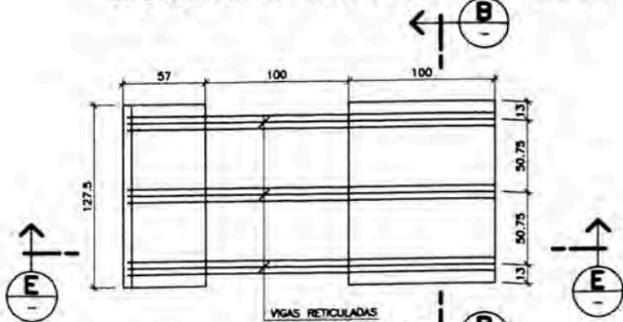
(DETALLE VIGAS RETICULADAS - CERCHA)



**LOSA PREMOLDEADA (LP32) (136x)**

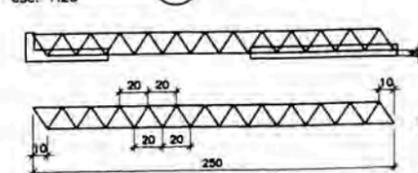
esc. 1:25

UBICACIÓN DE LAS VIGAS RETICULADAS - CERCHA



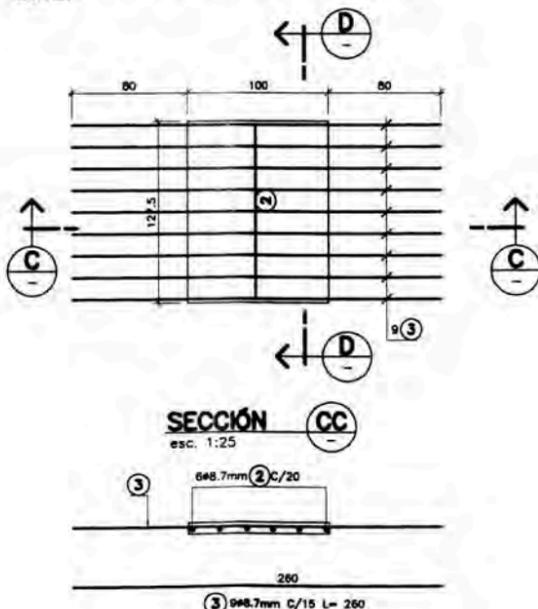
**SECCIÓN EE**

esc. 1:25



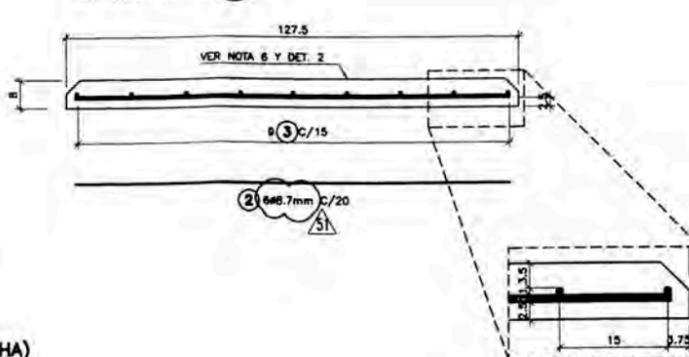
**LOSA PREMOLDEADA (LP33) (68x)**

esc. 1:25



**SECCIÓN DD**

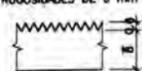
esc. 1:10



**DETALLE D2**

esc. :S/ESC

(CARA SUPERIOR DE LAS LOSAS LP32 Y LP33 CON RUGOSIDADES DE 6 mm DE ALTURA)



**LISTA DE VARILLAS**

POS.	Ø(mm)	CANT.	LONGITUD (cm)	
			UNIT.	TOTAL
1	8.7	1360	345	469200
2	8.7	2040	122	248880
3	8.7	612	260	159120
4	8.3	816	240	195840
5	8.7	816	240	195840
6	6.0	20400	17	346800

**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**

LOSAS PRE MOLDEADAS VÁLIDAS ENTRE EJES:  
C458-C459, C461-C462 y C462-C463

TOTAL DE 3 TABLEROS

- Notas:
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
  - LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
  - CONCRETO f<sub>c</sub> = 28MPa (280 kgf/cm<sup>2</sup>).
  - ACERO f<sub>y</sub> = 500 MPa (5000 kgf/cm<sup>2</sup>).
  - RECUBRIMIENTO: 2.5cm, EXCEPTO DONDE INDICADO.
  - LA CARA SUPERIOR DE LAS LOSAS PRE MOLDEADAS DEBEN TENER SUPERFICIE DE CONTACTO CON RUGOSIDADES DE APROXIMADAMENTE 6mm DE ALTURA A CADA 3cm.

- Referencias:
- CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35567, 35568 y 35570
  - CCI-008: CAMBIO DEL REFUERZO EN LOSAS PREMOLDEADAS LP1 Y LP2
  - CCI-013: CAMBIO DE LA LONGITUD DE LA ARMADURA EN EL EXTREMO DE LAS LOSAS PREMOLDEADAS

**CANTIDAD DE LOSAS**

EJES	LP32	LP33
C458-C459	46	23
C461-C462	46	23
C462-C463	44	22

**TABLA DE DOBLES - ACERO fy 4200**

GANCHOS			ESQUEDAS			ESTRIBOS			ESQUEDAS		
DIAMETRO	l <sub>c</sub> (cm)	a <sub>1</sub> (cm)	DIAMETRO	l <sub>c</sub> (cm)	a <sub>1</sub> (cm)	DIAMETRO	l <sub>c</sub> (cm)	a <sub>1</sub> (cm)	DIAMETRO	l <sub>c</sub> (cm)	a <sub>1</sub> (cm)
1/2"	7.5	4.0	1/2"	7.5	4.0	1/2"	7.5	4.0	1/2"	7.5	4.0
3/8"	8.0	4.0	3/8"	8.0	4.0	3/8"	8.0	4.0	3/8"	8.0	4.0
1/2"	9.0	4.0	1/2"	9.0	4.0	1/2"	9.0	4.0	1/2"	9.0	4.0
3/4"	11.0	4.0	3/4"	11.0	4.0	3/4"	11.0	4.0	3/4"	11.0	4.0
7/8"	13.0	4.0	7/8"	13.0	4.0	7/8"	13.0	4.0	7/8"	13.0	4.0
1"	14.0	4.0	1"	14.0	4.0	1"	14.0	4.0	1"	14.0	4.0
1 1/4"	18.0	4.0	1 1/4"	18.0	4.0	1 1/4"	18.0	4.0	1 1/4"	18.0	4.0

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS <td>Cód. 2</td> <td></td>	Cód. 2	
	REVISAR Y REEMITIR	Cód. 3	

Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
51 17-Jun-11	POST CONSTRUCCION	LMI	MCO	MCA	WVI
50 31-May-11	POST CONSTRUCCION	CTE	GMO	MCA	WVI
01 07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	PAP	LMJ	ROA	WVI
0A 15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	PAP	LMJ	ROA	WVI

Cliente:	Controlista:	Proyectista:
MTC	CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	ODEBRECHT
		FIGUEREDO FERRAZ

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

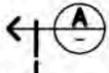
Rev. 51

Plano: TRAMO E - MÓDULOS 1E y 2E

ARMADURA LOSAS PREMOLDEADAS LP32 y LP33

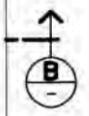
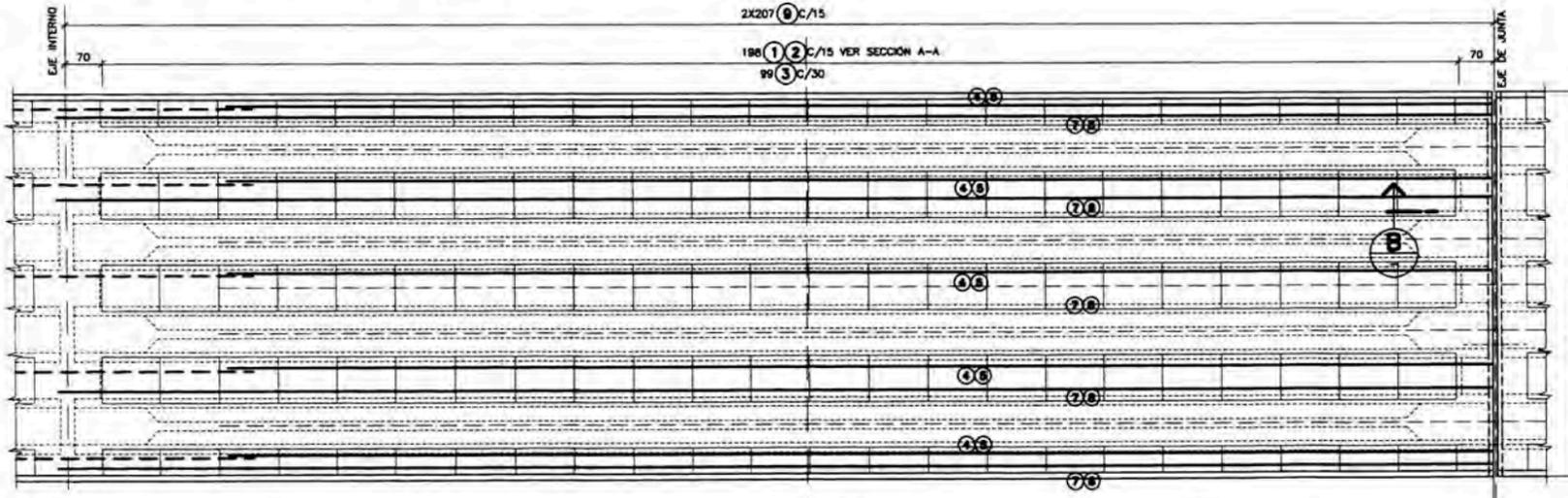
Escala: (A1)

**PLANTA DEL TABLERO DE JUNTA (2x)**  
ESC. 1:75



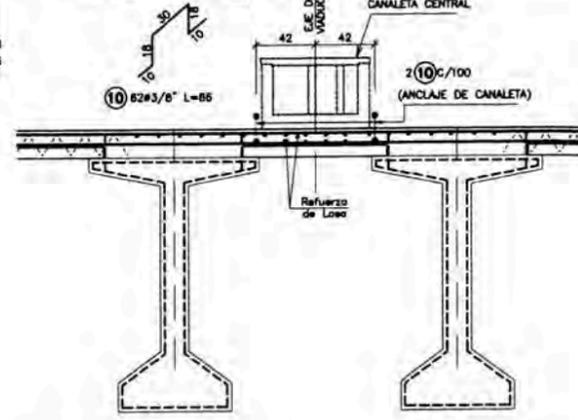
2X207 ⑨ C/15

196 ① ② C/15 VER SECCION A-A  
99 ③ C/30

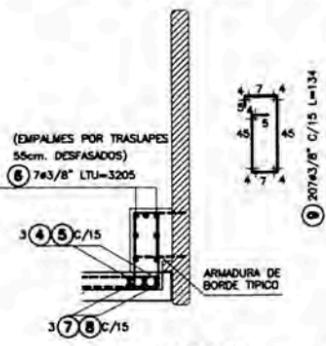


55 ⑩ C/15

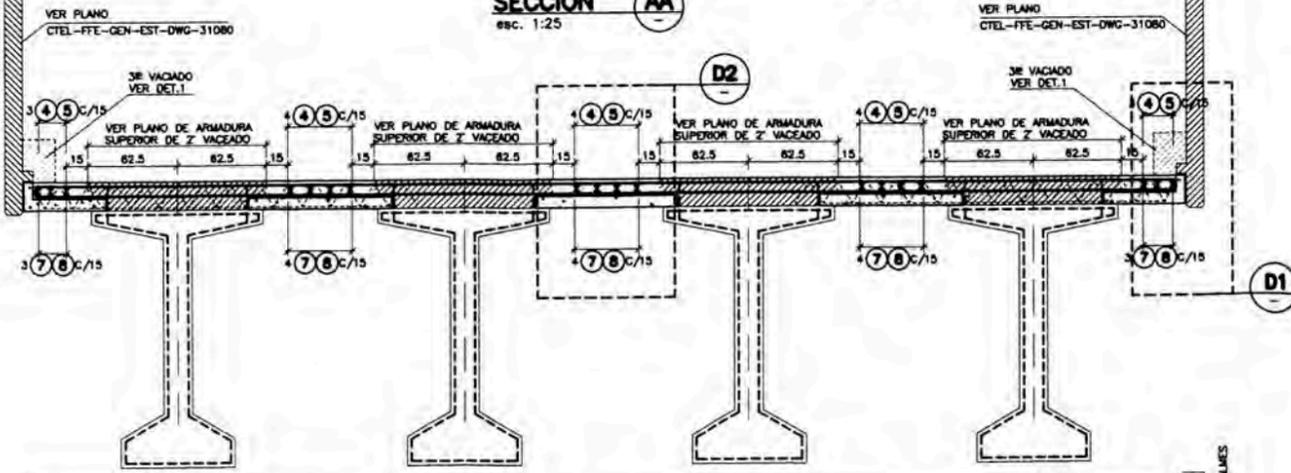
**DETALLE D2 (2x)**  
esc. 1:25



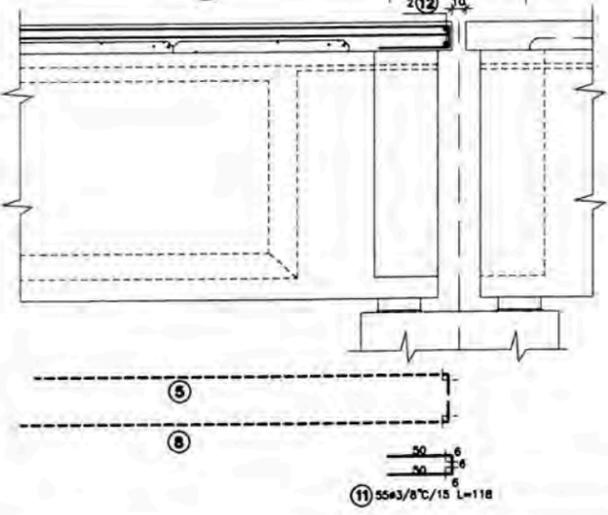
**DETALLE D1 (4x)**  
esc. 1:25



**SECCION AA (2x)**  
esc. 1:25



**SECCION BB (2x)**  
esc. 1:25



LISTA DE VARILLAS				
POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	1/2	396	600	237600
2	1/2	396	280	110880
3	3/8	198	806	159588
4	3/8	72	900	64800
5	3/8	36	1084	39024
6	3/8	28	3205	89740
7	3/8	72	1200	86400
8	3/8	36	825	29700
9	3/8	828	134	110952
10	3/8	124	86	10664
11	3/8	110	118	12980
12	3/8	4	830	3320

**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**



- Notas:
- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS. LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
  - 2- MATERIALES: CONCRETO  $f_c = 28 \text{ MPa}$  (280  $\text{kgf/cm}^2$ )  
ACERO (ARMADURA PASIVA)  $f_y = 420 \text{ MPa}$  (4200  $\text{kgf/cm}^2$ )
  - 3- RECUBRIMIENTO: 3cm. (CARA SUPERIOR)
  - 4- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.

- Referencias:
- CTCL-FTE-VTE-EST-DWG-35567 y 35568
  - SI-00074 UBICACION DE ORIFICIOS EN LOSAS DEL VADUCTO PARA CABLES PARA LOS SISTEMAS ELECTROMECANICOS

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CONSORCIO CEBEL INVESTIGACION PÖYRY	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
51	18-Jun-11	POST CONSTRUCCION	LMI	MCO	MCA	WVI
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CTE	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	LCV	LMJ	RAS	WVI
0B	23-Ago-10	EMITIDO PARA REVISION	LCV	LMJ	RAS	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	LCV	LMJ	RAS	WVI

Cliente: **AVE** **MTC**  
 Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**  
 Proyectista: **ODEBRECHT**  
**FIGUEROA FERRAZ**  
INGENIEROS EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA  
 T-09014/E-108 DE-10-P03-072 R2

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código	Rev.
CTELFFEVTEESTDWG3567151	51

Plano: **TRAMO "E" - MÓDULO 1E**  
**TABLERO JUNTA 31.0m-ARMAD.LOSAS**

Escala: (A1)  
NO.

**TABLA DE EMPALMES (AASHTO)**

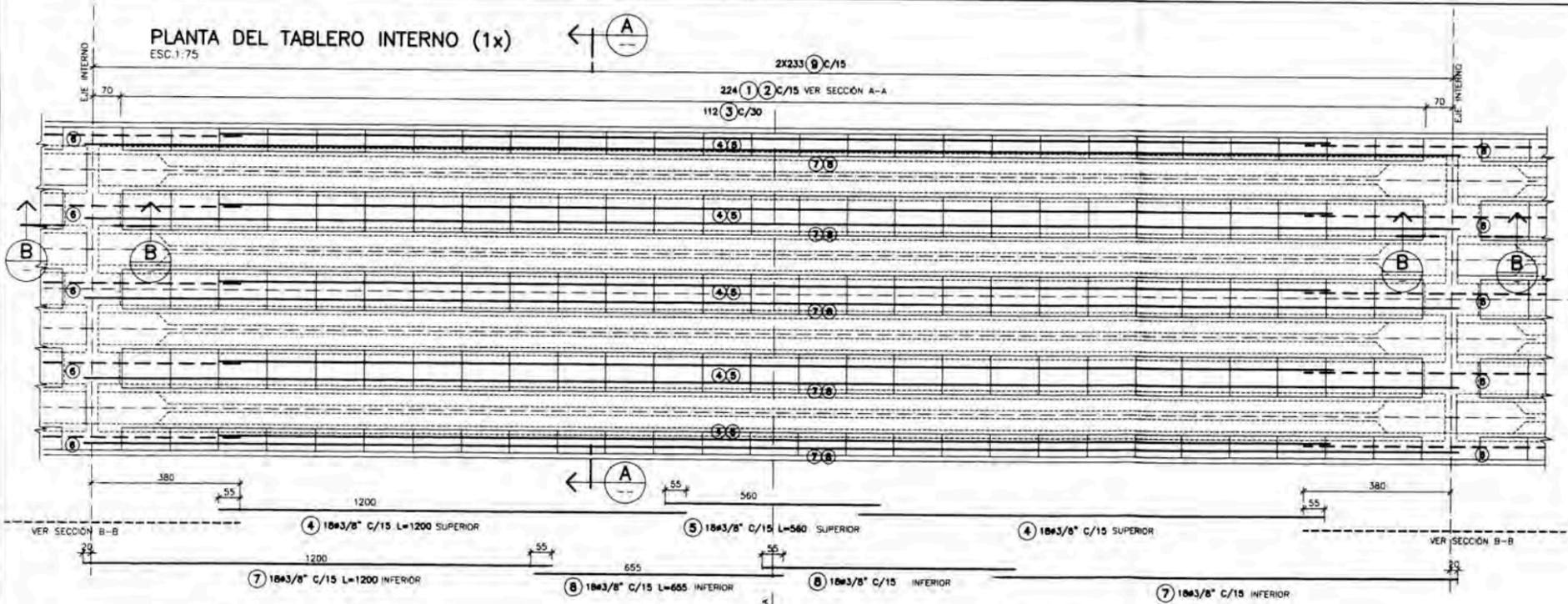
DIAMETRO (Pulg.)	LONGITUD Lt (cm)
3/8"	55
1/2"	55

**TABLA DE DOBLAJES - ACERO fy=4200**

GANCHOS			ESTRIBOS		
DIAMETRO N°	lc (cm)	al (cm)	DIAMETRO N°	lc (cm)	al (cm)
3/8"	8.0	4.0	3/8"	8.0	4.0
1/2"	7.5	4.0	1/2"	8.0	4.0
3/8"	9.0	7.0	3/8"	9.0	7.0
1/2"	11.0	8.0	1/2"	11.0	8.0
3/8"	13.0	8.0	3/8"	13.0	8.0
1/2"	14.0	11.0	1/2"	14.0	11.0
1/2"	23.0	18.0	1/2"	23.0	18.0

P:\Proyectos\AS\_BUN\_T1\_Vaducto\Tramo E\REVISION\FICTEL-FTE-EST-DWG-35671\_51.dwg 22/06/2011 08:12:31 P.M. C:\dwg\WVI

PLANTA DEL TABLERO INTERNO (1x)  
ESC. 1:75



POS.	#	CANT.	LONG.	PESO (kg)
1	1/2	224	500	24460
2	1/2	224	280	22720
3	3/8	112	800	90720
4	3/8	36	1200	49200
5	3/8	18	560	20880
6	1/2	36	760	27360
7	3/8	36	1200	43200
8	3/8	36	650	25380
9	3/8	466	134	62444
10	3/8	14	3665	91310
11	3/8	70	85	6020

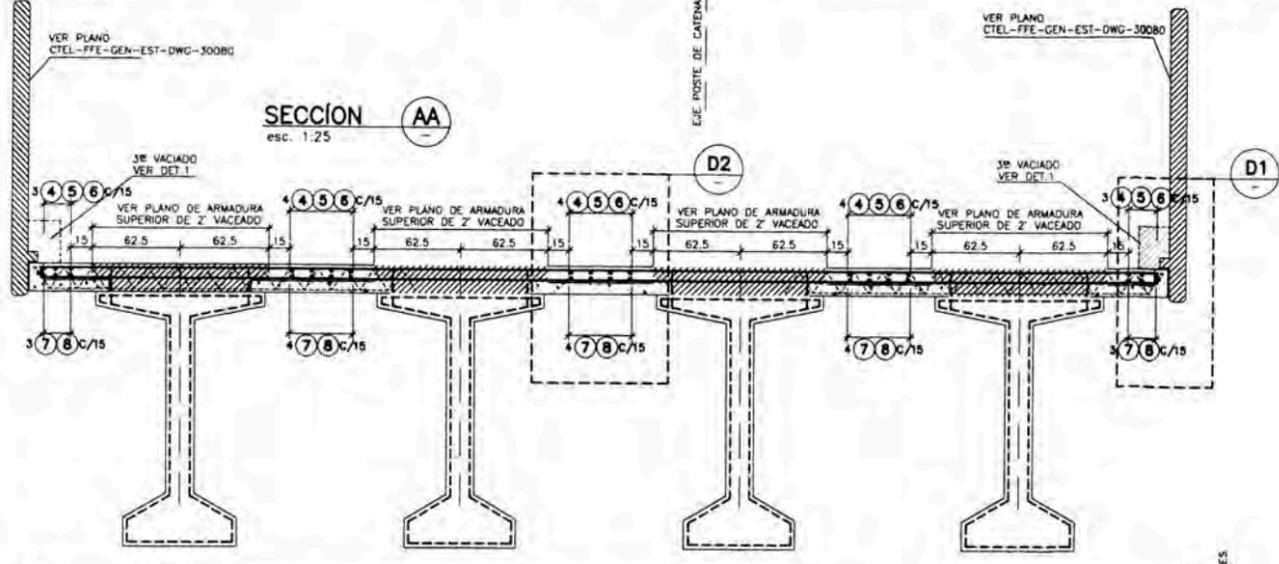
DIAMETRO	Nº	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3/8	0.57	3301.06	1882	
1/2	1.00	2244.80	2245	
5/8	1.55			
3/4	2.24			
7/8	3.04			
1	3.97			
11	3/8	7.91		
PESO TOTAL ( kg )				4127

PLANO LLAVE

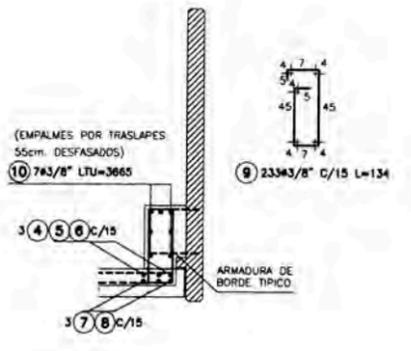
LEYENDA



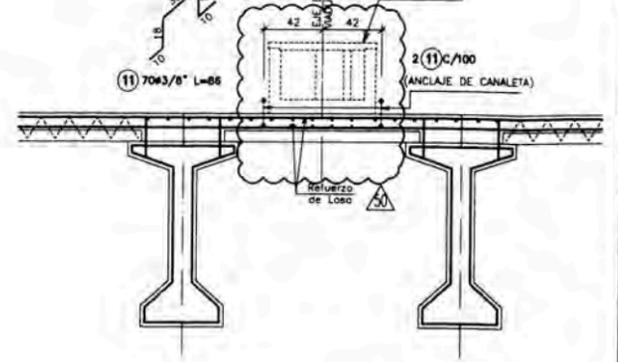
SECCIÓN AA  
esc. 1:25



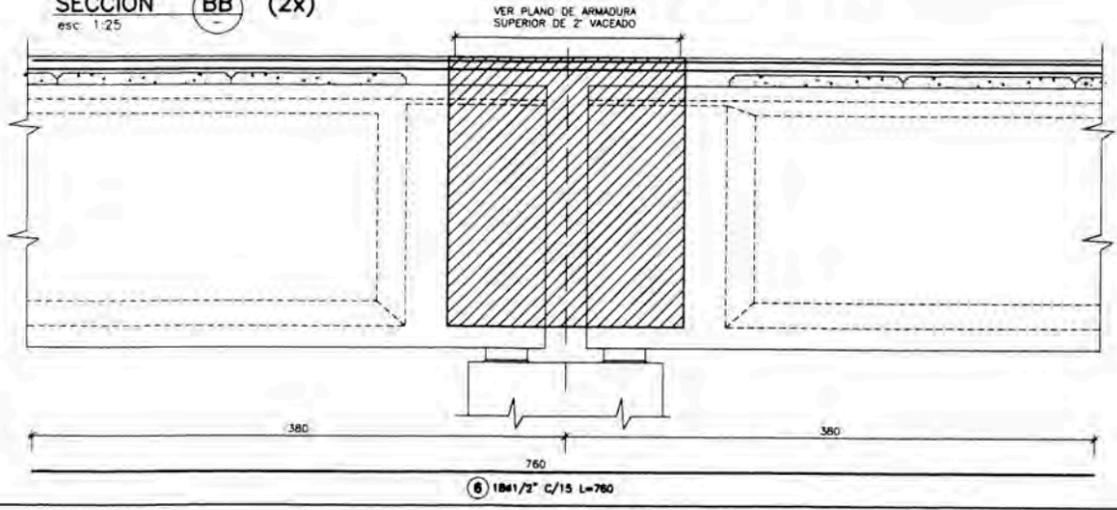
DETALLE D1 (2x)  
esc. 1:25



DETALLE D2 (1x)  
esc. 1:25



SECCIÓN BB (2x)  
esc. 1:25



DIAMETRO (Pulg.)	LONGITUD Lt (cm)
3/8"	55
1/2"	55

DIAMETRO N°	GANCHOS		ESQUEMA		ESTRIBOS		ESQUEMA	
	ic (cm)	a1 (cm)	doblez=90°	doblez=90°	ic (cm)	a1 (cm)	doblez=90°	doblez=90°
3/8"	8.0	4.0						
1/2"	7.0	4.0						
5/8"	8.0	4.0						
3/4"	11.0	8.0						
7/8"	13.0	8.0						
1"	14.0	11.0						
1 1/4"	23.0	18.0						

Notas:  
1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS. LOS DIAMETROS EN PULGADAS.  
2- MATERIALES: CONCRETO f'c= 28MPa (280 kgf/cm²)  
ACERO (ARMADURA PASIVA) fy= 420 MPa (4200 kgf/cm²)  
3- RECUBRIMIENTO: 3cm. (CARA SUPERIOR)  
4- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.

Referencias:  
CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35568

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CTE	GMO	MCA	WVI
D1	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	LCV	LMJ	TLK	WVI
DB	23-Ago-10	EMITIDO PARA REVISION	LCV	LMJ	TLK	WVI
DA	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	LCV	LMJ	TLK	WVI

Cliente: **AVE** **MTC**

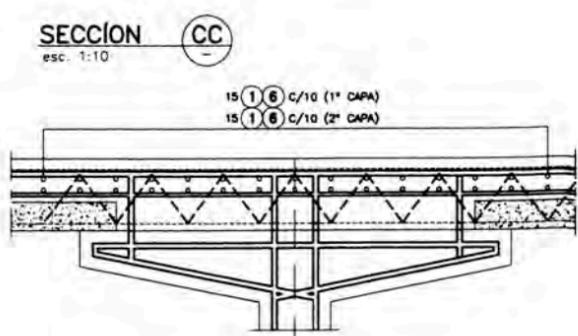
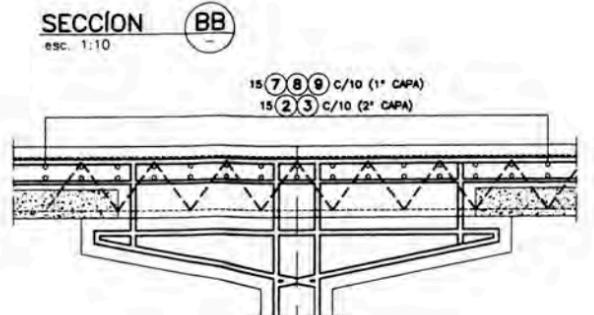
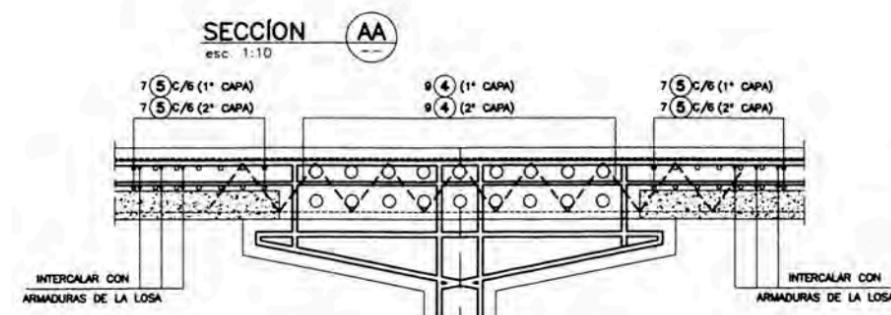
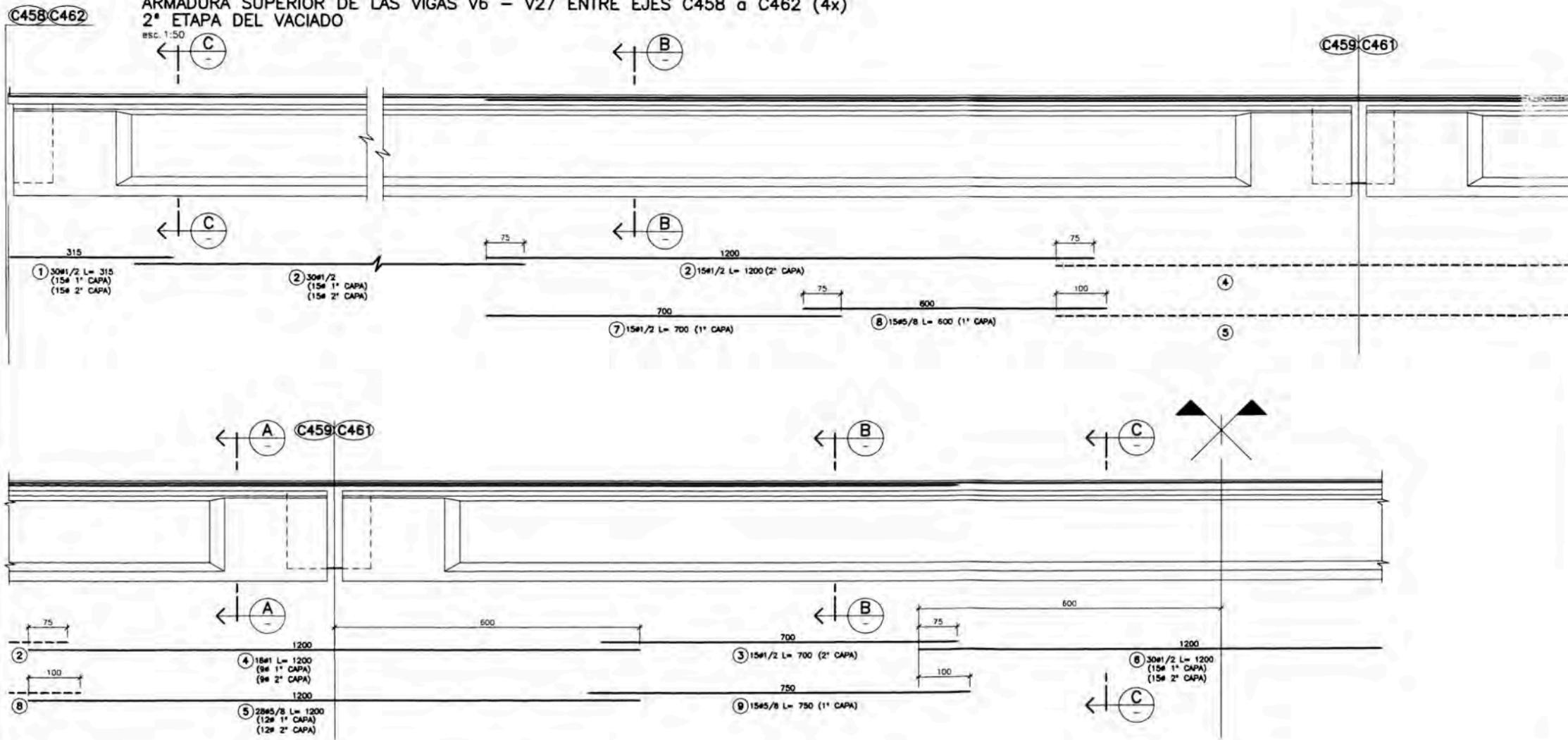
Contratista: **COMERCIO TRÁNSITO ELÉCTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT** **FIGUEROA FERRAZ**

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

Código:	Rev.
G T E L F F E V T E E S T D W G 3 5 6 7 2	5.0
Plano:	Escala:
TRAMO "E" - MÓDULO- 1E	(A1)
TABLERO INTERNO 35.0m.- ARMAD. LOSAS	IND.

ARMADURA SUPERIOR DE LAS VIGAS V6 - V27 ENTRE EJES C458 a C462 (4x)  
2ª ETAPA DEL VACIADO



POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)		TOTAL
			UNIT.		
1	1/2	240	315		75600
2	1/2	360	1200		432000
3	1/2	120	700		84000
4	1	144	1200		172800
5	5/8	224	1200		268800
6	1/2	120	1200		144000
7	1/2	120	700		84000
8	5/8	120	600		72000
9	5/8	120	750		90000

Nº	DIAMETRO Ø"	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3	3/8	0.57	---	---
4	1/2	1.00	8196.00	8196
5	5/8	1.55	4308.00	6677
6	3/4	2.24	---	---
7	7/8	3.04	---	---
8	1	3.97	1728.00	6860
11	1-3/8	7.91	---	---
PESO TOTAL (kg)				21733

**Notas:**  
 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS. LOS DIAMETROS EN PULGADAS.  
 2- MATERIALES: CONCRETO f'c= 28MPa (280 kgf/cm²)  
 ACERO (ARMADURA PASIVA) fy= 420 MPa (4200 kgf/cm²)  
 3- RECUBRIMIENTO: 3.5cm  
 4- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.

**Referencias:**  
 CTEL-FE-VTE-EST-DWG-35567, 35568, 36569, 35572 y 35573

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	DLS	OLG	ROA	WVI
0A	08-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	DLS	OLG	ROA	WVI

Clientes: **MTCA** **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO** **ODEBRECHT** **FIGUEROA FERRAZ**

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Este documento es propiedad de CTEL. No puede ser copiado o enviado a otros sin autorización previa.

Impresión en B1E T11 (Modulo) Formas ECTEL-FE-VTE-EST-DWG-35567\_30/08/2011 14:31:56 p.m. C:\dgc\w\...

PLANO LLAVE

LISTA DE CABILLAS  
MALLA ELECTROSOLDADA  
Fy=500 MPa

POS.	Ø(mm)	CANT.	LONGITUD (cm)	UNIT	TOTAL
1	8	16	200		3200
2	8	14	240		3360

RESUMEN

DIAMETRO N°	Ø(mm)	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
8	0.40	65.60		27

PESO TOTAL 1 PIEZA DE 2.48m. ( kg ) 27

LISTA DE CABILLAS  
ACERO AST A615  
Fy=420 MPa

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	UNIT	TOTAL
4	3/8	15	120		1800
5	1/4	16	37		592
6	1/4	2	45		90

RESUMEN

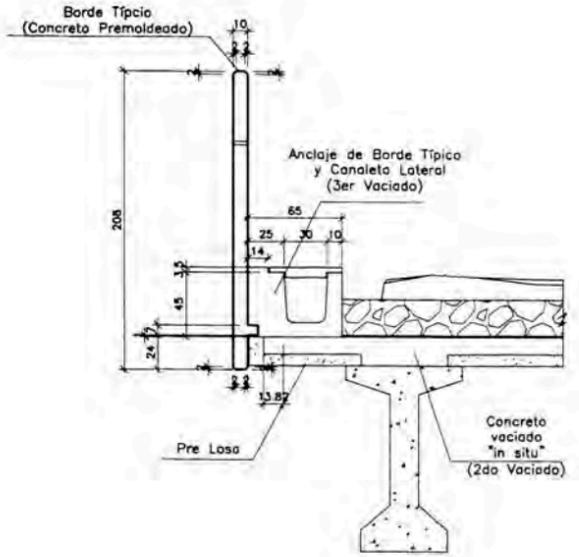
DIAMETRO N°	Ø"	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
2	1/4	0.25	6.82	2
3	3/8	0.57	18.00	11
4	1/2	1.00		
5	5/8	1.55		
6	3/4	2.24		
7	7/8	3.04		
8	1	3.97		
11	3/8	7.91		

PESO TOTAL 1 PIEZA DE 2.48m. ( kg ) 13

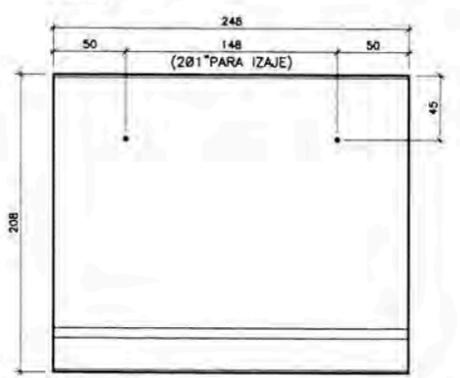
LEYENDA

NOTAS:  
1- MEDIDAS Y NIVELES EN CENTIMETROS  
2- CONCRETO F'c = 28 Mpa. PARA BORDE TÍPICO  
3- VER DETALLE DEL REFUERZO EN PLANOS DE ARMADURA DE LOSAS  
4- MALLA ELECTROSOLDADA fy=500 MPa  
5- RECUBRIMIENTO 2,5cm

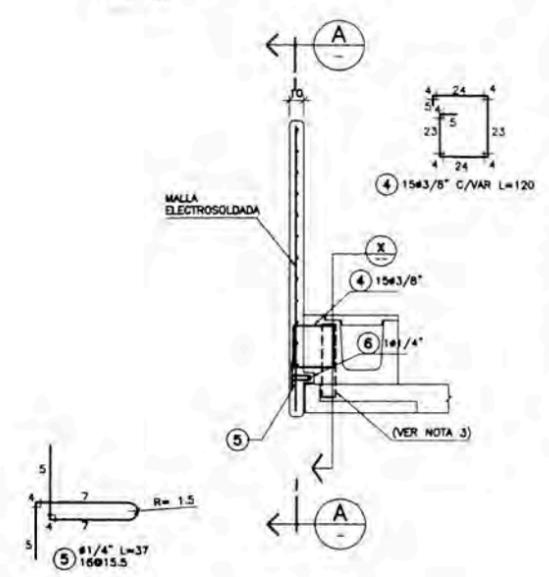
GEOMETRIA  
esc. 1:25



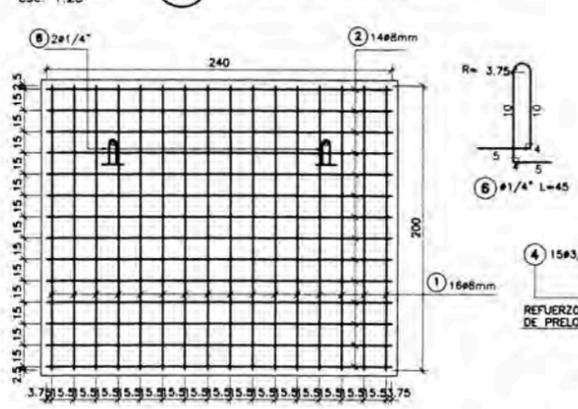
ELEVACION  
esc. 1:25



ARMADURA  
esc. 1:25



SECCIÓN A MALLA ELECTROSOLDADA  
esc. 1:25



SECCIÓN X  
esc. 1:25

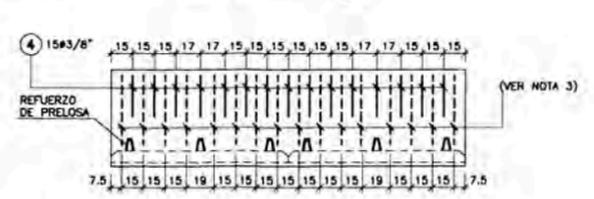


TABLA DE DOBLECES - ACERO fy4200

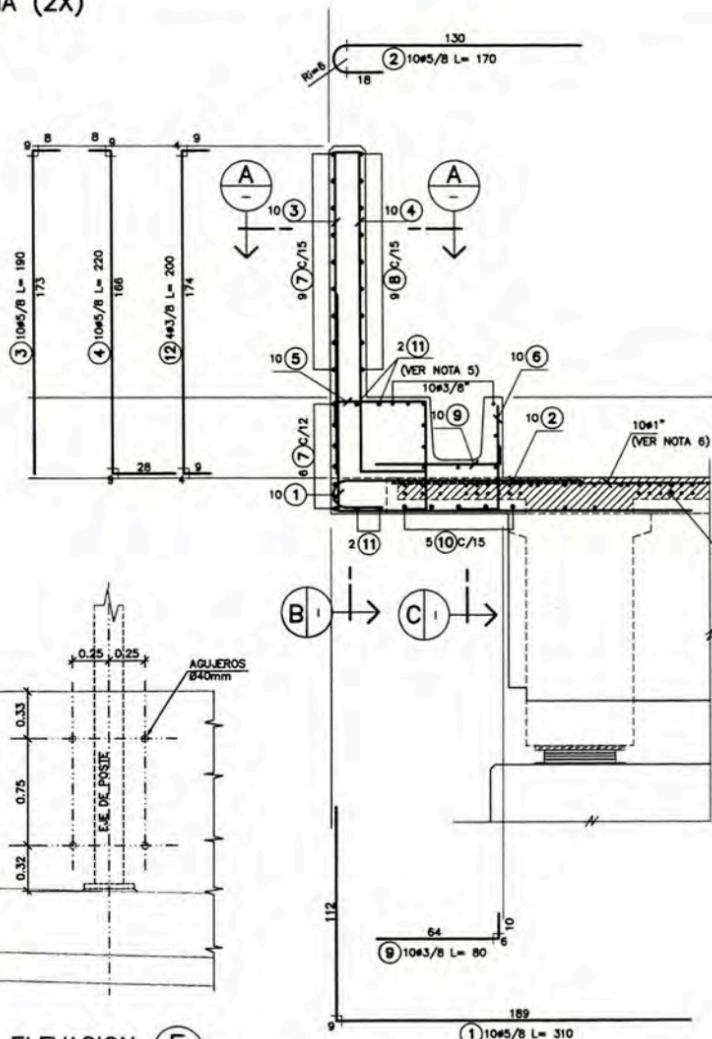
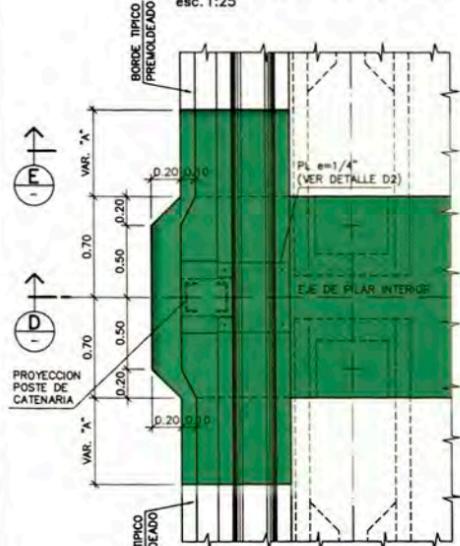
GANCHOS				ESTRIBOS			
N°	Ø(pulg)	lc (cm) doblez=90°	a1 (cm) doblez=90°	N°	Ø(pulg)	lc (cm) doblez=90°	a1 (cm) doblez=90°
3	3/8	6.0	4.0	3	3/8	4.0	3.0
4	1/2	7.0	6.0	4	1/2	5.0	4.0
5	5/8	9.0	7.0	5	5/8	7.0	5.0
6	3/4	11.0	8.0	6	3/4	11.0	8.0
7	7/8	13.0	9.0	7	7/8	13.0	9.0
8	1"	14.0	11.0	8	1"	14.0	11.0
10	1 1/4"	23.0	16.0				

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firma:
CESEL	APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
	REVISAR Y REEMITAR Cód. 3	

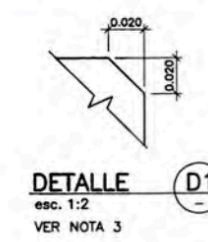
Client: **MTCA** Contralista: **TREN ELECTRICO** Proyectista: **ODEBRECHT**  
**FIGUEREDO FERRAZ**  
 T-00014/E-105 DE-02-004-005 RC

Proyecto:	EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU					
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

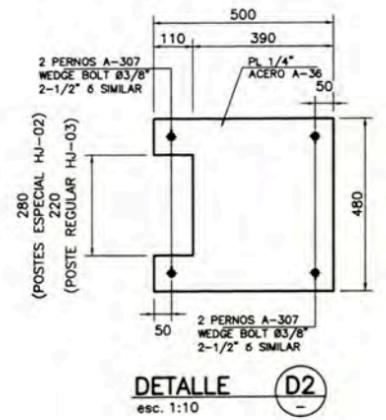
**PLANTA BORDE EN DIAFRAGMA (2X)**  
esc. 1:25



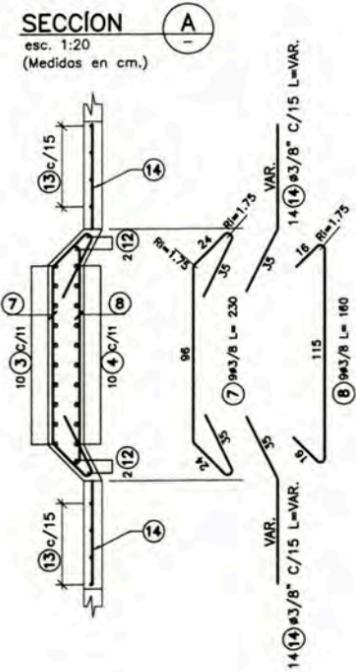
**ELEVACION F**  
esc. 1:25



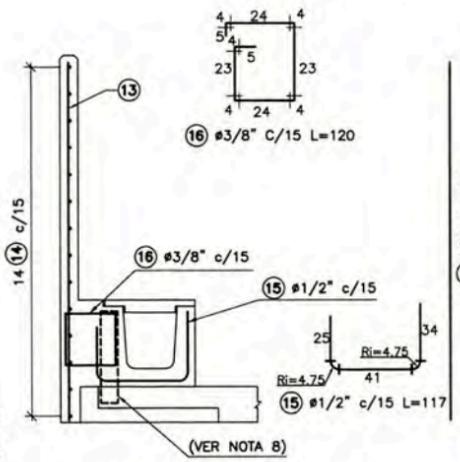
**DETALLE D1**  
esc. 1:2  
VER NOTA 3



**DETALLE D2**  
esc. 1:10



**SECCION A**  
esc. 1:20  
(Medidas en cm.)



**SECCION E - ARMADURA**  
esc. 1:20

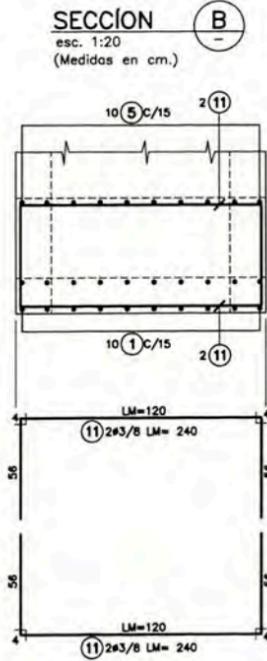
**LISTA DE VARILLAS**

POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	5/8	20	310	6200
2	5/8	20	170	3400
3	5/8	20	190	3800
4	5/8	20	220	4400
5	3/8	20	132	8000
6	1/2	20	95	1900
7	3/8	30	230	6900
8	3/8	18	160	2880
9	3/8	20	80	1600
10	3/8	10	200	2000
11	3/8	8	240	1920
12	3/8	8	200	1600
13	3/8	*16	200	3200
14	3/8	56	*93	5208
15	1/2	*16	117	1872
16	3/8	*16	120	1920

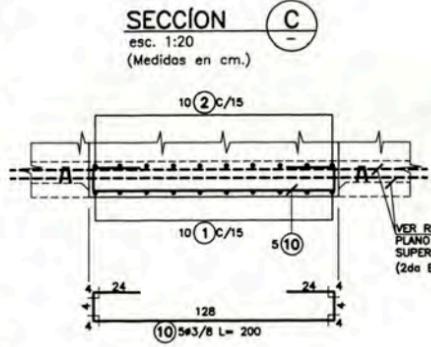
(\*) LAS LONGITUDES Y CANTIDADES CORRESPONDEN A UNA DISTANCIA "A" REFERENCIAL DE 60cm.

**RESUMEN**

DIAMETRO N°	Ø"	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3	3/8	0.57	352.28	201
4	1/2	1.00	37.72	38
5	5/8	1.55	178.00	276
6	3/4	2.24		
7	7/8	3.04		
8	1	3.97		
11	3/8	7.91		
P/ 1 DIAFRAGMA			<b>PESO TOTAL (kg)</b>	<b>515</b>



**SECCION B**  
esc. 1:20  
(Medidas en cm.)



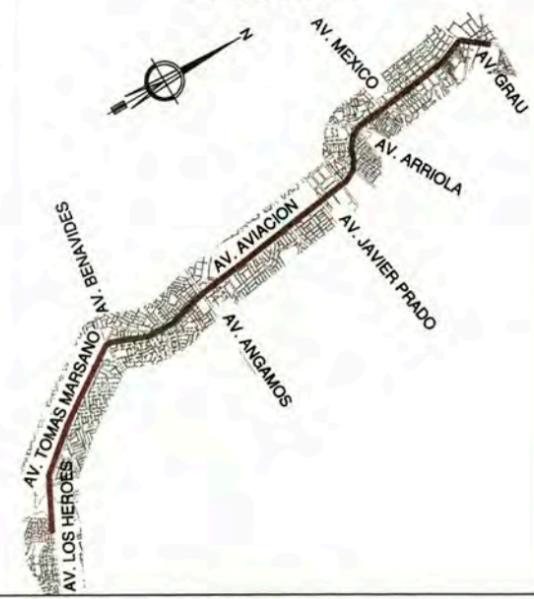
**SECCION C**  
esc. 1:20  
(Medidas en cm.)

VER REFUERZO EN PLANO DE ARMADURA SUPERIOR DE VIGAS (2da ETAPA DE VACIADO)

**TABLA DE DOBLECES - ACERO fy4200**

GANCHOS			ESTRIBOS		
DIAMETRO N°	Ø(pulg)	lc (cm)	DIAMETRO N°	Ø(pulg)	lc (cm)
3	3/8"	6.0	3	3/8"	4.0
4	1/2"	7.0	4	1/2"	5.0
5	5/8"	9.0	5	5/8"	7.0
6	3/4"	11.0	6	3/4"	11.0
7	7/8"	13.0	7	7/8"	13.0
8	1"	14.0	8	1"	14.0

**PLANO LLAVE**



**LEYENDA**

**NOTAS:**

- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO, SALVO INDICACION EN EL PLANO.
- 2- CONCRETO f'c = 28 Mpa. PARA BORDE
- 3- DETALLE TÍPICO PARA TODAS LAS ESQUINAS A 90°.
- 4- RECUBRIMIENTO EN BORDE 2,5CM
- 5- VER DETALLE DE REFUERZO EN PLANO DE CANALETA 31004
- 6- VER DETALLE DE REFUERZO EN PLANOS DE DIAFRAGMAS
- 7- VER DETALLE DE REFUERZO EN PLANO DE ARMADURA DE LOSAS Y PLANO DE ARMADURA SUPERIOR DE VIGAS (2da VACIADO)
- 8- VER DETALLE DE REFUERZO EN PLANO DE LOSAS

**Referencias:**

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

01	20/Ago/10	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	JMP	JMP	TLK	WVI
0C	5/Ago/10	EPR (Cambios Según Indicado)	JMP	JMP	TLK	WVI
0B	17/Jun/10	EPR (CAMBIOS SEGÚN LO INDICADO)	VDC	JMP	TLK	WVI
0A	11/May/10	EMITIDO PARA REVISIÓN	JMP	JMP	JES	WVI

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

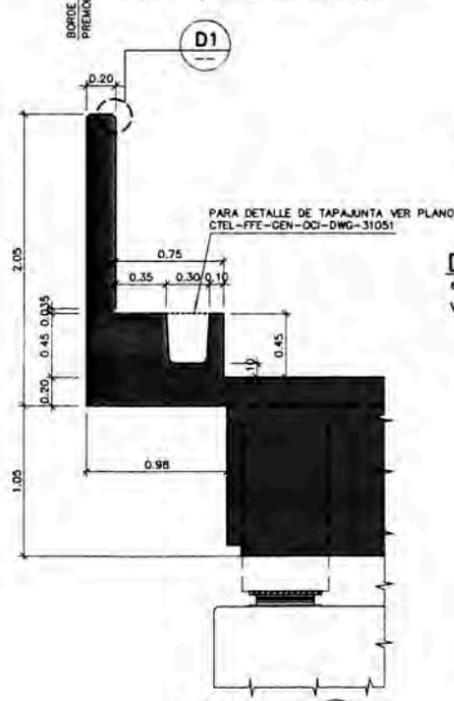
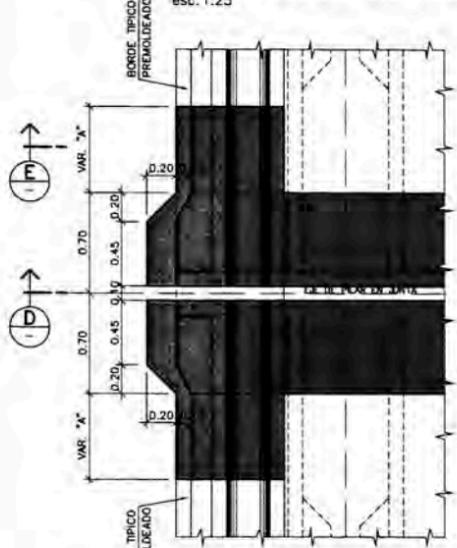
**Proyecto:** EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRIC DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

**Código:** C T E L F F E G E N E S T D W G 3 1 0 0 6 0 1

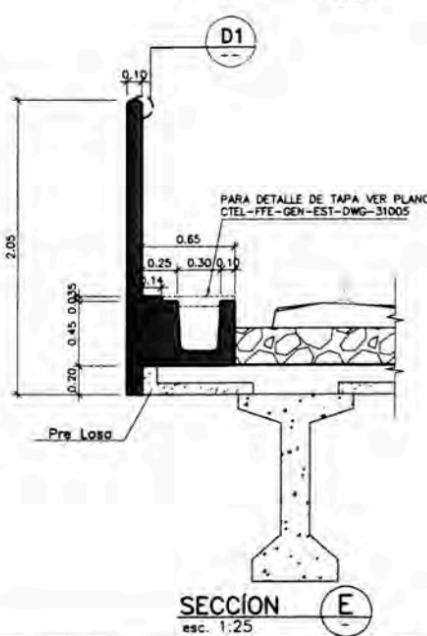
**Plano:** BORDE EN DIAFRAGMA COLUMNAS INTERNAS

**Escala:** (A1) IND.

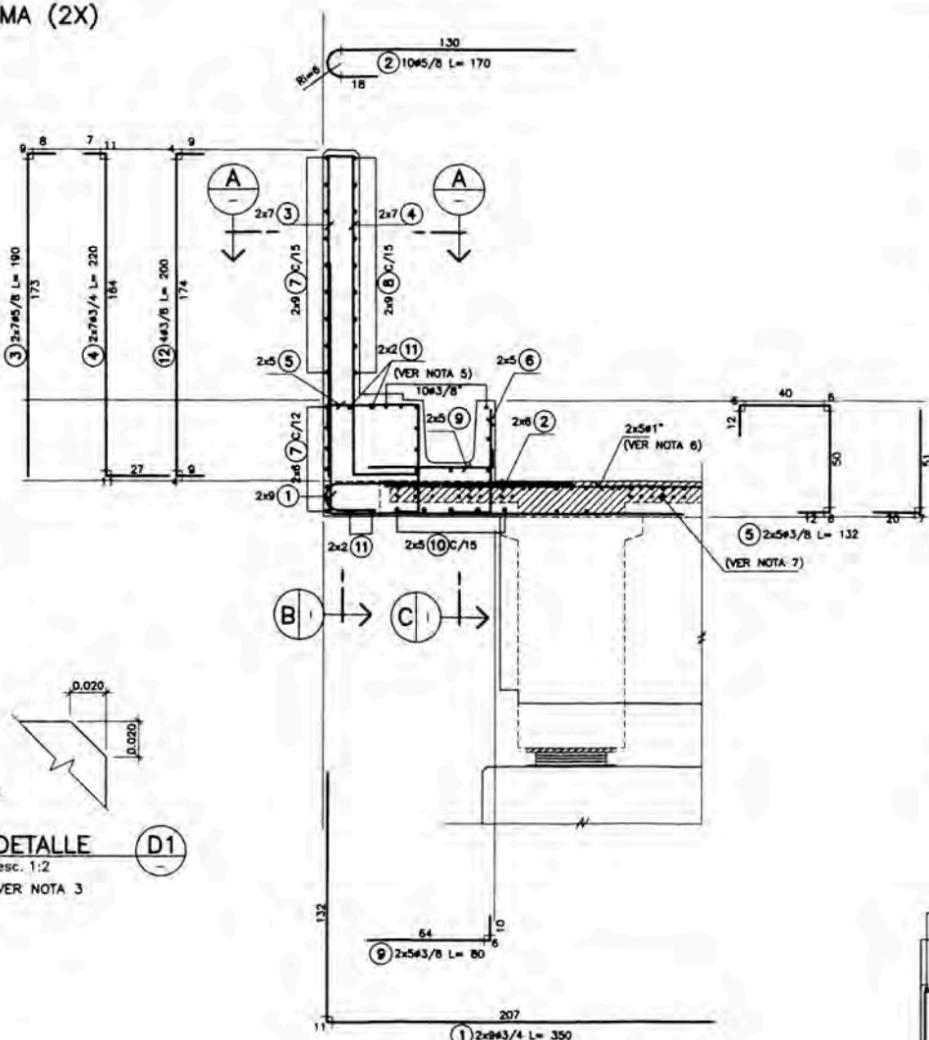
**PLANTA BORDE EN DIAFRAGMA (2X)**  
esc. 1:25



**SECCIÓN D**  
esc. 1:25



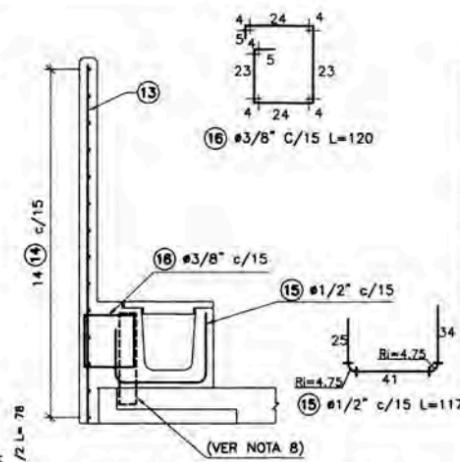
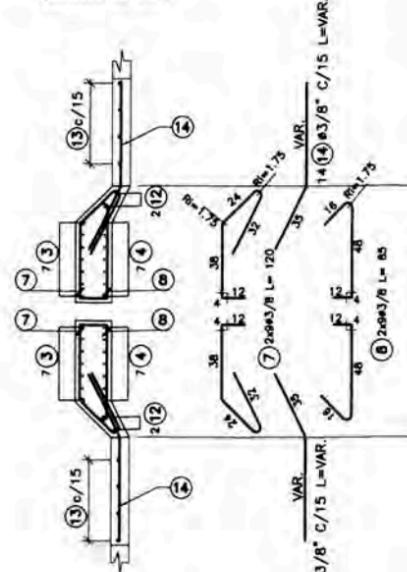
**SECCIÓN E**  
esc. 1:25



**SECCIÓN D - ARMADURA**  
esc. 1:20

**DETALLE D1**  
esc. 1:2  
VER NOTA 3

**SECCIÓN A**  
esc. 1:20  
(Medidas en cm.)

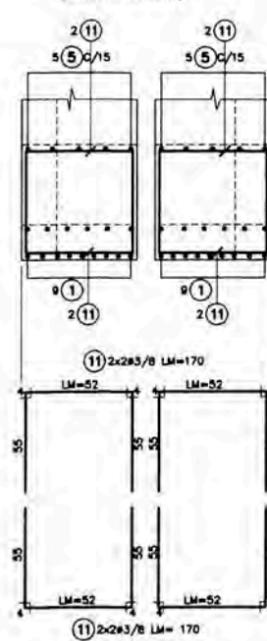


**SECCIÓN E - ARMADURA**  
esc. 1:20

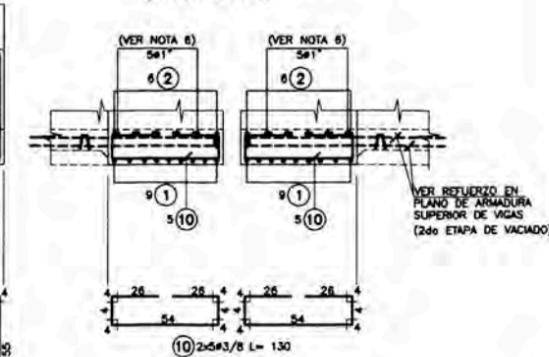
(\*) LAS LONGITUDES Y CANTIDADES CORRESPONDEN A UNA DISTANCIA "A" REFERENCIAL DE 60cm.

RESUMEN					
N°	DIÁMETRO	kg/ml	LONGITUD (m)	PESO (kg)	
3	3/8"	0.57	338.32	193	
4	1/2"	1.00	37.72	38	
5	5/8"	1.55	94.00	146	
6	3/4"	2.24	173.20	388	
7	7/8"	3.04			
8	1"	3.97			
11	3/8"	7.91			
P/ 1 JUNTA				PESO TOTAL (kg)	765

**SECCIÓN B**  
esc. 1:20  
(Medidas en cm.)



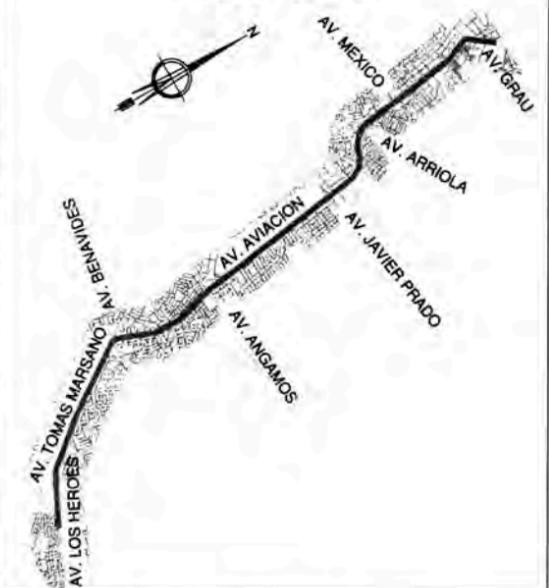
**SECCIÓN C**  
esc. 1:20  
(Medidas en cm.)



**TABLA DE DOBLECES - ACERO fy4200**

GANCHOS			ESQUEMA			ESTRIBOS			ESQUEMA		
DIÁMETRO	lc (cm)	a1 (cm)									
N°	ø(pulg)	doblez=90°									
3	3/8"	6.0	4.0	3	3/8"	4.0	3.0	4	1/2"	5.0	4.0
4	1/2"	7.0	6.0	4	1/2"	5.0	4.0	5	5/8"	7.0	5.0
5	5/8"	9.0	7.0	5	5/8"	7.0	5.0	6	3/4"	11.0	8.0
6	3/4"	11.0	8.0	6	3/4"	11.0	8.0	7	7/8"	13.0	9.0
7	7/8"	13.0	9.0	7	7/8"	13.0	9.0	8	1"	14.0	11.0
8	1"	14.0	11.0	8	1"	14.0	11.0				
10	1 1/4"	23.0	16.0								

**PLANO LLAVE**



**LEYENDA**


**NOTAS:**  
 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO, SALVO INDICACION EN EL PLANO.  
 2- CONCRETO F'c = 28 Mpa. PARA BORDE  
 3- DETALLE TÍPICO PARA TODAS LAS ESQUINAS A 90°.  
 4- RECUBRIMIENTO EN BORDE 2,5CM  
 5- VER DETALLE DE REFUERZO EN PLANO DE CANALETA 31004  
 6- VER DETALLE DE REFUERZO EN PLANOS DE DIAFRAGMAS  
 7- VER DETALLE DE REFUERZO EN PLANO DE ARMADURA DE LOSAS Y PLANO DE ARMADURA SUPERIOR DE VIGAS (2da ETAPA DE VACIADO)  
 8- VER DETALLE DE REFUERZO EN PLANO DE LOSAS

Referencias:


Supervisión:



Cliente: **MTCA** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **COMERCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT** FIGUEROA FERRAZ

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

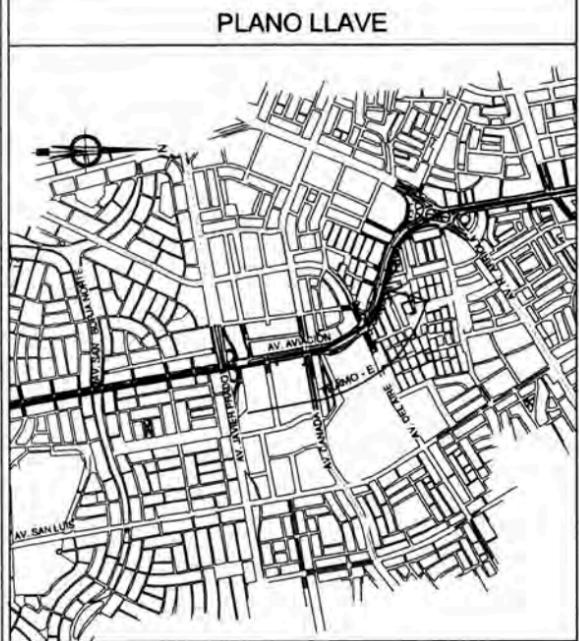
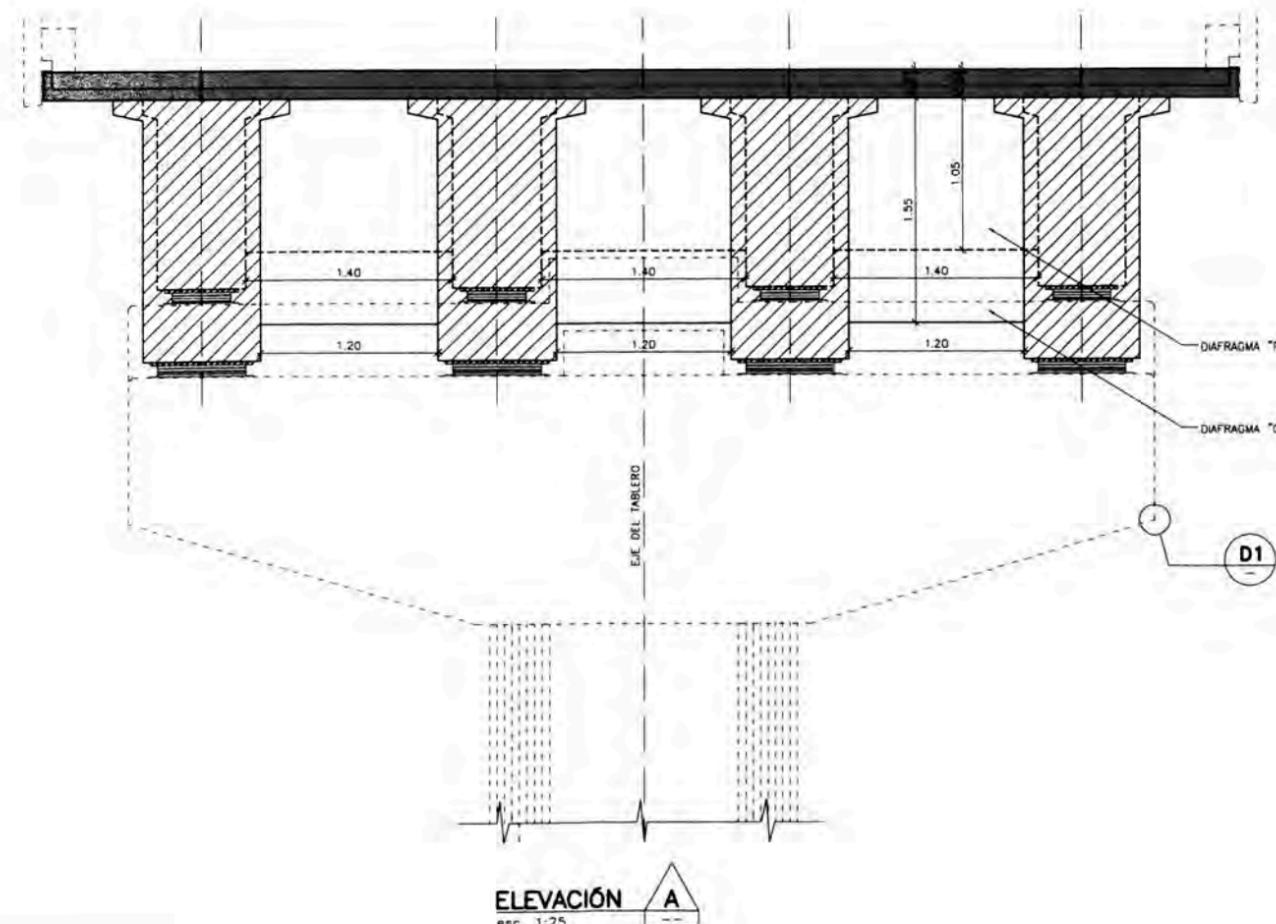
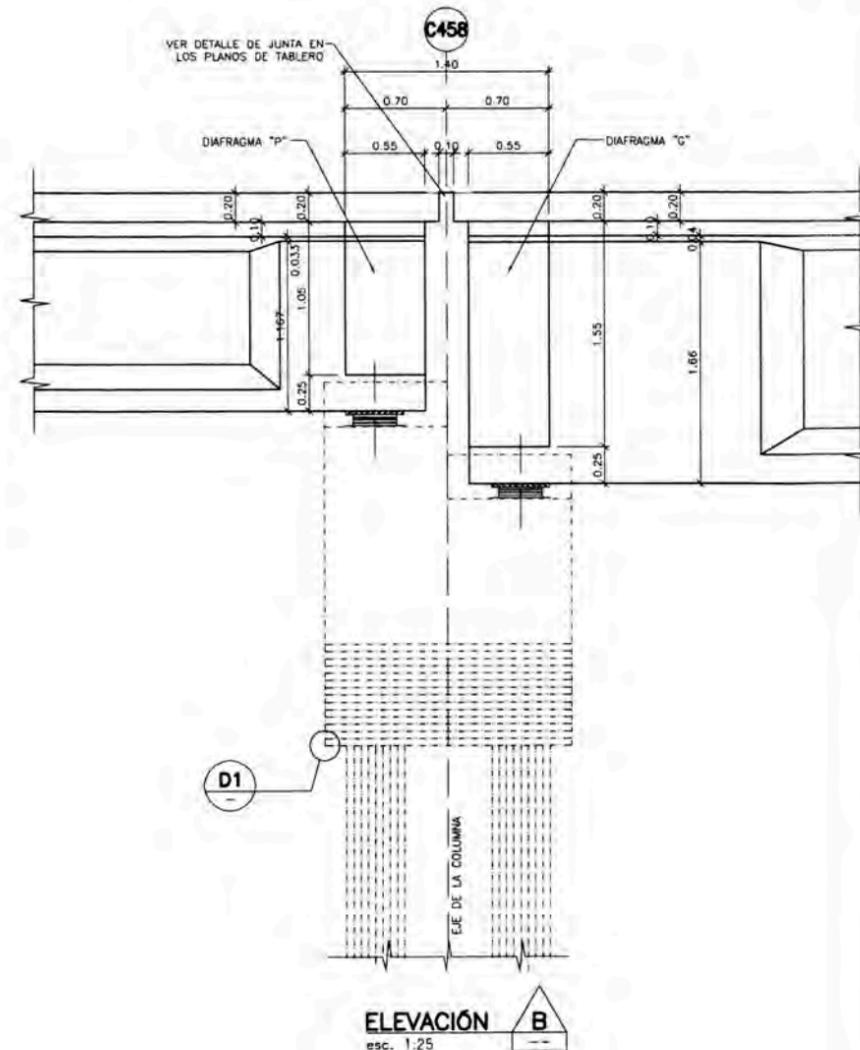
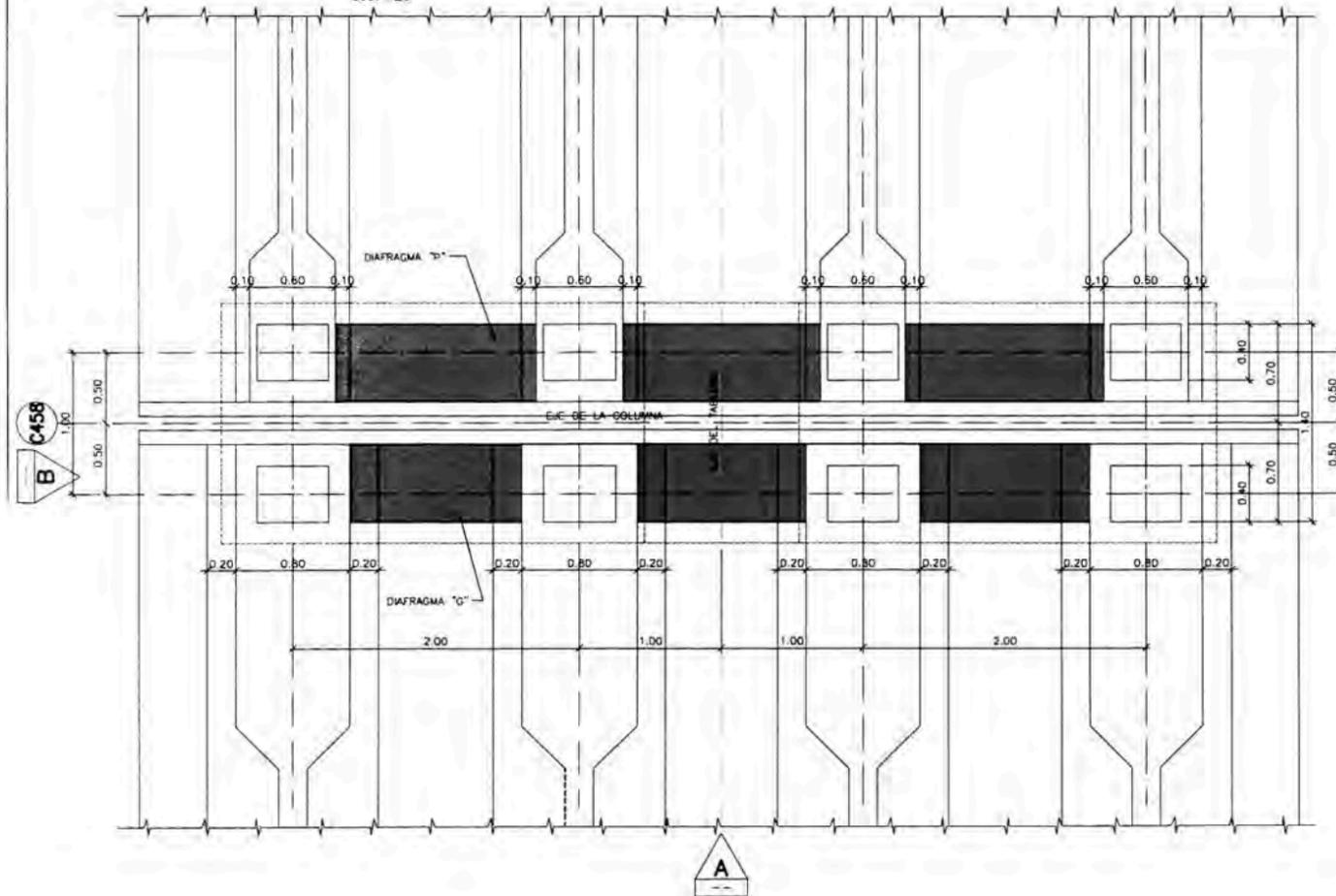
Código: **GTELFFEGENESTD, W, G3, 1, 0, 0, 7, 0, 1**

Plano: **BORDE EN DIAFRAGMA COLUMNAS EN JUNTA**

Escala: **(A1) IND.**

**PLANTA SUPERIOR VIGA DIAFRAGMA**

esc. 1:25



**LEYENDA**

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS DIAFRAGMAS:  
C458G y C464G

**NOTAS:**

- 1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.
- 2- CONCRETO F'c = 35 Mpa. PARA VIGAS DIAFRAGMA.
- 3- DETALLE TIPICO PARA TODAS LAS ESQUINAS A 90° DEL DIAFRAGMA.

**Referencias:**

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35567, 35572 y 35579

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	OAO	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	OAO	OLG	ROA	WVI

Cliente:   
 Contratista:   
 Proyectista:   
 T-08014/E-105 DE-10-INV-012 R.0

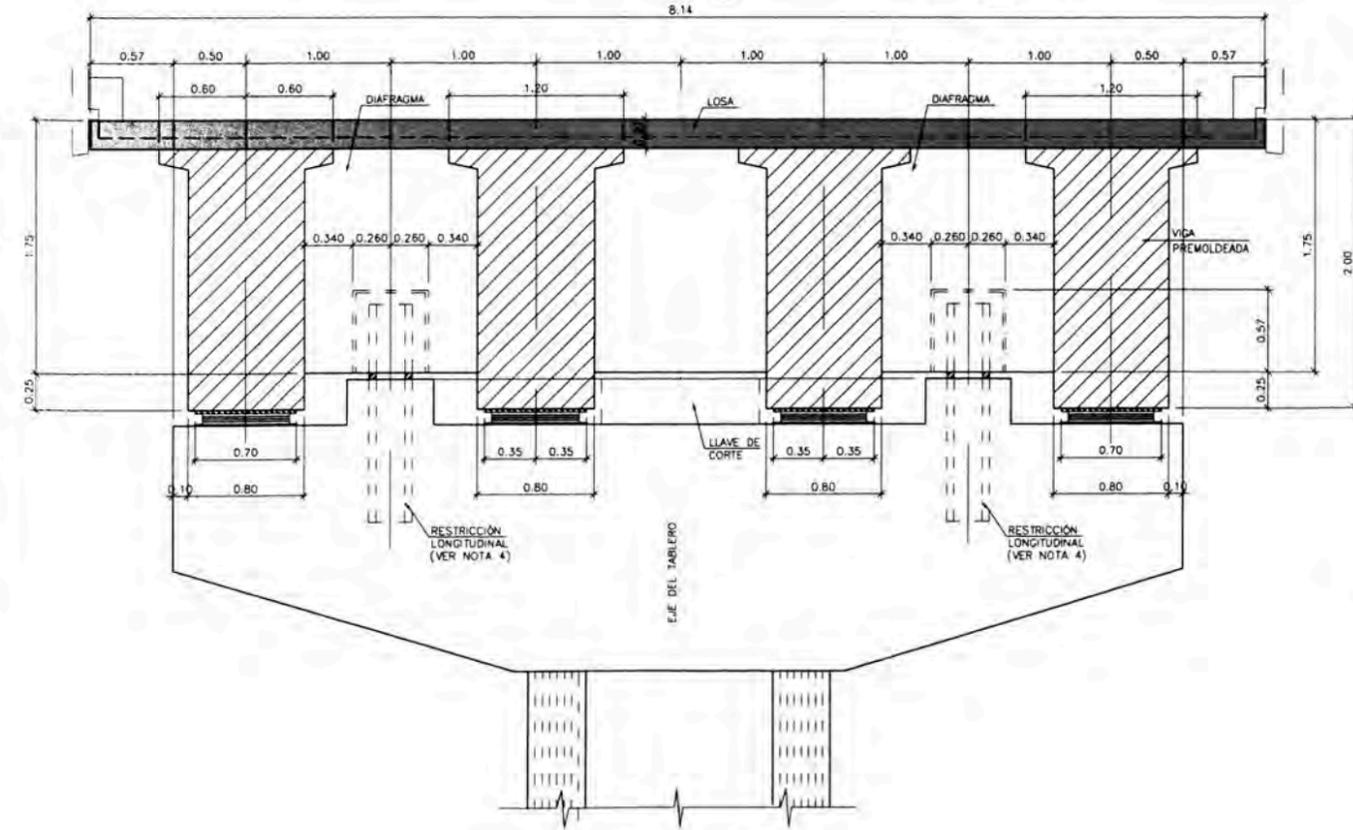
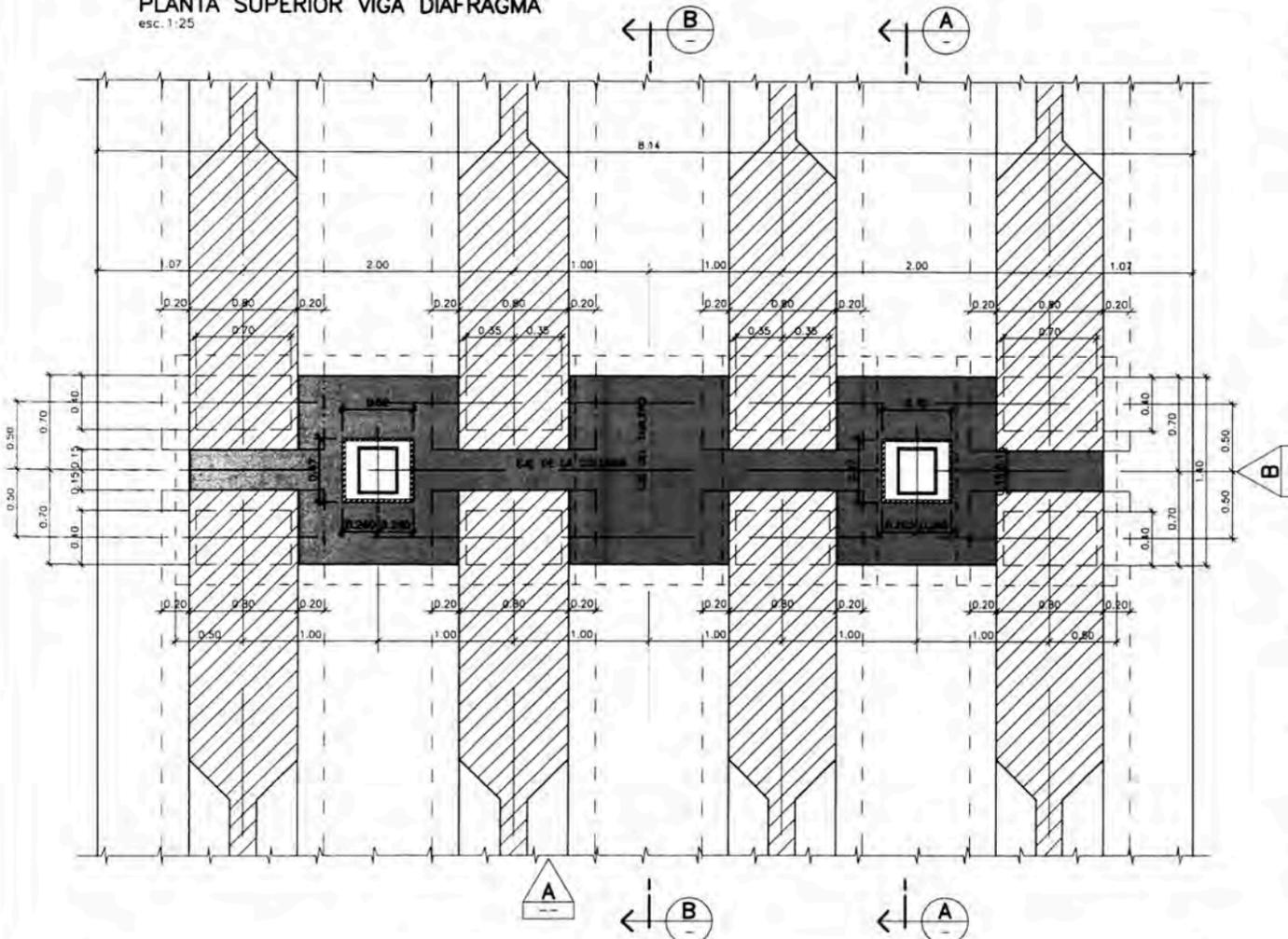
Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

Código:	Rev:
CTELFFE VTE EST DWG 3,5,5,8,2	5,0
Plano:	Escala:
TRAMO E - VIGAS DIAFRAGMA COLUMNAS - JUNTAS - MÓDULO 1E	(A1) IND.

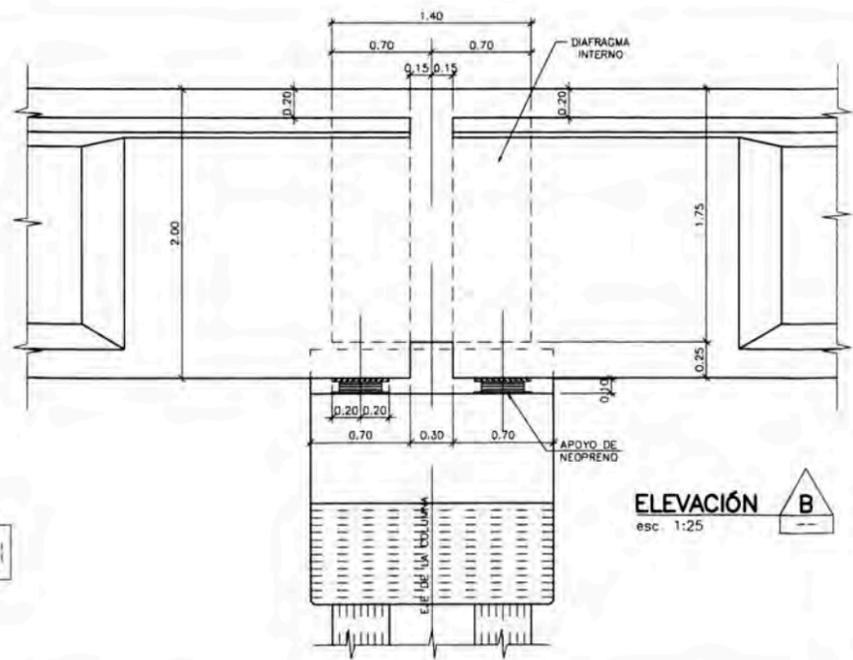
Este documento es propiedad de CTCL. No puede ser copiado o enviado a otros sin autorización previa.

**PLANTA SUPERIOR VIGA DIAFRAGMA**

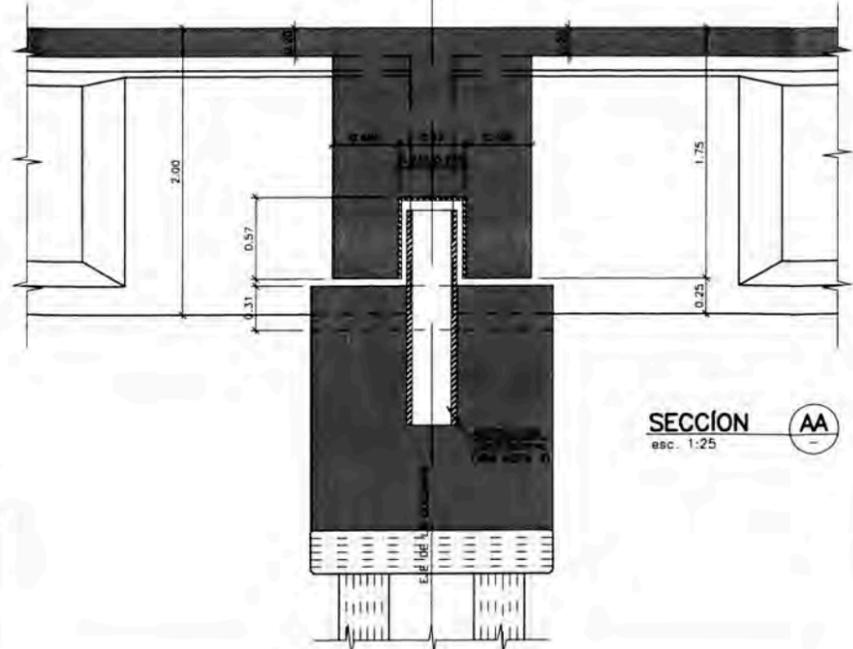
esc. 1:25



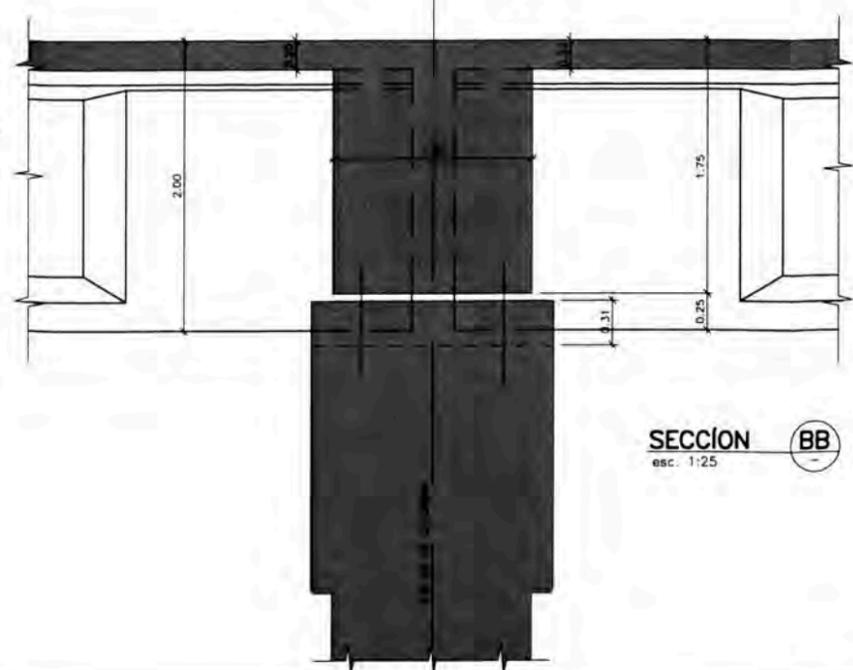
**ELEVACIÓN A**  
esc. 1:25



**ELEVACIÓN B**  
esc. 1:25



**SECCIÓN AA**  
esc. 1:25



**SECCIÓN BB**  
esc. 1:25

**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**  
ESTE PLANO ES VALIDO PARA LAS SIGUIENTES  
VIGAS DIAFRAGMAS:  
C459, C461 y C463

Notas:

- NOTAS:**  
1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.  
2- CONCRETO F'c = 35 Mpa. PARA VIGAS DIAFRAGMA.  
3- DETALLE TÍPICO PARA TODAS LAS ESQUINAS A 90° DEL DIAFRAGMA.  
4- VER DETALLE DE LAS RESTRICCIONES LONGITUDINALES EN EL PLANO  
CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35536

Referencias:

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35566, 35568, 35569, 35570, 35572, 35573,  
35574, 35575 y 35580

CCI-016: CONFIRMACIÓN DE DIMENSIONES DEL DISPOSITIVO DE RESTRICCIÓN LONGITUDINAL

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

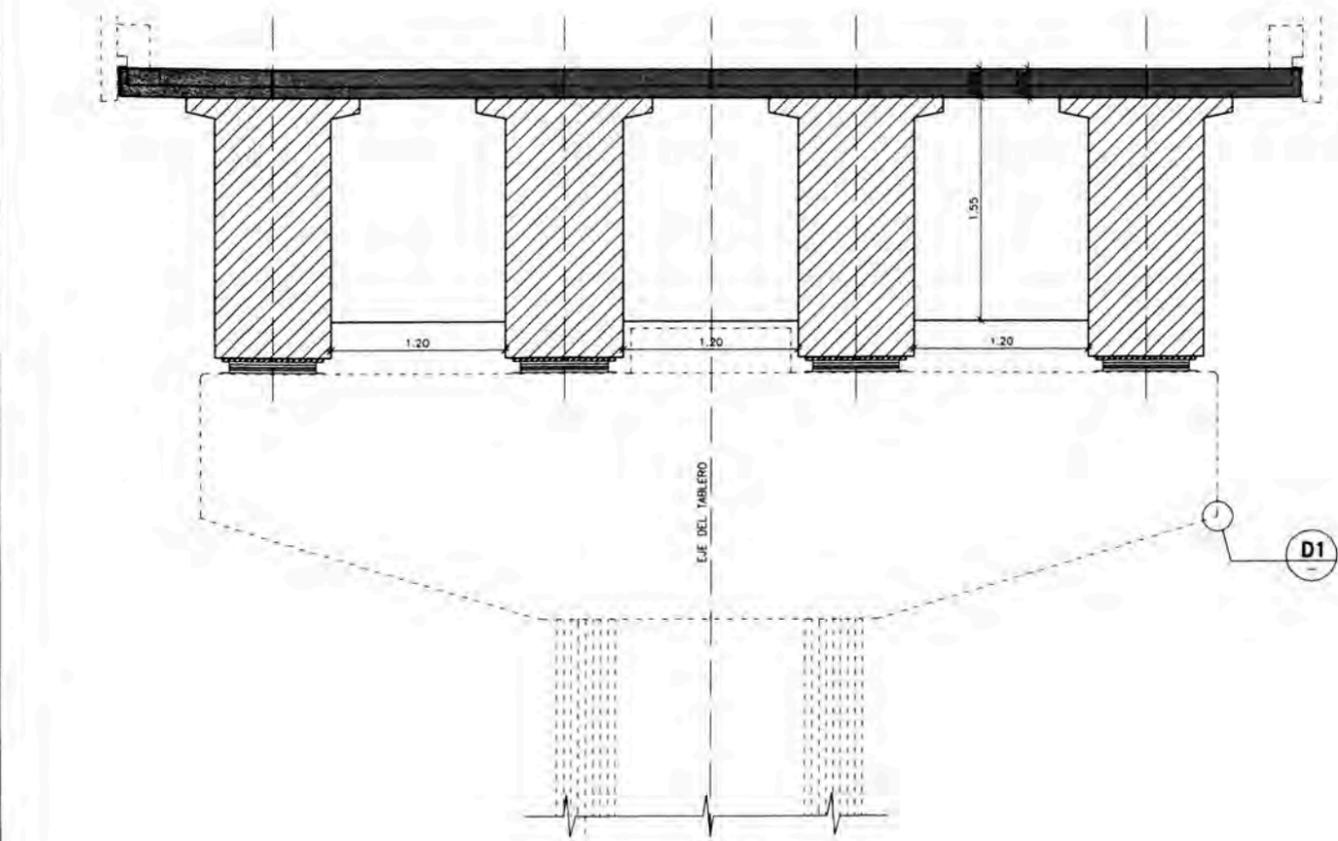
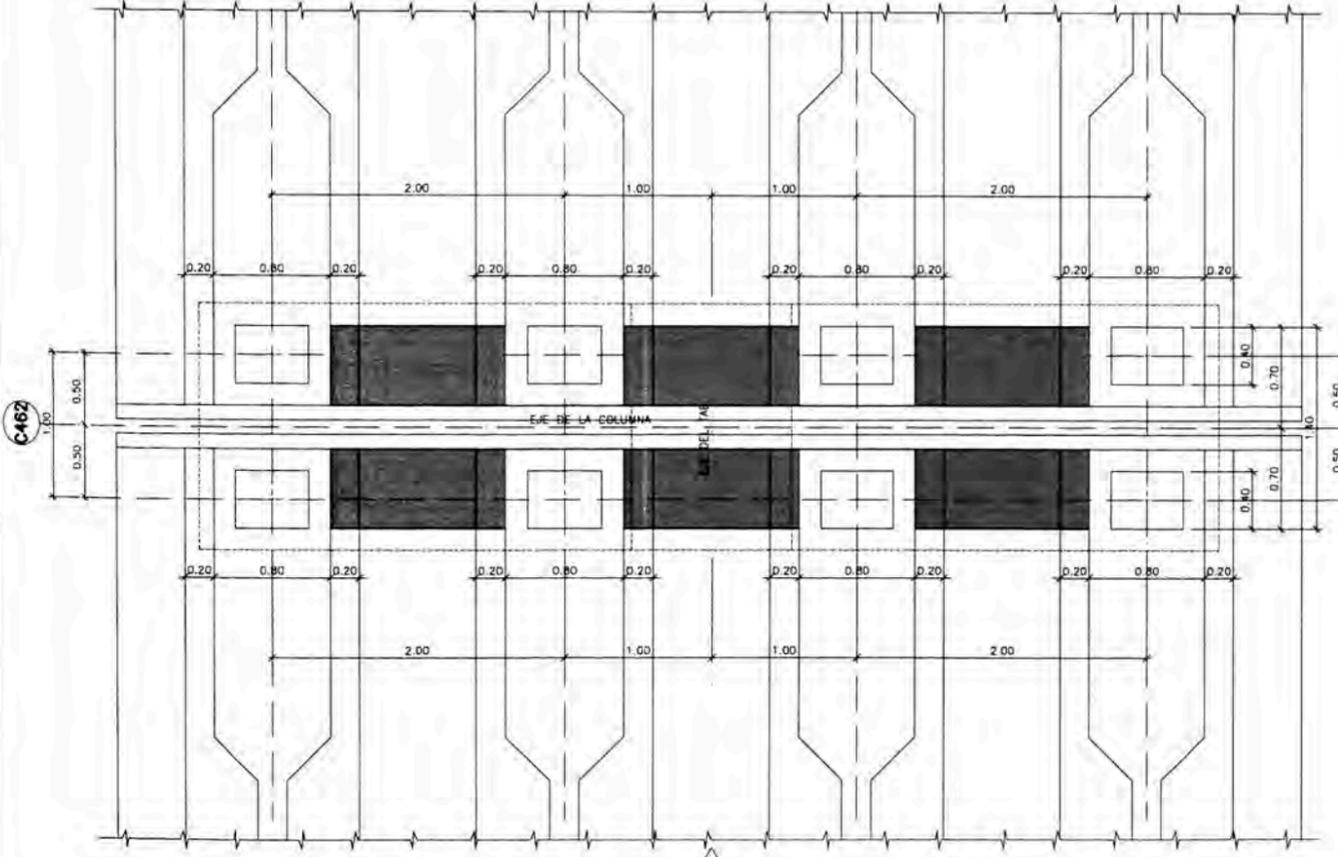
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	OAO	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	OAO	OLG	ROA	WVI

**Cliente:** **ODEBRECHT**  
**Proyector:** **FIGUEROA FERRAZ**  
**Contratista:** **ELÉCTRICOS**  
**Elaborador:** **MTC**  
**Diseñador:** **ELÉCTRICOS**  
**Revisor:** **ELÉCTRICOS**  
**Aprobador:** **ELÉCTRICOS**

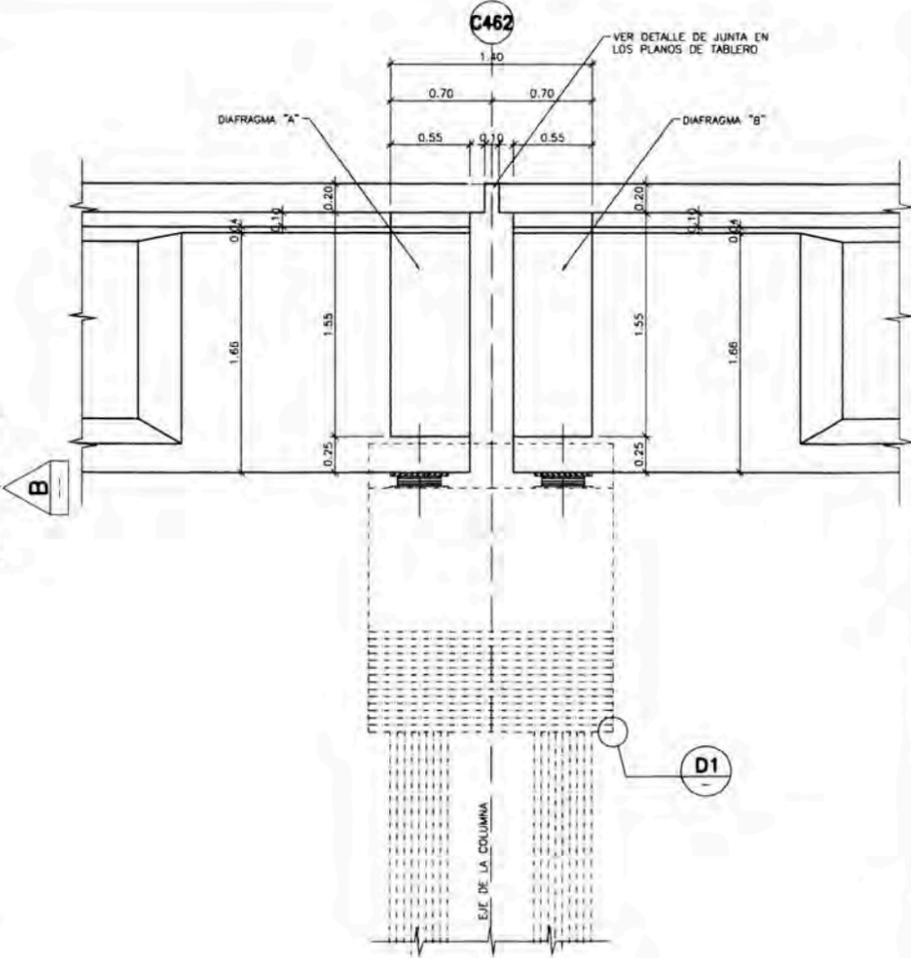
**Proyecto:** EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO  
LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Codigo:	Rev.
CTELFFEVTEESTDWG35583	5,0
Plano:	Escala:
TRAMO E - VIGAS DIAFRAGMA	(A1)
COLUMNAS INTERNAS - MÓDULOS 1E y 2E	IND.

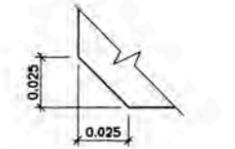
**PLANTA SUPERIOR VIGA DIAFRAGMA**  
esc. 1:25



**ELEVACIÓN A**  
esc. 1:25



**ELEVACIÓN B**  
esc. 1:25



**DETALLE D1**  
esc. 1:2  
VER NOTA 3

**PLANO LLAVE**



**LEYENDA**

ESTE PLANO ES VALIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS DIAFRAGMAS:  
C462A y C462B

**Notas:**

- NOTAS:**  
1- MEDIDAS Y NIVELES EN METRO.  
2- CONCRETO f'c = 35 Mpa. PARA VIGAS DIAFRAGMA.  
3- DETALLE TÍPICO PARA TODAS LAS ESQUINAS A 90° DEL DIAFRAGMA.

**Referencias:**

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35569, 35570, 35574, 35575 y 35581

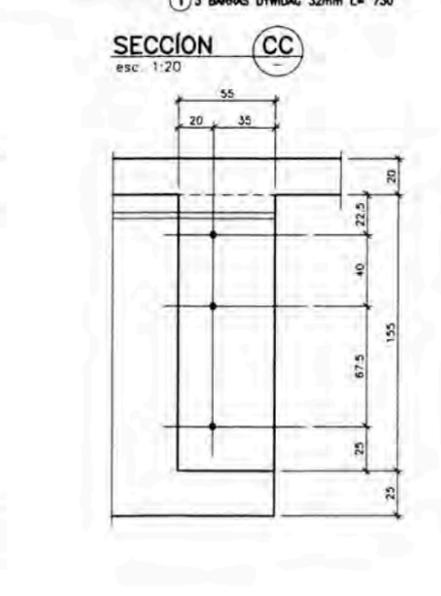
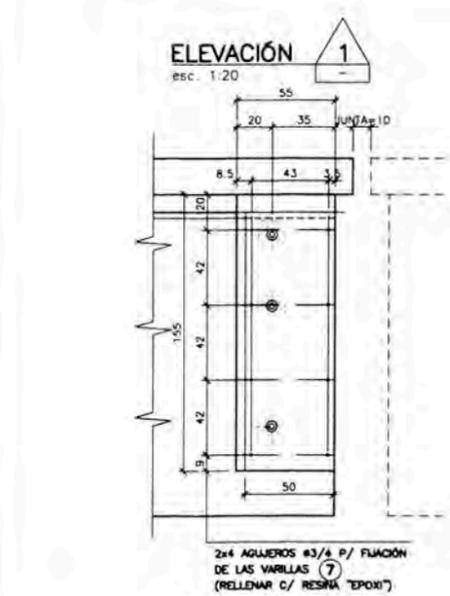
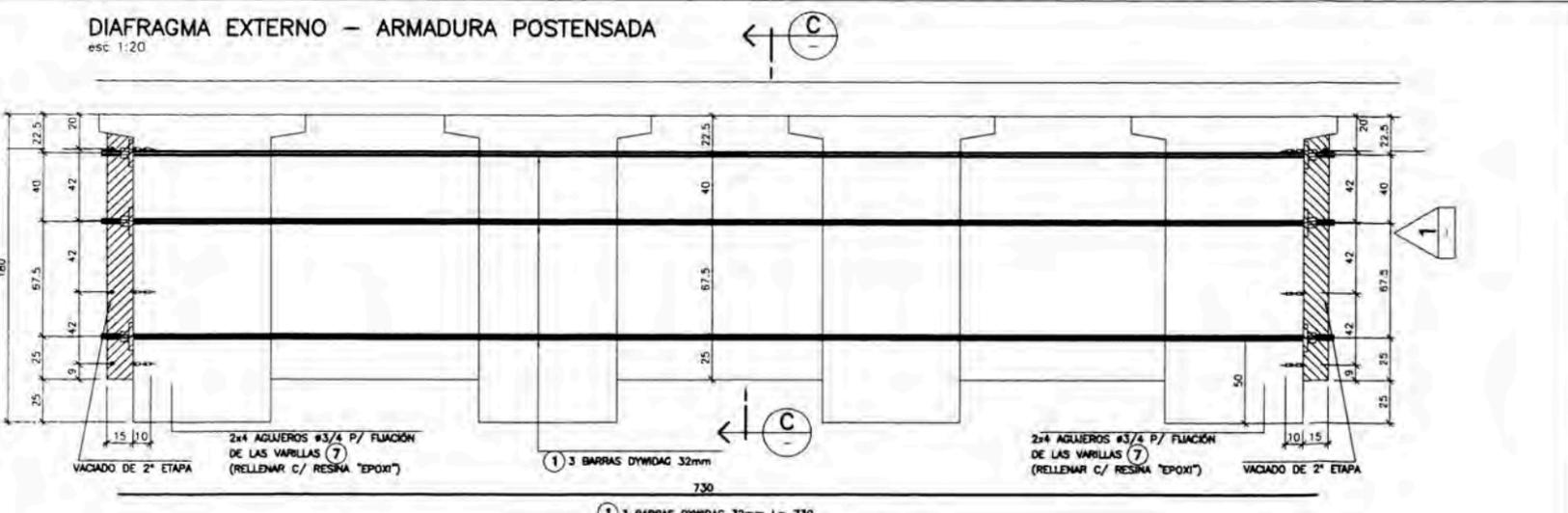
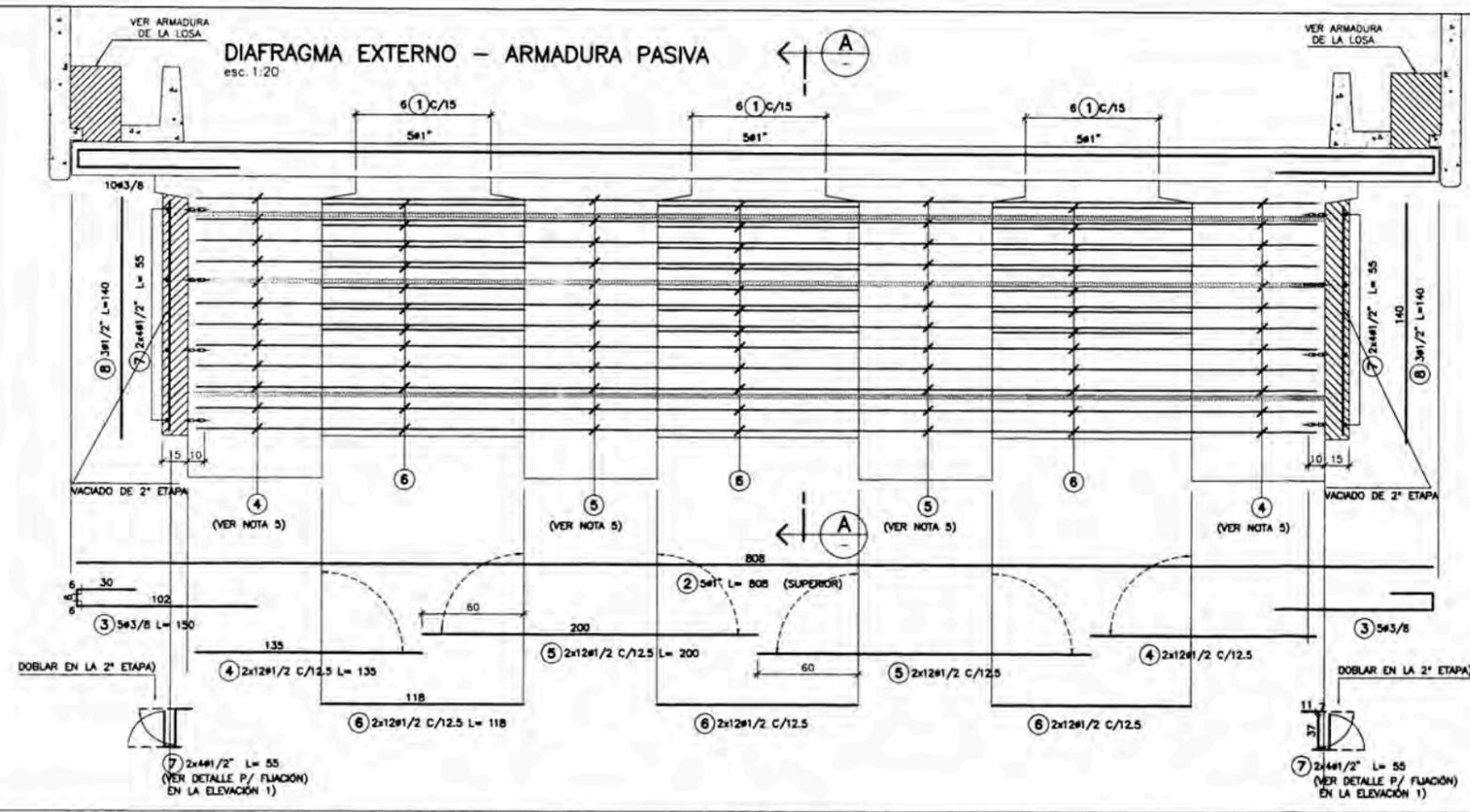
Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firma:
APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2		
REVISAR Y REFINAR Cód. 3		

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	31-May-11	POST CONSTRUCCION	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	OAO	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	OAO	OLG	ROA	WVI

**Cliente:** **Contratista:** **Proyectista:** **FIGUEROA FERRAZ**  
CONSULTORIOS Y EMPRESAS DE INGENIERIA S.A.  
 T-09014/E-T05 DE-10-PM4-075 R.0

**Proyecto:** EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO  
LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Codigo:	CTELFFEVTEESTDWG35584	Rev.	5,0
Plano:	TRAMO E - VIGAS DIAFRAGMA		Escala: (A1)
	COLUMNAS - JUNTAS - MÓDULOS 1E y 2E		IND.



**NOTAS PARA POSTENSADO:**

- BARRAS DYWIDAG - ACERO 57B5/105.
- CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS: #32mm - AP= 8,04cm<sup>2</sup>
- ESFUERZO DE TENSADO POR BARRA: F<sub>pt</sub> = 590 kN
- CARGA UNITARIA DE ROTURA: f<sub>pu</sub> ≥ 1050 MPa
- LÍMITE ELÁSTICO: f<sub>py</sub> ≥ 850 MPa
- MÓDULO ELÁSTICO: E<sub>p</sub> ≥ 210000 MPa

TABLA DE POSTENSADO				ALARGAMIENTO TOTAL (m.m.)
N° DE BARRA	CANT.	LONG. DEL DUCTO(m.)	LONG. DEL CABLE(m.)	
1	3	6.80	7.30	27
TOTAL	3	20.40	21.90	-
PESO TOTAL PARA 1 DIAFRAGMA				139 kg
PESO TOTAL PARA 4 DIAFRAGMAS				556 kg

LISTA DE VARILLAS				
POS.	N°	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	3/8	18	452	8136
2	1	5	808	4040
3	3/8	10	150	1500
4	1/2	48	135	6480
5	1/2	48	200	9600
6	1/2	72	118	8496
7	1/2	16	55	880
8	1/2	6	140	840
9	1/2	4	140	560
10	1/2	28	33	924

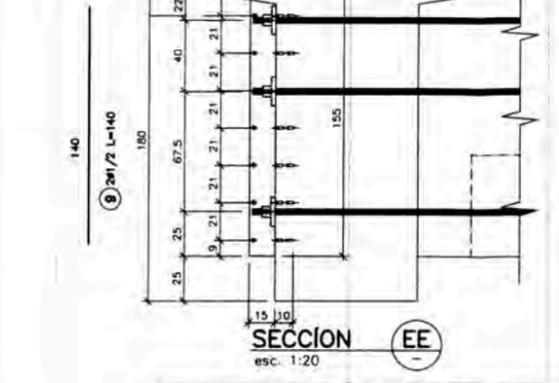
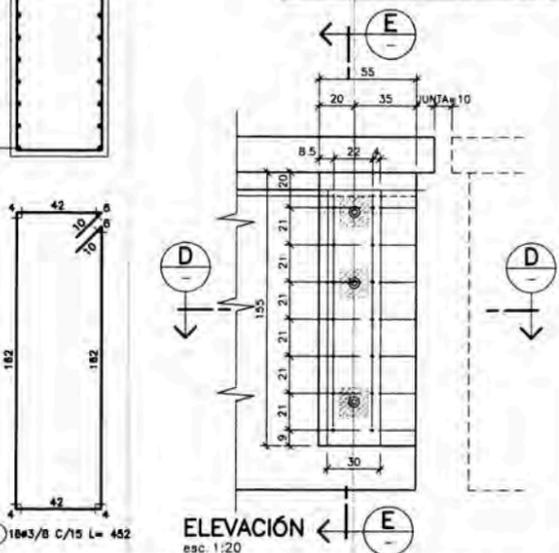


TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200					
GANCHOS			ESTRIBOS		
N°	DIÁMETRO (pulg)	ESQUEMA	N°	DIÁMETRO (pulg)	ESQUEMA
1	3/8	4.0	1	3/8	4.0
2	1/2	7.5	2	1/2	7.5
3	3/8	8.0	3	3/8	8.0
4	1/2	11.0	4	1/2	11.0
5	1/2	13.0	5	1/2	13.0
6	1/2	14.0	6	1/2	14.0
7	1/2	18.0	7	1/2	18.0
8	1/2	28.0	8	1/2	28.0

PLANO LLAVE

LEYENDA

ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS DIAFRAGMA :  
C458B, C462A, C462B y C464A

**Notas:**

- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIÁMETROS EN PULG.
- MATERIALES : CONCRETO f'c= 35MPa (350 kgf/cm<sup>2</sup>)  
ACERO (ARMADURA PASIVA) fy= 420 MPa (4200 kgf/cm<sup>2</sup>)
- RECUBRIMIENTO: 3,5cm
- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
- LAS VARILLAS DE POSICIÓN (4) y (6) DEBEN SER UBICADAS EN LAS EXTREMIDADES DE LAS VIGAS PREMOLEADAS V1 y V2 ANTES DEL VACIADO DE ESTAS.

**Referencias:**

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35582 y 35589.  
SI-00055 DETALLES DEL REFUERZO Y CONCRETO DE 2DA. FASE PARA DIAFRAGMAS EN INTERIORES Y JUNTA  
SI-00637 DETALLE DE REFUERZO DE VACIADO DE 2DA. FASE PARA DIAFRAGMAS EN JUNTAS

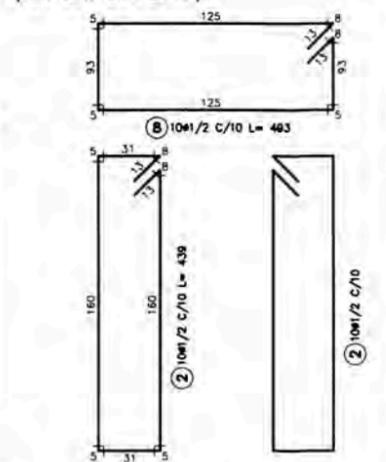
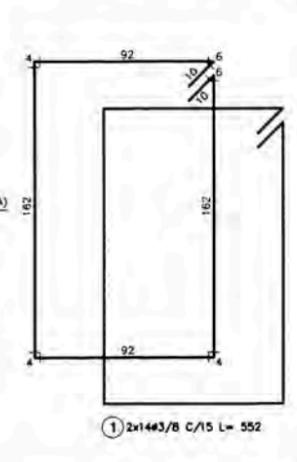
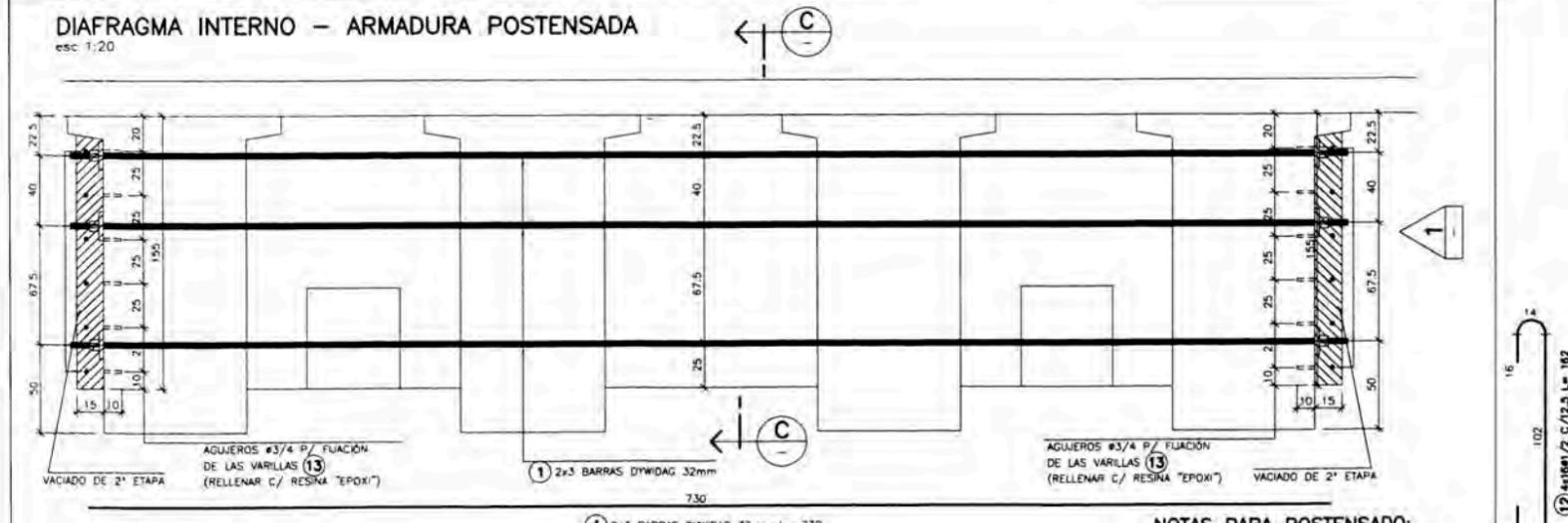
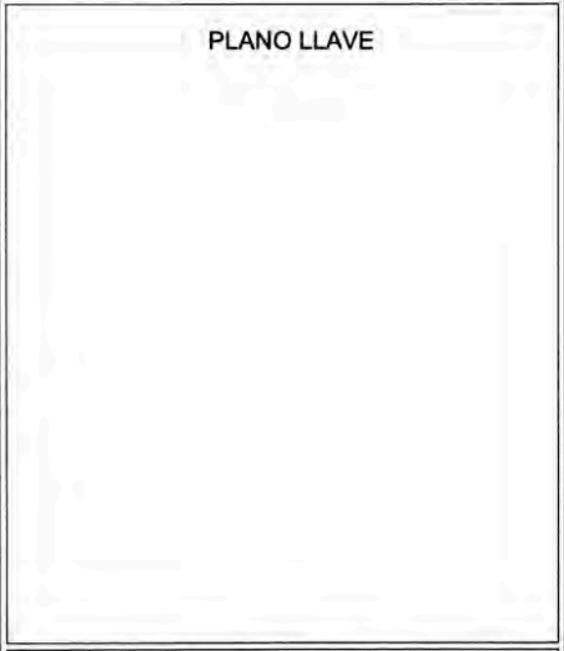
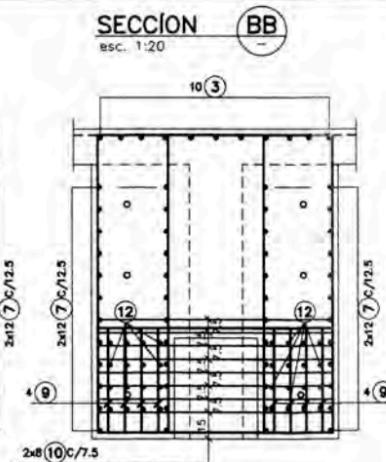
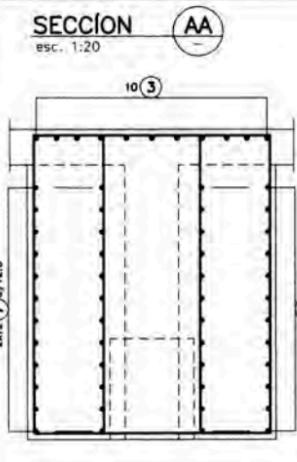
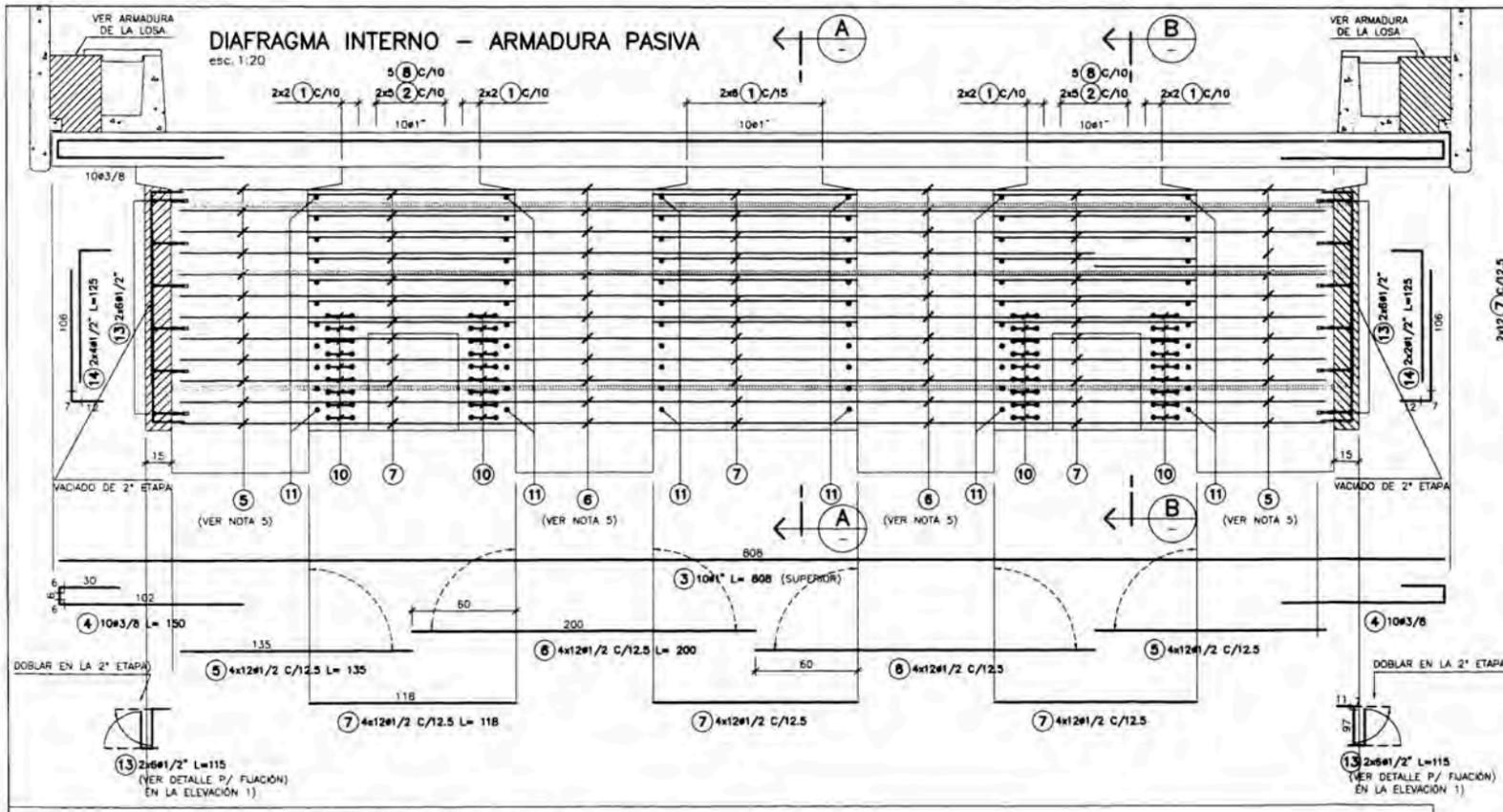
Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REFINAR	Cód. 3	

52	24-Jun-11	POST CONSTRUCCIÓN	LMI	MCO	MCA
51	21-Jun-11	POST CONSTRUCCIÓN	LMI	MCO	MCA
50	31-May-11	POST CONSTRUCCIÓN	CCA	GMO	MCA
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	DAO	OLG	ROA
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	DAO	OLG	ROA

Cliente:	Contratista:	Proyectista:
MTCA	CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	ODEBRECHT
		FIGUEROA FERRELL

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO  
LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Plano: TRAMO E - DIAFRAGMAS JUNTAS ARMADURA POSTENSADA Y PASIVA



### LEYENDA

ESTE PLANO ES VÁLIDO PARA LAS SIGUIENTES VIGAS DIAGRAMAS: C459, C461 y C463

Notas:

- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
- 2- MATERIALES: CONCRETO  $f'c = 35MPa$  (350 kg/cm<sup>2</sup>)  
ACERO (ARMADURA PASIVA)  $f_y = 420 MPa$  (4200 kg/cm<sup>2</sup>)
- 3- RECUBRIMIENTO: 3.5cm
- 4- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
- 5- LAS VARILLAS DE POSICIÓN (5) (6) y (7) DEBEN SER UBICADAS EN LAS EXTREMIDADES DE LAS VIGAS PREMOLEADAS V1 Y V2 ANTES DEL VACIADO DE ESTAS VIGAS.

Referencias:

CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35583  
 C1-00036 ARMADURA COMPLEMENTARIA EN VIGAS Y DIAGRAMA  
 S1-00055 ARMADURA DE 2da ETAPA DE VIGA DIAGRAMA

Supervisión:

CEBEL **CONSORCIO** **PÖYRY**

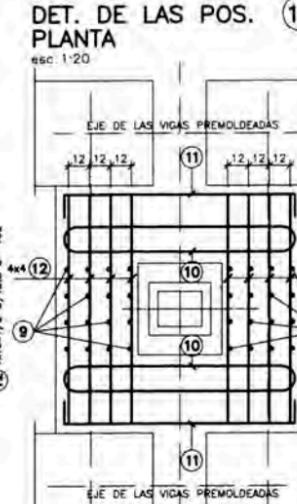
APROBADO SIN COMENTARIOS Cod. 1  
 APROBADO CON COMENTARIOS Cod. 2  
 REVISAR Y REENVIAR Cod. 3

### NOTAS PARA POSTENSADO:

- BARRAS D'WIDAG - ACERO S185/105
- CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS: #32mm - AP= 8.04cm<sup>2</sup>
- ESFUERZO DE TENSADO POR BARRA: Fpi= 590 KN
- CARGA UNITARIA DE ROTURA:  $f_{pu} \geq 1050 MPa$
- LÍMITE ELÁSTICO:  $f_{py} \geq 850 MPa$
- MÓDULO ELÁSTICO:  $E_p \geq 210000 MPa$

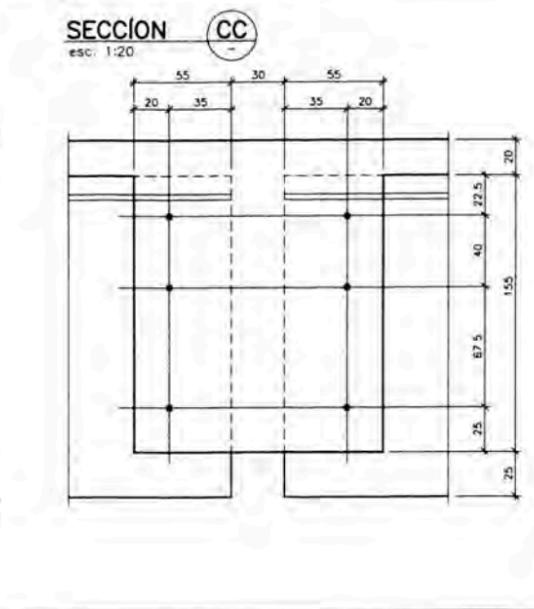
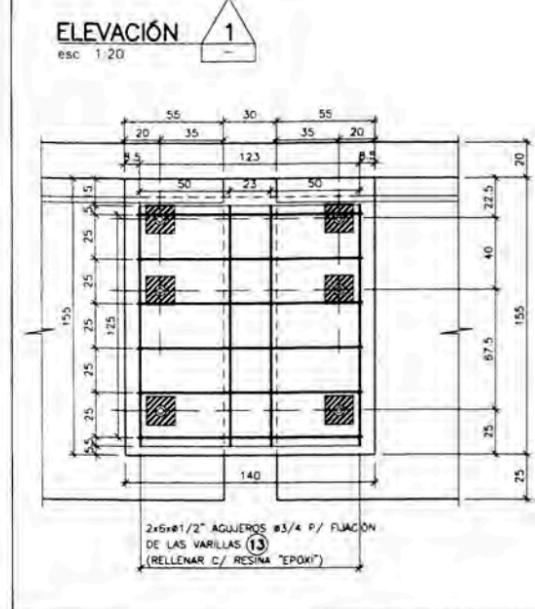
### TABLA DE POSTENSADO

Nº DE BARRA	CANT.	LONG. DEL DUCTO(m.)	LONG. DEL CABLE(m.)	ALARGAMIENTO TOTAL (m.m.)
1	6	6.80	7.30	27
TOTAL	6	40.80	43.80	-
PESO TOTAL PARA 1 DIAGRAMA				277 kg
PESO TOTAL PARA 3 DIAGRAMAS				831 kg



### TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200

DIAMETRO Nº	lc (cm)	a1 (cm)		DIAMETRO Nº	lc (cm)	a1 (cm)	
		doblez=90°	doblez=90°			doblez=90°	doblez=90°
3 3/8	8.0	4.0	4.0	3 3/8	8.0	4.0	4.0
4 1/2	7.0	3.5	3.5	4 1/2	7.0	3.5	3.5
5 5/8	8.0	4.0	4.0	5 5/8	8.0	4.0	4.0
6 3/4	11.0	5.5	5.5	6 3/4	11.0	5.5	5.5
7 7/8	13.0	6.5	6.5	7 7/8	13.0	6.5	6.5
8	14.0	7.0	7.0	8	14.0	7.0	7.0
11 1 1/4	25.0	12.5	12.5	11 1 1/4	25.0	12.5	12.5
11 1 3/8	28.0	14.0	14.0	11 1 3/8	28.0	14.0	14.0



Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
52	24-Jun-11	POST CONSTRUCCIÓN	LMI	MCO	MCA	WVI
51	20-Jun-11	POST CONSTRUCCIÓN	LMI	MCO	MCA	WVI
50	31-May-11	POST CONSTRUCCIÓN	CCA	GMO	MCA	WVI
01	07-Sep-10	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	DAO	OLG	ROA	WVI
0A	15-Jun-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	DAO	OLG	ROA	WVI

Proyectista: **ODEBRECHT**  
**FIGUEROA FERRAZ**  
 CONSULTOR EN INGENIERIA DE PUENTES S.A.  
 T-09014/E-105 DE-10-IND-092 R.O.

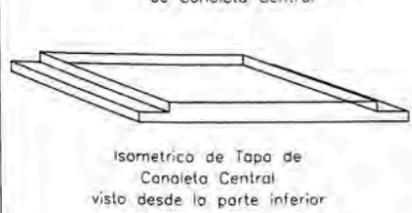
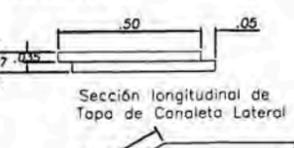
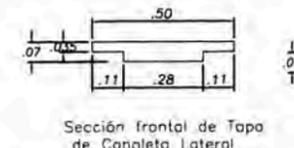
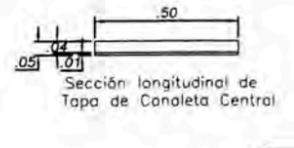
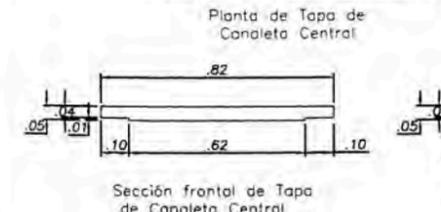
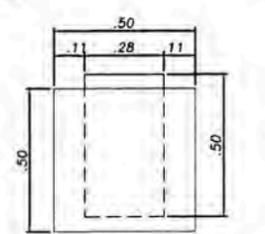
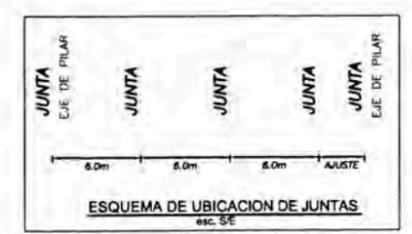
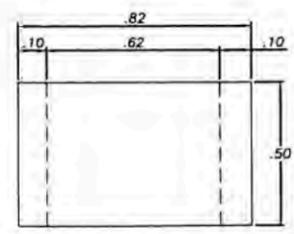
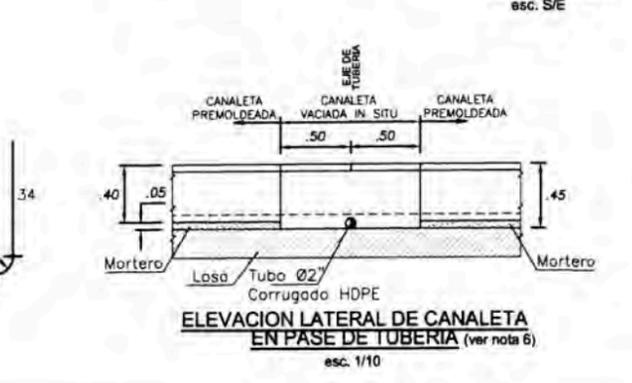
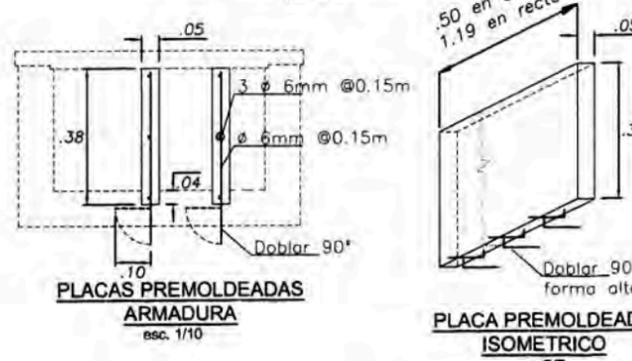
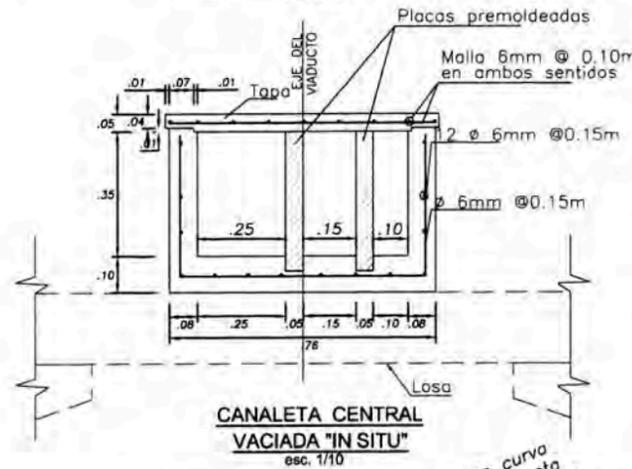
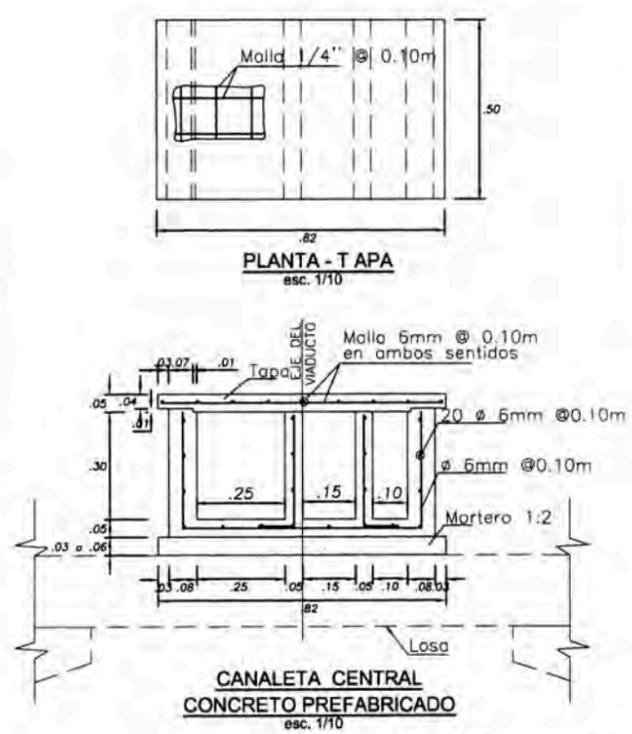
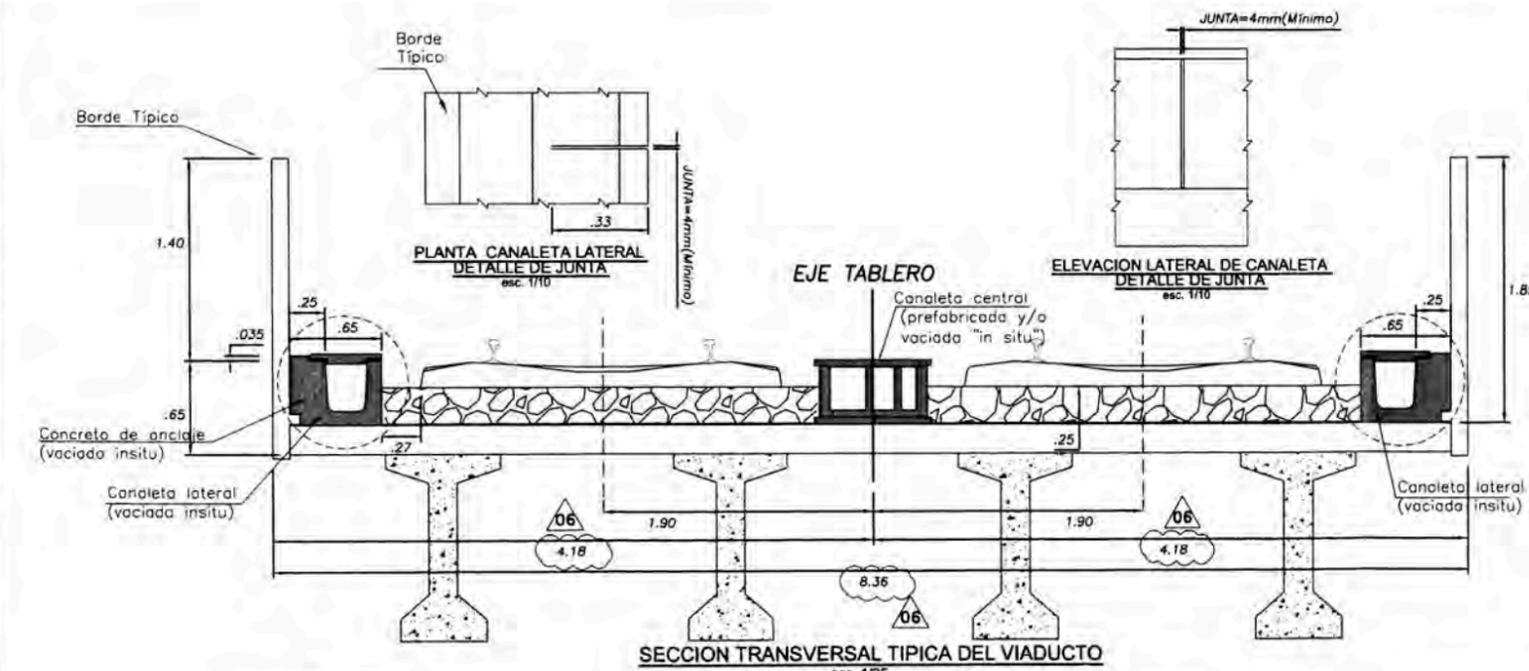
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Codigo: **CTELFFEVTEESTDWG35583**

Plan: **TRAMO E - DIAGRAMAS INTERNOS ARMADURA POSTENSADA Y PASIVA-H=1.80m**

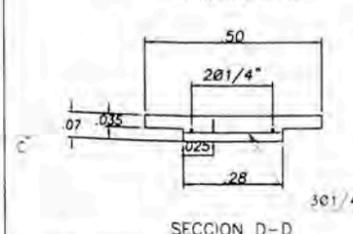
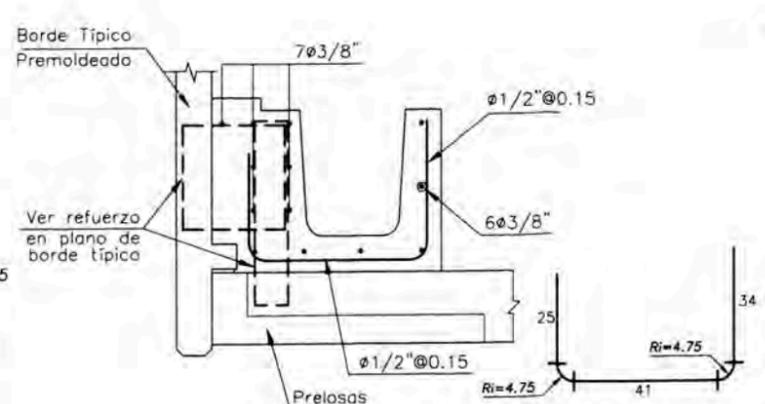
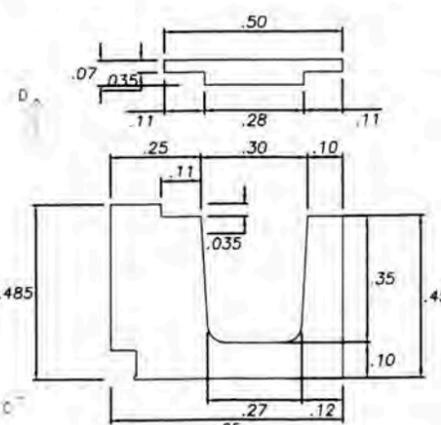
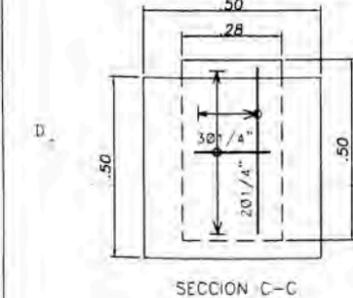
Escala: (A1) IND.

Este documento es propiedad de CTCL. No puede ser copiado o enviado a otros sin autorización previa.



TAPA DE CANALETA LATERAL - GEOMETRIA esc. 1/12.5

TAPA DE CANALETA CENTRAL - GEOMETRIA esc. 1/12.5



CANALETA LATERAL-GEOMETRIA esc. 1/10

TAPA DE CANALETA LATERAL - ARMADURA esc. 1/10

CANALETA LATERAL-ARMADURA esc. 1/10 (Medidas en cm.)

LEYENDA

- Notas:
1. MEDIDAS EN METROS, EXCEPTO DONDE SE INDICAN.
  2. CONCRETO f'c=21MPa EN CANALETA CENTRAL Y TAPAS.
  3. CONCRETO f'c=28MPa EN CANALETAS LATERALES.
  4. RECUBRIMIENTO 2.5 cm.
  5. LA CANALETA CENTRAL PODRA SER VACIADA "IN SITU" O PREFABRICADA ALTERNATIVAMENTE.
  6. EN UBICACION DE TUBOS DE 2" ó 3", LA CANALETA SERA VACIADA "IN SITU".
  7. OPCIONALMENTE SE UTILIZARA MALLA ELECTROSOLDADA DE ø6 mm
  8. CADA 6 ML SE COLOCARA JUNTA DE ESPESOR 1"

Referencias:  
CTEL-BTS-ELT-SVI-DWG-56644 AL CTEL-BTS-ELT-SVI-DWG-56655  
Infraestructura para la instalación de equipos de señalización en la vía

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REDIMAR	Cód. 3	

06	27-Oct-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	VDC	JMP	TLK	WVI
05	20-Ago-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	VDC	JMP	TLK	WVI
04	21-Jul-10	APC (Cambios según indicado)	VDC	JMP	TLK	WVI
03	08-Jul-10	APC (Cambios según indicado)	VDC	JMP	TLK	WVI
02	07-Jul-10	APC (Cambios según indicado)	VDC	JMP	TLK	WVI
01	03-Jun-10	APC (Revisión General)	BLA	JMP	JES	CHC
0B	14-May-10	EPR (Cambios según lo indicado)	BLA	JMP	JES	CHC
0A	20-Abr-10	EMITIDO PARA REVISION	BLA	JMP	JES	CHC

Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTCA**

Contratista: **CONSORCIO TREN ELECTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT**  
FIGUEROA FERRAZ  
CALLE 1501 E. INTERSECCION DE PERU 1 & 4  
T-09014/E-105 DC-XX-XXXX-XXX

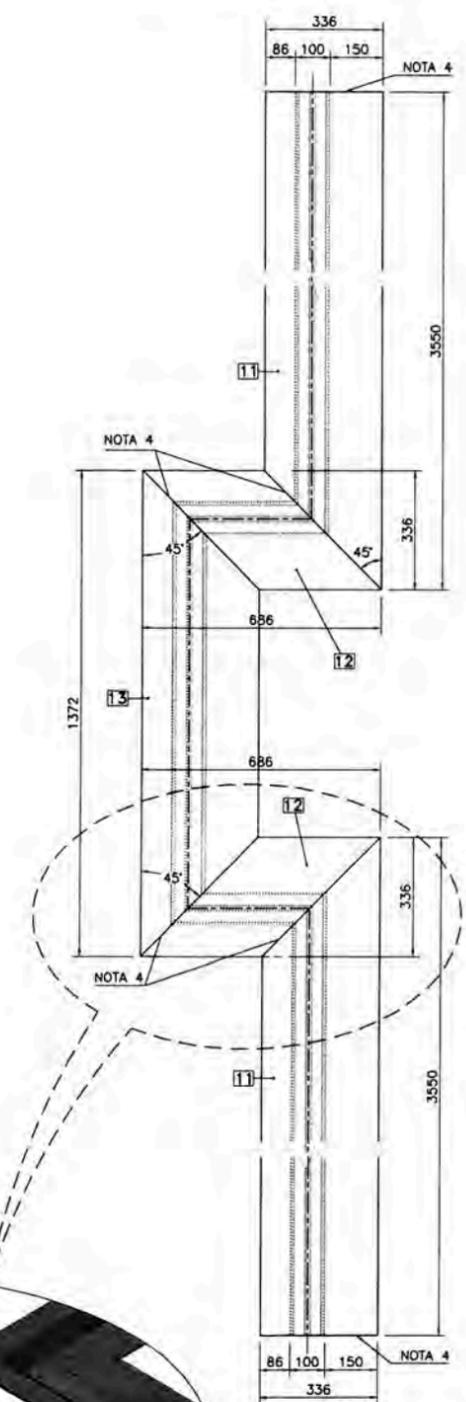
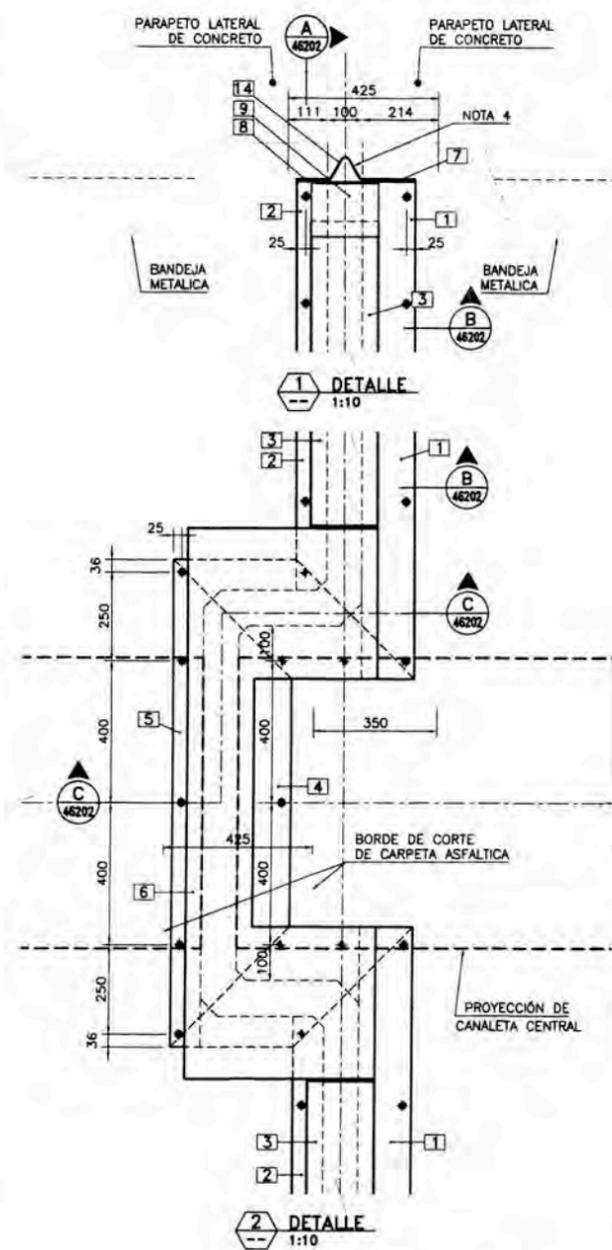
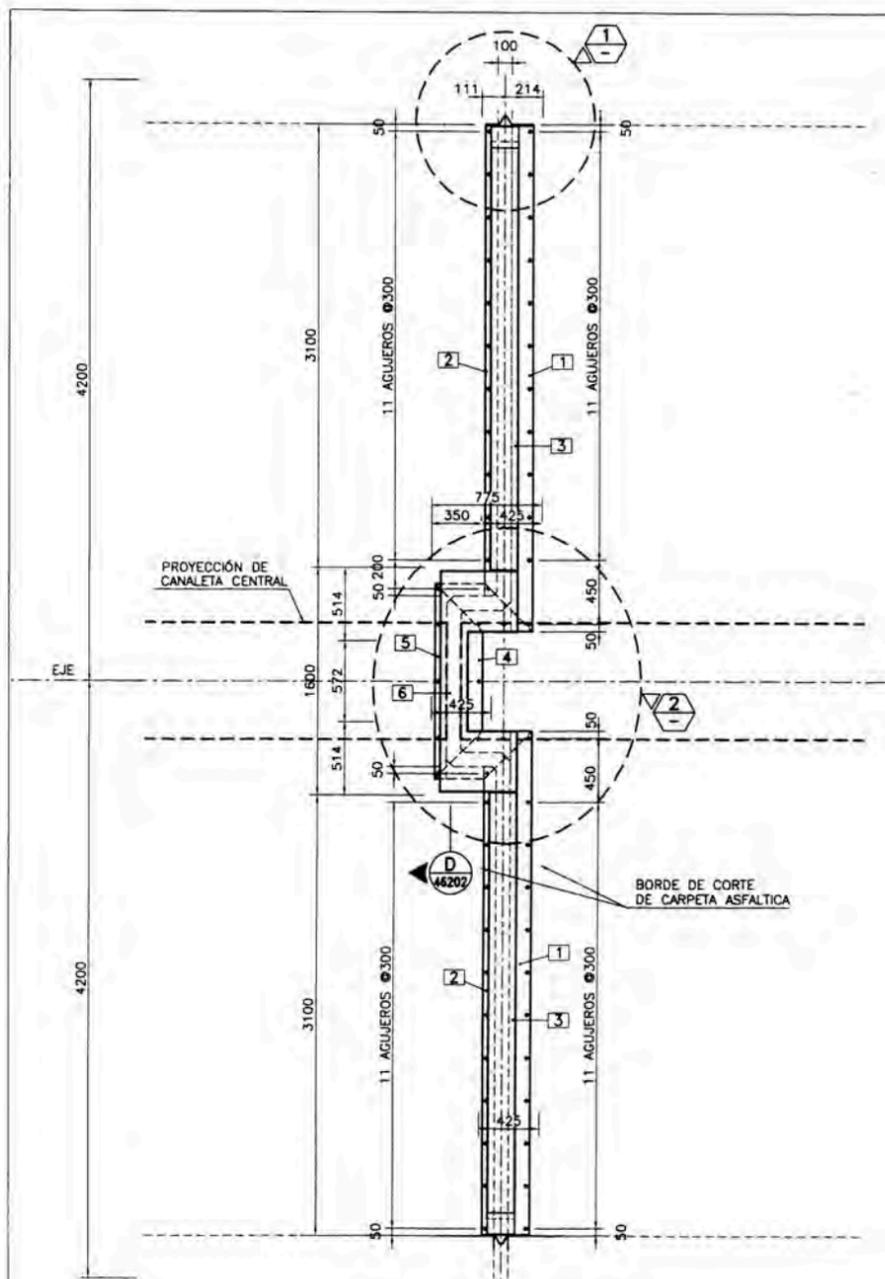
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código: **C T E L F F E G E N E S T D W G 3 1 0 0 5 0 6**

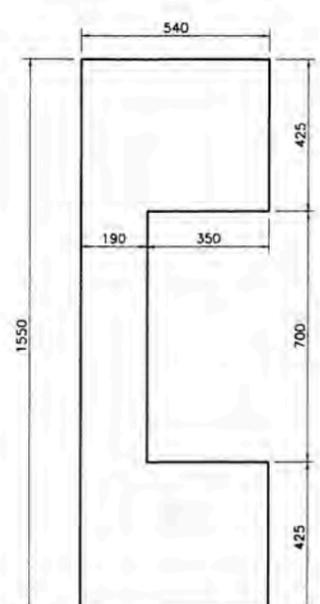
Plano: **CANALETA CENTRAL Y LATERAL TIPICAS DETALLES**

Escala: (A1) INDICADA

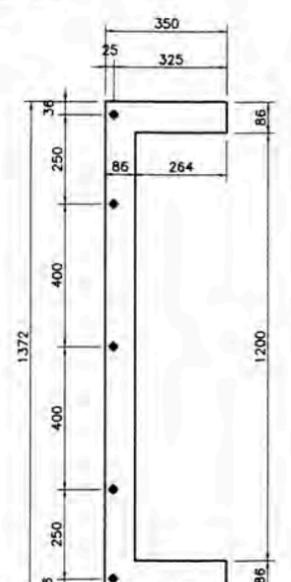
**PLANO LLAVE**



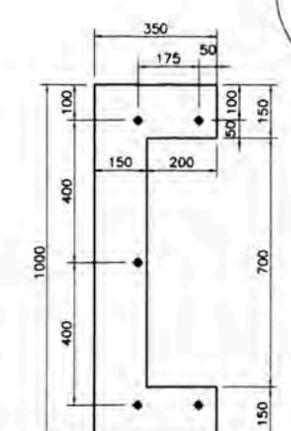
**BANDA DE CAUCHO**  
PLANTA  
ESCALA 1:10



**POS. 6**  
ESCALA 1:10



**POS. 5**  
ESCALA 1:10



**POS. 4**  
ESCALA 1:10

**LEYENDA**

- Notas:
- DIMENSIONES EN MILIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
  - LAS PLANCHAS DE 1/4" SERÁN DE ACERO GALVANIZADO ASTM A36 Fy=250MPa.
  - ESTE PLANO DE JUNTAS DE DILATACION SE APLICA PARA EL TRAMO J.
  - EL PROVEEDOR DE LA BANDA DE CAUCHO DEBERÁ GARANTIZAR LA PERFECTA UNIÓN DEL CAUCHO EN LOS EMPALMES A 45° EN PLANTA Y LOS EMPALMES A 90° LATERALES.

Referencias:  
- CTCL-CTE-OVA-OCI-DWG-46202 - JUNTAS DE DILATACION-DETALLE DE TAPAJUNTAS 2/2

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REEVALUAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	30-Abr-11	POST CONSTRUCCION	CCA	CMO	MCA	WVI
05	13-Ago-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	OVI	MCA	MCA	WVI
04	17-Jun-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	OVI	MCA	MCA	WVI
03	13-May-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	OVI	GCA	MCA	WVI
02	27-Abr-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	AEN	MCA	MCA	WVI
01	08/03/10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	GCC	MCA	MCA	WVI
0A	20/02/10	EMITIDO PARA REVISION	GCC	MCA	MCA	WVI

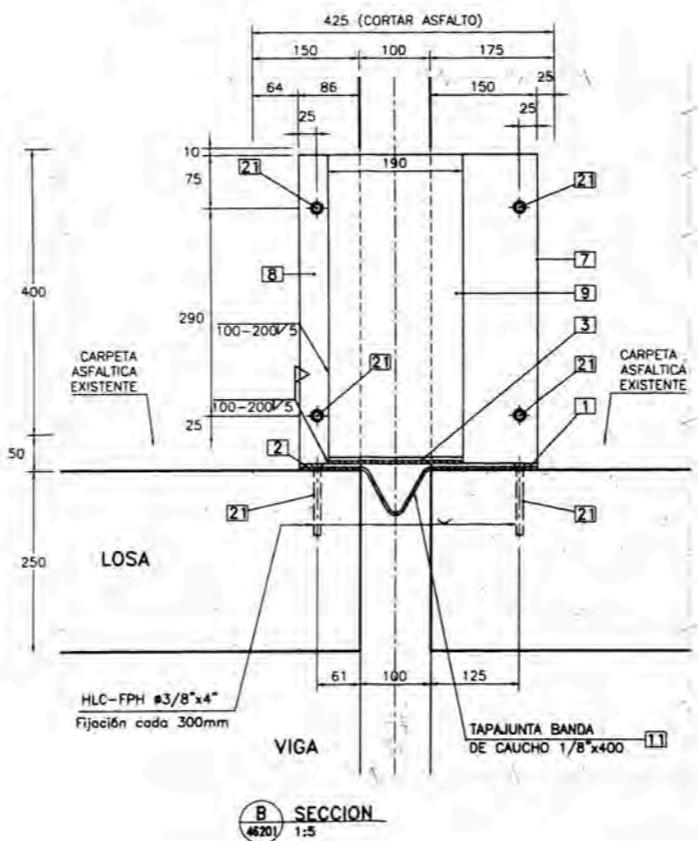
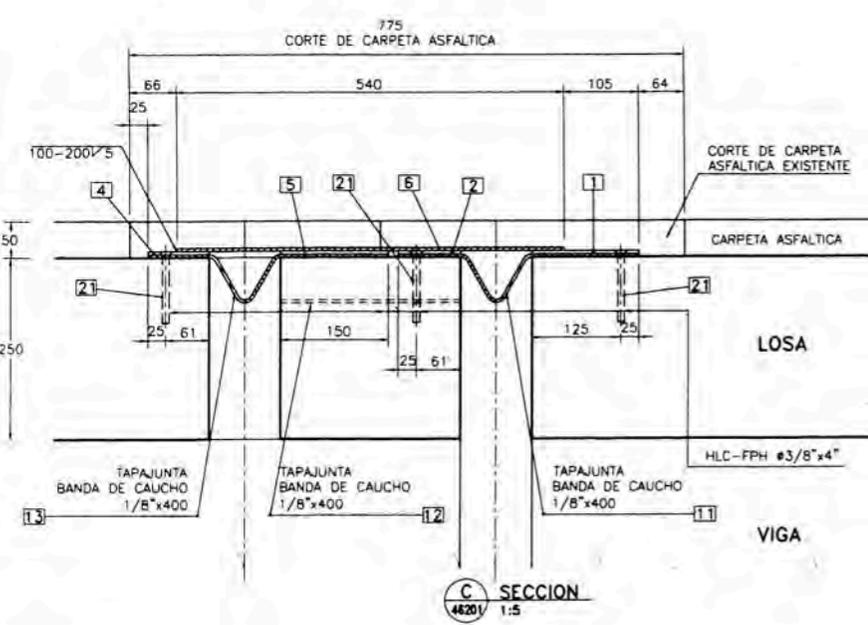
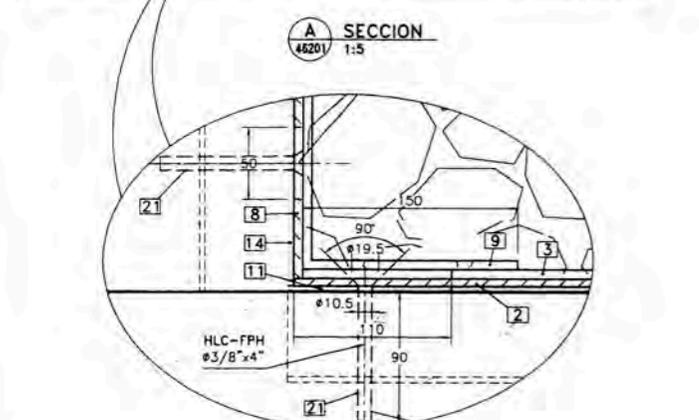
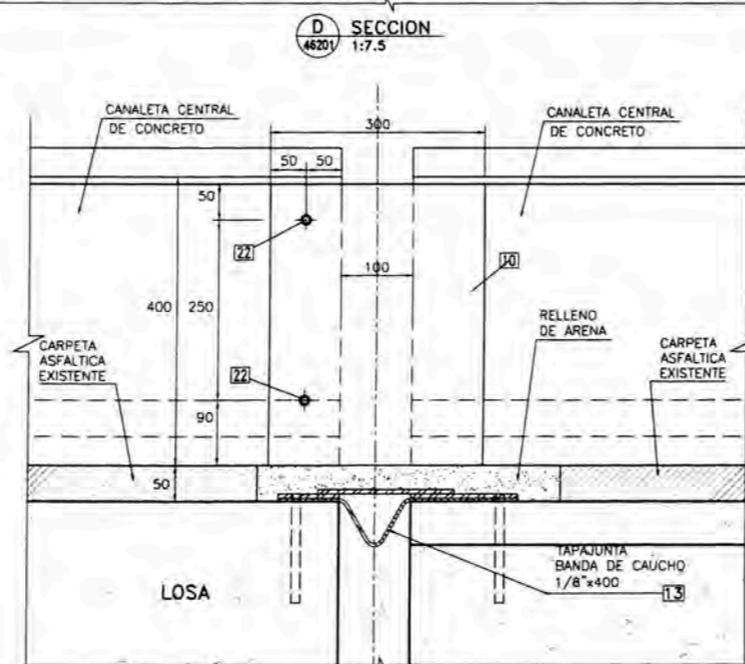
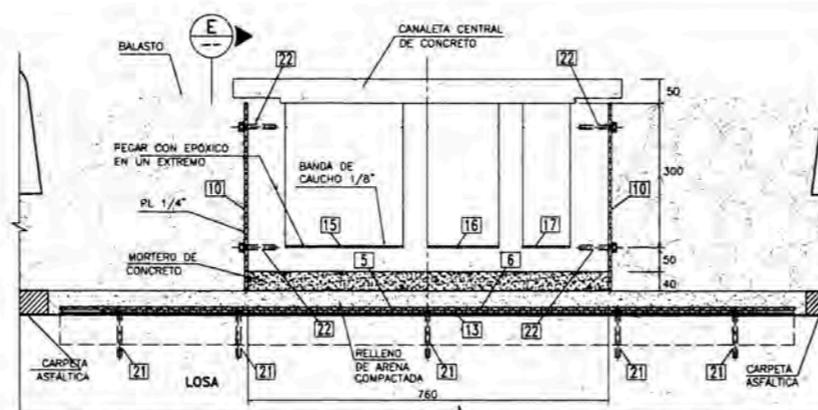
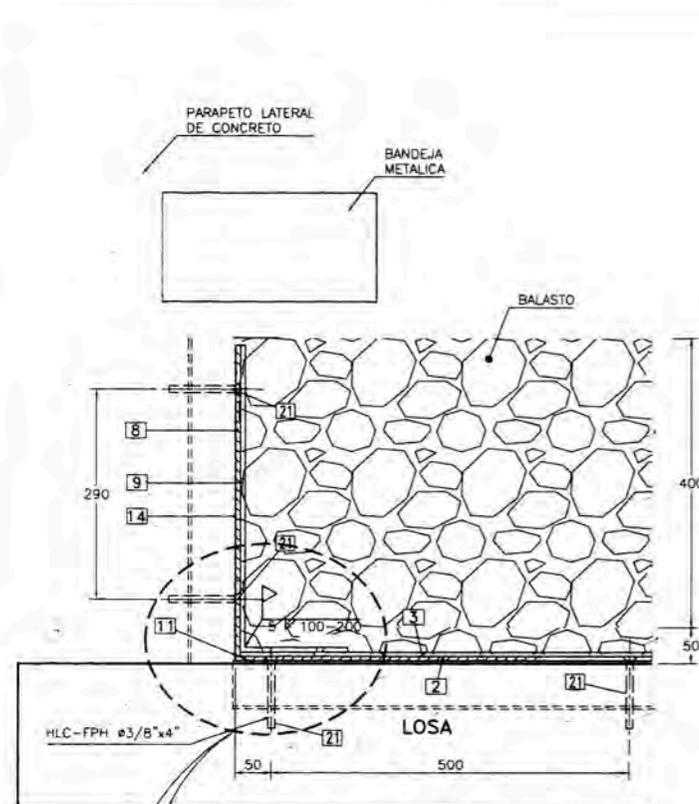
Elaborado por: **MTCA** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELECTRICO**

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

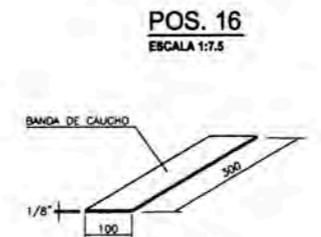
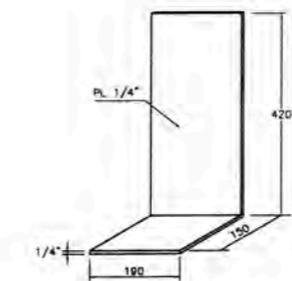
Código:	CTE, LCTE, OVA, OCI, ID, W, G, 4, 6, 2, 0, 1, 5, 0	Rev.:	
Plano:	JUNTAS DE DILATACION DETALLE DE TAPAJUNTAS (1/2)	Escala:	(A1)
		Indicados:	

**PLANO LLAVE**



ITEM	DESCRIPCION	CANT.	PESO PARA 01 JUNTA (kg)		
			Unidad	Subtotal	
JUNTA DE DILATACION			1	240.91	240.91
1	PL 1/4" x 150 x 3550	2	25.08	50.16	
2	PL 1/4" x 86 x 3300	2	13.37	26.73	
3	PL 1/4" x 190 x 3000	2	26.85	53.69	
4	PL 1/4" x 350 x 1000	1	16.49	16.49	
5	PL 1/4" x 350 x 1372	1	22.62	22.62	
6	PL 1/4" x 540 x 1550	1	39.42	39.42	
7	PL 1/4" x 150 x 430	2	3.21	6.42	
8	PL 1/4" x 86 x 430	2	1.84	3.68	
9	PL 1/4" x 190 x 570	2	5.40	10.80	
10	PL 1/4" x 300 x 390	2	5.65	11.30	
11	BANDA DE CAUCHO 1/8" x 400 x 3550	2			
12	BANDA DE CAUCHO 1/8" x 400 x 686	2			
13	BANDA DE CAUCHO 1/8" x 400 x 1372	1			
14	BANDA DE CAUCHO 1/8" x 400 x 450	2			
15	BANDA DE CAUCHO 1/8" x 250 x 300	1			
16	BANDA DE CAUCHO 1/8" x 150 x 300	1			
17	BANDA DE CAUCHO 1/8" x 100 x 300	1			
PESO TOTAL DE LAS PIEZAS PARA 01 JUNTA:				241.31	

ITEM	CLASE	DIAMETRO (pulg)	Longitud Total (pulg)	Roscado (mm)	CANTIDAD PARA 01 JUNTA	
					Unitario	TOTAL
21	A-307 HLC-FPH o Similar	3/8"	4"	-	66	66
22	A-307 WEDGE BOLT o Similar	3/8"	2-1/2"	-	4	4



**LEYENDA**

- Notas:
- DIMENSIONES EN MILIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS, SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
  - LAS PLANCHAS DE 1/4" SERAN DE ACERO GALVANIZADO ASTM A36 Fy=250MPa.
  - ESTE PLANO DE JUNTAS DE DILATACION SE APLICA PARA EL TRAMO J.

Referencias:  
- CTCL-CTE-DVA-OCI-DWG-46202 - JUNTAS DE DILATACION-DETALLE DE TAPAJUNTAS 1/2

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Financ.
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha DOW/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
50	30-Abr-11	POST CONSTRUCCION	CCA	CMO	MCA	WVI
01	13-Ago-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	OVI	MCA	MCA	WVI
0E	19-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	OVI	MCA	MCA	WVI
0D	17-Jun-10	EMITIDO PARA REVISION	OVI	MCA	MCA	WVI
0C	11-Junio-10	EMITIDO PARA REVISION	LMI	GCA	MCA	WVI
0B	13-May-10	EMITIDO PARA REVISION	OVI	GCA	MCA	WVI
0A	27-Abr-10	EMITIDO PARA REVISION	AEN	MCA	MCA	WVI

Cliente: **MTCA** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELECTRICO**

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU**

Código:	Rev.
C, T, E, L, C, T, E, O, V, A, O, C, I, D, W, G, 4, 6, 2, 0, 2	5, 0
Plano: <b>JUNTAS DE DILATACION DETALLE DE TAPAJUNTAS (2/2)</b>	
Escala: (A1) Indicados	

# **ANEXO C**



San Borja,

25 FEB 2011

**CARTA N° 082 – 2011–MTC/33.1**

Señor  
**HEBERTH BENAVIDES SANTISTEBAN**  
Presente

Asunto : Información para elaboración de Tesis de Grado

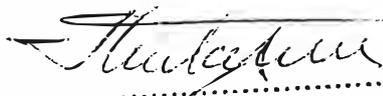
Referencia : Carta s/n de fecha 23.02.2011

De nuestra consideración:

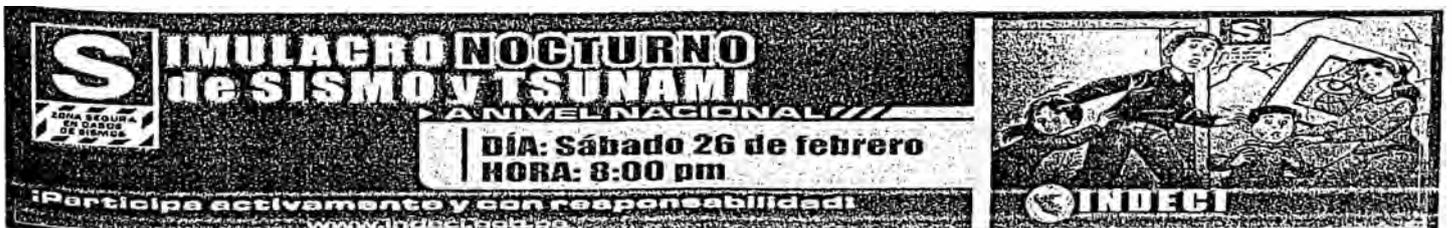
Es grato dirigimos a usted en atención a su carta de la referencia, para comunicarle que tiene nuestra autorización para utilizar, con fines académicos, la información referente al diseño estructural del viaducto en el cruce especial de la Av. Javier Prado, debiendo indicar cada vez que se requiera que la información es de propiedad de la AATE.

Sin otro particular, quedamos de ustedes.

Atentamente,

  
.....  
Ing. Walter Arboleda Gordon  
Gerente  
Unidad Gerencial de Supervisión y Control de Obras  
Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico

JUD/....



Lima, 23 de Febrero del 2011

Señor Ingeniero  
OSWALDO PLASENCIA CONTRERAS  
Director Ejecutivo  
AUTORIDAD AUTÓNOMA DEL TREN ELÉCTRICO – AATE

**Asunto: Solicitud de uso de Información para Elaboración de Tesis de Grado.**

De mi mayor Consideración:

Es grato dirigirme a usted para solicitar su apoyo para la elaboración de la tesis de grado que me permita optar el título profesional de Ing. Civil.

Actualmente soy Bachiller en Ing. Civil egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería y vengo desempeñándome como Controlador de Obra por parte de la Supervisión Consorcio Cesel – Pöyry. Por lo que vi el interés de desarrollar un tema de tesis para mejora de mi nivel profesional. El tema de tesis está enfocado al proceso constructivo del viaducto elevado en el tramo del cruce de Javier Prado.

Se ha preparado en coordinación con mi asesor el contenido de mi plan de tesis, en el que existe el capítulo nº 4 muy fundamental llamado Información de Ingeniería, es aquí donde se encuentra la necesidad de tener la autorización de su representada para poder usar con fines académicos la información referente a diseño estructural del viaducto en el cruce especial de Javier Prado, Colocando resúmenes de los cálculos en anexos. Se indicará cada vez que se requiera en la Tesis que la información es propiedad de la AATE. Se adjunta Plan de Tesis.

Quedo a la espera de contar con su apoyo y estoy a su disposición de cualquier reunión.

Saludos



Heberth Benavides Santisteban

DNI: 41079199 Telef: 987511920



Cc: Ing. Jorge Urdanivia

**MEMORIA DE CALCULO-  
COLUMNAS Y ZAPATAS – TRAMO E  
MODULO 1E**

## ÍNDICE

HOJA DE REVISIÓN .....	2
ÍNDICE .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. CONDICIONES GENERALES DEL PROYECTO .....	4
3. CARGAS CONSIDERADAS.....	8
3.1 CARGAS MUERTAS.....	9
3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC).....	9
3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW).....	9
3.1.3 CARGA VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL) .....	10
3.2 SISMO (EQ) .....	11
4. MODELO ESTRUCTURAL.....	12
4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	12
4.2 CARGAS APLICADAS .....	15
4.2.1 Cargas para Los Modelos Completos.....	15
4.2.2 Cargas para los Modelos de las Zapatas .....	17
5. ESFUERZOS SOLICITANTES .....	20
5.1 MODOS DE VIBRACIÓN .....	20
5.2 ESFUERZOS EN LAS BASES DE LAS COLUMNAS.....	21
6. CÁLCULO DE ARMADURAS DE LAS COLUMNAS.....	22
6.1 DIAGRAMAS DE ITERACCIÓN PARA LAS COLUMNAS.....	23
6.2 ARMADURA DE CORTE PARA RÓTULA PLÁSTICA.....	27
7. CÁLCULO DE ARMADURAS DE LAS ZAPATAS.....	28
7.1 PRESIONES APLICADAS EN EL SUELO DE APOYO DE LAS ZAPATAS.....	29
7.2 ESFUERZOS SOLICITANTES .....	30
7.3 VERIFICACIÓN DE LA CARGA DE LOS MICROPILOTES.....	31
7.4 DISEÑO DE LAS ARMADURAS.....	32
8. VERIFICACIÓN EN SERVICIO DE LAS ZAPATAS .....	34
8.1 CARGAS CONSIDERADAS .....	34
8.2 COMBINACIONES.....	39
8.3 RESULTADOS EN LA BASE DE LAS COLUMNAS .....	39
8.4 PRESIONES EN EL SUELO .....	40
8.5 COMPARACIÓN CON LA COMBINACIÓN EXTREME.....	42

## 1. INTRODUCCIÓN

Este memorial técnico tiene por finalidad presentar el cálculo ejecutivo de las columnas y respectivas zapatas del módulo 1E, ejes C459 y C461.

Materiales adoptados:

- Concreto para zapatas  $f'c = 21 \text{ MPa}$  (  $210 \text{ kgf/cm}^2$ ).
- Concreto para columnas  $f'c = 28 \text{ MPa}$  (  $280 \text{ kgf/cm}^2$ ).
- Acero de refuerzo  $fy = 420 \text{ MPa}$  (  $4.200 \text{ kgf/cm}^2$ ).

En razón de los valores de la aceleración sísmica  $A = 0,50g$ , todos los cálculos para fundaciones y columnas son hechos bajo solicitaciones sísmicas (EXTREME), que son mucho más grandes que las solicitaciones de servicio (STRENGTH).

## 2. CONDICIONES GENERALES DEL PROYECTO

La estructura del módulo 1E consiste en 3 tramos continuos de 31,0m – 35,0m – 31,0m de luz, con una longitud total de 97,0m entre juntas de expansión, conformados a partir de vigas pre-fabricadas hechas continuas por medio de diafragmas de concreto armado vaciados en sitio que conectan las vigas de tramos adyacentes. Esta configuración resulta en una estructura hiperestática, con excelente comportamiento bajo solicitaciones sísmicas.

La cimentación del viaducto consiste de zapatas de concreto armado cuyo nivel de cimentación promedio se encuentra a aproximadamente 3,5 m del nivel del terreno natural para las columnas de los ejes C458 y C462. Para las columnas de los ejes C459 y c461, las zapatas quedan en el nivel de las zapatas de los muros existentes en la avenida Javier Prado. Debido a la interferencia con dichas zapatas, parte de estas deberán ser demolidas.

Las posiciones de las columnas son excéntricas en relación a los ejes transversales de las zapatas. Así, para equilibrar las fuerzas de tracción en el borde opuesto a las columnas, fueran previstos 21 anclajes (ejecutados como micropilotes), dispuestos en tres líneas de siete.

El tablero del viaducto tiene un ancho total de 8,40 m, de acuerdo a las exigencias de diseño que permite la circulación de los trenes y está conformado por cuatro vigas "I" pre-fabricadas y pre-tensadas de 1,80m de peralte. El peralte con la losa es de 2,00m.

Las cargas verticales de la superestructura se transmiten a la columna por medio de apoyos elastoméricos colocados sobre la viga cabezal. Las cargas longitudinales se transmiten a la columna por medio de restricciones longitudinales, pinos en acero, embebidas en la viga cabezal y conectadas al tablero a través de los diafragmas. La transmisión de cargas transversales se realiza por medio de llaves de corte entre el tablero y la viga cabezal.

Las vigas pre-fabricadas se encuentran uniformemente espaciadas transversalmente a lo ancho del tablero a una distancia de 2,00 m entre ejes.

La losa del viaducto tiene un espesor total de 20 cm y será ejecutada con la utilización de pre-losas que se incorporan a la losa principal en un vaciado final, de tal forma que no tengan encofrados. Los estribos de la viga garantizan la conexión estructural viga-losa.

El tablero del viaducto se apoya sobre columnas octogonales, (ver dimensiones la figura abajo) y la armadura de refuerzo de las columnas está dispuesta a modo de dos columnas circulares confinadas mediante estribos circulares entre lazados.

La viga cabezal de las columnas será de concreto armado de aproximadamente 1,70m de ancho y Peralte variable, desde el encuentro con la columna hasta los extremos del cabezal.

El diseño de la sub-estructura (zapatas y columnas) es controlado fundamentalmente por las consideraciones del diseño sísmico.

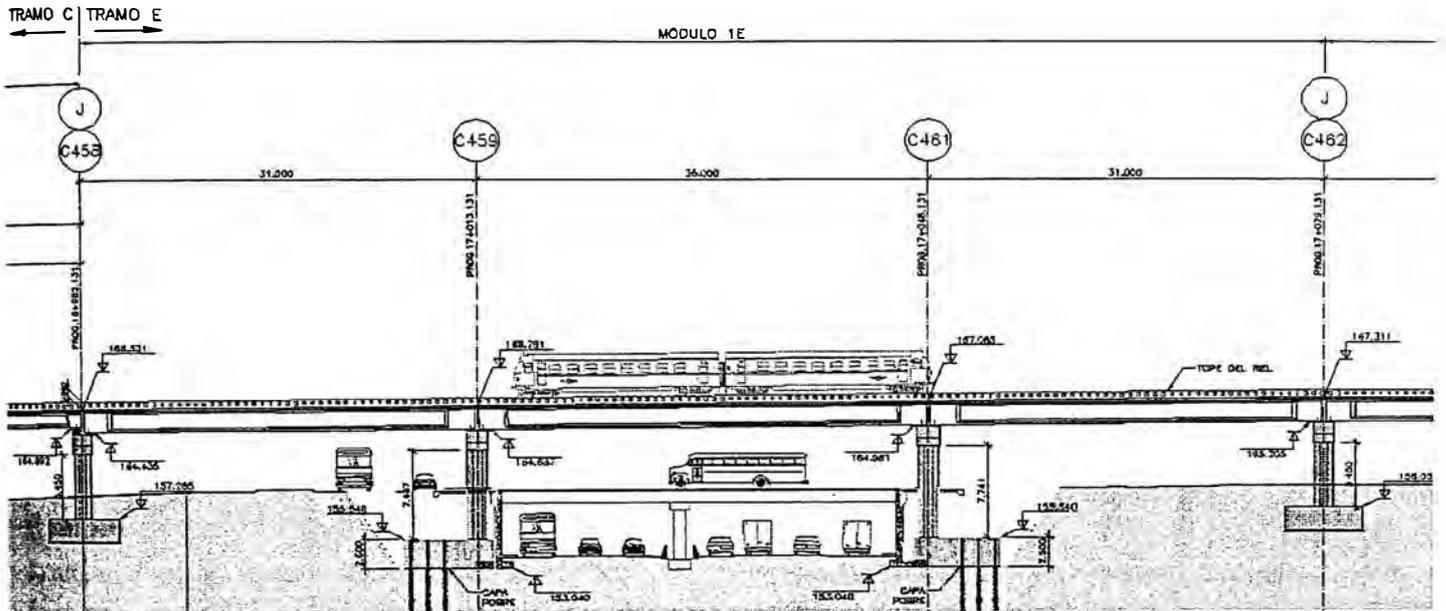


Figura 2.1 – Corte Longitudinal del Módulo

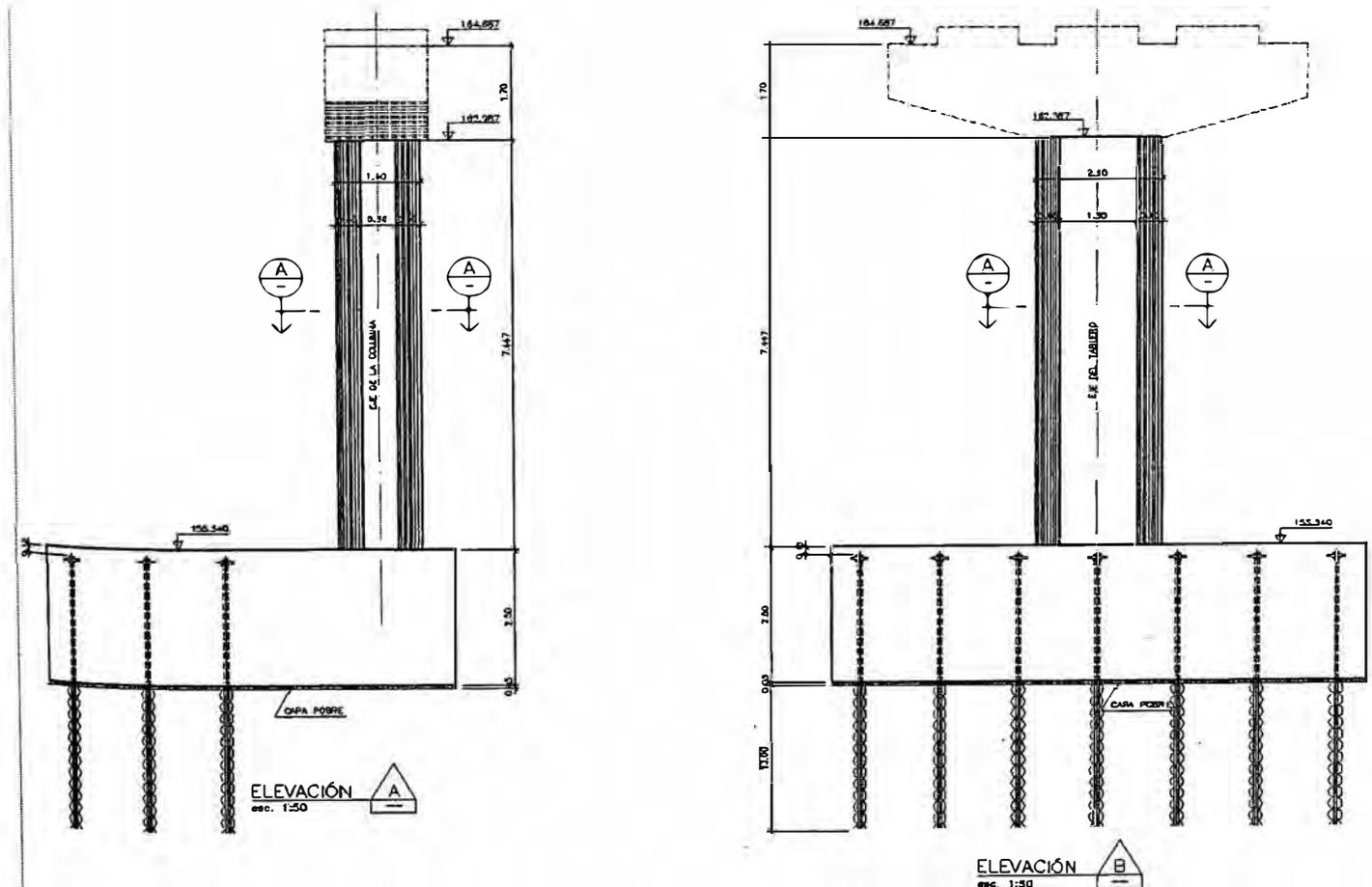


Figura 2.2 – Detalle de la Columna C459

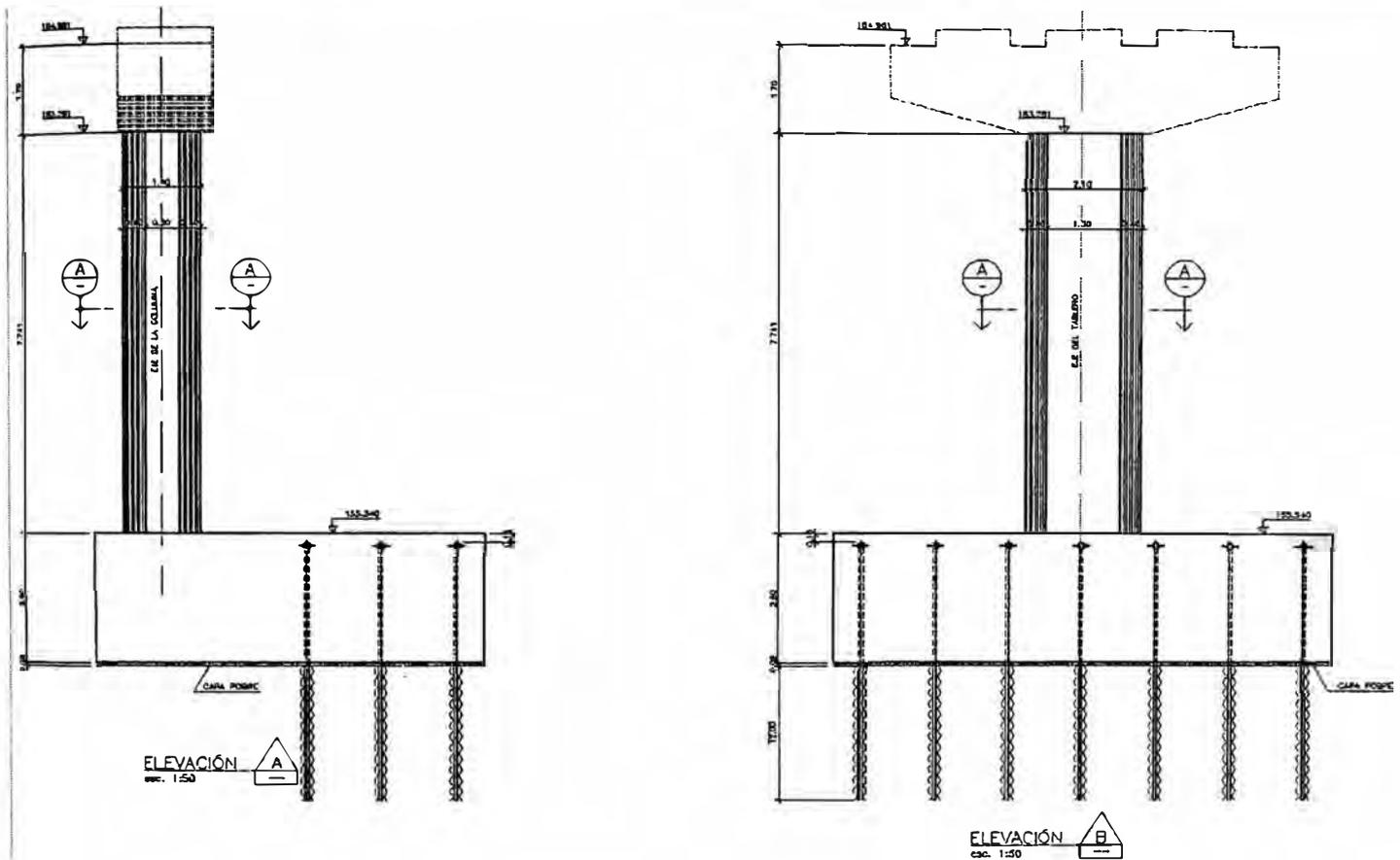


Figura 2.3 – Detalle de la Columna C461

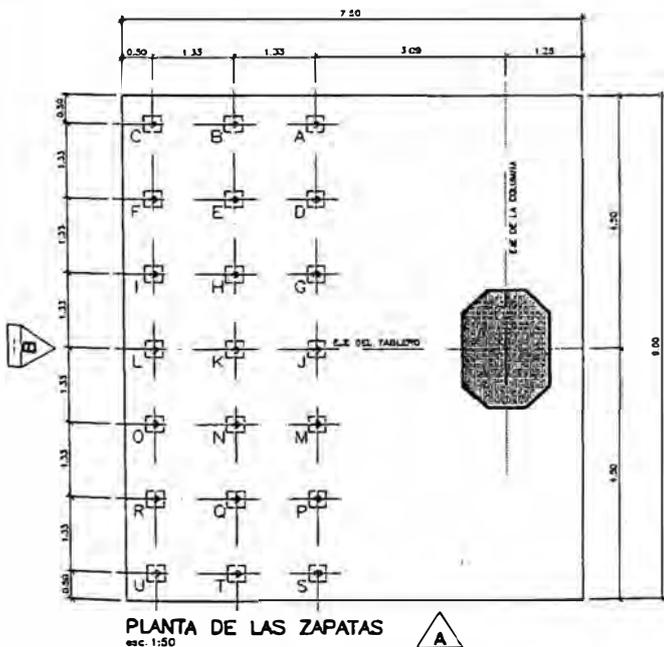


Figura 2.4 – Planta de las Zapatas C459

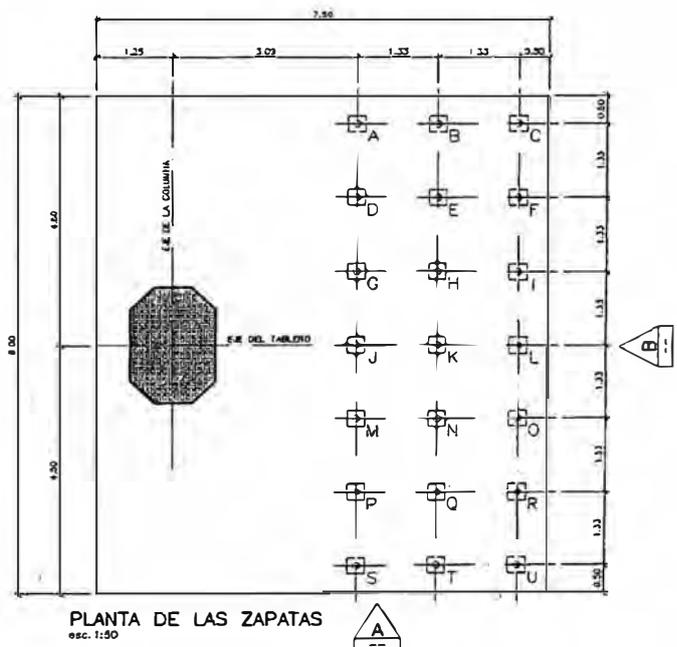


Figura 2.5 – Planta de las Zapatas C461

### 3. CARGAS CONSIDERADAS

A continuación describimos las cargas basadas principalmente en la norma AASHTO LRFD. Estas cargas y combinaciones serán las consideradas en el análisis y en el diseño de las estructuras. Los criterios de combinación y los coeficientes de ponderación de las acciones serán los establecidos en AASHTO:

#### SECTION 3 (SD): LOADS AND LOAD FACTORS

3-13

Table 3.4.1-1 Load Combinations and Load Factors.

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Use One of These at a Time			
										EQ	IC	CT	CV
STRENGTH I (unless noted)	$\gamma_p$	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{FG}$	$\gamma_{SE}$	—	—	—	—
STRENGTH II	$\gamma_p$	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{FG}$	$\gamma_{SE}$	—	—	—	—
STRENGTH III	$\gamma_p$	—	1.00	1.40	—	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{FG}$	$\gamma_{SE}$	—	—	—	—
STRENGTH IV	$\gamma_p$	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—
STRENGTH V	$\gamma_p$	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{FG}$	$\gamma_{SE}$	—	—	—	—
EXTREME EVENT I	$\gamma_p$	$\gamma_{EQ}$	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—
EXTREME EVENT II	$\gamma_p$	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00
SERVICE I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.0	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{FG}$	$\gamma_{SE}$	—	—	—	—
SERVICE II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—
SERVICE III	1.00	0.80	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{FG}$	$\gamma_{SE}$	—	—	—	—
SERVICE IV	1.00	—	1.00	0.70	—	1.00	1.00/1.20	—	1.0	—	—	—	—

Table 3.4.1-2 Load Factors for Permanent Loads,  $\gamma_p$

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag	Load Factor		
	Maximum	Minimum	
DC: Component and Attachments	1.25	0.90	
DC: Strength IV only	1.50	0.90	
DD: Downdrag	Piles, $\alpha$ Tomlinson Method	1.4	0.25
	Piles, $\lambda$ Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (1999) Method	1.25	0.35
DW: Wearing Surfaces and Utilities	1.50	0.65	
EH: Horizontal Earth Pressure	Active	1.50	0.90
	At-Rest	1.35	0.90
	AEP for anchored walls	1.35	N/A
EL: Locked-in Erection Stresses	1.00	1.00	
EV: Vertical Earth Pressure	Overall Stability	1.00	N/A
	Retaining Walls and Abutments	1.35	1.00
	Rigid Buried Structure	1.30	0.90
	Rigid Frames	1.35	0.90
	Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts	1.95	0.90
	Flexible Metal Box Culverts	1.50	0.90
ES: Earth Surcharge	1.50	0.75	

### 3.1 CARGAS MUERTAS

#### 3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC)

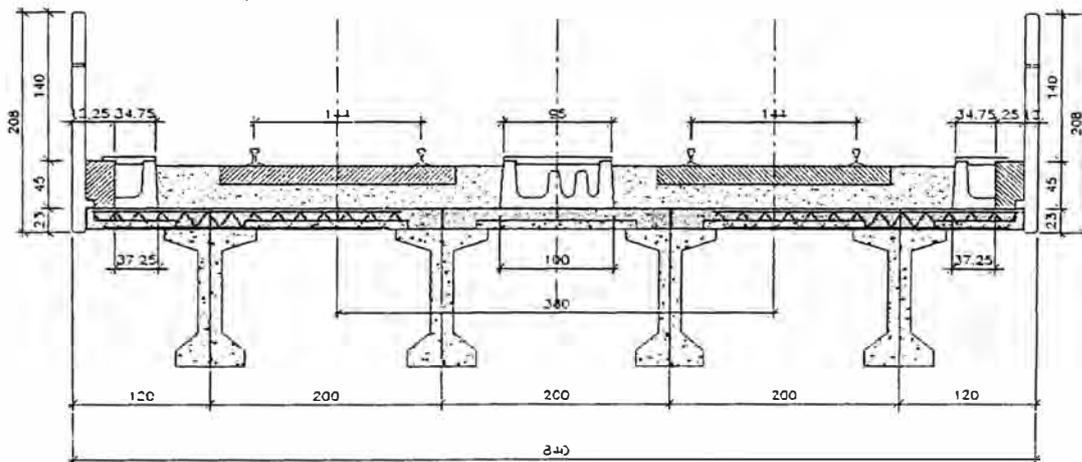
Carga muerta de los componentes estructurales y elementos adicionales no estructurales adheridos a los mismos.

Área total del tablero (vigas longitudinales y transversales + losas) = 4,41m<sup>2</sup>

Carga distribuida en el vano = 4,41 \* 2,5 = 11 tf/m (incluye las secciones centrales y del apoyo)

#### 3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW)

Carga muerta de la superficie de rodamiento, balasto, aceras, tubos, conductos, servicios públicos, rieles, durmientes, barandas, pasarelas, etc.



Caja Central	$1,20 \times 0,08 \times 2,50 = 0,24$	tf/m
	$0,52 \times 0,20 \times 2,50 = 0,26$	tf/m
	$0,08 \times 0,80 \times 2,50 = 0,16$	tf/m
Pasarela	$0,48 \times 0,16 \times 2,50 = 0,19$	tf/m
	$0,90 \times 0,24 \times 2,50 = 0,54$	tf/m
	$0,60 \times 0,50 \times 2,50 = 0,75$	tf/m
Baranda	$0,10 \times 2,00 = 0,20$	tf/m
Balasto Curva (2)	$6,94 \times 0,46 \times 2,25 = 7,18$	tf/m
Rieles	$0,30 \times 2,00 = 0,60$	tf/m
Sellado	$0,01 \times 8,80 \times 2,20 = 0,19$	tf/m
Utilidad	$0,05 \times 8,40 = 0,42$	tf/m
<b>Total Curva</b>	<b>10,73</b>	<b>tf/m</b>

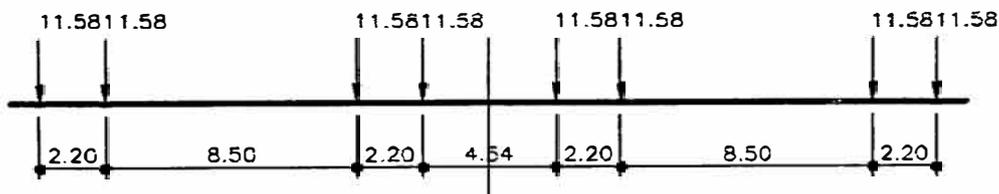
### 3.1.3 CARGA VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL)

Las cargas vivas no deben ser menores a las constituidas por un tren de dos coches cargados (fig. 1) y por un tren de dos coches cargados más la locomotora de maniobra (fig. 2). Cada carga será puesta sobre la estructura en diversas posiciones en forma tal como para determinar los máximos y mínimos momentos flectores y otras sollicitaciones.

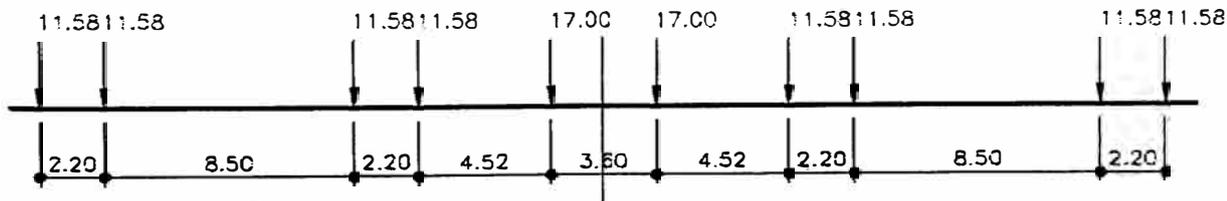
- Carga máxima por eje de un coche cargado = 115,8 kN (11,58 tf).
- Carga máxima por eje de la locomotora de maniobra = 170,0 kN (17,00 tf).

Para las verificaciones sísmicas no se considera la presencia de la carga viva del tren.

ig. 1



ig. 2



### 3.2 SISMO (EQ)

Los parámetros utilizados para el diseño sismo resistente en este trecho fueron basados en el espectro abajo

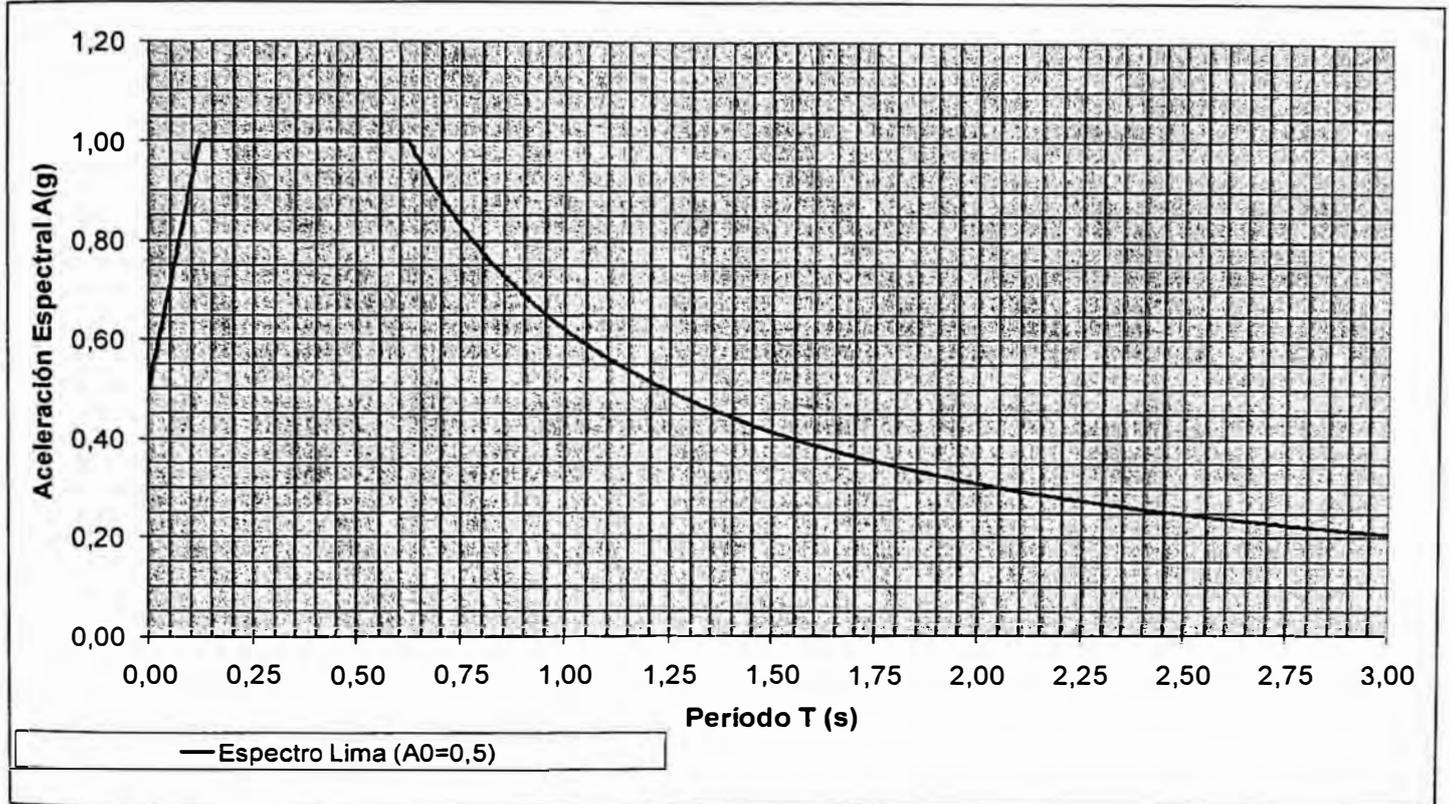


Figura 3.1 – Espectro elástico de aceleración

Espectro Lima (A0=0,5)	
FRECUENCIA	A
0,0020000	0,0012400
0,0100000	0,0062000
0,0250000	0,0155000
0,0500000	0,0310000
0,1000000	0,0620000
0,2000000	0,1240000
0,2500000	0,1550000
0,3330000	0,2064600
0,3570000	0,2213400
0,3850000	0,2387000
0,4170000	0,2585400
0,4550000	0,2821000
0,5000000	0,3100000
0,5260000	0,3261200
0,5560000	0,3447200
0,5880000	0,3645600
0,6250000	0,3875000
0,6670000	0,4135400
0,7140000	0,4426800
0,7690000	0,4767800
0,8330000	0,5164600
0,9090000	0,5635800

Espectro Lima (A0=0,5)	
FRECUENCIA	A
1,0000000	0,6200000
1,0530000	0,6528600
1,1110000	0,6888200
1,1760000	0,7291200
1,2500000	0,7750000
1,3330000	0,8264600
1,4290000	0,8859800
1,5380000	0,9535600
1,6670000	1,0000000
1,8180000	1,0000000
2,0000000	1,0000000
2,2220000	1,0000000
2,5000000	1,0000000
2,8570000	1,0000000
3,3330000	1,0000000
5,0000000	1,0000000
10,0000000	0,9166667
11,1110000	0,8750000
20,0000000	0,7083334
100,0000000	0,5041667

Figura 3.2 – Tabla de Frecuencia y aceleración

## 4. MODELO ESTRUCTURAL

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La estructura será modelada por medio del programa Strap, versión 2009, por barras que representarán, los elementos estructurales. El modelo presentará 3 tramos con longitudes variables para el diseño en las direcciones transversal y longitudinal. Las columnas tendrán, respectivamente para los modelos longitudinales e transversales, altura de:

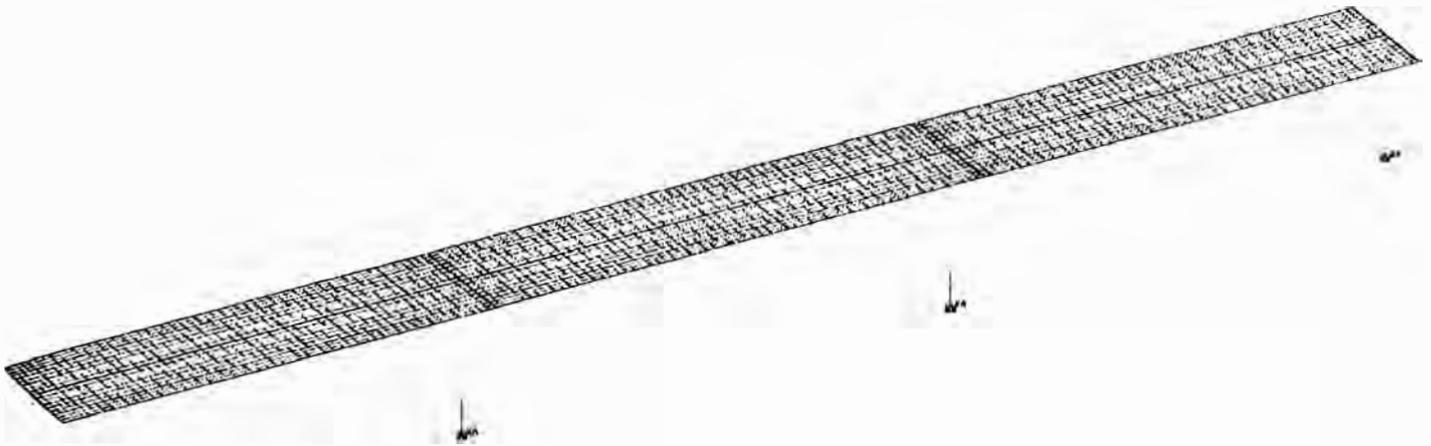


Figura 4.1 – Perspectiva del Módulo.

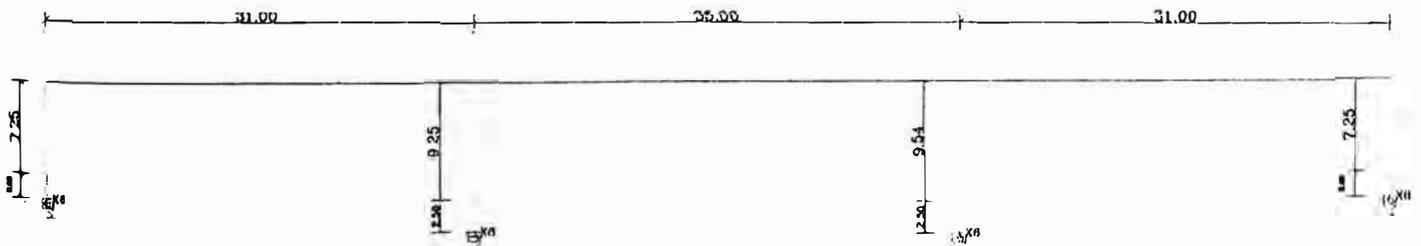


Figura 4.2 – Elevación del Modelo Longitudinal.

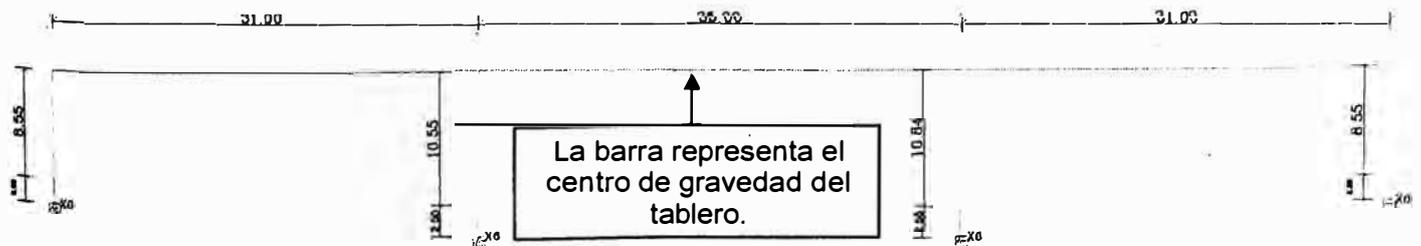


Figura 4.3 – Elevación del Modelo Transversal.

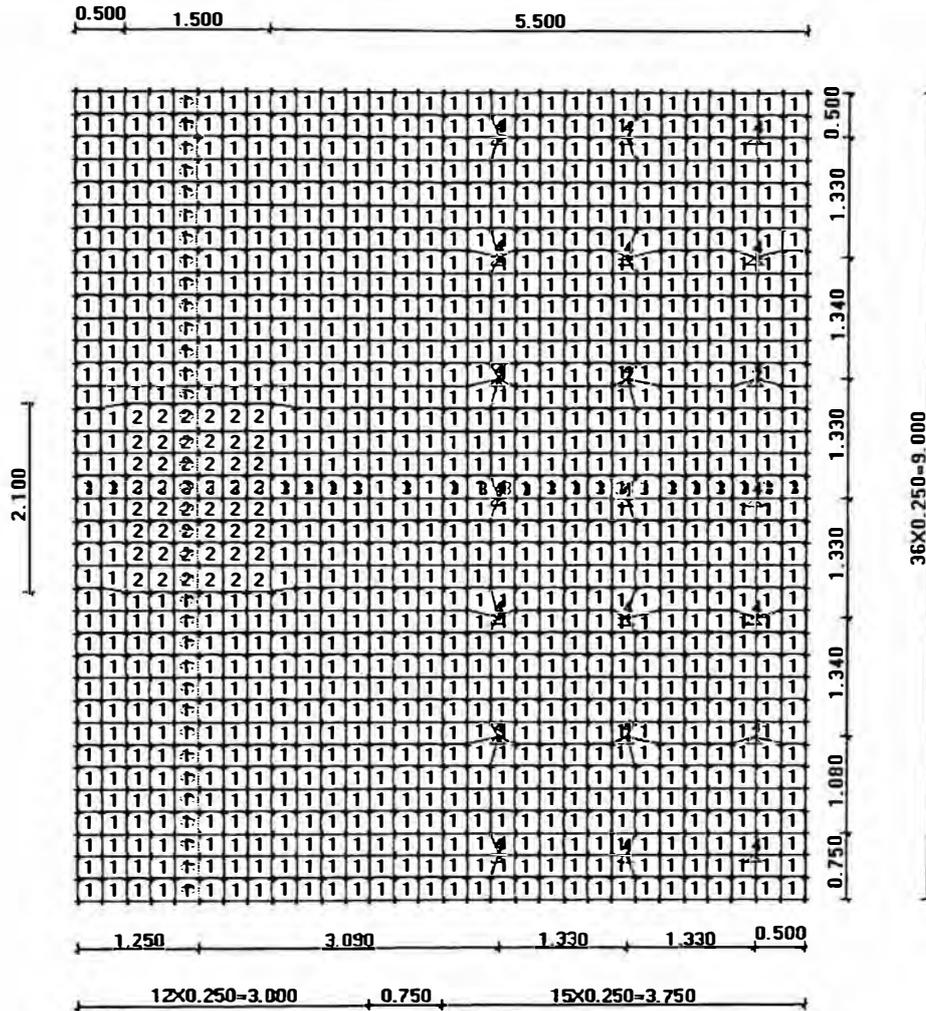


Figura 4.4 – Geometría Modelo de la Zapata.

A continuación describimos las características geométricas de las barras del modelo.

#### Tableros (4 vigas + losa)

$$A = 4,41 \text{ m}^2$$

$$I_2 = 2,256 \text{ m}^4$$

$$I_3 = 26,67 \text{ m}^4$$

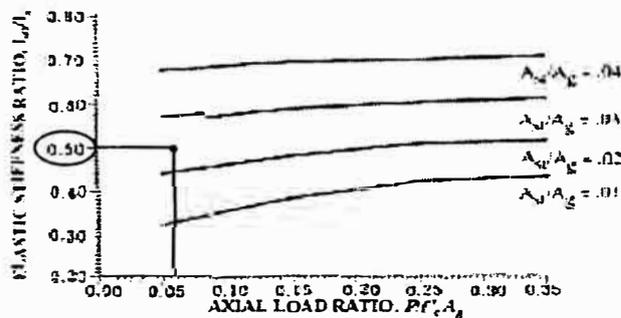
#### Columnas C459, C461

$$A = 2,62 \text{ m}^2$$

$$I_2 = 0,375 \text{ m}^4$$

$$I_3 = 0,809 \text{ m}^4$$

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto fisurado =  $0,50 * 2.540.000 = 1.270.000 \text{ tf/m}^2$  - ítem 5.6.2 de la norma AASHTO 2009 (Guide Specifications for Seismic Bridge Design)



(a) Circular Sections

#### Zapatas rectangulares

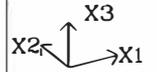
$$K_v \text{ roca} = 5.000 \text{ tf/m}^3$$

Tensión admisible considerada para apoyo de las zapatas en servicio =  $0,5 \text{ MPa} = 5 \text{ Kg/cm}^2$

## 4.2 CARGAS APLICADAS

### 4.2.1 Cargas para Los Modelos Completos

load 11: DC



ESCALA = 1:200

UNID.: ton m

DATA:08/06/10

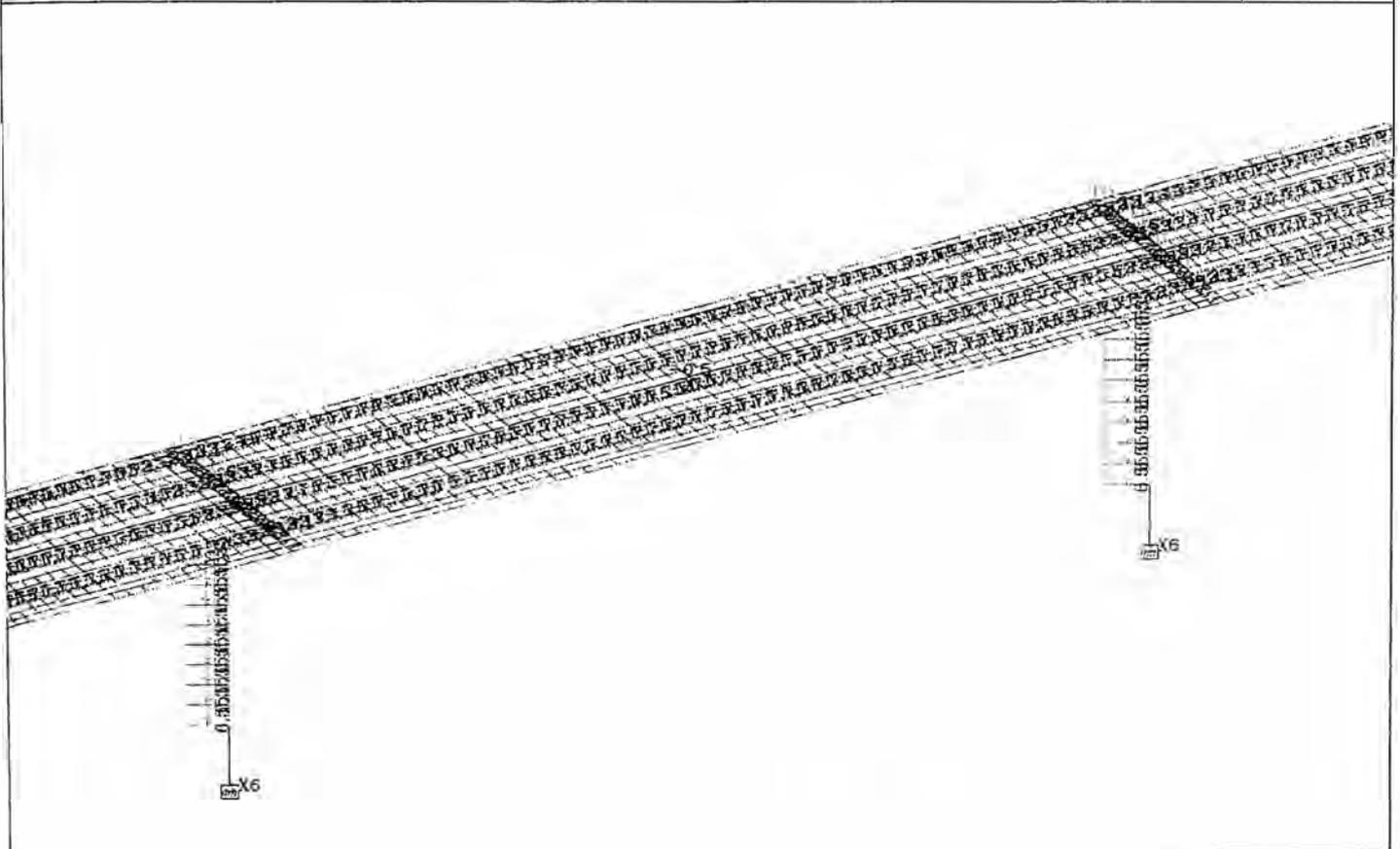
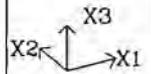


Figura 4.5 – CARGAS DC1 y DC2

load 1: DW



ESCALA = 1:200

UNID.: ton m

DATA:08/06/10

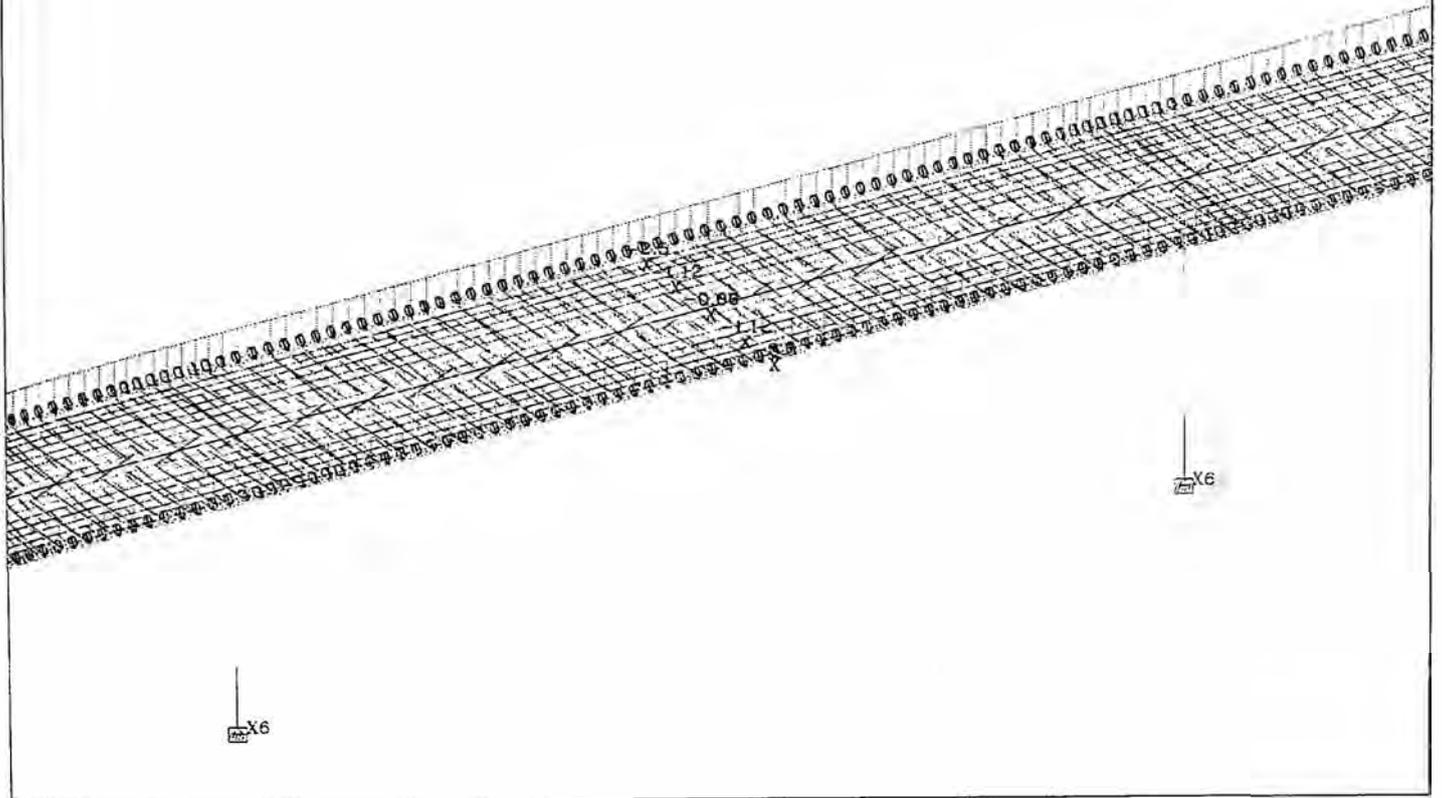
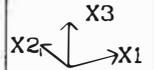


Figura 4.6 – CARGAS DW

load 7: Combinado Sismo



ESCALA = 1:200

UNID.: ton m

DATA:08/06/10

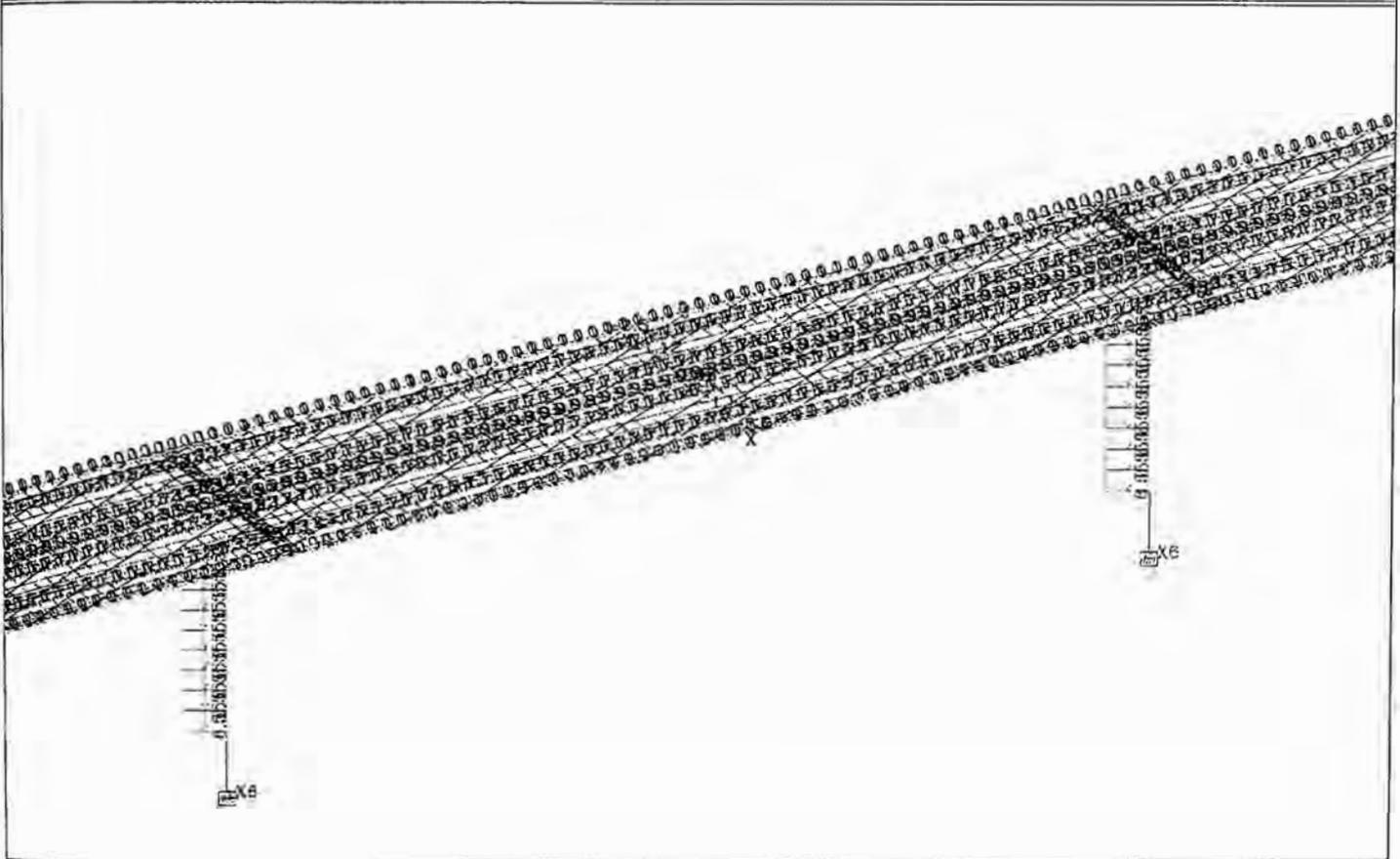


Figura 4.7 – CARGAS DC+DW+LL

El espectro sísmico será aplicado sobre la combinación de cargas DC+DW+LL, en las direcciones longitudinal (X1) e transversal (X2) en su modelo respectivo.

#### 4.2.2 Cargas para los Modelos de las Zapatas

Los esfuerzos serán ahora aplicados en el modelo de la zapata, representada por placas de elementos finitos con espesor de 2,50 m.

Los esfuerzos de momentos flectores serán transformados en fuerzas opuestas (brazo de palanca de 0,75m para dirección longitudinal y 1,05m para dirección transversal) para que se haga mejor representación de las dimensiones de las bases de las columnas.

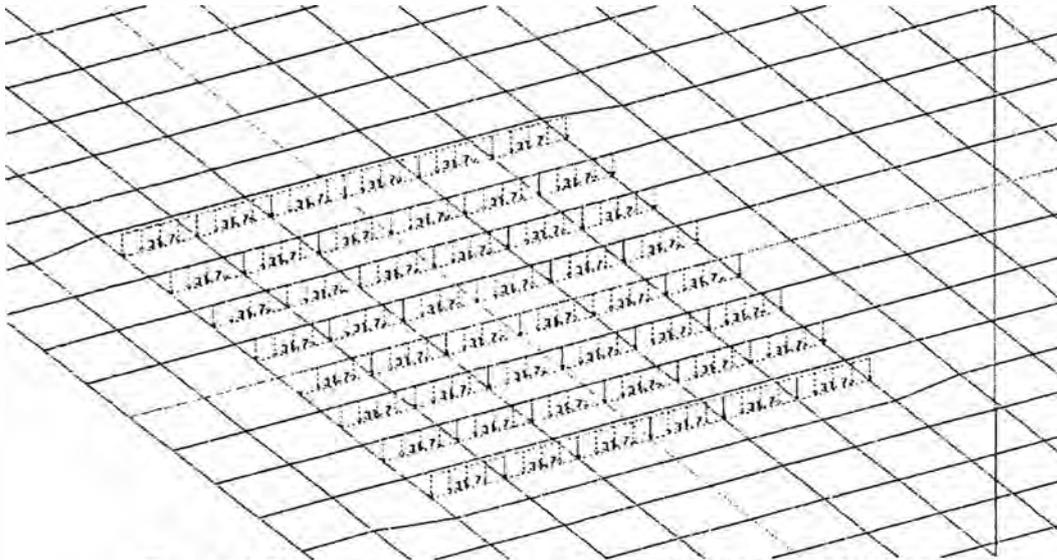


Figura 4.8 – Fuerzas Axiales en las Bases de las columnas

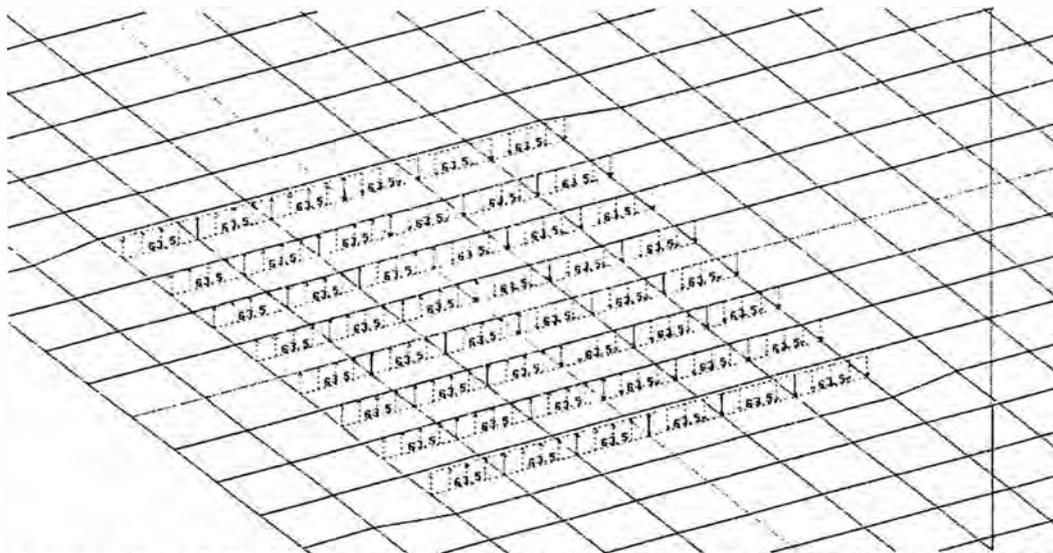


Figura 4.9 – Momentos Flectores Longitudinales en las Bases de las columnas

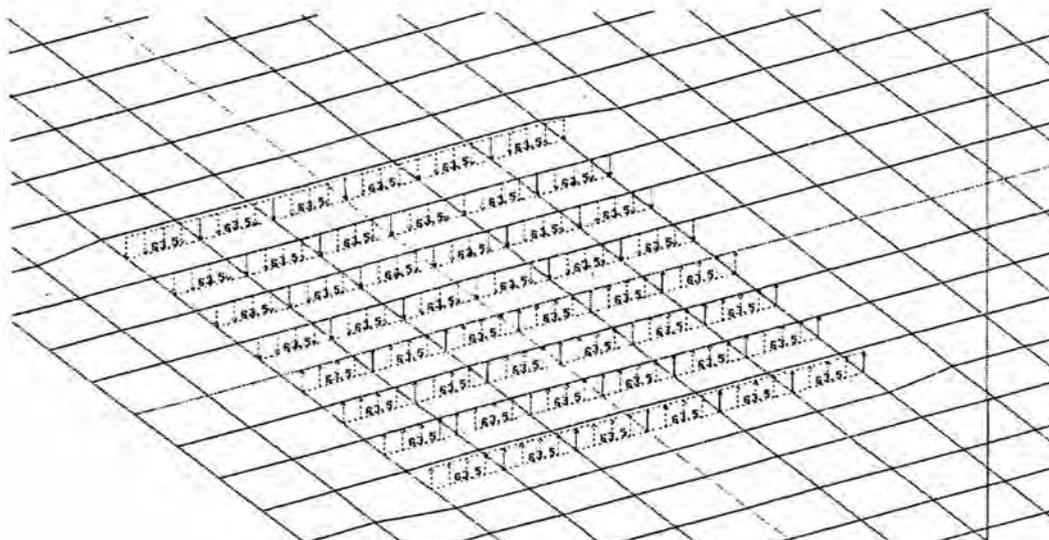


Figura 4.10 – Momentos Flectores Transversales en las Bases de las columnas

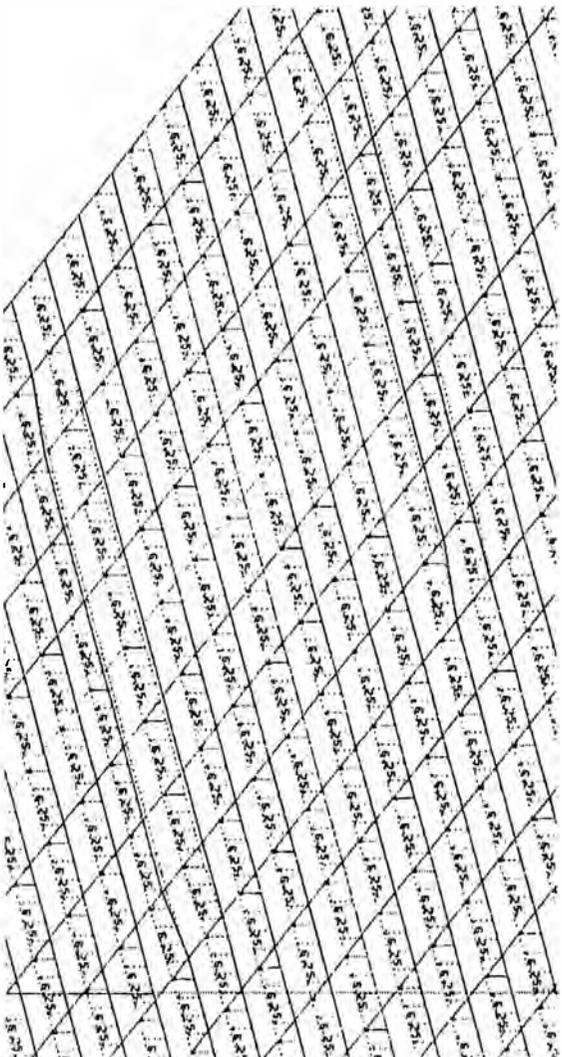


Figura 4.11 – Peso Propio de la Zapata

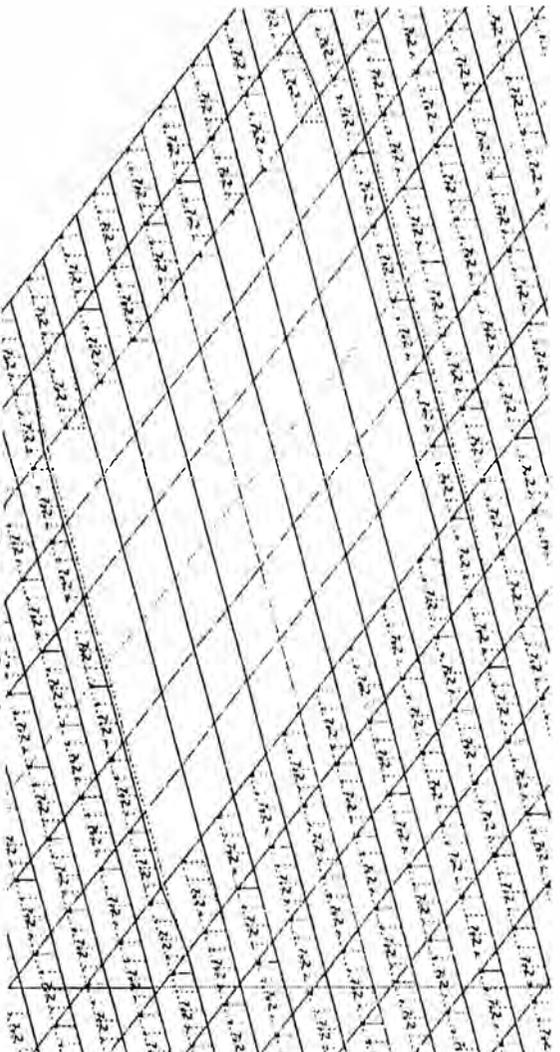


Figura 4.12 – Peso del Suelo

## 5. ESFUERZOS SOLICITANTES

### 5.1 MODOS DE VIBRACIÓN

- LONGITUDINAL

RESULTADOS						
	<i>T</i>	<i>Wn/Wtot</i>	<i>Fn</i>	<i>Qn</i>	<i>Vn</i>	<i>An</i>
1	1.953583	0.588363	871.7203	0.303238	0.311385	0.319750
2	1.577106	0.345580	634.2365	0.244354	0.310816	0.395355
3	1.478581	0.000003	0.0057	0.001354	0.001837	0.002493
4	0.992564	0.000000	0.0000	-0.000004	-0.000007	-0.000015
5	0.717877	0.000000	0.0000	0.000006	0.000018	0.000051
6	0.687664	0.000000	0.0003	-0.000068	-0.000199	-0.000579
7	0.491140	0.000000	0.0000	0.000001	0.000004	0.000015
8	0.424619	0.000000	0.0000	-0.000008	-0.000040	-0.000189
9	0.381488	0.000000	0.0000	0.000000	0.000000	-0.000001
10	0.325367	0.000000	0.0000	0.000002	0.000012	0.000071
Soma Tot.		0.933945	1505.9626			
CQC resultados			1165.5378	0.422532	0.478403	0.552270
Espectro de Resposta						
Direção*Fator:		( 1.000, 0.000, 0.000)		Amortec. =	0.050	

- TRANSVERSAL

RESULTADOS						
	<i>T</i>	<i>Wn/Wtot</i>	<i>Fn</i>	<i>Qn</i>	<i>Vn</i>	<i>An</i>
1	1.951392	0.000000	0.0000	0.000083	0.000086	0.000088
2	1.735219	0.000000	0.0000	0.000003	0.000003	0.000004
3	1.172288	0.672469	1660.3580	0.210455	0.360139	0.616285
4	0.944123	0.029064	89.1040	-0.035553	-0.075543	-0.160513
5	0.830449	0.149515	521.1170	0.109648	0.264870	0.639831
6	0.598041	0.009476	44.2365	0.015317	0.051379	0.172346
7	0.424841	0.000000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000001
8	0.394845	0.000236	1.1028	-0.002797	-0.014211	-0.072203
9	0.342584	0.000097	0.4529	0.001109	0.006496	0.038039
10	0.328750	0.000000	0.0020	0.000175	0.001068	0.006515
Soma Tot.		0.860857	2316.3733			
CQC resultados			1806.4005	0.236889	0.448082	0.903211
Espectro de Resposta						
Direção*Fator:		( 0.000, 1.000, 0.000)		Amortec. =	0.050	

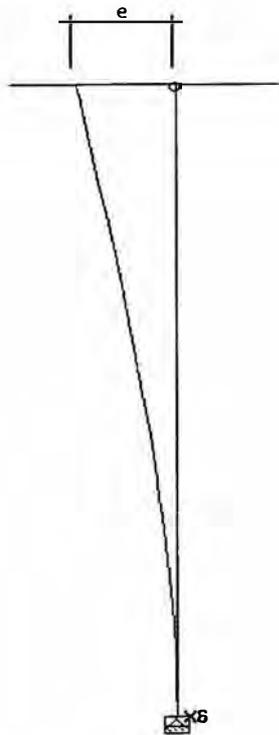
## 5.2 ESFUERZOS EN LAS BASES DE LAS COLUMNAS

### SOLICITACIONES BASE DE LA COLUMNA 1.40 \* 2.10 - MODULO 1E - EJES C459 y C461

COLUMNAS	REACCIONES TABLERO			MOMENTOS DE LAS CARGAS DEL TABLERO					
	N (tf)			ML (tf.m)			MT (tf.m)		
	DC	DW	LL	DC	DW	LL	DC	DW	LL
C459	566	386	35	-	-	-	-	-	-
C461	568	386	35	-	-	-	-	-	-

COLUMNAS	SISMO " ELÁSTICO " R = 1					
	m	m	Sismo L (tf.m)		Sismo T (tf.m)	
	dL sism	dT sism	MLs	MTs	MLs	MTs
C459	0,120	0,186	4.181	-	-	4.103
C461	0,120	0,196	3.959	-	-	4.123

Los efectos de segundo orden serán estimados basados en los desplazamientos del topo de la columna, así:



$$(N_{DC} + N_{DW} + N_{LL}) * e = M_{2^{\circ} \text{ orden}}$$

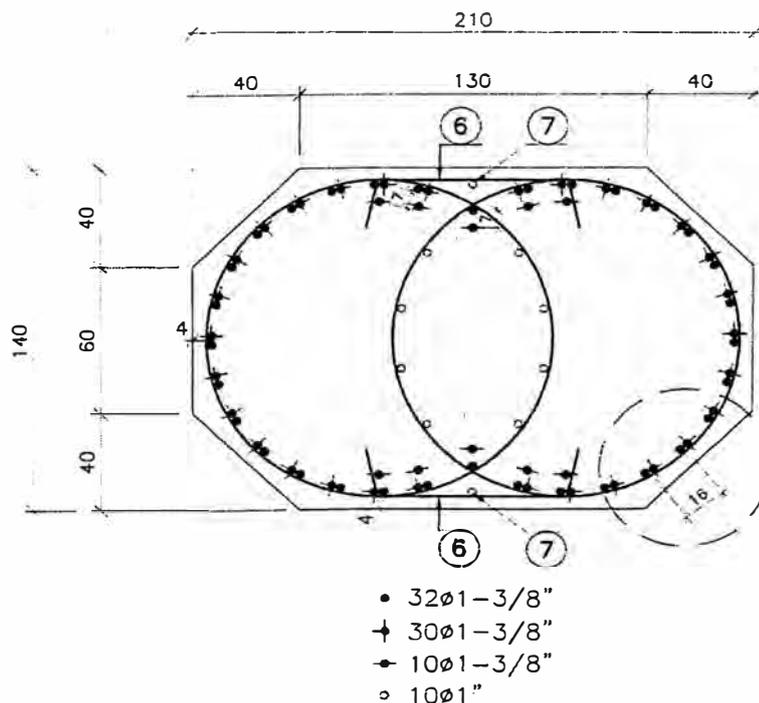
## 6. CÁLCULO DE ARMADURAS DE LAS COLUMNAS

Los esfuerzos en las columnas fueron obtenidos en el análisis dinámico con espectro elástico. Estos esfuerzos fueron reducidos por el coeficiente de reducción de respuesta. Por lo tanto, los esfuerzos utilizados para el diseño de las columnas son los siguientes:

Sismo Longitudinal mínimo	$N_d = 0,9 * DC + 0,65 * DW + 1,0 * LL$
	$ML_d = N_d * dL \text{ sism} + ML \text{ sism}L/2 + (ML \text{ sism}T/2) * 0,3 + 0,9 * ML_{DC} + 0,65 * ML_{DW} + 1,0 * ML_{LL}$
	$MT_d = 0,3 * (N_d * dT \text{ sism} + MT \text{ sism}T/2) + MT \text{ sism}L/2 + 0,9 * MT_{DC} + 0,65 * MT_{DW} + 1,0 * MT_{LL}$
Sismo Longitudinal máximo	$N_d = 1,0 * DC + 1,25 * DW + 1,0 * LL$
	$ML_d = N_d * dL \text{ sism} + ML \text{ sism}L/2 + (ML \text{ sism}T/2) * 0,3 + 1,0 * ML_{DC} + 1,25 * ML_{DW} + 1,0 * ML_{LL}$
	$MT_d = 0,3 * (N_d * dT \text{ sism} + MT \text{ sism}T/2) + MT \text{ sism}L/2 + 1,0 * MT_{DC} + 1,25 * MT_{DW} + 1,0 * MT_{LL}$
Sismo Transversal mínimo	$N_d = 0,9 * DC + 0,65 * DW + 1,0 * LL$
	$ML_d = 0,3 * (N_d * dL \text{ sism} + ML \text{ sism}L/2) + ML \text{ sism}T/2 + 0,9 * ML_{DC} + 0,65 * ML_{DW} + 1,0 * ML_{LL}$
	$MT_d = N_d * dT \text{ sism} + MT \text{ sism}T/2 + (MT \text{ sism}L/2) * 0,3 + 0,9 * MT_{DC} + 0,65 * MT_{DW} + 1,0 * MT_{LL}$
Sismo Transversal máximo	$N_d = 1,0 * DC + 1,25 * DW + 1,0 * LL$
	$ML_d = 0,3 * (N_d * dL \text{ sism} + ML \text{ sism}L/2) + ML \text{ sism}T/2 + 1,0 * ML_{DC} + 1,25 * ML_{DW} + 1,0 * ML_{LL}$
	$MT_d = N_d * dT \text{ sism} + MT \text{ sism}T/2 + (MT \text{ sism}L/2) * 0,3 + 1,0 * MT_{DC} + 1,25 * MT_{DW} + 1,0 * MT_{LL}$

COLUMNAS	SOLICITACIONES PLÁSTICAS R=3			SOLICITACIONES PLÁSTICAS R=3		
	Dirección Longitudinal			Dirección Transversal		
	Nd	MLd	MTd	Nd	MLd	MTd
C459 - Extreme mín	795	1.489	558	795	514	1.516
C459 - Extreme máx	1.083	1.524	612	1.083	548	1.569
C461 - Extreme mín	797	1.415	690	797	492	1.531
C461 - Extreme máx	1.086	1.450	696	1.086	526	1.587

Estos esfuerzos fueron verificados con la armadura indicada abajo:



## 6.1 DIAGRAMAS DE ITERACIÓN PARA LAS COLUMNAS

```

                                OOOOO                                (TM)
                                OO OO
                                OO OO
OOOOOOO    OOOOO    OOOOO    OO    OOOOO    OO    OO    OO    OOOOOOOO    OOOO
OO OO OO    OO OO OO    OO OO OO OO OO OO OO OO OO OO OO OO OO OO
OO OO OO    OOOOOOO    OO OO
OOOOOOO    OO OO
OO          OOOOO    OO OO OOOOO    OOOOO    OOOOO    OOOOO    OO OO OO OO OO

```

---

**Computer program for the Strength Design of Reinforced Concrete Sections**

---

Licensee stated above acknowledges that Portland Cement Association (PCA) is not and cannot be responsible for either the accuracy or adequacy of the material supplied as input for processing by the pcaColumn(tm) computer program. Furthermore, PCA neither makes any warranty expressed nor implied with respect to the correctness of the output prepared by the pcaColumn(tm) program. Although PCA has endeavored to produce pcaColumn(tm) error free, the program is not and can't be certified infallible. The final and only responsibility for analysis, design and engineering documents is the licensees. Accordingly, PCA disclaims all responsibility in contract, negligence or other tort for any analysis, design or engineering documents prepared in connection with the use of the pcaColumn(tm) program.

**General Information:**

Project: Lima-Peru  
Column:  
Code: ACI 318-05

Engineer:  
Units: Metric

Run Option: Investigation  
Run Axis: Biaxial

Slenderness: Not considered  
Column Type: Structural

**Material Properties:**

$f'_c = 28 \text{ MPa}$   
 $E_c = 24870.1 \text{ MPa}$   
Ultimate strain = 0.003 mm/mm  
 $\beta_{e1} = 0.846954$

$f_y = 420 \text{ MPa}$   
 $E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Section:**

**Exterior Points**

No.	X (mm)	Y (mm)	No.	X (mm)	Y (mm)	No.	X (mm)	Y (mm)
1	1050	-300	2	1050	300	3	650	700
4	-650	700	5	-1050	300	6	-1050	-300
7	-650	-700	8	650	-700			

Gross section area,  $A_g = 2.62e+006 \text{ mm}^2$   
 $I_x = 3.746e+011 \text{ mm}^4$        $I_y = 8.08717e+011 \text{ mm}^4$   
 $X_o = 4.07125e-006 \text{ mm}$        $Y_o = -4.07125e-006 \text{ mm}$

**Reinforcement:**

Bar Set: ASTM A615

Size	Diam (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Size	Diam (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Size	Diam (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )
# 3	10	71	# 4	13	129	# 5	16	200
# 6	19	284	# 7	22	387	# 8	25	510
# 9	29	645	# 10	32	819	# 11	36	1006
# 14	43	1452	# 18	57	2581			

Confinement: Tied; #3 ties with #10 bars, #3 with larger bars.  
 $\phi(a) = 0.8$ ,  $\phi(b) = 0.9$ ,  $\phi(c) = 0.65$

Pattern: Irregular

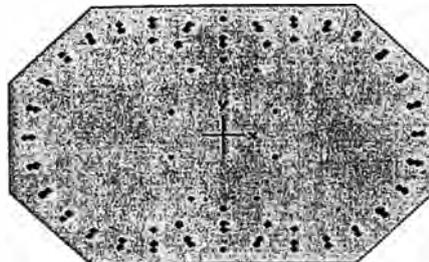
Total steel area,  $A_s = 79574 \text{ mm}^2$  at 3.04%

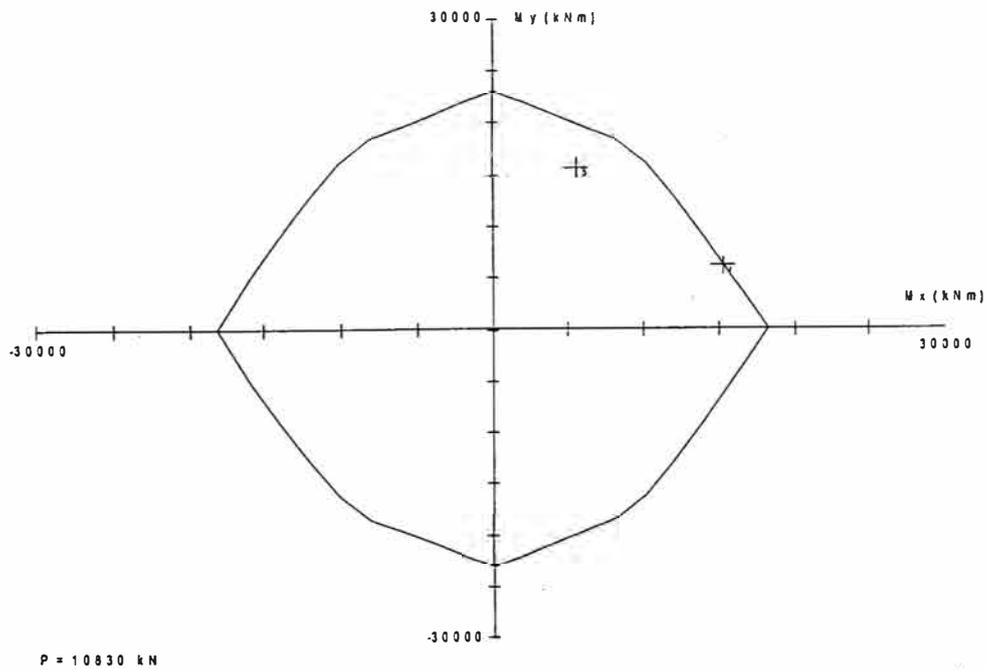
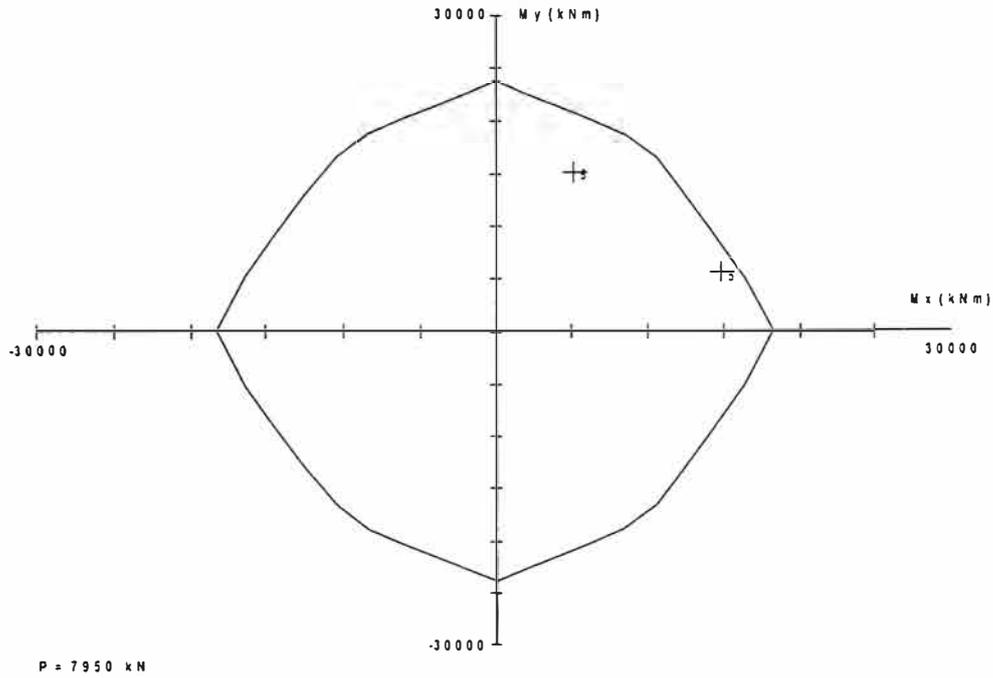
Area mm <sup>2</sup>	X (mm)	Y (mm)	Area mm <sup>2</sup>	X (mm)	Y (mm)	Area mm <sup>2</sup>	X (mm)	Y (mm)
1006	0	518	1006	167	598	1006	350	625
1006	512	604	1006	663	541	1006	792	442
1006	891	313	1006	954	162	1006	975	0
510	165	348	510	259	125	510	259	-125
510	165	-348	510	-165	-348	510	-259	-125
510	-259	125	510	-165	348	1006	954	-162
1006	891	-313	1006	792	-442	1006	663	-541
1006	512	-604	1006	350	-625	1006	167	-598
1006	0	-518	1006	-167	-598	1006	-350	-625
1006	-512	-604	1006	-663	-541	1006	-792	-442
1006	-891	-313	1006	-954	-162	1006	-975	0
1006	-954	162	1006	-891	313	1006	-792	442
1006	-663	541	1006	-512	604	1006	-350	625
1006	-167	598	510	0	625	510	0	-625
1006	0	483	1006	183	566	1006	350	590
1006	503	570	1006	645	511	1006	767	417
1006	861	295	1006	920	153	1006	940	0
1006	920	-153	1006	861	-295	1006	767	-417
1006	645	-511	1006	503	-570	1006	350	-590
1006	183	-566	1006	0	-483	1006	-183	-566
1006	-350	-590	1006	-503	-570	1006	-645	-511
1006	-767	-417	1006	-861	-295	1006	-920	-153
1006	-940	0	1006	-920	153	1006	-861	295
1006	-767	417	1006	-645	511	1006	-503	570
1006	-350	590	1006	-183	566	1006	0	403
1006	0	-403	1006	350	512	1006	350	-512
1006	-350	-512	1006	-350	512	1006	220	488
1006	220	-488	1006	-220	-488	1006	-220	488

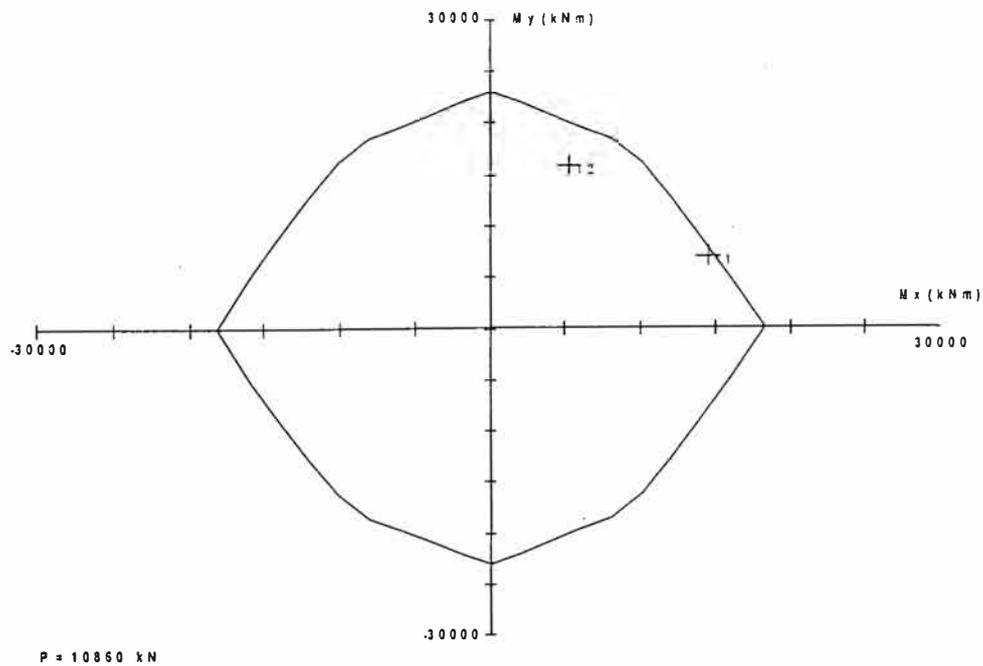
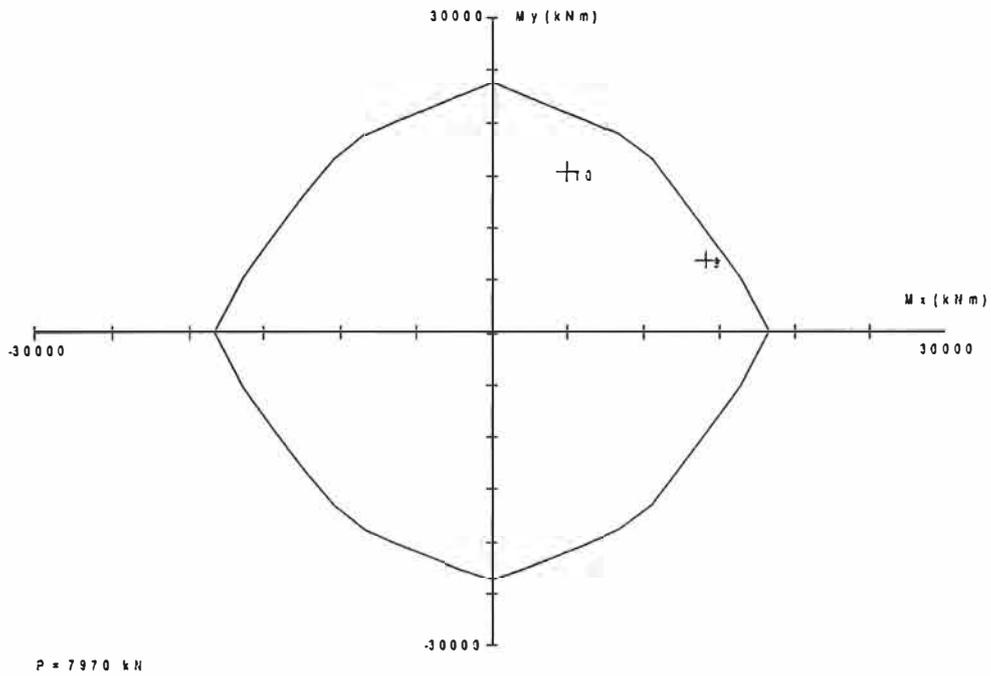
Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	fMnx kNm	fMny kNm	fMn/Mu	Phi
5	7950.00	14890.00	5580.00	15966.71	5983.50	1.072	0.836
6	7950.00	5140.00	15160.00	6730.35	19850.62	1.309	0.831
7	10830.00	15240.00	6120.00	15375.42	6174.38	1.009	0.778
8	10830.00	5480.00	15690.00	6706.98	19203.02	1.224	0.785
9	7970.00	14150.00	6900.00	15252.52	7437.62	1.078	0.823
10	7970.00	4920.00	15310.00	6433.88	20020.86	1.308	0.830
11	10860.00	14500.00	6960.00	14899.38	7151.70	1.028	0.771
12	10860.00	5260.00	15870.00	6419.73	19369.04	1.220	0.784

\*\*\* End of output \*\*\*







## 6.2 ARMADURA DE CORTE PARA RÓTULA PLÁSTICA

Según el ítem 5.10.11.4.1d de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications:

Para concreto  $f'c = 28$  MPa y acero  $f_y = 420$  MPa

$$\rho_s = 0,12 \times \frac{28}{420} = 0,008$$

$\phi = 132$ cm:

$$V = \pi \times \frac{132^2}{4} \times 100 \times 0,008 = 10947 \text{ cm}^3 / m$$

$$\text{Adoptado: } \phi \frac{5}{8}'' \quad c / 7,5 = \frac{100}{7,5} \times 2 \times \pi \times 132 = 11.058 \text{ cm}^3$$

## 7. CÁLCULO DE ARMADURAS DE LAS ZAPATAS

### SOLICITACIONES EN LA BASE DE LA ZAPATA

COLUMNAS	N <sub>DC</sub> (tf)	N <sub>DW</sub> (tf)	N <sub>LL</sub> (tf)	M <sub>L</sub> (tf.m)	H <sub>L</sub> (tf)	M <sub>T</sub> (tf.m)	H <sub>T</sub> (tf)
C459	565,4	386	35	5317	454	4998	358
C461	567,3	386	35	5003	417	4991	347

Aparte de las solicitaciones mencionadas, se considerara la carga de peso propio de la zapata y una carga de peso de suelo sobre ella igual a:  $4,0 \times 1,8 = 7,2 \text{ tf/m}^2$

El diseño de las armaduras, las verificaciones de las presiones en el suelo y carga en los micropilotes, en este ítem, serán hechos con las cargas extraídas del informe "Seismic Evaluation of Tramo E Module 1E" de T. Y. Lin International, en la hoja 25 y están indicadas abajo:

Pier	Extreme Event I		Extreme Event I (Long EQ)					Extreme Event I (Tran EQ)				
	Top of Footing	Top of Pier	Top of Footing		Top of Pier		Top of Pier Cap	Top of Footing		Top of Pier		Top of Pier Cap
	Axial	Axial	Shear	Moment	Shear	Moment	Displacement	Shear	Moment	Shear	Moment	Displacement
	kN	kN	kN	kN*m	kN	kN*m	m	kN	kN	kN	kN*m	m
C458	-9057	-8609	722	6415	653	2683	0.025	4859	45170	4839	19726	0.0832
C459	-16819	-16202	5633	45439	5632	3526	0.242	4337	46921	4304	18328	0.1390
C461	-16856	-16214	5176	42896	5173	2867	0.242	4246	47067	4206	18077	0.1481
C462	-11977	-11529	638	4881	576	1586	0.018	5724	52827	5703	23159	0.0974

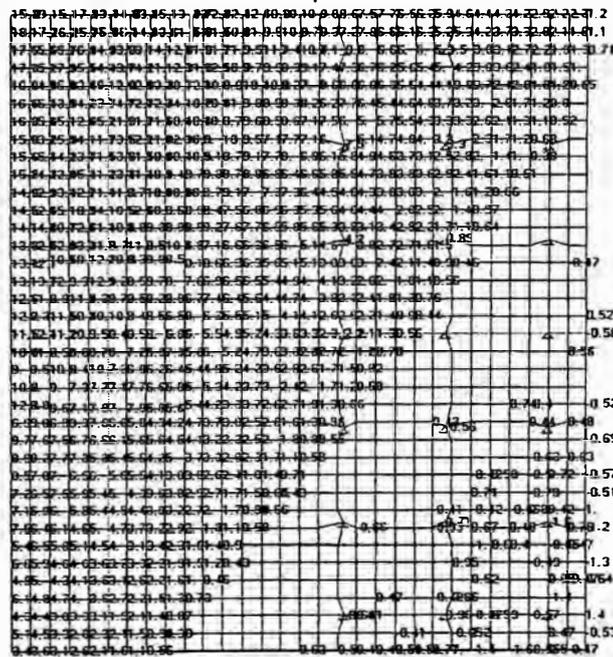
### 7.1 PRESIONES APLICADAS EN EL SUELO DE APOYO DE LAS ZAPATAS

Serán verificadas las presiones en suelo aplicadas por la zapata, debido a las cargas descritas arriba. El modelo propuesto representa la zapata con malla de elementos finitos con el espesor real, apoyada en resortes obtenidos a partir del valor del coeficiente de reacción vertical del suelo (roca –  $K_v = 5.000 \text{ t/m}^3$ ). No serán admitidas tensiones de tracción entre el suelo y la zapata.

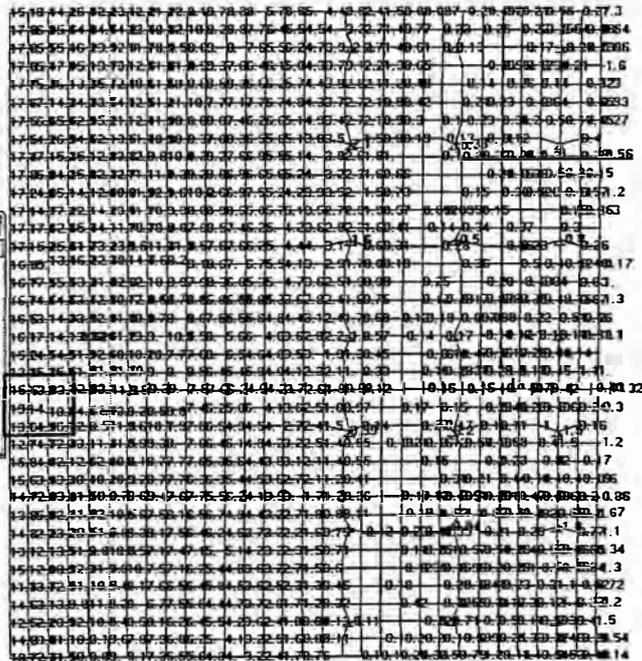
Debido a grande excentricidad de la columna en relación al eje de la zapata (en la dirección longitudinal), serán utilizados micropilotes autoperforantes para combatir las posibles tracciones en la zapata. Estos micropilotes serán ubicados como se muestra en las figuras 2.4 y 2.5 en la hoja 6.

En la figura siguiente presentamos los valores máximos de descompresión y presión en la zapata:

#### Descompresión



#### Presión



Las presiones de compresión en el suelo en todas las combinaciones analizadas no ultrapasan, en la media, el valor admisible de 15,0 kgf/cm<sup>2</sup> y las zapatas están por lo menos 50% comprimidas.

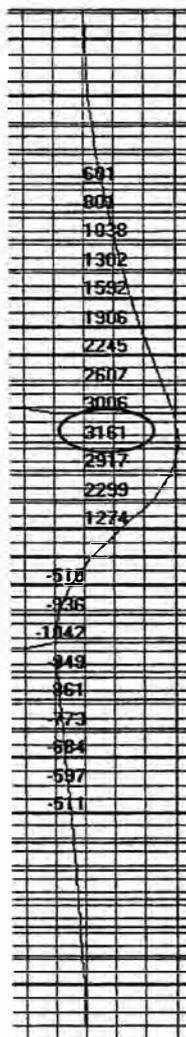
## 7.2 ESFUERZOS SOLICITANTES



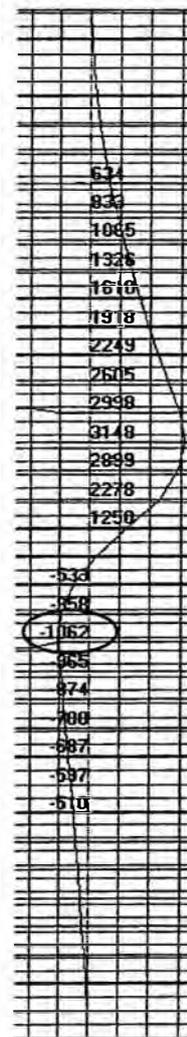
Momentos flectores longitudinales (+) comb. Extreme – H = 2,50m – por una faja de 5m



Momentos flectores longitudinales (-) comb. Extreme – H = 2,50m – por una faja de 5m



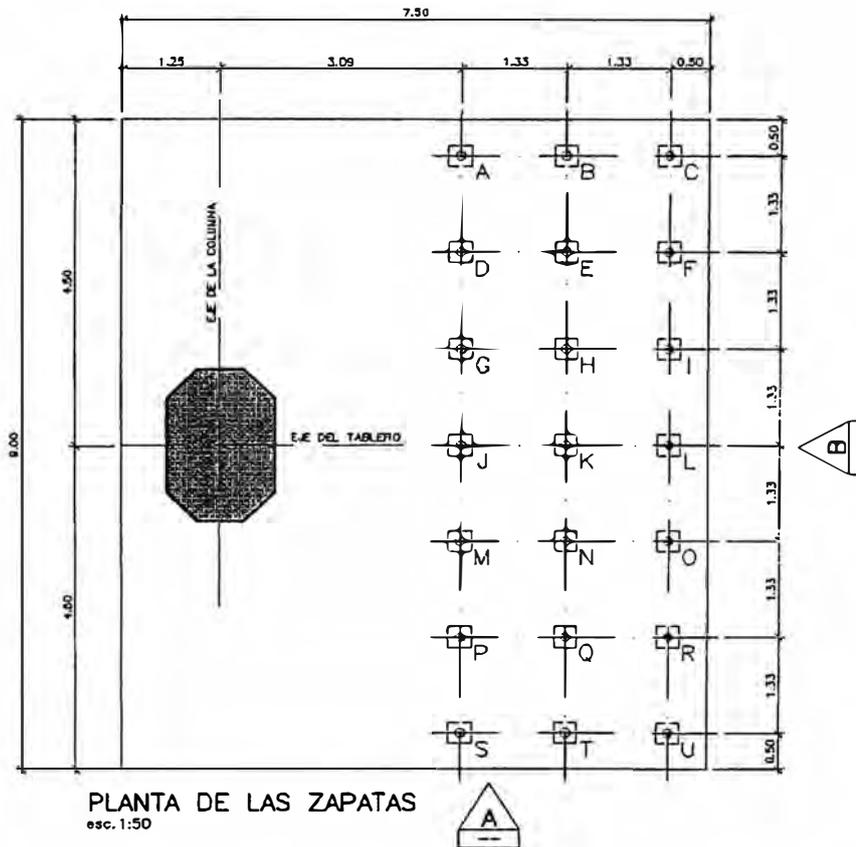
Momentos flectores transversales (+) comb. Extreme – H = 2,50m – por una faja de 5m



Momentos flectores transversales (-) comb. Extreme – H = 2,50m – por una faja de 5m

### 7.3 VERIFICACIÓN DE LA CARGA DE LOS MICROPILOTES

Serán utilizados micropilotes autopercorantes ISCHEBECK TITAN 73/53 o similar, conforme especificación técnica en el informe CTEL-FFE-GEN-EST-INF-30002. Abajo se muestra la máxima carga de tracción y compresión en tf.



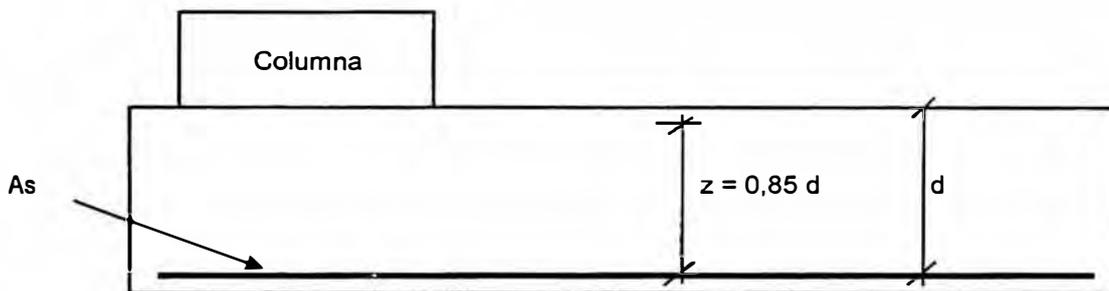
TIRANTE	MÁXIMA COMPRESIÓN (tf)	MÁXIMA TRACCIÓN (tf)
A	52	-42
B	40	-44
C	33	-64
D	41	-32
E	30	-34
F	28	-60
G	30	-22
H	24	-29
I	26	-56
J	24	-10
K	22	-25
L	23	-52

## 7.4 DISEÑO DE LAS ARMADURAS

El procedimiento presentado a seguir será utilizado para diseño de armaduras en una faja de corte para un ancho de 5m. En estas fajas fueran obtenidos los momentos flectores (diagramas presentados en el ítem anterior). Será utilizado acero con  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .

- Zapata – 7,5 x 9,0 x 2,5 – Flexión

### Corte longitudinal

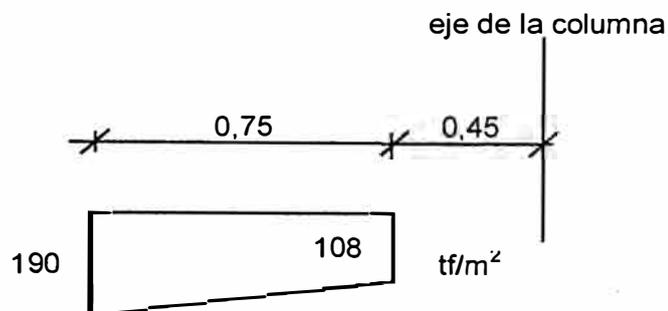


$$As = \frac{Mu}{\phi * z * fy} \quad \phi = 1,0$$

COMB.	faja / H	Mu (tf.m)	d (m)	z (m)	As./s (cm <sup>2</sup> /m)	As./s Adot.
Longitudinal +	5,0m - H=2,5m	2943,0	2,388	2,029	69,1	13,3 $\phi$ 1" /m 66,7 cm <sup>2</sup> /m
Longitudinal -	5,0m - H=2,5m	-2536,0	2,413	2,051	58,9	13,3 $\phi$ 1" /m 66,7 cm <sup>2</sup> /m
Transversal +	5,0m - H=2,5m	3161,0	2,363	2,008	75,0	16,0 $\phi$ 1" /m 80,0 cm <sup>2</sup> /m
Transversal -	5,0m - H=2,5m	-1062,0	2,388	2,029	24,9	6,6 $\phi$ 1" /m 33,3 cm <sup>2</sup> /m

- Zapata – 7,0 x 9,0 x 2,5 – Corte

LONGITUDINAL



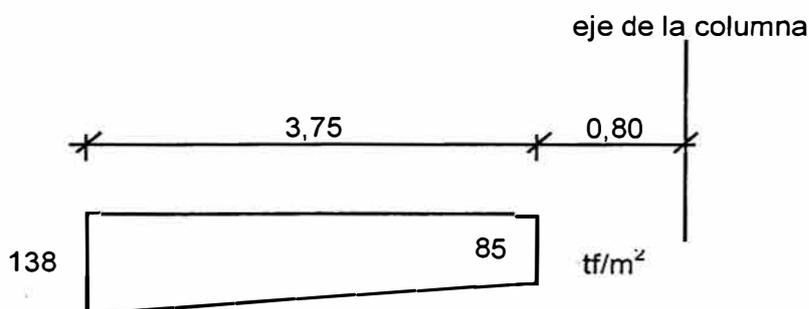
$$H_{zapata} = 2,50$$

$$Vu (H_{zap.} = 2,5) = (190 + 108) * 0,50 * 0,75 = 111,8 \text{ tf}$$

$$PP_{zapata} = 0,75 * 2,5 * 2,5 = 4,7 \text{ tf}$$

} Por una faja de 1,0m

TRANVERSAL



$$H_{zapata} = 2,5$$

$$Vu (H_{zap.} = 2,5) = (138 + 85) * 0,50 * 3,75 = 418,1 \text{ tf}$$

$$PP_{zapata} = 3,75 * 2,5 * 2,5 = 23,4 \text{ tf}$$

} Por una faja de 1,0m

DIMENSIONAMIENTO AL CORTE - ACI

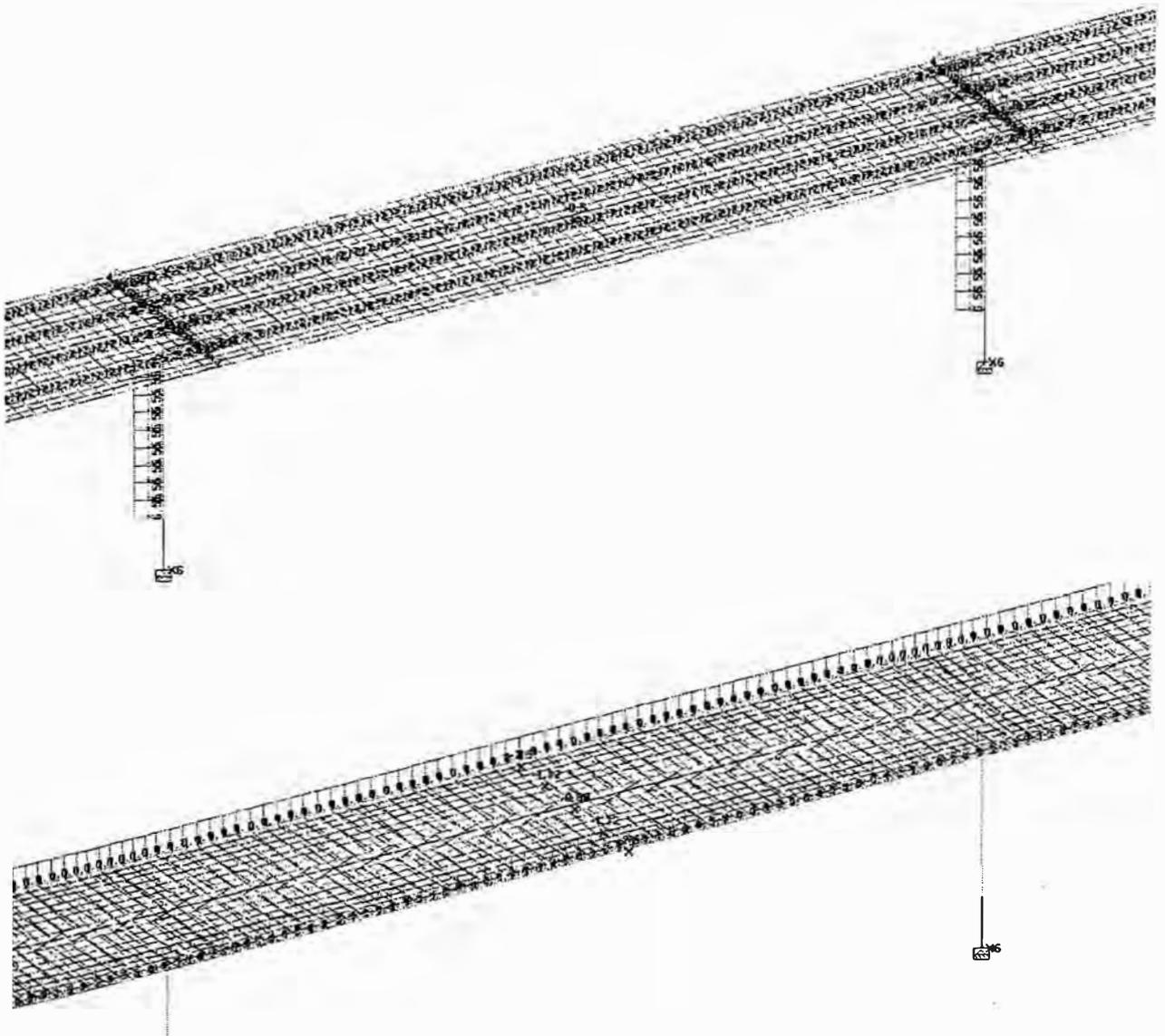
DESCRIPCIÓN	Vu (tf)	b (m)	d (m)	Φ	f <sub>c</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	As (cm <sup>2</sup> /m)
VuL (H <sub>zap.</sub> = 2,50)	107,10	1,00	2,35	0,75	2100	42000	0,00
VuT (H <sub>zap.</sub> = 2,50)	394,70	1,00	2,35	0,75	2100	42000	35,03

## 8. VERIFICACIÓN EN SERVICIO DE LAS ZAPATAS

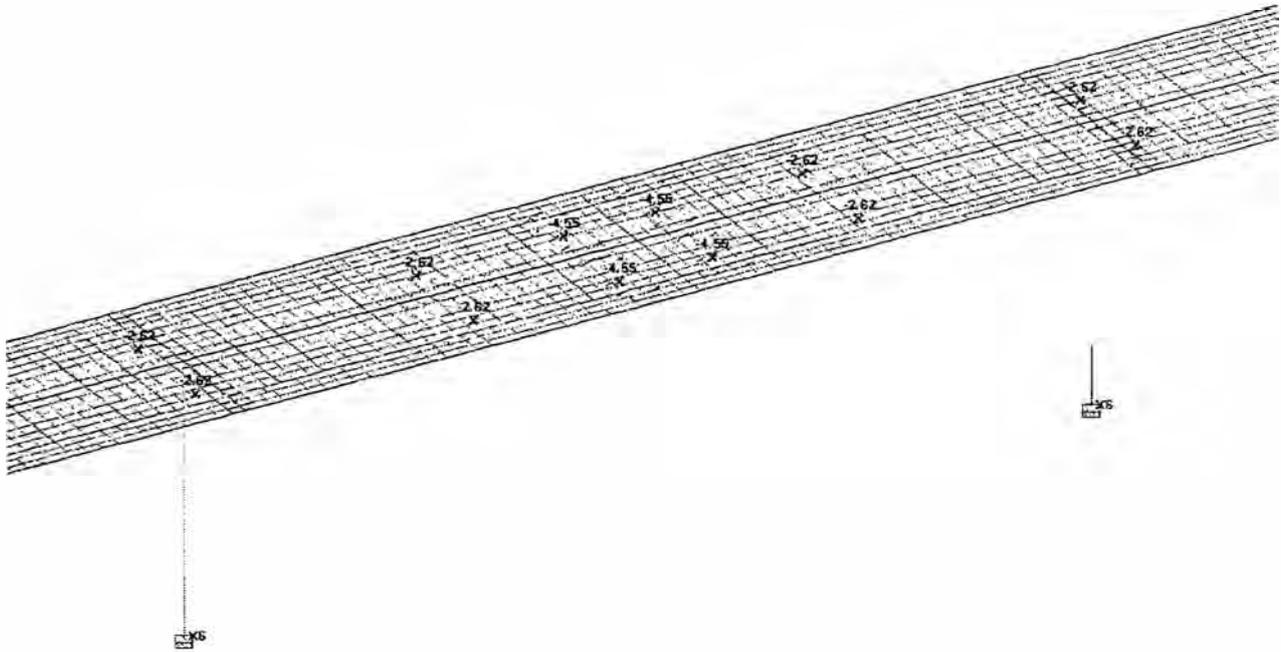
El procedimiento presentado a seguir será utilizado para verificación de las presiones en el suelo y comparar las solicitaciones Extreme (sísmicas) con las solicitaciones Strength y Service (sin los efectos sísmicos).

### 8.1 CARGAS CONSIDERADAS

**CARGAS MUERTAS (DC y DW):**

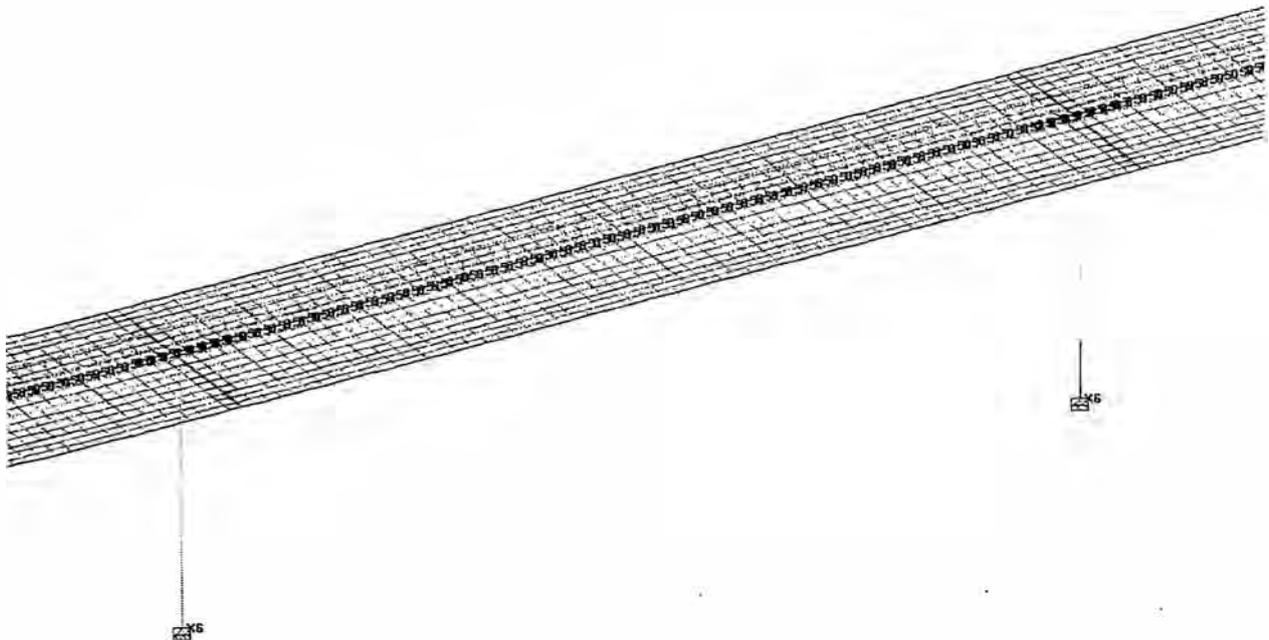


**CARGAS VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL):**



**FUERZA DE FRENADO DEL TREN (BR):**

Una fuerza igual al 15% de la carga viva, sin incremento dinámico, y actuando a 2,50 m sobre el tope de riel, referente a una aceleración de frenado de emergencia de  $1,50 \text{ m/seg}^2$ , valor indicado por la gerencia de operaciones AATE.



### FUERZA LATERAL DEL EQUIPO (FL):

Para tomar en cuenta la oscilación del tren, se prevé una sola fuerza puntual móvil igual al 25% del eje más cargado, la cual se aplica en la parte superior del riel en cualquier dirección lateral y en cualquier punto del tramo para lograr efectos máximos.

Ver AREMA – Manual for Railway Engineering – Part 1 – ítem 1.3.9.

### CARGA DE VIENTO SOBRE ESTRUCTURAS (WS):

Las presiones originadas por el viento se supondrán proporcionales a la velocidad del viento al cuadrado. Para puentes o viaductos con una altura de 10m o menos, medida desde el nivel más bajo del terreno, se supondrá que la velocidad del viento es constante. Las velocidades a alturas mayores serán determinadas mediante:

$$V_z = C V_{z0} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \geq V_{z0}$$

donde:

$V_z$  = velocidad del viento (km/h) a la altura  $z$

$V_{z0}$  = velocidad de referencia, correspondiente a  $z = 10$  m.

$z$  = altura por encima del nivel del terreno o del agua (m).

$C, z_0$  = constantes dadas en la tabla

Tabla A - Valores de las constantes  $C$  y  $Z_0$

$C$ (km/h)	0.485
$Z_0$ (m)	0.800

Las presiones de viento serán calculadas mediante la expresión:

$$P = P_0 \left( \frac{V_z}{100} \right)^2$$

Donde:

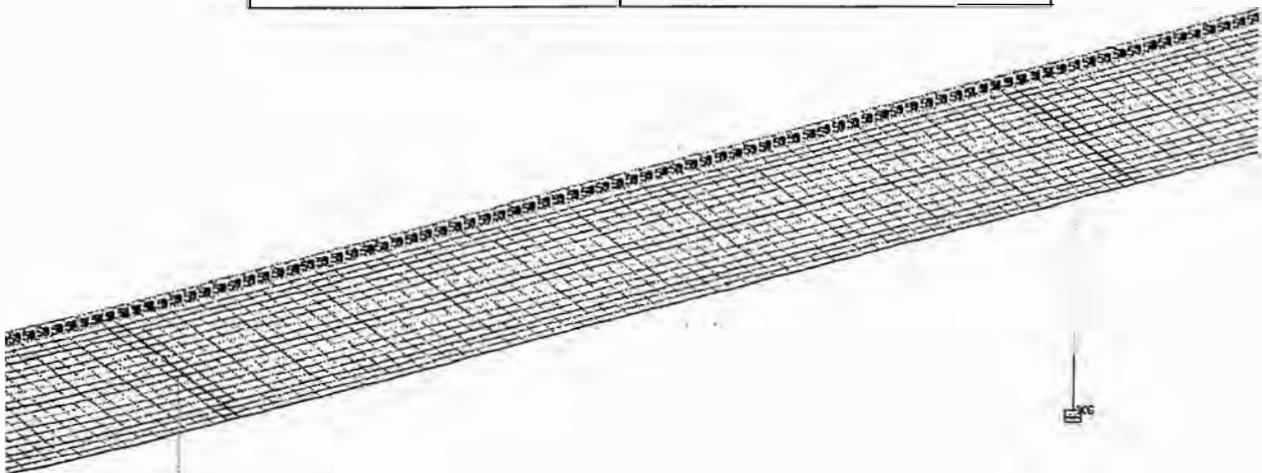
$P$  = presión del viento (kN/m<sup>2</sup>)

$V_0$  = velocidad del viento (km/h) a la altura  $z$

$P_0$  = presión básica correspondiente a una velocidad de 100 km/h, dada en la tabla B (kN/m<sup>2</sup>)

Tabla B - Presiones básicas correspondientes a una velocidad de 100 km/h:

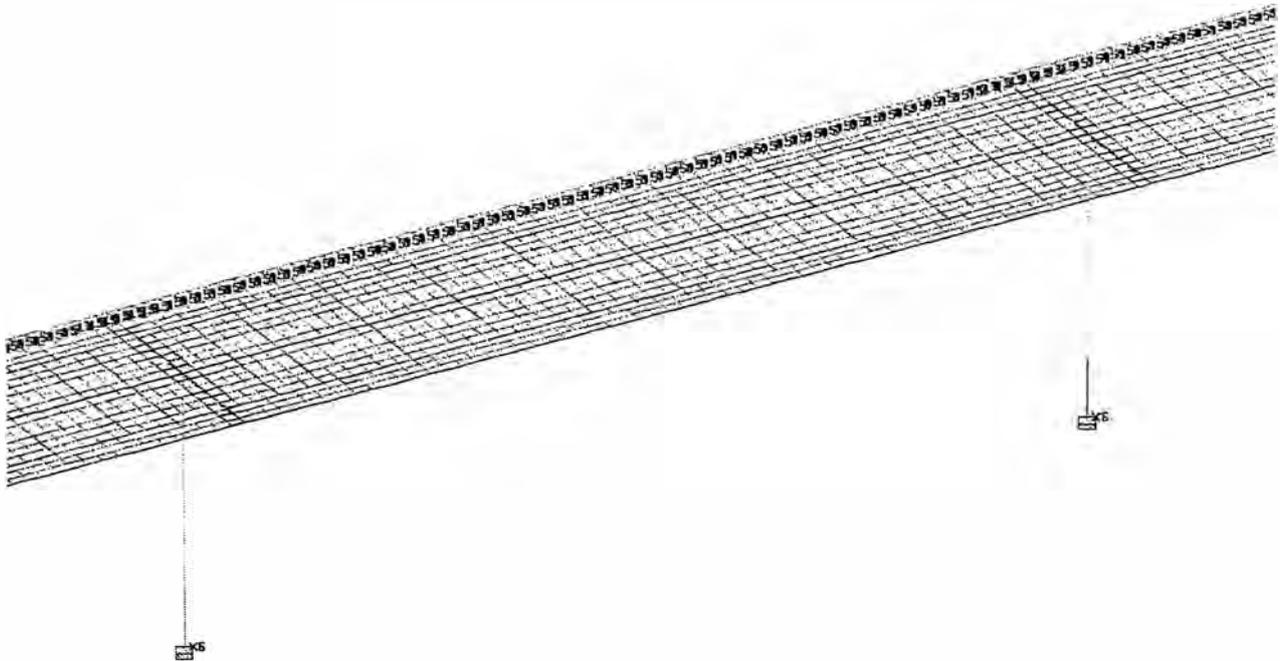
Componente Estructural	Presión por Barlovento (kN/m <sup>2</sup> )
Vigas	1,50



### VIENTO SOBRE EL TREN (WL):

Se aplicará una fuerza horizontal de 4,54 kN/m (454 kgf/m) aplicada en dirección transversal, actuando sobre la carga viva de una vía. Esta fuerza se supondrá aplicada a 2,44m por encima del tope de los rieles.

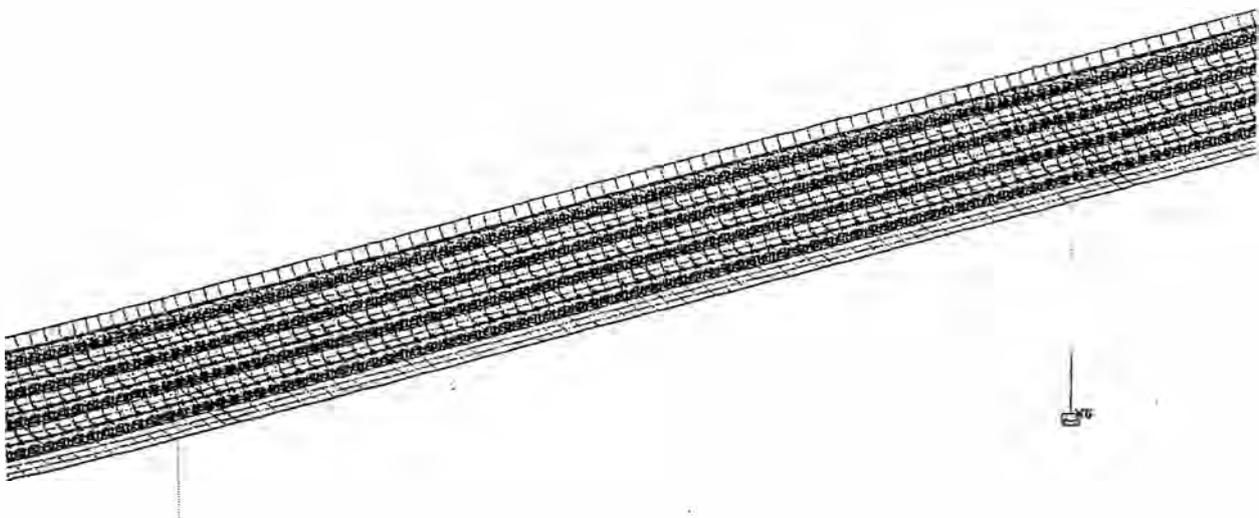
Ver AREMA – Manual for Railway Engineering – Part 1 – ítem 1.3.7.



### FUERZAS DEBIDAS A TEMPERATURA (TU, TG):

Las indicaciones de Manual de Diseño de Puentes MTC, ítem 2.4.3.9.1, se aplican para la ciudad de Lima, clasificada como costa, de la siguiente manera:

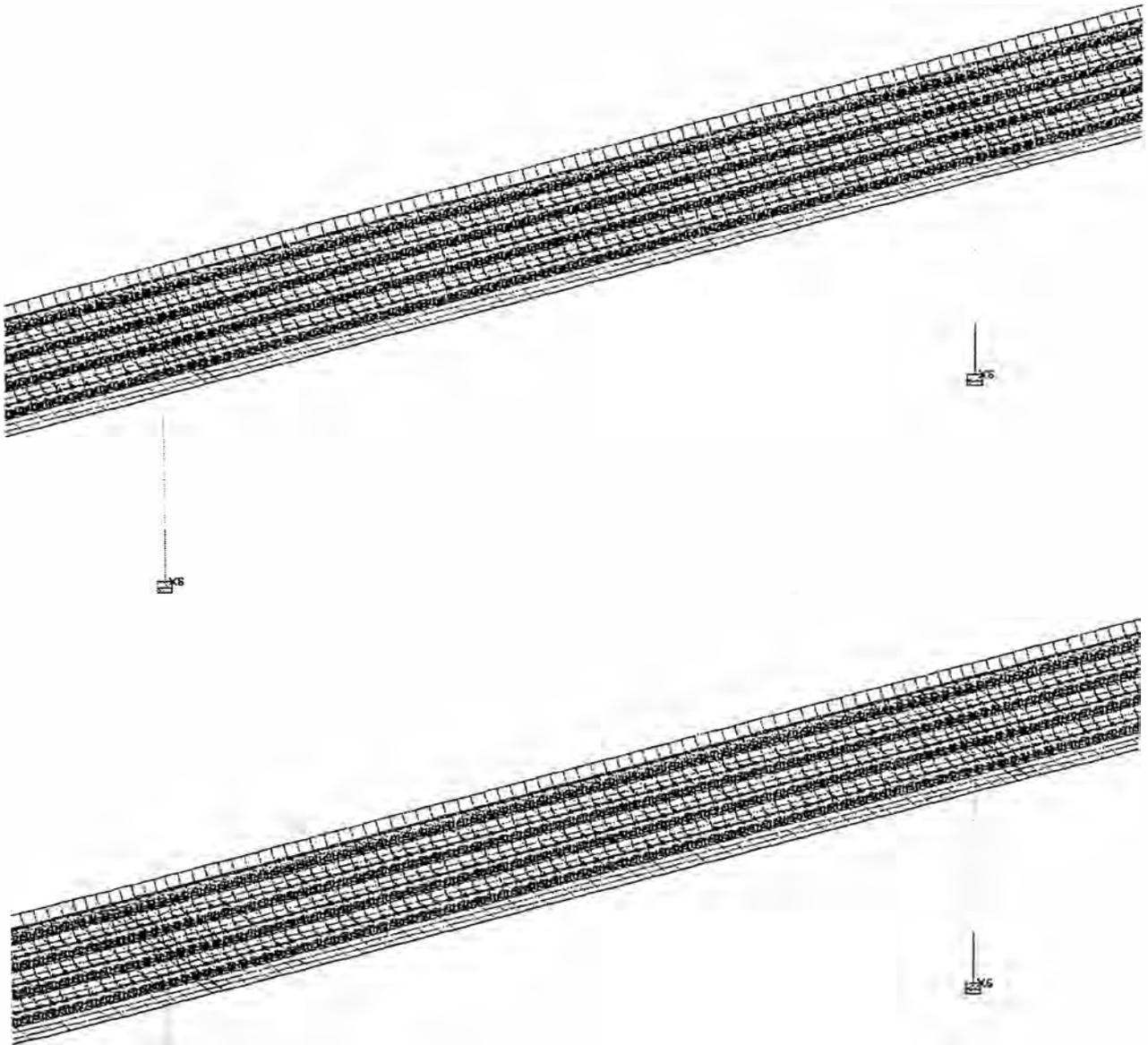
1. Temperatura media local  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
2.  $\Delta T$  uniforme sobre toda la estructura =  $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
3. Gradiente de la superestructura: se considerará una variación térmica de  $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre las caras superior e inferior de las estructuras.



### FUERZAS DEBIDAS A FLUENCIA Y RETRACCIÓN (CR, SH):

Se considerarán los efectos por fuerzas internas en los componentes debido a retracción y fluencia. Los valores que se tomen serán justificados de acuerdo a las características mecánicas de los materiales y a las informaciones de los plazos de ejecución de las obras y serán determinados según el Manual de Diseño de Puentes MTC, ítem 2.5 4.3..

Se considerará una humedad relativa de 70%.



## 8.2 COMBINACIONES

Las presiones serán verificadas con las combinaciones descritas en siguiente:

Service I:

$$1,0*DC + 1,0*DW + 1,0*LL + 1,0*BR + 1,0*FL + 0,3*WS + 1,0*WL + 1,0*TU + 1,0*CR + 1,0*SH$$

La comparación con las combinaciones Extreme serán hechas con las combinaciones descritas en siguiente:

Strength I máx:

$$1,25*DC + 1,25*DW + 1,75*LL + 1,75*BR + 1,75*FL + 0,5*TU + 0,5*CR + 0,5*SH$$

Strength III máx:

$$1,25*DC + 1,25*DW + 1,4*WS + 0,5*TU + 0,5*CR + 0,5*SH$$

Strength V máx:

$$1,25*DC + 1,25*DW + 1,35*LL + 1,35*BR + 1,35*FL + 0,4*WS + 1,0*WL + 0,5*TU + 0,5*CR + 0,5*SH$$

Strength I mín:

$$0,9*DC + 0,9*DW + 1,75*LL + 1,75*BR + 1,75*FL + 0,5*TU + 0,5*CR + 0,5*SH$$

Strength III mín:

$$0,9*DC + 0,9*DW + 1,4*WS + 0,5*TU + 0,5*CR + 0,5*SH$$

Strength V mín:

$$0,9*DC + 0,9*DW + 1,35*LL + 1,35*BR + 1,35*FL + 0,4*WS + 1,0*WL + 0,5*TU + 0,5*CR + 0,5*SH$$

## 8.3 RESULTADOS EN LA BASE DE LAS COLUMNAS

CASOS	COLUMNA C459		
	N	ML	MT
MÁX. Nd Service	1596	475	337
MÁX. MLd Service	690	492	414
MÁX. MTd Service	914	502	731
MÁX. Nd Strength	1227	751	314
MÁX. MLd Strength	971	740	302
MÁX. MTd Strength	1089	745	495

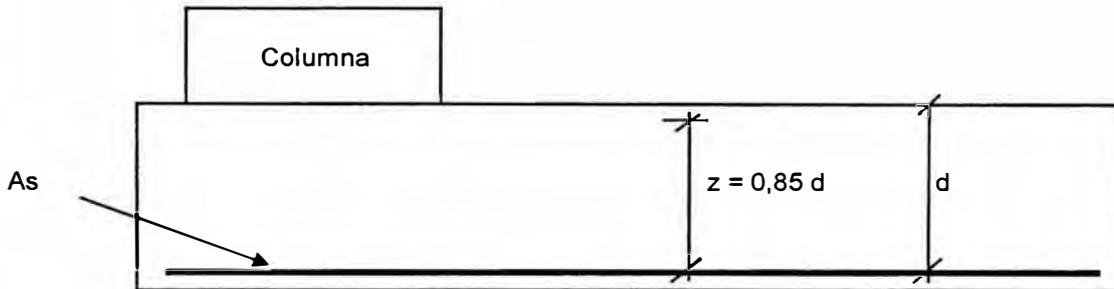




## 8.5 COMPARACIÓN CON LA COMBINACIÓN EXTREME

Abajo será presentada una tabla comparativa con los esfuerzos ya descritos en la hoja 30 con los esfuerzos obtenidos de las combinaciones Strength:

### Corte longitudinal



$$As = \frac{Mu}{\phi * z * fy} \quad \phi = 1,0$$

#### • EXTREME:

COMB.	faja / H	Mu (tf.m)	d (m)	z (m)	As./s (cm <sup>2</sup> /m)	As./s Adot.
Longitudinal +	5,0m - H=2,5m	2943,0	2,388	2,029	69,1	13,3 $\phi$ 1" /m 66,7 cm <sup>2</sup> /m
Longitudinal -	5,0m - H=2,5m	-2536,0	2,413	2,051	58,9	13,3 $\phi$ 1" /m 66,7 cm <sup>2</sup> /m
Transversal +	5,0m - H=2,5m	3161,0	2,363	2,008	75,0	16,0 $\phi$ 1" /m 80,0 cm <sup>2</sup> /m
Transversal -	5,0m - H=2,5m	-1062,0	2,388	2,029	24,9	6,6 $\phi$ 1" /m 33,3 cm <sup>2</sup> /m

#### • STRENGTH:

COMB.	faja / H	Mu (tf.m)	d (m)	z (m)	As./s (cm <sup>2</sup> /m)	As./s Adot.
Longitudinal +	5,0m - H=2,5m	267,0	2,300	1,955	6,5	6,66 $\phi$ 1" /m
Longitudinal -	5,0m - H=2,5m	-393,0	2,400	2,040	9,2	6,66 $\phi$ 1" /m
Transversal +	5,0m - H=2,5m	1189,0	2,300	1,955	29,0	6,66 $\phi$ 1" /m
Transversal -	5,0m - H=2,5m	0,0	2,400	2,040	0,0	3,33 $\phi$ 1" /m

**MEMORIA DE CALCULO-VIGAS  
CABEZAL - MODULO 1E – TRAMO E**



EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y  
ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE  
TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO

Memorial de Cálculo – Vigas Cabezal - módulo 1E – Tramo E

Doc. N°:  
CTEL-FFE-VTE-EST-CAL-30133

Rev.: 01

Fecha: 21-Ago-10

Página: 3/31

## ÍNDICE

HOJA DE REVISIÓN .....	2
ÍNDICE .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	4
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA .....	4
1.2 MATERIALES EMPLEADOS .....	4
2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....	4
3. CARGAS EN LOS TABLEROS.....	8
3.1 CARGAS MUERTAS.....	8
3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC).....	8
3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW).....	8
3.2 CARGA VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL) .....	9
4. COMBINACIONES .....	12
5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS CABEZAL.....	13
5.1 REACIONES DE LOS TABLEROS Y ESFUERZOS SOLICITANTES .....	13
5.1.1 Dirección vertical .....	13
5.1.2 Dirección Horizontal .....	16
5.2 VERIFICACIÓN DEL ESTADO LIMITE ÚLTIMO (FLEXION, CORTE Y TORSION) .....	18
5.2.1 Dirección vertical .....	18
5.2.2 Dirección horizontal.....	26
5.2.3 Armaduras utilizadas:.....	27
5.3 ARMADURAS MINIMAS .....	28
5.4 LIMITACIÓN DE LA FISURACIÓN (ÍTEM 5.7.3.4 DE LA AASHTO).....	28
5.5 VERIFICACIÓN DE LA FATIGA (ÍTEM 5.5.3 DE LA AASHTO) .....	28
6. LLAVE DE CORTE .....	29
6.1 VERIFICACIÓN "SHEAR FRICTION" (AASHTO 5.8.4) .....	29
7. VERIFICACIÓN DE LA REGIÓN DE LA RESTRICCIÓN LONGITUDINAL .....	30
8. ARMADURA DE ZUNCHADO.....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Este memorial de cálculo tiene por finalidad presentar el diseño de las vigas cabezal de los tableros del módulo 1E del tramo E, entre ejes C458 a C462.

Los tableros tienen 3 vanos, el vano central tiene 35,00m y los vanos extremos tienen 31,00m de longitud y 8,40m de ancho y son compuestos por 4 vigas longitudinales prefabricadas de concreto (en forma de I) y 4 vigas transversales en los apoyos. Las reacciones de los tableros en las vigas cabezal serán obtenidas a partir de modelos estructurales que representan los tableros, por medio de mallas de elementos planos (losas) y barras que representan las vigas longitudinales, con distancias entre ejes iguales a 2,00m. Los modelos son elaborados en el programa STRAP 12.5.

Las vigas están soportadas en vigas cabezal que tienen sección variable, de 1,70m x1,70m sobre la columna hasta 1,70m x 1,00m en el extremo.

### 1.2 MATERIALES EMPLEADOS

Concreto para losas:  $f_c \geq 350 \text{ kgf/cm}^2$

Concreto para vigas prefabricadas:  $f_c \geq 350 \text{ kgf/cm}^2$

Concreto para vigas cabezal  $f_c \geq 280 \text{ kgf/cm}^2$

Acero para armadura pasiva:  $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de elasticidad del concreto  $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

$E_{cs} = 4800 \cdot (35)^{1/2} = 28397,20 \text{ MPa} = 283972 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de elasticidad del concreto  $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

$E_{cs} = 4800 \cdot (28)^{1/2} = 25399,20 \text{ MPa} = 253992 \text{ kgf/cm}^2$

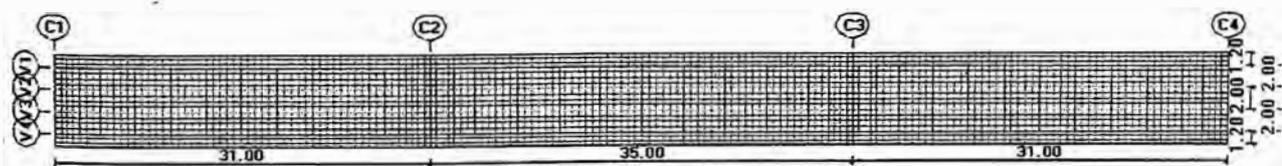
Módulo de elasticidad del acero  $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$

$E_s = 210 \text{ GPa} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

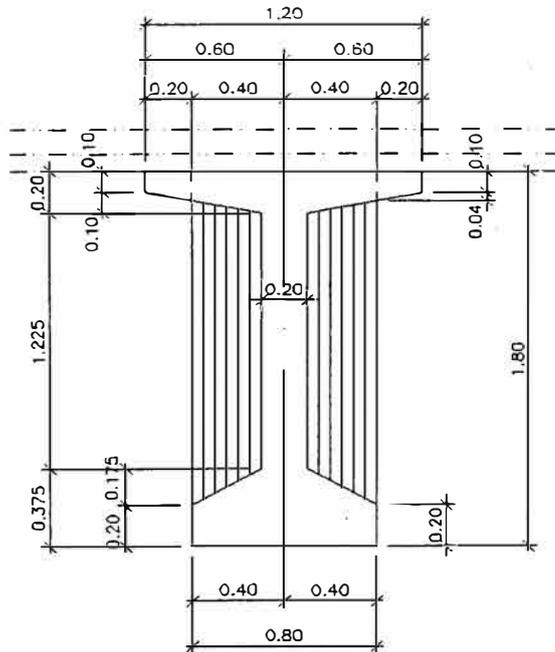
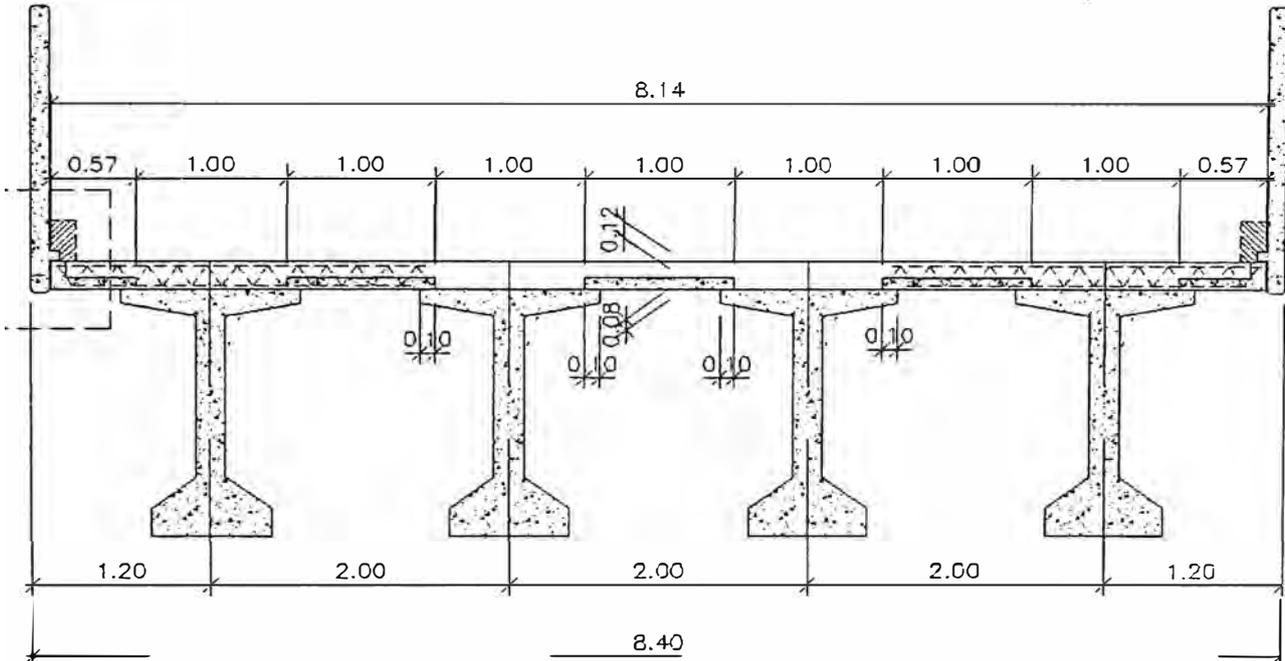
## 2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Fueron elaborados modelos que representan el módulo 1E para obtener las reacciones en las vigas cabezal.

A seguir es presentado lo modelo elaborado, con las nomenclaturas utilizada en este documento.



Módulo con 3 vanos



**Tren Eléctrico Lima - Características Viga de Borde**

**Características Geométricas - Apoyo**

1. etapa	altura total	1,80		
	n.elementos	3		
2. etapa	b=	1,70	h=	0,20

**Seção 1. etapa**

Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,80	0,80	1,660	1,328
2	0,80	1,20	0,040	0,040
3	1,20	1,20	0,100	0,120
4	0,00	0,00	0,000	0,000
5	0,00	0,00	0,000	0,000
6	0,00	0,00	0,000	0,000

Verificação

Altura	Área
1,80	1,488

**Características Finais**

Características	inicial	final	unid.
Área	1,488	1,828	m <sup>2</sup>
Y inf.	0,927	1,108	m
Y sup.	0,873	0,892	m
Inércia	0,422	0,685	m <sup>4</sup>
W inf.	0,455	0,618	m <sup>3</sup>
W sup1.	0,483	0,990	m <sup>3</sup>
W sup2.	0,000	0,768	m <sup>3</sup>

**Características Geométricas - Vano**

1. etapa	altura total	1,80		
	n.elementos	5		
2. etapa	b=	1,70	h=	0,20

**Seção 1. etapa**

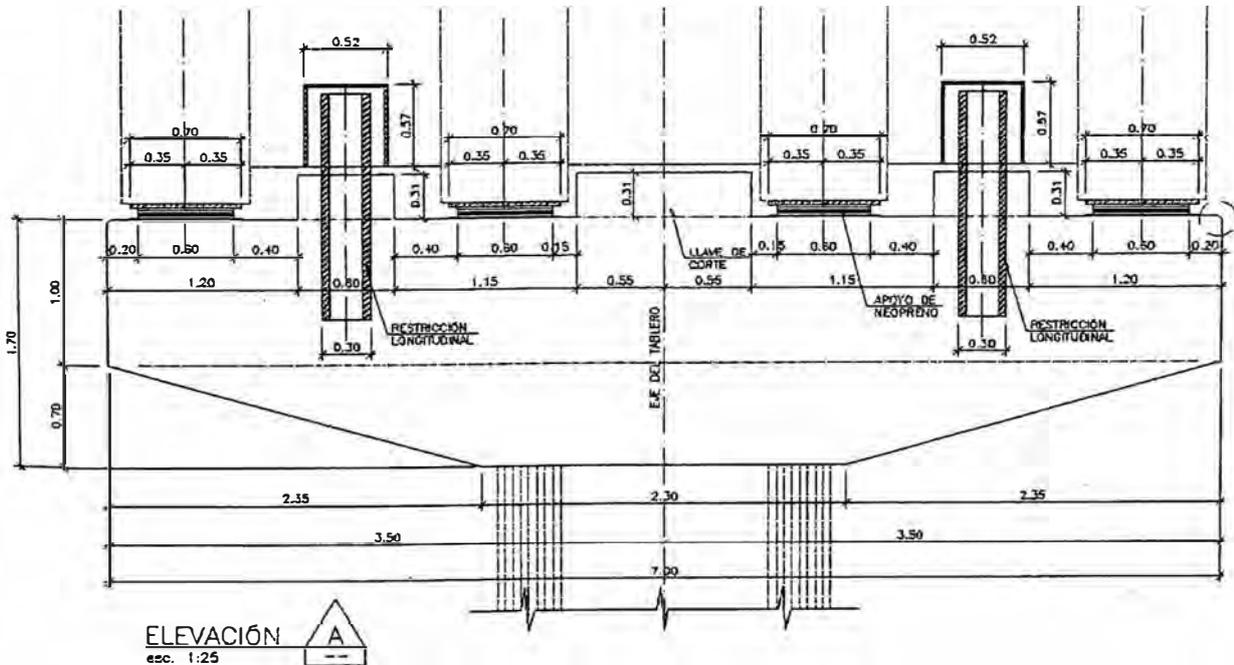
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,80	0,80	0,200	0,160
2	0,80	0,20	0,175	0,088
3	0,20	0,20	1,225	0,245
4	0,20	1,20	0,100	0,070
5	1,20	1,20	0,100	0,120
6	0,00	0,00	0,000	0,000

Verificação

Altura	Área
1,80	0,683

**Características Finais**

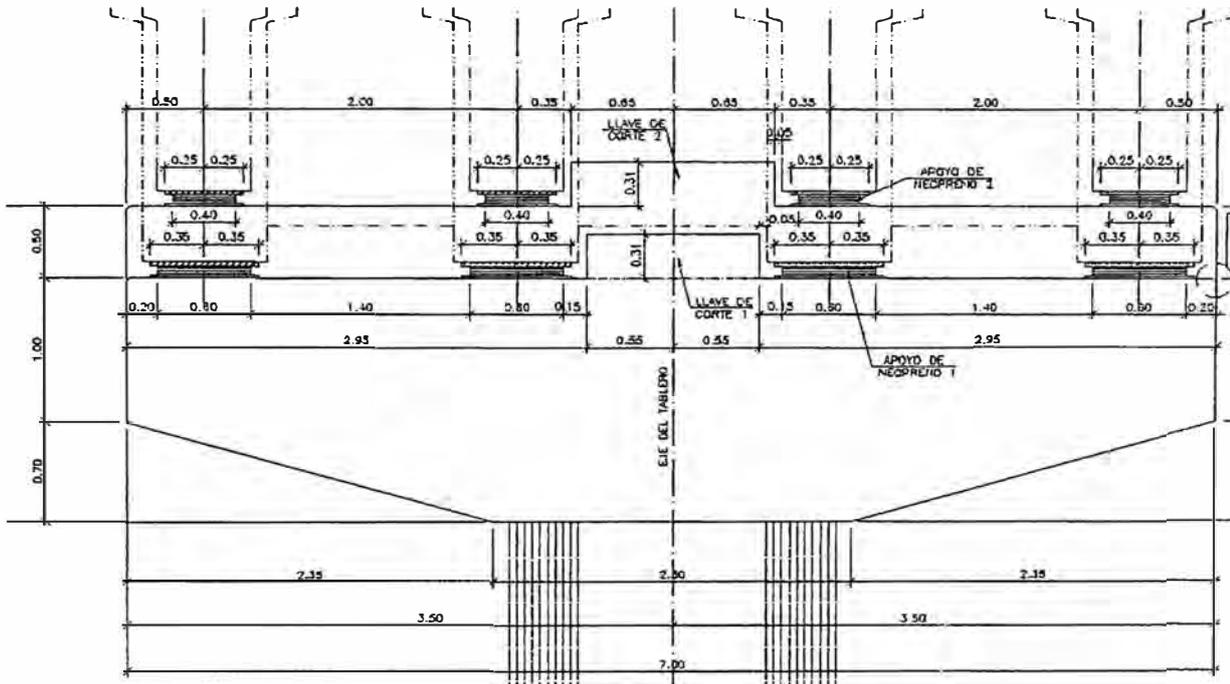
Características	inicial	final	unid.
Área	0,683	1,023	m <sup>2</sup>
Y inf.	0,891	1,226	m
Y sup.	0,909	0,774	m
Inércia	0,299	0,531	m <sup>4</sup>
W inf.	0,335	0,433	m <sup>3</sup>
W sup1.	0,328	0,926	m <sup>3</sup>
W sup2.	0,000	0,686	m <sup>3</sup>



ELEVACIÓN  
esc. 1:25



Viga cabezal – interna



Viga cabezal – junta

### 3. CARGAS EN LOS TABLEROS

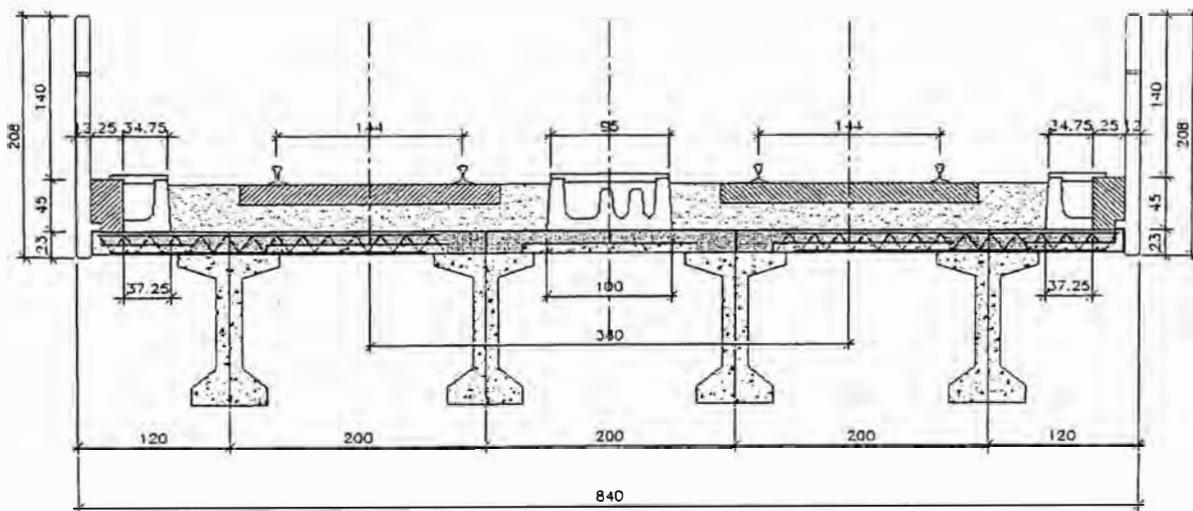
#### 3.1 CARGAS MUERTAS

##### 3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC)

DC1 – peso de las vigas prefabricadas =  $2,5 * 0,683 = 1,71$  tf/m (sección del vano)  
=  $2,5 * 1,488 = 3,72$  tf/m (sección del apoyo)

DC2 – peso de las losas =  $2,5 * 0,2 = 0,5$  tf/m<sup>2</sup>

##### 3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW)



Caja Central	$1,20 \times 0,08 \times 2,50 = 0,24$	tf/m
	$0,52 \times 0,20 \times 2,50 = 0,26$	tf/m
	$0,08 \times 0,80 \times 2,50 = 0,16$	tf/m
Pasarela	$0,48 \times 0,16 \times 2,50 = 0,19$	tf/m
	$0,90 \times 0,24 \times 2,50 = 0,54$	tf/m
	$0,60 \times 0,50 \times 2,50 = 0,75$	tf/m
Baranda	$0,10 \times 2,00 = 0,20$	tf/m
Balasto en Recta (1)	$6,80 \times 0,46 \times 2,25 = 7,04$	tf/m
o Balasto Curva (2)	$7,85 \times 0,46 \times 2,25 = 8,12$	tf/m
Rieles	$0,30 \times 2,00 = 0,60$	tf/m
Sellado	$0,01 \times 8,80 \times 2,20 = 0,19$	tf/m
Utilidad	$0,05 \times 8,40 = 0,42$	tf/m
<b>Total en Recta</b>	<b>10,59tf/m</b>	
<b>Total Curva</b>	<b>11,68tf/m</b>	

### 3.2 CARGA VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL)

Las cargas vivas no deben ser menores a las constituidas por un tren de dos coches cargados (fig. 1) y por un tren de dos coches cargados más la locomotora de maniobra (fig. 2). Cada carga será puesta sobre la estructura en diversas posiciones en forma tal como para determinar los máximos y mínimos momentos flectores y otras sollicitaciones.

- Carga máxima por eje de un coche cargado = 115,8 kN (11,58 tf).
- Carga máxima por eje de la locomotora de maniobra = 170,0 kN (17,00 tf).

Fig. 1

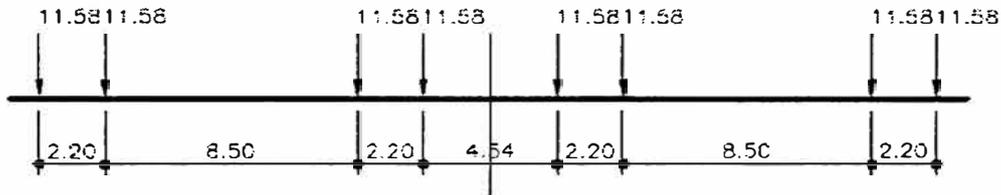
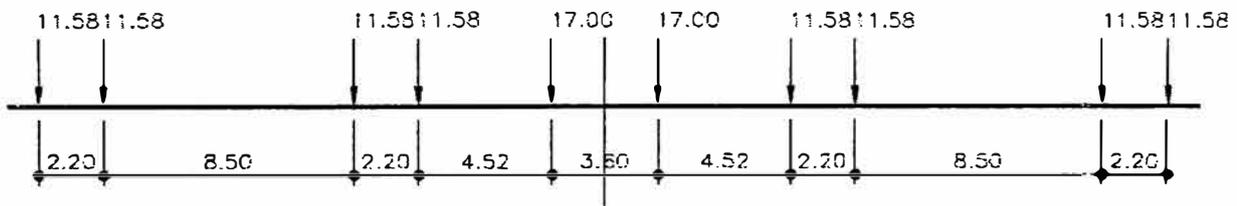


Fig. 2



Se aplica a la carga viva un coeficiente de incremento por efectos dinámicos IM, determinado según AREMA – Manual for Railway Engineering – Part 1 – ítem 1.3.5

- $IM = RE + 40 - 3L / 1600$ . ( para luces  $L < 80' = 24,38m$  ).
- $IM = RE + 16 + 600 / ( L - 30 )$ . ( para luces  $L > 80' = 24,38m$  ).

Observaciones:

- RE = 10% - considerándose la carga total por eje.
- Para vías con balasto, el valor final del coeficiente IM puede ser considerado 90% del valor de las fórmulas presentadas.

La tabla a seguir indica valores de IM para algunas luces del proyecto:

Luz ( m )	IM ( % )
15,0	40,9
20,0	37,7
25,0	33,8
30,0	31,3
35,0	29,8

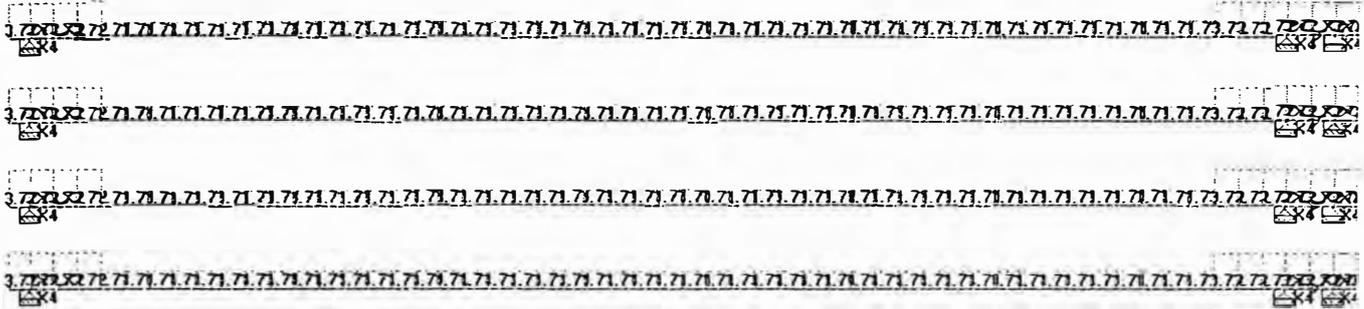


Figura: Peso de las vigas prefabricadas DC1.

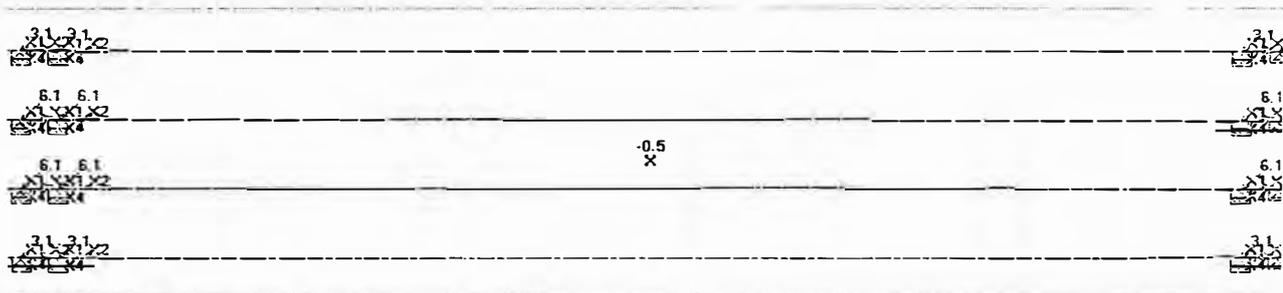


Figura: Peso losa vaciada in situ DC2.

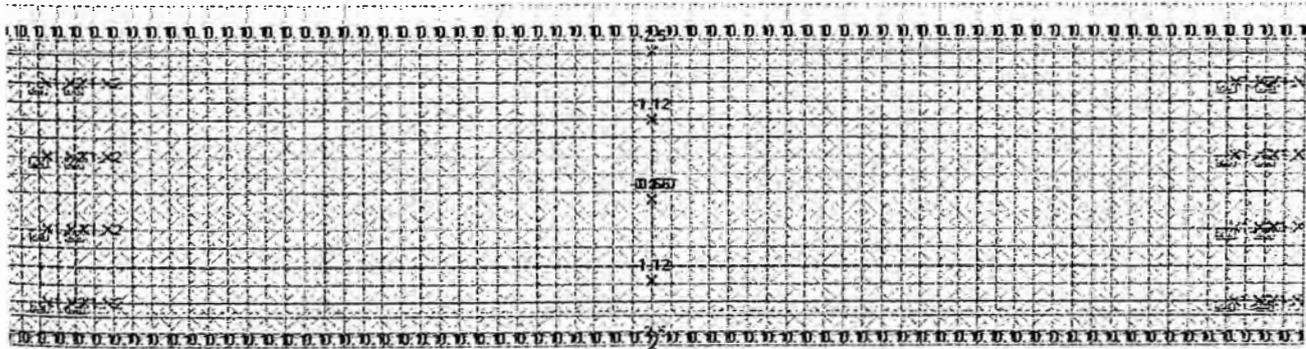


Figura: Cargas muertas no estructurales.

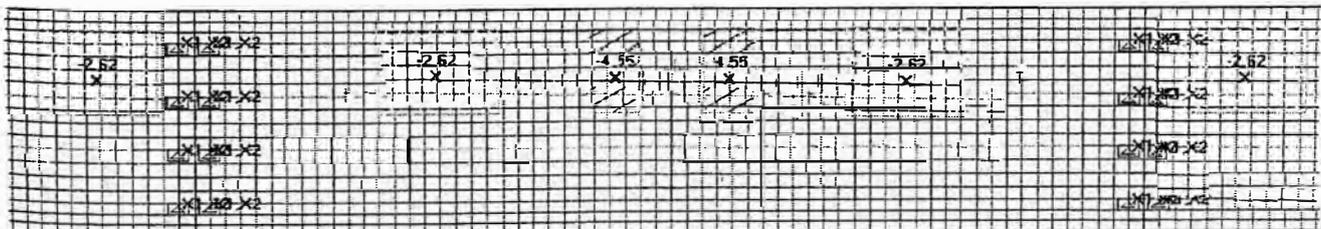


Figura: Ejemplo de carga del tren para Via 1.

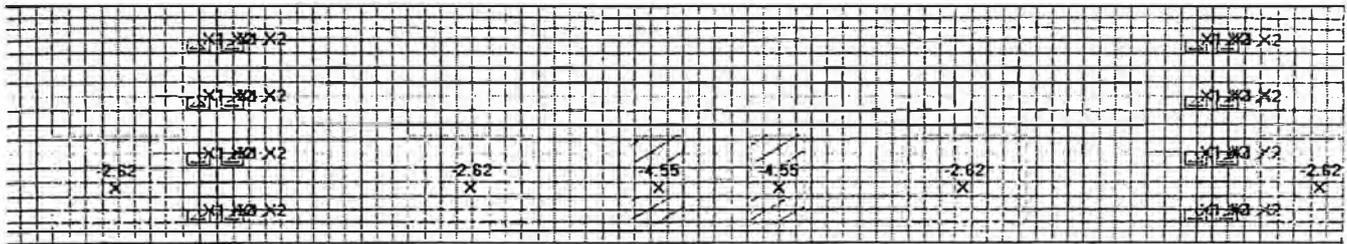


Figura: Ejemplo de carga del tren para Via2

#### 4. COMBINACIONES

SERVICE	$1,0 \cdot DC1 + 1,0 \cdot DC2 + 1,0 \cdot DW + 1,0 \cdot LL$
STRENGTH	$\eta_i \cdot (1,25 \cdot DC1 + 1,25 \cdot DC2 + 1,50 \cdot DW + 1,75 \cdot LL)$
FATIGUE	$1,0 \cdot DC1 + 1,0 \cdot DC2 + 1,0 \cdot DW + 0,75 \cdot LL$
EXTREME EVENT	$1,0 \cdot DC1 + 1,0 \cdot DC2 + 1,0 \cdot DW + 0,5 \cdot LL + 1,0 \cdot EQ$

Factor para la modificación de carga compuesto de tres factores:  $\eta_i = \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_I$

$\eta_D$  = Factor de Ductilidad = 1,00

$\eta_R$  = Factor de Redundancia = 1,05

$\eta_I$  = Factor de Importancia = 1,05

$\eta_i = 1,10$

## 5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS CABEZAL

### 5.1 REACIONES DE LOS TABLEROS Y ESFUERZOS SOLICITANTES

Entre los casos estudiados para el diseño de las vigas cabezal, los mayores esfuerzos son presentados en las hojas abajo para cada sección de estudio. El diseño fue dividido en las direcciones vertical y horizontal.

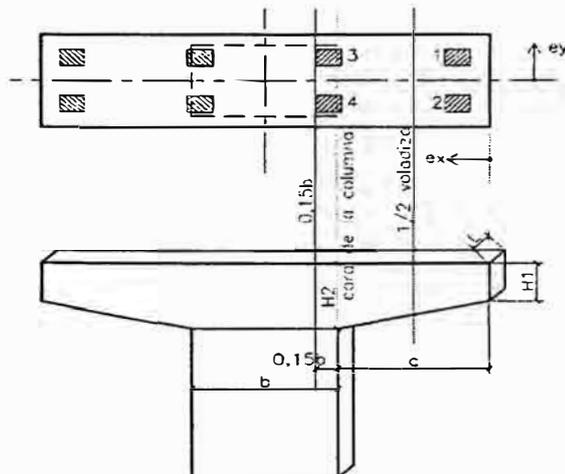
#### 5.1.1 Dirección vertical

#### TREN ELECTRICO DE LIMA Esfuerzos en la Viga Cabezal

Eje: C1

Caso: Torsión

Fecha: 8/6/2010



#### Dimensiones Columna / Cabezal

H1 =	1,000 m
H2 =	1,700 m
b =	1,870 m
c =	2,565 m
L =	1,700 m

Ubicación de los apoyos		
apoyo	ex (T) (m)	ey (L) (m)
1	0,500	0,550
2	0,500	-0,500
3	2,500	0,550
4	2,500	-0,500

REACCIONES EN LOS APOYOS						
Cargas	apoyo				Vd (tf)	Tsd (tf.m)
	1	2	3	4		
DC1	30,5	12,9	30,5	12,9		
DC2	20,1	11,6	21,6	12,0		
DW	36,9	25,0	26,7	17,2		
LL	33,2	0,0	36,1	0,0		
R DC	50,6	24,5	52,1	24,9	0,0	0,0
R service	120,7	49,5	114,9	42,1	0,0	0,0
R strength	176,7	68,1	168,4	56,9	0,0	0,0

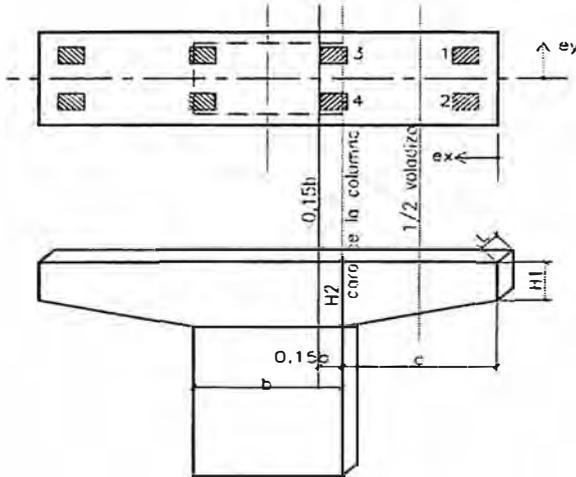
Sección	Esfuerzos					
	Md (tf.m)	Mfiss (tf.m)	Mfad-max (tf.m)	Mfad-min (tf.m)	Vd (tf)	Tsd (tf.m)
0,15 b	746,7	474,8	452,2	384,5	537,3	140,0
cara columna	595,9	378,9	361,2	308,0	537,3	140,0
1/2 voladizo	216,1	137,1	130,6	111,1	274,7	69,4

**TREN ELECTRICO DE LIMA**  
**Esfuerzos en la Viga Cabezal**

Eje: C2

Caso: Torsión

Fecha: 8/6/2010



**Dimensiones Columna / Cabezal**

H1 =	1,000 m
H2 =	1,700 m
b =	1,870 m
c =	2,565 m
L =	1,700 m

Ubicación de los apoyos		
apoyo	ex (T) (m)	ey (L) (m)
1	0,500	0,500
2	0,500	-0,550
3	2,500	0,500
4	2,500	-0,550

REACCIONES EN LOS APOYOS						
Cargas	apoyo					
	1	2	3	4		
DC1	33,9	30,5	33,9	30,5		
DC2	22,3	20,1	23,6	21,6		
DW	43,4	66,5	29,9	52,7		
LL	-35,4	77,4	-36,0	80,9		
R DC	56,2	50,6	57,5	52,1	0,0	0,0
R service	64,2	194,5	51,4	185,7	0,0	0,0
R strength	73,4	298,5	53,7	285,8	0,0	0,0

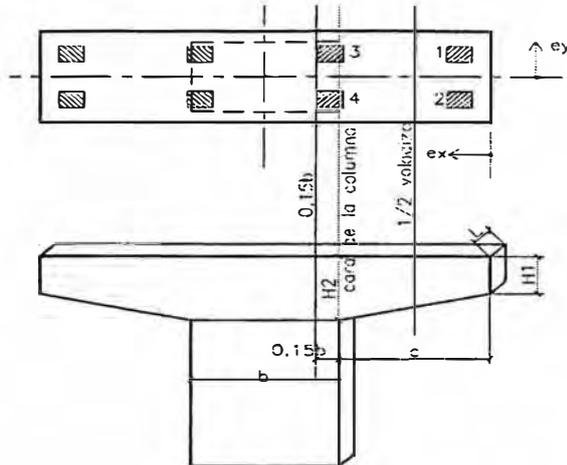
Sección	Esfuerzos					
	Md (tf.m)	Mfiss (tf.m)	Mfad-max (tf.m)	Mfad-min (tf.m)	Vd (tf)	Tsd (tf.m)
0,15 b	1117,8	710,1	681,6	596,0	802,7	-283,5
cara columna	892,6	566,9	544,5	477,2	802,7	-283,5
1/2 voladizo	325,4	206,3	198,1	173,5	414,4	-140,2

TREN ELECTRICO DE LIMA  
Esfuerzos en la Viga Cabezal

Eje: C2

Caso: Momento

Fecha: 8/6/2010



Dimensiones Columna / Cabezal

H1 =	1,000 m
H2 =	1,700 m
b =	1,870 m
c =	2,565 m
L =	1,700 m

Ubicación de los apoyos		
apoyo	ex (T) (m)	ey (L) (m)
1	0,500	0,500
2	0,500	-0,550
3	2,500	0,500
4	2,500	-0,550

REACCIONES EN LOS APOYOS

Cargas	apoyo					
	1	2	3	4		
DC1	33,9	30,5	33,9	30,5		
DC2	22,3	20,1	23,6	21,6		
DW	43,4	66,5	29,9	52,7		
LL	38,6	31,4	27,7	22,7		
R DC	56,2	50,6	57,5	52,1	0,0	0,0
R service	138,2	148,5	115,1	127,5	0,0	0,0
R strength	202,9	218,0	165,2	183,9	0,0	0,0

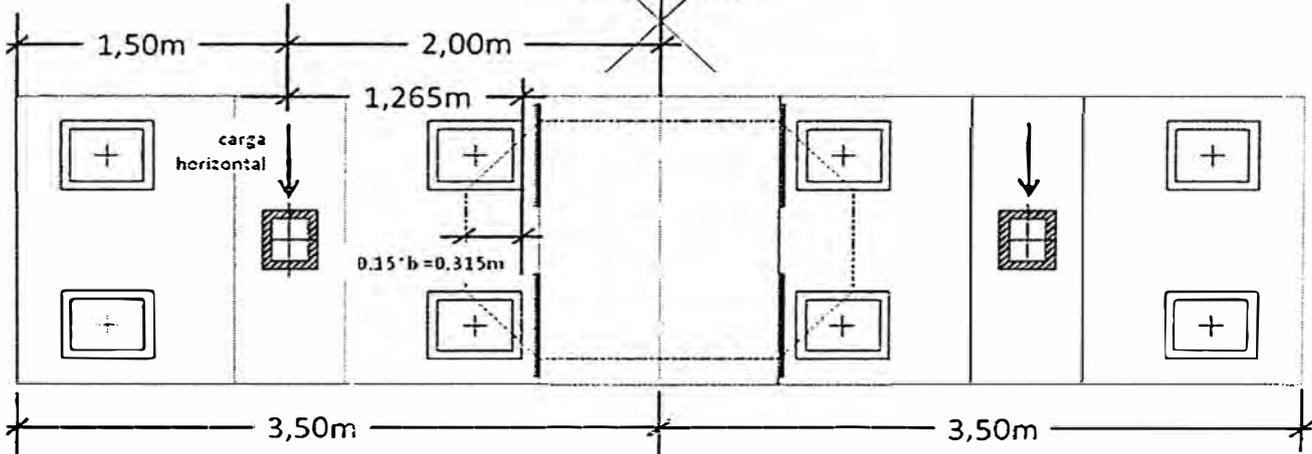
Esfuerzos

Sección	Md (tf.m)	Mfiss (tf.m)	Mfad-max (tf.m)	Mfad-min (tf.m)	Vd (tf)	Tsd (tf.m)
0,15 b	1247,9	777,6	732,2	596,0	867,2	-40,7
cara columna	1004,6	625,0	588,1	477,2	867,2	-40,7
1/2 voladizo	367,6	228,2	214,6	173,5	468,3	-20,3

### 5.1.2 Dirección Horizontal

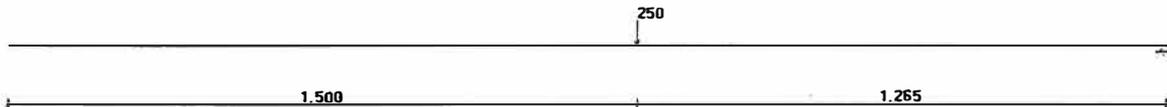
Debido al gran tamaño de la columna se consideró que lo peor momento sería a una distancia de  $0,15 \cdot b$  para dentro de la columna, donde  $b$  es el ancho equivalente de la columna (2,10m).

PLANTA SUPERIOR VIGA CABEZAL  
esc. 1:25



La carga horizontal considerada fue de 250 tf para cada aparelho de restricción longitudinal, valor resultante del sismo longitudinal.

En las combinaciones para cargas de sismo (EXTREME EVENT) lo factor de mayoracion es 1,00.



Modelo utilizado

#### • Esfuerzos



Flexión – tf.m



Corte – tf





**EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y  
ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE  
TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO**

**Memorial de Cálculo – Vigas Cabezal - módulo 1E – Tramo E**

Doc. N°:  
CTEL-FFE-VTE-EST-CAL-30133

Rev.: 01

Fecha: 21-Ago-10

Página: 17/31

Torsión – tf.m



**EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y  
ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE  
TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO**

**Memorial de Cálculo – Vigas Cabezal - módulo 1E – Tramo E**

Doc. N°:  
CTEL-FFE-VTE-EST-CAL-30133

Rev.: 01

Fecha: 21-Ago-10

Página: 18/31

## **5.2 VERIFICACIÓN DEL ESTADO LIMITE ÚLTIMO (FLEXION, CORTE Y TORSION)**

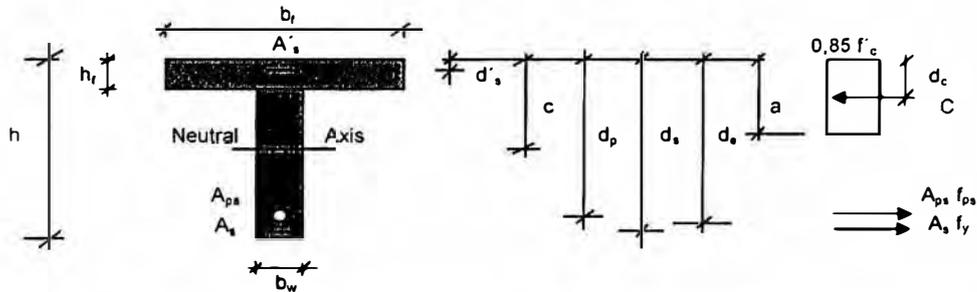
### **5.2.1 Dirección vertical**

Los peores casos de corte e flexión ocurren simultáneamente en las secciones de estudio, el peor caso de torsión ocurre solo. Abajo son presentados los diseños de los principales casos para cada sección.

**FLEXURAL RESISTANCE (AASHTO)**

Sección (0,15\*b) - Flexión y Corte - C2

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular section behavior



MATERIALS	f' <sub>c</sub>	f <sub>y (long.)</sub>	f <sub>y (transv.)</sub>	f <sub>pu</sub>	f <sub>py</sub>	k	β <sub>1</sub>	f <sub>ps</sub>
(tf/cm <sup>2</sup> )	0,28	4,2	4,2	19,0	17,1	0,28	0,850	-136,9

AREAS	A' <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>ps</sub>	PPR	N <sub>p00</sub>	f <sub>p0</sub> =0,7*f <sub>pu</sub>	C <sub>nic.</sub>
(cm <sup>2</sup> )	0,0	240,00	0,00	0,000	0,0	13,3	29,3

SECCION A	b <sub>w</sub>	b <sub>f</sub>	h	h <sub>f</sub>	d' <sub>s</sub>	d <sub>p</sub>	d <sub>s</sub>	d <sub>e</sub>
(cm)	170,0	170,0	170,0	0,0	0,0	1,0	155,0	155,00

SECCION	Type	c	a = β <sub>1</sub> c	d <sub>c</sub>	d <sub>v</sub>	A <sub>sk (skin)</sub>
BEHAVIOR	q	29,3	24,9	12,5	142,5	7,90

Maximum reinforcement	c/d <sub>e</sub> =	0,189
-----------------------	--------------------	-------

(OK)

Resistance factor (PPR)	φ =	0,900
-------------------------	-----	-------

	REINFORCED SECCION	OVERREINFORCED SECCION (c/d <sub>e</sub> > 0,42)
Nominal resistance M <sub>n</sub> (tf.m)	1436,8	
Factored resistance M <sub>r</sub> = φ * M <sub>n</sub> (tf.m)	1293,2	

For Rectangular section use b<sub>f</sub> = b<sub>w</sub> and h<sub>f</sub> = 0

**SHEAR + TORSION RESISTANCE (AASHTO)**

SECCION	V <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	V <sub>p00</sub>	V <sub>u (+ torsion)</sub>	V <sub>u lim</sub>	A <sub>sw (min)</sub>
A	867,2	40,7	0,0	1247,9	0,0	871,0	1526,6	17,78

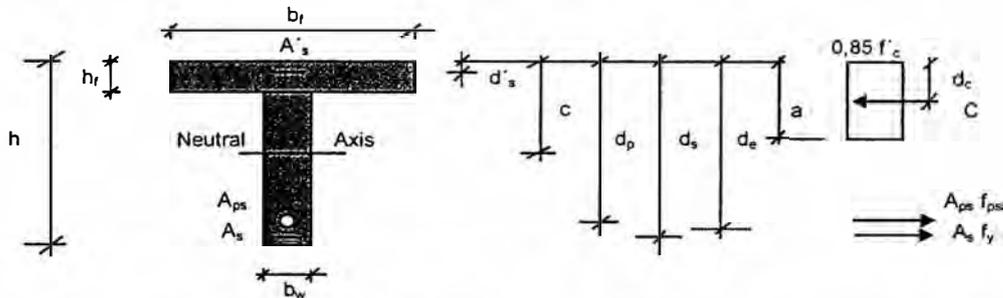
SECCION	θ (deg)	β	φ	A <sub>ch</sub> (cm <sup>2</sup> )	P <sub>n</sub> (cm)	b <sub>v</sub> (cm)	A <sub>ct</sub> (cm <sup>2</sup> )	F <sub>e</sub>
A	36,7	1,940	0,90	16900	640,0	170,0	14450	0,122

SECCION	v	v / f' <sub>c</sub>	ε <sub>x</sub> (‰)	V <sub>c</sub>	V <sub>s</sub>	A <sub>sw</sub> / s	A <sub>st</sub> / s
A	0,050	0,178	1,448	206,4	757,1	94,32	2,80

### FLEXURAL RESISTANCE (AASHTO)

Sección (cara columna) - Flexión y Corte - C2

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular seccion behavior



MATERIALS	$f'_c$	$f_y$ (long.)	$f_y$ (transv.)	$f_{pu}$	$f_{py}$	$\lambda$	$\beta_1$	$f_{ps}$
(tf/cm <sup>2</sup> )	0,28	4,2	4,2	19,0	17,1	0,28	0,850	-136,9

AREAS	$A'_s$	$A_s$	$A_{ps}$	PPR	$N_{p00}$	$f_{p0} = 0,7 * f_{pu}$	$C_{inic.}$
(cm <sup>2</sup> )	0,0	240,00	0,00	0,000	0,0	13,3	29,3

SECCION A	$b_w$	$b_r$	$h$	$h_r$	$d'_s$	$d_p$	$d_s$	$d_e$
(cm)	170,0	170,0	170,0	170,0	0,0	1,0	155,0	155,00

SECCION BEHAVIOR	Type	$c$	$a = \beta_1 c$	$d_c$	$d_v$	$A_{sk}$ (skin)
	R	29,3	24,9	12,5	142,5	7,90

Maximum reinforcement	$c/d_e =$	0,189
-----------------------	-----------	-------

(OK)

Resistance factor (PPR)	$\phi =$	0,900
-------------------------	----------	-------

	REINFORCED SECCION	OVERREINFORCED SECCION ( $c/d_e > 0,42$ )
Nominal resistance $M_n$ (tf.m)	1436,8	
Factored resistance $M_r = \phi * M_n$ (tf.m)	1293,2	

For Rectangular seccion use  $b_r = b_w$  and  $h_r = 0$

### SHEAR + TORSION RESISTANCE (AASHTO)

SECCION	$V_u$	$T_u$	$N_u$	$M_u$	$V_{p00}$	$V_u$ (+ torsion)	$V_u$ lim	$A_{sw}$ (min)
A	867,2	40,7	0,0	1004,6	0,0	871,0	1526,6	17,78

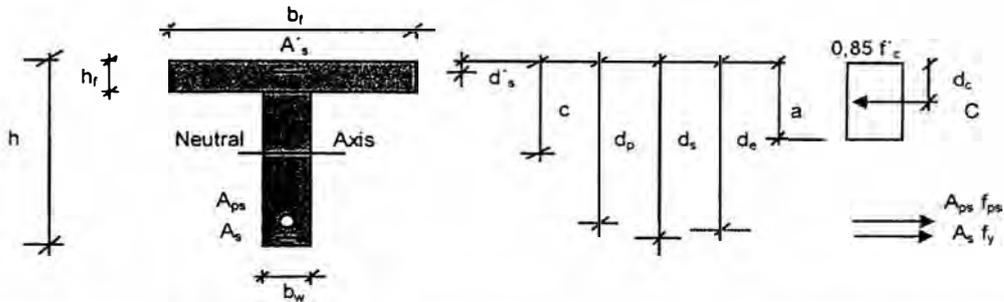
SECCION	$\theta$ (deg)	$\beta$	$\phi$	$A_{ch}$ (cm <sup>2</sup> )	$P_h$ (cm)	$b_v$ (cm)	$A_{ct}$ (cm <sup>2</sup> )	$F_e$
A	36,7	1,940	0,90	16900	640,0	170,0	14450	0,122

SECCION	$v$	$v / f'_c$	$\epsilon_x$ (%)	$V_c$	$V_s$	$A_{sw} / s$	$A_{st} / s$
A	0,050	0,178	1,278	206,4	757,1	94,32	2,80

**FLEXURAL RESISTANCE (AASHTO)**

Sección (1/2 voladizo) - Flexión y Corte - C2

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular seccion behavior



MATERIALS	f'c	fy (long.)	fy (transv.)	fpu	fpy	k	β1	fps
(tf/cm <sup>2</sup> )	0,28	4,2	4,2	19,0	17,1	0,28	0,850	-136,9

AREAS	A's	A <sub>s</sub>	A <sub>ps</sub>	PPR	N <sub>poo</sub>	f <sub>po</sub> = 0,7 * f <sub>pu</sub>	C <sub>inic.</sub>
(cm <sup>2</sup> )	0,0	240,00	0,00	0,000	0,0	13,3	29,3

SECCION A	b <sub>w</sub>	b <sub>r</sub>	h	h <sub>r</sub>	d's	d <sub>p</sub>	d <sub>s</sub>	d <sub>e</sub>
(cm)	170,0	170,0	135,0	135,0	0,0	1,0	120,0	120,00

SECCION BEHAVIOR	Type	c	a = β <sub>1</sub> c	d <sub>c</sub>	d <sub>v</sub>	A <sub>sk (skin)</sub>
	R	29,3	24,9	12,5	108,0	4,40

Maximum reinforcement	c/d <sub>e</sub> =	0,244
-----------------------	--------------------	-------

(OK)

Resistance factor (PPR)	φ =	0,900
-------------------------	-----	-------

	REINFORCED SECCION	OVERREINFORCED SECCION (c/d <sub>e</sub> > 0,42)
Nominal resistance M <sub>n</sub> (tf.m)	1084,0	
Factored resistance M <sub>r</sub> = φ * M <sub>n</sub> (tf.m)	975,6	

For Rectangular seccion use b<sub>r</sub> = b<sub>w</sub> and h<sub>r</sub> = 0

**SHEAR + TORSION RESISTANCE (AASHTO)**

SECCION	V <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	V <sub>poo</sub>	V <sub>u (+ torsion)</sub>	V <sub>u lim</sub>	A <sub>sw (min)</sub>
A	468,3	20,3	0,0	367,6	0,0	470,5	1156,7	17,78

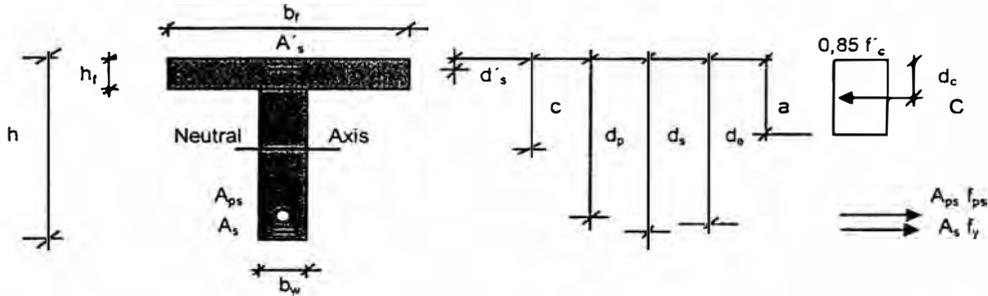
SECCION	θ (deg)	β	φ	A <sub>ch</sub> (cm <sup>2</sup> )	P <sub>h</sub> (cm)	b <sub>v</sub> (cm)	A <sub>ct</sub> (cm <sup>2</sup> )	F <sub>e</sub>
A	34,1	2,225	0,90	13500	570,0	170,0	11475	0,149

SECCION	v	v / f'c	ε <sub>x</sub> (‰)	V <sub>c</sub>	V <sub>s</sub>	A <sub>sw</sub> / s	A <sub>st</sub> / s
A	0,035	0,126	0,683	179,4	341,0	50,87	1,58

**FLEXURAL RESISTANCE (AASHTO)**

Sección (0,15\*b) - Torsión - C2

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular seccion behavior



MATERIALS	f'c	f <sub>y</sub> (long.)	f <sub>y</sub> (transv.)	f <sub>pu</sub>	f <sub>py</sub>	k	β1	f <sub>ps</sub>
(tf/cm <sup>2</sup> )	0,28	4,2	4,2	19,0	17,1	0,28	0,850	-136,9

AREAS	A'_s	A <sub>s</sub>	A <sub>ps</sub>	PPR	N <sub>poo</sub>	f <sub>po</sub> =0,7*f <sub>pu</sub>	C <sub>nic.</sub>
(cm <sup>2</sup> )	0,0	240,00	0,00	0,000	0,0	13,3	29,3

SECCION A	b <sub>w</sub>	b <sub>f</sub>	h	h <sub>f</sub>	d'_s	d <sub>p</sub>	d <sub>s</sub>	d <sub>e</sub>
(cm)	170,0	170,0	170,0	0,0	0,0	1,0	155,0	155,00

SECCION BEHAVIOR	Type	c	a = β <sub>1</sub> c	d <sub>c</sub>	d <sub>v</sub>	A <sub>sk</sub> (skin)
T	T	29,3	24,9	12,5	142,5	7,90

Maximum reinforcement	c/d <sub>e</sub> =	0,189
-----------------------	--------------------	-------

(OK)

Resistance factor (PPR)	φ =	0,900
-------------------------	-----	-------

	REINFORCED SECCION	OVERREINFORCED SECCION (c/d <sub>e</sub> > 0,42)
Nominal resistance M <sub>n</sub> (tf.m)	1436,8	
Factored resistance M <sub>r</sub> = φ * M <sub>n</sub> (tf.m)	1293,2	

For Rectangular seccion use b<sub>f</sub> = b<sub>w</sub> and h<sub>f</sub> = 0

**SHEAR + TORSION RESISTANCE (AASHTO)**

SECCION	V <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	V <sub>poo</sub>	V <sub>u</sub> (+ torsion)	V <sub>u</sub> lim	A <sub>sw</sub> (min)
A	802,7	283,5	0,0	1117,8	0,0	983,6	1526,6	17,78

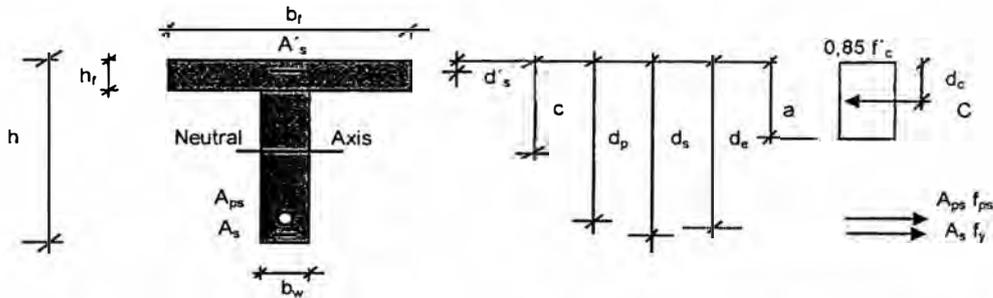
SECCION	θ (deg)	β	φ	A <sub>ch</sub> (cm <sup>2</sup> )	P <sub>h</sub> (cm)	b <sub>v</sub> (cm)	A <sub>ct</sub> (cm <sup>2</sup> )	F <sub>a</sub>
A	35,8	1,500	0,90	16900	640,0	170,0	14450	0,122

SECCION	v	v / f'c	ε <sub>x</sub> (‰)	V <sub>c</sub>	V <sub>s</sub>	A <sub>sw</sub> / s	A <sub>st</sub> / s
A	0,107	0,384	1,454	159,6	732,2	88,21	18,83

### FLEXURAL RESISTANCE (AASHTO)

Sección (cara columna) - Torsión - C2

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular seccion behavior



MATERIALS	$f'_c$	$f_y$ (long.)	$f_y$ (transv.)	$f_{pu}$	$f_{py}$	k	$\beta_1$	$f_{ps}$
(tf/cm <sup>2</sup> )	0,28	4,2	4,2	19,0	17,1	0,28	0,850	-136,9

AREAS	$A'_s$	$A_s$	$A_{ps}$	PPR	$N_{poo}$	$f_{po}=0,7*f_{pu}$	$C_{inic.}$
(cm <sup>2</sup> )	0,0	240,00	0,00	0,000	0,0	13,3	29,3

SECCION A	$b_w$	$b_r$	h	$h_r$	$d'_s$	$d_p$	$d_s$	$d_e$
(cm)	170,0	170,0	170,0	170,0	0,0	1,0	155,0	155,00

SECCION BEHAVIOR	Type	c	$a = \beta_1 c$	$d_c$	$d_v$	$A_{sk} (skin)$
	R	29,3	24,9	12,5	142,5	7,90

Maximum reinforcement	$c/d_e =$	0,189
-----------------------	-----------	-------

(OK)

Resistance factor (PPR)	$\phi =$	0,900
-------------------------	----------	-------

	REINFORCED SECCION	OVERREINFORCED SECCION ( $c/d_e > 0,42$ )
Nominal resistance $M_n$ (tf.m)	1436,8	
Factored resistance $M_r = \phi * M_n$ (tf.m)	1293,2	

For Rectangular seccion use  $b_r = b_w$  and  $h_r = 0$

### Shear + Torsion Resistance (AASHTO)

SECCION	$V_u$	$T_u$	$N_u$	$M_u$	$V_{poo}$	$V_u (+ torsion)$	$V_{u lim}$	$A_{sw} (min)$
A	802,7	283,5	0,0	892,6	0,0	983,6	1526,6	17,78

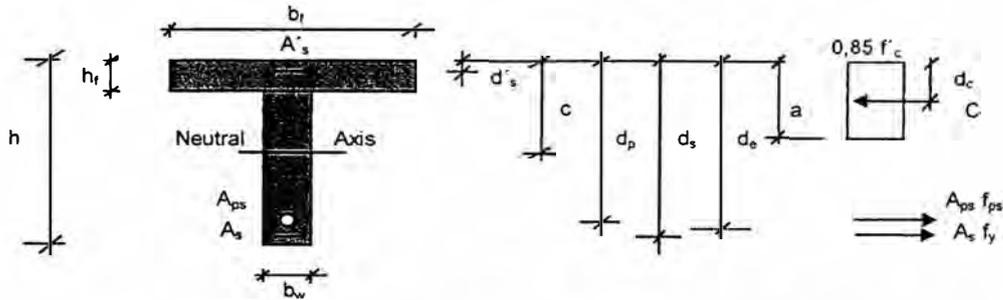
SECCION	$\theta$ (deg)	$\beta$	$\phi$	$A_{ch} (cm^2)$	$P_h (cm)$	$b_v (cm)$	$A_{cl} (cm^2)$	$F_o$
A	35,8	1,500	0,90	16900	640,0	170,0	14450	0,122

SECCION	v	$v / f'_c$	$\epsilon_x (\%o)$	$V_c$	$V_s$	$A_{sw} / s$	$A_{st} / s$
A	0,107	0,384	1,298	159,6	732,2	88,21	18,83

**FLEXURAL RESISTANCE (AASHTO)**

Sección (1/2 voladizo) - Torsión - C2

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular section behavior



MATERIALS	$f'_c$	$f_y$ (long.)	$f_y$ (transv.)	$f_{pu}$	$f_{py}$	k	$\beta_1$	$f_{ps}$
(tf/cm <sup>2</sup> )	0,28	4,2	4,2	19,0	17,1	0,28	0,850	-136,9

AREAS	$A'_s$	$A_s$	$A_{ps}$	PPR	$N_{p00}$	$f_{p0}=0,7*f_{pu}$	$C_{inicc}$
(cm <sup>2</sup> )	0,0	240,00	0,00	0,000	0,0	13,3	29,3

SECCION A	$b_w$	$b_f$	h	$h_r$	$d'_s$	$d_p$	$d_s$	$d_e$
(cm)	170,0	170,0	135,0	135,0	0,0	1,0	120,0	120,00

SECCION BEHAVIOR	Type	c	$a = \beta_1 c$	$d_c$	$d_v$	$A_{sk}$ (skin)
	R	29,3	24,9	12,5	108,0	4,40

Maximum reinforcement	$c/d_e =$	0,244
-----------------------	-----------	-------

(OK)

Resistance factor (PPR)	$\phi =$	0,900
-------------------------	----------	-------

	REINFORCED SECCION	OVERREINFORCED SECCION ( $c/d_e > 0,42$ )
Nominal resistance $M_n$ (tf.m)	1084,0	
Factored resistance $M_r = \phi * M_n$ (tf.m)	975,6	

For Rectangular section use  $b_f = b_w$  and  $h_r = 0$

**SHEAR + TORSION RESISTANCE (AASHTO)**

SECCION	$V_u$	$T_u$	$N_u$	$M_u$	$V_{p00}$	$V_u$ (+torsion)	$V_{u\ lim}$	$A_{sw}$ (min)
A	414,4	140,2	0,0	325,4	0,0	519,6	1156,7	17,78

SECCION	$\theta$ (deg)	$\beta$	$\phi$	$A_{ch}$ (cm <sup>2</sup> )	$P_h$ (cm)	$b_v$ (cm)	$A_{ct}$ (cm <sup>2</sup> )	$F_e$
A	33,4	1,764	0,90	13500	570,0	170,0	11475	0,149

SECCION	v	$v / f'_c$	$\epsilon_x$ (%)	$V_c$	$V_s$	$A_{sw} / s$	$A_{st} / s$
A	0,074	0,264	0,690	142,2	318,2	46,18	10,64

$V_u$  (tf) = factored shear force

$T_u$  (tf.m) = factored torsional moment

$N_u$  (tf) = factored axial force taken as positive if tensile (not prestressing force)

$M_u$  (tf.m) = factored moment

$V_p$  (tf) = component in the direction of the applied shear of the effective prestressing force;  
positive if resisting the applied shear

$A_{ch}$  (cm<sup>2</sup>) = area enclosed by centerline of exterior closed transverse torsions reinforcement,  
including area of any holes

$P_h$  (cm) = perimeter of centerline of the closed transverse torsion reinforcement

$A_{ct}$  (cm<sup>2</sup>) = area of concrete on the flexural tension side of the member

$A_{sw}/s$  (cm<sup>2</sup>/m) = area of shear reinforcement within a distance  $s$

$A_{st}/s$  (cm<sup>2</sup>/m) = area of one leg of closed transverse torsion reinforcement within a distance  $s$

$A_{sl}$  (cm<sup>2</sup>) = area of longitudinal reinforcement

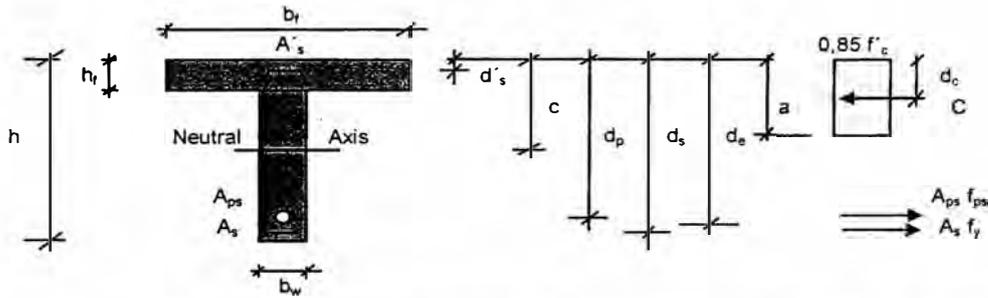
$N_{p00}$  (tf) = axial prestressing force at a section after all losses

## 5.2.2 Dirección horizontal

### FLEXURAL RESISTANCE (AASHTO)

Sección (0,15\*b) - Flexión, Corte y Torsion

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular section behavior



MATERIALS	$f'_c$	$f_y$ (long.)	$f_y$ (transv.)	$f_{pu}$	$f_{py}$	k	$\beta_1$	$f_{ps}$
(tf/cm <sup>2</sup> )	0,28	4,2	4,2	19,0	17,1	0,28	0,850	-52,5

AREAS	$A'_s$	$A_s$	$A_{ps}$	PPR	$N_{p00}$	$f_{p0}=0,7*f_{pu}$	$C_{nic.}$
(cm <sup>2</sup> )	0,0	110,00	0,00	0,000	0,0	13,3	13,4

SECCION A	$b_w$	$b_r$	h	$h_f$	$d'_s$	$d_p$	$d_s$	$d_e$
(cm)	170,0	170,0	170,0	0,0	0,0	1,0	160,0	160,00

SECCION BEHAVIOR	Type	c	$a = \beta_1 c$	$d_c$	$d_v$	$A_{sk} (skin)$
	q	13,4	11,4	5,7	154,3	8,40

Maximum reinforcement	$c/d_e =$	0,084
-----------------------	-----------	-------

(OK)

Resistance factor (PPR)	$\phi =$	0,900
-------------------------	----------	-------

	REINFORCED SECCION	OVERREINFORCED SECCION ( $c/d_e > 0,42$ )
Nominal resistance $M_n$ (tf.m)	712,8	
Factored resistance $M_r = \phi * M_n$ (tf.m)	641,5	

For Rectangular section use  $b_r = b_w$  and  $h_f = 0$

### SHEAR + TORSION RESISTANCE (AASHTO)

SECCION	$V_u$	$T_u$	$N_u$	$M_u$	$V_{p00}$	$V_u (+ torsion)$	$V_{u lim}$	$A_{sw} (min)$
A	250,0	287,0	0,0	316,0	0,0	627,4	1652,5	17,78

SECCION	$\theta$ (deg)	$\beta$	$\phi$	$A_{ch} (cm^2)$	$P_h (cm)$	$b_v (cm)$	$A_{ct} (cm^2)$	$F_e$
A	35,8	1,500	0,90	16900	640,0	170,0	14450	0,060

SECCION	v	$v / f'_c$	$\epsilon_x$ (‰)	$V_c$	$V_s$	$A_{sw} / s$	$A_{st} / s$
A	0,082	0,293	1,385	172,8	105,0	11,68	19,06



**EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y  
ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE  
TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO**

**Memorial de Cálculo – Vigas Cabezal - módulo 1E – Tramo E**

Doc. N°:  
CTEL-FFE-VTE-EST-CAL-30133

Rev.: 01

Fecha: 21-Ago-10

Página: 27/31

### 5.2.3 Armaduras utilizadas:

- Flexión vertical  
48  $\phi$  1"
- Flexión horizontal:  
22  $\phi$  1"
- Transversal vertical (torsión + corte)  
6 ramos  $\phi$  5/8" c/ 15cm o c/7,5cm dependiendo de la región de la viga cabezal.
- Transversal horizontal (torsión + corte)  
2 ramos  $\phi$  5/8" c/ 15cm o c/7,5cm dependiendo de la región de la viga cabezal.

### 5.3 ARMADURAS MINIMAS

- Armadura mínima longitudinal (5.7.3.3.2 AASHTO):  
 $f_r = 0,97 * (f_c)^{1/2} = 0,97 * (28)^{1/2} = 5,13 \text{ MPa}$   
 $M = 1,2 * M_r = 1,2 * 0,82 * 513 = 504 \text{ tf.m}$   
 $A_{s_{min}} = 89 \text{ cm}^2$

- Armadura mínima transversal (5.8.2.5 AASHTO):  
 $A_{s_{min}} \geq 0,083 * (f_c)^{1/2} * b_v * s / f_y$   
 $A_{s_{min}} = 0,083 * (28)^{1/2} * 1,70 / 42000 * 100 = 17,8 \text{ cm}^2$

- Armadura de pele (5.7.3.4 AASHTO):  
 $Ask \geq 0,001 * (d_e - 760) = 0,001 * (1550 - 760)$   
 $Ask = 0,8 \text{ mm}^2/\text{mm} = 8 \text{ cm}^2/\text{m}$

### 5.4 LIMITACIÓN DE LA FISURACIÓN (ÍTEM 5.7.3.4 DE LA AASHTO)

Sección (0,15\*b)  
 -Ms = 735,0 tf.m  
 -Armadura 48  $\phi$  1"

Tensión en la armadura inferior bajo cargas de servicio:  $\sigma_s = 225 \text{ MPa}$

$$\beta_s = 1 + d_c / (0,7 * (h - d_c)) = 1 + 70 / (0,7 * (1700 - 70)) = 1,06135$$

$$s \leq (123000 * \gamma_c) / (\beta_s * f_{ss}) - 2 * d_c = (123000 * 0,75) / (1,06135 * 225) - 2 * 70 = 246 \text{ mm}$$

### 5.5 VERIFICACIÓN DE LA FATIGA (ÍTEM 5.5.3 DE LA AASHTO)

Fueron verificados los casos de mayores variaciones del momento de fatiga para cada sección de estudio.

Abajo se presenta la tabla de diseño para fatiga:

VERIFICACIÓN DE LA FATIGA - AASHTO																
DESCRIPCIÓN	Mu (tf.m)	Mmáx (tf.m)	Mmín (tf.m)	Asreq. (cm²)	Asprop. (cm²)	bw (m)	d (m)	X (m)	J (m³)	fc máx (tf/m²)	fs máx (tf/m²)	fs mín (tf/m²)	Δfs (tf/m²)	fr lim (tf/m²)	Kfad	
Sección-(0,15*b)	1247,87	732,24	596,05	230,88	243,36	1,70	1,550	0,629	0,45066	1022	22448	18273	4175	10570	1,00	
Sección-(cara pila)	1004,63	588,09	477,22	182,67	243,36	1,70	1,550	0,629	0,45066	821	18029	14630	3399	11772	1,00	
Sección-(1/2 voladizo)	367,61	214,55	173,47	64,12	243,36	1,70	1,550	0,629	0,45066	299	6578	5318	1259	14845	1,00	

$$M_{max} = 1,0 * \text{Cargas Muertas} + 0,75 * \text{Cargas Vivas}$$

$$f_r = 166 - 0,33 f_{mín}$$

$$\Delta f_s = f_{s_{max}} - f_{s_{min}}$$

$$M_{min} = 1,0 * \text{Cargas Muertas}$$

$$\Delta f_s < f_r$$

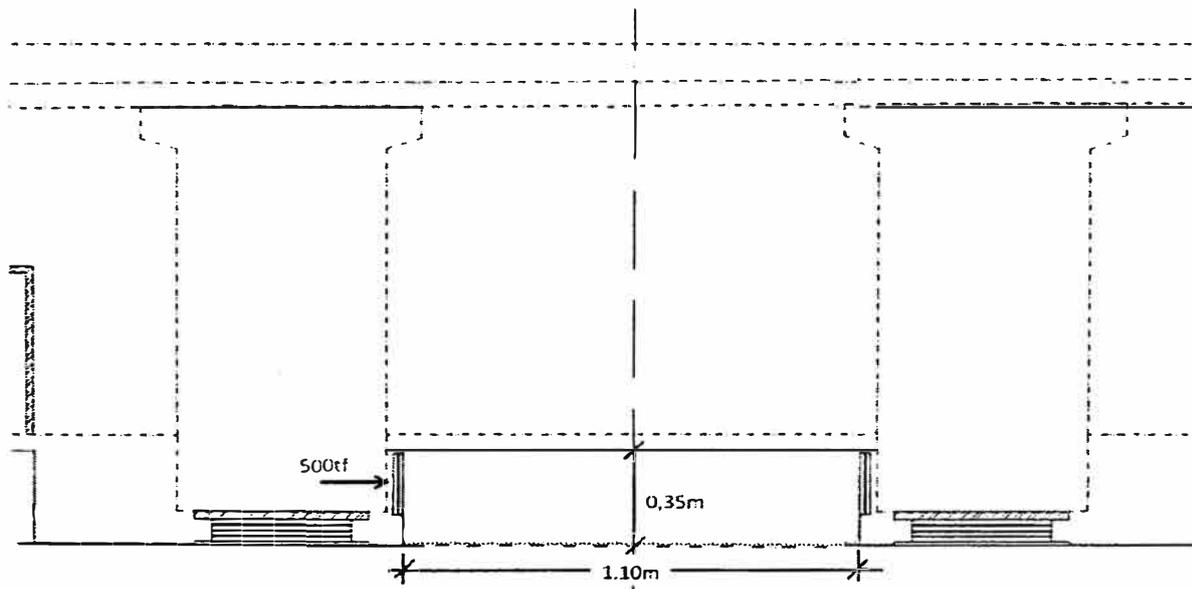
## 6. LLAVE DE CORTE

### 6.1 VERIFICACIÓN “SHEAR FRICTION” (AASHTO 5.8.4)

$$V_{ri} \geq V_{ui}$$

$$V_{ri} = \phi * V_{ni}$$

$$V_{ni} = c * A_{cv} + \mu * (A_{vf} * f_y + P_c)$$



Detalle de la llave de corte

Para la combinación de cargas de sismo “EXTREME EVENT” el factor  $\phi = 1.0$ .

$$V_{ui} = 500 \text{ tf}$$

Para concreto de densidad normal vaciado contra superficie rugosa tenemos:

$$\mu = 1,00$$

$$c = 1,70 \text{ MPa}$$

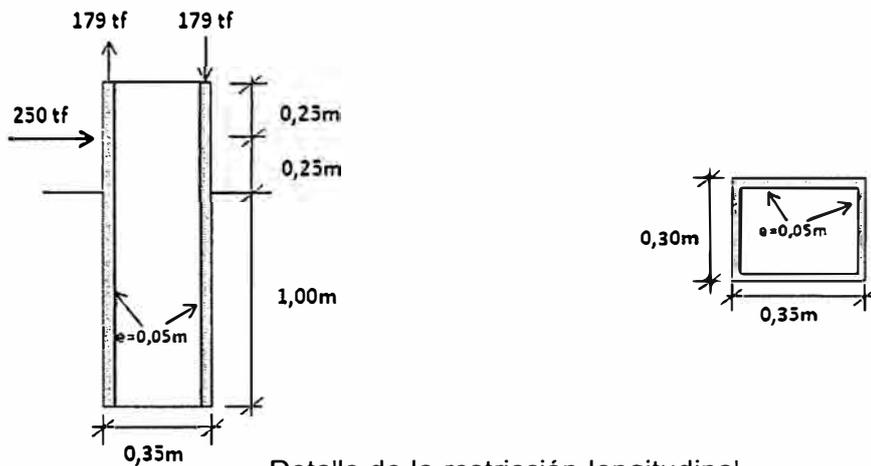
$$V_{ri} \geq V_{ui}$$

$$V_{ri} = 1 * (c * A_{cv} + 1,00 * (A_{vf} * 4,2 + 0)) \geq 500 \text{ tf}$$

$$A_{vf} \geq 500 / 4,2 \geq 119 \text{ cm}^2$$

## 7. VERIFICACIÓN DE LA REGIÓN DE LA RESTRICCIÓN LONGITUDINAL

Carga de sismo longitudinal = 250tf



Detalle de la restricción longitudinal

- Presión en el concreto:

$$P_d = 250 / (0,5 * 0,3) = 1666,7 \text{ tf/m}^2$$

$$P_u = 0,85 * f'_c / 1,4 = 0,85 * 2800 / 1,4 = 1700 \text{ tf/m}^2$$

$P_d \leq P_u$  por tanto, ok!

- Compresión en el tubo metálico debido a flexión:

$$F = M / d = 250 * 0,25 / 0,35 = 179 \text{ tf}$$

$$T = 179 / (0,3 * 0,05) = 11933,3 \text{ tf/m}^2 \leq 0,6 * f'_y = 0,6 * 42000 = 25200 \text{ tf/m}^2 \text{ por tanto, ok!}$$

- Corte en el tubo metálico:

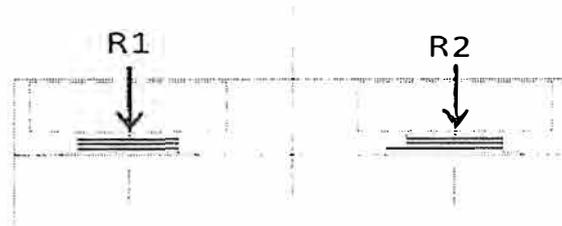
$$T_{vd} = 250 / (0,05 * 0,35 * 2) = 7143 \text{ tf/m}^2 \leq 0,4 * f'_y = 0,4 * 42000 = 168000 \text{ tf/m}^2 \text{ por tanto, ok!}$$

- Armadura de zunchado:

$$Z_d = 0,25 * 250 = 62,5 \text{ tf}$$

$$A_s = 62,5 / (0,9 * 4,2) = 16,5 \text{ cm}^2$$

## 8. ARMADURA DE ZUNCHADO



- Máxima reacción en el aparato de apoyo:

$$DC = (30,5+20,1) * 1,25 = 63,25 \text{ tf}$$

$$DW = 66,5 * 1,50 = 99,75 \text{ tf}$$

$$LL = 74,4 * 1,75 = 130,2 \text{ tf}$$

$$R1_{max} = (63,25+99,75+130,2)*1,1 = 322,52 \text{ tf}$$

$$Zd = 0,3 * 322,52 * (1 - 0,3/0,5) = 38,70 \text{ tf}$$

$$As = 38,70 / (0,9 * 4,2) = 10,24 \text{ cm}^2$$

Entre apoyos:

R1

$$DC = (30,5+20,1) * 1,25 = 63,25 \text{ tf}$$

$$DW = 66,5 * 1,50 = 99,75 \text{ tf}$$

$$LL = 31,4 * 1,75 = 54,95 \text{ tf}$$

$$R1 = (63,25+99,75+54,95)*1,1 = 239,75 \text{ tf}$$

R2

$$DC = (33,9+22,3) * 1,25 = 70,25 \text{ tf}$$

$$DW = 43,4 * 1,50 = 65,1 \text{ tf}$$

$$LL = 38,6 * 1,75 = 67,55 \text{ tf}$$

$$R2 = (70,25+65,1+67,55)*1,1 = 223,19 \text{ tf}$$

$$Z = 0,2 * (239,75+223,19) = 95,59 \text{ tf}$$

$$As = 95,59 / (0,9 * 4,2) = 25,3 \text{ cm}^2$$

**MEMORIA DE CALCULO-VIGAS V27  
Y V6 -TRAMO E-MODULOS 1E**

## ÍNDICE

HOJA DE REVISIÓN .....	2
ÍNDICE .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....	4
2.1 MODELOS PARA LOS TABLEROS .....	4
3. CARGAS VERTICALES EN LOS TABLEROS.....	7
3.1 CARGAS MUERTAS.....	7
3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC).....	7
3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW).....	8
3.2 CARGA VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL) .....	9
3.3 HIPERESTÁTICOS DE LA CONTINUIDAD DE LOS TABLEROS.....	10
4. ESFUERZOS SOLICITANTES EN LAS VIGAS LONGITUDINALES .....	11
4.1 VIGAS V27 .....	11
4.2 VIGAS V6 .....	17
5. PRETENSADO EN LAS VIGAS LONGITUDINALES .....	23
5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES .....	23
5.2 PÉRDIDAS POR DEFORMACIÓN ELÁSTICA DEL CONCRETO .....	25
5.3 PÉRDIDAS DIFERIDAS DE PRETENSADO (CREEP, RETRACCIÓN Y RELAJACIÓN DEL ACERO) SEGUN AASHTO 2007 .....	27
6. VERIFICACIÓN DE TENSIONES (ESTADO LIMITE DE UTILIZACIÓN) .....	29
6.1 TENSIONES LÍMITES.....	29
6.2 TABLA DE TENSIONES EN SERVICIO .....	30
6.3 CALCULO DE LAS FUERZAS DE TRACCIÓN (CUÑAS).....	36
7. VERIFICACIÓN DEL ESTADO LIMITE ÚLTIMO (FLEXION, CORTE Y TORSION).....	38
7.1 FLEXIÓN CON MOMENTOS FLECTORES POSITIVOS – CARA INFERIOR DE LAS VIGAS .....	38
7.2 FLEXIÓN SOBRE LOS APOYOS CENTRALES.....	56

## 1. INTRODUCCIÓN

Este memorial de cálculo tiene por finalidad presentar el diseño de las vigas premoldeadas de los tableros de 31,00m, 35,00m y 31,00m del módulo 1E – Tramo E.

**Las vigas presentadas son las cuatro vigas del tablero extremo inicial – denominadas V27, las cuatro vigas del tablero central – denominadas V6 y las cuatro vigas del tablero extremo final – denominadas V27.**

Los tableros tienen respectivamente 31,00m, 35,00m y 31,005m de longitud y 8,40 m de ancho y son compuestos por 4 vigas longitudinales prefabricadas de concreto (en forma de I) y 2 vigas transversales cada. Serán utilizadas losas premoldeadas apoyadas en las vigas longitudinales para el vaciado de la losa, la cual tendrá 20 cm de altura (ver detalle a seguir). Los esfuerzos serán obtenidos a partir de modelos estructurales (STRAP) que representan los tableros, por medio de mallas de elementos planos (losas) y barras que representan las vigas longitudinales, con distancias entre ejes iguales a 2,00 m.

### Materiales utilizados

Concreto para losas:  $f_c \geq 280 \text{ Kg/cm}^2$

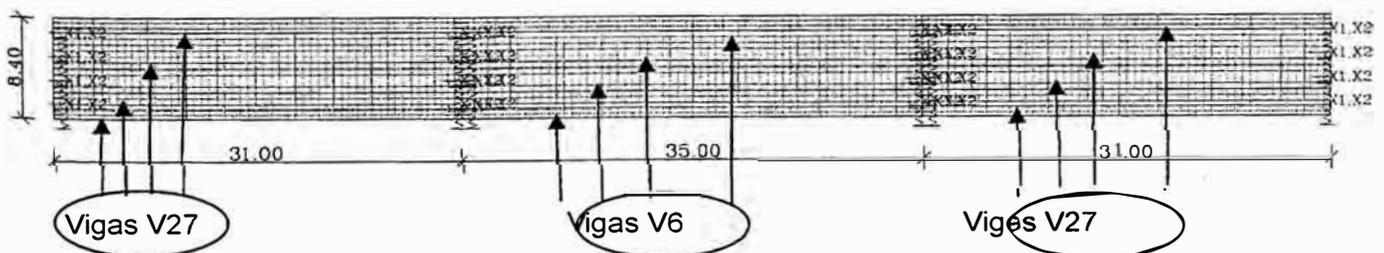
Concreto para vigas prefabricadas:  $f_c \geq 350 \text{ Kg/cm}^2$

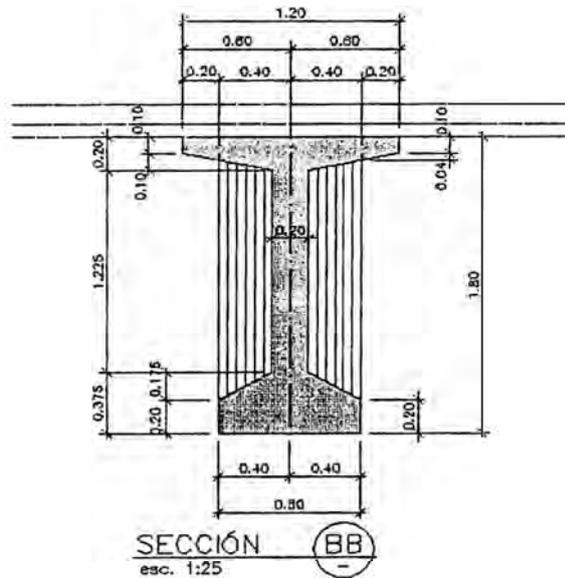
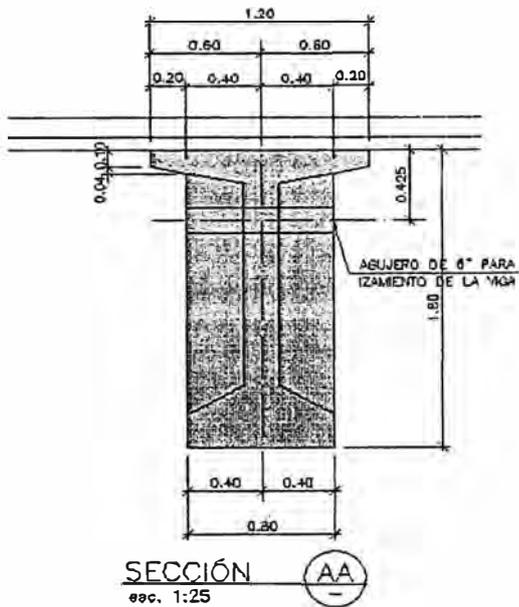
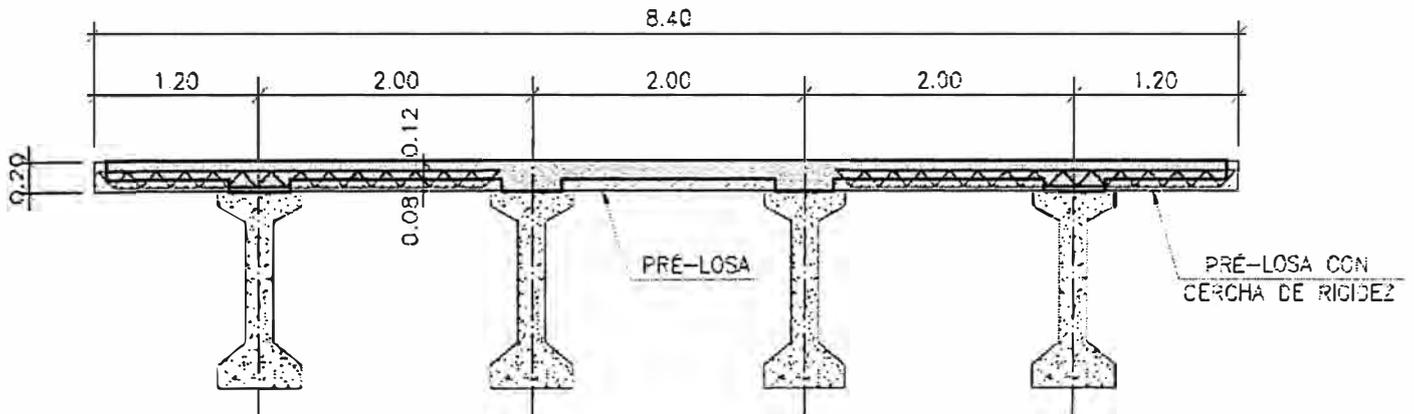
Acero para armadura pasiva de las vigas:  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Acero para armadura activa de las vigas (270 K):  $f_{pu} = 18600 \text{ Kg/cm}^2$

## 2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

### 2.1 MODELOS PARA LOS TABLEROS





**Módulos 1E-2E - Vigas de borde h = 1,8m**

Características Geométricas - vanos				
1. etapa	altura total	1,80		
	n. elementos	5		
2. etapa	b=	1,700	h=	0,200
SEÇÃO 1. etapa				
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,800	0,800	0,200	0,160
2	0,800	0,200	0,175	0,088
3	0,200	0,200	1,225	0,245
4	0,200	1,200	0,100	0,070
5	1,200	1,200	0,100	0,120
6	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000
altura total			1,800	0,683
Características	inicial	final	unid.	
Área	0,6825	1,0225	cm <sup>2</sup>	
Y inf.	0,8907	1,2263	cm	
Y sup.	0,9093	0,7737	cm	
Inércia	0,2978	0,5301	cm <sup>4</sup>	
W inf.	0,3343	0,4323	cm <sup>3</sup>	
W sup1.	0,3275	0,9240	cm <sup>3</sup>	
W sup2.	0,0000	0,6852	cm <sup>3</sup>	

Características Geométricas - apoyos				
1. etapa	altura total	1,80		
	n. elementos	3		
2. etapa	b=	1,700	h=	0,200
SEÇÃO 1. etapa				
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,800	0,800	1,660	1,328
2	0,800	1,200	0,040	0,040
3	1,200	1,200	0,100	0,120
4	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000
altura total			1,800	1,488
Características	inicial	final	unid.	
Área	1,4880	1,8280	cm <sup>2</sup>	
Y inf.	0,9271	1,1080	cm	
Y sup.	0,8729	0,8920	cm	
Inércia	0,4216	0,6847	cm <sup>4</sup>	
W inf.	0,4548	0,6179	cm <sup>3</sup>	
W sup1.	0,4830	0,9895	cm <sup>3</sup>	
W sup2.	0,0000	0,7676	cm <sup>3</sup>	

$$L_{colab.} = (2,20 * 0,20 - 0,08 * 1,2) / 0,2 = 1,72 \sim 1,70$$

$$L_{colab.} = (2,20 * 0,20 - 0,08 * 1,2) / 0,2 = 1,72 \sim 1,70$$

**Módulo 1E-2E - Vigas internas h = 1,8m**

Características Geométricas - vão				
1. etapa	altura total	1,80		
	n. elementos	5		
2. etapa	b=	1,600	h=	0,200
SEÇÃO 1. etapa				
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,800	0,800	0,200	0,160
2	0,800	0,200	0,175	0,088
3	0,200	0,200	1,225	0,245
4	0,200	1,200	0,100	0,070
5	1,200	1,200	0,100	0,120
6	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000
altura total			1,800	0,683
Características	inicial	final	unid.	
Área	0,6825	1,0025	cm <sup>2</sup>	
Y inf.	0,8907	1,2129	cm	
Y sup.	0,9093	0,7871	cm	
Inércia	0,2978	0,5208	cm <sup>4</sup>	
W inf.	0,3343	0,4294	cm <sup>3</sup>	
W sup1.	0,3275	0,8870	cm <sup>3</sup>	
W sup2.	0,0000	0,6616	cm <sup>3</sup>	

Características Geométricas - apoyo				
1. etapa	altura total	1,80		
	n. elementos	3		
2. etapa	b=	1,600	h=	0,200
SEÇÃO 1. etapa				
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,800	0,800	1,660	1,328
2	0,800	1,200	0,040	0,040
3	1,200	1,200	0,100	0,120
4	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000
altura total			1,800	1,488
Características	inicial	final	unid.	
Área	1,4880	1,8080	cm <sup>2</sup>	
Y inf.	0,9271	1,0993	cm	
Y sup.	0,8729	0,9007	cm	
Inércia	0,4216	0,6720	cm <sup>4</sup>	
W inf.	0,4548	0,6113	cm <sup>3</sup>	
W sup1.	0,4830	0,9589	cm <sup>3</sup>	
W sup2.	0,0000	0,7460	cm <sup>3</sup>	

$$L_{colab.} = (2,00 * 0,20 - 0,08 * 1,00) / 0,2 = 1,60$$

$$L_{colab.} = (2,00 * 0,20 - 0,08 * 1,00) / 0,2 = 1,60$$

### 3. CARGAS VERTICALES EN LOS TABLEROS

#### 3.1 CARGAS MUERTAS

##### 3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC)

DC1 – peso de las vigas prefabricadas =  $2,5 * 0,6825 = 1,71 \text{ tf/m}$  (sección del vano)  
 =  $2,5 * 1,488 = 3,72 \text{ tf/m}$  (sección del apoyo)

DC2 – peso de las losas =  $2,5 * 0,2 = 0,5 \text{ tf/m}^2$

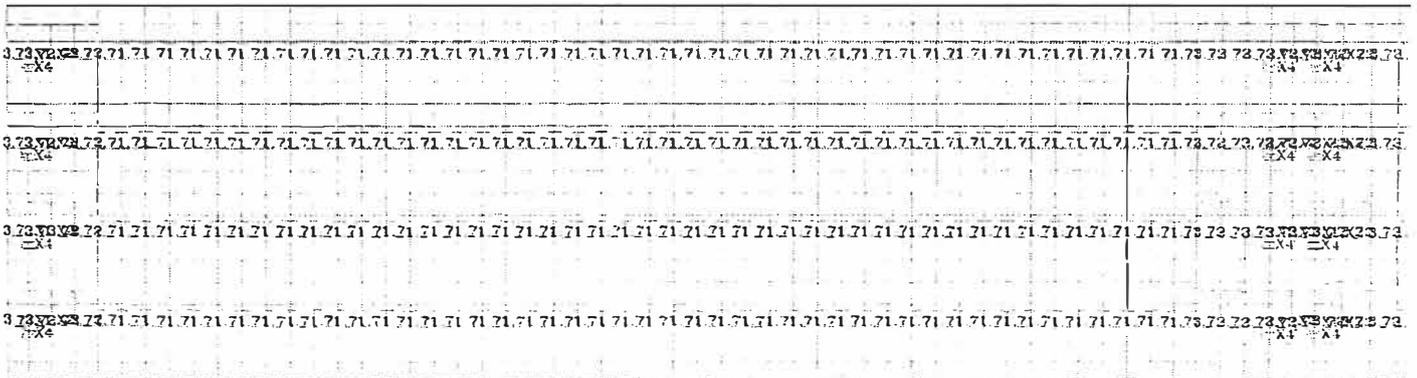


Figura: Peso de las vigas prefabricadas DC1.

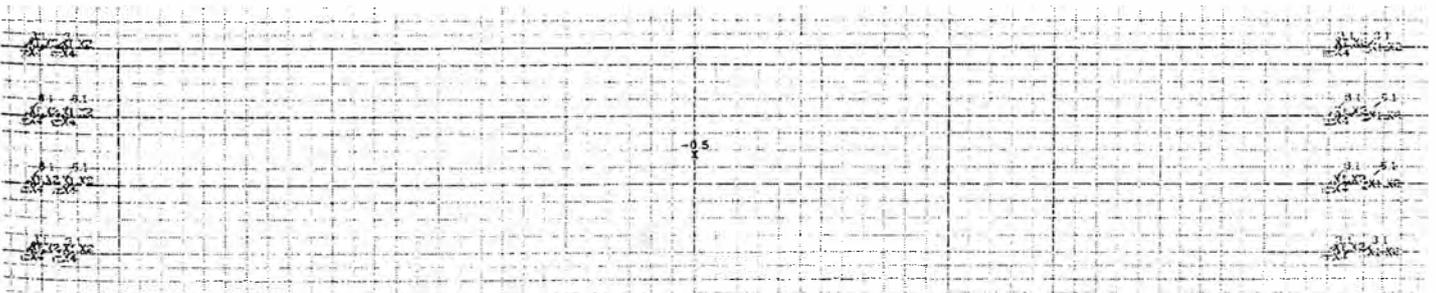
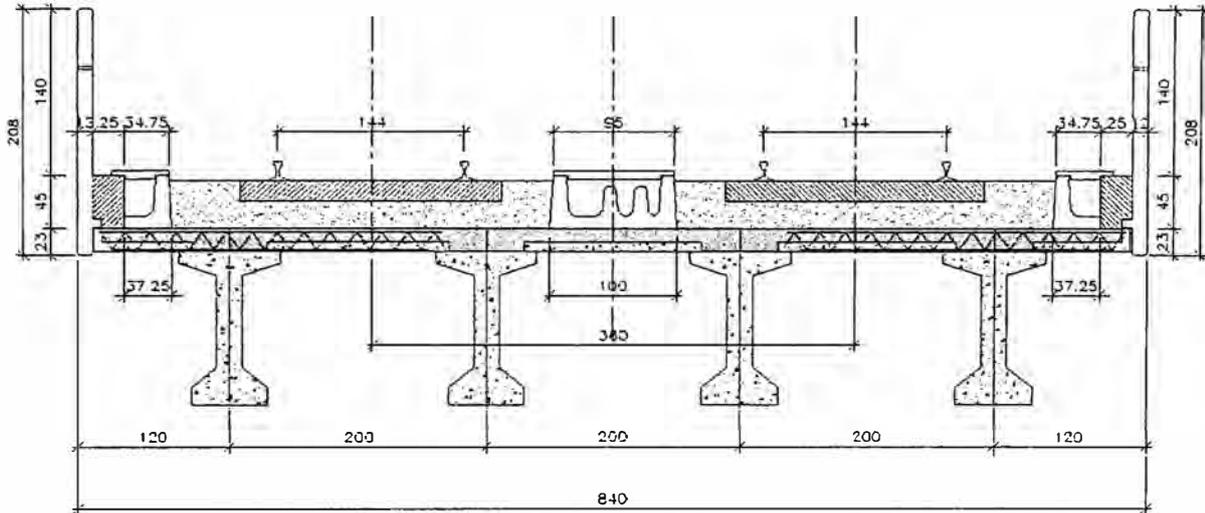


Figura: Peso losa vaciada in situ DC2.

### 3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW)



Caja Central

$$1,20 \times 0,08 \times 2,50 = 0,24 \quad \text{tf/m}$$

$$0,52 \times 0,20 \times 2,50 = 0,26 \quad \text{tf/m}$$

$$0,08 \times 0,80 \times 2,50 = 0,16 \quad \text{tf/m}$$

Pasarela

$$0,48 \times 0,16 \times 2,50 = 0,19 \quad \text{tf/m}$$

$$0,90 \times 0,24 \times 2,50 = 0,54 \quad \text{tf/m}$$

$$0,60 \times 0,50 \times 2,50 = 0,75 \quad \text{tf/m}$$

Baranda

$$0,10 \times 2,00 = 0,20 \quad \text{tf/m}$$

Balasto en Recta (1)

$$6,80 \times 0,46 \times 2,25 = 7,04 \quad \text{tf/m}$$

Rieles

$$0,30 \times 2,00 = 0,60 \quad \text{tf/m}$$

Sellado

$$0,01 \times 8,80 \times 2,20 = 0,19 \quad \text{tf/m}$$

Utilidad

$$0,05 \times 8,40 = 0,42 \quad \text{tf/m}$$

**Total en Recta**

$$\mathbf{10,59 \text{ tf/m}}$$

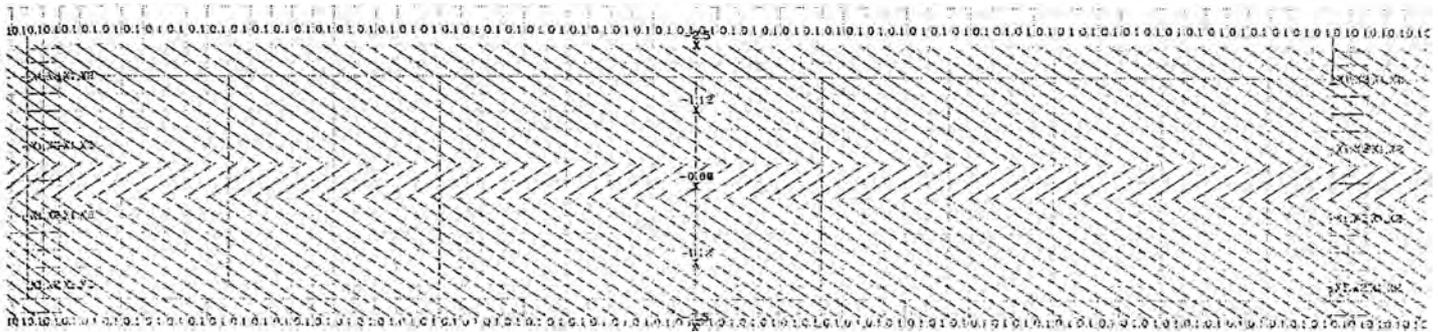


Figura: Cargas muertas no estructurales.

### 3.2 CARGA VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL)

Las cargas vivas no deben ser menores a las constituidas por un tren de dos coches cargados (fig. 1) y por un tren de dos coches cargados más la locomotora de maniobra (fig. 2). Cada carga será puesta sobre la estructura en diversas posiciones en forma tal como para determinar los máximos y mínimos momentos flectores y otras sollicitaciones.

- Carga máxima por eje de un coche cargado = 115,8 kN (11,58 tf).
- Carga máxima por eje de la locomotora de maniobra = 170,0 kN (17,00 tf).

Fig. 1

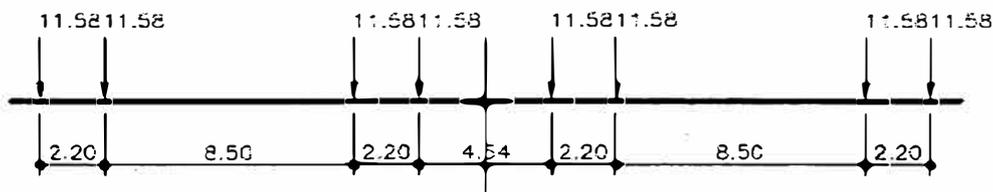
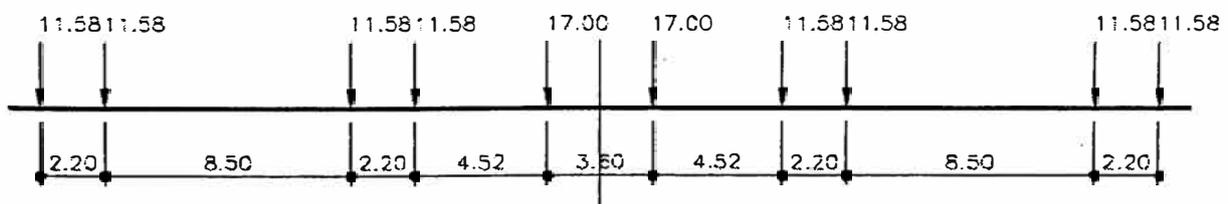


Fig. 2



Se aplica a la carga viva un coeficiente de incremento por efectos dinámicos IM, determinado según AREMA – Manual for Railway Engineering – Part 1 – ítem 1.3.5

- $IM = RE + 40 - 3L^2 / 1600$ . ( para luces  $L < 80' = 24,38m$  ).
- $IM = RE + 16 + 600 / ( L - 30 )$ . ( para luces  $L > 80' = 24,38m$  ).

Observaciones:

- RE = 10% - considerándose la carga total por eje.

- Para vías con balasto, el valor final del coeficiente IM puede ser considerado 90% del valor de las fórmulas presentadas.

La tabla a seguir indica valores de IM para algunas luces del proyecto:

Luz ( m )	IM ( % )
31,0	33

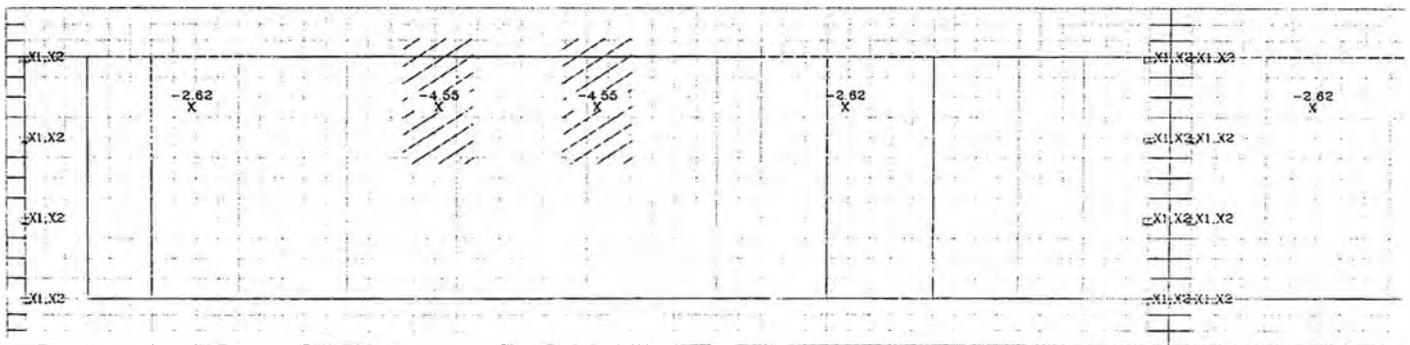


Figura: Ejemplo de carga del tren para Via1.

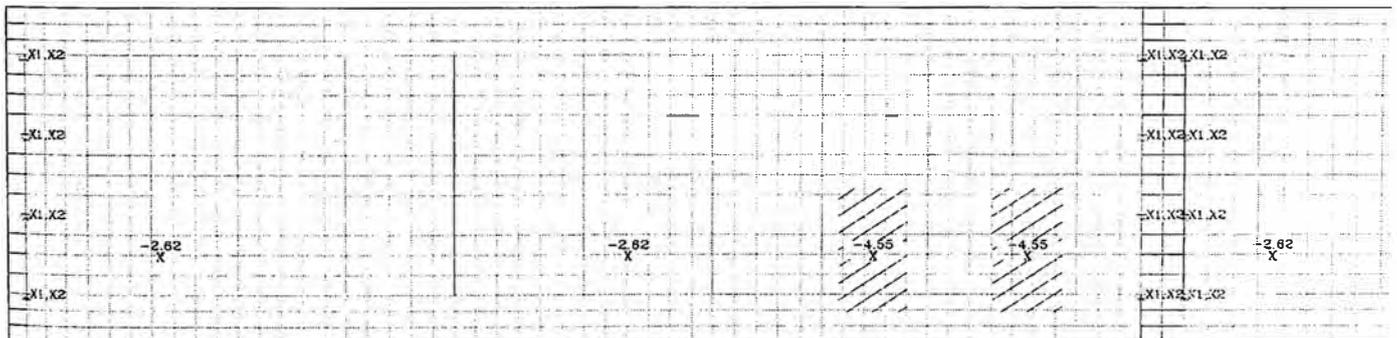


Figura: Ejemplo de carga del tren para Via2

### 3.3 HIPERESTÁTICOS DE LA CONTINUIDAD DE LOS TABLEROS

Debido al creep y cambio del sistema estructural (continuo) después de los vaciados de las losas, con el tiempo surgen solicitaciones hiperestáticas de pretensado y de las cargas DC1 y DC2. En éste cálculo, hemos adoptado 0,7 de estas solicitaciones hiperestáticas para tiempo infinito, que deben ser sumadas a las solicitaciones isostáticas.

#### 4. ESFUERZOS SOLICITANTES EN LAS VIGAS LONGITUDINALES

##### 4.1 VIGAS V27

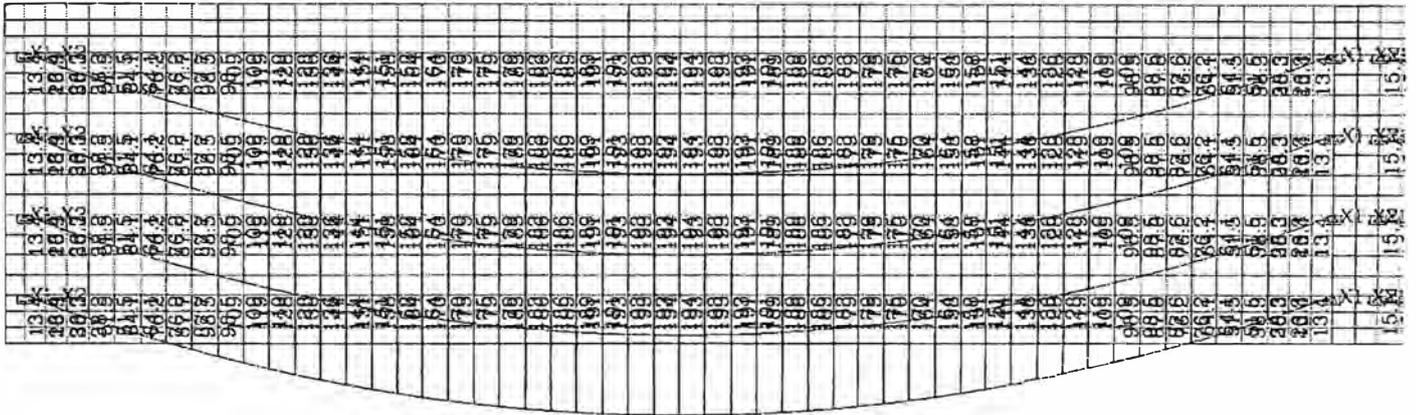


Figura: Momento Flector DC1. (Isostáticos)

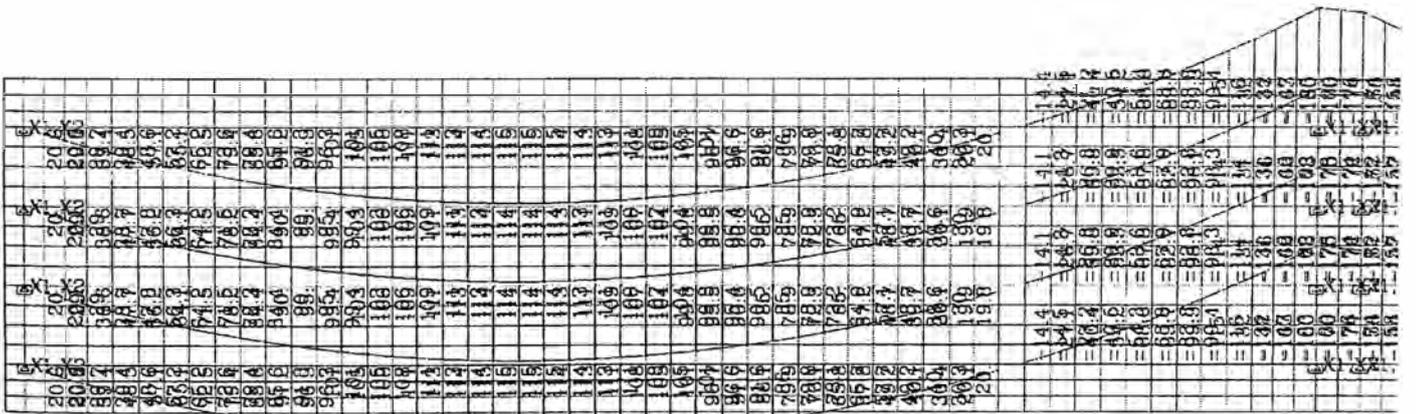


Figura: Momento Flector DC1. (Hiperestáticos)

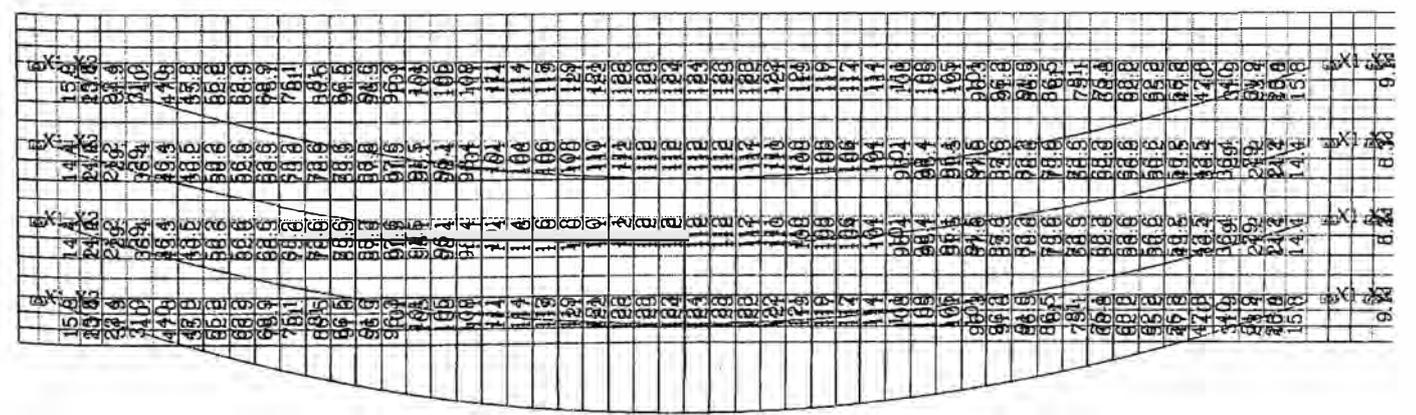


Figura: Momento Flector DC2. (Isostáticos)



EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO

Doc. N°: CTEL-FFE-VTE-EST-CAL-30116

Rev.: 01

Fecha: 21-Ago-10

Memorial de Cálculo - Vigas V27 y V6 - Tramo E - Módulo 1E

Página: 12/57

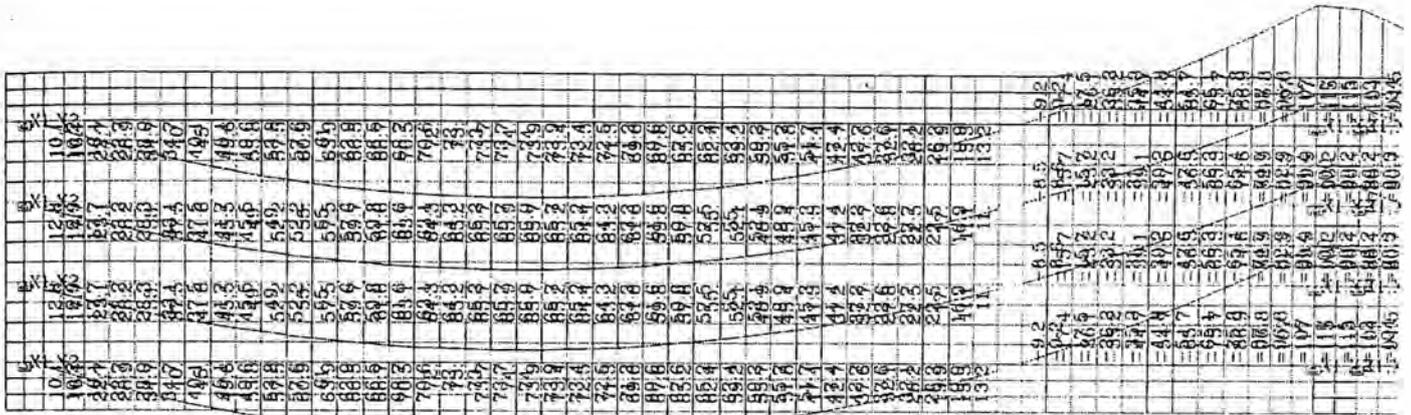


Figura: Momento Flector DC2. (Hiperestáticos)

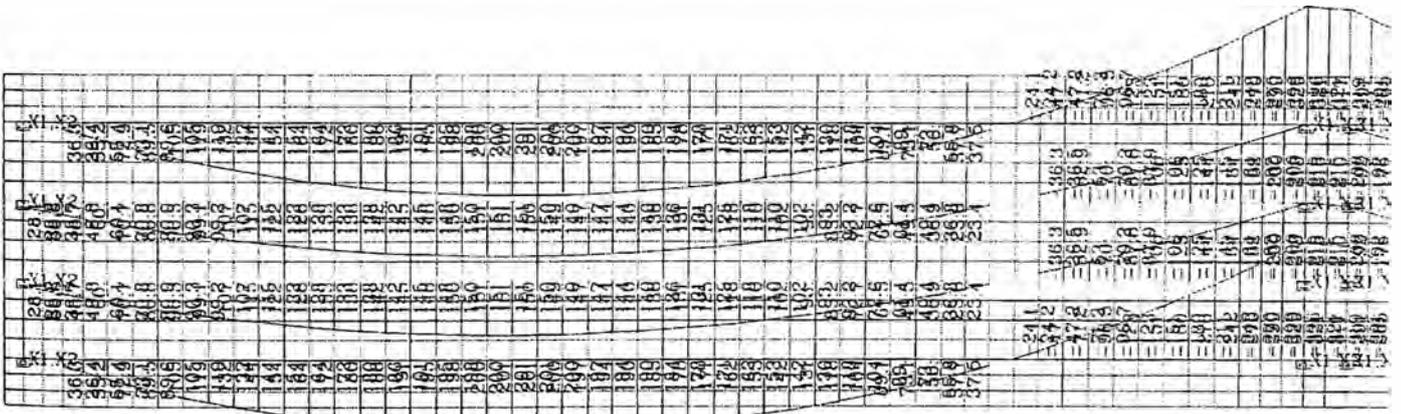


Figura: Momento Flector DW.

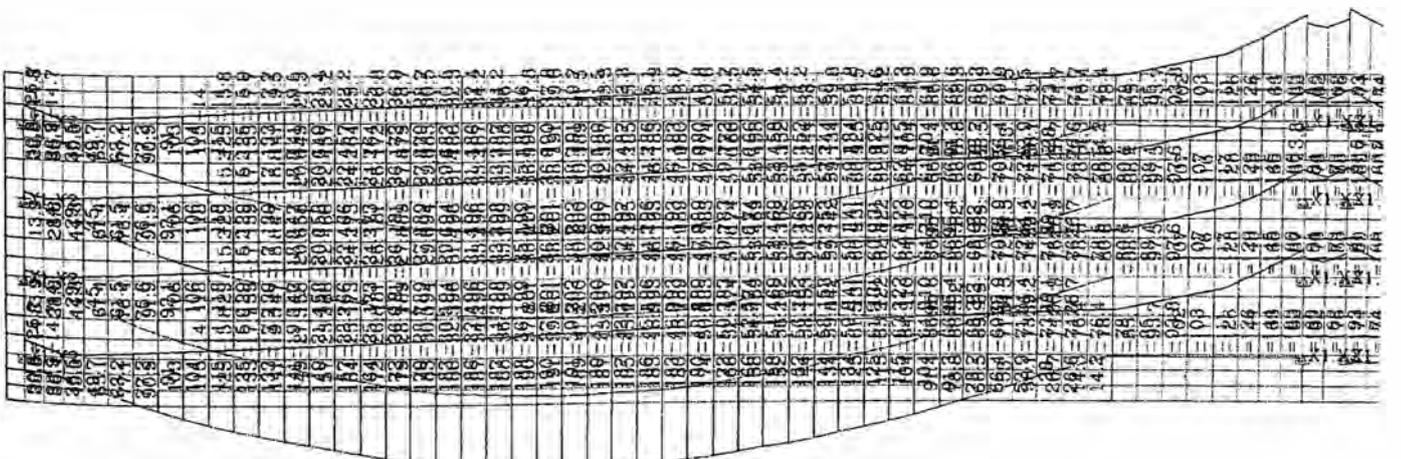


Figura: Momento Flector Envoltria LL.



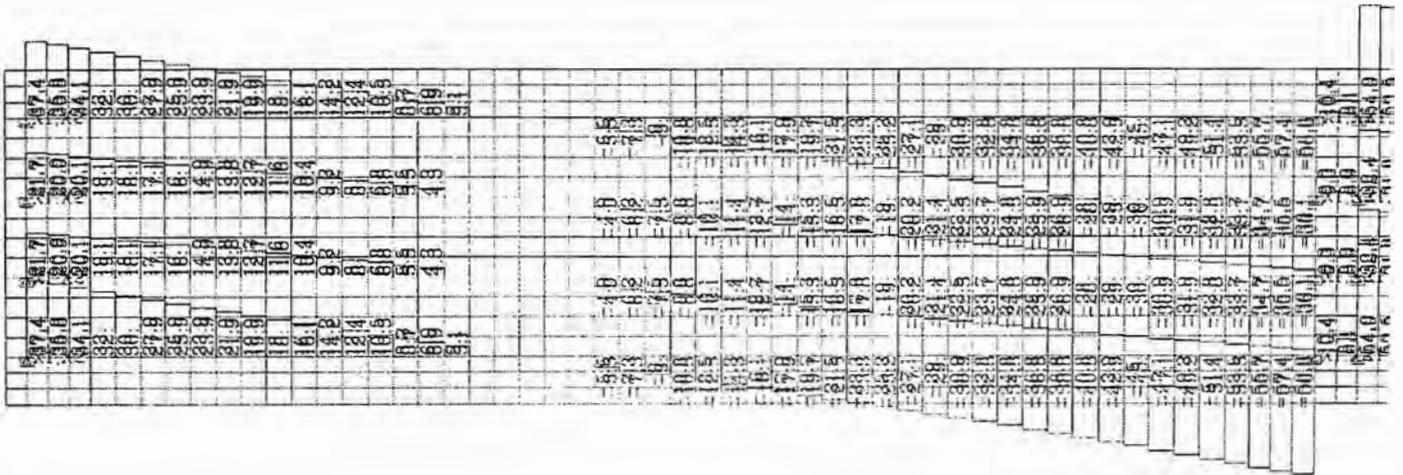


Figura: Cortantes DW.

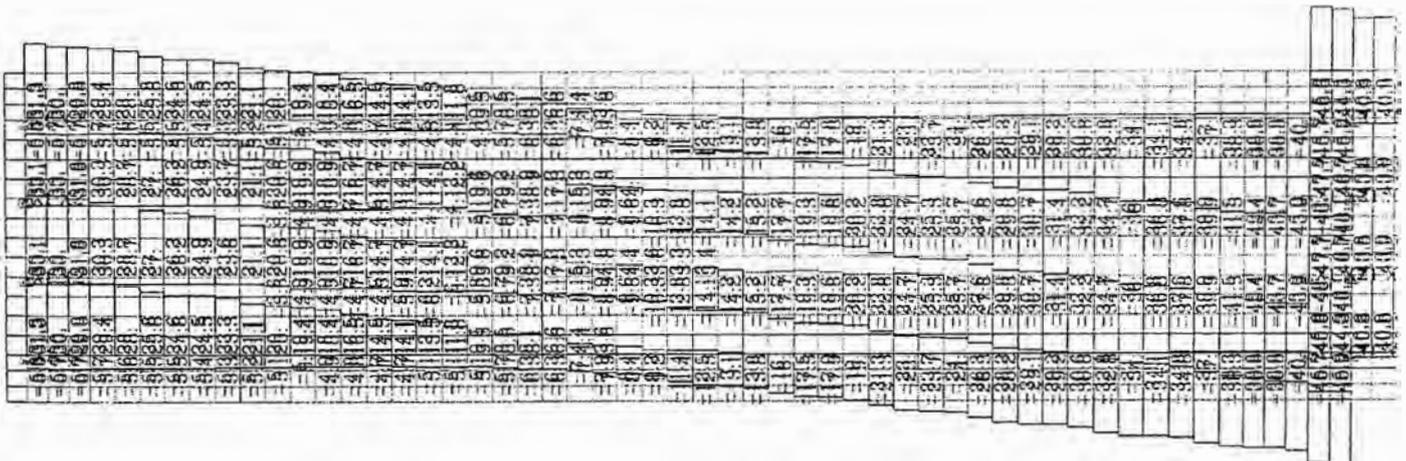


Figura: Cortantes Envoltorios LL.

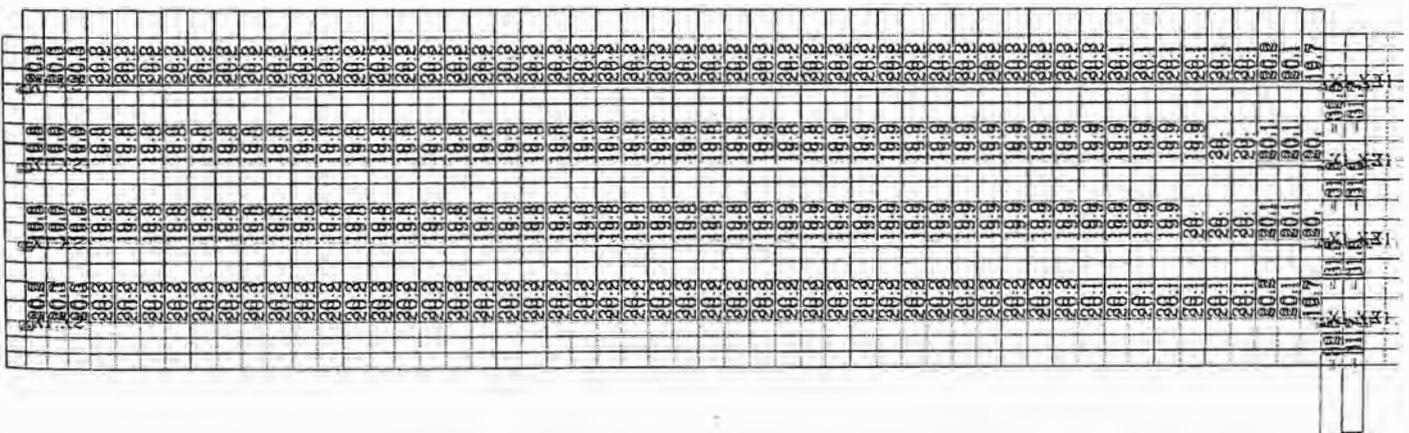


Figura: Cortantes Pretensado. (Hiperestáticos t=0)

La tabla siguiente indica las solicitaciones de las secciones de la viga de borde. (más desfavorable)

MOMENTOS FLECTORES VIGAS V27 DE BORDE DEL TABLERO EXTREMO (tf.m)							
SECCIÓN	DC1 (ISO)	DC2 (ISO)	DW	LL+	LL-	DC1 (ISO+HIPER)	DC2 (ISO+HIPER)
A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A'	38,3	23,4	36,4	49,7	49,7	29,7	16,1
B	76,2	47,8	89,6	91,0	91,0	57,2	34,7
C	128,0	81,0	154,0	141,0	141,0	91,3	57,6
D	164,0	105,0	191,0	179,0	179,0	111,0	70,6
E	186,0	119,0	201,0	190,0	190,0	115,0	73,9
F	194,0	124,0	185,0	183,0	183,0	105,0	67,6
G	186,0	119,0	142,0	152,0	152,0	79,8	51,8
H	164,0	105,0	73,1	104,0	104,0	40,1	26,2
I	128,0	81,0	-24,2	38,1	38,1	-14,5	-9,2
J	76,2	47,8	-151,0	0,0	0,0	-83,8	-54,7
K'	38,3	23,4	-242,0	0,0	0,0	-132,0	-87,0
K	0,0	0,0	-326,0	0,0	0,0	-180,0	-117,0

FUERZAS CORTANTES VIGAS V27 DE BORDE DEL TABLERO EXTREMO (tf)							
SECCIÓN	DC1 (ISO)	DC2 (ISO)	DW	LL+	LL-	DC1 (ISO+HIPER)	DC2 (ISO+HIPER)
A	28,6	16,5	37,4	31,3	-5,6	22,5	12,9
A'	23,0	14,8	34,1	29,8	-5,7	17,1	11,8
B	20,0	12,9	27,9	25,8	-5,5	14,0	9,8
C	15,0	9,7	18,0	20,0	-5,1	9,0	6,4
D	10,0	6,5	8,7	14,1	-4,7	4,0	3,1
E	5,0	3,2	-2,0	8,1	-6,3	-1,0	-0,9
F	0,0	0,0	-10,8	1,9	-11,4	-6,0	-4,1
G	-5,0	-3,2	-19,7	0,0	-17,5	-11,0	-7,3
H	-10,0	-6,5	-29,0	0,0	-23,7	-15,9	-10,6
I	-15,0	-9,7	-38,8	0,0	-29,2	-20,9	-14,0
J	-20,0	-12,9	-49,2	0,0	-34,8	-25,9	-17,5
K'	-23,0	-14,8	-55,7	0,0	-38,8	-29,0	-19,6
K	-28,6	-16,5	-58,8	0,0	-40,0	-34,3	-20,6



**EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO**

**Memorial de Cálculo – Vigas V27 y V6 – Tramo E – Módulo 1E**

Doc. N°:  
CTEL-FFE-VTE-EST-CAL-30116

Rev.: 01

Fecha: 21-Ago-10

Página: 16/57

SERVICE: 1,0\*DC + 1,0\*DW + 1,0\*LL + 1,0\*Pret

STRENGTH:  $\eta_i * (1,25*DC + 1,50*DW + 1,75*LL + 1,0*Pret)$   
o  $\eta_i * (0,90*DC + 0,65*DW + 1,75*LL + 1,0*Pret)$

Factor para la modificación de carga compuesto de tres factores:  $\eta_i = \eta_D * \eta_R * \eta_i$

$\eta_D$  = Factor de Ductilidad = 1,00

$\eta_R$  = Factor de Redundancia = 1,05

$\eta_i$  = Factor de Importancia = 1,05

$\eta_i = 1,10$

ELEVADO PERU		Trecho entre apoyos						C458	$\gamma_{fs} = 1$	$\eta_i = 1,10$	Perd. pret. = 21,05 %					
								C459	SERVICE				STRENGTH			
Envolvente de Momentos Flectores (tf.m) - Vigas V27 borde								Mk. t = o		Mk. t = oo		Mu. t = o		Mu. t = oo		
Secc.	x	DC <sub>1+2 iso</sub>	DC <sub>1+2 hip</sub>	DW	M hip,o	LL +	LL -	Mk +	Mk -	Mk +	Mk -	Mu +	Mu -	Mu +	Mu -	
A	0,350	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A'	1,850	61,6	45,8	36,4	30,6	49,7	-5,0	148	93	154	99	240	77	244	85	
B	3,611	124,0	91,9	89,6	66,5	91,0	-10,3	305	203	319	218	494	167	503	185	
C	6,546	209,0	149,0	154,0	126,0	141,0	-19,5	504	344	532	371	813	279	832	314	
D	9,481	269,0	181,0	191,0	186,0	179,0	-28,7	639	431	680	472	1030	348	1058	400	
E	12,416	305,0	189,0	201,0	246,0	190,0	-37,8	696	468	751	523	1117	373	1155	442	
F	15,350	317,0	173,0	185,0	306,0	183,0	-46,9	685	455	753	523	1093	356	1141	442	
G	18,285	305,0	132,0	142,0	366,0	152,0	-56,2	599	391	680	472	946	295	1002	398	
H	21,220	269,0	66,3	73,1	425,0	104,0	-64,9	447	278	540	371	691	194	755	312	
I	24,155	209,0	-23,8	-24,2	485,0	38,1	-73,1	223	112	328	217	321	49	392	182	
J	27,090	124,0	-139,0	-151,0	545,0	0,0	-93,8	-27	-121	90	-4	15	-259	164	-181	
K'	28,850	61,6	-219,0	-242,0	580,0	0,0	-126,0	-180	-306	-56	-182	-112	-557	46	-475	
K	30,350	0,0	-297,0	-326,0	610,0	0,0	-169,0	-326	-495	-197	-366	-233	-863	-68	-778	

ELEVADO PERU		Trecho entre apoyos						C458	$\gamma_{fat} = 1$	$\eta_i = 1,10$	Perd. pret. = 21,05 %					
								C459	SERVICE				STRENGTH			
Envolvente de Fuerzas Cortantes (tf) - Vigas V27 borde								Vk. t = o		Vk. t = oo		Vu. t = o		Vu. t = oo		
Secc.	x	DC <sub>1+2 iso</sub>	DC <sub>1+2 hip</sub>	DW	M hip,o	LL +	LL -	Vk +	Vk -	Vk +	Vk -	Vu +	Vu -	Vu +	Vu -	
A	0,350	45,1	35,4	37,4	20,2	31,3	-5,6	113	76	118	81	183	60	186	66	
A'	1,850	37,8	28,9	34,1	20,2	29,8	-5,7	101	66	106	71	165	50	169	57	
B	3,611	32,9	23,8	27,9	20,2	25,8	-5,5	87	55	91	60	141	42	145	48	
C	6,546	24,7	15,4	18,0	20,2	20,0	-5,1	63	38	67	42	102	28	106	33	
D	9,481	16,5	7,1	8,7	20,2	14,1	-4,7	39	21	44	25	64	14	68	19	
E	12,416	8,2	-1,9	-2,0	20,2	8,1	-6,3	14	0	18	4	24	-5	28	-1	
F	15,350	0,0	-10,1	-10,8	20,2	1,9	-11,4	-9	-22	-5	-18	-4	-40	1	-37	
G	18,285	-8,2	-18,3	-19,7	20,2	0,0	-17,5	-28	-45	-24	-41	-22	-77	-17	-75	
H	21,220	-16,5	-26,5	-29,0	20,2	0,0	-23,7	-45	-69	-41	-65	-37	-116	-32	-113	
I	24,155	-24,7	-34,9	-38,8	20,2	0,0	-29,2	-63	-93	-59	-89	-52	-154	-47	-152	
J	27,090	-32,9	-43,4	-49,2	20,2	0,0	-34,8	-82	-117	-78	-113	-68	-193	-63	-191	
K'	28,850	-37,8	-48,6	-55,7	20,2	0,0	-38,8	-93	-132	-90	-129	-77	-218	-72	-217	
K	30,350	-45,1	-54,9	-58,8	20,2	0,0	-40,0	-104	-144	-100	-140	-87	-236	-81	-233	

#### 4.2 VIGAS V6

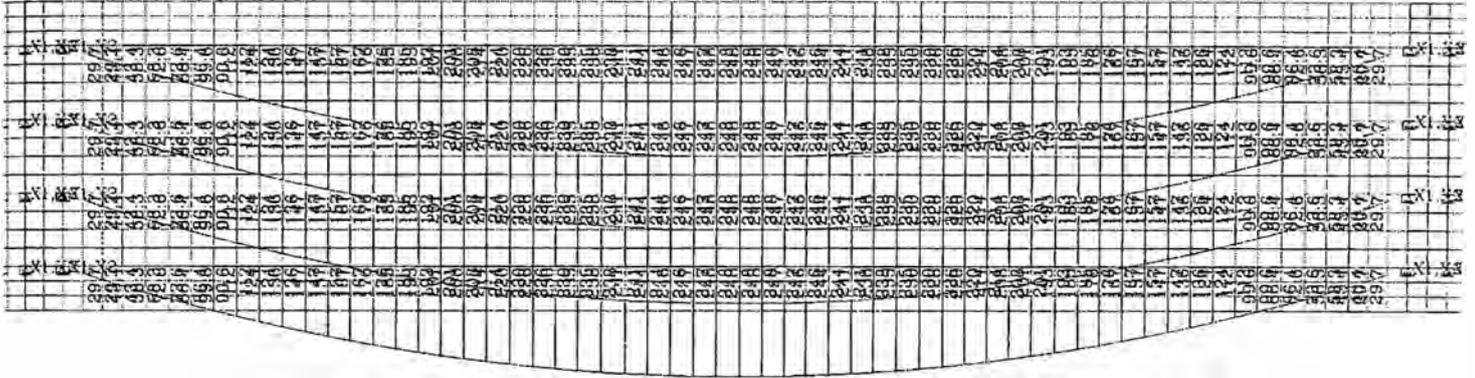


Figura: Momento Flector DC1. (Isostáticos)

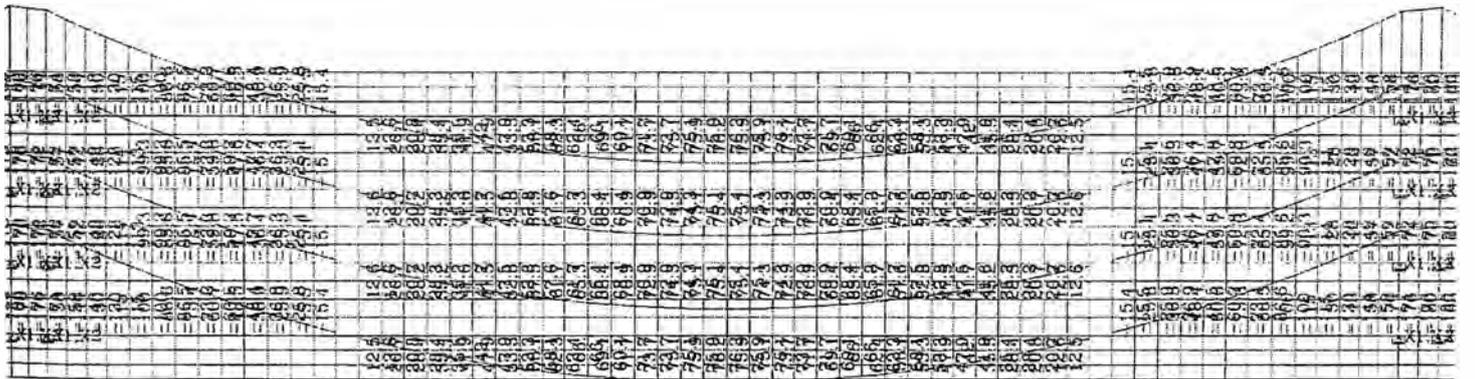


Figura: Momento Flector DC1. (Hiperestáticos)

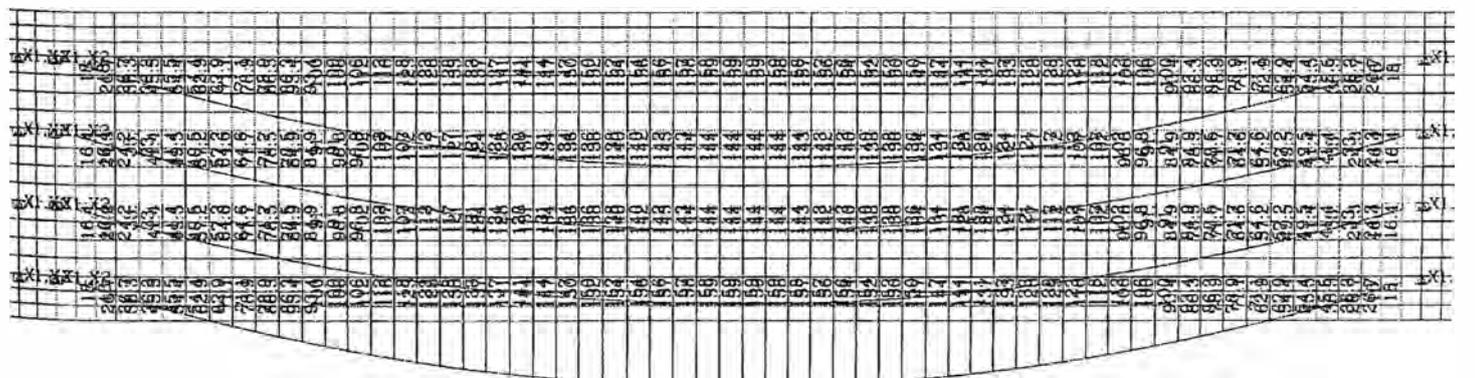


Figura: Momento Flector DC2. (Isostáticos)

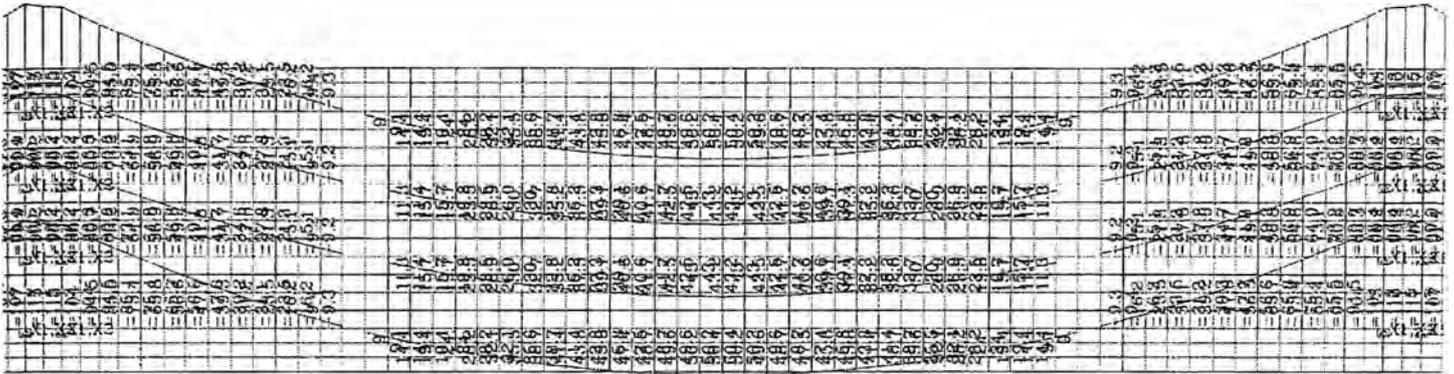


Figura: Momento Flector DC2. (Hiperestáticos)

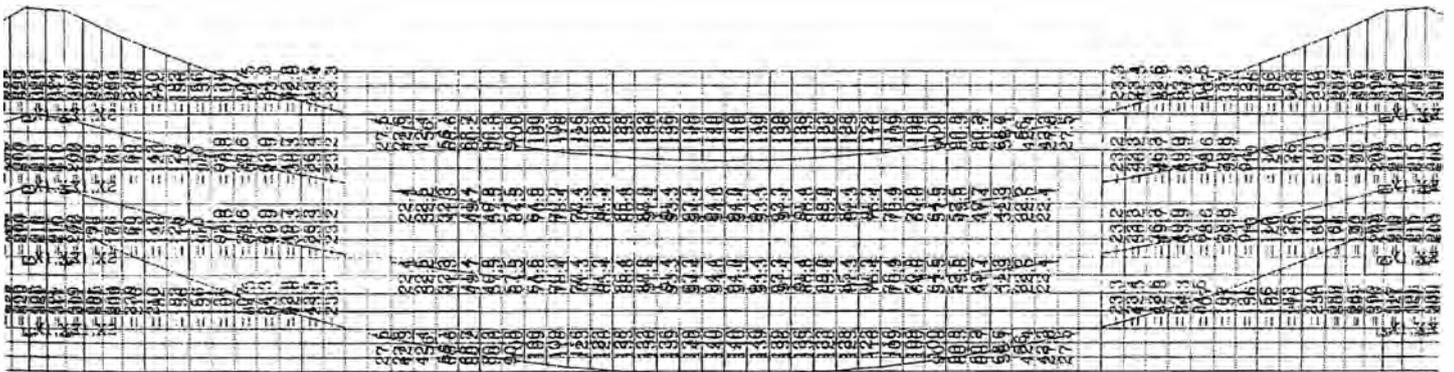


Figura: Momento Flector DW.

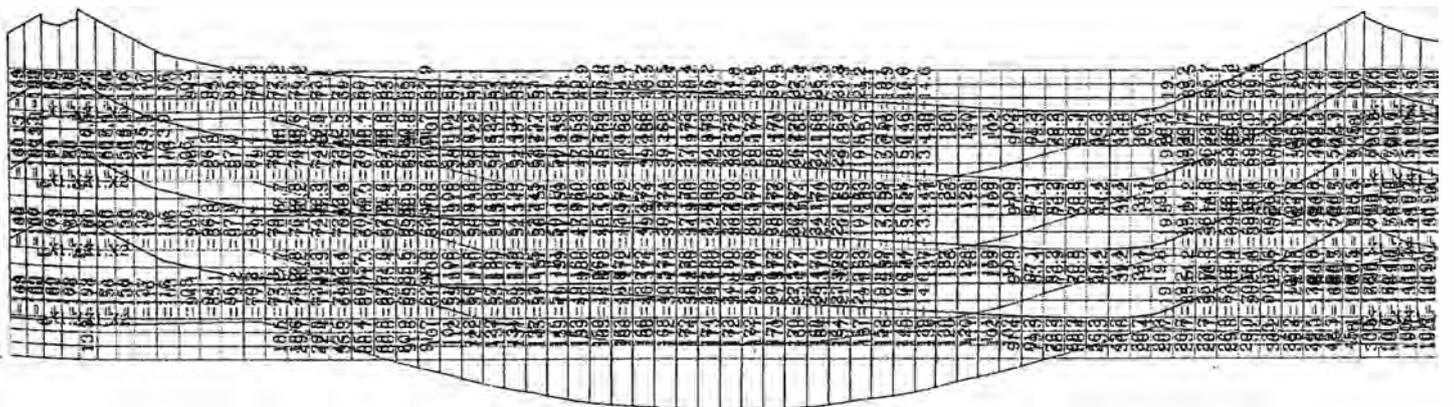


Figura: Momento Flector Envolteria LL.



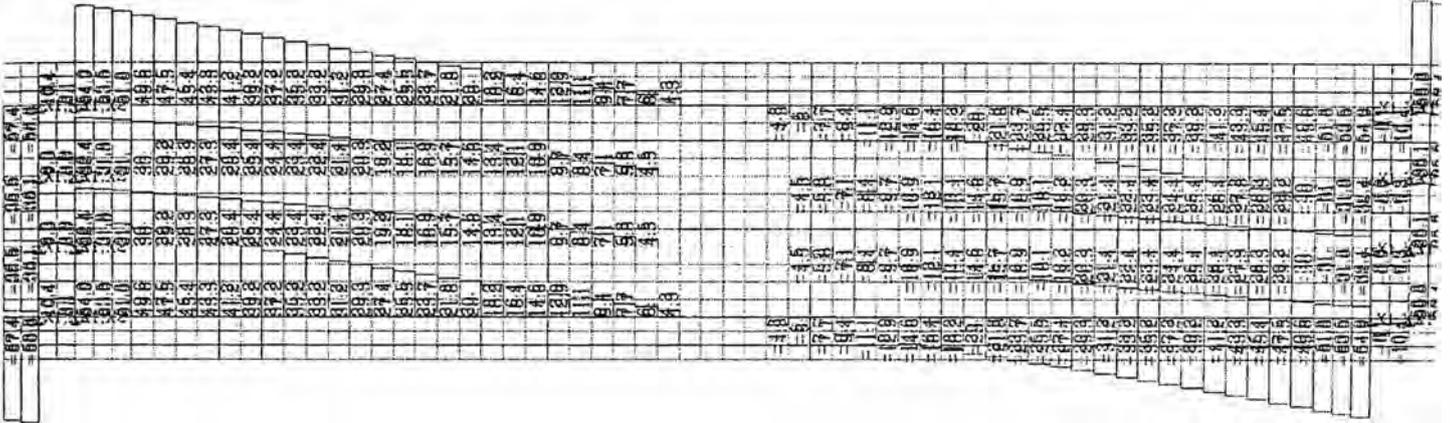


Figura: Cortantes DW.

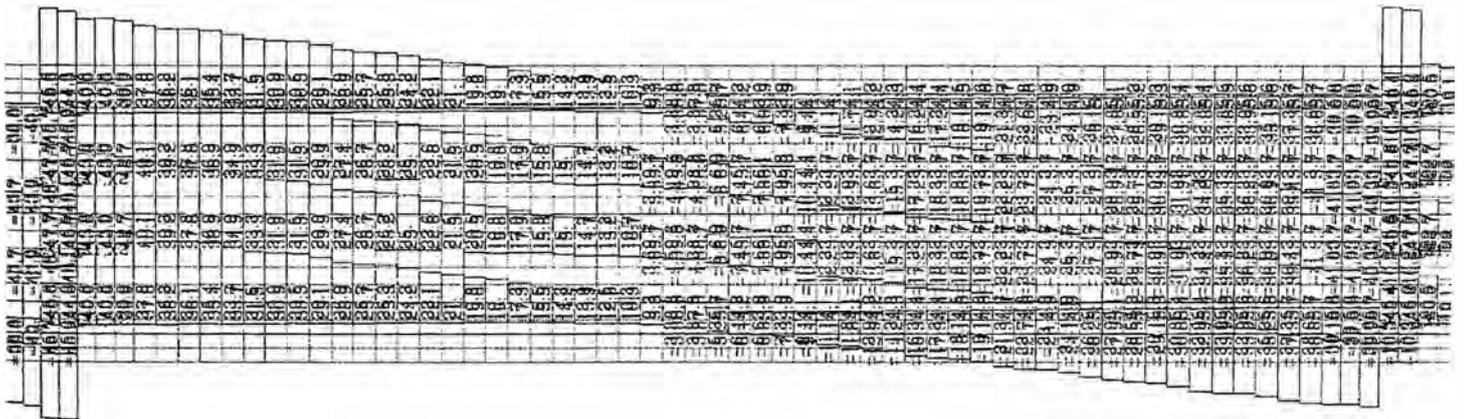


Figura: Cortantes Envoltorios LL.

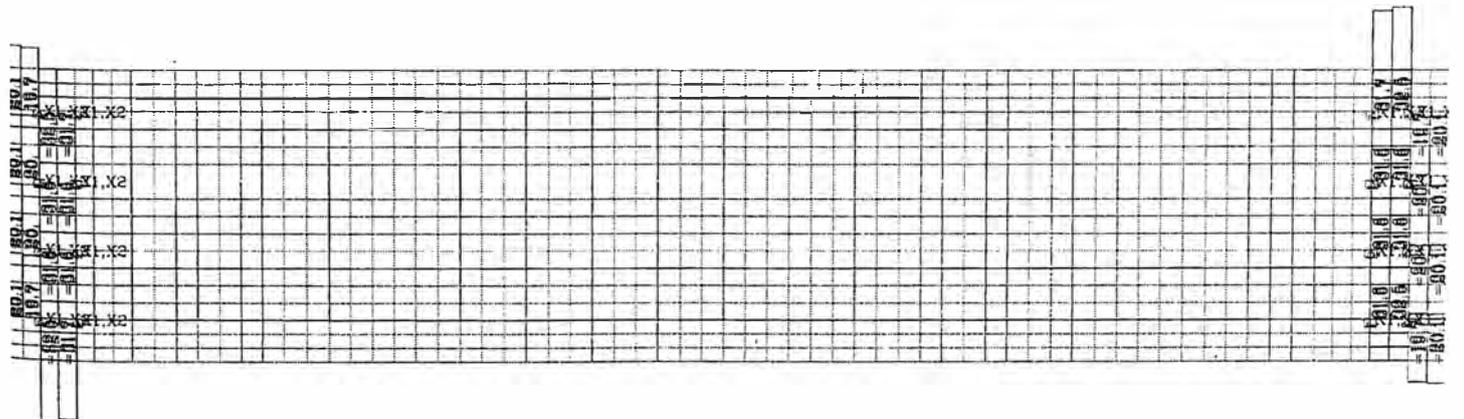


Figura: Cortantes Pretensado. (Hiperestáticos t=0)

La tabla siguiente indica las solicitudes de las secciones de la viga de borde. (más desfavorable)

MOMENTOS FLECTORES VIGAS V6 DE BORDE DEL TABLERO CENTRAL (tf.m)							
SECCIÓN	DC1 (ISO)	DC2 (ISO)	DW	LL+	LL-	DC1 (ISO+HIPER)	DC2 (ISO+HIPER)
A	0,0	0,0	-317,0	0,0	-176,0	-174,0	-113,0
A'	43,4	26,7	-239,0	0,0	-137,0	-130,9	-85,4
B	86,4	54,4	-156,0	0,0	-94,1	-86,6	-56,5
C	157,0	100,0	-23,4	42,5	-71,1	-15,5	-9,4
D	208,0	133,0	68,7	112,0	-59,1	35,5	24,0
E	238,0	152,0	123,0	159,0	-46,9	66,0	43,8
F	248,0	159,0	140,0	173,0	-34,0	76,2	50,4

FUERZAS CORTANTES VIGAS V6 DE BORDE DEL TABLERO CENTRAL (tf)							
SECCIÓN	DC1 (ISO)	DC2 (ISO)	DW	LL+	LL-	DC1 (ISO+HIPER)	DC2 (ISO+HIPER)
A	32,0	18,7	54,9	40,6	-5,7	31,7	19,1
A'	26,4	17,0	51,8	39,9	-5,8	26,4	18,1
B	23,5	15,2	45,4	36,1	-5,6	23,4	16,0
C	17,6	11,4	33,2	29,1	-5,2	17,6	11,9
D	11,8	7,6	21,8	21,0	-4,7	11,7	8,0
E	5,9	3,8	11,1	13,9	-4,2	5,9	4,1
F	0,0	0,0	0,0	5,7	-4,2	0,0	0,0

SERVICE:  $1,0*DC + 1,0*DW + 1,0*LL + 1,0*Pret$

STRENGTH:  
o  $\eta_i *(1,25*DC + 1,50*DW + 1,75*LL + 1,0*Pret)$   
o  $\eta_i *(0,90*DC + 0,65*DW + 1,75*LL + 1,0*Pret)$

Factor para la modificación de carga compuesto de tres factores:  $\eta_i = \eta_D * \eta_R * \eta_I$

$\eta_D$  = Factor de Ductilidad = 1,00

$\eta_R$  = Factor de Redundancia = 1,05

$\eta_I$  = Factor de Importancia = 1,05

$\eta_i = 1,10$

ELEVADO PERU		Trecho entre apoyos						C459	$\gamma_{fs} = 1$	$\eta_i = 1,10$	Perd. pret. = 22,13 %					
								C461	SERVICE				STRENGTH			
Envolvente de Momentos Flectores (tf.m) - Vigas V6 borde								Mk. t = o		Mk. t = oo		Mu. t = o		Mu. t = oo		
Secc.	x	DC <sub>1+2 iso</sub>	DC <sub>1+2 hip</sub>	DW	M hip,o	LL +	LL -	Mk +	Mk -	Mk +	Mk -	Mu +	Mu -	Mu +	Mu -	
A	0,350	0,0	-287,0	-319,0	578,0	0,0	-193,0	-319	-512	-205	-398	-228	-898	-80	-828	
A'	1,850	70,1	-215,4	-239,0	578,0	0,0	-137,0	-169	-306	-54	-191	-101	-562	47	-490	
B	3,572	140,8	-143,1	-156,0	578,0	0,0	-94,1	-15	-109	101	7	28	-245	178	-172	
C	7,016	257,1	-24,9	-23,4	578,0	42,5	-71,1	276	163	394	280	397	101	472	252	
D	10,460	341,0	59,5	68,7	578,0	112,0	-59,1	522	351	640	469	798	273	873	424	
E	13,904	390,0	109,8	123,0	578,0	159,0	-46,9	672	466	791	585	1045	384	1122	536	
F	17,350	407,0	126,6	140,0	578,0	173,0	-34,0	720	513	839	632	1124	438	1200	590	
G	20,796	390,0	109,8	123,0	578,0	159,0	-46,9	672	466	791	585	1045	384	1122	536	
H	24,240	341,0	59,5	68,7	578,0	112,0	-59,1	522	351	640	469	798	273	874	425	
I	27,684	257,1	-24,9	-23,4	578,0	42,5	-71,1	276	163	394	280	397	101	472	252	
J	31,128	140,8	-143,1	-156,0	578,0	0,0	-94,1	-15	-109	101	7	28	-245	178	-172	
K'	32,850	70,1	-215,4	-239,0	578,0	0,0	-137,0	-169	-306	-54	-191	-101	-562	47	-490	
K	34,350	0,0	-287,0	-317,0	578,0	0,0	-193,0	-317	-510	-203	-396	-227	-895	-79	-824	

ELEVADO PERU		Trecho entre apoyos						C459	$\gamma_{rat} = 1$	$\eta_i = 1,10$	Perd. pret. = 22,13 %					
								C461	SERVICE				STRENGTH			
Envolvente de Fuerzas Cortantes (tf) - Vigas V6 borde								Vk. t = o		Vk. t = oo		Vu. t = o		Vu. t = oo		
Secc.	x	DC <sub>1+2 iso</sub>	DC <sub>1+2 hip</sub>	DW	M hip,o	LL +	LL -	Vk +	Vk -	Vk +	Vk -	Vu +	Vu -	Vu +	Vu -	
A	0,350	50,7	50,7	54,9	0,0	40,6	-5,7	146	99	146	99	238	78	238	78	
A'	1,850	43,4	44,5	51,8	0,0	39,9	-5,8	135	89	135	90	221	68	222	69	
B	3,572	38,7	39,4	45,4	0,0	36,1	-5,6	120	79	121	79	198	60	198	61	
C	7,016	29,0	29,5	33,2	0,0	29,1	-5,2	91	57	92	57	151	43	151	43	
D	10,460	19,4	19,7	21,8	0,0	21,0	-4,7	62	37	62	37	103	26	103	26	
E	13,904	9,7	10,0	11,1	0,0	13,9	-4,1	35	17	35	17	59	10	59	10	
F	17,350	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	-5,7	6	-6	6	-6	11	-11	11	-11	
G	20,796	-9,7	-10,0	-11,1	0,0	4,1	-13,9	-17	-35	-17	-35	-10	-58	-10	-59	
H	24,240	-19,4	-19,7	-21,8	0,0	4,7	-21,0	-36	-62	-37	-62	-26	-103	-26	-103	
I	27,684	-29,0	-29,5	-33,2	0,0	5,2	-29,1	-57	-91	-57	-92	-42	-151	-43	-151	
J	31,128	-38,7	-39,4	-45,4	0,0	5,6	-36,1	-78	-120	-79	-121	-60	-198	-60	-198	
K'	32,850	-43,4	-44,5	-51,8	0,0	5,8	-39,9	-89	-135	-90	-136	-69	-222	-70	-223	
K	34,350	-50,7	-50,7	-54,9	0,0	5,7	-40,6	-100	-146	-100	-146	-78	-238	-78	-238	

## 5. PRETENSADO EN LAS VIGAS LONGITUDINALES

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES

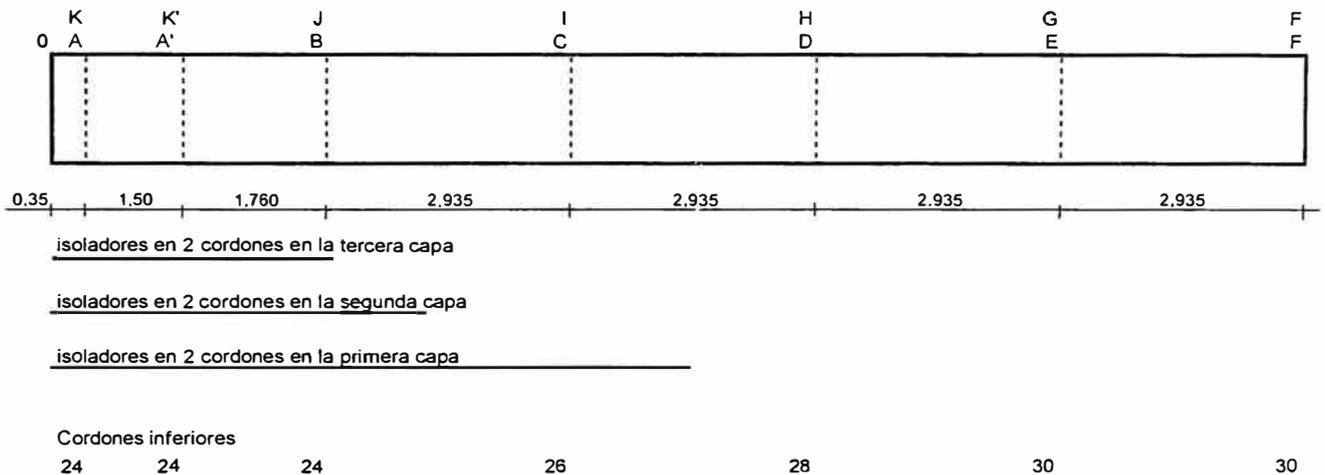
Acero 270 K –  $f_{pu} = 18600 \text{ kgf/cm}^2$  -  $f_{py} = 16700 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de Elasticidad =  $1970000 \text{ kgf/cm}^2$

Cordones pretensados -  $1 \phi 0.6''$  - Área del cordón ( $A_p$ ) =  $1,39 \text{ cm}^2$

Tensión inicial =  $0.75 * f_{pu} * A_p = 19,4 \text{ tf}$

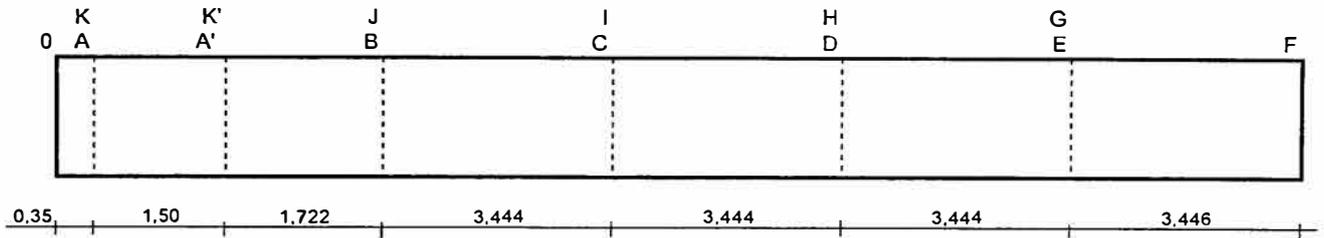
#### Vigas V27



Y capa	SECCIONES						
	A	A'i	Bi	Ci	Di	E	F
0,060	6	6	6	6	6	8	8
0,115	8	8	8	8	10	10	10
0,170	8	8	8	10	10	10	10
0,225	2	2	2	2	2	2	2
1,240							

n cordones	24	24	24	26	28	30	30
$Y_{eq. CG}$	0,129	0,129	0,129	0,132	0,131	0,126	0,126
$Y_{cg. Viga simp.}$	0,927	0,927	0,891	0,891	0,891	0,891	0,891
e. prot. 1	0,798	0,798	0,762	0,759	0,760	0,765	0,765
$Y_{cg. Viga comp.}$	1,108	1,108	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226
e. prot. 2	0,979	0,979	1,098	1,094	1,096	1,100	1,100

### Vigas V6



isoladores en 2 cordones en la tercera capa

isoladores en 2 cordones en la segunda capa

isoladores en 2 cordones en la segunda capa

isoladores en 2 cordones en la primera capa

Cordones inferiores

28      28 28      30 30      32 34      34 36      36      36

Y capa	SECCIONES							
	A	A'i	Bi	Ci	Cd	Di	E	F
0,060	6	6	6	6	6	6	8	8
0,115	6	6	6	8	10	10	10	10
0,170	8	8	10	10	10	10	10	10
0,225	8	8	8	8	8	8	8	8
1,240								

n cordones	28	28	30	32	34	34	36	36
Y <sub>eq. CG</sub>	0,150	0,150	0,152	0,149	0,147	0,147	0,143	0,143
Y <sub>cg. viga simp.</sub>	0,927	0,927	0,891	0,891	0,891	0,891	0,891	0,891
e. prot. 1	0,777	0,777	0,739	0,741	0,743	0,743	0,748	0,748
Y <sub>cg. viga comp.</sub>	1,101	1,101	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226	1,226
e. prot. 2	0,950	0,950	1,075	1,077	1,079	1,079	1,084	1,084

## 5.2 PÉRDIDAS POR DEFORMACIÓN ELÁSTICA DEL CONCRETO

### TENSIONES AL NIVEL DEL CABLE EQUIVALENTE - VIGA V27

Características geométricas (sección en el medio de la luz) - tf.m

#### Perfil aislado

$H_1 =$	1,800
$A_{c1} =$	0,683
$I_1 =$	0,298
$y_{i1} =$	0,891
$ys_1 =$	0,909
$y_1$ cable eq. =	0,126
$e_{p1} =$	0,765
$\eta_1 = 1 + e_p^2 \cdot A_c /$	2,340
perímetro =	6,764

#### Perfil compuesto

$H_2 =$	2,000
$A_{c2} =$	1,023
$I_2 =$	0,530
$y_{i2} =$	1,226
$ys_2 =$	0,774
$y_2$ cable eq. =	0,126
$e_{p2} =$	1,100
$\eta_2 = 1 + e_p^2$	3,335
$A_d =$	0,340
$e_d =$	0,674

$f_c$  (Mpa) = 35     $E_c$  (Mpa) = 28397     $E_p$  (Mpa) = 197000

### Esfuerzos solicitantes (sección en el medio de la luz) - tf.m

M (DC1)	M (DC2)	M (DW)
194,0	124,0	185,0

#### Pretensado

$P_{oi}$ (tf) - total	n (n° cables)	$\alpha = E_p/E_c$	$A_p$ (cm <sup>2</sup> )	$P_{oi}$ (1 cable)	$\rho_1 = A_p/A_{c1}$	$\rho_2 = A_p/A_{c2}$	$f_{pi}$ (tf/m <sup>2</sup> )
582,0	30	6,9	41,70	19,40	0,0061	0,0041	139568

### Tensiones (debidas al pretensado + peso de la viga) - tf/m<sup>2</sup>

	DC <sub>1</sub>	DC <sub>2</sub>	DW	pretensado	total
Borda superior	-592,4			506,2	-86,2
Cable equiv.	498,2			-1995,6	-1497,4
Borda inferior	580,2			-2183,9	-1603,6

### Tensiones (debidas al postensado, DC2 y DW y perdidas) - tf/m<sup>2</sup>

	DC <sub>1</sub>	DC <sub>2</sub>	DW	pretensado	total
Borda superior		-378,6	-200,2	401,7	-769,5
Cable equiv.		318,4	384,0	-1583,5	-382,9
Borda inferior		370,9	428,0	-1732,9	-353,8

$\Delta f_{ps}(\text{pre})$  tf/m<sup>2</sup> = 10388 (pérdidas por deformación elástica del concreto)  
 $\Delta P(\text{pre})$  % = 7,44  
 $f_{pi}(\text{pre})$  tf/m<sup>2</sup> = 129180

## TENSIONES AL NIVEL DEL CABLE EQUIVALENTE - VIGA V6

### Características geométricas (sección en el medio de la luz) - tf.m - Vigas V6

#### Perfil aislado

$H_1 =$	1,800
$A_{c1} =$	0,683
$l_1 =$	0,298
$y_{i1} =$	0,891
$ys_1 =$	0,909
$y_1$ cable eq. =	0,143
$e_{p1} =$	0,748
$\eta_1 = 1 + e_p^2 \cdot A_c /$	2,282
perímetro =	6,765

#### Perfil compuesto

$H_2 =$	2,000
$A_{c2} =$	1,023
$l_2 =$	0,530
$y_{i2} =$	1,226
$ys_2 =$	0,774
$y_2$ cable eq. =	0,143
$e_{p2} =$	1,083
$\eta_2 = 1 + e_p^2$	3,262
$A_d =$	0,340
$e_d =$	0,674

$f_c$  (Mpa) = 35     $E_c$  (Mpa) = 28397     $E_p$  (Mpa) = 197000

### Esfuerzos solicitantes (sección en el medio de la luz) - tf.m

M (DC1)	M (DC2)	M (DW)
248,0	159,0	140,0

### Pretensado

$P_{oi}$ (tf) - total	$n$ (n° cables)	$\alpha = E_p/E_c$	$A_p$ (cm <sup>2</sup> )	$P_{oi}$ (1 cable)	$\rho_1 = A_p/A_{c1}$	$\rho_2 = A_p/A_{c2}$	$f_{pi}$ (tf/m <sup>2</sup> )
698,4	36	6,9	50,04	19,40	0,0073	0,0049	139568

### Tensiones (debidas al pretensado + peso de la viga) - tf/m<sup>2</sup>

	DC <sub>1</sub>	DC <sub>2</sub>	DW	pretensado	total
Borda superior	-757,0			571,3	-185,7
Cable equiv.				-2335,4	-1712,5
Borda inferior	742,0			-2586,3	-1844,3

### Tensiones (debidas al postensado, DC2 y DW y perdidas) - tf/m<sup>2</sup>

	DC <sub>1</sub>	DC <sub>2</sub>	DW	pretensado	total
Borda superior		-485,3	-151,6	443,5	-950,4
Cable equiv.		399,4	286,0	-1813,0	-504,7
Borda inferior		475,7	323,8	-2007,8	-466,2

$\Delta f_{ps}(\text{pre})$  tf/m<sup>2</sup> = 11880 (pérdidas por deformación elástica del concreto)

$\Delta P(\text{pre})$  % = 8,51

$f_{pi}(\text{pre})$  tf/m<sup>2</sup> = 127688

### 5.3 PÉRDIDAS DIFERIDAS DE PRETENSADO (CREEP, RETRACCIÓN Y RELAJACIÓN DEL ACERO) SEGUN AASHTO 2007

#### Vigas V27

#### FLUENCIA, RETRACCIÓN Y RELAJACIÓN - VIGA V27

edad del concreto de la viga prefabricada (días)

pretensado	3
g2 + g3	60
infinito	18250

perdidas relativas a la retracción del concreto (hum. relativa %) = 70

intervalo	(ti)	(t)	$\epsilon_{sh}(t, ti)$	V/S	$k_s$	$k_{hs}$	$k_r$	$k_{id}$	$k_{id, dr}$	$\Delta f_{pSR, D}$	$\Delta f_{edf}$
3 a 60 días	3	60	0,000398	0,101	1,449	1,020	1,00	0,560	0,787	6166	0
60 a 18250	60	18250	0,000708	0,101	1,449	1,020	1,00	0,998	0,796	11095	-130,0

perdidas relativas a fluencia del concreto

intervalo	(ti)	(t)	$\psi(t, ti)$	V/S	$k_s$	$k_{hs}$	$k_r$	$k_{id}$	$k_{id, dr}$	$\Delta f_{pCR, D}$	$\Delta f_{pSS}$
3 a 60 días	3	60	1,382	0,101	1,449	1,020	1,00	0,560	0,787	11305	0
60 a 18250	60	18250	1,729	0,101	1,449	1,020	1,00	0,998	0,796	-1712	-1586
3 a 18250	3	18250	2,462	0,101	1,449	1,020	1,00	0,998			

perdidas relativas a relajación del acero

intervalo	(ti)	(t)	$f_{pt}$	$k_L$	$\Delta f_{pR1,2}$
3 a 60 días	3	60	129180	30	963
60 a 18250	60	18250			963

perdidas acumuladas

intervalo	(ti)	(t)	$\Delta f_{pSR, D}$	$\Delta f_{pCR, D}$	$\Delta f_{pR1,2}$	$\Delta f_{pSS}$	$\Sigma \Delta f_p$	% $f_{pt Pi}$	% $f_{pt Po}$
3 a 60 días	3	60	6166	11305	963	0	18433	13,21	14,27
60 a 18250	60	18250	11095	-1712	963	-1586	8760	6,28	6,78
								19,48	21,05

	(Rel. Pi)	(Rel. Po)	P (fases)
Perdidas inmediatas %	7,44	0,00	17,96
Perdidas lentas %	19,48	21,05	14,18
Perdidas totales %	26,93		

## Vigas V6

### FLUENCIA, RETRACCIÓN Y RELAJACIÓN - VIGA V6

#### edad del concreto de la viga prefabricada (días)

pretensado	3
DC2 + DW	60
infinito	18250

#### perdidas relativas a la retracción del concreto (hum. relativa %) = 70

intervalo	(ti)	(t)	$\epsilon_{sh}(t, ti)$	V/S	$k_s$	$k_{hs}$	$k_f$	$k_{id}$	$k_{id,df}$	$\Delta f_{pSR,D}$	$\Delta f_{cdf}$
3 a 60 días	3	60	0,000398	0,101	1,449	1,020	1,00	0,560	0,760	5950	0
60 a 18250	60	18250	0,000708	0,101	1,449	1,020	1,00	0,998	0,768	10715	-123,4

#### perdidas relativas a fluencia del concreto

intervalo	(ti)	(t)	$\psi(t, ti)$	V/S	$k_s$	$k_{hs}$	$k_f$	$k_{td}$	$k_{td,df}$	$\Delta f_{pCR,D}$	$\Delta f_{pSS}$
3 a 60 días	3	60	1,382	0,101	1,449	1,020	1,00	0,560	0,760	12477	0
60 a 18250	60	18250	1,729	0,101	1,449	1,020	1,00	0,998	0,768	-1276	-1454
3 a 18250	3	18250	2,462	0,101	1,449	1,020	1,00	0,998			

#### perdidas relativas a relajación del acero

intervalo	(ti)	(t)	$f_{pt}$	$k_L$	$\Delta f_{pR1,2}$
3 a 60 días	3	60	127688	30	913
60 a 18250	60	18250			913

#### perdidas acumuladas

intervalo	(ti)	(t)	$\Delta f_{pSR,D}$	$\Delta f_{pCR,D}$	$\Delta f_{pR1,2}$	$\Delta f_{pSS}$	$\Sigma \Delta f_p$	% $f_{pt Pi}$	% $f_{pt Po}$
3 a 60 días	3	60	5950	12477	913	0	19340	13,86	15,15
60 a 18250	60	18250	10715	-1276	913	-1454	8899	6,38	6,97
							20,23	22,12	

	(Rel. Pi)	(Rel. Po)	P (fases)
Perdidas inmediatas %	8,51	0,00	17,75
Perdidas lentas %	20,23	22,12	13,82
Perdidas totales %	28,75		

## 6. VERIFICACIÓN DE TENSIONES (ESTADO LIMITE DE UTILIZACIÓN)

### 6.1 TENSIONES LÍMITES

Tensión límite de compresión en el concreto después de las pérdidas inmediatas de pretensado y sob efecto de pretensado y cargas muertas DC1 (SERVICE):

$$0,6 * f_c = 0,6 * 2800 = 1680 \text{ tf/m}^2 \text{ para vigas V27 e V6}$$

Tensión límite de tracción en el concreto después de las pérdidas inmediatas de pretensado y bajo efecto de pretensado y cargas muertas DC1, en zonas con armaduras suficientes para resistir a la fuerza de tracción en el concreto. Para el cálculo de esta armadura la tensión límite del acero deberá ser igual a  $0,5 f_y$  y no exceder 210 MPa. (SERVICE I y IV)

$$0,63 * \sqrt{f_{ci}} \text{ (MPa)} = 0,63 * \sqrt{28} = 3,33 \text{ MPa} = 315 \text{ tf/m}^2 \text{ para vigas V27 e V6}$$

Tensión límite de compresión en el concreto después de las pérdidas de pretensado y sob efecto de pretensado y cargas muertas (SERVICE IV):

$$0,45 * f_c = 0,45 * 3500 = 1575 \text{ tf/m}^2 \text{ para vigas V27 y V6}$$

Tensión límite de tracción en el concreto después de las pérdidas de pretensado asumiendo secciones no fisuradas y bajo efecto de pretensado, cargas muertas y  $0,8 * \text{cargas vivas}$  (SERVICE III):

$$0,50 \sqrt{f_c} \text{ (MPa)} = 0,5 * \sqrt{35} = 2,96 \text{ Mpa} = 296 \text{ tf/m}^2 \text{ para vigas V27 y V6}$$

**MEMORIA DE CALCULO-LOSAS-  
TRAMO E-MODULOS 1E Y 2E**

## ÍNDICE

HOJA DE REVISIÓN .....	2
ÍNDICE .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....	4
2.1 MODELOS .....	4
2.1.1 MODELO ADOPTADO MÓDULO 1E – TABLERO RECTO 31,0M X 35,0M X 31,0M .....	6
2.1.2 MODELO ADOPTADO MÓDULO 2E– TABLERO RECTO 29,7M X 20,0M .....	6
CARGAS EN LOS TABLEROS .....	7
3.1 CARGAS MUERTAS .....	7
3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC) .....	7
3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW) .....	7
3.2 CARGA VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL) .....	8
4. COMBINACIONES .....	12
ESFUERZOS SOLICITANTES .....	13
5.1 STRENGTH .....	13
5.2 FATIGA .....	17
5.3 FISURACIÓN .....	21
5.4 CORTE-STRENGTH .....	25
5.5 TABLA DE RESUMO DE ESFUERZOS .....	26
DIMENSIONAMIENTO DE LAS LOSAS .....	27
6.1 TABLEROS .....	27
6.2 VERIFICACION DEL REFUERZO DE LA LOSA EN UBICACIÓN DE POSTE DE CATENARIA .....	28
7. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PRE-LOSAS .....	30
7.1 LP1 – ACERO $FY = 420$ MPA .....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

Este memorial de cálculo tiene por finalidad presentar el diseño de todas las losas de los módulos 1E y 2E del tramo "E". Los vanos de los tableros varían desde 20,0m hasta 35,0m. Los tableros son rectos con 8,40m de ancho, son compuestos por 4 vigas longitudinales prefabricadas de concreto (en forma de I) y 2 vigas transversales cada. El módulo 1E entre juntas presenta 3 vanos y el módulo 2E presenta 2 vanos. Serán utilizadas losas pre-moldeadas apoyadas en las vigas longitudinales para el vaciado de la losa, la cual tendrá 20 cm de altura (ver detalle a seguir). Los esfuerzos serán obtenidos a partir de modelos estructurales (STRAP) que representan los tableros, por medio de mallas de elementos planos (losas) y barras que representan las vigas longitudinales.

A seguir sigue una tabla con las características de cada tablero:

### Materiales utilizados

Concreto para losas:  $f_c \geq 280 \text{ Kg/cm}^2$

Concreto para vigas prefabricadas:  $f_c \geq 350 \text{ Kg/cm}^2$

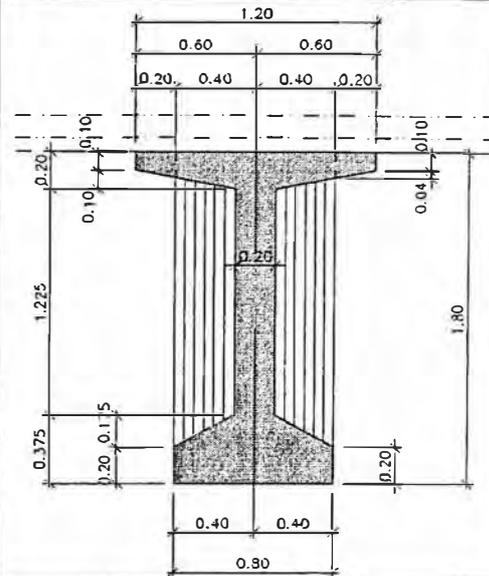
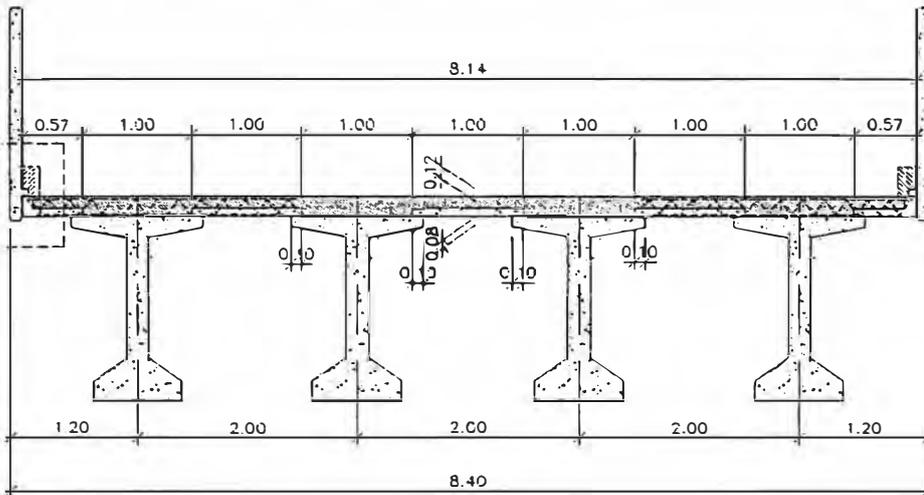
Acero para armadura pasiva:  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

## 2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

### 2.1 MODELOS

Para los tableros fueron adoptados dos modelos. Las longitudes son presentadas en la tabla siguiente.

Programación Tramo E		Tablero	Tipo	Vano	Ancho	Vigas	
Módulo	Ejes					Nombre	Alt.
				(m)	(m)		
1E	458-459	junta izquierda	Recto	31,000	8,40	V27	1,8
1E	459-461	interno	Recto	35,000	8,40	V6	1,8
1E	461-462	junta derecha	Recto	31,000	8,40	V27	1,8
2E	462-463	junta izquierda	Recto	29,700	8,40	V28	1,8
2E	463-464	junta derecha	Recto	20,000	8,40	V10	1,8



Sección transversal de los módulos 1E y 2E

Tren Elétrico Lima - Características Viga de Borde

Características Geométricas - Apoyo

1. etapa	altura total	1,80		
	n.elementos	3		
2. etapa	b=	1,70	h=	0,20

Seção 1. etapa

Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,80	0,80	1,660	1,328
2	0,80	1,20	0,040	0,040
3	1,20	1,20	0,100	0,120
4	0,00	0,00	0,000	0,000
5	0,00	0,00	0,000	0,000
6	0,00	0,00	0,000	0,000

Verificação

Altura	Área
1,80	1,488

Características Finais

Características	inicial	final	unid.
Área	1,488	1,828	m <sup>2</sup>
Y inf.	0,927	1,108	m
Y sup.	0,873	0,892	m
Inércia	0,422	0,685	m <sup>4</sup>
W inf.	0,455	0,618	m <sup>3</sup>
W sup1.	0,483	0,990	m <sup>3</sup>
W sup2.	0,000	0,768	m <sup>3</sup>

Características Geométricas - Vano

1. etapa	altura total	1,80		
	n.elementos	5		
2. etapa	b=	1,70	h=	0,20

Seção 1. etapa

Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,80	0,80	0,200	0,160
2	0,80	0,20	0,175	0,088
3	0,20	0,20	1,225	0,245
4	0,20	1,20	0,100	0,070
5	1,20	1,20	0,100	0,120
6	0,00	0,00	0,000	0,000

Verificação

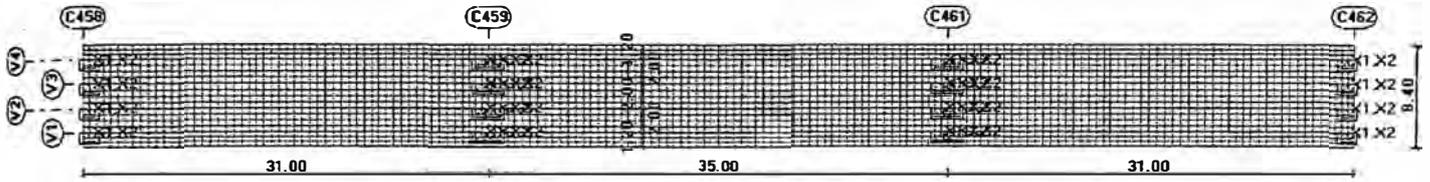
Altura	Área
1,80	0,683

Características Finais

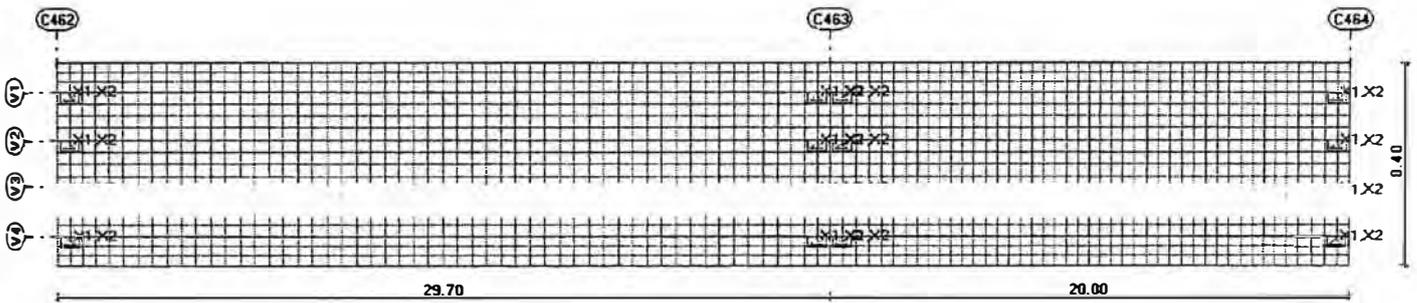
Características	inicial	final	unid.
Área	0,683	1,023	m <sup>2</sup>
Y inf.	0,891	1,226	m
Y sup.	0,909	0,774	m
Inércia	0,299	0,531	m <sup>4</sup>
W inf.	0,335	0,433	m <sup>3</sup>
W sup1.	0,328	0,926	m <sup>3</sup>
W sup2.	0,000	0,686	m <sup>3</sup>

Características geométricas de las vigas

### 2.1.1 MODELO ADOPTADO MÓDULO 1E – TABLERO RECTO 31,0M X 35,0M X 31,0M



### 2.1.2 MODELO ADOPTADO MÓDULO 2E– TABLERO RECTO 29,7M X 20,0M



### 3. CARGAS EN LOS TABLEROS

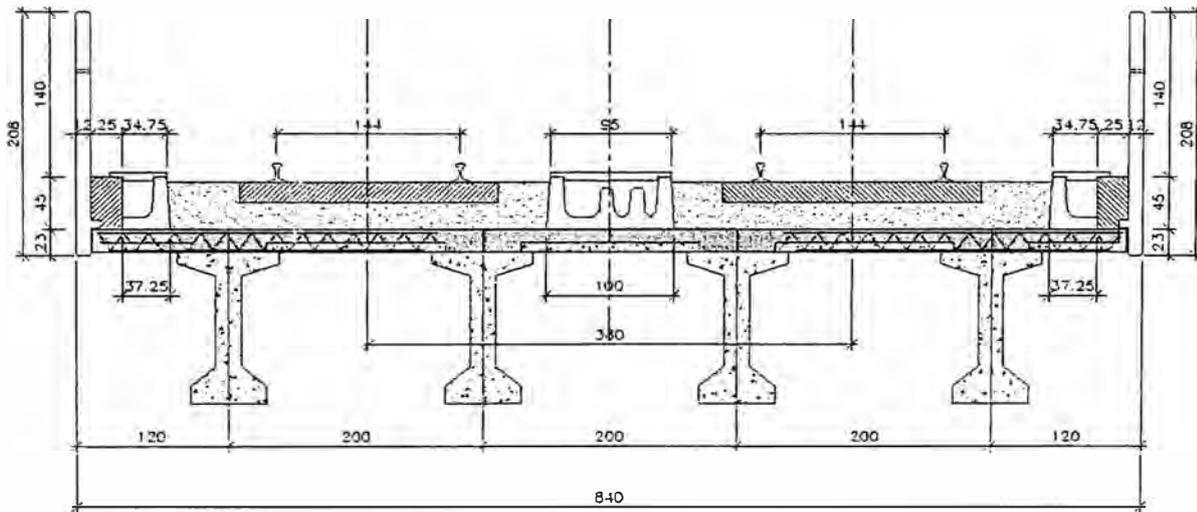
#### 3.1 CARGAS MUERTAS

##### 3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC)

DC1 – peso de las vigas prefabricadas =  $2,5 * 0,445 = 1,113 \text{ tf/m}$  (sección del vano)  
=  $2,5 * 0,803 = 2,008 \text{ tf/m}$  (sección del apoyo)

DC2 – peso de las losas =  $2,5 * 0,2 = 0,5 \text{ tf/m}^2$

##### 3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW)



**Caja Central**

$$1,20 \times 0,08 \times 2,50 = 0,24 \quad \text{tf/m}$$

$$0,52 \times 0,20 \times 2,50 = 0,26 \quad \text{tf/m}$$

$$0,08 \times 0,80 \times 2,50 = 0,16 \quad \text{tf/m}$$

**Pasarela**

$$0,48 \times 0,16 \times 2,50 = 0,19 \quad \text{tf/m}$$

$$0,90 \times 0,24 \times 2,50 = 0,54 \quad \text{tf/m}$$

$$0,60 \times 0,50 \times 2,50 = 0,75 \quad \text{tf/m}$$

**Baranda**

$$0,10 \times 2,00 = 0,20 \quad \text{tf/m}$$

**Balasto en Recta (1)**

$$6,80 \times 0,46 \times 2,25 = 7,04 \quad \text{tf/m}$$

o

**Balasto Curva (2)**

$$7,85 \times 0,46 \times 2,25 = 8,12 \quad \text{tf/m}$$

**Rieles**

$$0,30 \times 2,00 = 0,60 \quad \text{tf/m}$$

**Sellado**

$$0,01 \times 8,80 \times 2,20 = 0,19 \quad \text{tf/m}$$

**Utilidad**

$$0,05 \times 8,40 = 0,42 \quad \text{tf/m}$$

**Total en Recta                    10,59tf/m**
**Total Curva                        11,68tf/m**

### 3.2 CARGA VIVA DEL TREN ELECTRICO (LL)

Las cargas vivas no deben ser menores a las constituidas por un tren de dos coches cargados (fig. 1) y por un tren de dos coches cargados más la locomotora de maniobra (fig. 2). Cada carga será puesta sobre la estructura en diversas posiciones en forma tal como para determinar los máximos y mínimos momentos flectores y otras sollicitaciones.

- Carga máxima por eje de un coche cargado                    = 115,8 kN (11,58 tf).
- Carga máxima por eje de la locomotora de maniobra       = 170,0 kN (17,00 tf).

Fig. 1

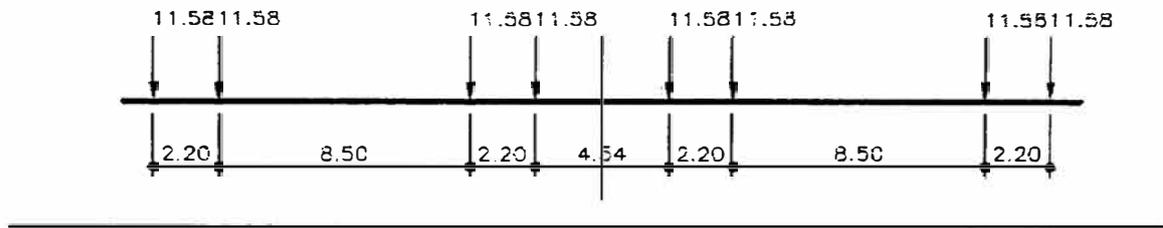
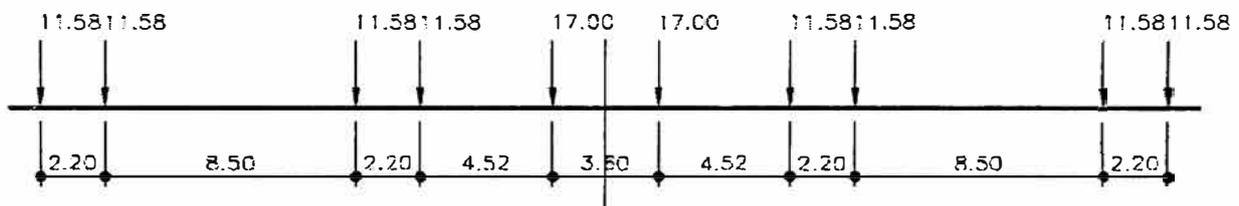


Fig. 2



Se aplica a la carga viva un coeficiente de incremento por efectos dinámicos IM, determinado según AREMA – Manual for Railway Engineering – Part 1 – ítem 1.3.5

- $IM = RE + 40 - 3L^2 / 1600$ . ( para luces  $L < 80' = 24,38m$  ).
- $IM = RE + 16 + 600 / ( L - 30 )$ . ( para luces  $L > 80' = 24,38m$  ).

Observaciones:

- RE = 10% - considerándose la carga total por eje.
- Para vías con balasto, el valor final del coeficiente IM puede ser considerado 90% del valor de las fórmulas presentadas.

La tabla a seguir indica valores de IM para algunas luces del proyecto:

Luz ( m )	IM ( % )
15,0	40,9
20,0	37,7
25,0	33,8
30,0	31,3
35,0	29,8

Obs : El valor mínimo de IM será de acuerdo con AASHTO 2007 -  $IM_{min} = 33 \%$ .

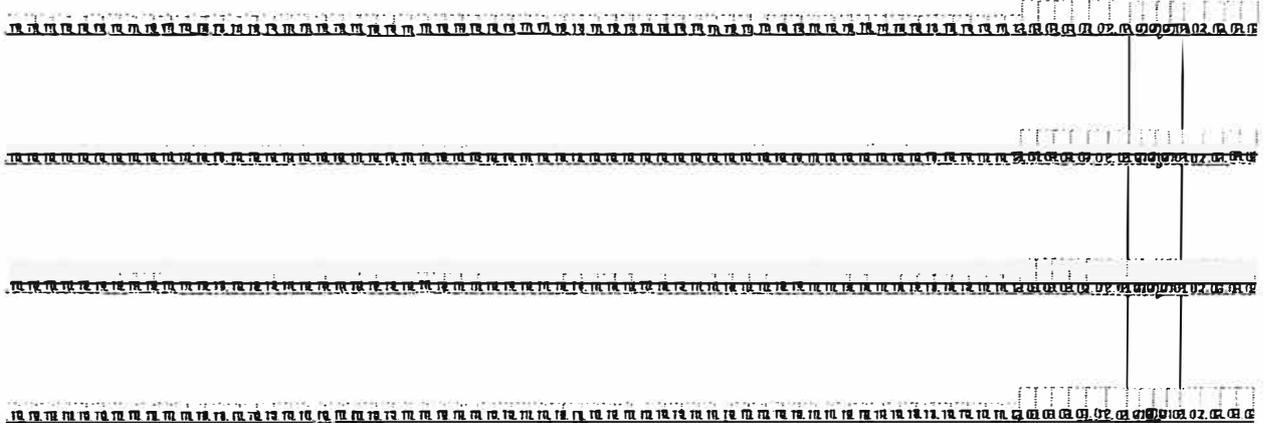


Figura: Peso de las vigas prefabricadas DC1.

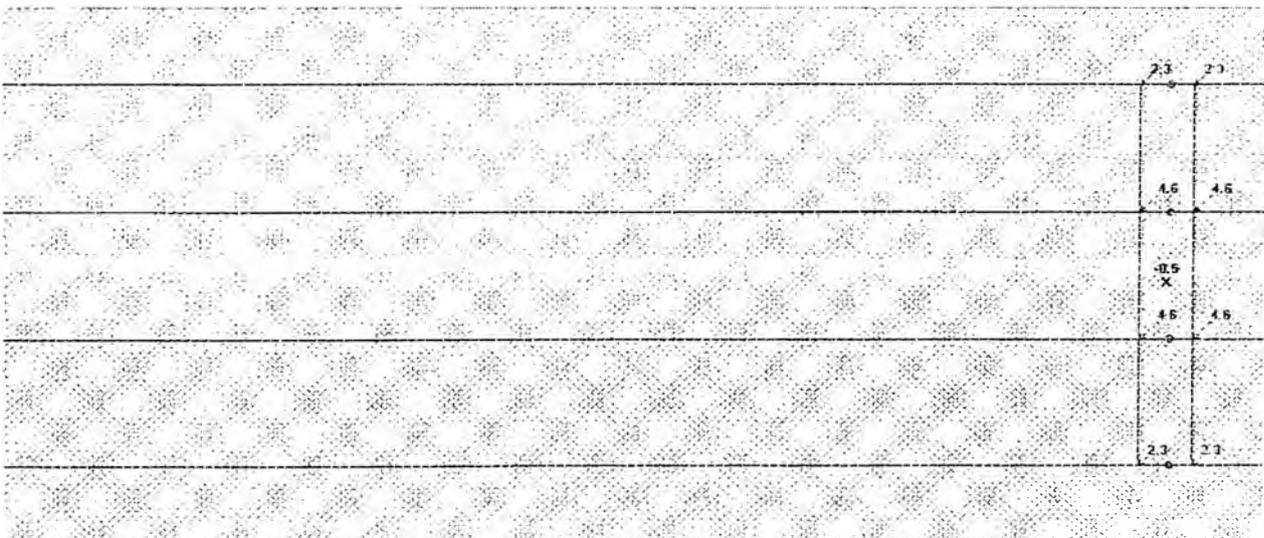


Figura: Peso losa vaciada in situ DC2.

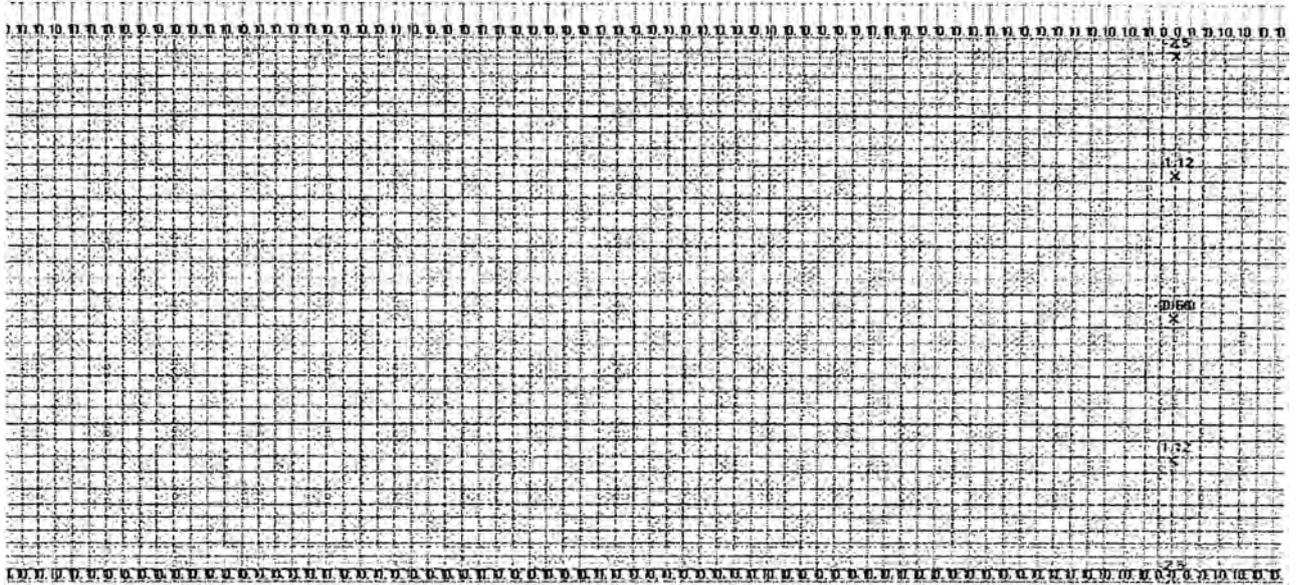


Figura: Cargas muertas no estructurales.

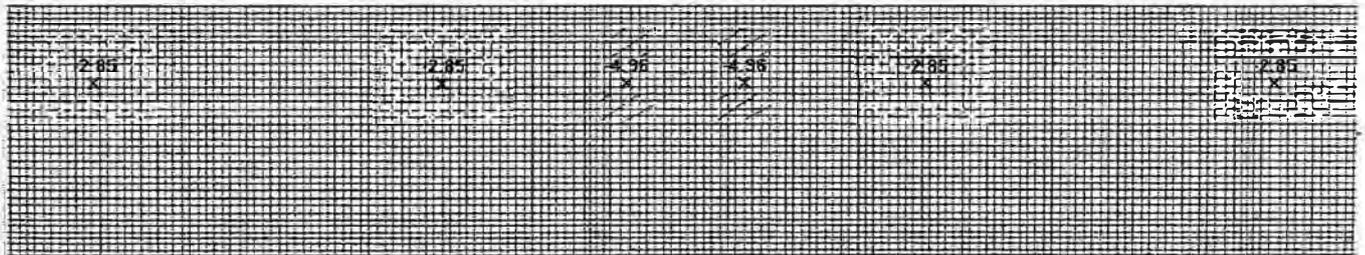


Figura: Ejemplo de carga del tren para Via1.

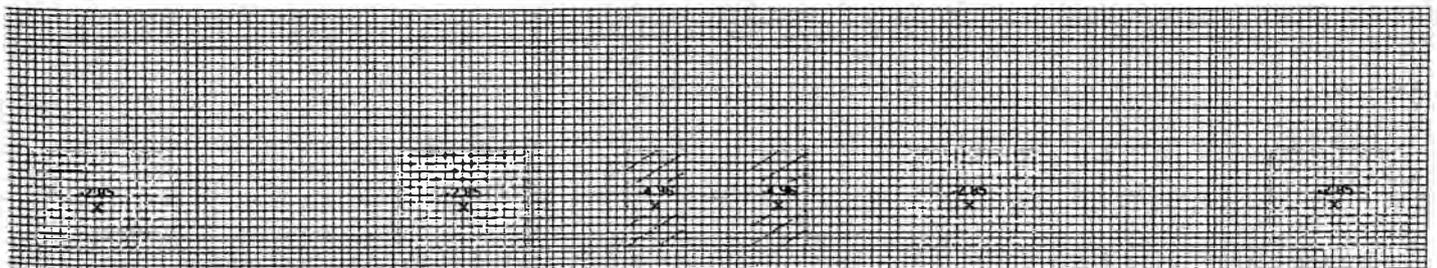


Figura: Ejemplo de carga del tren para Via2

El impacto para las losas es de  $I_m = 44,9\%$

#### 4. COMBINACIONES

Siguen las combinaciones consideradas, según AASHTO LRFD:

##### *Strength*

$$1,25DC + 1,5DW + 1,75LL$$
$$0,90DC + 0,65DW + 1,75LL$$

##### Servicio – fisuración

$$1DC + 1DW + 1LL$$

##### Fadiga

$$1DC + 1DW + 0,75LL$$

Para los estados limites “strength”, fue considerado, según AASTHO LRFD 1.3.2.1.:

$$\sum \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i$$

Donde,

$$\eta_i = \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_I \geq 0,95 \quad (\text{Para cargas con máximo valor de } \gamma_i)$$

$$\eta_i = \frac{1}{\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_I} \leq 1,00 \quad (\text{Para cargas con mínimo valor de } \gamma_i)$$

$$\eta_D = 1,00$$

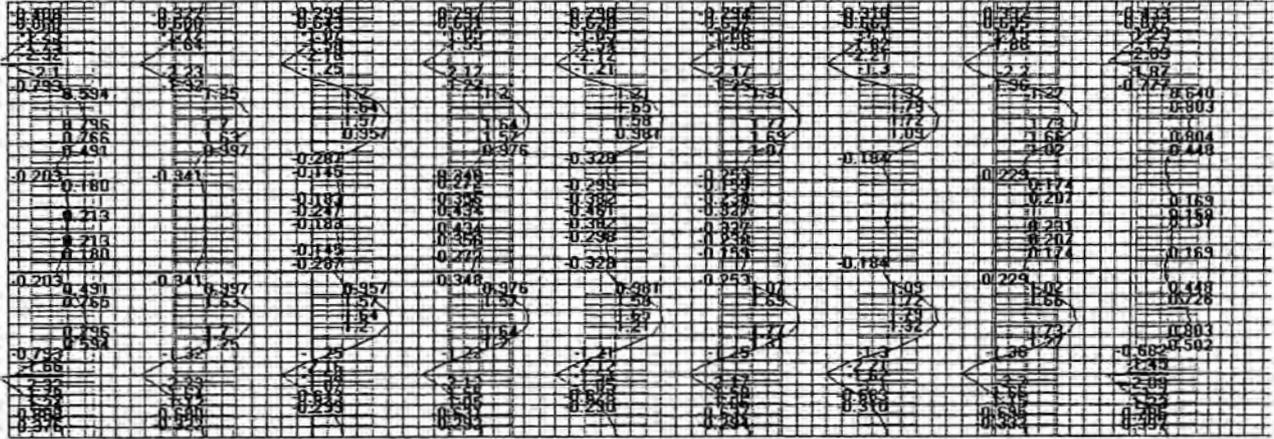
$$\eta_R = 1,05$$

$$\eta_I = 1,05$$

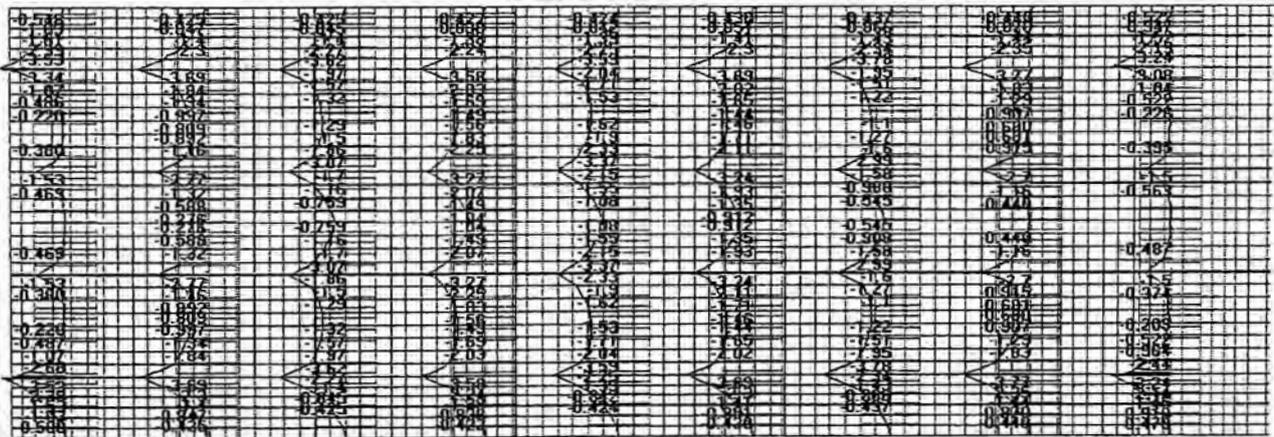
$$\therefore \square \eta_i = 1,10$$

## ESFUERZOS SOLICITANTES

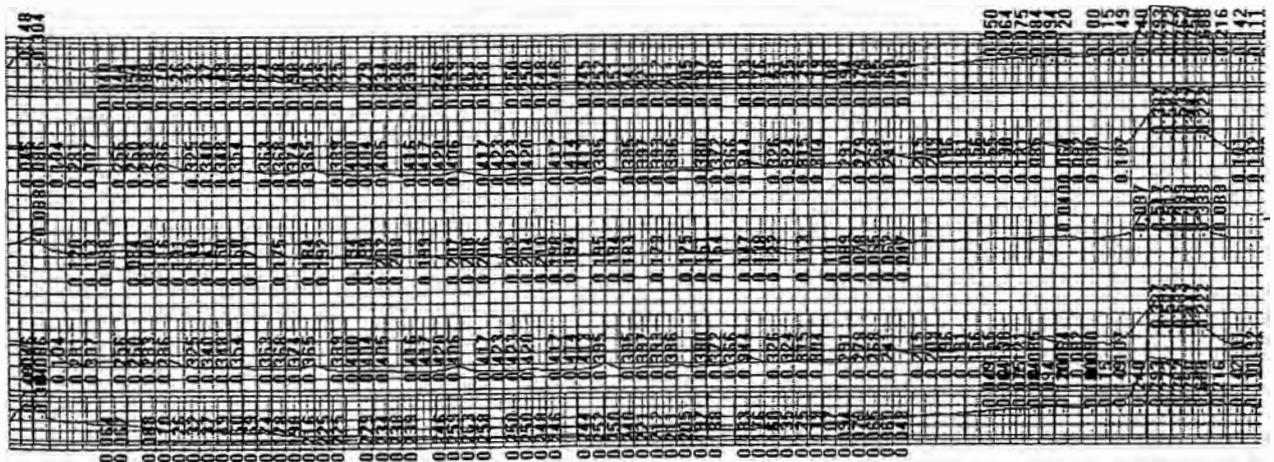
### 5.1 STRENGTH



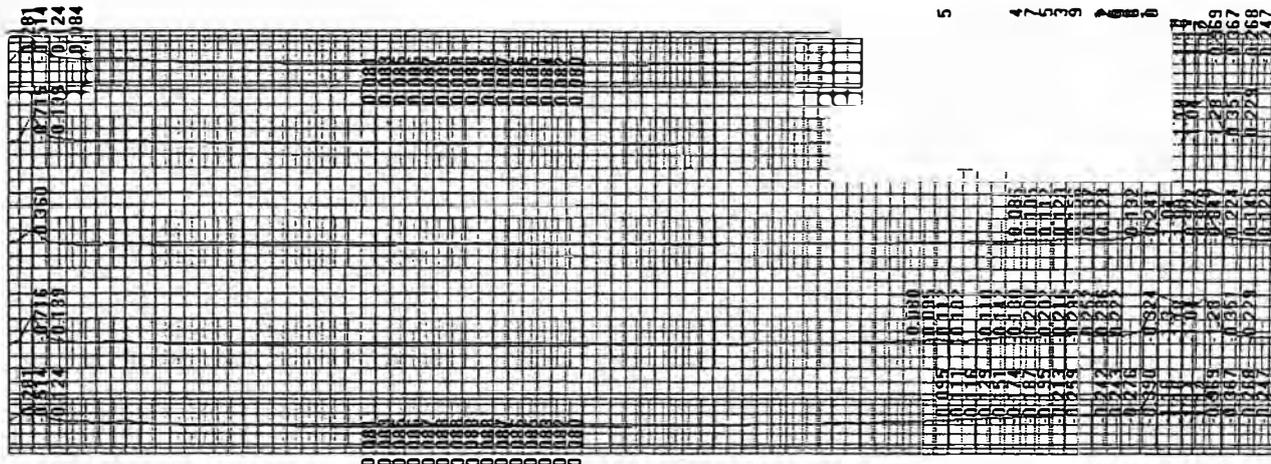
vano 1 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



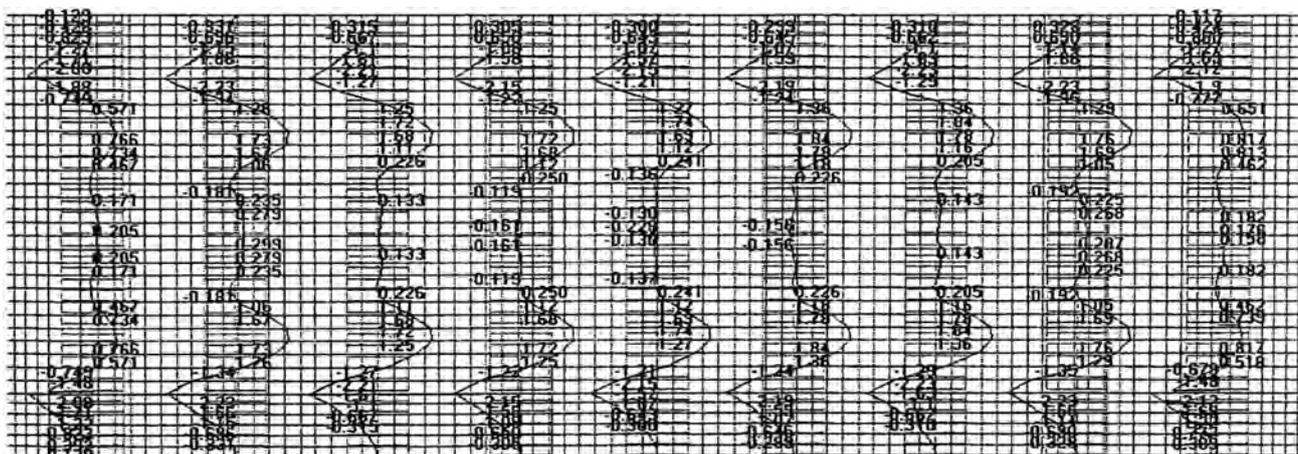
vano 1 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



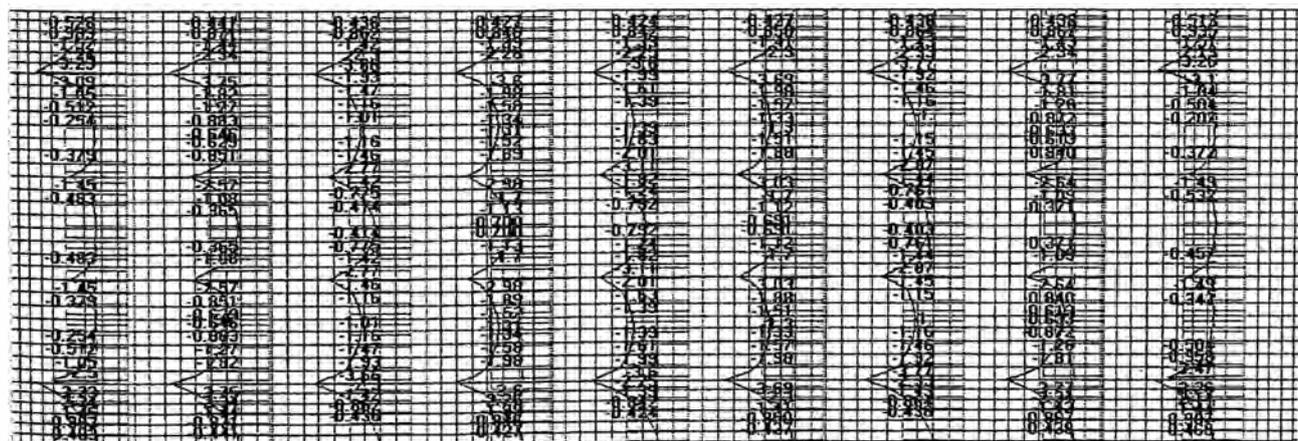
vano 1 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



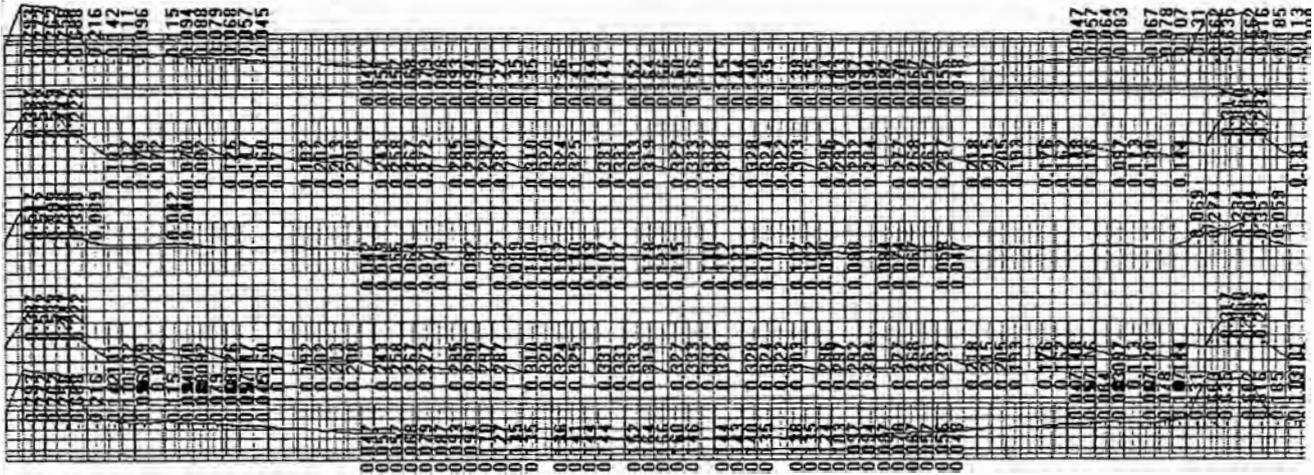
vano 1 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



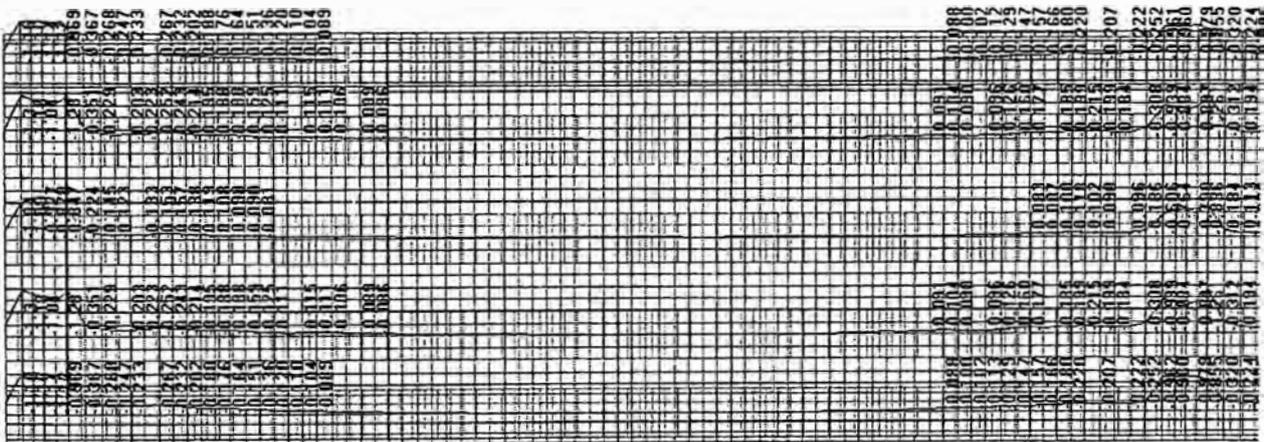
vano 2 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



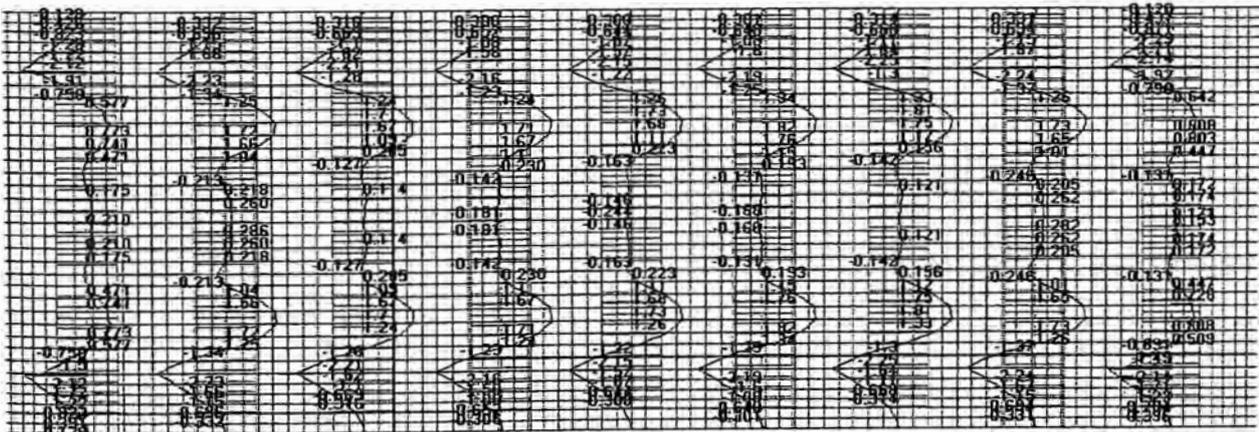
vano 2 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



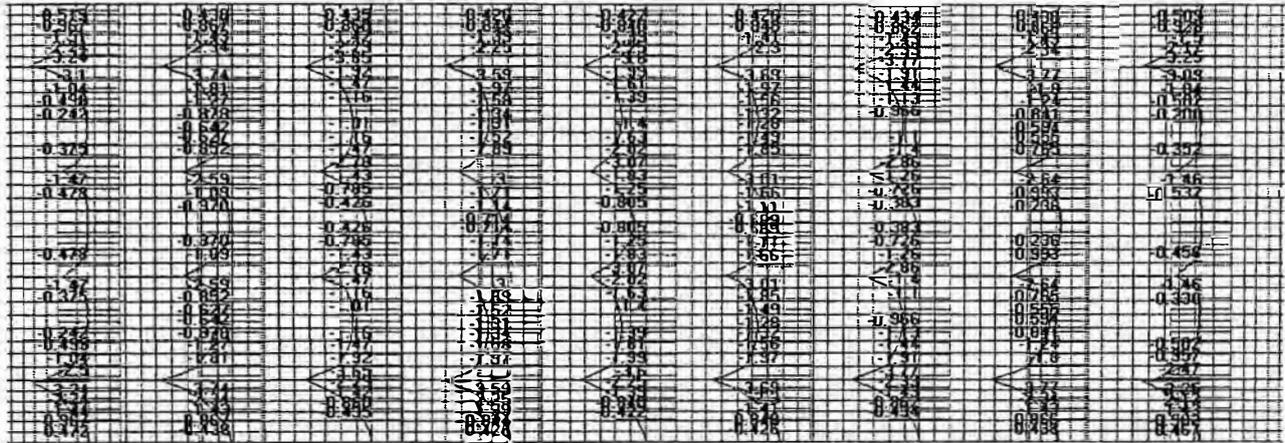
vano 2 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



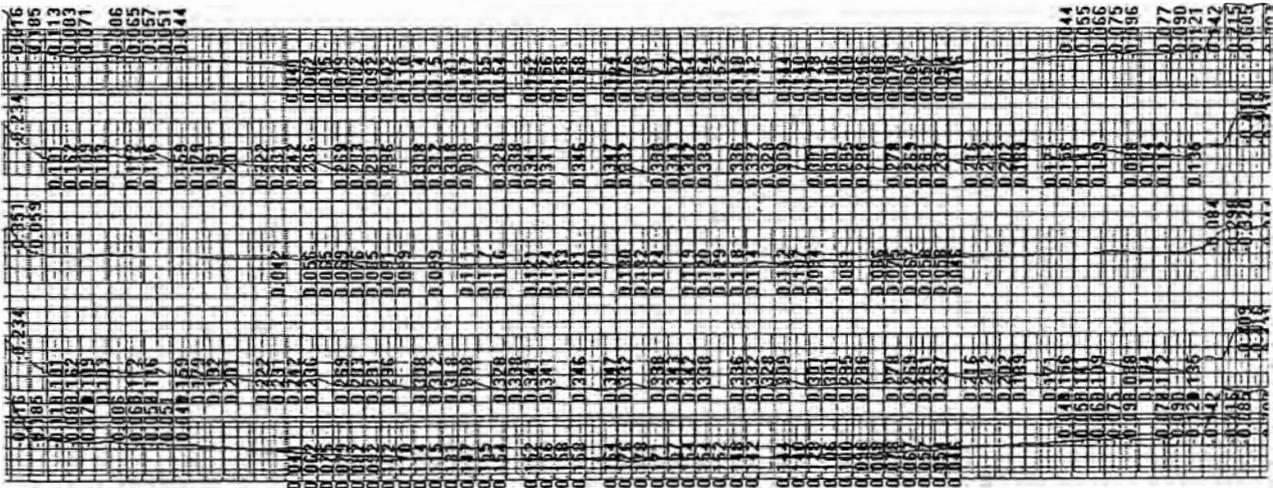
vano 2 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



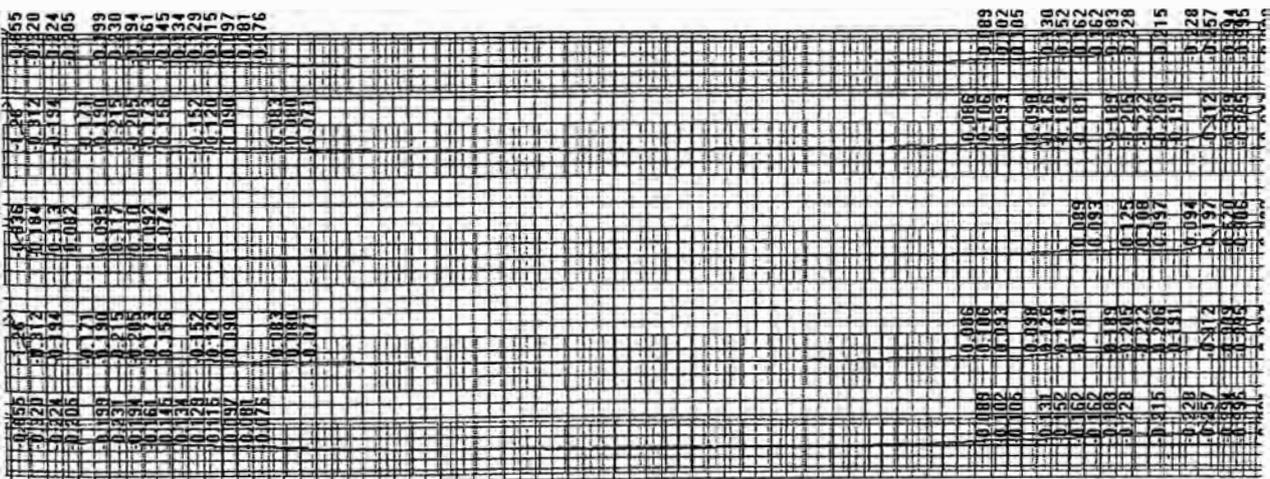
vano 3 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



vano 3 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m

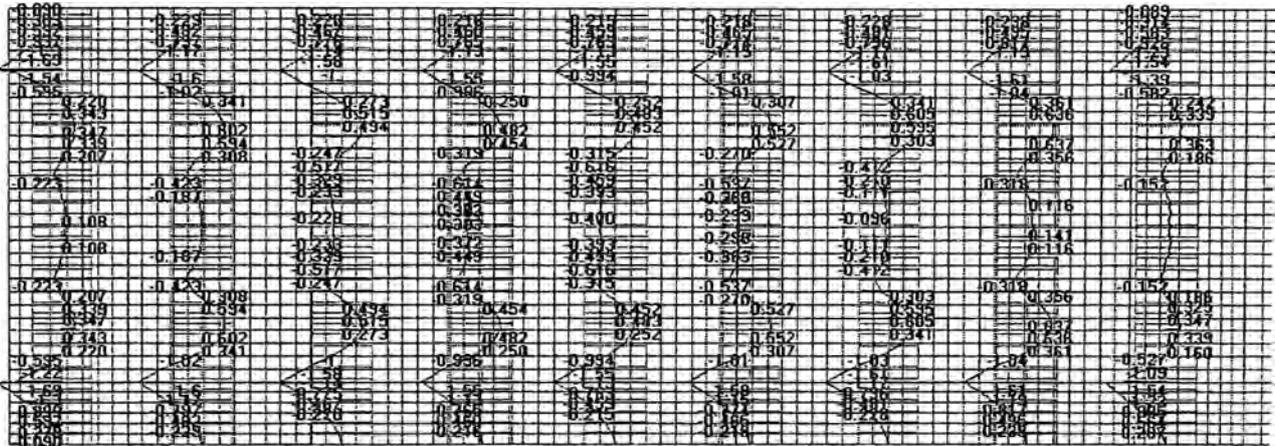


vano 3 – Mu – resultados máximos – tf.m/m

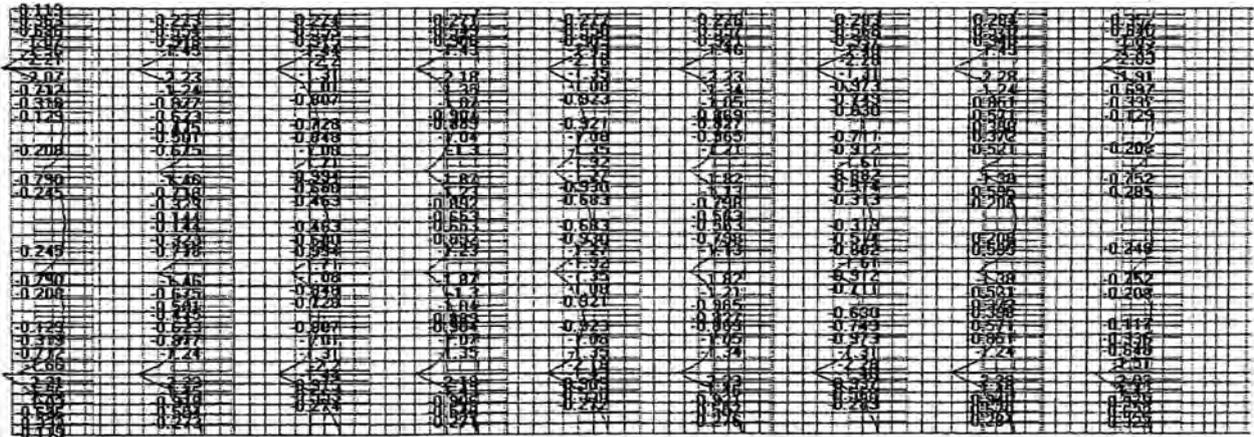


vano 3 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m

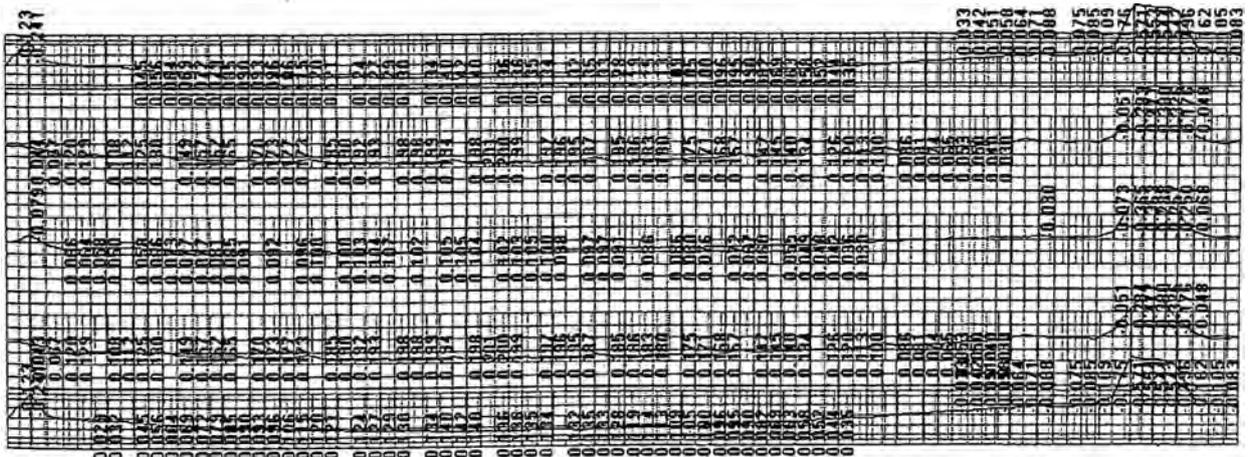
5.2 FATIGA



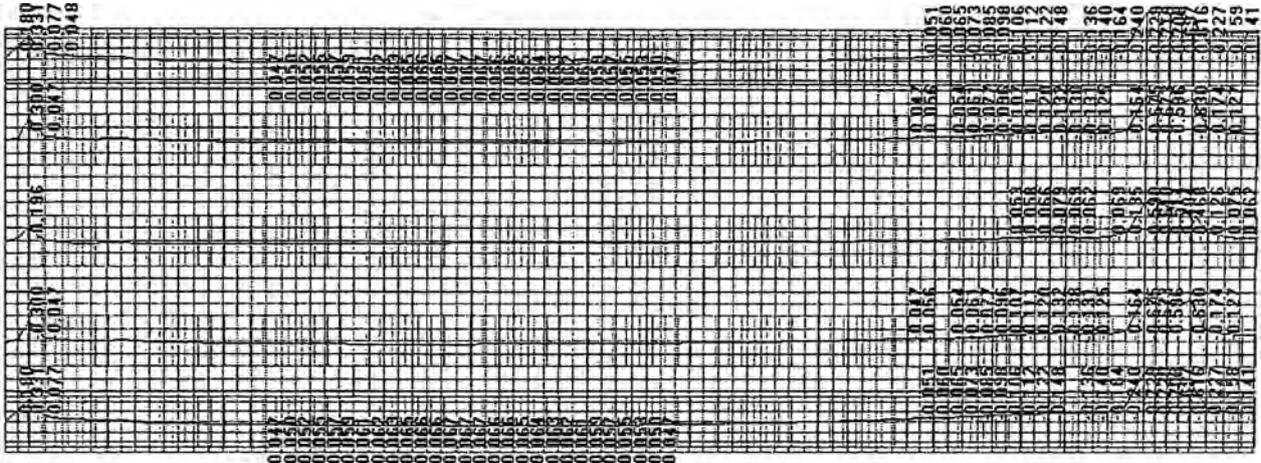
vano 1 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



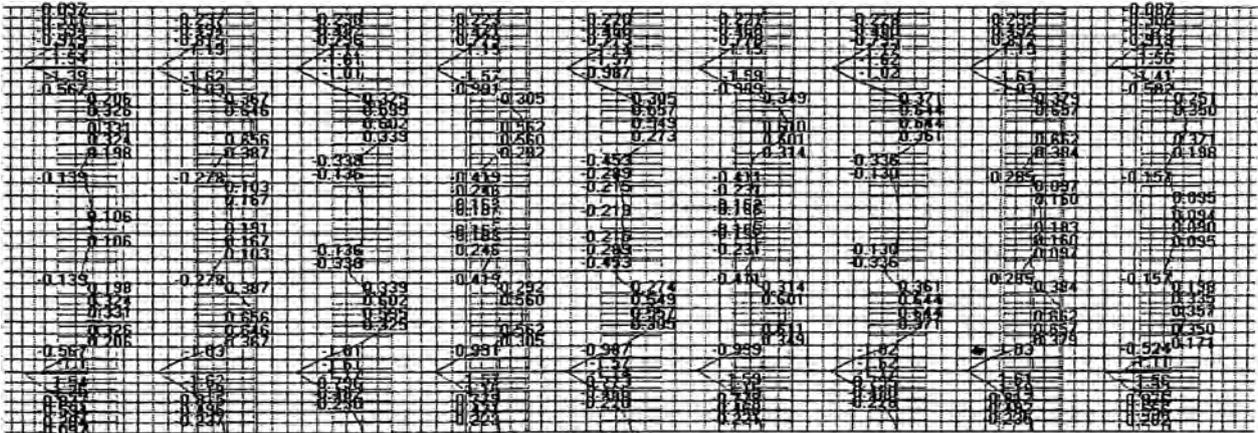
vano 1 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



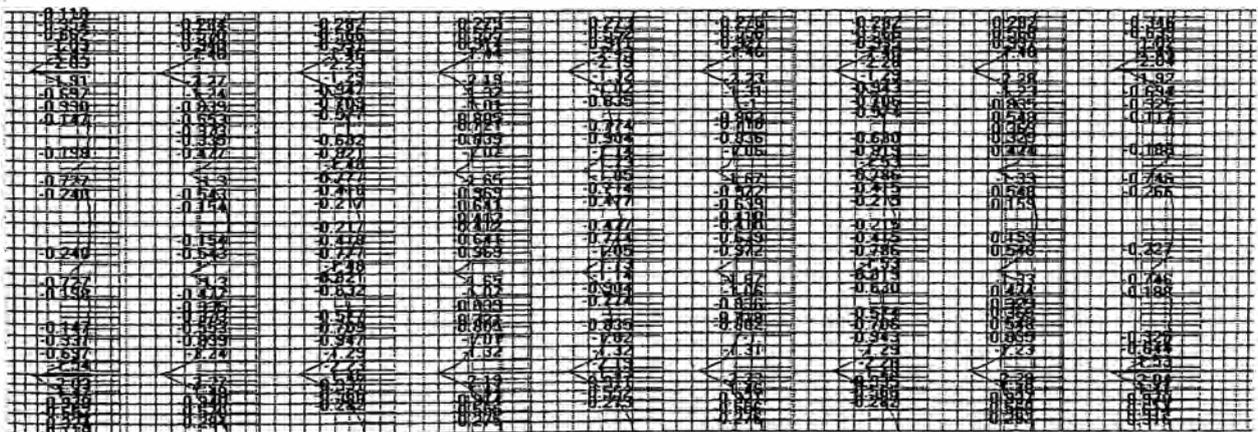
vano 1 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



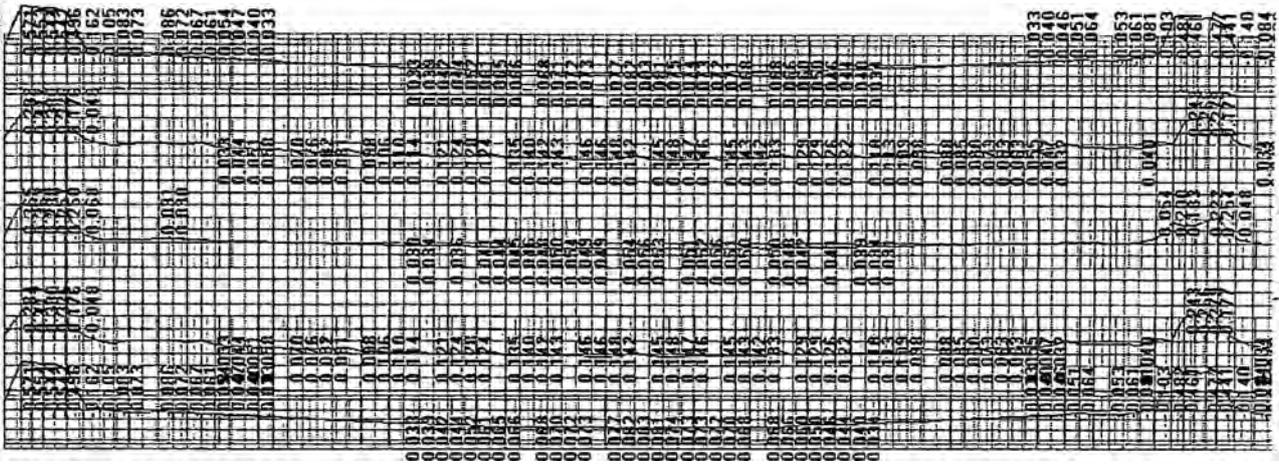
vano 1 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



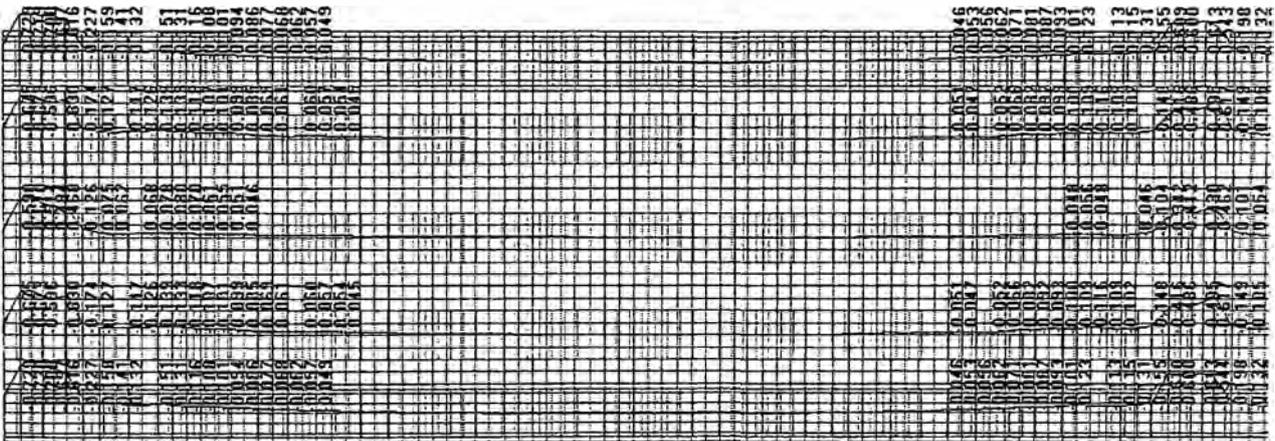
vano 2 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



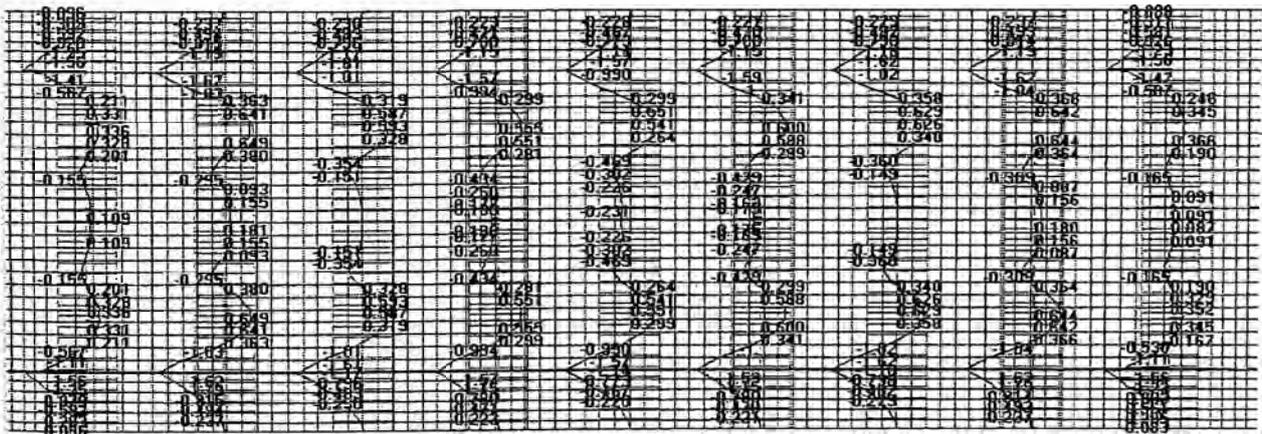
vano 2 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



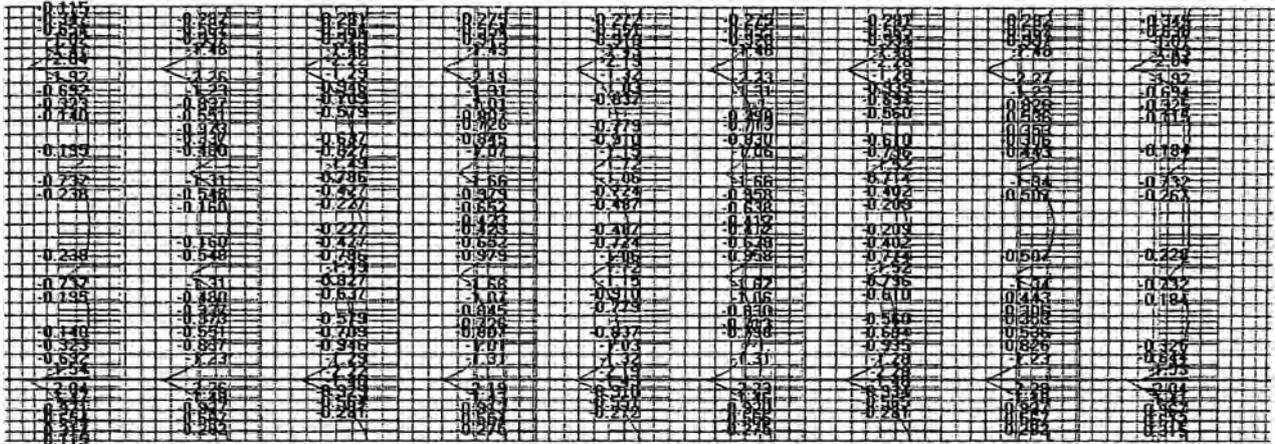
vano 2 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



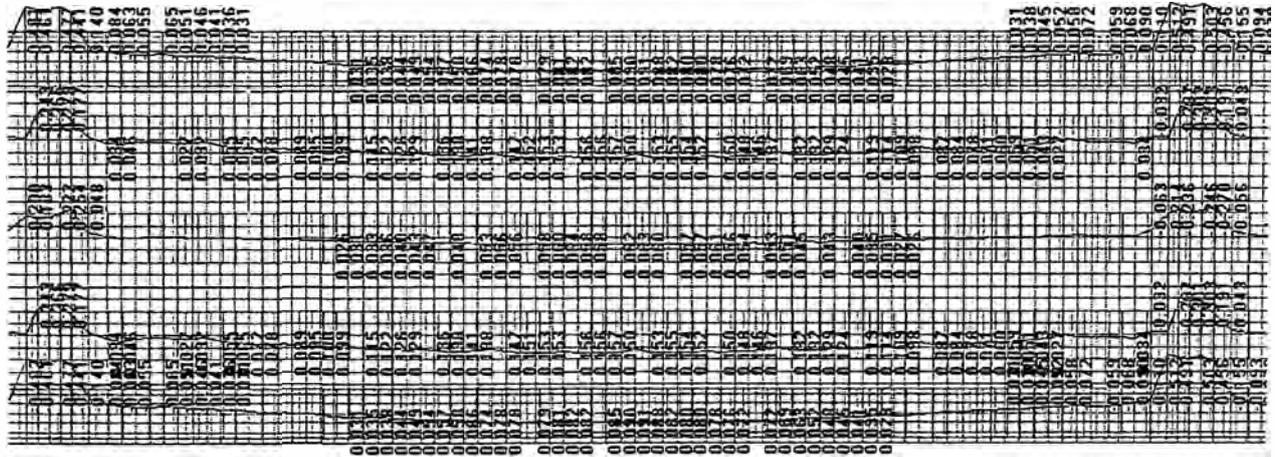
vano 2 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



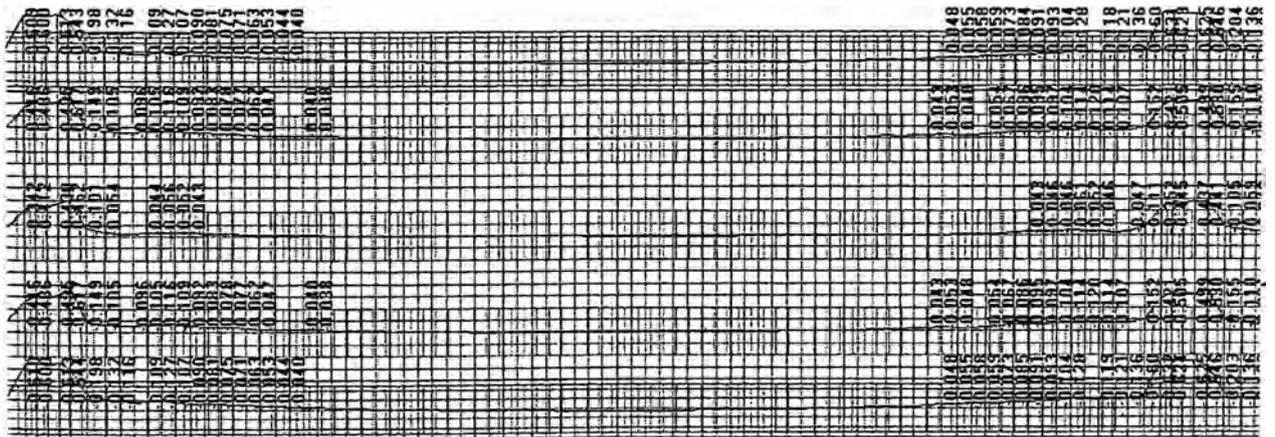
vano 3 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



vano 3 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m

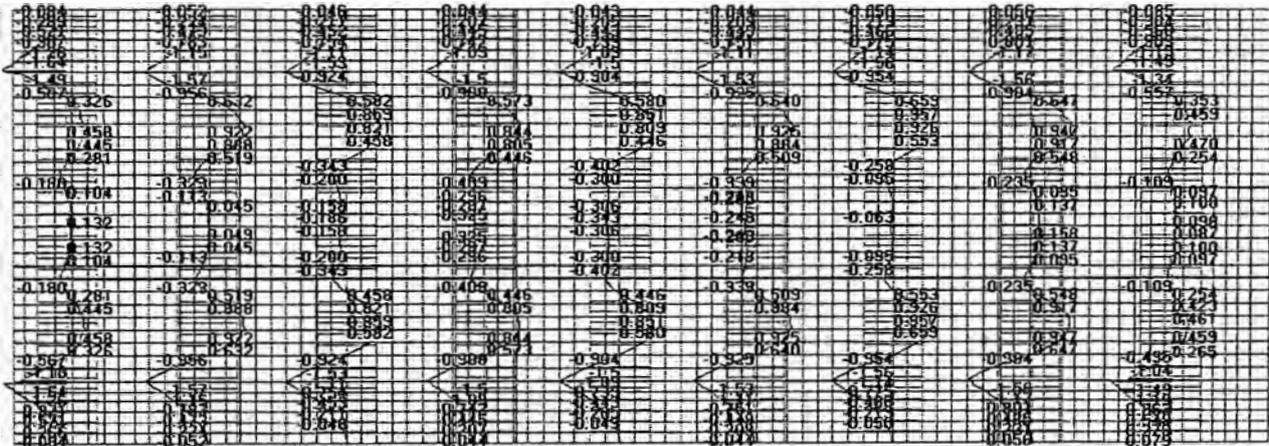


vano 3 – Mu – resultados máximos – tf.m/m

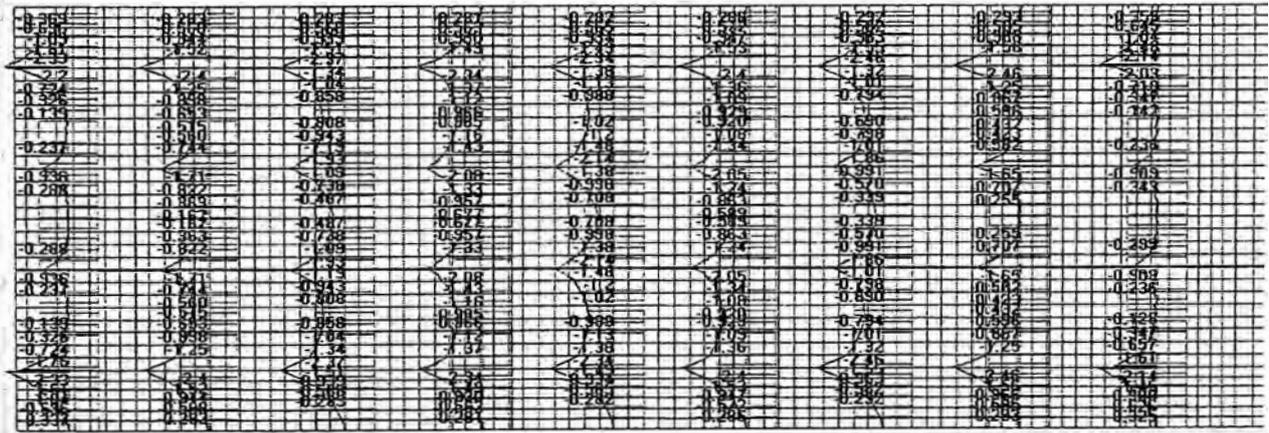


vano 3 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m

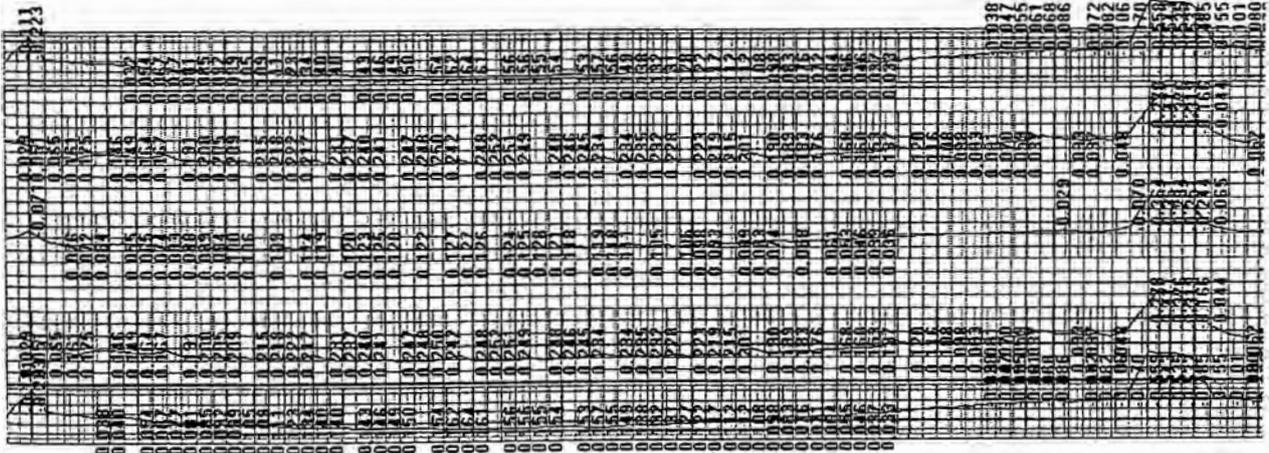
### 5.3 FISURACIÓN



vano 1 – Mu – resultados máximos – tf.m/m

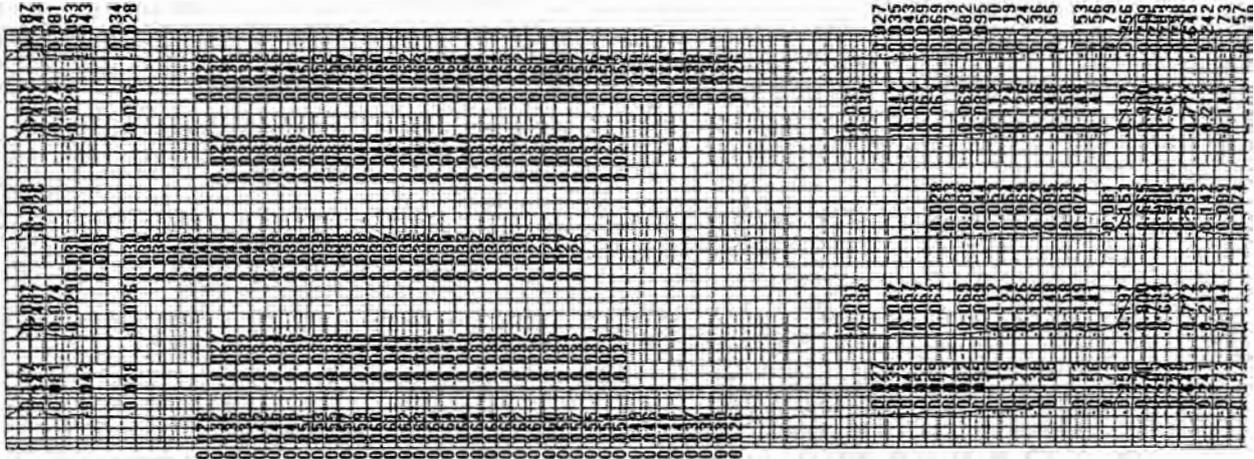


vano 1 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m

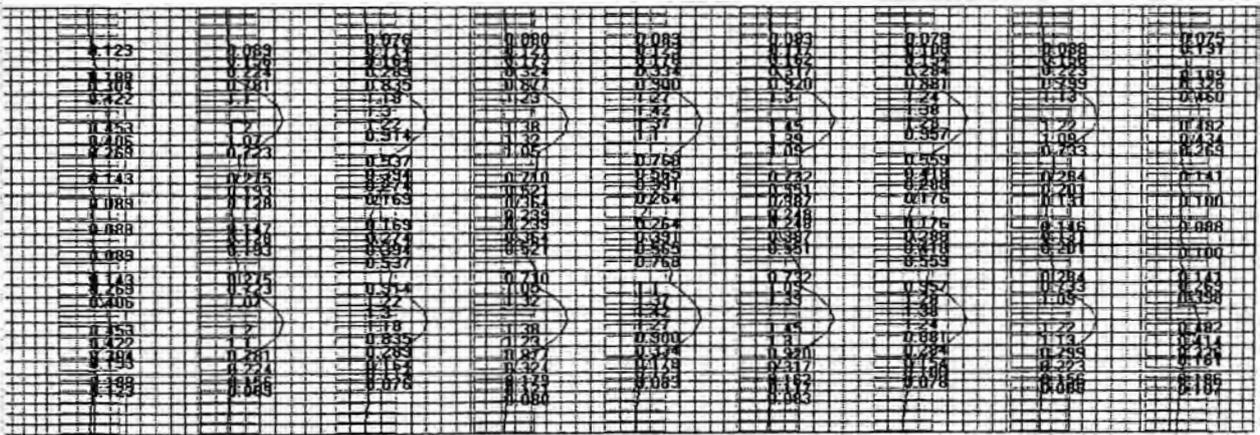


vano 1 – Mu – resultados máximos – tf.m/m

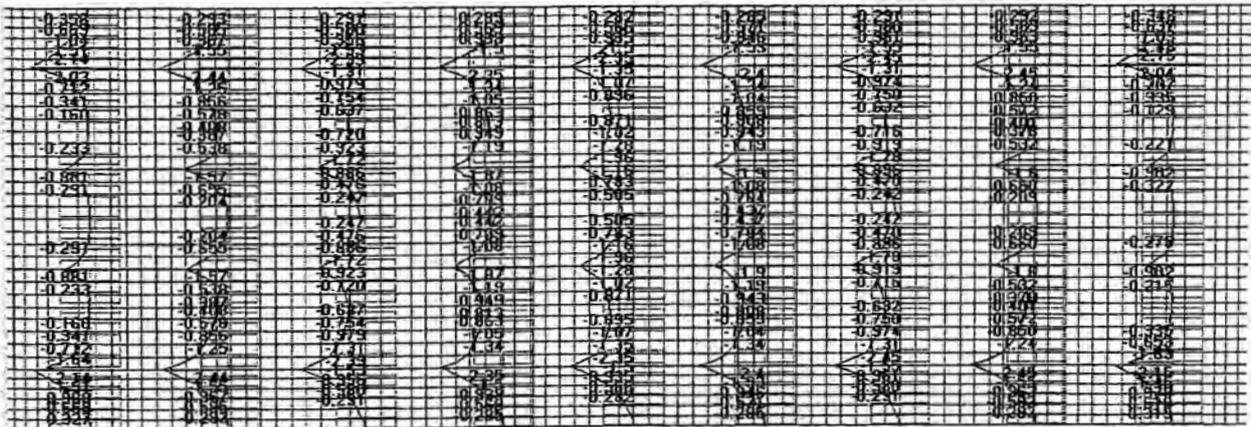
Memoria de Cálculo – Losas – Tramo E –  
Módulos 1E y 2E



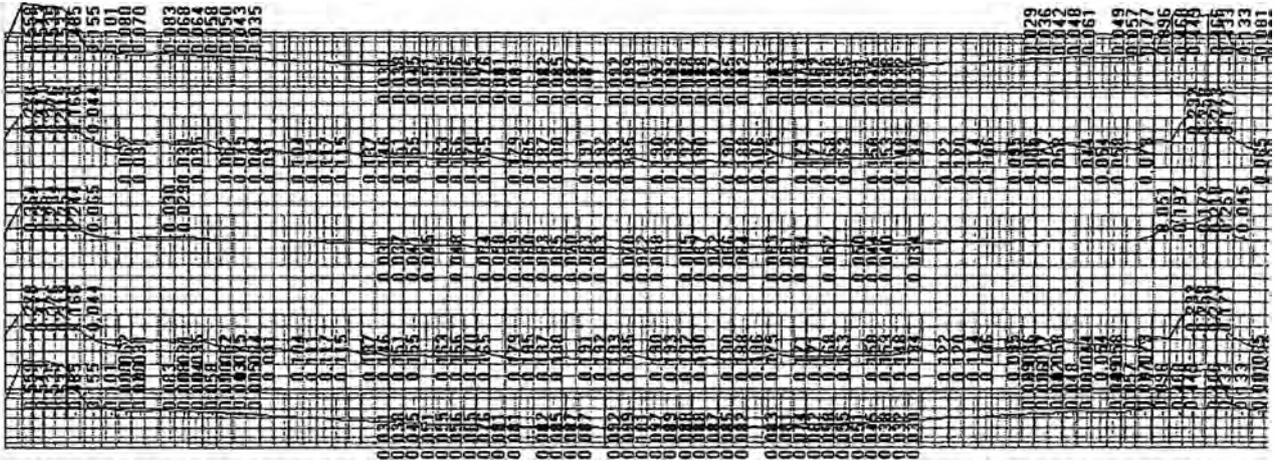
vano 1 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



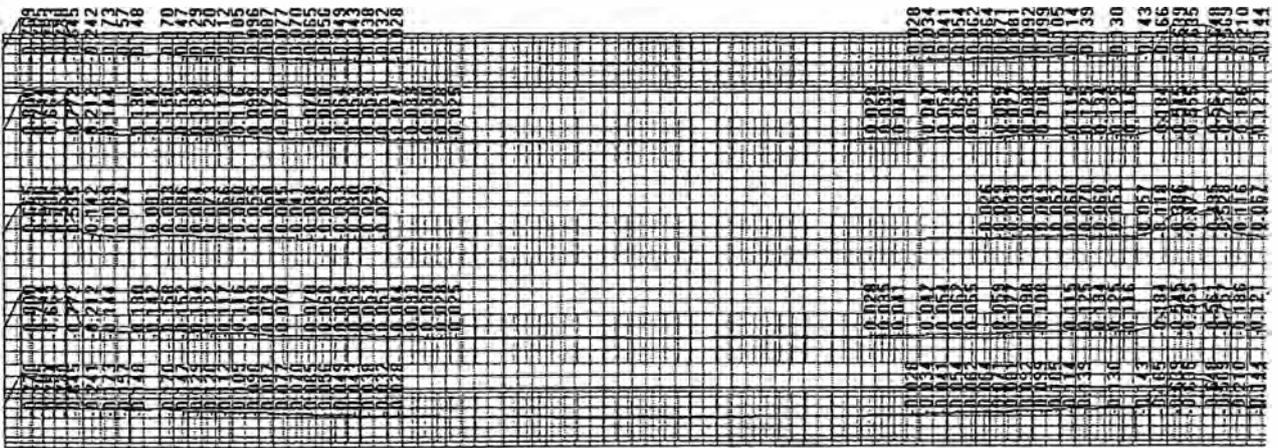
vano 2 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



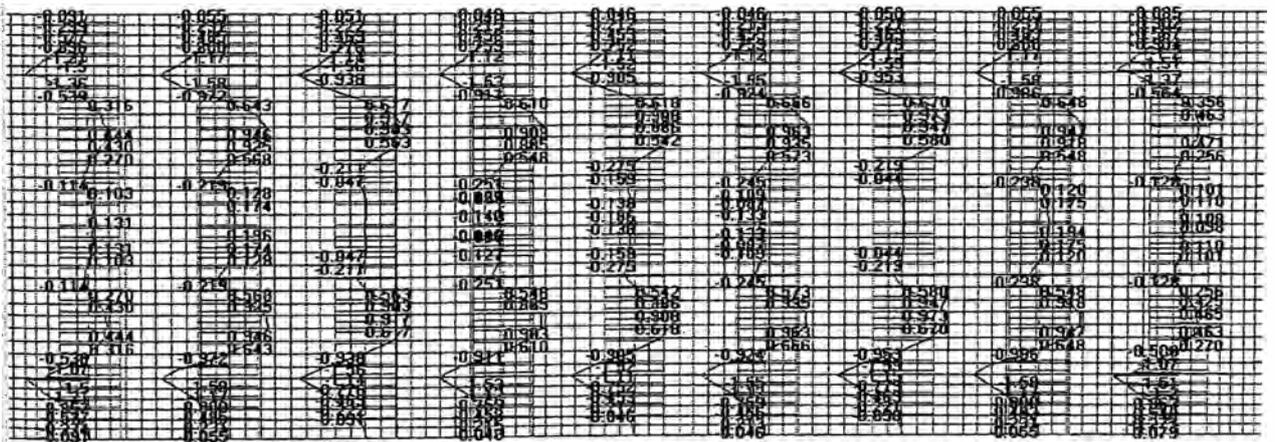
vano 2 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



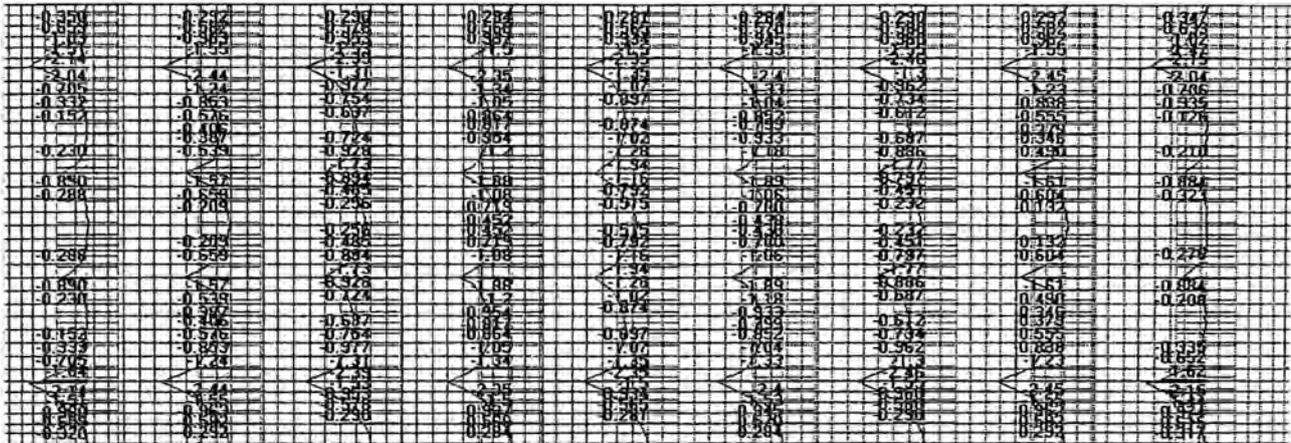
vano 2 – Mu – resultados máximos – tf.m/m



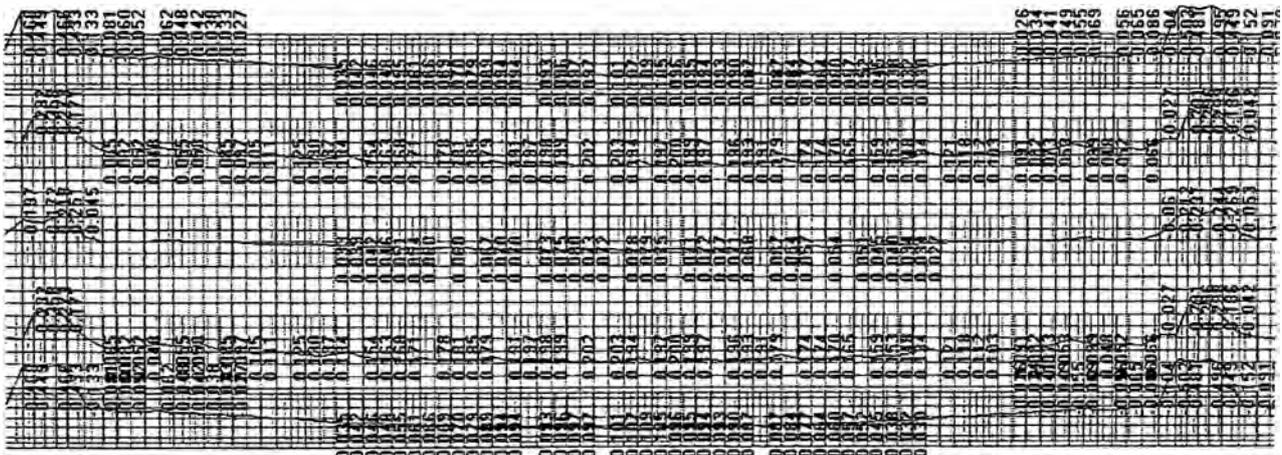
vano 2 – Mu – resultados mínimos – tf.m/m



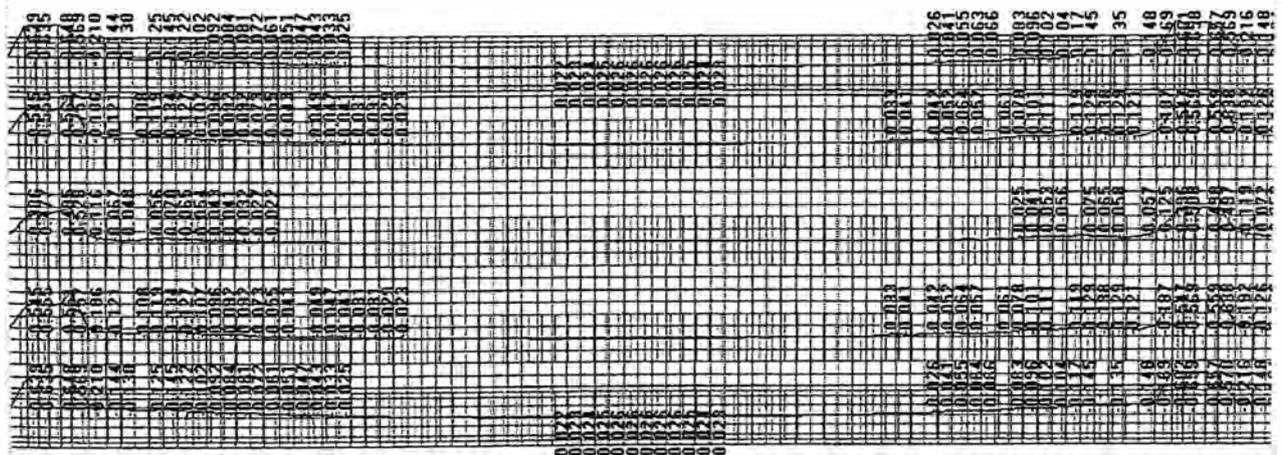
vano 3– Mu – resultados máximos – tf.m/m



vano 3- Mu – resultados mínimos – tf.m/m

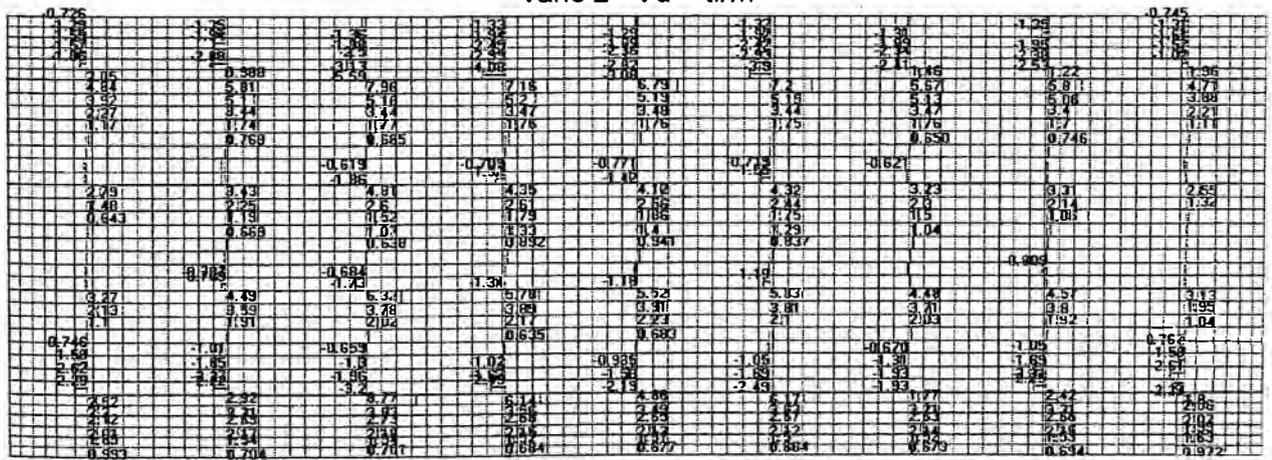
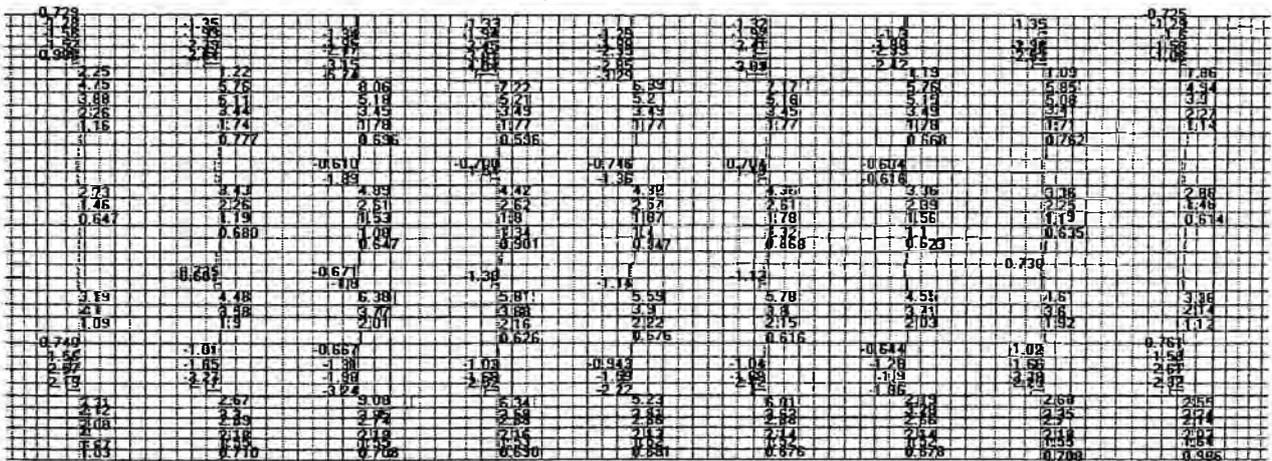
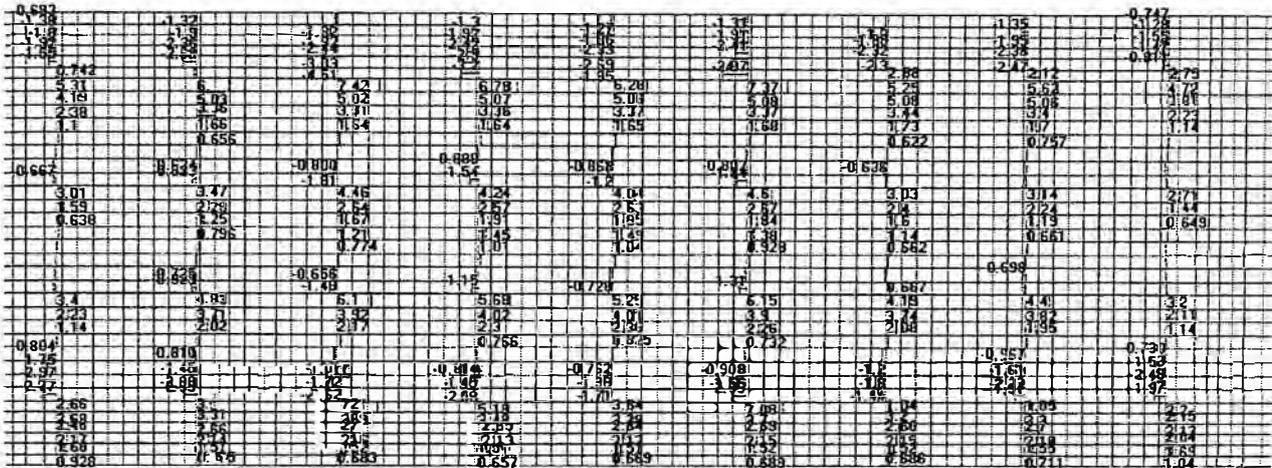


vano 3- Mu – resultados máximos – tf.m/m



vano 3- Mu – resultados mínimos – tf.m/m

### 5.4 CORTE-STRENGTH



**5.5 TABLA DE RESUMO DE ESFUERZOS**
**Esfuerzos en las losas**
**Dirección transversal**

	MOMENTO - STRENGTH (tfm/m)			
	sobre V1	entre V1-V2	sobre V2	entre V2-V3
TRAMO 1	-3,78	1,79	-3,37	0,23
		-1,53		-1,08
TRAMO 2	-3,77	1,84	-3,11	0,30
		-1,39		-0,79
TRAMO 3	-3,77	1,82	-3,07	0,29
		-1,34		-0,81

**Dirección transversal**

	MOMENTO - FATIGUE (tfm/m)			
	sobre V1	entre V1-V2	sobre V2	entre V2-V3
TRAMO 1	-2,28	0,64	-1,92	0,14
		-0,92		-0,68
TRAMO 2	-2,28	0,66	-1,73	0,19
		-0,80		-0,48
TRAMO 3	-2,27	0,63	-1,72	0,18
		-0,80		-0,49

**Dirección transversal**

	MOMENTO - FISURACIÓN (tfm/m)			
	sobre V1	entre V1-V2	sobre V2	entre V2-V3
TRAMO 1	-2,46	0,96	-2,14	0,16
		-0,97		-0,71
TRAMO 2	-2,45	0,99	-1,96	0,21
		-0,86		-0,50
TRAMO 3	-2,46	0,97	-1,94	0,20
		-0,87		-0,52

**Dirección longitudinal**

	M STRENGTH (tfm/m)		M FATIGUE (tfm/m)		M FISURACIÓN (tfm/m)	
	vano	apoyo	vano	apoyo	vano	apoyo
TRAMO 1	0,42	-1,30	0,20	-0,73	0,25	-0,80
			0,00	-0,57		
TRAMO 2	0,33	-0,96	0,15	-0,61	0,19	-0,64
			0,00	-0,46		
TRAMO 3	0,35	-1,00	0,16	-0,63	0,20	-0,66
			0,00	-0,51		

\* Los valores de los momentos para las combinaciones "strength" se presentan sin el factor  $\phi \eta_i$ .  
El momento "strength" fue multiplicado por este factor en la tabla de dimensionamiento del ítem 6.

## 6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS LOSAS

### 6.1 TABLEROS

#### DIMENSIONAMIENTO A LA FLEXIÓN COMPUESTA

DESCRIPCIÓN	Mu (tf.m)	Nu (tf)	b (m)	h (m)	d (m)	Φ	beta1	f'c (tf/m²)	fy (tf/m²)	ka=a/d	Asnec (cm²)	Ø mm	n° barras	cm²	As adot cm²
transv.V1 M-	4,16	0,00	1,00	0,200	0,160	0,90	0,850	2800	42000	0,079	7,16	12,5	6,67	1,27	8,47
transv.V1aV2 M+	2,02	0,00	1,00	0,200	0,160	0,90	0,850	2800	42000	0,038	3,40	10	6,67	0,71	4,73
transv.V1aV2 M-	1,68	0,00	1,00	0,200	0,160	0,90	0,850	2800	42000	0,031	2,82	12,5	6,67	1,27	8,47
transv.V2 M-	3,71	0,00	1,00	0,200	0,160	0,90	0,850	2800	42000	0,070	6,36	12,5	6,67	1,27	8,47
transv.V2aV3 M+	0,33	0,00	1,00	0,200	0,160	0,90	0,850	2800	42000	0,006	0,55	10	6,67	0,71	4,73
transv.V2aV3 M-	1,19	0,00	1,00	0,200	0,160	0,90	0,850	2800	42000	0,022	1,99	12,5	6,67	1,27	8,47
long. M+	0,46	0,00	1,00	0,120	0,080	0,90	0,850	2800	42000	0,034	1,55	10	6,67	0,71	4,73
long. M-	1,43	0,00	1,00	0,120	0,080	0,90	0,850	2800	42000	0,111	5,01	12,5	6,67	1,27	8,47

$$Z = Mu/\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2$$

$$As = Mu/\phi \cdot fy \cdot Ju \cdot d$$

$$Kc = c/d$$

$$Ka = a/d$$

#### VERIFICACIÓN DE LA FATIGA - AASHTO

DESCRIPCIÓN	Mu (tf.m)	Mmáx (tf.m)	Mmín (tf.m)	Asreq. (cm²)	Asprop. (cm²)	bw (m)	d (m)	X (m)	J (m³)	fc máx (tf/m²)	fs máx (tf/m²)	fs mín (tf/m²)	Δfs (tf/m²)	f <sub>r</sub> lim (tf/m²)	Kfad
transv.V1 M-	4,16	2,28	1,61	7,10	8,47	1,00	0,160	0,052	0,00019	612	18889	13338	5551	12198	1,00
transv.V1aV2 M+	2,02	0,66	0,00	3,39	4,73	1,00	0,160	0,041	0,00012	220	9531	0	9531	16600	1,00
transv.V1aV2 M-	1,68	0,92	0,00	2,81	8,47	1,00	0,160	0,052	0,00019	247	7622	0	7622	16600	1,00
transv.V2 M-	3,71	1,92	0,45	6,31	8,47	1,00	0,160	0,052	0,00019	515	15907	3728	12178	15370	1,00
transv.V2aV3 M+	0,33	0,19	0,00	0,55	4,73	1,00	0,160	0,041	0,00012	63	2744	0	2744	16600	1,00
transv.V2aV3 M-	1,19	0,68	0,00	1,99	8,47	1,00	0,160	0,052	0,00019	182	5634	0	5634	16600	1,00
long. M+	0,46	0,20	0,00	1,54	4,73	1,00	0,080	0,027	0,00003	206	5961	0	5961	16600	1,00
long. M-	1,43	0,73	0,46	4,95	8,47	1,00	0,080	0,034	0,00004	623	12565	7917	4647	13987	1,00

$$M_{max} = 1.0 \cdot \text{Cargas Muertas} + 0.75 \cdot \text{Cargas Vivas}$$

$$f_r = 166 - 0.33f_{min}$$

$$\Delta f_s = f_{s,max} - f_{s,min}$$

$$M_{min} = 1.0 \cdot \text{Cargas Muertas}$$

$$\Delta f_s < f_r$$

#### VERIFICACIÓN DE LA FISURACIÓN (Control of Cracking) - AASHTO 2007 - Article 5.7.3.4

DESCRIPCIÓN	Mmáx (tf.m)	h (m)	d <sub>c</sub> (m)	β <sub>s</sub>	Asprop. (cm²)	bw (m)	d (m)	X (m)	J (m³)	fc máx (tf/m²)	fs máx (tf/m²)	s (cm)
transv.V1 M-	2,46	0,20	0,04	1,36	8,47	1,00	0,160	0,052	0,00019	660	20380	25
transv.V1aV2 M+	0,99	0,20	0,04	1,36	4,73	1,00	0,160	0,041	0,00012	329	14296	40
transv.V1aV2 M-	0,97	0,20	0,04	1,36	8,47	1,00	0,160	0,052	0,00019	260	8036	77
transv.V2 M-	2,14	0,20	0,04	1,36	8,47	1,00	0,160	0,052	0,00019	574	17729	30
transv.V2aV3 M+	0,21	0,20	0,04	1,36	4,73	1,00	0,160	0,041	0,00012	70	3033	216
transv.V2aV3 M-	0,71	0,20	0,04	1,36	8,47	1,00	0,160	0,052	0,00019	190	5882	108
long. M+	0,25	0,12	0,04	1,71	4,73	1,00	0,080	0,027	0,00003	258	7451	64
long. M-	0,80	0,12	0,04	1,71	8,47	1,00	0,080	0,034	0,00004	683	13769	31

$$M_{max} = 1.0 \cdot \text{Cargas Muertas} + 1.0 \cdot \text{Cargas Vivas}$$

$$s < ((123000 \cdot \gamma_c) / (b_s \cdot f_s)) - 2 \cdot d_c$$

$$\beta_s = 1 + (d_c / (0.7 \cdot (h - d_c)))$$

$$\gamma_c = \text{exposure condition (1,0 Class1 or 0,75 Class2)}$$

$$\gamma_c = 0,75$$

### SHEAR + TORSION RESISTANCE (AASHTO)

SECCION	$V_u$	$T_u$	$N_u$	$M_u$	$V_{p\ o o}$	$V_u (+ torsion)$	$V_{u\ lim}$
A	9,1	0,0	0,0	3,3	0,0	9,1	121,3

SECCION	$\theta$ (deg)	$\beta$	$\phi$	$A_{ch}$ (cm <sup>2</sup> )	$P_h$ (cm)	$b_v$ (cm)	$A_{ct}$ (cm <sup>2</sup> )
A	35,9	2,170	0,90	1104	208,0	100,0	1000

SECCION	$v$	$v / f'_c$	$\epsilon_x$ (%)	$s_x$ (cm)	$s_{xe}$ (mm)	$V_c$	$V_n$
A	0,007	0,019	1,568	16,00	131,5	16,4	16,4

Isn't necessary shear reinforcement

Como  $V_u < V_n$ , no es necesario refuerzo para corte.

## 6.2 VERIFICACION DEL REFUERZO DE LA LOSA EN UBICACIÓN DE POSTE DE CATENARIA

Se considera una franja de diseño en zona de poste de catenaria de 1.28m

### Cargas actuantes

Las cargas consideradas son:

DC: Peso Propio

Peso propio de la losa =  $2.5 \times 0.2 \times 1.28 = 0.64 \text{ ton/m}$  (longitud de volado = 0.68m)

DW: Cargas Muertas No Estructurales

Parapeto de concreto =  $2.08 \times 0.12 \times 1.28 \times 2.5 = 0.799 \text{ ton} +$

$= 0.07 \times 0.07 \times 1.28 \times 2.5 = 0.016 \text{ ton}$

0.815ton (ubicado a 0.74m de la sección)

Concreto de anclaje =  $0.128 \times 1.28 \times 2.4 = 0.394 \text{ ton}$  (ubicado a 0.53m de la sección)

Canaleta lateral =  $0.0792 \times 1.28 \times 2.4 = 0.2433 \text{ ton}$  (ubicado a 0.53m de la sección)

Tapa de canaleta =  $0.0238 \times 1.28 \times 2.4 = 0.073 \text{ ton}$  (ubicado a 0.25m de la sección)

DW2: Cargas de Poste de Catenaria

$P = 7.8 \text{ ton}$  (ubicada a 0.54m de la sección)

$M = 4 \text{ tonxm}$  (ubicada a 0.54m de la sección)

### Momentos Flectores

$$MDC1=0.64 \times 0.68^2 / 2 = 0.148 \text{ tonxm} / 1.28 \text{ m}$$

$$MDW1=0.815 \times 0.74 + 0.394 \times 0.53 + 0.073 + 0.0731 \times 0.25 + 0.2433 \times 0.11 = 0.857 \text{ tonxm} / 1.28 \text{ m}$$

$$MDW2=7.8 \times 0.54 = 4.212 \text{ tonxm} / 1.28 \text{ m}$$

$$MDW3=4 \text{ tonxm} / 1.28 \text{ m}$$

$$MDLL=0.256 \times 0.45^2 / 2 = 0.02592 \text{ tonxm} / 1.28 \text{ m}$$

### Fuerzas Cortantes

$$VDC1=0.64 \times 0.68 = 0.4352 \text{ ton} / 1.28 \text{ m}$$

$$VDW1=0.815 + 0.394 + 0.0731 + 0.2433 = 1.554 \text{ ton} / 1.28 \text{ m}$$

$$VDW2=7.8 \text{ ton} / 1.28 \text{ m}$$

$$VLL=0.256 \times 0.45 = 0.1152 \text{ ton} / 1.28 \text{ m}$$

### STRENGHT

$$M_u = 1.10(-1.25 \times 0.148 - 1.5 \times 0.857 + 0.65 \times 4 - 1.75 \times 0.02592) = -1.19 \text{ tonxm} / 1.28 \text{ m} \text{ equivale a } -0.93 \text{ tonxm/m}$$

$$M_u = 1.10(-0.9 \times 0.148 - 0.65 \times 0.857 + 1.5 \times 4) = -5.84 \text{ tonxm} / 1.28 \text{ m} \text{ equivale a } 4.56 \text{ tonxm/m}$$

$$V_u = 1.10(1.25 \times 0.4352 + 1.5(1.525 + 7.8) + 1.75 \times 0.1152) = 16.203 \text{ ton} / 1.28 \text{ m} \text{ equivale a } 12.66 \text{ ton/m}$$

### SERVICIO FISURACION

$$M_s = 0.148 + 0.857 + 4.212 - 4 + 0.02592 = 1.115 \text{ tonxm} / 1.28 \text{ m} = 0.87 \text{ tonxm/m}$$

DIMENSIONAMIENTO A LA FLEXIÓN COMPUESTA																
DESCRIPCIÓN	Mu (tf.m)	Nu (tf)	b (m)	h (m)	d (m)	Φ	beta1	fc (tf/m²)	fy (tf/m²)	ka-d/d	Asnec (cm²)	ρ	mm	n° barras	cm²	As adot cm²
transv.V1 M-	0.93	0.00	1.00	0.200	0.160	0.90	0.800	3500	4200	0.013	155	12.5	6.57	1.27	8.47	
transv.V1 M+	4.56	0.00	1.00	0.200	0.160	0.90	0.900	3500	4200	0.085	781	12.5	9.35	1.27	11.87	

VERIFICACIÓN DE LA FISURACIÓN (Control of Cracking) - AASHTO 2007 - Article 5.7.3.4													
DESCRIPCIÓN	Mmáx (tf.m)	h (m)	dc (m)	βs	Asprop. (cm²)	bw (m)	d (m)	X (m)	J (m³)	fc máx (tf/m²)	fs máx (tf/m²)	s (cm)	
transv.V1 M+	0.87	0.20	0.04	1.36	11.87	1.00	0.160	0.060	0.00025	208	5230	122	

Se verifica que el refuerzo proporcionado en las losas cumple con las solicitaciones en la ubicación de los postes de catenaria.

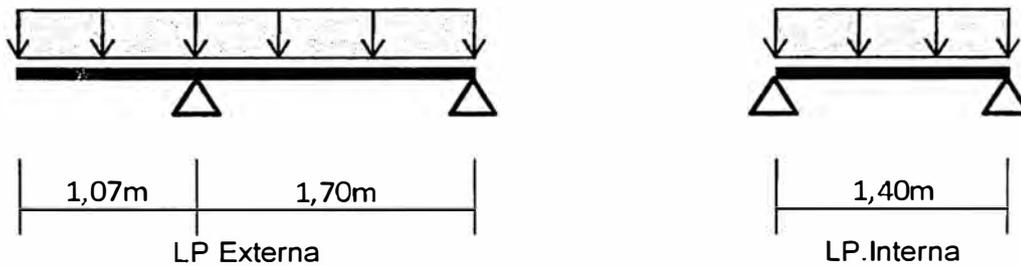
## 7. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PRE-LOSAS

Fueron consideradas las siguientes cargas para el dimensionamiento de las pre-losas:

- peso propio de las pre-losas:  $0,08 \text{ m} \times 2,5 \text{ tf/m}^3 = 0,2 \text{ tf/m}^2$
- peso del 2º vaciado:  $0,12 \text{ m} \times 2,5 \text{ tf/m}^3 = 0,3 \text{ tf/m}^2$
- sobrecarga de construcción:  $0,1 \text{ tf/m}^2$

Las pre-losas son dimensionadas isostáticas, es decir, el concreto de segundo vaciado aún no se ha endurecido.

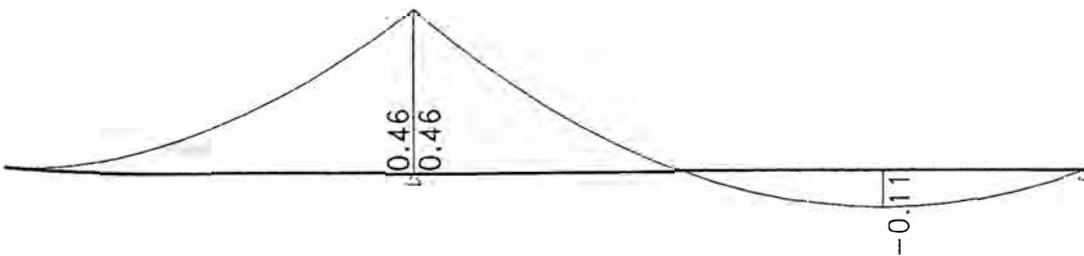
Esquemas estáticos de las placas



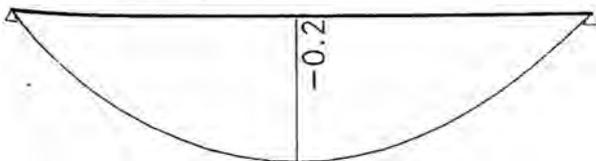
La combinación considerada es la siguiente:

$$M_u = 1,25 \times M_{DC} + 1,75 \times M_{SC}$$

### Placa LP. Externa



### Placa LP. Interna



\* Los valores de los momentos para las combinaciones "strength" se presentan sin el factor  $\phi$  "η<sub>i</sub>". El momento "strength" fue multiplicado por esto factor a seguir.

$$M_u = 1,1 \times 0,2 = 0,22 \text{ tf.m}$$

**DIMENSIONAMIENTO A LA FLEXIÓN COMPUESTA**

DESCRIPCIÓN	Mu (tf.m)	Nu (tf)	b (m)	h (m)	d (m)	Φ	beta1	f <sub>c</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (tf/m <sup>2</sup> )	ka=a/d	Asnec (cm <sup>2</sup> )	Ø mm	n° barras	cm <sup>2</sup>	As adot cm <sup>2</sup>
Montaje - M+	0,22	0,00	1,00	0,080	0,040	0,90	0,850	2800	42000	0,067	1,51	10	6,67	0,71	4,74

Los esfuerzos debidos al voladizo de las pre-losas son resistidos pela celosía. Fueran construidos modelos de celosías en el programa STRAP. La varilla longitudinal superior tiene diámetro de 1/2" e las demás varillas tienen diámetro de 3/8".

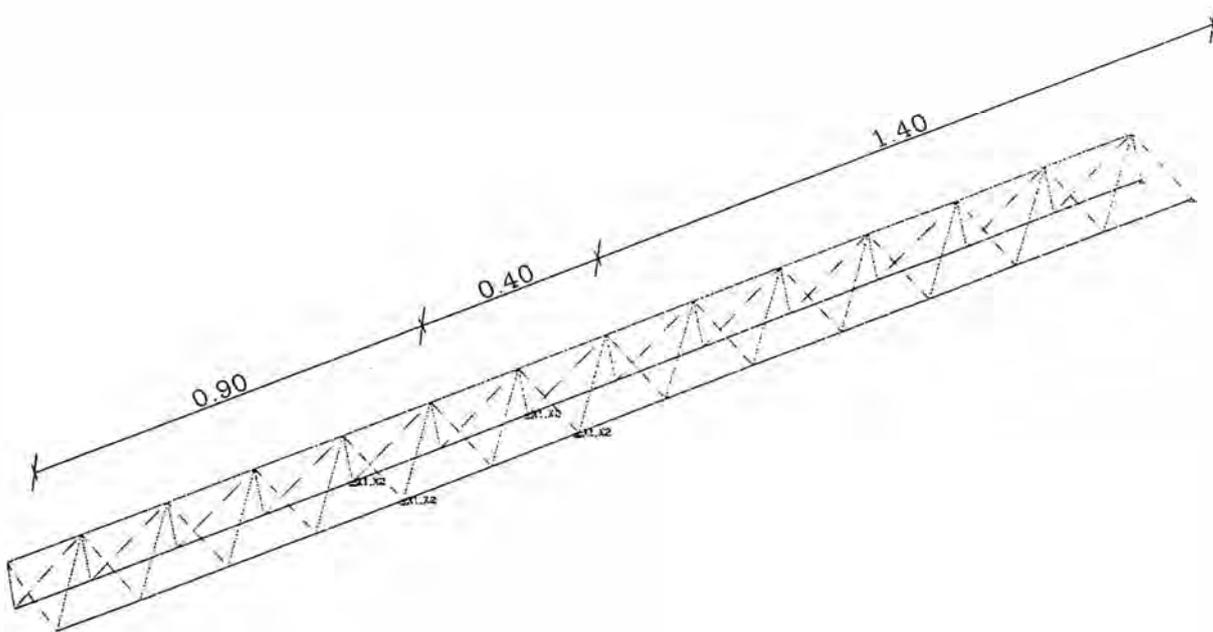
En las placas tenemos 3 celosías (cerchas). Entonces, para cada celosía tenemos:

$$\text{Carga DC: } \frac{1,24m \times 0,5tf / m^2}{3} = 0,21tf / m$$

$$\text{Sobrecarga: } \frac{1,24m \times 0,1tf / m^2}{3} = 0,04tf / m$$

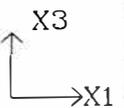
Son presentados a seguir los resultados obtenidos en los modelos del STRAP.

**7.1 LP1 – ACERO FY = 420 MPA**



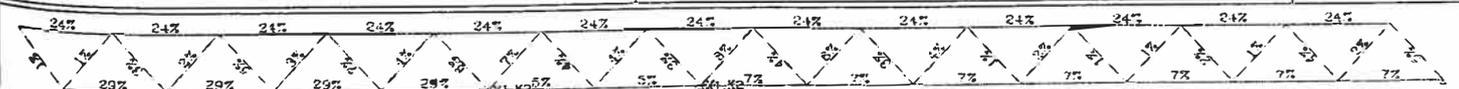
Pre-losa LP1 b=1,24m fy=420MPa – mola unid diagonal 10mm – 06-04-2010

Atual/admissivel Momento+Axial  
VISTA: lateral



ESCALA = 1:15

DATA:06/04/10



Momento + axial – capacidad



EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECHANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO

Memoria de Cálculo - Losas - Tramo E - Módulos 1E y 2E

Doc. N°:  
CTEL-FFE-VTE-EST-CAL-30111

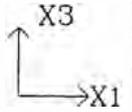
Rev.: 01

Fecha: 21-Ago-10

Página: 32/33

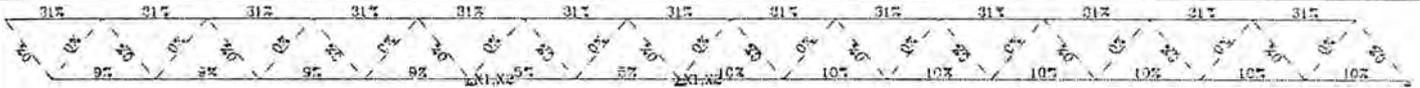
Pre-losa LP1  $b=1,24m$   $f_y=420MPa$  - mola unid diagonal 10mm - 06-04-2010

Atual/admissivel Flecha  
VISTA: lateral



ESCALA = 1:15

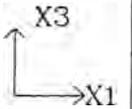
DATA:06/04/10



Desplazamiento - capacidad

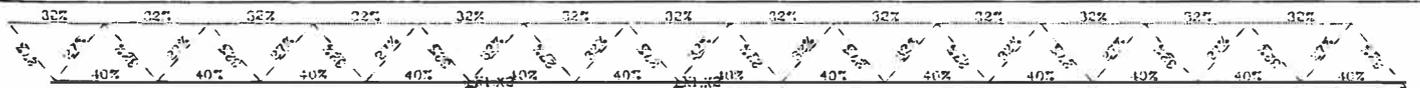
Pre-losa LP1  $b=1,24m$   $f_y=420MPa$  - mola unid diagonal 10mm - 06-04-2010

Atual/admissivel Esbeltez  
VISTA: lateral



ESCALA = 1:15

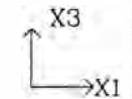
DATA:06/04/10



Esbeltez - capacidad

Pre-losa LP1  $b=1,24m$   $f_y=420MPa$  - mola unid diagonal 10mm - 06-04-2010

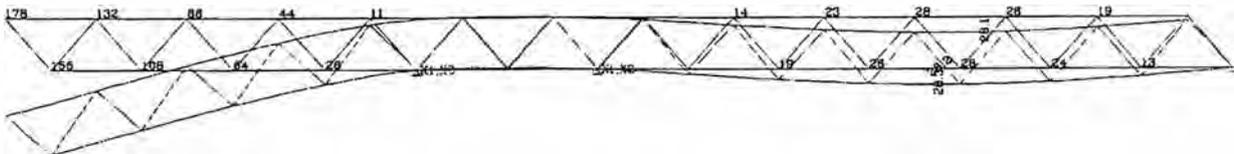
desl.  $cm (*10^3)$



ESCALA= 1:15

UNIDS: cm

DATA:06/04/10



carga total



EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y  
ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE  
TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO

Memoria de Cálculo – Losas – Tramo E –  
Módulos 1E y 2E

Doc. N°:  
CTEL-FFE-VTE-EST-CAL-30111

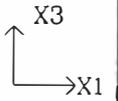
Rev.: 01

Fecha: 21-Ago-10

Página: 33/33

Pre-losa LP1  $b=1,24m$   $f_y=420MPa$  – mola unid diagonal 10mm –  
06-04-2010

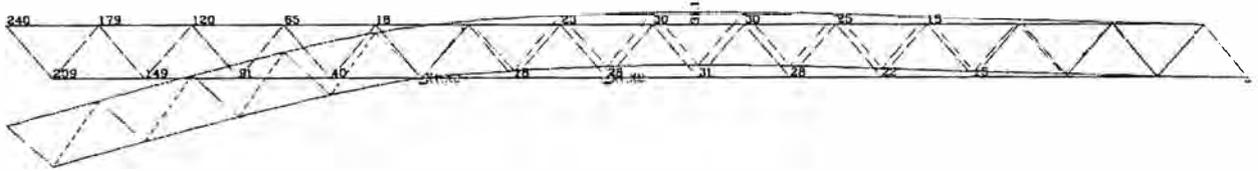
desl. cm ( $\cdot 10^3$ )



ESCALA= 1:15

UNIDS: cm

DATA:06/04/10



carga solamente en voladizo

carga solamente en voladizo

**MEMORIA DE CALCULO-  
DIAFRAGMAS INTERNOS-TRAMO E-  
MÓDULO 1E**

## ÍNDICE

HOJA DE REVISIÓN .....		2
ÍNDICE .....		3
1. INTRODUCCIÓN .....		4
2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....		5
2.1.1 GEOMETRÍA DE LOS DIAFRAGMAS PARA VIGAS DE H=1,80 .....		5
3. CARGAS VERTICALES EN LOS TABLEROS .....		8
3.1 CARGAS MUERTAS .....		8
3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC) .....		8
3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW) .....		9
4. DISEÑO DE LOS DIAFRAGMAS INTERNOS .....		10
4.1 CONSIDERACIONES INICIALES .....		10
4.2 ESFUERZOS SOLICITANTES EN LOS DIAFRAGMAS DE LOS .....		10
4.2.1 ESFUERZOS EN EL PLANO VERTICAL DEL DIAFRAGMA DURANTE EL GATEAMENTO .....		10
4.2.2 ESFUERZOS SOLICITANTES EN EL PLANO HORIZONTAL DEL DIAFRAGMA DURANTE EL SISMO .....		11
4.3 PRETENSADOS EN LOS DIAFRAGMAS .....		12
4.4 TENSIONES LÍMITES .....		12
4.5 TABLA DE TENSIONES .....		13
4.6 CALCULO DE LAS FUERZAS DE TRACCIÓN (CUÑAS) – TRACCIÓN AL NIVEL DE LA LOSA .....		14
4.7 VERIFICACIÓN DEL ESTADO LIMITE ÚLTIMO (FLEXION, CORTE Y TORSION) .....		15

## INTRODUCCIÓN

Este memorial de cálculo tiene por finalidad presentar el diseño de los diafragmas internos para el tramo E.

Los tableros 8,40 m de ancho y son compuestos por 4 vigas longitudinales prefabricadas de concreto (en forma de I) y una viga transversal (diafragma) de ligación entre cada tablero continuo. Serán utilizadas losas premoldeadas apoyadas en las vigas longitudinales para el vaciado de la losa, la cual tendrá 20 cm de altura (ver detalle a seguir). Los esfuerzos serán obtenidos a partir de modelos estructurales (STRAP) que representan los tableros, por medio de mallas de elementos planos (losas) y barras que representan las vigas longitudinales, con distancias entre ejes iguales a 2,00 m.

### Materiales utilizados

Concreto para losas:  $f_c \geq 280 \text{ Kgf/cm}^2$

Concreto para diafragmas:  $f_c \geq 350 \text{ Kgf/cm}^2$

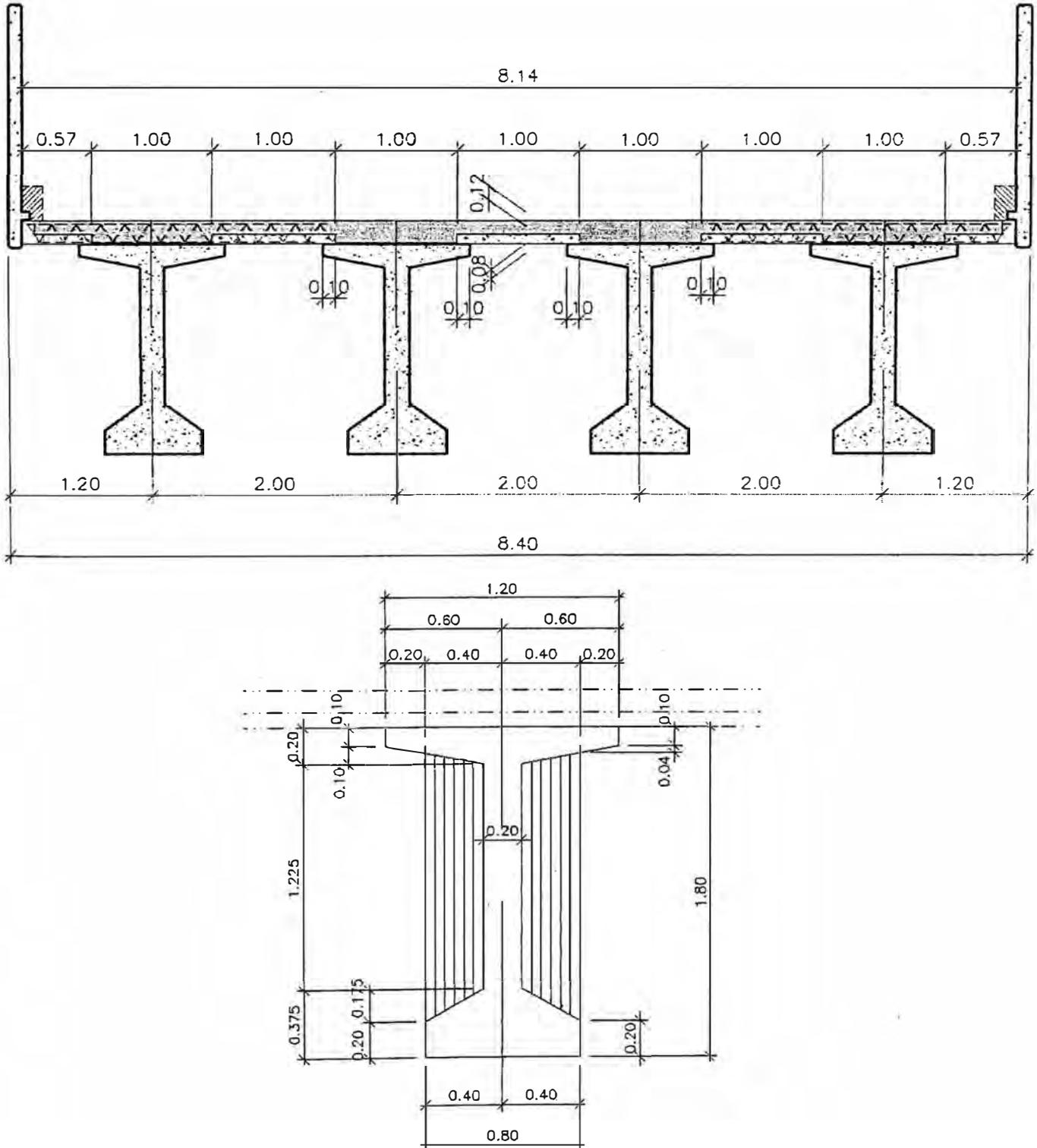
Concreto para vigas prefabricadas:  $f_c \geq 350 \text{ Kgf/cm}^2$

Acero para armadura pasiva de las vigas:  $f_y = 4200 \text{ Kgf/cm}^2$

Acero para armadura activa de los diafragmas (Dywidag):  $f_{pu} = 10500 \text{ Kgf/cm}^2$

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

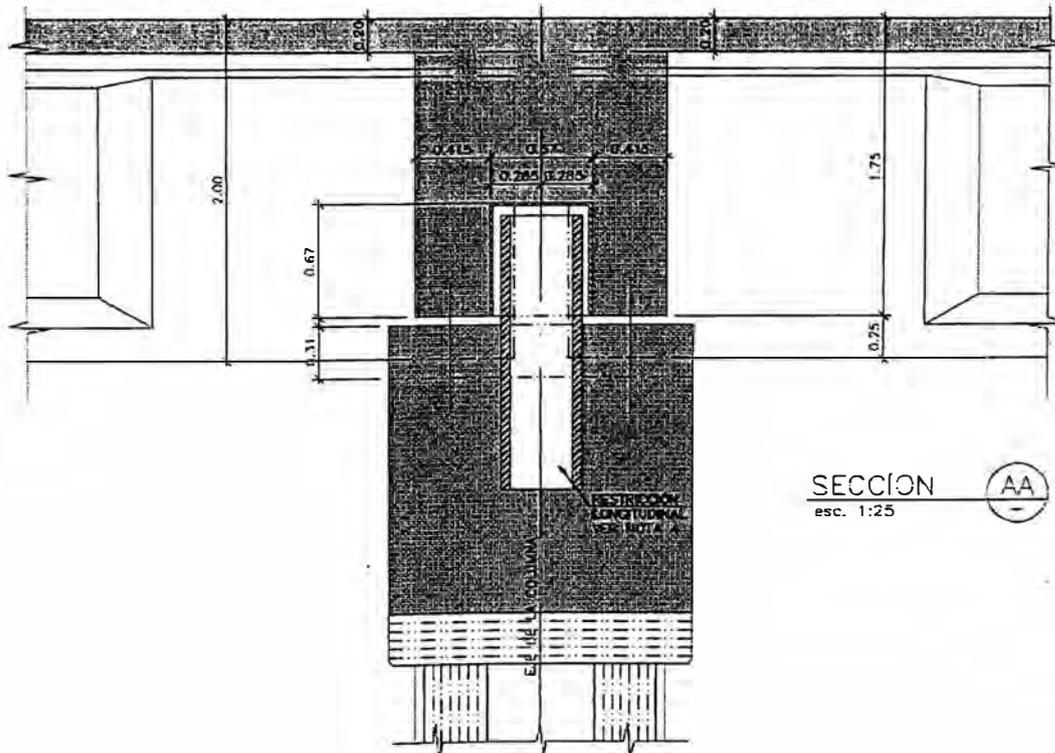
### 2.1.1 GEOMETRÍA DE LOS DIAFRAGMAS PARA VIGAS DE H=1,80

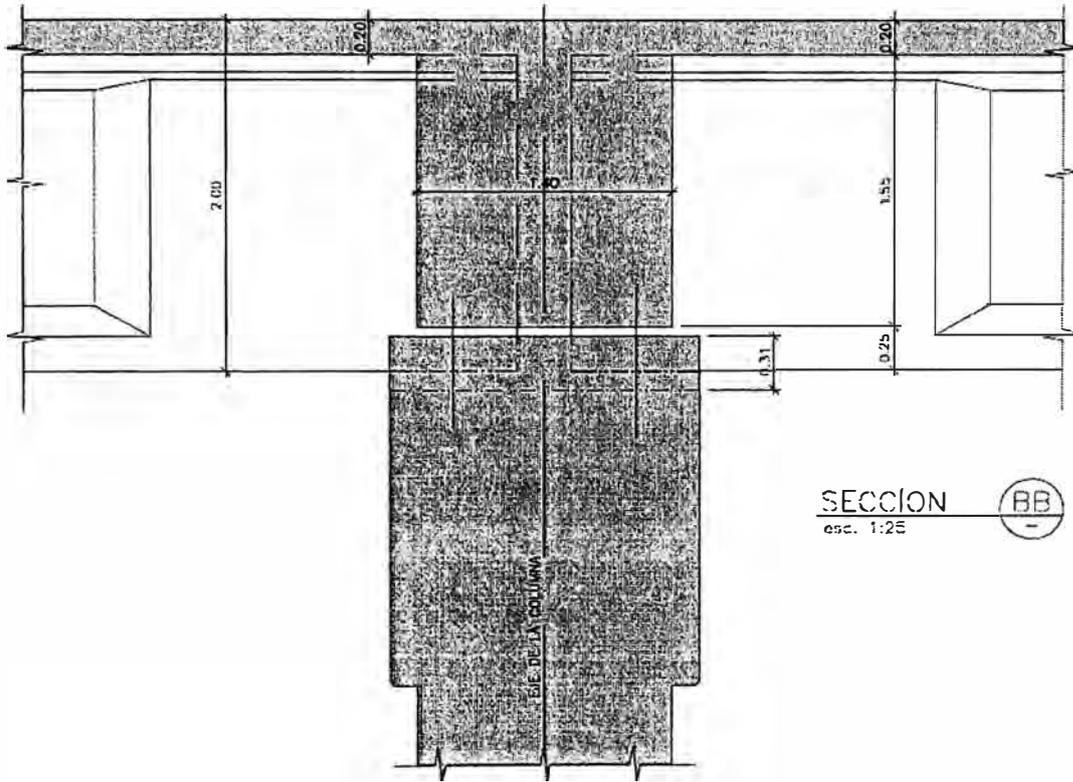


### Tren Electrico Lima - Características Viga de Borde

Características geométricas - Vão				
1. etapa	altura total	1,800		
	n.elementos	5		
2. etapa	b=	1,650	h=	0,200
SEÇÃO 1. etapa				
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,800	0,800	0,200	0,1600
2	0,800	0,200	0,175	0,0875
3	0,200	0,200	1,225	0,2450
4	0,200	1,200	0,100	0,0700
5	1,200	1,200	0,100	0,1200
6				0,0000
7				0,0000
altura total		1,800	0,6825	
Características	inicial	final	unid.	
Área	0,6825	1,0125	m <sup>2</sup>	
Y inf.	0,8907	1,2197	m	
Y sup.	0,9093	0,7803	m	
Inércia	0,2978	0,5255	m <sup>4</sup>	
W inf.	0,3343	0,4309	m <sup>3</sup>	
W sup1.	0,3275	0,9055	m <sup>3</sup>	
W sup2.	0,0000	0,6734	m <sup>3</sup>	

Características geométricas - Apoyo				
1. etapa	altura total	1,800		
	n.elementos	3		
2. etapa	b=	1,650	h=	0,200
SEÇÃO 1. etapa				
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,800	0,800	1,660	1,3280
2	0,800	1,200	0,040	0,0400
3	1,200	1,200	0,100	0,1200
4				0,0000
5				0,0000
6				0,0000
7				0,0000
altura total		1,800	1,4880	
Características	inicial	final	unid.	
Área	1,4880	1,8180	m <sup>2</sup>	
Y inf.	0,9271	1,1037	m	
Y sup.	0,8729	0,8963	m	
Inércia	0,4216	0,6784	m <sup>4</sup>	
W inf.	0,4548	0,6146	m <sup>3</sup>	
W sup1.	0,4830	0,9742	m <sup>3</sup>	
W sup2.	0,0000	0,7568	m <sup>3</sup>	





### 3. CARGAS VERTICALES EN LOS TABLEROS

#### 3.1 CARGAS MUERTAS

##### 3.1.1 Cargas Muertas Estructurales (DC)

DC1 – peso de las vigas prefabricadas =  $2,5 * 0,683 = 1,706$  tf/m (sección del vano)  
=  $2,5 * 1,488 = 3,720$  tf/m (sección del apoyo)

DC2 – peso de las losas =  $2,5 * 0,2 = 0,5$  tf/m



Figura: Peso de las vigas prefabricadas DC1.

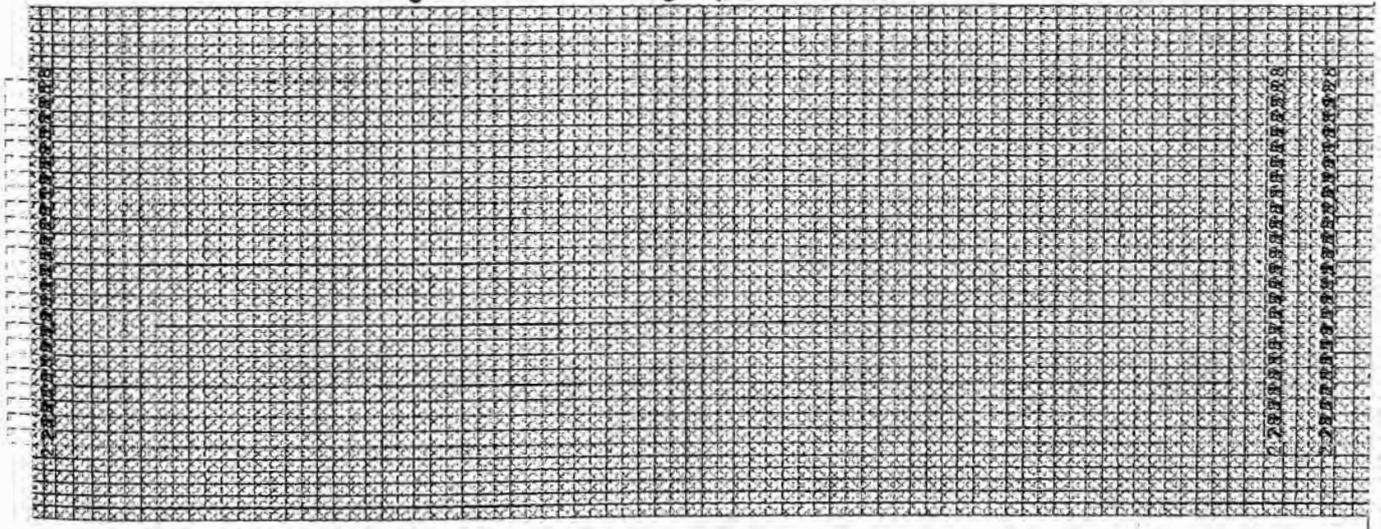
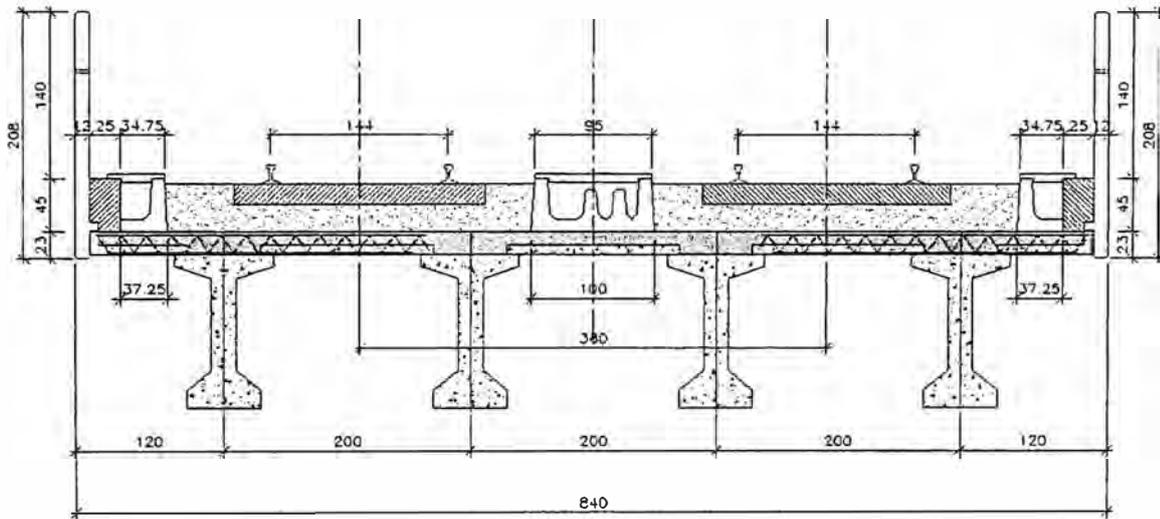


Figura: Peso losa y diafragma vaciados in situ DC2.

### 3.1.2 Cargas Muertas No Estructurales (DW)



Caja Central

$$1,20 \times 0,08 \times 2,50 = 0,24 \quad \text{tf/m}$$

$$0,52 \times 0,20 \times 2,50 = 0,26 \quad \text{tf/m}$$

$$0,08 \times 0,80 \times 2,50 = 0,16 \quad \text{tf/m}$$

Pasarela

$$0,48 \times 0,16 \times 2,50 = 0,19 \quad \text{tf/m}$$

$$0,90 \times 0,24 \times 2,50 = 0,54 \quad \text{tf/m}$$

$$0,60 \times 0,50 \times 2,50 = 0,75 \quad \text{tf/m}$$

Baranda

$$0,10 \times 2,00 = 0,20 \quad \text{tf/m}$$

Balasto en Recta (1)

$$6,80 \times 0,46 \times 2,25 = 7,04 \quad \text{tf/m}$$

Rieles

$$0,30 \times 2,00 = 0,60 \quad \text{tf/m}$$

Sellado

$$0,01 \times 8,80 \times 2,20 = 0,19 \quad \text{tf/m}$$

Utilidad

$$0,05 \times 8,40 = 0,42 \quad \text{tf/m}$$

**Total en Recta**

**10,59 tf/m**

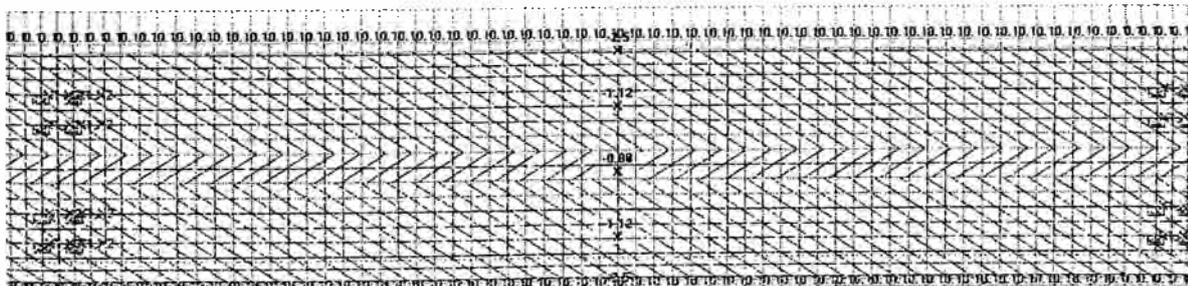


Figura: Cargas muertas no estructurales.

#### 4. DISEÑO DE LOS DIAFRAGMAS INTERNOS

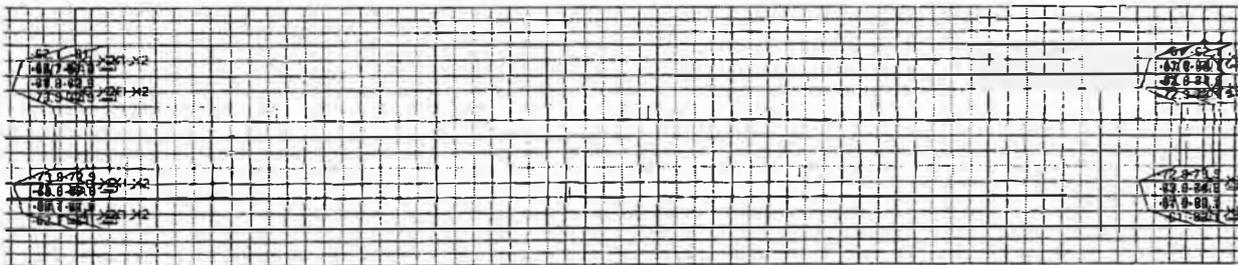
##### 4.1 CONSIDERACIONES INICIALES

En la consideración de servicio (cargas muertas y vivas), las solicitaciones de momentos flectores en los diafragmas son muy pequeñas. Los momentos flectores son solamente negativos (tracción en la cara superior). Mientras, hay la solicitación que ocurre en el cambio de los aparatos de apoyo, que son mayores que las solicitaciones de servicio. Así, presentamos a continuación, los momentos flectores y fuerzas cortantes para este caso, considerando la utilización de cuatro gatos por extremidad de cada tablero y el gateamiento no simultáneo en los apoyos (levantamiento de 2 cm). Este análisis ocurre en el plano vertical del diafragma.

Otro análisis, ahora en el plano horizontal, evalúa el efecto de la transmisión de fuerzas horizontales debidas al sismo, transferidas por los tableros para las pilas por medio de pinos metálicos. Estos pinos, dos por diafragmas internos, deben transferir fuerzas horizontales totales estimadas en 500 tf (250 tf por pino). Serán presentados a continuación los diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes en los diafragmas.

##### 4.2 ESFUERZOS SOLICITANTES EN LOS DIAFRAGMAS DE LOS

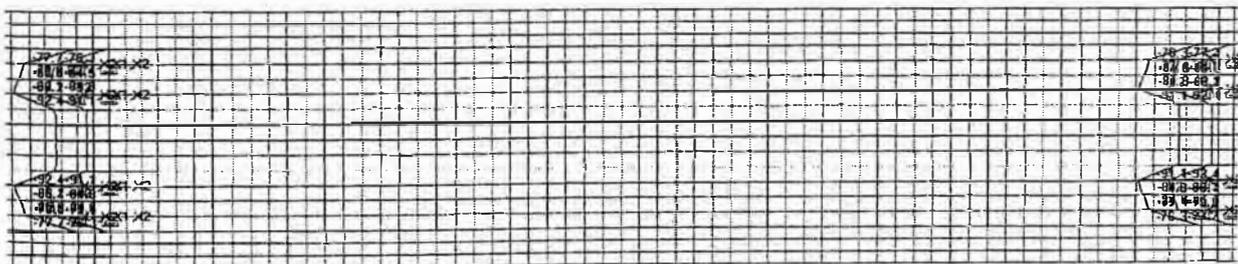
##### 4.2.1 ESFUERZOS EN EL PLANO VERTICAL DEL DIAFRAGMA DURANTE EL GATEAMENTO



$$M_k = 74,6 + 73,6 = 148,2 \text{ tf.m}$$

$$M_k = 73,6 + 74,6 = 148,2 \text{ tf.m}$$

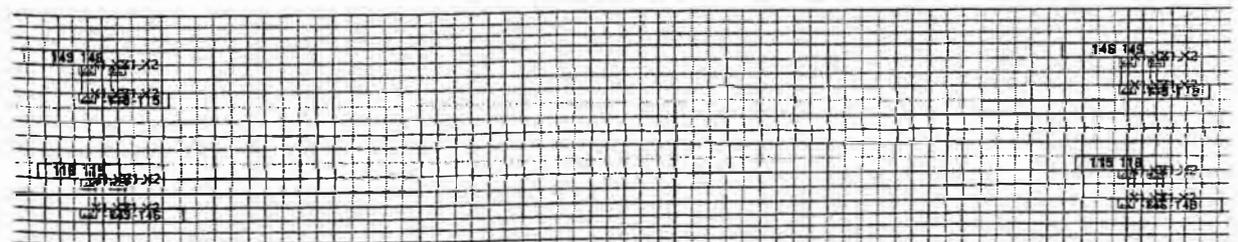
Figura: Momentos Flectores no mayorados



$$M_u = 93,2 + 92,0 = 185,2 \text{ tf.m}$$

$$M_u = 92,0 + 93,2 = 185,2 \text{ tf.m}$$

Figura: Momentos Flectores mayorados por el factor 1,25



$$V_u = 149,0 + 146,0 = 295,0 \text{ tf}$$

$$V_u = 146,0 + 149,0 = 295,0 \text{ tf}$$

Figura: Fuerzas cortantes mayoradas por el factor 1,25

### 4.2.2 ESFUERZOS SOLICITANTES EN EL PLANO HORIZONTAL DEL DIAFRAGMA DURANTE EL SISMO

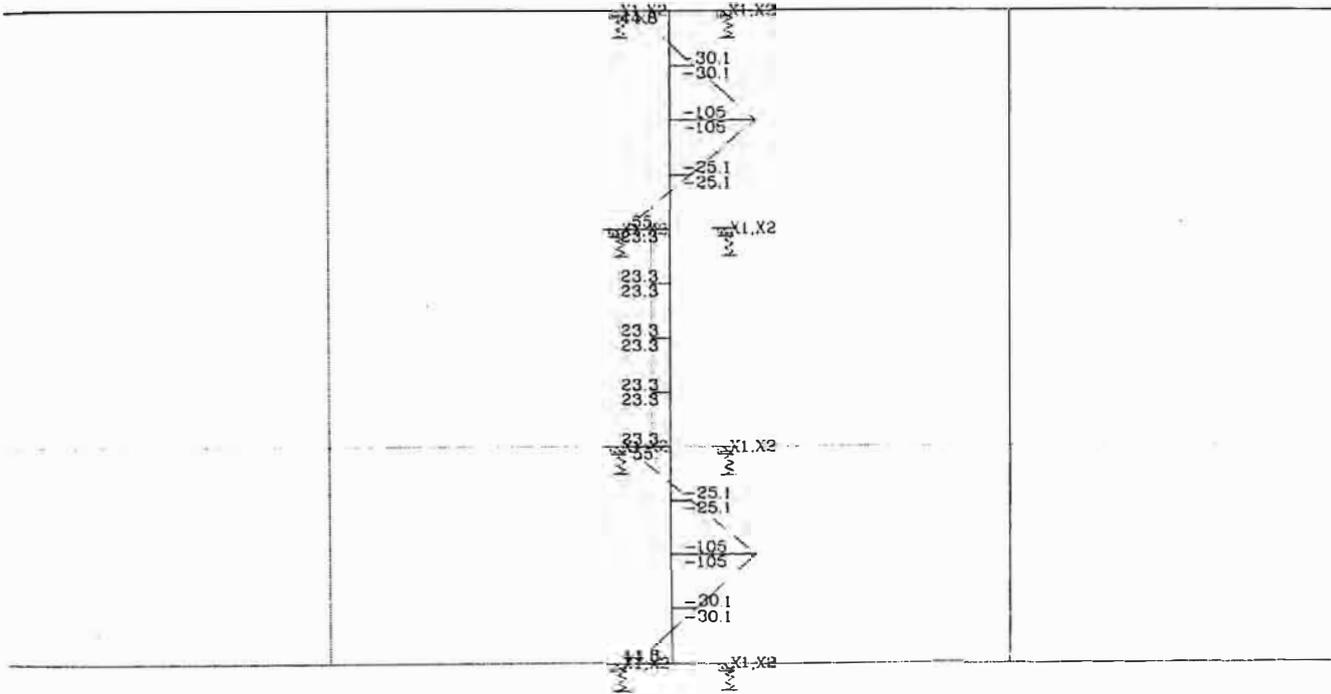


Figura: Momentos Flectores (sismo EQ)

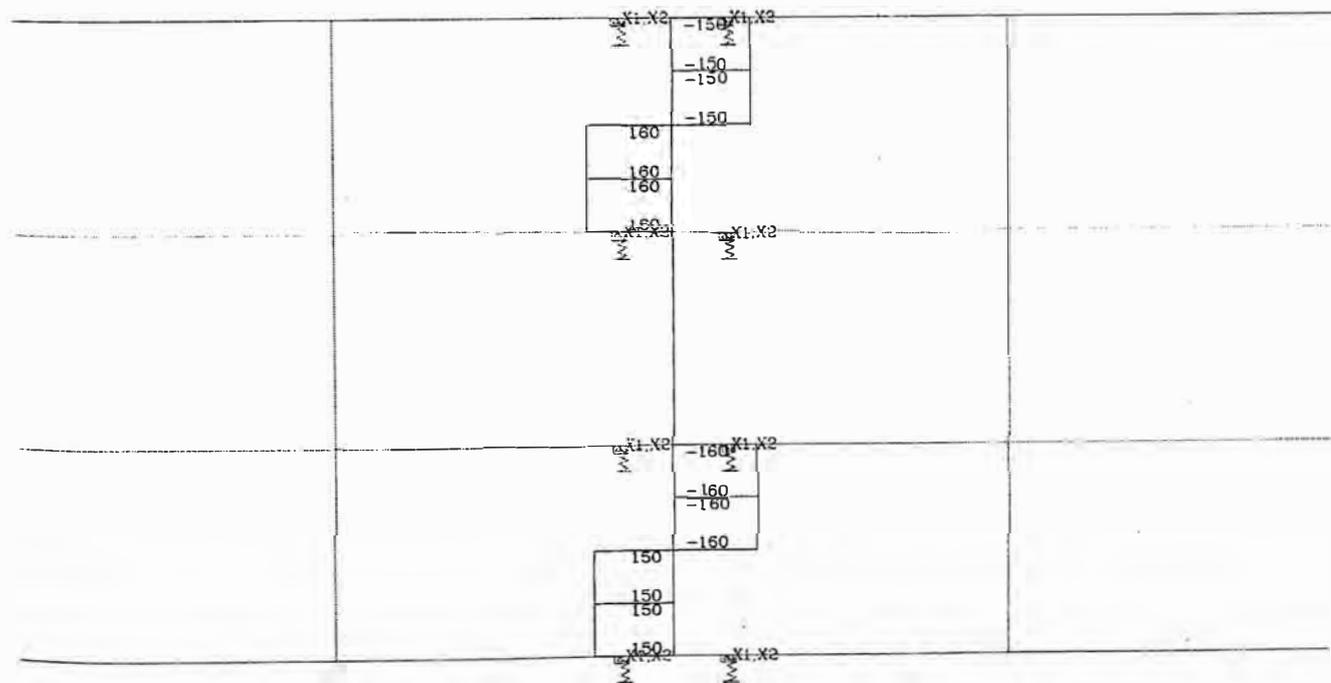


Figura: Fuerzas cortantes (sismo EQ)

### 4.3 PRETENSADOS EN LOS DIAFRAGMAS

- Características del pretensado

Barras Dywidag – Acero ST 85/105

$f_{pu} = 10500 \text{ kgf/cm}^2$  -  $f_{py} = 8500 \text{ kgf/cm}^2$

Módulo de Elasticidad =  $2100000 \text{ kgf/cm}^2$

6 barras diámetro – 32 mm - Área de la barra ( $A_p$ ) =  $8,04 \text{ cm}^2$

Tensión inicial =  $0,70 * f_{pu} * A_p = 0,70 * 10,5 * 8,04 = 59,0 \text{ tf}$

- Perdidas consideradas:

Inmediatas: 5 % -  $P_o = 56 \text{ tf}$  por barra

Diferidas: 25 % -  $P_{oo} = 42 \text{ tf}$  por barra

### 4.4 TENSIONES LÍMITES

Tensión límite de compresión en el concreto después de las pérdidas de pretensado y sob efecto de pretensado y cargas muertas:

$0,45 * f_c = 0,45 * 3500 = 1575 \text{ tf/m}^2$

Tensión límite de tracción en el concreto después de las pérdidas de pretensado asumiendo secciones no fisuradas y bajo efecto de pretensado, cargas muertas y cambio de aparatos de apoyo o impacto sísmico:

$0,50 \sqrt{f_c} \text{ (MPa)} = 0,5 * \sqrt{35} = 2,96 \text{ Mpa} = 296 \text{ tf/m}^2$

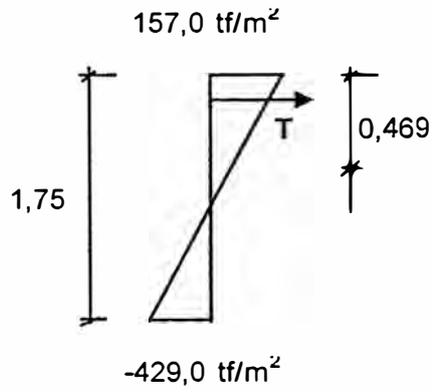
#### 4.5 TABLA DE TENSIONES

DIAFRAGMA INTERNO - PLANO VERTICAL - MÓDULO 1E - TRAMO E				
TENSIONES EN VIGAS - TROCA DE APARATOS - SECCIÓN DEL PINO				
<b>Características Geométricas</b>				
1. etapa	altura total	1,75		
	n.elementos	2		
2. etapa	b=	0,000	h=	0,00
<b>SEÇÃO 1. etapa</b>				
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	0,97	0,97	0,570	0,55
2	1,40	1,40	1,180	1,65
3	0,00	0,00	0,000	0,00
4	0,00	0,00	0,000	0,00
5	0,00	0,00	0,000	0,00
6	0,00	0,00	0,000	0,00
7	0,00	0,00	0,000	0,00
altura total		1,750		2,205
<b>Características</b>				
	inicial	final	unid.	
Área	2,205	2,205	m <sup>2</sup>	
Y inf.	0,941	0,941	m	
Y sup.	0,809	0,809	m	
Inércia	0,524	0,524	m <sup>4</sup>	
W inf.	0,557	0,557	m <sup>3</sup>	
W sup1.	0,647	0,647	m <sup>3</sup>	
W sup2.	0,000	0,000	m <sup>3</sup>	
<b>Pret. Barras Dywidag 1 φ 32 mm</b>				
Protensão	Cg cabos	n cabos	Po	Poo
Prot.1	0,833	6	56,0	42,0
Prot.2				
<b>Solicitações</b>				
	M <sub>DC1</sub>	M <sub>DC2</sub>	M <sub>DW</sub>	M <sub>CAMBIO</sub>
Momentos	0,0	0,0	0,0	-148,2
<b>Tensões</b>				
Momentos	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	
Mg1	0	0	0	
Mg2	0	0	0	
Mg3	0	0	0	
Mq	-266	229	0	
M p1 o	-217	-97	0	
M p2 o	0	0	0	
M p1 oo	-163	-72	0	
M p2 oo	0	0	0	
Mg1 + M p1o	-217	-97	0	
Mg1 + Mg2 + Mp1o	-217	-97	0	
Mg1 + Mg2 + Mpo	-217	-97	0	
Mg + Mpo	-217	-97	0	
Mg + Mpoo	-163	-72	0	
Mtotal + Mpoo	-429	157	0	
Comb. Freq. 0,5Mq	-296	42	0	
Comb.Q.Perm. 0,3Mq	-243	-4	0	

DIAFRAGMA INTERNO - PLANO VERTICAL - MÓDULO 1E - TRAMO E				
TENSIONES EN VIGAS - SISMO - SECCIÓN DEL PINO				
<b>Características Geométricas</b>				
1. etapa	altura total	1,40		
	n.elementos	3		
2. etapa	b=	0,000	h=	0,00
<b>SECCIÓN 1. etapa</b>				
Elemento	B inf.	B sup.	h	Área
1	1,55	1,55	0,485	0,75
2	0,00	0,00	0,430	0,00
3	1,55	1,55	0,485	0,75
4	0,00	0,00	0,000	0,00
5	0,00	0,00	0,000	0,00
6	0,00	0,00	0,000	0,00
7	0,00	0,00	0,000	0,00
altura total		1,400		1,504
<b>Características</b>				
	inicial	final	unid.	
Área	1,504	1,504	m <sup>2</sup>	
Y inf.	0,700	0,700	m	
Y sup.	0,700	0,700	m	
Inércia	0,344	0,344	m <sup>4</sup>	
W inf.	0,492	0,492	m <sup>3</sup>	
W sup1.	0,492	0,492	m <sup>3</sup>	
W sup2.	0,000	0,000	m <sup>3</sup>	
<b>Pret. Barras Dywidag 1 φ 32 mm</b>				
Protensão	Cg cabos	n cabos	Po	Poo
Prot.1	0,700	6	56,0	42,0
Prot.2				
<b>Esfuerzos</b>				
	M <sub>DC1</sub>	M <sub>DC2</sub>	M <sub>DW</sub>	M <sub>CAMBIO</sub>
Momentos	0,0	0,0	0,0	105,0
<b>Tensões</b>				
Momentos	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	
Mg1	0	0	0	
Mg2	0	0	0	
Mg3	0	0	0	
Mq	214	-214	0	
M p1 o	-223	-223	0	
M p2 o	0	0	0	
M p1 oo	-168	-168	0	
M p2 oo	0	0	0	
Mg1 + M p1o	-223	-223	0	
Mg1 + Mg2 + Mp1o	-223	-223	0	
Mg1 + Mg2 + Mpo	-223	-223	0	
Mg + Mpo	-223	-223	0	
Mg + Mpoo	-168	-168	0	
Mtotal + Mpoo	46	-381	0	
Comb. Freq. 0,5Mq	-61	-274	0	
Comb.Q.Perm. 0,3Mq	-104	-232	0	

#### 4.6 CALCULO DE LAS FUERZAS DE TRACCIÓN (CUÑAS) – TRACCIÓN AL NIVEL DE LA LOSA

- DIAFRAGMAS DE LAS VIGAS DE 1,80m



$$T = 51,53 \text{ tf}$$

$$As \text{ sup.} = T / 2,1 = 24,54 \text{ cm}^2$$

#### CÁLCULO DE LA FUERZA DE TRACCIÓN T (tf)

H	TENSIÓN	B	TENS.*B	FUERZAS
0,000	0,0	1,400	0,0	0,00
0,000	0,0	1,400	-0,1	0,00
0,000	0,0	1,400	-0,1	51,53
0,469	157,0	1,400	219,8	
0,469				51,53

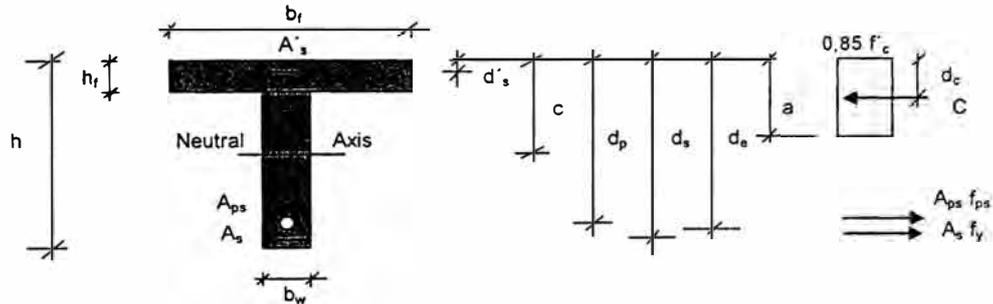
#### SECCIÓN CAMBIO APARATOS

Será adoptada armadura con 10 varillas de 1".

#### 4.7 VERIFICACIÓN DEL ESTADO LIMITE ÚLTIMO (FLEXION, CORTE Y TORSION)

##### FLEXURAL RESISTANCE - AASHTO - Article 5.7.3.2

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular section behavior



Nominal resistance  $M_n$  (tf.m)

Factored resistance  $M_r = \phi * M_n$  (tf.m)

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (d_p - a/2) + A_s \cdot f_y \cdot (d_s - a/2) - A'_s \cdot f_y \cdot (d'_s - a/2) + 0,85 \cdot f_c \cdot (b_f - b_w) \cdot \beta_1 \cdot h_f \cdot (a/2 - h_f/2)$$

Resistance factor (PPR)  $\phi = 0,9 + 0,1 \cdot \text{PPR}$  (Article 5.5.4.21-3)

PPR = parcial prestress ratio =  $A_{ps} \cdot f_{py} / (A_{ps} \cdot f_{py} + A_s \cdot f_y)$

### SHEAR + TORSION RESISTANCE - AASHTO - Articles 5.8.3.3 a 5.8.3.6

$$V_n = V_c + V_s + V_p$$

$$V_n = 0,25 \cdot f_c \cdot b_v \cdot d_v + V_p$$

$b_v$  = effective web width taken as the minimum web width within the depth  $d_v$

$d_v$  = effective shear depth =  $(d_e - d_c) > (0,9 \cdot d_e \text{ or } 0,72 \cdot h)$

$$V_s = (A_s \cdot f_y \cdot d_v \cdot \cot \theta) / s$$

$$V_c = 0,083 \cdot \beta \cdot b_v \cdot d_v \cdot \sqrt{f_c}$$

$$T_n = (2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_y \cdot \cot \theta) / s$$

$V_u$  (tf) = factored shear force

$T_u$  (tf.m) = factored torsional moment

$N_u$  (tf) = factored axial force taken as positive if tensile (not prestressing force)

$M_u$  (tf.m) = factored moment

$V_p$  (tf) = component in the direction of the applied shear of the effective prestressing force;  
positive if resisting the applied shear

$A_{ch}$  (cm<sup>2</sup>) = area enclosed by centerline of exterior closed transverse torsions reinforcement,  
including area of any holes =  $A_o / 0,85$

$P_h$  (cm) = perimeter of centerline of the closed transverse torsion reinforcement

$A_{ct}$  (cm<sup>2</sup>) = area of concrete on the flexural tension side of the member

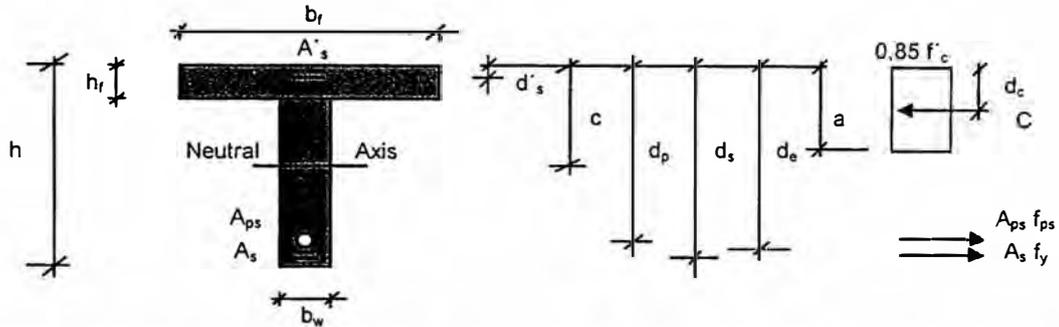
$A_{sw}/s$  (cm<sup>2</sup>/m) = area of shear reinforcement within a distance  $s$

$A_{st}/s$  (cm<sup>2</sup>/m) = area of one leg of closed transverse torsion reinforcement within a distance  $s$

$A_{sl}$  (cm<sup>2</sup>) = area of longitudinal reinforcement

## FLEXURAL RESISTANCE (AASHTO)

Components with bonded tendons and "T" and Rectangular section behavior



MATERIALS	$f'_c$	$f_y$ (long.)	$f_y$ (transv.)	$f_{pu}$	$f_{py}$	k	$\beta_1$	$f_{ps}$
(tf/cm <sup>2</sup> )	0,35	4,2	4,2	10,5	8,5	0,46	0,800	9,0

AREAS	$A'_s$	$A_s$	$A_{ps}$	PPR	$f_{pe}=0,75*f_{pd}$	$f_{po}=0,7*f_{pu}$	$C_{nic}$
(cm <sup>2</sup> )	10,16	50,00	48,00	0,660	5,51	7,4	25,9

TRANSV.-	$b_w$	$b_f$	h	$h_f$	$d'_s$	$d_p$	$d_s$	$d_e$
(cm)	97,0	97,0	175,0	0,0	6,0	83,30	169,0	111,35

SECCION	Type	c	$a = \beta_1 c$	$d_c$	$d_v$	$A_{sk}$ (skin)
BEHAVIOR	T	25,9	20,8	10,1	101,3	3,53

Maximum reinforcement	$c/d_e =$	0,233
-----------------------	-----------	-------

(OK)

Resistance factor (PPR)	$\phi =$	0,966
-------------------------	----------	-------

	REINFORCED SECCION	OVERREINFORCED SECCION ( $c/d_e > 0,42$ )
Nominal resistance $M_n$ (tf.m)	649,7	
Factored resistance $M_r = \phi * M_n$ (tf.m)	627,7	

For Rectangular section use  $b_f = b_w$  and  $h_f = 0$

## SHEAR + TORSION RESISTANCE (AASHTO)

SECCION	$V_u$	$T_u$	$N_u$	$M_u$	$V_{p \infty}$	$V_u$ (+ torsion)	$V_u$ lim	$A_{sw}$ (min)
TRANSV.-	295,0	0,0	0,0	298,8	0,0	295,0	741,6	10,87

SECCION	$\theta$ (deg)	$\beta$	$\phi$	$A_{ch}$ (cm <sup>2</sup> )	$P_h$ (cm)	$b_v$ (cm)	$A_{ct}$ (cm <sup>2</sup> )	$F_e$
TRANSV.-	30,8	2,500	0,90	100	100,0	93,0	100	0,888

SECCION	v	$v / f'_c$	$E_x$ (%)	$V_c$	$V_s$	$A_{sw} / s$	$A_{st} / s$	$A_{st}$ (nec.)
TRANSV.-	0,035	0,099	0,478	115,6	212,2	29,74	0,00	58,51

MEMORIA DE CÁLCULO – VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL  
DEL MURO DE CONTENCIÓN VÍA EXPRESA  
AV. JAVIER PRADO – AV. AVIACIÓN  
TRAMO E

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
		Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
		Pagina: 2/20	
<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Via Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>			

**HOJA DE REVISIÓN**

Rev. N°	Estado	Descripción de la Revisión
0A	EPR	Emitido para revisión

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 3/20		

## ÍNDICE

HOJA DE REVISIÓN.....	2
ÍNDICE.....	3
1. ALCANCE Y DESCRIPCIÓN.....	4
2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	6
3. PARÁMETROS ADOPTADOS .....	6
4. CÁLCULO DE CARGAS Y COMBINACIONES ADOPTADAS .....	6
5. MODELO ESTRUCTURAL .....	9
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	10
7. VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE MURO.....	17
8. CONCLUSIONES .....	18
9. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	18

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 4/20		

## 1. ALCANCE Y DESCRIPCIÓN

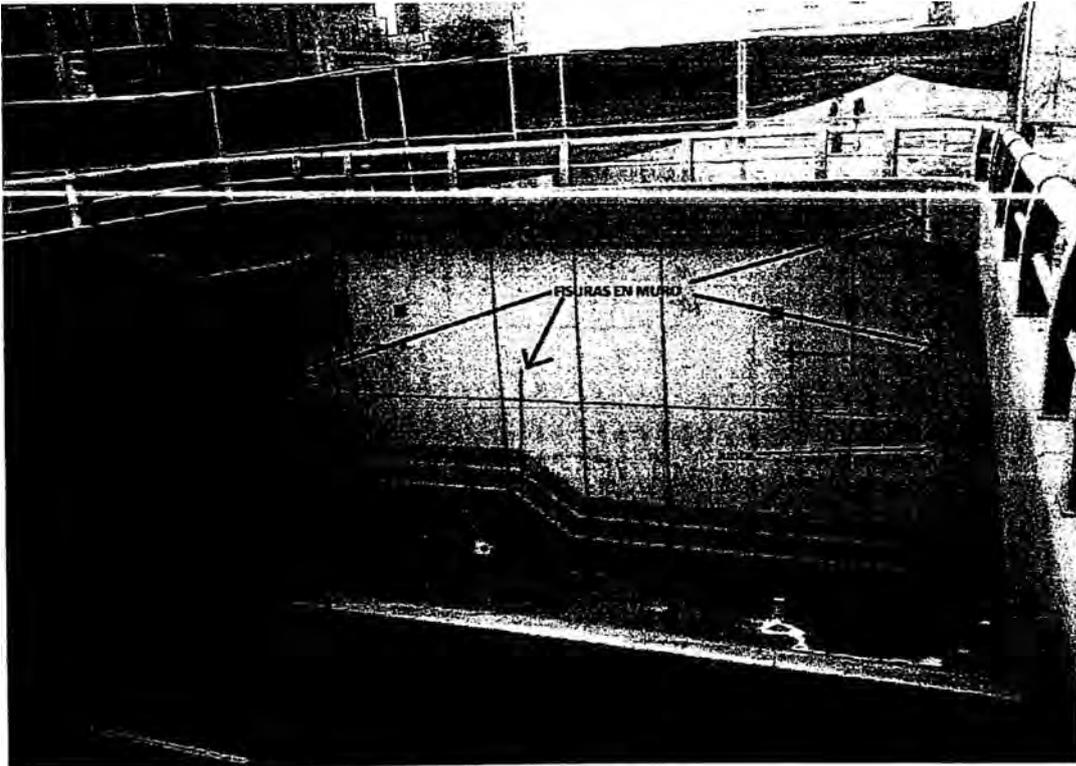
La presente memoria de cálculo tiene por objeto realizar la verificación estructural del muro de contención o "estribo sur" ubicado en la Vía Expresa Av. Javier Prado y el cruce con Av. Aviación. Asimismo, se plantean alternativas de solución a adoptar ante el problema suscitado.

La verificación surge a raíz del corte en la cimentación del muro mencionado con el fin de construir la cimentación y pilar del eje C459 correspondiente al módulo 1E – Tramo E – del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao.

Se verificarán las condiciones de seguridad para la situación actual en donde se ha construido la cimentación y pilar del referido eje y se ha colocado un relleno parcial sobre la cimentación del viaducto que genera una presión lateral sobre el muro de contención.

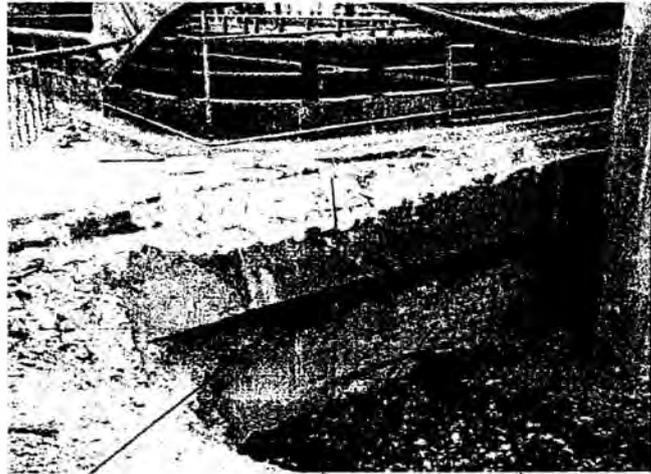
No se ha considerado interacción alguna entre la cimentación del muro y la cimentación del viaducto elevado, por lo que la estabilidad del muro se analizará independiente del viaducto.

Las siguientes fotografías muestran el estado actual del muro en estudio y la zona circundante.



**Fotografía 1 – Estado actual del muro – exposición de fisuras**  
(Fuente: Consorcio Tren Eléctrico – CTEL)

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
		Pagina: 5/20	

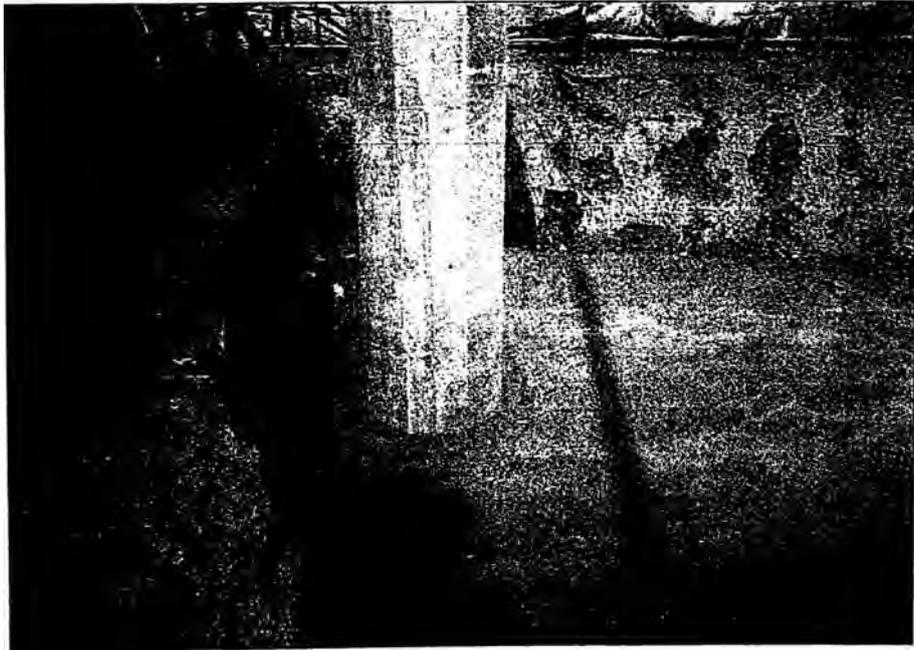


FISURA

MURO CRUCE J. PRADO.  
VISTA POSTERIOR

RELLENO DE ZAPATA

*Fotografía 2 – Cimentación y pilar viaducto elevado – zona de relleno  
(Fuente: Consorcio Tren Eléctrico – CTEL)*



*Fotografía 3 – Cimentación y pilar viaducto elevado – zona de relleno  
(Fuente: Consorcio Tren Eléctrico – CTEL)*

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Via Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 6/20		

## 2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Planos proyecto # 11374-01: Intercambio Vial Av. Javier Prado – Av. Aviación – Gallegos, Casabonne, Arango Ingenieros Civiles S.A.C.

Planos proyecto Puente Javier Prado Módulo 1E Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao – Consorcio Tren Eléctrico – FFE.

Fotografías proporcionadas por Consorcio Tren Eléctrico – CTEL.

## 3. PARÁMETROS ADOPTADOS

### Materiales:

Concreto cimentación muro de contención:  $f'c = 21 \text{ MPa}$  ( $210 \text{ kg/cm}^2$ )

Concreto muro de contención:  $f'c = 24.5 \text{ MPa}$  ( $245 \text{ kg/cm}^2$ )

Acero de refuerzo:  $f_y = 420 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ )

### Recubrimientos:

Cimentación = 8 cm.

Muros y estribos = 4 cm. (en caras húmedas o en contacto con terreno)

Muros y estribos = 2.5 cm. (en caras secas)

### Suelo:

Coefficiente de empuje  $k = 0.33$

Peso específico  $\gamma = 1.8 \text{ Ton/m}^3$

### Sobrecargas:

En tablero =  $1 \text{ Ton/m}^2$

En pista =  $1 \text{ Ton/m}^2$

En vereda =  $0.5 \text{ Ton/m}^2$

## 4. CÁLCULO DE CARGAS Y COMBINACIONES ADOPTADAS

El presente acápite sigue la nomenclatura de cargas estipuladas en AASHTO LRFD Bridge Design Specifications + Interims 2007.

### Cargas muertas estructurales (DC):

Losa de tablero =  $2.5 \times 0.15 \times 6.95 \times 12.85 = 33.5 \text{ Ton}$

Peso propio vigas (VP-2 y VP-2A) =  $2.5 \times 0.4121 \times 6.775 \times 9 = 62.8 \text{ Ton}$

Carga muerta – vereda =  $2.5 \times 0.15 \times 1 \times 1.15 = 0.43 \text{ Ton/m}$

Carga por nudo @0.5 m. = **3.72 Ton/nudo**

### Cargas muertas no estructurales (DW):

Carpeta asfáltica – tablero =  $2.2 \times 0.05 \times 6.95 \times 12.85 = 9.8 \text{ Ton}$

Carga muerta – vereda =  $(2.4 \times 0.15 \times 1) + 0.60 = 0.96 \text{ Ton/m}$

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 7/20		

Carga por nudo @0.5 m. = **0.68 Ton/nudo**

Cargas horizontales debido al relleno y a la sobrecarga (EH):

Sobre muro =  $1.8 \times 6.23 \times 0.33 = 3.70 \text{ Ton/m}^2$

Sobre muro – presión de concreto =  $2.5 \times 2.5 = 6.25 \text{ Ton/m}^2$

Debido a la sobrecarga =  $1.0 \times 0.33 = 0.33 \text{ Ton/m}^2$

Cargas verticales debido al relleno (EV):

Sobre talón de muro – sobre zona de cimentación no cortada =  $1.8 \times 6.00 = 10.80 \text{ Ton/m}^2$

Sobre punta de muro =  $1.8 \times 0.65 = 1.20 \text{ Ton/m}^2$

Cargas vivas (LL):

En tablero =  $1.0 \times 6.95 \times 12.85 = 89.3 \text{ Ton}$

En pista =  $1.0 \times 2.25 \times 12.85 = 28.9 \text{ Ton}$

Carga por nudo @0.5 m. = **4.40 Ton/nudo**

Cargas sísmicas (EQ2):

Incremento de presión dinámica ( $\Delta ED$ ) =  $0.75 A_o \gamma H^2$

$A_o = a/g = 0.50$  (período de retorno de 1000 años).

$\Delta ED = 0.75 A_o \gamma H^2$

$\Delta ED = 0.75 \times 0.5 \times 1.8 \times 6.23^2 = 26.2 \text{ Ton/m} \dots \dots \Delta EQ = 26.2 / 6.23 = 4.21 \text{ Ton/m}^2$

Combinaciones de Carga:

SRENGTH I (Rf - 1):  $0.90 \text{ DC} + 0.65 \text{ DW} + 0.9 \text{ EH} + \text{EV} + 1.75 \text{ LL}$  (Combinación con  $\gamma_p$  mínimo)

SRENGTH I (Rf - 2):  $1.25 \text{ DC} + 1.50 \text{ DW} + 1.50 \text{ EH} + 1.35 \text{ EV} + 1.75 \text{ LL}$  (Combinación con  $\gamma_p$  máximo)

EXTREME EVENT I (Ef - 1):  $0.90 \text{ DC} + 0.65 \text{ DW} + 0.9 \text{ EH} + \text{EV} + \text{EQ2}$  (Combinación con  $\gamma_p$  mínimo)

EXTREME EVENT I (Ef - 2):  $0.90 \text{ DC} + 0.65 \text{ DW} + 0.9 \text{ EH} + \text{EV} - \text{EQ2}$  (Combinación con  $\gamma_p$  mínimo)

EXTREME EVENT I (Ef - 3):  $1.25 \text{ DC} + 1.50 \text{ DW} + 1.50 \text{ EH} + 1.35 \text{ EV} + \text{EQ2}$  (Combinación con  $\gamma_p$  máximo)

EXTREME EVENT I (Ef - 4):  $1.25 \text{ DC} + 1.50 \text{ DW} + 1.50 \text{ EH} + 1.35 \text{ EV} - \text{EQ2}$  (Combinación con  $\gamma_p$  máximo)

SERVICE I (Sf - 1):  $\text{DC} + \text{DW} + \text{EH} + \text{EV} + \text{LL}$

Las figuras siguientes muestran las tablas presentadas en AASHTO LRFD Bridge Design Specifications + Interims 2007 para la amplificación de las solicitaciones en las combinaciones de cargas.

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Via Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
		Pagina: 8/20	

Table 3.4.1-1 Load Combinations and Load Factors.

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL	II IM CE BR PL LS	Use One of These at a Time												
			W1	W5	W7	FR	TU CR SH	IG	SE	EQ	IC	CT	CT		
STRENGTH I (unless noted)	$\gamma_c$	1.75	1.00				1.00	0.50 1.20	$\gamma_{1.4}$	$\gamma_{1.6}$					
STRENGTH II	$\gamma_c$	1.35	1.00				1.00	0.50 1.20	$\gamma_{1.4}$	$\gamma_{1.6}$					
STRENGTH III	$\gamma_c$		1.00	1.40			1.00	0.50 1.20	$\gamma_{1.4}$	$\gamma_{1.6}$					
STRENGTH IV	$\gamma_c$		1.00				1.00	0.50 1.20							
STRENGTH V	$\gamma_c$	1.35	1.00	0.40	1.0		1.00	0.50 1.20	$\gamma_{1.4}$	$\gamma_{1.6}$					
EXTREME EVENT I	$\gamma_c$	$\gamma_{EQ}$	1.00				1.00				1.00				
EXTREME EVENT II	$\gamma_c$	0.50	1.00				1.00					1.00	1.00	1.00	
SERVICE I	1.00	1.00	1.60	0.30	1.0		1.00	1.00 1.20	$\gamma_{1.4}$	$\gamma_{1.6}$					
SERVICE II	1.00	1.30	1.00				1.00	1.00 1.20							
SERVICE III	1.00	0.80	1.00				1.00	1.00 1.20	$\gamma_{1.4}$	$\gamma_{1.6}$					
SERVICE IV	1.00		1.00	0.70			1.00	1.00 1.20		1.0					
FAATIGUE		0.75													

Figura 1 – Tabla 3.4.1-1 AASHTO LRFD

Table 3.4.1-2 Load Factors for Permanent Loads,  $\gamma_p$

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag	Load Factor		
	Maximum	Minimum	
DC: Component and Attachments	1.25	0.90	
DC: Strength IV only	1.50	0.90	
DD: Downdrag	Piles, $\alpha$ Tomlinson Method	1.4	0.25
	Piles, $\lambda$ Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (1999) Method	1.25	0.35
DW: Wearing Surfaces and Utilities	1.50	0.65	
EH: Horizontal Earth Pressure	Active	1.50	0.90
	At-Rest	1.35	0.90
	AFP for anchored walls	1.35	N/A
EL: Locked-in Erection Stresses	1.00	1.00	
EV: Vertical Earth Pressure	Overall Stability	1.00	N/A
	Retaining Walls and Abutments	1.35	1.00
	Rigid Buried Structure	1.30	0.90
	Rigid Frames	1.35	0.90
	Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts	1.95	0.90
	Flexible Metal Box Culverts	1.50	0.90
ES: Earth Surcharge	1.50	0.75	

Figura 2 – Tabla 3.4.1-2 AASHTO LRFD

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
		Pagina: 9/20	

## 5. MODELO ESTRUCTURAL

Se ha utilizado el programa SAP 2000 v14.2.2 Non Linear, que es un programa realizado por Computers and Structures Inc, en Berkeley, California, USA, programa del cual tenemos licencia de uso.

En el modelo se ha representado el muro de contención con su respectiva cimentación como elementos tipo "Shell".

En el extremo superior del muro de contención, adyacente a los tableros de los puentes, se ha considerado restricciones traslacionales horizontales para simular el efecto de arriostramiento de las losas.

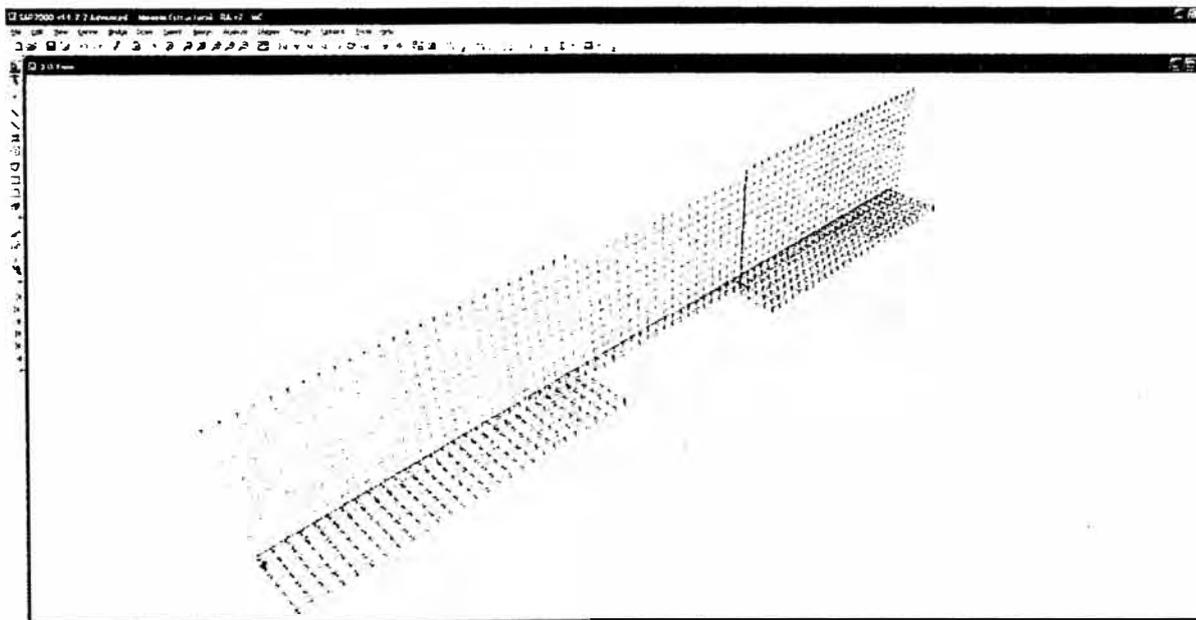
La interacción cimentación de muro y suelo se ha representado por medio de resortes con un coeficiente de balasto  $k = 5000 \text{ kN/m}^3$ .

La junta ha sido modelada como una discontinuidad en la geometría del muro. Dicha junta no continúa hacia la viga superior del muro.

Se ha considerado el efecto de la presión del concreto producido por la zapata del viaducto sobre el muro de contención en el área equivalente al peralte de dicha zapata. A pesar de que el concreto ha fraguado, durante su proceso de fragua ha originado esfuerzos traducidos en desplazamientos y que aún siguen presentes en la estructura. Estos esfuerzos podrían ser menores a los iniciales debido al desplazamiento de la estructura, sin embargo esto es difícil de cuantificar por lo que se ha optado por considerar la totalidad de la presión.

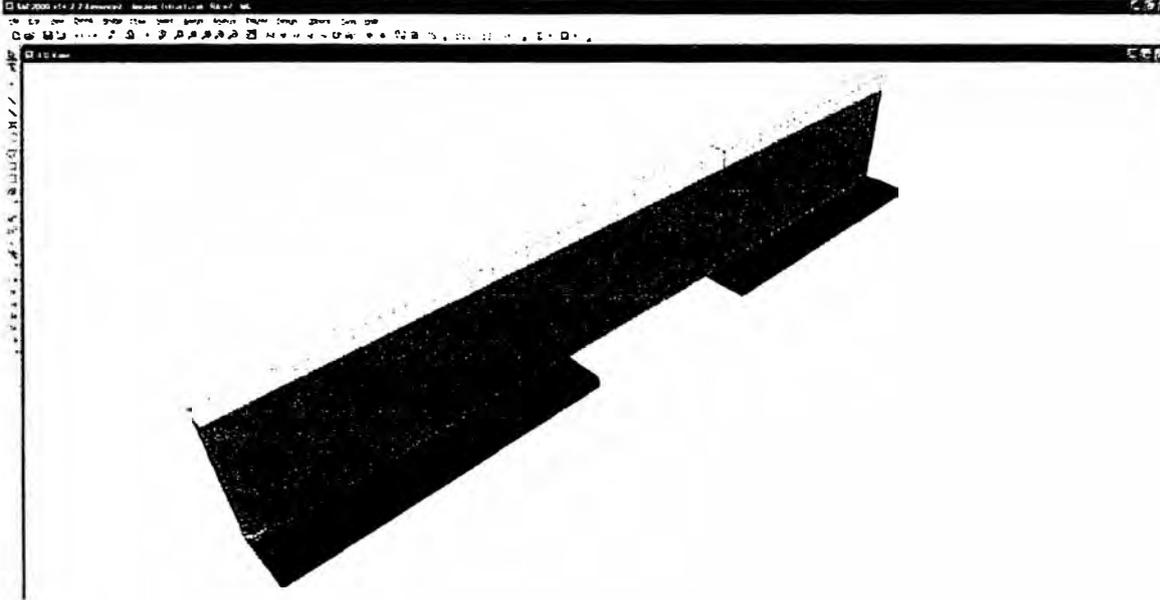
El presente modelo estructural aplica al muro de contención o estribo sur, que es el caso más desfavorable, por presentar un mayor recorte de la cimentación.

Las siguientes figuras presentan vistas del modelo estructural:



**Figura 3 – Vista 3D Modelo Estructural – elementos finitos**

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 10/20		

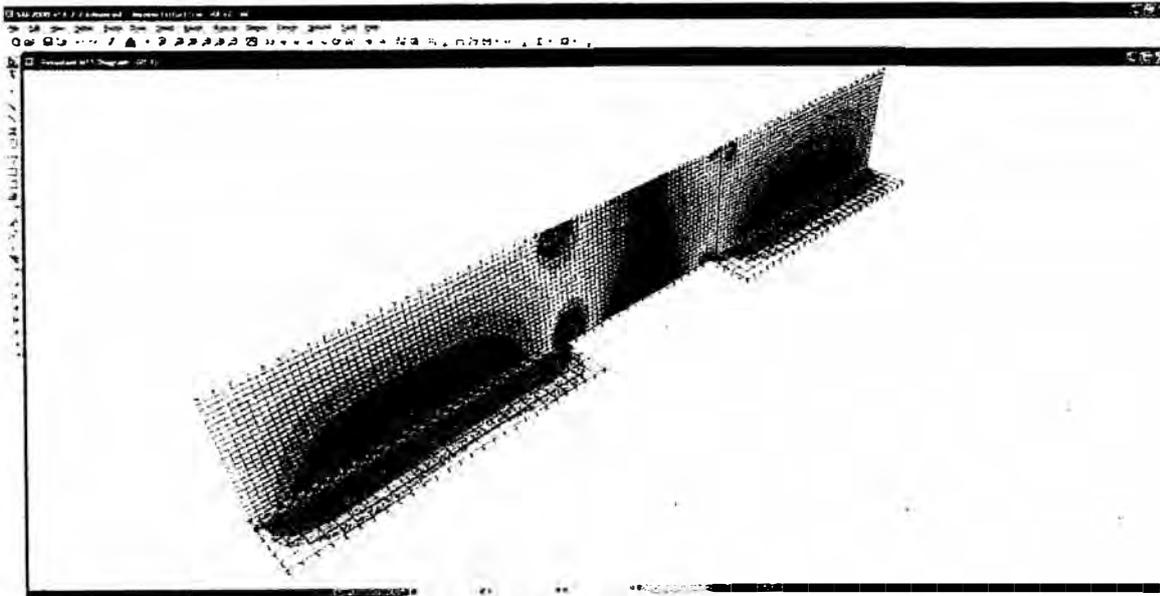


*Figura 4 – Vista 3D Modelo Estructural - extrude*

## 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

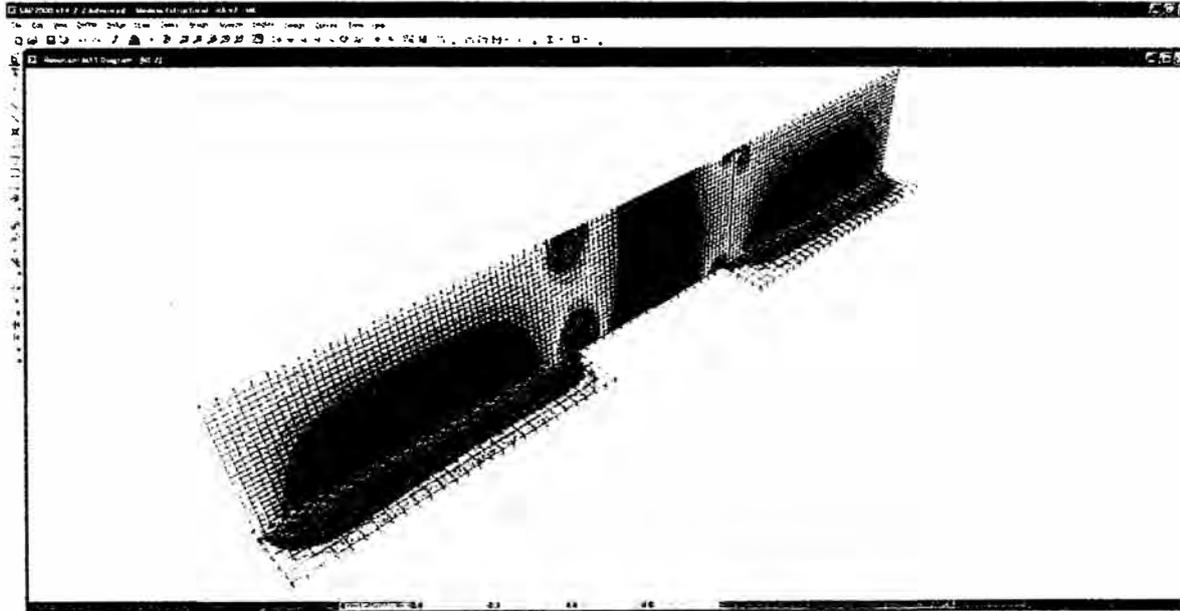
Las figuras siguientes presentan los resultados obtenidos. Se presenta la distribución de esfuerzos en el muro de contención ante las combinaciones de carga descritas en el acápite 4.

M 1-1 = Momentos franja horizontal.

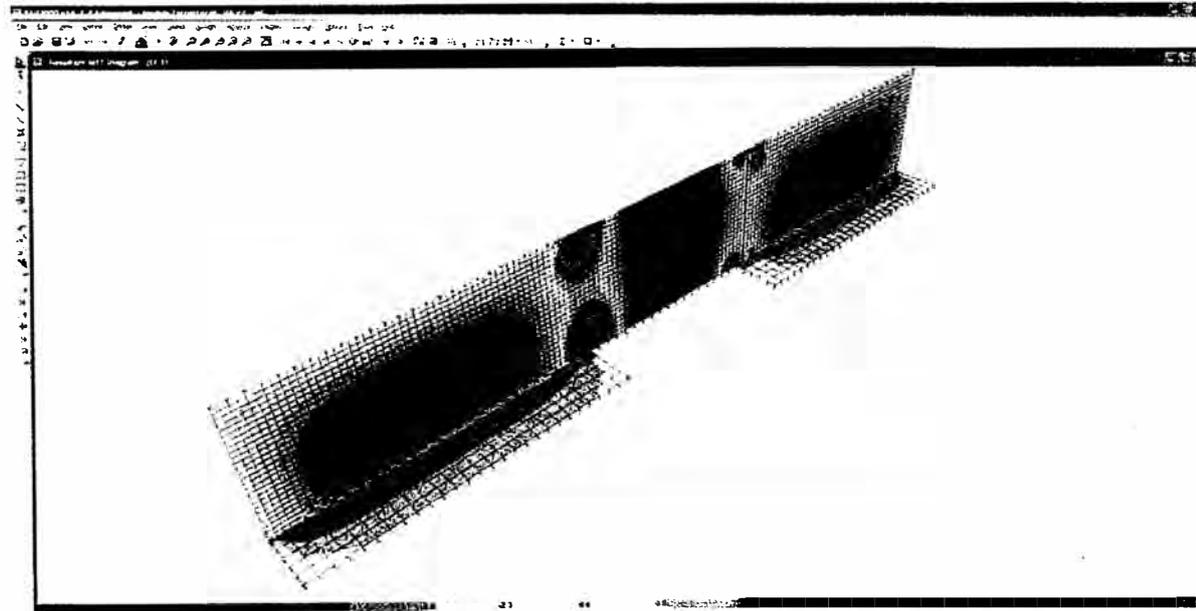


*Figura 5 – Esfuerzos M1-1 (Combinación Rf-1)*

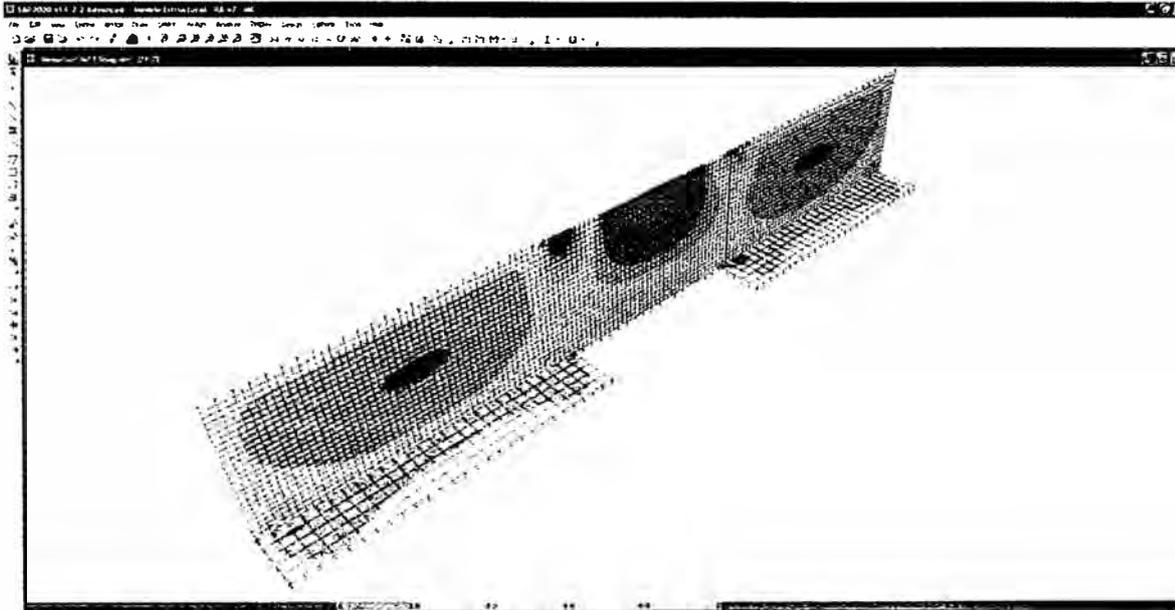
<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 11/20		



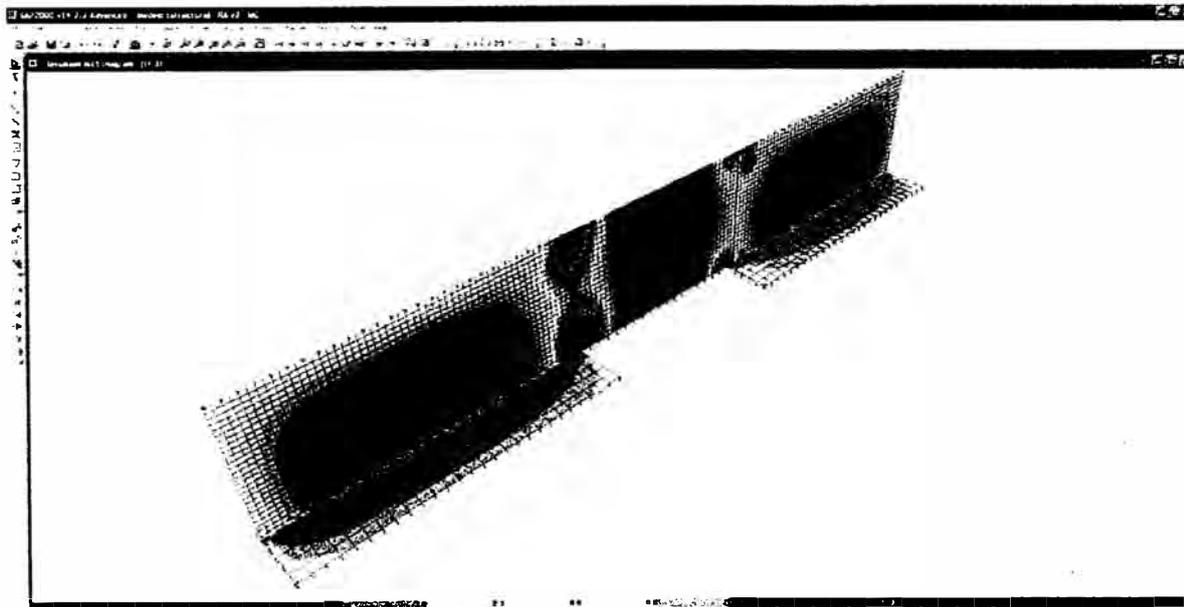
**Figura 6 – Esfuerzos M1-1 (Combinación Rf-2)**



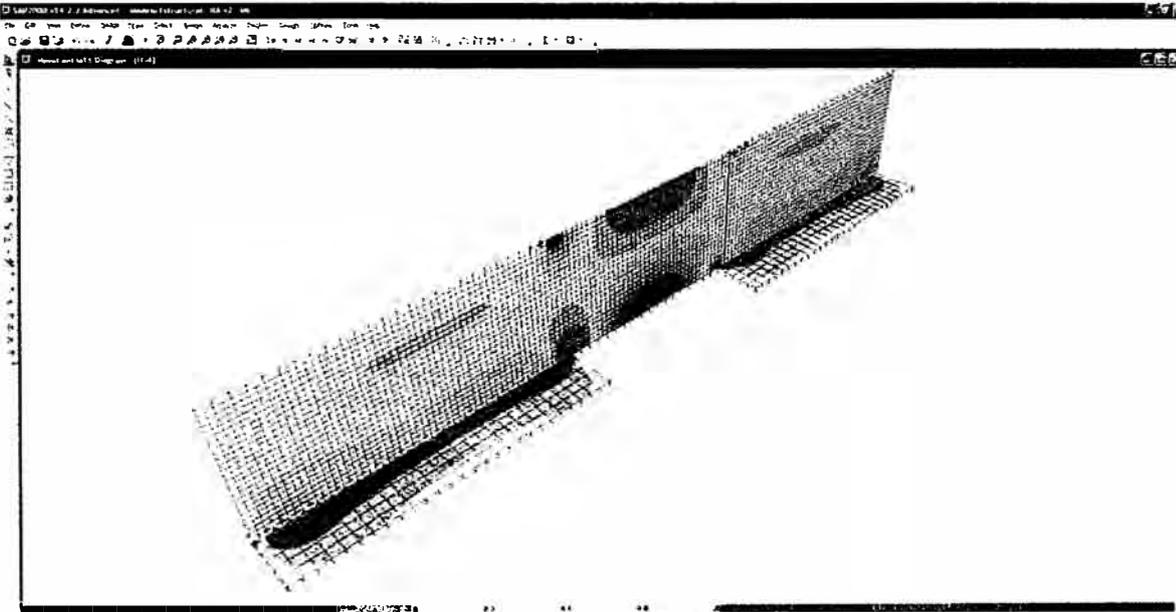
**Figura 7 – Esfuerzos M1-1 (Combinación Ef-1)**



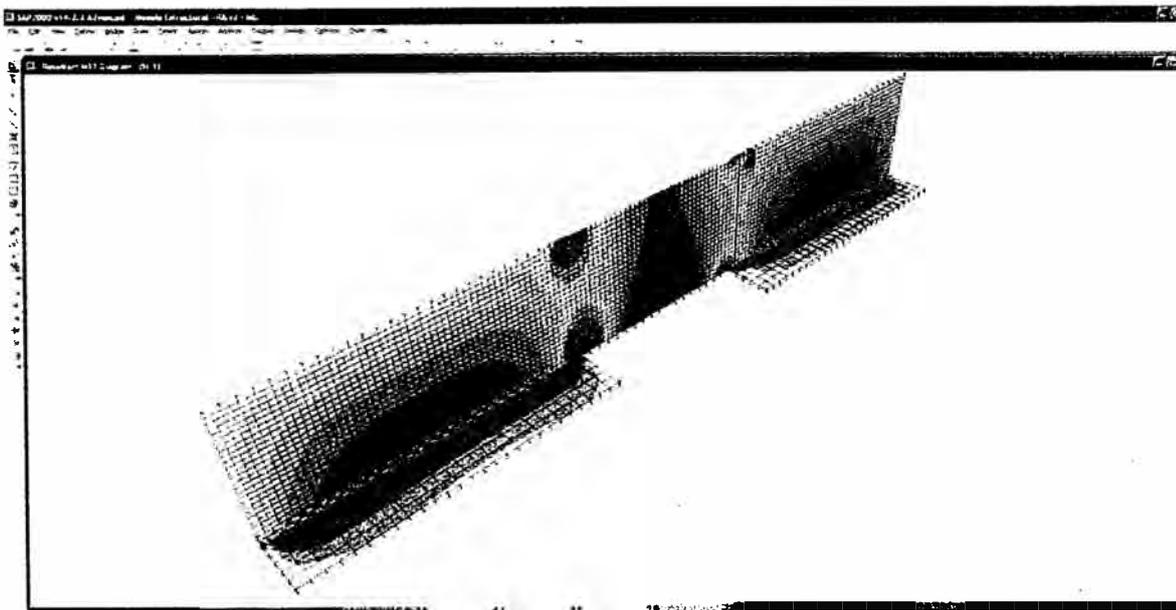
**Figura 8 – Esfuerzos M1-1 (Combinación Ef-2)**



**Figura 9 – Esfuerzos M1-1 (Combinación Ef-3)**



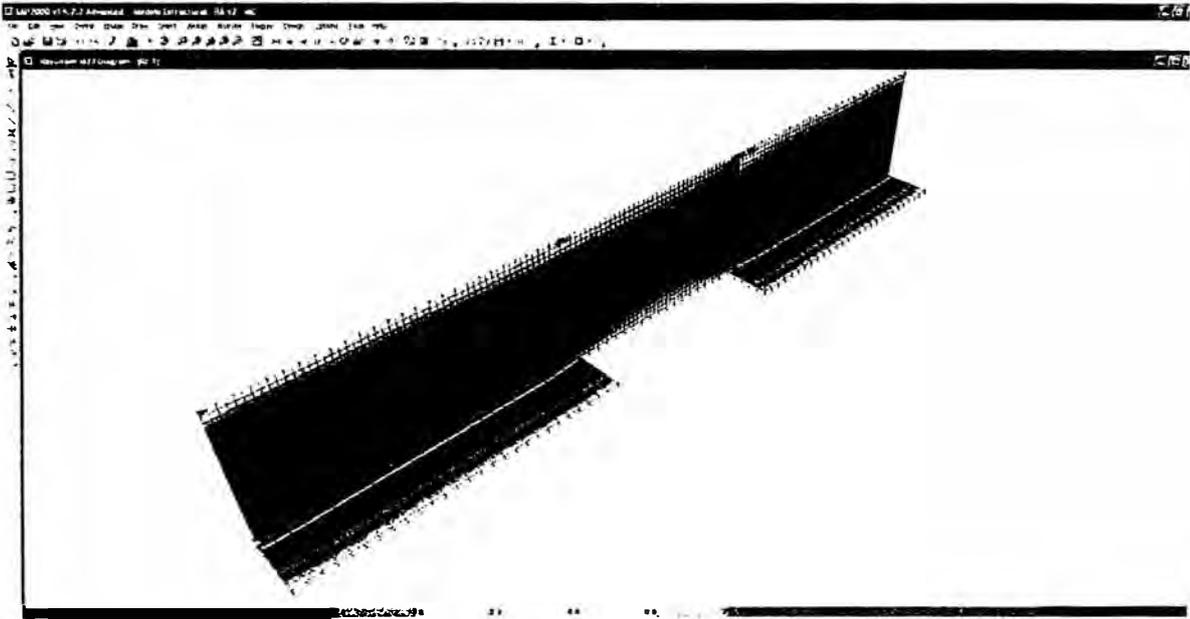
**Figura 10 – Esfuerzos M1-1 (Combinación Ef-4)**



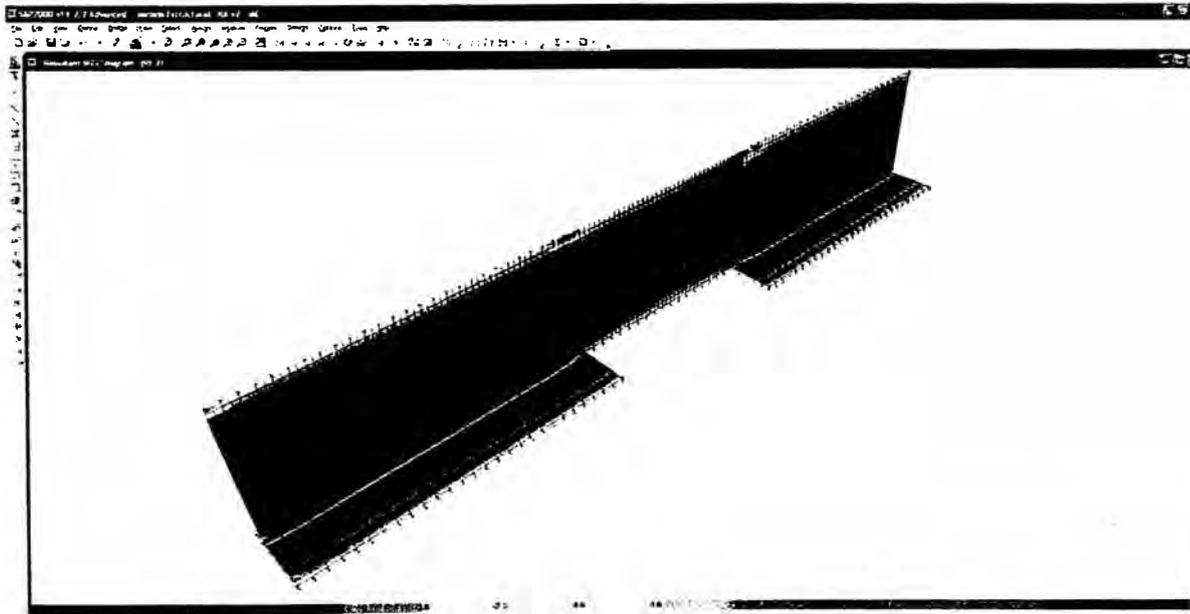
**Figura 11 – Esfuerzos M1-1 (Combinación Sf-1)**

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Via Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
		Pagina: 14/20	

M 2-2 = Momentos franja vertical.



**Figura 12 – Esfuerzos M2-2 (Combinación Rf-1)**



**Figura 13 – Esfuerzos M2-2 (Combinación Rf-2)**

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
		Pagina: 15/20	

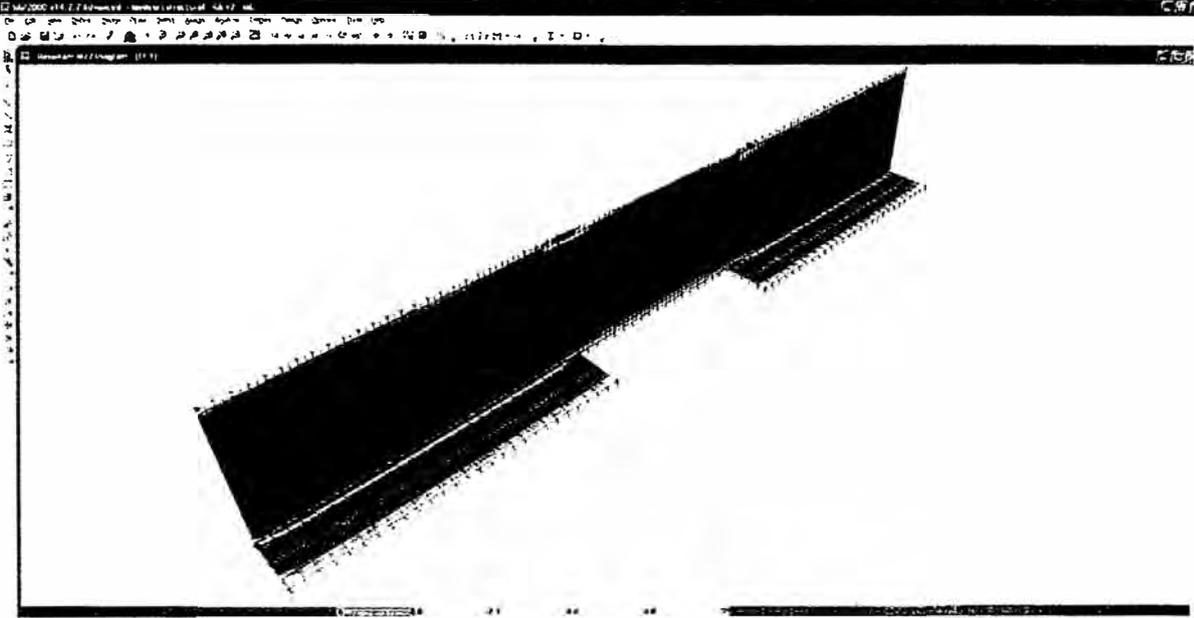


Figura 14 – Esfuerzos M2-2 (Combinación Ef-1)

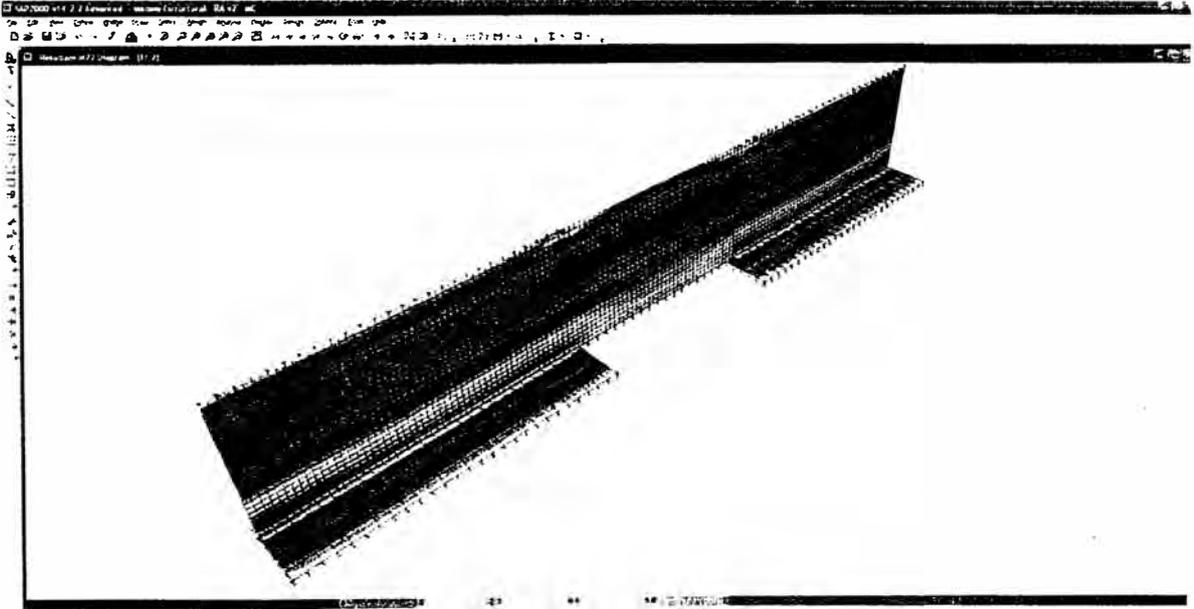
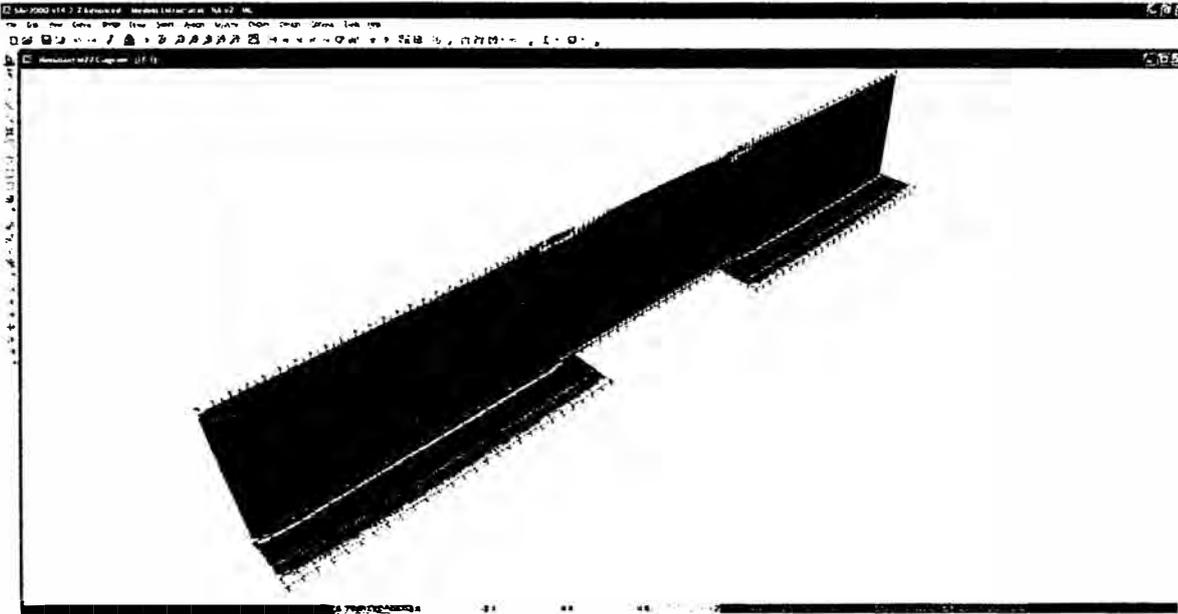
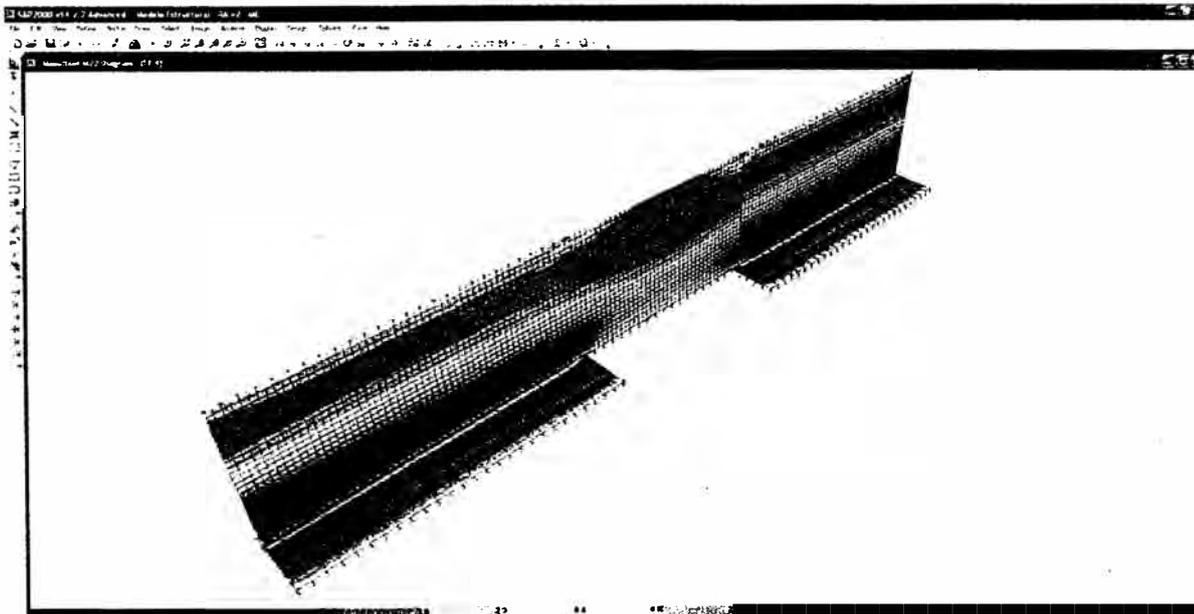


Figura 15 – Esfuerzos M2-2 (Combinación Ef-2)



**Figura 16 – Esfuerzos M2-2 (Combinación Ef-3)**



**Figura 17 – Esfuerzos M2-2 (Combinación Ef-4)**

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 17/20		

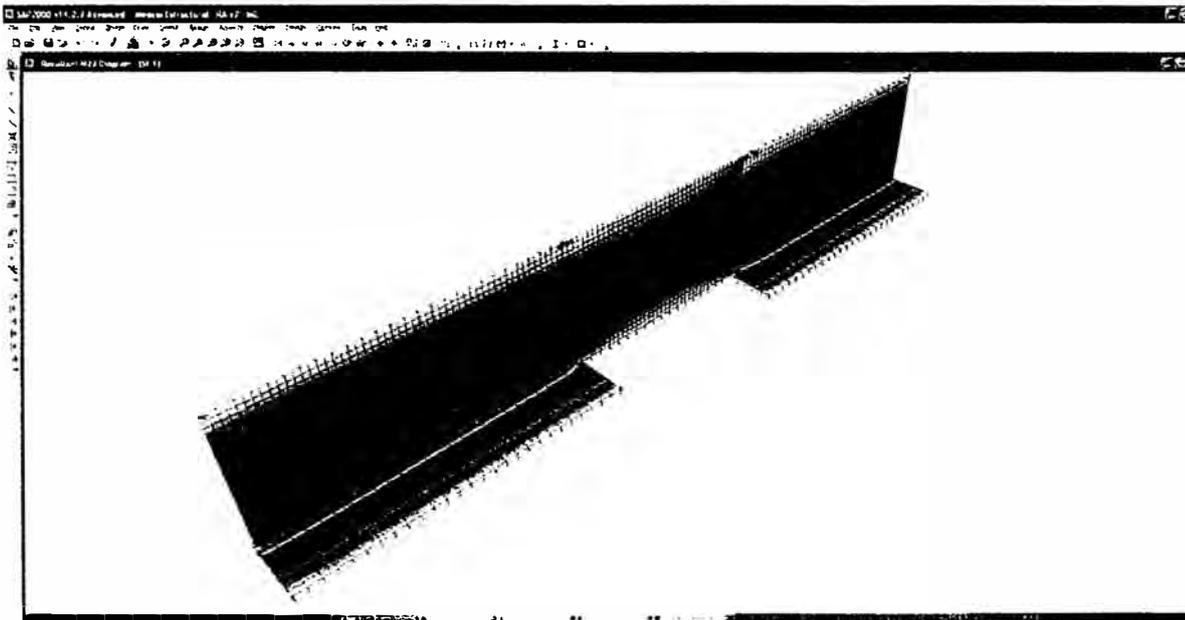


Figura 18 – Esfuerzos M2-2 (Combinación Sf-1)

## 7. VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE MURO

De la Envolvente de Momentos se obtiene:

Mu horizontal (Mu 1-1) en sección de muro fisurada:

Mu = 23 Ton.m (cara hacia zanjón)

b = 1 m.

d = 0.50 m.

f'c = 245 kg/cm<sup>2</sup>

fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

As requerido = 12.5 cm<sup>2</sup>/m

As colocado =  $\Phi 1/2'' @ 0.25 = 5.16 \text{ cm}^2/\text{m}$

D/C = 2.42

El refuerzo horizontal colocado **no es suficiente** para tomar la flexión producida en la cara en análisis.

Mu vertical (Mu 2-2) en sección de muro fisurada:

Mu = 27.5 Ton.m (cara hacia zanjón)

b = 1 m.

d = 0.51 m.

f'c = 245 kg/cm<sup>2</sup>

fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 18/20		

As requerido = 14.7 cm<sup>2</sup>/m

As colocado =  $\Phi 5/8'' @ 0.20 = 10.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

D/C = 1.47

El refuerzo vertical colocado **no es suficiente** para tomar la flexión producida en la cara en análisis.

Mu = 8.5 Ton.m (cara hacia cimentación de viaducto)

b = 1 m.

d = 0.50 m.

f'c = 245 kg/cm<sup>2</sup>

fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

As requerido = 4.5 cm<sup>2</sup>/m

As colocado =  $\Phi 3/4'' @ 0.20 = 14.2 \text{ cm}^2/\text{m}$

D/C = 0.32

El refuerzo vertical colocado **es suficiente** para tomar la flexión producida en la cara en análisis.

## 8. CONCLUSIONES

El refuerzo existente en el muro de contención no es suficiente para tomar las solicitaciones por flexión presentadas a partir de las cargas en el estado actual del muro, es decir ante el efecto producido por las presiones laterales o de empuje del concreto de la cimentación del viaducto y el relleno por encima de esta.

## 9. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Como alternativa de solución se propone la ejecución de un muro de gravedad escalonado, de forma de eliminar el efecto de las presiones laterales sobre el muro de contención. El Modelo Estructural presentado se modifica de tal forma de eliminar toda acción lateral sobre el muro de contención en donde actualmente existe relleno por encima de la cimentación del viaducto.

Con este nuevo Modelo, se obtienen los siguientes Momentos:

Mu horizontal (Mu 1-1) en sección de muro fisurada:

Mu = 8.5 Ton.m (cara hacia zanjón)

b = 1 m.

d = 0.50 m.

f'c = 245 kg/cm<sup>2</sup>

fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

As requerido = 4.5 cm<sup>2</sup>/m

As colocado =  $\Phi 1/2'' @ 0.25 = 5.16 \text{ cm}^2/\text{m}$

D/C = 0.88

El refuerzo horizontal colocado **es suficiente** para tomar la flexión producida en la cara en análisis.

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
	Pagina: 19/20		

Mu vertical (Mu 2-2) en sección de muro fisurada:

Mu = 18.5 Ton.m (cara hacia zanjón)

b = 1 m.

d = 0.51 m.

f'c = 245 kg/cm<sup>2</sup>

fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

As requerido = 9.7 cm<sup>2</sup>/m

As colocado =  $\Phi 5/8" @ 0.20 = 10.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

D/C = 0.97

El refuerzo vertical colocado **es suficiente** para tomar la flexión producida en la cara en análisis.

Mu = 3.0 Ton.m (cara hacia cimentación de viaducto)

b = 1 m.

d = 0.50 m.

f'c = 245 kg/cm<sup>2</sup>

fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

As requerido = 1.6 cm<sup>2</sup>/m

As colocado =  $\Phi 3/4" @ 0.20 = 14.2 \text{ cm}^2/\text{m}$

D/C = 0.11

El refuerzo vertical colocado **es suficiente** para tomar la flexión producida en la cara en análisis.

Para el muro de gravedad (Base superior = 1 m., base inferior = 3 m.) se verificaron sus condiciones de estabilidad y se obtuvo:

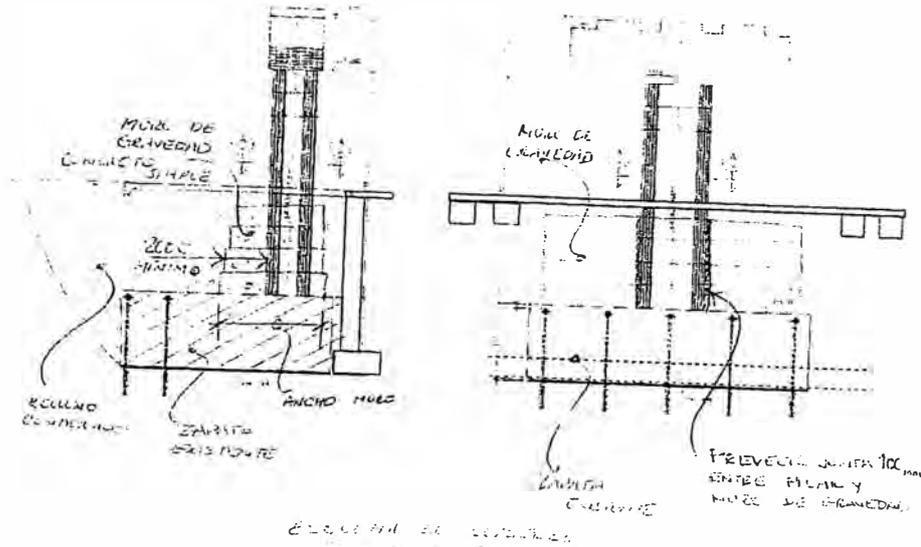
Condición	Factor de Seguridad Deslizamiento (FSD) (≥1.5)	Factor de Seguridad Volteo (FSV) (≥2.0)
Cargas de gravedad	2.5	4.5
Cargas sísmicas	1.3 (>1.5x0.75=1.125)	1.7 (>2.0x0.75=1.50)

**Tabla 1 – Verificación de estabilidad – muro de gravedad**

Se concluye, de la tabla presentada, que el muro de gravedad satisface las condiciones de estabilidad y Factores de Seguridad mínimos exigidos.

<b>CONSORCIO TREN ELECTRICO LIMA</b>	<b>EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO</b>	Doc. N°: CTEL-GCA-VTE-EST-CAL-30176	
	<b>Memoria de Cálculo – Verificación estructural Muro de Contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E</b>	Rev.: 0A	Fecha: 13-Oct-10
		Pagina: 20/20	

La siguiente figura muestra un esquema de la alternativa de solución propuesta.



**Figura 19 – Esquema alternativa de solución propuesta**

# **ANEXO D**

**INFORME DE ENSAYO DE  
TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE  
MICROPILOTES TITAN 73/53**



# **P10064**

## **Proyecto Tren eléctrico**

### **Cruce Aviación – Javier Prado**

**INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN  
DE MICROPILOTES TITAN 73/53**

1	Revisión y Comentarios	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	26/08/2010
<b>REV.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PREPARÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>	<b>EMITIÓ</b>	<b>FECHA</b>

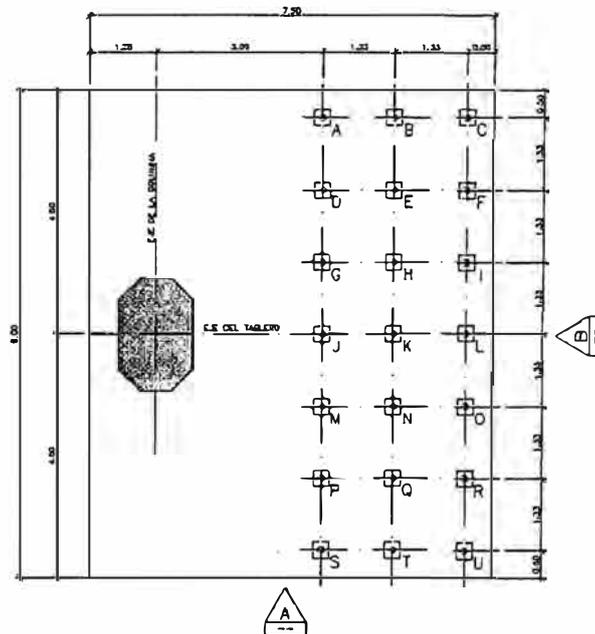
## 1. Introducción

Los estribos del puente que unirá las avenidas Aviación y Javier Prado del proyecto de construcción del Tren Eléctrico de la ciudad de Lima, serán reforzados en sus extremos mediante micropilotes que soportarán principalmente cargas de tracción y de forma secundaria cargas de compresión.

Debido a que existen únicamente datos empíricos sobre la resistencia real de compresión y tracción de los micropilotes propuestos en la zona del proyecto, se realizaron 2 pruebas de carga en una zona cercana, una a tracción y otra a compresión.

Las cargas máximas<sup>1</sup> que deben soportar los micropilotes en su vida útil son:

Micropilote	MÁXIMA COMPRESIÓN (tf)	MÁXIMA TRACCIÓN (tf)
A	S	52
B	T	40
C	U	33
D	P	41
E	Q	30
F	R	28
G	M	30
H	N	24
I	O	26
J		24
K		22
L		23

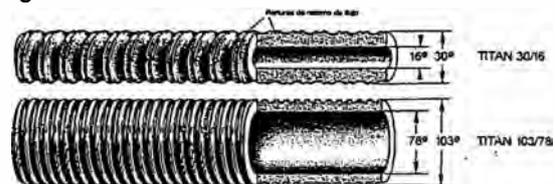


Los micropilotes son del tipo autoperforante Ischebeck TITAN 73/53. El objetivo del ensayo es el de determinar si los micropilotes propuestos en el informe P10064 - Memoria de Calculo - RD están en condiciones de soportar las cargas máximas a las que estará sometida la estructura en su vida útil.

## 2. Características Técnicas del Micropilote de Ensayo

El micropilote ensayado es del tipo TITAN 73/53 y tiene las siguientes características:

Parámetros	TITAN 73/53
Diámetro exterior - interior nominal [mm]	73 – 53
Carga última [kN]	1160
Carga de fluencia [kN]	970
Area de la sección [mm <sup>2</sup> ]	1631
Peso [kg/m]	13.2



<sup>1</sup> Datos entregados por la empresa Figueiredo-Ferraz encargada del diseño del puente.

### 3. Parámetros Geotécnicos de la zona

El tipo de suelo predominante en la zona donde se realizó el ensayo se detalla a continuación:

Prof.	Estrato	Ang. de fricción interna	Cohesión	Peso unitario
2-25m	GP	40°	20 kN/m <sup>2</sup>	20 kN/m <sup>3</sup>

### 4. Construcción del ensayo

Para simular la misma situación en la que trabajarán los micropilotes se ensayaron los mismos a aprox. 10m de distancia del cimiento definitivo. La profundidad del ensayo se realizó a -2.00m para que las deformaciones puedan ser medidas en un terreno de características similares, ya que el cimiento estará realmente fundado a -6.00m. Es de esperar por tanto, que el comportamiento real de los micropilotes será aún mejor que el de los ensayados, toda vez que se sabe que el terreno en la zona va mejorando sus parámetros de resistencia al aumentar la profundidad.

#### 4.1 Estructura de carga.

La estructura de reacción adoptada consiste en 2 vigas metálicas de doble perfil tipo canal apoyadas sobre una cama de durmientes para mejor transferencia de la reacción al terreno. La viga principal se posiciona de forma que el micropilote quede ubicado en el centro de su luz.

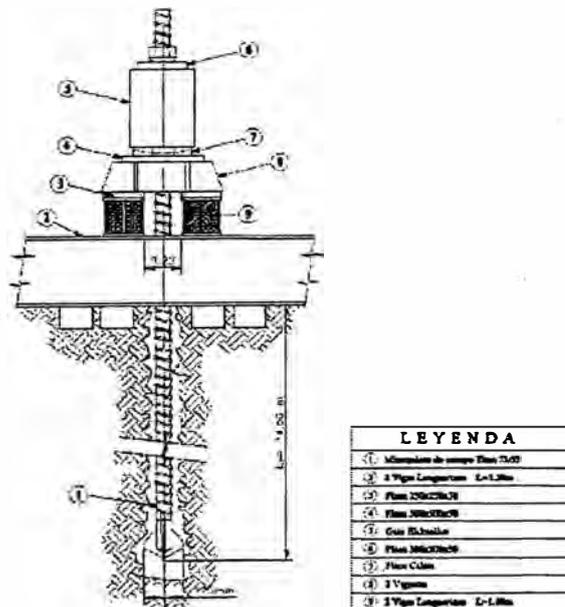


Fig 1. Esquema de la estructura construida para el ensayo de tracción

Para la aplicación de la carga se utilizó un gato hueco VSL tipo SA512 debidamente calibrado (ANEXO 4), provisto de un adaptador especial consistente en un cilindro hueco que transfiere la carga del pistón al sistema de placas y tuerca. El gato hidráulico se armó sobre una estructura transversal a las vigas principales, compuesta de otras 2 vigas canal y 2 travesaños.

Para mejor repartición de la carga, se utilizó una placa tipo calota (dos placas mecanizadas con forma semiesférica, para centrar la carga - Véase la Fig. 2).

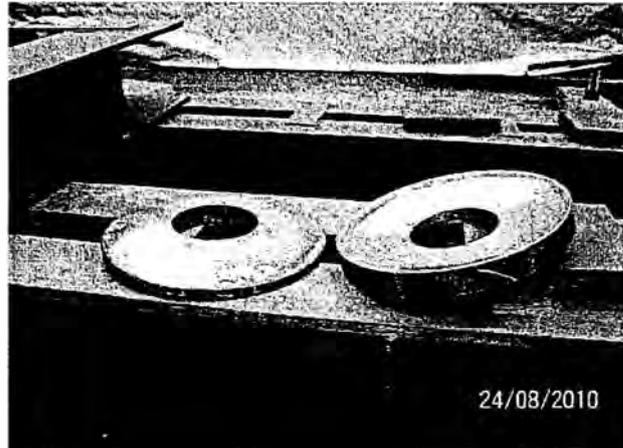


Fig 2. Placa calota

Sobre la placa superior se instalaron comparadores, uno a cada lado del eje del micropilote y con bases magnéticas apoyadas sobre una viga transversal auxiliar completamente independiente de la estructura de carga, para que no resulte influida por las deformaciones de la misma. Adicionalmente se colocó un comparador en la parte superior de la viga transversal que permitió medir las deformaciones en la misma durante el proceso de carga del micropilote.

Previo a la colocación de los durmientes de madera, se compactó el suelo de forma mecánica.

#### **4.2 Secuencia de construcción y preparativos adicionales**

La secuencia constructiva se detalla a continuación:

- Perforación y colocado del micropilote
- Excavación hasta el nivel de ensayo a -2.00m y limpieza de la zona
- Compactado, nivelado y colocado de durmientes de madera
- Descabezado del micropilote hasta altura de ensayo
- Armado de la estructura del ensayo y la estructura independiente para la medición.
- Colocado del gato hidráulico, placas y tuerca en la parte superior.
- Instalación de relojes comparadores a ambos lados del micropilote y sobre la viga secundaria.
- Inicio de la carga y las mediciones



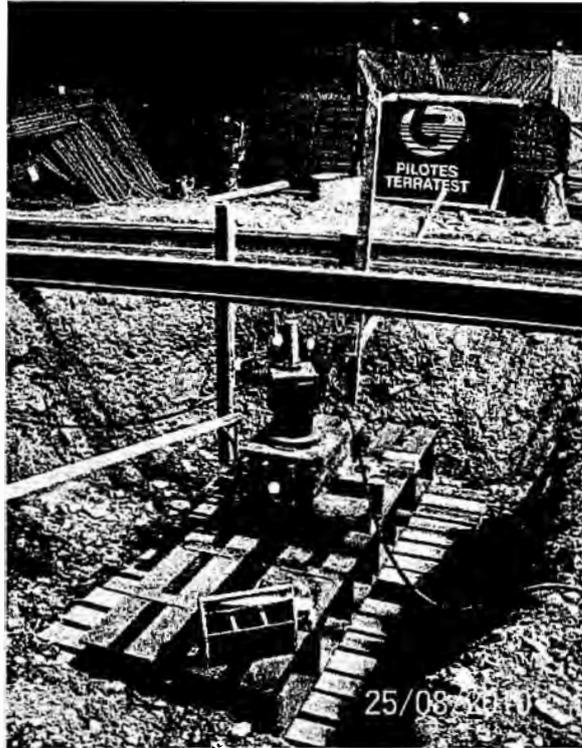


Fig 3. Estructura lista para el ensayo de tracción

Para evitar vibraciones debidas al paso de maquinaria y al tráfico cercano a la zona, se realizó el ensayo pasada la media noche y se cerraron las vías cercanas.

## 5. Ejecución del ensayo de tracción

### 5.1 Carga de Prueba $F_p$

La carga de prueba fue definida por la resistencia última del material o resistencia interna del micropilote. Esta carga corresponde a 0.9 veces la carga de fluencia del elemento y es igual a 875 kN,

### 5.2 Ciclos de carga y tiempos

El ensayo se realizó con carga controlada, midiendo la carga de tracción aplicada al micropilote para cada periodo de tiempo dado.

La carga se incrementó en varias etapas hasta llegar a la carga máxima del ensayo. Antes de iniciar el proceso de carga, se aplicó una precarga para calibrar y establecer el inicio de las mediciones. La precarga se ejecutó a 10%  $F_p$ .

La siguiente figura muestra el gráfico de los escalones de carga ejecutados en el ensayo de tracción:

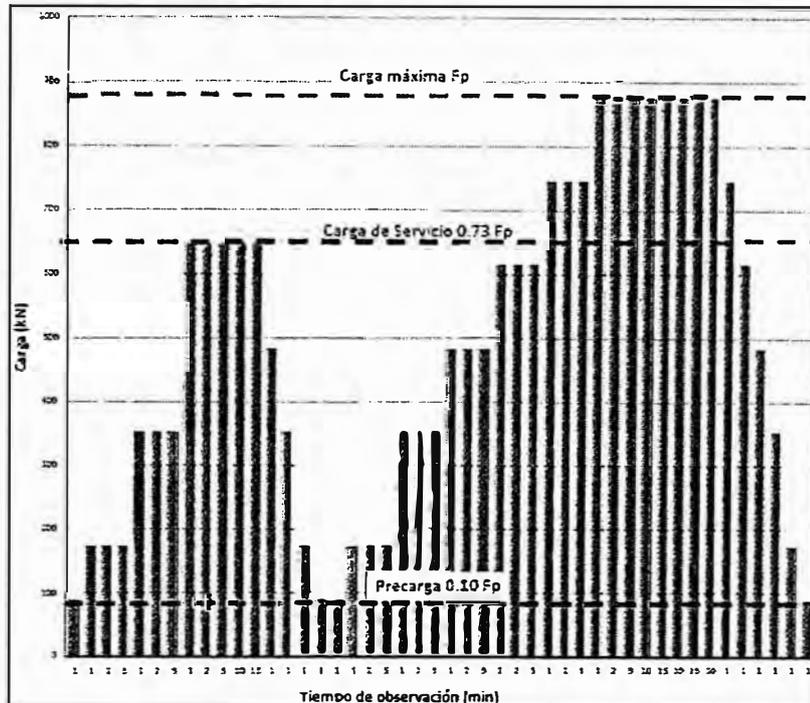


Fig 4. Escalones de carga aplicados en el ensayo

### 5.3 Medición de las deformaciones

La medición de las deformaciones axiales se realizó mediante dos relojes comparadores con diales que permiten lecturas de hasta 0.01 mm. Los comparadores fueron montados mediante bases magnéticas a un apoyo o estructura de referencia auxiliar apoyada al suelo en forma independiente de la estructura cargada. Se colocaron dos comparadores en forma simétrica respecto al eje del micropilote a modo de obtener finalmente un promedio de ambas deformaciones medidas.

La estructura de referencia para las mediciones se ubicó fuera del área de influencia de las cargas. Para evitar vibraciones debidas al paso de maquinaria y al tráfico cercano a la zona, se realizó el ensayo pasada la media noche y se cerraron las vías cercanas.

En el ANEXO 2 se presenta el registro de las deformaciones en original y la planilla en limpio con el cálculo de las deformaciones promedio, límites de fluencia y cargas reales obtenidas.

## 6. Análisis de resultados

Para el análisis de resultados se presentan los detalles particulares de la ejecución del micropilote y de su ensayo, junto con los siguientes gráficos:

- Planilla de registro de tiempo, carga y deformaciones.
- Curva carga – deformación
- Curvas deformación – tiempo.
- Curva carga-tiempo

La norma DIN1054 sugiere adoptar como carga última del micropilote la menor entre: la carga que produce el hundimiento, la carga máxima lograda en el ensayo o la carga que produce un levantamiento mayor a 10% del diámetro del micropilote.

En el ensayo no se hizo notorio el levantamiento del micropilote y la deformación máxima fue de 16mm, menor al 10% del diámetro  $D=170\text{mm}$  (Diámetro final del micropilote con el mortero de inyección corroborado durante el descabezado de los micropilotes, véase la Fig. 5).



Fig 5. Diámetro efectivo del micropilote con el recubrimiento de mortero de inyección

A la deformación obtenida debemos descontar la deformación elástica del acero producida en el tramo libre entre el punto de transmisión de la carga y el suelo. Esta longitud fue finalmente de 1,50m y la deformación elástica se calculó en 4mm. Por tanto se puede deducir que la deformación real del elemento embebido en el suelo fue solamente de 12mm.

La carga de prueba de 875kN es 1.37 veces la carga máxima a la que estarán sometidos los micropilotes en el caso de un sismo severo (para el caso sísmico  $F_{\text{max}}=640\text{kN}^2$ ).

La pendiente del gráfico carga-deformación permite estimar que el micropilote podría soportar una carga aún mayor que la alcanzada en el ensayo de 875 kN.

<sup>2</sup> Dato entregado por la empresa Figueiredo Ferraz encargada del diseño del puente.

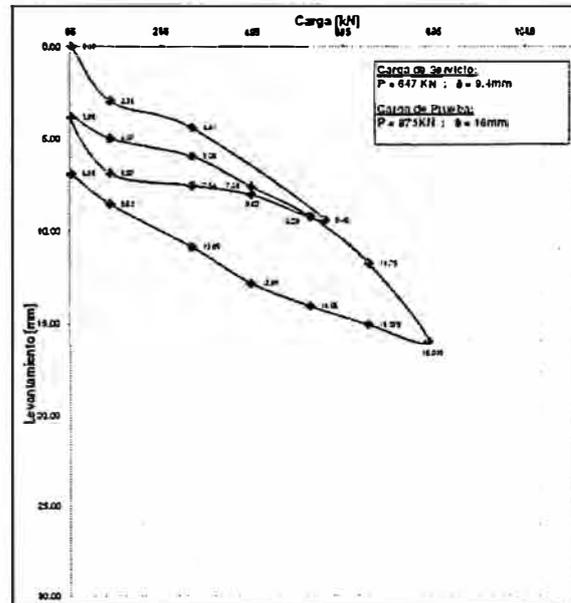


Fig 6. Curva carga- asentamiento

La curva deformación-tiempo para los distintos escalones de carga permite inferir desplazamientos de creep inferiores a los exigidos por norma (Tabla 1). Los valores de creep se encuentran tabulados en el ANEXO 2 y la curva puede apreciarse en la Fig. 7 y en el ANEXO 3.

Suelos No Cohesivos o Roca	
$\Delta s = s(5') - s(2')$	$\leq 0,20$ [mm]
$\Delta s = s(15') - s(5')$	$\leq 0,40$ [mm]
$\Delta s = s(30') - s(15')$	$\leq 0,30$ [mm]

Tabla.1 Límites admisibles de deformación para cumplir el criterio de fluencia según DIN4125

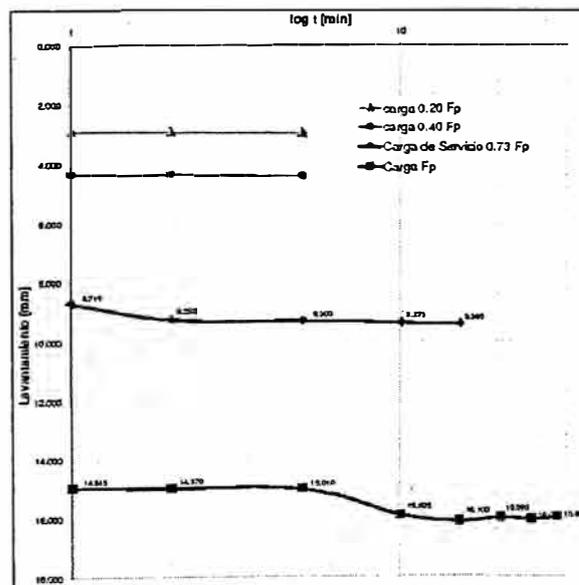


Fig 7. Curva deformación - tiempo



## 7. Conclusiones

La deformación final de 12mm (descontando la deformación elástica del acero) se encuentra dentro de los límites permisibles para elementos sometidos a tracción, que establecen como carga máxima aquella que produce una deformación de 0.1 D. En la figura 6 se mostró que el diámetro final del micropilote es de 170mm, por lo que la carga máxima aplicada al micropilote de 875kN todavía no produce el levantamiento máximo admisible.

Los desplazamientos elásticos y los desplazamientos remanentes (plásticos) se mantienen dentro del límite aceptable.

Se ha logrado verificar las hipótesis de diseño referentes a la capacidad de tracción del micropilote, dejando establecido que los micropilotes del tipo TITAN 73/53 serán capaces de resistir las cargas máximas de tracción a las que estarán sometidos, tanto en estado de servicio, como en la situación extrema de un sismo.

La profundidad del ensayo se realizó a -2.00m para que las deformaciones puedan ser medidas en un terreno de características similares, ya que el cimiento estará realmente fundado a -6.00m. Es de esperar por tanto, que el comportamiento real de los micropilotes será aún mejor que el de los ensayados, toda vez que se sabe que el terreno en la zona va mejorando sus parámetros de resistencia al aumentar la profundidad.

Lima, 27 de Agosto de 2010

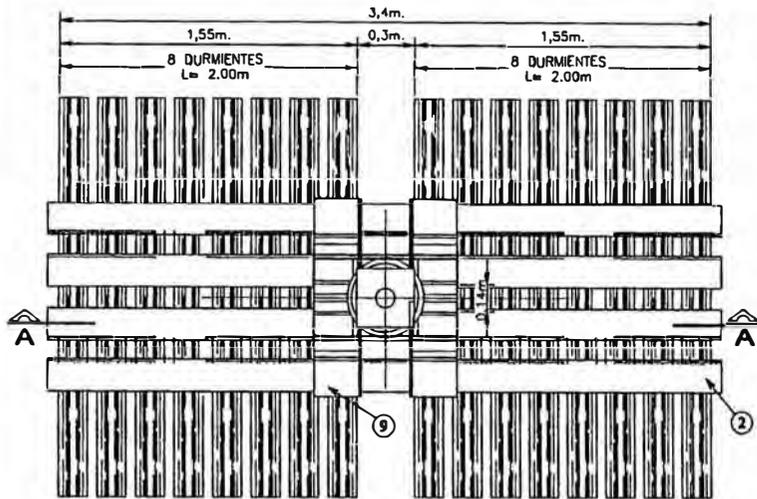
Mariano Saucedo Sulzer  
Gerente Técnico



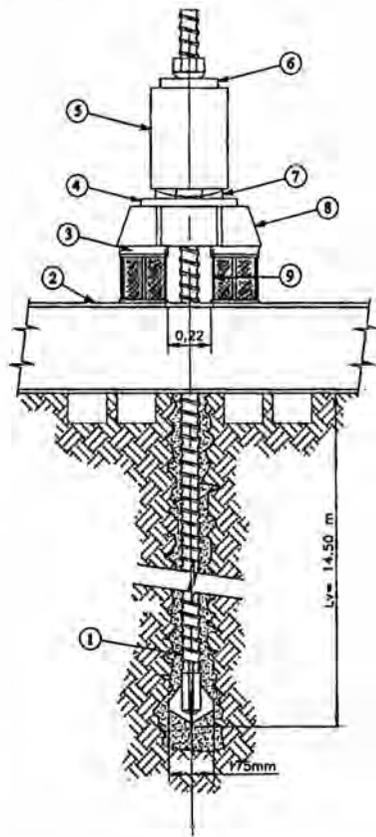
# **ANEXO 1**

## **PLANO DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

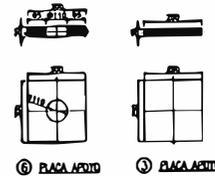
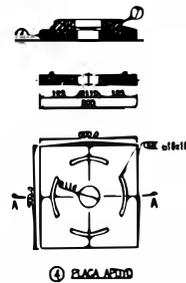
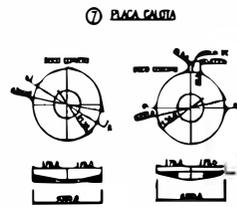




PLANTA ENSAYO

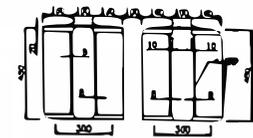
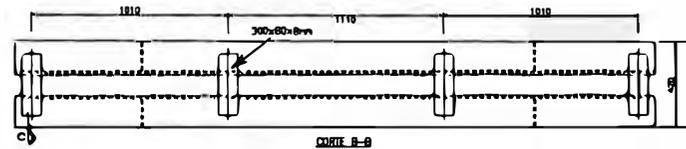
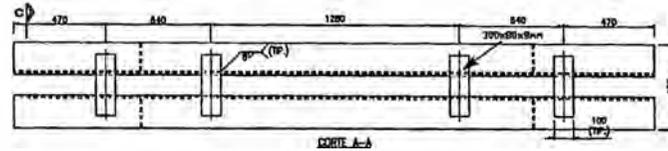
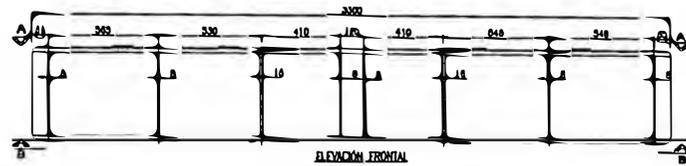


SECCIÓN A-A

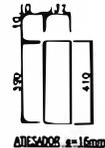
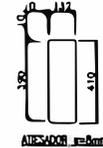


LEYENDA	
①	Micropilón de ensayo Típac 73/53
②	2 Vigas Longuerinas L=3.30m
③	Placa 250x250x38
④	Placa 500x500x50
⑤	Costo Hidráulico
⑥	Placa 300x300x50
⑦	Placa Calota
⑧	2 Viguetas
⑨	2 Vigas Longuerinas L=1.00m

② VIGA LONGUERINA



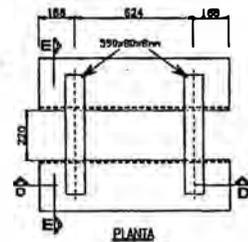
SECCIÓN E-E



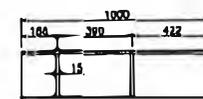
ADHESADOS a=8mm

ADHESADOS a=16mm

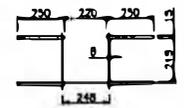
⑨ VIGA LONGUERINA



PLANTA

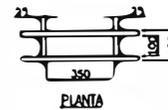


SECCIÓN E-E

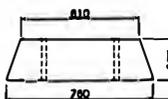


SECCIÓN D-D

⑧ VIGUETA



ELEVACIÓN FRONTAL



ELEVACIÓN FRONTAL

**APTO PARA CONSTRUCCIÓN**

**PILOTES TERRATEST**  
PROTECTED FROM ELECTRICITY  
DISEÑO DE TRACCION

PILOTES-4-MIC-475 TRAC-803

# **ANEXO 2**

## **PLANILLAS DE REGISTRO DE DATOS**





**PILOTES  
TERRATEST**

### ENSAYO A TRACCION ISCHEBECK TITAN 73/53

<b>ENSAYO DE APTITUD</b>	
OBRA	P10064 - Tren Electrico Cruza Javier Prado-Aviacion
Encargado del Ensayo	MAHIANO SAUCEDO
Integrantes del Equipo de Ensayo	Mariano Saucedo, Julio Zavala

MICROPILOTE No:	ENS 002	Fecha de Ensayo	24/06/2010	Cumple con los días desde inyección/humedad	3 días <input checked="" type="checkbox"/> No
Ejemplo de Ensayo	Micropilote	Estado de Ensayo	1 día <input checked="" type="checkbox"/> No		

Fecha Fin	Curva calibracion, p1 a11		Tipo micropilote	TITAN 73/53	IGU	IRS	proyecto 1 de 1000 21
YSL SA312	a = 100bar	p = 100bar	Carga servicio Fp	97	Ejemplo de Ensayo	100	100
	a = 0.1507(200) = 30.14	a = 0.1050(200) = 21.00	Carga de prueba Fp	873	Long. Total	100	100
			Fp/Fs	1.36	Carga de fluencia (kN)	100	100
			<b>0.90 x Carga de fluencia micropilote</b>		Area optimiz	100	100
YSL SA312	Fecha última calibración		Carga límite prueba	873	kN		

CRITERIOS CREEP
PRUEBA DE INVESTIGACION
Suelos No cohesionados a roca
As = a(1) a(2) x 0.16 mm
As = a(15) a(5) x 0.38 mm
As = a(30) a(15) x 0.21 mm

CRITERIOS DE FALLA
PRUEBA DE INVESTIGACION
Suelos No cohesionados
As = a(1) a(2) x 0.90 mm
As = a(15) a(5) x 0.90 mm
As = a(30) a(15) x 0.69 mm

CICLO NUMERO	ESCALONES DE CARGA		tiempo de obs. (minutos)	CARGA		Deformacion axial			CREEP	APOYO	Bar Real medida	Observaciones
	tipo	% Fp		bar a medir	carga kN	C1	C2	Def. prom				
0	inicio		1	0	0							
1	precarga 0.10 Fp	10%	1	40	97	03.25	03.21			73.54		
		20%	1	79	218	03.50	03.15			73.45		
		30%	5	79	218	03.50	03.15			73.45		
	carga 0.25 Fp	40%	1	119	349	03.50	03.15			73.45		
		60%	2	119	349	03.50	03.15			73.45		
		80%	5	119	349	03.50	03.15			73.45		
	carga 0.40 Fp	90%	1	208	480	03.50	03.15			73.45		
		100%	7	208	480	03.50	03.15			73.45		
		100%	5	208	480	03.50	03.15			73.45		
	descarga 0.55 Fp	100%	1	159	480	03.50	03.15			73.45		
80%		1	119	349	03.50	03.15			73.45			
60%		1	79	218	03.50	03.15			73.45			
descarga 0.25 Fp	40%	1	40	97	03.50	03.15			73.45			
	20%	1	40	97	03.50	03.15			73.45			
2	precarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	03.41	03.21			73.47		
		20%	1	79	218	03.41	03.18			73.41		
		30%	5	79	218	03.41	03.18			73.41		
	carga 0.25 Fp	40%	1	119	349	03.41	03.18			73.41		
		60%	2	119	349	03.41	03.18			73.41		
		80%	5	119	349	03.41	03.18			73.41		
	carga 0.40 Fp	90%	1	199	480	03.41	03.18			73.41		
		100%	2	199	480	03.41	03.18			73.41		
		100%	5	199	480	03.41	03.18			73.41		
	carga 0.55 Fp	100%	1	239	742	03.41	03.18			73.41		
100%		2	239	742	03.41	03.18			73.41			
100%		5	239	742	03.41	03.18			73.41			
carga 0.70 Fp	100%	1	279	742	03.41	03.18			73.41			
	100%	2	279	742	03.41	03.18			73.41			
	100%	5	279	742	03.41	03.18			73.41			
carga 0.85 Fp	100%	1	279	742	03.41	03.18			73.41			
	100%	2	279	742	03.41	03.18			73.41			
	100%	5	279	742	03.41	03.18			73.41			
	100%	10	279	742	03.41	03.18			73.41			
	100%	15	279	742	03.41	03.18			73.41			
	100%	20	279	742	03.41	03.18			73.41			
descarga 0.85 Fp	100%	1	239	742	03.41	03.18			73.41			
	80%	1	199	611	03.41	03.18			73.41			
	60%	1	159	480	03.41	03.18			73.41			
descarga 0.55 Fp	40%	1	119	349	03.41	03.18			73.41			
	20%	1	79	218	03.41	03.18			73.41			
descarga 0.25 Fp	40%	1	40	97	03.41	03.18			73.41			
	20%	1	40	97	03.41	03.18			73.41			

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*  
FF ABISA



## ENSAYO A TRACCIÓN ISCHEBECK TITAN 73/53

OBRA: P10064 - Tren Eléctrico Cruce Javier Prado-Aviación  
 Encargado del Ensayo: MARIANO SAUCEDO  
 Integrantes del Equipo de Ensayo: Mariano Saucedo (PPT), Hebert Sotelo (Ceset), Luis Ordoñez (FF-ABISA)

MACROPILOTE Nro: ENS 001  
 Tipo Cemento: Portland I  
 Fecha de Ensayo: 25/08/2010  
 Cemento Extra: 4 días Si / No  
 Dado de fundación: 3 días Si / No

Curva calibración: p(bar)		Tipo micropilote	TITAN 73/53	IGU ó IRS (marcar con una X)
p < 100(bar)	p > 100(bar)	Carga servicio Fw:	630 kN	Tipo Micropilote:
VSL SA512 p = 0.4658 * Q(kN) + 0.993	p = 0.3059 * Q(kN) + 12.186	Carga de prueba Fp:	873 kN	Long. Total (m)
		Fp/Fw	1.36	Carga de fluencia (kN)
		0.90 x Carga de fluencia micropilote		Área nominal (mm²)
		Carga límite prueba	873 kN	
Fecha última calibración				
VSL SA512 15/06/2009	PUCP			

**CRITERIOS CREEP**  
**PRUEBA DE INVESTIGACIÓN**  
 Suelos No cohesivos o roca  
 $\Delta s = s(5) - s(2) < 0.20 \text{ mm.}$   
 $\Delta s = s(15) - s(5) < 0.40 \text{ mm.}$   
 $\Delta s = s(30) - s(15) < 0.30 \text{ mm.}$

**CRITERIOS DE FALLA**  
**PRUEBA DE INVESTIGACIÓN**  
 Suelos No cohesivos  
 $\Delta s = s(5) - s(2) < 0.80 \text{ mm.}$   
 $\Delta s = s(15) - s(5) < 0.95 \text{ mm.}$   
 $\Delta s = s(30) - s(15) < 0.60 \text{ mm.}$

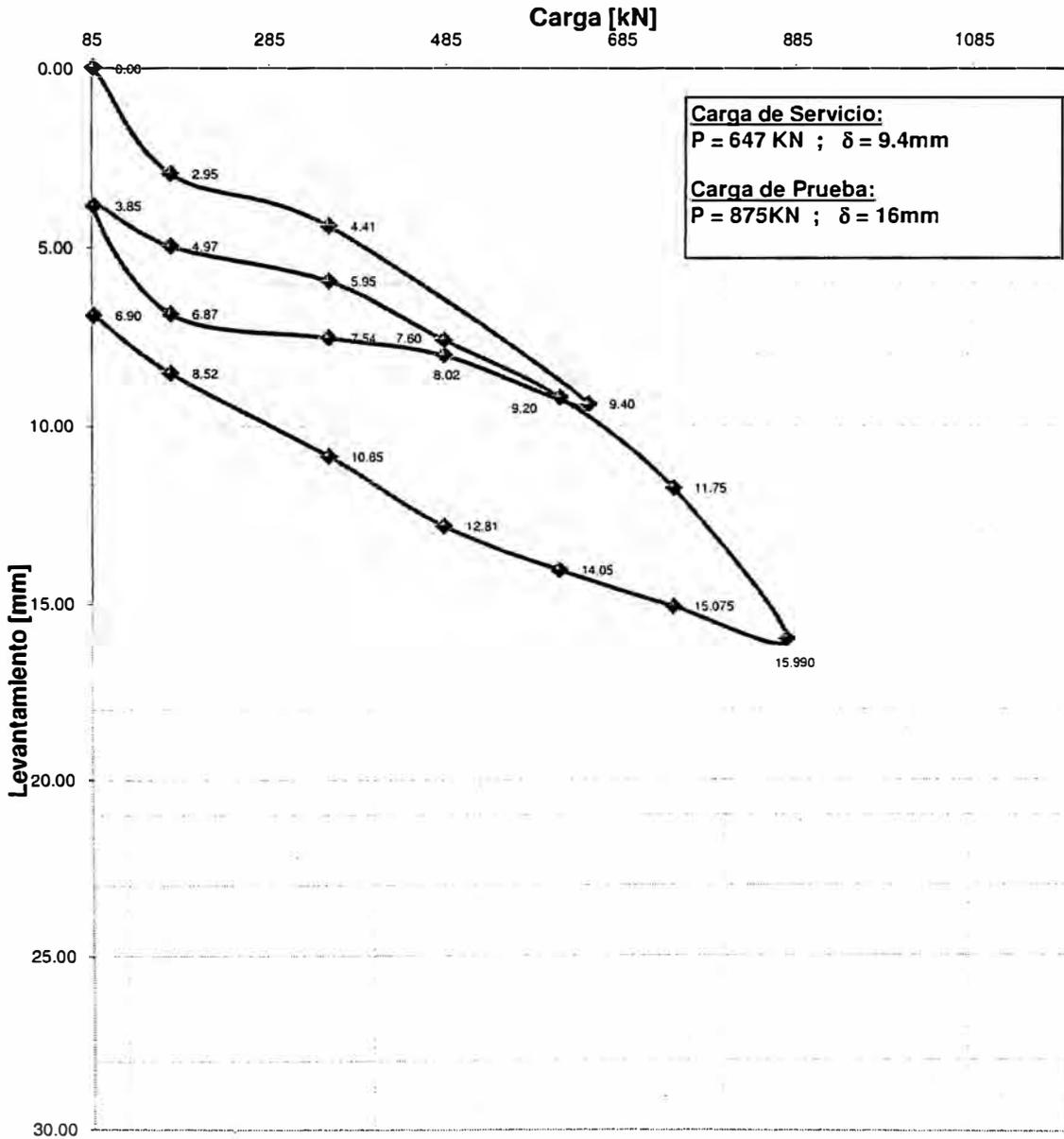
CICLO NÚMERO	ESCALONES DE CARGA		tiempo de obs. (minutos)	CARGA		Deformación anclaje			Def. acum. mm	Δ s mm	Verif. CREEP	APOYO Δ mm	Bar Real medido bar	Carga Real kN	Observaciones	
	tipo	% Fp		bar a medir	carga kN	C1 Δ mm	C2 Δ mm	Def. prom. Δ mm								
0	inicio	0%		0	0											
1	precarqa 0.10 Fp	10%	1	40	87	7.05	8.21	7.630	0.000			23.61	40	87	Inicio de mediciones	
		20%	1	80	175	10.88	10.15	10.515	2.885			18.45	80	174		
	carga 0.20 Fp	20%	2	80	175	10.90	10.19	10.545	2.915	0.030		18.34	80	174		
		20%	5	80	175	10.94	10.22	10.580	2.950	0.035	OK	18.18	80	174		
		40%	1	119	349	12.85	11.12	11.985	4.355			15.16	120	352		
	carga 0.40 Fp	40%	2	119	349	12.86	11.12	11.990	4.360	0.005		16.03	120	352		
		40%	5	119	349	12.89	11.19	12.040	4.410	0.050	OK	14.80	120	352		
		73%	1	207	637	16.69	16.00	16.345	8.715			9.72	210	647		
	carga 0.73 Fp	73%	2	207	637	16.75	17.02	16.885	9.255	0.540		9.55	210	647		
		73%	5	207	637	16.81	17.05	16.930	9.300	0.045	OK	8.30	210	647		
		73%	10	207	637	16.91	17.06	16.985	9.355	0.055		8.05	210	647		
		73%	15	207	637	16.97	17.08	17.025	9.395	0.040	OK	7.90	210	647		
	descarga 0.55 Fp	55%	1	159	480	15.12	16.18	15.650	8.020			8.18	160	483		Comportamiento estable
	descarga 0.40 Fp	40%	1	119	349	14.64	15.69	15.165	7.535			8.73	120	352		
	descarga 0.25 Fp	25%	1	79	218	13.98	15.01	14.495	6.885			9.55	80	174		
descarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	11.96	11.00	11.480	3.850			11.04	40	87			
descarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	11.97	11.05	11.510	3.880			11.04	40	87			
2	precarqa 0.10 Fp	10%	1	40	87	11.97	11.05	11.510	3.880			11.04	40	87		
		20%	1	80	175	12.89	12.18	12.535	4.905			10.29	80	174		
	carga 0.20 Fp	20%	2	80	175	12.94	12.20	12.570	4.940	0.035		10.26	80	174		
		20%	5	80	175	12.97	12.23	12.600	4.970	0.030	OK	10.23	80	174		
	carga 0.40 Fp	40%	1	119	349	13.42	13.65	13.535	5.905			9.39	120	352		
		40%	2	119	349	13.45	13.69	13.570	5.940	0.035		9.39	120	352		
		40%	5	119	349	13.46	13.70	13.580	5.950	0.010	OK	9.36	120	352		
	carga 0.55 Fp	55%	1	159	480	15.10	15.31	15.205	7.575			8.55	160	483		
		55%	2	159	480	15.11	15.31	15.210	7.580	0.005		8.54	160	483		
		55%	5	159	480	15.14	15.31	15.225	7.595	0.015	OK	8.51	160	483		
	carga 0.70 Fp	70%	1	199	611	16.71	16.91	16.810	9.180			7.76	200	614		
		70%	2	199	611	16.72	16.91	16.815	9.185	0.005		7.73	200	614		
		70%	5	199	611	16.76	16.90	16.830	9.200	0.015	OK	7.67	200	614		
	carga 0.85 Fp	85%	1	239	742	19.09	19.28	19.185	11.555			6.33	240	745		
		85%	2	239	742	19.12	19.28	19.200	11.570	0.015		6.25	240	745		
		85%	5	239	742	19.27	19.49	19.380	11.750	0.180	OK	6.01	240	745		
	carga Fp	100%	1	279	873	22.45	22.70	22.575	14.945			4.32	280	875		
		100%	2	279	873	22.50	22.70	22.600	14.970	0.025		4.14	280	875		
		100%	5	279	873	22.56	22.72	22.640	15.010	0.040	OK	3.90	280	875		
		100%	10	279	873	23.88	23.19	23.535	15.905	0.895		3.62	280	875		
		100%	15	279	873	23.55	23.91	23.730	16.100	0.195	OK	3.25	280	875		
		100%	20	279	873	23.45	23.80	23.625	15.995	0.105		3.15	280	875		
		100%	25	279	873	23.56	23.81	23.685	16.055	0.060		3.08	280	875		
		100%	30	279	873	23.49	23.75	23.620	15.990	0.065	OK	3.05	280	875		
	descarga 0.85 Fp	85%	1	239	742	22.56	22.85	22.705	15.075			3.18	240	745		
descarga 0.70 Fp	70%	1	199	611	21.57	21.79	21.680	14.050			3.41	200	614			
descarga 0.55 Fp	55%	1	159	480	20.88	20.00	20.440	12.810			3.94	160	483			
descarga 0.40 Fp	40%	1	119	349	18.96	18.00	18.480	10.850			4.64	120	352			
descarga 0.25 Fp	25%	1	79	218	16.10	16.20	16.150	6.520			5.48	80	174			
descarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	14.95	14.10	14.525	6.895			7.01	40	87			

# **ANEXO 3**

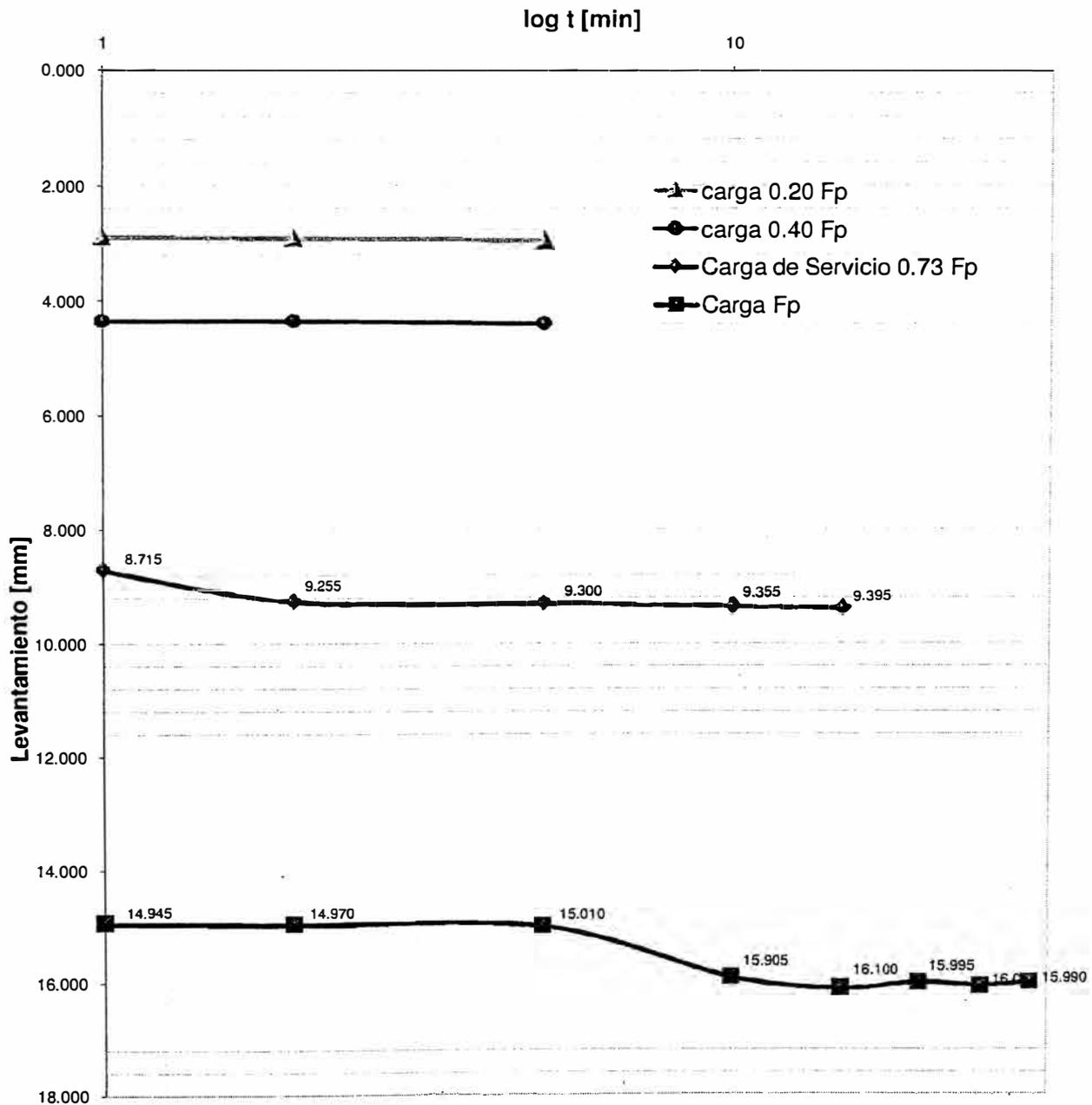
## **GRÁFICOS**



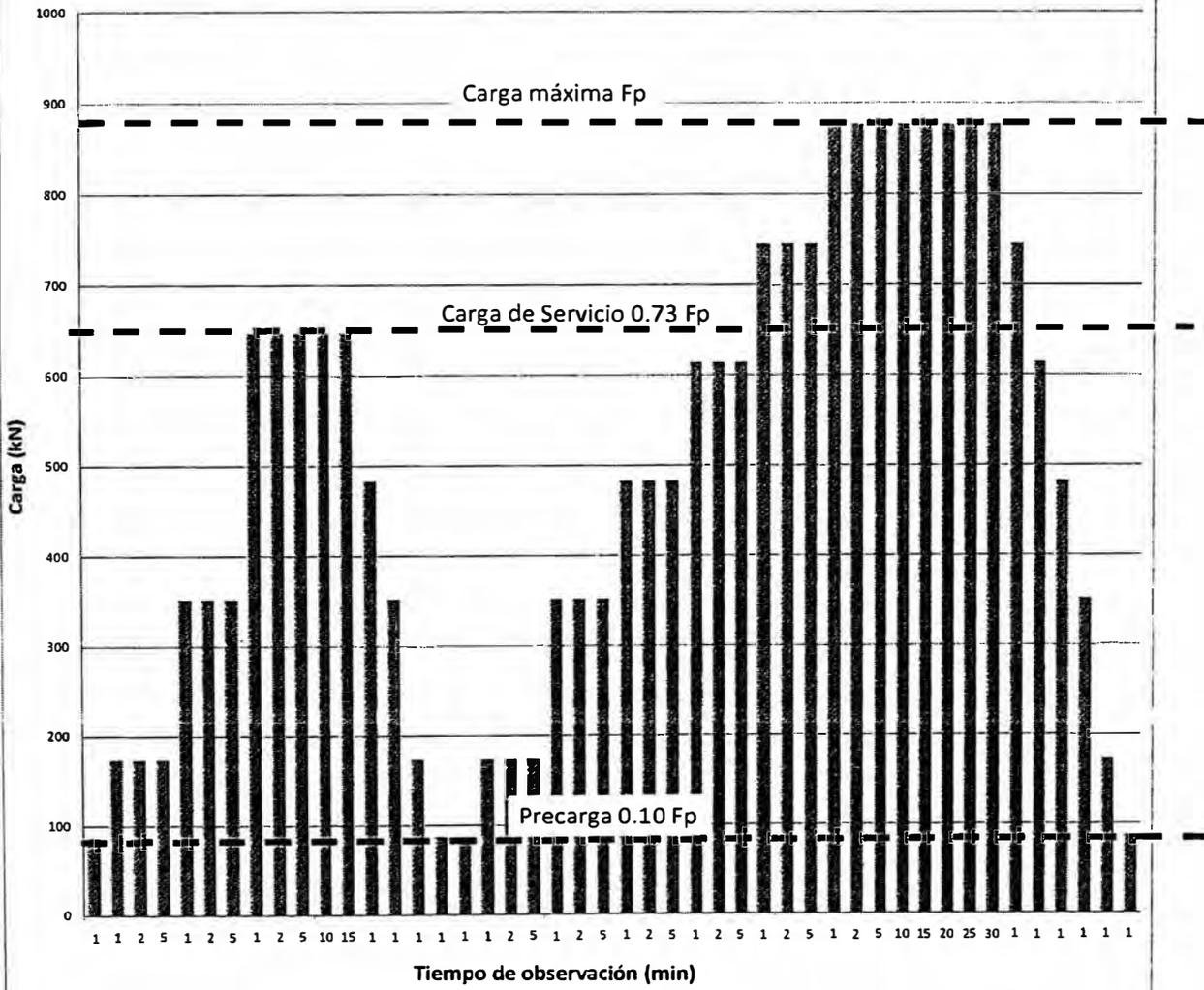
**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN A TRACCIÓN  
MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 73/53**



### CURVA DEFORMACIÓN-TIEMPO ENSAYO A TRACCIÓN MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 73/53



**CURVA CARGA-TIEMPO  
ENSAYO A TRACCIÓN MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 73/53**



# **ANEXO 4**

## **CALIBRACIÓN GATO HIDRÁULICO**





INFORME TECNICO

EXPEDIENTE : INF-LE 165-09

SOLICITANTE : PILOTES TERRATEST PERU S.A.C.  
Av. La Encalada N° 1388, Of. 402, Santiago de Surco  
Control de Calidad  
Att.: Ing° Mirko Kardum B.

TITULO : CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE TENSADO  
VSL, SA512, N05114, 185 ton; Bomba Eléctrica,  
VSL, EHPS-3, #676.10000 PSI.  
Manómetro, JAKO, NF2208, 700 bar, 10 bar/division.

FECHA : San Miguel, 15 de Junio 2009



Ing° Gladys Villa Garcia M.  
Jefa del Laboratorio de  
Estructuras Antisísmicas



## CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE POSTENSADO

### 1. GENERALIDADES.

PILOTES TERRATEST PERU S.A.C. solicitó al Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de la carga actuante en una gata hidráulica, parte de un equipo de Postensado, con la lectura indicada en su respectivo dial ( manómetro ).

Las calibración se realizó en el Laboratorio de Estructuras el día Viernes 12 de Junio del 2009, con la participación del Técnico Sr. Carlos Bravo, siendo las condiciones ambientales de 19°C, 68% HR.

### 2. EQUIPO CALIBRADO.

Gata hidráulica para tensado, con bomba eléctrica :

- Marca : VSL
- Tipo : SA512
- Serie N° : NO5114
- Capacidad : 185 ton.
- Bomba : VSL, EHPS, # 676, 10000 PSI.
- Dial : Manómetro, JAKO, NF2208, 700 bar, 10 bar/división.

### 3. EQUIPO EMPLEADO

- Pórtico de reacción de perfiles metálicos mecano.
- Celda HBM, C6, N° 99936, 200 Ton, calibrada con celdas PATRON el 2008-12-12, en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas.
- Celdas PATRON HBM, C3H3, G80084, 100 ton y HBM, C3H, 3007, 200 KN, calibradas el 2007-01-17, en el National Standards Testing Laboratory de Maryland, USA
- Amplificador MGCplus HBM.
- Termohigrómetro, CONTROL COMPANY.

### 4. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido toma como referencia el Método C de la Norma ASTM A4-08 y consistió en la aplicación de series de cargas progresivas a la celda mediante la misma gata hidráulica. En cada serie, para los distintos valores leídos en el dial, se registraron las lecturas de las cargas PATRON en el amplificador.

Cabe anotar que a pedido expreso del cliente se calibró hasta alrededor del 75% de la capacidad nominal, de los cuales solo está certificado hasta el 54% (100 ton.).

### 5. RESULTADOS.

En la TABLA N° 1 se muestran las tres series de lecturas obtenidas, la serie de carga PATRON, así como el error relativo del ajuste y la repetibilidad correspondientes.

El ajuste que se indica es el que mejor se acomoda a los resultados obtenidos. Con los coeficientes de este ajuste se elaboró la TABLA DE CALIBRACIÓN.





TABLA N° 1

Gata Hidráulica, VSL, SA512, N05114, 185 ton  
Bomba Eléctrica, VSL, EHPS-3, # 676, 700 BAR.  
Manómetro JAKO, NF2208, 700 bar, 10 bar/división.

L LECTURA MANOMETRO bar	SERIES DE VERIFICACION ( mV )			P FUERZA PATRON (*) ( KG )	Er ERROR ( % )	Rp RPTBLD ( % )
	Primera	Segunda	Tercera			
20	188	178	193	3.824	0.3	7.7
40	513	506	497	10.136	-0.1	3.1
60	852	833	828	16.734	-1.7	2.9
100	1436	1454	1434	28.778	1.3	1.4
140	2093	2102	2079	41.833	0.2	1.1
180	2746	2728	2750	54.977	-0.3	0.8
200	3035	3038	3056	61.108	0.3	0.7
240	3692	3704	3694	74.457	-0.2	0.3
280	4352	4350	4309	87.621	-0.2	1.0
300	4662	4646	4631	94.011	0.0	0.7
340	5288	5299	5240	107.075	0.2	1.1
380	5921	5864	5888	119.928	0.5	1.0
400	6232	6391	6194	127.933	-0.5	3.2
440	6800	6807	6821	139.258	1.1	0.3

**NOTAS:**

- 1- Se calibró tomando como referencia el Método C de la norma ASTM E 4 - 08
- 2- Se calibró hasta el 75% de su capacidad, de los cuales solo hasta el 54% (100 ton) está certificado
- 3- Er, error relativo del valor ajustado con respecto al patrón.  $Er(\%) = (Y-P)/P \times 100$
- 4- Rp, es la Repetibilidad. La norma pide no exceder el 1.0%.
- 5- Fecha de calibración : 2009-06-12
- 6- Resultados.
  - a) Coef.de Correlación:  $r = 0.999956$
  - b) Ecuación de ajuste:  $Y = A + B X + C X^2$   
 donde :  $A = -2437.365040$   
 $B = 313.0033953$   
 $C = 0.028180554$   
 $X$  : Lectura del MANOMETRO, en BAR  
 $Y$  : Fuerza PATRON ajustada, en Kilogramos.
  - c) Esta ecuación no reemplaza a la fuerza PATRON y su empleo, bajo las condiciones indicadas, es opcional.
- 7- Los resultados obtenidos son válidos solamente dentro del intervalo indicado.





### TABLA DE CALIBRACION

Solicitante: PILOTES TERRATEST PERU S.A.C.

Equipo : EQUIPO DE POSTENSADO

Gata Hidráulica, VSL, SA512, N05114, 185 ton

Bomba Eléctrica, VSL, EHPS-3, # 676, 700 BAR.

Manómetro JAKO, NF2208, 700 bar, 10 bar/división.

Fecha de Calibración : 2009-06-12 , Condiciones Ambientales : 19°C, 68% HR

Coef.de Correlación: r = 0.999956

Ecuación de Ajuste :  $Y = A + B X + C X^2$

Donde : X : Lectura del MANOMETRO, en BAR

Y : Fuerza PATRON ajustada, en Kilogramos.

A = -2.437 365

B = 313.00340

C = 0.0281806

**NOTA :** El uso de esta TABLA, bajo las condiciones indicadas al pie de la TABLA 1, es opcional.

Dial bar	Fuerza en Kilogramos				
	0	20	40	60	80
20	3,834	10,128	16,444	22,783	29,145
100	29,145	35,529	41,935	48,365	54,816
200	61,291	67,787	<b>74,307</b>	80,849	87,413
300	94,000	100,609	107,241	113,896	120,573
400	127,273	133,995	140,740	xxxx	xxxx

Ejemplo : Para una lectura del dial (en bar) de 240 :

Según Tabla 1 : Carga Patrón (Real ) **74,457 Kg**

y Según el Ajuste (Tabla de Calibración) :

$240 = 200 + 40$ , se tiene una fuerza de **74, 307 Kg**

con un error del -0.2%.

Este Informe consta de 04 páginas.

"Prohibida la reproducción parcial o total de este Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas"



# **ANEXO 5**

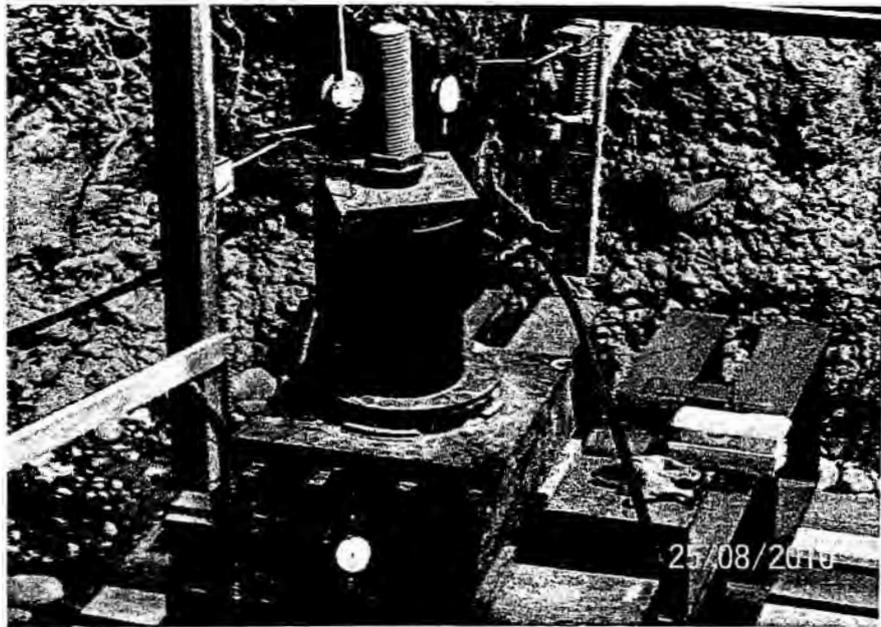
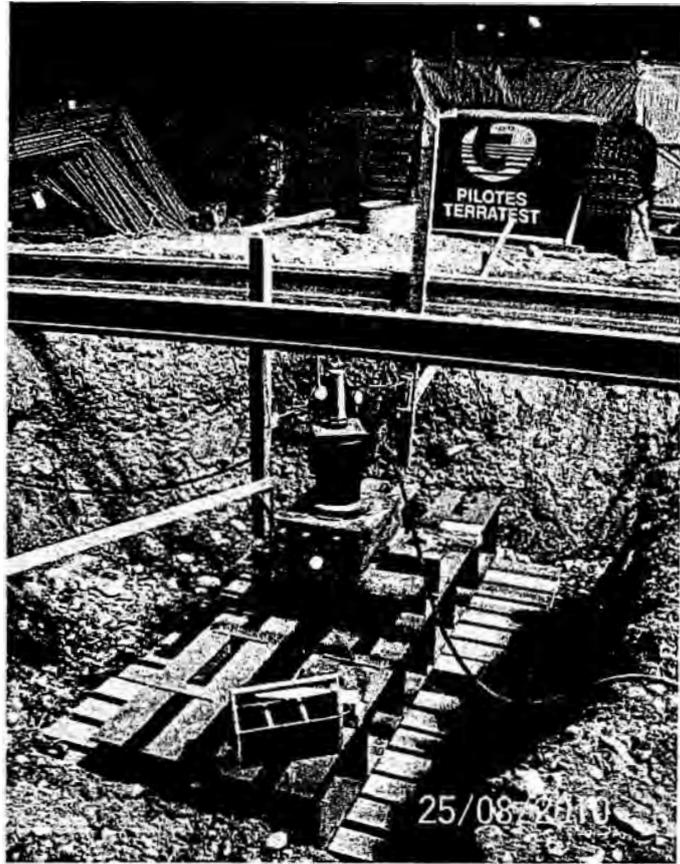
## **FOTOS**













**P10064**  
**Proyecto Tren eléctrico**  
**Cruce Aviación – Javier Prado**

**INFORME DE ENSAYO DE COMPRESIÓN  
DE MICROPILOTES TITAN 73/53**

1	Revisión y Comentarios	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	26/08/2010
<b>REV.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PREPARÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>	<b>EMITIÓ</b>	<b>FECHA</b>

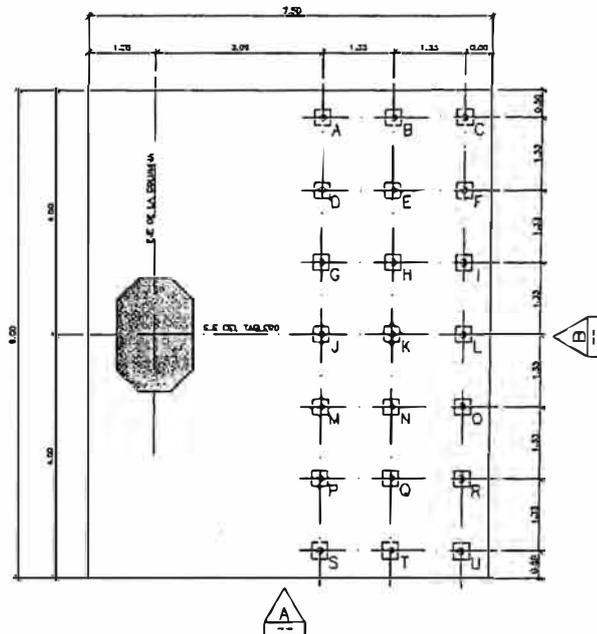
## 1. Introducción

Los estribos del puente que unirá las avenidas Aviación y Javier Prado del proyecto de construcción del Tren Eléctrico de la ciudad de Lima, serán reforzados en sus extremos mediante micropilotes que soportarán principalmente cargas de tracción y de forma secundaria cargas de compresión.

Debido a que existen únicamente datos empíricos sobre la resistencia real de compresión y tracción de los micropilotes propuestos en la zona del proyecto, se realizaron 2 pruebas de carga en una zona cercana, una a tracción y otra a compresión.

Las cargas máximas<sup>1</sup> que deben soportar los micropilotes en su vida útil son:

Micropilote	MÁXIMA COMPRESIÓN (tf)	MÁXIMA TRACCIÓN (tf)
A	S	52
B	T	40
C	U	33
D	P	41
E	Q	30
F	R	28
G	M	30
H	N	24
I	O	26
J		24
K		22
L		23

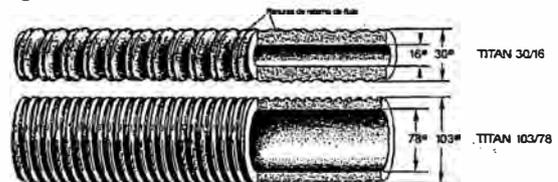


Los micropilotes son del tipo autoperforante Ischebeck TITAN 73/53. El objetivo del ensayo es el de determinar si los micropilotes propuestos en el informe P10064 - Memoria de Calculo - RD están en condiciones de soportar las cargas máximas a las que estará sometida la estructura en su vida útil.

## 2. Características Técnicas del Micropilote de Ensayo

El micropilote ensayado es del tipo TITAN 73/53 y tiene las siguientes características:

Parámetros	TITAN 73/53
Diámetro exterior - interior nominal [mm]	73 – 53
Carga última [kN]	1160
Carga de fluencia [kN]	970
Area de la sección [mm <sup>2</sup> ]	1631
Peso [kg/ml]	13.2



<sup>1</sup> Datos entregados por la empresa Figueiredo-Ferraz encargada del diseño del puente.

### 3. Parámetros Geotécnicos de la zona

El tipo de suelo predominante en la zona donde se realizó el ensayo se detalla a continuación:

Prof.	Estrato	Ang. de fricción interna	Cohesión	Peso unitario
2-25m	GP	40°	20 kN/m <sup>2</sup>	20 kN/m <sup>3</sup>

### 4. Construcción del ensayo

Para simular la misma situación en la que trabajarán los micropilotes se ensayaron los mismos a aprox. 20m de distancia del cimiento definitivo. La profundidad del ensayo se realizó a -2.00m para que las deformaciones puedan ser medidas en un terreno de características similares, ya que el cimiento estará realmente fundado a -6.00m. Es de esperar por tanto, que el comportamiento real de los micropilotes será aún mejor que el de los ensayados, toda vez que se sabe que el terreno en la zona va mejorando sus parámetros de resistencia al aumentar la profundidad.

#### 4.1 Estructura de carga.

La estructura de reacción adoptada consiste en una viga metálica de doble perfil tipo I apoyada en sus extremos sobre una cama de durmientes, las que a su vez transfieren la reacción de compresión por peso propio al terreno cuando no hay carga aplicada. La viga principal se posiciona de forma que el micropilote quede ubicado en el centro de su luz.

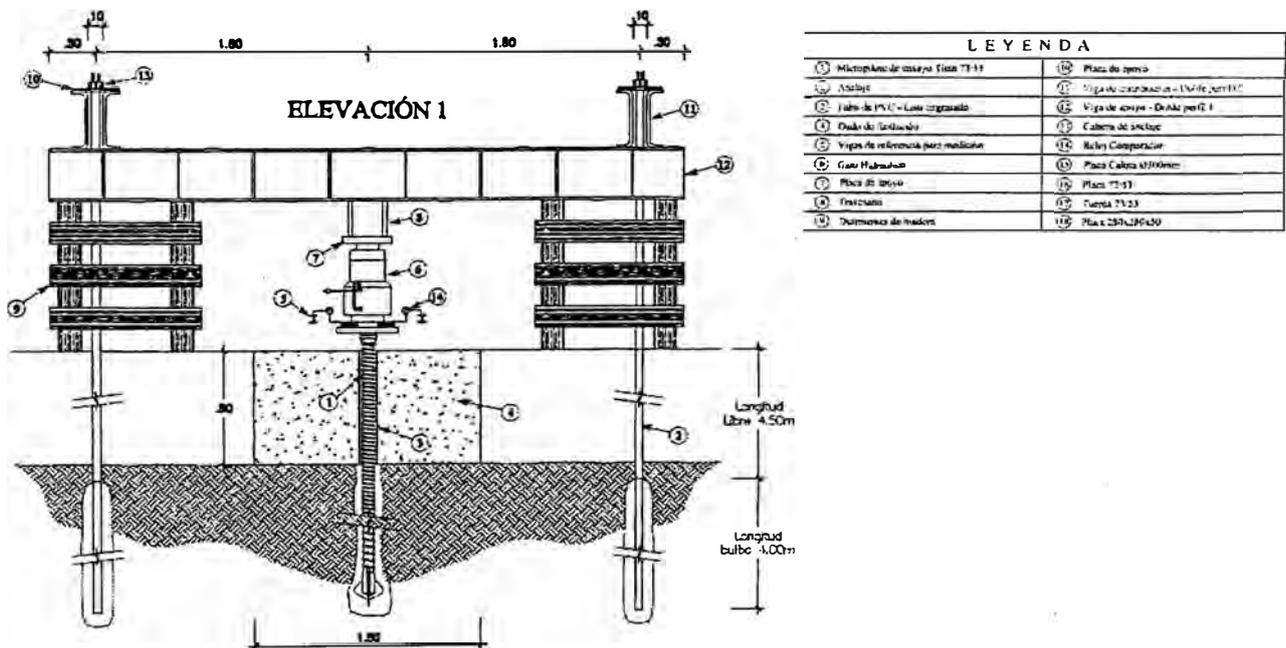


Fig 1. Esquema de la estructura construida para el ensayo de compresión

La reacción del gato hueco que comprime al micropilote, carga la viga de ensayo verticalmente hacia arriba y transfiere la carga a 2 vigas de distribución colocadas a los extremos, las que a su vez están sostenidas por 4 anclajes de tracción en sus extremos (Véase el esquema del ensayo en la Fig. 1 o el detalle completo en el ANEXO 1). La estructura fue dimensionada para soportar una carga máxima



admisible de 1.1 veces la carga máxima de prueba del ensayo según requerimientos de la norma DIN1054 (LF2).

Para la aplicación de la carga se utilizó un gato hueco VSL tipo SA512 debidamente calibrado (ANEXO 4), provisto de un adaptador especial consistente en un cilindro hueco que transfiere la carga del pistón al sistema de placas y tuerca. Para mejor repartición de la carga, se utilizó una placa tipo calota (dos placas mecanizadas con forma semiesférica, para centrar la carga – Véase la Fig. 2).

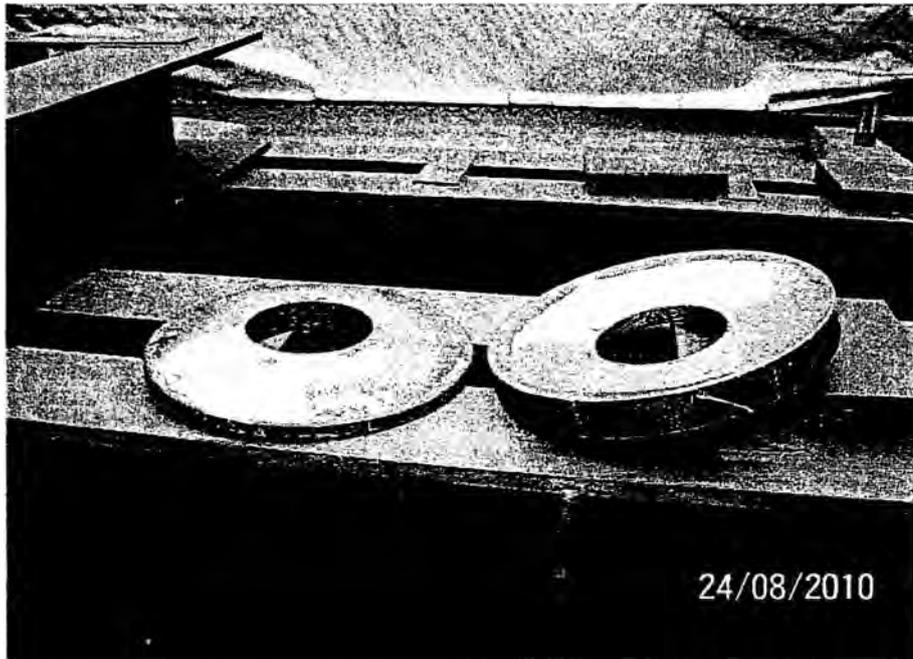


Fig 2. Placa calota

Sobre la placa superior se instalaron comparadores, uno a cada lado del eje del micropilote y con bases magnéticas apoyadas sobre una viga transversal auxiliar completamente independiente de la estructura de carga, para que no resulte influida por las deformaciones de la misma. Los comparadores permiten lecturas con una apreciación de 0,01 mm. Adicionalmente se colocó un comparador en la parte superior de la viga principal que permitió medir las deformaciones en la misma durante el proceso de carga del micropilote.



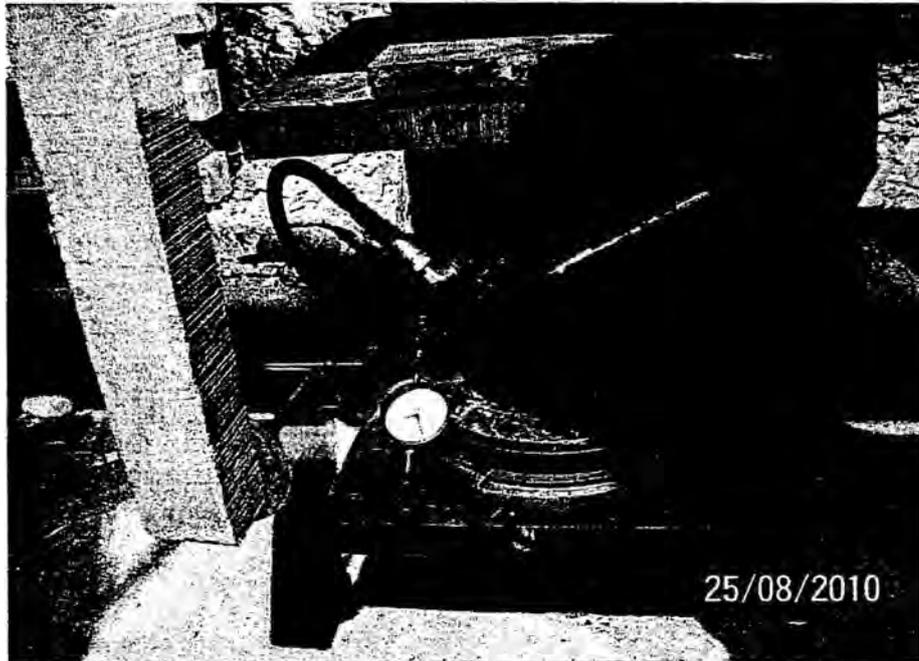


Fig 3. Colocación de los relojes comparadores a ambos lados de la placa

Debajo del micropilote ensayado se construyó un dado de Hormigón simple de 1.50x1.50x0.80m. La finalidad del dado es la de evitar el pandeo del micropilote el momento de ser comprimido en el suelo. Para minimizar la fricción del micropilote con el hormigón, se colocó un tubo de PVC recubierto de grasa. El espacio restante entre el micropilote y el tubo fue rellenado con arena fina.



Fig 4. Unión del micropilote con el dado de hormigón simple

## 4.2 Secuencia de construcción y preparativos adicionales

La secuencia constructiva se detalla a continuación:

- Perforación y colocado del micropilote
- Perforación e inyectado de anclajes
- Excavación hasta el nivel de ensayo a -2.00m y limpieza de la zona
- Compactado, nivelado y armado de soportes de madera



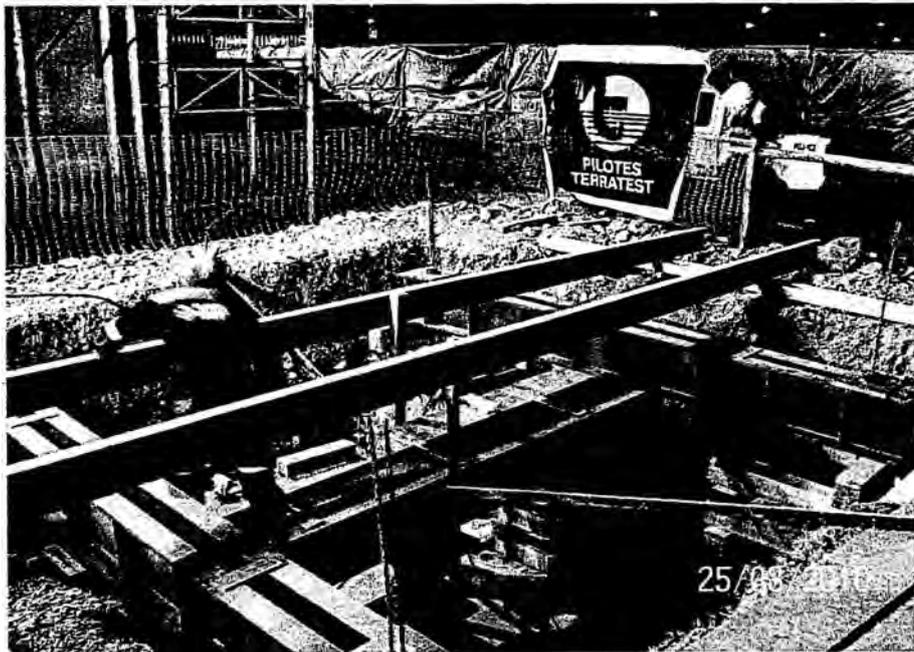
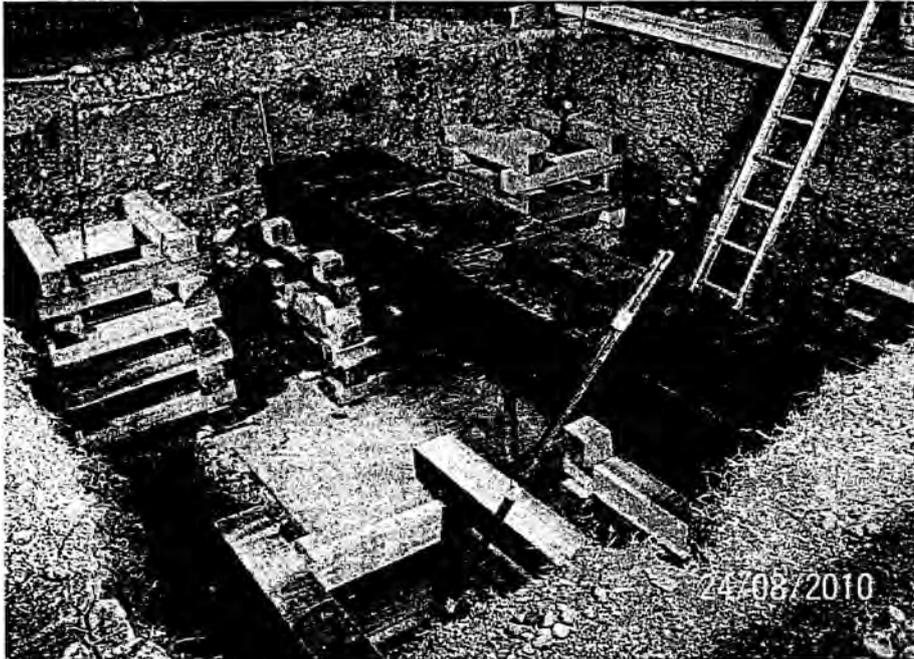
- Descabezado del micropilote hasta altura de ensayo
- Armado de la estructura del ensayo y la estructura independiente para la medición.



**PILOTES  
TERRATEST**

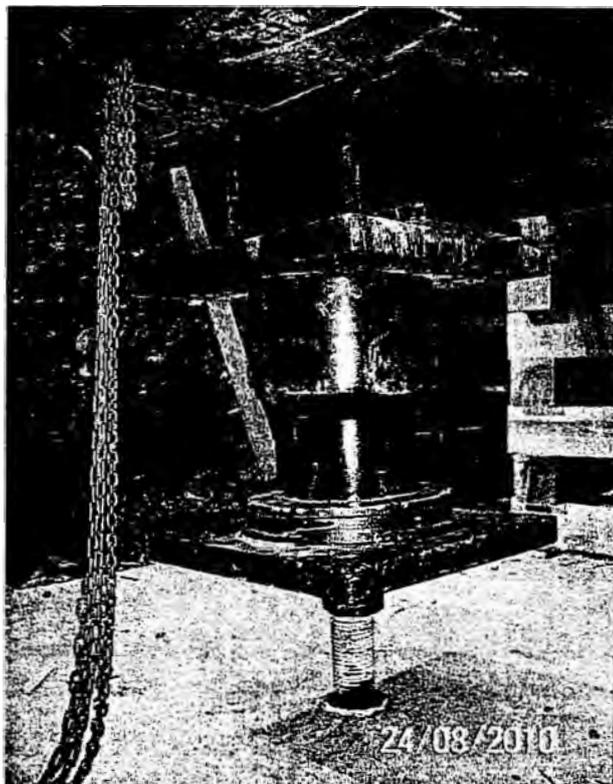
Proyecto: P10064 - Tren eléctrico (Cruce Aviación - Javier Prado)  
Asunto: Ensayo de carga Micropilotes a Compresión  
Emitió: Mariano Saucedo S.  
Email: msaucedo@terratest.com.pe

Página: 7 de 12  
Fecha: 27/08/2010  
Revisión: 1



- Tensado de los anclajes hasta la carga de reacción esperada de 24tn. El pretensado sirve para acomodar la estructura y evitar asentamientos posteriores el momento de la carga del micropilote.
- Colocado del gato hidráulico, planchas y travesaños en la parte inferior.





- Instalación de relojes comparadores a ambos lados del micropilote y sobre la viga principal (Fig 3.)
- Inicio de la carga y las mediciones

Para evitar vibraciones debidas al paso de maquinaria y al tráfico cercano a la zona, se realizó el ensayo pasada la media noche y se cerraron las vías cercanas.

## 5. Ejecución del ensayo de compresión

### 5.1 Carga de Prueba Fp

La carga de prueba fue definida por la resistencia última del material o resistencia interna del micropilote. Esta carga corresponde a 0.9 veces la carga de fluencia del elemento y es igual a 873 kN,

### 5.2 Ciclos de carga y tiempos

El ensayo se realizó con carga controlada, midiendo la carga de compresión aplicada al micropilote para cada periodo de tiempo dado.

La carga se incrementó en varias etapas hasta llegar a la carga máxima del ensayo. Antes de iniciar el proceso de carga, se aplicó una precarga para calibrar y establecer el inicio de las mediciones. La precarga se ejecutó a 10% Fp.

La siguiente figura muestra el gráfico de los escalones de carga ejecutados en el ensayo de



compresión:

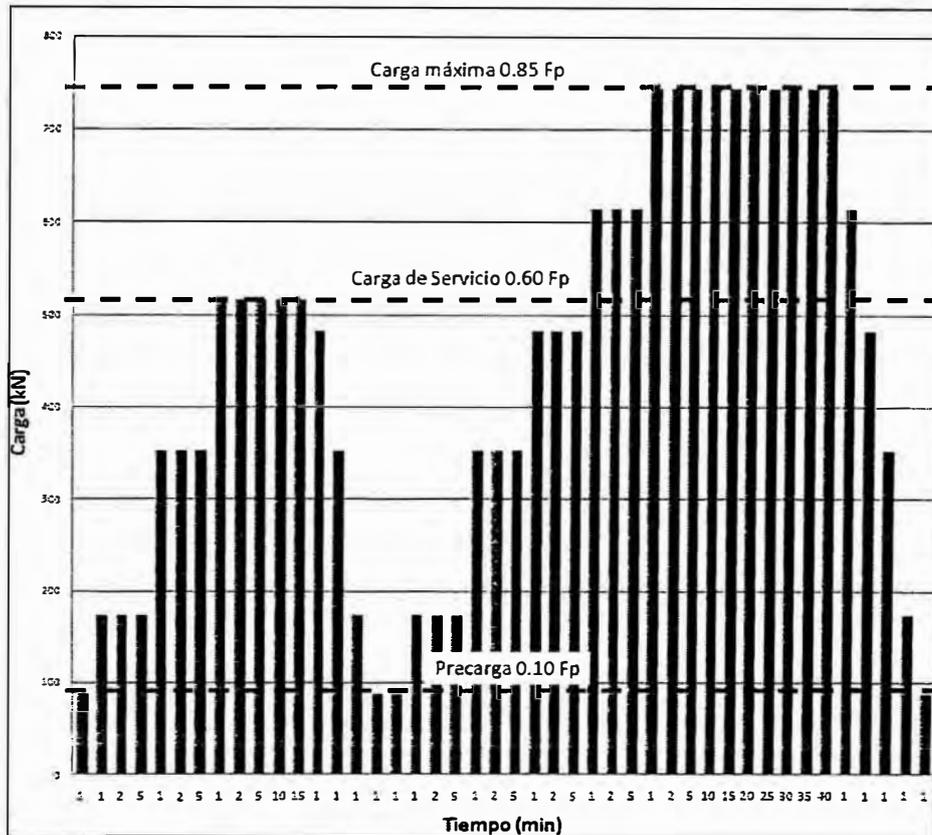


Fig 5. Escalones de carga aplicados en el ensayo

### 5.3 Medición de las deformaciones

La medición de las deformaciones axiales se realizó mediante dos relojes comparadores con diales que permiten lecturas de hasta 0.01 mm. Los comparadores fueron montados mediante bases magnéticas a un apoyo o estructura de referencia auxiliar apoyada al suelo en forma independiente de la estructura cargada. Se colocaron dos comparadores en forma simétrica respecto al eje del micropilote a modo de obtener finalmente un promedio de ambas deformaciones medidas.

La estructura de referencia para las mediciones se ubicó fuera del área de influencia de las cargas. Para evitar vibraciones debidas al paso de maquinaria y al tráfico cercano a la zona, se realizó el ensayo pasada la media noche y se cerraron las vías cercanas.

En el ANEXO 2 se presenta el registro de las deformaciones en original y la planilla en limpio con el cálculo de las deformaciones promedio, límites de fluencia y cargas reales obtenidas.

## 6. Análisis de resultados

Para el análisis de resultados se presentan los detalles particulares de la ejecución del micropilote y de su ensayo, junto con los siguientes gráficos:



- Planillas de registro de tiempo, carga y deformaciones.
- Curva de carga – deformación
- Curvas de deformación – tiempo.
- Curva carga-tiempo

La norma DIN1054 sugiere adoptar como carga última del micropilote la menor entre: la carga que produce el hundimiento, la carga máxima lograda en el ensayo o la carga que produce un asentamiento mayor a 10% del diámetro del micropilote.

En el ensayo no se hizo notorio el hundimiento del micropilote y el asentamiento máximo fue de 7.67mm, mucho menor al 10% del diámetro  $D=170\text{mm}$  (Diámetro final del micropilote con el mortero de inyección corroborado durante el descabezado de los micropilotes, véase la Fig. 6).



Fig 6. Diámetro efectivo del micropilote con el recubrimiento de mortero de inyección

Debido a la excesiva deformación que mostró la viga principal (15mm), se decidió parar el ensayo luego de logrado el 85% de la carga de prueba que equivale a 745kN.

Como el ensayo fue detenido luego de logrado el 85% de la carga de prueba, es posible extrapolar los resultados para estimar cuál es la carga máxima que puede soportar el micropilote, sin embargo esto ya no se estima necesario, toda vez que la carga lograda supera 1.4 veces la carga máxima a la que estarán sometidos los micropilotes en el caso de un sismo severo (para el caso sísmico  $F_{\max}=520\text{kN}^2$ ).

La curvatura del gráfico carga-deformación no presenta una pendiente considerable que permita estimar una falla cercana del micropilote, con lo cual se estima que la falla del micropilote sucede para una carga mucho mayor que la alcanzada en el ensayo de 745 kN.

<sup>2</sup> Dato entregado por la empresa Figueiredo Ferraz encargada del diseño del puente.

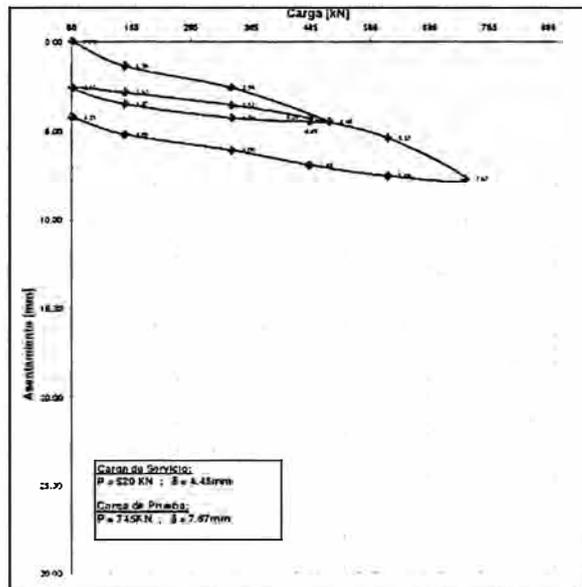


Fig 7. Curva carga-asentamiento

La curva deformación-tiempo para los distintos escalones de carga permite inferir desplazamientos de creep inferiores a los exigidos por norma (Tabla 1). Los valores de creep se encuentran tabulados en el ANEXO 2 y la curva puede apreciarse en la Fig. 8 y en el ANEXO 3.

Suelos No Cohesivos o Roca	
$\Delta s = s(5') - s(2')$	$\leq 0,20 \text{ [mm]}$
$\Delta s = s(15') - s(5')$	$\leq 0,40 \text{ [mm]}$
$\Delta s = s(30') - s(15')$	$\leq 0,30 \text{ [mm]}$

Tabla.1 Límites admisibles de deformación para cumplir el criterio de fluencia según DIN4125

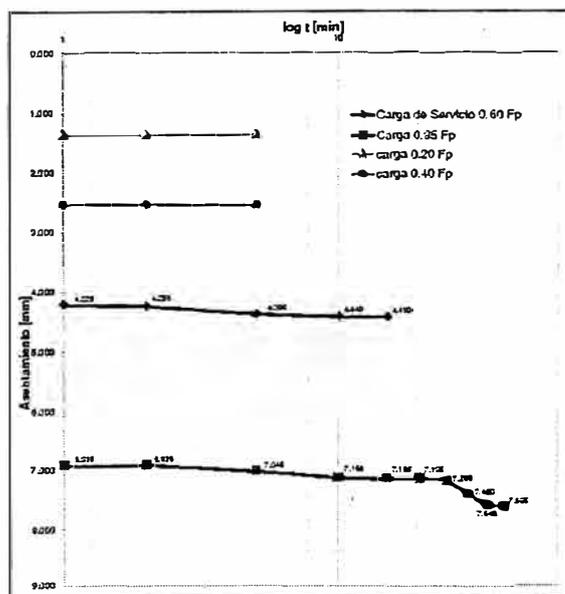


Fig 8. Curva deformación - tiempo



## 7. Conclusiones

La deformación excesiva de la viga fue probablemente producida por una mala repartición de la carga transmitida del gato a la placa y al travesaño de contacto con la viga. Esto lo demuestra la diferencia de deformación inicial que marcaron los relojes comparadores colocados a ambos lados de la placa del micropilote. Es por tanto plausible que la viga haya sido permanente cargada de forma excéntrica provocando una deformación por torsión considerable en la misma. Sin embargo, esta deformación no tiene repercusión en los resultados obtenidos, ya que la carga aplicada al micropilote no es afectada por la deformación de la estructura de reacción.

Las deformaciones indicadas no consideran la deformación adicional por compresión del acero en el tramo libre de 15cm entre el punto de aplicación de la carga y el dado de hormigón. Esta deformación ha sido estimada en 0.5mm.

Los desplazamientos elásticos y los desplazamientos remanentes (plásticos) se mantienen dentro del límite aceptable.

Se ha logrado verificar las hipótesis de diseño referentes a la capacidad de carga del micropilote, dejando establecido que los micropilotes del tipo TITAN 73/53 serán capaces de resistir las cargas máximas de compresión a las que estarán sometidos, tanto en estado de servicio, como en la situación extrema de un sismo.

Lima, 27 de Agosto de 2010

Mariano Saucedo Sulzer  
Gerente Técnico

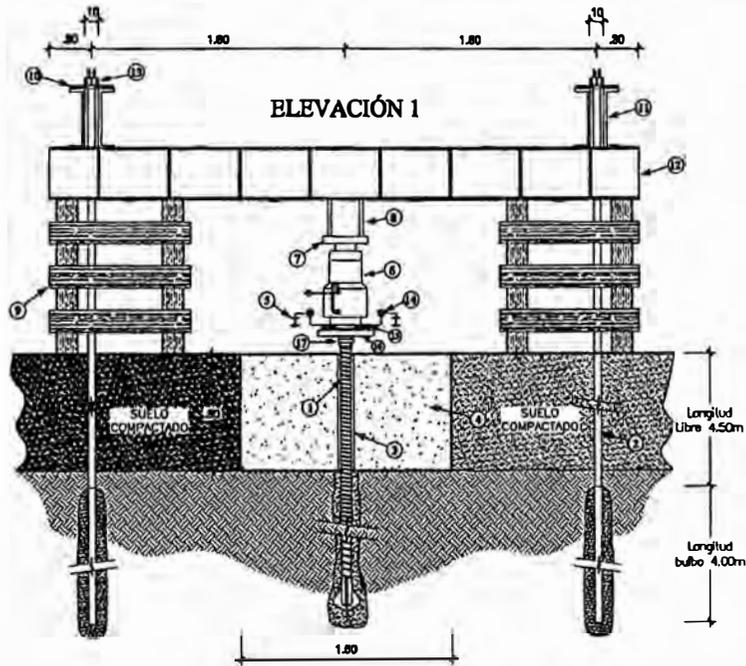
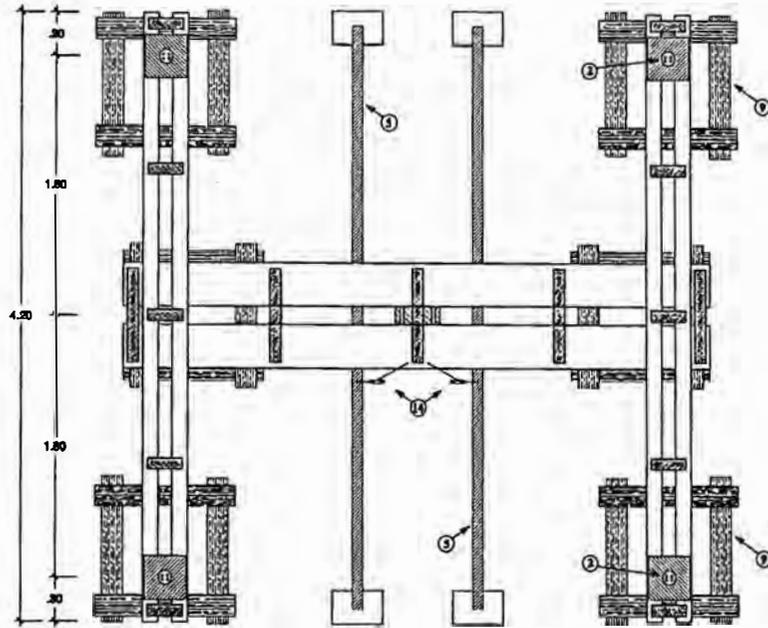


# **ANEXO 1**

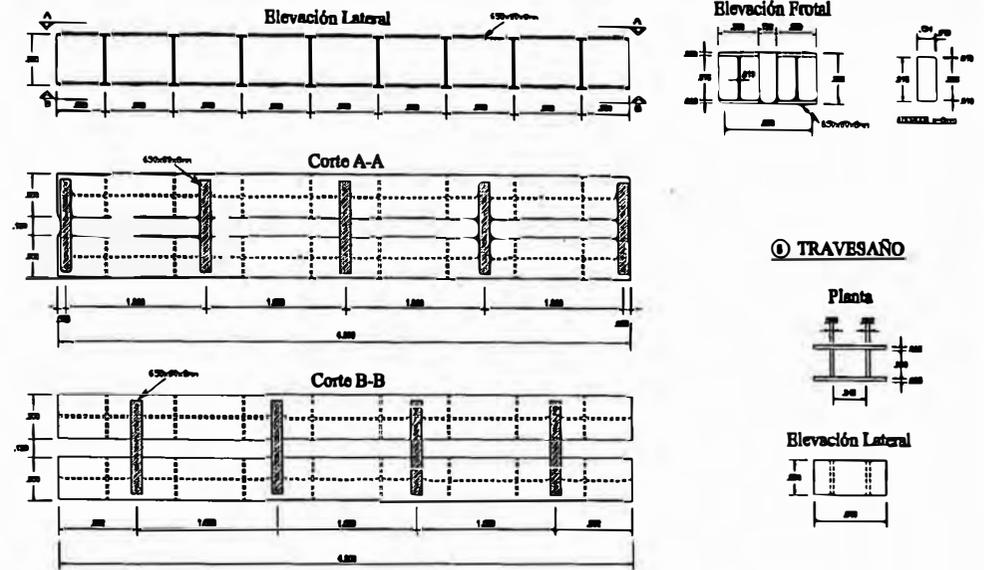
## **PLANO DEL ENSAYO DE COMPRESION**



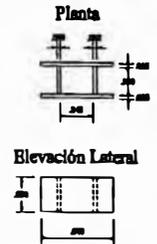
### DISTRIBUCIÓN PLANTA



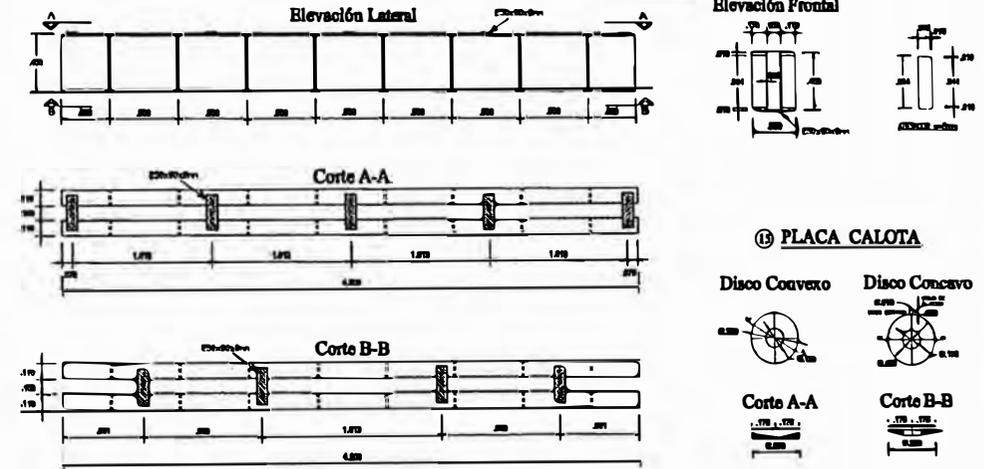
### ⑫ VIGA DE APOYO - DOBLE PERFIL I



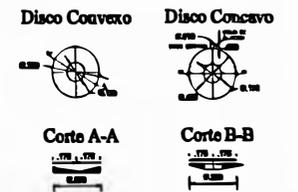
### ⑬ TRAVESAÑO



### ⑭ VIGA DE DISTRIBUCIÓN - DOBLE PERFIL C



### ⑮ PLACA CALOTA



### LEYENDA

① Mampolite de ensayo T18 73/23	⑩ Placa de ensayo 30x30x30mm
② Anclaje	⑪ Viga de distribución - Doble perfil C
③ Tubo de PVC - Lino engrasado	⑫ Viga de apoyo - Doble perfil I
④ Disco de Suelo 150x150x30mm	⑬ Columna de ensayo
⑤ Vigas de refuerzo para mampolite	⑭ Salfil Compactado
⑥ Cota Edométrica	⑮ Placa Calota 60x60mm
⑦ Placa de apoyo 30x30x30mm	⑯ Placa 73/23 60x60x30mm
⑧ Tirante	⑰ T18mm 73/23
⑨ Dimensiones de ensayo 1 60x150x150mm	

**APTO PARA CONSTRUCCIÓN**



# **ANEXO 2**

## **PLANILLAS DE REGISTRO DE DATOS**





## ENSAYO A COMPRESIÓN ISCHEBECK TITAN 73/53

<b>ENSAYO DE APTITUD</b>	
OBRA:	P10064 - Tron Eléctrico Cruce Javier Prado-Aviación
Encargado del Ensayo:	MARIANO SAUCEDO
Integrantes del Equipo de Ensayo:	Martina Saucedo, Julia Zarata

MICROPILOTE No:	ENS 001	Fecha de Ensayo:	04/02/2013	Cumple con los días desde Inyección (horas):	4 días	5 días
Tipo de Ensayo:	Posttensionado	Código Ensayo:		Tiempo de espera:	3 días	5 días (mínimo)

Data Tipo	Curva calibración (kbar)	
	p=100(bar)	p=100(bar)
VSL SA112	$p = 0.4554(Q) - 0.093$	$p = 0.1067(Q) + 12.180$
Fecha última calibración		
VSL SA112	04/02/2013	PRC/P

Tipo micropilote	TITAN 73/53
Carga servicio F <sub>s</sub>	218 kN
Carga de prueba F <sub>p</sub>	873 kN
F <sub>0.95</sub>	168 kN
<b>0.90 x Carga de fuerza micropilote</b>	
Carga límite prueba	873 kN

IGU 5	IRE	Imaginario	Real
Tipo Micropilote			
Carga Total (kN)			
Carga de fuerza (kN)			
Área efectiva (mm <sup>2</sup> )			

CRITERIOS CREEP
<b>PRUEBA DE INVESTIGACIÓN</b>
Suelos No cohesionados o roca
Δs ≤ s(5') - s(2') × 0.15 mm
Δs ≤ s(15') - s(10') × 0.38 mm
Δs ≤ s(30') - s(15') × 0.24 mm

CRITERIOS DE FALLA
<b>PRUEBA DE INVESTIGACIÓN</b>
Suelos No cohesionados
Δs ≤ s(5') - s(2') × 0.30 mm
Δs ≤ s(15') - s(10') × 0.95 mm
Δs ≤ s(30') - s(15') × 0.50 mm

CICLO NUMERO	ESCALONES DE CARGA		tiempo de obs. (minutos)	CARGA		Deformación al Carga			CREEP Δ mm	APOYO Δ mm	Bar Real medida bar	Observaciones
	tipo	% Fp		bar a medir	carga kN	Δ1 mm	Δ2 mm	Δ Det. prom Δ mm				
0	Inicio	0%	1	0	0	0	0	0				
1	precarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	26.82	28.25			0.1	100	
	carga 0.25 Fp	25%	1	79	218	26.82	28.25			0.1	100	
		25%	2	79	218	26.82	28.25			0.1	100	
		25%	5	79	218	26.82	28.25			0.1	100	
	carga 0.40 Fp	40%	1	119	349	26.82	28.25			0.1	100	
		40%	2	119	349	26.82	28.25			0.1	100	
		40%	5	119	349	26.82	28.25			0.1	100	
	carga 0.60 Fp	60%	1	171	480	26.82	28.25			0.1	100	
		60%	2	171	480	26.82	28.25			0.1	100	
		60%	5	171	480	26.82	28.25			0.1	100	
60%		10	171	480	26.82	28.25			0.1	100		
60%	15	171	480	26.82	28.25			0.1	100			
descarga 0.55 Fp	55%	1	159	480	26.82	28.25			0.1	100		
descarga 0.40 Fp	40%	1	119	349	26.82	28.25			0.1	100		
descarga 0.25 Fp	25%	1	79	218	26.82	28.25			0.1	100		
descarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	26.82	28.25			0.1	100		
2	precarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	26.82	28.25			0.1	100	
	carga 0.25 Fp	25%	1	79	218	26.82	28.25			0.1	100	
		25%	2	79	218	26.82	28.25			0.1	100	
		25%	5	79	218	26.82	28.25			0.1	100	
	carga 0.40 Fp	40%	1	119	349	26.82	28.25			0.1	100	
		40%	2	119	349	26.82	28.25			0.1	100	
		40%	5	119	349	26.82	28.25			0.1	100	
	carga 0.55 Fp	55%	1	159	480	26.82	28.25			0.1	100	
		55%	2	159	480	26.82	28.25			0.1	100	
		55%	5	159	480	26.82	28.25			0.1	100	
	carga 0.70 Fp	70%	1	199	611	26.82	28.25			0.1	100	
		70%	2	199	611	26.82	28.25			0.1	100	
		70%	5	199	611	26.82	28.25			0.1	100	
	carga 0.85 Fp	85%	1	239	742	26.82	28.25			0.1	100	
		85%	2	239	742	26.82	28.25			0.1	100	
85%		5	239	742	26.82	28.25			0.1	100		
0.85 Fp	100%	1	279	742	26.82	28.25			0.1	100		
	100%	2	279	742	26.82	28.25			0.1	100		
	100%	5	279	742	26.82	28.25			0.1	100		
	100%	10	279	742	26.82	28.25			0.1	100		
	100%	20	279	742	26.82	28.25			0.1	100		
	100%	25	279	742	26.82	28.25			0.1	100		
100%	30	279	742	26.82	28.25			0.1	100			
descarga 0.85 Fp	85%	1	239	742	26.82	28.25			0.1	100		
descarga 0.70 Fp	70%	1	199	611	26.82	28.25			0.1	100		
descarga 0.55 Fp	55%	1	159	480	26.82	28.25			0.1	100		
descarga 0.40 Fp	40%	1	119	349	26.82	28.25			0.1	100		
descarga 0.25 Fp	25%	1	79	218	26.82	28.25			0.1	100		
descarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	26.82	28.25			0.1	100		



## ENSAYO A COMPRESIÓN ISCHEBECK TITAN 73/53

OBRA: P10064 - Tren Eléctrico Cruce Javier Prado-Aviación  
 Encargado del Ensayo: MARIANO SAUCEDO  
 Integrantes del Equipo de Ensayo: Mariano Saucedo (PPT), Hebert Sotoie (Cesal), Luis Ordoñez (FF-ABISA)

MACROPILOTE Nro: ENS 001  
 Tipo Cemento: Portland I  
 Fecha de Ensayo: 25/08/2010  
 Cemento Extra: 4 días Si / No  
 Dado de fundación: 3 días Si / No

Curva calibración: p(bar)		
p < 100(bar)	p > 100(bar)	
VSL SA512 p = 0.4658 Q(kN) 0.993	p = 0.3059 Q(kN) + 12.86	
Fecha última calibración		
VSL SA512 15/06/2009	PUCP	

Tipo micropilote	TITAN 73/53
Carga servicio Fw:	520 kN
Carga de prueba Fp:	873 kN
Fp/Fw	1.68
0.90 x Carga de fluencia micropilote	
Carga límite prueba	873 kN

IGU ó IRS (marcar con una X)	
Tipo Micropilote:	TITAN 73/53
Long. Total (m)	14.50
Carga de fluencia (kN)	970
Area nominal (mm2)	1631.00

CRITERIOS CREEP
PRUEBA DE INVESTIGACION
Suelos No cohesivos o roca
$\Delta s = s(5) - s(2) < 0.20$ mm.
$\Delta s = s(15) - s(5) < 0.40$ mm.
$\Delta s = s(30) - s(15) < 0.30$ mm.

CRITERIOS DE FALLA
PRUEBA DE INVESTIGACION
Suelos No cohesivos
$\Delta s = s(5) - s(2) < 0.80$ mm.
$\Delta s = s(15) - s(5) < 0.95$ mm.
$\Delta s = s(30) - s(15) < 0.80$ mm.

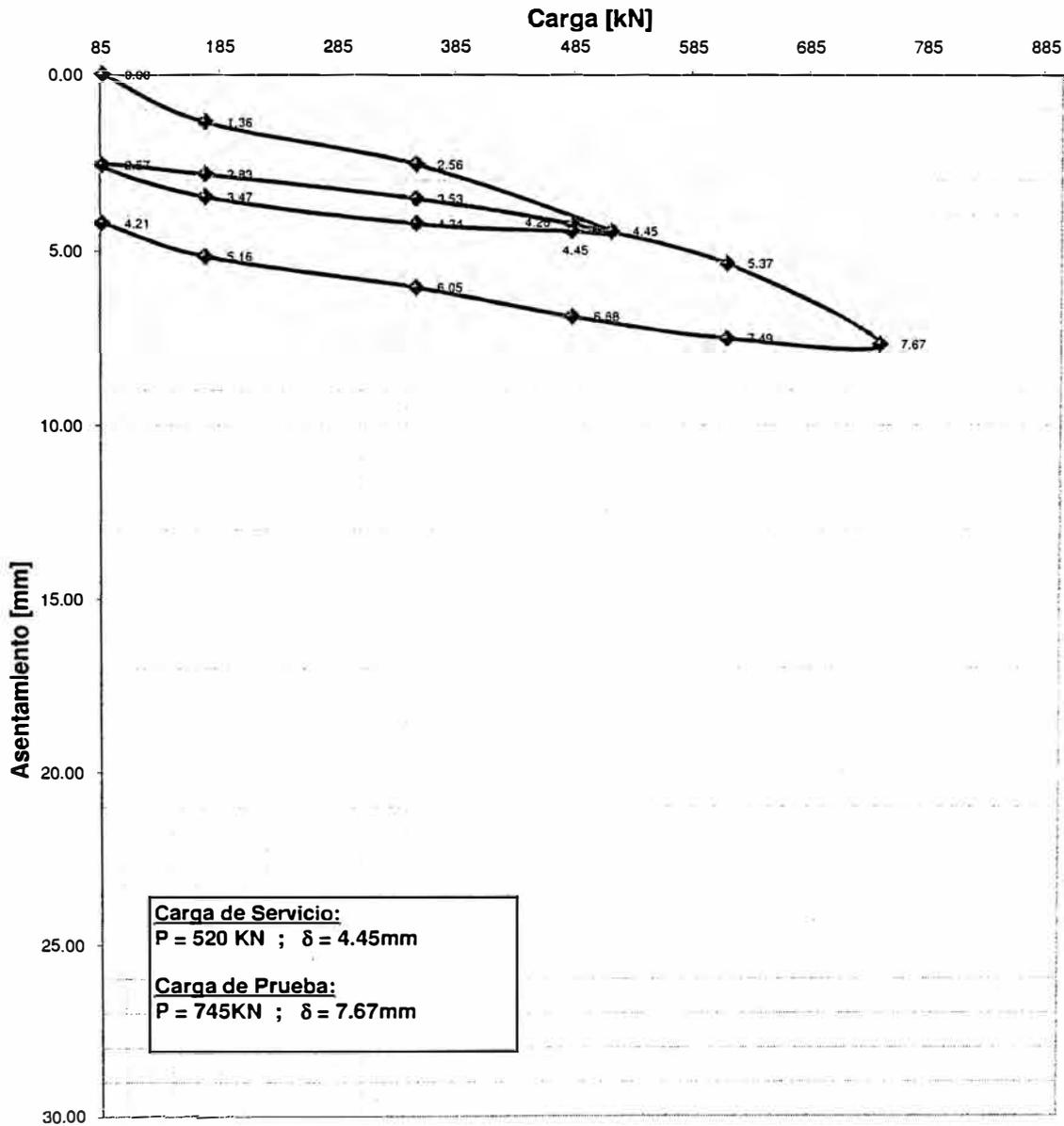
CICLO NÚMERO	ESCALONES DE CARGA		tiempo de obs. (minutos)	CARGA		Deformación anclaje			Def. acum. mm	Δ s mm	Verif. CREEP	APOYO Δ mm	Bar Real medido bar	Carga Real kN	Observaciones
	tipo	% Fp		bar a medir	carga kN	C1 Δ mm	C2 Δ mm	Def. prom. Δ mm							
0	inicio	0%	1	0	0										
1	precarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	36.31	34.69	35.500	0.000			1.11	40	87	Inicio de mediciones
		20%	1	80	175	36.58	31.71	34.145	1.355			1.21	80	174	Inclinación parcial de la placa
	carga 0.20 Fp	20%	2	80	175	36.58	31.70	34.140	1.360	0.005		1.21	80	174	
		40%	5	80	175	36.61	31.68	34.145	1.355	0.005	OK	1.22	80	174	
	carga 0.40 Fp	40%	1	119	349	36.51	29.42	32.965	2.535			2.85	120	352	
		40%	2	119	349	36.51	29.41	32.960	2.540	0.005		2.85	120	352	
	carga 0.60 Fp	40%	5	119	349	36.51	29.38	32.945	2.555	0.015	OK	2.90	120	352	
		60%	1	171	520	35.41	27.15	31.280	4.220			5.81	170	516	
		60%	2	171	520	35.39	27.10	31.245	4.255	0.035		5.85	170	516	
		60%	5	171	520	35.30	26.92	31.110	4.390	0.135	OK	6.12	170	516	
	descarga 0.55 Fp	60%	10	171	520	35.27	26.85	31.060	4.440	0.050		6.23	170	516	
		60%	15	171	520	35.27	26.83	31.050	4.450	0.10	OK	6.24	170	516	Comportamiento estable
	descarga 0.40 Fp	55%	1	159	480	35.27	26.83	31.050	4.450			6.24	160	483	
		40%	1	119	349	35.48	27.05	31.265	4.235			5.78	120	352	
25%		1	79	218	36.16	27.90	32.030	3.470			3.76	80	174		
10%		1	40	87	36.84	29.03	32.935	2.565			1.84	40	87		
2	precarga 0.10 Fp	10%	1	40	87	36.85	29.05	32.950	2.550			1.78	40	87	
		20%	1	80	175	36.75	28.61	32.680	2.820			2.19	80	174	
	carga 0.20 Fp	20%	2	80	175	36.75	28.61	32.680	2.820	0.000		2.19	80	174	
		20%	5	80	175	36.74	28.60	32.670	2.830	0.010	OK	2.20	80	174	
	carga 0.40 Fp	40%	1	119	349	36.24	27.53	31.885	3.615			2.65	120	352	
		40%	2	119	349	36.23	27.72	31.975	3.525	0.090		3.64	120	352	
	carga 0.40 Fp	40%	5	119	349	36.23	27.72	31.975	3.525	0.000	OK	3.66	120	352	
		55%	1	159	480	35.58	26.94	31.260	4.240			5.63	160	483	
	carga 0.55 Fp	55%	2	159	480	35.58	26.94	31.260	4.240	0.000		5.63	160	483	
		55%	5	159	480	35.57	26.92	31.245	4.255	0.015	OK	5.67	160	483	
	carga 0.70 Fp	70%	1	199	611	34.67	25.82	30.245	5.255			8.52	200	614	
		70%	2	199	611	34.64	25.70	30.170	5.330	0.075		8.59	200	614	
		70%	5	199	611	34.60	25.67	30.135	5.365	0.035	OK	8.71	200	614	
	carga 0.85 Fp	85%	1	239	742	33.23	23.90	28.565	6.935			13.10	240	745	
		85%	2	239	742	33.24	23.89	28.565	6.935	0.000		13.29	240	745	
		85%	5	239	742	33.13	23.78	28.455	7.045	0.110	OK	13.42	240	745	
		85%	10	239	742	33.04	23.64	28.340	7.160	0.115		13.63	240	745	
		85%	15	239	742	33.02	23.61	28.315	7.185	0.025	OK	13.66	240	745	
		85%	20	239	742	33.01	23.60	28.305	7.195	0.010		13.68	240	745	
		85%	25	239	742	32.96	23.55	28.255	7.245	0.050		13.76	240	745	
		85%	30	239	742	32.76	23.32	28.040	7.460	0.215	OK	15.45	240	745	Comportamiento estable
	descarga 0.70 Fp	85%	35	239	742	32.60	23.11	27.855	7.645	0.185		15.31	240	745	No se llegó a la carga Fp debido a la deformación elevada del apoyo
		85%	40	239	742	32.58	23.09	27.835	7.685	0.020		15.31	240	745	
	descarga 0.55 Fp	70%	1	199	611	32.78	23.24	28.010	7.490			14.05	200	614	
		55%	1	159	480	33.45	23.80	28.625	6.875			10.31	160	483	
		40%	1	119	349	34.40	24.51	29.455	6.045			7.89	120	352	
		25%	1	79	218	35.26	25.42	30.340				4.40	80	174	
		10%	1	40	87	36.08	26.50	31.290	4.210			2.41	40	87	

# **ANEXO 3**

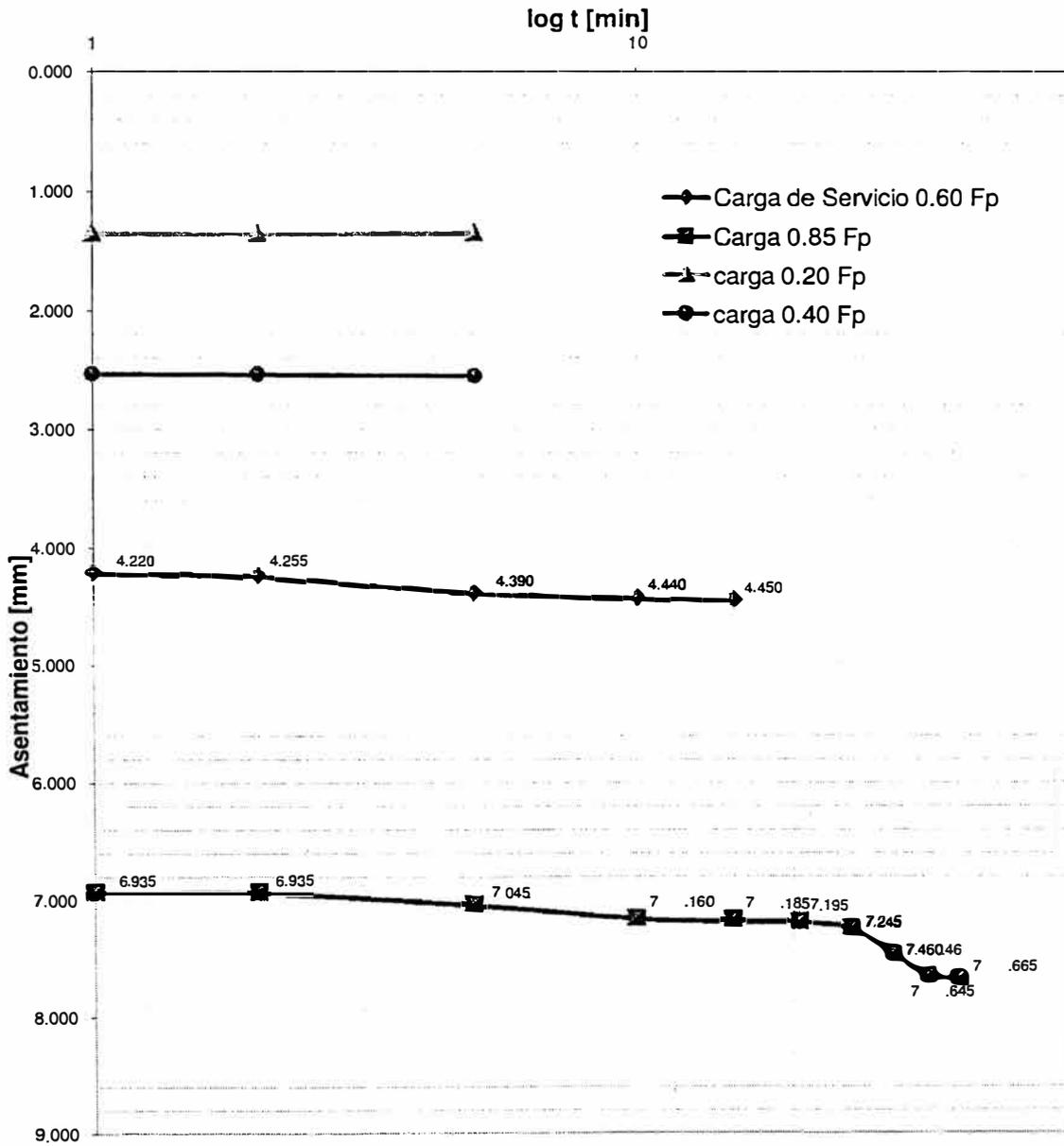
## **GRÁFICOS**



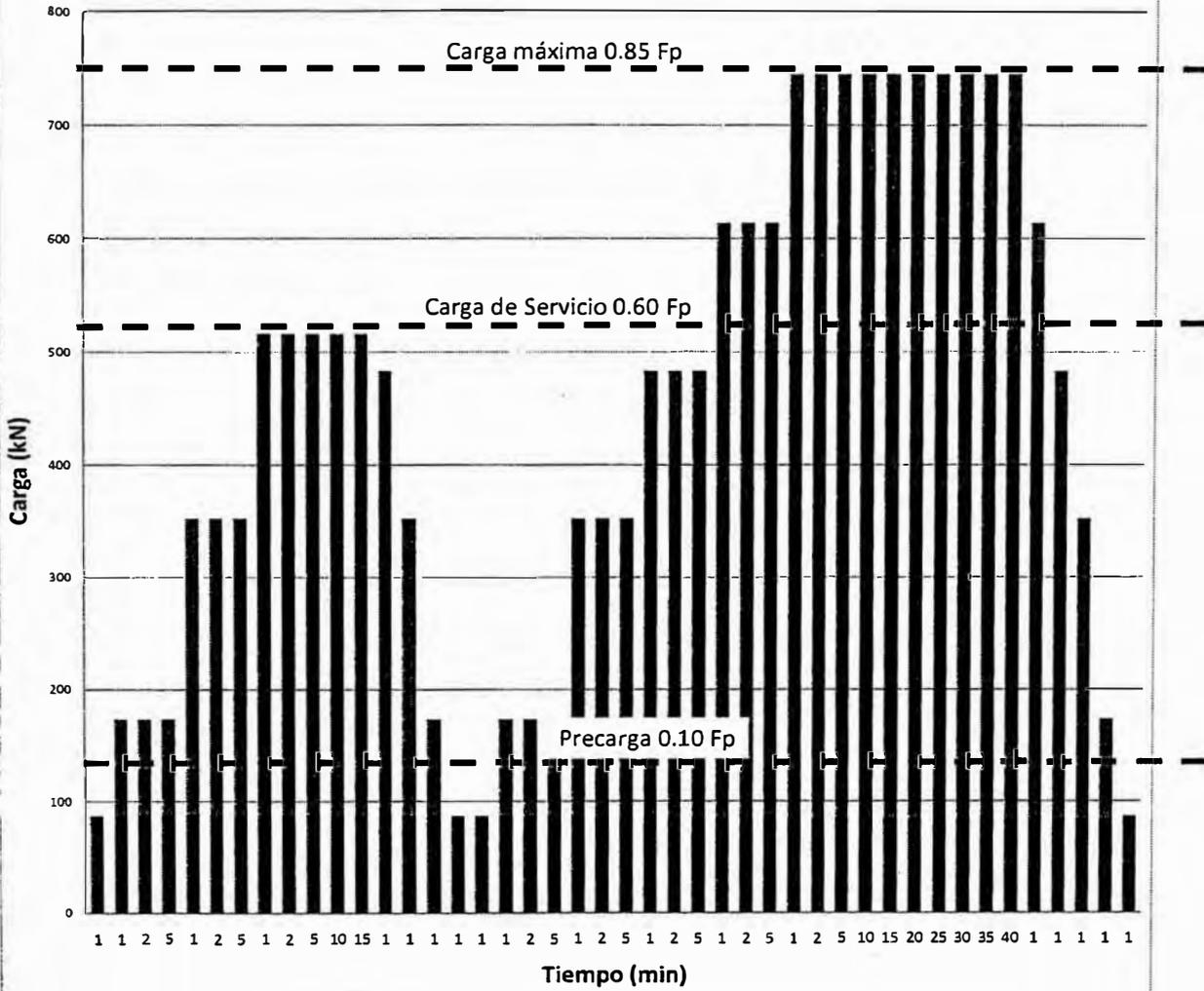
### CURVA CARGA-DEFORMACIÓN A COMPRESIÓN MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 73/53



**CURVA DEFORMACIÓN-TIEMPO  
ENSAYO A COMPRESIÓN MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 73/53**



**CURVA CARGA-TIEMPO  
ENSAYO A COMPRESIÓN MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 73/53**



# **ANEXO 4**

## **CALIBRACIÓN GATO HIDRÁULICO**





INFORME TECNICO

EXPEDIENTE : INF-LE 165-09

SOLICITANTE : PILOTES TERRATEST PERU S.A.C.  
Av. La Encalada N° 1388, Of. 402, Santiago de Surco  
Control de Calidad  
Att.: Ing° Mirko Kardum B.

TITULO : CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE TENSADO  
VSL SA512, N05114, 185 ton: Bomba Eléctrica,  
VSL, EHPS-3, #675.10000 PSI.  
Manómetro. JAKO. NF2208, 700 bar.10 bar/division.

FECHA : San Miguel, 15 de Junio 2009

  
*Gladys Villa Garcia M.*  
Ing° Gladys Villa Garcia M.  
Jefa del Laboratorio de  
- Estructuras Antisísmicas



## CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE POSTENSADO

### 1. GENERALIDADES.

PILOTES TERRATEST PERU S.A.C. solicitó al Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de la carga actuante en una gata hidráulica, parte de un equipo de Postensado, con la lectura indicada en su respectivo dial ( manómetro ).

Las calibración se realizó en el Laboratorio de Estructuras el día Viernes 12 de Junio del 2009, con la participación del Técnico Sr. Carlos Bravo, siendo las condiciones ambientales de 19°C, 68% HR.

### 2. EQUIPO CALIBRADO.

Gata hidráulica para tensado, con bomba eléctrica :

- Marca : VSL
- Tipo : SA512
- Serie N° : NO5114
- Capacidad : 185 ton.
- Bomba : VSL, EHPS, # 676, 10000 PSI.
- Dial : Manómetro, JAKO, NF2208, 700 bar, 10 bar/división.

### 3. EQUIPO EMPLEADO.

- Pórtico de reacción de perfiles metálicos mecano.
- Celda HBM, C6, N° 9993E, 200 Ton, calibrada con celdas PATRON el 2008-12-12, en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas.
- Celdas PATRON HBM, C3H3, G80084, 100 ton y HBM, C3H, 3007, 200 KN, calibradas el 2007-01-17, en el National Standards Testing Laboratory de Maryland, USA
- Amplificador MGCplus HBM.
- Termohigrómetro, CONTROL COMPANY.

### 4. PROCEDIMIENTO.

El procedimiento seguido toma como referencia el Método C de la Norma ASTM A4-08 y consistió en la aplicación de series de cargas progresivas a la celda mediante la misma gata hidráulica. En cada serie, para los distintos valores leídos en el dial, se registraron las lecturas de las cargas PATRON en el amplificador.

Cabe anotar que a pedido expreso del cliente se calibró hasta alrededor del 75% de la capacidad nominal, de los cuales solo está certificado hasta el 54% (100 ton.).

### 5. RESULTADOS.

En la TABLA N° 1 se muestran las tres series de lecturas obtenidas, la serie de carga PATRON, así como el error relativo del ajuste y la repetibilidad correspondientes.

El ajuste que se indica es el que mejor se acomoda a los resultados obtenidos. Con los coeficientes de este ajuste se elaboró la TABLA DE CALIBRACIÓN.





TABLA N° 1

Gata Hidráulica, VSL, SA512, N05114, 185 ton  
Bomba Eléctrica, VSL, EHPS-3, # 676, 700 BAR.  
Manómetro JAKO, NF2208, 700 bar, 10 bar/división.

L LECTURA MANOMETRO bar	SERIES DE VERIFICACION ( mV )			P FUERZA PATRON (*) ( KG )	Er ERROR ( % )	Rp RPTBLD ( % )
	Primera	Segunda	Tercera			
20	188	178	193	3.824	0.3	7.7
40	513	506	497	10.136	-0.1	3.1
60	852	833	828	16.734	-1.7	2.9
100	1436	1454	1434	28.778	1.3	1.4
140	2093	2102	2079	41.833	0.2	1.1
180	2746	2728	2750	54.977	-0.3	0.8
200	3035	3038	3056	61.108	0.3	0.7
240	3692	3704	3694	74.457	-0.2	0.3
280	4352	4350	4309	87.621	-0.2	1.0
300	4662	4646	4631	94.011	0.0	0.7
340	5288	5299	5240	107.075	0.2	1.1
380	5921	5864	5888	119.928	0.5	1.0
400	6232	6391	6194	127.933	-0.5	3.2
440	6800	6807	6821	139.258	1.1	0.3

**NOTAS:**

- 1- Se calibró tomando como referencia el Método C de la norma ASTM E 4 - 08
- 2- Se calibró hasta el 75% de su capacidad, de los cuales solo hasta el 54% (100 ton) está certificado
- 3- Er, error relativo del valor ajustado con respecto al patrón.  $Er(\%) = (Y-P)/Px100$
- 4- Rp, es la Repetibilidad. La norma pide no exceder el 1.0%.
- 5- Fecha de calibración : 2009-06-12
- 6- Resultados.
  - a) Coef.de Correlación:  $r = 0.999956$
  - b) Ecuación de ajuste:  $Y = A + B X + C X^2$   
 donde :  
 $A = -2437.365040$   
 $B = 313.0033953$   
 $C = 0.028180554$   
 $X$  : Lectura del MANOMETRO, en BAR  
 $Y$  : Fuerza PATRON ajustada, en Kilogramos.
  - c) Esta ecuación no reemplaza a la fuerza PATRON y su empleo, bajo las condiciones indicadas, es **opcional**.
- 7- Los resultados obtenidos son válidos solamente dentro del intervalo indicado.





## TABLA DE CALIBRACION

Solicitante: PILOTES TERRATEST PERU S.A.C.

Equipo : EQUIPO DE POSTENSADO

Gata Hidráulica. VSL, SA512, N05114, 185 ton

Bomba Eléctrica. VSL, EHPS-3, # 676, 700 BAR.

Manómetro JAKO, NF2208, 700 bar, 10 bar/división.

Fecha de Calibración : 2009-06-12 , Condiciones Ambientales : 19°C, 68% HR

Coef.de Correlación: r = 0.999956

Ecuación de Ajuste :  $Y = A + B X + C X^2$

Donde : X : Lectura del MANOMETRO, en BAR

Y : Fuerza PATRON ajustada, en Kilogramos.

A = -2437.365

B = 313.00340

C = 0.00281506

**NOTA :** El uso de esta TABLA, bajo las condiciones indicadas al pie de la TABLA 1, es opcional.

Dial bar	<i>Fuerza en Kilogramos</i>				
	0	20	40	60	80
20	3.834	10.128	16.444	22.783	29.145
100	29.145	35.529	41.935	48.365	54.816
200	61.291	67.787	<b>74,307</b>	80.849	87.413
300	94.000	100.609	107.241	113.896	120.573
400	127.273	133.995	140.740	xxxx	xxxx

Ejemplo : Para una lectura del dial (en bar) de 240 :

Según Tabla 1 : Carga Patrón (Real ) **74,457 Kg**

y Según el Ajuste (Tabla de Calibración) :

240 = 200 + 40, se tiene una fuerza de **74, 307 Kg**

con un error del -0.2%.

Este Informe consta de 04 páginas.

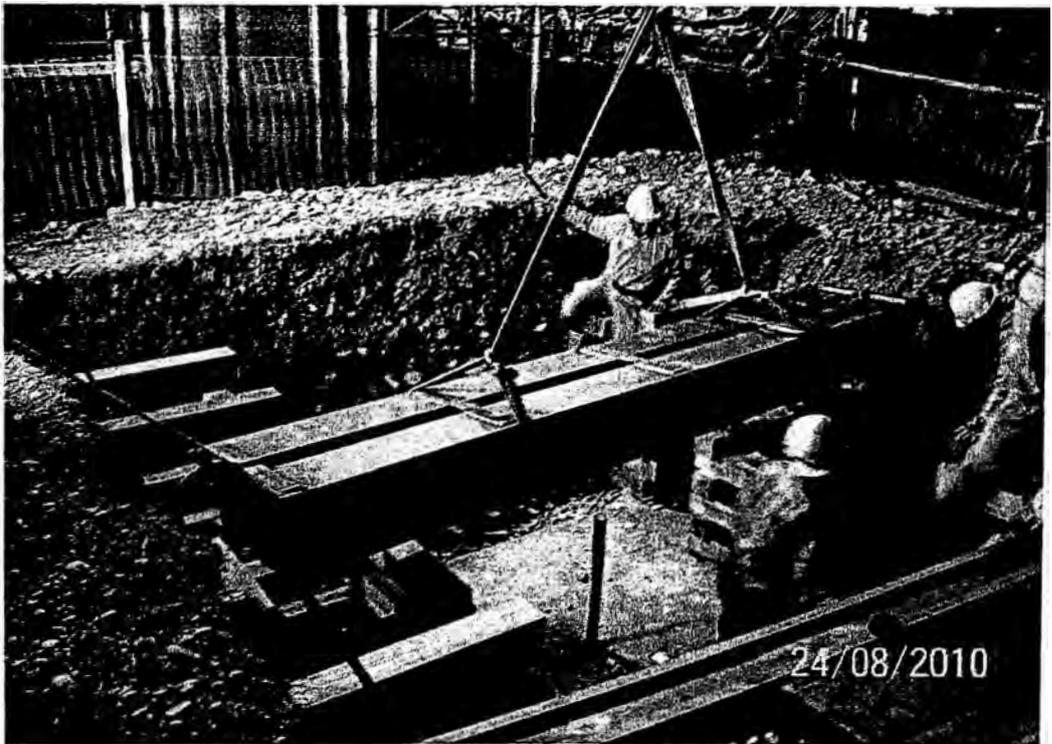
\*Prohibida la reproducción parcial o total de este Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas



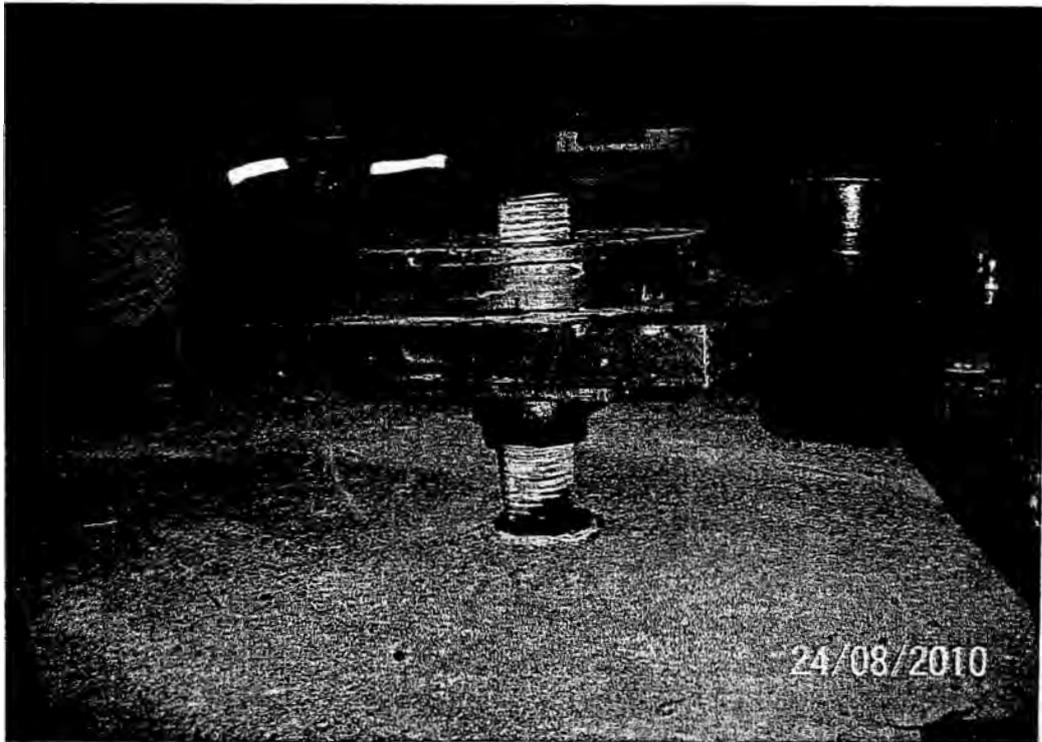
# **ANEXO 5**

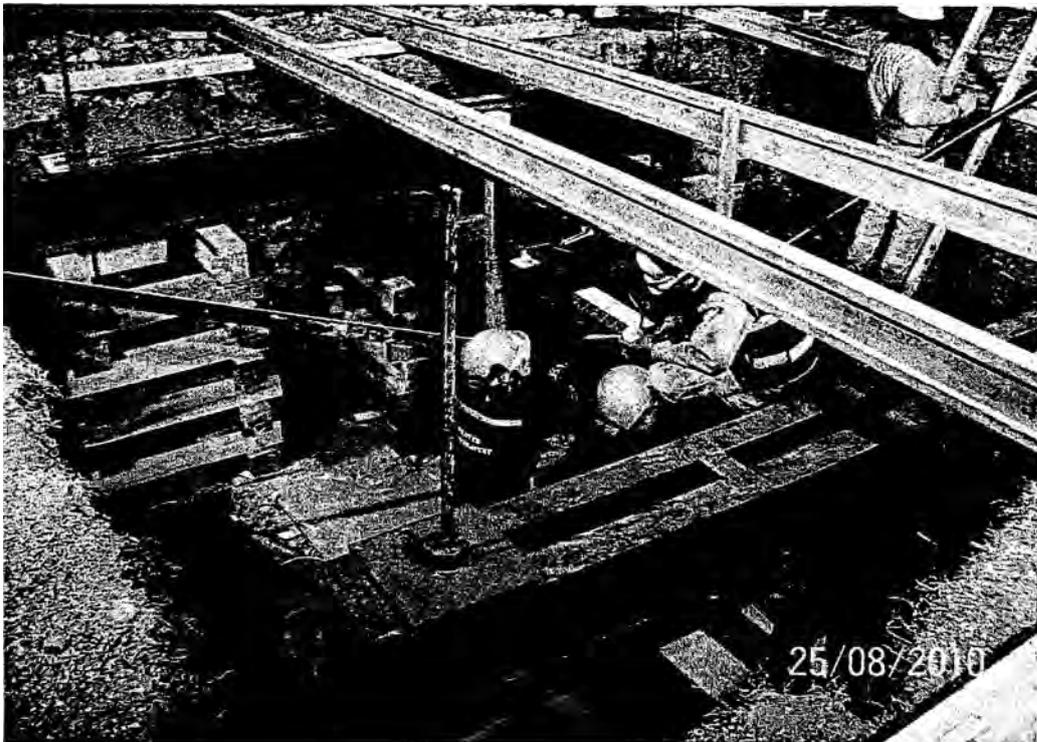
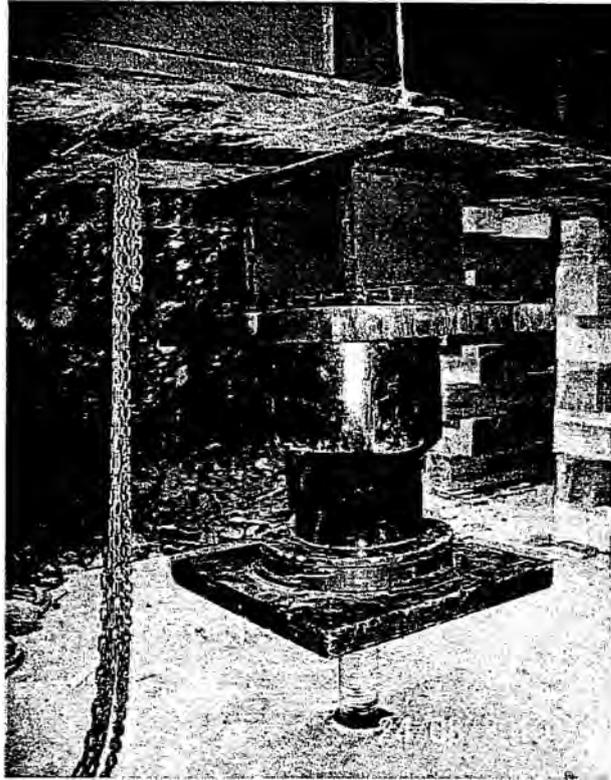
## **FOTOS**

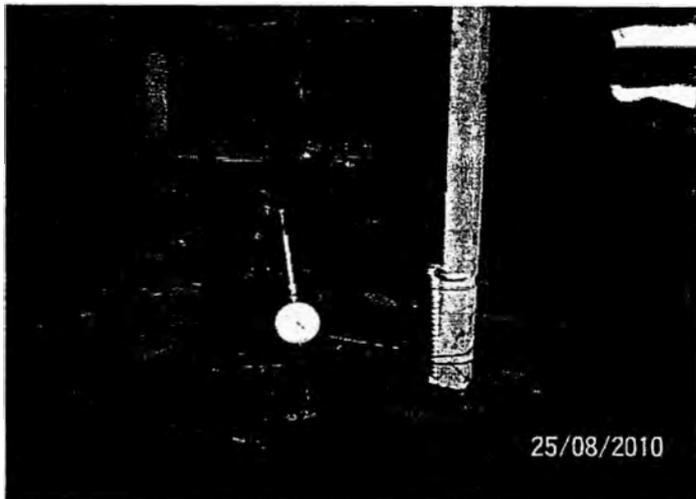


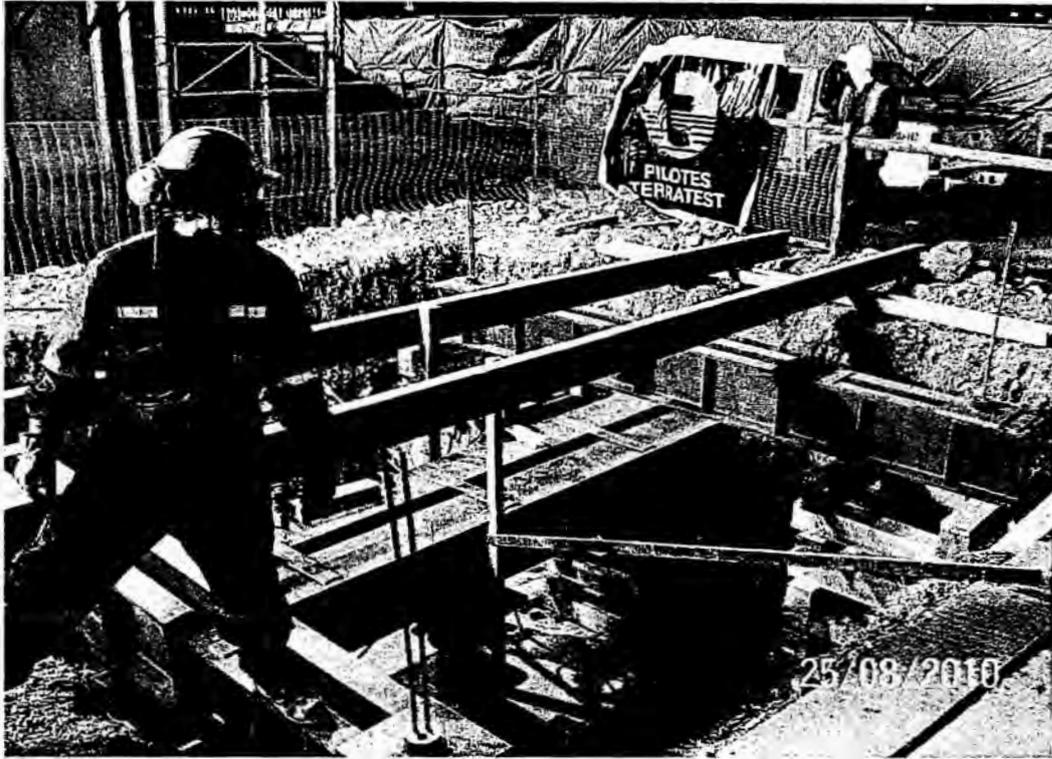












**INFORME DE ENSAYO DE  
ARRANCAMIENTO MICROPILOTES  
TITAN 40/16**



**P10064**  
**Proyecto Tren eléctrico**  
**Cruce Aviación – Javier Prado**

**INFORME DE ENSAYO DE ARRANCAMIENTO**  
**MICROPILOTE TITAN 40/16**

0	Revisión y comentarios	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	20/09/2010
<b>REV.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PREPARÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>	<b>EMITIÓ</b>	<b>FECHA</b>

## 1. Introducción

Los estribos del puente que unirá las avenidas Aviación y Javier Prado del proyecto de construcción del Tren Eléctrico de la ciudad de Lima, serán reforzados mediante micropilotes TITAN 73/53 que trabajarán mayormente a tracción. Para el diseño de los micropilotes se asumió un valor empírico de fricción suelo-micropilote  $q_s=250\text{kN/m}^2$ . La resistencia de estos elementos a tracción y compresión ya fue verificada mediante 2 ensayos en micropilotes de iguales características y con las mismas condiciones de carga, sin embargo, para determinar la fricción real suelo-micropilote, se realizó una prueba especial de arrancamiento con una carga inferior sobre un micropilote del tipo TITAN 40/16 de menor diámetro y menor longitud. La carga fue aplicada distanciada de la superficie y sobre apoyos distantes del micropilote, de tal forma que se pudiera formar el cono de arrancamiento del suelo y verificar así la fricción máxima no sólo del elemento con el suelo, sino también del terreno circundante como lo muestra la Fig. 1.

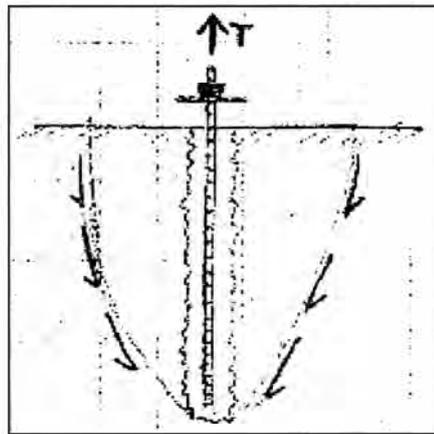
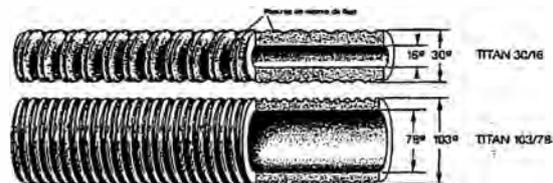


Fig 1.

## 2. Características Técnicas del Micropilote de Ensayo

El micropilote del tipo TITAN 40/16 ensayado tiene las siguientes características:

Tipo de barra	TITAN 40/16
Diámetro exterior - interior nominal [mm]	40 – 16
Carga última [kN]	660
Carga de fluencia [kN]	525
Tensión $T_{0.2}$ de fluencia [ $\text{N/mm}^2$ ]	590
Area de la sección [ $\text{mm}^2$ ]	879
Momento de Inercia [ $\text{cm}^4$ ]	8,98
Peso [kg/m]	6,9



## 3. Parámetros Geotécnicos de la zona

El tipo de suelo predominante en la zona donde se ensayó el micropilote se detalla a continuación:

Prof.	Estrato
1-2m	Relleno arcilla arenosa
2-25m	Grava mal gradada

## 4. Construcción del ensayo

Para obtener valores adecuados, se realizó el ensayo en una zona cercana al cimiento definitivo. La profundidad del ensayo se realizó a -3.00m para que las deformaciones puedan ser medidas en un terreno de características similares, ya que el cimiento estará realmente fundado a -6.00m. Es de esperar por tanto, que el comportamiento real de los micropilotes será aún mejor que el del ensayo, toda vez que se sabe que el terreno en la zona va mejorando sus parámetros de resistencia al aumentar la profundidad.

### 4.1 Estructura de carga.

La estructura de reacción adoptada consiste en 2 vigas metálicas de doble perfil tipo I apoyadas sobre vigas transversales que a su vez se apoyan sobre una cama de durmientes para una mejor transferencia de la reacción al terreno. La viga principal se posiciona de forma que el micropilote quede ubicado en el centro de su luz.

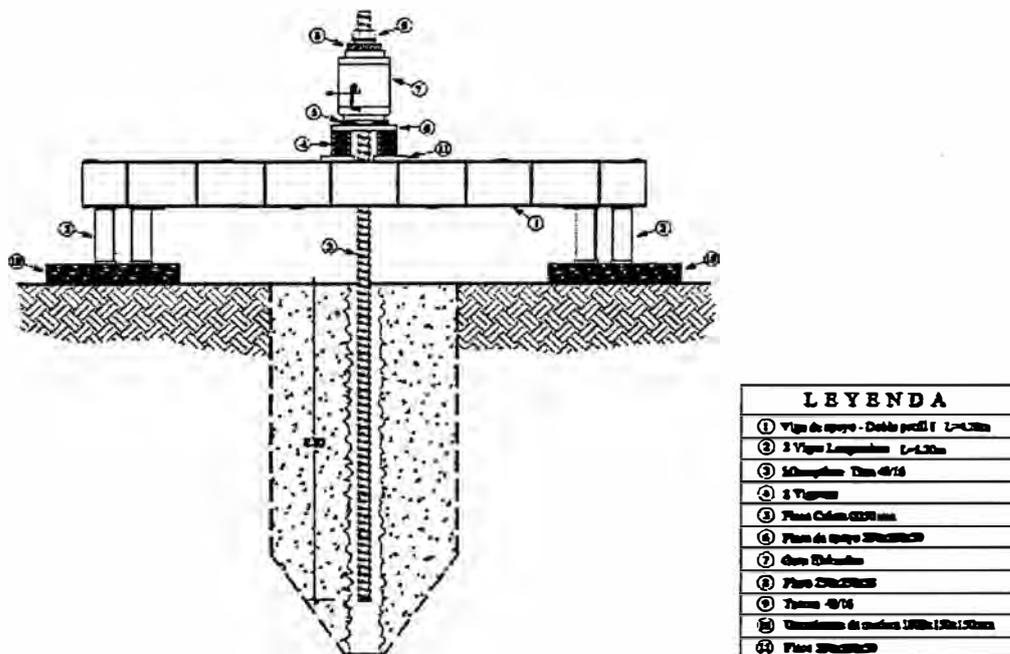


Fig 2. Esquema de la estructura construida para el ensayo de arrancamiento

Para la aplicación de la carga se utilizó un gato hueco VSL tipo SA512 debidamente calibrado (ANEXO 5, provisto de un adaptador especial consistente en un cilindro hueco que transfiere la carga del pistón al sistema de placas y tuerca. El gato hidráulico se armó sobre una estructura transversal a las vigas principales, compuesta de 2 travesaños y una placa de distribución.

Para mejor repartición de la carga, se utilizó una placa tipo calota (dos placas mecanizadas con forma semiesférica, para centrar la carga - Véase la Fig. 3).

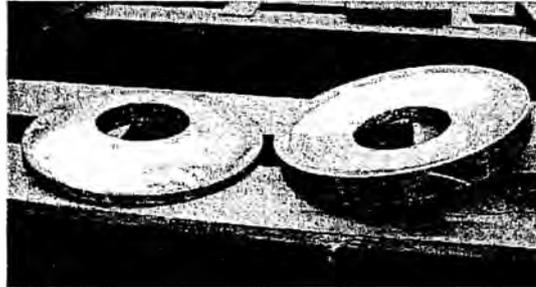


Fig 3. Placa calota

Sobre la placa superior se instalaron comparadores, uno a cada lado del eje del micropilote y con bases magnéticas apoyadas sobre una viga transversal auxiliar completamente independiente de la estructura de carga, para que no resulte influida por las deformaciones de la misma. Adicionalmente se colocó un comparador en la parte superior de la viga principal que permitió medir las deformaciones en la misma durante el proceso de carga del micropilote.

Previo a la colocación de los durmientes de madera, se compactó el suelo de forma mecánica.

#### 4.2 Secuencia de construcción y preparativos adicionales

La secuencia constructiva se detalla a continuación:

- Perforación micropilote Titan 40/16 L=4.50m desde el nivel -1.00m
- Excavación hasta nivel de ensayo -3.00m
- Compactado del terreno en la zona de las durmientes al 95% Proctor normal
- Nivelado y tendido de durmientes y vigas transversales de apoyo
- Tendido de viga principal sobre vigas transversales
- Colocado de placas y apoyos adicionales
- Instalación de placa calota y gato hidráulico
- Instalación de estructura de medición independiente
- Vaciado de una capa de mortero e=1 cm entre el micropilote y las durmientes
- Colocación de relojes comparadores
- Ensayo de arrancamiento



Fig 4. Estructura lista para el ensayo de arrancamiento

## 5. Ejecución de la prueba de arrancamiento

La capacidad de carga interna del micropilote está dada por la falla del material. En este caso el micropilote TITAN 40/16 tiene una capacidad de fluencia nominal de 525 KN.

### 5.1 Carga de Prueba $F_p$

Para el ensayo se definió inicialmente una carga de prueba  $F_p=473$  kN que corresponde a 0.9 veces la carga de fluencia del elemento. Sin embargo, debido que al llegar a esta carga ni el elemento ni el suelo habían presentado una deformación considerable, se aumentó la carga hasta 614kN, es decir 1.30 veces la carga de prueba definida originalmente.

### 5.2 Ciclos de carga y tiempos

El ensayo se realizó con carga controlada, midiendo la carga de tracción aplicada al micropilote para cada periodo de tiempo dado.

La carga se incrementó en varias etapas hasta llegar a la carga máxima del ensayo. Antes de iniciar el proceso de carga, se aplicó una precarga para calibrar y establecer el inicio de las mediciones. La precarga se ejecutó a 10%  $F_p$ .

La siguiente figura muestra el gráfico de los escalones de carga ejecutados en el ensayo de arrancamiento y los tiempos de observación:

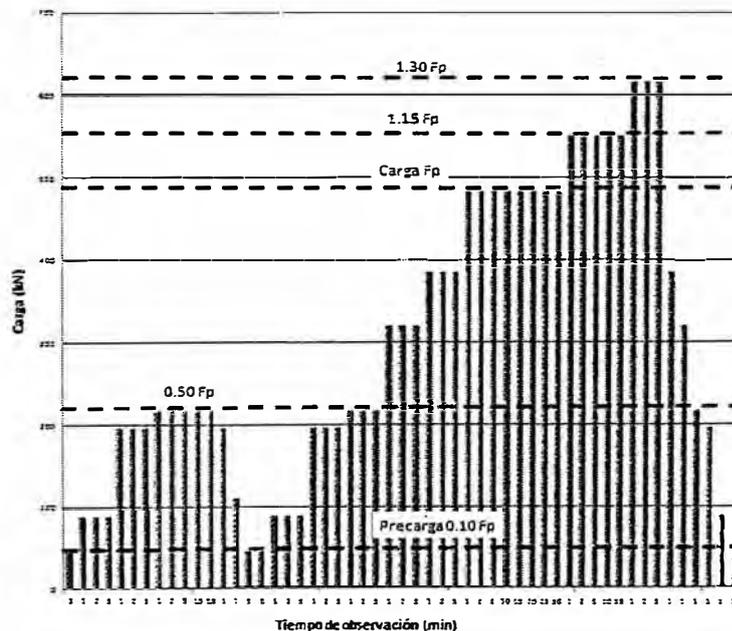


Fig 5. Escalones de carga aplicados en el ensayo

### 5.3 Medición de deformaciones

La medición de las deformaciones axiales se realizó mediante dos relojes comparadores con diales que permiten lecturas de hasta 0.01 mm. Los comparadores fueron montados mediante bases magnéticas a un apoyo o estructura de referencia auxiliar apoyada al suelo en forma independiente de

la estructura del ensayo. Se colocaron dos comparadores en forma simétrica respecto al eje del micropilote a modo de obtener finalmente un promedio de ambas deformaciones medidas.

La estructura de referencia para las mediciones se ubicó fuera del área de influencia de las cargas. En el ANEXO 2 se presenta el registro de las deformaciones en original y la planilla en limpio con el cálculo de las deformaciones promedio, límites de fluencia y cargas reales obtenidas.

## 6. Análisis de resultados

Para el análisis de resultados se presentan los detalles particulares de la ejecución del micropilote y del ensayo, junto con los siguientes gráficos:

- Planilla de registro de tiempo, carga y deformaciones.
- Curva carga – deformación
- Curvas deformación – tiempo.
- Curva carga-tiempo

A pesar de haber alcanzado una carga igual a 1.3 veces la carga de prueba, en el ensayo no se hizo notorio el levantamiento del micropilote. La deformación final fue de 20.56mm, pero a la misma debemos descontar la deformación elástica producida en el tramo libre entre el punto de transmisión de la carga y el suelo. Esta longitud fue finalmente de 2,00m y la deformación elástica se calculó en 7mm. Por tanto se puede deducir que la deformación real del elemento embebido en el suelo fue solamente de 13.56mm, ligeramente mayor al 10% del diámetro del micropilote  $D=120\text{mm}$  (Diámetro final del micropilote con el mortero de inyección corroborado durante el descabezado del micropilote, véase la Fig. 6).



Fig 6. Diámetro efectivo del micropilote con el recubrimiento de mortero de inyección

A continuación se presenta la curva carga-deformación obtenida directamente de las mediciones y sin corrección por la deformación elástica del elemento. La pendiente del gráfico carga-deformación permite estimar que si no estuviéramos restringidos por la capacidad estructural del micropilote, se podría llegar a una carga aún mayor que la alcanzada en el ensayo de 614 kN.

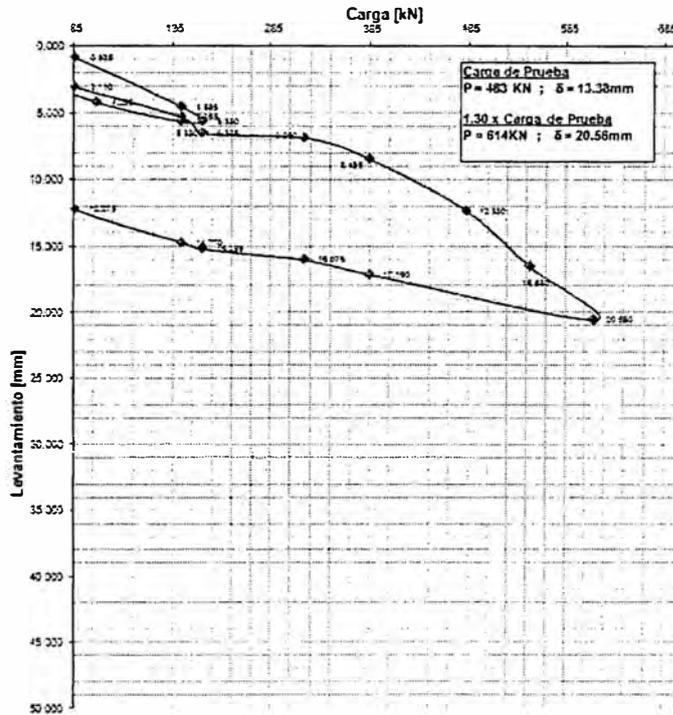


Fig 7. Curva carga-levantamiento

La curva deformación-tiempo para los distintos escalones de carga permite inferir desplazamientos de creep inferiores a los exigidos por norma (Tabla 1). Los valores de creep se encuentran tabulados en el ANEXO 2 y la curva puede apreciarse en la Fig. 8 y en el ANEXO 3.

Suelos No Cohesivos o Roca	
$\Delta s = s(5') - s(2')$	$\leq 0,20$ [mm]
$\Delta s = s(15') - s(5')$	$\leq 0,40$ [mm]
$\Delta s = s(30') - s(15')$	$\leq 0,30$ [mm]

Tabla.1 Límites admisibles de deformación para cumplir el criterio de fluencia según DIN4125

Acá se debe mencionar que la verificación de CREEP se cumplió en todas las etapas hasta alcanzar la carga de prueba  $F_p$ , sin embargo, al pasar a 1.15 veces la carga de prueba, no se pudo verificar el límite de fluencia exigido entre 5 y 15 min. En este punto se obtuvo un valor de 0.55mm, mayor al permitido por norma. Lo irónico de este resultado es que al aumentar la carga a 1.30 veces  $F_p$ , el criterio de CREEP se volvió a cumplir. Es posible por tanto que la falla de fluencia se haya debido a una ligera relajación del suelo o una soltura repentina luego de haberse trabado el elemento en el suelo granular o en un bolón de piedra. También, aunque menos posible, se debe considerar la posibilidad de que la lectura haya sido errónea, toda vez que las anteriores 3 lecturas en esta carga habían mantenido una secuencia casi invariable.

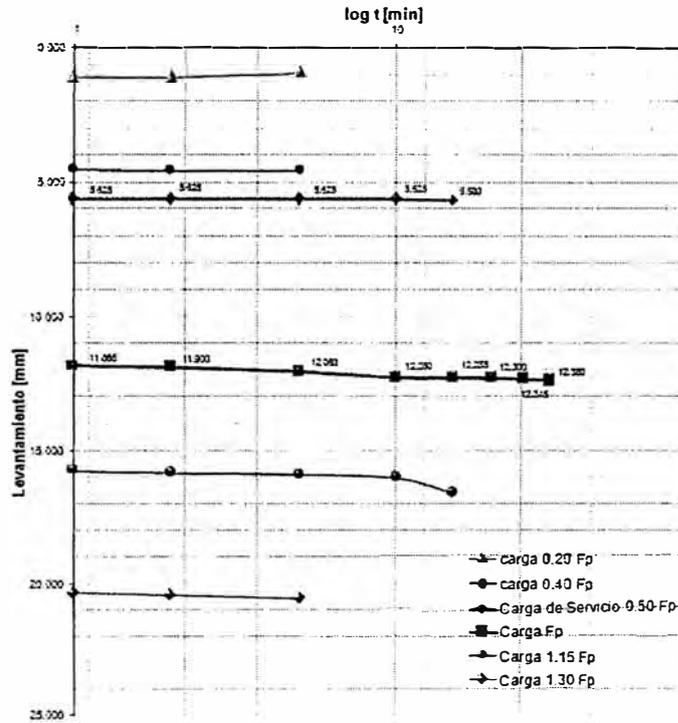


Fig. 8. Curva deformación - tiempo

### 6.1 Resistencia característica por fuste

Según la norma DIN1054: "La carga última del pilote es aquella con la que el pilote se levanta considerablemente". En el Diagrama Carga-Levantamiento no se reconoce un cambio brusco en la pendiente donde el micropilote empiece a levantarse sin incremento considerable de carga. Si no se puede definir claramente la carga última del micropilote a partir del gráfico Carga-Levantamiento, las normas alemanas definen la misma para todo tipo de pilotes como la carga correspondiente a un levantamiento  $S=0.10 D$ .

Para poder definir la carga máxima del micropilote TITAN 40/16, debemos primero descontar la deformación elástica del elemento en el tramo libre con una longitud de 2m. Para un área de 879mm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad de 200kN/mm<sup>2</sup>, se obtienen las deformaciones reales del elemento embebido y se detallan en el gráfico corregido que se muestra más abajo:

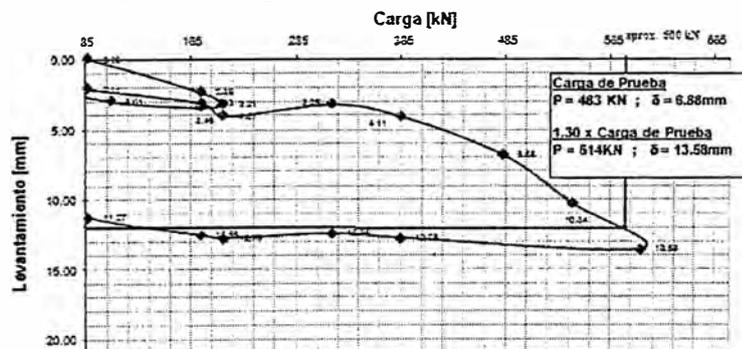


Fig. 9. Gráfico corregido carga-deformación descontando la deformación elástica del micropilote en el tramo libre

Del gráfico se obtiene para una deformación  $S=12\text{mm}$ , una carga de aprox. 600 kN. Esta carga es por tanto la carga máxima con la que se calculará la fricción lateral del suelo.

Debido a que no existe otro aporte de resistencia a tracción más que la fricción del elemento con el suelo, las normas permiten estimar la fricción del suelo (o resistencia característica por fuste) a partir de los resultados de un ensayo de arrancamiento, reduciendo los valores obtenidos por un coeficiente de corrección en función del número de ensayos realizados. Como en este caso sólo se realizó una única prueba de carga, el factor de corrección es de 1.40. Por lo tanto, la resistencia característica por fuste obtenida en el ensayo resulta:

$$q_s = P_{\max} / \pi \cdot D \cdot L \cdot 1.4 = 600 / \pi \cdot 0.120 \cdot 2.5 \cdot 1.4$$

$$q_s = 455 \text{ kN/m}^2$$

## 6.2 Cono de arrancamiento

La teoría estima que al ser un micropilote sometido a una carga de tracción, el suelo circundante puede ser arrancado junto con el mismo, formando un cono cuyas dimensiones se calculan en función del ángulo de fricción interna del suelo.

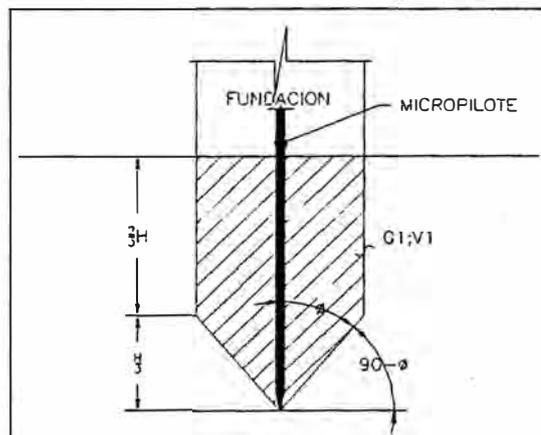


Fig 10. Cono de arrancamiento teórico en micropilotes a tracción

El peso de este cono será finalmente el único soporte que se resista al arrancamiento del micropilote, por lo que el factor de seguridad frente al levantamiento del terreno es determinado por la relación existente entre el peso del suelo del cono y la carga de tracción.

Durante el ensayo, no se observó ningún levantamiento del terreno circundante, tan sólo una pequeña fisura cercana al micropilote (Fig. 11), lo que indica que el suelo tiene un ángulo de fricción mucho mayor a los  $40^\circ$  asumidos para el diseño, toda vez que con un ángulo de  $40^\circ$  el suelo debió haber fallado con una carga de 300kN. Sin embargo, se llegó a duplicar esta carga sin registrarse levantamiento alguno del suelo. El cálculo del arrancamiento del cono se detalla en el ANEXO 4.

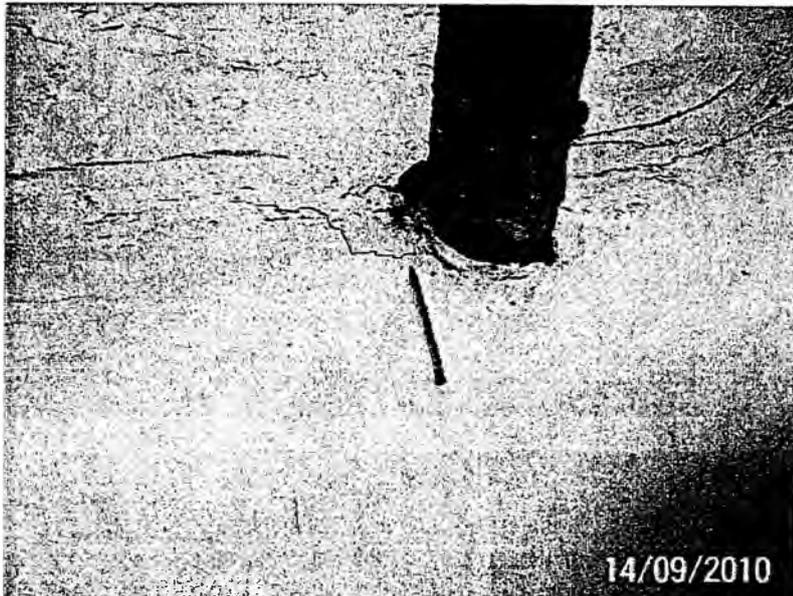


Fig 11. Pequeña fisura presentada en el vaciado de yeso alrededor del micropilote – No se registró levantamiento

## 7. Conclusiones

Los resultados obtenidos sobrepasaron las expectativas con respecto a la resistencia real del suelo donde se construirán los estribos del cruce entre las avenidas Javier Prado y Aviación. Se debe recordar que para este proyecto, se estimó una fricción característica del suelo de  $250 \text{ kN/m}^2$ , habiéndose obtenido un valor de fricción mucho mayor igual a  $455 \text{ kN/m}^2$  (aplicando un factor de reducción 1,4).

Si bien la profundidad del ensayo se realizó a  $-3.00\text{m}$ , el cemento estará realmente fundado a  $-6.00\text{m}$ . Es de esperar por tanto, que el comportamiento real de los micropilotes será aún mejor que el del ensayo, toda vez que se sabe que el terreno en la zona va mejorando sus parámetros de resistencia al aumentar la profundidad. Se puede concluir por tanto, que la resistencia por fuste de los micropilotes construidos en este proyecto estará muy por encima a los valores utilizados para el diseño.

## 8. Referencias Bibliográficas

- [1] Norma DIN 4128: Small diameter injection piles (cast-in-place concrete piles and composite piles). Construction procedure, design and permissible loading.
- [2] Norma DIN 4125: Ground anchorages – Design, construction and testing.
- [3] EN14199 Execution of special geotechnical works - Micropiles
- [4] FHWA-SA-97-070 Micropile design and construction guidelines
- [5] M- Bustamante, 1986 – Un método para el cálculo de los anclajes y micropilotes inyectados
- [6] Recomendaciones TA 95 – Norma Francesa de anclajes.
- [7] Norma ASTM D1143 Standard Test Method for piles under static axial compressive load.
- [8] Norma ASTM D3689 Standard Test Method for individual piles under static axial tensile load.
- [9] EAP Recomendaciones de la comisión de trabajo para obras de pilotes. Ernst & Sohn 2007
- [10] DIN 1054; Subsoil; – Verification of the safety of earthworks and foundations, 2005

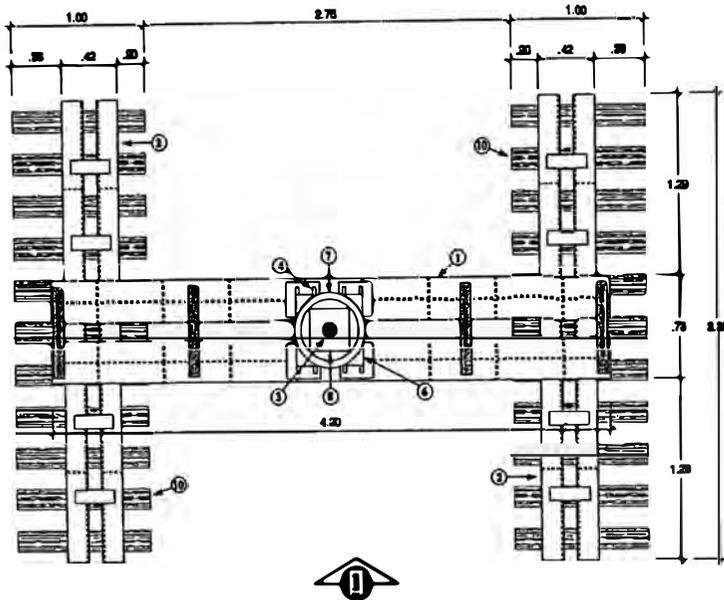


# **ANEXO 1**

## **PLANO DEL ENSAYO DE ARRANCAMIENTO**

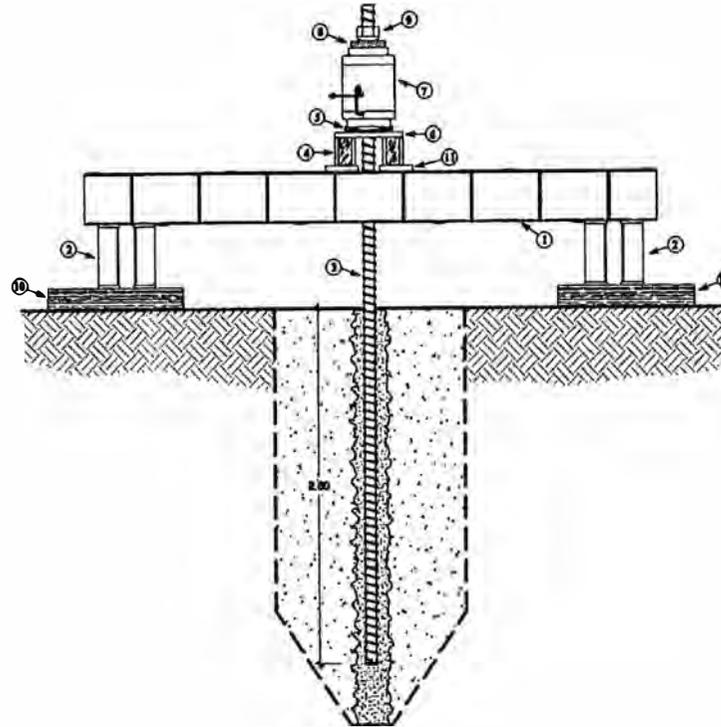


# DISTRIBUCIÓN PLANTA



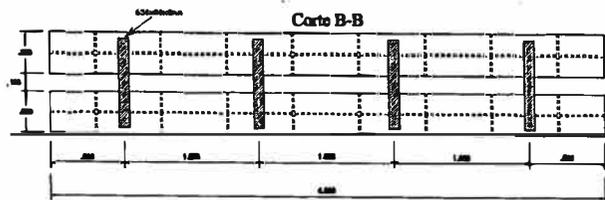
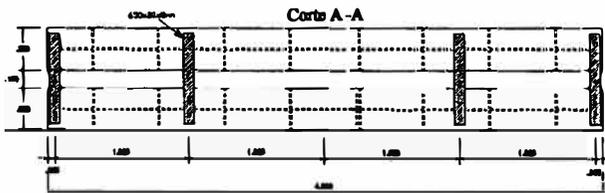
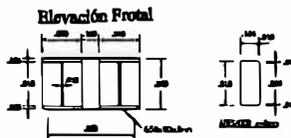
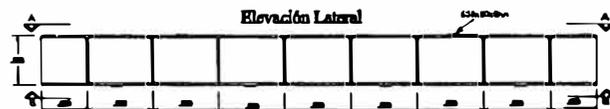
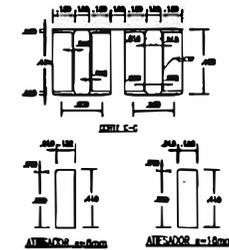
① VIGA DE APOYO - DOBLE PERFIL I

# ELEVACIÓN 1



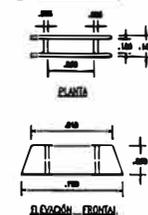
LEYENDA	
①	Viga de apoyo - Doble perfil I L=4.20m
②	2 Vigas Longuerinas L=3.50m
③	Micropiloto T=40/16
④	2 Viguetas
⑤	Placa Calota Ø350mm
⑥	Placa de apoyo 500x500x50
⑦	Gato Híbrido
⑧	Placa 250x250x38
⑨	Tuerca 40/16
⑩	Domellente de madera 1000x150x150mm
⑪	Placa 250x250x38

② VIGA LONGUERINA

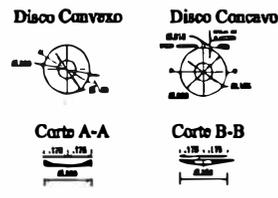


APTO PARA CONSTRUCCIÓN

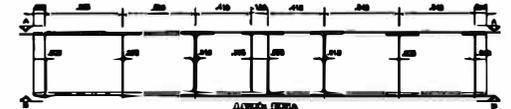
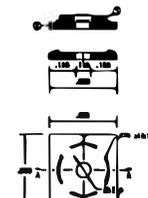
④ VIGUETA



⑤ PLACA CALOTA



⑥ PLACA DE APOYO



**PILOTES TERRATEST**  
 PROYECTO TIPO ELECTRICO  
 ENSAYO DE TRACCION CON  
 ARBANCAMIENTO  
 P10064  
 P10064-NIC-ENS ARRA-001

# **ANEXO 2**

## **PLANILLAS DE REGISTRO DE DATOS**



# ENSAYO A TRACCIÓN ISCHEBECK TITAN 73/53

ODHA - P10064 - Tren Eléctrico Cruz Javier Prado-Artalón

Encargado del Ensayo: MARIANO SAUCEDO

Integrantes del Equipo de Ensayo:

INFORMACIÓN ENS 005 Fecha de Emisión: 15/03/2010 Versión: 1.0	Fecha de Ejecución: 15/03/2010 Hora: 8:35 Lugar: SAGMOP	Tipo de Ensayo: Tracción Tipo de Material: S 7. No
--	---	---

Tipo de Carga: p < 14000 (14000) - 0.301 VSL SAGMOP: p < 14000 (14000) - 0.301 Fecha última calibración: 15/03/2010 VSL SAGMOP: 15000000	Curva de abstracción: p < 14000 (14000) - 0.301 p < 14000 (14000) - 0.301 p < 14000 (14000) - 0.301
---	--

Tipo de Ensayo: Tracción Carga Servicio: 475 kN Carga de prueba: 475 kN Tipo de Ensayo: Tracción Carga de fluencia microplástica: 475 kN Carga límite prueba: 475 kN	Tipo de Ensayo: Tracción Carga Servicio: 475 kN Carga de prueba: 475 kN Tipo de Ensayo: Tracción Carga de fluencia microplástica: 475 kN Carga límite prueba: 475 kN
---	---

Tipo de Ensayo: Tracción Carga Servicio: 475 kN Carga de prueba: 475 kN Tipo de Ensayo: Tracción Carga de fluencia microplástica: 475 kN Carga límite prueba: 475 kN	Tipo de Ensayo: Tracción Carga Servicio: 475 kN Carga de prueba: 475 kN Tipo de Ensayo: Tracción Carga de fluencia microplástica: 475 kN Carga límite prueba: 475 kN
---	---

CRITERIOS CREEP PRUEBA DE INVESTIGACIÓN Suetos No cohesivos o roca L <sub>x</sub> = 4(5) - 4(2) + 0.20 mm L <sub>y</sub> = 4(5) - 4(5) + 0.20 mm L <sub>z</sub> = 4(2) - 4(2) + 0.20 mm
--

CRITERIOS DE FALLA PRUEBA DE INVESTIGACIÓN Suetos No cohesivos L <sub>x</sub> = 4(5) - 4(2) + 0.20 mm L <sub>y</sub> = 4(5) - 4(5) + 0.20 mm L <sub>z</sub> = 4(2) - 4(2) + 0.20 mm
--

Método de determinación de la resistencia a la tracción: Norma: EN 12390-1

CICLO NUMERO	ESCALONES DE CARGA		tiempo de obs. (minutos)	CARGA (kN)	Deformación			Der. acum. (mm)	L. s. (mm)	Vent. CREEP	APOYO (mm)	Bar Real medido (bar)	Carga Real (kN)	Observaciones	T <sub>g</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
	tipo	% Fp			C1 (mm)	C2 (mm)	Der. prom. (mm)								
0	inicio	0%	0	0											
1	precarga 0.10 Fp	10%	1	47	0.205	0.204	0.000	0.000			20	45		Inicio de mediciones	47
	carga 0.20 Fp	20%	1	95	0.402	0.393	0.000	0.000			40	88			
		30%	2	95	0.402	0.393	0.000	0.000	0.000		40	88			
		50%	5	95	0.402	0.393	0.000	0.000	0.000		40	88			91
	carga 0.40 Fp	40%	1	189	0.725	0.724	0.000	0.000	0.000		80	195			
		45%	2	189	0.725	0.724	0.000	0.000	0.000		80	195			
		48%	5	189	0.725	0.724	0.000	0.000	0.000		80	195			202
	carga 0.50 Fp	50%	1	237	0.937	0.936	0.000	0.000	0.000		100	217			
		55%	2	237	0.937	0.936	0.000	0.000	0.000		100	217			
		58%	5	237	0.937	0.936	0.000	0.000	0.000		100	217			
		60%	10	237	0.937	0.936	0.000	0.000	0.000		100	217			
	descarga 0.40 Fp	40%	1	189	0.724	0.724	0.000	0.000			80	195			
descarga 0.25 Fp	25%	1	118	0.387	0.387	0.000	0.000			50	109				
descarga 0.10 Fp	10%	1	47	0.202	0.202	0.000	0.000			20	45				
2	precarga 0.10 Fp	10%	1	47	0.205	0.204	0.000	0.000			20	45			
	carga 0.20 Fp	20%	1	95	0.402	0.393	0.000	0.000	0.000		40	88			
		30%	2	95	0.402	0.393	0.000	0.000	0.000		40	88			
		50%	5	95	0.402	0.393	0.000	0.000	0.000		40	88			91
	carga 0.40 Fp	40%	1	189	0.725	0.724	0.000	0.000	0.000		80	195			
		45%	2	189	0.725	0.724	0.000	0.000	0.000		80	195			
		48%	5	189	0.725	0.724	0.000	0.000	0.000		80	195			202
	carga 0.50 Fp	50%	1	237	0.937	0.936	0.000	0.000	0.000		100	217			
		55%	2	237	0.937	0.936	0.000	0.000	0.000		100	217			
		58%	5	237	0.937	0.936	0.000	0.000	0.000		100	217			224
	carga 0.70 Fp	70%	1	331	0.851	0.851	0.000	0.000	0.000		110	320			
		75%	2	331	0.851	0.851	0.000	0.000	0.000		110	320			
80%		5	331	0.851	0.851	0.000	0.000	0.000		110	320			331	
carga 0.85 Fp	85%	1	402	1.121	1.121	0.000	0.000	0.000		130	385				
	88%	2	402	1.121	1.121	0.000	0.000	0.000		130	385				
	90%	5	402	1.121	1.121	0.000	0.000	0.000		130	385			359	
carga Fp	100%	1	475	1.477	1.473	0.000	0.000	0.000		160	481				
	100%	2	475	1.477	1.473	0.000	0.000	0.000		160	481				
	100%	5	475	1.477	1.473	0.000	0.000	0.000		160	481				
	100%	10	475	1.477	1.473	0.000	0.000	0.000		160	481				
	100%	15	475	1.477	1.473	0.000	0.000	0.000		160	481				
	100%	20	475	1.477	1.473	0.000	0.000	0.000		160	481				
descarga 0.85 Fp	85%	1	402	1.121	1.121	0.000	0.000			130	385				
descarga 0.70 Fp	70%	1	331	0.851	0.851	0.000	0.000			110	320				
descarga 0.55 Fp	55%	1	260	0.730	0.728	0.000	0.000			100	217				
descarga 0.40 Fp	40%	1	189	0.725	0.724	0.000	0.000			80	195				
descarga 0.25 Fp	25%	1	118	0.387	0.387	0.000	0.000			50	109				
descarga 0.10 Fp	10%	1	47	0.202	0.202	0.000	0.000			20	45				

# ENSAYO A TRACCIÓN ISCHEBECK TITAN 40/16

OBRA: P10064 - Tren Eléctrico Cruce Javier Prado-Aviación

Encargado del Ensayo: MARIANO SAUCEDO

Integrantes del Equipo de Ensayo: Mariano Saucedo (PTP), Hebert Sotelo (Cesef), Luis Ordoñez (FF-ABISA)

MICROPILOTE Nro: ENS 003  
 Tipo Cemento: Portland I  
 Fecha de Ensayo: 14/09/2010  
 Cemento Extra: 4 días  
 Si / No

Gato Tipo:	Curva calibración: p(bar)	
	p=100(bar)	p=100(bar)
VSL SAS12	p = 0.4658 * Q(kN) - 0.993	p = 0.3059 * Q(kN) + 12.186
Fecha última calibración		
VSL SAS12	15/06/2009	PUCP

Tipo micropilote	TITAN 40/16
Carga de prueba Fp:	473 kN

IGU	IRS (marcar con una X)
Tipo Micropilote:	TITAN 40-16
Long. Total	(m) 2.50
Carga de fluencia	(kN) 525
Area nominal:	(mm <sup>2</sup> ) 879.00

CRITERIOS CREEP	Def total apoyo	10.35 mm	Método de perforación	ODEX 90
PRUEBA DE INVESTIGACIÓN	Def estimada barra libre (2n)	7.00 mm	dámetro perforación	0.123 m
Suelos No cohesivos o roca	(zona no embebida)		qs característico =	Pmax / pi * D * L kN/m <sup>2</sup>
Δs = s(5) - s(2) < 0.20 mm.				
Δs = s(15) - s(5) < 0.40 mm.				
Δs = s(30) - s(15) < 0.30 mm.				

CRITERIOS DE FALLA
PRUEBA DE INVESTIGACIÓN
Suelos No cohesivos
Δs = s(5) - s(2) < 0.80 mm.
Δs = s(15) - s(5) < 0.95 mm.
Δs = s(30) - s(15) < 0.60 mm.

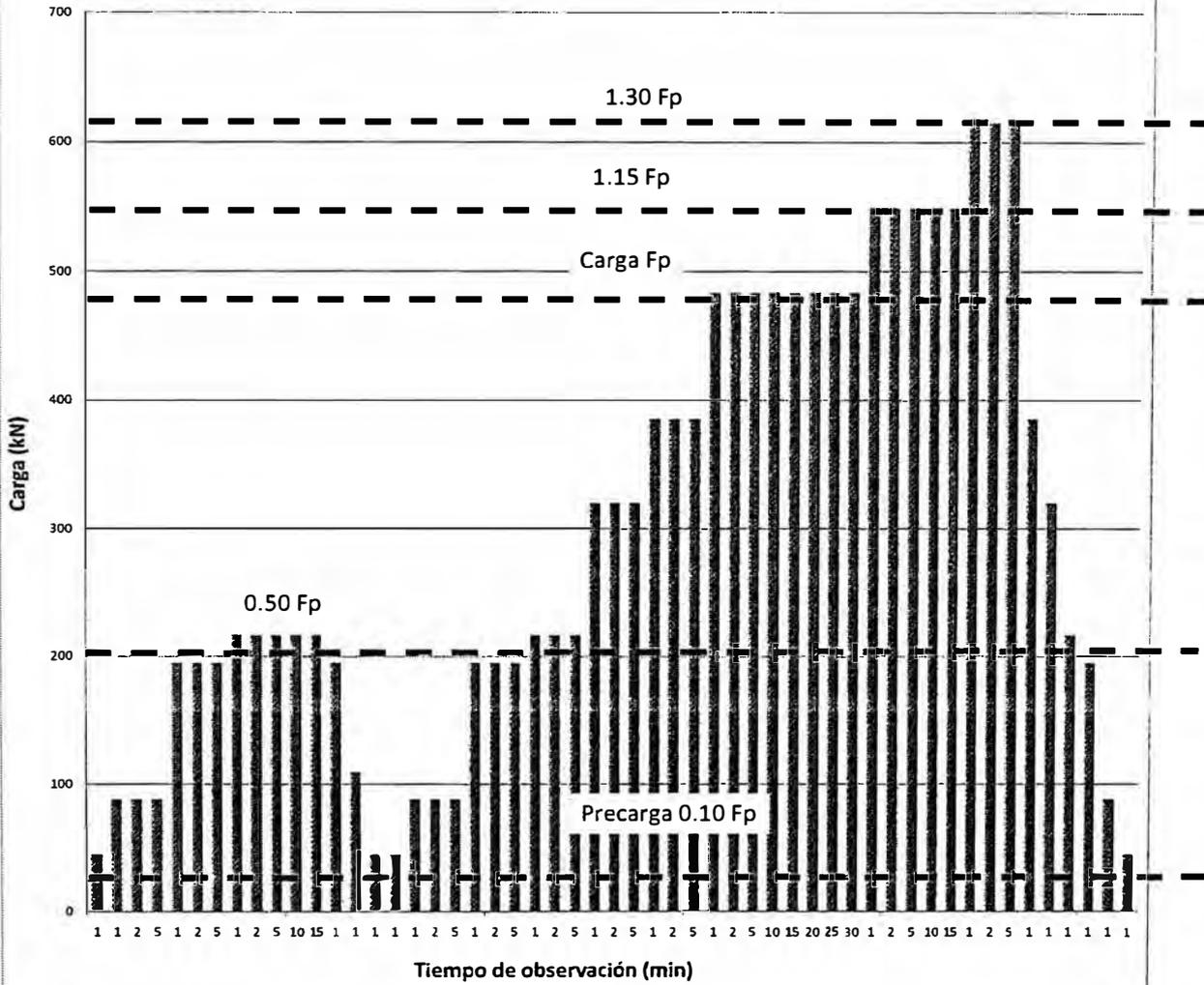
CICLO NÚMERO	ESCALONES DE CARGA		tiempo de obs. (minutos)	CARGA kN	Deformación anclaje			Def. acum. mm	Δ s mm	Verif. CREEP	APOYO Δ mm	Bar Real medido bar	Carga Real kN	Observaciones	qs característico kN/m <sup>2</sup>
	tipo	% Fp			C1 Δ mm	C2 Δ mm	Def. prom. Δ mm								
0	inicio	0%		0											
1	pre carga 0.10 Fp	10%	1	47	3.05	4.39	3.720	0.000			35.28	20	45	Inicio de mediciones	47
		20%	1	95	4.02	5.63	4.825	1.105			34.05	40	88		
	carga 0.20 Fp	20%	2	95	4.02	5.63	4.825	1.105	0.000		34.00	40	88		
		40%	5	95	4.02	5.29	4.655	0.935	0.170	OK	33.91	40	88		91
	carga 0.40 Fp	40%	1	189	7.25	9.24	8.245	4.525			30.21	90	195		
		40%	2	189	7.37	9.24	8.305	4.585	0.060		30.18	90	195		
	carga 0.50 Fp	40%	5	189	7.37	9.24	8.305	4.585	0.000	OK	30.10	90	195		202
		50%	1	237	8.63	10.06	9.345	5.625			29.55	100	217		
		50%	2	237	8.63	10.06	9.345	5.625	0.000		29.54	100	217		
		50%	5	237	8.63	10.06	9.345	5.625	0.000		29.49	100	217		
		50%	10	237	8.63	10.06	9.345	5.625	0.000		29.45	100	217		
	descarga 0.40 Fp	50%	15	237	8.64	10.16	9.400	5.680	0.055	OK	29.42	100	217		224
		40%	1	189	8.64	10.16	9.400	5.680			29.43	90	195		
	descarga 0.25 Fp	25%	1	118	7.54	8.41	7.975	4.255			30.53	50	109		
	descarga 0.10 Fp	10%	1	47	5.62	6.33	5.975	2.255			32.42	20	45		
2	pre carga 0.10 Fp	10%	1	47	5.56	6.33	5.945	2.225			32.48	20	45		
		20%	1	95	5.70	7.94	6.820	3.100			31.80	40	88		
	carga 0.20 Fp	20%	2	95	5.70	7.94	6.820	3.100	0.000		31.80	40	88		
		40%	5	95	5.70	7.96	6.830	3.110	0.010	OK	31.79	40	88		91
	carga 0.40 Fp	40%	1	189	8.23	9.64	8.935	5.215			29.71	90	195		
		40%	2	189	8.30	9.64	8.970	5.250	0.035		29.69	90	195		
	carga 0.50 Fp	40%	5	189	8.51	9.64	9.075	5.355	0.105	OK	29.60	90	195		202
		50%	1	237	9.93	10.58	10.255	6.535			29.33	100	217		
	carga 0.70 Fp	50%	2	237	9.93	10.58	10.255	6.535	0.000		29.32	100	217		
		50%	5	237	9.93	10.58	10.255	6.535	0.000	OK	29.32	100	217		224
		70%	1	331	9.61	11.58	10.595	6.875			28.91	110	320		
	carga 0.85 Fp	70%	2	331	9.61	11.58	10.595	6.875	0.000		28.91	110	320		
		70%	5	331	9.64	11.58	10.610	6.890	0.015	OK	28.90	110	320		331
	carga 0.85 Fp	85%	1	402	11.21	13.11	12.160	8.440			28.04	130	385	fisura mínima en el suelo	
		85%	2	402	11.28	13.13	12.205	8.485	0.045		28.00	130	385		
	carga Fp	85%	5	402	11.30	13.13	12.215	8.495	0.010	OK	27.91	130	385		399
		100%	1	473	14.64	16.53	15.585	11.865			26.48	160	483		
		100%	2	473	14.71	16.53	15.620	11.900	0.035		26.41	160	483	fisura mínima al lado micropilote	
		100%	5	473	15.03	16.53	15.780	12.060	0.160	OK	26.33	160	483		
		100%	10	473	15.47	16.53	16.000	12.280	0.220		26.32	160	483		
		100%	15	473	15.48	16.53	16.005	12.285	0.005	OK	26.33	160	483		
		100%	20	473	15.51	16.53	16.020	12.300	0.015		26.39	160	483		
		100%	25	473	15.60	16.53	16.065	12.345	0.045		26.45	160	483		
		100%	30	473	15.67	16.53	16.100	12.380	0.035	OK	26.48	160	483	no se aprecia levantamiento	500
		115%	1	544	18.65	20.33	19.490	15.770			25.79	180	549		
carga 1.15 Fp	115%	2	544	18.78	20.33	19.555	15.835	0.065		25.73	180	549			
	115%	5	544	18.98	20.27	19.625	15.905	0.070	OK	25.69	180	549			
carga 1.30 Fp	115%	10	544	19.23	20.27	19.750	16.030	0.125		25.62	180	549			
	115%	15	544	19.63	20.97	20.300	16.580	0.550	No cumple	25.52	180	549	no se aprecia levantamiento	566	
	130%	1	615	23.60	24.58	24.090	20.370			25.04	200	614			
descarga 0.85 Fp	130%	2	615	23.75	24.58	24.165	20.445	0.075		25.03	200	614			
	130%	5	615	23.98	24.58	24.280	20.560	0.115	OK	24.93	200	614	no se aprecia levantamiento	636	
descarga 0.70 Fp	70%	1	331	19.53	20.06	19.795	16.075			26.91	110	320			
descarga 0.55 Fp	55%	1	260	18.70	19.25	18.975	15.255			27.30	100	217			
descarga 0.40 Fp	40%	1	189	18.28	18.70	18.490	14.770			27.60	90	195			
descarga 0.25 Fp	25%	1	118	15.80	16.19	15.995	12.275			29.85	40	88			
descarga 0.10 Fp	10%	1	47	13.45	13.67	13.560	9.840			31.08	20	45			

# **ANEXO 3**

## **GRÁFICOS**

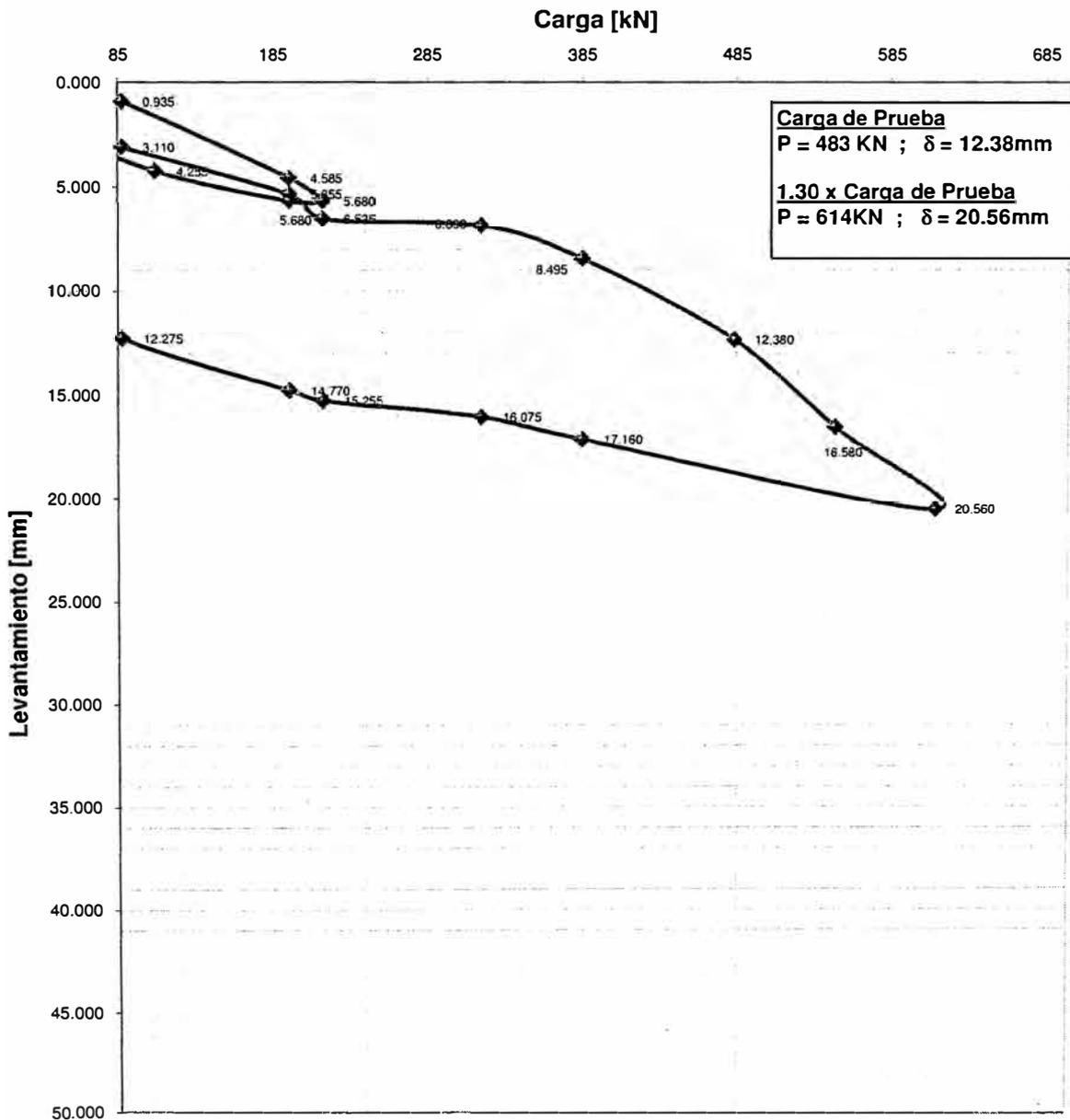


**CURVA CARGA-TIEMPO  
ENSAYO A TRACCIÓN MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 40/16**



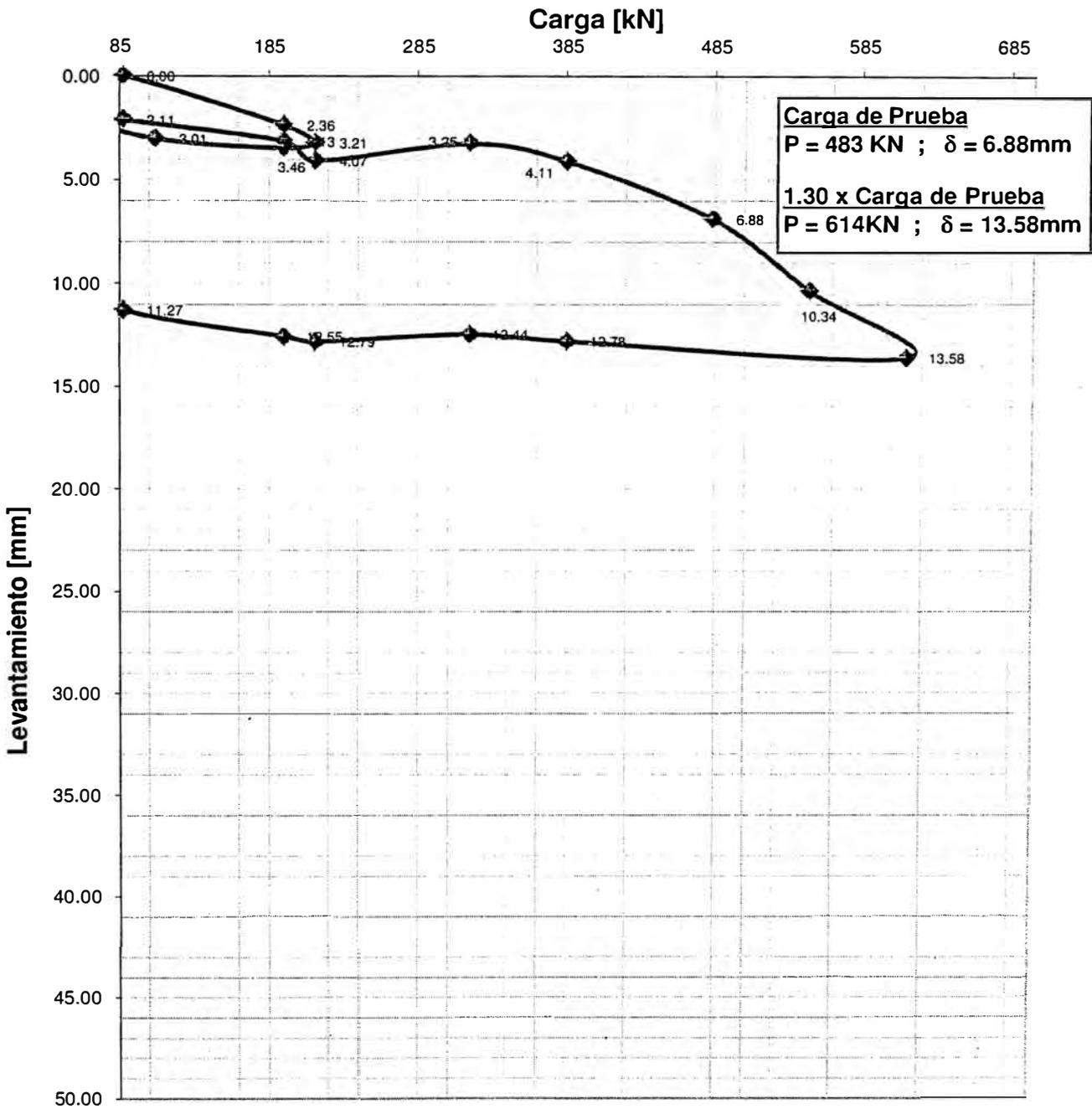


### CURVA CARGA-DEFORMACIÓN A TRACCIÓN MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 40/16

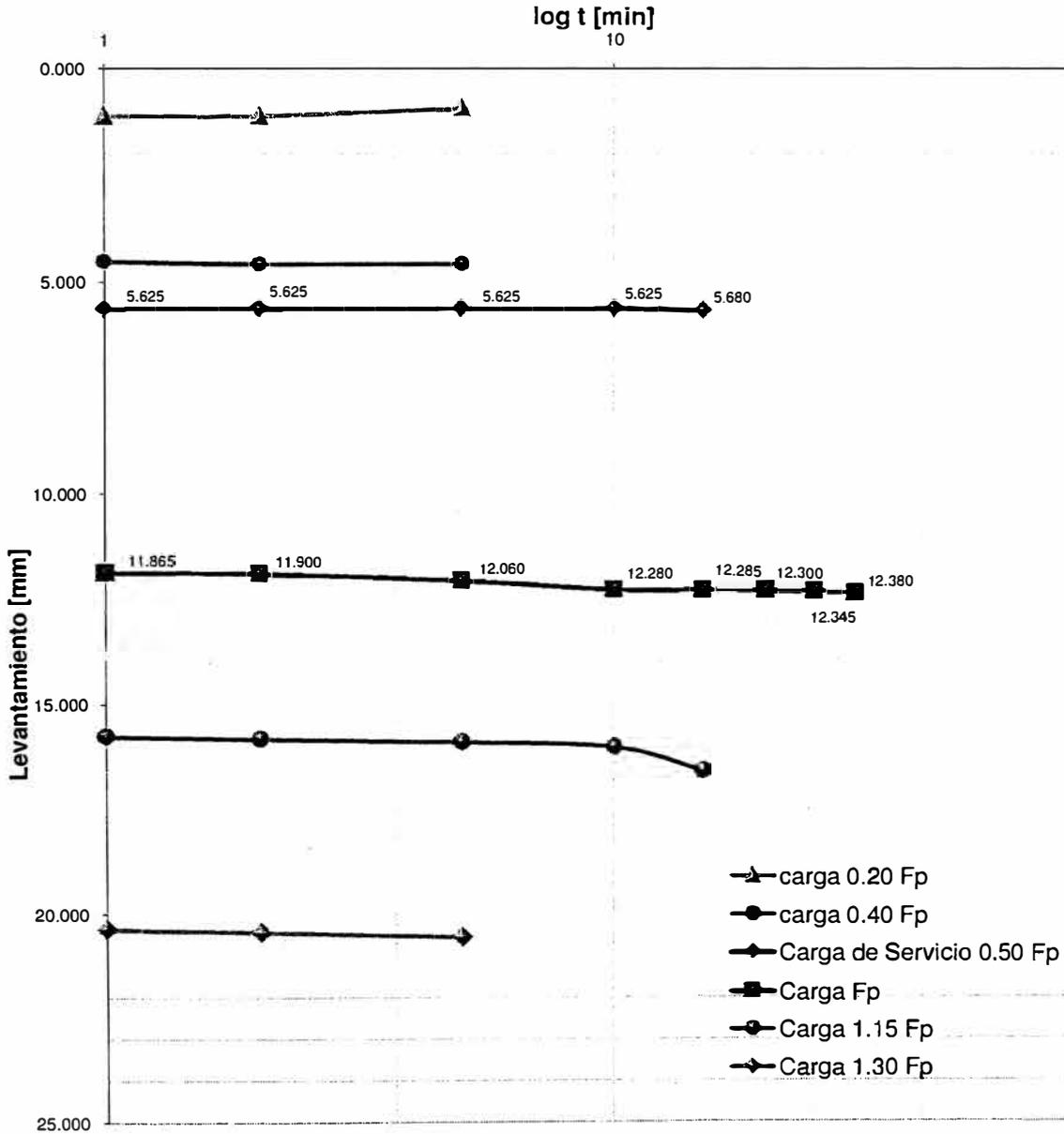




### CURVA CORREGIDA CARGA-DEFORMACIÓN DESCONTANDO DEFORMACIÓN ELÁSTICA EN TRAMO



### CURVA DEFORMACIÓN-TIEMPO ENSAYO A TRACCIÓN MICROPILOTE ISCHEBECK TITAN 40/16



# **ANEXO 4**

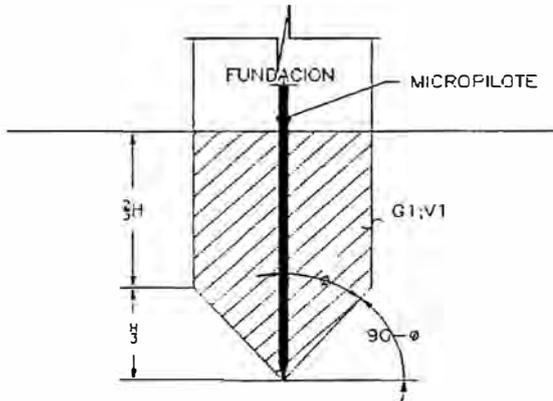
## **VERIFICACIÓN AL LEVANTAMIENTO DEL SUELO**



PILOTES TERRATEST S.A.

VERIFICACION AL ARRANCAMIENTO DEL MICROPILOTE - ISCHEBECK 40/16

	Sin agua
$\gamma$ suelo (kN/m <sup>3</sup> ) =	22
$\gamma$ pilote (kN/m <sup>3</sup> ) =	24
Longitud micropilote (m) =	2.5
Radio inferior (m) =	0.123
Radio superior (m) =	2.221
Angulo de falla (°) =	40
Volumen de la masa de suelo involucrada (m <sup>3</sup> ) =	13.70
Peso de la masa de suelo involucrada (kN) =	301.3
Esfuerzo normal de tracción (kN) =	300.0
<b>F.S. =</b>	<b>1.00</b>
<b>Longitud micropilote crítica (m) =</b>	<b>2.50</b>



# **ANEXO 5**

## **CALIBRACIÓN GATO HIDRÁULICO**



LABORATORIO DE  
ESTRUCTURAS  
ANTISISMICAS



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

INFORME TECNICO

EXPEDIENTE : INF-LE 165-09

SOLICITANTE : PILOTES TERRATEST PERU S.A.C.  
Av. La Encalada N° 1388, Of. 402, Santiago de Surco  
Control de Calidad  
Att.: Ing° Mirko Kardum B.

TITULO : CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE TENSADO  
VSL SA512, N05114, 185 ton; Bomba Eléctrica,  
VSL EHPS-3, #675.10000 PSI.  
Manómetro, JAKO, NF2208, 700 bar, 10 bar/division.

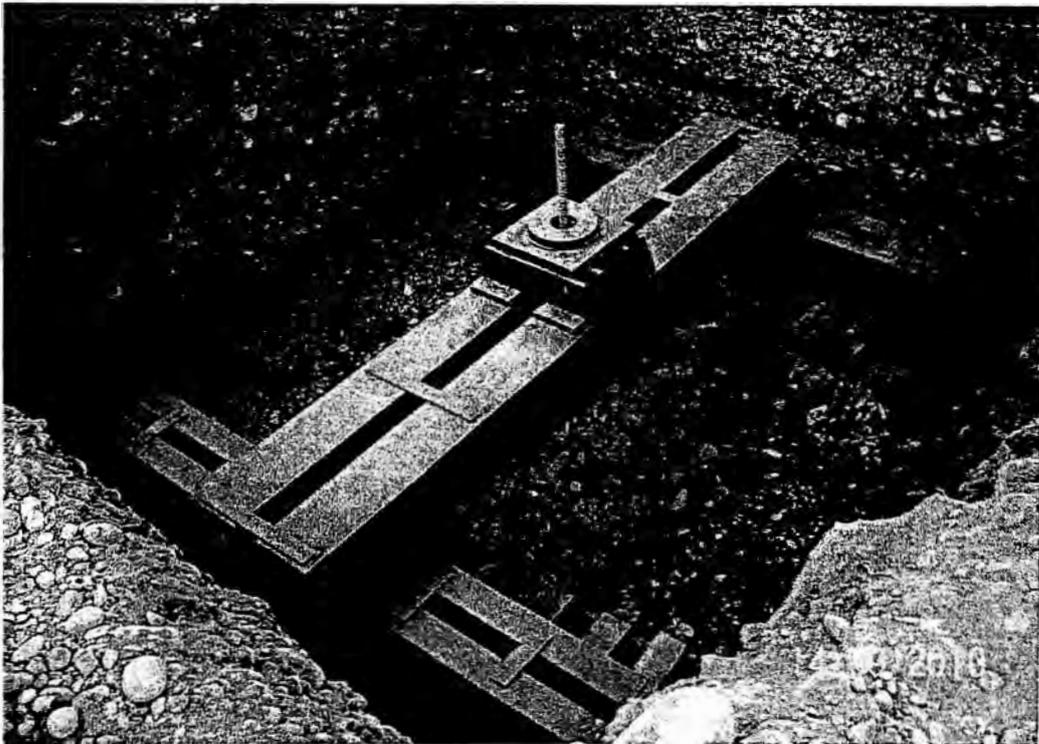
FECHA : San Miguel, 15 de Junio 2009

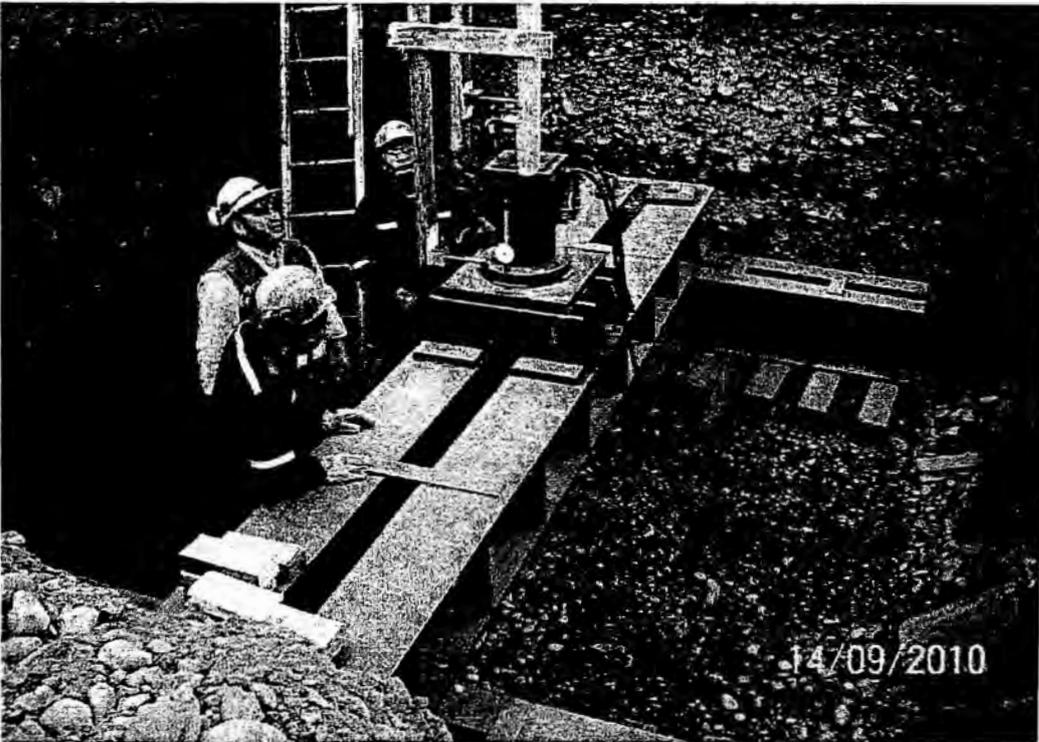
Ing° Gladys Villa García M.  
Jefa del Laboratorio de  
- Estructuras Antisismicas

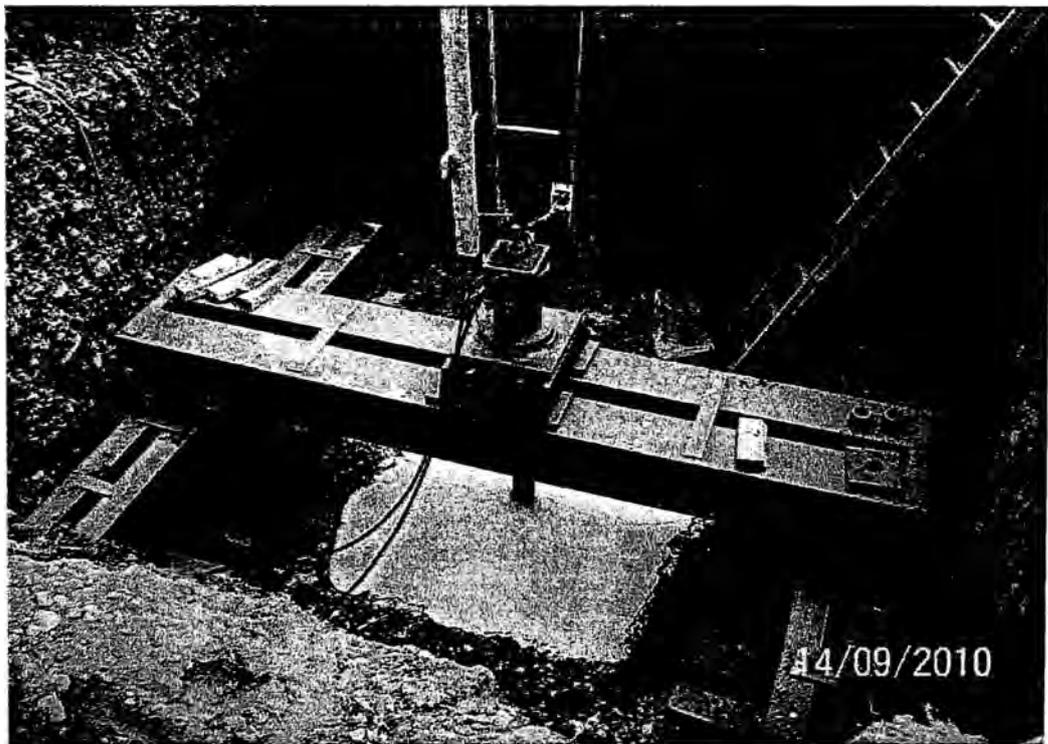
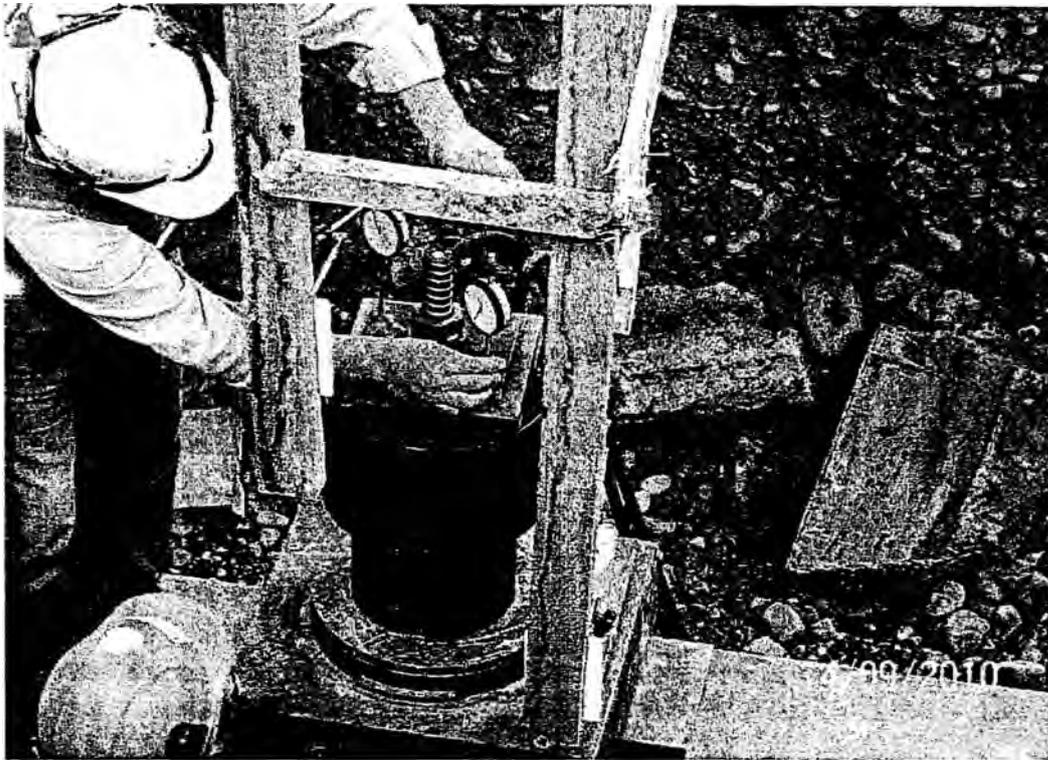
# **ANEXO 5**

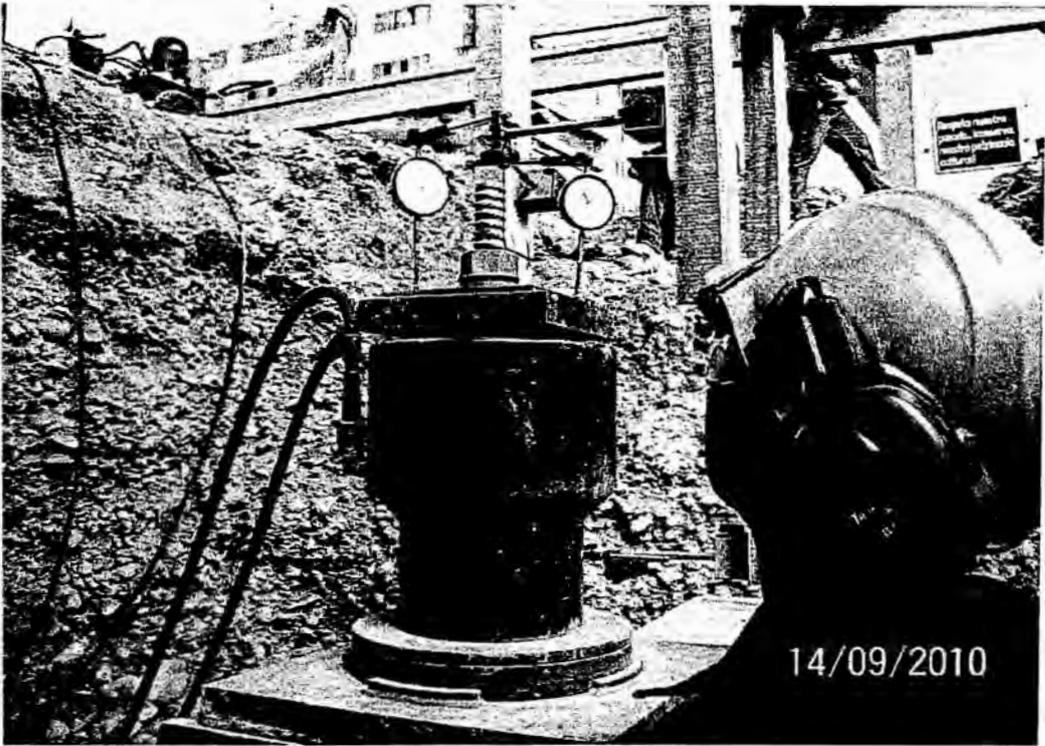
## **FOTOS**

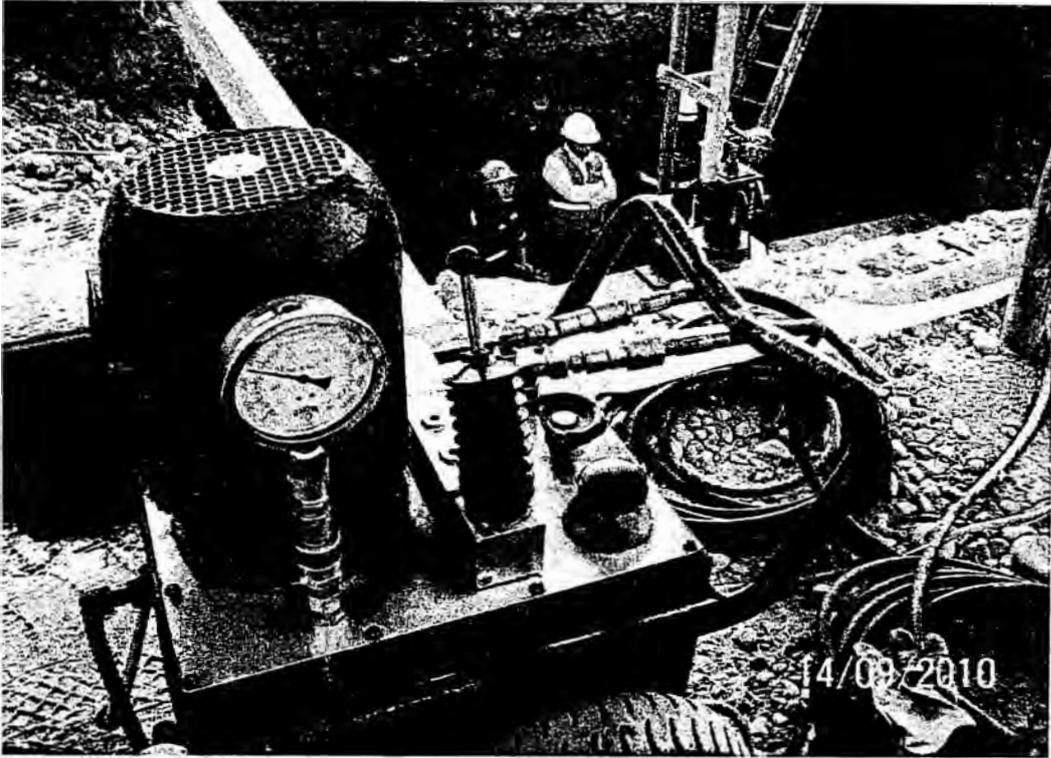












**PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN  
DE MICROPILOTES NAILS  
ISCHEBECK - TITAN**



**PILOTES  
TERRATEST**

Web: [www.terratest.com.pe](http://www.terratest.com.pe)

Oficina  
Av. La Encalada 1388, Of. 402  
Santiago de Surco, Lima 33, Perú.  
Tel. (51-1) 437 0330 – Fax (51-1) 435 2364

Bodega  
Las Pleyades 230  
Urb. La Campiña, Chorrillos, Lima 09, Perú.  
Telefax: (51-1) 467 3758

***PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE  
MICROPILOTES NAILS ISCHEBECK TITAN***

**OBRA: TREN ELECTRICO.**



## **1. OBJETIVO**

El presente documento indica la secuencia y modo constructivo para la ejecución de Micropilotes ISCHEBECK TITAN en el Proyecto Tren Eléctrico Lima Tramo E – Zapatas ejes C459 y C461.

## **2. ALCANCE**

Este documento tiene validez durante todo el proceso de perforación de los nails.

Cuando se disponen PERNOS ISCHEBECK TITAN en sistemas de fortificación, éstos deben conectarse al elemento de cimentación (Zapata) mediante el uso de un Zuncho, Placa y Tuercas (según especificaciones del plano P10064-MIC-PLAN 001 Rv2)

## **3. DOCUMENTACIÓN APLICABLE**

### **Documentación y Planos**

Memoria de Cálculo P10064 Rev. D  
Plano P10064-MIC-PLAN 001 Rev. 2

### **Protocolos**

Parte de ejecución de Micropilotes.  
Parte diario general de obra.

## **4. RESPONSABILIDADES**

- Ing. Iván Coronado - Ingeniero de Campo. Coordinación directa , planificación y valorización en Obra de los trabajos a realizar por Pilotes Terratest Perú.
- Ing. Juan Camargo - Ingeniero de Campo. Coordinación, planificación en Obra de los trabajos a realizar por Pilotes Terratest Perú.
- Ing. Julio Zavala – Jefe de Producción. Evaluación y supervisión en la producción y procesos desarrollados en Obra por Pilotes Terratest Perú.

## **5. RECURSOS**

Equipos:

- Perforadora Hidráulica MC 800
- Compresor IR VHP 750
- La planta de inyección CG600
- Personal a doble turno:  
Ingeniero de Producción  
Operador  
Inyectorista  
Ayudantes

## **6. PROCEDIMIENTO**

### **6.1 Características**

La armadura TITAN de la firma Ischebeck, son barras de alta calidad asociado a los acoples y bits.



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

El diseño contempla el uso de Micropilotes del tipo TITAN 73/53 con las siguientes características:

Parámetros	TITAN 73/53
- Diámetro exterior - interior nominal [mm]	73 – 53
- Carga última [kN]	1160
- Carga de fluencia [kN]	970
- Area de la sección [mm <sup>2</sup> ]	1631
- Peso [kg/ml]	13.2

### **6.2 Consideraciones para el Inicio de los trabajos**

Para el acceso de maquinaria de perforación e inyección se debe considerar el mejor horario de ingreso a la obra, de tal forma que esta operación no ocasione problemas con el tránsito de la zona. La maquinaria requerida incluye 01 Perforadora, 01 Compresor de Aire y 01 Inyectora de cemento.

El acceso de perforadora a la plataforma de trabajo de 9.00 x7.50 m del NFC -6.55 m se realizará con Grúa que sea capaz de levantar 12 Toneladas. Así mismo en caso de que el equipo se tenga que desplazar por pendientes, tener presente que esta será de 18° como máximo.

La Inyectora requiere una zona de 3mx3m para su ubicación y el cemento. El Compresor será ubicado en la parte superior, al nivel de pista.

La descarga de los elementos de perforación a la zona de trabajo se deberá efectuar con una grúa o pluma.

Para dar inicio a las perforaciones la Constructora proporcionará a Pilotes Terratest Perú un suministro eléctrico trifásico mínimo de 220 V 60 KVA y 60 Hz (Valores exactos), el que deberá permanecer durante los trabajos de perforación e inyección.

La Constructora proveerá de suministro de agua de manera constante para la preparación de la mezcla de inyección.

La Constructora deberá ubicar los puntos exactos sobre los cuales se realizarán las perforaciones.

### **6.3 Tiempo de Ejecución.**

El tiempo estimado de ejecución de los trabajos por cada zapata a doble turno será de 4 días continuos, siempre que se mantengan las condiciones del estudio de suelo.

### **6.4 Secuencia de Ejecución**

Los trabajos se ejecutarán en dos etapas y el proceso será el mismo tanto en las zapata C459 como en la C461.

De acuerdo a la Fig. N°1 (Memoria de Cálculo P10064 Rev. D y Plano P10064-MIC-PLAN 001 Rev. 2) se ejecutarán los Micropilotes de la siguiente forma:



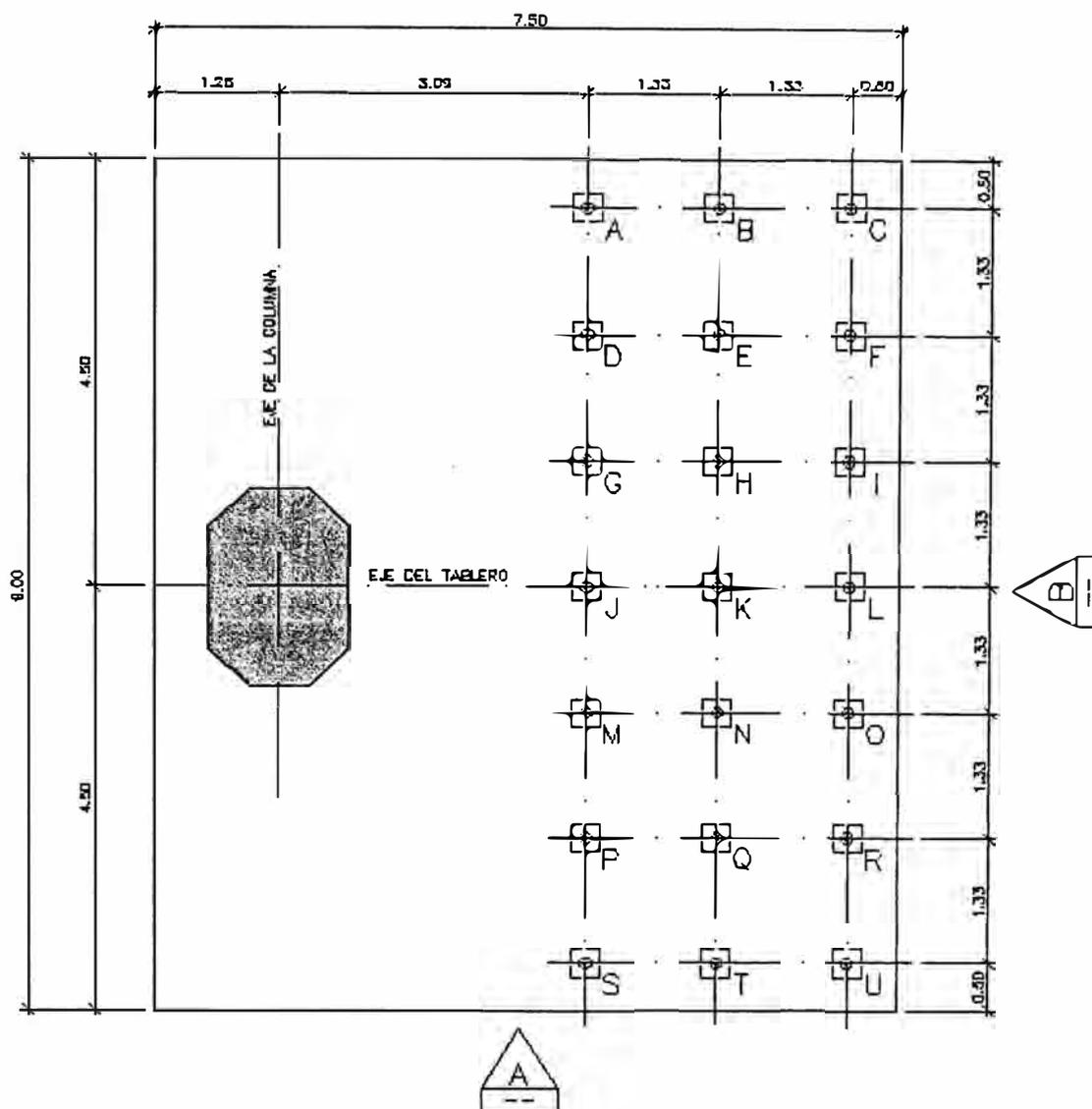


Fig. N°1

Las perforaciones se iniciarán la 1ra línea (Puntos C,F, I, L, O, R, U) de Norte a Sur.

Luego de haber culminado la 1ra línea, se ejecutará la 2da línea (T, Q, N, K, H, E, B) de Sur a Norte.

Finalmente la ejecución de la 3ra línea se iniciará por los Micropilotes A, D, G y J. De allí se pasará al Micropilote S, P y M.

En caso se requiera, se solicitará la grúa con una anticipación de 48 horas para el giro de la perforadora entre los puntos J y S.

### 6.5 Perforación

Primero se ejecuta la perforación utilizando un Casing (revestimiento), siendo el mismo simultáneo y continuo durante la perforación, hasta alcanzar los 14.50 m de perforación vertical con un diámetro máximo de broca de 115 mm. y de escariado de 152 mm.

Luego de haber alcanzado la longitud de diseño se procede a retirar las barras y martillo de fondo.



Previamente a la instalación de la barra Ischebeck, se realiza un lavado interior de la misma, eliminando todo detritus que se pueda encontrar en su interior.

Se instala dentro del Casing las barras ISCHEBECK TITAN 73/53 continuamente de acuerdo al diseño (Plano P10064-MIC-PLAN 001 Rev. 2). El acople entre barra y barra se hará manualmente con una llave stillson N°24.

#### **6.6 Inyección y extracción de camisas**

Para realizar la inyección, primero se realiza una fase de relleno inyectando por el interior de la barra Ischebeck y luego de observado el retorno por la parte externa de la barra se verificará que esta se mantenga estable en la superficie.

En este tipo de terreno no será necesario la inyección a presión superior a la atmosférica y será suficiente una inyección de relleno.

La lechada de cemento consistirá en una suspensión de agua-cemento de relación a/c 0.45 y normalmente sin aditivos supe fluidificantes.

Como inyectora-mezcladora se utilizará una mezcladora con estanque de mezcla y estanque agitador de bajas revoluciones.

Luego de instalar la barra Ischebeck dentro de la perforación ya rellena con lechada de cemento, se procede a instalar un cabezal de inyección (con conexión abierta a la atmósfera) sobre los tubos de revestimiento y se procede a la extracción de las camisas de revestimiento.

Durante la extracción de las camisas de revestimiento a los 6.00 m y 12.00 m se inyectará la lechada a presión muy baja (de 4 a 6 bares como máximo) por el cabezal superior y se controlará que ésta no se filtre en el terreno incontroladamente en la zona del espacio anular.

Para poder llevar este control visualmente, se irá rellenando desde arriba a medida que se van retirando las camisas y se observe una estabilización clara de la filtración en el terreno.

Es importante controlar que durante el proceso de extracción del casing, el cabezal superior de inyección se encuentre abierto a la presión atmosférica, a menos que se esté realizando simultáneamente una inyección a presión controlada.

Será de responsabilidad de la Unidad de Aseguramiento de Calidad de la Constructora coordinar con un laboratorio externo la entrega oportuna de probetas en obra para la toma de muestras, así como la elaboración de las muestras y retiro oportuno una vez que estas hayan fraguado.

De parte del Encargado de Pilotes Terratest corresponderá entregar todas las facilidades para que esta labor pueda ser efectuada con absoluta diligencia y eficiencia.

Con los dos puntos anteriores se garantizará que el muestreo, preparación, curado y ensayos se efectúen de acuerdo a normas.

#### **6.7 Etapa final**

Previo al armado de la malla de la zapata se colocará en la longitud de empalme (2.00 m) el zuncho (detalle 1 y 2 Plano P10064-MIC-PLAN 001 Rev. 2) que será elaborado por el cliente. Finalmente se procederá a colocar tuercas y placas según diseño.

La tuerca debe quedar lo suficientemente apretada, realizando el roscado haciendo uso de una llave tradicional (Torquímetro - Francesa – Stilson - Mixta) de aproximadamente 50cm de largo.



### **6.8 Control de Calidad**

Ensayos de resistencia sobre lechadas de inyección. (Por cuenta del Cliente)  
Partes de ejecución de Micropilotes

### **6.9 Las normas de referencia:**

DIN 4125, Norma Alemana de Anclajes Postensados Inyectados en Suelos y Rocas.

EN 1537, norma europea para diseño, ejecución y control de anclajes inyectados en suelos y rocas.

## **7. ANEXOS**

- 7.1 Memoria de Cálculo P10064 Rev. D
- 7.2 Plano P10064-MIC-PLAN 001 Rev. 2
- 7.3 Características de los equipos
  - Perforadora Hidráulica MC 800
  - Compresor IR VHP 750
  - La planta de inyección CG600





**P10064**  
**Proyecto Tren eléctrico Lima**  
**Tramo E – Zapatas ejes C459 y C461**

**MEMORIA DE CÁLCULO**  
**SISTEMA DE FUNDACIÓN MEDIANTE MICROPILOTES**

D	Cambio de cargas	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	05-08-2010
C	Revisión y Comentarios	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	M.S.S.	22-07-2010
<b>REV.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PREPARÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>	<b>EMITIÓ</b>	<b>FECHA</b>



## MEMORIA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO, SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE MICROPILOTES

### 1. INTRODUCCIÓN

A continuación se entrega la Memoria de Cálculo del diseño de micropilotes del tipo TITAN de la firma Ischebeck en el proyecto de construcción de las zapatas en ejes C459 y C461 del nuevo tren eléctrico en la ciudad de Lima.

El diseño se ha estudiado de acuerdo a los siguientes antecedentes aportados por el cliente:

- Plano Tramo E – Módulo 1E – Zapatas ejes C459 y C461  
Realizado por Odebrecht y Figueiredo Ferraz  
Fecha 24/05/2010
- Plano Implantación Tramo E – Planta y elevación – Módulo 1E  
Realizado por Odebrecht y Figueiredo Ferraz  
Fecha 24/05/2010
- ESTUDIO GEOTECNICO-TRAMO: E,F,G y G1  
Realizado por Visa  
Fecha 22/03/2010
- ESTUDIO GEOTECNICO DEL CRUCE JAVIER PRADO - AVIACION  
Realizado por Visa  
Fecha 17/05/2010
- Plano Revisado de distribución de pilotes y Cargas actuantes para el caso sísmico  
Entregado por Figueiredo Ferraz  
Fecha 05/08/2010
- Email con cargas estáticas  
Entregado por Figueiredo Ferraz  
Fecha 05/08/2010

Antecedentes pendientes a entregar por cliente:

- Plano de instalaciones de agua, desagüe y luz.

### 2. PARAMETROS

Para el diseño de los micropilotes se ha considerado un estrato de suelo de grava mal graduada típico de la zona del proyecto.

Los parámetros del suelo asumidos desde la cota de las cabezas de los micropilotes son:

Prof.	Estrato	N <sub>SPT</sub>	Ang. de fricción interna	Cohesión	Peso unitario	Fricción lateral <sup>1</sup>
6-20m	Grava mal graduada	>50	40°	20 kN/m <sup>2</sup>	20 kN/m <sup>3</sup>	250 kN/m <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Asumido a partir de la correlación dada por Bustamante [1] para el tipo de suelo predominante en la zona en función del número de golpes N<sub>SPT</sub>.

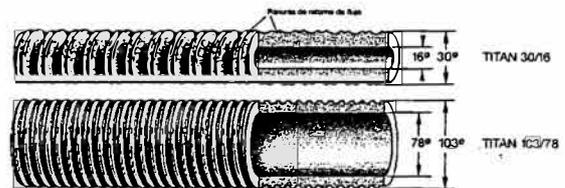


Nota: Los parámetros se basaron en la experiencia de PTP en la zona del proyecto y en el estudio de geotécnico ESTUDIO GEOTECNICO DEL CRUCE JAVIER PRADO - AVIACION entregado por el cliente. Estos parámetros deberán ser ratificados por el mecánico de suelos responsable del proyecto antes de contratar la obra.

Para el diseño, se ha considerado que no hay presencia de napa freática.

El diseño contempla el uso de Micropilotes del tipo TITAN 73/53 con las siguientes características:

Parámetros	TITAN 73/53
Diámetro exterior - interior nominal [mm]	73 – 53
Carga última [kN]	1160
Carga de fluencia [kN]	970
Area de la sección [mm <sup>2</sup> ]	1631
Peso [kg/ml]	13.2



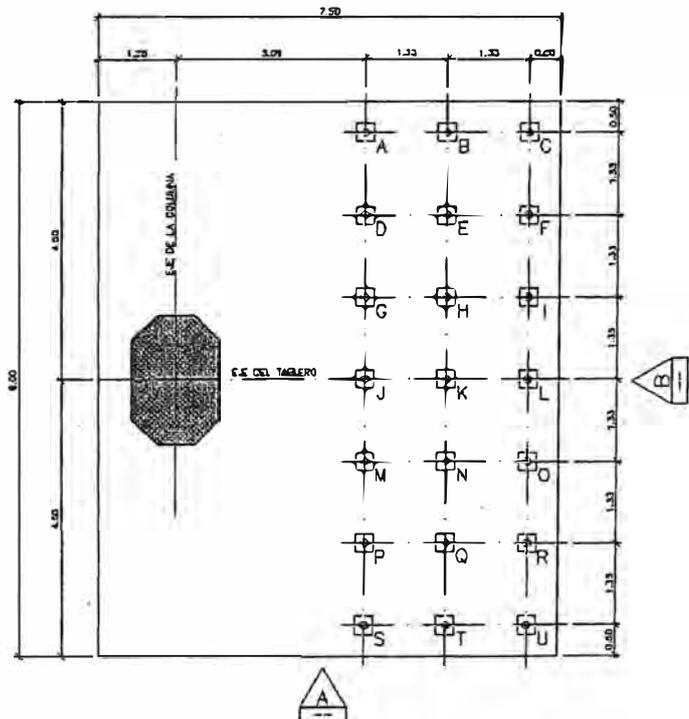
### 3. VERIFICACIONES DE CARGA

La carga máxima de tracción que pueden tomar los micropilotes está dada por el menor valor de los siguientes casos:

- Resistencia interna del elemento
- Resistencia externa por fricción del elemento con el suelo
- Resistencia externa por levantamiento del suelo circundante

A continuación se muestran las cargas máximas actuantes en la zapata para el caso más desfavorable (proporcionadas por el cliente).

TIRANTE	MÁXIMA COMPRESIÓN (tf)	MÁXIMA TRACCIÓN (tf)	
A	S	52	-42
B	T	40	-44
C	U	33	-64
D	P	41	-32
E	Q	30	-34
F	R	28	-60
G	M	30	-22
H	N	24	-29
I	O	26	-56
J		24	-10
K		22	-25
L		23	-52





Para las cargas máximas actuantes en el caso más desfavorable (caso sísmico) se realizaron las comprobaciones de resistencia a la tracción según la zona donde están ubicados los micropilotes.

### 3.1 Resistencia interna de los micropilotes

La resistencia a la tracción de los micropilotes se obtiene de:

$$T_a = \frac{F_y}{FS}$$

Donde:

F<sub>y</sub>: Carga de fluencia de la barra de acero

FS: Factor de seguridad según norma DIN4128. FS = 1.75 (caso estático), FS = 1.50 (caso sísmico)

### 3.2 Resistencia externa por fricción del elemento con el suelo

Para determinar la fricción lateral del micropilote se utilizó el trabajo realizado por Bustamante [1], el cual correlaciona las fricciones del suelo con el número de golpes del ensayo de penetración estándar (Nspt). Para el suelo predominante en la zona de estudio - gravas limosas - se adoptó una fricción lateral q<sub>s</sub> de 250 kN/m<sup>2</sup>.

La fuerza admisible de arrancamiento por metro de micropilote se obtiene de la siguiente expresión:

$$T_l = \frac{q_s \cdot \pi \cdot D \cdot L}{FS}$$

Donde:

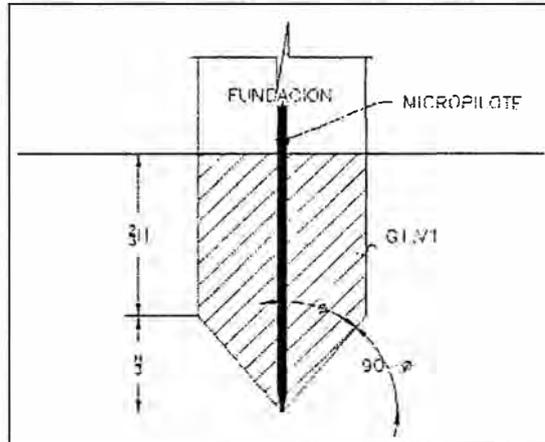
D: Diámetro equivalente del micropilote mayorado por un factor debido al tipo de suelo. En este proyecto se utilizará una perforación 152 mm de diámetro. Entonces: D = 0.152 · 1.2 = 0.182m

FS: Factor de seguridad igual a 1.8

### 3.3 Resistencia por levantamiento del suelo

La capacidad al levantamiento del suelo está dada por el peso de suelo que se moviliza alrededor del micropilote. De forma teórica, se asume que el suelo movilizado tiene la forma de un cono como se muestra en la figura inferior.





a) Peso del suelo movilizado ( $W_{s1}$ )

En el caso de un anclaje aislado, el volumen de suelo movilizado es:

$$V_{s1} = 0.27 \cdot H^3 \cdot \tan^2(\phi)$$

Entonces, el peso de suelo desplazado es:

$$W_{s1} = \gamma \cdot V_{s1}$$

Sin embargo, como posiblemente hay intersección de los volúmenes movilizados entre micropilotes vecinos, se adoptan los siguientes criterios de cálculo.

Se reemplaza el área circular de radio R del volumen de suelo por un cuadrado de lado "a" de igual área, por lo tanto,

$$a = \sqrt{\pi \cdot R^2} = 1.772 \cdot R$$

Entonces, para este caso el volumen es:

$$V_{s2} = \frac{2}{3} \cdot H \cdot a^2 + \frac{1}{3} \cdot \frac{H}{3} \cdot a^2 = \frac{7}{9} \cdot H \cdot (1.772 \cdot R)^2$$

Con

$$R = \frac{H}{3} \cdot \tan(\phi)$$

Finalmente el volumen de suelo movilizado por cada micropilote queda dado por

$$V_{s2} = 0.271 \cdot H^3 \cdot \tan^2(\phi)$$

Ya por geometría los conos de igual área basal e igual altura tienen igual volumen. Aceptando el volumen formado por un prisma de sección cuadrada más una pirámide de igual base, para el caso de

superposición de volúmenes en forma simplificada se adopta el volumen asignado para cada micropilote según el caso que corresponda:

- Si no hay intersección el área basal es  $A = a^2$

$$V = V_{s2} = 0.271 \cdot H^3 \cdot \tan^2(\phi)$$

Y el peso del suelo movilizado que soporta la carga de levantamiento es:

$$W_s' = \gamma \cdot V = 0.271 \cdot \gamma \cdot H^3 \cdot \tan^2(\phi)$$

- Si hay intersección por un eje:

$$s_x < a \Rightarrow \text{El área basal es } A = a \cdot s_x$$

$$V = \frac{2}{3} \cdot H \cdot a \cdot s_x + \frac{1}{3} \cdot \frac{H}{3} \cdot a \cdot s_x = \frac{7}{9} \cdot H \cdot a \cdot s_x$$

$$V = \frac{7}{9} \cdot H \cdot \left( \frac{H}{3} \cdot \tan(\phi) \cdot 1.772 \right) \cdot s_x$$

$$V = 0.46 \cdot H^2 \cdot \tan(\phi) \cdot s_x$$

Y el peso del suelo movilizado que soporta la carga de levantamiento es:

$$W_s' = \gamma \cdot V = 0.46 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \tan(\phi) \cdot s_x$$

- Si hay intersección por ambos ejes

$$\left. \begin{array}{l} s_x < a \\ s_y < a \end{array} \right\} \Rightarrow A = s_x \cdot s_y$$

$$V = \frac{2}{3} \cdot H \cdot s_x \cdot s_y + \frac{1}{3} \cdot \frac{H}{3} \cdot s_x \cdot s_y = \frac{7}{9} \cdot H \cdot s_x \cdot s_y$$

$$V = 0.777 \cdot H \cdot s_x \cdot s_y$$

Y el peso del suelo movilizado que soporta la carga de levantamiento es:

$$W_s' = \gamma \cdot V = 0.778 \cdot \gamma \cdot H \cdot s_x \cdot s_y$$

b) Peso propio de la fundación ( $W_f$ )

Según EB62 (EAB [4]): Si  $\frac{W_s'}{1.4} \leq z \Rightarrow$  Se desprecia el peso de la fundación.

En caso contrario el peso propio de la fundación puede ser considerado como fuerza resistente al levantamiento en el micropilote.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1 Caso estático

Según los datos proporcionados por el cliente, en el caso estático permanente, la carga máxima a la que estarán sometidos los micropilotes es de +/- 200 kN.

Los parámetros de cálculo para este caso de carga se muestran a continuación. Los factores de seguridad corresponden a los indicados en la norma alemana DIN 1054:

ángulo de fricción interna:	40 °
peso unitario del suelo:	20 KN/m <sup>3</sup>
sx = sy =	1.33 m
TITAN 73/53: Fy =	970 KN
diametro perforación:	152 mm
amplif. Diámetro: α =	1.2
GRAVA: qu =	250 KN/m <sup>2</sup>
F.S. acero =	1.75 caso estático permanente
F.S. levantamiento	1.4 caso estático permanente
F.S. bulbo:	2 caso estático permanente

Los cálculos para el caso estático determinaron que los micropilotes centrales resisten hasta 285kN, mientras que los de las esquinas y bordes exteriores resisten 554kN (Véase la siguiente figura 1). Se verifica por tanto que la carga estática actuante no sobrepasa la capacidad de los pilotes al levantamiento, la capacidad por fuste ni la capacidad estructural del elemento.

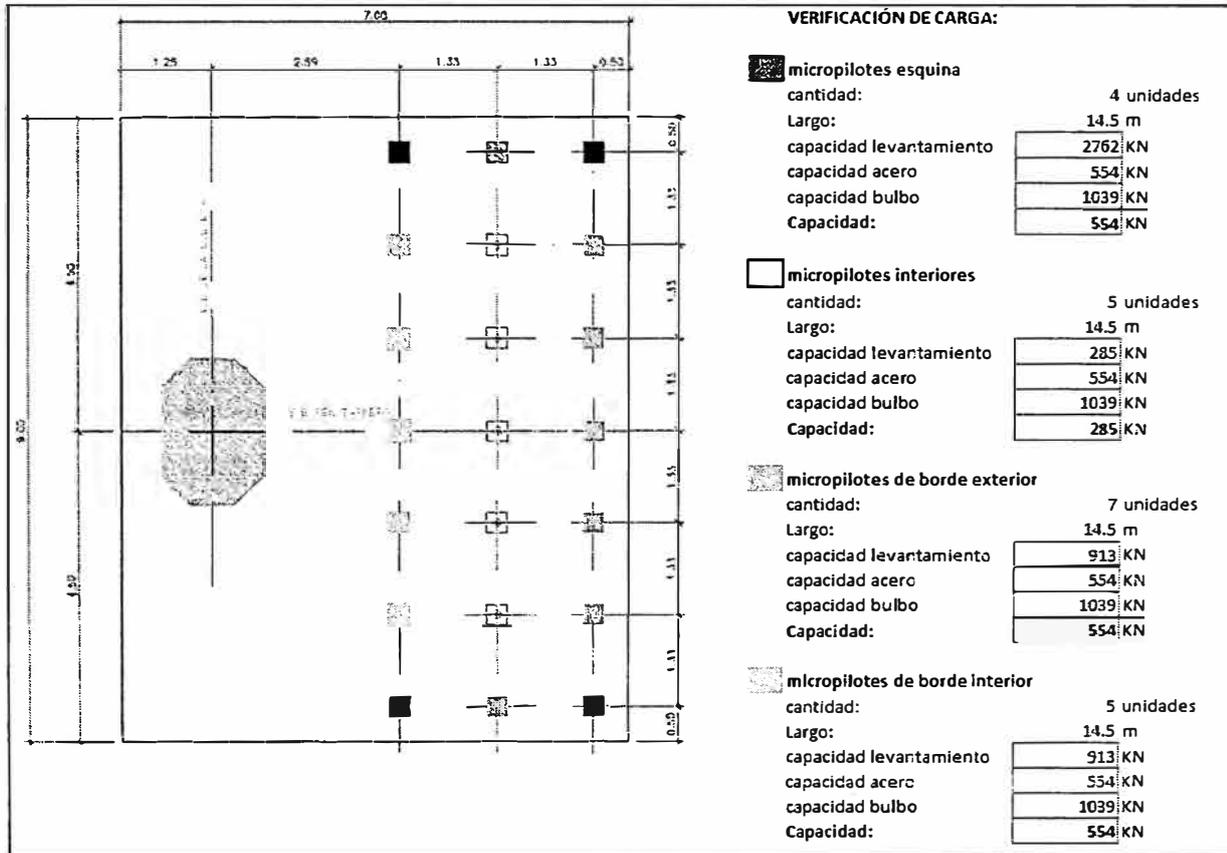


Fig 1. Resumen de cálculo y verificaciones del grupo de micropilotes para el caso estático permanente

#### 4.2 Caso sísmico

Para el caso de evento extraordinario sísmico, se asumieron los mismos parámetros de cálculo, variando únicamente los factores de seguridad de la siguiente forma:

F.S. acero =	1.5 (sismico)
F.S. levantamiento	1.1 (sismico)
F.S. bulbo:	1.5 (sismico)

Adelante se presenta la corrida de cálculo y las verificaciones de carga, donde se aprecia que en todos los puntos las cargas admisibles son mayores a las cargas actuantes dadas por el cliente.







## 5. DETALLES CONSTRUCTIVOS

En el caso del micropilote inyectado autoperforante TITAN de la firma Ischebeck, la armadura misma del micropilote constituye la barra de perforación e inyección. Esta es una característica fundamental, que asociada a la alta calidad de los elementos componentes del sistema (barras, acoples, bits, etc.) resulta en una solución de alta velocidad en terreno.

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

La instalación de los micropilotes de fundación ISCHEBECK TITAN, perforación e inyección se realizarán simultáneamente. Es decir, el proceso de perforación se realiza con la misma barra y queda luego conformando la armadura del micropilote. Con este sistema se eliminan dos de los pasos de perforación de anclajes, la extracción de barras y del casing.

Como la barra es hueca, en el transcurso de la perforación se inyecta lechada de cemento como fluido de barrido, la que limpia y penetra en las paredes del pozo, creando un bulbo continuo, rugoso, en función de la permeabilidad y erosionabilidad. Debido a la presión de salida de la lechada se genera una penetración de lechada de cemento en el terreno circundante. De esta manera se crea un bulbo anular de lechada de cemento endurecida, limpio y definido, y más afuera una zona de suelo cementado afectado por la penetración de la lechada.



### 5.1 Lechada de perforación e inyección final

Para la mezcla de inyección tanto de perforación (a) como inyección final (b), se utiliza una dosificación de cemento puzolánico, Pórtland o siderúrgico en la siguiente relación agua/cemento:

- (a) Durante la perforación se podrá optar por una relación  $a/c = 0.45$  a  $0.8$  de acuerdo a la dureza del terreno o dificultades en su avance de perforación.
- (b) Para su inyección final se aplicará la relación  $a/c = 0.40$  a  $0.50$  según determine el profesional de la obra para garantizar la adecuada inyección del bulbo.

En caso de tener pérdidas de lechada o "falta de retorno" del barrido se espesará la mezcla, usando las relaciones  $a/c$  más bajas. Durante el tiempo que dure la pérdida de retorno no se continuará el avance en la perforación, pudiendo retraer barra o rotar en su posición.

Mientras el barrido se mantenga estable, no será necesario utilizar mezclas ricas en cemento durante





la perforación. En el caso de estratos de arcillas, se podrá aumentar la relación a/c hasta 1,5 mientras el barrido se mantenga estable.

La inyección se realizará con una planta mezcladora inyectora de caudal y presión adecuados. A falta de estipulaciones especiales en los procedimientos particulares, se consideran necesarias, de forma referencial, plantas inyectoras de caudal máximo 70 lit/min y  $p_{max} = 50$  bar hasta 73/53. Para máx. 40/16, puede reducirse el caudal máx. necesario a 50 lit/min. El mezclador permite preparar mezclas coloidales a altas revoluciones y mantener en agitación la lechada a una velocidad de giro menor para evitar la sedimentación. Las bombas de mayor tamaño permiten inyectar a presiones de hasta 90-100 bares y a caudal de hasta 100 ó 160 lit/min. La lechada se mezclará a altas revoluciones durante un mínimo de 3 min.

En la ejecución de los micropilotes es recomendable un caudal de inyección de 40 a 80 lts/min. Esto depende también del tipo de suelo que aparezca durante la perforación, dimensión del micropilote y la profundidad de proyecto. En caso de suelos más finos (arenas, limos, arcillas), el caudal de barrido puede reducirse.

Todos los bits, están provistos de una tobera lateral o radial de inyección, la cual puede ser empleada para controlar el diámetro del bulbo. Según el estudio de cuerpos inyectados, descubiertos, han presentado diámetros entre 1 a 2.5 veces el diámetro de la perforación, lo cual confirma que el flujo radial entre 20 a 40 bares erosiona, comprime el suelo y provoca la penetración dentro del espacio intergranular del suelo.

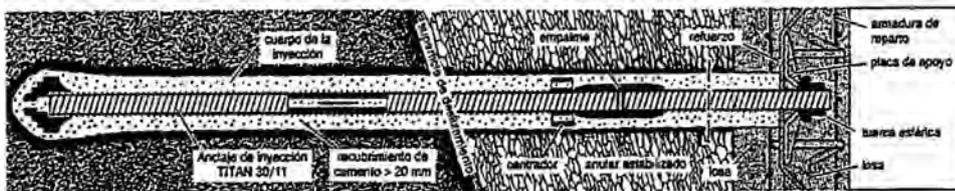
## 5.2 Variante de ejecución

Como una variante a la ejecución de los micropilotes con la tecnología de la autoperforación, se deja alternativamente como válida la alternativa de ejecutar los mismos con otro procedimiento para el caso que la potencia del equipo a utilizar o calidad de las brocas no permita la perforación con el sistema Ischebeck en terreno muy difíciles (grandes bolones, bloques o roca). Por lo tanto, en dicho caso eventual, se deja alternativamente presentada la metodología de perforación independiente a la instalación del perno. Es decir, primero se ejecuta la perforación y luego se instala el perno dentro de la misma. Para realizar la inyección, primero se realiza una fase de relleno inyectando por el interior de la barra Ischebeck y luego de observado el retorno, se tapona el espacio anular con algún elemento apropiado (tapón de cemento rápido, packer, etc.), para levantar hasta una presión de inyección máxima de 10 bares. En caso de roca o terrenos muy consolidados, no será necesaria la inyección a presión superior a la atmosférica y será suficiente una inyección de relleno.

## 5.3 Unión del Micropilote con la fundación

Para materializar el anclaje del micropilote a la estructura se hará por medio de una longitud de adherencia ó con una placa de anclaje y tuerca, según esté definido en los planos. El micropilote penetrará dentro de la fundación según proyecto (aprox. 2m). Dado que la lechada de cemento es frágil, al trabajar en el rebaje del bulbo se debe hacer en forma radial (perpendicular al micropilote) de manera de no devastar más de lo necesario. (No aplicar golpes para realizar el rebaje).

La placa de anclaje, tuerca, y espirales de zunchado, deben estar posicionados, y en el caso de las tuercas apretadas, antes del hormigonado de la fundación para que luego actúen solidariamente con la misma.



como refuerzo  
o "soli nail" según  
DIN 21521



## 6. ENSAYOS

En caso de requerimiento del cliente, PTP puede ejecutar ensayos de carga a los micropilotes según el procedimiento que indican las especificaciones del "Comité de ensayos de laboratorio y de campo de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones (ISSMFE) ", expresadas en el papel: "Prueba de Carga axial en pilotes - Parte 1: Carga estática - Recomendaciones para la ejecución (Propuesta N° 4) - Año 1983". Los ensayos de carga se efectúan como mínimo a los 7 días después de ejecutado el micropilote.

También podrá realizarse las pruebas de acuerdo a las normas DIN 4125, EN 1537 ó DIN 1054 según lo determine la Oficina Técnica de Pilotes Terratest. En caso que el proyecto no sea propio, las pruebas de carga podrán realizarse de acuerdo a la normativa que establezca el proyectista externo.

## 7. MEDIDA

La unidad de medida será el metro lineal (ml), y la medición incluirá la longitud del micropilote que se ancle en la estructura de fundación (zapata, muro, cepa, etc.)

## 8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de Micropilotes del tipo autoperforantes.
- Tolerancias constructivas de Micropilotes:  
Ubicación en planta de micropilote vertical (medido en el nivel de trabajo) < 0,05m del punto replanteado  
Desviación del eje teórico Micropilotes verticales: máx. 10% de la longitud
- Los Micropilotes deberán desarrollar su bulbo en estrato resistente definido en la Mecánica de Suelos
- Largo total mínimo igual a 6m
- Durante la ejecución de los Micropilotes se deberá llevar un registro estratigráfico para ratificar la caracterización geotécnica definida en el informe de Mecánica de Suelos.
- La protección a la corrosión se debe satisfacer mediante una aplicación de galvanizado (ASTM A-153) o asegurando un recubrimiento adecuado (DIN 4128).
- La inyección de lechada de cemento debe cumplir A/C=0,45

## 9. REFERENCIAS

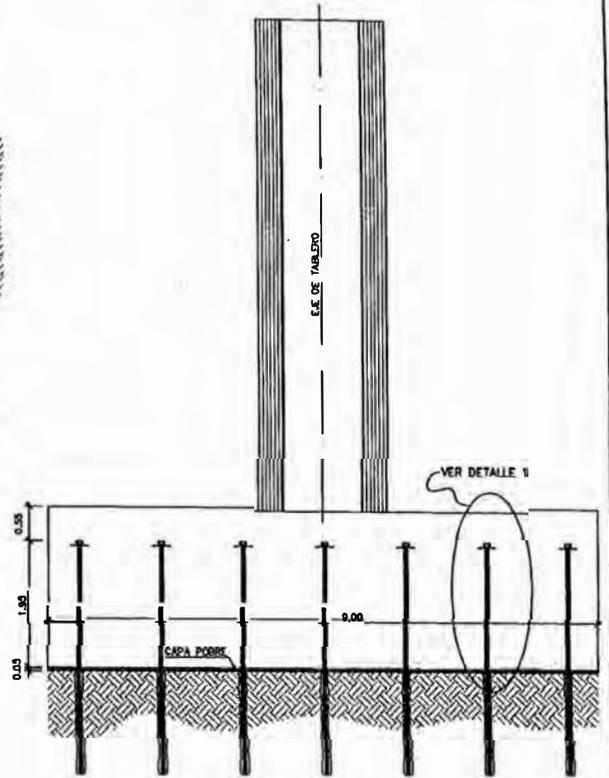
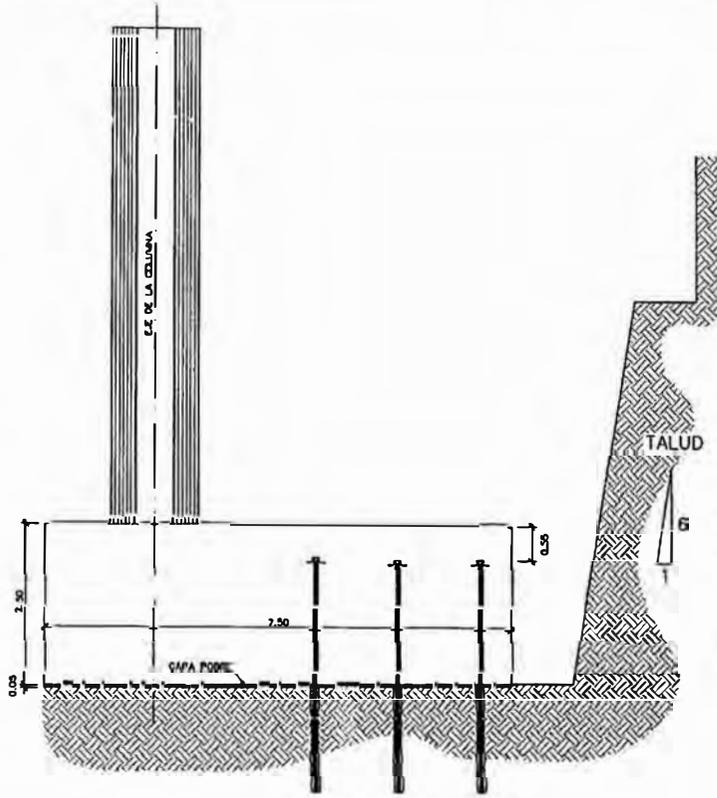
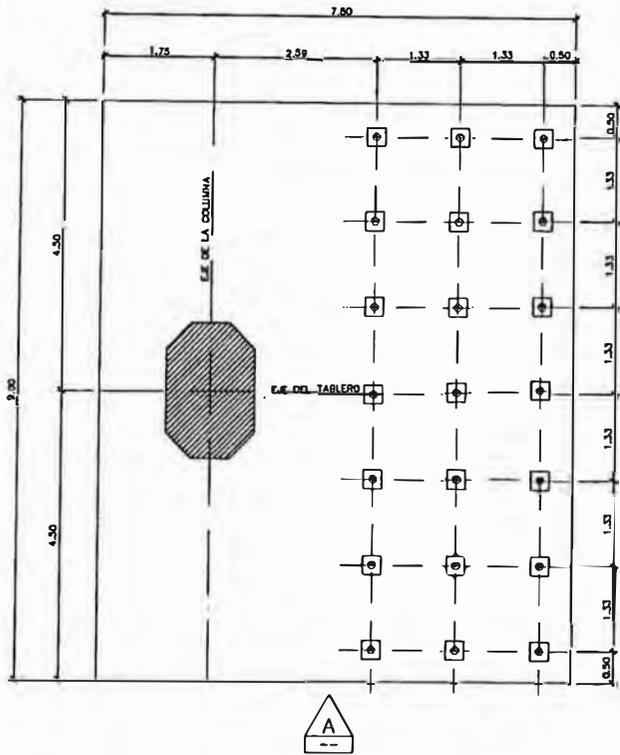
[1] Bustamante, M. (1986), "Un método para el cálculo de los anclajes y los micropilotes inyectados", Boletín de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones

[2] Norma DIN 4125 "Anclajes Inyectados", de noviembre de 1990

[3] Norma DIN 4128, "Micropilotes Inyectados", de noviembre de 1983

[4] Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" (EAB) Recomendaciones de la comisión de trabajo para Excavaciones - Sociedad alemana de Geotecnia - cuarta edición 2006

UBICACIÓN DE MICROPILOTES



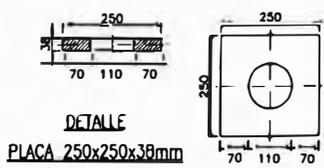
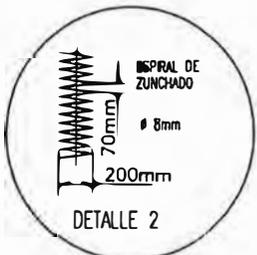
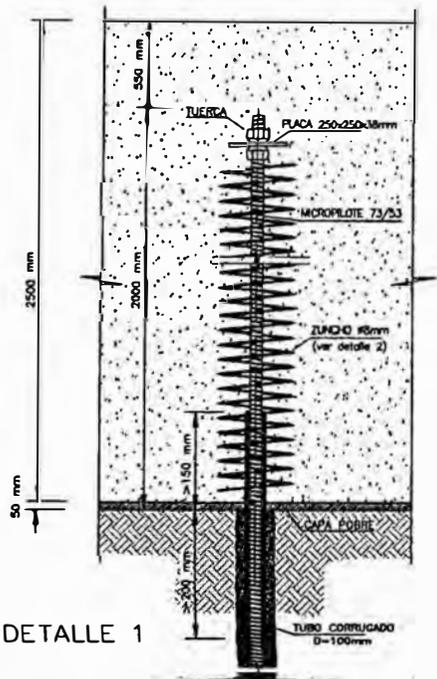
ELEVACIÓN A

ELEVACIÓN B

APTO PARA CONSTRUCCIÓN

LISTA DE MICROPILOTES

Sector	Línea	Cant. Pilo	Tipo Pilo	Lo m	Lemp	av o	Lo tot m
Estribo 1		21	TITAN 73/53	14.50	2.00	90	304.50
Estribo 2		21	TITAN 73/53	14.50	2.00	90	304.50
TOTAL MICROPILOTES		42					609.00



DETALLE 1

DETALLE PLACA 250x250x38mm

PILOSETTES TERRATEST  
 Av. La Granada 1300 - Oficina 402 - Santiago de Chile - LSG-PENAL  
 PROYECTO TREN ELECTRICO

PI0064

PI0064-MIC-PLAN-001

REV	FECHA	DESCRIPCION	ELAB	ELAB	ELAB	ELAB
01	17/07/20	ELABORACION DE PLANOS PARA CONSTRUCCION	ELAB	ELAB	ELAB	ELAB
02	17/07/20	REVISOR	ELAB	ELAB	ELAB	ELAB
03	17/07/20	APROBADO	ELAB	ELAB	ELAB	ELAB



# PILOTES TERRATEST

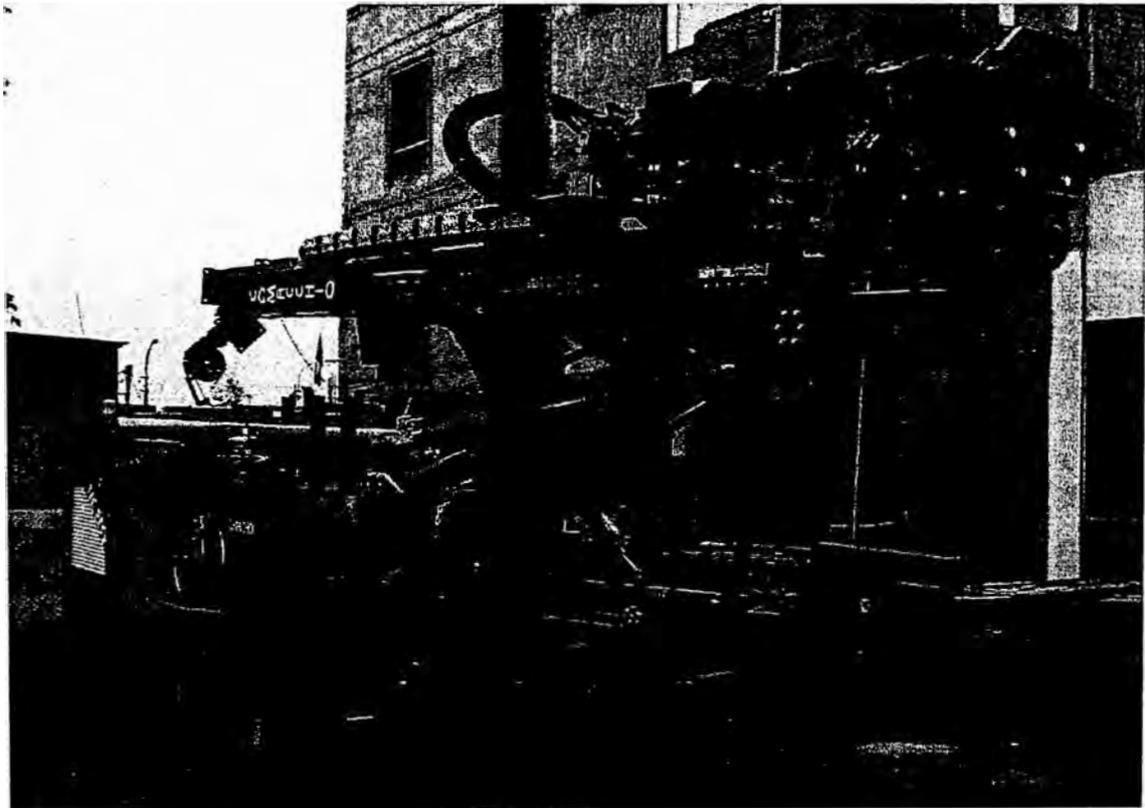
Web: [www.terratest.com.pe](http://www.terratest.com.pe)

Oficina  
Av. La Encalada 1388, Of. 402  
Santiago de Surco, Lima 33, Perú.  
Tel. (51-1) 437 0330 – Fax (51-1) 435 2364

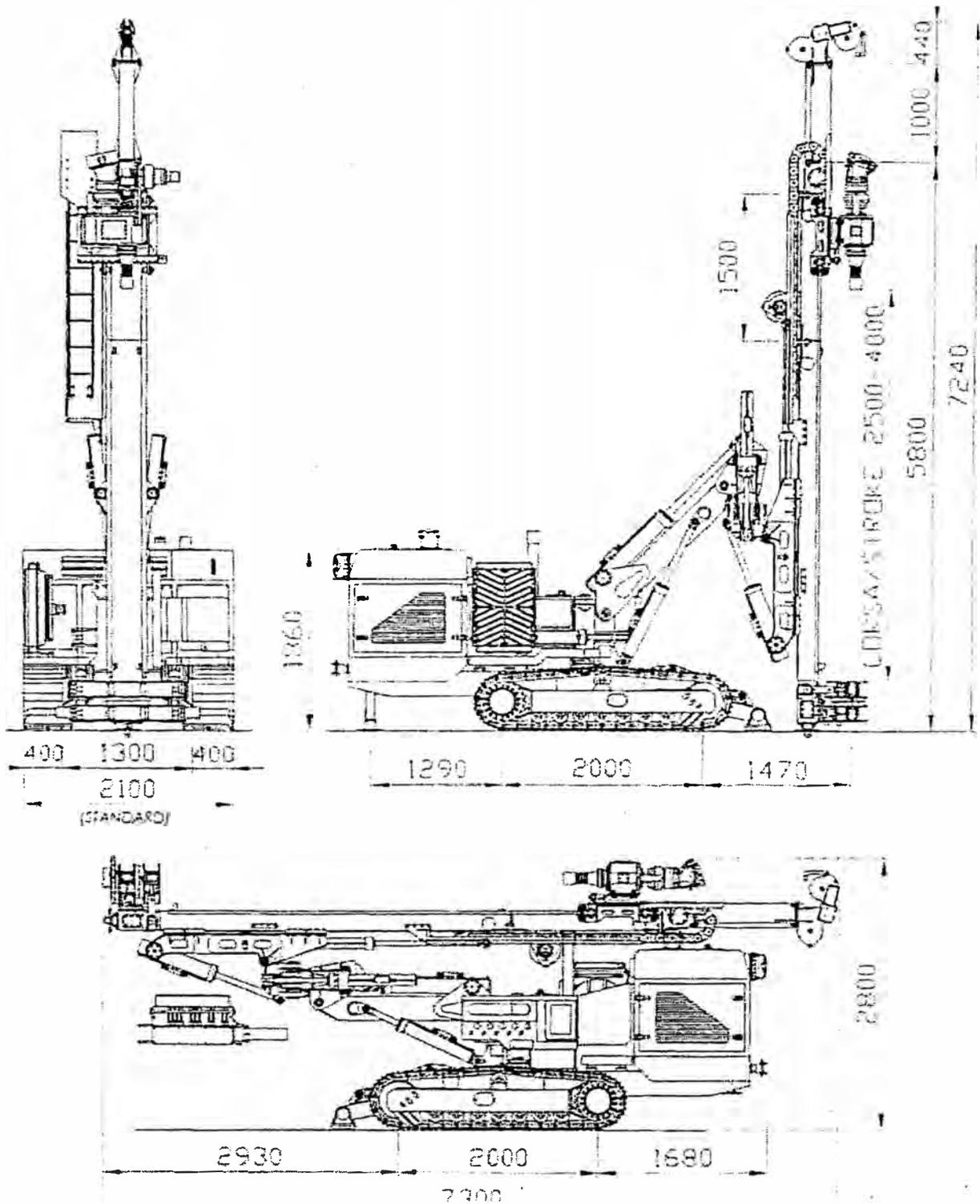
Bodega  
Las Pleyades 230  
Urb. La Campiña, Chorrillos, Lima 09, Perú.  
Telefax: (51-1) 467 3758

## COMACCHIO

Perforadora hidráulica marca COMACHIO, modelo MC-800 montada sobre carrode orugas.

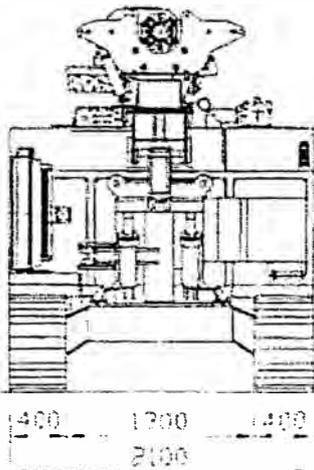


PILOTES TERRATEST PERU S.A.C. – FUNDACIONES ESPECIALES



### Mastil "086"- OPTIONAL

Carrera útil cabeza de perforación [mm]	4.000 / 6.000
Dimensiones máximas [mm]	5.800 / 7.800



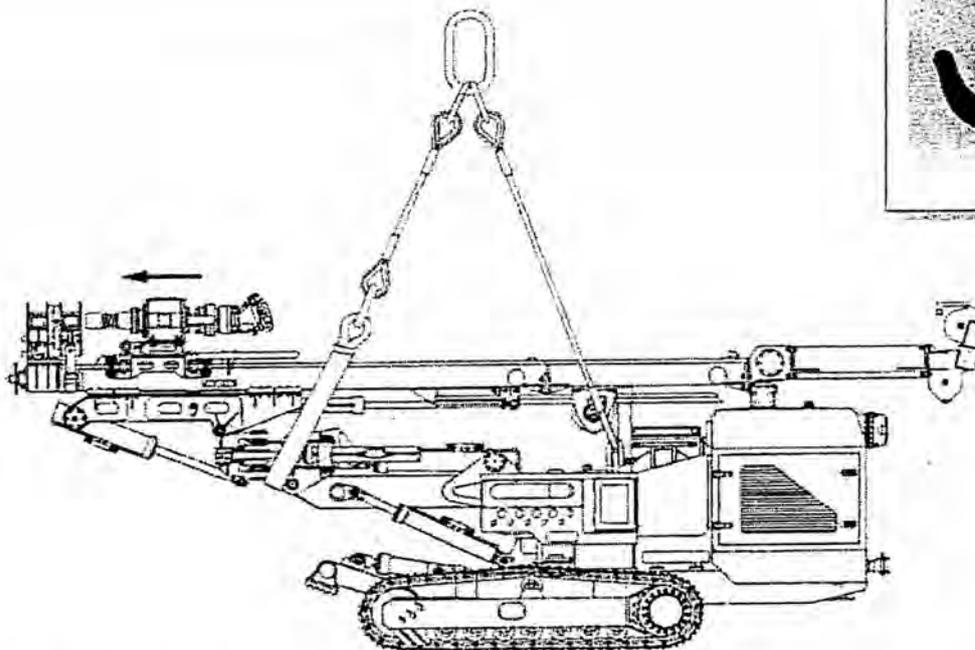
### DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA

Peso total [daN]	12000*
Presión máx. al suelo [kg/cm <sup>2</sup> ]	0,75
Fuerza máxima de tensión [daN]	6000
Fuerza máxima de tensión [daN]	6000
Inclinación máxima superable	20°-36%
Campo de temperaturas ambiente [°C]	-10 +40
Velocidad de traslación [km/h]	0-1,5

### CENTRAL HIDRÁULICA

Motor Diesel tipo	DEUTZ TCD 2012 L04 2V
Potencia motor diesel curva 2	95 kW a 2300 rpm
Tensión dispositivos eléctricos [V]	24
Presión máxima de ejercicio [bar]	280
Capacidad depósito aceite hidráulico [l]	350
Capacidad depósito gasóleo [l]	150

- FISSAGGIO PERFORATRICE
- FIJACION DE LA PERFORADORA





**PILOTES  
TERRATEST**

Alonso de Córdova 5151, Of. 1401  
Las Condes Santiago – CHILE.  
Teléfono: (56-2) 437 2900,  
Fax: (56-2) 212 72 35  
Web: www.terratest.cl



A14439 ISO 9001-2000

## Compresor VHP750

El compresor Ingersoll Rand VHP750 de 225 psi de presión máxima, es el que mejor se adecua a nuestros martillos de fondo, los cuales tienen una excelente performance a esta presión.

<b>Marca y modelo</b>	INGERSOLL RAND VHP750WCU
<b>No. Serie Máquina</b>	358538UFPB28
<b>Año de Fabricación</b>	2005
<b>Especificaciones técnicas del equipo</b>	
<b>Motor</b>	CUMMINS QSL-9 # 46.386.766
<b>Potencia del motor</b>	300 HP a 1.800 rpm
<b>Sistema eléctrico</b>	24V
<b>Unidad Compresora</b>	
<b>Tipo</b>	De tornillo de 1 etapa
<b>Caudal máximo de aire</b>	750 pcm
<b>Rango de presión de trabajo</b>	80 a 225 psi

### Datos para el Transporte:

Largo	5.460 mm
Ancho	2.000 mm
Altura	2.360 mm
Peso	4.660 Kgs



**PILOTES TERRATEST – FUNDACIONES ESPECIALES**

COMPRESOR VHP 750

F-SGC-8-05.02 REV/1



**PILOTES  
TERRATEST**

Alonso de Córdova 5151, Of. 1401  
Las Condes Santiago – CHILE.  
Teléfono: (56-2) 437 2900,  
Fax: (56-2) 212 72 35  
Web: www.terratest.cl

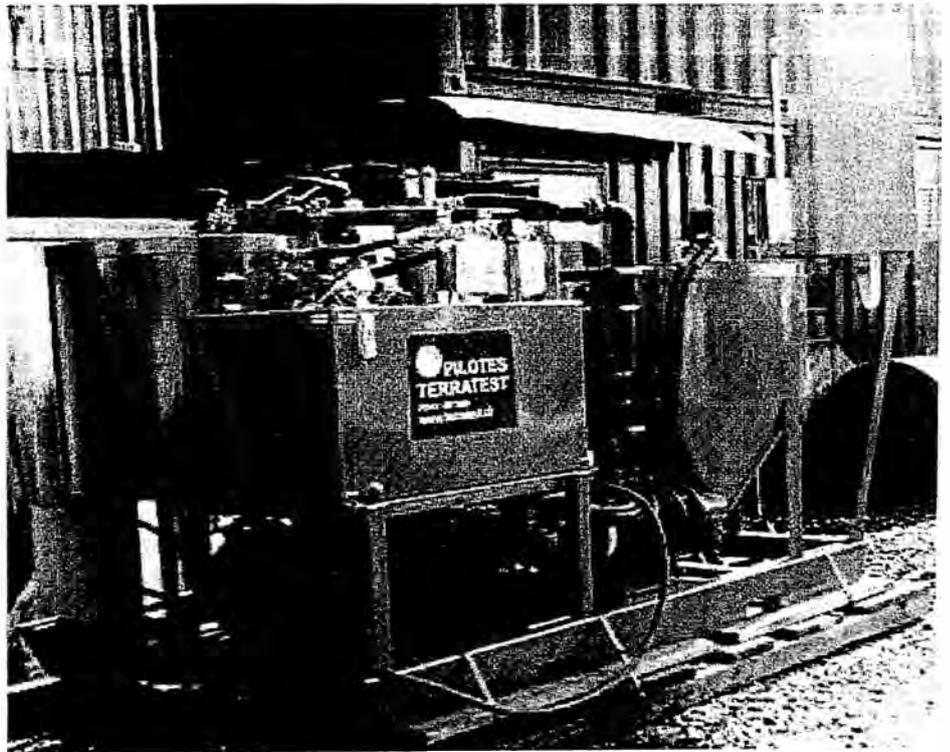


A14439 ISO 9001-2000

## INYECTORA CG600

La inyectora CHEMGROUT de la serie CG600 esta compuesta por un motor accionado eléctricamente, el cual acciona una bomba hidráulica. Esta bomba alimenta la bomba de mezclado coloidal y la bomba de pistón.

<b>Marca y modelo</b>	ChemGrout CG-600/3X8/EH
<b>Año de Fabricación</b>	2005
<b>Especificaciones Técnicas del equipo</b>	
<b>Motor máquina</b>	Motor Eléctrico 30 HP, 42 Amp a 380 V
<b>Bomba de inyección:</b>	CG-3X8/DBL/H
<b>Presión máxima de inyección</b>	1.000 psi (69 bar)
<b>Caudal máximo de inyección</b>	20 gpm (76 bar)



### Datos para el Transporte:

Largo	2.540 mm
Ancho	1.600 mm
Altura	1.680 mm
Peso	1.520 Kgs



**PILOTES TERRATEST – FUNDACIONES ESPECIALES**

INYECTORA CG600

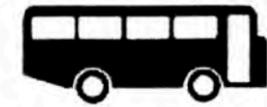
F-SGC-8-05.02 REV/1

# PLAN DE DESVÍO VEHICULAR

**CIERRE DE CARRIL SUPERIOR AV. JAVIER PRADO** (cruce con Av. Aviación, sentido de Oeste a Este)



## Rutas alternas:



Transporte Público



Transporte Privado

Tránsito exclusivo para residentes y clientes del Centro Comercial

**TRANQUERA**

Tránsito cerrado por trabajos

**Vía Expressa Javier Prado**  
Tránsito normal (sin cambio)

**Zona de Trabajo**

Tránsito normal (sin cambio)

Para información, llama gratuitamente a:  
**CENTRAL TELEFÓNICA**  
**0-800-71-222**

**TREN ELÉCTRICO**  
PARA GANARLE AL TIEMPO

