



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**TOPOGRAFÍA APLICADA A LA  
CONSTRUCCIÓN DEL TREN MÉXICO  
TOLUCA**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**INGENIERO GEOMÁTICO**

**P R E S E N T A**

DEMETRIO MARTÍNEZ ESTRADA

**DIRECTOR(A) DE TESIS**

ING.ROBERTO CARLOS DE LA CRUZ SANCHEZ



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022**

## INDICE

1. Introducción .....	1
2. La topografía en el proceso de la construcción .....	4
2.1 Equipo .....	5
2.2 Normativas empleadas en el proceso de construcción del tren interurbano México – Toluca .....	10
3. Pilas .....	16
3.1 Trazo de centro de pilas.....	17
3.2 Trazo y control de niveles .....	19
3.3 Resultados.....	20
4. Zapatas. ....	22
4.1 Trazo de vértices de zapatas.....	22
4.2 Trazo y control de niveles.....	23
4.3 Monitoreo de colado de zapata .....	27
4.4 Resultados.....	28
5. Columnas .....	29
5.1 Columnas fabricadas en sitio .....	29
5.2 Columnas prefabricadas.....	32
5.3 Montaje de columnas prefabricadas.....	33
5.4 Resultados .....	34
6. Trabes.....	35
6.1 Trazo de bancos de apoyo sobre columnas.....	37
6.2 Colocación de neoprenos.....	38
6.3 Preparación y montaje de trabes .....	39
6.4 Resultados .....	40
7. Tabletillas.....	42
7.1 Monitoreo de niveles de corona de trabe para ajuste de tabletas.....	42
7.2 Trazo de referencias para montaje de tabletas.....	43
7.3 Montaje de tabletas.....	44
7.4 Resultados.....	45
8. Faldones.....	46
8.1 Monitoreo de niveles en tabletas para colocación de referencias en el montaje de faldones.....	47
8.2 Trazo de referencias para montaje de faldones.....	47
8.3 Montaje de faldones .....	48
8.4 Resultados .....	48

9. Restauración de vialidades.....	49
9.1 Construcción de camellones, guarniciones y banquetas....	50
9.2 Restauración de las vialidades.....	51
9.3 Entrega de vialidades .....	53
9.4 Resultados.....	53
10. Conclusión.....	54
11. Bibliografía.....	55

## INDICE DE IMÁGENES

1. Imagen representativa proyecto Tren Interurbano México-Toluca.....	1
2. Representación ruta Tren Interurbano México – Toluca.....	2
3. Beneficios de la construcción del Tren Interurbano México-Toluca.....	3
4. Beneficios de la construcción del Tren Interurbano México-Toluca.....	3
5. Estación total GeoMax ZIPP 10R PRO.....	6
6. Estación total Sokkia IM- 55.....	6
7. Estación total Sokkia Set 210.....	7
8. Estación total Sokkia Set 630rk3.....	7
9. Estación total Leica TCR705.....	8
10. Estación total Leica TS06 plus.....	8
11. Nivel fijo Sokkia B30.....	9
12. Nivel fijo Sokkia B4.....	9
13. Nivel fijo Leica Runner X24.....	9
14. Trazo de pilas .....	18
15. Trazo de referencias para pilas .....	18
16. Plano General para pilas, zapatas y columnas .....	19
17. Tabla de datos para construcción de pilas, zapatas y columnas .....	20
18. Sondeo de pilas .....	20
19. Trazo de zapatas.....	23
20. Plano General para construcción de una columna.....	24
21. Geometría de columna.....	24
22. Datos Generales para construcción de columna .....	25
23. Nivelación de plantilla de concreto .....	25

24. Monitoreo del nivel superior del armado de la zapata.....	25
25. Trazo de vértices de columna .....	26
26. Alineación de plantilla para molde de columna.....	27
27. Colocación de cimbra para colado de zapata.....	27
28. Plano General para construcción de columna fabricada en sitio.....	30
29. Trazo de vértices de columna fabricada en sitio.....	30
30. Revisión de cimbra para colado de trepado de columna.....	31
31. Plomeo de cimbra para colado de trepado de columna .....	31
32. Plano general para columnas prefabricadas.....	32
33. Alineación de plantilla para molde de columna prefabricada.	33
34. Plano general para construcción de trabe.....	35
35. Representación de elementos a colocar sobre las trabes.....	36
36. Perfil para colocación de niveles en el montaje de las trabes.	36
37. Plano de las características generales de las trabes .....	36
38. Representación de datos para construcción de bancos .....	37
39. Perfil para construcción de bancos empleados en el montaje de trabes .....	37
40. Revisión de bancos .....	38
41. Representación de la colocación de los neoprenos .....	39
42. Representación de trabes montadas.....	42
43. Plano general para el montaje de tabletas .....	43
44. Representación de la geometría de las tabletas .....	43
45. Montaje de tabletas .....	45
46. Montaje de tabletas.....	45
47. Montaje de tabletas centrales.....	46
48. Plano para trazo de referencias para montaje de faldones ...	46
49. Trazo de referencias para construcción de guarniciones .....	50
50. Trazo de guarniciones y banquetas .....	51
51. Nivelación de carpeta asfáltica.....	52

## 1. INTRODUCCIÓN



Actualmente el trasladarse del estado de México a la Ciudad de México se convierte en una problemática, ya que los escasos junto al mal servicio de transporte público, genera un caos para poder desplazarse de un lugar a otro.

Ante esto la SCT en conjunto con los gobiernos de la ciudad y del estado de México toman como objetivo principal atender la problemática que se presenta desde la zona metropolitana del valle de Toluca hacia la ciudad de México.

La solución propuesta consiste en un servicio de transporte de alta capacidad ferroviaria que pretende ser más rápida, cómoda, accesible en precio.

Otro beneficio que se pretende lograr en la construcción de este transporte ferroviario es que se tenga un impacto en el medio ambiente, en la disminución de accidentes, una reducción de tiempo en cuanto el traslado de los usuarios y una mayor movilidad para las personas.

Ante todo, lo descrito anteriormente los beneficios del proyecto no deben limitarse a una visión que busque solamente solucionar unas de las problemáticas en el desplazamiento entre dos grandes ciudades, sino más bien, se debe ver como un proyecto que busca dar soluciones del pasado en diversas áreas del desarrollo de la ciudad y que por diversas razones no se ha podido concretar.

De esta forma, el proyecto tiene dos finalidades principales: la primera es mejorar el servicio de movilización diaria de al menos 700 mil pasajeros que viajan día a día y el segundo objetivo es servir como columna vertebral al transporte regional y urbano, de tal forma que permita optimizar la operación de los espacios urbanos y rurales ahí contenidos.

El proyecto contará con una longitud total de 57.7 km, 6 estaciones y un taller. Su velocidad máxima será de 160 km/h y la velocidad comercial de 90 km/h. De las 6 estaciones, 2 son terminales (Zinacantepec y Observatorio) y 4 intermedias (Cristóbal Colón, Metepec, Lerma, y Santa Fe).

Se estimaba un costo total de 360.66 millones de pesos, pero debido a todos los problemas en cuanto a los materiales, mano de obra y la demora de la construcción al momento se han invertido 60,000 millones de pesos y se prevé que aún se necesitaran 30,000 millones más para terminar.

La longitud de las estaciones será aproximadamente de 200 metros y estas son;

- 1) Terminal Zinacantepec
- 2) Estación Cristóbal Colón
- 3) Estación Metepec
- 4) Estación Lerma
- 5) Estación Santa Fe
- 6) Terminal Observatorio



En resumen, los objetivos generales se pueden enlistar de la siguiente manera:

1. Conectar con un sistema de transporte confiable, rápido y seguro la zona de Toluca con el poniente de la Ciudad de México y, que permita integrar las modalidades urbana y regional en los planteamientos de solución (capacidad y velocidad).
2. Tener un sistema de transporte que pueda lograr velocidades comerciales que puedan competir con los sistemas tradicionales

de transporte público existentes, tanto en las zonas urbanas como en los tramos regionales, permitiendo reducir los tiempos de viaje del usuario del corredor regional.

3. La necesidad de un sistema que sea capaz de mantener su calidad de servicio e incrementar su capacidad conforme a los requerimientos de la demanda durante el tiempo que sea viable este sistema de transporte.
4. Priorizar el transporte público sobre el transporte privado con el fin de reducir los impactos que estos causan al medio ambiente, para brindar la atención a la ciudadanía que requiere infraestructura de mayor calidad.
5. Mantener los costos de transporte regional dentro de los rangos actuales a fin de no afectar la economía familiar.
6. Como se mencionó anteriormente, se busca no afectar el medio ambiente y en particular los llamados “santuarios del agua” así como las zonas y no ser un factor de promoción del crecimiento entre las dos urbes.
7. Ordenar el desarrollo urbano en aquellas zonas de nueva creación o con un potencial de desarrollo a futuro, mediante medidas y sistemas de transporte que promuevan la densificación y el control en la expansión urbana.



## 2. LA TOPOGRAFÍA EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

La topografía se conforma por un conjunto de técnicas que permite crear una representación gráfica del terreno. La topografía se puede tomar como el punto de partida de proyectos que requieren información sobre la dimensión, posición o forma del terreno sobre el que se va a realizar la obra. Los trabajos de topografía son fundamentales en diferentes fases: antes, durante y después de la construcción de edificios, carreteras, puentes o canales.

Gracias a la topografía los diferentes profesionales implicados en el proyecto pueden conocer las necesidades técnicas requeridas. Así, la topografía se involucra en las diferentes fases, verifican la construcción y modificación de las estructuras y, una vez que finalizan los trabajos, tienen la última palabra para asegurar que la construcción cumpla con los requerimientos del proyecto.

En el proyecto del Tren Interurbano México-Toluca se comenzó haciendo un levantamiento general de cada uno de los tramos que comprende el proyecto con la finalidad de conocer el terreno y toda la infraestructura que rodea el proyecto con la finalidad de poder diseñar el proyecto y no afectar a terceros o evitar que el tren se construya en terreno privado o inaccesible.

Pero debido a que mucha gente no permitió la construcción del proyecto original porque el hacerlo provocaría el desalojo de estas personas de sus predios. Esto ocasionó que se buscara una vía alterna para la realización del proyecto, aunque esto provocara entrar a terrenos con poca acceso o zonas federales como el colegio militar.

Ya corregido el proyecto, la topografía se encarga de trazar y controlar la construcción de la cimentación, que está conformada por las pilas, zapatas y columnas.

Terminada la cimentación se realizarán los montajes, columnas prefabricadas, cabezales, trabes, tabletas y faldones, cada elemento requiere de un proceso en específico para su colocación, pero en cada uno de esos procesos la topografía es la más indispensable, ya que esta prepara, monitorea, comprueba y representa cada estructura colocada.

En pocas palabras la topografía es importante de inicio a fin porque una vez que se realizó y todo el proceso constructivo y supervisión del tren todavía la topografía sigue participando en el proyecto, ya

que se tiene que realizar un levantamiento general de la construcción para realizar una entrega y garantizar que el proyecto se construyó respetando el proyecto y sus lineamientos.

## **2.1. EQUIPO**

El equipo topográfico es la herramienta indispensable para realizar cualquier tipo de trabajo, existe una gran variedad de equipos tanto mecánicos como electrónicos.

Entre los mecánicos tenemos:

- Teodolito: instrumento mecánico - óptico utilizado para medir ángulos verticales y horizontales, es un instrumento de alta precisión que requiere de otras herramientas complementarias. Este instrumento se utiliza más en los montajes y es utilizado para trazos de ejes y monitoreo del montaje.
- Estación Total: En resumen, un teodolito electrónico es la estación total cuenta con un distanciometro de tal manera que este instrumento ya puede medir ángulos y distancias simultáneamente, cuenta con un software integrado el cual le permite calcular y guardar datos.
- Nivel óptico: se utiliza para obtener alturas con mayor precisión, con el uso de un estadal se pueden correr niveles y hacer bancos de nivel para monitoreo en obra.
- GPS: El sistema de posicionamiento global sustenta su funcionalidad con información satelital que permite posicionar cualquier objeto sobre la tierra dándole coordenadas generalmente UTM.

A continuación, se hará una descripción del equipo que se utilizó en las actividades que se hablará más adelante.

## 1. Estación total Geo-Max ZIPP10R PRO:



La estación total Geo-Max ZIPP10R PRO presume de ser un instrumento de medición de campo resistente y compacta con una precisión de 2 segundos, plomada láser, este dispositivo toma mediciones de ángulos y distancias precisas. Con el modo sin prisma, las distancias se pueden medir a cualquier superficie dentro de 250 m y hasta 3,000 m con un solo prisma. Su función “encoder” permite que al reanudar un trabajo el equipo pueda conservar su última posición cuando se apaga.

Esta estación total utiliza un sistema operativo personalizado de Windows CE que proporciona una interfaz de usuario intuitiva y aplicaciones versátiles para el cálculo de mediciones topográficas. También cuenta con 64 MB de memoria para el almacenamiento de datos y un puerto USB para la transferencia de archivos a una computadora con facilidad.

Cuenta con una pantalla LCD y teclado alfanumérico. Además, cuenta con una calificación ambiental de IP- 54 para protección contra el polvo y el agua y se han incorporado sensores de temperatura para obtener resultados precisos en un clima extremadamente frío o caliente. Su batería recargable de Li -Ion ofrece hasta 9 horas de tiempo de funcionamiento.

## 2. Estación total Sokkia IM-55



Cuenta con un cuerpo ligero y resistente, con clasificación IP66 a prueba de agua y polvo. Está equipado con un EDM para mediciones sin prisma hasta 500 metros, almacenamiento de hasta 50 mil puntos en memoria interno.

EDM es rápido, preciso y potente. Tiene una precisión de 5" y es capaz de medir hasta 4,000 metros a prismas estándar, y en modo sin prisma mide hasta 500 metros, memoria interna y hasta 32 GB de unidad flash USB de apoyo.

Tiene protección contra el polvo y es impermeable hasta un metro. Además, puede operar en temperaturas que van desde -20°C a 60°C.

Cuenta con una pantalla LCD y teclado alfanumérico, Su batería recargable de Li-Ion ofrece hasta 14 horas de tiempo de funcionamiento.

### 3. Estación total Sokkia set 210



Cuenta con un cuerpo ligero y resistente contra el polvo y el agua.

EDM con una precisión de 2" y es capaz de medir hasta 3,000 metros con prisma y sin prisma mide hasta 200 metros.

Cuenta con una pantalla LCD, Su batería recargable de Li-Ion ofrece hasta 10 horas de tiempo de funcionamiento.

La extracción de datos se realiza mediante un cable conectado a una computadora, cuenta con memoria de posicionamiento, que al momento de apagarse el equipo conserva las coordenadas con las que fue orientada.

### 4. Estación total Sokkia set 630rk3



También cuenta con clasificación IP66 a prueba de agua y polvo. EDM con una precisión de 2" capaz de medir 3,000 metros con prisma, y sin prisma mide hasta 300.

Tiene protección contra el polvo y es impermeable hasta un metro. Además, puede operar en temperaturas que van desde -20°C a 60°C.

Cuenta con una pantalla LCD y teclado alfanumérico, Su batería recargable de Li -Ion ofrece hasta 14 horas de tiempo de funcionamiento.

#### 5. Estación Leica TCR 705



Cuenta con un diseño sólido y funciones que permiten al usuario utilizar los instrumentos de manera sencilla, eficaz y precisa. Cuenta con plomada láser y tornillos sin fin que facilitan de manera considerable el trabajo.

Cuenta con una precisión de 5", pero solo cuenta con mediciones con prisma que alcanza lectura a una

distancia de 3000 metros.

Memoria interna para almacenamiento de trabajos de hasta 50,000 puntos.

#### 6. Estación total Leica TS06 plus



Cuenta con un diseño sólido y funciones que permiten al usuario utilizar los instrumentos de manera sencilla, eficaz y precisa. Cuenta con plomada láser y tornillos sin fin que facilitan de manera considerable el trabajo.

Trabaja con una precisión de 2", esta estación cuenta con medición sin prisma que alcanza una distancia total de 500 m y con prisma alcanza una

distancia total de 3000 m.

Tiene pantalla LCD y tablero alfanumérico, la pantalla cuenta con iluminación, pila con duración de trabajo de 14 hrs. de trabajo continuo.

## 7. Nivel fijo Sokkia B30



Este nivel tiene una confiabilidad mejorada bajo todas las condiciones ambientales. Cuenta con un cuerpo robusto y compacto, está sellados de manera ajustada contra agua, polvo y humedad. Configuración rápida, fácil visión y duración óptima contra vibración y golpes que asegura un trabajo óptimo. Incorpora un compensador preciso para garantizar un trabajo de campo con exactitud.

## 8. Nivel fijo Sokkia B4



Este nivel tiene una confiabilidad mejorada bajo todas las condiciones ambientales. Cuenta con un cuerpo robusto y compacto, está sellados de manera ajustada contra agua, polvo y humedad. Configuración rápida, fácil visión y duración óptima contra vibración y golpes que asegura un trabajo óptimo. Incorpora un compensador preciso para garantizar un trabajo de campo con exactitud.

El telescopio se diseñó para proporcionar una vista excepcionalmente brillante y nítida que reduce la fatiga ocular del operario. Tiene una precisión de 2mm y posee un aumento de 24x, maneja un foco mínimo de 0.3 m a un rango de trabajo de 75m.

## 9. Nivel fijo Leica Runner x24

Estos niveles son sólidos y sumamente económicos. Diseñados para ser utilizados en las duras condiciones de la obra. Son rápidos de estacionar, fáciles de manejar y muy fiables. Su compensador automático y su óptica brillante aceleran el trabajo de medición y aumentan la precisión.



Sus características son

- Robustez y precisión.
- Compensador amortiguado por aire, con tecla de control.
- Resistente a salpicaduras (IP55).
- Tornillos sin fin para el movimiento fino situados a ambos lados para facilitar la puntería.
- Nivel esférico con prisma para leer cómodamente el nivel.
- Círculo graduado de 360°.
- Bajo precio.

## **2.2. Normativas empleadas en el proceso de construcción del tren interurbano México – Toluca.**

Como toda construcción dentro de la Ciudad de México, se debe realizar bajos las normas que se establecen en el Diario oficial de la Federación como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Un problema muy importante a considerar es que, dentro de la construcción de proyectos como este, aun en día no se tiene una regulación apropiada y por ende aún se tiene carencias y gracias a esto empresas dedicadas a este tipo de proyectos se apoyan con normas extranjeras que puedan complementar la decadencia de normas que poseemos.

Un enorme problema que se tiene al emplear normas extranjeras es, que inicialmente esas normas se estudiaron para cumplir con los requisitos empleados para el tipo de suelo, clima, así como las necesidades de la población local, todas estas características son muy diferentes a los requerimientos de la zona donde se realiza el proyecto. Por consiguiente, se busca utilizar normas que más se asemejen a los problemas que se presentan para realizar el proyecto.

Dentro del sector ferroviario de nuestro país se rige por la ley de vías Generales de comunicación, el Reglamento Interior de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, el Reglamento del Servicio Ferroviario y diversas NOMs.

La SCT con ayuda de otras organizaciones encargadas de normalizar este tipo de proyectos se dieron a la tarea de diseñar una normativa que conlleve a un análisis con la finalidad de procurar que los objetivos de la regulación atiendan eficientemente la problemática

que da origen a dichas normativas y que se busque que la regulación genere mayores beneficios que costos y el máximo bienestar social.

Por parte de las organizaciones encargadas de la construcción de líneas férreas decretaron la creación de la ARTF (Agencia Reguladora del transporte Ferroviario, cuyo objetivo será regular, promover, vigilar y verificar la construcción, operación, explotación, conservación, mantenimiento, interconexión en las vías férreas e infraestructura ferroviaria y la prestación del servicio público de transporte ferroviario, así como fomentar la interrelación de las terminales ferroviarias multimodales.

En un futuro la ARTF tendrá atribuciones como:

- A) Integrar la expansión Ferroviario mexicano.
- B) Promover la expansión y el uso de la red ferroviaria.
- C) Expedir, revalidar, suspender y cancelar la licencia federal ferroviaria, de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables.
- D) Dar seguimiento a los siniestros ferroviarios y en su caso, integrar la comisión para la investigación de los mismos.
- E) Fomentar el desarrollo de infraestructura multimodal, para incrementar la accesibilidad al transporte de carga del país.
- F) Ejercer las atribuciones respecto de las tarifas y precios en el servicio público del transporte ferroviario, sus servicios auxiliares y demás actividades relacionadas con el servicio ferroviario.
- G) Coordinar el fondo Nacional de Seguridad para los cruces Viales Ferroviarios de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables.

Por otra parte, de acuerdo con el catálogo de normas Oficiales Mexicanas, existen una serie de NOMs emitidas por el comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre que son aplicables al sector ferroviario.

- **NOM-002-SCT/2011**, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- **NOM-005-SCT/2008**, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, instrucciones y uso de envases y embalajes, recipientes intermedios para gráneles

grandes envases, cisternas portátiles, contenedores de gas y elementos.

- **NOM-004-SCT/2008**, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-005-SCT/2008**, Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-006-SCT272009**, Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-009-SCT2/2009**, especificaciones especiales y de compatibilidad para el almacenamiento y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.
- **NOM-010-SCT2/2009**, Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-011-SCT2/2012**, Condiciones para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos envasadas y/o embaladas en cantidades limitadas.
- **NOM-019-SCT2/2004**, Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-028-SCT2/2010**, Disposiciones especiales y generales para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables.
- **NOM-044/1-SCT2-1997**, Instrucciones para la ejecución de inspecciones y reparaciones programables de conservación del equipo tractivo ferroviario. Parte 1. inspección diaria o de viaje.
- **NOM-044/2-SCT2-1995**, Instrucciones para la ejecución de inspecciones y reparaciones programables de conservación del equipo tractivo ferroviario. Parte 2, inspección trimestral o de 48,000 kilómetros de recorrido.
- **NOM-050-SCT2-2001**, Disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas.
- **NOM-053-SCT-2-2010**, Transporte terrestre-características y especificaciones técnicas y de seguridad de los equipos de las grúas para arrastre y salvamento.

- **NOM-055-SCT2-2000**, Para vía continua, unión de rieles mediante soldadura.
- **NOM-056-SCT2-2000**, para durmientes de madera.
- **NOM-064-SCT2-2001**, Reglas de seguridad e inspecciones periódicas a los diversos sistemas que constituyen el equipo tractivo ferroviario diésel-eléctrico.
- **NOM-076-SCT2-2003**, Lineamientos para el uso de los servicios de interconexión y de terminal entre los concesionarios ferroviarios mexicanos.

Aun teniendo las normas anteriores se presenta un gran problema y este es que estas normas no han llevado a cabo se revisión quinquenal, esta revisión es muy importante ya que sirve para verificar si las condiciones que dieron origen a la emisión de la regulación siguen vigentes o derivados a los cambios tecnológicos que provoquen que los estándares establecidos en la normativa ya sean obsoletos. En ese sentido, es oportuno que dicha normativa se revise para que pueda ser rectificada, actualizada o eliminada.

Existen una serie de temas a ser iniciados o desarrollados como NOMs, que pueden ser relevantes para la seguridad, desarrollo y certeza jurídica en el sector.

Temas como:

1. El transporte de productos de consumo final elaborados a partir de una sustancia o material considerado como peligroso para propósito de uso personal o uso doméstico que se encuentran en una presentación para la venta al público o para su adquisición por consumidores finales.
2. Disposiciones para efectuar la Inspección de carros tanque Ferroviarios asignados al Transporte de materiales y residuos peligrosos
3. Disposiciones de seguridad para el equipo de arrastre al servicio de carga.
4. Plan común para atención de emergencias, en otras palabras, establecer lineamientos para que las empresas ferroviarias, usuarios y autoridades respondan de manera oportuna y organizada ante una emergencia, a fin de evitar o reducir al máximo los daños causados por estos. Dado a que no existen una planeación para la atención de contingencias de manera organizada, se considera necesario, establecer un plan, en el

que se establezcan los criterios generales para la planeación de una emergencia desde su ocurrencia hasta su mitigación, para lo cual el propósito principal de esta norma es la de establecer una metodología que estandarice los planes de actuación, para la atención de contingencias.

5. Para durmientes de concreto (Durmiente monolítico), Para regular los requerimientos mínimos que debe contar el durmiente monolítico de concreto, con el objeto de incrementar la resistencia de las vías con durmientes que garanticen la estabilidad y flexibilidad de la misma, para evitar descarrilamientos ocasionados por la falta de resistencia y fallas en los movimientos radiales.
6. Disposiciones de compatibilidad y segregación en trenes de unidades de arrastre que transportan materiales y residuos peligrosos
7. Lineamientos para el uso de servicios de los derechos de arrastre obligatorios entre los concesionarios ferroviarios mexicanos
8. Metodología para la presentación de informes de accidentes ferroviarios, para establecer la metodología para la clasificación y formación de informes sobre accidentes ferroviarios que deben presentar las empresas ferroviarias, concesionarias a la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, para estandarizar la diversidad de formas y estilos con que las empresas ferroviarias presentan dichos informes de accidentes ferroviarios, además de obligar a que estos se presenten dentro de plazos establecidos.

En cuanto a normativas para la construcción se tiene un reglamento del servicio ferroviario que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de enero del 2000, el cual tiene como objetivo regular la construcción, conservación y mantenimiento de las vías férreas que sean vías generales de comunicación así como la prestación de servicios ferroviarios que comprenden, la operación y explotación de las vías generales de comunicación ferroviaria , el servicio público de transporte ferroviario en que ellas opera, los servicios de interconexión y terminal de los derechos de paso y derechos de arrastre obligatorios, así como los servicios auxiliares, conforme la ley del servicio ferroviario.

Para la construcción del proyecto primeramente se debe de aprobar el proyecto ejecutivo por la secretaria y respetar los siguientes artículos.

**Artículo 36.** La construcción o reconstrucción de vías férreas deberá llevarse a cabo con apego al proyecto ejecutivo previamente aprobado por la secretaria y conforme a la ley, este reglamento y demás disposiciones aplicables.

La documentación e información a que se refiere el párrafo anterior deberá presentarse de conformidad con el instructivo que al efecto expida la secretaria.

La secretaria resolverá lo conducente dentro de los noventa días naturales siguientes a que se presente o se integre debidamente el proyecto ejecutivo, siempre que, en su caso, el título de concesión respectivo no establezca un plazo distinto.

**Artículo 38.** Para efectos de lo dispuesto en el segundo párrafo del artículo 27 de la ley se considera trabajos menores de construcción, entre otros, los siguientes.

- I. Obras de arte, tales como túneles, alcantarillas y puentes con claros menores a 15 metros.
- II. Obras de rehabilitación de las vías férreas.
- III. Espuelas y laderos con pendientes hasta de 1%.
- IV. Basculas
- V. Las demás que, en su caso, determine la secretaria.

Los concesionarios deberán informar a la secretaria con 15 días naturales de anticipación a la iniciación de las obras menores que pretendan llevar a cabo, la ubicación y características generales de las mismas. En caso de dichas obras deban realizarse con motivo de una urgencia, el informe correspondiente deberán proporcionarlo dentro de los 10 días naturales siguientes al inicio de los trabajos respectivos.

**Artículo 39.** El concesionario será el único responsable de la realización de la obra, su costo, operación, de los daños y perjuicios que por la misa se causen a terceros en su persona o en sus bienes, así como de los actos de su personal y de terceros con quien contrate para el efecto.

**Artículo 40.** EL concesionario deberá designaren la construcción de vías férreas a un responsable de obra, quien tendrá la capacidad y experiencia necesaria para llevas a cabo dicha función y contar con facultades suficientes para obligarle.

**Artículo 41.** En caso de que las construcciones o reconstrucciones no cumplan con lo dispuesto en el artículo 36 del reglamento, la secretaria podrá ordenar al concesionario o permisiario la modificación demolición y, en su caso, la reconstrucción de la obra respectiva, las cuales serán a cargo y por cuenta de estos últimos.

### **3. PILAS**

Las pilas son los elementos iniciales de la cimentación y comúnmente se cuelan en sitio, que se encargan de transmitir la carga proveniente de la superestructura para que esta sea capaz de soportarla.

Las pilas son cimentaciones profundas de gran capacidad de carga, que se diferencian de los pilotes en sus dimensiones.

Las características de las pilas y sus ventajas son las siguientes: Pueden resistir cargas axiales superiores a las 500 TN, pueden construirse bajo el nivel freático, soportan cargas horizontales e inclinadas, su construcción no afecta los edificios circundantes, pues no se producen vibraciones por lo cual se pueden ubicar próximas a colindancias, transfieren las cargas a estratos profundos, lo cual es especialmente ventajoso cuando existe el peligro de socavación por las corrientes fluviales y marítimas, o las mareas, y pueden construirse sin cabezales, o con cabezales de reducidas dimensiones.

Las pilas, pueden ser excavadas o perforadas. Cuando el suelo es homogéneo de gran profundidad, la resistencia alcanza magnitudes importantes. Debido a sus grandes dimensiones, las pilas suelen sufrir asentamientos, los cuales deben considerarse en el diseño.

Las fases de ejecución de una pila son básicamente tres:

- 1.- Realización de la perforación
- 2.- Colocación de armado de acero.
- 3.- Colocación de concreto.

### **3.1. Trazo de centro de pilas**

Para la primera fase como con toda la construcción del tren, a la topografía se le entrega los planos de cada una de las estructuras donde se describen las características propias de cada elemento, así como la posición y ubicación de estos.

También se hace entrega de una lista de coordenadas, en las cuales se indica los puntos auxiliares de una poligonal que inicialmente ya fue calculada, estos puntos auxiliares serán para llevar el control de cada aspecto de la construcción del tren, ya que cuentan con coordenadas X, Y, así como una elevación.

En esta lista que ha sido entregada por la empresa SENER y que fue la encargada de calcular la poligonal como las conversiones de coordenadas, también se encuentra los centros de pila, cada uno de los cadenamientos que conforman el tren.

Cada uno de los datos descritos anteriormente se muestran tanto en coordenadas planas como en UTM. Para las coordenadas UTM se tiene también el factor de anamorfosis en la lista antes mencionada.

El factor de anamorfosis es un factor de escala que se aplica a la distancia reducida antes de calcular, y su valor depende del elipsoide y uso de horario especificado en los datos del levantamiento. Cada estación puede tener un valor diferente, y es editable mediante las opciones de modificación de sus datos.

Por lo regular para los trazos se utilizan más comúnmente coordenadas planas.

Ya aclarado lo anterior se comenzará con el proceso constructivo de las pilas.

Para el trazo de la pila se obtiene las coordenadas del centro de pila en el plano correspondiente al apoyo o al elemento en particular, en este plano también se indica el número de pilas con las que está conformado cada apoyo, así como las dimensiones de estas.

Para comenzar con el trazo se toman puntos auxiliares de la poligonal, con estos puntos se realiza el estacionamiento del equipo y se replantea el punto donde estará ubicado el centro de la pila.

Una vez encontrado el centro de la pila, se revisa en el plano el diámetro del elemento ya que se marca este diámetro a partir del

centro y de igual manera se marcan referencias del centro de la pila, comúnmente las referencias se marcan a un metro.

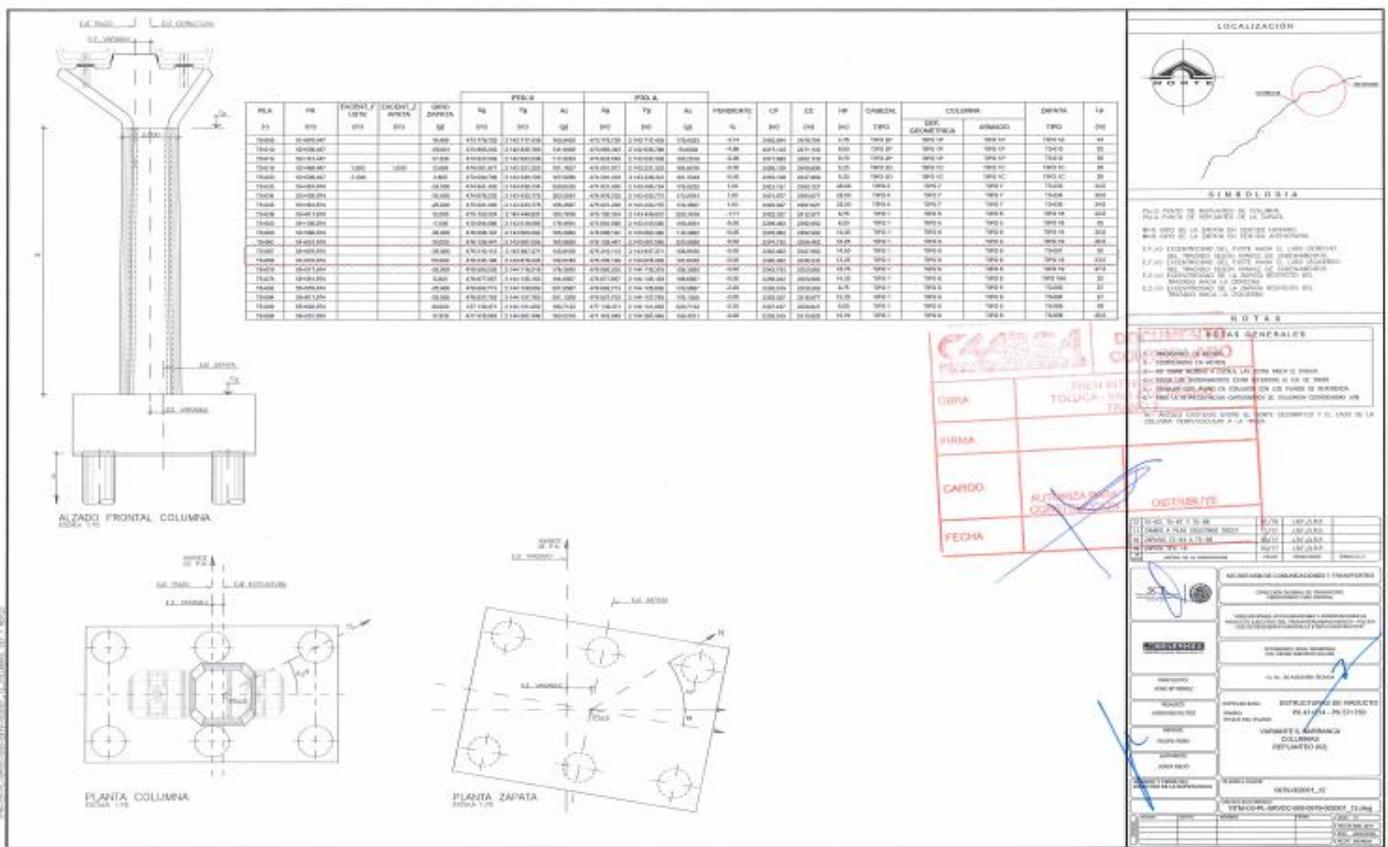
Las referencias se marcan porque cuando se posiciona la perforadora hace uso de estas para centrarse y continuar con la perforación.



En la imagen se muestra el trazo de la pila, el círculo de pintura naranja indica la ubicación como la dimensión de la pila.



Las referencias se colocan con la finalidad de encontrar el centro de la pila si es que el trazo se borró, con estas referencias se facilita encontrar el centro del elemento y esto se puede realizar con un simple flexómetro.



Por último, se tiene que realizar sondeos para garantizar que se llegó al nivel indicado y poder introducir el armado de acero para iniciar con la fase 3 que será el colado.

PILA (-)	PK (m)	EXCENT_F USTE (m)	EXCENT_Z APATA (m)	GIRO ZAPATA (g)	Xg (m)	Yg (m)	Az (g)	Xg (m)	Yg (m)	Az (g)	PENDIENTE %	CF (m)	CZ (m)	HF (m)	CABEZAL TIPO	COLUMNA		ZAPATA TIPO	Lp (m)
																DEF. GEOMETRICA	ARMADO		
TS-008	51+876.447			18.489	473 779.720	2 142 717.439	160.9436	473 779.720	2 142 717.439	179.4323	-3.14	2483.544	2478.794	4.75	TIPO 2P	TIPO 1P	TIPO 1P	TIPO 1A	23
TS-010	52+036.447			-56.841	473 885.342	2 142 835.766	131.8409	473 885.342	2 142 835.766	75.0002	-4.88	2477.132	2471.132	6.00	TIPO 2P	TIPO 1P	TIPO 1P	TS-010	25
TS-013	52+141.447			77.328	473 923.549	2 142 933.336	117.9254	473 923.549	2 142 933.336	195.2518	-5.00	2471.889	2462.139	9.75	TIPO 2P	TIPO 1P	TIPO 1P	TS-013	26
TS-019	52+466.447	1.000	1.000	13.694	474 061.977	2 143 221.323	151.1637	474 061.977	2 143 221.323	164.8478	-5.00	2455.139	2449.889	5.25	TIPO 2D	TIPO 1C	TIPO 1C	TIPO 1C	28
TS-020	52+506.447	-1.000		3.805	474 090.799	2 143 249.106	157.5299	474 091.418	2 143 248.321	161.3349	-5.00	2453.139	2447.889	5.25	TIPO 2D	TIPO 1C	TIPO 1C	TIPO 1C	28
TS-033	53+391.974			-32.500	474 931.430	2 143 436.734	209.9225	474 931.430	2 143 436.734	176.5225	1.00	2421.127	2393.127	28.00	TIPO 4	TIPO 7	TIPO 7	TS-033	34.5
TS-034	53+436.974			-30.000	474 976.232	2 143 432.772	202.0561	474 976.232	2 143 432.772	172.0561	1.00	2421.577	2393.077	28.50	TIPO 4	TIPO 7	TIPO 7	TS-034	30.5
TS-035	53+481.974			-25.000	475 021.200	2 143 433.775	195.4597	475 021.200	2 143 433.775	170.4597	1.00	2422.027	2397.027	25.00	TIPO 4	TIPO 7	TIPO 7	TS-035	34.5
TS-038	53+611.974			12.000	475 150.334	2 143 448.631	193.7676	475 150.334	2 143 448.631	205.7676	-1.11	2422.327	2412.577	9.75	TIPO 1	TIPO 5	TIPO 5	TIPO 18	22.5
TS-050	54+136.974			-7.000	475 664.586	2 143 519.585	176.4991	475 664.586	2 143 519.585	169.4991	-5.00	2399.482	2392.982	6.50	TIPO 1	TIPO 5	TIPO 5	TIPO 18	25
TS-060	54+586.974			-55.000	476 088.197	2 143 663.392	165.3982	476 088.197	2 143 663.392	110.3982	-5.00	2376.982	2362.982	14.00	TIPO 1	TIPO 6	TIPO 6	TIPO 19	25.5
TS-061	54+631.974			70.000	476 126.447	2 143 687.095	163.9658	476 126.447	2 143 687.095	233.9658	-5.00	2374.732	2358.482	16.25	TIPO 1	TIPO 6	TIPO 6	TIPO 19	25.5
TS-067	54+876.974			-35.000	476 310.113	2 143 847.271	143.8108	476 310.113	2 143 847.271	108.8108	-5.00	2362.482	2347.982	14.50	TIPO 1	TIPO 6	TIPO 6	TS-067	20
TS-068	54+918.974			55.000	476 335.199	2 143 878.426	142.6189	476 335.199	2 143 878.426	197.6189	-5.00	2360.482	2348.232	12.25	TIPO 1	TIPO 6	TIPO 6	TIPO 18	23.5
TS-076	55+271.974			-20.000	476 590.202	2 144 116.319	178.3590	476 590.202	2 144 116.319	158.3590	-5.00	2342.732	2323.982	18.75	TIPO 1	TIPO 6	TIPO 6	TIPO 19	27.5
TS-078	55+361.974			5.000	476 677.957	2 144 135.153	194.6567	476 677.957	2 144 135.153	199.6567	-5.00	2338.232	2323.982	14.25	TIPO 1	TIPO 6	TIPO 6	TIPO 16A	25
TS-083	55+576.974			-25.000	476 892.713	2 144 128.600	201.1587	476 892.713	2 144 128.600	176.6567	-2.48	2330.019	2328.269	9.75	TIPO 1	TIPO 5	TIPO 5	TS-083	27
TS-084	55+611.974			-25.000	476 927.703	2 144 127.763	201.1309	476 927.703	2 144 127.763	176.1309	-2.05	2329.227	2316.977	12.25	TIPO 1	TIPO 5	TIPO 5	TS-084	27
TS-089	55+820.974			30.000	477 136.471	2 144 131.053	190.7132	477 136.471	2 144 131.053	220.7132	-0.20	2327.447	2320.947	6.50	TIPO 1	TIPO 5	TIPO 5	TS-089	28

Con los datos que tiene la tabla se puede calcular la profundidad de la excavación. el apartado de la tabla que dice LP (longitud de pila) se calcula la perforación a partir de la corona de zapata (CZ).



El sondeo es un proceso muy importante, con esto se controla la profundidad de la perforación, este proceso se puede realizar con una simple cuerda la cual ya se conoce su longitud o se mide una vez que se retira de la perforación.

### 3.3. Resultados

Terminado la perforación y que con el sondeo se garantice que la profundidad es la correcta, se continuará con la colocación del armado de acero y en este paso se debe garantizar la perpendicularidad del armado y este se realiza con la mira de la estación. La retícula vertical de la mira debe estar paralela al armado de acero para garantizar la alineación.

Una vez introducido este armado se continua con el colado.

Hasta el punto del colado deja de intervenir la topografía, ya que para este proceso solo se vierte el concreto y se espera a que fragüe este

para terminar con el proceso de construcción de la pila y de esta manera se realiza con cada una de las pilas del apoyo.

Aunque parece un proceso muy sencillo de realizar, se debe tener extremo cuidado en cada una de las fases de esta, ya que un error en este puede condicionar la construcción de los siguientes elementos o puede ocasionar serios daños estructurales.

En cuanto a la precisión que se obtuvo en este proceso se presenta una tabla algunos de los resultados obtenidos en el trazo.

APOYO	TOLERANCIA	COORDENADAS DE PROYECTO	COORDENADAS AL REVISAR	ERROR
T3-001	0.05m	X= 470612.01 Y= 2139916.077	X= 470612.014 Y= 2139916.053	X= 0.004 Y= 0.024
T3-002	0.05m	X= 470620.818 Y= 2139945.799	X= 470620.834 Y= 2139945.807	X= 0.016 Y= 0.008
T3-003	0.05m	X= 470633.296 Y= 2139983.802	X= 470633.290 Y= 2139983.764	X= 0.006 Y= 0.038
T3-004	0.05m	X= 470647.561 Y= 2140021.165	X= 470647.566 Y= 2140021.172	X= 0.005 Y= 0.007
T3-005	0.05m	X= 470663.681 Y= 2140057.769	X= 470663.643 Y= 2140057.795	X= 0.038 Y= 0.026
T3-006	0.05m	X= 470681.61 Y= 2140093.521	X= 470681.612 Y= 2140093.53	X= 0.002 Y= 0.011
T3-007	0.05m	X= 470701.304 Y= 2140128.332	X= 470701.274 Y= 2140128.325	X= 0.03 Y= 0.007
T3-008	0.05m	X= 470722.712 Y= 2140162.116	X= 470722.745 Y= 2140162.094	X= 0.033 Y= 0.022
T3-009	0.05m	X= 470745.68 Y= 2140194.861	X= 470745.687 Y= 2140194.862	X= 0.007 Y= 0.001
T3-010	0.05m	X= 470769.585 Y= 2140226.931	X= 470769.585 Y= 2140226.927	X= 0.0 Y= 0.004
T3-011	0.05m	X= 470793.744 Y= 2140258.812	X= 470793.765 Y= 2140258.833	X= 0.021 Y= 0.021
T3-012	0.05m	X= 470817.907 Y= 2140290.689	X= 470817.873 Y= 2140290.687	X= 0.034 Y= 0.002
T3-013	0.05m	X= 470831.663 Y= 2140330.737	X= 470831.614 Y= 2140330.692	X= 0.049 Y= 0.045
T3-014	0.05m	X= 470867.526 Y= 2140353.428	X= 470867.491 Y= 2140353.418	X= 0.035 Y= 0.01
T3-015	0.05m	X= 470894.199 Y= 2140383.231	X= 470894.215 Y= 2140383.254	X= 0.016 Y= 0.023

## **4. ZAPATAS**

La zapata se puede describir como un tipo de cimentación que se utiliza normalmente en terrenos con resistencia media o alta a la compresión. Su función es anclar y transmitir las tensiones que genera una estructura al terreno sobre el que se encuentra. Se ubica en la base de la estructura y suele encontrarse como un prisma de concreto debajo de los pilares (o columnas) de la estructura.

Las zapatas son divididas en diferentes tipos dependiendo de la función requerida, entre las que se encuentran:

- Zapatas Aisladas
- Zapatas Combinadas
- Zapatas Corridas
- Zapatas Rígidas
- Zapatas Macizas
- Zapatas Flexibles

Pero las que nos interesan para esta construcción son las zapatas aisladas.

Este tipo de zapatas son utilizadas para la creación de columnas, que pueden ser prefabricadas o fabricadas en sitio y pueden ser aplicadas en edificaciones u obras que tienen juntas de dilatación y recaen en una sola columna para transmitir las cargas sobre el terreno.

### **4.1. Trazo de vértices de zapatas**

Como con el elemento anterior, se obtiene la información tanto de coordenadas como niveles de las tablas y planos entregados por SENER y de la misma manera se utilizan coordenadas planas para realizar el trazo de los vértices de la zapata.

De la misma manera que con las pilas, se utilizan mínimo dos puntos auxiliares de la poligonal para realizar el posicionamiento de la estación y con ello y por medio de replanteo se traza cada uno de los vértices que conforma la zapata.

Este trazo se debe dejar muy bien indicado, porque a continuación del término de este, entrara la maquinaria que se encargara de

comenzar con la excavación y con esta poder seguir con el armado de la zapata.



EL trazo que se muestra con cal es para indicar donde se debe realizar la excavación, aquí se ubicara la zapata

#### **4.2. Trazo y control de niveles**

Mientras se realiza la excavación para comenzar con el armado de la zapata, se debe ir trazando referencias que indique hasta donde llegara esta excavación, este nivel también se indica en los planos, algo a resaltar es que al nivel inferior de la zapata que es indicada como DZ (desplante de zapata) se le debe agregar 10 cm ya que se debe colocar una plantilla de concreto de dicho espesor. La plantilla se elabora con el fin de que el concreto de la zapata no se contamine con tierra u otros elementos ajenos al concreto.

Para minimizar los errores a la hora de colocar las referencias se debe realizar con un nivel fijo. Se pueden colocar con estación total, pero puede ocasionar más errores este equipo que el nivel fijo.

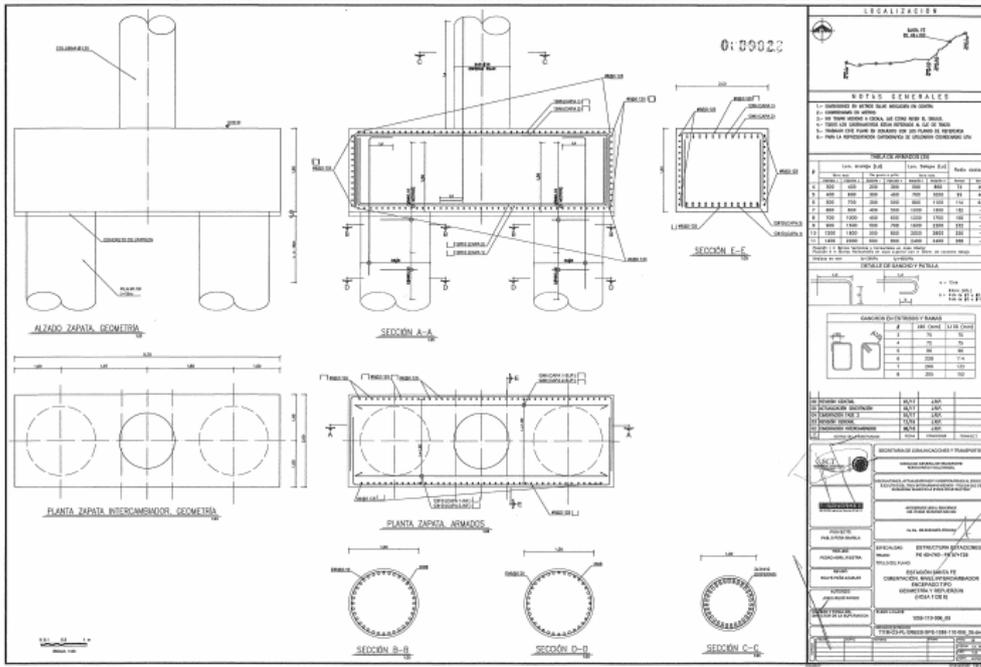
Con el nivel fijo, se debe correr una nivelación, que más comúnmente se realiza a doble puesta de aparato de ida y vuelta, se comienza desde un banco nivel o algún punto auxiliar del cual se esté completamente seguro del nivel de este.

Ya teniendo nuestro aparato nivelado, se colocan las referencias suficientes para que puedan continuar con los pasos siguientes en el proceso de la construcción.

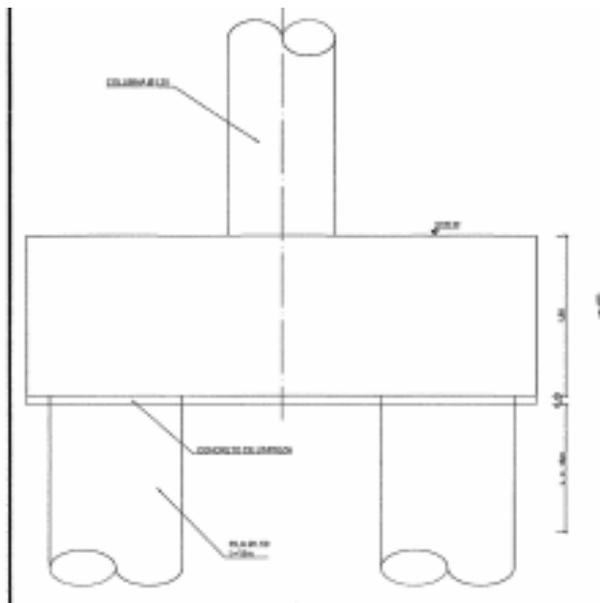
Esto de colocar referencias se realiza durante todo el proceso de la construcción de la zapata y esto es para indicar el inicio como hasta

donde debe llegar el armado de varilla para que después de que se coloque el concreto llegue al nivel de CZ (corona de zapata) que se indica en el proyecto.

Entre más referencias se coloquen se garantiza de mayor manera que se lleguen a los niveles marcados.



Se muestra un plano referente a una columna el cual nos describe las características físicas con las que debe ser construidas, en el cuadro de construcción nos indica a que apoyo corresponde.



Para los niveles necesitamos saber de cuánto será el grosor de la zapata, esta información la localizaremos en este apartado del plano

En esta sección del plano podemos obtener la información principal de la zapata, aquí



ZAPATA	Az (g)	CF (m)	CZ (m)	HF (m)	PENDIENTE %	Lp (m)
C1	182.909	2597.963	2585.000	12.983	0,000	10

GEOMETRIA ZAPATA C1			ASCENSOR 1		
PTO (m)	Xg (m)	Yg (m)	PTO (m)	Xg (m)	Yg (m)
A	471820.305	2141035.292	E	471829.524	2141041.121
B	471832.248	2141043.596	F	471831.083	2141042.657
C	471835.379	2141038.476	G	471832.612	2141040.187
D	471823.435	2141031.173	H	471830.053	2141036.622
C1-2q	471825.824	2141037.259	A1	471830.568	2141040.854
C1-der	471823.381	2141035.549			

podemos obtener las coordenadas de los vertices de la zapata, un aspecto a tomar en cuenta es que las coordenadas presentadas en los planos se presentan en coordenadas UTM, para realizar el trazo de estos usaremos el factor de escala que se nos presentan en la lista de puntos de la pligonal del tren, ahí la buscaremos con el numero de apoyo.

Tambien estas tablas nos muestran el nivel de CZ (corona de zapata) y con base con el grosor descrito en el plano anterior, podemos obtener las cotas con las que trabajaremos.



En la imagen se muestra que se realiza una nivelación, esta nivelación se realiza para verificar que la plantilla se encuentra al nivel correcto si es así, se comenzará con el armado de varilla.



El monitoreo del nivel superior del armado es indispensable ya que debemos garantizar que no sobrepasamos el nivel del proyecto o que se obtendrá un recubrimiento correcto

Colocada la plantilla se trazan nuevamente los vértices de la zapata y de la misma manera se coloca el trazo de ejes para que al personal encargada de preparar el armado les sea más sencillo elaborarla y colocarla en el sitio adecuado.

Antes de continuar con el armado de acero se debe verificar si en el apoyo en el que se está trabajando se colocara una columna prefabricada o fabricadas en sitio ya que la preparación es diferente en cada una de estas y en el caso de las fabricadas en sitio la preparación se comienza a la par de la zapata.

Para una columna fabricada en sitio, en el momento en la que se traza la zapata sobre la plantilla de concreto, también se traza la columna, porque la base de la columna se arma a la par de la zapata, dejando los disparos de varilla que conformara el armado de la columna por fuera de la zapata.

Una vez que se terminó el armado de la zapata se verifica que los costados se encuentren plomeados para que puedan comenzar con la colocación de la cimbra, también en el caso que la columna sea fabricada en sitio se traza la columna sobre las varillas para evitar que algunos de los disparos de dicha columna queden por fuera de su posición.

En el caso de la prefabricada se tiene que realizar el trazo de los ejes sobre la parte superior de la zapata para colocar una plantilla que formará la base de la columna, ya colocada la plantilla se revisa que este perfectamente colocada para evitar desplazamientos en la colocación de la columna.



En la imagen se muestra el armado de la zapata y como se va realizando el trazo de la columna, ya que las varillas sobresalen de la zapata y corresponden al armado de esta.

En este caso el armado se prepara para una columna que será fabricada en sitio y se ve por las varillas que sobresalen, ya que de otra manera se mostraría el trazo y la colocación de la plantilla.



El accesorio de madera que está colocado sobre el armado de varilla es para que forme la plantilla para colocar la columna prefabricada, esta plantilla debe de quedar perfectamente alineada.

#### 4.3. Monitoreo de colado de zapata

Cuando ya se tiene la zapata armada y como se mencionó anteriormente se revisa que el armado se encuentre plomeado para la colocación de la cimbra que comúnmente es de madera y que de igual manera se plomea.

Cuando ya está colocada la cimbra se colocan referencias para indicar hasta donde tiene que llegar el concreto, por lo regular la referencia se colocan a 20 cm por encima del nivel del tope de concreto.

En el momento que se comienza a verter el concreto se debe de estar al pendiente de que la cimbra no se abra y se mantenga plomeada, también se debe monitorear que la plantilla para la base de la columna prefabricada se mantenga en ejes y no tenga desplazamientos por el movimiento del concreto.

Ya garantizando todo lo anterior solo nos queda monitorear que el concreto llegue al nivel de proyecto para dar por terminado este proceso.



Antes de colocar la cimbra se revisa que el armado quede plomeado y posteriormente la cimbra también. En la imagen se muestra la preparación para iniciar con el colado.

#### 4.4. Resultados

Para garantizar que la zapata se construya como el proyecto nos indica, la topografía tiene que estar al pendiente de cada movimiento y decisión que se tome en el proceso constructivo, la zapata se puede considerar como la estructura más importante ya que da origen a la posición de la columna y posteriormente de las trabes, aparte de la carga que soporta y que si de alguna manera el colado no se lleva a cabo de manera eficiente puede provocar muy serios daños estructurales.

Gracias a que durante todo el proceso constructivo se buscó obtener errores mínimos y llegar a los resultados que el proyecto nos indicaba, la construcción de las zapatas se realizó de manera eficiente, de esta manera se garantizó que no hubiera problemas en los procesos consecuentes.

Las zapatas fueron liberadas encontrando errores mínimos que, aunque los hubo, fueron errores que no provocarían una falla estructural o algún problema a considerar.

A continuación, se mostrará una tabla con algunos resultados obtenidos al realizar el trazo de los vértices de zapatas.

APOYO	VERTICE	TOLERANCIA	PROYECTO	VERTICE TRAZADO	ERROR
T5-025	A	0.02	X= 474263.616 Y= 2143334.824	X= 474263.628 Y= 2143334.837	X= 0.012 Y= 0.013
	B	0.02	X= 474258.431 Y= 2143348.057	X= 474258.426 Y= 2143348.059	X= 0.005 Y= 0.002
	C	0.02	X= 474270.134 Y= 2143337.379	X= 474270.151 Y= 2143337.363	X= 0.017 Y= 0.016
	D	0.02	X= 474264.954 Y= 2143350.612	X= 474264.944 Y= 2143350.611	X= 0.01 Y= 0.001
T5-026	A	0.02	X= 474408.921 Y= 2143386.792	X = 474408.9 Y= 2143386.812	X= 0.021 Y= 0.02
	B	0.02	X= 474404.509 Y= 2143399.669	X= 474404.509 Y= 2143399.681	X= 0.0 Y= 0.012
	C	0.02	X= 474415.548 Y= 2143389.063	X= 474415.527 Y= 2143389.073	X= 0.021 Y= 0.01
	D	0.02	X= 474411.136 Y= 2143401.941	X= 474411.134 Y= 2143401.954	X= 0.002 Y= 0.013
T5-027	A	0.02	X= 474450.544 Y= 2143402.681	X= 474450.533 Y= 2143402.68	X= 0.011 Y= 0.001
	B	0.02	X= 474447.410 Y= 2143412.186	X= 474447.418 Y= 2143412.2	X= 0.008 Y= 0.014
	C	0.02	X= 474458.623 Y= 2143405.345	X= 474458.618 Y= 2143405.321	X= 0.005 Y= 0.024
	D	0.02	X= 474455.488	X= 474455.501	X= 0.13

			Y= 2143414.850	Y= 2143414.851	Y= 0.001
T5-028	A	0.02	X= 474525.594 Y= 2143421.759	X= 474525.58 Y= 2143421.731	X= 0.014 Y= 0.028
	B	0.02	X= 474520.123 Y= 2143439.970	X= 474520.11 Y= 2143439.951	X= 0.013 Y= 0.019
	C	0.02	X= 474538.629 Y= 2143425.676	X= 474538.633 Y= 2143425.655	X= 0.004 Y= 0.021
	D	0.02	X= 474533.158 Y= 2143443.886	X= 474533.172 Y= 2143443.877	X= 0.014 Y= 0.009
T5-029	A	0.02	X= 474645.188 Y= 2143456.131	X= 474645.18 Y= 2143456.131	X= 0.008 Y= 0.0
	B	0.02	X= 474641.373 Y= 2143472.711	X= 474641.366 Y= 2143472.71	X= 0.007 Y= 0.001
	C	0.02	X= 474658.598 Y= 2143459.217	X= 474658.577 Y= 2143459.21	X= 0.021 Y= 0.007
	D	0.02	X= 474654.783 Y= 2143475.797	X= 474654.769 Y= 2143475.803	X= 0.014 Y= 0.006

## 5. COLUMNAS

Las columnas son elementos verticales, encargados de transmitir todas las cargas de la estructura a la cimentación; es decir, son necesarias para el soporte de la estructura, por lo que su construcción requiere especial cuidado.

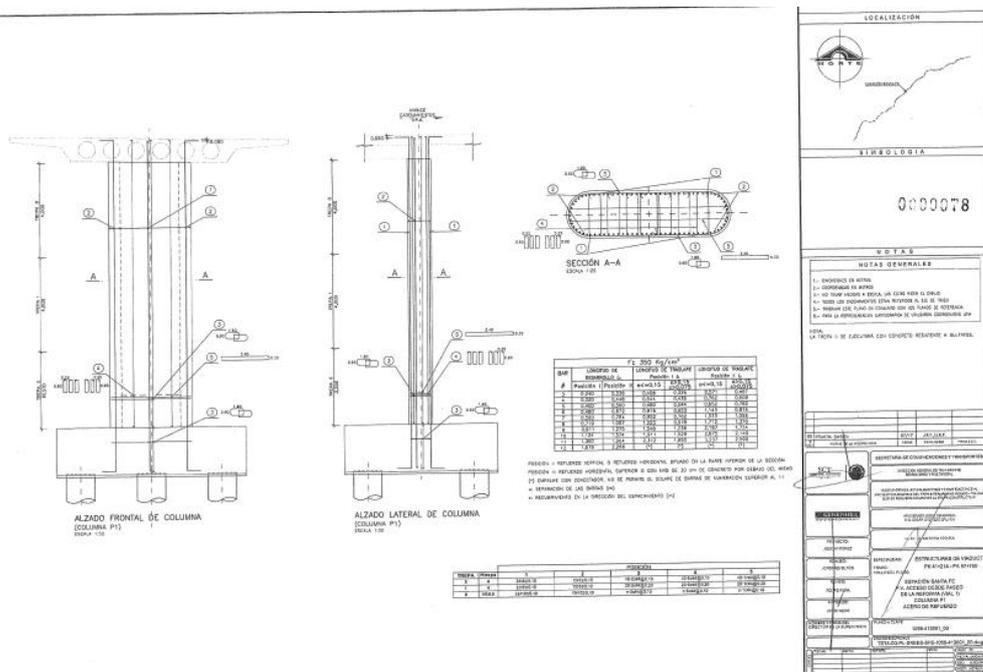
Las columnas son el elemento que se posicionará sobre las zapatas y serán los soportes de los cabezales y posteriormente de las trabes.

Para este proyecto se manejan dos tipos de construcción para este elemento, la primera es fabricada en sitio y la segunda será prefabricada, para ambos tipos se explicará cómo interviene la topografía en el proceso constructivo de estos elementos.

### 5.1. Columnas fabricadas en sitio

Las columnas fabricadas en sitio, como su nombre lo indica se realizan en el sitio donde estarán ubicadas, todo el proceso que inicia desde el anclaje, la colocación del armado de acero como el colado todo se realiza en el sitio donde se ubicara el elemento.

Para el proceso constructivo de dicha columna la topografía es esencial en todo momento, en un inicio se traza los vértices de la columna sobre la base de la zapata ya que el anclaje se realiza a la par de la zapata, el trazo se realiza en la base como en la parte superior del armado, el trazo se utiliza como guía para que el anclaje como los disparos abarquen el perímetro de la columna y no quede fuera de posición donde se encontrará la columna.



Se muestra un plano de una columna fabricada en sitio, en dicho plano se puede ver la longitud y la cantidad de los trepados con los que contará el apoyo, así como el tipo de armado que lleva. En cuanto a las columnas fabricadas en sitio cada apoyo tiene su propio plano ya que cada columna tiene características diferentes.



En la imagen se puede ver el trazo de los vértices de la columna, con esto se verifica que los disparos para el armado de la varilla se encuentren en posición correcta y no queden por fuera de algunos de los paños de la columna.

Para la construcción de este tipo de columna, se debe tomar en cuenta que se realiza por módulos que por lo regular son de 2.40 m de alto, se van construyendo cada módulo hasta llegar al nivel indicado en el proyecto.

Para construir cada módulo o armado, se inicia trazando referencias que marcan o los paños de la columna o los ejes de apoyo, esto con la finalidad de basarse en ellos para realizar el armado de acero y posteriormente la colocación de la cimbra.

Otro aspecto importante es ir marcando los niveles de tope de concreto, para que usen estas marcas para colocar la cimbra y posteriormente usarlas para controlar el concreto del colado.

Una vez colocado la cimbra se debe de revisar que esta se encuentre plomeada y que respete los paños de esta, este proceso tiene que realizarse con una tolerancia que no debe rebasar los 5 mm de esviaje para evitar un futuro desplome del elemento o que no se respete la geometría de esta.



En la imagen se muestra un segundo trepado, se puede observar que se revisa la colocación de la cimbra, tomando los paños interiores y verificando si corresponden a los paños de la columna.

Este proceso se repite con cada uno de los módulos y en cada una de las columnas que sean construidas de esta manera.

Por último, al quitar la cimbra, hay que revisar que los paños se encuentren en la posición establecida en proyecto.



A continuación, se puede observar la revisión de un tercer módulo, al igual como en el inicio se revisa tanto la posición como el plomeo de la cimbra para garantizar que la columna mantiene su geometría y su posición.

## 5.2. Columnas prefabricadas



Para las columnas prefabricadas utilizaremos este plano, ya que aquí nos mostrara el desplante, la longitud y en nivel de corona de columna, son los datos que se revisan al inicio y al final de los montajes de dio elemento.

Este tipo de columna se manda a fabricar fuera de la zona de proyecto, a la empresa encargada de la fabricación de este elemento se le entrega las especificaciones requeridas para la obra en cuestión, tanto la altura, espesor, tipo de concreto y armado de acero con la que debe de contar para que sea capaz de cumplir su función. Dentro de la obra se debe de preparar la zona en donde será colocada y para esto se realiza una base sobre la zapata en donde embonará la columna a la hora de ser montada.

En el momento que se va a colar la zapata se traza tanto el eje transversal como el longitudinal, esto para tomarlos como guías para colocar una plantilla de madera.

Durante el colado de la zapata se debe de monitorear dicha plantilla, se revisa que no sufra desplazamiento alguno ya que la plantilla formara la base donde será postrada la columna, por eso se debe garantizar que la base se encuentre bien centrada y con esto que la columna quede de acuerdo al proyecto.



En la imagen se puede observar la colocación y alineación de la plantilla de madera. Esta plantilla será la que dará origen a la base de la columna.

### **5.3. Montaje de columnas prefabricadas**

Una vez que ya se encuentra lista la zapata para realizar el montaje, se procede a trazar referencias que nos indique la dirección de los ejes tanto transversal como longitudinal, los datos de los ejes de igual manera como las coordenadas de los centros de columna se pueden obtener de los planos proporcionados por SENER. Las referencias que se colocan se utilizan para estacionar el equipo y para darle línea, esto se hace para poder monitorear el movimiento de la columna a la hora de que se realice el montaje y así de esta manera poder dirigirla y colocarla en la posición correcta.

Antes de comenzar el montaje se marca una referencia en cada paño de la columna, esta referencia debe ser colocada a la mitad de cada paño y tanto en la parte superior como en la inferior de la columna, estas marcas son las que nos dirigirá el montaje ya que cada una de estas marcas deben de coincidir con los ejes trazados con anterioridad.

Otro aspecto a mencionar es que se debe de medir el elemento antes de ser colocado, la longitud de esta también vienen indicados en los planos, se tiene que garantizar que la pieza que se va a colocar sea la correcta.

El montaje se realiza con un mínimo de dos estaciones o teodolitos, ya que una controlara el eje transversal y la otra el longitudinal. Ya colocados y alineados los equipos solo queda dirigir el montaje haciendo coincidir la mira vertical de la estación con las referencias marcadas en la columna hasta lograr que asiente el elemento.

## 5.4. Resultados

Aunque el proceso constructivo para ambos tipos de columnas es muy diferente, pero en ambas el uso de la topografía es muy importante.

Tanto la construcción de los módulos, como el montaje de cada una de las columnas se monitoreo, y se revisó para garantizar que cuente con las especificaciones descritas en el proyecto.

De un total de 65 columnas de las que 23 fueron fabricadas en sitio y 42 fueron fabricadas en sitio, desde el primer trepado que se monitoreo como con el primer eje trazado se buscó realizar un trabajo de calidad, antes de realizar cualquier trabajo se revisó el equipo con el que se efectuó el trabajo, cierre angular como el distanciometro, las 65 columnas fabricadas fueron revisadas y aprobadas, aunque hubo discrepancias con supervisión, estas se encontraban dentro de tolerancia.

De esta manera se pudo continuar con la siguiente fase que es la preparación para el montaje de las trabes.

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra las coordenadas de ejes para colocar las plantillas de las columnas, con sus respectivas tolerancias y las diferencias que se obtuvieron.

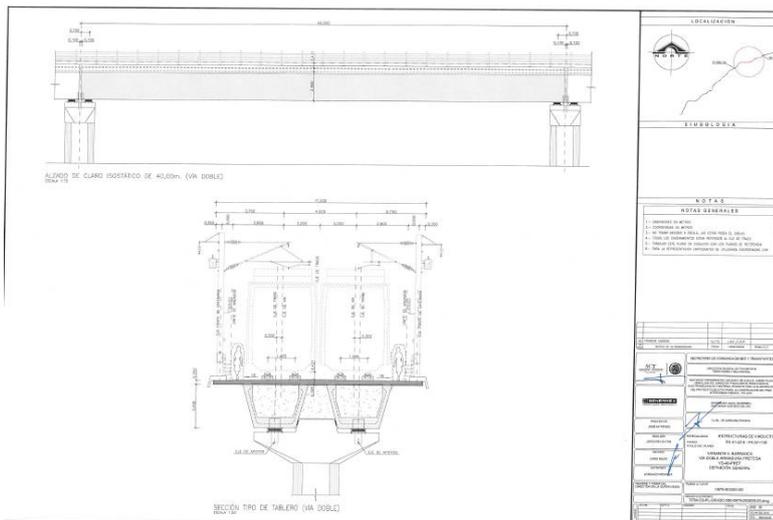
APOYO	TOLERANCIA	EJE PROYECTO	EJE TRAZADO	ERROR
T5-025	0.005	X= 474257.938 Y= 2143355.075	X= 474257.938 Y= 2143355.073	X= 0.0 Y= 0.002
	0.005	X= 474266.560 Y= 2143333.072	X= 474266.562 Y= 2143333.069	X= 0.002 Y= 0.003
	0.005	X= 474252.321 Y= 214338.391	X= 474252.316 Y= 214338.39	X= 0.005 Y= 0.001
	0.005	X= 474271.468 Y= 2143345.929	X= 474271.468 Y= 2143345.932	X= 0.0 Y= 0.003
75-026	0.005	X= 474403.742 Y= 2143392.108	X= 474403.739 Y= 2143392.113	X= 0.003 Y= 0.005
	0.005	X= 474422.679 Y= 2143398.587	X= 474422.676 Y= 2143398.591	X= 0.003 Y= 0.004
	0.005	X= 474407.131 Y= 2143407.454	X= 474407.129 Y= 2143407.45	X= 0.002 Y= 0.004
	0.005	X= 474414.791 Y= 2143385.098	X= 474414.788 Y= 2143385.101	X= 0.003 Y= 0.003
T5-027	0.005	X= 474450.555 Y= 2143416.228	X= 474450.55 Y= 2143416.232	X= 0.005 Y= 0.004
	0.005	X= 474455.477 Y= 2143401.303	X= 474455.482 Y= 2143401.301	X= 0.005 Y= 0.002
	0.005	X= 474441.665 Y= 2143404.927	X= 474441.668 Y= 2143404.927	X= 0.003 Y= 0.0

	0.005	X= 474460.648 Y= 2143411.271	X= 474460.653 Y= 2143411.27	X= 0.005 Y= 0.001
T5-028	0.005	X= 474527.303 Y= 2143439.724	X= 474527.298 Y= 2143439.724	X= 0.005 Y= 0.0
	0.005	X= 474531.709 Y= 2143425.059	X= 474531.705 Y= 2143425.063	X= 0.004 Y=0.004
	0.005	X= 474498.780 Y= 2143423.452	X= 474498.778 Y= 2143423.452	X= 0.002 Y= 0.002
	0.005	X= 474556.275 Y= 2143440.768	X= 474556.279 Y= 2143440.766	X= 0.004 Y= 0.002
T5-029	0.005	X= 474648.224 Y= 2143473.622	X= 474648.224 Y= 2143473.622	X= 0.0 Y= 0.0
	0.005	X= 474651.748 Y= 2143458.306	X= 474651.752 Y= 2143458.306	X= 0.004 Y= 0.0
	0.005	X= 474641.452 Y= 2143464.001	X= 474641.454 Y= 2143464.004	X= 0.002 Y= 0.003
	0.005	X= 474658.519 Y= 2143467.928	X= 474658.523 Y= 2143467.931	X= 0.004 Y= 0.003

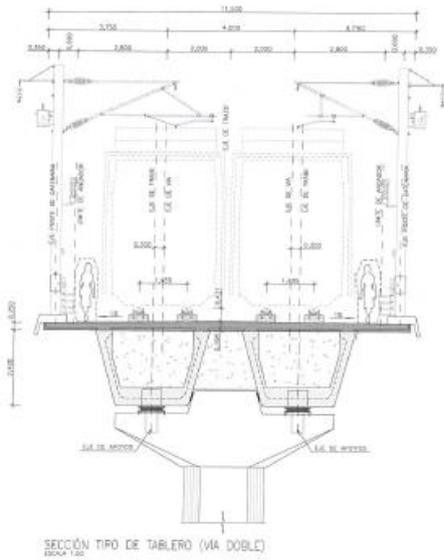
## 6. Trabes

Una trabe, también conocido como “ballena” es un elemento prefabricado de concreto y únicamente es maciza en sus extremos, lo que permite reducir considerablemente su peso en función de su longitud.

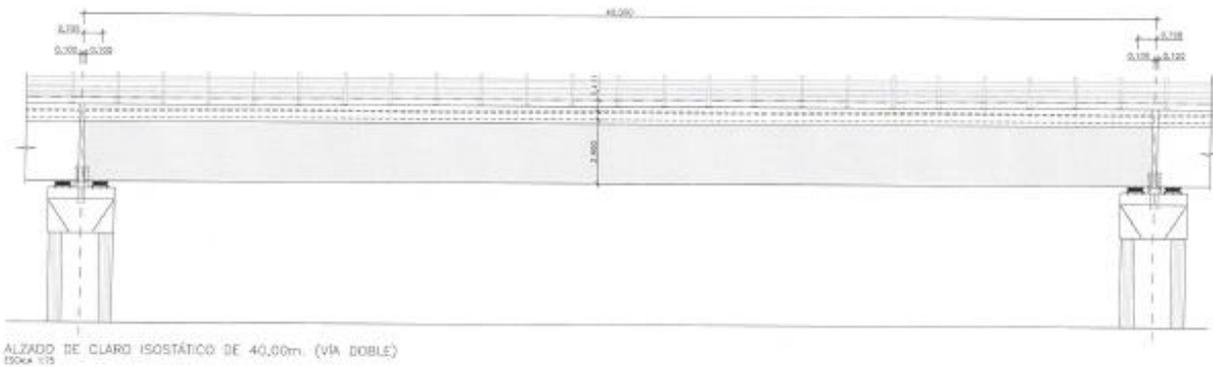
Este tipo de elemento proporciona gran estabilidad y resistencia en claros grandes siendo su principal aplicación en la formación de superestructuras para puentes.



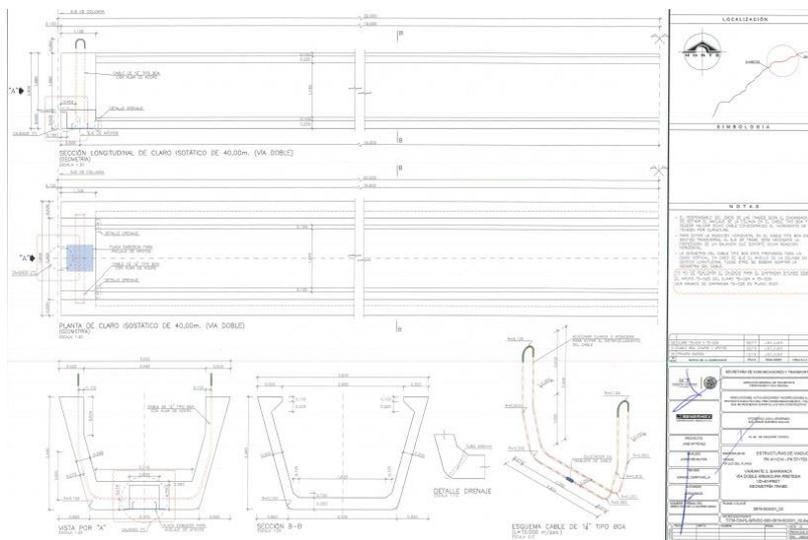
En el plano mostrado se muestra la geometría de las trabes.



En la imagen se muestra todos los elementos que se colocaran sobre las traveses, debemos considerar estos datos para realizar el montaje, el trazo se debe realizar garantizando que cumpliremos con todos los detalles mostrados aquí.

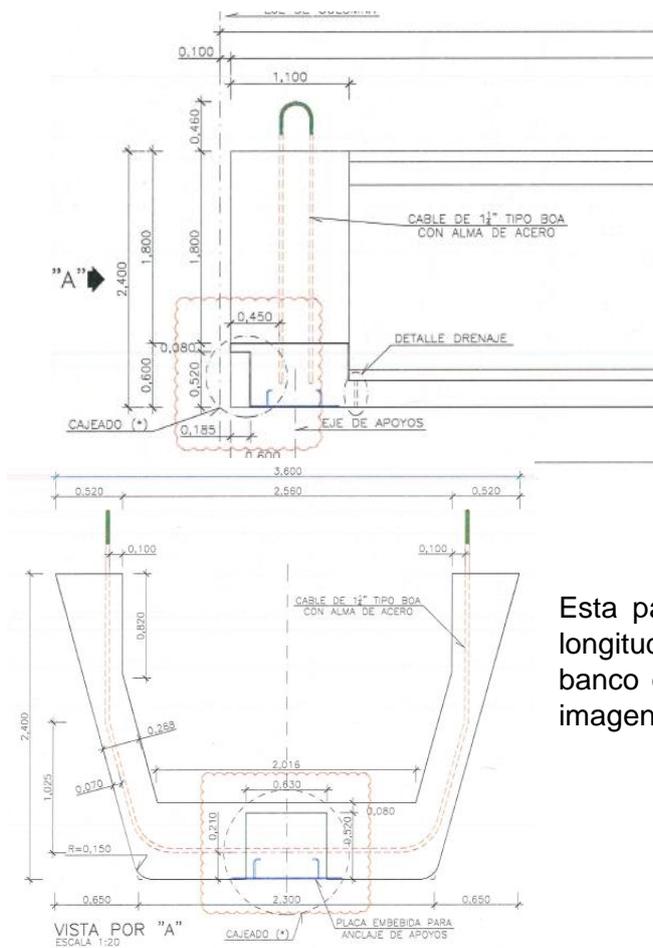


Antes de comenzar el montaje de las traveses, se debe tomar en cuenta las dimensiones mostradas en la imagen de arriba, se debe garantizar que el espacio entre las traveses es el adecuado para colocar la pieza.



En este plano se muestra las vistas laterales, frontal y posterior de la trabe.

## 6.1. Trazo de bancos de apoyo sobre columnas



Para el calculo de las cotas, como para determinar el trazo de la geometria se utiliza esta seccion, aquí nos muestra las longitudes que se debn cumplir en la construccion de este elemento.

Esta parte del plano también nos muestra las longitudes que hay que respetar para construir el banco correctamente, es el complemento de la imagen anterior.

Para este proceso una vez construidas o montadas las columnas, sobre estas se coloca otro elemento llamado cabezales.

Los cabezales son estructuras de concreto en que se colocan sobre las columnas, un cabezal se usa como soporte de las traveses y de igual manera que las columnas prefabricadas el montaje de estas estructuras se realiza alineando las marcas de los ejes de la columna con la de los ejes trazados en el cabezal, para esto se alinea la estación con el eje, se trazan referencias que utilizaremos para estacionar el equipo y para alinearlos, de esta manera el montaje se realiza solo con la mira de la estación total haciendo coincidir la línea vertical de la mira de la estación con los ejes trazados tanto en la columna con el cabezal. Ya colocados los cabezales sobre las columnas se revisa el nivel de la parte superior de dicho elemento para poder calcular el espesor del banco de tal manera que se cumpla el nivel establecido en el proyecto

El banco es prácticamente el soporte de las traveses, que será el siguiente elemento a colocar.

Para el trazo de los bancos se obtiene el eje de cada uno de los bancos, en cada apoyo se trazan 4, ya que se colocan 2 traveses por la parte frontal y dos por la parte posterior.

Los ejes de los bancos se obtienen del eje principal, solo se obtiene la distancia que hay entre eje de proyecto y eje de travesa, de igual manera esta información se obtiene en los planos otorgados por SENER.

Una vez que se trazaron los ejes se debe de trazar las referencias de nivel donde se indica hasta donde llegara el banco, por lo regular se marcan en el tope antisísmico que ya vienen colocados en los cabezales.



Como se puede apreciar en la imagen el trazo de los niveles se colocan comúnmente en el tope anti sismo,

Con el trazo de ejes y de niveles dejamos todo preparado para que comiencen con la construcción de bancos, que se revisaran una vez estén terminados para garantizar que cumplen tanto en posición como en altura para dar por terminado.

## **6.2. Colocación de neoprenos**

El neopreno se utiliza en la construcción para soportar la presión de cargas y pesos de gran tonelaje. El neopreno es un tipo de caucho sintético con la cualidad de resistir impactos del clima, el ozono y de otras variables externas, así como a resistir mezclas derivadas del petróleo como disolventes, aceites y grasas.

Los cojines hechos de neopreno también se utilizan en puentes como mecanismo de seguridad. Estos dan flexibilidad a los puentes para minimizar los daños causados por los movimientos. Debido a que es estable y

no reactivo, el neopreno también se utiliza para fabricar recubrimientos resistentes a la corrosión y como base para adhesivos.



Se muestra en la imagen como se coloca el neopreno sobre el banco para soporte de la trabe.

Una vez que se terminaron los bancos se deben colocar los neoprenos, estos neoprenos también se colocan sobre el tope antisísmico y a los costados de este, así que su principal función es el reducir el impacto producido por las vibraciones y movimientos.

Para lo colocación de neoprenos, se considera su espesor, este espesor se le resta al nivel del banco, así en el momento que se coloca el neopreno se mantenga el nivel estipulado para colocar la trabe.

Para los que se colocaran sobre el tope antisísmico de igual manera se tiene que revisar el nivel que se encuentra en la parte superior de dicho tope, este paso siempre tiene que realizarse porque algunas veces al colocar el neopreno se excede el nivel de proyecto y de esta manera ocasionaría problemas en el montaje de la trabe. En estos casos se tiene que recortar el tope para que en el momento que se coloque el neopreno se cumpla con el nivel indicado.

### **6.3. Preparación y montaje de traveses**

Las traveses son el último elemento pesado que se colocara y que forma parte de la estructura del tren.

El colocar las traveses es un proceso muy sencillo pero que de igual manera se debe de realizar con extremo cuidado, garantizando que los trazos que se realizaran cuenten con la mayor precisión posible.

Para iniciar este proceso lo primero que hay que revisar es la longitud que se encuentra entre columna y columna ya que hay que garantizar que este espacio no exceda la media o la sobre pase y no se pueda realizar el montaje.

Cuando se concluye que se puede realizar el montaje ya que el claro cuenta con la longitud adecuada, ahora se revisa que la trabe que se va a colocar, de igual manera se revisa que su geometría sea correcta y que cuente que la longitud exacta. Si se cumple con ambas especificaciones se podrá continuar con la preparación para el montaje.

Antes de comenzar con el montaje se realiza el trazo de ejes longitudinales correspondientes a las trabes, este se obtiene a partir del eje principal del proyecto. Se reviva en el proyecto de cuanto es la longitud que hay entre el eje principal y el eje de la trabe, que por lo regular es de 2.5 m.

Para realizar el trazo primero hay que estacionar el equipo haciendo uso de los puntos auxiliares pertenecientes a la poligonal abierta del proyecto. Lo que sigue ahora es realizar una línea de referencia con la estación total utilizando el eje principal, para el trazo se sabe que la longitud entre ejes es de 2.5m, aplicamos un offset y por trabe se trazan dos puntos, uno para colocar la estación y el otro para darle dirección.

Antes de iniciar el montaje, se traza referencias que corresponden al eje en ambos extremos de la trabe y de igual manera se trazan en una zona que sea visible a la hora del montaje en ambas caras de los cabezales donde se postrara la trabe.

Con todos los preparativos realizados, hay que esperar a que levanten la columna sobre los cabezales para colocar la estación utilizando los puntos antes trazados, con la estación alineada se tiene que hacer coincidir las referencias que se trazaron en los cabezales y en las trabes y de igual manera con las referencias que se trazaron, hay que monitorear las trabes hasta que ya se encuentren completamente asentadas en el cabezal.

Con esto finalmente se termina con el montaje de la trabe.

#### **6.4. Resultados**

Con las trabes colocadas se termina con la construcción de la estructura principal del tren, cada elemento desde la estructura debe de fabricarse con extremo cuidado ya que cualquier error en

cualquiera de los elementos anteriores repercute en el proceso constructivo del siguiente elemento.

Al momento de colocar las trabes se puede garantizar que los procesos constructivos hasta este momento se han llevado a cabo respetando cada aspecto marcado en el proyecto.

Al continuar con los elementos que siguen y teniendo en mente lo anterior dicho, se pueden encontrar problemas que van desde la mala construcción de columnas, cabezales y trabes, también errores a causa de un mal montaje o algún error humano, aun la supervisión garantice que todo lo construido se realizó correctamente, se pueden encontrar errores.

Ante eso entra la topografía para realizar un levantamiento de todos estos elementos colocados para poder encontrar estos errores y buscarle una solución antes de continuar con la construcción de las estructuras faltantes.

A continuación, se muestra una tabla con coordenadas para el trazo de ejes para el montaje de las trabes y sus las diferencias que se obtuvieron al momento de trazarse.

APOYO	TOLERANCIA	EJE DE PROYECTO	EJE TRAZADO	DIFERENCIA
T5-025	0.005	X=474262.834 Y=2143342.581	X=474262.831 Y=2143342.584	X=0.003 Y=0.003
T5-026	0.005	X=474411.480 Y=2143394.759	X=474411.473 Y=2143394.762	X=0.007 Y=0.003
T5-026	0.005	X=474411.480 Y=2143394.759	X=474411.483 Y=2143394.764	X=0.003 Y=0.005
T5-027	0.005	X=474453.016 Y=2143408.765	X=474453.01 Y=2143408.763	X=0.006 Y=0.002
T5-027	0.005	X=474453.016 Y=2143408.765	X=474453.022 Y=2143408.761	X=0.006 Y=0.004
T5-028	0.005	X=474529.376 Y=2143432.823	X=474529.380 Y=2143432.82	X=0.004 Y=0.003
T5-028	0.005	X=474529.376 Y=2143432.823	X=474529.376 Y=2143432.827	X=0.0 Y=0.004
T5-029	0.005	X=474649.986 Y=2143465.964	X=474649.983 Y=2143465.969	X=0.003 Y=0.005
T5-029	0.005	X=474649.986 Y=2143465.964	X=474649.979 Y=2143465.961	X=0.007 Y=0.003
T5-030	0.005	X=474774.108 Y=2143476.014	X=474774.111 Y=2143476.009	X=0.003 Y=0.005

## 7. Tabletas

Las tabletas pasaran a ser la losa que se colocara sobre las traveses ya que estas vienen huecas en la parte de en medio.

Las tabletas son como su nombre lo indica son tableros de concreto estas tienen una medida de 2 metros de ancho y el largo puede variar, ya que dependiendo si es recta o curva va a ir cambiando el largo de estas.

Las tabletas se van a colocar de una en una hasta cubrir toda la trabe, también hay un tipo de tableta que se colocara entre las traveses y estas son de 2m de largo por 1m de ancho y se colocan de extremo a extremo.

### 7.1. Monitoreo de niveles de corona de trabe para ajuste de tabletas

Una vez que se terminó con el montaje de traveses se tiene que realizar una nivelación para esto tenemos que subir un banco de nivel a algunas de las traveses.

Para subir un banco de nivel se usa una esquina de alguna de las traveses, se baja una cinta métrica a nivel de suelo, tomando el 0 en la esquina y con la numeración hacia abajo para poder leerla con el nivel fijo de la manera como si realizáramos una nivelación normal.

Una vez dándole una cota a la esquina elegida y de aquí se comienza una nivelación nuevamente, comúnmente realizamos una nivelación con doble puesta de aparato y esta se realiza a lo largo de las traveses, esto con la finalidad de poder calzar las tabletas y tener un nivel uniforme.

Con la nivelación se localizan los puntos donde se tendrá que colocar calzas o en casos extremos donde demoler.

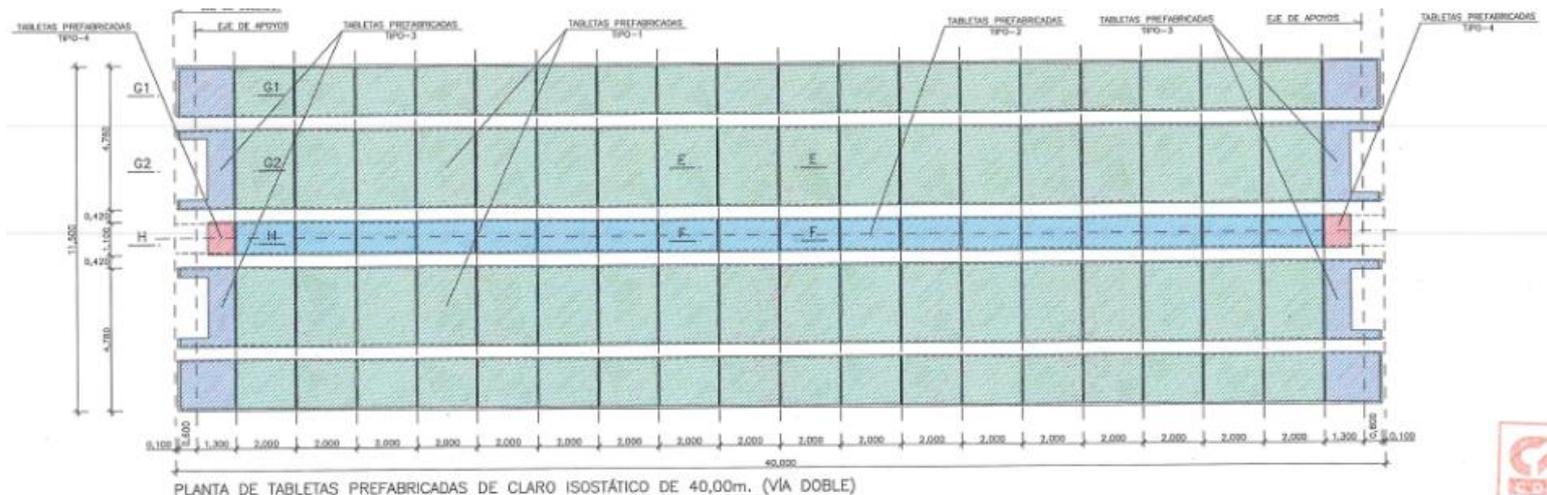


En la imagen se puede mostrar como se ve una trabe desde arriba, las tabletas forman la losa.

## 7.2. Trazo de referencias para montaje de tabletas



Plano general de las tabletas.



En esta sección del plano se muestra la geometría de las tabletas, en base a esta geometría y con las características de la trabe se realizará el trazo para montar el elemento en cuestión

Para realizar el trazo de las tabletas inicialmente se pretendía hacerlo respetando el proyecto, pero en el momento que se hizo, el personal de montaje se dio cuenta que de esta manera se cortaban muchas varillas y una de las desventajas es que estas varillas se usan para anclar las tabletas, por este motivo se tenía que evitar a toda costa esta acción.

Ante este problema se optó por realizar el trazo basándose en lo físico, para iniciar se colocó la estación total y se mide con un flexómetro el ancho de la trabe marcando la mitad en ambos extremos del elemento, ahora se coloca la estación en la marca de uno de los extremos y la alineamos con el otro extremo.

El siguiente paso es medir la trabe de extremo a extremo y ahora marcamos la mitad longitudinalmente, partir de esta marca se va seccionando a cada dos metros e igualmente se van colocando marcas, este trazo marca el despiece de las tabletas y servirán como referencia para colocarlas.

Por último, se tiene que marcar el paño interior de la tableta y para esto con base de la línea que tenemos con la estación, aplicamos un offset de 1.75 hacia la parte interior de la trabe y se van marcando referencias como se crea necesario.

Para terminar, se da aviso a la supervisión de la topografía para liberar el trazo y poder continuar con el montaje.

### **7.3. Montaje de tabletas**

Para comenzar con este proceso ya tenemos liberado el trazo de las referencias, ahora lo que sigue es ir dirigiendo el montaje para hacer respetar las marcas.

Una de las recomendaciones que se dan, es iniciar el montaje en el centro de la trabe y de ahí se parte a los extremos, este proceso solo se utiliza para las tabletas laterales, con las centrales se puede iniciar de extremo a extremo, solamente hay que revisar que en la zona donde descansa la tableta central tenga buen espacio, mínimo de 5 cm de lo contrario se debe de fijar la tableta para evitar que caiga.

Para las laterales aparte de hacer respetar las referencias, se debe de revisar que el espacio que quedan entre ella no exceda los 3 cm ya que de lo contrario se debe considerar si se pueden recorrer las tabletas anteriores o siguientes para reducir esa distancia.

Para terminar, se debe de revisar que no se halla recortado ninguna de las varillas que formaran las anclas para fijar las tabletas y realizar el armado para el firme de compresión.

Este proceso se repite con cada una de las tabletas y con cada una de las trabes.



En la imagen se ve como se baja la tableta poco a poco para hacer que caiga dentro de las referencias marcadas, de igual manera se busca que no se tenga que recurrir a golpear las anclas.



se revisan las anclas que estorban para tratar de moverlas de tal manera que permitan el montaje, pero con el cuidado de no romperlas.

#### **7.4. Resultados**

Con las tabletas colocadas empieza a tomar forma el puente, como se mencionó anteriormente con las tabletas realizamos un tipo losa, además que ya se le da las dimensiones con las que contará las vías.

El proceso de montaje de las tabletas puede ser tan sencillo como puede complicarse, muchas veces las varillas obstruyen que la tableta baje correctamente, así que se golpean estas varillas para hacer el espacio para poder acomodarla, pero tiene que golpearse con extremo cuidado ya que no deben de ser cortas estas varillas. De otra manera si no se realizó bien la nivelación y se ponen las calzas correctamente también complica mucho el trabajo entonces

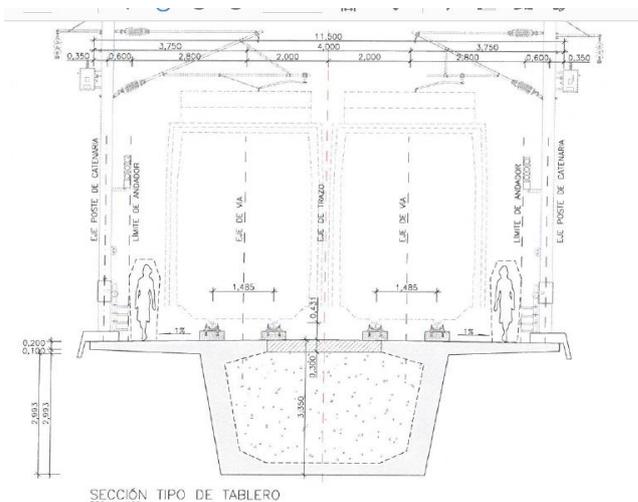


hay que calcular nuevamente las calzas para mantener las tabletas bien alineadas, por ultimo una mala calidad de trabajo en el trazo de las referencias para el montaje complica en la ensambladura, ya que puede ocasionar que las tabletas queden torcidas o que se produzcan espacios que exceden las tolerancias. Pero por lo contrario si todos los preparativos previos al montaje se realizan de manera eficiente el montaje se desarrolla de manera eficiente y se puede avanzar más rápido

A continuación, se muestra una tabla donde se muestra la tolerancia como el desfase que se obtuvo al trazar la línea de referencia que se utiliza para el montaje de tabletas

CLARO	TOLERANCIA	DESFASE DE LA LINEA BASE
T3-010-T3-011	0.005	0.0
T3-011-T3-012	0.005	0.003
T3-012-T3-013	0.005	0.005
T3-013-T3-014	0.005	0.006
T3-014-T3-015	0.005	0.002
T3-015-T3-016	0.005	0.0
T3-016-T3-017	0.005	0.005
T3-017-T3-018	0.005	0.004
T3-018-T3-019	0.005	0.004
T3-019-T3-020	0.005	0.005

## 8. Faldones



Para realizar el trazo de los paños de los faldones utilizamos este corte el cual nos desglosa la longitud existente entre cada elemento al eje de proyecto.

Los faldones son piezas fabricadas con concreto que se ocupan como guarnición o valla de contención, la colocación de este elemento se puede considerar que es para comenzar a dar una vista estética a la estructura, ya que van cubriendo los brincos de las tabletas y de esta manera se ven más estéticas las curvas y rectas.

Aunque se puede considerar que es más estético este proceso, no significa que no se tenga que tener un extremo cuidado en cuanto a la preparación como en el montaje, también es muy necesaria la topografía para garantizar la correcta colocación de casa una de las piezas.

### **8.1. Monitoreo de niveles en tabletas para colocación de referencias en el montaje de faldones.**

Como se mencionó anteriormente la colocación de los faldones es para darle un toque estético, entonces debemos desvanecer los brincos entre tabletas, con los faldones se pretende que se vea una línea uniforme que mantenga una pendiente constante. Para ello se debe de realizar un levantamiento a detalle donde se levantará cada una de las tabletas para poder detectar los brincos que pudiera haber.

Un punto importante es que en el levantamiento se busca la tableta en donde sea más notorio el brinco para partir de ahí y calcular los niveles con los que se iniciara los montajes.

Aparte del levantamiento a detalle se realiza una nivelación esto para calcular la pendiente que traemos entre trabes y así poder conservar una pendiente constante.

Teniendo toda la información anterior se puede continuar con los preparativos para el montaje de los faldones.

### **8.2. Trazo de referencias para montaje de faldones**

Para el trazo de los faldones se toma el eje físico en cada apoyo como referencia para colocar la estación total, se tiene que revisar en los planos de proyecto de cuánto será el ancho total de ambas vías, a partir de esto se aplica un offset con la distancia calculada y que se asegura que libran las vías, se van colocando referencias que sean visibles y que no estén muy distantes entre ellas.

Con las marcas que se colocaron se utiliza un tiralíneas cualquiera, de tal manera que se pueda utilizar esta línea como referencia y sea más sencillo realizar la maniobra.

También se tiene que marcar un despiece en el cual indicamos donde tienen que ir colocados cada uno de los faldones, para esto se hace de los extremos hacia el centro. De cualquiera de los extremos se miden piezas de 3 metros que es lo que tiene de longitud cada faldón, entonces se van colocando marcas continuas con la distancia antes mencionada, por lo regular se marcan 6 piezas de un extremo al centro y posteriormente otras 6 del otro extremo al centro nuevamente, en el centro quedara un espacio el cual se divide en dos ya que esas piezas serán los ajustes para completar el claro.

Este proceso te tiene que realizar en cada uno de los claros del tren.

### **8.3. Montaje de faldones**

Para iniciar con el montaje hay que revisar los niveles que hay que respetar tanto en los extremos como en el centro, revisando claramente que con estos niveles se respete la pendiente tanto en el claro que se pretende trabajar como en el que sigue y en el que antecede de lugar a trabajar.

Ya que se comprobó que los niveles son correctos se colocan varillas en escuadra hasta el nivel correspondiente, estas varillas se usaran para amarrar un hilo reventón para marcar el nivel al cual hay que alinear el faldón.

En el montaje cada una de las piezas se utiliza el hilo reventón para colocar calzas y que el faldón quede en el nivel indicado, también hay que tomar en cuenta los trazos que se colocaron tanto el despiece como las referencias derivadas del eje del tren.

Por último, con una niveleta se revisa el faldón colocado que quede plomeado y al mismo que nivel que la pieza anterior y posterior, se debe garantizar tanto el plomeo como respetar los niveles, nuevamente se hace mención que estas piezas le darán la estética a los extremos del tren, además que estos faldones serán la base para construir las guarniciones.

### **8.4. Resultados**

Ya colocados los faldones se puede observar ya bien definidas las curvas y las rectas, obviamente eso se puede observar si todo el proceso se llevó adecuadamente y con altos estándares de trabajo, el colocar los faldones comprueba que la topografía es esencial en todo aspecto del proceso constructivo, en un inicio se planteó realizar

el montaje de este elemento sin el uso de la topografía, pero finalmente se comprobó que era muy necesario que se tenía que participar para poder tener los resultados que se obtuvieron.

Con este elemento se terminó con todo el proceso de estructura, con los faldones se da por terminado con los montajes y como se pudo describir la topografía tiene participación en la construcción tanto de la cimentación como de la estructura, en cada aspecto que conlleva la construcción del tren, la topografía es la encargada que este proyecto se inicie, se lleve a cabo y se culmine tal cual el proyecto y las necesidades del terreno y funcionalidad requieran, es muy evidente que sin la topografía no se hubiera concluido el proyecto con los resultados positivos alcanzados.

Tanto en los faldones como con las tabletas se utilizan las mismas líneas de referencia para realizar el montaje por lo cual se mantiene el desfase obtenido en el trazo.

CLARO	TOLERANCIA	DESFACE DE LA LINEA BASE
T3-010-T3-011	0.005	0.0
T3-011-T3-012	0.005	0.003
T3-012-T3-013	0.005	0.005
T3-013-T3-014	0.005	0.006
T3-014-T3-015	0.005	0.002
T3-015-T3-016	0.005	0.0
T3-016-T3-017	0.005	0.005
T3-017-T3-018	0.005	0.004
T3-018-T3-019	0.005	0.004
T3-019-T3-020	0.005	0.005

## 9. Restauración de vialidades.

Una vez que se concluyen las labores de construcción se tiene que restaurar guarniciones, baquetas, camellones, vialidades, etc. que sufrieron una afectación a causa de las actividades que derivaron de la construcción del tren.

Es una responsabilidad de la empresa constructora restaurar todas las vialidades afectadas ya que puedes afectar el paso de peatones, obstruir vialidades lo que derivaría tráfico. Para esto es muy importante el levantamiento inicial por que se utilizara este levantamiento para dejar todo como estaba inicialmente.

### 9.1. Restauración de camellones, guarniciones y banquetas.

Para iniciar con el proceso de restauración se debe iniciar con un levantamiento a detalle para representar bien las zonas con afectación

Como mencionamos anteriormente se tiene que hacer uso del levantamiento que se realizó al inicio de la obra, ya que este nos mostrara como es que estaban los camellones y banquetas en un inicio.

En algunas zonas la columna evita que se pueda restaurar alguna banqueta o camellón, así que el levantamiento sirve para ver estos detalles y de esta manera buscar una solución y plasmar la modificación en el plano y posteriormente poder plasmarlo en campo.

Para comenzar se necesitan los planos que contienen las modificaciones y las zonas a restaurar, en esta ocasión se entregó una planta dibujada en AutoCad lo cual facilito mucho el trabajo porque tenía los puntos coordenados lo cual con un simple replanteo se van trazando los puntos, estos puntos serán las referencias para la restauración.

Se busca trazar los puntos suficientes para que no se pierda la forma de la banqueta, guarnición o banqueta, en algunas ocasiones hay que excavar por que las guarniciones quedaran 80 cm abajo del nivel de la carpeta asfáltica.

Se comienza con las guarniciones tanto para las banquetas como para los camellones y ya que el área trazada se excavo se comienza a poner referencias que representan el nivel superior de las guarniciones y para calcular estos niveles nos basamos en la carpeta asfáltica sin olvidar que hay que respetar la pendiente.



Se puede observar el monitoreo de una excavación para la fabricación de una guarnición. Se revisa que el trabajo se haya realizado dentro del trazo marcado.

Utilizando las referencias y los niveles colocados comenzaran a colocar la cimbra metálica para colar las guarniciones, esta cimbra se tiene que revisar una vez que se terminó de colocar, hay que revisar que este plomeada y tenga el espesor marcado en el proyecto, una vez que se da el visto bueno a la cimbra continuaran con el colado.

Una vez que se terminó con el colado de las guarniciones se continuara con las banquetas y los camellones, esto es más sencillo ya que las guarniciones ya delimitan el elemento a fabricar, lo único que hay que hacer es controlar los niveles en la parte central de los camellones y las banquetas, esto con la finalidad de que se construyan respetando las pendientes y una nivelación uniforme. Para terminar, se debe realizar nuevamente otro levantamiento a detalle para mostrar que la restauración se llevó conforme al proyecto.



Para la restauración de la guarnición se realizó un levantamiento posterior de la zona para representar la zona afectada, posteriormente se continua con la construcción de la nueva guarnición y banqueta.

## **9.2. Restauración de las vialidades.**

De la misma manera como se realizó con las guarniciones, camellones y banquetas, se necesita el levantamiento que se realizó al inicio del proyecto o en su defecto los planos con las actualizaciones ya que también las vialidades en algunos tramos sufrieron modificaciones, ya sea porque la construcción del tren nos obliga a hacerlo o por petición de la SCT.

Para las vialidades el proceso constructivo es más complejo y al cual necesita más atención y delicadeza ya que una mala construcción de estos podría ocasionar accidentes viales.

En inicio se tiene que realizar el trazo de las vialidades, como con las guarniciones, banquetas, y camellones, se basó en la planta dibujada en AutoCad y de la misma manera se obtendrán los puntos coordinados para realizar dicho trazo, nuevamente por medio de replanteo se irán trazando cada punto que se utilizarán para referencia.

En este proyecto las referencias tienen que ser visibles por que para este proceso pasará la fresadora para retirar el asfalto viejo y después de esto la retroexcavadora entrara para mejorar la zona y darle la forma a la vialidad que se trazó.

Ya que se preparó el terreno se colocarán referencia marcando los niveles a donde llegará el asfalto nuevo.

Igualmente, como con las guarniciones se realiza un cálculo de niveles basándose en la pendiente de la vialidad para ir trazando las referencias de nivel del asfalto nuevo.

Conforme se va realizando la colocación del asfalto nuevo, la topografía va atrás obteniendo niveles para ir revisando que la carpeta va respetando los niveles calculados.

Por último y como se ha realizado anteriormente, se tiene que realizar un levantamiento en el cual se representara el estado final de la vialidad.



Se realiza una nivelación posterior a la colocación de la carpeta asfáltica, para verificar que se respetó la pendiente.

### **9.3. Entrega de vialidades**

Para poder realizar la entrega de todas las vialidades restauradas y modificadas, así como con cualquier elemento construido, se tienen que hacer un monitoreo como un levantamiento a detalle, esto con la finalidad de detectar alguna anomalía dentro de la construcción.

Antes de entregar hay que asegurarse que todo está construido conforme lo establecido en el proyecto, ya que, si llegamos a encontrar algún defecto, este deberá corregirse lo más pronto posible, ya que de lo contrario no se detecta y se hace la entrega así en el momento en que detecten el defecto puede provocar sanciones que repercutan más gravemente que si en su momento se hubiera corregido como una sanción económica aparte del costo de la reparación.

Si ya se está convencido que todo se encuentra en perfectas condiciones, se programa una visita para entrega y se alistan todos los planos e información necesaria para poder dar por concluido este rubro, de esta manera ya se pueden habilitar estas vialidades y pueda comenzar la circulación peatonal y vial.

### **9.4. Resultados**

Muchas de las vialidades que se restauraron estaban confinadas y en un grave estado de deterioro, esto provoca problemas en la circulación vial y peatonal, ya que se sierran carriles, se obstruyen pasos peatonales, incluso se retiran banquetas y puentes peatonales, obviamente todo esto provocan problemas en la movilidad civil.

Cuando se realiza la restauración en algunas ocasiones se aprovecha para realizar un mejoramiento en las vialidades que aún se encuentran en funcionamiento, lo que beneficia tanto al peatón como a los automovilistas, ya que un mejoramiento en las avenidas, calles, banquetas, etc. Agiliza el desplazamiento además de brindar un mayor confort al usuario. También con esta restauración se busca darle un toque más estético a la zona con banquetas nuevas, puentes peatonales, iluminación, señalamientos más modernos y que mejoran el paisaje urbano.

## 10. CONCLUSION FINAL

En México como en cualquier país el ramo de la construcción es un pilar muy importante en cuanto a la economía, ya que genera miles de empleos directos e indirectos y de igual manera promueve el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar la calidad de infraestructura.

En este caso la construcción del tren cumple con lo antes mencionado ya que se tiene un estimado que genera 17,500 empleos directos y 35,000 indirectos, de esta manera generando empleos contribuye al desarrollo económico del país, y por otro lado ya que se culmine el proyecto, se obtendrá ganancias por el servicio de transporte que brindara, ahora hablando de tecnología, el proyecto busco estar a la vanguardia implementando lo más sofisticado en cuanto a la realización de las vías como en el ensamblaje de los carros del tren para garantizar mayor comodidad a los pasajeros y garantizar su seguridad.

Un aspecto muy importante a mencionar es que aun que se busca implementar tecnologías de vanguardia muchas veces no se logra esta meta porque aunque en México hay grandes constructores, ingenieros, profesionistas y empresas de primer nivel no basta con la experiencia en la industria de la construcción, porque se carece apoyo económico de instituciones bancarias y del gobierno para poder adquirir tecnología y maquinaria moderna para hacerle frente a empresa transnacionales, las cuales están entrando a nuestro país por medio de tratados comerciales que las benefician, ya que la mayoría son subsidiadas por sus países de origen y tienen acceso a créditos con una tasa de interés muy baja en comparación a las nuestras.

Pero una ventaja que tienen las empresas mexicanas sobre las extranjeras es que las nacionales conocen la zona, las costumbres del personal encargado de la mano de obra, los climas, los métodos de construcción usados en el país y el ingenio que muchas veces es una herramienta importante para contrarrestar la carencia de tecnologías de punta.

Así que en conjunto los conocimientos y la experiencia de la ingeniería mexicana se busca crear soluciones o métodos para poder llevar a cabo un proyecto desarrollando un procedimiento

constructivo tanto general como específico para cumplir con los criterios de diseño y la meta requerida.

Por lo cual se hace sumamente importante la Geomática en obras de inversión elevada como lo fue el tren interurbano México-Toluca ya que los criterios de diseño, los procedimientos constructivos y el equipo utilizado están basados directamente en dicho resultado provocando así el éxito o fracaso de dicha obra.

Para ello tanto en la cimentación como la construcción de cualquier estructura por más sencilla que sea debe satisfacer y cumplir con seguridad, calidad y ser económicamente viable.

Por lo que para cumplir estos requisitos son muy importantes los conocimientos en cuanto a Geomática e ingeniería de construcción para que, complementados con la experiencia, el criterio de ingenieros y personal de obra lleven con éxito cualquier tipo de proyecto.

Sin dejar a un lado la supervisión Geomática que debe de garantizar que los criterios de construcción se construyan conforme a las hipótesis de diseño, la falta de dicha supervisión hace que caiga en manos de supervisores que usualmente tienen poca experiencia en el ámbito.

## BIBLIOGRAFIA

- LEY DE VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN. EDITORIAL: PORRUA, S.A. 20a. EDICIÓN.
- NORMAS PARA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES DE LA SECRETARIA DB COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. EDICIÓN 19S3, LIBRO 3.
- VÍAS DE COMUNICACIÓN. AUTOR: INC. CARLOS CRESPO VILLALAZ. EDITORIAL: LIMUSA- NORIEGA, 2a. EDICIÓN.
- ANUARIO ESTADISTICO FERROVIARIO 2019. AUTOR: MTRO. ALEJANDRO ALVAREZ REYES, AGENCIA REGULADORA DEL TRANSPORTE FERROVIARIO. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA E INFORMATICA, [www.inegi.gob](http://www.inegi.gob)
- Crespo Villaraz (2007) Vías de comunicación (Cuarta edición) Ed. Limusa.