

**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**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

HEBERTH FRANK BENAVIDES SANTISTEBAN

Lima- Perú

2012

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

Dedicatoria:

A mi madre Elsa Santisteban Roque; que no alcanzó a ver mis resultados pues partió tempranamente de esta vida y aunque ya no esté entre nosotros sigue viva en mi pensamiento; fue su estímulo mi impulso para llegar al final, por eso a ti madre dedico mi esfuerzo donde te encuentres. Te amo, hasta luego, porque sé que algún día nos volveremos a encontrar.

A mi padre Adelfo Benavides Lázaro; por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es, porque lo quiero y porque siempre confió en mí al igual que mi familia.

Agradecimiento:

A mi amigo Omar Renzo Padilla Laguna, quien contribuyó con su ayuda para la culminación de esta tesis y la ayuda de mis amigos de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) que encontré en el trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN	6
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS	8
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....	12
1.1 HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES DE VIADUCTOS ELEVADOS	14
1.2 FACTORES INFLUYENTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTOS ELEVADOS	15
1.2.1 Los retos de la nueva década	15
1.2.2 Estudio de Impacto Ambiental	16
1.2.3 Estudios de cimentación	16
1.3 LOS VIADUCTOS PARA TRENES.....	17
CAPÍTULO II: CONDICIONES DEL PROYECTO	19
2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA	19
2.1.1 Ubicación.....	19
2.1.2 Aspectos climáticos y vegetación	20
2.1.3 Condiciones del sitio.....	21
2.2 CONDICIONES GENERALES DEL VIADUCTO ELEVADO	26
2.2.1 Breve reseña	26
2.2.2 Datos del Viaducto- Tramo Javier Prado	26
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO	29
2.3.1 Características de la ubicación	29
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	30
3.1 CIMENTACIONES PARA VIADUCTOS.....	30
3.2 TIPOS DE CIMENTACIONES Y COLUMNAS PARA VIADUCTO	32
3.2.1 Cimentaciones superficiales	32
3.2.1.1 Zapata aislada cuadrada	33
3.2.1.2 Zapata aislada circular.....	33
3.2.1.3 Zapata corrida.....	34
3.2.2 Cimentaciones profundas	34

3.2.2.1 Según su forma de trabajo.....	34
3.2.2.2 Según el sistema constructivo	35
3.2.2.3 Según la sección del pilote	35
3.2.3 Columnas para viaducto	36
3.3 TIPOS DE VIGAS LONGITUDINALES PARA VIADUCTO	39
3.3.1 Vigas pretensadas	40
3.3.1 Vigas postensadas	41
3.4 TIPO DE CONCRETO PARA ESTRUCTURAS	42
3.4.1 Curado.....	43
3.4.1.1. Descripción del curado para las estructuras	44
CAPÍTULO IV: INFORMACIÓN DE INGENIERÍA.....	47
4.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA	47
4.2 ANÁLISIS DE INGENIERÍA	48
4.2.1 Diseño de cimentaciones y columnas	49
4.2.1.1 Cargas muertas	50
4.2.1.2 Cargas vivas.....	52
4.2.1.3 Sismo	53
4.2.2 Diseño de micropilotes.....	55
4.2.3 Diseño de vigas cabezales	60
4.2.4 Diseño de vigas longitudinales.....	61
4.2.5 Diseño de losa de viaducto	61
4.2.6 Diseño de diafragmas internos	62
4.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN	63
4.3.1 Micropilotes	63
4.3.2 Zapatas	64
4.3.3 Columnas	67
4.3.4 Vigas cabezales.....	69
4.3.5 Vigas longitudinales.....	72
4.3.6 Tablero del viaducto	79

CAPÍTULO V: MÉTODO CONSTRUCTIVO	85
5.1 TÉCNICA CONSTRUCTIVA APLICADA	85
5.1.1 Actividad de topografía	85
5.1.2 Actividades de geotecnia	87
5.1.2.1 Ensayos DPL	87
5.1.2.2 Ensayos de micropilotes	88
5.1.3 Excavación para zapatas	89
5.1.4 Ejecución de micropilotes	90
5.1.5 Colocación de armadura de zapatas	91
5.1.6 Colocación de armadura de columnas	93
5.1.7 Vaciado de zapatas y columnas	94
5.1.8 Relleno	95
5.1.9 Reforzamiento del muro de Javier Prado	95
5.1.10 Construcción de vigas cabezales	96
5.1.11 Fabricación y montaje de vigas longitudinales	98
5.1.11.1 Fabricación	98
5.1.11.2 Montaje	101
5.1.12 Fabricación y montaje de prelosas	103
5.1.13 Armadura y vaciado de tablero	104
5.1.14 Bordes	105
5.1.14.1 Bordes típicos	105
5.1.14.2 Bordes vaciados in situ	107
5.1.15 Armadura y vaciado de vigas diafragmas	108
5.1.16 Canaletas laterales y centrales	111
5.2 EQUIPOS A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN	132
5.3 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN	136
5.3.1 Acero	136
5.3.2 Concreto	136
5.3.3 Relleno para zapatas	136
5.3.4 Aditivo para concreto y reparaciones	137
5.3.5 Grout nivelante	137
5.3.6 Neopreno	137
5.3.7 Restricciones longitudinales	138
5.3.8 Barras de postensado	138
5.3.9 Ductos de postensado	138

5.3.10 Chimenea de inyección.....	138
5.3.11 Platina y tuerca para barra de postensado.....	138
5.3.12 Bandas de caucho de 0.4MX1/8pulg	139
5.3.13 Tapajuntas metálicas.....	139
5.4 PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS	140
5.5 USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS.....	145
5.5.1 Uso de elementos prefabricados	145
5.5.2 Uso de acero dimensionado	150
5.5.3 Programación de actividades en paralelo	152
5.5.4 Sistemas de encofrado	153
5.5.4.1 Encofrado de columna.....	153
5.5.4.2 Encofrado de viga cabezal.....	154
5.5.4.3 Encofrado de prelosas, bordes típicos y vigas prefabricadas.....	156
5.5.4.4 Encofrado de tablero.....	156
5.6 MEJORAS EN LA PRODUCCIÓN.....	157
5.6.1 Ventaja en el uso de elementos prefabricados	157
5.6.2 Traslado y colocación de elementos prefabricados en horas adecuadas	157
5.6.3 Ventajas del uso de acero dimensionado	158
5.6.4 Uso de equipos de alto rendimiento.....	158
5.6.5 Ventajas del Sistema MK para el encofrado	163
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	164
6.1 CONCLUSIONES.....	164
6.2 RECOMENDACIONES.....	166
BIBLIOGRAFÍA.....	167
ANEXOS	169
ANEXO A:	
Estudio Geotécnico	
Nivelación – Proyecto Tren Eléctrico	
ANEXO B:	
Planos	

ANEXO C:

Solicitud de Información para elaboración de Tesis de Grado

Carta N°082-2011-MTC/33.1

Memoria de cálculo - columnas y zapatas - Tramo E - Módulo 1E

Memorial de cálculo - Vigas Cabezal - Módulo 1E - Tramo E

Memorial de cálculo - Vigas V27 y V26 - Tramo E - Módulo 1E

Memoria de cálculo - Losas - Tramo E - Módulos 1E y 2E

Memoria de cálculo - Diafragmas Internos – Tramo E – Módulo 1E

Memoria de cálculo – Verificación estructural del Muro de Contención Vía

Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación Tramo E

ANEXO D:

Informe de ensayo de tracción y compresión de Micropilotes

Informe de ensayo de arrancamiento de Micropilotes

Procedimiento de ejecución de Micropilotes

Plan de desvío Vehicular – cierre de carril superior Av. Javier Prado (cruce con Av. Aviación, sentido de Oeste a Este)

RESUMEN

El desarrollo de la presente Tesis nos muestra el proceso constructivo para la construcción del viaducto elevado en el cruce especial de la avenida Javier Prado de la obra que corresponde a la construcción del tramo 1 del tren eléctrico. Se propone una alternativa muy eficaz y precisa para ejecutar la obra evitando en gran medida el congestionamiento del tránsito vehicular en esta importante vía de la ciudad de Lima.

El proyecto del Tren Eléctrico se localiza en la ciudad de Lima, pasa por las avenidas Tomás Marzano, Aviación y Miguel Grau.

El tramo en estudio de la presente tesis contempla tres vanos continuos de luces variables, con una longitud total máxima de 97 metros 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 particularidad que presenta este tramo es el cruce sobre la Vía Expresa Javier Prado, en donde la estructura tuvo que adaptarse a características importantes como la existencia de estructuras propias del desnivel entre la vía rápida y la vía alterna; y el diseño de una cimentación excéntrica haciendo necesario el uso de micropilotes.

Las estructuras responden a una configuración geométrica con una altura libre entre terreno natural y cabezal de 5.0m aproximadamente y con peraltes de viga de 1.80m.

La información recopilada que sirvió como información para el estudio de la construcción del viaducto elevado fue la siguiente; Expediente Técnico para la construcción del viaducto elevado del Tren Eléctrico presentada por el contratista Consorcio Tren Eléctrico Lima, Estudios Geológicos, Geotécnicos realizado por la firma Hidroenergía Consultores en Ingeniería S.R.L., Memoria de Calculo del Sistema de micro pilotes realizado por la empresa Pilotes Terratest.

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1: Parámetros del Micropilote	64
Tabla 4.2: Combinaciones de carga para sismo	67
Tabla 4.3: Solicitaciones plásticas – Columnas	67
Tabla 4.4: Características de la Viga V27 (Secciones A - F).....	73
Tabla 4.5: Características de la Viga V27 (Secciones F - K).....	74
Tabla 4.6: Características de la Viga V6 (Secciones A - F).....	77
Tabla 4.7: Características del tablero de acuerdo a los ejes	79
Tabla 4.8: Dimensionamiento a Flexión Compuesta.....	82
Tabla 4.9: Verificación de la fatiga	82
Tabla 4.10: Verificación de la fisuración.....	83

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1: Viaducto de New York siglo XIX.....	12
Fig. 1.2: Viaducto del siglo XIX con iluminación en la calzada central	13
Fig. 1.3: Accidente de trenes ocurrido en 1905.....	13
Fig. 1.4: Trenes a varias alturas	14
Fig. 1.5: El transito en Lima	15
Fig. 1.6: Viaducto de Lima	17
Fig. 1.7: Tren Eléctrico de Lima	18
Fig. 2.1: Mapa de Ubicación del Proyecto.....	20
Fig. 2.2: Mapa de Planta del cruce Javier Prado.....	21
Fig. 2.3: Mapa de Elevación del cruce Javier Prado	22
Fig. 2.4: Mapa Mejoramiento y adaptación de la intersección Javier Prado – Aviación	23
Fig. 2.5: Detalle de vereda, jardines y sardineles.....	24
Fig. 2.6: Zapata en cruce Javier Prado ²⁷	
Fig. 2.7: Vista de la elevación de Viaducto elevado cruce Javier Prado.....	27
Fig. 2.8: Vista Planta de Viaducto elevado cruce Javier Prado	28
Fig. 3.1: Cimentación Superficial	34
Fig. 3.2: Pilotes de gran diámetro	35
Fig. 3.3: Grupo de pilotes esbeltos	35
Fig. 3.4: Tipos de columnas I.....	37
Fig. 3.5: Tipos de columnas II.....	38
Fig. 3.6: Ejecución de vigas pretensadas.....	40
Fig. 3.7: Ejecución de vigas postensadas	41
Fig. 4.1: Combinaciones y factores de carga	49
Fig. 4.2: Factores de carga para cargas permanentes.....	50
Fig. 4.3: Tablero	51
Fig. 4.4: Posiciones cargas vivas I.....	52
Fig. 4.5: Posiciones cargas vivas II.....	52
Fig. 4.6: Espectro elástico de aceleración.....	53
Fig. 4.7: Tabla de Frecuencia y aceleración	53
Fig. 4.8: Corte Longitudinal del Módulo 1E (Javier Prado).....	54
Fig. 4.9: Detalle de la Columna C459	54
Fig. 4.10: Planta de las Zapatas C459 y C461.....	55

Fig. 4.11: Cargas máximas	56
Fig. 4.12: Verificaciones de carga.....	63
Fig. 4.13: Detalle armadura columna	68
Fig. 4.14: Esfuerzos en viga cabezal del eje C1 – Torsión.....	69
Fig. 4.15: Esfuerzos en viga cabezal eje C2 – Torsión	70
Fig. 4.16: Esfuerzos en viga cabezal en eje C2 – Momento.....	71
Fig. 4.17: Longitud del cruce Javier Prado.....	72
Fig. 4.18: Dimensiones del Tablero	72
Fig. 4.19: Seccion DD - armadura Viga V27	75
Fig. 4.20: Secciones de las dimensiones geométricas de la Viga V27.....	76
Fig. 4.21: Seccion DD - armadura Viga V6	78
Fig. 4.22: Seccion Transversal y Características de Viga de borde.....	80

INTRODUCCIÓN

El motivo de la presente Tesis en el cual se propone el método constructivo del viaducto elevado en el cruce de Javier Prado tiene que ver mucho con el tiempo de ejecución, optimización de recursos, evitar congestiones de tráfico vehicular y realizar una obra física que compatibilice con futuros proyectos a ejecutarse en este sector de la ciudad de Lima.

Para el tipo de suelo el modulo de reacción es un valor de 3.0kg/cm^2 según los ensayos realizados. En las zapatas centrales que son excéntricas de este cruce de tres tramos se colocaron 21 micropilotes que trabajaran a tracción.

Los pilares son del tipo monocolumnas octogonales y las vigas del tablero del viaducto fueron fabricadas en la planta de prefabricados.

El primer capítulo nos presenta los aspectos generales del tema de Tesis, en el detallaremos brevemente la historia de la construcción de viaductos, los factores influyentes en la construcción de viaductos y su uso para trenes.

En el segundo capítulo se presentan las condiciones del proyecto, lugar donde se desarrolla, así como las características de la zona donde se lleva a cabo la obra y los aspectos más influyentes en la construcción del viaducto.

En el tercer capítulo presentaremos el fundamento teórico, desde cimentaciones, columnas, vigas y tipo de materiales a emplearse en la construcción del viaducto.

En el cuarto capítulo presentaremos la información geotécnica presentada en el expediente técnico elaborado por la contratista Consorcio Tren Eléctrico, para el cliente Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico; los análisis de ingeniería, diseño de micropilotes, zapatas, columnas, vigas, losas, etc. Así como también la evaluación de la capacidad de carga del micropilote, los resultados obtenidos y su diseño.

El quinto capítulo de la Tesis muestra la técnica constructiva aplicada, descripción de los equipos a requerirse en la construcción del viaducto, los materiales usados para la construcción, la programación de los trabajos, el uso de nuevas tecnologías y mejoras en la producción

El capítulo final de la Tesis muestra las conclusiones y recomendaciones.

Cabe señalar que parte de la información proporcionada es propiedad de la Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico (AATE), la cual mediante Carta N° 082 – 2011-MTC/33.1 de fecha 25 de febrero 2011, otorga el permiso respectivo al autor de la presente tesis para hacer uso con fines académicos la información referente al diseño estructural del viaducto, dicha carta se adjunta en el anexo C.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 HISTORIA DE LAS CONTRUCCIONES DE VIADUCTOS ELEVADOS

La historia de las construcciones de viaductos elevados esta remontado al estado de Nueva York (EE.UU) cuando a finales del siglo XIX surgió la necesidad de crear la red de Metro y por alguna razón los ingenieros prefirieron optar por la estrategia de los trenes elevados frente a los subterráneos (que se pensaba podrían ser oscuros, sucios y sórdidos, especialmente debido a las máquinas de vapor). Kilómetros y kilómetros de vías metálicas se instalaron a varios metros sobre las aceras y calles, creando un nuevo y característico «paisaje del transporte» de la ciudad con aire modernista.

En 1867 comenzaron las primeras pruebas de trenes elevados y en 1890 ya había unos 500 trenes en funcionamiento. Algunas de las estructuras de soporte se elevaban majestuosas hasta veinte metros en el aire. Los primeros trenes eran todavía arrastrados por locomotoras de vapor en versiones «en miniatura». Debido a su construcción y movimiento, no era extraño que trozos de madera, carbón o incluso piezas de metal cayeran a la calle sobre los pobres viandantes. Eran infernalmente ruidosas y bastante sucias, aunque de demostrada practicidad para la época.

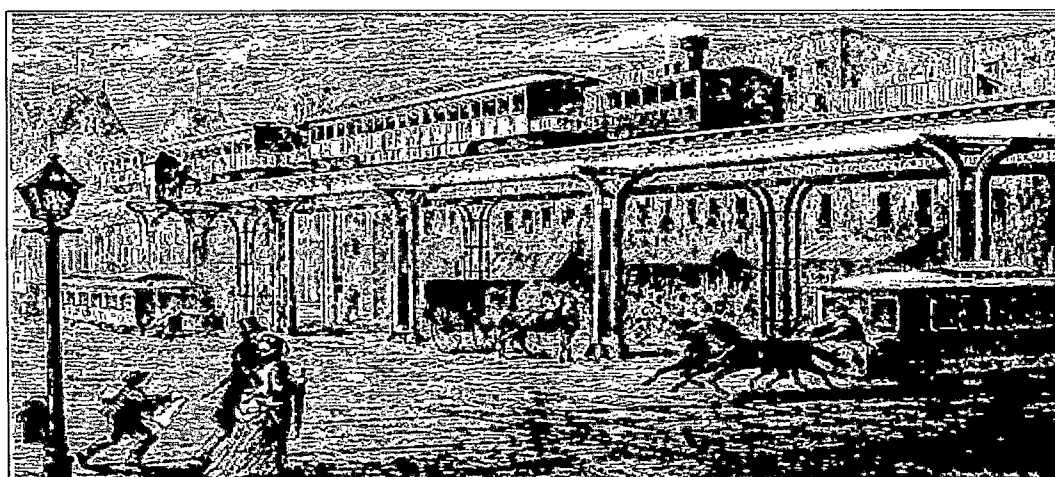


Figura 1.1: Viaducto de New York siglo XIX

Fuente: Internet

Las construcciones elevadas solían dejar en sombra o penumbra las aceras. La luz del sol sólo iluminaba la calzada central, por donde circulaban carros de caballos, omnibuses, algunos coches o tranvías. En las calles estrechas la oscuridad durante todo el día era característica. Colateralmente, los vecinos de las casas cercanas a las vías de los trenes elevados veían invadida su intimidad: la gente podía ver con total claridad el interior de las casas desde el tren.

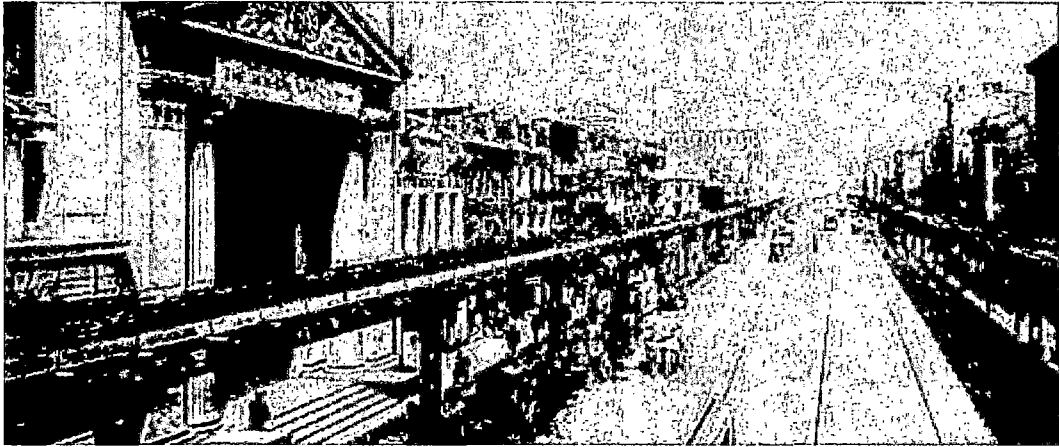


Figura 1.2: Viaducto del siglo XIX con iluminación en la calzada central

Fuente: Internet

Estos trenes no estaban exentos de averías o accidentes. A pesar de ser muy seguros, operaban prácticamente todo el día. Al estar al aire libre sus estructuras sufrían mayor desgaste que la de los trenes subterráneos. Las primeras máquinas de vapor sufrían a veces peligrosos incendios. Los accidentes cuando los había eran muy espectaculares, como el de la figura 1.3 de 1905 en la novena avenida donde dos trenes descarrilaron y cayeron al vacío.

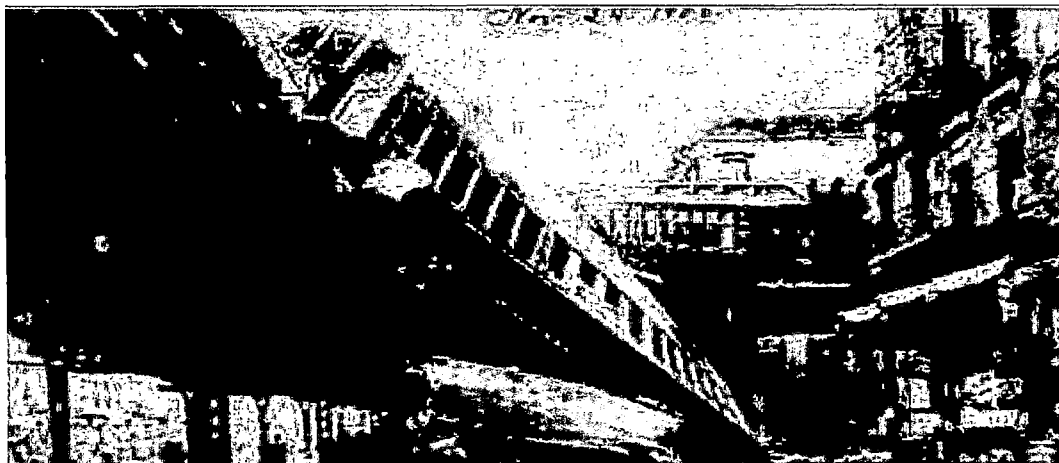


Figura 1.3: Accidente de trenes ocurrido en 1905.

Fuente: Internet

Debatiéndose entre la belleza y el horror del metal invadiendo los cielos de la ciudad, algunas vías y estaciones resultaban artísticas y espectaculares, mientras otras destrozaban el paisaje urbano. La figura 1.4 es de 1878, en ella se ven la unión de dos líneas en Bowery, en una espectacular composición de trenes a varias alturas.

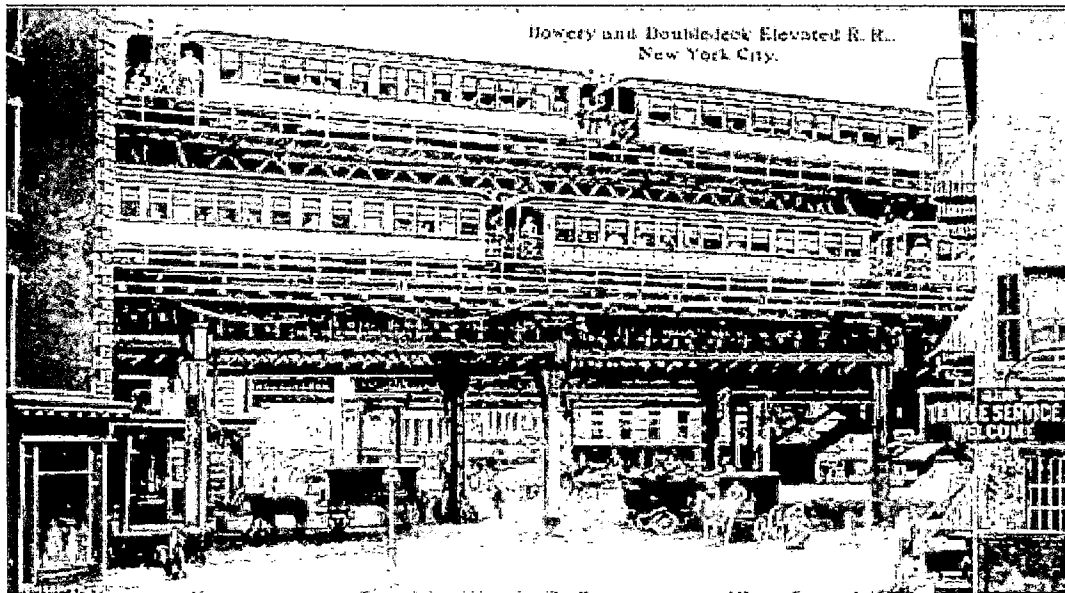


Figura 1.4: Trenes a varias alturas

Fuente: Internet

1.2 FACTORES INFLUYENTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTOS ELEVADOS

1.2.1 Los retos de la nueva década

El crecimiento poblacional a la que ha sido sometido Lima Metropolitana en las últimas décadas, ha ocasionado la expansión de las aéreas urbanas en sus zonas periféricas, generando la necesidad de mayor transporte entre estos polos de desarrollo urbano y sumando a esto el desorden en el tránsito y el transporte; el comercio informal y las invasiones de tierras son problemas que aún arrastra la ciudad de Lima y que requieren mejor trato. El rápido desarrollo de los centros urbanos han determinado que las vías de comunicación requieran con gran frecuencia de la construcción de viaductos.



Figura 1.5: El tránsito en Lima

Fuente: Diario el Comercio

1.2.2 Estudio de Impacto Ambiental

Si se tiene previsto la construcción de un viaducto elevado se tiene que considerar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para identificar, predecir, interpretar y comunicar los probables impactos ambientales y sociales que podrían generarse como consecuencia de la ejecución del Proyecto, con la finalidad de proponer las medidas preventivas y/o de mitigación que eviten y/o minimicen los impactos ambientales negativos y en el caso de los positivos, aquellas que refuercen los beneficios generados con el propósito de lograr la conservación del ambiente y las relaciones sociales del área de estudio, así como la preservación del patrimonio cultural.

1.2.3 Estudios de cimentación

El estudio de la cimentación significa un capítulo fundamental en la fase de proyecto de estas obras. Constituyen los denominados Estudios Geotécnicos, necesarios en cualquier tipo de construcción, pero imprescindibles en el caso de viaductos elevados. Para poder llegar a una solución de cimentación es necesario en cada caso un reconocimiento detallado del terreno, que se realizará mediante sondeos y otras técnicas de tipo geofísico, en los sondeos se perfora el terreno, usualmente recuperando un testigo continuo de los suelos o rocas atravesados, lo que nos permite apreciar visualmente sus características y tomar muestras para su ensayo de laboratorio. Los métodos geofísicos utilizan ondas de tipo eléctrico, magnético, sísmico o de radar para obtener una estimación de algunas propiedades del terreno investigado. Con las muestras obtenidas en los sondeos, se realizarán ensayos en laboratorio, de cuyos resultados pueden extraerse los parámetros necesarios para el cálculo de las cimentaciones. Es importante que los estudios geotécnicos, sus reconocimientos de campo y los ensayos de laboratorio sean realizados por técnicos y empresas debidamente preparados y con la experiencia adecuada del caso.

1.3 LOS VIADUCTOS PARA TRENES

Los trenes tienen como uno de sus elementos más relevantes a la infraestructura ferroviaria, es decir, el conjunto de obras e instalaciones que bien soportan el paso y circulación de trenes, bien sirven para su funcionamiento. Dentro de la infraestructura ferroviaria, vías, balasto, traviesas, puentes, alcantarillas, desmontes, túneles, etc., constituyen los elementos más característicos y visibles. De todos ellos, sin lugar a dudas, los viaductos son las construcciones que mayor simbolismo tienen para cualquiera de nosotros.

Estos viaductos tienen una característica en común, se trata de obras muy largas, por ello se pueden aplicar procedimientos de construcción industrializados.

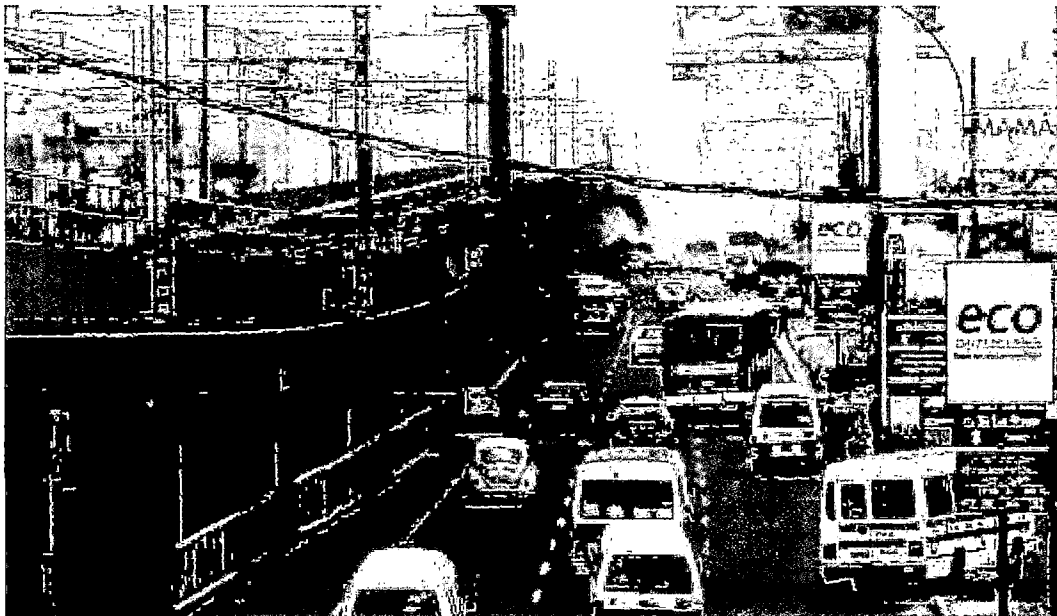


Figura 1.6: Viaducto de Lima

Fuente: Internet



Figura 1.7: Tren Eléctrico de Lima

Fuente: Internet

CAPÍTULO II

CONDICIONES DEL PROYECTO

2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

2.1.1 Ubicación

La segunda etapa de la Línea 1, se inicia la zona sur de la ciudad (San Juan de Miraflores) y termina en pleno centro (Av. Grau); desarrollando su recorrido a través de los distritos de Santiago de Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y Cercado Lima.

La Línea 1 de la Red del Tren Urbano de Lima está planificada para enlazar a futuro el distrito Villa el Salvador, que se localiza en la zona sur de Lima, con el distrito de San Juan de Lurigancho en el noreste de la Ciudad Capital. Integrando en su recorrido también a los distritos: Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores, Santiago de Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y el Cercado de Lima. Son más de 3 millones de habitantes en los 10 distritos servidos por la Línea 1, que representan el 41% de la población total de Lima Metropolitana.

El Puente Javier Prado está ubicado aproximadamente en la progresiva 17+000. Este cruce pertenece al Tramo E del Proyecto ubicado en el Distrito de San Borja, el cual tiene una concepción estructural especial por estar ubicado sobre la Vía Expresa de la Av. Javier Prado, actualmente de gran flujo vehicular.

La intersección de la Av. Javier Prado y la Av. Aviación, tiene un alto volumen de demanda de vehículos privados y de transporte público de pasajeros, así como de peatones que la cruzan a lo largo de la Av. Javier Prado en la urbanización San Borja, y otros que siguen la ruta de la Av. Aviación.

Mapa de Ubicación

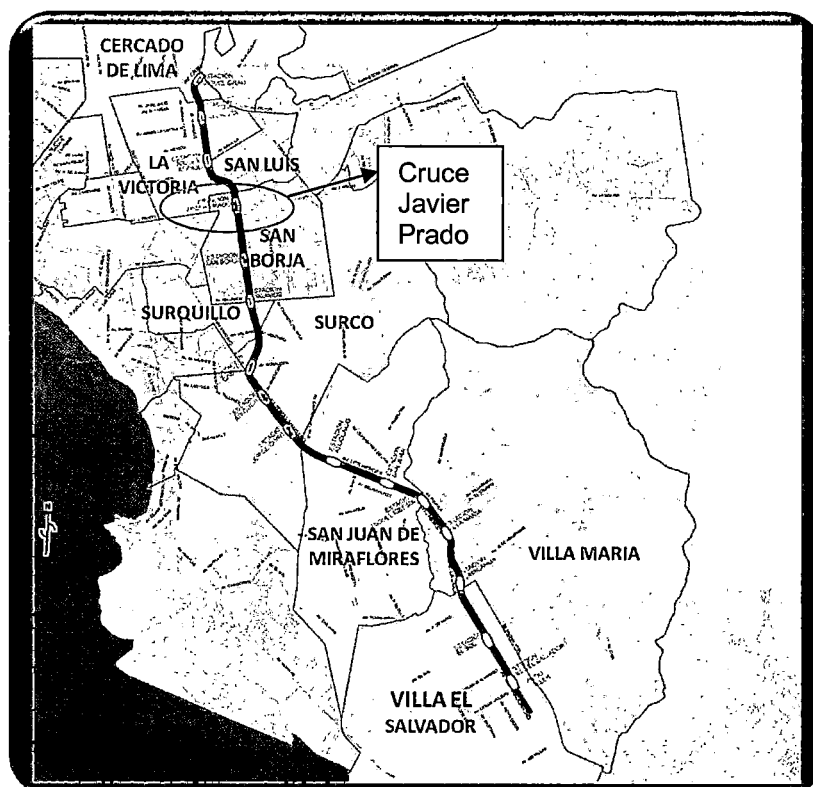


Fig. 2.1: Mapa de Ubicación del Proyecto

Fuente: Informe Mensual – Consorcio Cesel Poyry

2.1.2 Aspectos climáticos y vegetación

La temperatura promedio en los meses de verano (a mediados de diciembre a marzo) es de 25 grados centígrados, en el invierno los días son grises, nublados con bastante humedad, la temperatura promedio fluctúa entre los 12 y 15 grados centígrados.

La vegetación en esta parte de la ciudad de Lima en el ámbito de la obra es muy poca, solo se tienen jardines en el centro de la berma que fue restituido después de culminada la obra.

2.1.3 Condiciones del sitio

El ancho de la vía en este sector de la avenida Aviación es de 30 metros, sobre la berma central se localiza el viaducto elevado de un ancho de 8.4 metros, cimentado sobre zapatas que tienen un ancho de 9 metros.

El proyecto considera un vano de 35.00m sobre la Vía Expresa de Javier Prado con columnas y zapatas ubicadas en los límites de los muros de contención existentes, teniendo así un Módulo de tres vanos de 31.00, 35.00 y 31.00m respectivamente.

El sistema de la superestructura es el típico del viaducto con vigas prefabricadas y losas vaciadas en sitio.

La columna C459 se construyó en el límite de la Vía auxiliar interviniendo el sentido de la Avenida Javier Prado hacia La Molina lo que implica una adecuación vial. Para evitar mayor intervención, la zapata de esta columna fue excéntrica al igual que la zapata de C461. Las otras columnas de este módulo no tienen mayor implicancia en una nueva adecuación vial.

A continuación se muestra la planta y elevación del Cruce en Javier Prado.

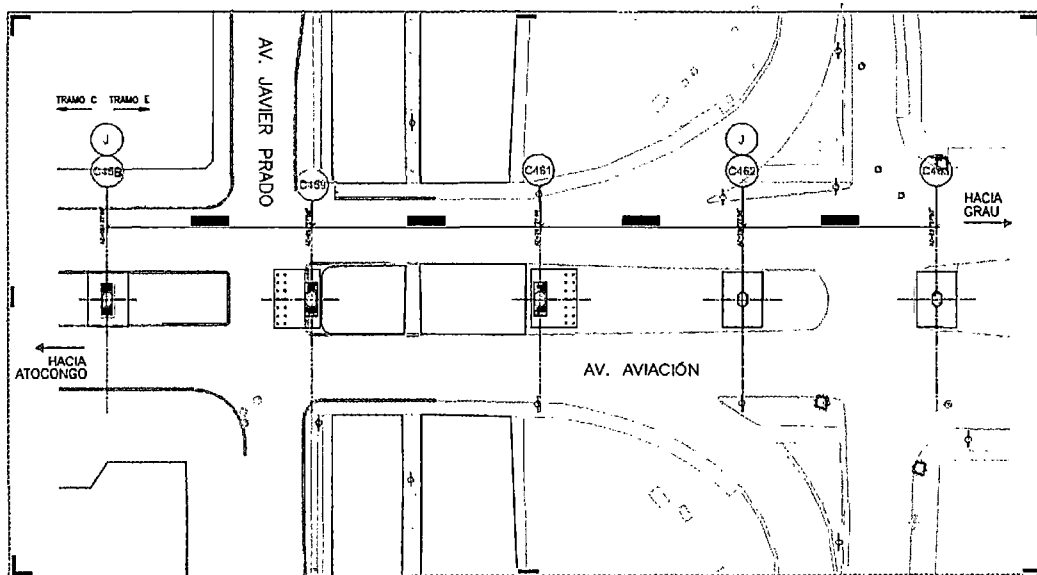


Fig. 2.2: Mapa de Planta del cruce Javier Prado

Fuente: Expediente Técnico Final- AATE

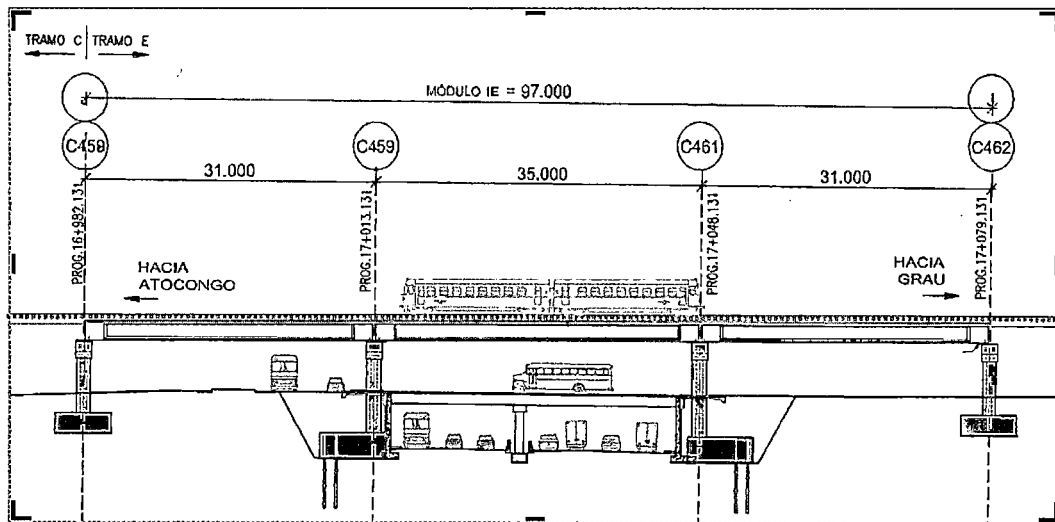


Fig. 2.3: Mapa de Elevación del cruce Javier Prado

Fuente: Expediente Técnico Final- AATE

El tráfico vial, peatonal y vehicular, que utiliza actualmente la intersección, soporta problemas delicados por la baja capacidad de la intersección, el desorden en que se circula y por el alto riesgo que ello implica contra su salud y la vida misma de las personas. El problema se ve agravado por las malas características viales existentes y por el desorden causado por el transporte público; especialmente en el paradero localizado frente a la Av. Javier Prado, en su esquina del lado suroeste.

Los problemas que tienen los peatones que cruzan la intersección son causados principalmente por las malas características físicas de las veredas, por defectos como: ser muy angostas algunas de ellas y tener deficiencias como la falta de rampas peatonal o por deficiencias geométricas o por falta de áreas de espera de tamaño suficiente; o por tener malos acabados (muy lisos por ejemplo), que afectan la seguridad del peatón.

La solución planteada, está referida a las posibilidad que se tiene de ampliar las áreas de espera críticas en las dos esquinas configuradas con la Vía Expresa de la Av. Javier Prado, modificando el alineamiento de la pista local de la Av. Javier Prado, moviéndola hacia el Sur, como se puede observar en el diseño en planta de la Fig. 2.4

Para ello, se ha recortado la vereda existente en ese lado Sur; lo que ha sido factible por existir allí la amplitud necesaria, que hoy es utilizada para la operación

del paradero de transporte público, que está localizado en el frente de un terreno sin construir que llega hasta la esquina.

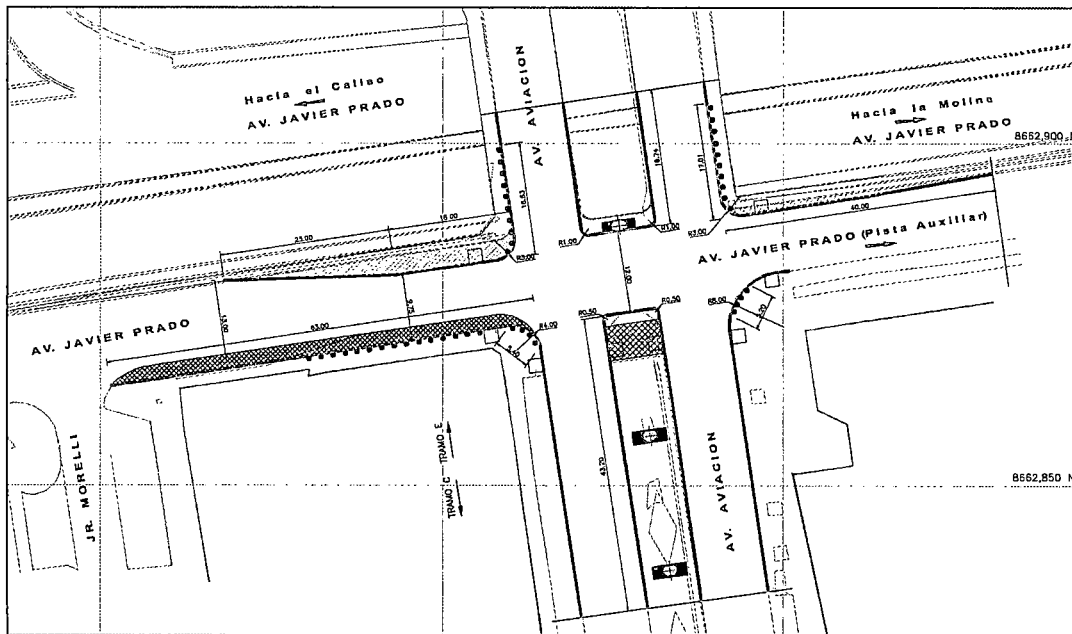


Fig. 2.4: Mapa Mejoramiento y adaptación de la intersección
Javier Prado – Aviación

Fuente: Expediente Técnico Final- AATE

En la vereda de esta esquina con la Av. Aviación, se localiza un kiosco de ventas al paso, que puede ser reubicado en un lugar adyacente porque el lugar presenta alternativas de localización viable.

En forma similar, en la otra esquina se plantea la ampliación de la vereda el corrimiento de la pista local de la Av. Javier Prado, en el mismo sentido hacia el Sur, para ampliar la vereda y el área de espera de los peatones en forma más segura, mientras esperan que los semáforos les permitan cruzar la pista.

Al frente de este lugar, al pie de la edificación de varios pisos allí existente, el corrimiento de la pista, requiere sólo de un pequeño recorte de la vereda existente. Para la construcción y/o ampliación de las veredas se plantea la siguiente sección típica de la Fig. 2.5:

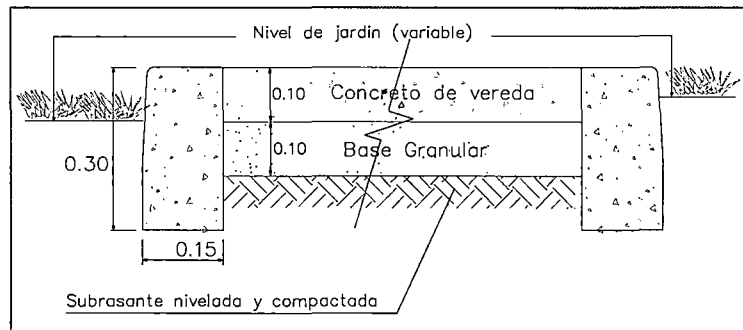


Fig. 2.5: Detalle de vereda, jardines y sardineles

Fuente: Expediente Técnico Final- AATE

Si bien las causas del conjunto de problemas similares en toda la ciudad son numerosas, e incluso muchas de ellas se originan en causa externas a las de la infraestructura vial, las soluciones se circunscriben concretamente a los aspectos relativos a la infraestructura vial de la intersección crítica en estudio; a las cuales nos referiremos de inmediato; no sin antes mencionar que los aspectos de la proyección futura de la demanda, tampoco son materia de esta tesis, por cuanto en el futuro, incluso inmediato, se tienen soluciones como la del propio Tren Eléctrico y otros sistemas de mediana capacidad, que a corto plazo permitirán mantener la efectividad de los objetivos alcanzados con las mejoras planteadas para esta intersección.

En este sentido, concretando el análisis de la situación, el problema del desorden existente en el tránsito en esta intersección, se origina principalmente por problemas derivados particularmente del paradero que sirve al público que viaja hacia el Este de la ciudad, en la esquina Sur-Oeste de la intersección.

La solución planteada que se expone, considera además, que el paradero del transporte público en la Av. Javier Prado, se mueve hacia el Oeste, por que el sector de la vereda cercana a la avenida Aviación no tiene el ancho adecuado para funcionar adecuadamente como paradero y complica excesivamente el tránsito, por lo que la vereda remanente deberá ser protegida por una baranda metálica que impida que se use como paradero. Esta anulación del paradero, originará un efecto muy conveniente y necesario para mejorar la capacidad de la intersección semaforizada, que es uno de los objetivos del diseño.

El nuevo paradero funcionará en esa misma vereda, más alejado de la avenida Aviación, en donde se tiene una vereda más amplia. Así el tránsito peatonal en general y los usuarios del paradero en particular, dispondrán de un área mayor que les proporcionará más comodidad y seguridad.

Para el mejor desempeño del paradero y de los vehículos de transporte público el diseño ha obtenido un nuevo carril de tránsito como carril exclusivo para el transporte público, que se ha logrado incorporando a la circulación vehicular, el área hoy mal utilizada de un estacionamiento vehicular público existente (en área pública), como puede apreciarse en la imagen antes mostrada.

2.2 CONDICIONES GENERALES DEL VIADUCTO ELEVADO

2.2.1 Breve reseña

Antes de empezar las obras se tuvo ejecutada la primera etapa de la línea 1, constituida por una línea de ferrocarril urbano de doble vía, cuyo trazado se inicia en la zona sur de la ciudad (Villa el Salvador), donde está ubicado también el patio taller, para terminar justo antes de Atocongo (San Juan de Miraflores).

En 1997 se realizó la recepción definitiva del sistema eléctrico de transporte masivo de Lima y Callao para el tramo comprendido entre Villa el Salvador y Atocongo, con una extensión de 9.85 Km; la primera parte de la línea (aprox. 7 km.), se desarrolla mayormente a nivel del suelo, hasta el distrito de San Juan de Miraflores, desde donde continúa el viaducto elevado.

El tramo nuevo construido pasa por las avenidas Tomas Marzano, Aviación y Miguel Grau y es similar al tramo antiguo terminado. En la Av. Tomas Marzano se construyó una longitud aproximada de 1.82 km. En el tramo de la avenida Aviación se tiene una longitud de 3.24 km de los cuales 1.55 km se encontraba construido a nivel de tablero y 1.69 km solo de columnas. En el tramo avenida Javier Prado hasta la avenida Miguel Grau de 7.09 km es obra nueva.

2.2.2 Datos del viaducto – Tramo Javier Prado

La longitud total del viaducto en esta parte en estudio es de 97 metros, y está dividido en 3 tramos; 31 metros, 35 metros y 31 metros.

En el cruce con la avenida Javier Prado se ha previsto eliminar el pilar central ubicado en el zanjón, a fin de no paralizar el tránsito vehicular por la Vía Expresa Javier Prado, diseñando para ello en los pilares extremos zapatas excéntricas con la inclusión de micropilotes autoperforantes. Estas zapatas tienen un peralte de 2.50m y una base rectangular de dimensiones 7.50m x 9.00m. La geometría de los pilares de estas zapatas es similar a las zapatas típicas.

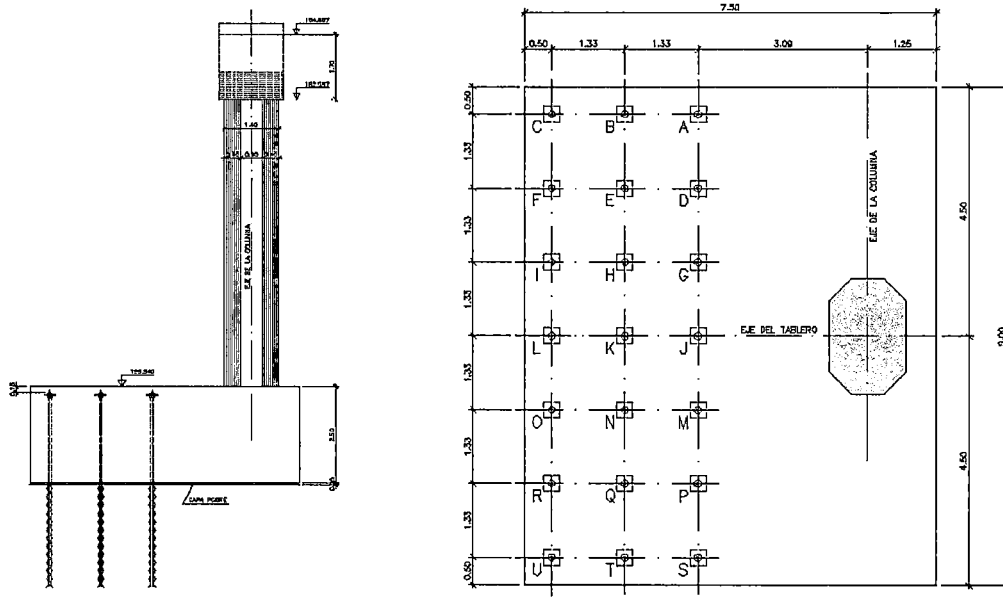


Figura 2.6: Zapata en cruce Javier Prado
 Fuente: Expediente Técnico Final- AATE

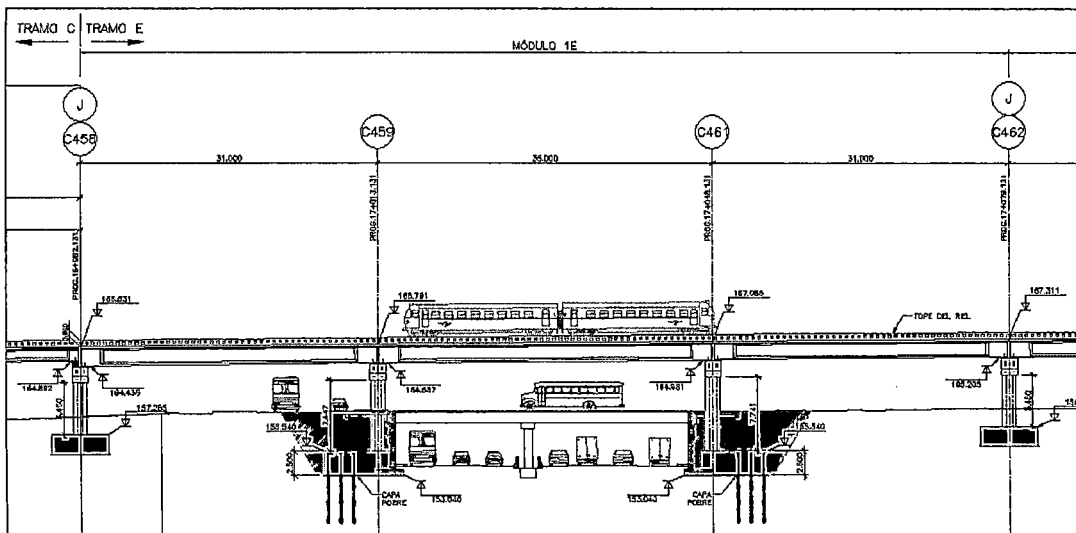


Figura 2.7: Vista de la elevación de Viaducto elevado cruce Javier Prado
 Fuente: Expediente Técnico Final- AATE

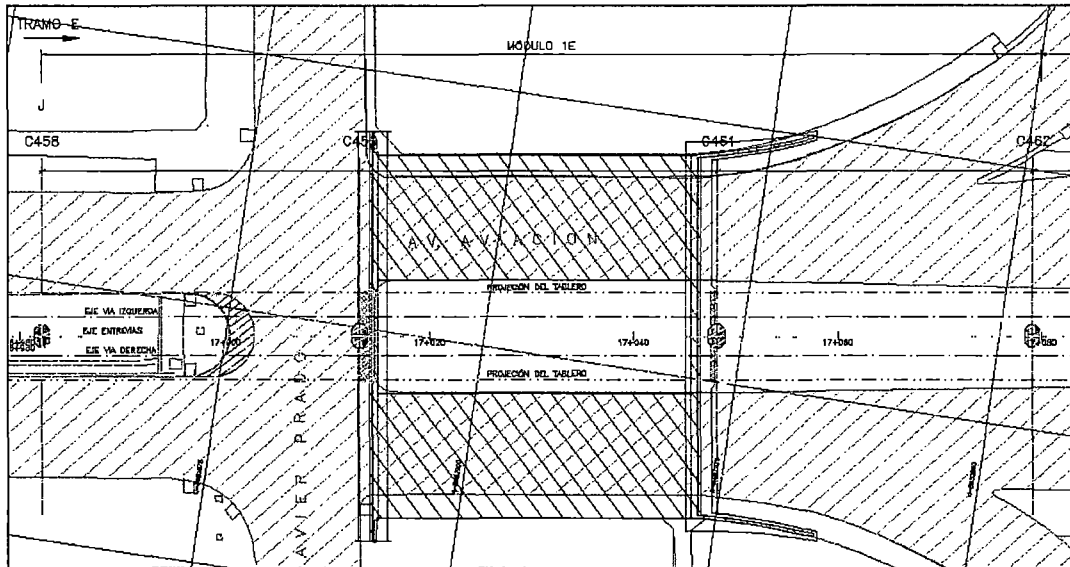


Figura 2.8: Vista Planta de Viaducto elevado cruce Javier Prado

Fuente: Expediente Técnico Final- AATE

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

Este subcapítulo está basado en el Estudio elaborado por la firma Consorcio Tren Eléctrico Lima (Odebrecht – GyM); “ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE SUELOS –TOPOGRAFICO” del Viaducto Elevado, por lo que no presentaremos el estudio completo por ser un volumen de muchas páginas, se pretende resumir parte del estudio el cual se encuentra en el anexo A.

2.3.1 Características de la ubicación

La ciudad de Lima está situada sobre el cono de deyección del río Rímac. 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.

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.

También se han realizado ensayos de carga, ensayos geofísicos, investigaciones de laboratorio, zonificación del subsuelo, análisis de la cimentación y para un mayor detalle ver Anexo A, Estudio Geotécnico teniendo en cuenta que el cruce Javier Prado está ubicado en la Av. Aviación y Av. Javier Prado que corresponde al Tramo E.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 CIMENTACIONES PARA VIADUCTOS

El cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al terreno. Debido a que la resistencia y rigidez del terreno suelen ser inferiores a las de la estructura, la cimentación posee un área en planta muy superior a la suma de las áreas de todos los pilares y muros portantes (estructura vertical).

Los cimientos por tanto serán por lo general piezas de volumen considerable con respecto al volumen de las piezas de la estructura. Se construyen con concreto armado y en general se empleará concreto de calidad alta.

Las cimentaciones de los viaductos pueden ser superficiales o profundas. Las superficiales mediante zapatas, están limitadas al caso de suelos suficientemente compactos y resistentes o de rocas, fuera del alcance de la socavación del río. Lo más usual, en el caso de los viaductos, es que las capas superiores del terreno no sean capaces de soportar las cargas, y que el peligro de socavación sea alto, recurriéndose entonces a cimentaciones profundas, que suelen ser pilotes.

Antes de aventurarse a la elección de un tipo de cimentación, el ingeniero debe, cuando menos, tener una idea de las características físicas, granulométricas, mecánicas, hidráulicas y demás propiedades de interés que pudiera tener el suelo donde se pretende construir una determinada estructura, tales como pueden ser la estratigrafía del suelo, la profundidad del nivel de aguas freáticas, la ubicación geográfica del lugar en sí, su accesibilidad para la transportación de materiales, mano de obra y equipo necesarios para la construcción, la puesta en práctica de ciertos tipos de técnicas constructivas así como los posibles efectos que dicha construcción puede acarrear sobre su entorno (efectos sociales, económicos, ecológicos, etc.)

Debe también considerar que para poder conocer las propiedades del suelo que sean de su interés han de realizarse ciertos procedimientos que son tan importantes como la construcción misma, tales como pueden ser el levantamiento topográfico, los sondeos que sean necesarios, ya sean

preliminares o permanentes, la instalación de laboratorios in situ para la realización de pruebas a las muestras, etc.

Existen varios tipos de cimentaciones, los cuales dependen entre otras cosas de su forma de interactuar con el suelo, esto es, la manera en que transmiten al suelo las cargas que soportan, también dependen de su técnica de construcción y del material con que son fabricadas así como del material, mano de obra y equipo que se requiere para construirlas, que puede ser sencillo en algunos casos o muy especializado en otros, lo que se refleja directamente en la dificultad para llevarlas a cabo y en su costo.

También puede influir la situación económica del lugar de construcción o bien podría darse el caso extremo de que la obra sea tan compleja y el terreno tan malo para construirla que sea necesario desarrollar un tipo de cimentación muy especial.

3.2 TIPO DE CIMENTACIONES Y COLUMNAS PARA VIADUCTO

3.2.1 Cimentaciones superficiales

Cuando a nivel de la zona inferior de la estructura, el terreno presenta características adecuadas desde los puntos de vista técnico y económico para cimentar sobre él, la cimentación se denominará superficial. Las cimentaciones superficiales para viaducto estarán constituidas por zapatas.

Una zapata es una ampliación de la base de una columna o muro que tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo. A las zapatas que soportan una sola columna se llaman individuales o zapatas aisladas. La zapata que se construye debajo de un muro se llama zapata corrida o zapata continua. Si una zapata soporta varias columnas se llama zapata combinada.

Las zapatas se deben dimensionar para resistir las cargas mayores y reacciones inducidas de acuerdo con los requisitos de diseño del Código que correspondan, se deben diseñar para resistir los efectos de las cargas axiales, cortes y momentos maximizados. El tamaño (área de la base) de una zapata, se determina en base al esfuerzo admisible del suelo. Para las zapatas se especifica el siguiente procedimiento de diseño:

1. El tamaño de la zapata (dimensiones en planta) se determina en base a las cargas (permanentes, sobrecargas, de viento, sísmicas, etc.) no factorizadas (de servicio) y al esfuerzo admisible del suelo.
2. Una vez establecidas las dimensiones en planta, la altura de la zapata; la cantidad de refuerzo requerido se determinan en base a las presiones de servicio y los cortantes y momentos de sismo; estos elementos y presiones de servicio se multiplican por los factores de carga que corresponda.

Para fines del análisis, se puede asumir que una zapata es rígida, con lo cual para cargas centradas se obtiene un esfuerzo en el suelo uniforme y para cargas excéntricas se obtiene una distribución triangular o trapezoidal (combinación de carga axial y flexión). A la zapata sólo se debe transmitir el momento flexionante que existe en la base de la columna.

El peralte de la zapata lo define la resistencia al esfuerzo cortante ocasionado por los esfuerzos inducidos al terreno. Para determinar el peralte requerido para

la zapata se debe verificar tanto el cortante en una dirección, como el corte en dos direcciones. El corte en una dirección supone que la zapata se comporta como una viga ancha, con una sección crítica que atraviesa la totalidad de su ancho. A pesar de que el cortante en una dirección rara vez determina la resistencia al cortante de una zapata, el diseñador debe verificar que no se supere la resistencia al cortante correspondiente a cortante en una dirección. Para el cortante en dos direcciones se debe verificar la resistencia al cortante por punzonado.

La clasificación de zapatas es muy amplia. Según su forma de trabajo se puede clasificar como: aislada, combinada, corrida o continua y arriostrada o atada. Según su forma en planta su clasificación será: rectangular, cuadrada, circular, anular o poligonal.

3.2.1.1 Zapata aislada cuadrada

En este tipo de zapatas el elemento estructural que transmite los esfuerzos será un pilar, pudiendo ser éste de concreto o metálico. El pilar arrancará siempre desde el centro geométrico de la base de la zapata.

En el caso de pilares de concreto armado se deberá dejar una armadura vertical saliente de la zapata como armadura de espera para unión con la armadura del pilar, para que se produzca la transferencia de esfuerzos del pilar a la zapata.

3.2.1.2 Zapata aislada circular

Este tipo de zapatas no es de uso frecuente excepto en caso de edificaciones singulares o soluciones prefabricadas, pues el costo de la armadura sería elevado por la dificultad de su disposición. El uso de zapatas circulares exige la necesidad de usar una geometría especial con canto variable y por tanto la necesidad de encofrado para su ejecución in situ. Por estas causas su uso no es recomendable económicamente excepto en los casos anteriormente mencionados.

Dentro de las zapatas circulares encontraremos dos disposiciones distintas de armado:

Zapata circular con armado circunferencial

Zapata circular con armado con emparrillado

3.2.1.3 Zapata corrida

La zapata corrida es una zapata continua que servirá como cimentación generalmente a un muro de concreto armado. El elemento estructural que transmitirá los esfuerzos a la cimentación será por tanto un muro. El muro transmitirá una carga lineal a la zapata. Esta solución es muy apta tanto para edificios residenciales como industriales con sótanos que requieran de muros de contención.

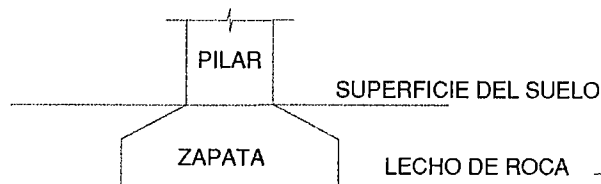


Figura 3.1: Cimentación Superficial

Fuente: Internet

3.2.2 Cimentaciones profundas

Estas cimentaciones se usarán cuando el terreno firme no se encuentra en la superficie sino a mayor profundidad. La cimentación profunda más usada es la cimentación por pilotes.

Los pilotes son elementos estructurales con un área de sección transversal pequeña, comparada con su longitud, y usualmente se instalan usando una piloteadora que tiene un martinete o un vibrador. A menudo se hincan en grupos o en filas, conteniendo cada uno suficientes pilotes para soportar la carga de una sola columna o muro.

Los pilotes se construyen en una gran variedad de tamaños, formas, y materiales para adaptarse a muchos requisitos especiales, incluyendo la competencia económica.

3.2.2.1 Según su forma de trabajo:

- Pilotes rígidos de primer orden. Aquellos cuya punta llega hasta el firme transmitiéndole la carga aplicada a la cabeza. La acción lateral del terreno elimina el riesgo de pandeo.

- Pilotes flotantes. Aquellos cuya punta no llega al firme, quedando hincado en el terreno suelto y resistiendo por adherencia, su valor resistente es función de la profundidad diámetro y naturaleza del terreno. Se sitúan en terrenos de resistencia media baja y transmiten su carga por fricción, a través del fuste.

- Pilotes semi-rígidos. Aquellos cuya punta llega hasta el firme, pero éste está tan profundo, o es tan poco firme, que el pilote resiste simultáneamente por punta y por adherencia.

3.2.2.2 Según el sistema constructivo:

- Pilotes prefabricados hincados, ejecutados a base de desplazamiento del terreno.
- Pilotes perforados, ejecutados a base de extracción de tierras y relleno de concreto armado.

3.2.2.3 Según la sección del pilote:

- Micropilotes: Diámetro menor de 200 mm, se emplean en obras de re-cimentación.
- Pilotes convencionales: Diámetros de 300 a 600 mm.
- Pilotes de gran diámetro: Diámetro mayor de 800 mm.
- Pilotes pantalla: De sección pseudo rectangular

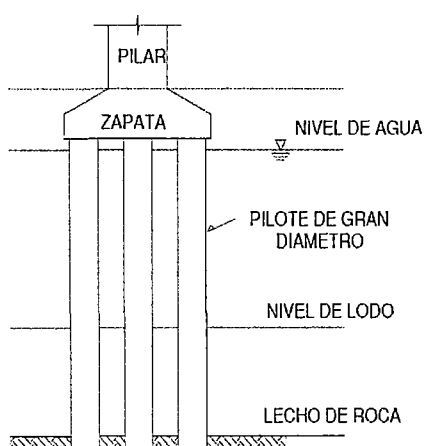


Figura 3.2: Pilotes de gran diámetro

Fuente: Internet

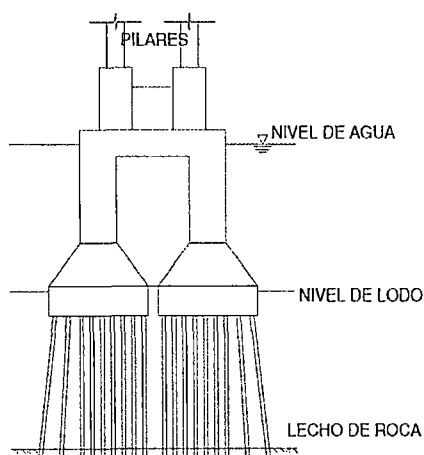


Figura 3.3: Grupo de pilotes esbeltos

Fuente: Internet

3.2.3 Columnas para viaducto

La columna es un elemento sometido principalmente a compresión, por lo tanto el diseño está basado en la fuerza interna, conjuntamente debido a las condiciones propias de las columnas, también se diseñan para flexión de tal forma que la combinación así generada se denomina flexocompresión.

La compresión es el principal factor que determina el comportamiento del elemento, es por ello que el predimensionado de columnas consiste en determinar las dimensiones que sean capaces de resistir la compresión que se aplica sobre el elemento así como una flexión que aparece en el diseño debido a diversos factores. Cabe destacar que la resistencia de la columna disminuye debido a efectos de geometría, lo cuales influyen en el tipo de falla.

El efecto geométrico de la columna se denominan esbeltez y es un factor importante, ya que la forma de fallar depende de la esbeltez, para la columna poco esbelta la falla es por aplastamiento y este tipo se denomina columna corta, los elemento más esbeltos se denominan columna larga y la falla es por pandeo. La columna intermedia es donde la falla es por una combinación de aplastamiento y pandeo.

Dentro de los requisitos fundamentales de una estructura o elemento estructural están: equilibrio, resistencia, funcionalidad y estabilidad. En una columna se puede llegar a una condición inestable antes de alcanzar la deformación máxima permitida o el esfuerzo máximo. El fenómeno de inestabilidad se refiere al pandeo lateral, el cual es una deflexión que ocurre en la columna, cuando aparece incrementa el momento flector aplicado sobre el elemento, el aumento de la deflexión agranda la magnitud del momento flector, creciendo así la curvatura de la columna hasta la falla; este caso se considera inestable. Por ello la resistencia de la columna sometida a compresión tiene dos límites, el de resistencia para columnas cortas y el de estabilidad para columnas largas. La estabilidad es así el nuevo parámetro que define además de la resistencia y la rigidez, las dimensiones de la columna.

Las columnas o pilares se pueden clasificar según su forma: Pilar en T, Pilar columna, Pilar de dos columnas, Pilar de tres columnas, Pilar tipo Placa y Pilar tipo Pórtico. A continuación se muestran las figuras 3.4 y 3.5 de la clasificación de las columnas.

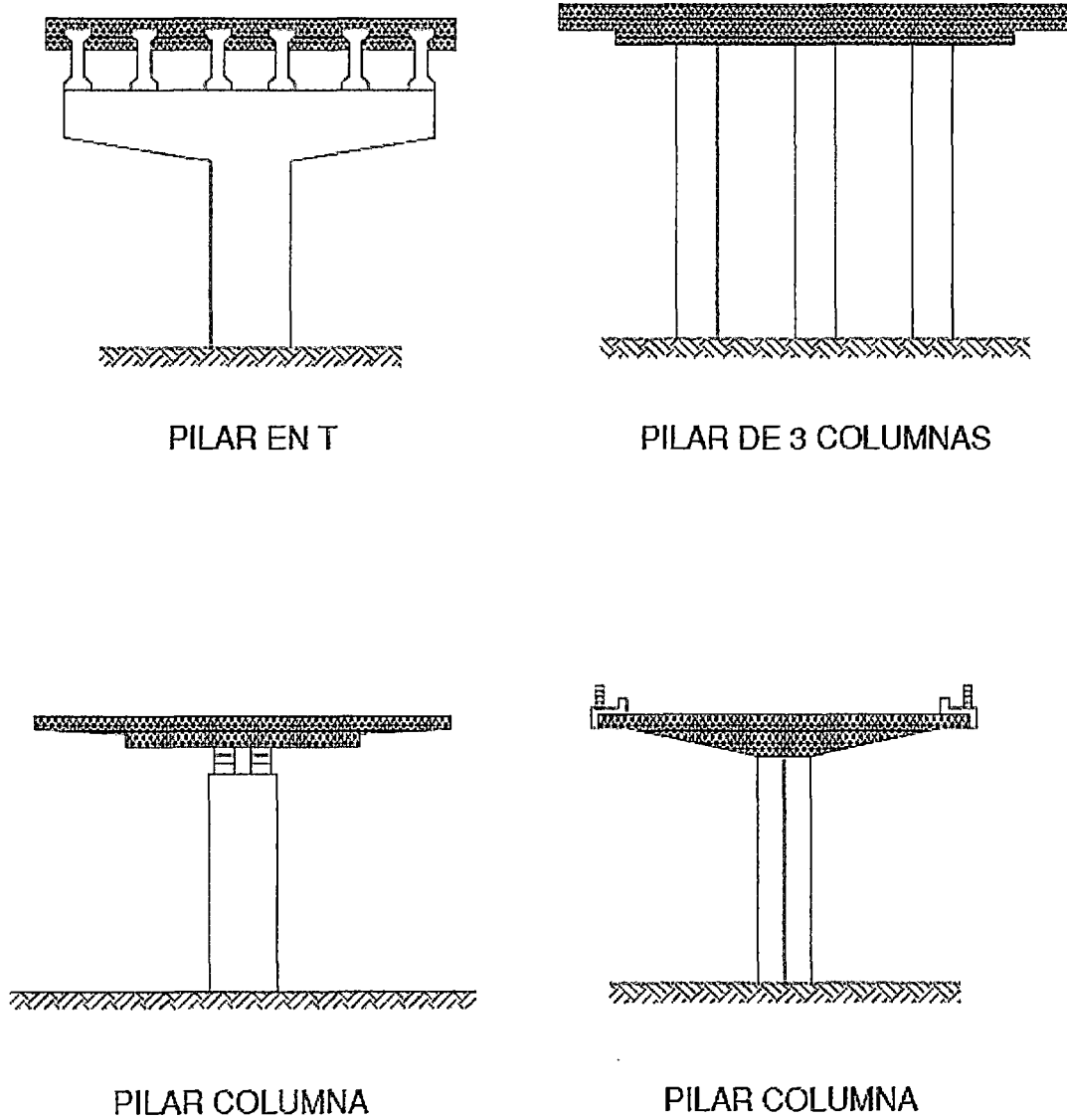
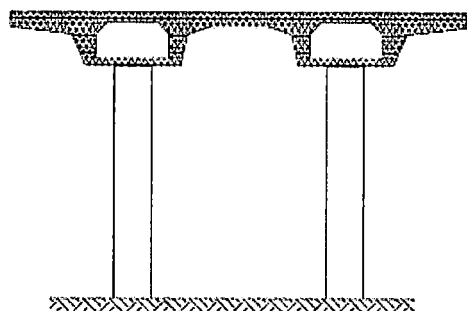
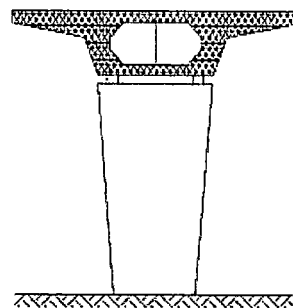


Figura 3.4: Tipos de columnas I

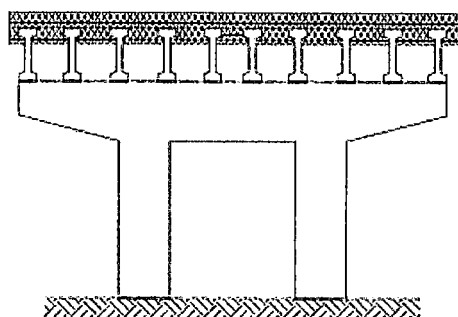
Fuente: Internet



PILAR DE 2 COLUMNAS



PILAR TIPO PLACA



PILAR TIPO PORTICO

Figura 3.5: Tipos de columnas II

Fuente: Internet

3.3 TIPO DE VIGAS LONGITUDINALES PARA VIADUCTOS

La resistencia del concreto a tracción es muy baja, solamente del orden de 1/12 de su resistencia a la compresión, por lo que en la técnica del concreto armado, para contrarrestar este inconveniente, en todas las zonas que puedan quedar traccionadas se disponen de armaduras de acero cuya misión es poder resistirlas, sin embargo el material que se obtiene de este modo presenta algunos inconvenientes que limitan su empleo ya que el concreto que recubre las armaduras esta traccionado al igual que estas y no puede acompañarlas en su alargamiento sin romperse, aparecen por lo tanto fisuras; el refuerzo convencional solo puede usarse económicamente si se acepta fisuración en el concreto. El preesforzado es una solución alterna a este problema y permite que los miembros se mantengan sin fisuración en un rango de cargas más amplio, con ventajas adicionales de deflexiones pequeñas y una durabilidad mucho mayor, por su menor fisuración y la posibilidad de cubrir mayores luces, para la misma altura.

El principio básico del preesforzado consiste en aplicar una fuerza de compresión en la sección, que contrarreste los esfuerzos de tracción producidos por la flexión. Este preesfuerzo es aplicado generalmente mediante una fuerza excéntrica producida por un cable paralelo o con inclinación ligera respecto al eje del elemento. Estos cables de acero de alta resistencia denominados tendones, pasan a lo largo del elemento y transmiten su fuerza generalmente en los extremos; pueden ser alambres o hilos individuales (usualmente de diámetro 5mm) o torones trenzados de 7 hilos (generalmente de diámetros de 3/8, 1/2 o 5/8 pulgadas). Según el momento de aplicación del preefuerzo al concreto se consideran dos clases: concreto pretensado y concreto postensado.

3.3.1 Vigas pretensadas

Los tendones en el concreto pretensado están adheridos al concreto a lo largo del elemento, transmiten su fuerza por adherencia. Para construir un elemento pretensado es necesario que antes de colocar el concreto se mantengan tensionados los tendones o alambres entre anclajes externos, hasta que el concreto se haya endurecido; entonces se pueden liberar los tendones y se produce la transmisión del preesfuerzo al elemento

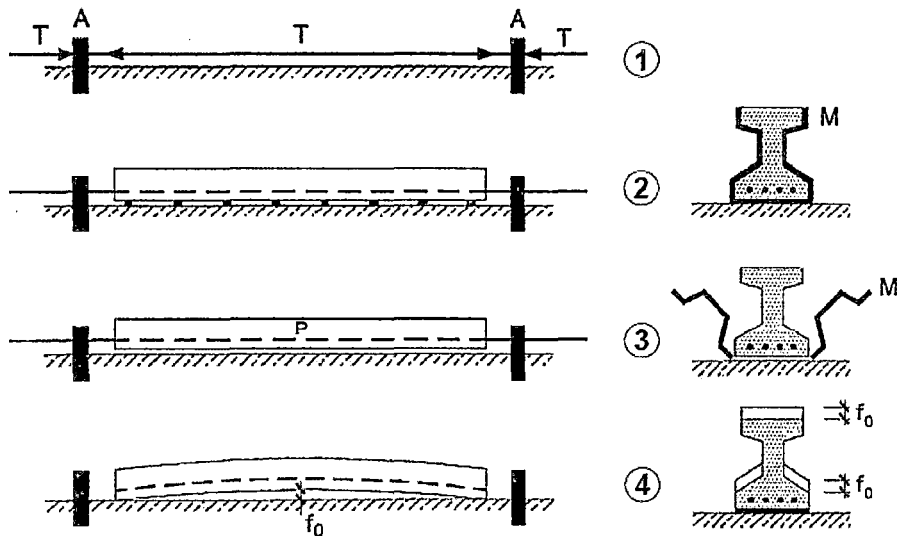


Figura 3.6: Ejecución de vigas pretensadas

Fuente: Internet

1. Colocación, anclaje y tesado de armaduras
2. Colocación de concreto
3. Desencofrado
4. Corte de los cables y transferencia de la fuerza de pretensado.

3.3.2 Vigas postensadas

Son aquellas que luego del vaciado del concreto y el endurecimiento, se introducen esfuerzos de compresión mediante una armadura especial montada dentro de vainas adecuadas. Una vez tensados los cables que conforman la armadura de postensado, se anclan a la estructura mediante piezas especiales. Al igual que en las vigas pretensadas, la ventaja del postensado consiste en comprimir el hormigón antes de su puesta en servicio, de modo que las tracciones generadas por las sobrecargas de uso se traducen en una pérdida de la compresión previa, evitando en mayor o menor medida que el concreto trabaje a tracción, esfuerzo para el que no es un material adecuado.

El postensado requiere de un gato portátil y anclajes permanentes; su costo hace que sea empleado para miembros de gran luz, pesados, cuyo transporte no es económico. En cambio, el pretensado se usa para elementos livianos que se pueden construir en planta y transportar fácilmente.

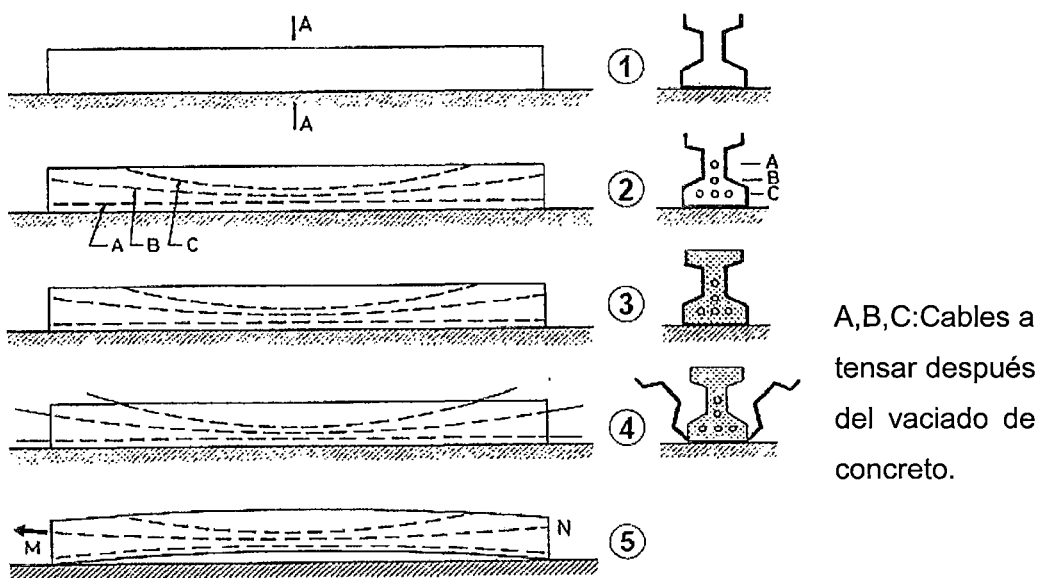


Figura 3.7: Ejecución de vigas postensadas

Fuente Internet

1. Colocación y fijación del encofrado
2. Colocación de armaduras pasivas y de vainas
3. Colocación de concreto y curado
4. Envainado de tendones y desencofrado
5. Tras alcanzar el concreto resistencia suficiente se hace el tensado de cables.

3.4 TIPO DE CONCRETO PARA ESTRUCTURAS

Los componentes del concreto pasaron por ciertas pruebas de ensayo en la planta de concreto premezclado, así tenemos:

- ✓ El agregado fino se sometió a pruebas de contenido de sustancias perjudiciales, de reactividad, granulometría.
- ✓ El agregado grueso se sometió a pruebas de contenido sustancias perjudiciales, reactividad, durabilidad, granulometría, abrasión Los Ángeles.
- ✓ El agua debe tener las características apropiadas para una óptima calidad del concreto y el contenido de ión cloruro.

Dependiendo del tipo de estructura y de acuerdo al diseño se tuvo un tipo de concreto de $f'c$ para una determinadas estructura como son las zapatas, columnas, vigas, losas etc.; debiendo consolidarse mediante vibración, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire.

En la presente tesis para las estructuras pre y post tensadas se utilizaron un concreto con $f'c= 350 \text{ kg/m}^2$, mientras que el valor correspondiente para el concreto reforzado es de 280 Kg/cm^2 . Un factor por el que es determinante la necesidad de concretos más resistente, es que el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación de presfuerzo. Es importante seguir todas las recomendaciones y especificaciones de cada proyecto a fin de cumplir con las solicitudes requeridas.

3.4.1 Curado

Cuando el concreto terminó de fraguar se sometió a un proceso de curado que se prolongó a lo largo del plazo prefijado por el supervisor y según las condiciones climáticas del lugar. El concreto curado de manera adecuada alcanzó su máxima resistencia y durabilidad, por lo que será menos permeable y tendrá menor riesgo a la formación de fisuras.

- Curado con agua

La saturación por agua de las superficies de concreto comenzó después del fraguado inicial del concreto. La cantidad de riego se reguló para proveer un revestimiento total de la superficie con un mínimo de escorrentía. El riego de muros se interrumpió para limpiar las lechadas de cemento solamente sobre las áreas que se limpiaban en ese momento, no se permitió que la superficie del concreto se reseque durante esa interrupción.

- Curado con membrana

En algunos casos se utilizó el curado con membrana.

El compuesto de curado con membrana fue aplicado mediante un rociador a razón de no más de 7.5 metros cuadrados por litro. Las superficies no encofradas se cubrieron con el compuesto 30 minutos después del acabado final.

El compuesto de curado estuvo protegido contra el desgaste durante el período de curado. No se aplicó membrana de curado cuando la superficie de concreto fue revestida posteriormente con mortero o concreto adicional, puesto que reduce la adhesión. En ese caso se aplicó un curado vía húmeda.

3.4.1.1 Descripción del curado para las estructuras.

El curado de las estructuras de concreto se realizó teniendo en cuenta el tipo de estructura:

- ZAPATAS, VIGAS (VACIADAS IN SITU) LOSAS Y CANALETAS (ELEMENTOS HORIZONTALES)

El curado de las zapatas, vigas (cara no encofrada), losas y canaletas fue realizado de la siguiente manera:

- Antes de la aplicación del curador se garantizó un área limpia libre de residuos, material suelto y/o mortero endurecido.
- Se aplicó el curador inmediatamente después que fue desapareciendo el agua superficial de la mezcla (película de agua posterior al acabado). No se aplicó en concretos con presencia de exudación
- Se aplicó dos capas de curador químico. La segunda capa se aplicó en dirección transversal a la primera (utilizar rociador con un flujo entre 0.20 a 4.0 litros/ minuto).
- Se permitió el tránsito ligero sobre las áreas tratadas después de 12 horas de aplicado el curador. En caso la superficie tratada sea protegida con algún tipo de cobertura (textil o plástico) se podrá autorizar el tránsito pasadas 6 horas de aplicado el curador o cuando la estructura haya alcanzado la fragua final (lo que suceda primero).

• COLUMNAS Y VIGA CABEZAL (ELEMENTOS VERTICALES)

El curado de las columnas, muros, vigas (cara encofrada) y viga cabezal fue realizado de la siguiente manera:

- Se aplicó curador químico inmediatamente después de desencofrado la estructura. Se procuró no retrasar su aplicación en más de 2 horas.
- Cuando se encontró seca la superficie, se procedió a humedecer la superficie hasta que el concreto adquiriera una apariencia húmeda uniforme (evitar agua libre en la superficie).
- Una vez humedecida la estructura se procedió a aplicar el curador químico.
- Se aplicaron dos capas de curador químico. La segunda capa se aplicó en dirección transversal a la primera (utilizar rociador con un flujo entre 0.20 a 4.0 litros/ minuto).
- En el caso de las columnas, se empezó el humedecimiento y aplicación del producto, de arriba hacia abajo.

• VIGAS PREFABRICADAS

Concluido el vaciado se procedió a aplicar el sistema de Curado Acelerado que consistió en cubrir la estructura con una manta (Manta 400 / curaflex o similar), suministrar calor en la parte superior de las vigas mediante agua caliente a una temperatura de 60 a 100 °C y cubrir con una manta plástica.

Se aseguró que al cubrir la viga con la manta y el plástico no exista ningún espacio por donde pueda ingresar el aire frío del exterior.

Mediante este sistema se aseguró que la estructura alcance su resistencia manteniendo su humedad (manta 400) y el calor (plástico). El proceso de curado consistió en:

Etapa 1: Posterior a la colocación de Concreto

- Una vez que el concreto de las vigas comenzó a exudar (30 a 45 minutos terminado el concretado), se procedió a cubrir las vigas con la manta de curado (Manta 400 / Curaflex o similar).
- Se aplicó agua caliente por encima de la viga a una temperatura de 60 a 100 °C. Inmediatamente después se cubrió toda la viga con una manta plástica.

Etapa 2: Posterior al Desencofrado

- El desencofrado de las caras laterales de las vigas se realizó una vez que estas alcancen una resistencia de 60 kg/cm^2 .
- Se tomó las precauciones del caso en el momento del desencofrado de las vigas para evitar abolladuras en los bordes.
- Una vez retirado el encofrado, se tapó con la manta de curado, se echó agua caliente a las vigas (60 a $100 \text{ }^\circ\text{C}$) y se cubrió con plástico de acuerdo al proceso inicial (Etapa 1).
- El curado de las vigas se mantuvo hasta que éstas alcanzaron la resistencia requerida para el corte de los cables. Una vez alcanzado los 240 , 270 o 280 kg/cm^2 (según sea el caso) se procedió a retirar las mantas de curado y autorizar el corte de los cables de pre-tensado. A partir de esta etapa las vigas no necesitaron ningún sistema de curado adicional.

• BORDES TÍPICOS Y PRELOSAS

Concluido el vaciado se procedió a aplicar el sistema de Curado Acelerado que consistió en cubrir la estructura con una manta (Manta 400 / curaflex o similar), suministrando calor en la parte superior de los bordes típicos y prelosas mediante agua caliente a una temperatura de 90°C y cubrir con una manta plástica. Mediante este sistema se asegura que la estructura alcance su resistencia tempranamente.

El ensayo de las probetas de todas las estructuras se realizó generalmente a los 3, 7 y 28 días.

CAPÍTULO IV

INFORMACIÓN DE INGENIERÍA

4.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA

La información proporcionada en este capítulo se basa principalmente en los estudios Geotécnicos y para un mayor detalle ver Anexo A, Estudio Geotécnico teniendo en cuenta que el cruce Javier Prado está ubicado en la Av. Aviación y Av. Javier Prado que corresponde al Tramo E.

4.2 ANÁLISIS DE INGENIERÍA

La estructura del módulo en análisis 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 ser 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 (laterales). Para las columnas de los ejes C459 y C461 (centrales), 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 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 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. Para mayor detalle referente a todo este capítulo (4.2), ver Anexo C donde se detallan las memorias de cálculo.

4.2.1 Diseño de cimentaciones y columnas

Se describe brevemente 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 (SI): 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)	γ_p	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH II	γ_p	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH III	γ_p	—	1.00	1.40	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH IV	γ_p	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—
STRENGTH V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
EXTREME EVENT I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—
EXTREME EVENT II	γ_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	γ_{TG}	γ_{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	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE IV	1.00	—	1.00	0.70	—	1.00	1.00/1.20	—	1.0	—	—	—	—

Figura 4.1: Combinaciones y factores de carga.

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

Table 3.4.1-2 Load Factors for Permanent Loads, γ_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, α Tomlinson Method	1.4	0.25
	Piles, λ 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
	• <i>AEP</i> 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 4.2: Factores de carga para cargas permanentes.

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

La extensión del tema de diseño de columnas y zapatas se encuentra en el anexo C (Memoria de cálculo - columnas y zapatas – Tramo E – Módulo 1E).

4.2.1.1 Cargas muertas

A.- 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) = 4,41m²

Carga distribuida en el vano = 4,41 * 2,5 = 11 tf/m (incluye las secciones centrales y del apoyo)

B.- Cargas muertas No Estructurales (DW)

Carga muerta de la superficie de rodamiento, balasto, aceras, tubos, conductos, servicios públicos, rieles, durmientes, barandas, pasarelas, etc.

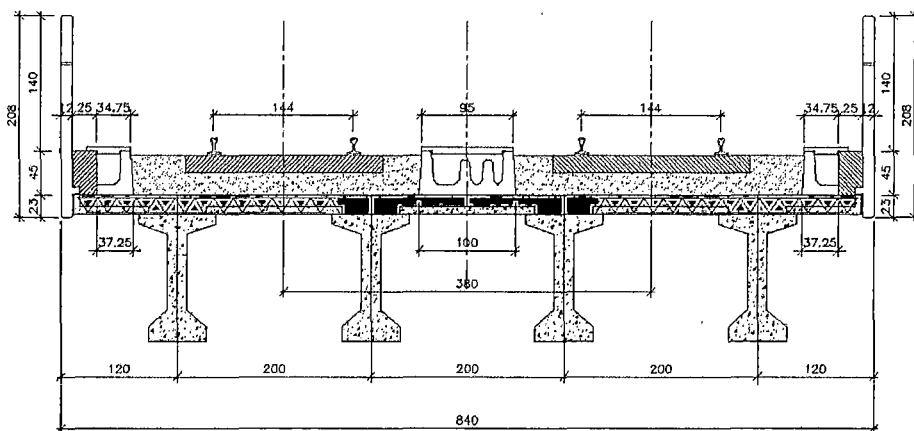


Figura 4.3: Tablero

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

Caja Central

$$1.20 \times 0.08 \times 2.50 = 0.24 \text{ tf/m}$$

$$0.52 \times 0.20 \times 2.50 = 0.26 \text{ tf/m}$$

$$0.08 \times 0.80 \times 2.50 = 0.16 \text{ tf/m}$$

Pasarela

$$0.48 \times 0.16 \times 2.50 = 0.19 \text{ tf/m}$$

$$0.90 \times 0.24 \times 2.50 = 0.54 \text{ tf/m}$$

$$0.60 \times 0.50 \times 2.50 = 0.75 \text{ tf/m}$$

Baranda

$$0.10 \times 2.00 = 0.20 \text{ tf/m}$$

Balasto Curva (2)

$$6.94 \times 0.46 \times 2.25 = 7.18 \text{ tf/m}$$

Rieles

$$0.30 \times 2.00 = 0.60 \text{ tf/m}$$

Sellado

$$0.01 \times 8.80 \times 2.20 = 0.19 \text{ tf/m}$$

Utilidad

$$0.05 \times 8.40 = 0.42 \text{ tf/m}$$

Total Curva

10.73 tf/m

4.2.1.2 Cargas Vivas (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.

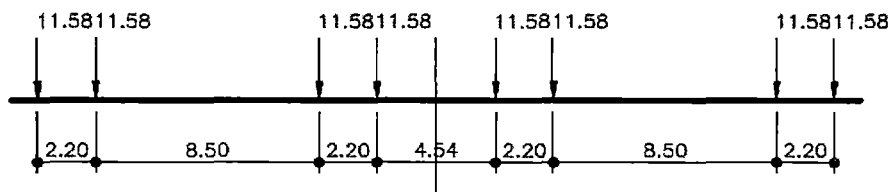


Figura 4.4: Posiciones cargas vivas I

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

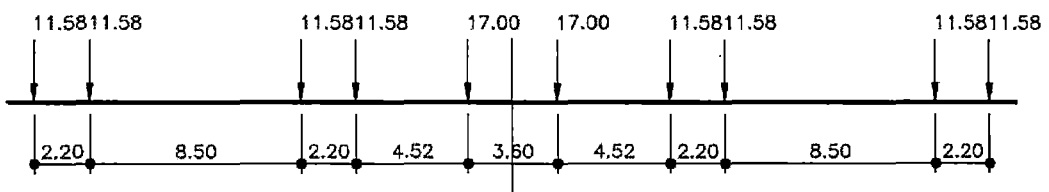


Figura 4.5: Posiciones cargas vivas II

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

4.2.1.3 SISMO (EQ)

Los parámetros utilizados para el diseño sismo resistente en este trecho fueron basados en el espectro abajo:

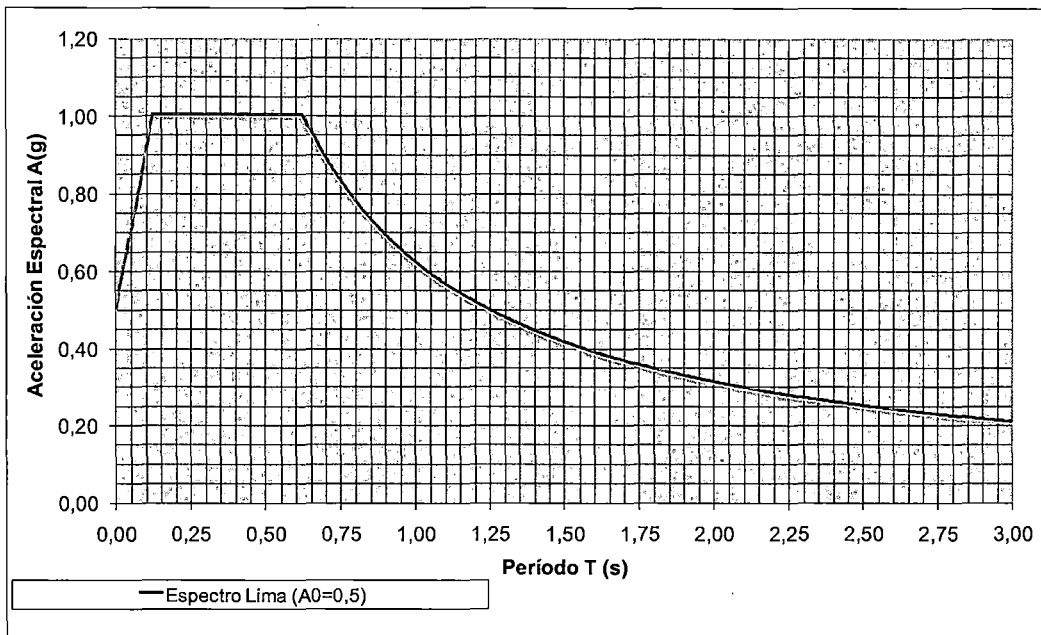


Figura 4.6: Espectro elástico de aceleración

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

Espectro Lima (A0=0,5)		Espectro Lima (A0=0,5)	
FRECUENCIA	A	FRECUENCIA	A
0,0020000	0,0012400	1,0000000	0,6200000
0,0100000	0,0062000	1,0530000	0,6528600
0,0250000	0,0155000	1,1110000	0,6888200
0,0500000	0,0310000	1,1760000	0,7291200
0,1000000	0,0620000	1,2500000	0,7750000
0,2000000	0,1240000	1,3330000	0,8264600
0,2500000	0,1550000	1,4290000	0,8859800
0,3330000	0,2064600	1,5380000	0,9535600
0,3570000	0,2213400	1,6670000	1,0000000
0,3850000	0,2387000	1,8180000	1,0000000
0,4170000	0,2585400	2,0000000	1,0000000
0,4550000	0,2821000	2,2220000	1,0000000
0,5000000	0,3100000	2,5000000	1,0000000
0,5260000	0,3261200	2,8570000	1,0000000
0,5560000	0,3447200	3,3330000	1,0000000
0,5880000	0,3645600	5,0000000	1,0000000
0,6250000	0,3875000	10,0000000	0,9166667
0,6670000	0,4135400	11,1110000	0,8750038
0,7140000	0,4426800	20,0000000	0,7083334
0,7690000	0,4767800	1000,0000000	0,5041667
0,8330000	0,5164600		
0,9090000	0,5635800		

Figura 4.7: Tabla de Frecuencia y aceleración

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

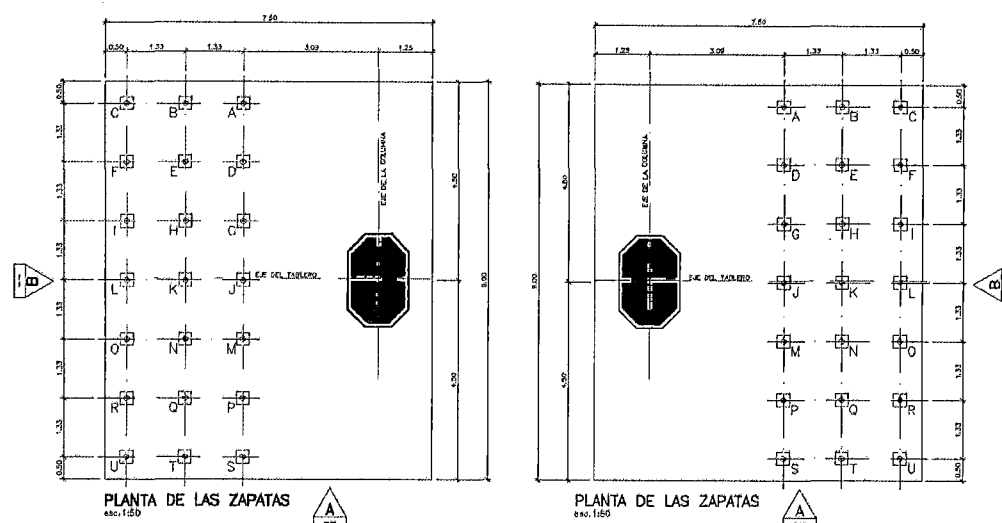


Figura 4.10: Planta de las Zapatas C459 y C461

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

4.2.2 Diseño de micropilotes

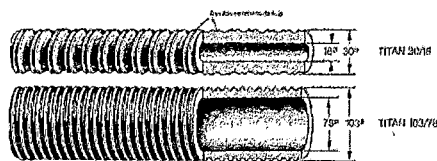
Para el diseño de los micropilotes se ha considerado un estrato de suelo de grava mal graduada típico de la zona del proyecto. Los parámetros del suelo asumidos desde la cota de las cabezas de los micropilotes son:

Prof.	Estrato	Nspt	Ang.de fricción interna	Cohesión	Peso unitario	Fricción lateral
6-20 m	Grava mal graduada	>50	40	20 kN/m ²	20 kN/m ³	250 kN/m ³

Nota: Los parámetros se basaron en la experiencia de PTP en la zona del proyecto y en el estudio de geotécnico 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 ²]	1631
Peso [kg/ml]	13.2



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		MAXIMA COMPRESIÓN (kN)	MAXIMA TRACCIÓN (kN)
A	S	450	-290
B	T	390	-430
C	U	330	-610
D	P	350	-160
E	Q	290	-310
F	R	280	-570
G	M	240	-100
H	N	230	-270
I	O	260	-530
J		130	-100
K		200	-220
L		230	-490

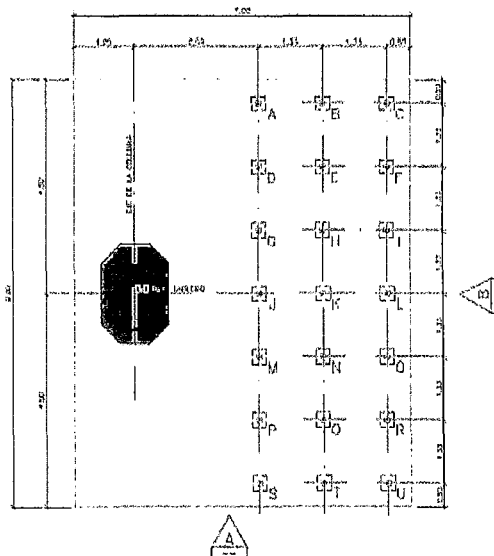


Figura 4.11: Cargas máximas

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

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.

Resistencia Interna de los Micropilotes

La resistencia a la tracción de los micropilotes se obtiene de:

$$T_a = F_y / F_s$$

Donde:

F_y: Carga de fluencia de la barra de acero

F_S: Factor de seguridad según norma DIN4128. F_S = 1.75 (caso estático), F_S = 1.50 (caso sísmico)

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_s de 250 kN/m².

La fuerza admisible de arrancamiento por metro de micropilote se obtiene de la siguiente expresión:

$$T_l = \frac{q_s \cdot \pi \cdot D \cdot L}{F_S}$$

Donde:

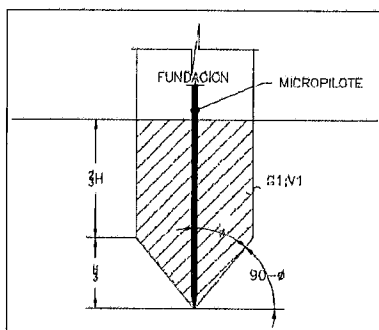
D: Diámetro equivalente del micropilote mayorado por un factor debido al tipo de suelo. En este proyecto se utilizará una perforación 152 mm de diámetro.

Entonces: D = 0.152 · 1.2 = 0.182m

F_S: Factor de seguridad igual a 1.8

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:

$$W_s' = \gamma' \cdot V = 0.778 \cdot \gamma' \cdot H \cdot s_x \cdot s_y$$

Peso propio de la fundación (Wf)

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.

4.2.3 Diseño de vigas cabezales

La memoria de cálculo de las vigas cabezales se presenta con más detalle en el anexo C. Diseños que han sido elaborados por el Consorcio Tren Eléctrico para fines del proyecto.

Esta memoria 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.

4.2.4 Diseño de vigas longitudinales

La memoria de cálculo de las vigas longitudinales del viaducto se presenta con más detalle en el anexo C (Memoria de cálculo – Vigas V27 y V6 – Tramo E – Módulo 1E). Diseños que han sido elaborados por el Consorcio Tren Eléctrico para fines del proyecto.

Esta memoria 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.

4.2.5 Diseño de losa de viaducto

La memoria de cálculo de las vigas longitudinales del viaducto se presenta con más detalle en el anexo C.

Diseños que han sido elaborados por el Consorcio Tren Eléctrico para fines del proyecto.

Esta memoria 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.

4.2.6 Diseño de diafragmas internos

La memoria de cálculo de los diafragmas internos del viaducto se presenta con más detalle en el anexo C. Diseños que han sido elaborados por el Consorcio Tren Eléctrico para fines del proyecto.

Esta memoria 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.

4.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

4.3.1 Micropilotes

Los parámetros asumidos para el cálculo se muestran a continuación.

Ángulo de fricción interna:	40	°
Peso unitario del suelo	20	KN/m ³
Sx = sy =	1.33	M
TITAN 73/53: Fy =	970	KN
Diámetro perforación:	152	Mm
amplif. Diámetro: @ =	1.2	
GRAVA: qu =	250	KN/m ²
F.S acero =	1.5	(sísmico)
F.S levantamiento	1.35	
F.S bulbo:	1.8	

Finalmente se presenta la corrida de cálculo de las verificaciones de carga, donde se aprecia que en todos los puntos las cargas admisibles son mayores a las cargas actuantes.

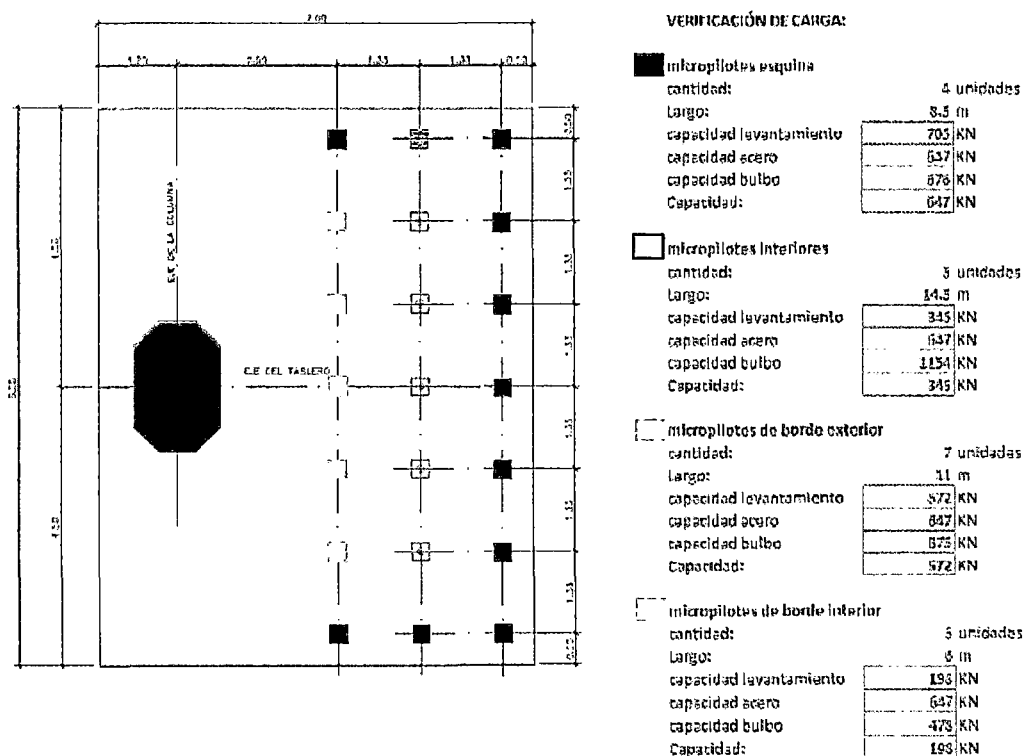


Figura 4.12: Verificaciones de carga

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

Las longitudes requeridas para los micropilotes en función de su ubicación se detallan en la siguiente tabla resumen:

Tabla N° 4.1: Parámetros del Micropilote
Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

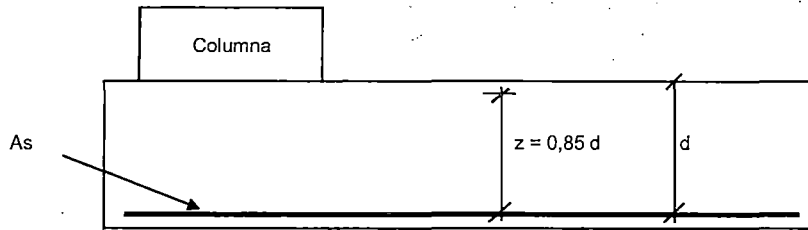
Ubicación	Tipo	Capacidad máxima (kN)		Carga máxima de compresión/tracción (kN)		Verif.	Longitud embebida en el suelo (m)	Cantidad por zapata
		Tracción	Compresión	Tracción	Compresión			
Esquina	TITAN 73/53	647	647	610	450	OK	8.50	4
Centro	TITAN 73/53	345	647	310	290	OK	14.50	5
Borde exterior	TITAN 73/53	572	647	570	390	OK	11.00	7
Borde Interior	TITAN 73/53	198	478	160	350	OK	6.00	5

4.3.2 Zapatas

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

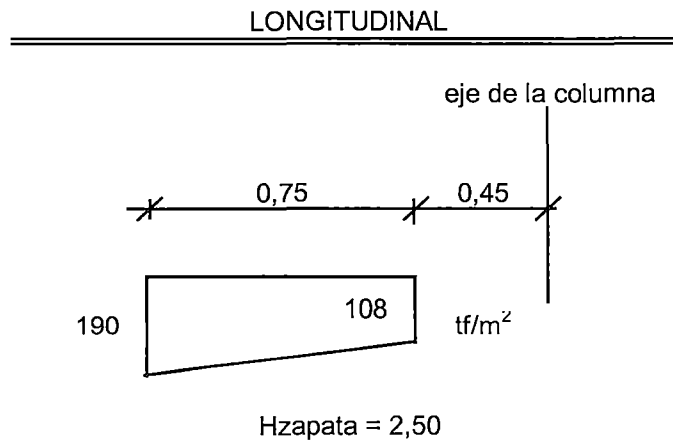
Corte longitudinal



$$As = \frac{Mu}{\phi * z * fy} \quad \phi = 1,0$$

COMB.	faja / H	Mu (tf.m)	d (m)	z (m)	As./s (cm ² /m)	As./s Adot.
Longitudinal +	5,0m - H=2,5m	2943,0	2,388	2,029	69,1	13,3 ϕ 1" /m 66,7 cm ² /m
Longitudinal -	5,0m - H=2,5m	-2536,0	2,413	2,051	58,9	13,3 ϕ 1" /m 66,7 cm ² /m
Transversal +	5,0m - H=2,5m	3161,0	2,363	2,008	75,0	16,0 ϕ 1" /m 80,0 cm ² /m
Transversal -	5,0m - H=2,5m	-1062,0	2,388	2,029	24,9	6,6 ϕ 1" /m 33,3 cm ² /m

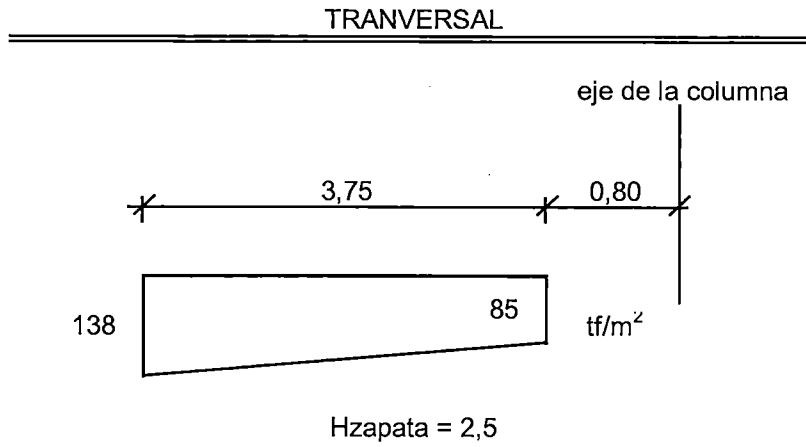
- Zapata – 7,0 x 9,0 x 2,5 – Corte



Por una faja de 1.0 m:

$$Vu (Hzap. = 2,5) = (190 + 108) * 0,50 * 0,75 = 111,8 \text{ tf}$$

$$PP \text{ zapata} = 0,75 * 2,5 * 2,5 = 4,7 \text{ tf}$$



Por una faja de 1.0 m:

$$V_u \text{ (Hzap. = 2,5)} = (138 + 85) * 0,50 * 3,75 = 418,1 \text{ tf}$$

Por una faja de 1,0m

$$PP \text{ zapata} = 3,75 * 2,5 * 2,5 = 23,4 \text{ tf}$$

DIMENSIONAMIENTO AL CORTE - ACI							
DESCRIPCIÓN	Vu (tf)	b (m)	d (m)	ϕ	f'c (tf/m ²)	fy (tf/m ²)	As (cm ² /m)
VuL (Hzap. = 2,50)	107,10	1,00	2,35	0,75	2100	42000	0,00
VuT (Hzap. = 2,50)	394,70	1,00	2,35	0,75	2100	42000	35,03

4.3.3 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:

Tabla N° 4.2: Combinaciones de carga para sismo

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

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	$N_d = 1,0 * DC + 1,25 * DW + 1,0 * LL$
	$ML_d = 0,3 * (N_d * dL \text{ sism} + ML \text{ sism}L/2) + ML \text{ sism}T/2 + 1,0 * ML_{DC} + 1,25 * ML_{DW} + 1,0 * ML_{LL}$
	$MT_d = N_d * dT \text{ sism} + MT \text{ sism}T/2 + (MT \text{ sism}L/2) * 0,3 + 1,0 * MT_{DC} + 1,25 * MT_{DW} + 1,0 * MT_{LL}$

Tabla N° 4.3: Solicitaciones plásticas – Columnas.

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

COLUMNAS	SOLICITACIONES PLÁSTICAS R=3			SOLICITACIONES PLÁSTICAS R=3		
	Dirección Longitudinal			Dirección Transversal		
	Nd	MLd	MTd	Nd	MLd	MTd
C459 – Extreme min.	795	1.489	558	795	514	1.516
C459 – Extreme máx	1.083	1.524	612	1.083	548	1.569
C461 – Extreme min.	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:

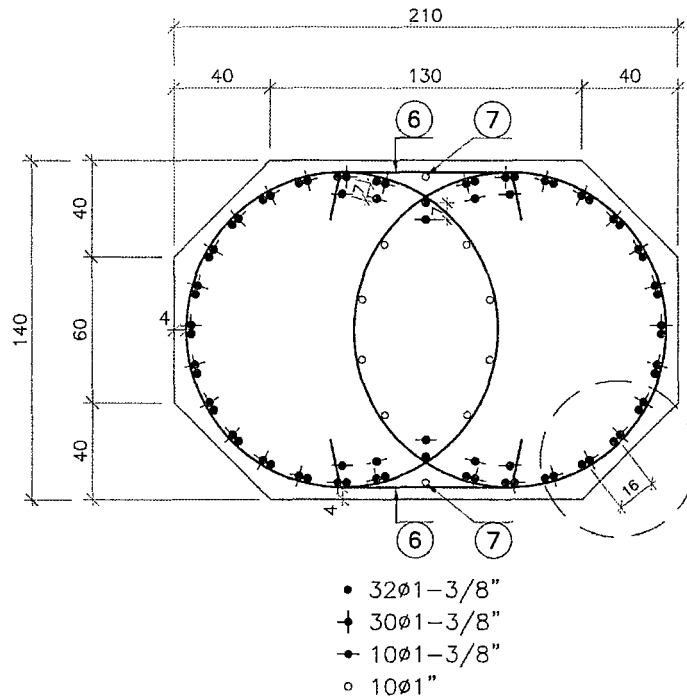


Figura 4.13: Detalle armadura columna

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

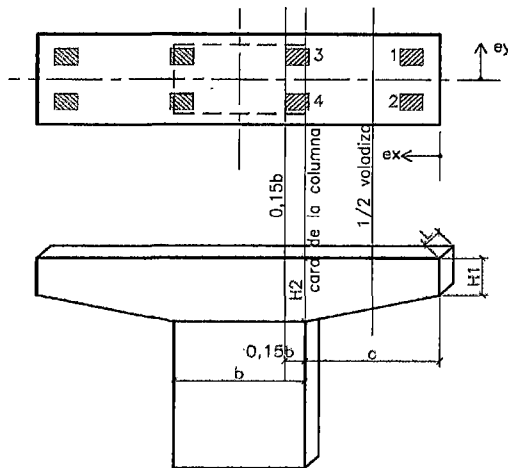
4.3.4 Vigas cabezales

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					
	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

Esfuerzos						
Sección	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

Figura 4.14: Esfuerzos en viga cabezal del eje C1 - Torsión

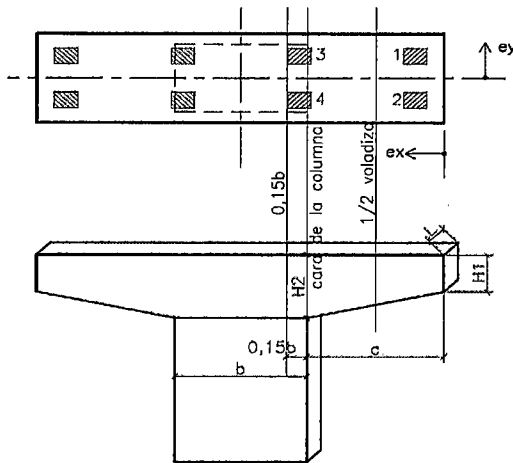
Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

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

Esfuerzos

Sección	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

Figura 4.15: Esfuerzos en viga cabezal eje C2 - Torsión

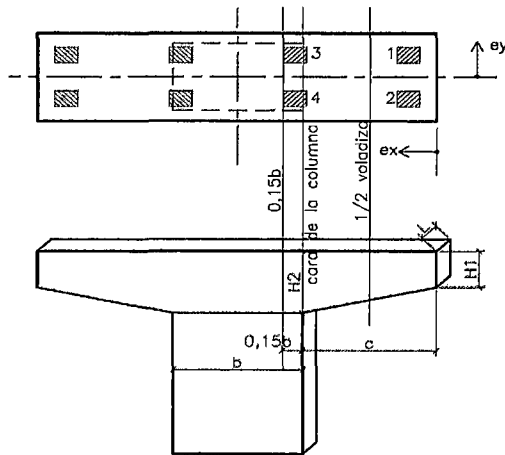
Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

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-máx (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

Figura 4.16: Esfuerzos en viga cabezal en eje C2 - Momento

Fuente: Expediente Técnico Final – AATE

4.3.5 Vigas longitudinales

Los cálculos de las vigas longitudinales se muestran con más detalle en el anexo C (Memoria de cálculo – Vigas V27 y V6 – Tramo E – Módulo 1E).

A continuación se mostrará los resultados obtenidos de los cálculos

En ambos extremos se usarán las Vigas V27 y en el vano central se usará la Viga V6.

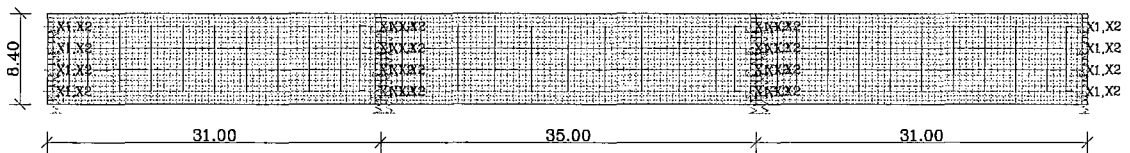


Figura 4.17: Longitud del cruce Javier Prado

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

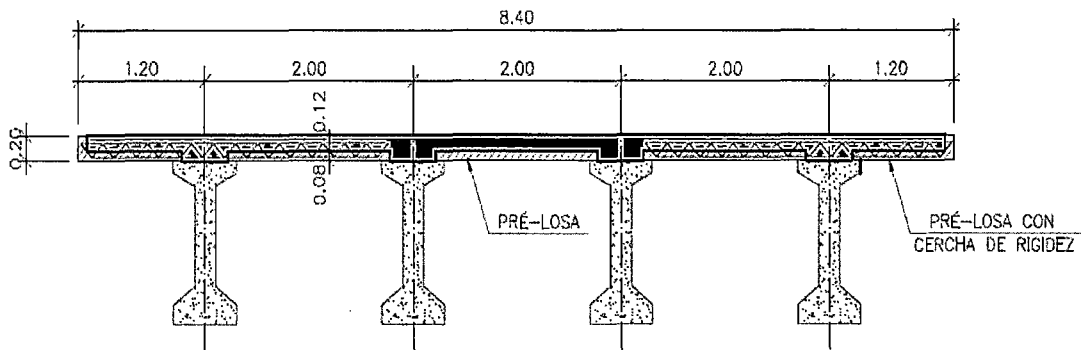


Figura 4.18: Dimensiones del Tablero

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

Viga V27

Viaducto Elevado Peru - Tablero - Módulo 1E - Viga V27 - SECCIONES A a F																
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS																
Sección	VIGA ISOLADA						VIGA COMPUESTA CON LA LOSA									
	A	I	yl	ys	Wl	Ws	A	I	yl	ys	Hlaje	Wl	Ws1	Ws2		
A	1,488	0,422	0,927	0,873	0,455	0,483	1,828	0,685	1,108	0,892	0,200	0,618	0,990	0,788		
A1	1,488	0,422	0,927	0,873	0,455	0,483	1,828	0,685	1,108	0,892	0,200	0,618	0,990	0,788		
A'd	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,228	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685		
BI	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,228	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685		
CI	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,228	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685		
DI	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,228	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685		
E	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,228	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685		
F	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,228	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685		

Sección	PRE-POSTENSADO										ESFUERZOS SOLICITANTES							
	PRETENSADO (1)					POSTENSADO (2)					EST. ISOST.		HIPER-DC1/DC2		EST. HIPER.		(1-e ⁻³)	
	Po	Poo	ep	Mhip(o)	Nhip(o)	Po	Poo	ep	Mhip(o)	Nhip(o)	MDC1	MDC2	MDC1	MDC2	MOW	MLL	φ1	φ2
A	185,9	131,0	0,798	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,700	0,700
A1	431,0	340,2	0,798	30,6	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	38,3	23,4	-8,6	-7,3	36,4	49,7	0,700	0,700
A'd	431,0	340,2	0,762	30,6	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	38,3	23,4	-8,6	-7,3	36,4	49,7	0,700	0,700
BI	431,0	340,2	0,762	86,5	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	76,2	47,8	-19,1	-13,2	89,6	91,0	0,700	0,700
CI	466,9	366,6	0,759	126,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	128,0	81,0	-36,4	-23,4	154,0	141,0	0,700	0,700
DI	502,8	396,9	0,760	186,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	164,0	105,0	-53,8	-34,1	191,0	179,0	0,700	0,700
E	538,7	425,3	0,765	246,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	186,0	119,0	-71,3	-45,0	201,0	190,0	0,700	0,700
F	538,7	425,3	0,765	306,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	194,0	124,0	-88,9	-56,0	185,0	183,0	0,700	0,700

TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - FABRICACIÓN Y MONTAJE (tiempo o)																		
Sección	DC1		DC2		Po (1)		Po (2)		DC1 + Po (1)		DC1 + Po(1) + Po(2)		DC1+ DC2 + Po(1) + Po(2)					
	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	Perda (1)	Perda (2)	σ inf.	σ sup 1	Perda (1)	Perda (2)	σ inf.	σ sup 1
A	0,0	0,0	0,0	0,0	-403	163	0	0	-403	163	0,000	0,000	-403	163	0,143	0,000	-345	139
A1	84,2	-79,3	51,5	-48,5	-1046	423	0	0	-882	343	0,000	0,000	-962	343	0,143	0,000	-761	234
A'd	114,6	-116,9	70,0	-71,5	-1613	371	0	0	-1499	254	0,000	0,000	-1499	254	0,143	0,000	-1198	130
BI	227,9	-232,7	143,0	-146,0	-1813	371	0	0	-1385	138	0,000	0,000	-1385	138	0,143	0,000	-1012	-61
CI	382,8	-390,6	242,3	-247,3	-1743	398	0	0	-1361	7	0,000	0,000	-1361	7	0,143	0,000	-870	-297
DI	490,5	-500,6	314,0	-320,6	-1879	430	0	0	-1389	-71	0,000	0,000	-1389	-71	0,143	0,000	-806	-453
E	556,3	-567,9	355,9	-363,4	-2021	469	0	0	-1465	-99	0,000	0,000	-1465	-99	0,143	0,000	-821	-530
F	580,2	-592,4	370,9	-376,6	-2021	469	0	0	-1441	-124	0,000	0,000	-1441	-124	0,143	0,000	-782	-569

TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (tiempo oo)												TENSIONES EN SERVICIO III (to)						
Sección	DC1			DC2			DW			LL			DC1+DC2+DW+LL + Po(1) + Po(2)					
	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	Perda(1)	Perda(2)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	
A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,143	0,000	-345	139	0
A1	74,5	-73,2	7,8	43,2	-43,3	6,7	58,9	-38,8	-47,4	80,4	-50,2	-64,7	0,143	0,000	-838	158	-59	
A'd	100,6	-110,4	8,8	58,2	-65,9	7,5	84,2	-39,4	-53,1	115,0	-53,8	-72,5	0,143	0,000	-1022	47	-111	
BI	197,0	-216,2	19,5	121,6	-136,0	13,5	207,3	-97,0	-130,8	210,5	-98,5	-132,8	0,143	0,000	-638	-236	-237	
CI	323,9	-363,3	37,2	204,4	-229,6	23,9	350,2	-166,7	-224,8	326,2	-152,6	-205,8	0,143	0,000	-252	-588	-389	
DI	403,4	-460,0	55,0	258,8	-294,8	34,8	441,8	-206,7	-278,8	414,1	-193,7	-261,2	0,143	0,000	-33	-815	-488	
E	440,9	-513,9	72,8	283,1	-329,3	46,0	465,0	-217,5	-293,4	439,5	-205,6	-277,3	0,143	0,000	-4	-912	-515	
F	436,3	-525,0	90,8	280,2	-336,2	57,2	428,0	-200,2	-270,0	423,3	-198,0	-267,1	0,143	0,000	-15	-928	-484	

Tabla N° 4.4: Características de la Viga V27 (Secciones A - F)

Fuente: Expediente técnico Final - AATE

Viaducto Elevado Peru - Tablero - Módulo 1E - Viga V27 - SECCIONES F a K															
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS															
Sección	VIGA ISOLADA						VIGA COMPUESTA CON LA LOSA								
	A	l	yl	ys	Wi	Ws	A	l	yl	ys	Hlaje	Wi	Ws1	Ws2	
K	1,488	0,422	0,927	0,873	0,455	0,483	1,828	0,685	1,108	0,892	0,200	0,818	0,990	0,768	
K'd	1,488	0,422	0,927	0,873	0,455	0,483	1,828	0,685	1,108	0,892	0,200	0,818	0,990	0,768	
K'l	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,824	0,685	
Jd	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,824	0,685	
ld	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,824	0,685	
Hd	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,824	0,685	
G	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,824	0,685	
F	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,824	0,685	

Sección	PRE-POSTENSADO										ESFUERZOS SOLICITANTES							
	PRETENSADO (1)					POSTENSADO (2)					EST. ISOST.		HIPER-DC1/DC2		EST. HIPER.		(1-e ^b)	
	Po	Poo	ep	Mhip(o)	Nhip(o)	Po	Poo	ep	Mhip(o)	Nhip(o)	MDC1	MDC2	MDC1	MDC2	Mdw	M _L	ϕ1	ϕ2
K	185,9	131,0	0,798	610,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	-180,0	-117,0	-326,0	-169,0	0,700	0,700
K'd	431,0	340,2	0,798	580,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	38,3	23,4	-171,0	-110,0	-242,0	-128,0	0,700	0,700
K'l	431,0	340,2	0,762	580,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	38,3	23,4	-171,0	-110,0	-242,0	-128,0	0,700	0,700
Jd	431,0	340,2	0,762	545,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	76,2	47,8	-160,0	-103,0	-151,0	-93,8	0,700	0,700
ld	466,9	368,6	0,756	485,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	128,0	81,0	-142,0	-90,2	-24,2	38,1	0,700	0,700
Hd	502,8	396,9	0,760	425,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	164,0	105,0	-124,0	-78,5	73,1	104,0	0,700	0,700
G	538,7	425,3	0,765	366,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	188,0	119,0	-107,0	-67,2	142,0	152,0	0,700	0,700
F	538,7	425,3	0,765	306,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	194,0	124,0	-88,9	-58,0	185,0	183,0	0,700	0,700

Sección	TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - FABRICACIÓN Y MONTAJE (tiempo α)										TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE III - tiempo α)															
	DC ₁		DC ₂		Po (1)		Po (2)		DC ₁ + Po (1)		DC ₁ + Po (1) + Po (2)		DC1+DC2+DW+LL + Po(1) + Po(2)		Perda (1)		Perda (2)		σ inf.		σ sup 1		σ sup 2			
	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1
K	0,0	0,0	0,0	0,0	-403	163	0	0	-403	163	0,000	0,000	-403	163	0,143	0,000	-345	139								
K'd	84,2	-79,3	51,5	-48,5	-1046	423	0	0	-962	343	0,000	0,000	-962	343	0,143	0,000	-761	234								
K'l	114,6	-116,9	70,0	-71,5	-1613	371	0	0	-1499	254	0,000	0,000	-1499	254	0,143	0,000	-1198	130								
Jd	227,9	-232,7	143,0	-146,0	-1613	371	0	0	-1385	138	0,000	0,000	-1385	138	0,143	0,000	-1012	-61								
ld	382,8	-390,8	242,3	-247,3	-1743	398	0	0	-1361	7	0,000	0,000	-1361	7	0,143	0,000	-870	-297								
Hd	490,5	-500,8	314,0	-320,6	-1879	430	0	0	-1369	-71	0,000	0,000	-1369	-71	0,143	0,000	-806	-453								
G	556,3	-567,9	355,9	-363,4	-2021	469	0	0	-1465	-99	0,000	0,000	-1465	-99	0,143	0,000	-821	-530								
F	580,2	-592,4	370,9	-378,6	-2021	469	0	0	-1441	-124	0,000	0,000	-1441	-124	0,143	0,000	-782	-569								

Sección	TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE III - tiempo α)										TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE I - tiempo α)									
	DC1		DC2		DW		LL		DC1+DC2+DW+LL + Po(1) + Po(2)		Perda (1)		Perda (2)		σ inf.		σ sup 1		σ sup 2	
	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 2
K	-203,9	127,3	164,1	-132,5	82,8	108,7	-527,6	329,5	424,7	-273,5	170,8	220,2	0,143	0,000	-1092	606	601			
K'd	-109,5	41,7	155,9	-73,2	29,4	100,3	-391,8	244,6	315,3	-203,9	127,3	164,1	0,143	0,000	-1316	581	447			
K'l	-162,3	12,6	167,7	-103,1	11,9	112,4	-559,8	261,9	353,2	-291,5	136,4	183,9	0,143	0,000	-1991	501	500			
Jd	-31,2	-111,5	174,5	-23,8	-67,9	105,2	-349,3	163,4	220,4	-217,0	101,5	136,9	0,143	0,000	-1535	184	330			
ld	152,9	-283,3	145,1	98,2	-179,0	92,2	-56,0	26,2	35,3	88,1	-41,2	-55,6	0,143	0,000	-855	-304	-9			
Hd	289,7	-406,8	126,7	186,9	-281,1	80,2	169,1	-79,1	-106,7	240,6	-112,5	-151,8	0,143	0,000	-445	-622	-228			
G	393,1	-486,9	109,3	247,1	-312,5	68,7	328,5	-153,7	207,2	351,6	-164,5	-221,8	0,143	0,000	-211	-815	-385			
F	436,3	-525,0	90,8	280,2	-336,2	57,2	428,0	-200,2	-270,0	423,3	-198,0	-267,1	0,143	0,000	-15	-928	-484			

Sección	TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE III - tiempo α)										TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE I - tiempo α)									
	Poo (1)		Poo (2)		Hip pret (1)		Hip pret (2)		DC+0,80LL+Hip+Poo		Perda (1)		Perda (2)		σ inf.		σ sup 1		σ sup 2	
	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 2
A	0,211	-321	134	-8	0,000	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-321,2	134,5	-8,2			
A'l	0,211	-834	349	-21	0,000	0	0	0	27,4	-17,1	-22,0	0,0	0,0	0,0	-550,0	128,7	-128,0			
A'd	0,211	-1280	312	-18	0,000	0	0	0	39,1	-18,3	-24,7	0,0	0,0	0,0	-883,2	24,0	-152,3			
Bl	0,211	-1280	312	-18	0,000	0	0	0	85,0	-39,8	-53,6	0,0	0,0	0,0	-501,0	-257,8	-275,9			
Cl	0,211	-1384	334	-20	0,000	0	0	0	161,1	-75,4	-101,6	0,0	0,0	0,0	-77,1	-622,7	-449,5			
Di	0,211	-1491	361	-21	0,000	0	0	0	237,8	-111,2	-150,0	0,0	0,0	0,0	181,9	-866,5	-569,1			
E	0,211	-1604	394	-23	0,000	0	0	0	314,5	-147,1	-198,4	0,0	0,0	0,0	250,7	-978,4	-617,7			
F	0,211	-1604	394	-23	0,000	0	0	0	391,2	-183,0	-246,8	0,0	0,0	0,0	270,0	-1009,0	-605,4			

Sección	TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE I - tiempo α)										TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE I - tiempo α)									
	Poo (1)		Poo (2)		Hip pret (1)		Hip pret (2)		DC+1,0LL+Hip+Poo		Perda (1)		Perda (2)		σ inf.		σ sup 1		σ sup 2	
	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 2
A	0,211	-321	134	-8	0,000	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-321,2	134,5	-8,2			
A'l	0,211	-834	349	-21	0,000	0	0	0	27,4	-17,1	-22,0	0,0	0,0	0,0	-550,0	128,7	-128,0			
A'd	0,211	-1280	312	-18	0,000	0	0	0	39,1	-18,3	-24,7	0,0	0,0	0,0	-883,2	24,0	-152,3			
Bl	0,211	-1280	312	-18	0,000	0	0	0	85,0	-39,8	-53,6	0,0	0,0	0,0	-458,9	-277,5	-302,4			
Cl	0,211	-1384	334	-20	0,000	0	0	0	161,1	-75,4	-101,6	0,0	0,0	0,0	-11,8	-653,2	-490,7			
Di	0,211	-1491	361	-21	0,000	0	0	0	237,8	-111,2	-150,0	0,0	0,0	0,0	264,7	-905,2	-621,4			
E	0,211	-1604	394	-23	0,000	0	0	0	314,5	-147,1	-198,4	0,0	0,0	0,0	338,6	-1019,6	-673,2			
F	0,211	-1604	394	-23	0,000	0	0	0	391,2	-183,0	-246,8	0,0	0,0	0,0	354,7	-1048,6	-658,8			

Tabla N° 4.5: Características de la Viga V27 (Secciones F - K)

Fuente: Expediente técnico Final - AATE

TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE III - tiempo oo)																	
Sección	Poo (1)				Poo (2)				Hip pret (1)			Hip pret (2)			DC+0,80LL+Hip+Poo		
	Perda (1)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	Perda (2)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2
K	0,211	-321	134	-8	0,000	0	0	0	545,5	-340,7	-439,2	0,0	0,0	0,0	-858,5	470,0	424,3
K'd	0,211	-834	349	-21	0,000	0	0	0	518,7	-323,9	-417,6	0,0	0,0	0,0	-1053,1	442,8	264,0
K'i	0,211	-1280	312	-18	0,000	0	0	0	741,5	-346,9	-467,8	0,0	0,0	0,0	-1602,3	360,4	301,4
Jd	0,211	-1280	312	-18	0,000	0	0	0	696,7	-326,0	-439,6	0,0	0,0	0,0	-1161,4	51,1	140,8
Id	0,211	-1384	334	-20	0,000	0	0	0	620,0	-290,1	-391,2	0,0	0,0	0,0	-499,9	-424,9	-182,7
Hd	0,211	-1491	361	-21	0,000	0	0	0	543,3	-254,2	-342,8	0,0	0,0	0,0	-109,7	-730,1	-385,2
G	0,211	-1604	394	-23	0,000	0	0	0	467,9	-218,9	-295,2	0,0	0,0	0,0	103,6	-909,6	-524,9
F	0,211	-1604	394	-23	0,000	0	0	0	391,2	-183,0	-246,8	0,0	0,0	0,0	270,0	-1009,0	-605,4

TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE I - tiempo oo)																	
Sección	Poo (1)				Poo (2)				Hip pret (1)			Hip pret (2)			DC+1,0LL+Hip+Poo		
	Perda (1)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	Perda (2)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2
K	0,211	-321	134	-8	0,000	0	0	0	545,5	-340,7	-439,2	0,0	0,0	0,0	-913,2	504,1	468,3
K'd	0,211	-834	349	-21	0,000	0	0	0	518,7	-323,9	-417,6	0,0	0,0	0,0	-1093,9	468,3	296,8
K'i	0,211	-1280	312	-18	0,000	0	0	0	741,5	-346,9	-467,8	0,0	0,0	0,0	-1660,6	387,7	338,1
Jd	0,211	-1280	312	-18	0,000	0	0	0	696,7	-326,0	-439,6	0,0	0,0	0,0	-1204,8	71,4	168,2
Id	0,211	-1384	334	-20	0,000	0	0	0	620,0	-290,1	-391,2	0,0	0,0	0,0	-482,3	-433,1	-193,9
Hd	0,211	-1491	361	-21	0,000	0	0	0	543,3	-254,2	-342,8	0,0	0,0	0,0	-61,6	-752,6	-415,5
G	0,211	-1604	394	-23	0,000	0	0	0	467,9	-218,9	-295,2	0,0	0,0	0,0	173,9	-942,5	-569,3
F	0,211	-1604	394	-23	0,000	0	0	0	391,2	-183,0	-246,8	0,0	0,0	0,0	354,7	-1048,6	-658,8

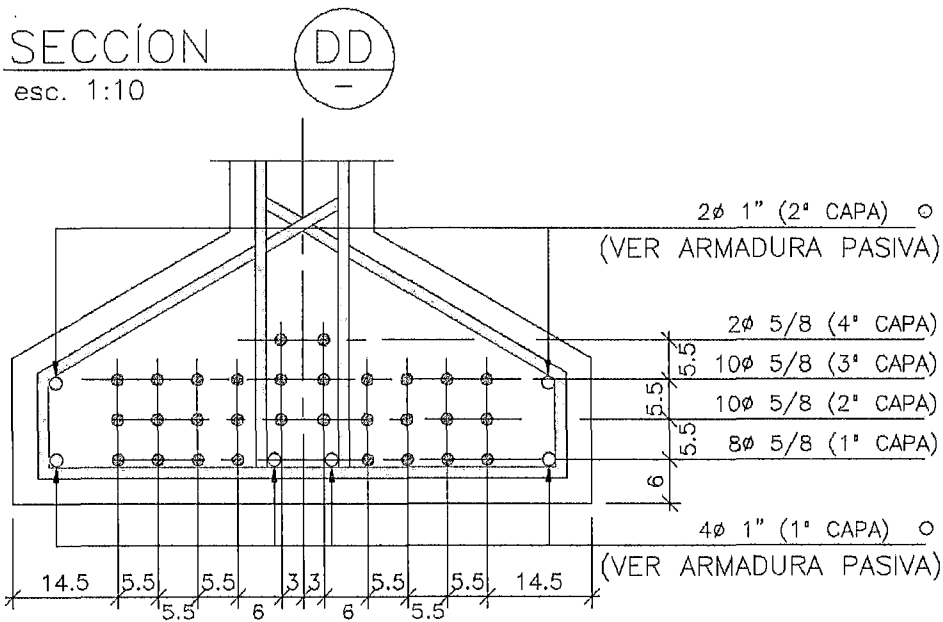


Figura 4.19: Seccion DD - armadura Viga V27

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

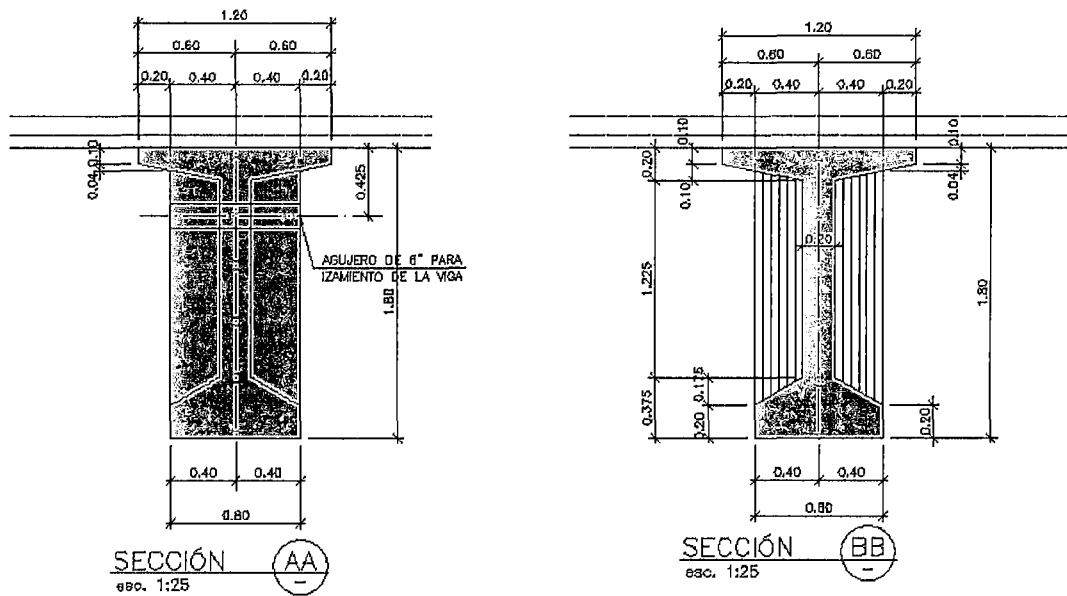


Figura 4.20: Secciones de las dimensiones geométricas de la Viga V27

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

Vigas V6

Viaducto Elevado Peru - Tablero - Módulo 1E - Viga V6 - SECCIONES A a F														
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS														
Sección	VIGA ISOLADA						VIGA COMPUESTA CON LA LOSA							
	A	I	yl	ys	Wl	Ws	A	I	yl	ys	Hlajo	Wl	Ws1	Ws2
A	1,488	0,422	0,927	0,873	0,455	0,483	1,828	0,685	1,108	0,892	0,200	0,618	0,990	0,768
A'	1,488	0,422	0,927	0,873	0,455	0,483	1,828	0,685	1,108	0,892	0,200	0,618	0,990	0,768
A'd	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685
Bi	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685
Cl	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685
Di	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685
E	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685
F	0,683	0,298	0,891	0,909	0,334	0,327	1,023	0,530	1,226	0,774	0,200	0,432	0,924	0,685

Sección	PRE-POSTENSADO										ESFORÇOS SOLICITANTES							
	PRETENSADO (1)					POSTENSADO (2)					EST. ISOST.		HIPER _{DC1DC2}		EST. HIPER.		(1-e ⁻³)	
	Po	Poo	ep	Mhip(o)	Nhip(o)	Po	Poo	ep	Mhip(o)	Nhip(o)	MDC1	MDC2	MDC1	MDC2	M _{SW}	M _{LL}	β1	β2
A	191,3	149,0	0,777	578,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	-172,0	-109,0	-317,0	-193,0	0,700	0,700
A'	497,0	387,0	0,777	578,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	43,4	26,7	-172,0	-109,0	-239,0	-137,0	0,700	0,700
A'd	532,5	414,7	0,739	578,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	43,4	26,7	-172,0	-109,0	-239,0	-137,0	0,700	0,700
Bi	532,5	414,7	0,739	578,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	88,4	54,4	-172,0	-109,0	-158,0	-94,1	0,700	0,700
Cl	588,0	442,3	0,742	578,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	157,0	100,0	-172,0	-109,0	-23,4	42,5	0,700	0,700
Di	603,5	470,0	0,744	578,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	208,0	133,0	-172,0	-109,0	68,7	112,0	0,700	0,700
E	639,0	497,6	0,748	578,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	238,0	152,0	-172,0	-109,0	123,0	159,0	0,700	0,700
F	639,0	497,6	0,748	578,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	248,0	159,0	-172,0	-109,0	140,0	173,0	0,700	0,700

TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - FABRICACIÓN Y MONTAJE (tiempo o)																		
Sección	DC ₁		DC ₂		Po (1)		Po (2)		DC ₁ + Po (1)		DC ₁ + Po(1) + Po(2)		DC ₁ + DC ₂ + Po(1) + Po(2)					
	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	σ inf.	σ sup 1	Perda (1)	Perda (2)	σ inf.	σ sup 1	Perda (1)	Perda (2)	σ inf.	σ sup 1
A	0,0	0,0	0,0	0,0	-458	179	0	0	-458	179	0,000	0,000	-458	179	0,152	0,000	-387	152
A'	95,4	-89,9	58,7	-55,3	-1183	466	0	0	-1088	376	0,000	0,000	-1088	376	0,152	0,000	-850	250
A'd	129,8	-132,5	79,9	-81,5	-1957	421	0	0	-1827	288	0,000	0,000	-1827	288	0,152	0,000	-1451	143
Bi	258,4	-263,8	162,7	-166,1	-1957	421	0	0	-1898	157	0,000	0,000	-1898	157	0,152	0,000	-1239	-73
Cl	469,6	-479,4	299,1	-305,3	-2092	454	0	0	-1923	-25	0,000	0,000	-1923	-25	0,152	0,000	-1007	-399
Di	622,1	-635,1	397,8	-406,1	-2227	486	0	0	-1804	-149	0,000	0,000	-1804	-149	0,152	0,000	-869	-629
E	711,8	-728,7	454,6	-464,1	-2385	523	0	0	-1653	-204	0,000	0,000	-1653	-204	0,152	0,000	-840	-747
F	741,8	-757,3	475,6	-485,5	-2365	523	0	0	-1623	-235	0,000	0,000	-1623	-235	0,152	0,000	-790	-799

TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (tiempo oo)												TENSIONES EN SERVICIO III (to)						
Sección	DC1			DC2			DW			LL			DC1+DC2+DW+0,8LL + Po(1) + Po(2)					
	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	Perda(1)	Perda(2)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	
A	-194,9	121,7	156,9	-123,5	77,1	99,4	-313,0	320,4	413,0	-312,3	195,0	251,4	0,152	0,000	-1149	620	614	
A'	-99,4	31,8	156,8	-84,8	21,8	99,4	-386,8	241,5	311,3	-221,7	138,5	178,5	0,152	0,000	-1414	602	454	
A'd	-148,7	-2,2	175,7	-96,6	1,0	111,4	-552,9	258,6	348,8	-316,9	148,3	199,9	0,152	0,000	-2257	520	509	
Bi	-20,1	-133,5	175,7	-13,8	-83,5	111,4	-380,9	168,8	227,7	-217,7	101,8	137,3	0,152	0,000	-1774	177	338	
Cl	191,1	-349,1	175,7	122,6	-222,8	111,4	-54,1	25,3	34,2	98,3	-46,0	-62,0	0,152	0,000	-982	-411	-15	
Di	343,6	-504,8	175,7	221,3	-323,5	111,4	158,9	-74,3	-100,3	259,1	-121,2	-163,5	0,152	0,000	-503	-800	-231	
E	433,3	-596,4	175,7	278,1	-381,6	111,4	284,5	-133,1	-179,5	367,6	-172,1	-232,1	0,152	0,000	-262	-1018	-365	
F	463,2	-627,0	175,7	269,1	-402,9	111,4	323,9	-151,5	-204,3	400,2	-187,2	-252,5	0,152	0,000	-145	-1101	-406	

Tabla N° 4.6: Características de la Viga V6 (Secciones A - F)

Fuente: Expediente técnico Final - AATE

TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE III - tiempo oo)																	
Sección	Poo (1)				Poo (2)				Hip pret (1)			Hip pret (2)			DC+0,80LL+Hip+Poo		
	Perda (1)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	Perda (2)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2
A	0,221	-359	146	-9	0,000	0	0	0	509,9	-318,4	-410,5	0,0	0,0	0,0	-929,8	503,2	450,5
A'i	0,221	-931	380	-24	0,000	0	0	0	509,9	-318,4	-410,5	0,0	0,0	0,0	-1149,7	488,0	275,6
A'd	0,221	-1532	350	-22	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	-1854,5	385,3	314,1
Bi	0,221	-1532	350	-22	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	-1371,6	42,5	142,8
Ci	0,221	-1638	378	-24	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	-570,7	-546,5	-211,8
Di	0,221	-1743	405	-25	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	-83,0	-936,2	-429,0
E	0,221	-1852	435	-27	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	167,5	-1155,0	-564,8
F	0,221	-1852	435	-27	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	283,6	-1237,4	-606,0

TENSIONES EN LAS BORDAS DE LA SECCIÓN - EN SERVICIO (SERVICE I - tiempo oo)																	
Sección	Poo (1)				Poo (2)				Hip pret (1)			Hip pret (2)			DC+1,0LL+Hip+Poo		
	Perda (1)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	Perda (2)	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2	σ inf.	σ sup 1	σ sup 2
A	0,221	-359	146	-9	0,000	0	0	0	509,9	-318,4	-410,5	0,0	0,0	0,0	-992,3	542,2	500,8
A'i	0,221	-931	380	-24	0,000	0	0	0	509,9	-318,4	-410,5	0,0	0,0	0,0	-1194,0	495,7	311,3
A'd	0,221	-1532	350	-22	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	-1917,9	415,0	354,1
Bi	0,221	-1532	350	-22	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	-1415,2	62,8	170,3
Ci	0,221	-1638	378	-24	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	-551,1	-555,7	-224,2
Di	0,221	-1743	405	-25	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	-31,2	-960,4	-461,7
E	0,221	-1852	435	-27	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	241,1	-1189,4	-611,2
F	0,221	-1852	435	-27	0,000	0	0	0	728,9	-341,0	-459,9	0,0	0,0	0,0	363,6	-1274,9	-656,5

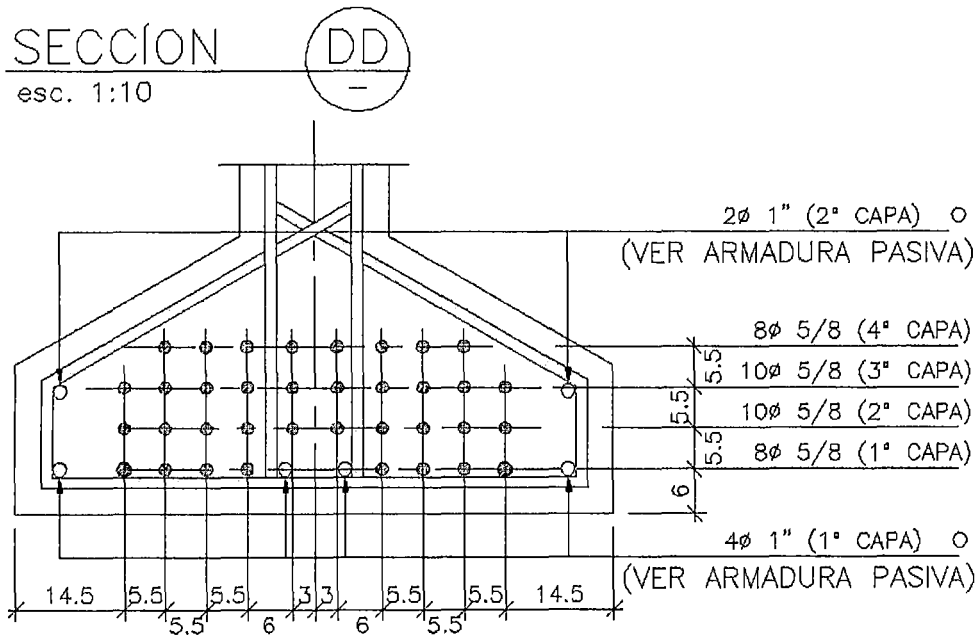


Figura 4.21: Seccion DD - armadura Viga V6

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

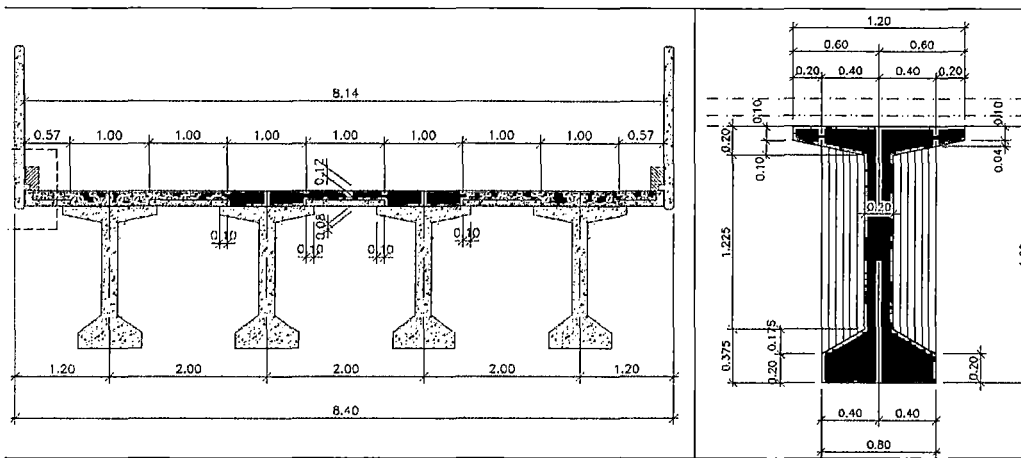
4.3.6 Tablero del viaducto

Para los tableros fueron adoptados los modelos:

Programación Tramo E			Tipo	Vano	Ancho	Vigas	
Módulo	Ejes	Tablero		(m)	(m)	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

Tabla N° 4.7: Características del tablero de acuerdo a los ejes

Fuente: Expediente técnico Final - AATE



Sección transversal de los módulos 1E y 2E

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 ²	
Y inf.	0,927	1,108	m	
Y sup.	0,873	0,892	m	
Inércia	0,422	0,685	m ⁴	
W inf.	0,455	0,618	m ³	
W sup1.	0,483	0,990	m ³	
W sup2.	0,000	0,768	m ³	
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 ²	
Y inf.	0,891	1,226	m	
Y sup.	0,909	0,774	m	
Inércia	0,299	0,531	m ⁴	
W inf.	0,335	0,433	m ³	
W sup1.	0,328	0,926	m ³	
W sup2.	0,000	0,686	m ³	

Características geométricas de las vigas

Figura 4.22: Sección Transversal y Características de Viga de borde

Fuente: Expediente Técnico Final - AATE

Tabla Resumen 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 "n1"

Dimensionamiento de las Losas:

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	nº 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	0,008	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	1,65	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

$$Z = Mu/\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2$$

$$As = Mu/\phi \cdot fy \cdot Ju \cdot d$$

$$Kc = c/d$$

$$Ka = a/d$$

Tabla Nº 4.8: Dimensionamiento a Flexión Compuesta

Fuente: Expediente técnico Final - AATE

VERIFICACIÓN DE LA FATIGA - AASHTO															
DESCRIPCIÓN	Mu (tf.m)	Mmáx (tf.m)	Mmín (tf.m)	Asroc. (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)	ff 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

$$M_{max} = 1.0 \cdot \text{Cargas Muertas} + 0.75 \cdot \text{Cargas Vivas} \quad f_t = 166 - 0.33f_{cmin} \quad \Delta f_s = f_{smax} - f_{smin}$$

$$M_{min} = 1.0 \cdot \text{Cargas Muertas} \quad \Delta f_s < f_t$$

Tabla Nº 4.9: Verificación de la fatiga

Fuente: Expediente técnico Final - AATE

VERIFICACIÓN DE LA FISURACIÓN (Control of Cracking) - AASHTO 2007 - Article 5.7.3.4												
DESCRIPCIÓN	M _{máx} (tf.m)	h (m)	d _c (m)	β _s	Asprop. (cm ²)	bw (m)	d (m)	X (m)	J (m ³)	f _c máx (tf/m ²)	f _s máx (tf/m ²)	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*Cargas Muertas+1.0*Cargas Vivas	$s < ((123000 * \gamma_c) / (b_s * f_s)) - 2*d_c$	$\beta_s = 1 + (d_c / (0,7 * (h - d_c)))$
	$\gamma_c = \text{exposure condition (1,0 Class1 or 0,75 Class2)}$	$\gamma_c = 0,75$

Tabla N° 4.10: Verificación de la fisuración

Fuente: Expediente técnico Final - AATE

Shear + Torsión Resistance (AASHTO)

SECCION	V _u	T _u	N _u	M _u	V _{p∞}	V _{u (+ torsion)}	V _{u lim}
A	9,1	0,0	0,0	3,3	0,0	9,1	121,3

SECCION	θ (deg)	β	φ	A _{ch} (cm ²)	P _h (cm)	b _v (cm)	A _{ct} (cm ²)
A	35,9	2,170	0,90	1104	208,0	100,0	1000

SECCION	v	v / f' _c	ε _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 Vu < Vn, no es necesario esfuerzo por corte

Dimensionamiento de Prelosas

Fueron consideradas las siguientes cargas para el dimensionamiento de las prelosas:

- 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 2do. 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.

DIMENSIONAMIENTO A LA FLEXIÓN COMPUESTA															
DESCRIPCIÓN	Mu (tf.m)	Nu (tf)	b (m)	h (m)	d (m)	Φ	beta1	f'c (tf/m ²)	fy (tf/m ²)	ka=a/d	Asnec (cm ²)	\emptyset mm	nº barras	cm ²	As adot cm ²
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

CAPÍTULO V

MÉTODO CONSTRUCTIVO

5.1.0 TÉCNICA CONSTRUCTIVA APLICADA

5.1.1 Actividades de topografía

La topografía está involucrada desde antes del proceso de excavación, para ubicar correctamente los puntos y trazos en el terreno natural para de esta manera poder dar inicio a la excavación de la zapata; una vez terminado la excavación, la topografía verifica que este haya llegado a la cota de fondo conforme esta en los planos así como verificar también las dimensiones de largo y ancho de la zapata.

Cabe mencionar que en la excavación de las estructuras C459 y C461 se procedió con la instalación de 21 micropilotes para cada estructura donde la topografía ubicó los puntos y los ejes en la posición conforme a los planos.

Posteriormente la topografía marca los puntos del nivel de vaciado del solado (Se entiende que antes del vaciado, el suelo de fundación paso los ensayos DPL por parte de Geotecnia), luego del vaciado se vuelve a verificar el nivel de cota.

Una vez realizado eso, en el solado ya endurecido se trazan las dimensiones de largo y ancho de la zapata y ejes de la columna y así dar inicio a la colocación de armadura de la zapata en la zona de excavación, con excepción de las estructuras C459 y C461 cuya armadura de zapatas fueron realizadas fuera de la zona de excavación por motivo de seguridad debido a la alta profundidad.

En la colocación del armado de la estructura, la topografía indica la armadura de la columna en su posición correcta para lo cual trazan cordeles y además se marcan las cotas de vaciado de la zapata. Posteriormente al vaciado, la topografía verifica que el eje de la columna no se haya desplazado de su posición durante el vaciado de la zapata.

Con respecto a la columna la topografía verifica la verticalidad del encofrado, recubrimiento y nivel de cota de vaciado. Luego del vaciado de esta estructura la

topografía procede a ubicar en su posición correcta (orientación y pendiente) el encofrado de nivel de fondo de la viga cabezal y así dar inicio a la colocación de armadura de la estructura antes mencionada. Una vez concluido con la armadura se procede a colocar el encofrado en las caras laterales donde la topografía verifica la verticalidad del encofrado, alineamiento y nivel de vaciado. Terminado con el vaciado de concreto de la viga cabezal, se procede a marcar los niveles de vaciado de grout para poder colocar el neopreno que sirve de apoyo a las vigas prefabricadas, estas últimas son fabricadas en la planta de prefabricados donde la topografía controla la verticalidad del encofrado, dimensiones y contraflechas.

Se procede con el montaje de las vigas prefabricadas, colocación de las prelosas donde la cuadrilla de topografía marca las referencias que luego son trazadas con tiralíneas, estas referencias consisten de una línea continua en el sentido longitudinal y una marca sobre cada viga "I" en el sentido transversal del lado donde se ubica la plataforma de trabajo.

Con la colocación de las prelosas y el armado, la topografía verifica que la losa tenga el ancho correspondiente a los planos, marca el nivel de vaciado respetando el recubrimiento del acero y la pendiente de la losa. Terminado con el vaciado de losa se procede con el montaje de los bordes típicos donde el equipo de topografía hace un replanteo topográfico marcando las cotas de los niveles de colocación así como la ubicación en el sentido longitudinal de cada borde típico, cabe mencionar que estos bordes quedan colocados parcialmente mediante un puntal debido a que serán anclados con el acero de la canaleta lateral.

Después del vaciado de la losa y de la colocación parcial de los bordes típicos, se procede con la colocación de las canaletas laterales y centrales; con respecto a las primeras la topografía verifica verticalidad, dimensiones y con respecto al borde típico que será anclado conjuntamente con la canaleta lateral, se verifica que el borde este completamente vertical procediendo a marcar el nivel de vaciado de la canaleta lateral. Con respecto a la canaleta central la topografía marca el eje de la losa en donde se coloca la estructura antes mencionada.

5.1.2 Actividades de geotecnia

5.1.2.1 Ensayos DPL

Durante las excavaciones de las zapatas se establece los criterios de inspección del suelo de fundación de zapatas, el cual se utiliza la Prueba de Penetración Dinámica Ligera (DPL) el cual consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm. de una punta cónica de 60° utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración, existiendo correlaciones para encontrar el valor "N" de resistencia a la penetración estándar en función del tipo de suelo, para cada 30 cm de hincado.

Para la inspección del suelo de fundación se tomó en cuenta los siguientes pasos:

- a) Se verificó la cota de fondo del terreno.
- b) Se inspeccionó visualmente el tipo de material encontrado a nivel de fundación, éste corresponde a lo indicado en el estudio geotécnico y en los planos del proyecto (Gravas mal gradadas –GP)
- c) Se ejecutaron un mínimo de cinco pruebas de DPL por zapata ubicando cuatro en las esquinas y uno en el centro con la finalidad de hallar el estrato resistente, el mismo que será determinado si el número de golpes en ese suelo sea mayor o igual a 30 en tres lecturas consecutivas (se entiende por lectura al registro de golpes por cada 10 cm de penetración durante el ensayo). En caso de persistir las dudas sobre el suelo de fundación, se deberá investigar con calicatas sobre el fondo de la excavación, la profundidad de la calicata será determinado en campo.
- d) Como los resultados de la inspección visual y pruebas de DPL fueron satisfactorios, inmediatamente se procedió a colocar el solado

5.1.2.2 ENSAYOS DE MICROPILOTES

Las zapatas de las estructuras C459 Y C461 utilizan micropilotes los cuales soportan principalmente cargas de tracción, como solamente existen datos empíricos se procedió a realizar los siguientes ensayos.

A) ENSAYO DE TRACCION Y COMPRESIÓN:

Para ambos ensayos los micropilotes son del tipo autoperforante Ischebeck TITAN 73/53. El objetivo de estos dos ensayos es el de determinar si los micropilotes propuestos inicialmente están en condiciones de soportar las cargas máximas a las que estará sometida la estructura en su vida útil.

Para simular la misma situación en la que trabajarán los micropilotes a tracción y compresión se ensayaron los mismos a aprox. 10m y 20 m respectivamente del cimiento definitivo. La profundidad para ambos ensayos 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.

Las características técnicas del micropilote Titan 73/53 tanto del ensayo a tracción como compresión con respecto a los parámetro geotécnicos de la zona, su construcción del ensayo, ejecución del ensayo, están detallados en el Informe de Ensayos de Tracción y Compresión de Micropilotes Titan 73/53 (Anexo D) ; en donde también se da como conclusión que los micropilotes serán capaces de resistir las cargas máximas de tracción y compresión a las que serán sometidos, tanto en el estado de servicio, como en la situación extrema de un sismo.

B) ENSAYO DE ARRANCAMIENTO

Para determinar la fricción real suelo-micropilote, se realizó una prueba especial de arrancamiento sobre un micropilote del tipo TITAN 40/16. 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.

La profundidad del ensayo se realizó a -3.00m, el cimiento estará realmente fundado a -6.00m y es de esperar por tanto, que el comportamiento real de los micropilotes será aún mejor que el del ensayo.

Las características técnicas del micropilote Titan 40/16 respecto a este ensayo con respecto a los parámetros geotécnicos de la zona, su construcción del ensayo, ejecución del ensayo, están detallados en el Informe de Ensayo de Arrancamiento Micropilotes Titan 40/16 (Anexo D); en donde también se da como conclusión que 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 kN/m^2 , habiéndose obtenido un valor de fricción mucho mayor igual a 455 kN/m^2

5.1.3 Excavación para zapatas

Las excavaciones se ciñen a los alineamientos, pendientes y cotas indicados en los planos y se realizan en forma descendente utilizando una excavadora, para las zapatas C-458 y C-462 se colocan los puntos y trazos hasta una altura de excavación promedio de 4 m (diferencia entre la cota de terreno natural con la cota del nivel de fondo de cimentación) con sección rectangular de dimensiones 6.50m x 9.00m y para las zapatas C-459 y C-461 la altura de excavación en promedio fue mayor a las dos zapatas anteriormente mencionadas (6.70m) con sección rectangular de dimensiones 7.5m x 9m.

Debido a que la excavación de la zapata C459 se encuentra en una avenida se tuvo que cerrar el carril superior de la Av. Javier Prado (cruce con Av. Aviación, sentido de oeste a este) para lo cual se hizo un plan de desvío vehicular el cual se encuentra en el anexo D.

Los taludes son casi verticales debido a que el suelo es grava típica de Lima, el suelo de cimentación de las zapatas del viaducto de Lima es la grava típica de Lima estable para excavaciones, y se consideró un talud de excavación horizontal: vertical 1:2.

Debido al pase de vehículos próximos a la excavación se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones de seguridad adicionales:

La norma de edificaciones G-050 "Seguridad durante la construcción" establece:

- Si una excavación estuviera expuesta a vibraciones o compresión causadas por vehículos, equipos o de otro origen, las barreras de protección deberán instalarse a no menos de tres metros del borde de la excavación.
- Si la excavación tuviera más de tres metros de profundidad, esa distancia desde el borde se aumentará en un metro por cada dos metros de profundidad adicional.

Después de haber terminado de excavar se procede al perfilado de los taludes y a la estabilización de la misma para lo cual se utiliza una mezcla de lechada (mezcla de cemento y agua en proporción de 1:3).

El fondo de las excavaciones se termina cuidadosamente a mano, hasta darle las dimensiones indicadas en los planos. Las superficies así preparadas deberán humedecerse y utilizar equipos adecuados hasta dejarlas compactadas, de manera que constituyan una fundación firme y nivelada para las estructuras.

El material proveniente de las excavaciones es eliminado a botaderos previamente identificados o dispuesto en puntos de acopio para luego ser usado como material de relleno.

Ver Gráficos "UBICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES" y "EXCAVACIÓN PARA LA ZAPATA" de las páginas 113 y 114 respectivamente.

5.1.4 Ejecución de micropilotes

En el cruce Javier Prado con Aviación en el vano entre las estructuras C459 y C461 donde las zapatas son excéntricas y que según el proyecto deben tener 21 micropilotes por cada zapata para que puedan soportar las cargas

principalmente de tracción. En un inicio en una zona cerca a la excavación (C459 y C461) se realizaron 3 ensayos: tracción, compresión y arrancamiento arrojando resultados de que los micropilotes resistirán a las cargas que serán sometidas.

Con esos tres ensayos realizados anteriormente se procede a la ejecución de los micropilotes donde una perforadora hidráulica se encarga de insertar los micropilotes 21 micropilotes Titan 73/53 por zapata de las estructuras C459 y C461.

Para el acceso a la zona de trabajo, la perforadora Hidráulica hizo uso de una grúa, una vez colocado la perforadora en la zona se da inicio a las perforaciones, de los micropilotes donde las ubicaciones se encuentran detalladas de acuerdo a los planos CTCL-FFE-VTE-EST-DWG-35577 y/o CTCL-FFE-VTE-EST-DWG-35578.

Las perforaciones, la inyección, extracción de camisas y la etapa final de la ejecución de los micropilotes Titan 73/53 se detalla en el Procedimiento de Ejecución de Micropilotes Nails Ischebeck – Titan (Anexo D)

Ver Gráficos “COLOCACIÓN DE MICROPILOTES”, “VACIADO DE SOLADO” y “PERFORACIÓN CON LA PERFORADORA HIDRAULICA COMACHO PARA LA INSTALACIÓN DE MICROPILOTES” de las páginas 114, 115 y 159 respectivamente.

5.1.5 Colocación de armadura de zapatas.

Para la colocación de la armadura de las zapatas extremas (458 y 462) se consideran las dimensiones de zapata según plano del proyecto CTCL-FFE-VTE-EST-DWG-35576 la cual señala que las zapatas deben tener dimensiones 6.50mx9m y altura de 2m. La armadura de las zapatas se realizaron en el interior de las excavaciones insitu y según el plano del proyecto CTCL-FFE-VTE-EST-DWG-35683, las cuales indican que se usaron varillas de diámetro 5/8”, 3/4”, 1” con acero $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y recubrimiento igual a 7.5 cm, cabe mencionar que

el peso total de acero por cada zapata es de 14.8 Ton, el cual fue realizado por 10 obreros en un lapso promedio de 3 días y medio por zapata extrema. El traslado de acero hacia el interior de la excavación se realizó mediante un camión grúa y en algunos casos mediante personal de obra.

Para la colocación de la armadura de las zapatas centrales (459 y 461) se consideran las dimensiones de zapata según plano del proyecto CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35577 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35578 respectivamente, las cuales señalan que las zapatas son excéntricas con la inclusión de micropilotes autoperforantes, estas zapatas tienen dimensiones 7.50m x 9m y altura de 2.50m. La armadura de las zapatas se realizaron ya no en el interior de las excavaciones sino en la superficie del nivel de terreno natural y esto debido a que era muy peligroso armar la zapata dentro de la excavación ya que presentaba un altura de consideración igual a 6.70m y se optó armar la zapata en la superficie del nivel de terreno natural para luego posteriormente mediante 2 grúas poder colocarlo dentro de las excavación, estos trabajos de izamiento se realizaron el turno de madrugada para evitar el trafico de autos que pudiera influenciar en el trabajo de las grúas; el armado de la zapata se realizó según plano del proyecto CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35684 donde se usaron varillas de diámetro 5/8", 3/4", 1" con acero $F_y=4200$ kg/cm² y recubrimiento igual a 7.5 cm, cabe mencionar que el peso total de acero por cada zapata es de 22 Ton, el cual fue realizado por 10 obreros en un lapso promedio de 3 días y medio por zapata central.

Es importante manifestar que el proceso de armado de las zapatas (458, 459, 461 y 462) termina cuando la armadura de la columna es colocada en el interior de la zapata ya que es ahí cuando los aceros superiores de las zapatas que rodean las columnas se terminan de completar totalmente.

Ver Gráficos "ARMADURA DE ZAPATA", "ARMADURA DE ZAPATA Y COLUMNA", "PERSONAL DE OBRA ARMANDO LA ZAPATA Y COLUMNA" y "COLOCACIÓN DE ARMADURA DE ZAPATA C461" de las páginas 115, 116, 152 y 160 respectivamente.

5.1.6 Colocación de armadura de columnas.

El acero es habilitado y suministrado por Aceros Arequipa de acuerdo a los planos de proyecto y para la colocación de la armadura de las columnas 458, 459, 461 y 462 según planos CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35685 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35686 indican que son de sección octogonal alargadas transversalmente de sección 1,40m x 2,10m y que están conformadas por varillas de acero de diámetro de 5/8", 1/2", 1", 1-3/8". Internamente la armadura de refuerzo de las columnas está dispuesta a modo de dos columnas circulares confinadas mediante estribos circulares entre lazados, las varillas longitudinales son de diámetros 1-3/8 y 1 pulgada, los estribos de diámetro 5/8" y 1/2".

Para la armadura de las columnas extremas (458 y 462) el peso total por cada una de ellas es de 5.8 Ton de acero y para la armadura de las columnas centrales (459 y 461) el peso total por cada una de ellas es de 8.95 Ton de acero.

El proceso de armado de la cada una de las 4 columnas se realizó en la superficie del terreno natural mediante 12 obreros en un lapso de dos días y medio, posteriormente en otro día mediante una grúa la armadura de la columna es izada y colocada en el interior de la armadura de la zapata; posteriormente la columna es soldada con los aceros de la zapata según planos CTEL-CTE-GEN-ELE-DWG-31017 y/o CTEL-CTE-GEN-ELE-DWG-31018, cabe mencionar que en la columna se coloca una platina metálica que sirve como fuga de corriente eléctrica hacia la tierra.

Ver Gráficos "ARMADURA DE COLUMNA", "ARMADURA DE ZAPATA Y COLUMNA", de la Página 116 y "ARMADURA DE COLUMNA DE ACERO HABILITADO", "PERSONAL DE OBRA ARMANDO LA COLUMNA" y "COLOCACIÓN DE ARMADURA DE LA COLUMNA C462" de las páginas 151, 152 y 160 respectivamente.

5.1.7 Vaciado de zapatas y columnas

Para el vaciado de concreto de las zapatas 458 y 462 que según plano CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35576 tiene un peralte de 2 metros con dimensiones rectangulares 6.5m x 9.0 m, se consideró un concreto premezclado de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y slump de 4" a 6". El volumen colocado en obra para cada una de estas zapatas fue en promedio de 130 m^3 utilizando 2 vibradores en un tiempo promedio de 8 horas.

Para el vaciado de concreto de las zapatas 459 y 461 que según planos CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35577, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35578 tienen un peralte de 2.5m con dimensiones rectangulares 7.5m x 9.0 m; se consideró un concreto premezclado de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y slump de 4" a 6". El volumen promedio colocado en obra para cada una de estas zapatas fue de 185 m^3 utilizando 2 vibradores, tardando el vaciado un promedio de 11 horas.

Cabe mencionar que las zapatas son vaciadas sobre un solado de 5cm de espesor ($f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$.)

Para el vaciado de concreto de las columnas 458 y 462 que según plano CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35576, indican que son de sección octogonal alargadas transversalmente de sección 1,40m x 2,10m y altura promedio de 5.5m; se consideró un concreto premezclado de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y slump de 4" a 6"; el volumen colocado en obra para cada una de estas columnas antes mencionadas fue en promedio de 15 m^3 .

Para el vaciado de concreto de las columnas 459 y 461 que según plano CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35577, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35578 indican que son de sección octogonal alargadas transversalmente de sección 1,40m x 2,10m y altura promedio de 7.7m; se consideró un concreto premezclado de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y slump de 4" a 6"; el volumen colocado en obra para cada una de estas columnas antes mencionadas fue en promedio de 21 m^3 .

Ver Gráficos "VACIADO DE CONCRETO EN LA ZAPATA", "COLOCACIÓN DE ENCOFRADO PARA COLUMNA", "VACIADO DE CONCRETO PARA COLUMNA" y "DESENCOFRADO DE COLUMNA" de las páginas 117 y 118.

5.1.8 Relleno

El relleno de las zapatas con material propio se realiza en capas de 0.30m de espesor, compactadas hasta alcanzar el 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado y el tamaño máximo de las partículas no debe ser mayor a los 5".

Únicamente en la zona donde vaya pavimento asfáltico, la base y sub base está conformada por una capa de 0.30m conformada en 2 sub capas de 0.15m compactadas hasta alcanzar el 100% de la máxima densidad seca.

El control de las capas se realiza con densímetro nuclear y no se procede a la conformación de la siguiente capa hasta alcanzar el porcentaje de compactación requerido.

Ver Gráfico "RELLENO DE ZAPATA "de la página 121.

5.1.9 Reforzamiento del muro de Javier Prado

Durante los trabajos de excavación de la zapata 459 se hizo un corte en la cimentación del muro de contención ubicado en la Vía Expresa Av. Javier Prado y el cruce con Av. Aviación por lo que se hizo una verificación estructural del muro de contención antes mencionado el cual arrojó como conclusión que 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; por lo que se opta como alternativa de solución la ejecución de un muro de gravedad escalonado, de tal forma de eliminar el efecto de las presiones laterales sobre el muro de contención.

Ver Anexo C: Memoria de Cálculo – Verificación Estructural Muro de contención Vía Expresa Av. Javier Prado – Av. Aviación – Tramo E

5.1.10 Construcción de vigas cabezales

Para la construcción de las vigas cabezales se utilizó encofrados de la empresa ULMA, posteriormente se armaron andamios para que personal pudiera tener acceso y comenzar a colocar el acero de refuerzo. Las dimensiones para el encofrado de las vigas cabezales según los planos del proyecto CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35580 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35581 tienen forma de una "V" con longitudes de largo 7.0 m, ancho 1.70 m y con altura de 1.70m a excepción de la viga cabezal 458 que según plano CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35579 presenta una segunda altura de 2.20m y esto debido al cambio de peralte de las vigas prefabricadas que llegan a esta estructura.

El acero de las vigas es habilitado y suministrado por Aceros Arequipa de acuerdo a los planos de proyecto CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35687, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35688, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35689 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35648 se usaron varillas de acero de diámetro 3/8, 1/2, 5/8, 3/4 y 1 pulgada; con $f_y=4200$ kg/cm² y recubrimiento de 5cm.

El peso total de acero en cada viga cabezal es variable, así tenemos que para la viga cabezal 458 es de 4.60 Ton; para la viga cabezal 459 y 461 es 5.63 Ton (cada una) y para la viga cabezal 462 el peso es 3.61 Ton de acero.

Con respecto al concreto utilizado en obra, este se consideró premezclado de $f'_c = 280$ kg/cm² y slump de 4" a 6". El volumen colocado para la viga cabezal 458 y 462 son de 21 m³ y 18 m³ respectivamente; para la viga cabezal 459 y 461 el volumen es de 18.63 m³ (cada una). El control de calidad se realiza en cada mixer que llega a obra mediante un protocolo de liberación el que se controlaba la temperatura (máx. 32°C), slump, tiempo de llegada (máx. 1:30 h).

Estas estructuras presentan llaves de cortes donde van embebidas las restricciones longitudinales o restricciones sísmicas, los cuales absorben las fuerzas cortantes que se presentan durante un evento sísmico. Cabe mencionar que las vigas cabezales 458 y 462 por tratarse de cabezales de junta no llevan las restricciones longitudinales (las cuales impiden los desplazamientos de la superestructura en las direcciones longitudinal y transversal al eje del viaducto),

pero si se coloca una llave de corte central cuya función es de impedir los desplazamientos transversales al viaducto elevado; además al no llevar restricciones longitudinales la estructura podrá desplazarse en dicha dirección a través de la junta sísmica de diseño (10cm), liberando la energía inducida por algún evento sísmico.

Las dimensiones de las restricciones longitudinales de las estructuras C459 y C461 están detalladas según plano CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35545.

Con respecto al sistema de corriente de fuga según planos CTEL-FFE-GEN-ELE-DWG-31017 y CTEL-FFE-GEN-ELE-DWG-31001 indican que se colocan los puntos de soldadura y platinas en las vigas cabezales las cuales fueron soldadas con los aceros de la columna y esta con la zapata, estas platinas de la viga cabezal son conectadas con las platinas de las vigas prefabricadas mediante un cable conductor para corriente de fuga y esta conexión viaja a través de las vigas diafragmas, losas o tableros y culminan en las canaletas del viaducto elevado donde se instalan las últimas platinas o placas de aterramiento.

Una vez vaciado y curado el concreto se procede a colocar el grout o capa nivelante que consiste en una mezcla cementicia de alta resistencia, con áridos especiales de granulometría controlada, aditivos de avanzada tecnología, exentos de cloruros y componentes metálicos que sirve como elemento de conexión entre un elemento de concreto con otro cuerpo que requiere una superficie nivelada. El grout nivelante se coloca directamente sobre la superficie del concreto en áreas de 0.50 m x 0.40m ó 0.70 m x 0.40m el cual previamente se escarifica la zona y se procede a humedecer durante 24 horas, una vez colocado el grout se procederá a colocar el apoyo de neopreno (el cual está formado por planchas de acero de 3 milímetros de espesor) que es donde se apoyará la viga prefabricada.

Ver Gráficos "ARMADURA DE VIGA CABEZAL", "ENCOFRADO PARA VIGA CABEZAL", "VACIADO DE CONCRETO PARA VIGA CABEZAL", "DESENCOFRADO DE VIGA CABEZAL" y "ENCOFRADO DE LA VIGA CABEZAL 462" de las páginas 119, 120 y 155.

5.1.11 Fabricación y montaje de vigas longitudinales

5.1.11.1 Fabricación

Las vigas longitudinales también llamadas vigas prefabricadas son vigas pretensadas los cuales son sometidos intencionalmente a esfuerzos de compresión previos al vaciado de concreto. Esta tensión se aplica mediante cables de acero que son tensados y anclados al concreto; esto último se detallará adelante con más detalle.

El tipo de vigas prefabricadas usadas son de dos tipos; el tipo V6 y el tipo V27 que según plano CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35572 CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35573 tienen un ancho de 1.20m en la parte superior y de 0.80m en la parte inferior; y altura para ambas vigas de 1.80m pero con la diferencia en sus luces teniendo las vigas V6, V27 luces de 34.70m y 30.70m respectivamente.

El número total de vigas usadas en el cruce Javier Prado es de 12 las cuales fueron colocadas en 3 vanos las cuales contenían 4 vigas cada uno; las vigas V6 fueron colocadas en el vano central (C459-C461) y las V27 fueron colocadas en los vanos extremos (C458-C459 y C461-C462)

El acero de las vigas es habilitado y suministrado por Aceros Arequipa de acuerdo a los planos de proyecto CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35677 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35678. El armado del acero de las vigas se realiza sobre planchas de acero de 3mm de espesor por cada línea. Para la correcta colocación de la armadura se colocan las marcas topográficas necesarias sobre las planchas metálicas (solados de apoyo) que sirven como guías para la instalación del acero y su verificación, así como el control de los encofrados (alineamiento, espaciamiento, recubrimientos, niveles, etc.). Se utilizaron dados prefabricados de concreto para asegurar el recubrimiento de la armadura (3.5 cm.). Adicionalmente, se colocarán en la zona de los cabezales los insertos para el izaje de las vigas y las tuberías corrugadas previstas para el post-tensado con el diafragma.

Para el sistema de puesta a tierra según plano CTEL-FFE-GEN-ELE-DWG-31001 se colocan dos planchas de acero galvanizado soldados en ambos cabezales de las vigas a las armaduras longitudinales, soldadas entre sí para la continuidad del sistema. Esta operación se realiza durante la colocación de la armadura y se inspeccionó previo al cierre del encofrado antes de colocar los tendones. Las dos planchas terminales para la conexión del cable de puesta a tierra se ubican sobre la cara inferior de las vigas prefabricadas, ubicadas a 85 cm de los extremos y a 40 cm de los bordes laterales de cada viga.

Concluido el armado del acero de la viga, se procede a colocar los encofrados de los cabezales (caras transversales) y a colocar todos los tendones de diámetro 5/8 pulgada los cuales estuvieron conformados por 7 hilos de acero a lo largo de la línea (04 vigas continuas) fijándolos en los bloques de anclaje.

Para la secuencia de instalación de los tendones en vigas fue lo siguiente:

Es importante que para iniciar la instalación de los tendones, el fondo del encofrado esté correctamente nivelado de acuerdo al proyecto con una cara del costado de la viga sin colocar, esto es para colocar con comodidad los tendones. La armadura de refuerzo convencional debe estar colocada correctamente con sus recubrimientos, especialmente los de la parte inferior, debido a que los soportes de los tendones estarán amarrados a los estribos de la viga.

Cabe mencionar que el número de tendones por cada tipo de viga varía, así tenemos que las vigas V27 llevan 30 tendones y las vigas V6 llevan 36, todo a lo largo de la línea de donde se vacean las vigas prefabricadas.

Además a los tendones se le colocan mangueras para llegar a la contraflecha requerida y además deben tener la estanqueidad necesaria para que la lechada de la mezcla de concreto no discurra entre ella.

Los tendones se tensan entre a los extremos de las vigas mediante el uso de gatas hidráulicas. En esta operación se mide el alargamiento de los tendones así como la fuerza de tensión aplicada, el tensado de los cables se hará en el orden indicado en los Planos de Detalles.

Las bombas y/o equipos utilizados para accionar los gatos tensores, estuvieron equipados con un manómetro calibrado que indica la presión aplicada con una

tolerancia del 2% en más o en menos. Los manómetros fueron calibrados y certificados cada cierto tiempo.

En la primera etapa el estiramiento producido está afectado por el acomodo del cable, debiéndose asumir que el estiramiento real se producirá a partir de la segunda etapa, para lo cual se hará la corrección necesaria.

En el proceso de tensado de los cables se aplica una primera carga de 1000 PSI para el reacomodo de los cables. En este caso se hizo una marca referencial al cable a 30 cm con respecto al accesorio de anclaje. Esta marca representa la elongación teórica referencial del cable a 1000 PSI (marca inicial) hasta una presión requerida de 6000 PSI.

Una vez aplicada la fuerza de tensado se procedió con el vaciado de las vigas. El concreto es suministrado por la planta de concreto premezclado instalada especialmente en el área de prefabricados y su calidad corresponderá al diseño de mezcla específico aprobado para estas estructuras. La colocación del concreto fue continua para cada viga y se siguieron los procedimientos usuales para el adecuado vibrado utilizando los vibradores de placa insertos en los encofrados u/o vibradores de inmersión.

El vaciado de las vigas pretensadas se realizó en tres etapas en este caso de las vigas de $H=1.80$ m. de peralte el vaciado es a través de una bomba con $f'c = 350$ kg/cm^2 . La primera camada de concreto fue a una altura menor al ala inferior de la viga a fin de eliminar o minimizar las burbujas superficiales que puedan generarse.

Concluido el vaciado se procedió a aplicar el sistema de Curado Acelerado que consistió en cubrir la estructura con una manta (Manta 400 / curaflex o similar), donde se echa vapor a través de una hidrolavadora (130 °C) y posteriormente se cubre con una manta plástica.

Se debe asegurar que al cubrir la viga con la manta y el plástico no exista ningún espacio por donde pueda ingresar el aire frío del exterior. Mediante este sistema se asegura que la estructura alcance su resistencia manteniendo su humedad (manta) y el calor (plástico).

Una vez alcanzado los 270 kg/cm^2 se procedió a retirar las mantas de curado y autorizar el corte de los cables de pre-tensado y se realizó de forma secuencial y continua en la dirección longitudinal de los cables viga a viga. A partir de esta etapa las vigas no necesitaron ningún sistema de curado adicional.

Las probetas de muestreo fueron curadas junto a las vigas bajo el mismo sistema. Para el corte de los cables, se utilizaron los resultados de rotura de las probetas.

Luego del corte las vigas son llevadas a la zona de despacho para su emporre con una mezcla de cemento-cal-arena fina para darle el acabado final.

Ver Gráficos "PLANTA DE PREFABRICADOS – VIGAS PREFABRICADAS" de las páginas 122 y 123 y ver también "FABRICACIÓN DE VIGAS PRETENSADAS" de las páginas 146, 147 y 148.

5.1.11.2 Montaje

A. OPERACIÓN DE IZAJE

Los pasos a seguir para el izaje de las Vigas Prefabricadas fue el siguiente:

- Posicionamiento de la Grúa
- Cada una de las grúas se estacionó dentro del radio de operación seguro de acuerdo a Tabla de Operación. El radio para cada una de las grúas fue determinado en base al peso de la viga a ser colocada dividido entre dos.
- Para una mejor distribución del peso, cada una de las grúas fue colocada sobre una plataforma de madera.
- Debido a la existencia de líneas de media tensión la grúa respetó una distancia mínima de 3.05 m
- Para el izaje de las vigas se utilizaron estrobos de acero, grilletes y pines de acero de $3 \frac{1}{2}$ " y 5".
- El camión camabaja se posicionó lo más cerca del puente y con el eje de la primera llanta del dolly al inicio de la columna.
- Las vigas fueron izadas solo cuando el capataz Rigger autorizó el montaje.

- Las vigas fueron amarradas a cuatro vientos para mayor estabilidad durante la operación. El montaje de las vigas se realizó con 02 Telehandlers.
- Una vez que la viga fue retirada del camión camabaja, cada una de las grúas se posicionó en cada extremo de la viga en los cabezales de las columnas con la ayuda de 02 grúas Telehandler (cada telehandler tendrá 02 operadores).
- Las personas a cargo de los Telehandlers estuvieron a cargo del montaje final de las vigas y retiro de los accesorios de izaje. Las personas encargadas de la maniobra tuvieron arnés de seguridad anclados a la canastilla del equipo.

B. ARIOSTRE Y MONTAJE DE VIGAS

Identificado el vano a asegurar se usó el camión grúa para izar todos los elementos de fijación. El personal subió con ayuda del telehandler (o escalera /andamio) y se anclaron en los puntos definidos en el procedimiento de seguridad.

Dos estructuras de fijación provisional fueron colocadas y ajustadas de modo que no permitan movimiento independiente de las vigas. Se usaron los arriostres en "X" conformados por cuartones de madera de 4"x4" cruzados para sujetar el interior de las vigas, estos fueron apoyados contra las alas superiores e inferiores y calzaron a tope con cuñas de madera o caucho restringiendo casi totalmente el rango de movimiento en caso de alguna eventualidad.

Cada vano fue asegurado en dos puntos equidistantes de los apoyos por el sistema de fijación provisional metálico (arriba) y arriostre de madera en "X"

Ver Gráficos "TRANSPORTE A OBRA DE LAS VIGAS PREFABRICADAS", "MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS", "VIGAS PREFABRICADAS COLOCADAS EN JAVIER PRADO" de las páginas 124, 125 e "IZAJE, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE VIGAS PREFABRICADAS" de las páginas 161 y 162.

5.1.12 Fabricación y montaje de prelosas

Las prelosas son losas premoldeadas de de concreto armado espesor $e = 0,08\text{m}$ la cual presenta en la cara superior una superficie de contacto con rugosidad de aproximadamente 6mm que harán las veces de encofrado de fondo y lateral para el vaciado de las losas de la plataforma del viaducto.

Estuvieron divididas en dos tipos: Centrales y Laterales. Las últimas son discontinuas, tienen un vacío de 0,60m intermedio que lleva armadura de refuerzo más no concreto.

En el cruce Javier Prado se han colocado 4 tipos de prelosas; las de tipo LP32 (lateral) y LP33 (central) entre los vanos de las estructuras C458-C459 y C461-C462 de acuerdo a los planos CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35567, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35569, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35567 y las de tipo LP3 (lateral) y LP4 (central) de acuerdo al plano CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35568.

El acero de las vigas es habilitado y suministrado por Aceros Arequipa de acuerdo a los planos de proyecto CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35675 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35676, el cual es armado en las instalaciones de la planta de prefabricados con un $f'c = 280\text{kg /cm}^2$ y con un slump de 6"-8".

Posteriormente las prelosas son transportadas desde la planta de prefabricados hasta la zona de trabajo para ser colocadas en las vigas longitudinales del viaducto de acuerdo al siguiente procedimiento de montaje.

- Se utilizó un telehandler y/o escalera para el ascenso del personal hasta la parte superior de las vigas. El personal se ancló de acuerdo al procedimiento de seguridad.
- A continuación, la cuadrilla de topografía marcó las referencias que luego fueron trazadas con tiralíneas. Estas referencias consistieron de una línea continua en el sentido longitudinal y una marca sobre cada viga "I" en el sentido transversal del lado donde se ubica la plataforma de trabajo.

- Se ubicó la grúa o camión grúa en el lado dispuesto y previamente cerrado para las operaciones. La posición fue definida para lograr la máxima efectividad de la grúa. La vía opuesta fue cerrada parcialmente.
- El camión que transporta las prelosas se ubicó en la vía de tránsito delante de la grúa. Un encargado de asegurar las piezas sobre el camión sujetó una prelosa lateral (del lado opuesto al izaje), un montajista en el nivel de piso autorizó la maniobra de izaje. La pieza fue izada hasta por encima del nivel superior de las vigas "I". La prelosa tuvo una soga de nylon amarrada a dos puntos como mínimo (vientos).
- Con la prelosa en suspensión, un montajista encargado en el nivel superior guió la maniobra y dos oficiales tensaron los vientos para dejar la pieza en su posición final con ayuda de la grúa para el descenso de la pieza.
- A continuación se procedió con la prelosa central, repitiendo los pasos anteriores hasta dejarla en su posición final.
- Por último se procedió, de la misma forma, con la prelosa lateral del lado del izaje. Con esto se culminó con todo el ancho, esta pieza se colocó desde la otra vía.
- Se repitió el procedimiento hasta completar el vano.

Ver Gráficos "PLANTA DE PREFABRICADOS – PRELOSAS", "COLOCACIÓN DE PRELOSAS", "FABRICACIÓN DE PRELOSAS" y "ENCOFRADO DE TABLERO de las páginas 123, 126, 148 y 156 respectivamente.

5.1.13 Armadura y vaciado de tablero (losa)

En el cruce Javier Prado existen 3 tableros que son los C458-C459, C459-C461 y C461-C462 los cuales tienen dimensiones de ancho 8.40m con un espesor de 0.20m pero con la diferencia de que en el tablero central (459-461) presenta una luz de longitud de 35 m mientras que las otros 2 tableros extremos presentan una luz de longitud de 31 m.

La distribución de las prelosas para los 3 tableros antes mencionados está de acuerdo a los planos CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35567, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35568, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35569.

Una vez concluido el montaje completo de las prelosas, se procede a colocar y armar la armadura de los tableros insitu según planos CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35671, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35672 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35681; el personal está conformado por una cuadrilla de acero quienes van a colocar y amarrar las varillas de acero para la losa, las mismas que habrán sido izadas por el camión grúa.

Un equipo que se encarga del sellado conformado por 1 oficial albañil y un peón inició los trabajos tapando con mortero fresco todos los vacíos por donde pueda escapar la mezcla de concreto fresco (entre las vigas "I" y las prelosas previamente colocadas).

La colocación de concreto fue suministrado por una la planta de concreto premezclado con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, el cual se efectuó utilizando una bomba móvil con brazo telescópico y este proceso se inició luego de haberse concluido con el armado completo de los tableros, con el sellado de espacios entre los elementos prefabricado y con la colocación de los respectivos sumideros.

El concreto fue vibrado por inmersión a medida que se llenaba la losa. Posteriormente dos ayudantes con mochilas para el curado rociaron la losa con el curador químico para concreto.

Ver Gráficos "ARMADURA DE LOSA" y "VACIADO DE CONCRETO PARA LOSA" de las páginas 126 y 127.

5.1.14 Bordes

Se clasifican en bordes típicos y bordes vaciados in situ.

5.1.14.1 Bordes típicos

A.1 Fabricación

Los bordes típicos son elementos prefabricados de concreto armado los cuales se realizan en la planta de prefabricados (Videna), llevan una malla de acero

como refuerzo y su armadura es de acuerdo al plano CTEL-FFE-GEN-EST-DWG-31080; las dimensiones son de 2.08 de altura por un ancho de 2,48m y 10cm de espesor; la función del borde típico es la de un muro parapeto reemplazando las barandas, que fueron consideradas en el proyecto original.

Para el encofrado se utilizaron moldes metálicos los cuales fueron colocados horizontalmente sobre una losa de concreto, en ella se encuentran embebidas platinas de acero, en esta losa se realizaron perforaciones de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y de 6 cm de profundidad en donde se introdujeron los anclajes de borde aplicando epóxico.

Previo al vaciado se verifica la colocación de desmoldante sobre la superficie de la losa, así como también en las caras de las formas metálicas que están en contacto con el concreto. y dados de concreto, una vez realizado esto se procede al vaciado de concreto con un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ utilizando un vibrador de inmersión. El curado de los bordes se realizó aplicando el sistema de curado acelerado que consiste en cubrir la estructura con una manta (Manta 400 / curaflex o similar), y suministrando calor en la parte superior de los bordes típicos mediante agua caliente a una temperatura de 90°C y cubrir con una manta plástica. Mediante este sistema se asegura que la estructura alcance su resistencia tempranamente.

Una vez desencofrada la estructura ésta es trasladada a una zona de inspección donde se verifica el acabado de las piezas.

Finalmente los bordes típicos son transportados en camiones con plataformas y apilados como máximo en filas de 3, previa revisión por parte de supervisión y control de calidad.

A.2 Montaje

A) Descripción:

Consiste en:

- Transporte desde el lugar de fabricación (La videna) hasta los frentes de trabajo.
- Estando los Bordes Típicos en el frente de trabajo se procede al Izaje.
- Verificación de la posición final de los bordes típicos de tal manera que estén en la cota indicada por topografía.

B) Procedimiento:

- Para iniciar los trabajos de izaje se utiliza una escalera y/o un telehandler para el ascenso del personal hasta la parte superior de la losa.
- Replanteo topográfico. El equipo de topografía marca las cotas de los niveles de colocación así como la ubicación en el sentido longitudinal de cada borde típico
- Se coloca la grúa o camión grúa en lugar indicado de tal manera de poder obtener su máxima efectividad; Los bordes típicos son izados desde un camión plataforma o desde el suelo según como sea el caso; para esto se coloca una línea de viento y un montajista a nivel de piso autoriza la maniobra de izaje, la estructura será izada por encima del nivel de la losa superior para luego proceder a colocar en su posición final.
- La secuencia de montaje es del centro del tramo para los extremos, de forma que los ajustes necesarios se queden cerca de los diafragmas, en piezas vaciadas in-situ, que varían de ancho conforme la longitud del vano.
- En la montaje de los bordes típicos se deja una junta mínima de montaje de 5mm entre bordes, de forma que permita su acomodación después de concluso la estructura.
- Una vez en su posición final son asegurados con los estribos que están en el borde típico y los quedan en la parte superior de la losa los mismos que son amarrados con acero y alambre, conforme los planos estructurales adicionalmente se coloca un puntal de ser necesario para garantizar la estabilidad del mismo.

5.1.14.2 Bordes vaciados in situ

Son estructuras de concreto armado que se ubican en los extremos de los diafragmas del viaducto elevado, son la continuación de los bordes típicos prefabricados y tapan los bordes de los diafragmas.

La colocación de acero es de acuerdo a los planos CTEL-FFE-GEN-EST-DWG-31006 y/o CTEL-FFE-GEN-EST-DWG-31007.

Para el encofrado se utilizó paneles de tryplay o fenólicos y bastidores de madera, se utilizó un concreto con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ mediante una bomba móvil, posteriormente al desencofrado se procede al curado químico.

Ver Gráficos “PLANTA DE PREFABRICADOS – BORDES TÍPICOS”, “COLOCACIÓN DE BORDES TÍPICOS” y “FABRICACIÓN DE BORDES TÍPICOS” de las páginas 124, 127 y 149 respectivamente.

5.1.15 Armadura y vaciado de vigas diafragmas

Las vigas diafragmas son elementos de concreto armado que brindan a la superestructura conectividad importante entre las vigas principales y hacen posible que estas funcionen como un conjunto monolítico o como vigas continuas. Adicionalmente y posterior al vaciado, estas vigas son sometidas intencionalmente a esfuerzos de compresión. Esta tensión se aplica mediante barras Dywidag.

En el cruce especial Javier Prado existen 4 vigas diafragmas de las cuales 2 son vigas diafragmas de junta y las otras 2 son vigas diagramas internas según planos CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35582, CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35583 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35584.

La secuencia de las actividades para la construcción de estas estructuras son las siguientes:

- Armado de plataforma suspendida sobre vigas prefabricada, esta actividad se realiza con el apoyo de telehundler o plataformas autopropulsadas.
- Colocación de acero de refuerzo de diafragmas según los planos CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35690 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35691
- Vaciado de diafragmas con concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ hasta el nivel superior de viga prefabricada.
- Tensando de diafragmas, esto se realiza una vez que el concreto haya adquirido la resistencia de diseño para lo cual se procede a insertar las barras de acero (grado 150, de $\Phi 32 \text{ mm}$) utilizando un telehandler o un elevador telescópico con plataforma dentro del ducto de postensado

llamado también vaina galvanizada (Φ interior 42 mm), estos ductos atraviesan transversalmente las 8 vigas que conforman cada diafragma. Una viga tiene 3 ductos, quedando un total de 6 ductos por diafragma interno y 3 por diagrama de junta; además cada ducto tiene 2 chimeneas la cual está conformada de una boquilla de inyección (pieza de PVC con reducción para $\text{Ø}3/4''$), que empalma el ducto de postensado con una manguera flexible de $\text{Ø}3/4''$ en un extremo que quedará embebido en el concreto del diafragma. El extremo opuesto de la manguera alcanza una zona accesible para la posterior inyección de la lechada.

Posteriormente se instalan las platinas de anclaje con sus respectivas tuercas en cada extremo. Se instalará en el equipo de tensionamiento, la silleta respectiva que permita introducir una llave fija o copa para ajustar la tuerca interna una vez se realice el procedimiento de tensionamiento. Los gatos a utilizar (modelos K-150 y K-250) contarán con los certificados de calibración de sus manómetros respectivos.

Se ubica una extensión en el extremo a tensar de la barra, con el fin de permitir el acople del plato de reacción que estará en la parte posterior del gato. Con una diferencial se ubicará el gato en la posición necesaria para enhebrar la barra con la extensión a través de él. Se instalará el plato posterior de reacción con la tuerca de fijación. En este momento el sistema quedará listo para comenzar el tensionamiento. Las medidas a verificar durante el tensionamiento son la elongación y la tensión aplicada

Una vez anclada la barra y ubicado el gato en su posición se aplicará una presión inicial de 500 psi (P_i), de manera que se presente un acomodamiento real del anclaje de la barra. Se marcará en la parte posterior la barra, verificando la longitud adicional de barra que se tiene entre la marca interna y la marca externa, de esta manera se recalculará la elongación, teniendo en cuenta un promedio de deformación de la barra de 3.9mm/m, esto con el fin de verificar la elongación de la barra durante el proceso. Nunca se podrá sobrepasar la presión, ni la extensión máxima indicada en el cuadro de tensionamiento. Se llevará la barra a la presión máxima, y se leerá la elongación en las dos marcas. Todos estos datos se anotarán en las hojas de registro que se anexan al final, a las

que se le deberán llenar todas sus casillas para evitar posibles errores en la toma de las extensiones. No se inyectará ninguna barra, hasta que se verifiquen las extensiones totales en cada elemento.

Concluido el proceso de postensado se procederá a la inyección de lechada dentro de los ductos de manera que las barras de postensado queden totalmente embebidas en la mezcla. La lechada será preparada en campo, los materiales serán incorporados al recipiente mezclador de la bomba de inyección.

Una vez preparada la lechada se tomarán las muestras para los controles de calidad. Luego se procederá a inyectar la mezcla por la manguera o chimenea de inyección. Cada ducto será inyectado hasta completar su llenado.

➤ Vaciado de concreto de segunda fase, esto se realiza después de haber concluido el proceso de postensado en el cual se podrán iniciar los trabajos para el concreto de protección de las platinas y pernos que quedaron expuestos. De acuerdo a los planos CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35690 y CTEL-FFE-VTE-EST-DWG-35691, se construye un dado de concreto armado para lo que será necesario seguir los siguientes pasos (un telehandler o elevador telescópico será necesario) :

- Perforación para anclaje de acero de refuerzo: Se marcan los puntos de anclaje. A continuación se perfora cada agujero usando una broca con diámetro inmediatamente superior al de acero a ser anclado.
- Anclaje de las barras de refuerzo: Se limpia todo residuo de polvo del agujero, para esto se usa un soplador mecánico. Se utiliza un aditivo epóxico para anclaje químico (POWERS PE1000 o similar) que es inyectado de acuerdo a la hoja técnica del producto, la varilla es insertada y ejecutada para asegurar su posición final. Se repite este paso hasta completar el total de los anclajes.

- Escarificado de la superficie: Se remueve la película superficial de concreto de la zona en contacto con el concreto de segunda fase para permitir una buena adherencia.
- Armadura de refuerzo: Con los anclajes colocados en su posición se procede a la colocación de la malla de refuerzo de acero de construcción.
- Encofrado: Se usa encofrado de madera/fenólico (opcionalmente metálico) que es asegurado en su posición final. En la parte superior del encofrado se deja una ventana para el vaciado del concreto.
- Vaciado de concreto: Previo al vaciado se humedece la superficie del concreto existente. Se utiliza una mezcla de concreto autocompactante de $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ que es vertida por la ventana del encofrado hasta llenar, luego se tapa la ventana.
- Desencofrado y curado: El desencofrado es ejecutado luego de 24h del término del vaciado. Inmediatamente se resana cualquier imperfección y se aplica el curador químico en toda la superficie expuesta.

Ver Gráficos "ARMADURA DE LA VIGA DIAFRAGMA", "VACIADO DE VIGA DIAFRAGMA", "COLOCACIÓN DE LAS BARRAS PARA POSTENSADO", "CONCRETO 2DA. FASE VIGA DIAFRAGMA" de la Páginas 128 y 130.

5.1.16 Canaletas laterales y centrales

Las canaletas laterales y centrales son estructuras por donde pasan los cables del sistema electromecánico, sin embargo las canaletas laterales también cumplen otra función en el proceso constructivo del viaducto, ya que estas mediante su acero de refuerzo y el acero de refuerzo del borde típico y/o borde vaciado in situ permiten que los bordes puedan anclarse y ser parte de un sola estructura en conjunto con la canaleta lateral.

Las canaletas laterales son elementos premoldeados las cuales fueron fabricadas en la planta de prefabricados según el plano CTEL-FFE-GEN-EST-DWG-31005, sin embargo estas deben ser ancladas con el borde típico y/o borde vaciado in situ para lo cual se procede al encofrado metálico y/o madera con juntas de ½ " de espesor alineadas con las juntas de los bordes; posteriormente se procede a su verificación topográfica para de esta manera poder dar inicio al vaciado de concreto con un $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ y vibrado por inmersión. Luego del desencofrado se aplica una capa de curador químico sobre la superficie expuesta.

Las canaletas centrales también son elementos premoldeados y fueron fabricadas en la planta de prefabricados según el plano CTEL-FFE-GEN-EST-DWG-31005, estas son colocadas en la losa donde la topografía verifica su alineamiento con respecto al eje del viaducto así como también su alineamiento horizontal y vertical.

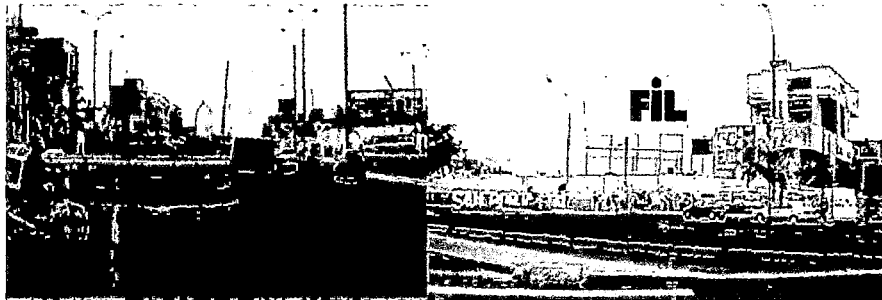
Cabe mencionar que en donde existen juntas se procede a colocar las tapajuntas de acero galvanizado, sin embargo dentro de la canaleta lateral se procede a colocar una banda de caucho para la colocación de cables del sistema electromecánico; según planos CTEL-CTE-OVA-OCI-DWG-46201 y CTEL-CTE-OVA-OCI-DWG-46201

Finalmente y luego de la colocación de los cables del sistema electromecánico los cuales son colocados en las canaletas se procede a la colocación de las tapas las cuales también son elemento premoldeados fabricados en la planta de prefabricados.

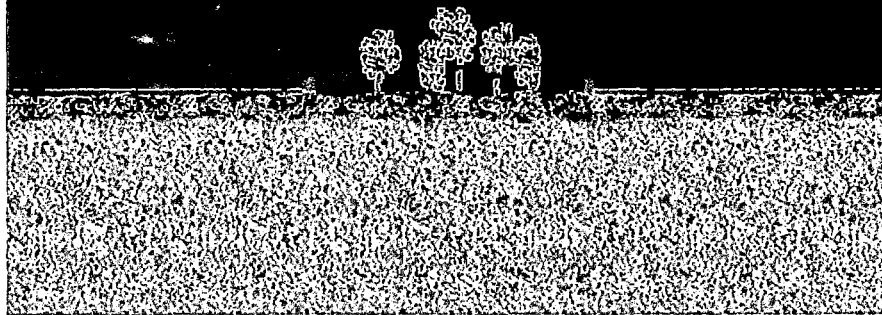
Ver Gráficos "VACIADO DE CONCRETO DE CANALETA LATERAL" y "CANALETAS LATERALES Y CENTRALES INSTALADAS" de la Página 129.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO ILUSTRADO

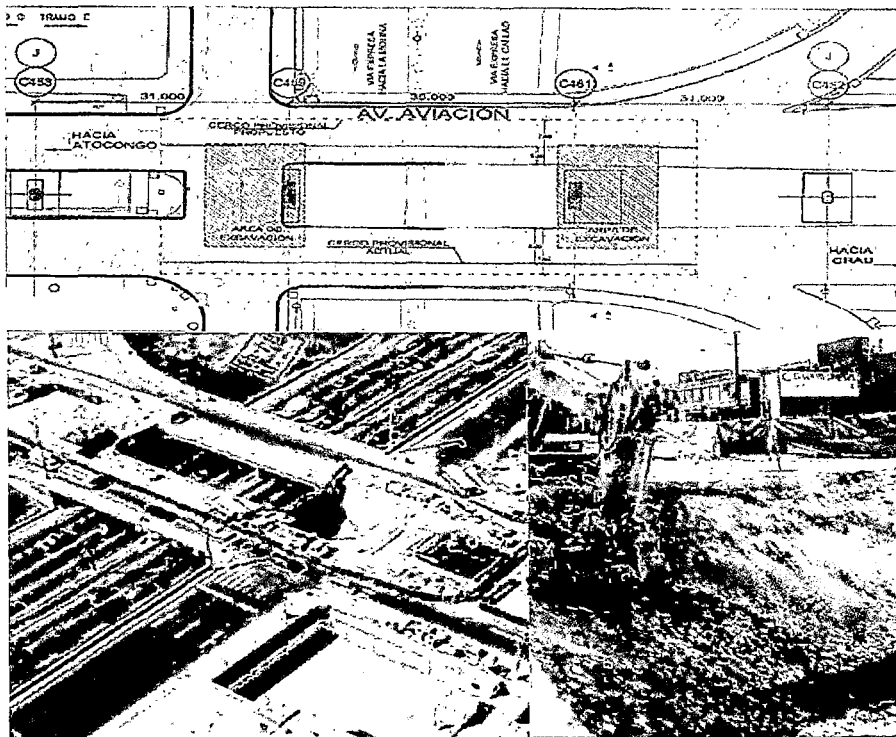
CONSTRUCCIÓN DEL VIADUCTO ELEVADO



CONSTRUCCIÓN DEL CRUCE JAVIER PRADO



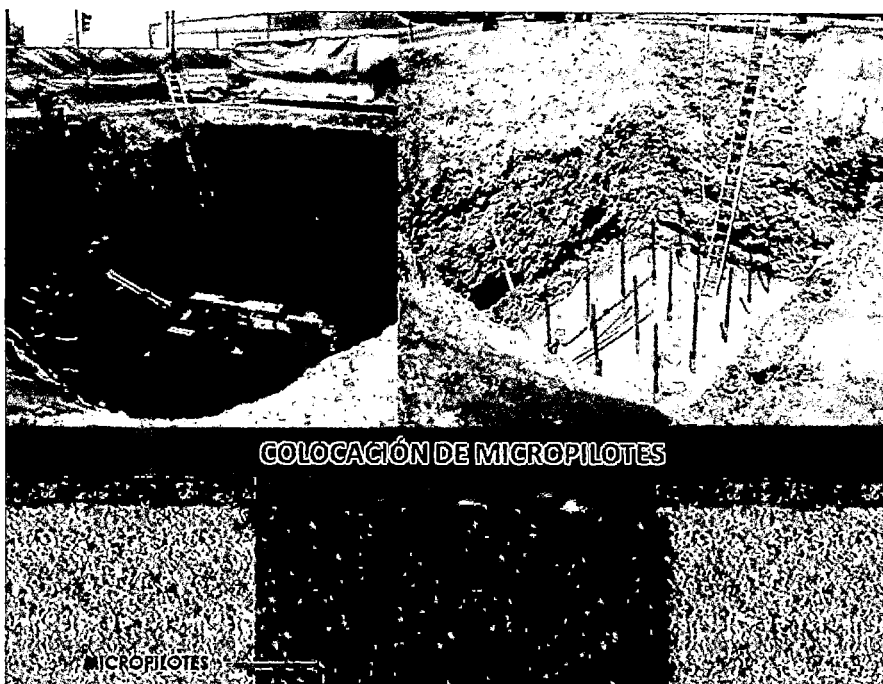
UBICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES



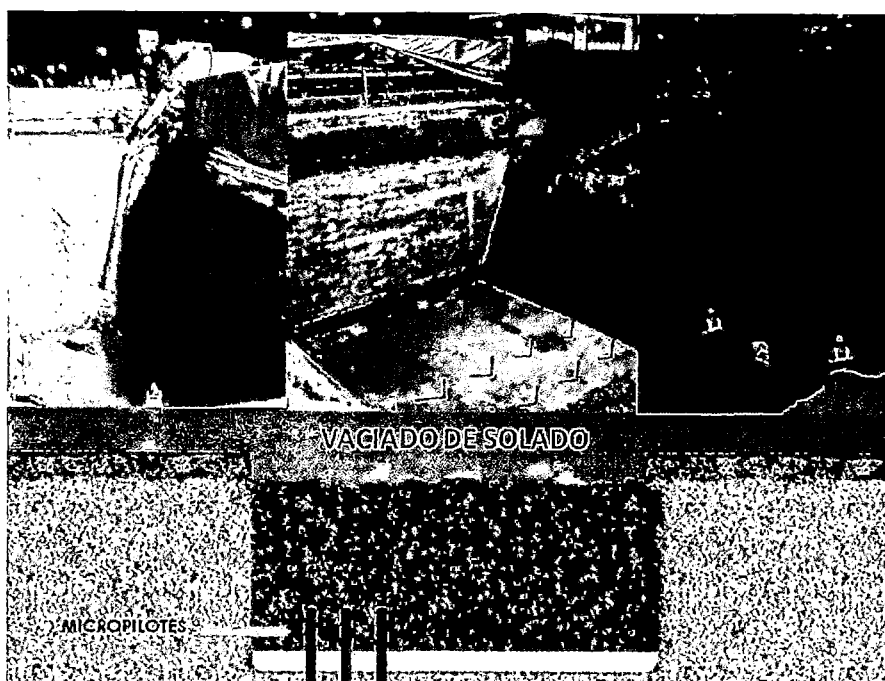
EXCAVACIÓN PARA LA ZAPATA



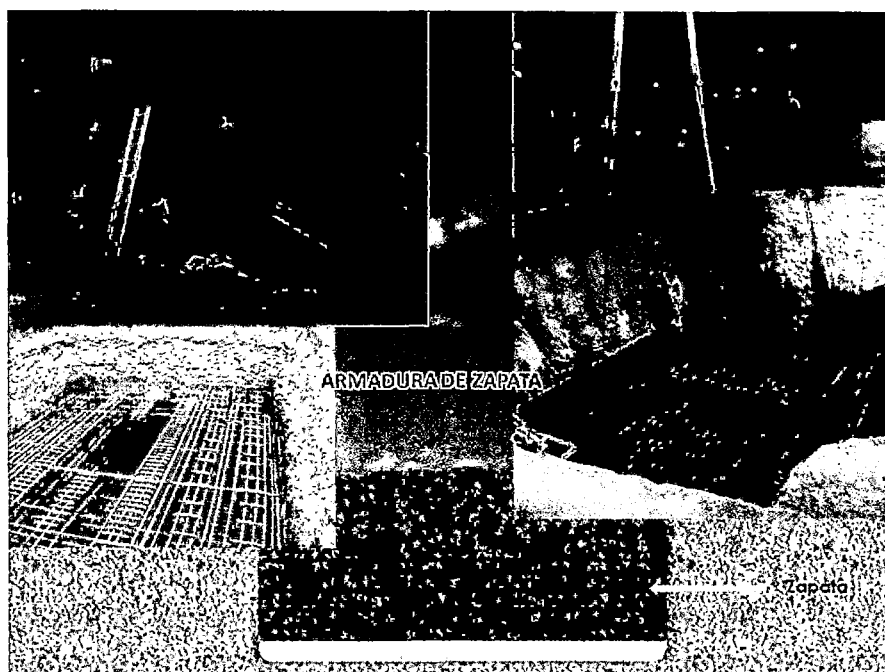
COLOCACIÓN DE MICROPILOTES (C459 Y C461)



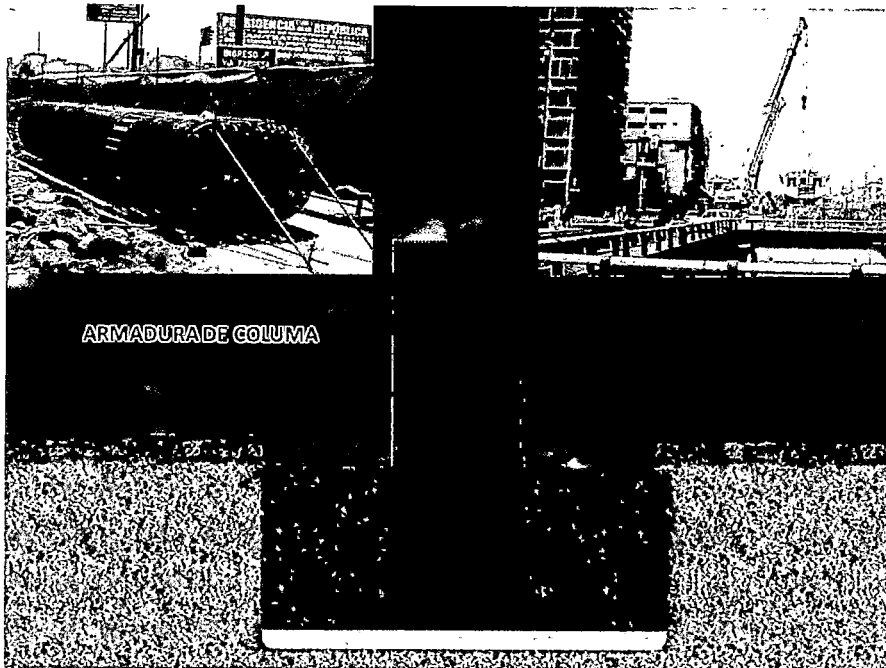
VACIADO DE SOLADO



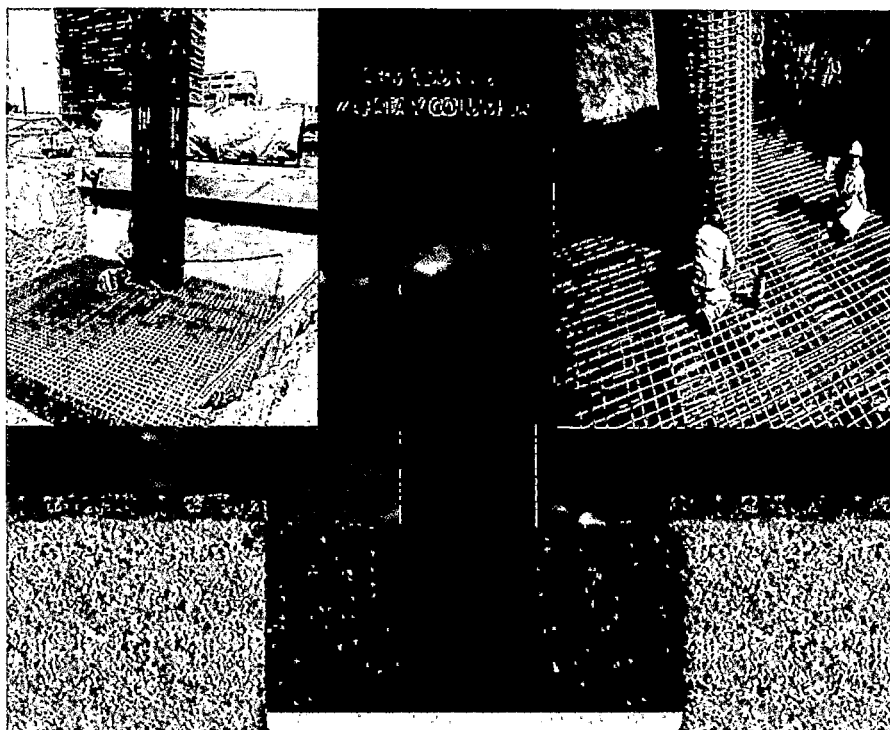
ARMADURA DE ZAPATA



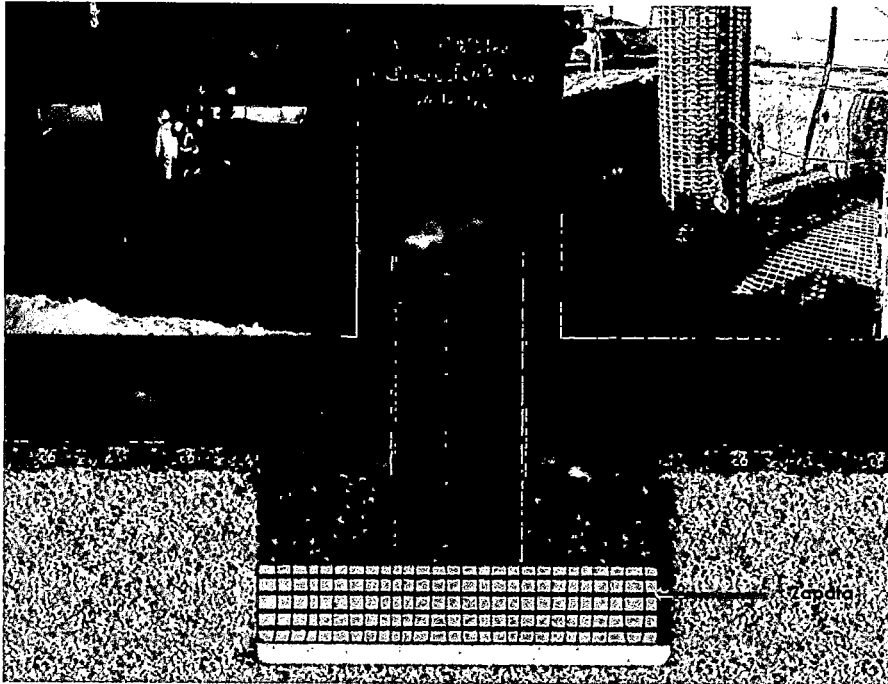
ARMADURA DE COLUMNA



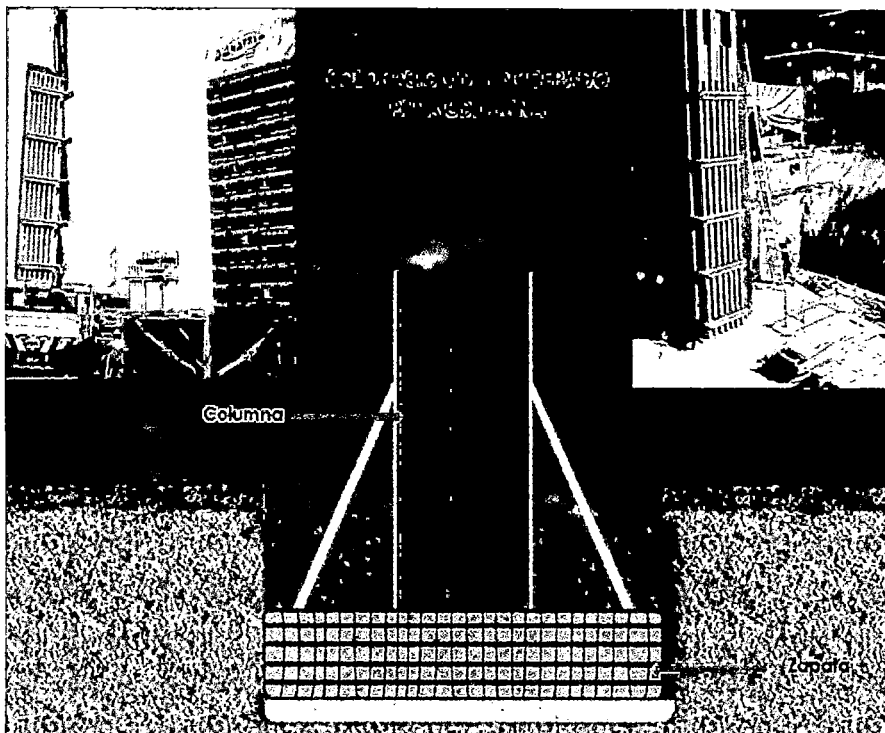
ARMADURA DE LA ZAPATA Y COLUMNA



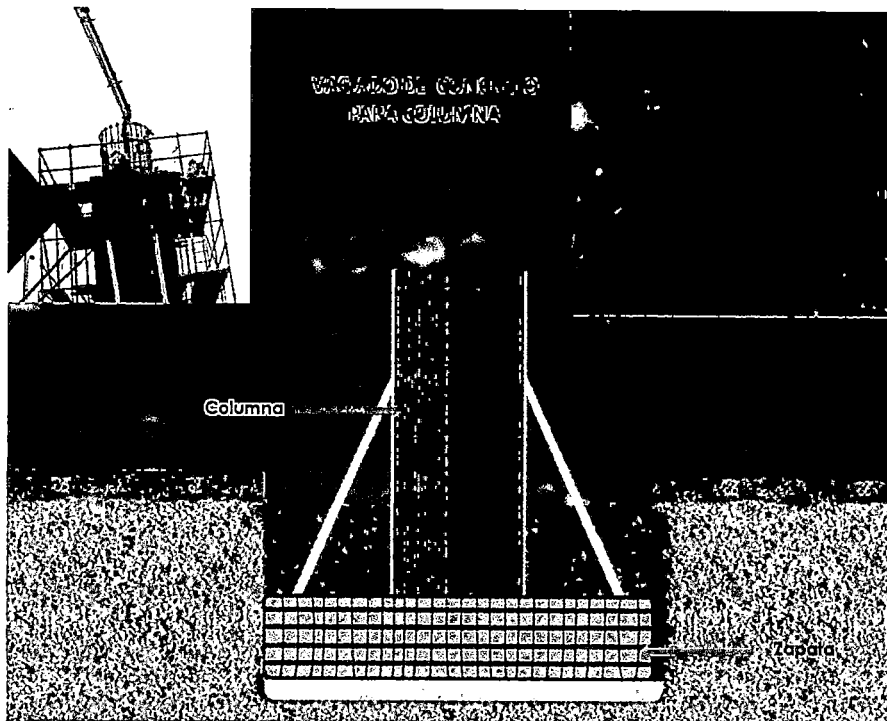
VACIADO DE CONCRETO EN LA ZAPATA



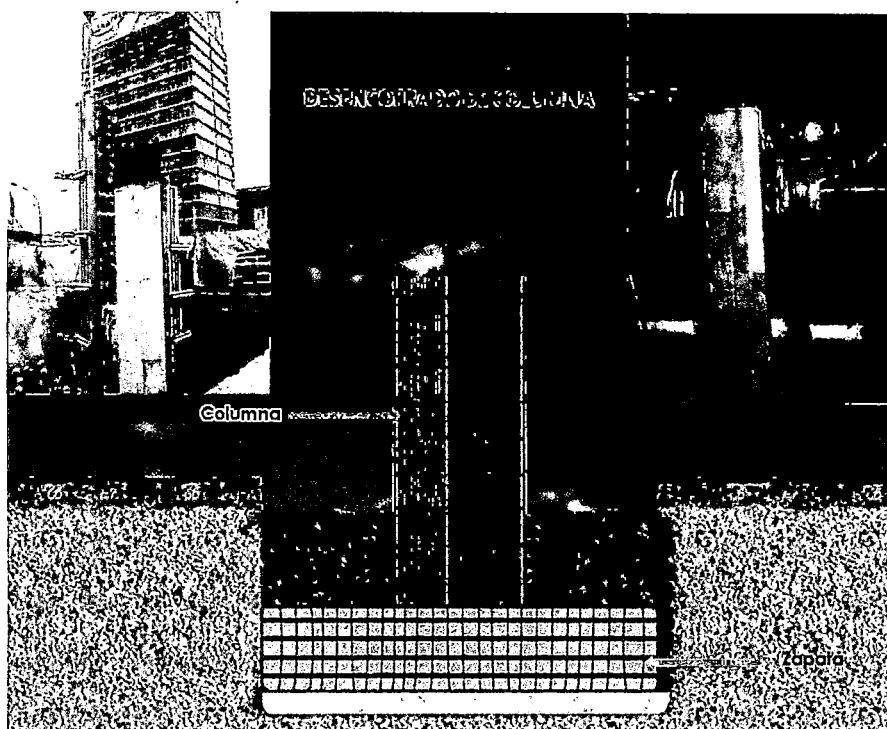
COLOCACIÓN DE ENCOFRADO PARA COLUMNA



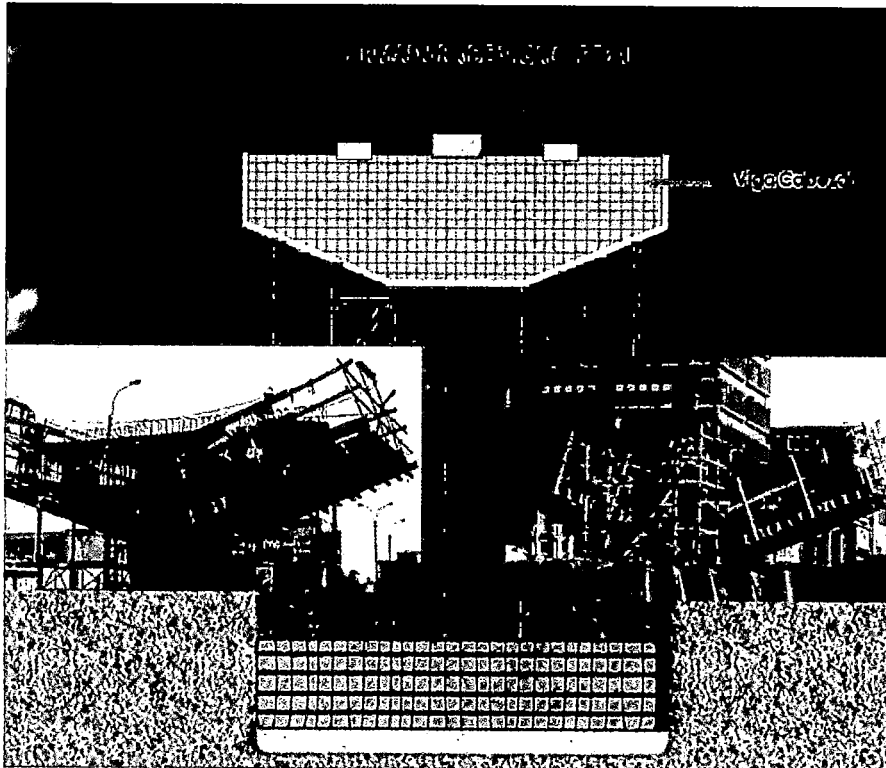
VACIADO DE CONCRETO PARA COLUMNA



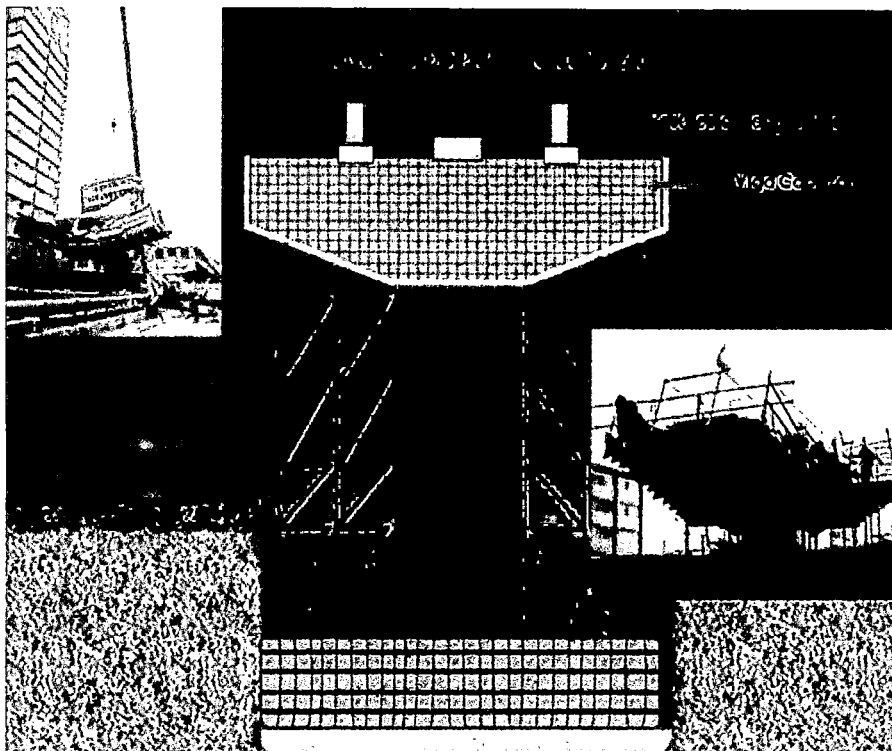
DESENCOFRADO DE COLUMNA



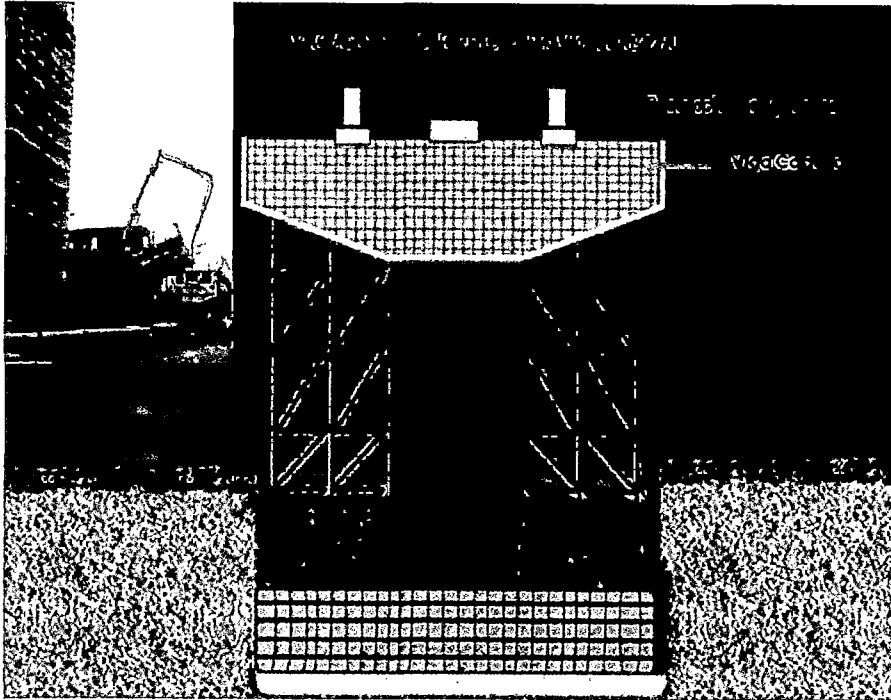
ARMADURA DE VIGA CABEZAL



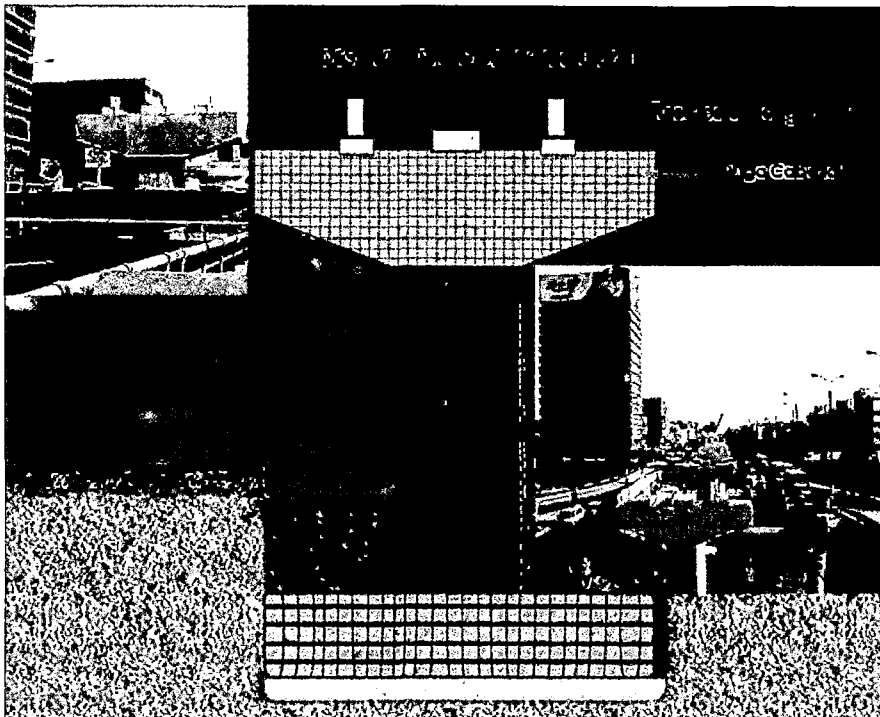
ENCOFRADO PARA VIGA CABEZAL



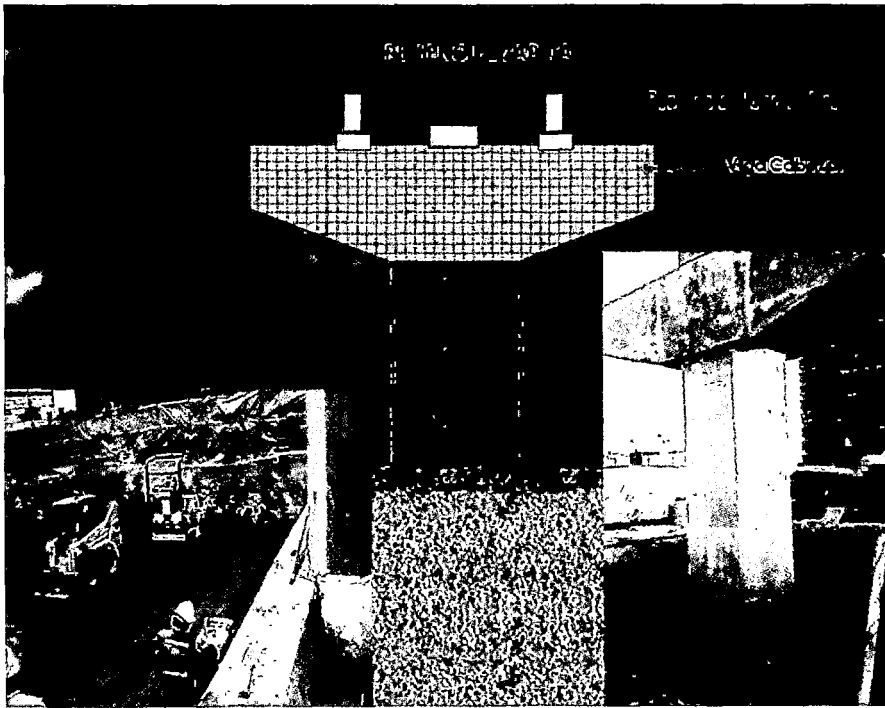
VACIADO DE CONCRETO PARA VIGA CABEZAL



DESENCOFRADO DE VIGA CABEZAL



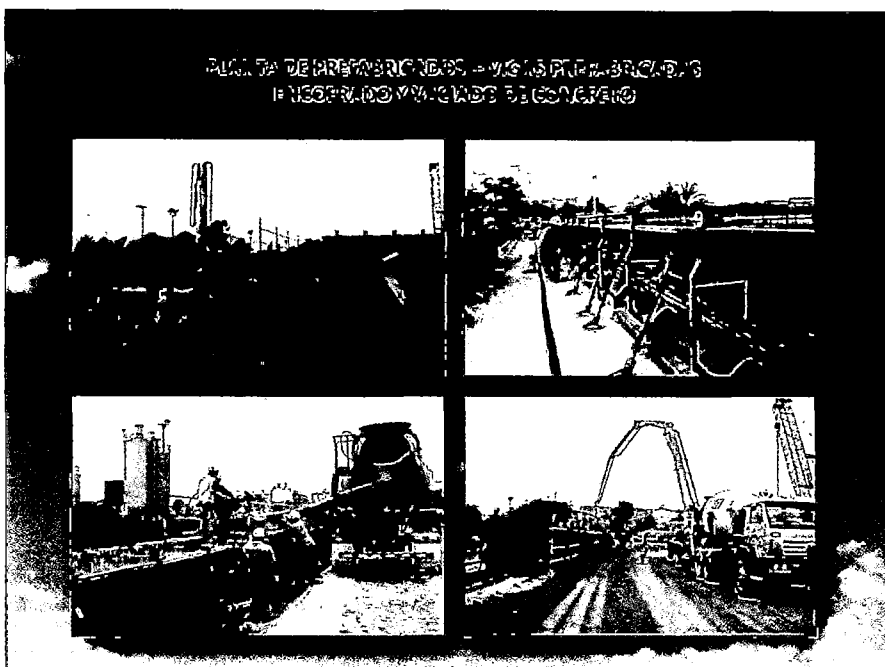
RELLENO DE ZAPATAS



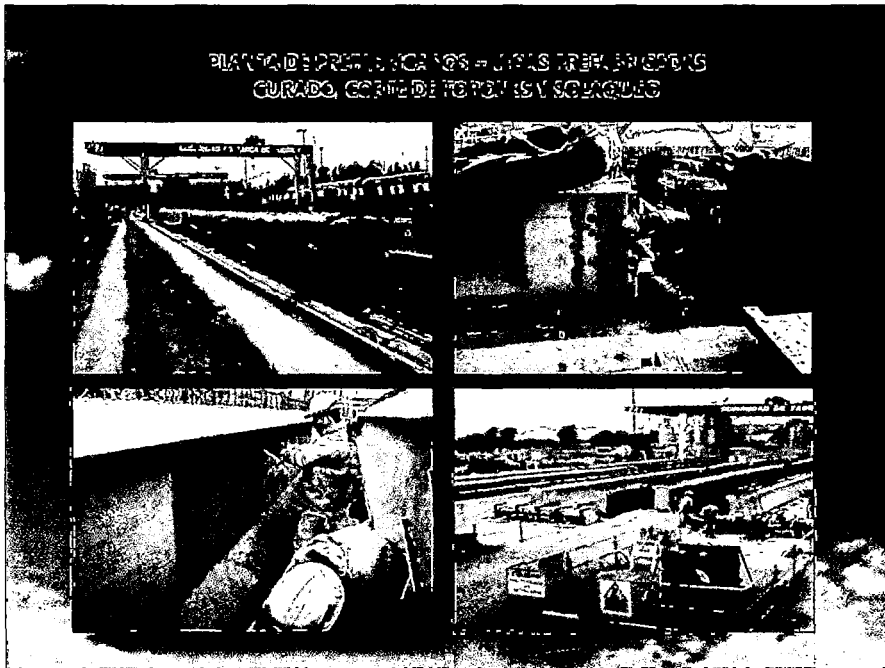
PLANTA DE PREFABRICADOS – VIGAS PREFABRICADAS ARMADURA Y COLOCACIÓN DE TORONES



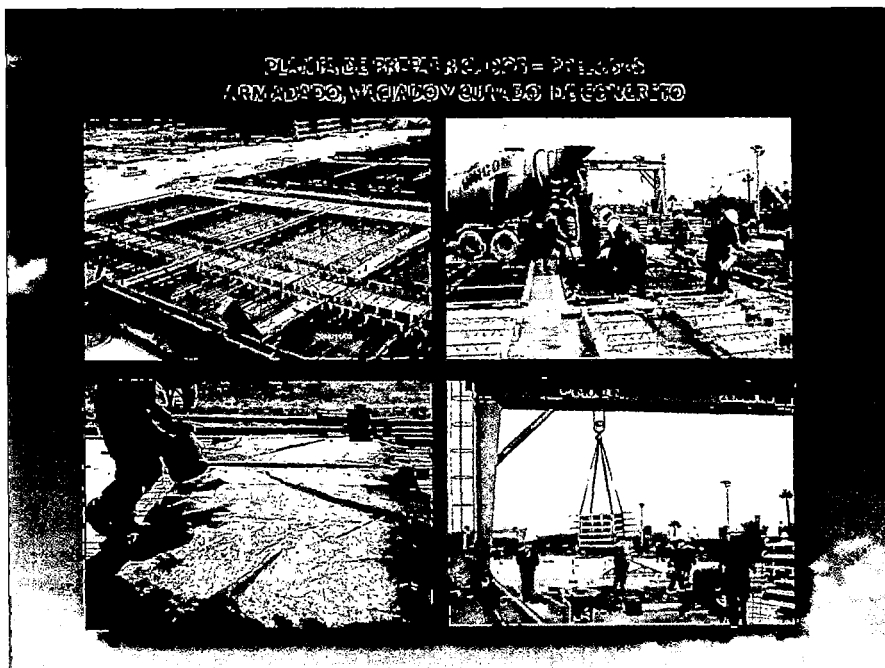
PLANTA DE PREFABRICADOS – VIGAS PREFABRICADAS ENCOFRADO Y VACIADO DE CONCRETO



PLANTA DE PREFABRICADOS – VIGAS PREFABRICADAS CURADO, CORTE DE TORONES Y SOLAQUEO



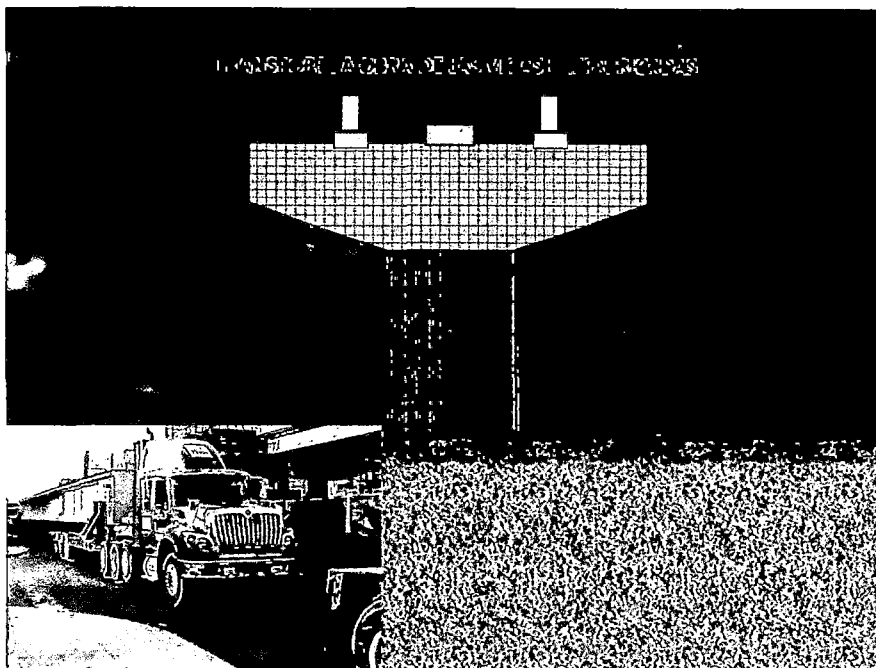
PLANTA DE PREFABRICADOS – PRELOSAS ARMADO, VACIADO Y CURADO DE CONCRETO



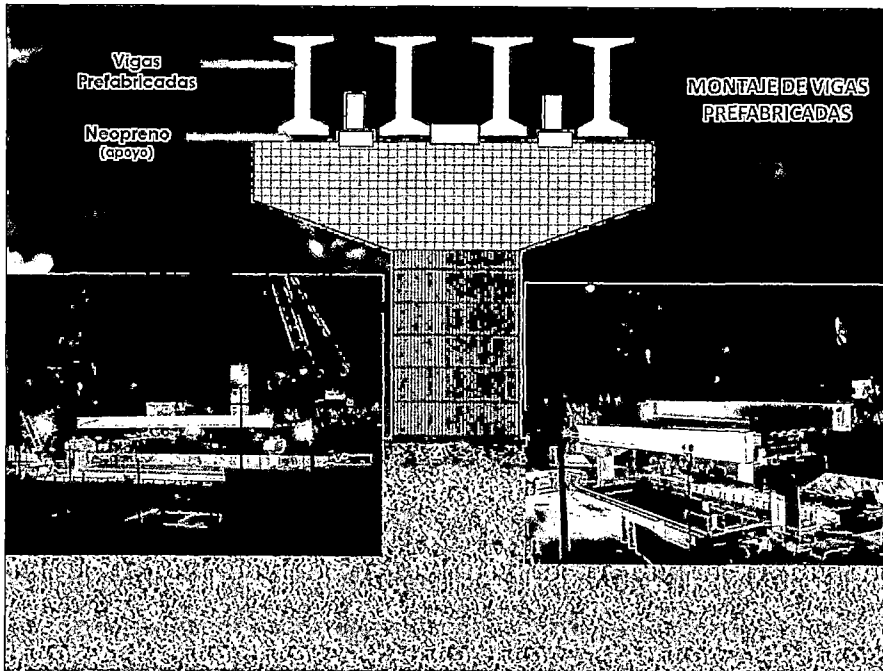
PLANTA DE PREFABRICADOS – BORDES TÍPICOS ARMADO, VACIADO Y CURADO DE CONCRETO



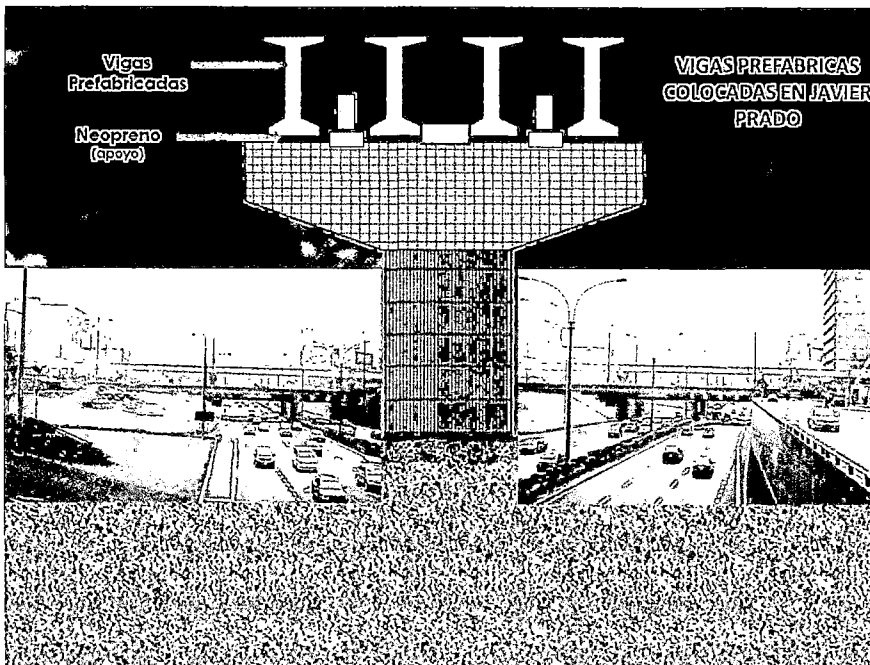
TRANSPORTE A OBRA DE LAS VIGAS PREFABRICADAS



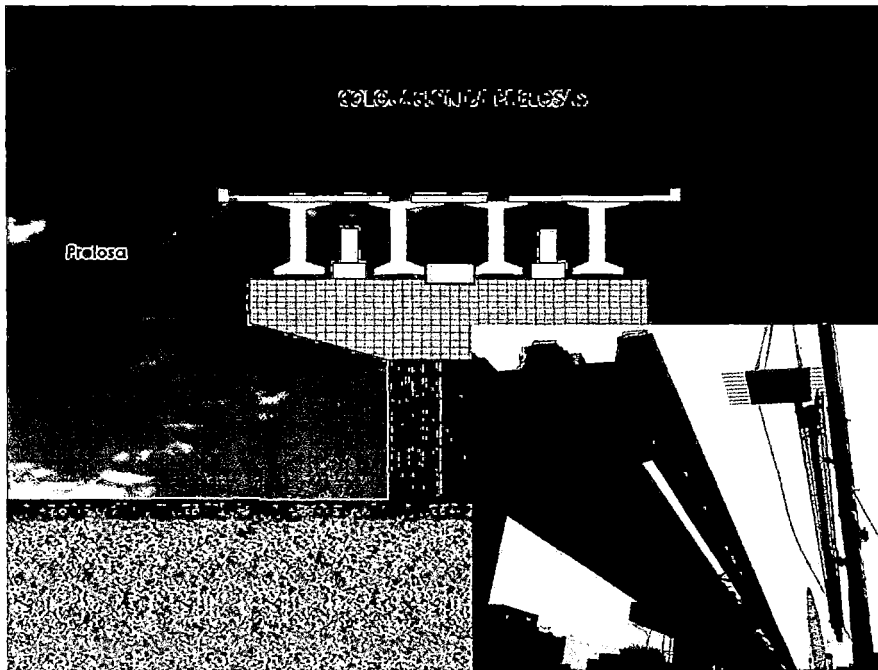
MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS



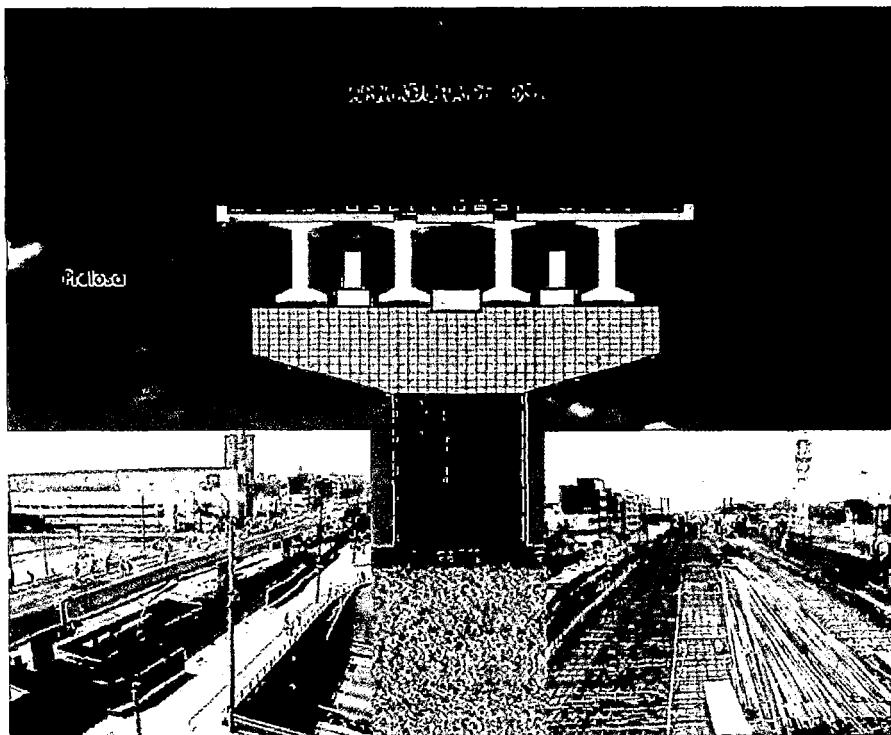
VIGAS PREFABRICADAS COLOCADAS EN JAVIER PRADO



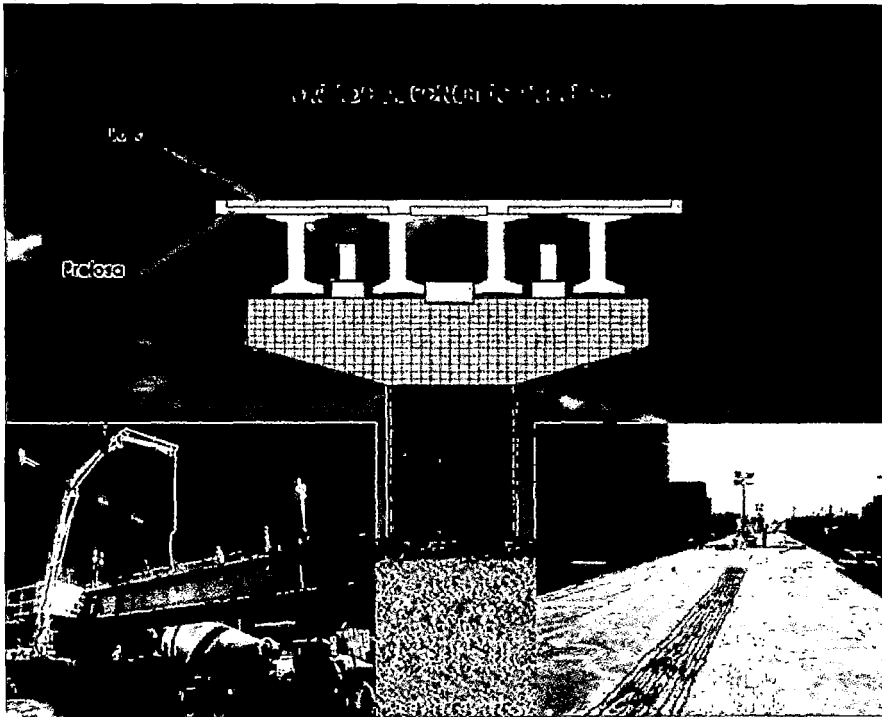
COLOCACIÓN DE PRELOSAS



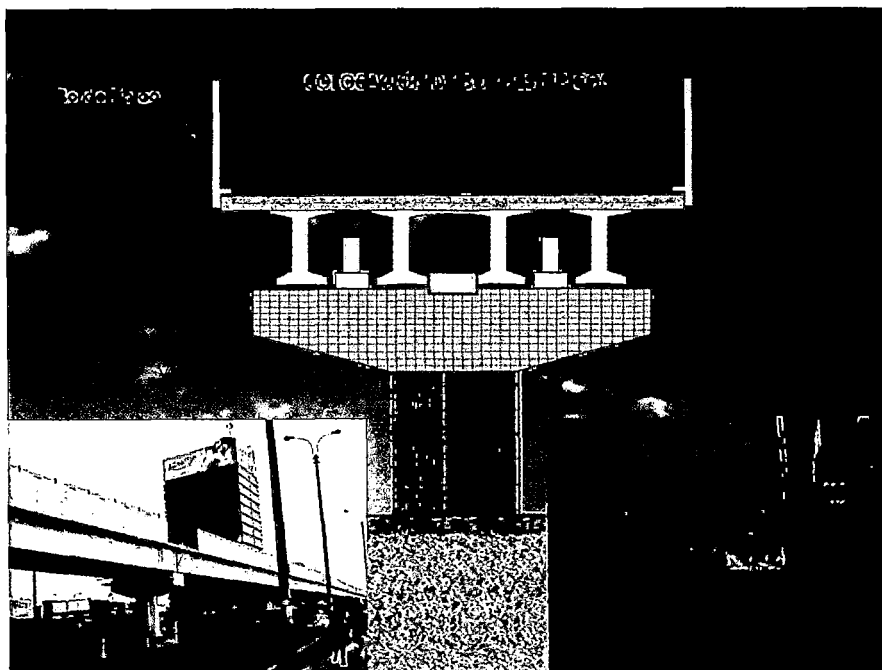
ARMADURA DE LOSA



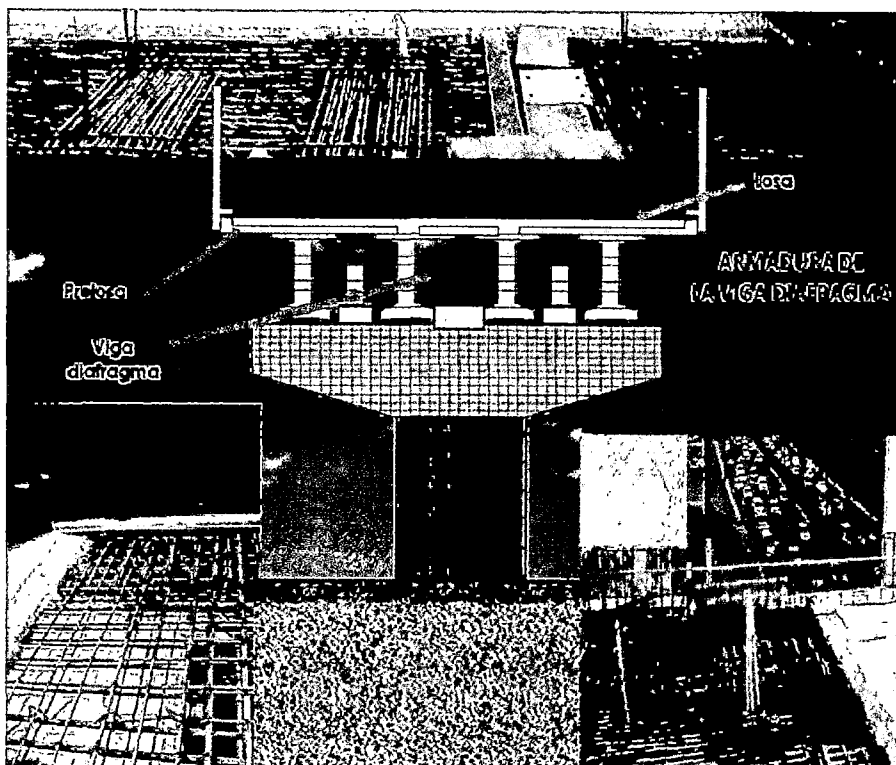
VACIADO DE CONCRETO PARA LOSA



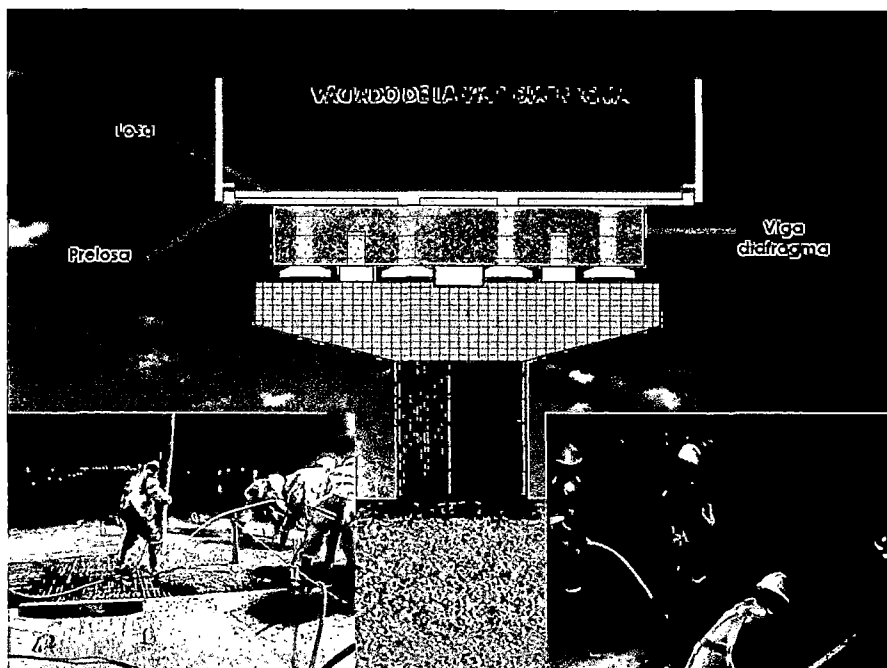
COLOCACIÓN DE BORDES TÍPICOS



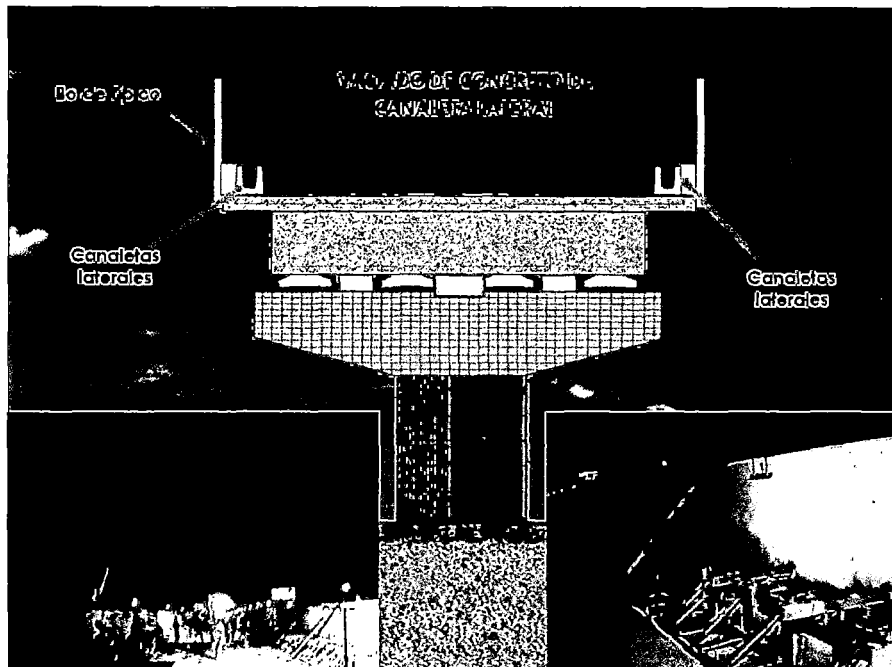
ARMADURA DE LA VIGA DIAFRAGMA



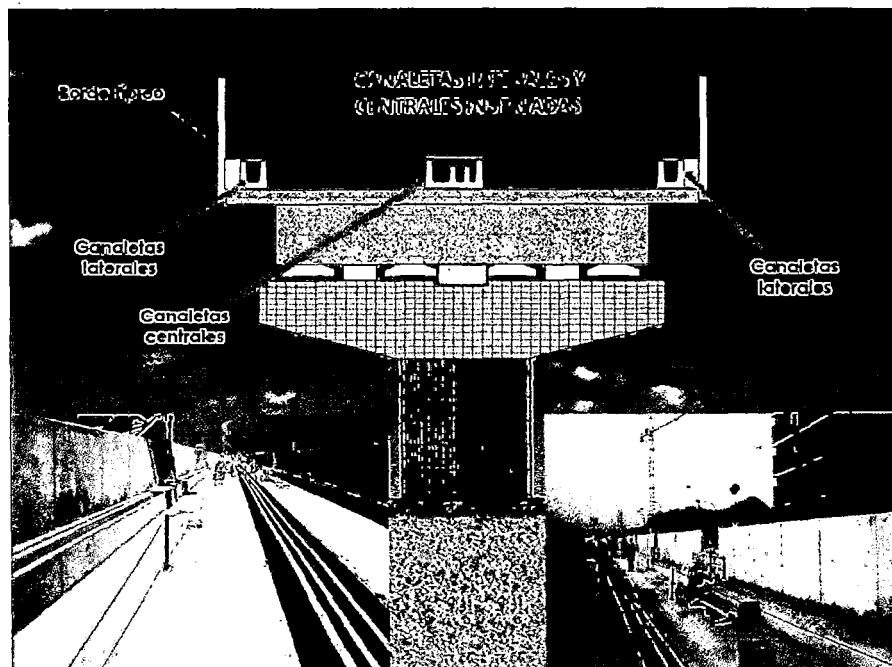
VACIADO DE VIGA DIAFRAGMA



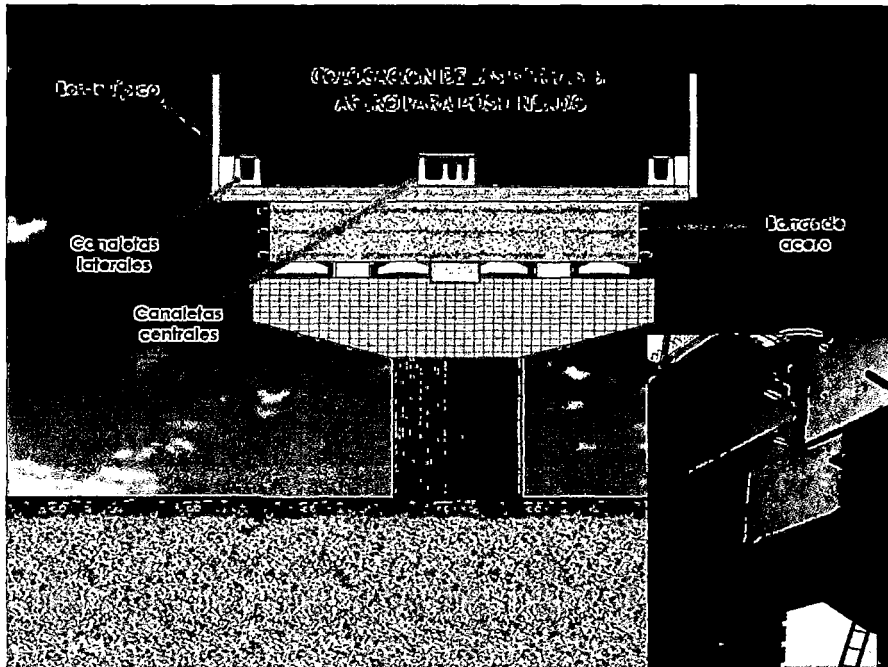
VACIADO DE CONCRETO DE CANALETA LATERAL



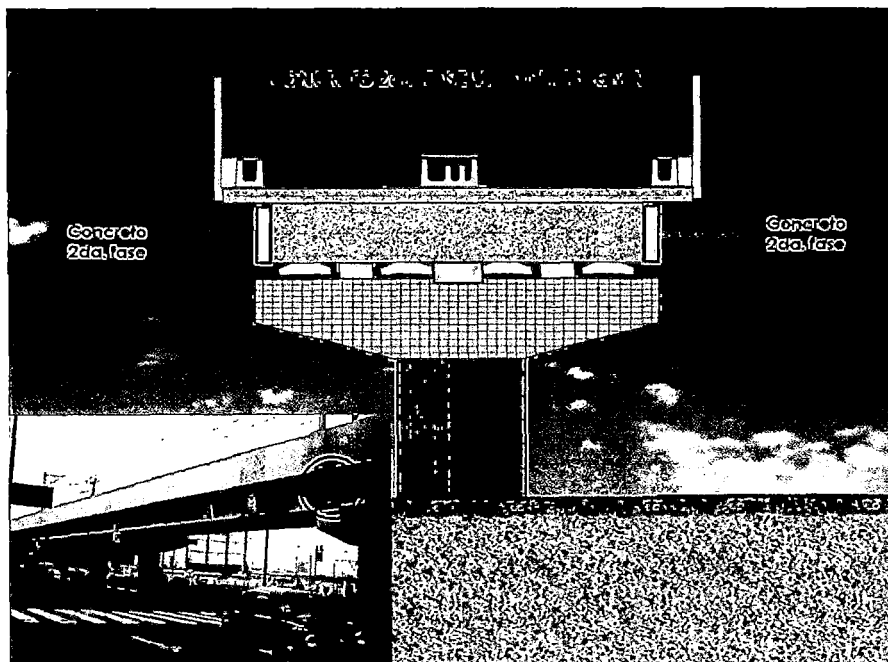
CANALETAS LATERALES Y CENTRALES INSTALADAS



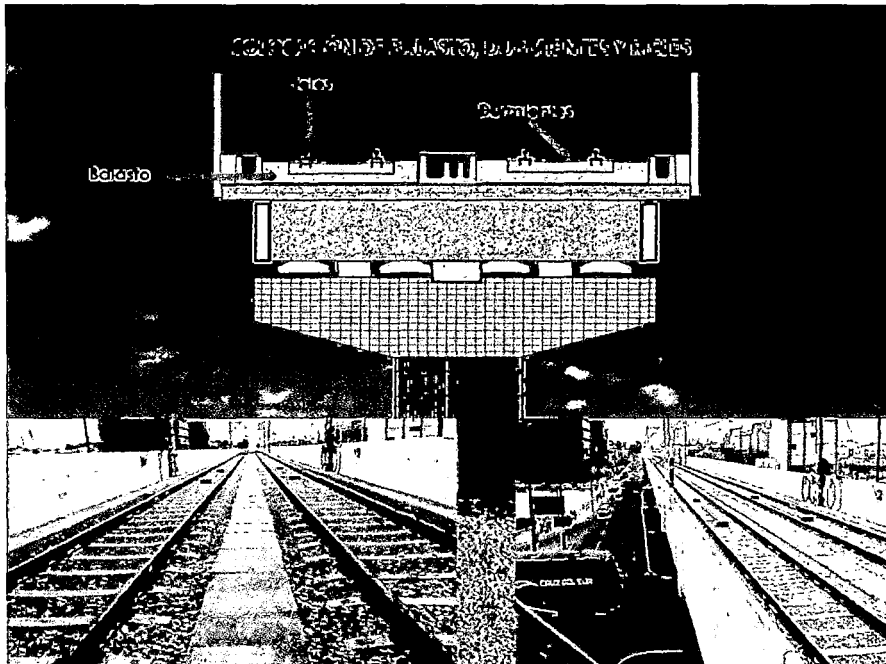
COLOCACIÓN DE LAS BARRAS DE ACERO PARA POSTENSADO



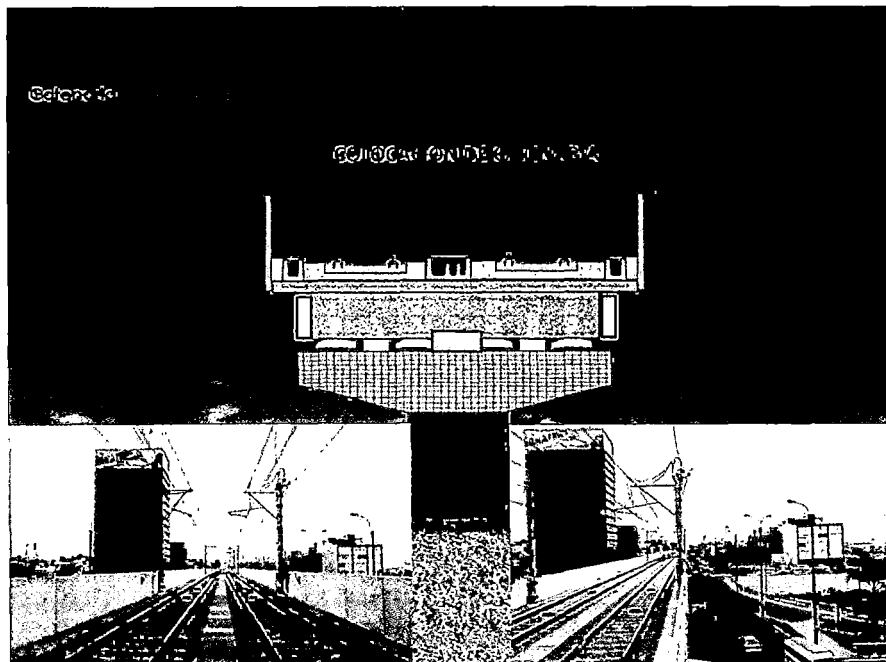
CONCRETO 2da. FASE VIGA DIAFRAGMA



COLOCACIÓN DE BALASTO, DURMIENTES Y RIELES



COLOCACIÓN DE CATENARIA



5.2 EQUIPOS A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN

En la construcción del tramo motivo de la siguiente tesis se utilizaron los siguientes equipos:

- Excavadora cat 320c 138hp / con martillo hidráulico
Se utilizó para la excavación de las zapatas.

- Camión volquete 6x4 330 HP
Con capacidad de 12m³ que transportan el material de excavación y relleno.

- Estructura de carga. (Ensayo Tracción)
 - Micropilote autopercorante Ischebeck TITAN 73/53
 - 2 vigas longuerianas L=3.30m
 - Placa 250x250x38
 - Placa 500x500x50
 - Gato hidráulico
 - Placa 300x300x50
 - Placa calota
 - 2 viguetas
 - 2 vigas longuerianas L=1.00m

- Estructura de carga. (Ensayo de compresión)
 - Micropilote autopercorante Ischebeck TITAN 73/53
 - Anclaje
 - Tubo de PVC – Liso engrasado
 - Dado de fundación 1500x1500x800 mm
 - Vigas de referencia para medición
 - Gato hidráulico
 - Placa de apoyo 500x500x50 mm
 - Travesaño
 - Durmientes de madera 1000x150x150 mm
 - Placa de anclaje 300x300x30 mm

- Viga de distribución – Doble perfil C
 - Viga de apoyo – Doble perfil I
 - Cabeza de anclaje
 - Reloj comparador
 - Placa calota $\Phi 350\text{mm}$
 - Placa 73/53 400x400x30
- Estructura de carga. (Ensayo de arrancamiento)
- Micropilote TITAN 40/16
 - Viga de apoyo – Doble perfil I L=4.20m
 - 2 vigas longuerianas L=3.30m
 - 2 viguetas
 - Placa calota $\Phi 350\text{mm}$
 - Gato hidráulico
 - Placa 250x250x38
 - Tuerca 40/16
 - Durmientes de madera 1000x150x150mm
 - Placa 250x250x38
- Ejecución de Micropilotes
- Perforadora hidráulica marca COMACHIO, modelo MC-80 montada sobre carro de orugas.
 - Compresor Ingersoll Rand VHP750 de 225 psi de presión máxima.
 - Inyectora CHEMGROUT de la serie CG600
 - Micropilote autoperforante Ischebeck TITAN 73/53
 - Espiral de zunchado
 - Placa 250x250x38
 - Tuerca
 - Tubo corrugado D=100mm.
- Equipos topográficos
- Estación total
 - Teodolito
 - Nivel topográfico.

- Grúas Grove de 90 Toneladas.
Se utilizó para la colocación de la armadura de las zapatas excéntricas y de las columnas de Javier Prado.

- Bomba de concreto (Pluma)
Permite que el concreto (el cual es abastecido mediante mixers) sea colocado en obra mediante una tubería o manguera hasta el punto de vaciado en las estructuras de las zapatas, columnas, vigas cabezales, losas, vigas diafragma, canaletas laterales, etc.

- Vibrador de concreto (tipo aguja) 4HP 18PL 2.4PUL
Este modelo de vibrador de aguja va dotado de un motor monofásico universal que transmite la fuerza mediante un eje flexible al vibrador que se encuentra en el otro extremo de la manguera.

- Compresora neumática 250 - 330 pcm - 87 hp
Se utilizan para limpiar la estructura antes de la colocación del concreto.

- Grúa Pórtico de 3.5 TN

- Conformación del material
 - Camión cisterna
 - Rodillo bermero (2 Ton.)
 - Minicargador frontal GEHL SL460
 - Planchas compactadoras (450 Kg.)
 - Vibroapisionadores
 - Compactador vibratorio tipo plancha 4HP
 - Densímetro nuclear

- Camiones grúa de 12 y 15 Toneladas
Se utilizó para el encofrado y desencofrado de las columnas.

- Grúa Link Belt 298 HSL – 248HSL
Con capacidades de 230 y 200 Ton. respectivamente, ambas son de tipo hidráulico de celosía sobre orugas las cuales se utilizan para el montaje de las vigas prefabricadas en el viaducto.

- Telehandler
Máquinas que permiten levantar cualquier tipo de cargas y/o personas hasta alturas a las que ningún montacargas convencional podría, además cuentan con sistema de tracción 4x4 que les permite trabajar en cualquier terreno.

- Andamios y encofrados ULMA.

5.3 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

5.3.1 Acero

El acero ha sido dimensionado y habilitado por la Aceros Arequipa con $F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ para todas las estructuras.

5.3.2 Concreto

Se ha utilizado concreto premezclado de UNICON para las siguientes estructuras:

Concreto $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ en solado para zapata

Concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en Zapatas

Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ en Columnas

Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ en Vigas Cabezales

Concreto $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ en Vigas Prefabricadas

Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ en Losas Prefabricadas

Concreto $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ en Diafragmas

Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ en Tableros

Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ en Borde típico

Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ en canaletas laterales y centrales

5.3.3 Relleno para zapatas

Todos los materiales que se emplearon en la construcción de rellenos previnieron de las excavaciones de la cimentación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; el material estuvo libre de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales.

5.3.4 Aditivo para concreto y reparaciones

- Sika Antisol. Compuesto líquido para el curado de concreto.
- SikaRep. Mortero reforzado con fibras para reparación de concreto.
- Sikadur 32Gel. (Puente de adherencia). Es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes.
- Sikadur 52. Sistema de dos componentes a base de resina epóxica, exento de solventes y de excelente fluidez. Se utiliza para inyecciones de concreto.
- Sikaflex 11 Fc. Es un sellador y adhesivo flexible, posee resistencia mecánica y química. Reacciona ante la humedad del aire y se convierte en un sellador elástico.
- Intraplast. (Expansor para mezclas de cemento). Es un aditivo en polvo, que contiene plastificantes especiales y productos expansivos finamente molidos, que actúa sobre las mezclas de expansor, defloculante y plastificante.
- Viscocrete 20 HE (Aditivo superplastificante de alto rendimiento). Es un aditivo superplastificante de tercera generación para hormigón y mortero.

5.3.5 Grout nivelante

El grout o capa nivelante consiste en una mezcla cementicia de alta resistencia, con áridos especiales de granulometría controlada, aditivos de avanzada tecnología, exentos de cloruros y componentes metálicos que sirve como elemento de conexión entre un elemento de concreto con otro cuerpo que requiere una superficie nivelada. Se coloca directamente sobre la superficie del concreto, en una capa o varias capas según las indicaciones en los planos y previo a la colocación del accesorio del neopreno.

5.3.6 Neopreno

Está formado por planchas de acero de 3mm de espesor y que es donde se apoya la viga prefabricada. Tiene mucha efectividad como medio para la transferencia de la carga, cuando soporta cargas de compresión en neopreno absorbe las irregularidades de la superficie y de esa manera las imperfecciones salientes como las hundidas que tiene la superficie de concreto todas soportan la

carga. Una ventaja importante que es altamente resistente al deterioro y necesita menos conservación.

5.3.7 Restricciones longitudinales

Son dispositivos de acero, de control sísmico y se colocan adyacentes a los apoyos en la parte superior de la viga cabezal, que tienen por finalidad limitar los desplazamientos de la superestructura con respecto a sus apoyos, originados por fuerzas sísmicas.

5.3.8 Barras de postensado

Son barras de acero de grado 150, roscado de Ø32mm y cumplen con lo especificado en la norma ASTM A 416.

5.3.9 Ductos de postensado

Consiste de una vaina galvanizada de diámetro interior de Ø42mm que sirve para el paso de una barra de postensado. Estos ductos atraviesan transversalmente las 8 vigas que conforman cada diafragma, una viga tiene 3 ductos, quedando un total de 6 ductos por diafragma; además cada ducto tiene 2 chimeneas para inyección de lechada.

5.3.10 Chimenea de inyección

Está conformada de una boquilla de inyección (pieza de PVC con reducción para Ø3/4") que empalma el ducto de postensado con una manguera flexible de Ø3/4" en un extremo queda embebido en el concreto del diafragma, el extremo opuesto de la manguera alcanza una zona accesible para la posterior inyección de lechada.

5.3.11 Platina y tuerca para barra de postensado

La tuerca cumple la función de transmitir la fuerza de tensado a la platina y esta última transmite los esfuerzos generados por la fuerza de tensado hacia la viga diafragma; cabe mencionar que durante la actividad de tensado la tuerca es girada casi simultaneo, asegurando la fuerza aplicada y manteniendo la elongación deseada de la barra.

5.3.12 Bandas de caucho de 0.4mx1/8pulg

Se colocan en las juntas sísmicas previamente a la colocación de los tapajuntas metálicas. Cabe mencionar que en las juntas de canaletas laterales solamente se coloca estas bandas de caucho que sirven para el libre paso del cableado eléctrico.

5.3.13 Tapajuntas metálicas

Son de acero galvanizado y se colocan en las juntas sísmicas del viaducto para evitar la caída del balasto.

5.4 PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS

Se ha programado los trabajos, teniendo la secuencia de las actividades principales que se describe a continuación a través de un Planeamiento:

PLANEAMIENTO

- Para la construcción del cruce Javier Prado, se tuvo que cerrar la Av. Javier Prado (sentido de Oeste a Este) debido a la excavación de una zapata excéntrica; se hizo uso de elementos prefabricados que evitó que se llegaran a colocar encofrados y andamios en el sitio de la obra que hubiera originado cerrar la Av. Javier Prado en su otro sentido (Este a Oeste). Es importante señalar que los trabajos de montaje de los elementos prefabricados tales como prelosas, bordes típicos, canaletas laterales y centrales así como también los vaciados de concreto de losa se realizaron generalmente en horas de la madrugada ya que la zona en construcción por encontrarse en una zona comercial no tuvo afectación ya que a esas horas la mayoría de personas ya no laboran. El realizar estos trabajos en esas horas también sirvió para no poder incidir en el tránsito que a esas horas disminuye.
- El cruce especial Javier Prado consistió en 3 tramos continuos de 31m - 35m - 31m de luz con una longitud total de 97m entre juntas de expansión, conformados a partir de vigas prefabricadas hechas continuas por medio de diafragmas de concreto armado vaciados in sitio. La cimentación del viaducto consistió en zapatas de concreto armado de ejes C458, C459, C461 y C462; las cuales se consideraron estructuras extremas (C458 y C462) y estructuras centrales (C459 y C461).
- Antes del inicio de las excavaciones se realizaron ensayos de micropilotes para las zapatas centrales, estos micropilotes soportan principalmente cargas de tracción por lo que se procedió a realizar este tipo de ensayo que son: ensayos de tracción y compresión, ensayo de arrancamiento; dando como conclusión que los resultados obtenidos sobrepasan las expectativas con respecto a la resistencia real del suelo y que además los micropilotes serán capaces de resistir las cargas máximas de tracción y compresión las que serán sometidos, tanto en el

estado de servicio, como en la situación extrema de un sismo. (ver Anexo D, Ensayo de Tracción y compresión de Micropilotes e Informe de Ensayo de arrancamiento).

- Antes de proceder la excavación de la zapata C459 y debido a que ésta se encuentra localizado en la calzada de la Av. Javier Prado cruce con Av. Aviación, se tuvo que cerrar esta vía cerca de 3 meses (sentido de Oeste a Este) para lo cual se adjunta en el Anexo D el Plan de desvío al tránsito de dicha avenida, cabe mencionar que este plan de desvío duró hasta la colocación de las vigas prefabricadas.
- Después de hacer las excavaciones de las zapatas centrales se procedió al hincado de micropilotes para posteriormente proceder con el vaciado del concreto para solado de zapatas centrales
- Después de las excavaciones de las zapatas extremas se realizaron ensayos DPL antes de la colocación del concreto para solado de zapatas extremas.
- El armado de las zapatas centrales se realizó en la superficie exterior y luego mediante grúas fue izado y colocado en el interior de la excavación y esto debido a un motivo de seguridad ya que la profundidad de excavación fue de 6.70m. Para el armado de las zapatas extremas se realizaron en el interior ya que tenían una profundidad de excavación de 4m. Cabe mencionar que para las armaduras de las zapatas extremas se dejó un espacio en el centro de éstas para la colocación de la armadura de la columna y para las armaduras de las zapatas centrales también se dejó un espacio pero en este caso fue en el extremo para la colocación de la armadura de la columna. El armado y colocación por cada zapata fue realizado por 10 obreros en un lapso promedio de 3 días y medio.
- El armado de la columna fue realizada en forma horizontal y para su colocación se tuvo primero que tener en el interior de la excavación la armadura de la zapata, ésta colocación se realizó mediante una grúa donde fue izada y colocada en el centro de la armadura de las zapatas extremas y/o extremo de la armadura de las zapata centrales. Es muy importante señalar que cuando la columna (central o extrema) fue colocada en el interior de las zapatas, es en ese momento donde se terminó totalmente de armar la columna con la zapata. El armado y

colocación por cada columna fue realizado por 12 obreros en un lapso de 3 días. Finalmente fue vaciado el concreto para zapata; cabe resaltar que no se ha utilizado encofrado para zapatas, es decir se ha vaciado contra el terreno natural.

- Concluido con el vaciado de la zapata se procedió al encofrado y vaciado de la columna.
- Posterior al vaciado y después de desencofrar la columna se procedió a colocar el encofrado de fondo de viga cabezal y se comenzó con el armado de esta estructura para posteriormente empezar a colocar el encofrado lateral, paralelo a esto se colocaron las restricciones longitudinales que se encargan de transmitir las cargas longitudinales a la columna. El armado y colocación por cada viga cabezal fue realizado por 8 obreros en un lapso de 3 días. Finalmente se procedió al vaciado de concreto y las restricciones longitudinales quedan embebidas en el concreto de la viga cabezal.
- Posterior al vaciado y después de desencofrar las vigas cabezales se procedió al reforzamiento del muro de Javier Prado en la zapatas centrales (C459 y C461).
- Se procedió a colocar relleno en las zapatas.
- Posterior a eso se continuó con el montaje de las vigas prefabricadas de concreto armado, las cuales fueron fabricadas en la Planta de Prefabricados localizado en la Videna, en esta planta también se han fabricado otros elementos prefabricados como son las prelosas, bordes típicos, canaletas centrales y laterales.
- Para la fabricación de las vigas antes mencionadas primero se colocó el acero de refuerzo y también se colocaron los torones los cuales están conformados por 7 hilos de acero , se procedió a encofrar y a tensar entre los extremos de las vigas mediante gatas hidráulicas, una vez aplicada la fuerza de tensado se procedió al vaciado de las vigas para posteriormente aplicar el sistema de curado acelerado y una vez que el concreto haya alcanzado la resistencia requerida se procedió a autorizar el corte de los cables de pretensado; cabe mencionar que la fabricación de los bordes típicos, canaletas centrales y laterales fue independiente de la fabricación de las vigas por lo que su fabricación en la mayoría de los casos se realizaba con anticipación.

- El traslado de las vigas prefabricadas hacia el cruce Javier Prado fue realizado un fin de semana y esto por motivo de menor tráfico y facilitar el traslado de las vigas.
- Una vez colocadas las vigas prefabricadas mediante grúas se procedió a colocar las prelosas que son elementos de concreto armado de 8 cm de espesor que hicieron las veces de encofrado de fondo y lateral para el vaciado de las losas de la plataforma del viaducto. Cabe mencionar que después de la colocación de vigas prefabricadas y durante la colocación de las prelosas y debido a que se había rellenado anteriormente, se procedió conjuntamente con la colocación de asfalto en la Av. Javier Prado en la zona de la zapata C459 y de esta manera poder reabrir el tránsito en la avenida antes mencionada en la dirección de Oeste a Este.
- Posterior a la colocación de las prelosas se procedió a la colocación del acero de refuerzo para la losa, el cual fue realizado por 33 obreros en un lapso de 4 días para proceder luego con el vaciado de esta estructura.
- Culminado el vaciado de la losa se procedió al armado de la viga diafragma, el armado de acero por cada diafragma fue realizado por 8 obreros en un lapso de 1 día, posteriormente se procedió a encofrar los lados laterales y vaciar con concreto la estructura. Mientras se estaba realizando esta actividad y mediante grúas, se procedió al montaje de los bordes típicos y de las canaletas laterales y centrales; cabe mencionar que en el borde típico y en las canaletas laterales hay unos aceros expuestos que sirven de anclaje para ambas estructuras, las cuales quedaron embebidas en el vaciado de concreto para anclaje (previamente se realiza el encofrado para anclaje entre borde y canaleta) donde el borde típico y canaleta lateral quedan unidas estructuralmente.
- Después se dio inicio a la armadura del borde vaciado insitu, se encofró y se procedió al vaciado; es importante señalar que antes del vaciado se colocó una canaleta lateral prefabricada de longitud igual al ancho del borde en mención, de tal manera que después del vaciado la estructura se vuelve monolítica (canaleta lateral mas borde insitu).
- Finalmente las canaletas centrales prefabricadas que han sido montadas anteriormente quedan adheridas a la losa del viaducto mediante una cama de mortero. A continuación mostramos las barras de Gantt de la programación antes descrita.

5.5. USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

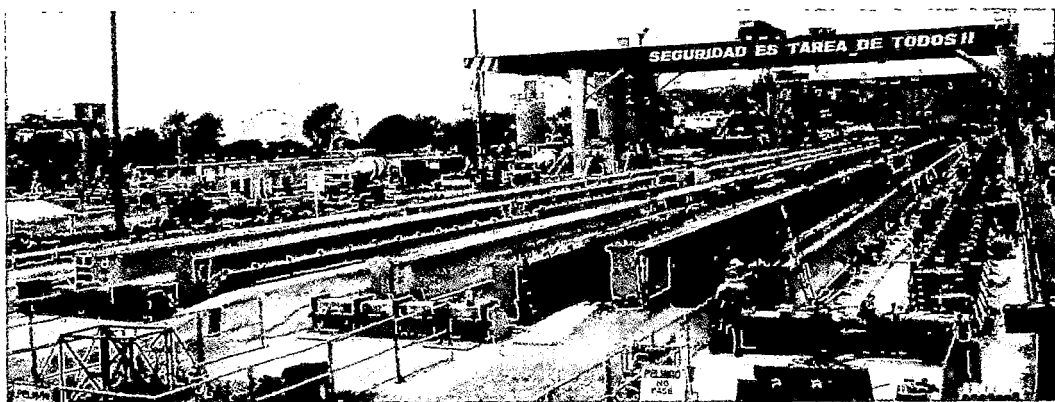
5.5.1 Uso de elementos prefabricados

Hoy en día los grandes proyectos del sector construcción están haciendo uso de los elementos prefabricados que aceleran la producción de las obras y permiten también tener productos de mejor calidad y a la misma vez facilitan mucho la labor de los distintos operarios que intervienen en la misma, de esta manera también se consigue un mayor beneficio económico, dinamizando la ejecución de las obras y mitigando el impacto que sobre la población se genere, por lo anteriormente expuesto este sistema de obra con elementos prefabricados está cobrando gran fuerza en la industria de la construcción.

En el caso de la construcción del Viaducto elevado motivo de la presente tesis, se fabricó muchos de estos elementos con concreto armado tales como prelosas, bordes típicos, canaletas laterales, canaletas centrales y vigas prefabricadas para lo cual se instaló una Planta de Prefabricados ubicado en el distrito de San Luis, dentro de la Villa Deportiva Nacional conocido como La Videna. Dicha planta cubrió un área de 55,000m² se fabricaron los elementos estructurales para complementar la construcción del viaducto, así como el concreto a utilizar en toda la obra.

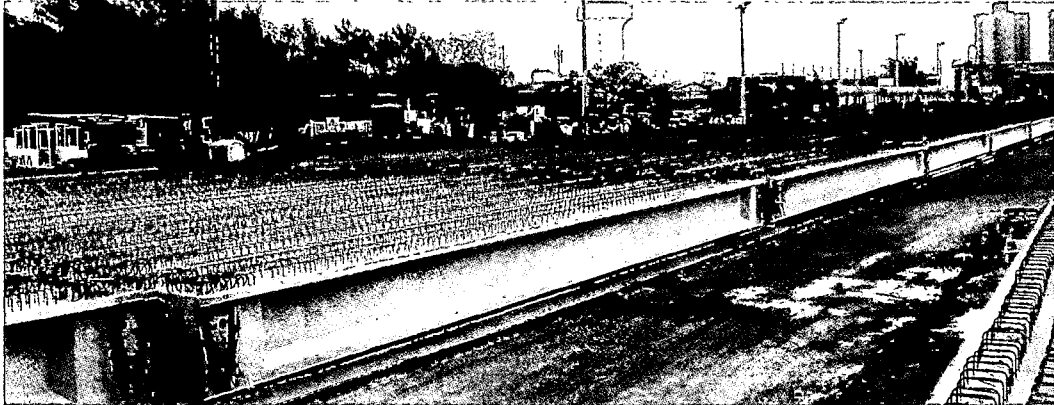
A continuación una breve descripción de los trabajos realizados en la Planta de Prefabricados.

PLANTA DE PREFABRICADOS

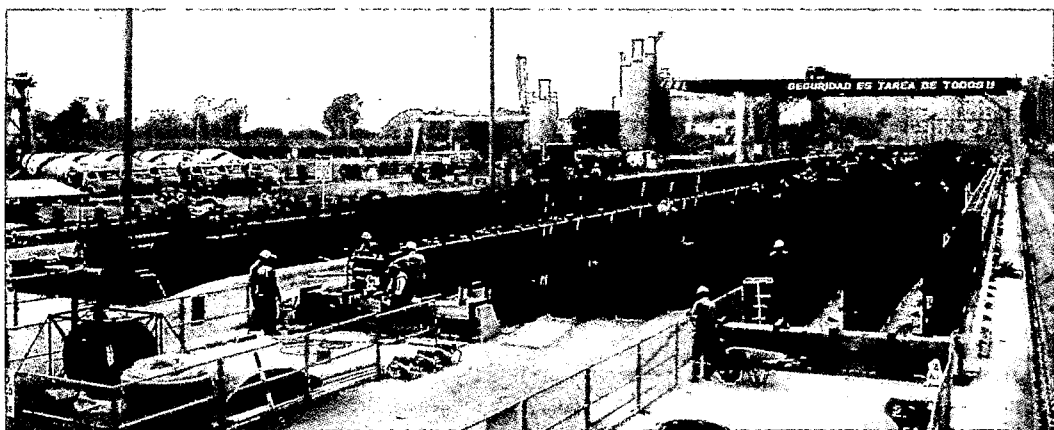


FABRICACIÓN DE VIGAS PRETENSADAS

Patio donde se fabrican las vigas.



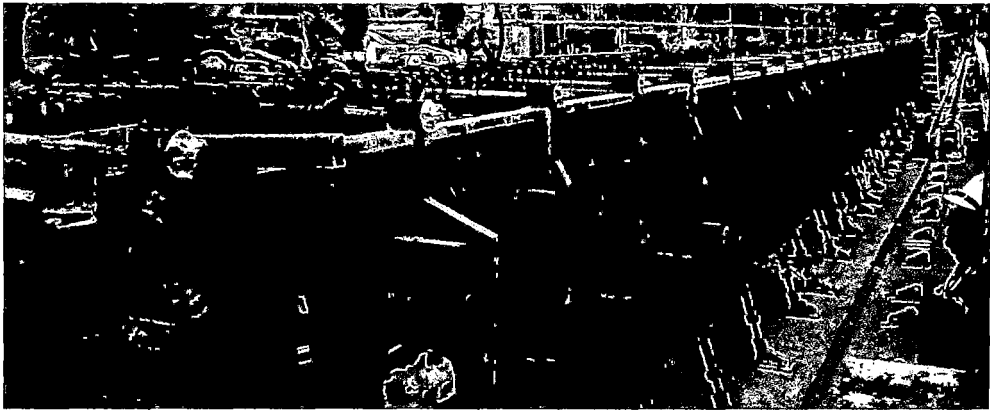
Armadura de las vigas prefabricadas



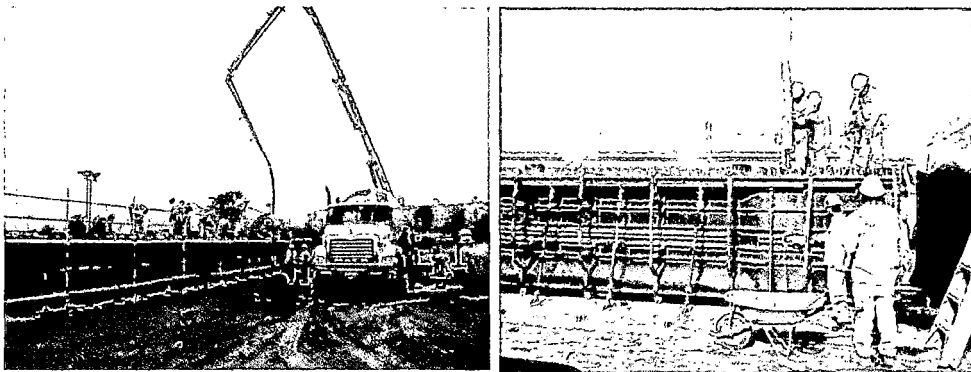
Colocación de los torones a través de toda una línea de vigas



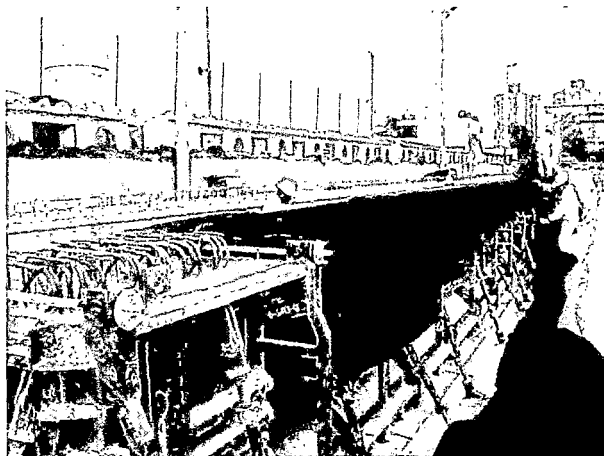
Encofrados metálicos de las vigas



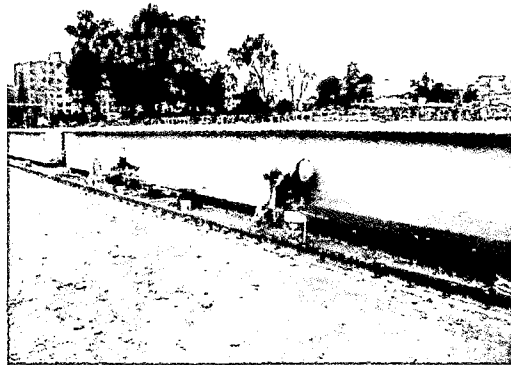
Vaciado de las vigas pretensadas



Curado de las vigas

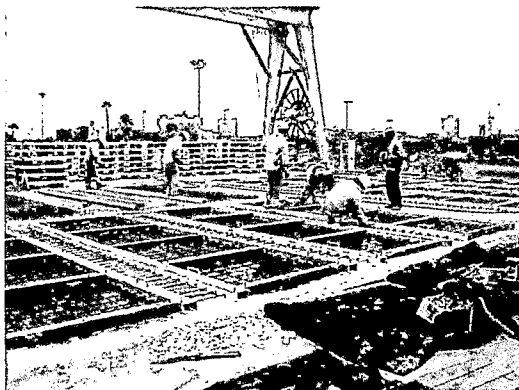


Corte de cables de pretensado, luego del corte las vigas son llevadas a la zona de despacho para su emporre con una mezcla de cemento-cal-arena fina para darle el acabado final.

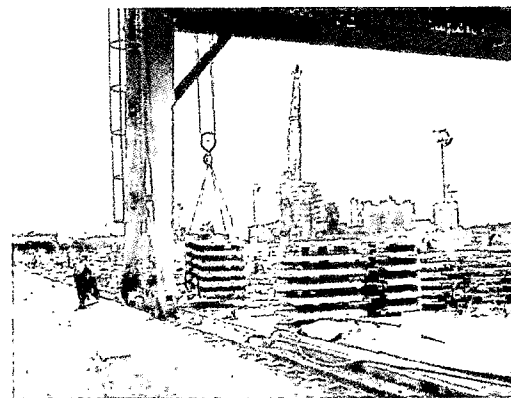
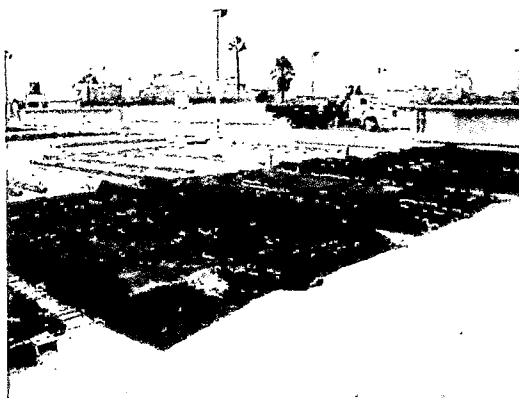


FABRICACIÓN DE PRELOSAS

La armadura de las prelosas son mallas electro soldadas que ya vienen predimensionadas por Aceros Arequipa.

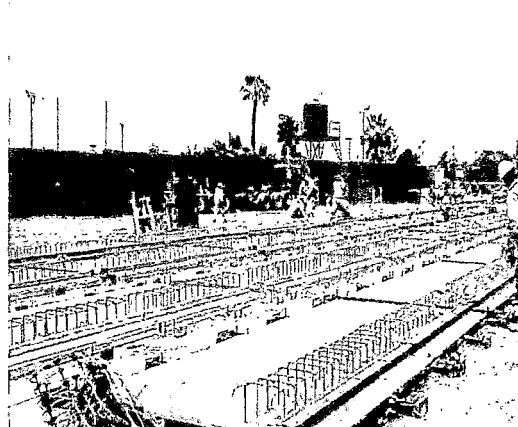


Curado de las prelosas y posteriormente son transportadas para su almacenaje, para su posterior emporre y resane si fuera necesario y enviado al viaducto.



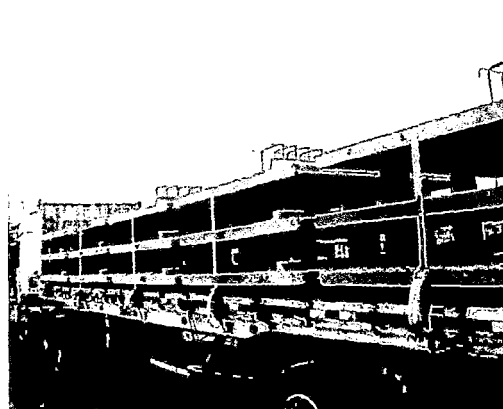
FABRICACIÓN DE BORDES TÍPICOS

Vaciado de los bordes típicos



Los bordes típicos son transportados en camiones con plataforma y apilados como máximo en filas de 03, previa revisión por parte de supervisión y control de calidad.

Después de los controles de calidad, los elementos son llevados a la zona de despacho donde se almacenan hasta el momento de su entrega en obra.

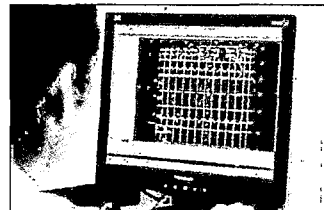


5.5.2 Uso de acero dimensionado

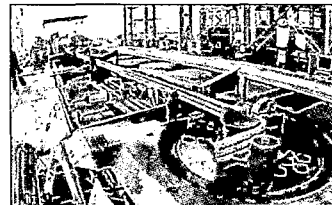
El acero dimensionado es un servicio que fue brindado por la empresa Aceros Arequipa y que consistió en entregar en obra las barras de acero debidamente cortadas, medidas exactas en las piezas, anclajes recubrimientos, ángulos y ratios de doblado con las dimensiones y diámetros de acuerdo a los planos aprobados del proyecto de tal manera que llega listo a obra para ser colocado y no necesitando adicionarle ningún otro tipo de trabajo que no agregan valor y por consecuencia optimizando el tiempo de ejecución.

Aceros Arequipa siguió un servicio innovador que presentó los siguientes pasos:

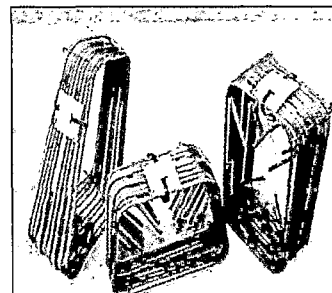
1. Ingeniería de detalle: Se plasma en la elaboración de los planos de detalle donde se establecen las características de las barras de acero y su ubicación exacta dentro de la estructura

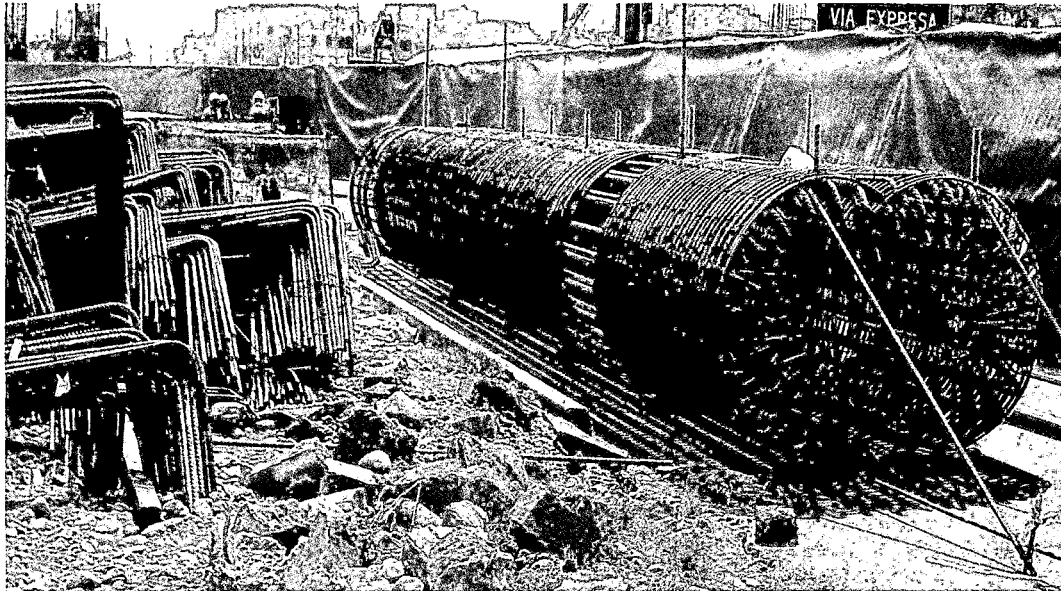


2. Habilitación automatizada: La habilitación del fierro corrugado se realiza con la maquinaria más moderna, que incluye el uso de bulones para el doblado y un software especializado.



3. Logística Integral de Despacho: Se establece un cronograma de abastecimiento, según el cual, el material se entrega de acuerdo al avance de la obra, el material que llega a obra están debidamente identificados, con etiquetas durables y fáciles de leer, lo que permite hacer un control detallado en la recepción.





Armadura de columna de acero habilitado con barras longitudinales de diámetro de 1 3/8" de más de 9m de longitud; se observa también a un costado otro paquete de acero habilitado

5.5.3 Programación de actividades en paralelo

Mientras se tenía una cuadrilla encargada personal de la armadura de la zapata, había otra cuadrilla que se encargaba de la armadura de la columna y a la misma vez en la Planta de Prefabricados otra cuadrilla se encargaba de la fabricación de las vigas prefabricadas, bordes típicos, etc; por lo que se optimizaron al máximo los procesos que la obra demandó.

Personal de obra armando la columna y otro personal colocando el acero habilitado para empezar con el armado de la zapata



Personal de obra armando la zapata y columna



5.5.4 Sistemas de encofrado

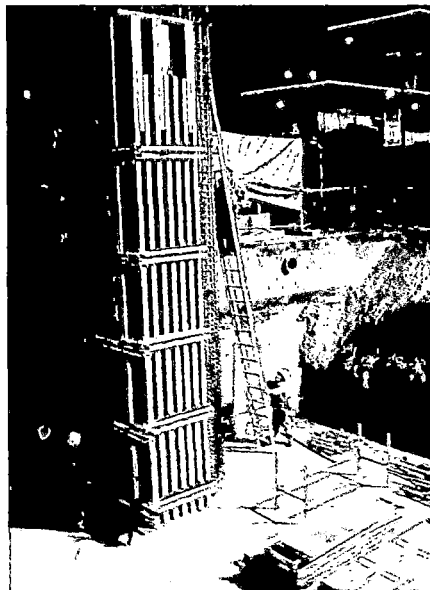
Para el encofrado de columnas y vigas cabezales el servicio fue brindado por la empresa Ulma y se optó por el sistema MK como solución principal para todas las configuraciones así como también los sistemas tradicionales: Torres ALUPROP y Andamios BRIO.

El sistema MK presenta 4 soluciones que son: Estructuras MK, Torres MK, ENKOFORM VMK y ENKOFORM HMK.

5.5.4.1 Encofrado de columna

En el cruce especial Javier Prado, para el encofrado de columnas se utilizó el sistema ENKOFORM VMK que es un tipo de encofrado que está diseñado para realizar estructuras de concreto armado verticales de cualquiera forma. Los elementos esenciales del sistema son las vigas de acero y vigas de madera, formando una cuadrícula, que se sujeta a la madera contrachapada.

Las columnas fueron de sección octogonal con alturas de entre 5.5m y 7.8 m; separadas entre 31m y 35 m.



Encofrado de columna C459

5.5.4.2 Encofrado de Viga Cabezal

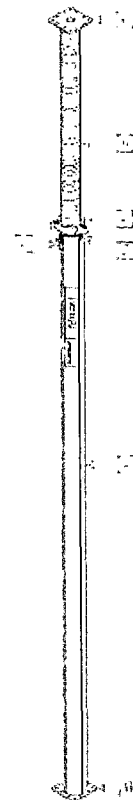
Para el encofrado de los fondos de viga cabezal y laterales se ha utilizado el sistema ENKOFORM HMK sostenido por el sistema de puntal ALUPROP; el primer sistema antes mencionado es un encofrado versátil que se ha utilizado para la ejecución de los elementos con geometría inusual capaz de adaptarse a cualquier sección con piezas estándares. Los elementos de este sistema son:

1. Travesaños: vigas principales que forman la red de la placa inferior y soportes y que están conectados por las articulaciones.
2. Accesorios para conectar travesaños y hacer una estructura rígida.
3. Vigas secundarias
4. Refuerzos y elementos de seguridad
5. Revestimiento de encofrado.

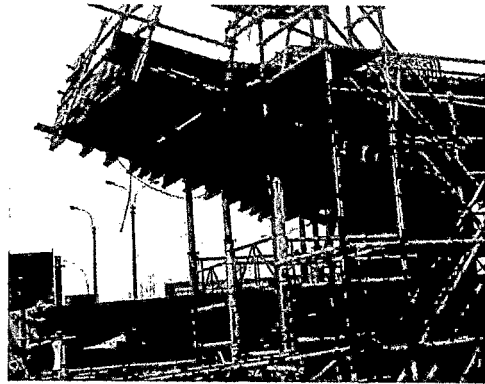
El otro sistema llamado puntales de aluminio ALUPROP, es un sistema que está diseñado para el sostenimiento de los sistemas de encofrado horizontal, así como para su utilización en las diferentes necesidades de la obra; estos se pueden unir mediante arriostramiento.

Los elementos de este sistema son:

1. Placa
2. Tubo interior
3. Tuerca
4. Placa intermedia
5. Clik
6. Tubo exterior.

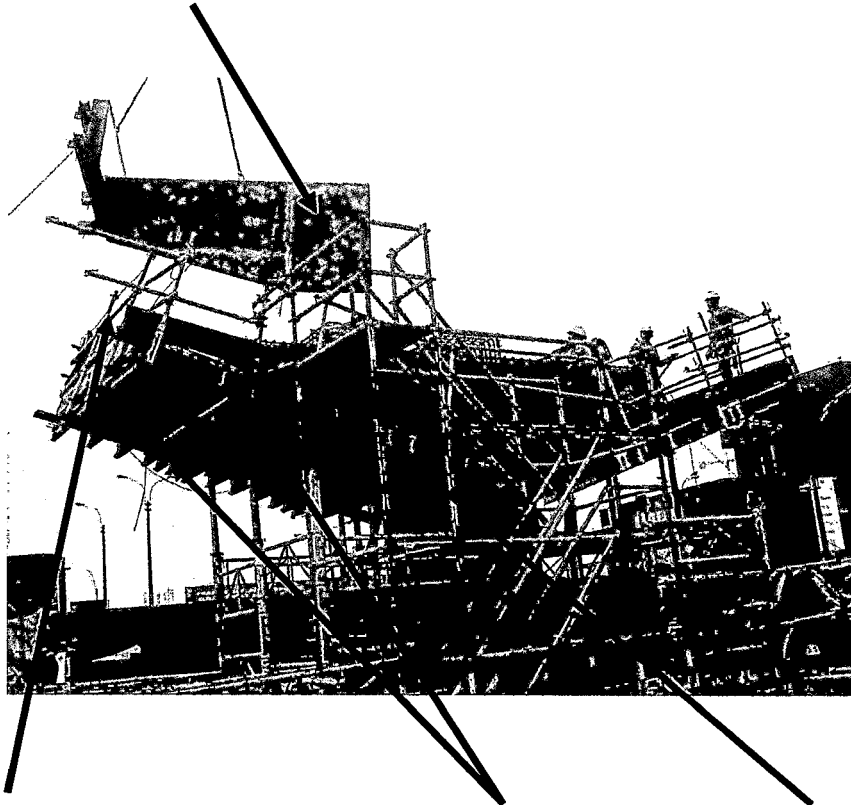


Los puntales ALUPROP han sido diseñados de manera que es posible utilizarlos superpuestos. La unión entre puntales o con el suplemento se realiza con la Unión rápida o mediante tornillos. De esta manera se pudo conformar puntales de hasta más de 7m de altura



Encofrado de Viga Cabezal 462

encofrado de revestimiento.



Refuerzos y elementos de seguridad

Vigas principales

Vigas secundarias

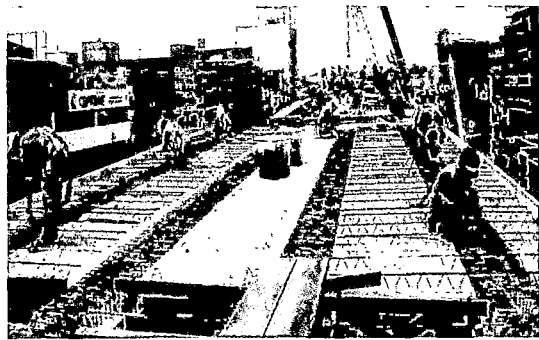
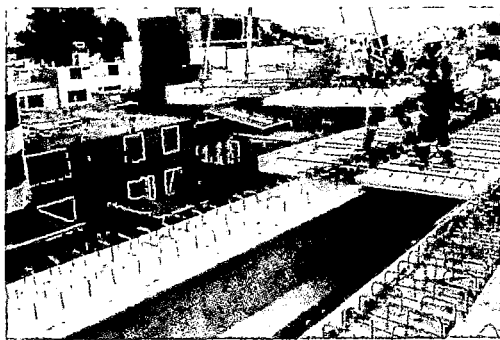
Se observa que el sistema puntal de aluminio ALUPROP sirve de sostenimiento al otro sistema ENKOFORM HMK

5.5.4.3 Encofrado de prelosas, bordes típicos y vigas prefabricadas

Para este caso el encofrado fue proporcionado por el mismo consorcio constructor en la planta de prefabricados (Videna), que en el caso de prelosas y bordes típicos se utilizaron moldes metálicos los cuales fueron colocados horizontalmente sobre una losa de concreto, en ella se encontraban embebidas platinas de acero. Para el caso de las vigas prefabricadas se utilizaron también moldes metálicos los cuales eran sujetos mediante telescopicos.

5.5.4.4 Encofrado de tablero

No fue necesario el uso de encofrados de ningún tipo, porque se fabricaron prelosas de espesor 8cm y estas hicieron las veces de encofrado de fondo y lateral para el vaciado de las losas. Las prelosas presentaron una cara inferior que fue lisa y otra cara superior rugosa para hacer contacto con el concreto de la losa de la plataforma del viaducto.



5.6 MEJORAS EN LA PRODUCCIÓN

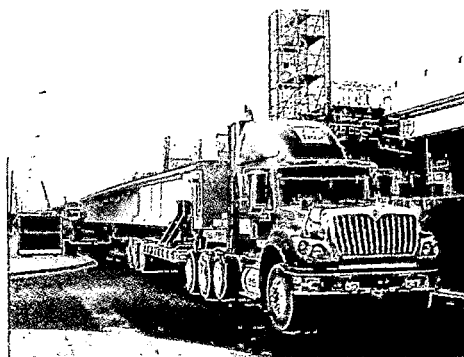
5.6.1 Ventaja en el uso de elementos prefabricados

La utilización de elementos prefabricados ha permitido mejorar las condiciones de producción haciendo posible la rapidez de montaje de los elementos en obra, disminuyendo también los riesgos en el deterioro del material. Por otra parte esto resulta más ventajoso ya que al construirse las piezas en serie, por repetición masiva, facilita su armado y montaje ya que se agiliza el ritmo de la obra por la producción de elementos en serie. Además las tolerancias de fabricación, calidad del acabado y el control de calidad son mejores dando como resultado elementos prefabricados que posean precisión geométrica, calidad y garantizando el encaje con exactitud.

Facilitó mucho el uso de los elementos prefabricados en el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. Aviación, porque se prescindió de sistemas de andamios, puntales, encofrados, etc. que conllevaban a cerrar toda la vía del cruce en mención y por consecuencia desviar el tránsito por varios meses, lo que originaría mayores costos y mayor tiempo de ejecución;

5.6.2 Traslado y colocación de elementos prefabricados en horas adecuadas

Para el traslado de los elementos prefabricados hacia la obra; se realizó un estudio de tráfico para ver la mejor ruta de acceso, radios de giro, horario y evitar de esta manera inconvenientes que se pudieran originar durante su traslado.



El transporte de las vigas desde la planta de prefabricados (La Videna) hasta el cruce especial de Javier Prado y su correspondiente colocación en el viaducto se realizó un fin de semana, para lo cual previamente se cerró el tránsito tanto en la Av. Javier Prado como en la Av. Aviación; se optó por esa medida porque en ese día y en ese horario no influyó mucho cerrar el tráfico por el poco tránsito

que circulaba y además se hizo más sencillo el traslado de las vigas a la obra, contando siempre con el apoyo de la policía nacional quien escoltaba y apoyaba con el cierre de las calles para transitar sin ningún inconveniente.

5.6.3 Ventaja del uso de acero dimensionado

Con el uso del acero dimensionado de Aceros Arequipa se consigue un ahorro ya que se eliminan las mermas, se reduce el costo de la mano de obra y se ahorra tiempo al eliminarse el trabajo de habilitado de fierro.

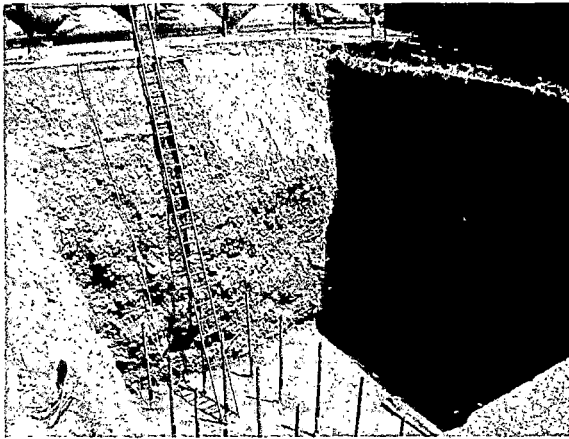
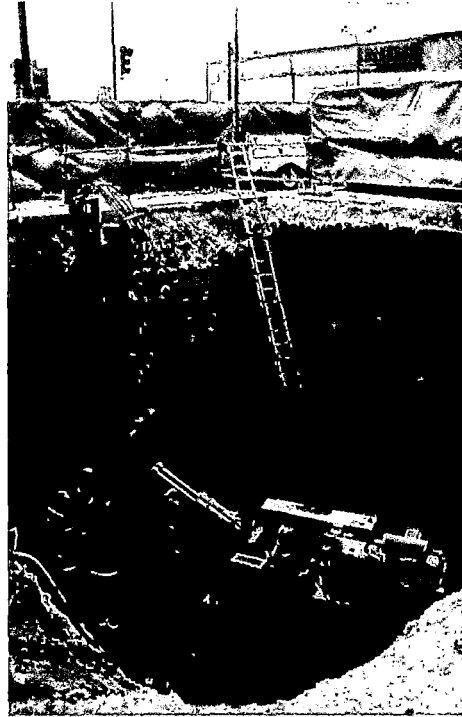
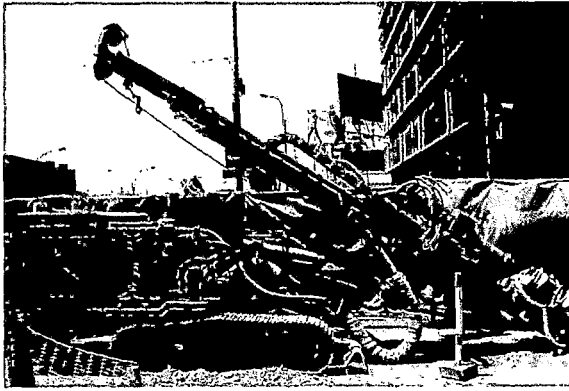
Se consigue también una eficiencia en la obra ya que se obtiene una mayor productividad del personal por la velocidad que se logra en la instalación ya que el personal solo se dedica a eso, además el detallamiento con que llega el acero a obra guía con claridad y precisión a los ingenieros y/o operarios encargados de la colocación de las piezas de acero. También facilita conocer el peso y cantidad de barras recibidas teniendo un control completo eficiente y oportuno de la partida de acero.

5.6.4 Uso de equipos de alto rendimiento

La utilización de equipos ha permitido optimizar las condiciones de producción. Así tenemos que para las diferentes tipos de actividades se usaron muchos equipos y mencionaremos a los principales de ellos:

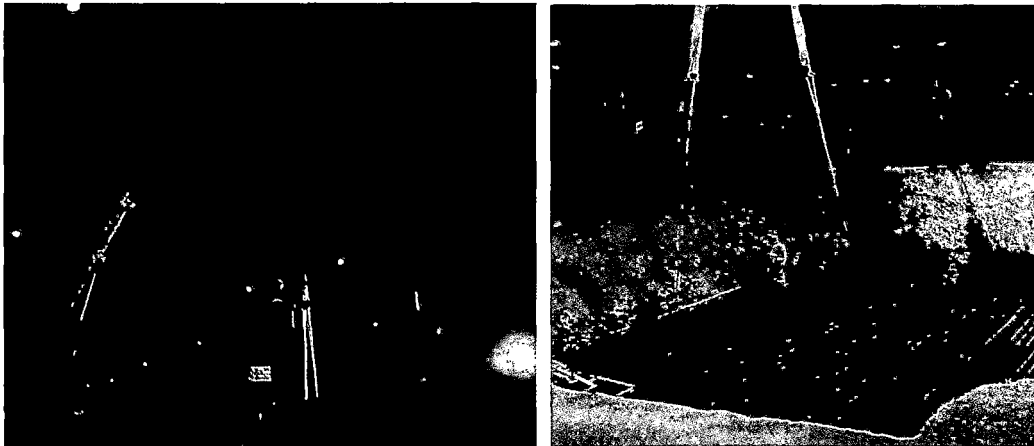
Para las zapatas excéntricas se consideró la colocación de 42 micropilotes por las 2 zapatas y para su ejecución se utilizó una Perforadora hidráulica marca COMACHIO, modelo MC-80 montada sobre carro de orugas el cual lo realizó en 17 días.

Perforación con la Perforadora hidráulica COMACHO para la instalación de los micropilotes



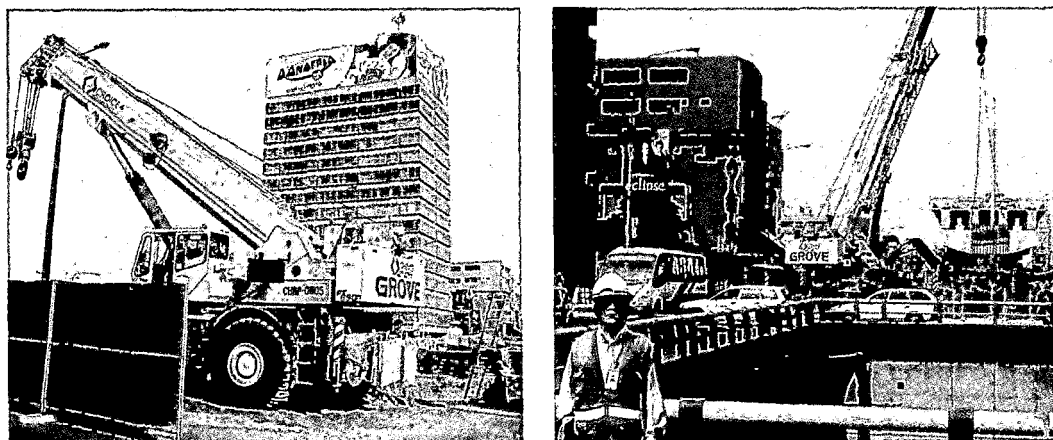
Para la colocación de la armadura de las zapatas excéntricas se utilizó dos grúas grove de 90 Toneladas las cuales tomaban un promedio de 2 horas aproximadamente en levantar y colocar cada zapata en el interior de la excavación.

Colocación de armadura de zapata C461

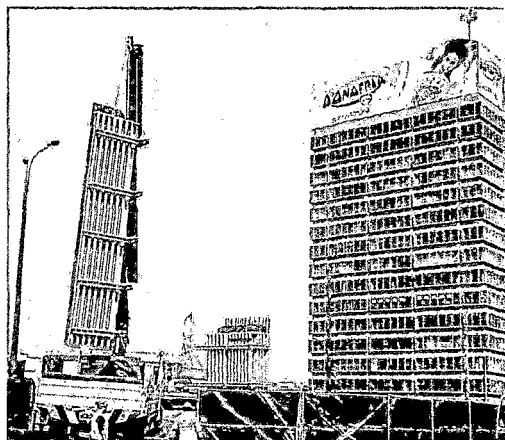
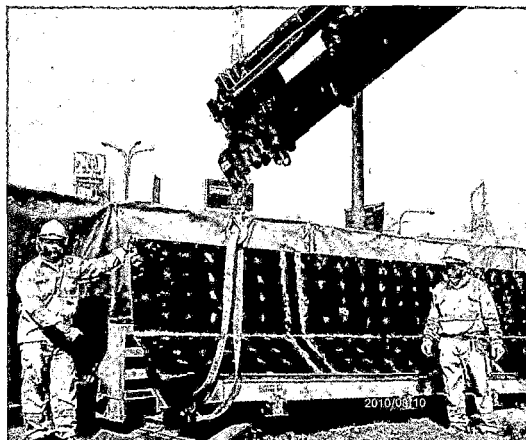


Para la colocación de la armadura de las columnas se utilizó una grúa del mismo tipo que se uso en las zapatas con el mismo tiempo de promedio. Cabe mencionar que estas grúas también se usaron para la colocación de las prelasas en el tablero del viaducto.

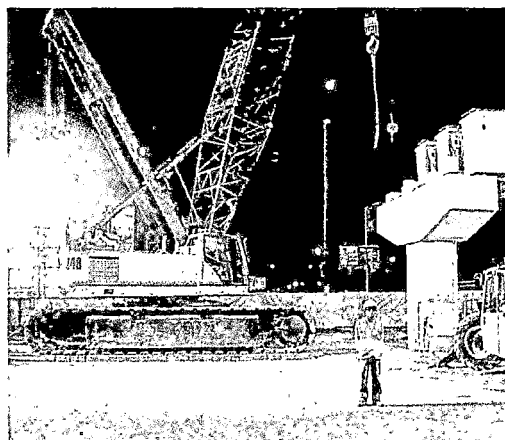
Colocación de armadura de columna C462



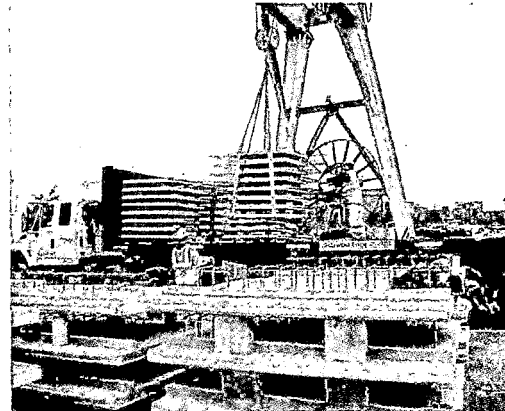
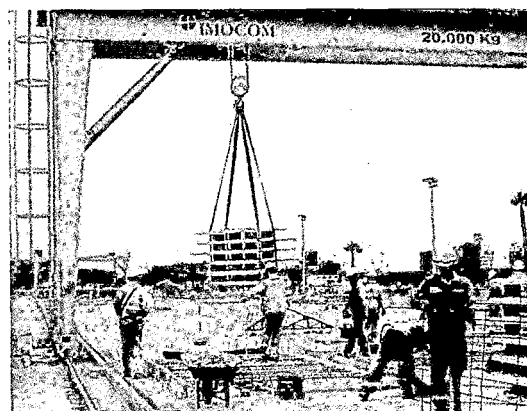
Con respecto al encofrado y desencofrado de las columnas, vigas cabezales, se utilizaron camiones grúa de 12 y 15 Toneladas



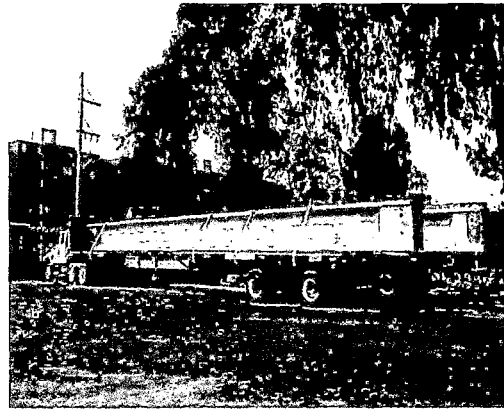
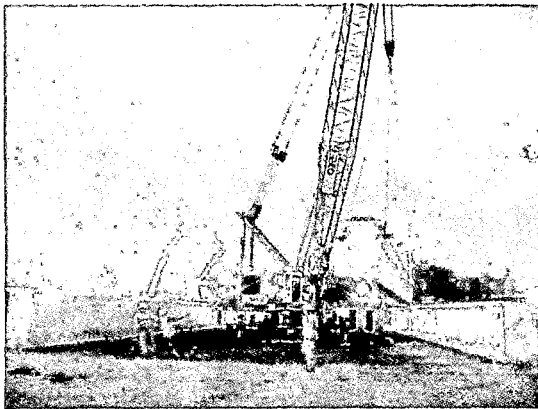
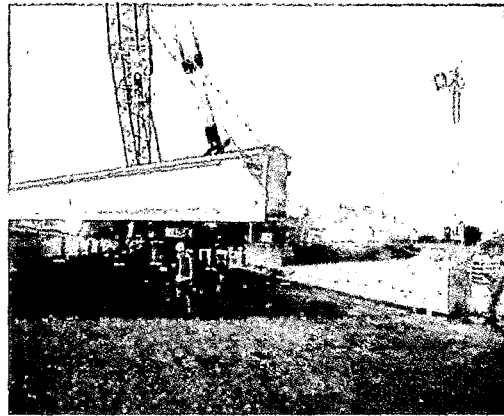
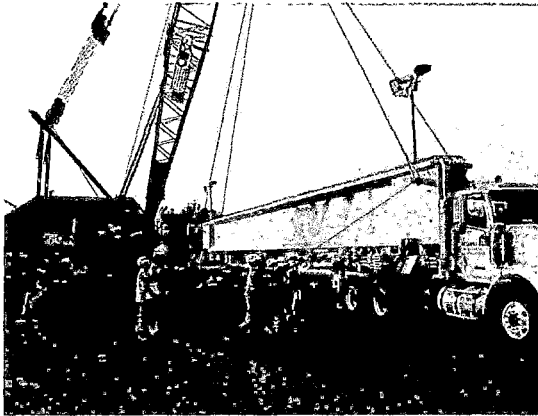
Para la colocación de las vigas prefabricadas en el viaducto se utilizaron grúas Link Belt 298 HSL-248HSL con capacidades de 230 y 200 Ton. respectivamente



Grúa pórtico que permitió el traslado de los elementos prefabricados

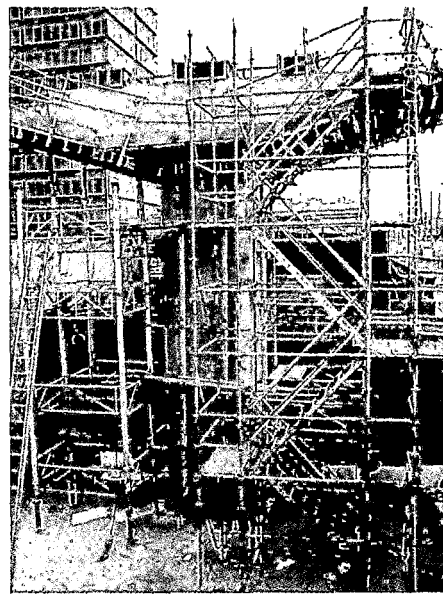


Dentro de la planta de Prefabricados se hizo uso de las Grúas y tráileres para el izado y transporte a obra de las vigas respectivamente



5.6.5 Ventajas del sistema MK para el encofrado

El sistema MK de ULMA permite aplicar soluciones especiales de encofrado, cuya puesta en marcha ha sido muy ventajosa debido a que este sistema ha brindado diferentes formas encofrado sumándole su rápida instalación y remoción de encofrado optimizando el tiempo y costo del proyecto.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Al trabajar con zapatas excéntricas fue necesario la colocación de 21 micropilotes autoperforantes en cada zapata central, estos micropilotes que trabajan a tracción evitaran cualquier riesgo a volteo de la estructura zapata – columna.

Se construyeron zapatas excéntricas para evitar reducir la calzada de la av. Javier Prado. Con esta solución ya no se tiene problemas de circulación de los vehículos que circulan en dicha avenida.

El uso de elementos prefabricados tales como vigas longitudinales, prelosas, bordes típicos y canaletas; fue de suma importancia para que la obra se cumpla en el plazo previsto.

El empleo de prelosas (estructuras premoldeadas de concreto armado con espesor de 8 centímetros), permitió un armado rápido del tablero del viaducto reduciendo considerablemente el tiempo de ejecución y la no utilización de encofrados.

La estructura del módulo del viaducto de la presente tesis consistió en 3 tramos continuos de luces variables, con una longitud total máxima de 97 m 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.

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 G)

Las cargas verticales de la superestructura se transmiten al pilar por medio de apoyos elastoméricos colocados sobre la viga cabezal, estos apoyos son utilizados en puentes o estructuras elevadas ya que permiten la transferencia uniforme de cargas en la estructura, el movimiento debido a la dilatación y contracción térmica del concreto, actuando también como aislante de vibraciones. Las cargas longitudinales se transmiten al pilar por medio de restricciones longitudinales 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 cabezales C458 y C462 por tratarse de cabezales de junta no llevan las restricciones longitudinales (las cuales impiden los desplazamientos de la superestructura en la dirección longitudinal del eje del viaducto) pero se sigue colocando la llave de corte cuya función es impedir los desplazamientos transversales al viaducto elevado; además al no llevar restricciones longitudinales la estructura podrá desplazarse en dicha dirección longitudinal a través de una junta sísmica de diseño (10cm) liberando la energía inducida por algún evento sísmico.

RECOMENDACIONES

Para reducir los riesgos de accidentes por derrumbes y también para reducir tiempos de espera mientras se realizaba la excavación, se optó por empezar las armaduras de las zapatas excéntricas fuera de la excavación. Posteriormente las zapatas fueron colocadas dentro de la excavación con dos grúas, cabe mencionar que este trabajo se realizó en horas de la madrugada para no incidir mucho en el tráfico y evitar además el vibrado que se puede generar por lo vehículos durante la colocación de la zapata.

La poligonal de apoyo fue realizada durante las primeras horas del día, aprovechando la menor congestión vehicular en estas avenidas principales, disminuyendo así la posibilidad de poner en riesgo al personal que hace función de auxiliar de topografía. De esta manera también se logró disminuir la influencia de la temperatura al realizar las lecturas angulares y en distancia, dado que nos encontramos en los meses de mayor temperatura en la ciudad de Lima.

De acuerdo a los estudios se recomienda utilizar como Módulo de Reacción (Presión que se transmite a una placa para producir al suelo una fijación prefijada) y para las dimensiones de zapatas proporcionadas el valor el valor representativo de 3.0kg/cm^2 .

Para lograr el objetivo que era terminar el proyecto en el plazo previsto, se tuvo turnos de producción en turnos de día como de noche. El traslado de las vigas prefabricadas de la planta ubicada en la Videna hacia la obra y el montaje de estas vigas fueron realizadas en turnos de noche, para aprovechar el menor flujo vehicular de la ciudad.

El almacenamiento del material en obra se efectuó en lugar cubierto, al resguardo de la humedad y de variaciones térmicas importantes. El acero no estuvo en contacto con el suelo para lo cual se utilizaron tablonces de madera.

BIBLIOGRAFÍA

- Arguedas Villacres, Carlos Tomas; "Cimentaciones Piloteadas", Tesis para obtener el Título Profesional de Ing. Civil - UNI, Lima Perú 1998.
- Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico, "Expediente Técnico Final del Proyecto Ejecución de las Obras Civiles y Electromecánicas del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao – Linea 1: Tramo Villa el Salvador – Avenida Grau ", Lima, Perú, 2010.
- Camarena Alva, Juan Carlos; "Importancia de los Amortiguadores en la Capacidad Dinámica de los de Carga de los Pilotes", Tesis para obtener el Título Profesional de Ing. Civil - UNI, Lima Perú 1991.
- Cárdenas Pomareda, Jorge Luis; "Procesos Constructivos y Programación de los Trabajos de Cimentación con Pilotes Vaciados in situ del Edificio del Banco de la Nación sucursal - Chiclayo", Tesis para obtener el Título Profesional de Ing. Civil - UNI, Lima - Perú 1995.
- Consorcio Tren Eléctrico; "Estudio Geotécnico – Tramo: E,F,G y G1", Lima, Perú, 2010
- Consorcio Tren Eléctrico; "Informe de Ensayo de Tracción y Compresión de Micropilotes Titan 73/53", Lima, Perú, 2010
- Consorcio Tren Eléctrico; "Informe de Ensayo de Arrancamiento Micropilotes Titan 40/16", Lima, Perú, 2010
- Consorcio Tren Eléctrico; "Procedimiento de ejecución de Micropilotes Nails Ischebeck", Lima, Perú, 2010
- Echave Mercado, Rolando; "Cimentación por Pilotes", Tesis de Grado Ing. Civil - UNI, Lima - Perú 1975.
- Herrera Ayca, Héctor Ubaldo; "Estudio de la capacidad de carga de pilotes apoyados sobre roca", Tesis para obtener el Título Profesional de Ing. Civil - UNI, Lima - Perú 1991.
- Huambachano Castro, Raúl; "Comportamiento de Martillos de Hincado de Pilotes", Tesis para obtener el Título Profesional de Ing. Civil - UNI, Lima Perú 1992.
- Ruiz Roa, Vilma Elena; "Diseño de Cimentaciones Piloteadas", Tesis para obtener el Título Profesional de Ing. Civil - UNI, Lima Perú 1995.

- Braja M. Das; "Principios de Ingeniería de Cimentaciones", Ed. N° 04, Editorial Thomson, México 2001.
- Fuentes Ortiz, César; "Ingeniería Portuaria", Ed. N° 01, Editorial COPER Editores, Lima Perú 2001.
- Peck, Hanson, Thornburn; "Ingeniería de Cimentaciones", Ed. N° 10, Editorial Limusa, México 1998.
- Forero Muñoz, Edgar; "Aspectos Geotécnicos y Constructivos del Puente Billinghamst", I Congreso Internacional de Geotecnia Junio 2007, Instituto de la Construcción y Gerencia ICG.