

Programa de Formación de Recursos Humanos para Latinoamérica y el Caribe en Reducción de Riesgo de Desastre

Criterios Sísmicos en Estructura de Puentes



Relator: José Luis Seguel
Julio 2018



I. OBRAS DE REPARACIÓN POSTERIORES AL TERREMOTO DEL AÑO 2010

1. Concesión Américo Vespucio Norte, Santiago
2. Concesión Ruta 5, Tramo Santiago Talca
3. Camino de la Madera, VIII Región
4. Concesión Ruta 5 Los Vilos La Serena Terremoto 2015

1. CONCESION AMERICO VESPUCIO NORTE, SANTIAGO

Concesión Urbana, ubicada en Santiago de Chile.





1. CONCESION AMERICO VESPUCIO NORTE, SANTIAGO

25 estructuras viales sin daños estructurales importantes después del terremoto del 2010, y que fueron construidos en el año 2002, fueron reforzados para eventos futuros.



La revisión del MOP (Ministerio de Obras Públicas, Chile) post-terremoto indicó que estas estructuras podrían permanecer en servicio sin intervención; sin embargo, la empresa Concesionaria decidió reforzarlas para evitar daños futuros e interrupciones del servicio.



1. CONCESION AMERICO VESPUCIO NORTE, SANTIAGO

La reparación y refuerzos de estos puentes fueron hechos en el año 2013, sin interrupción del tránsito y con un impacto mínimo en el funcionamiento normal de la carretera concesionada (por ejemplo, se realizaron solo segregación de tránsito de 1 vía).

Se aplicaron los nuevos criterios sísmicos del MOP, Junio 2010, teniendo en cuenta las limitaciones de cada una de estas estructuras (disponibilidad de espacio, intervención mínima de la estructura existente, elementos construidos, variación y ajustes de los criterios, etc.); y de esta forma, se aumento la seguridad de la conexión entre la superestructura y la infraestructura.

1. CONCESION AMERICO VESPUCIO NORTE, SANTIAGO

Obras realizadas:

- Incorporación de topes laterales extremos e intermedios en estribos y cepas.
- Incorporación de travesaños en los tableros.
- Incorporación de placas laterales entre las vigas longitudinales y topes sísmicos.
- Incorporación de tope longitudinal, para puentes esviados, en vez de grandes recrecidos en las mesas de apoyo.
- Cambio de las placas de apoyo, calculado con mayor aceleración que el proyecto original (A_0 en lugar de $A_0/2$); donde A_0 = aceleración efectiva máxima del suelo



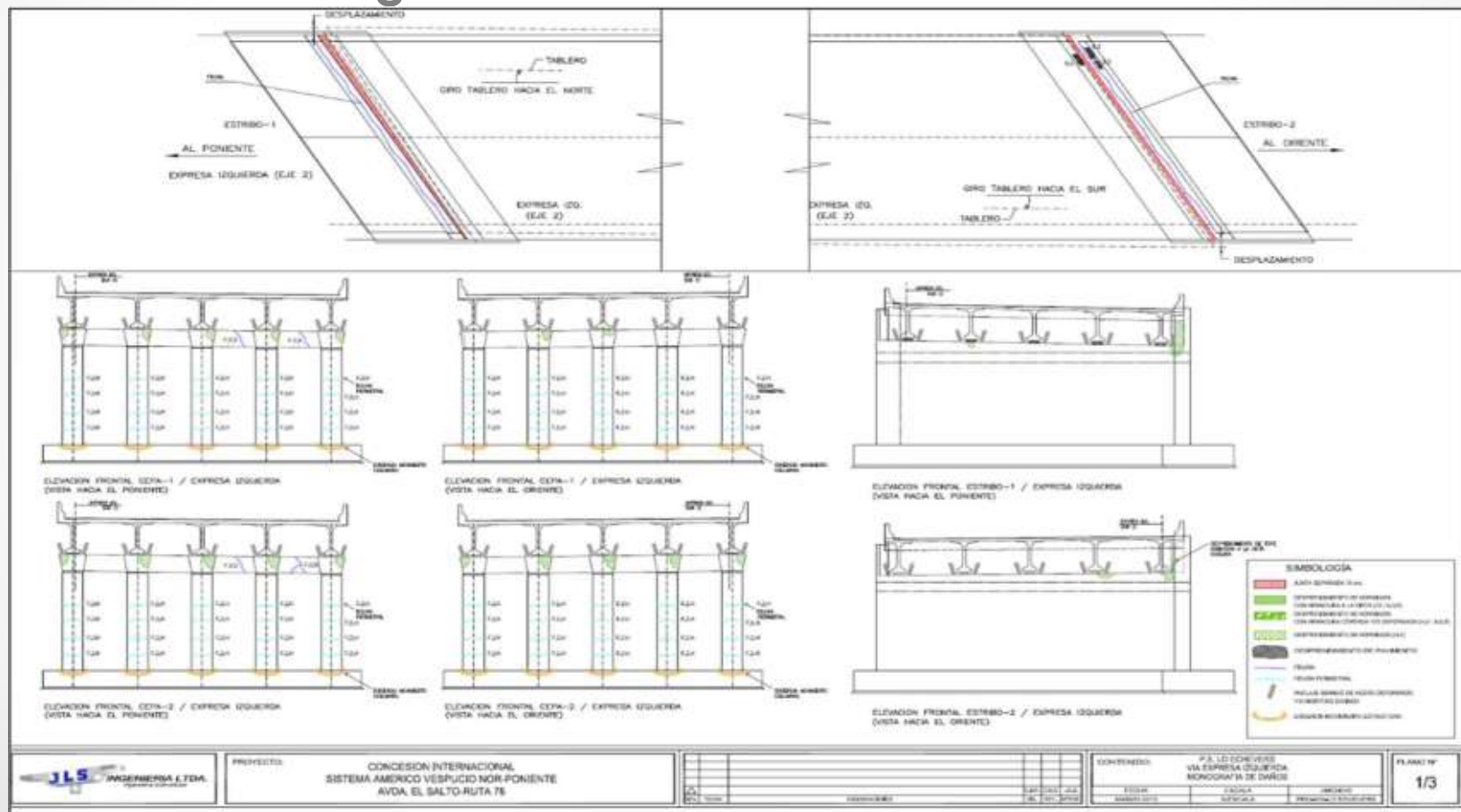
1. CONCESION AMERICO VESPUCIO NORTE, SANTIAGO

Obras realizadas:

- Uso de diferentes técnicas para unir la nueva placa de apoyo al hormigón de las vigas y a la maesa de apoyo: uso de adhesivos especiales; placas de acero rugosas, placas ancladas (sujeto a obras existentes).
- Cambio de barras antisísmicas, calculado con mayor aceleración que el proyecto original (A_0 en lugar de $A_0/2$), con un diámetro mínimo de 25 mm.
- Cambio de juntas de dilatación, calculadas con mayor aceleración que el proyecto original (A_0 en lugar de $A_0/2$). (ajuste del espacio libre donde van las juntas),

1. CONCESION AMERICO VESPUCIO NORTE, SANTIAGO

Plano Monografías de Daños:

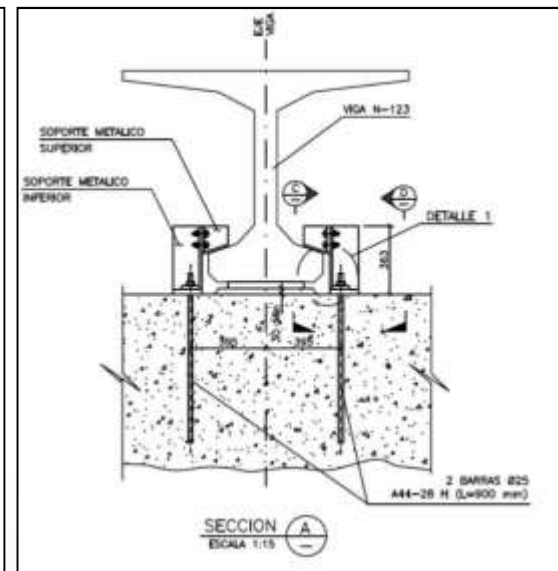
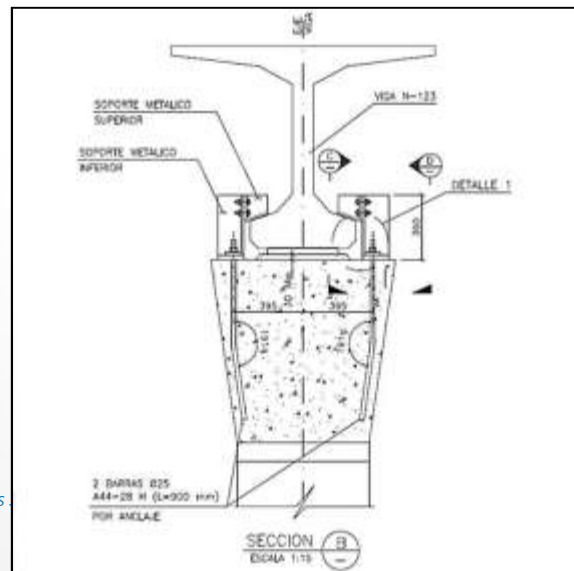
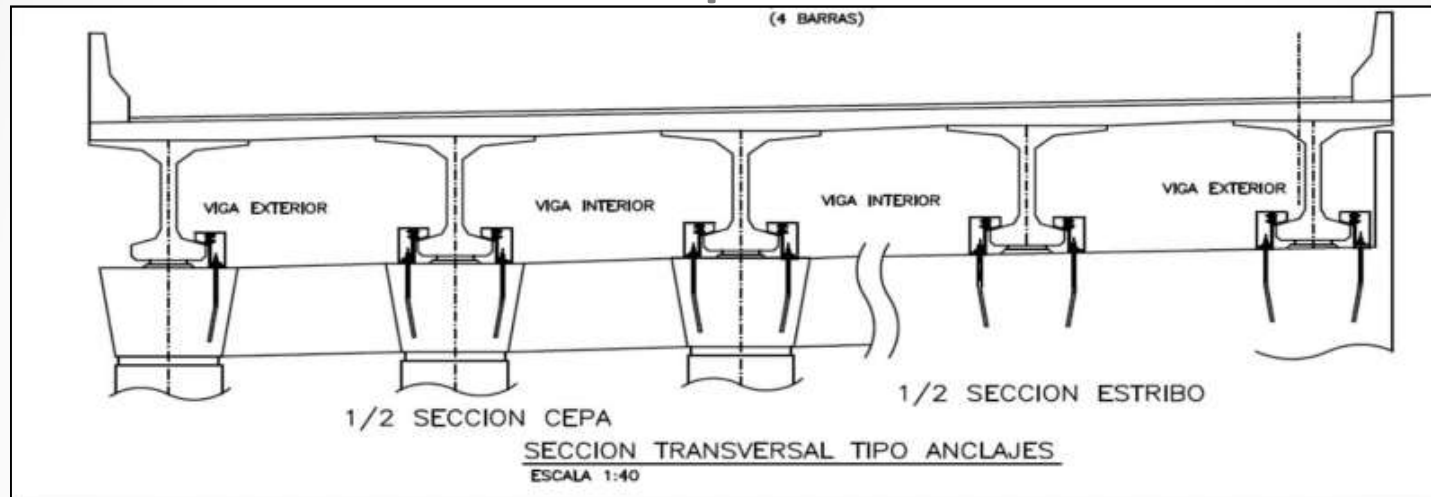


1. CONCESION AMERICO VESPUCIO NORTE, SANTIAGO

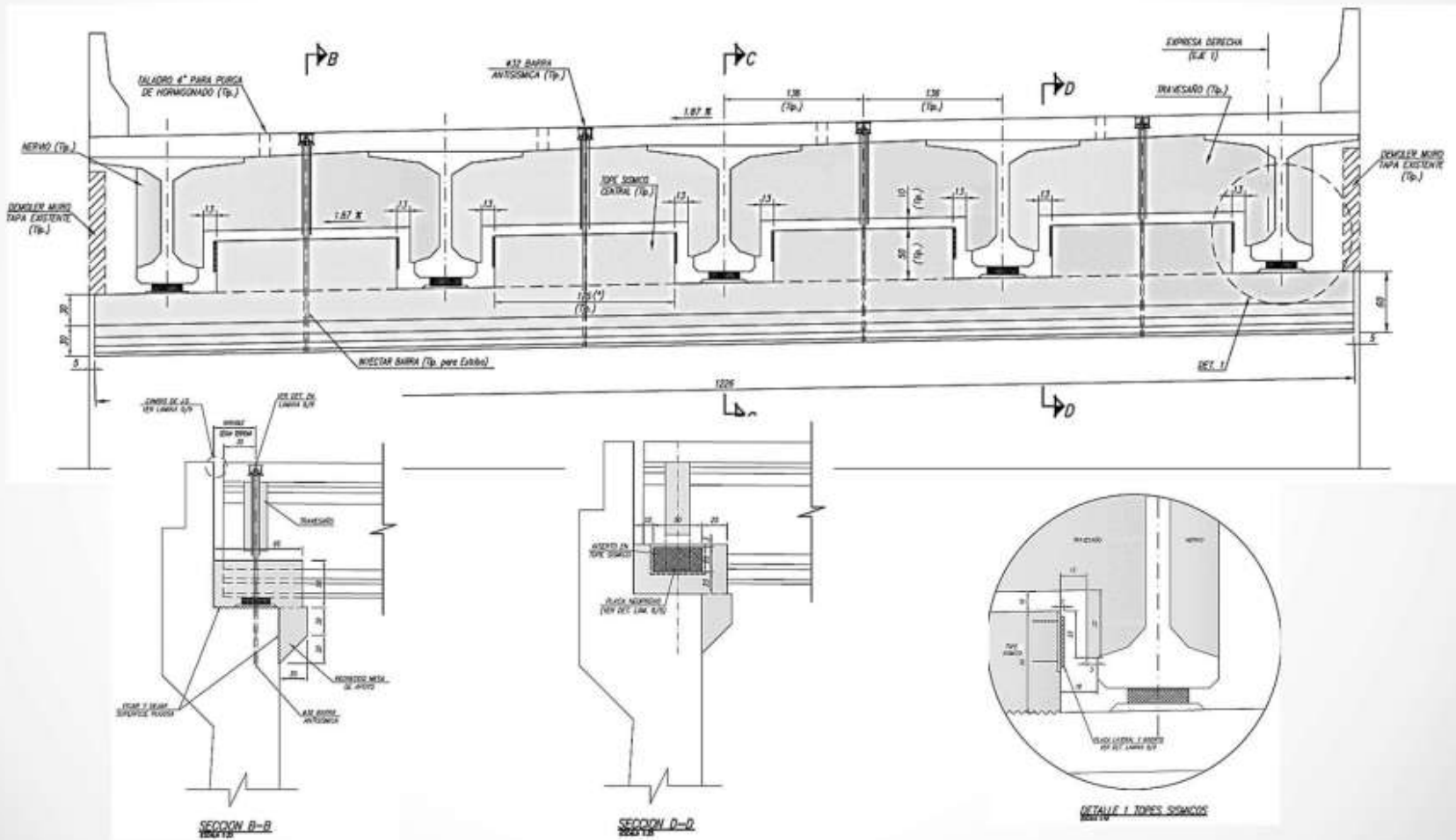
Obras realizadas:



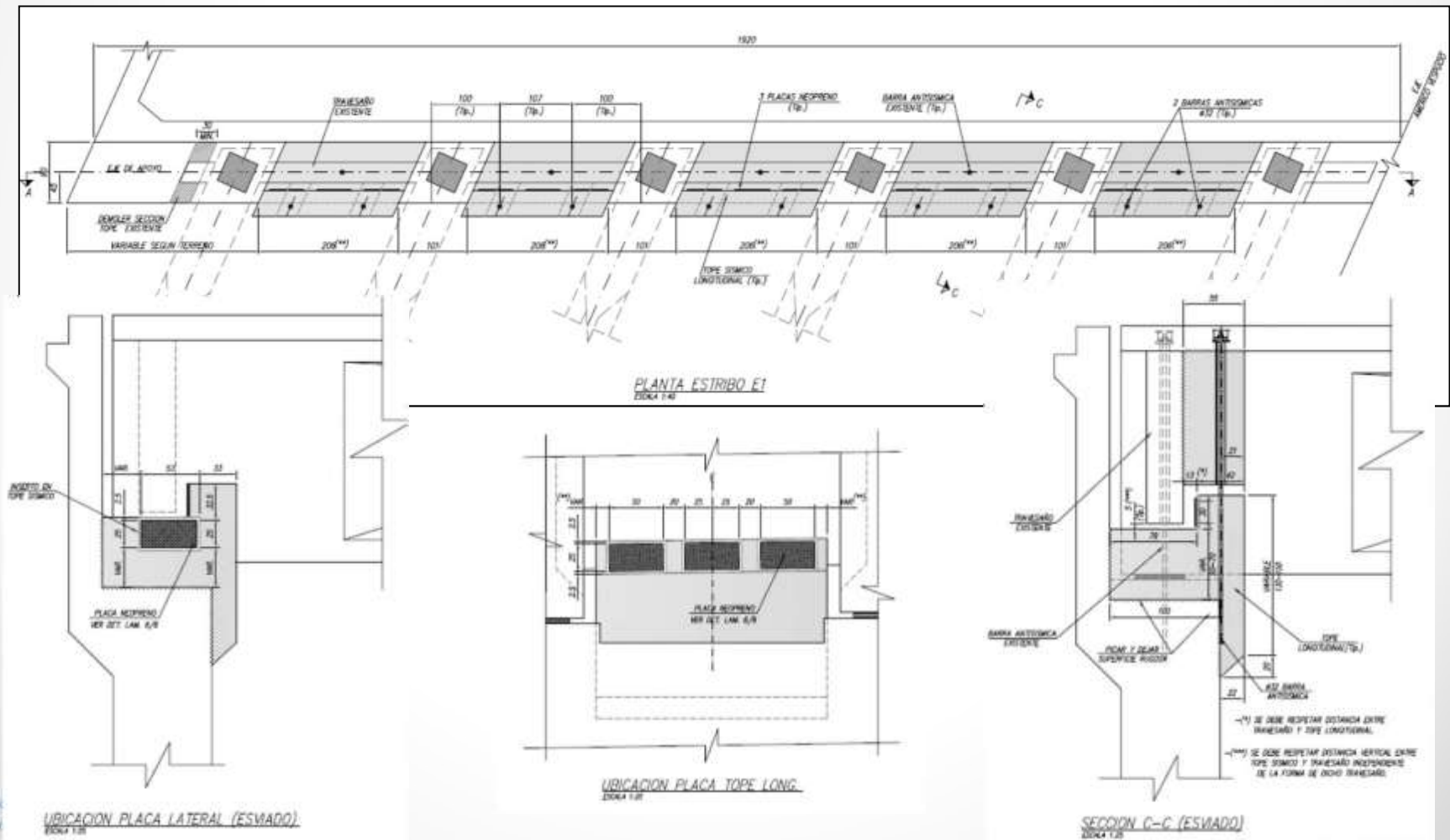
DETALLES CONSTRUCTIVOS: Cepas estribos antes del terremoto



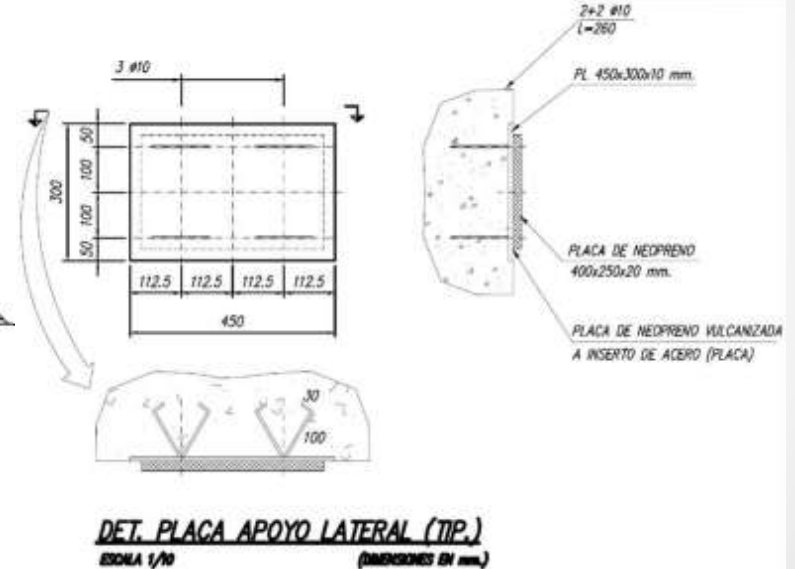
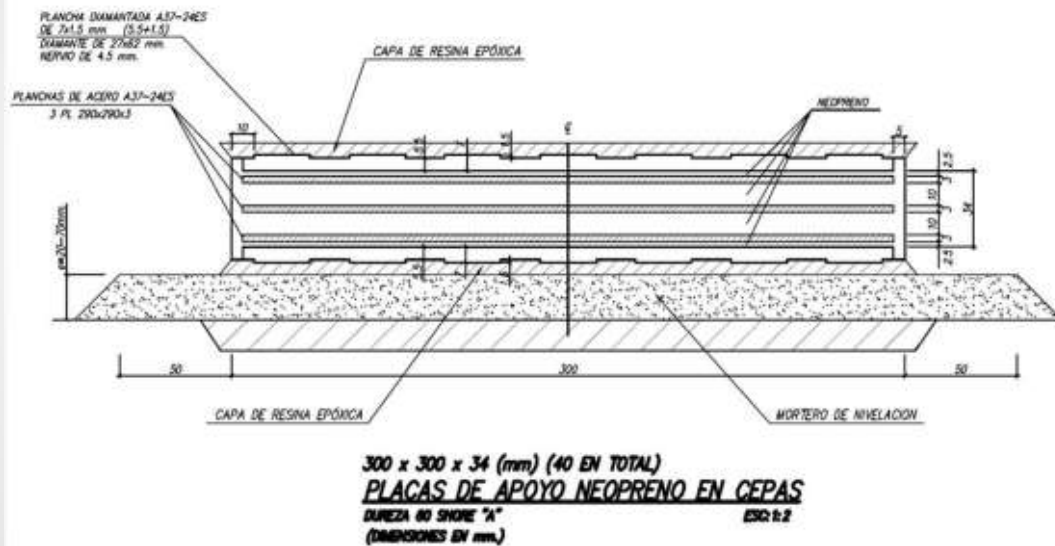
DETALLES CONSTRUCTIVOS: Refuerzos en estribos



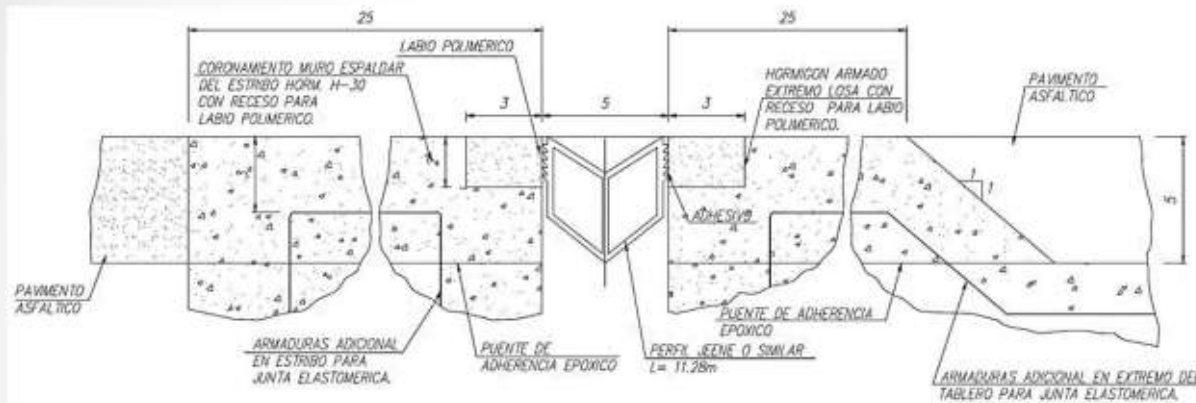
DETALLES CONSTRUCTIVOS: Tope Longitudinal



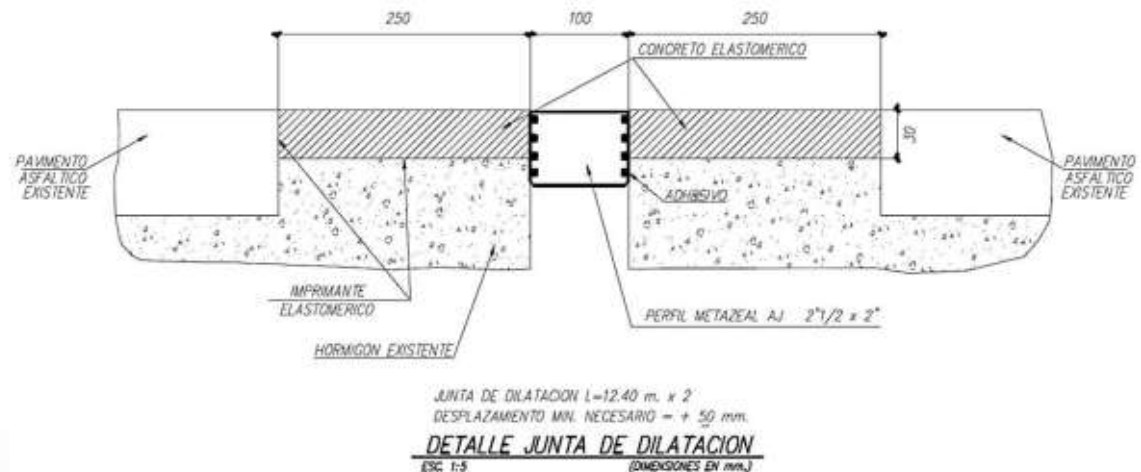
DETALLES CONSTRUCTIVOS: Placas de apoyo



DETALLES CONSTRUCTIVOS: Junta de dilatación



DETALLE DE JUNTA DE POLICLOROPRENO (SEGUN PROYECTO ORIGINAL)
ESC. 1:2



5. DETALLES CONSTRUCTIVOS

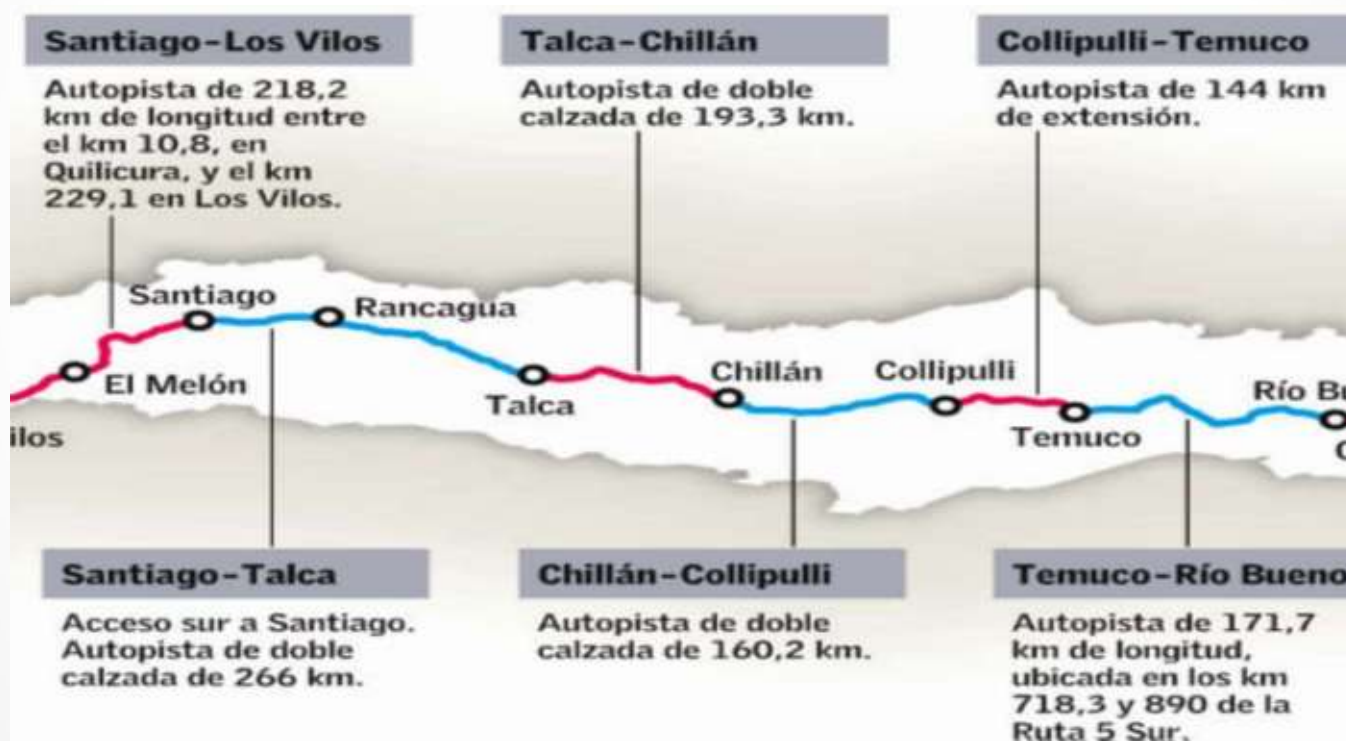
Estructuras terminadas



2. CONCESION RUTA 5 TRAMO SANTIAGO TALCA RUTA DEL MAIPO

Concesión interurbana.

isa
INTERVIAL



2. CONCESION RUTA 5 TRAMO SANTIAGO TALCA

Aplicación de los nuevos criterios sísmicos MOP (julio 2010).
Los criterios sísmicos se fueron modificando a lo largo del tiempo, con diferentes alternativas, de acuerdo con las condiciones del terreno y a distintas soluciones que se presentaban en distintos proyectos de estructuras que se reforzaban.

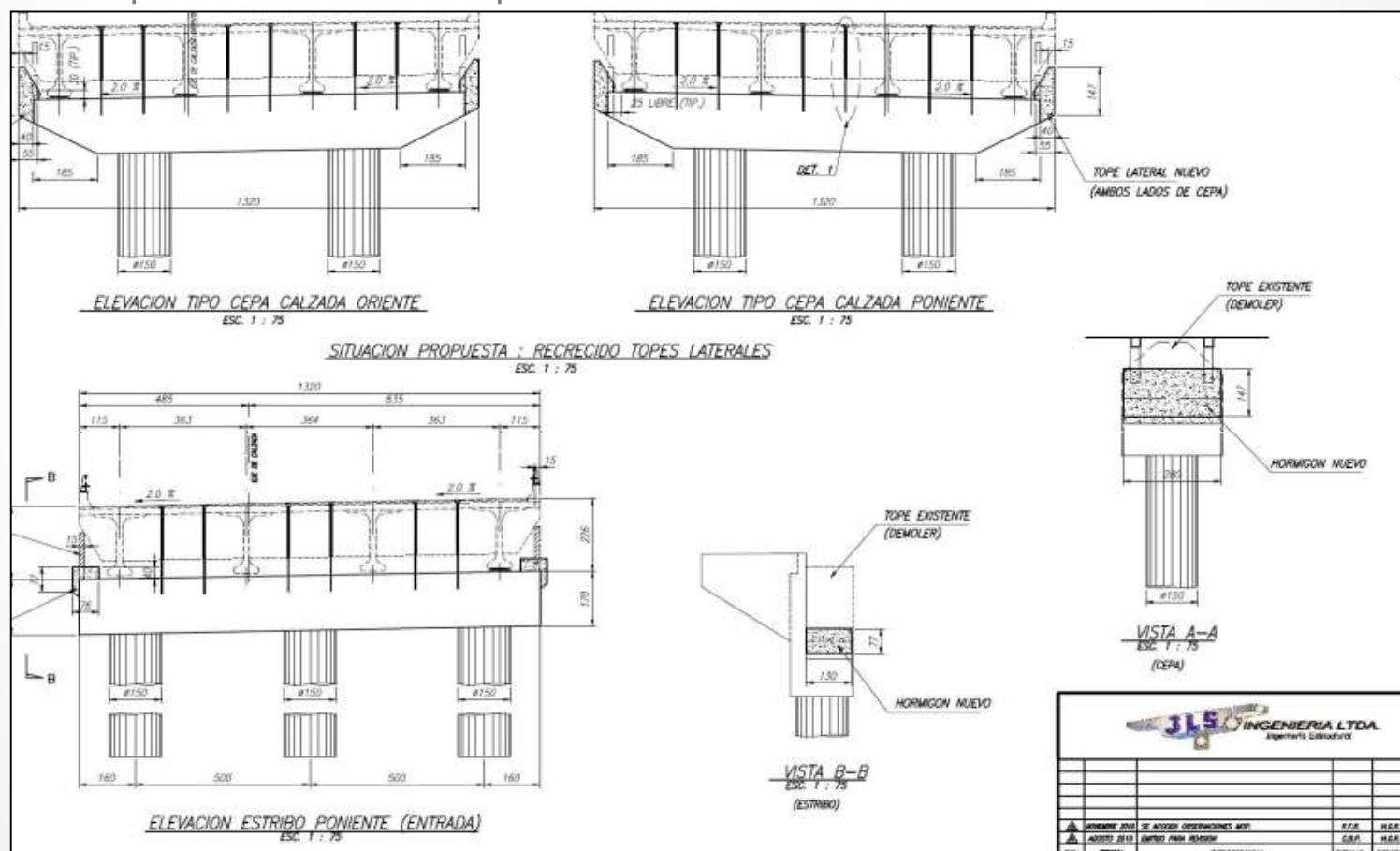


2. CONCESION RUTA 5 TRAMO SANTIAGO TALCA

Acciones por estructura											
N	ESTRUCTURA	DESCRIPCION	Km	Estructura Nueva	Estructura Preexistente	Diagnostico y Monografía de Daños	Travesaño	Tope Sismico	Tope Lateral Sismicos	Cambio Barras Sismicas	Reparación Apoyo Gerber
1	Paso Inferior San Ramón	L = 56,8 m / 2 span	86,5	X			X	X		X	
2	Enlace Rancagua Poniente	L = 26,0 m / 1 span	89,0	X			X	X		X	
3	Puente Cachapoal Poniente	L = 761,2 m / 22 span	89,5	X					X	X	
4	Puente Cachapoal Oriente	L = 761,2 m / 22 span	89,5	X					X	X	
5	Paso Inferior San Fernando	L = 44,0 m / 2 span	139,8	X			X	X		X	
6	Puente Maquehua Oriente	L = 97.92 m / 8 span	192,9		X						X
7	Puente Santa Blanca	L = 52,0 m / 2 span	68,5		X	X					
8	Puente Guaquillo Poniente	L = 148,0 m / 4 span	191,3		X	X					
9	Puente Lontué Poniente	L = 238,0 m / 7 span	194,8		X	X					
10	Puente Guaquillo Oriente	L = 148,0 m / 4 span	191,3	X			X	X		X	

2. CONCESION RUTA 5 TRAMO SANTIAGO TALCA

Incorporación de topes sísmicos



3. CONCESION CAMINO DE LA MADERA

Concesión interurbana, terminada el año 2013.





3. CONCESION CAMINO DE LA MADERA

Estructuras ubicadas cerca del epicentro del terremoto del año 2010 (VIII Región).

Los puentes carreteros quedaron solo con daños menores y continuaron funcionando normalmente, después del terremotos.

9 estructuras fueron reforzadas (estructuras antiguas).

3. CONCESION CAMINO DE LA MADERA

Puente Patagual:



3. CONCESION CAMINO DE LA MADERA

Puente Patagual:



3. CONCESION CAMINO DE LA MADERA

Puente Patagual:



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Concesión interurbana

RUTAS
DEL ELQUI | víaschile



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Sismo 2015:

Hipocentro

Hora Local	19:54:31 16/09/2015
Hora UTC	22:54:31 16/09/2015
Latitud	-31.637
Longitud	-71.741
Profundidad	23.3 Km
Magnitud	8.4 Mw CS
Referencia	37 km al NO de Los Vilos



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Después de la inspección detallada, las estructuras viales se clasificaron según daño post sismo en:

GRUPO I : Daños mayores. Implica la necesidad de gatear el tablero, y en algunos casos riparlo (desplazamiento horizontal mayor a 5.0 cm), para devolverlo a su posición original. En general, son estructuras que presentan daños en varios puntos.

GRUPO II : Daños medios. Presentan daños en algunos elementos estructurales, pero que no implican el cambio de placas de apoyo, por lo que la labor de gateo o ripado, no se considera en este grupo. Las labores de mayor complejidad serán los cambios de juntas de dilatación y barras antisísmicas.

GRUPO III : Daños menores. Presentan daños en algunos elementos estructurales, y las labores a realizar serán sólo reparaciones de desprendimientos de hormigón e inyección de fisuras.

GRUPO IV : Sin daños. No presentaron daños visibles por el sismo, sin perjuicio que eventualmente tenían daños anteriores. No necesitan labores de reparación.

4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Las cantidades por cada Grupo fueron las siguientes:

<i>GRUPO DE DAÑO</i>	<i>CANTIDAD DE ESTRUCTURAS</i>
<i>I</i>	<i>12</i>
<i>II</i>	<i>6</i>
<i>III</i>	<i>23</i>
<i>IV</i>	<i>26</i>

4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Las principales labores de refuerzo y rehabilitación en las estructuras viales fueron las siguientes:

- Reparaciones de Hormigón (fisuras, grietas, desconches, c)
- Cambios de Placa de Apoyo.
- Cambio Juntas de Dilatación.
- Cambio de Barras Antisísmicas.
- Gateo del Tablero.
- Ripado del Tablero.

Estas dos últimas actividades son las más complejas de proyectar y ejecutar.

Las estructuras fueron devueltas a su estándar original, sin ocupar los nuevos criterios sísmicos del MOP.

4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:

P.I. ALCONES



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:

P.I. ALCONES



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:

P.I. ALCONES



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:

P.I. TONGOY-TAMBILLO



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:
P.I. TONGOY-TAMBILLO



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:
PUENTE EL TENIENTE



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:
PUENTE EL TENIENTE



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:
PUENTE EL TENIENTE



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Ejemplos Estructuras dañadas:
PASARELA HUENTELAUQUEN



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

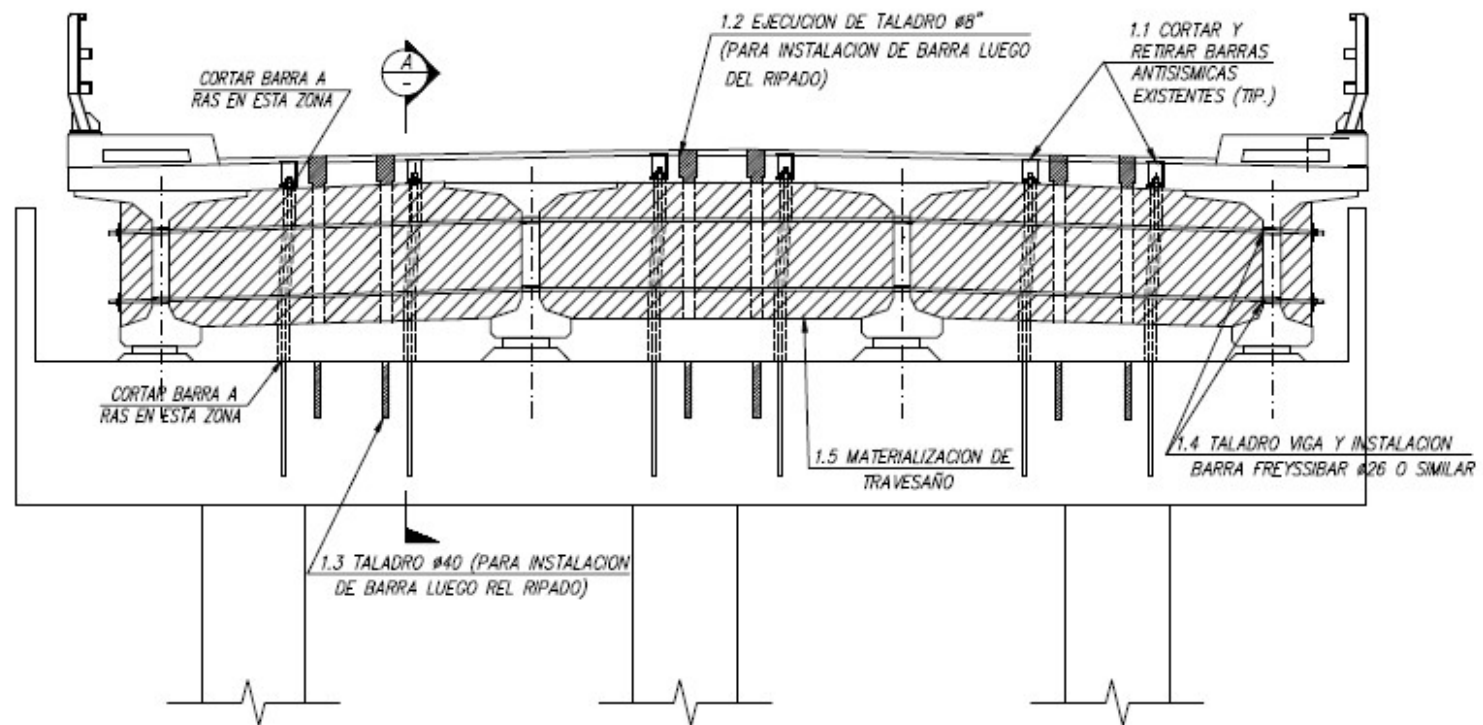
Ejemplos Estructuras dañadas:
PASARELA HUENTELAUQUEN



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Soluciones Típicas:

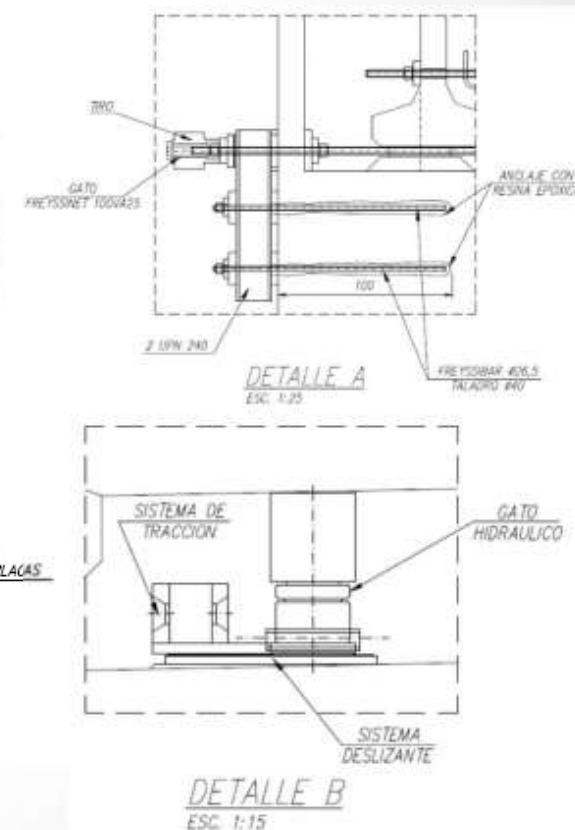
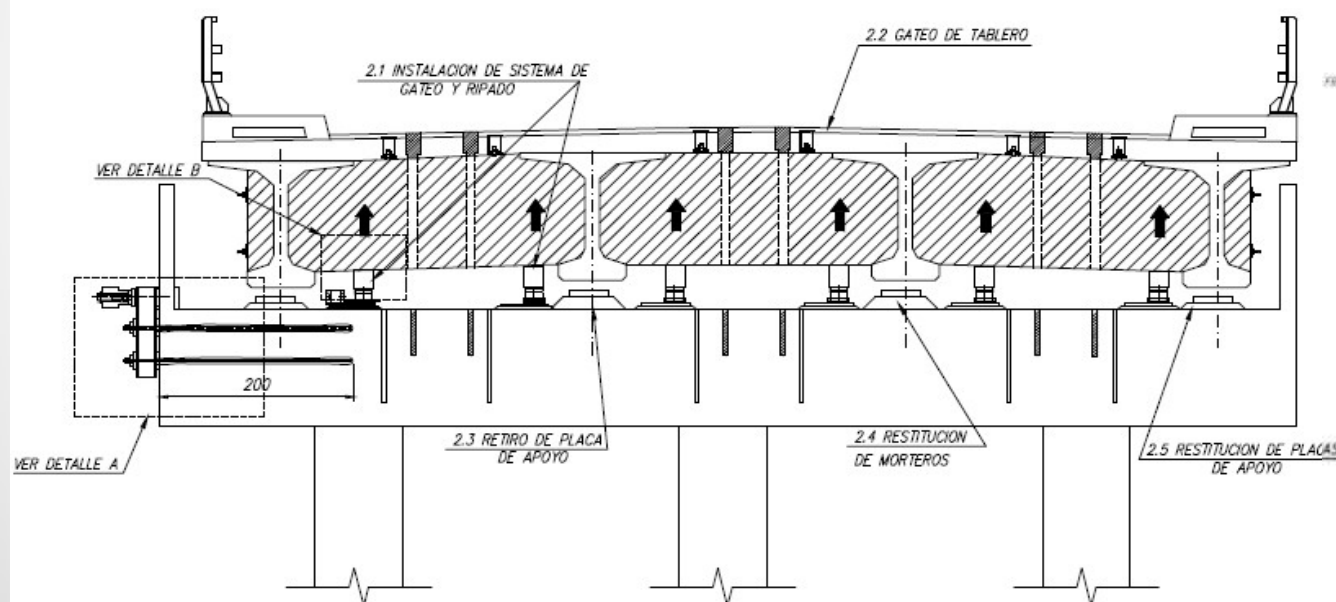
ETAPA 1: EJECUCION DE TRAVESAÑO Y ELIMINACION DE BARRAS ANTISISMICAS EN ESTRIBOS



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

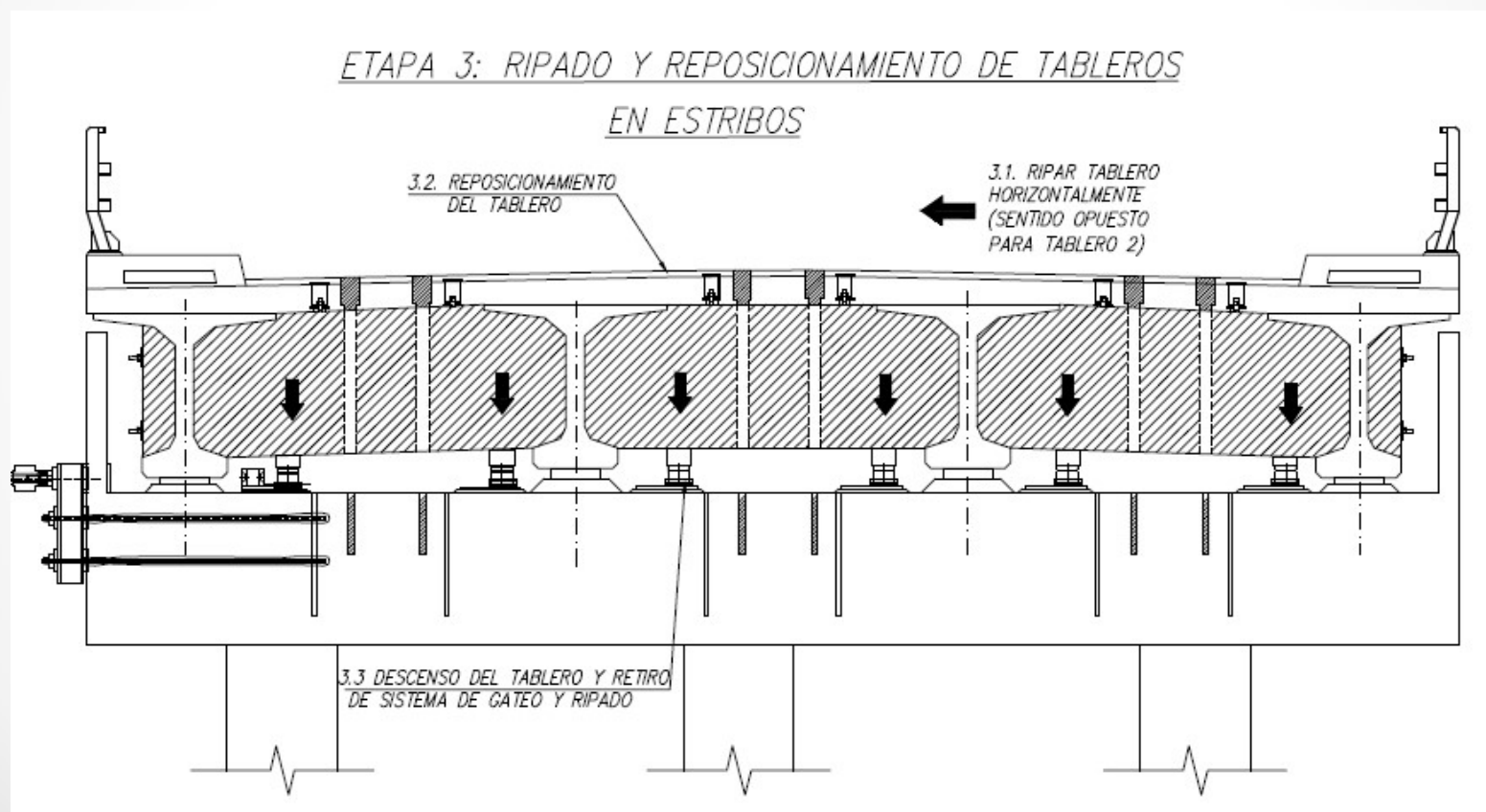
Soluciones Típicas:

ETAPA 2: GATEO DE TABLERO Y RESTITUCION DE
MORTEROS Y PLACAS DE APOYO EN ESTRIBOS



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

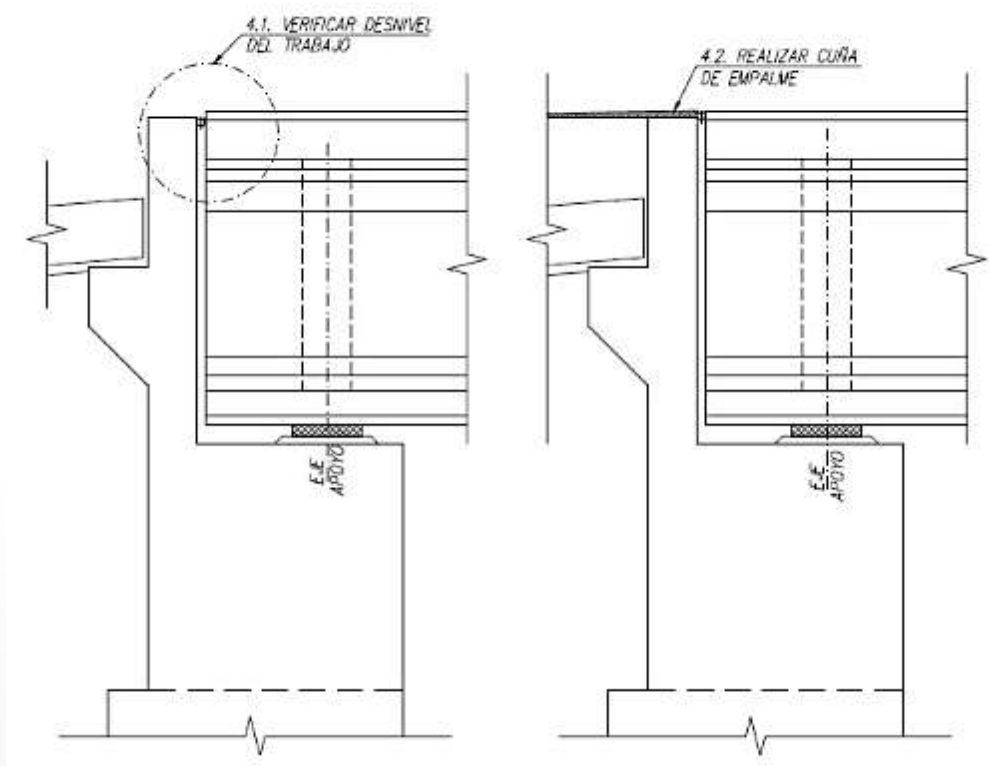
Soluciones Típicas:



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

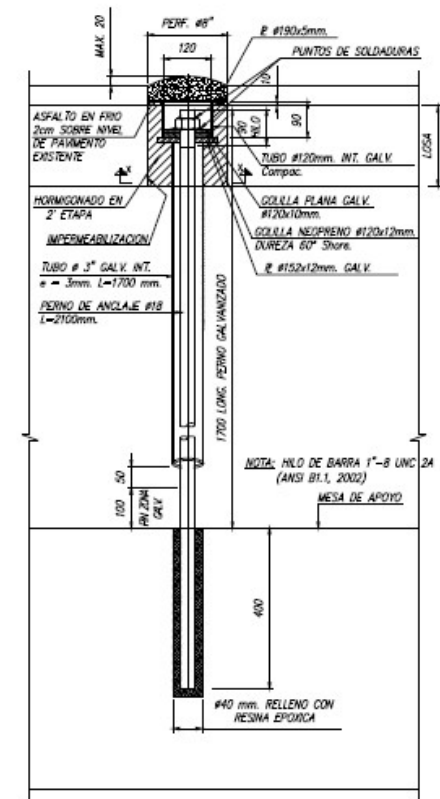
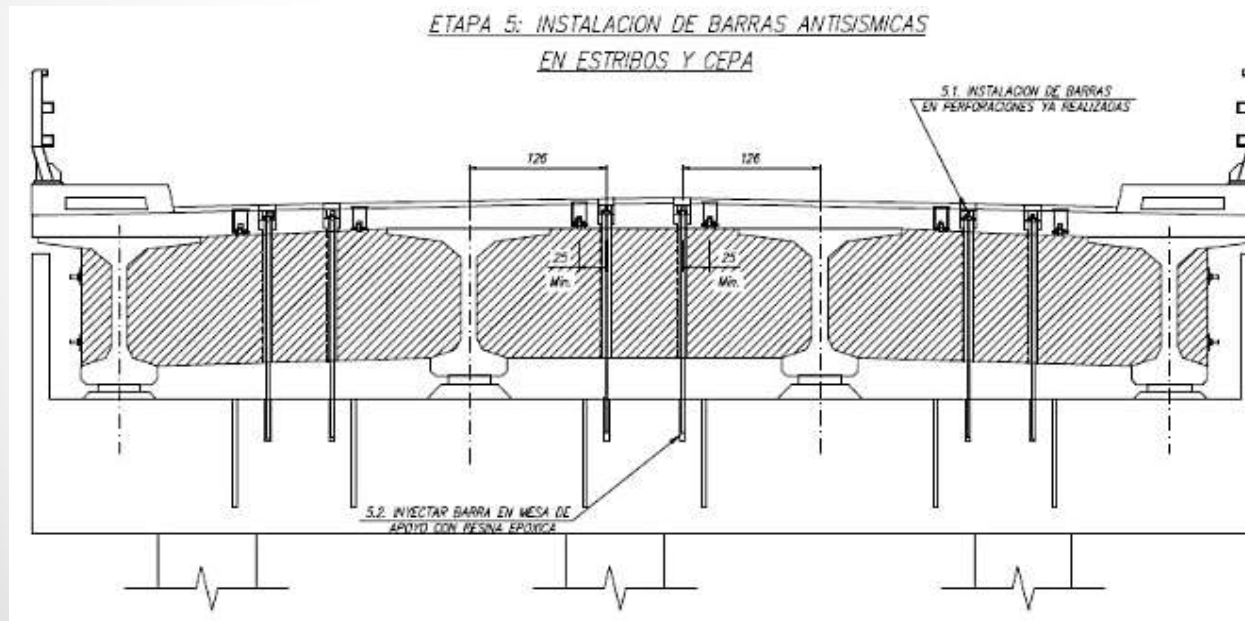
Soluciones Típicas:

ETAPA 4: VERIFICACION DE DESNIVEL DE TRABAJO



4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Soluciones Típicas:

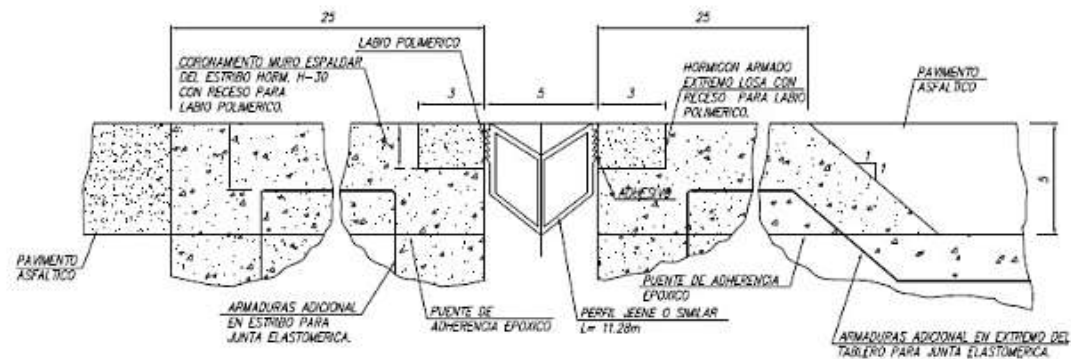


DETALLE PERNOS DE ANCLAJE EN ESTRIBOS Y CEPAS
ESC. 1:10 (DIMENSIONES EN mm.)

4. CONCESION RUTA 5 LOS VILOS LA SERENA

Soluciones Típicas:

ETAPA 6: INSTALACION DE JUNTA DE DILATACION ESC. 1:25



DETALLE DE JUNTA DE POLICLOROPRENO (SEGUN PROYECTO ORIGINAL) ESC. 1:2

II. PROYECTO AVO: TRINCHERAS



1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO
2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL
3. MODELOS ESTRUCTURALES
4. DETALLES CONSTRUCTIVOS

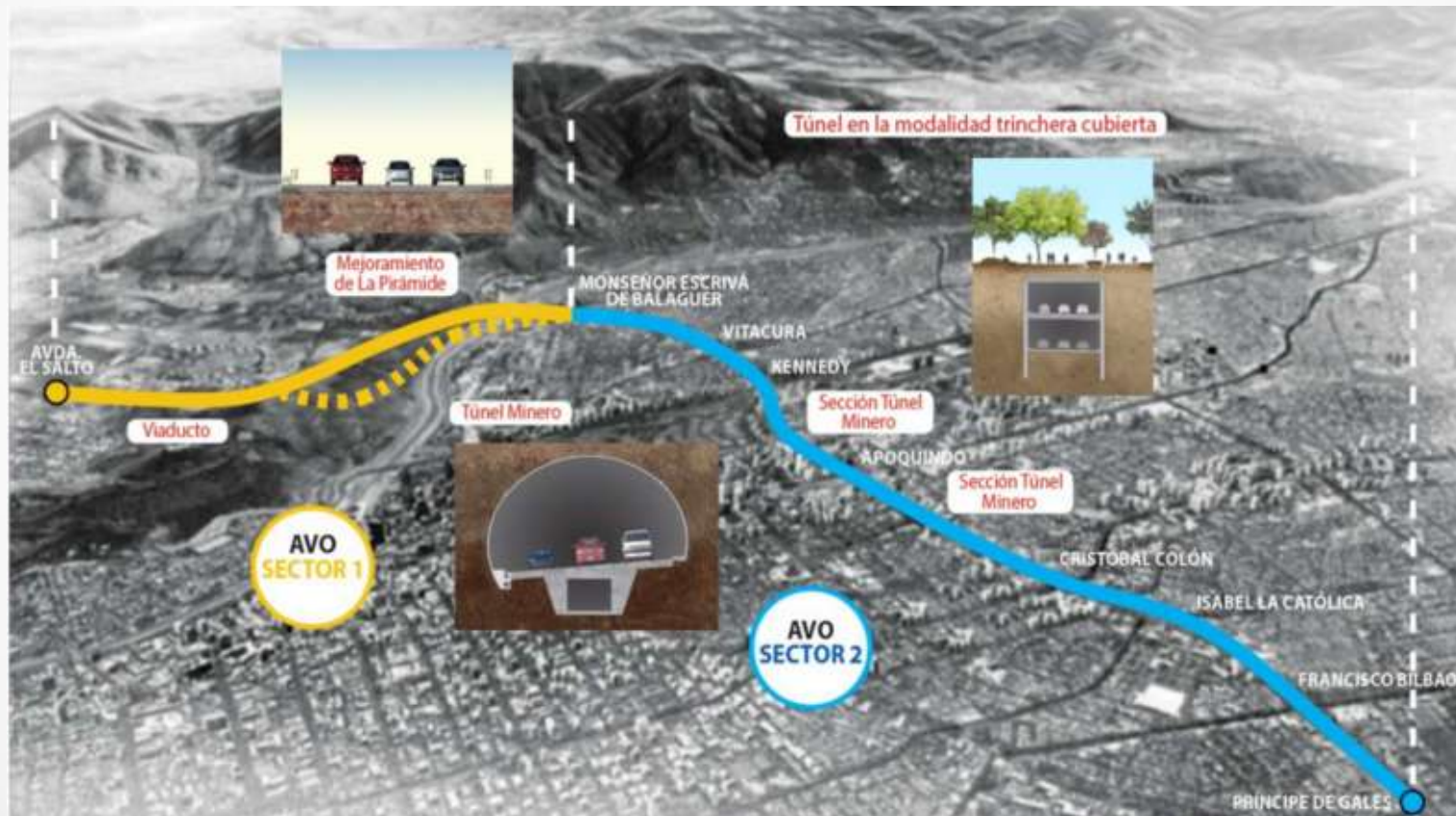
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Sector 1 : Avda. El Salto - Puente Centenario

Sector 2 : Puente Centenario - Avda. Príncipe de Gales



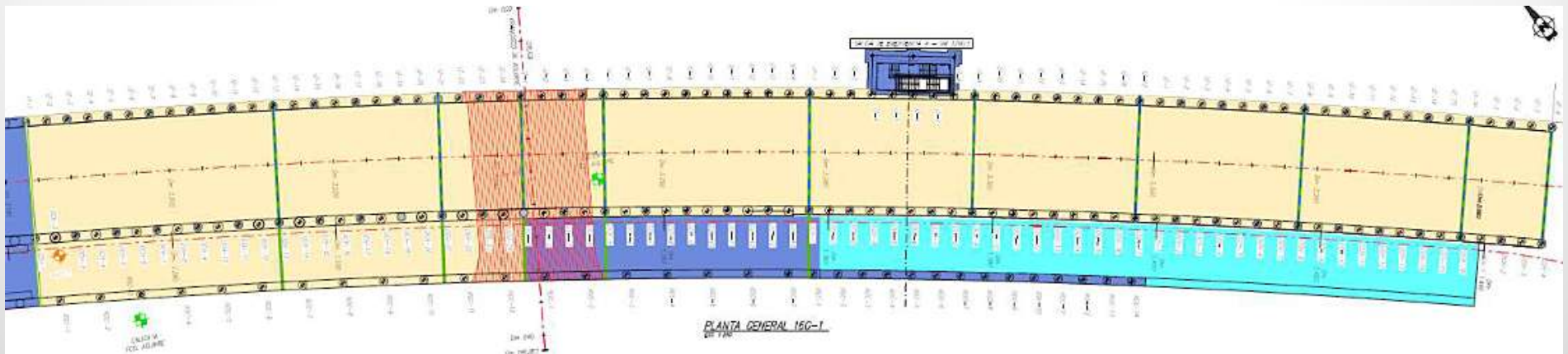
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

La solución vial mayoritaria del proyecto consiste en un túnel en modalidad **trinchera cubierta**, emplazado bajo el Parque Américo Vespucio, que acogerá a las calzadas expresas, con dos sentidos de circulación: dureccion Sur-Norte en el Nivel -1; y dirección Norte-Sur en el Nivel -2.

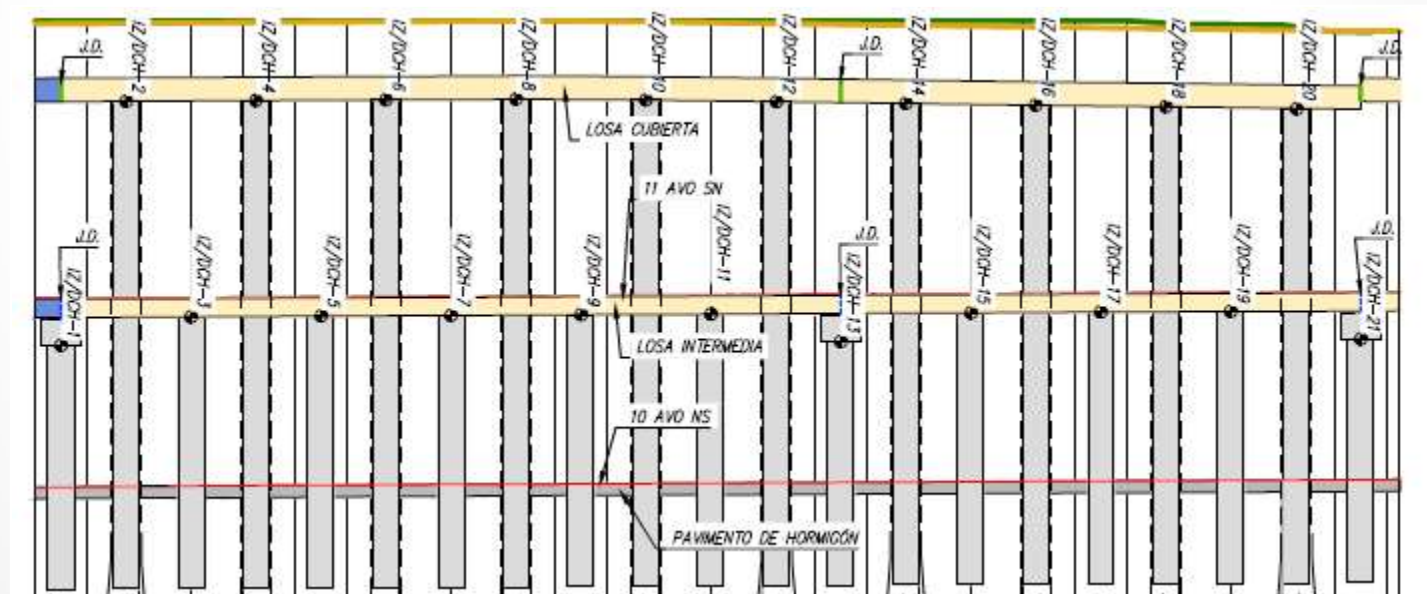
Planta General:



2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

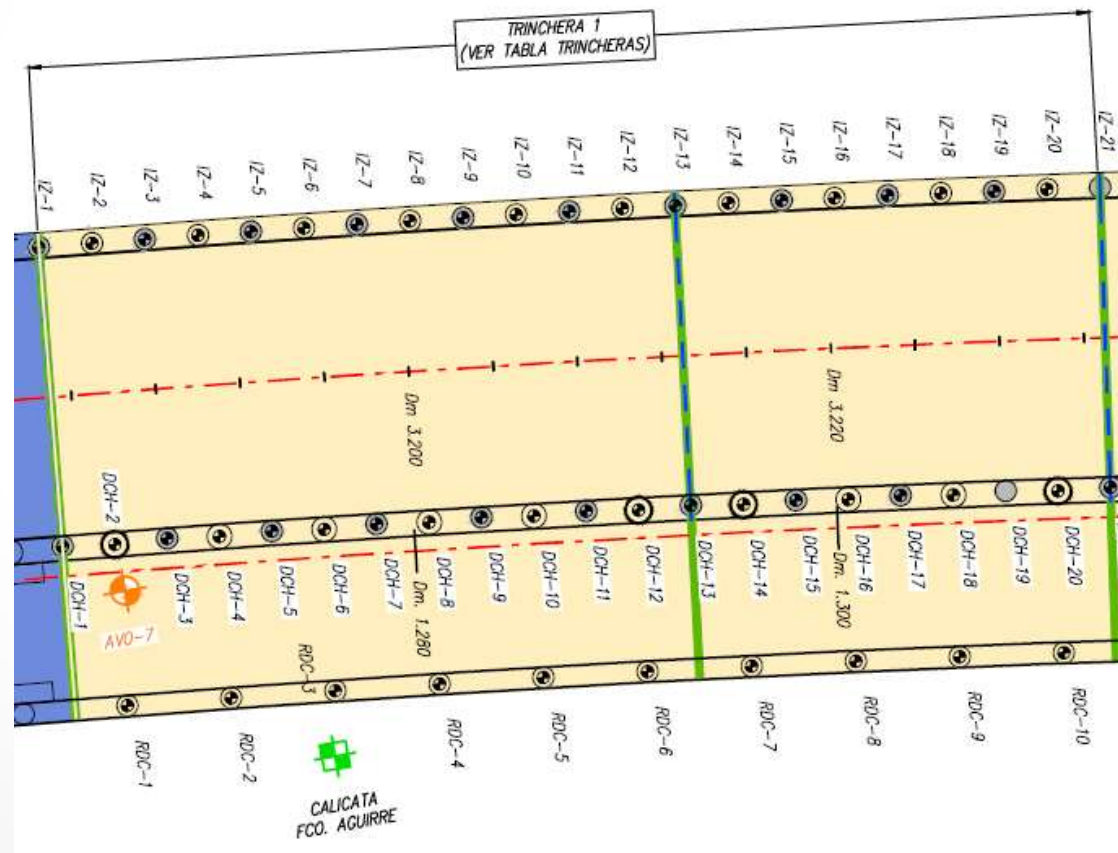
La estructuración comprende losa superior e intermedia postensadas apoyada sobre pilotes largos y cortos alternados entre sí, con uniones rotuladas,

Perfil Longitudinal:



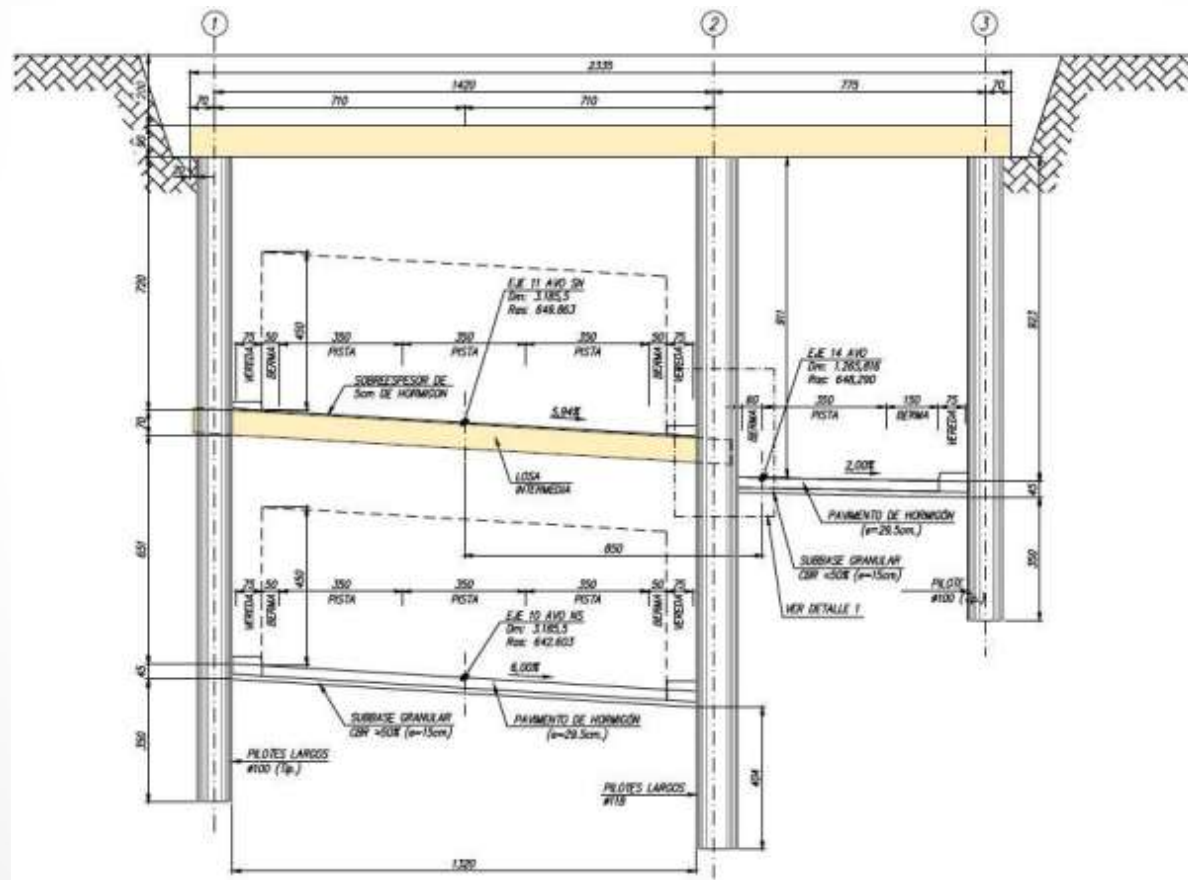
2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Planta:



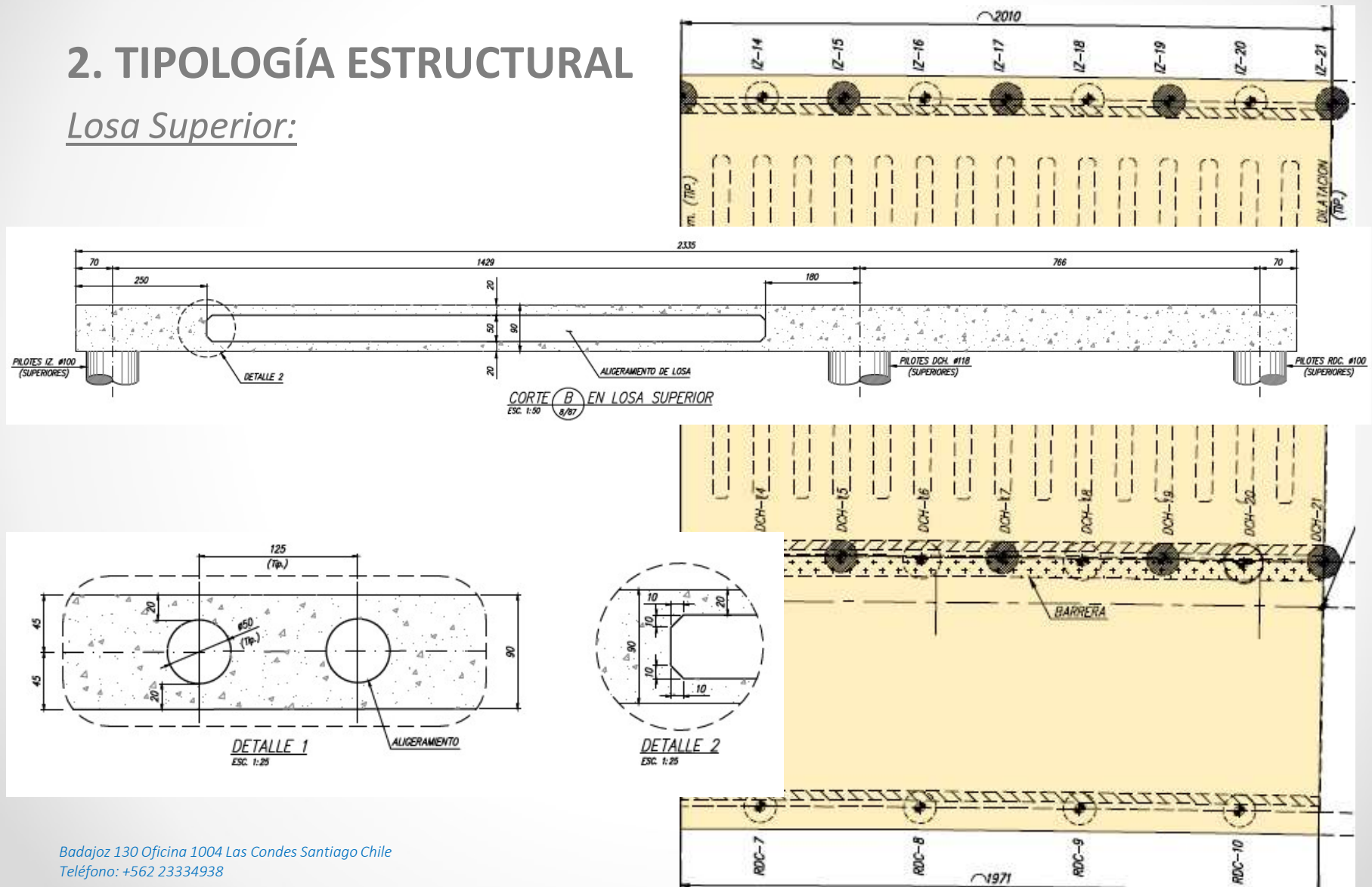
2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Sección transversal:



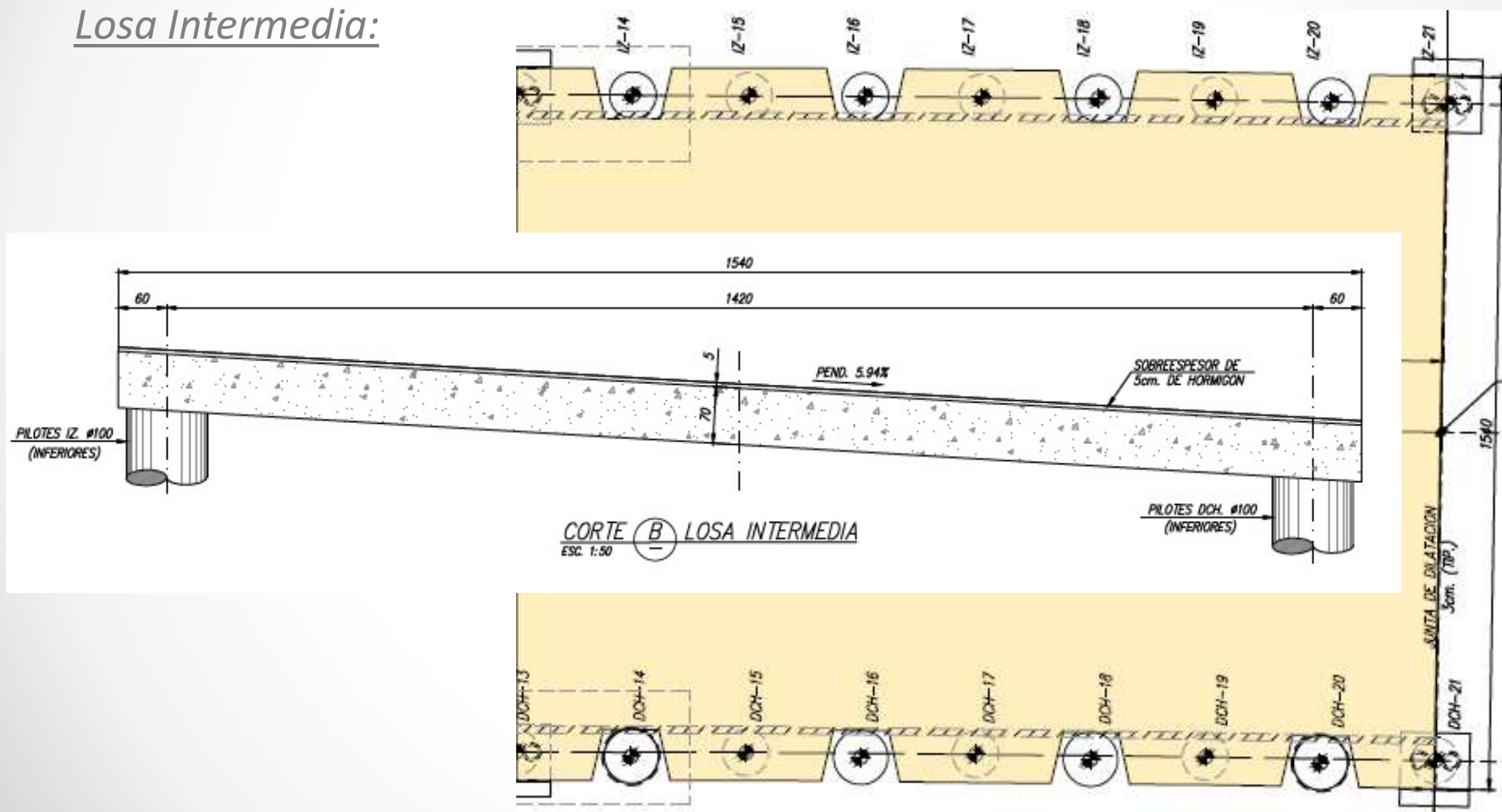
2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Losa Superior:



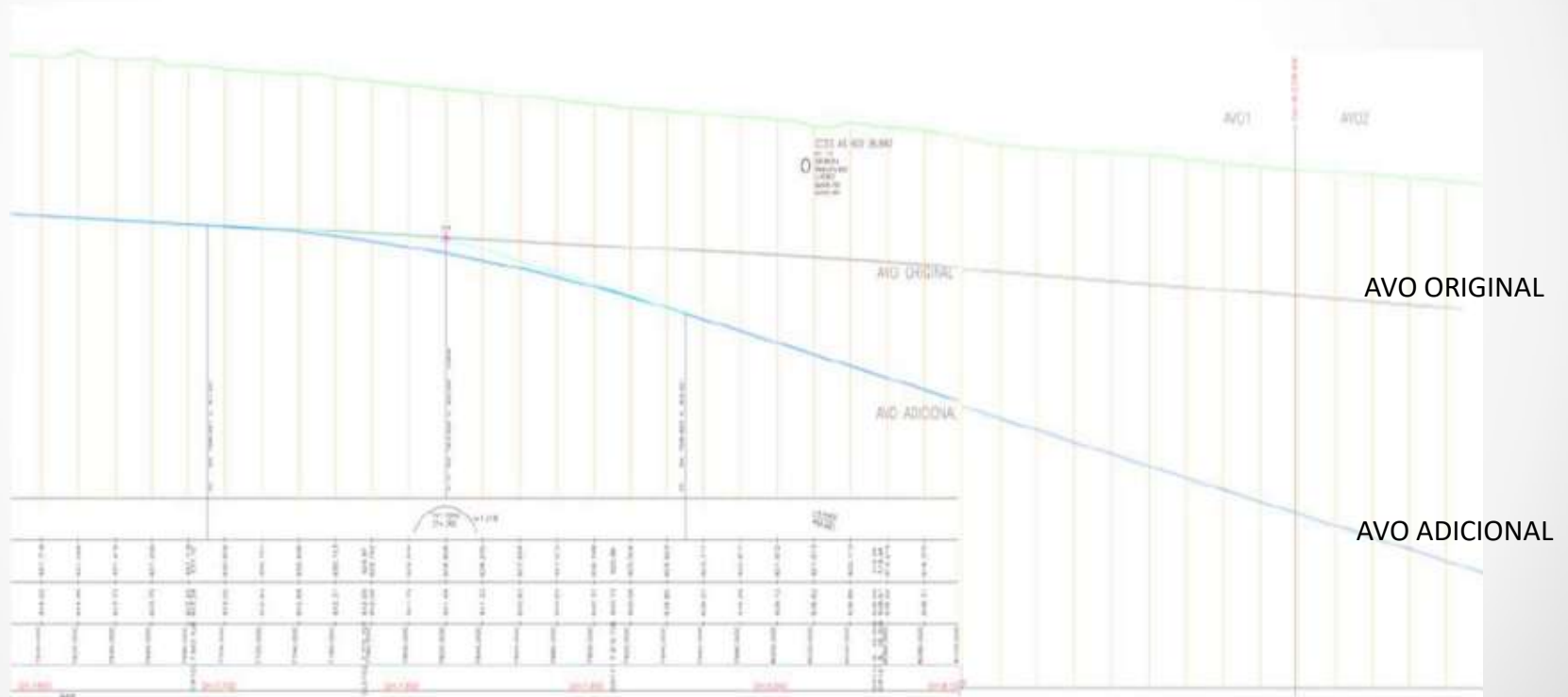
2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

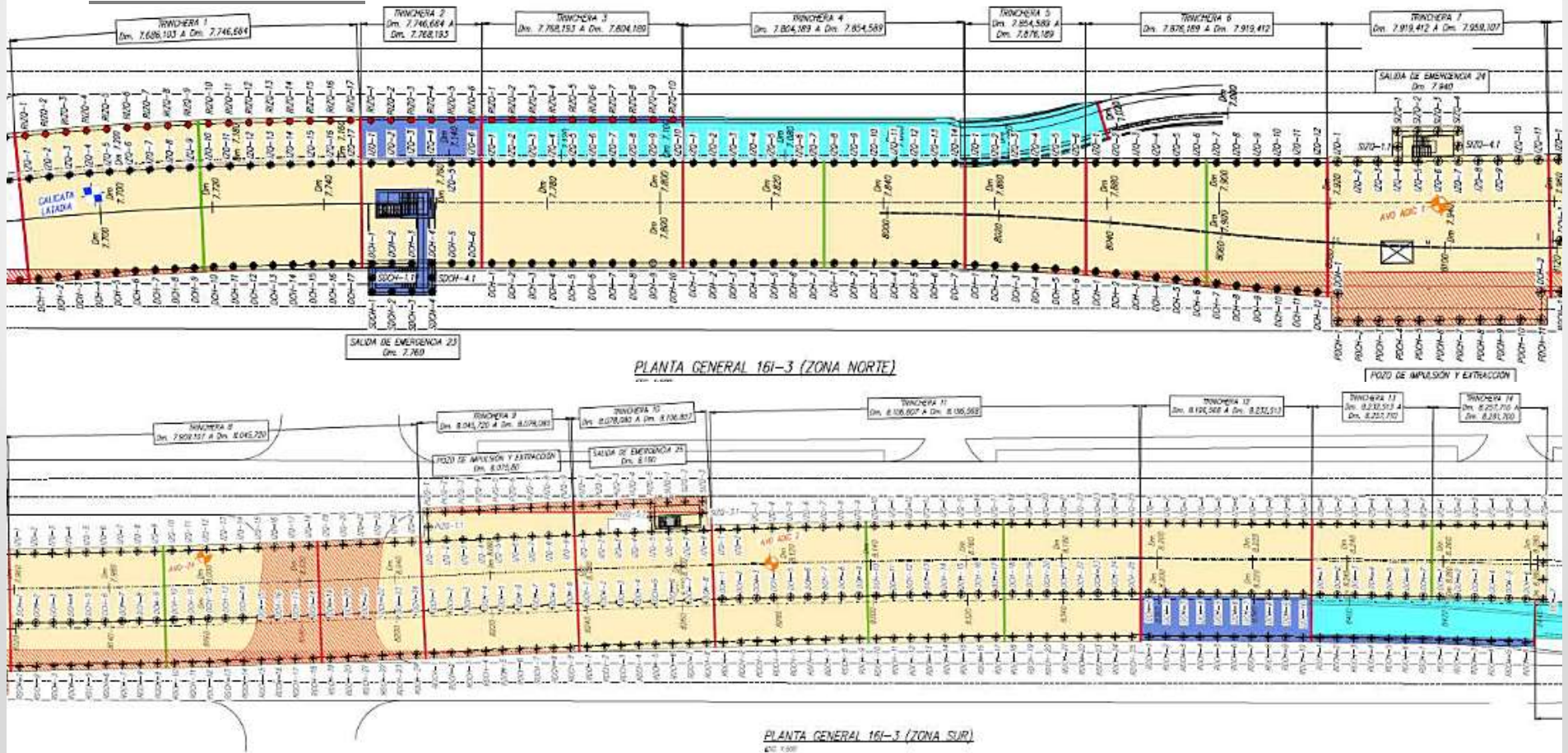
Losa Intermedia:



2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

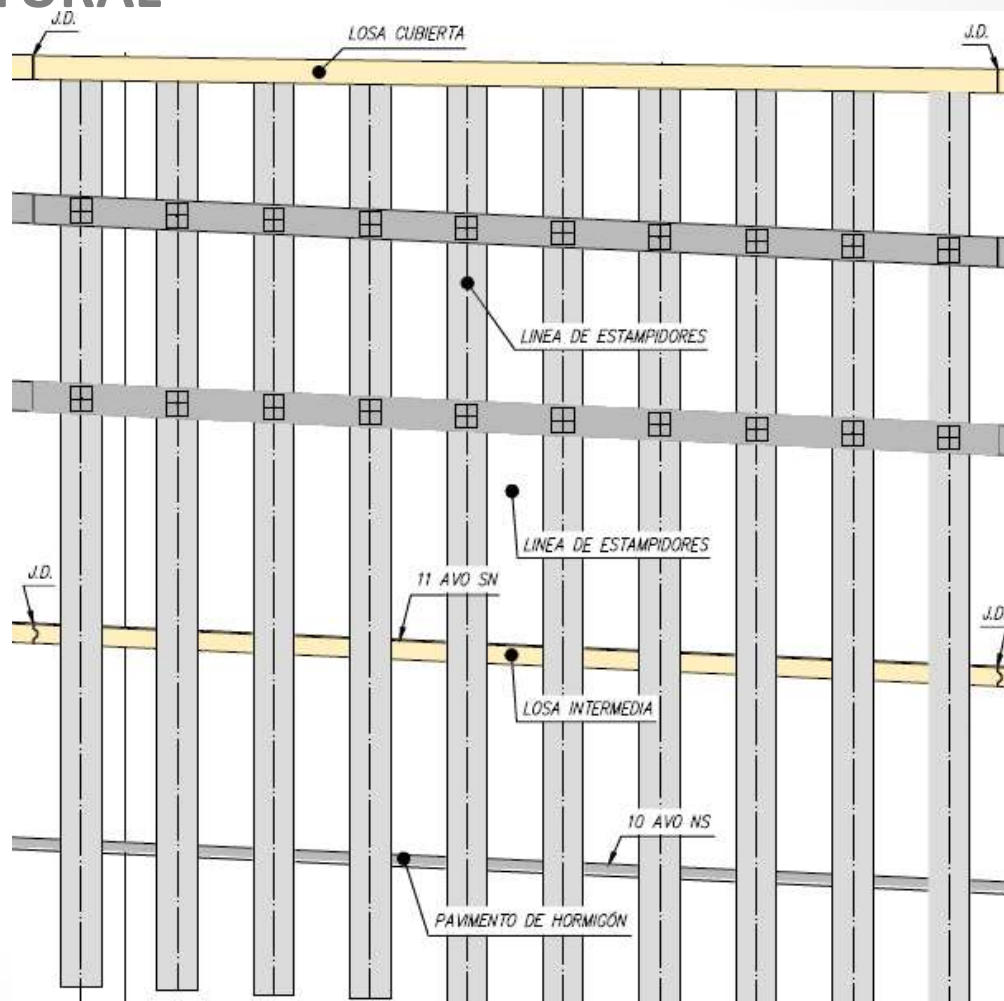
En el Sector 2, en los últimos 600 m, las trincheras se vuelven más profundas por lo que se hace necesario modificar la tipología antes mostrada.



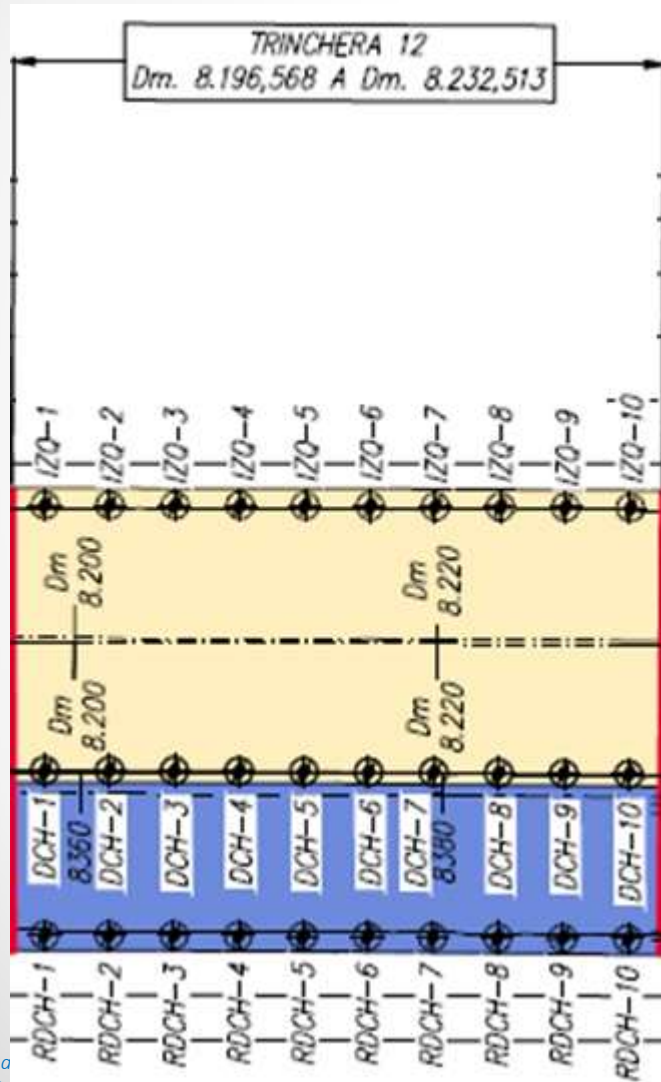


2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Perfil Longitudinal:

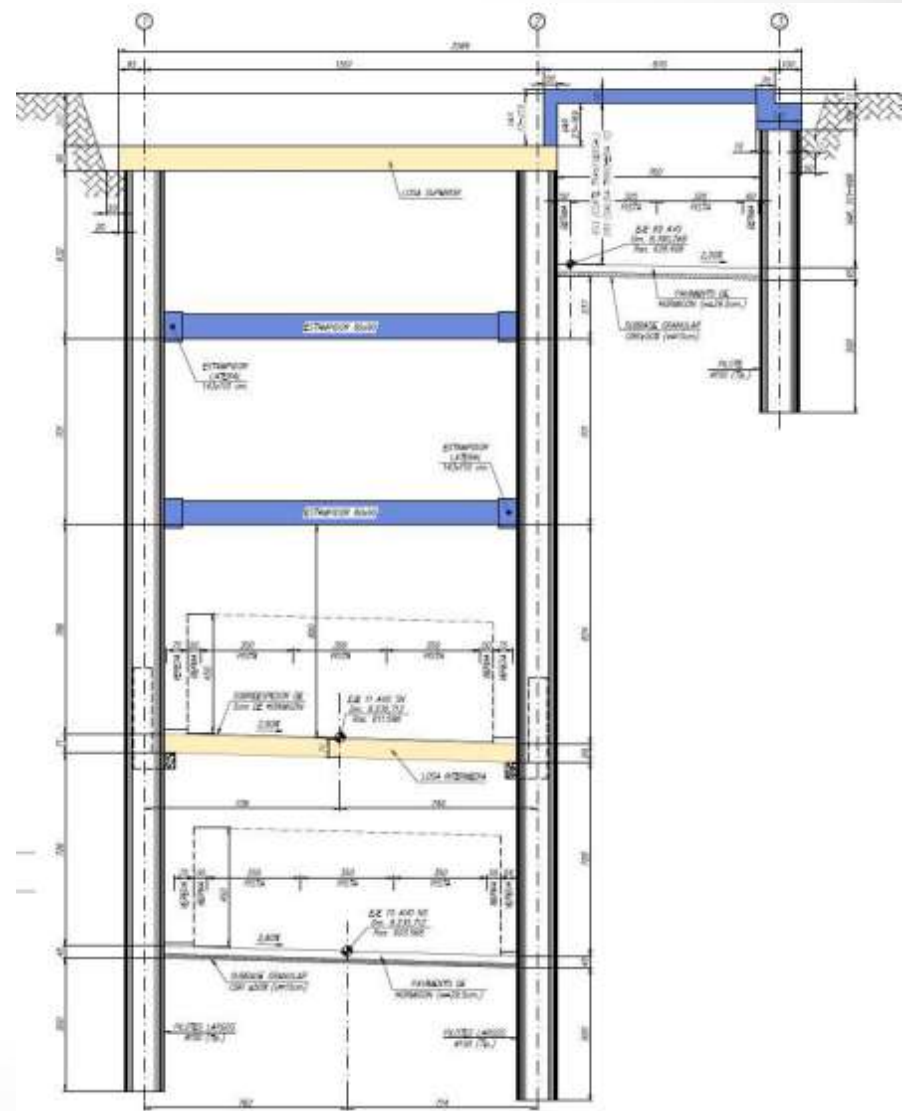


Planta:



Bo
Teléfono: +562 23334330

Sección transversal:



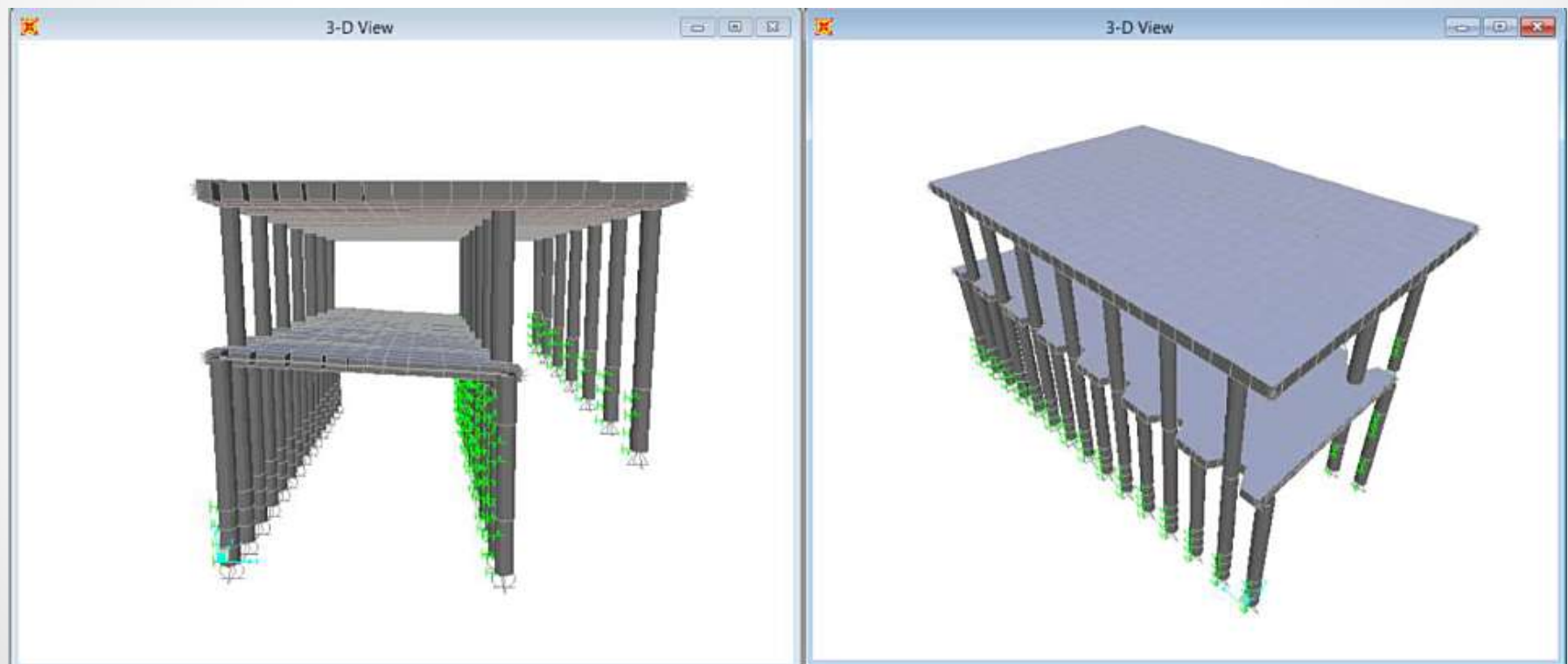


3. MODELOS ESTRUCTURALES

- Realizada en SAP 2000 (programa de modelación de elementos finitos).
 - Modelos: Estático y Sísmico
- Modelación de las losas se realiza en RAM Concept.
- Se ingresa información de Mecánica de Suelos (definición de balastos y capacidad del suelo).
- Se ingresan las cargas:
 - Peso Propio
 - Cargas Permanentes
 - Cargas Vehiculares
 - Cargas de Postensado
 - Empuje del Suelo
 - Empuje Sísmico
 - Sismo

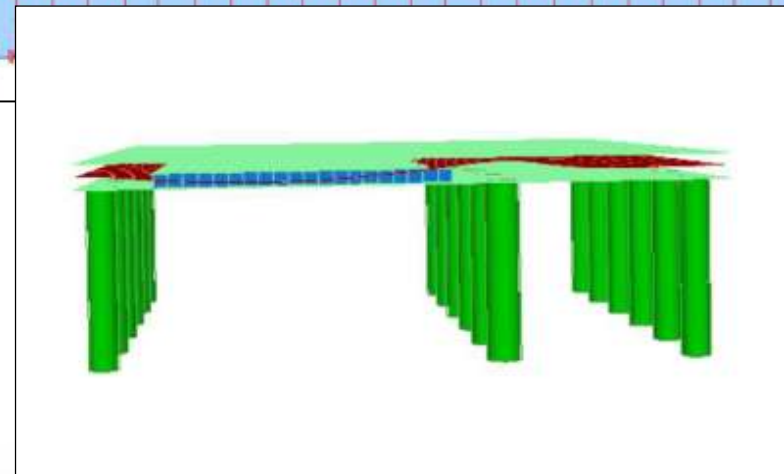
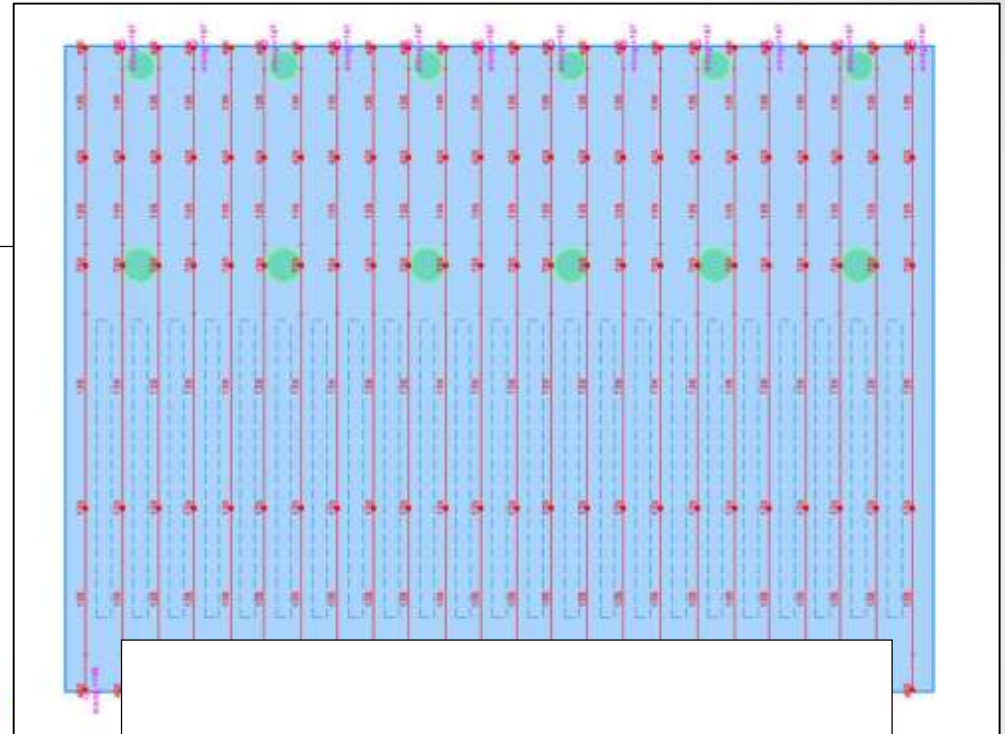
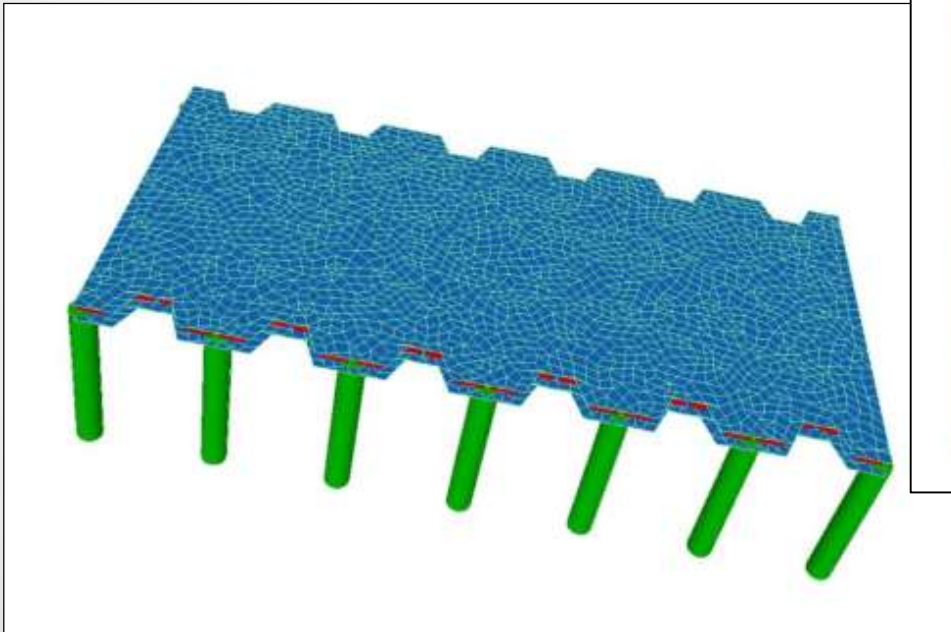
3. MODELOS ESTRUCTURALES

- Software SAP 2000 (programa de modelación de elementos finitos)



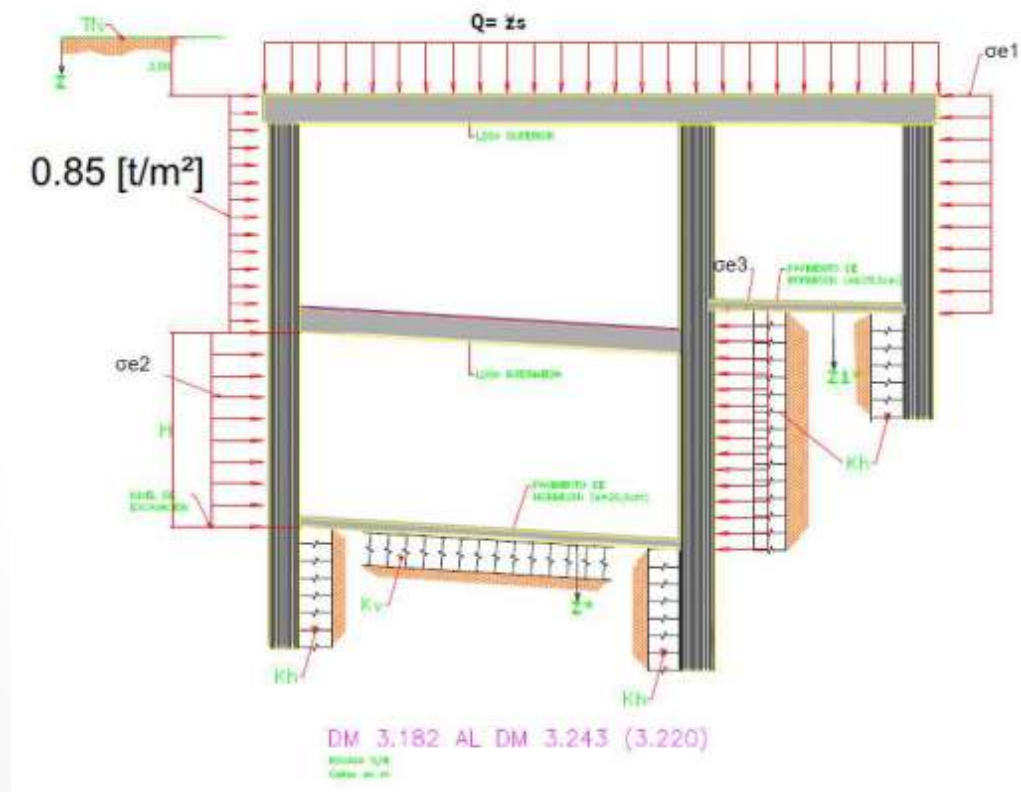
3. MODELOS ESTRUCTURALES

- Losa diseñada en RAM Concept



3. MODELOS ESTRUCTURALES

- Mecánica de Suelos
 - Modelo de Análisis Estático



3. MODELOS ESTRUCTURALES

- Mecánica de Suelos
 - Modelo de Desangulación Sísmica Promedio en Campo Libre (Manual de Carreteras)

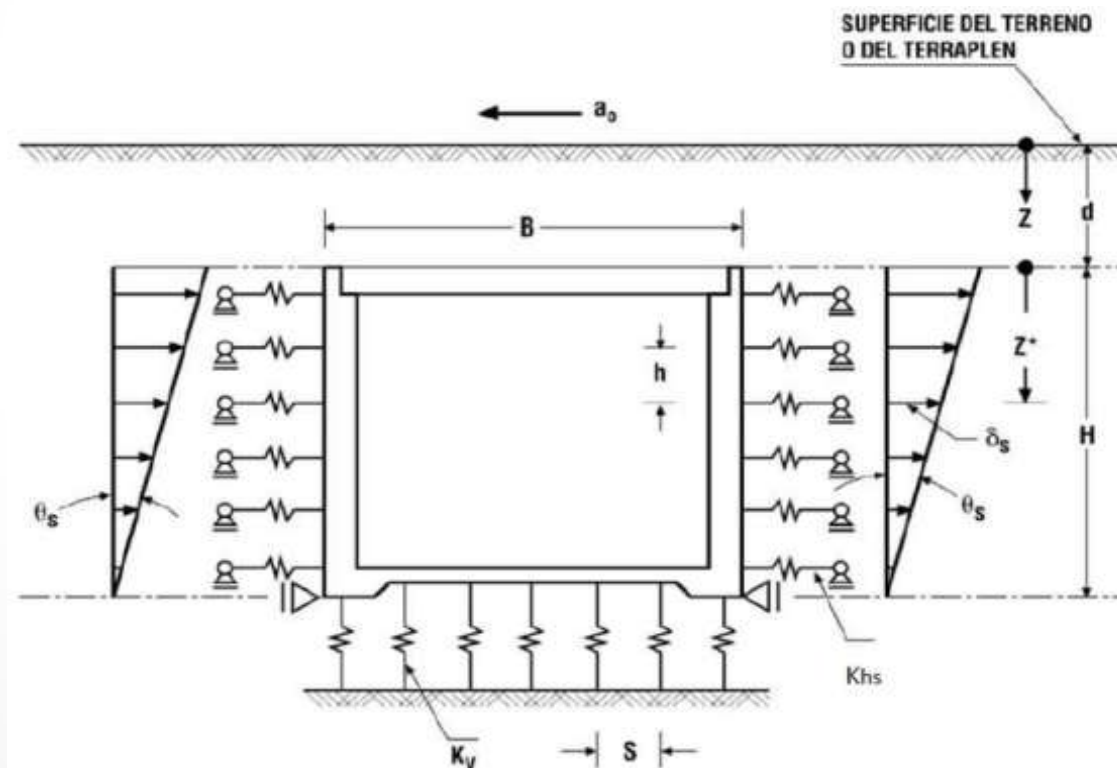
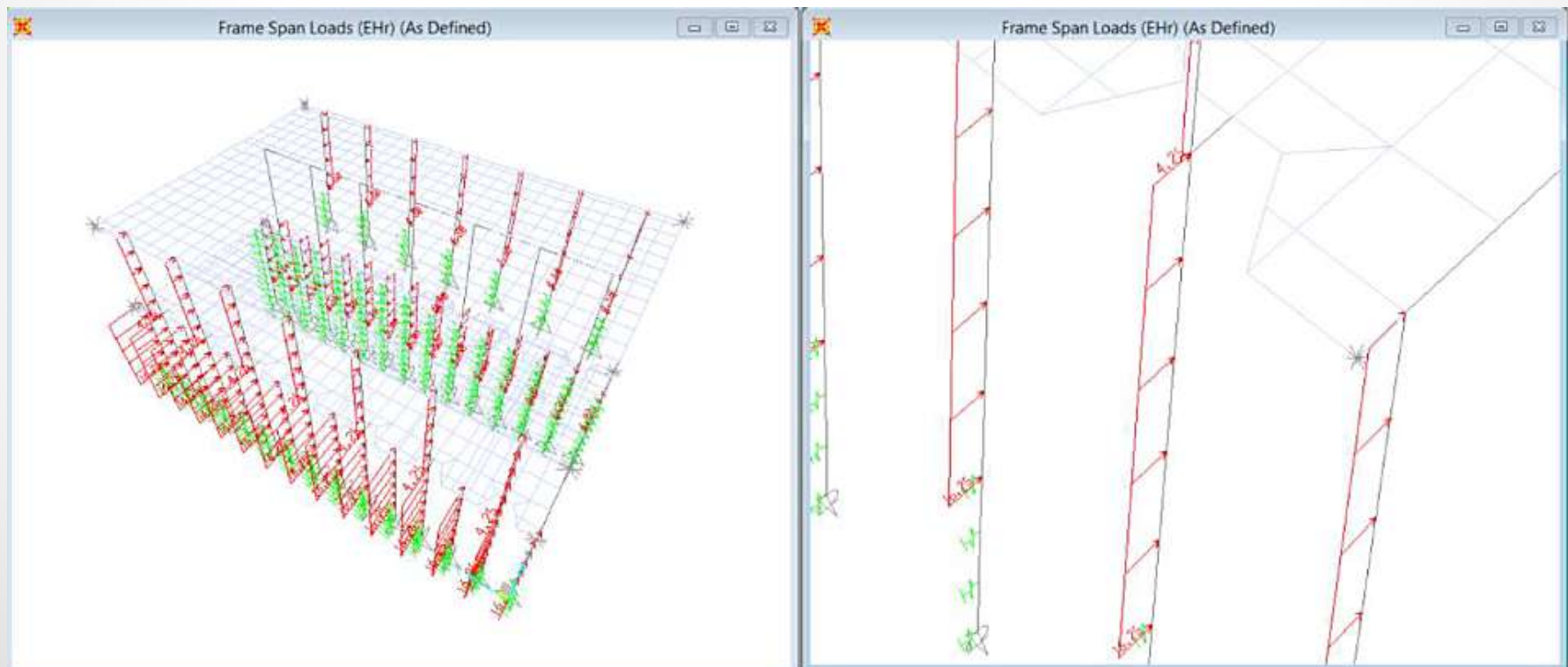


Figura 1.5.1-a: Lámina 3.1003.501(1).A MC-V3

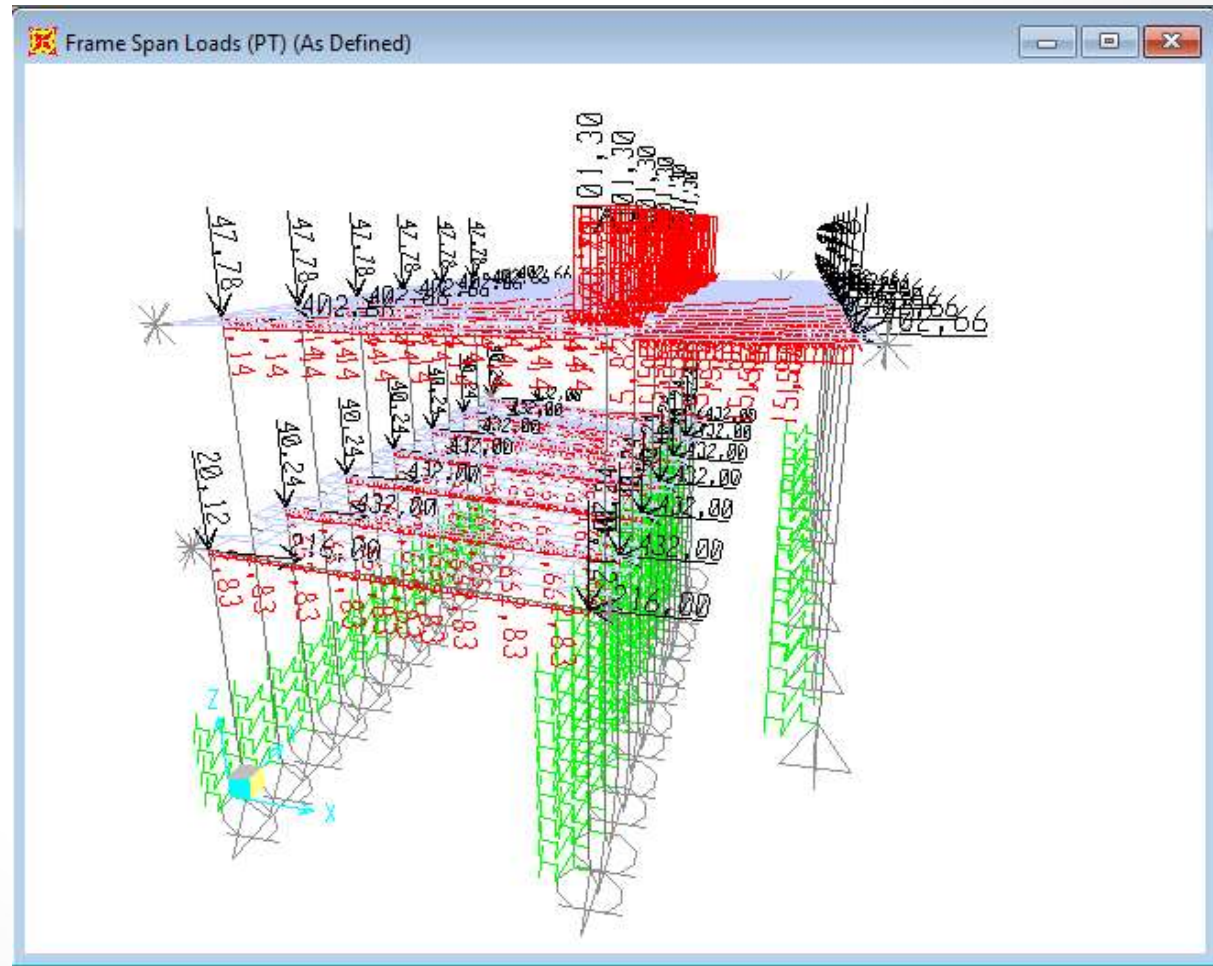
3. MODELOS ESTRUCTURALES

- Cargas
 - Empuje del Suelo



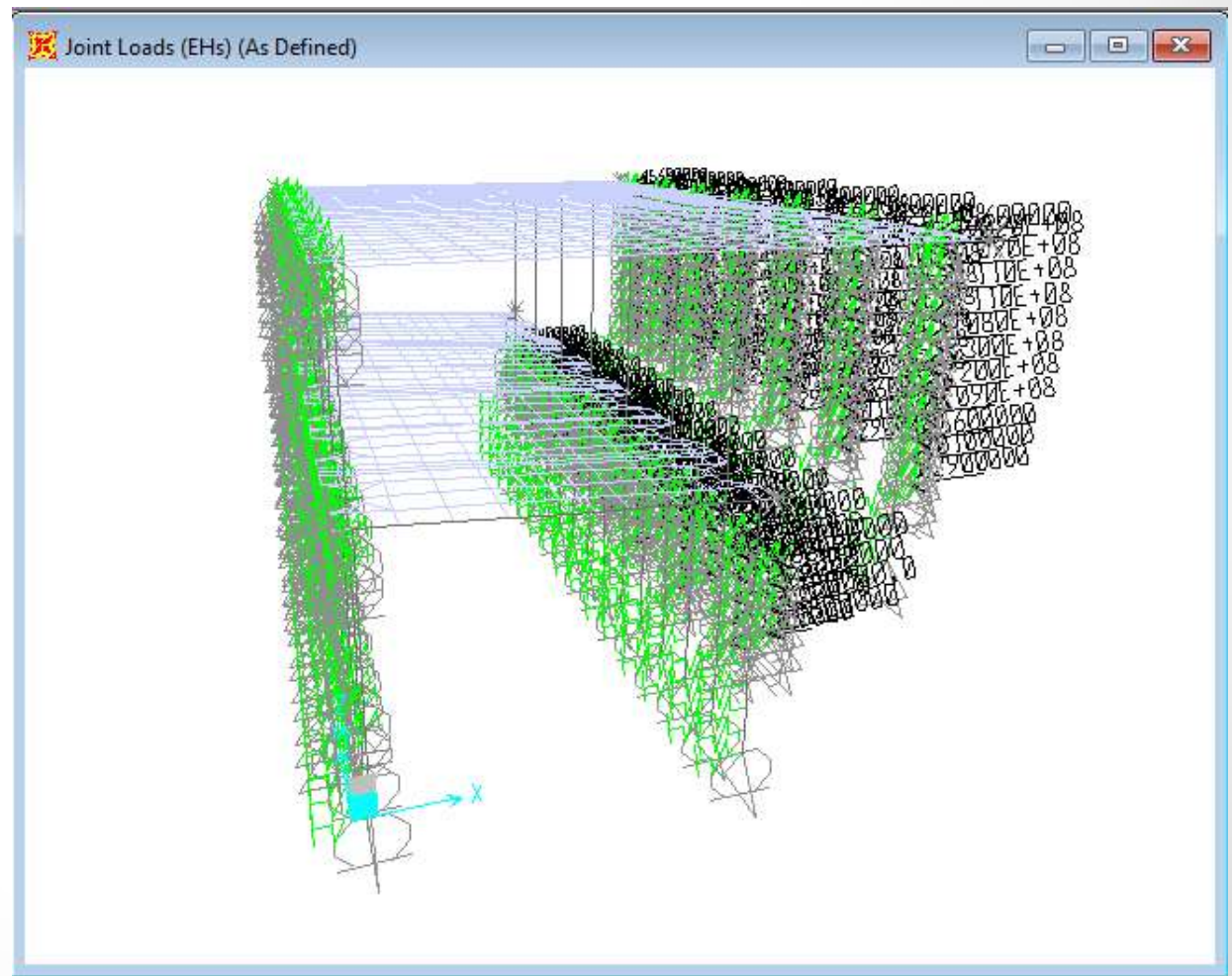
3. MODELOS ESTRUCTURALES

- Cargas
 - Postensado



3. MODELOS ESTRUCTURALES

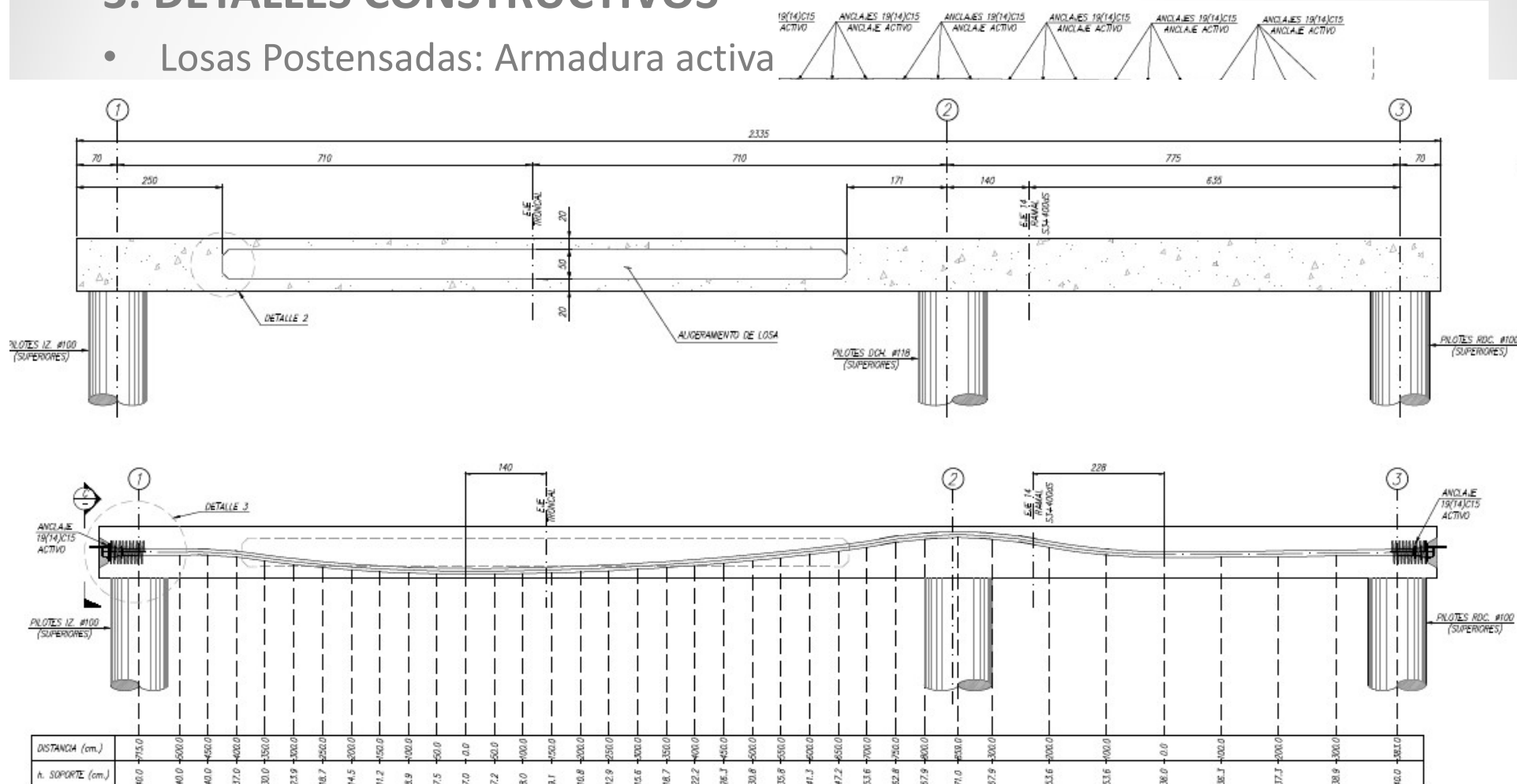
- Cargas
 - Empuje Sísmico



www.jlsingenieria.cl

3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

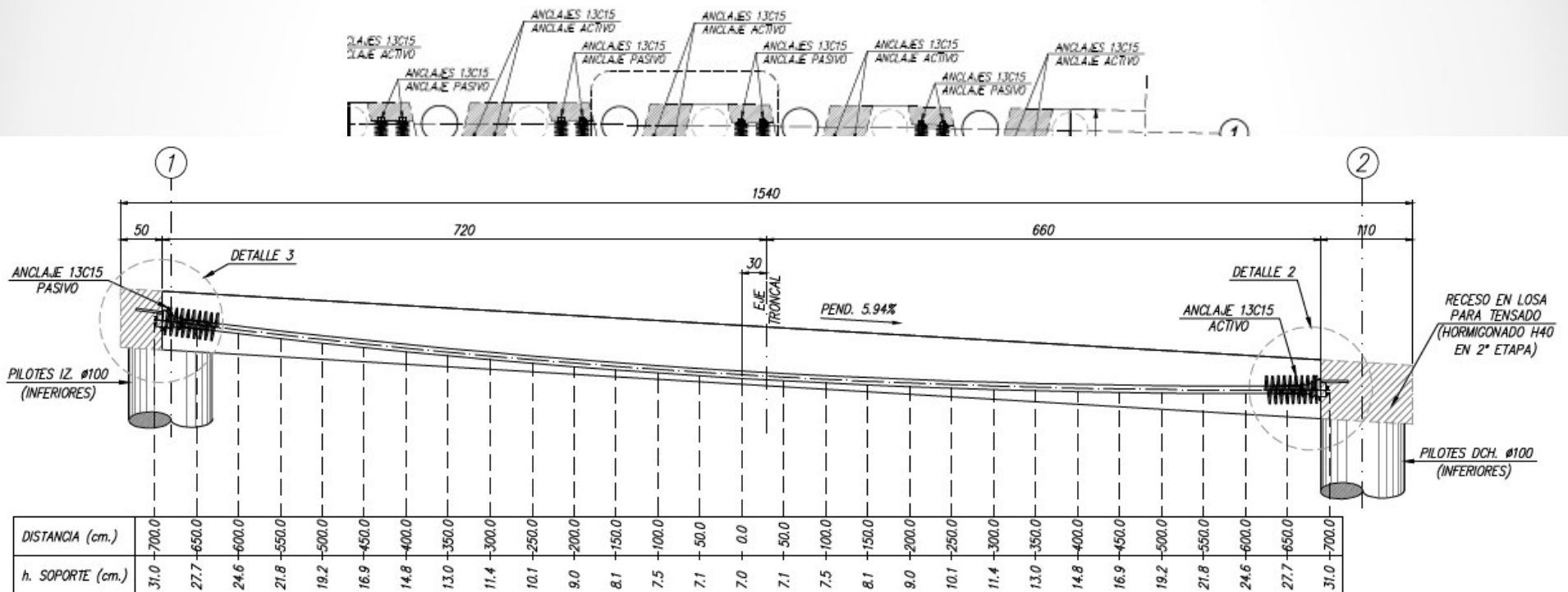
- Losas Postensadas: Armadura activa



ELEVACION TRAZADO ARMADURA ACTIVA 13C15
ESC. 1:50

3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

- Losas Postensadas: Armadura activa

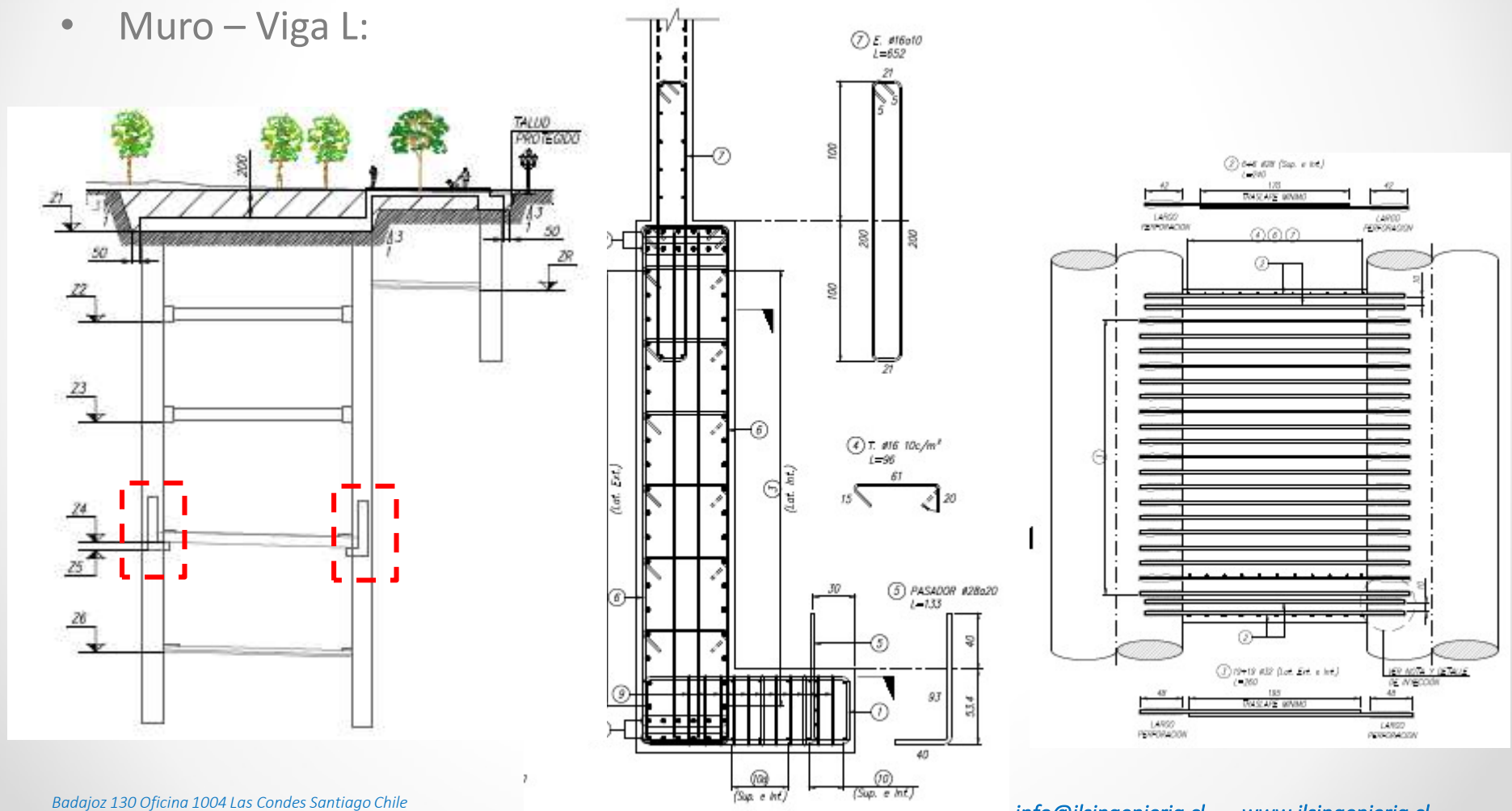


CORTE (D) ELEVACION TRAZADO ARMADURA ACTIVA (13C15)
ESC. 1:50 40/87



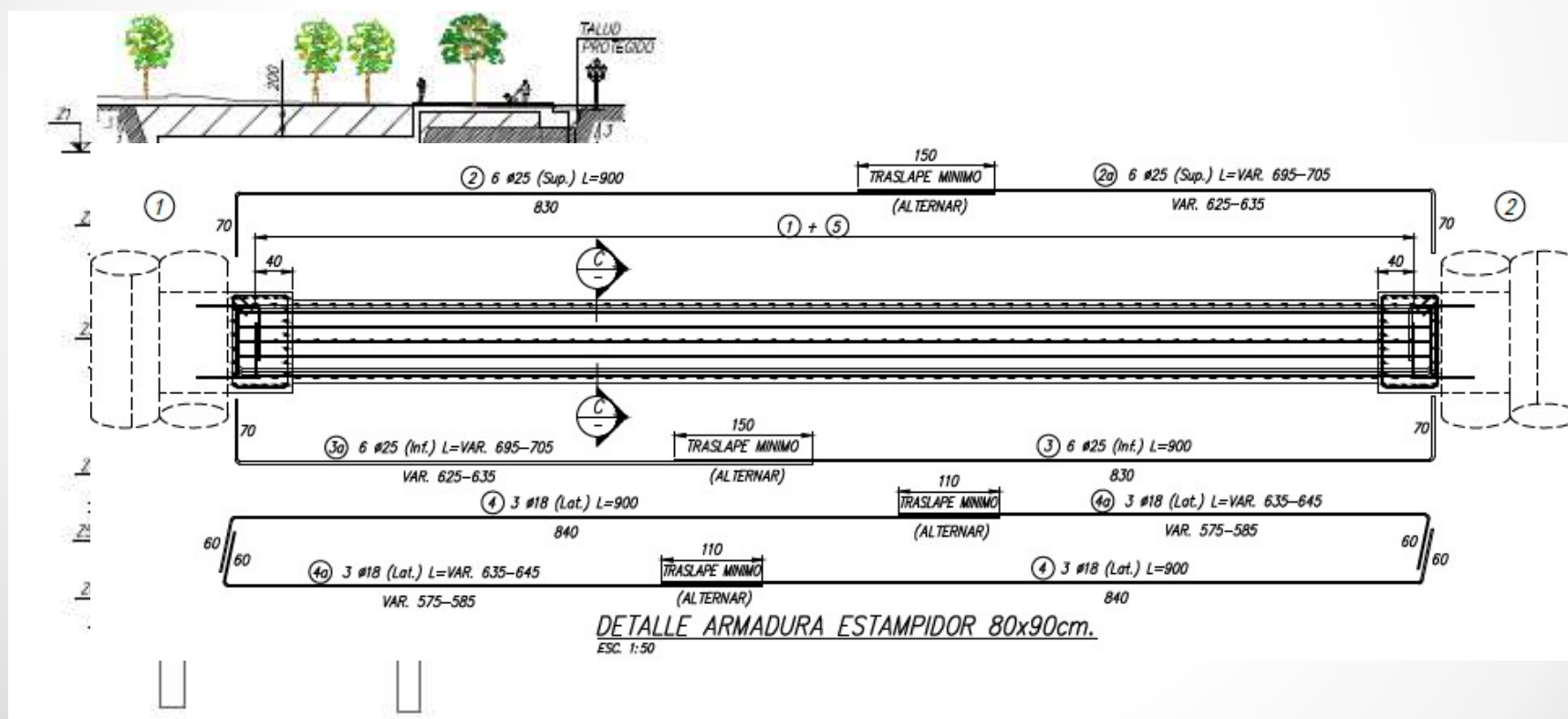
3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

- Muro – Viga L:



3. DETALLES CONSTRUCTIVOS

- Estampidor:





Programa de Formación de Recursos Humanos para Latinoamérica y el Caribe en Reducción de Riesgo de Desastre

Criterios Sísmicos en Estructura de Puentes



José Luis Seguel
jlseguel@jlsingenieria.cl

Badajoz 130 Oficina 1004 Las Condes Santiago Chile
Teléfono: +562 23334938

info@jlsingenieria.cl www.jlsingenieria.cl