

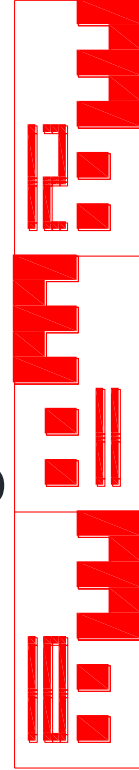


**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS  
PROYECTO  
Y  
FASES  
DEL  
PROCESO  
CONSTRUCTIVO  
DEL  
VIADUCTO  
ZIRAHUÉN**



PRESENTA:

**P.I.C.ALEJANDRO  
CORTÉS CRUZ**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

ASESOR DE TESIS:

**M.I. TARSICIO AUDIFRED HURTADO SOLÓRZANO**

MORELIA MICHOACÁN OCTUBRE DE 2020



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## **AGRADECIMIENTOS:**

A mis padres que fueron la cimentación de la estructura de mi carrera, ya que nunca me faltó el apoyo tanto económico como emocional por parte de ellos.

A mis hermanos que aportaron en la motivación de mis padres para que su servidor estudiara una carrera universitaria; la mejor de todas, Ingeniería Civil.

A mí esposa, la cual en tiempos de estudiante era mi novia, por su comprensión, su amor, su apoyo y paciencia; en especial durante la elaboración de esta tesis. A todos y cada uno de mis maestros que me compartieron su conocimiento, por su paciencia y su entrega en el aula; en especial al Ingeniero Tarsicio Audifred Hurtado Solórzano por ser mi guía en este proyecto, el más importante para dar el paso final para llegar a la meta de ser **INGENIERO CIVIL TITULADO**.

A mis compañeros por su apoyo en los tropezones del camino, en los trabajos realizados en equipo, por las alegrías y tristezas compartidas a lo largo de la estancia en la Facultad de Ingeniería Civil la cual fue nuestra segunda casa, si no es que la primera ya que pasábamos más tiempo en ella que en casa a lo largo de toda nuestra carrera universitaria.

A mis compañeros de Autopistas Michoacán por el apoyo brindado en el transcurso de la elaboración de esta tesis.

## **DEDICATORIAS:**

A mis padres, mis abuelos, mis hermanos, mis sobrinos, mi esposa, mis hijos, mis primos, mis cuñados, mis suegros, mis concuños y a mis seres queridos que se adelantaron en el camino del andar de la vida; ya que estoy seguro que estarán y estarían orgullosos de ver a su servidor realizado como Ingeniero Civil Titulado.



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1	DEFINICIÓN.....	15
1.1.1	UBICACIÓN.....	15
1.1.2	DESCRIPCIÓN.....	16
<b>2</b>	<b>ESTUDIOS PRELIMINARES.....</b>	<b>18</b>
2.1	ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	18
2.1.1	BASES DE CONTROL (REFERENCIAS).....	18
2.1.2	BASES AUXILIARES.....	20
2.1.3	LEVANTAMIENTO DEL TERRENO NATURAL DEL VIADUCTO.....	22
2.2	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	26
2.2.1	EL SUELO.....	26
2.2.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS.....	30
2.2.3	PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.....	32
2.2.4	SONDEOS PARA ESTRATIGRAFIA DEL SITIO.....	34
2.2.5	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	37
2.2.6	EXPLORACIÓN Y MUESTREO.....	38
2.2.7	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SONDEOS.....	39
2.2.8	PROFUNDIDAD Y CAPACIDAD DE CARGA.....	41
2.3	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	42
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA GENERAL DEL VIADUCTO.....</b>	<b>46</b>
3.1	CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	47
3.1.1	SUBESTRUCTURA.....	49
3.1.2	ESTRUCTURA.....	55
3.1.3	SUPER ESTRUCTURA.....	63
<b>4</b>	<b>FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.....</b>	<b>76</b>
4.1	FASE 1.....	76
4.1.1	REPLANTEO DE ZAPATA.....	77
4.1.2	DESPALME.....	77
4.1.3	REPLANTEO DE CENTROS DE PILOTES.....	78



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



4.1.4	EXCAVACIÓN DE PILOTES.....	79
4.2	FASE 2.....	80
4.2.1	HABILITADO DE ACERO PARA PILOTES.....	81
4.2.2	COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO EN PILOTES.....	82
4.2.3	COLADO DE PILOTES.....	83
4.3	FASE 3.....	84
4.3.1	COLADO DE ZAPATAS.....	85
4.3.2	COLADO DE ENCEPADOS.....	85
4.3.3	COLADO DE PILAS.....	86
4.3.4	COLOCACION DE TABLA ESTACADOS.....	86
4.3.5	FASE 4.....	87
4.4	FASE 5.....	88
4.5	FASE 6.....	89
4.6	FASE 7.....	89
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>91</b>
6.1	ANEXO I BASES DE CONTROL.....	92
6.2	ANEXO II REGISTRO DE NIVEL.....	97
6.3	ANEXO III NIVELACIÓN DE BANCO.....	102
6.4	ANEXO IV LEVANTAMINETO TOPOGRÁFICO VIADUCTO ZIRAHÚEN.....	103
6.5	ANEXO V SONDEO 1 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+139.65.....	104
6.6	ANEXO VI SONDEO 2 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+156.263.....	105
6.7	ANEXO VII SONDEO 3 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+245.481, ZAPATA 3.....	106
	106	
6.8	ANEXO VIII SONDEO 4 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+285.188, ZAPATA 4.....	107
	108	
6.9	ANEXO IX SONDEO 5 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+322.593, ZAPATA 5.....	108
6.10	ANEXO X SONDEO 7 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+403.17, ENTRE ZAPATA 6 Y 7.....	109
6.11	ANEXO XI SONDEO 8 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+425.31, DESPUÉS DE ZAPATA 7.....	110
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>111</b>



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## RESUMEN

Los viaductos son puentes vehiculares que libran un valle de gran longitud. El puente se encuentra situado en la autopista siglo XXI a la altura de la localidad de Santa Isabel Ajuno Michoacán. . El viaducto además de pasar sobre el valle, librará un camino pavimentado, dos caminos de terracería, un arroyo y una vía férrea. La longitud del proyecto es de 264.86 metros, con un ancho de vía de 11.8 m.

Para el diseño del viaducto se realizaron tres estudios preliminares de gran importancia: el estudio topográfico, el hidrológico y el geotécnico.

En los estudios mencionados anteriormente se conocieron las características del terreno natural, el tipo de suelo y su clasificación, así como los diferentes aspectos hidrológicos de la cuenca donde se realizará la obra.

La configuración del puente es de seis losas de concreto armadas y de losacero, treinta y seis vigas de concreto pretensadas; dieciocho tipo Nebraska y dieciocho tipo Aashto VI, siete apoyos, en sus extremos cuenta con caballetes o estribos y el resto son apoyos, son a base de 4 pilas de concreto; de los cuales tres cuentan con encepados, es decir, elemento constructivos que sirven para enlazar grupos de pilotes con pilares.

El proceso constructivo del viaducto para el caso de esta tesis lo dividimos en siete fases:

Excavación de pilotes.

Colado de pilotes y zapatas, y construcción de tablaetacados.

Colado de pilas y estribos.

Colado de cabezales o capiteles y bancos nivelantes, y colocación de los elementos de neopreno.

Elaboración y colocación de trabes.

Colado y/o soldado de diafragmas, colocación de losacero, colado de losa de concreto y de juntas de dilatación.

Colado de guarnición, colocado de parapetos, tendido de carpeta asfáltica, balizado de carpeta y colado de cono de derrame.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



Palabras clave: construcción, puente, estudios, estructura y procedimiento.

## ABSTRACT.

Viaducts are vehicular bridges that open a valley of great length. The bridge is located on the XXI century highway at the height of the town of Santa Isabel Ajuno Michoacán. The viaduct, in addition to passing over the valley, will clear a paved road, two dirt roads, a stream and a railroad. The length of the project is 264.86 meters, with a track width of 11.8 m. The water product of rainfall, will be drained with the elevation of the viaduct and will channel to the ditches built at the end of the viaduct.

For the desing of the viaduct, three preliminary studies of great importance were carried out: topographic, hydrological and geotechnical studies.

In the studies mentioned above, the characteristics of the natural terrain, the type of soil and its clasification, as well the different hydrological aspects of the basin where the work will be carried out were know.

The configuration of the bridge consists of six reinforced concrete slabs and thirty-six prestressed concrete beams; eighteen Nebraska type and eighteen Aashto VI type, seven supports, at their ends is has trestles or stirrups and the rest are supports, they are based on 4 concrete piles; of which three have pile caps, that is, constructive elements that serve to link groups of piles with pillars.

The construction process of the viaduct for the case of this thesis is divided into seven phases.

Excavation of piles.

Casting of piles and footings, and construction of planks.

Casting of piers and stirrups.

Casting of heads or capitals and leveling benches, and placement of the neoprene elements.

Preparation and placement of beams.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



Casting and/or welding of diaphragms, laying of steel casting of concrete slab and of expansion joints.

Casting of lining, laying of parapets, laying of asphalt layer, marking of folder and casting of spill cone.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## **GLOSARIO**

**APOYOS DE NEOPRENO:** Son placas de neopreno que se colocan entre el banco nivelante y la trabe. [PIC.A.C.C.].

**ARCILLAS:** Se da el nombre de arcillas a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. [1].

**ARENAS:** El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos pueden encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. [1].

**B.N.:** Banco de nivel, colocado sobre una mojonera y con una elevación fija nivelada con nivel fijo. [PIC.A.C.C.].

**CABALLETE:** Son los apoyos del inicio y del final del viaducto; funcionan como muros de contención, también son conocidos como estribos. [PIC.A.C.C.].

**CAPITEL:** Es la parte superior de las pilas, sobre las cuales se encuentran los bancos nivelantes donde se apoyan las trabes, el cabezal incluye los topes sísmicos; los cuales sirven para restringir el movimiento lateral en sismos. [PIC.A.C.C.].

**CONO DE DERRAME:** Es una losa de concreto armado con malla ciclónica de 10 x 10 cm, la cual se coloca sobre el terraplén del caballete para evitar que este se derrumbe y se erosione. [PIC.A.C.C.].

**DENSIDAD ABSOLUTA:** La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos. [1].

**DENSIDAD APARENTE:** La densidad aparente es la masa de un cuerpo obtenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos [1].

**DENSIDAD RELATIVA:** La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a una temperatura de 4°C. [1].

**DESPALME:** limpieza del terreno natural [PIC.A.C.C.].





## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



**DIAFRAGMAS:** Los diafragmas son elementos estructurales que se disponen en tableros de puentes metálicos y mixtos interiormente en secciones cajón o transversalmente entre las vigas. Los diafragmas son elementos capaces de transmitir las fuerzas sísmicas o fuerzas de viento hacia la sub - estructura [9].

**ENCEPADO:** El encepado es un elemento constructivo de constitución robusta, que sirve para enlazar grupos de pilotes con los pilares o muros estructurales del edificio. [6].

**ESTRUCTURA:** Es la parte de la de estructura general del viaducto integrada por las pilas con o y sin encepados, los caballetes, los capiteles y los bancos nivelantes. [PIC.A.C.C.].

**ESVIAJE:** Angulo de inclinación. [PIC.A.C.C.].

**GASTO PICO:** Gasto máximo que se observa en los hidrogramas; los hidrogramas son gráficos del tiempo desde el inicio de la precipitación vs gasto, el gasto se coloca en las abscisas “eje x” y el gasto en las ordenadas “eje y”. [PIC.A.C.C.].

**GRAVAS:** Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca y que tienen más de 2 milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son transportadas por el agua las gravas sufren desgaste en sus aristas y por lo tanto son redondeadas [1].

**GRANULOMETRIA:** Se refiere a la determinación del porcentaje relativo contenido de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. [1].

**INDICE PLÁSTICO:** Se denomina Índice de Plasticidad o Índice Plástico (I.P.) a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico [1].

**JUNTAS DE DILATACIÓN:** Las juntas de dilatación son dispositivos que permiten los movimientos relativos entre dos partes de una estructura. Se colocan en los huecos entre los tableros (losas), son de neopreno [9].

**LOSACERO:** Lamina de acero galvanizado que soporta cargas verticales y absorbe cargas horizontales .la cual a su vez disminuye el acero en la losa. [PIC.A.C.C.].

**LIMITE DE COTRACCIÓN:** El límite de Contracción (L.C.) de un suelo se define como el porciento de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona disminución en el volumen del suelo. [1].



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



**LIMITE LÍQUIDO:** El límite líquido se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje al peso seco de la muestra, descrito de otra manera, el límite líquido es con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. [1].

**LIMITE PLÁSTICO:** El límite plástico (L.P.) se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra seca (secada en horno), para el cual, los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. [1].

**LIMOS:** Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 y 0.005 mm.

**PARAPETO:** Barandal de acero que se coloca sobre las guarniciones laterales del viaducto. [PIC.A.C.C.].

**PLASTICIDAD:** La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de esta propiedad, se puede medir el comportamiento de los suelos en todas las épocas. [1]

**PERIODO DE RETORNO:** Es el tiempo esperado o tiempo medio entre dos sucesos de baja probabilidad. Por ejemplo, en ingeniería hidráulica es el tiempo medio entre avenidas con caudales iguales o superiores a uno determinado. [15]

**PILOTES:** Son columnas circulares de concreto armado utilizadas en la cimentación del viaducto, las cuales transmiten las cargas, desde el estrato más suave hasta el estrato más firme de cada zapata. [PIC.A.C.C.].

**P.K.:** Punto kilometro utilizado en España para indicar los kilometrajes, el cual en México es igual al cadenamineto. [PIC.A.C.C.].

**PUNTO DE INFLEXIÓN:** Punto en el que la curvatura de una estructura cambia de convexa (parábola positiva “U”) a cóncava (parábola negativa “∩”), y viceversa [14].

**P.B.R.:** Punto base de replanteo del eje de trazo. [PIC.A.C.C.].

**RASANTE:** Es el nivel de piso terminado de la superficie de rodamiento de los vehículos; en los pavimentos flexibles es la última capa de la estructura, siempre y cuando el diseño



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



del pavimento no incluya riego de sello, si el diseño incluye riego de sello la rasante pasa a ser la penúltima capa. [PIC.A.C.C.].

**SUBESTRUCTURA:** Es la parte de la de estructura general del viaducto integrada por los pilotes y la zapatas. [PIC.A.C.C.].

**SUELO:** Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan. [1]

**SUPER ESTRUCTURA:** Es la parte de la de estructura general del viaducto integrada por los neoprenos, trabes, diafragmas, losa acero, juntas de dilatación, carpeta asfáltica y guarnición y parapetos. [PIC.A.C.C.].

**TABLAESTACADO:** Son muros de contención a base de durmientes y perfiles IPR incrustados en pilotes y durmientes, los perfiles IPR se colocan verticalmente y los durmientes horizontalmente. [PIC.A.C.C.].

**VÉRTICE:** Intersección entre dos líneas de una poligonal abierta, colocado sobre una mojonera y con una elevación fija nivelada con nivel fijo. [PIC.A.C.C.].

**VIADUCTO:** Puente vehicular o ferroviario que cruza un valle de gran longitud. [PIC.A.C.C.].

**ZAPATA AILADA:** Las zapatas, son un tipo de cimentación superficial, que sirven como base de elementos estructurales puntuales como son los pilares; de modo que la zapata permite ampliar la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite [5].



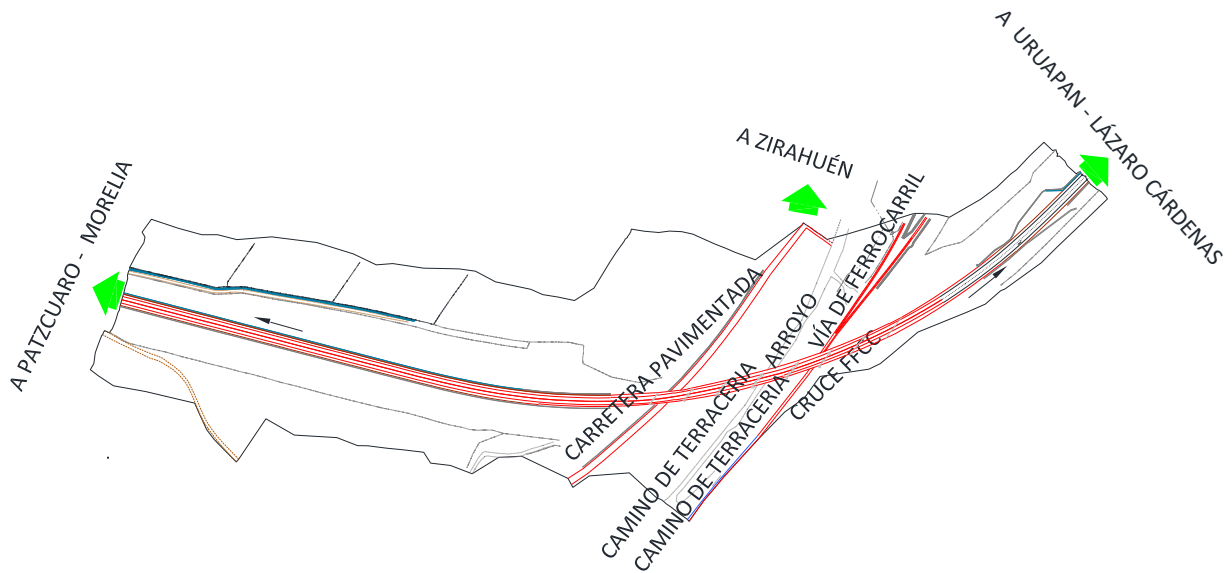
# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHUÉN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## JUSTIFICACIÓN.

La obra del viaducto Zirahuén la cual se llevará a cabo debido a la ampliación de la autopista siglo XXI, la cual atraviesa un valle ubicado en el municipio de Salvador Escalante, en donde existe una carretera pavimentada, que es la entrada principal a la comunidad de Zirahuén Michoacán, un camino de terracería utilizado por los pobladores de la localidad de Ajuno Michoacán, un cauce y una vía férrea.

Para evitar la afectación de las vías de comunicación y el cauce del arroyo, se realizará la construcción del viaducto Zirahuén, con lo cual se permitirá que sigan en operación las vías de comunicación y el cauce, evitando la reubicación de las vías permitiendo que no haya afectaciones en las actividades cotidianas de los usuarios de dichas vías.



CROQUIS 1. CROQUIS GENERAL DEL VIADUCTO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## **1 INTRODUCCIÓN.**

---

Con el paso de los años en operación de la autopista Siglo XXI (Pátzcuaro-Lázaro Cárdenas) desde su inauguración el día 11 de mayo del 2005 a la fecha se han suscitado una gran cantidad de accidentes. Con un significativo número de decesos; esto es uno de las principales motivos por el cual, se decidió ampliar la autopista en el tramo Pátzcuaro-Uruapan, debido a que este presenta una mayor incidencia de accidentes registrados en el tiempo de operación de la autopista, y a su vez, es el tramo con mayor aforo vehicular; se ampliará a dos cuerpos con dos carriles cada uno, un cuerpo para el sentido Pátzcuaro-Uruapan y otro para el sentido Uruapan-Pátzcuaro, mediante la construcción de un cuerpo nuevo paralelo al existente, los trabajos de la ampliación se iniciaron en el mes de Febrero del año 2018.

El viaducto estará ubicado en paralelo al costado izquierdo al viaducto Zirahuén localizado en el kilómetro 70+100 de acuerdo al kilometraje de operación de la autopista, el cual contará con una longitud de 264.86 metros lineales y tendrá un ancho total de 11.8 metros y estará ubicado dentro del proyecto de ampliación en el kilómetro 23+156.263 al 23+421.118.

El desagüe del agua de lluvia será mediante el bombeo de la carpeta el cual posteriormente se incorporara a una cuneta lateral del lado izquierdo al final del viaducto.

En esta tesis se presentan las principales características del proyecto, tales como, estudios preliminares; topografía de la zona, estratigrafía del suelo existente, hidrología del sitio de estructuración, así como también, el proceso constructivo del viaducto Zirahuén.

Esperando que sea de gran utilidad para futuros ingenieros civiles de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a su vez estudiantes de otras universidades.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHUÉN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 1.1 DEFINICIÓN

VIADUCTO: Los viaductos son puentes vehiculares o ferroviarios los cuales libran valles de gran longitud.

### 1.1.1 UBICACIÓN.

En la Imagen 1, se puede visualizar el viaducto Zirahuén, el cual estará ubicado en el km 23+278 del proyecto de la ampliación de la autopista siglo XXI en el tramo Pátzcuaro-Uruapan a la altura de la localidad de Santa Isabel Ajuno Michoacán.



IMAGEN 1. UBICACIÓN DEL VIADUCTO, FUENTE: <https://earth.google.com/web/>

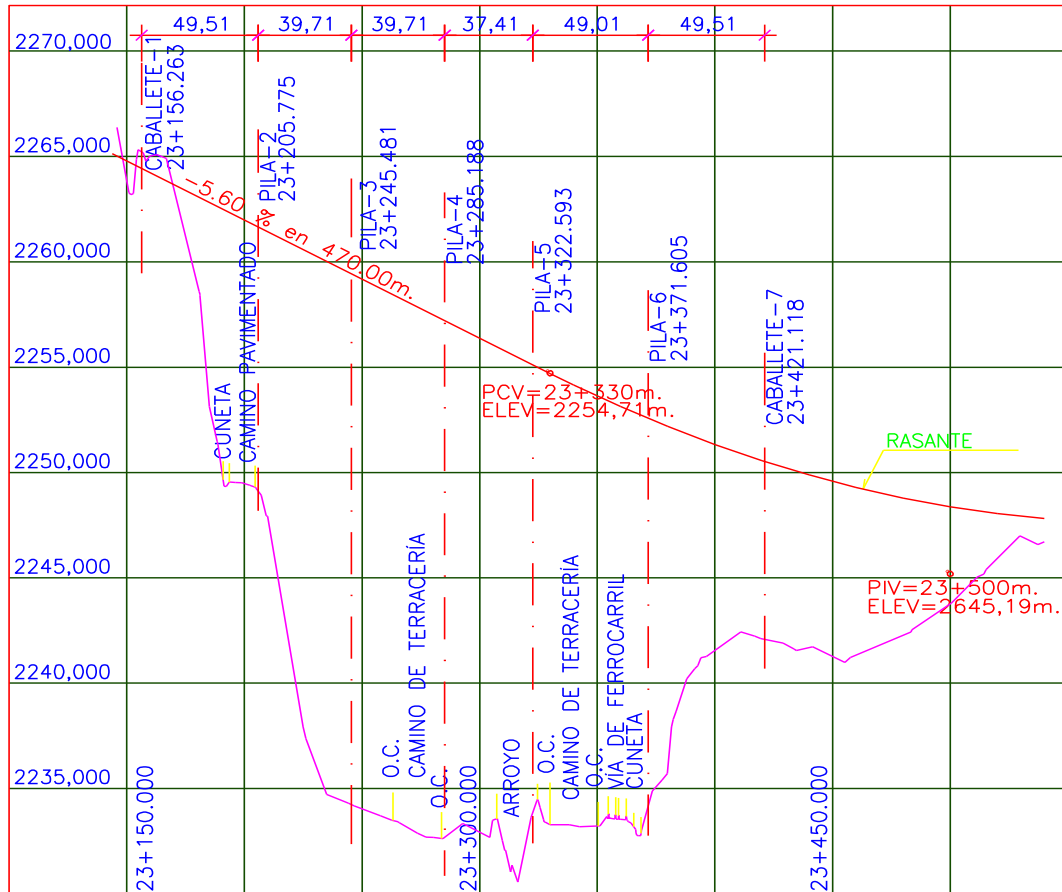


**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ**



**1.1.2 DESCRIPCIÓN.**

El viaducto tendrá una velocidad de proyecto de 110 km/hr, en el siguiente Croquis se puede observar que estará ubicado en una curva, donde el carril izquierdo tendrá un acotamiento de 2.5 metros lineales y el acotamiento derecho será de un metro, su pendiente será del -5.6%, del kilómetro 23+156.263 hasta el kilómetro 23+330, ya que en este kilometraje inicia una curva vertical "PCV", tendrá un punto de inflexión en el kilómetro 23+500 con una elevación de 2246.1 metros.



CROQUIS DE LA RASANTE

CROQUIS 2. CROQUIS DE LA RASANTE DE DESCRIPCIÓN, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.





# CAPITULO II

## ESTUDIOS

## PRELIMINARES



## 2 ESTUDIOS PRELIMINARES.

---

Los estudios preliminares que se realizaron en el viaducto fueron: el estudio topográfico, el estudio geotécnico y el estudio hidrológico

### 2.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

El estudio topográfico es la base de toda construcción, ya que gracias a él se pueden conocer las características del terreno natural con base en sus coordenadas geográficas UTM (Este, Norte, altura sobre el nivel del mar), que permite obtener un plano con curvas de nivel, y a partir de este realizar los planos del proyecto.

La topografía es de gran importancia en la construcción del viaducto ya que con ella se checan todos los trazos y los plomos de la estructura.

#### 2.1.1 BASES DE CONTROL (REFERENCIAS).

Las bases de control son puntos que pueden ser vértices o bancos de nivel, los cuales cuentan con coordenadas geográficas UTM.

Las bases fueron colocadas con ayuda de un GPS Topcon modelo GR5.

Los levantamientos topográficos fueron realizados con base en las referencias otorgadas y avaladas por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) según la norma **N.PRY.CAR.1.01.002/17 (NORMAS DE PROYECTO DE CARRETERAS, LIBRO 1 CAPÍTULO1 TÍTULO 002).**

##### 2.1.1.1 VÉRTICES.

Los vértices son los puntos de intersección de la poligonal de apoyo del trazo definitivo de la obra. Los vértices están ubicados sobre mojoneras circulares de concreto de 20 cm de diámetro colocados cada kilómetro, y puede ser una varilla, un clavo o una pija; cuando



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



es varilla esta será de un metro de longitud y diámetro de 3/8", colocada al centro de la mojonera enterrada 98 cm aproximadamente, como se muestra en la Imagen 2. Sobre la mojonera se anota el nombre del vértice y la elevación sobre el nivel del mar con aproximación al milímetro, por ejemplo: V-022 elevación 2263.901 mm, como se observa en la Imagen 2.



IMAGEN 2. VERTICE, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.

### 2.1.1.2 BANCOS DE NIVEL.

Los bancos de nivel al igual que los vértices son puntos de apoyo para dar elevaciones a las bases auxiliares y/o a cualquier punto específico de la obra, por ejemplo, a los hombros y al centro de línea (cl) de las terracerías u otras capas del proyecto.

De igual manera que los vértices están ubicados sobre mojoneras, pero a diferencia de los vértices estos están colocados a cada 500 metros, con la nomenclatura que se muestra en la Imagen 3, de acuerdo a la norma **N.PRY.CAR.1.01.002/17 (ESTUDIOS TOPOGRAFICOS)**, el banco de nivel de la Imagen 3, indica que este es el primero del kilómetro 12+000 y su elevación sobre el nivel del mar es 2258.998 mm esto se realizó a lo largo de todo el proyecto.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



*IMAGEN 3. BANCO DENIVEL, FUENTE ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.*

Es de gran importancia contar con un registro de estas referencias de control, ya que, todos los trabajos se realizan de acuerdo a las coordenadas geográficas UTM de los vértices y a las elevaciones de los bancos.

**VER ANEXO I Y ANEXO II.**

### **2.1.2 BASES AUXILIARES.**

Las bases auxiliares son ubicadas por el topógrafo, como apoyo de las bases de control, colocadas en puntos estratégicos, a conveniencia del topógrafo, para facilitar el levantamiento topográfico del terreno. Las bases auxiliares son de gran importancia, ya que, con ellas se orienta la estación.

Para realizar los levantamientos topográficos del viaducto, fue necesario apoyarse en bases auxiliares, colocando clavos o varillas, en cunetas o en el terreno natural, las coordenadas de estas bases se obtuvieron con el GPS Topcon modelo GR5, el cual tiene un radio de alcance de un kilómetro.

#### **2.1.2.1 NIVELACION DE LAS BASES AUXILIARES.**

Las bases auxiliares se nivelan mediante el método de nivelación compuesta simple, comprobando mediante el método de ida y vuelta. En Tabla 1, se pueden observar los resultados para estas nivelaciones.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



<b>ESTACIÓN</b>	<b>+</b>	<b>↗</b>	<b>-</b>	<b>ELEVACIÓN</b>
<b>BN 11-2</b>	<b>1.216</b>	<b>2252.641</b>		<b>2251.425</b>
BASE A			0.860	2251.781
<b>BASE A</b>	<b>1.000</b>	<b>2252.781</b>		<b>2251.781</b>
BN 11-2			1.356	2251.425

*TABLA 1. NIVELACIÓN DE UNA BASE AUXILIAR, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.*

Lo correspondiente a las elevaciones BN 11-2 de ida y vuelta, la diferencia de elevaciones es de cero milímetros. Siendo que para la SCT la tolerancia en nivelaciones es de  $\pm 3$  mm, por lo anterior se tiene que llegar a la misma elevación de regreso, en caso de ser diferente y mayor a 3 mm se repite el proceso de nivelación.

**VER ANEXO III PARA OBSERVAR EL REGISTRO DE LA NIVELACIÓN DE UN BANCO DE NIVEL EN EL FORMATO DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.**

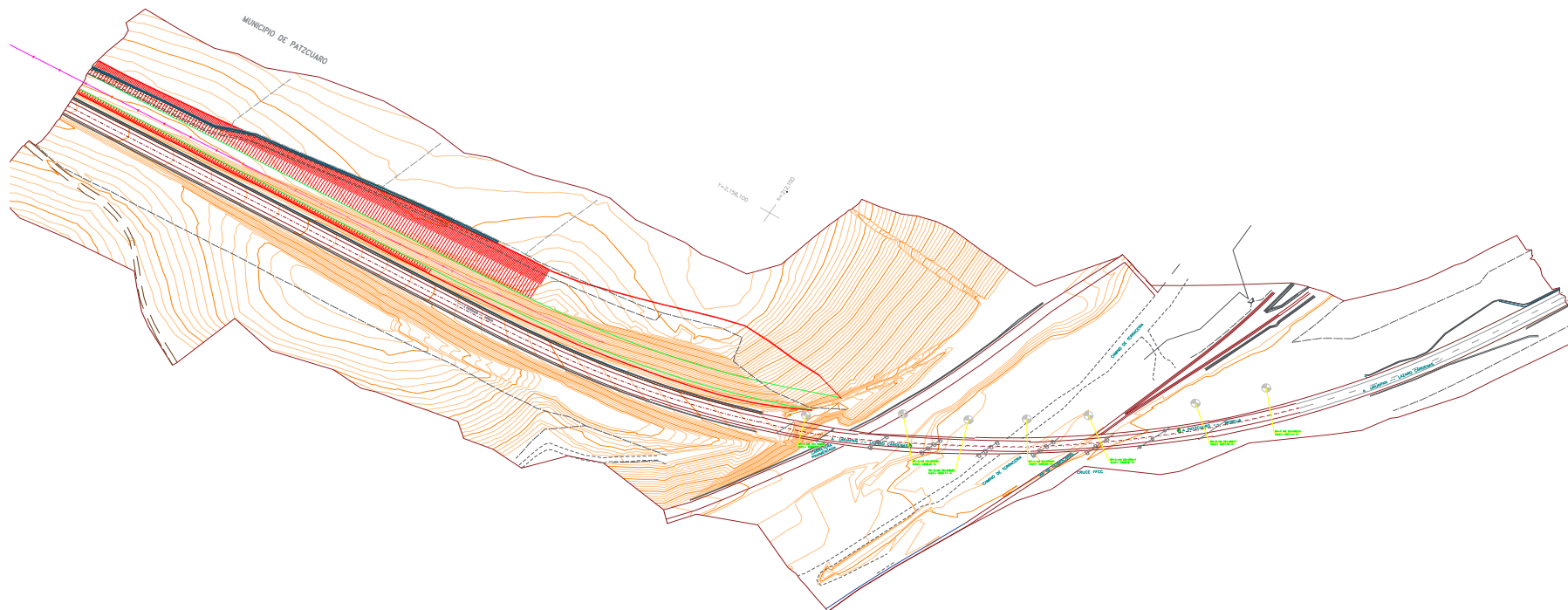


## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHUÉN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



### 2.1.3 LEVANTAMIENTO DEL TERRENO NATURAL DEL VIADUCTO.

Los levantamientos topográficos del viaducto, se realizaron con una estación total marca Leica Modelo TS 15, con ayuda de bases auxiliares. El siguiente Croquis muestra el plano topográfico sin escala del sitio del viaducto Zirahuén.



CROQUIS 3. PLANO TOPOGRAFICO DEL SITIO DEL VIADUCTO ZIRAHUÉN, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACAÁN.

VER ANEXO IV LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO VIADUCTO ZIRAHUÉN, PARA OBSERVAR CON MAYOR CALIDAD EL PLANO.

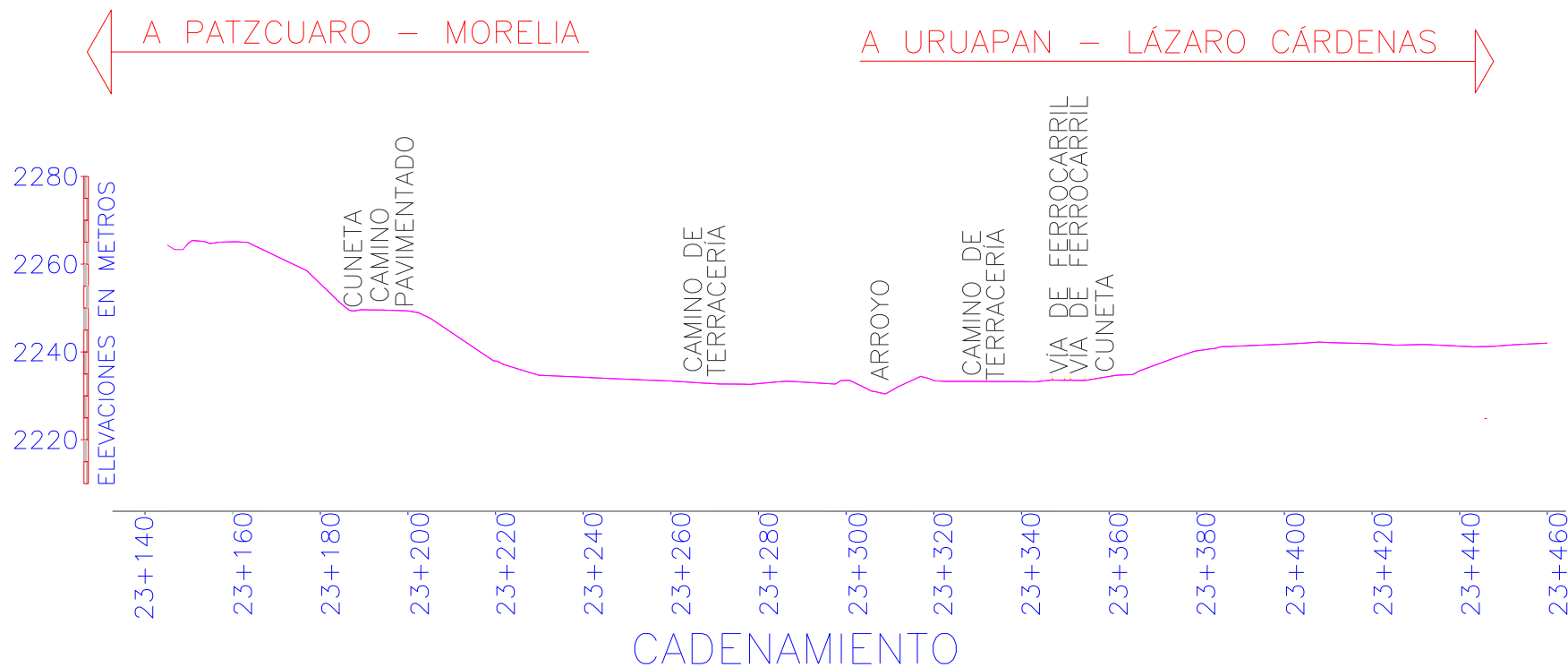


# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 2.1.3.1 PERFIL DEL TERRENO NATURAL.

Como se puede observar en el perfil del terreno natural, es un valle, con las vías de comunicación mencionadas anteriormente y un arroyo, el cual será esquivado por el viaducto.



CROQUIS 4. PERFIL DEL TERRENO NATURAL DEL VIADUCTO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



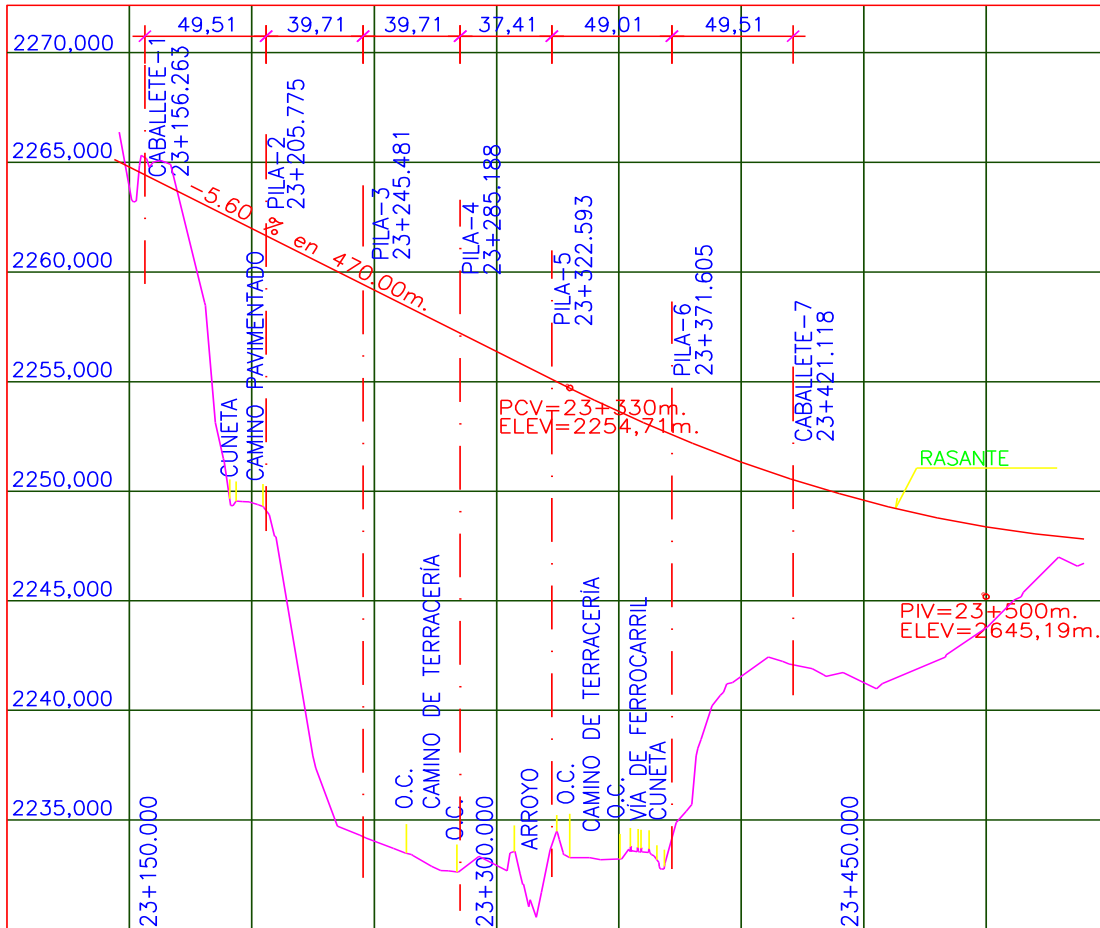
# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 2.1.3.1.1 CROQUIS DE LA RASANTE.

En este perfil se puede observar la pendiente del viaducto, así como su elevación de inicio y su elevación final.



## CROQUIS DE LA RASANTE

ESCALA HORIZONTAL 1:2500

ESCALA VERTICAL 1:250

CROQUIS 5. CROQUIS DE LA RASANTE, FUENTE: AUTOPISTAS MICHOACÁN.



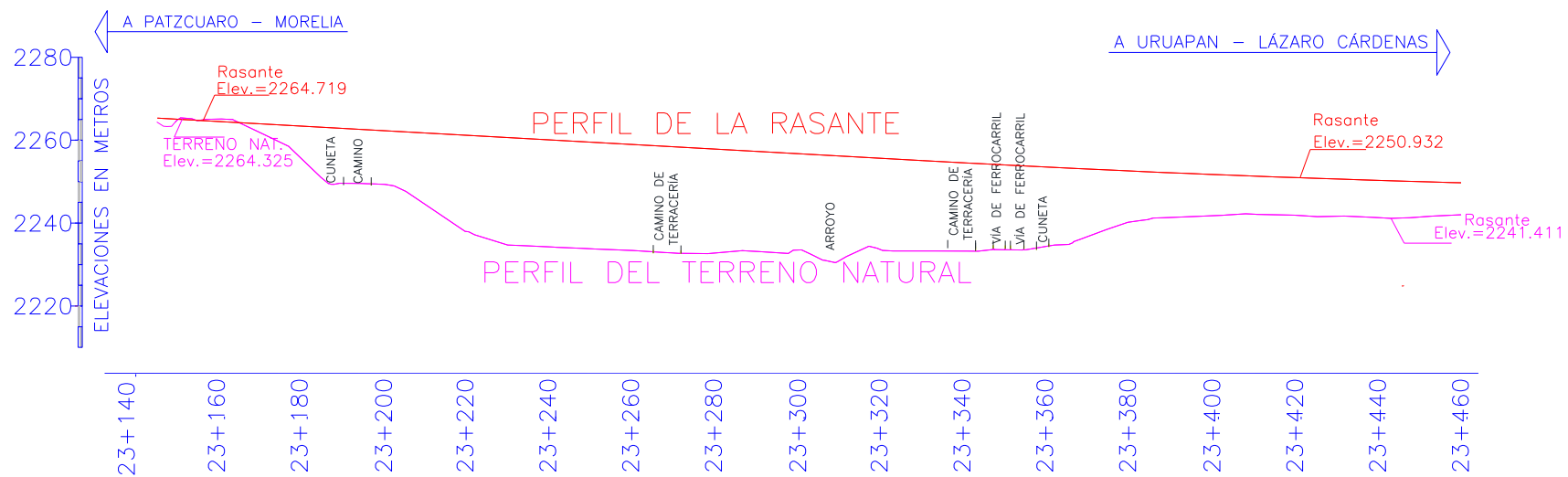


# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 2.1.3.2 PERFIL DEL TERRENO NATURAL VS PERFIL DE LA RASANTE.

En esta comparativa (Croquis 6), se observan los niveles de la rasante de proyecto a nivel de piso terminado, así como también los niveles del terreno natural sobre el nivel del mar; en las carreteras es de gran importancia realizar esta comparativa porque gracias a esta se pueden conocer los volúmenes de cortes y terraplenes en un tramo específico.



CROQUIS 6. PERFIL DEL TERRENO NATURAL VS PERFIL DE LA RASANTE, FUENTE: CONSTRUCTORA: AUTOPISTAS MICHOACÁN.

## 2.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Con el estudio geotécnico, se conoce la estratigrafía del suelo en las zonas de la cimentación, las cuales son zapatas aisladas en el viaducto. Comenzando desde el nivel de terreno natural y a diferentes profundidades, lo cual, permitirá reconocer los diferentes horizontes del suelo, tal como se muestra en la Imagen 4, y esto añadido a los estudios de mecánica de suelos, poder determinar la profundidad a la que se desplantará cada zapata.

Es muy importante realizarlo ya que gracias a el conocemos las características primordiales del suelo en sitio.

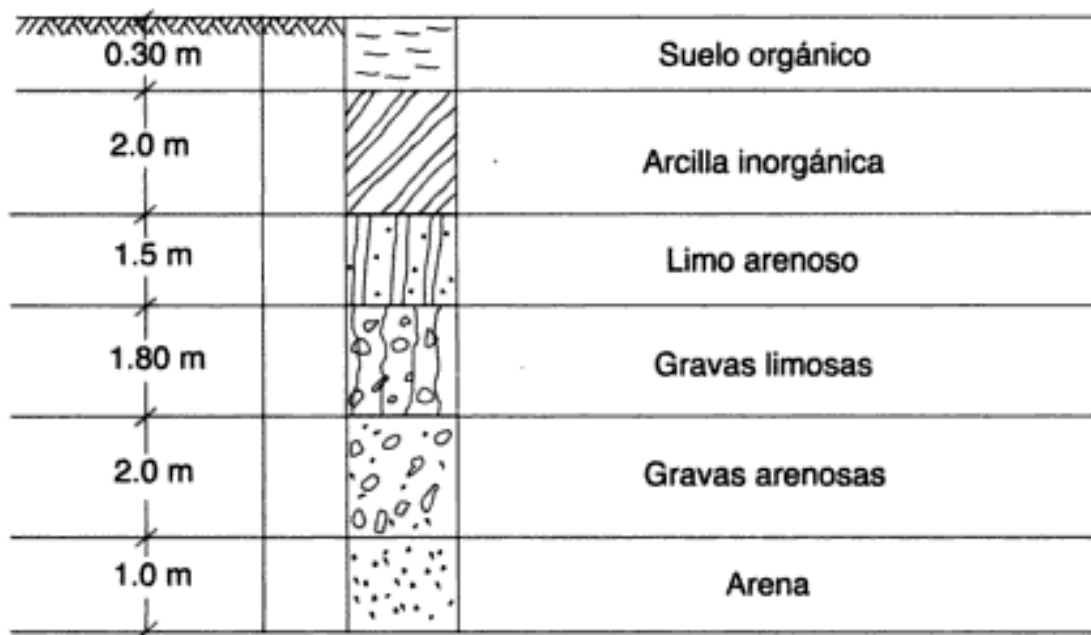


IMAGEN 4. ESTRATIGRAFIA DE UN SONDEO, FUENTE [1].

### 2.2.1 EL SUELO.

Algunos ingenieros civiles (A. Rico y H. del Castillo) definen el suelo como el conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes [1].



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



Otro autor, Alfred R. Jumikis, doctor en ingeniería, lo define como sedimentos no consolidados y depósitos de partículas sólidas derivadas de la desintegración de las rocas. [1].

La definición de “suelo” que el autor da y que considera bastante completa por las conclusiones que de ella pueden obtenerse es:” Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan” [1].

#### **2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.**

A continuación, se describen los suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados por el ingeniero civil para su identificación.

##### **2.2.1.1.1 GRAVAS.**

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca y que tienen más de 2 milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son transportadas por el agua las gravas sufren desgaste en sus aristas y por lo tanto son redondeadas. Como material suelto, suelen encontrarse en los lechos, en los márgenes y conos de deyección de los ríos, también en muchas depresiones de terrenos, rellenas por el acarreo de los ríos y en otros lugares, en los cuales, las gravas han sido retransportadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, sin embargo, casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Su tamaño de partícula oscila entre 7.62 cm (3”) y 2 mm [1].

##### **2.2.1.1.2 ARENAS.**

El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos pueden encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



contraen el secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea [1].

**2.2.1.1.3 LIMOS.**

5 Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar [1].

**2.2.1.1.4 ARCILLAS**

Se da el nombre de arcillas a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene también silicato de hierro o magnesio hidratados, la estructura de estos minerales es generalmente cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar [1].

**2.2.1.2 SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS.**

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en “cohesivos” y “no cohesivos o friccionantes”. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas, los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava [1].

En la Imagen 5, se presentan algunos símbolos usualmente empleados para representar a los suelos [1].



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

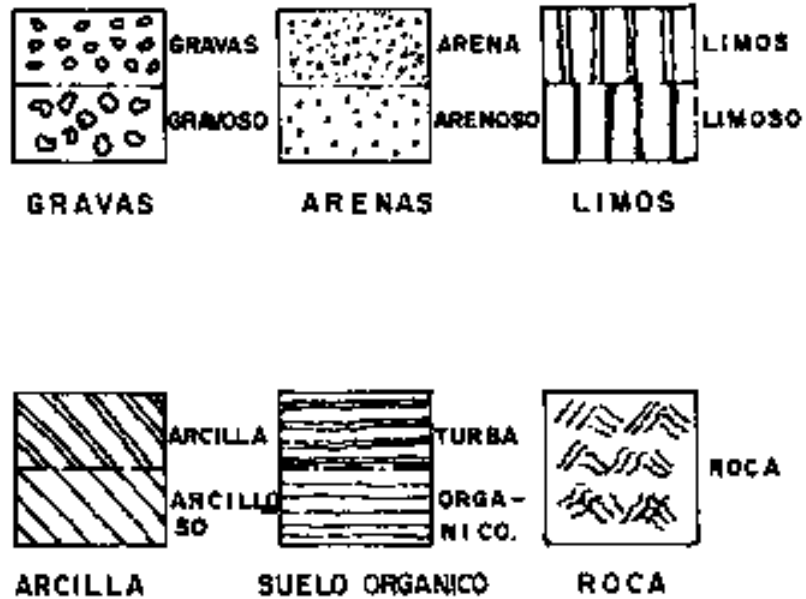


IMAGEN 5. SIMBOLOGÍA DE LOS SUELOS, FUENTE: [1].

Con los símbolos anteriores se pueden hacer combinaciones, así como se puede observar en la Imagen 6.



IMAGEN 6. COMBINACIÓN DE SUELOS, FUENTE: [1].



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 2.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS.

En el presente trabajo solo se presentaran algunas de las propiedades físicas de los suelos, las cuales son: la densidad, la granulometría y la estructura.

### 2.2.2.1 DENSIDAD.

En la Imagen 7, se puede observar la composición del suelo, dónde se muestra una división general, una de ellas, la tercera, a la que hace referencia al total de sólidos, correspondientes a los minerales y la materia orgánica, y la otra denominada total de vacíos que involucra al agua y aire, esta visualización es necesaria para poder determinar algunas propiedades físicas, tal como lo es la densidad, por ello es necesario definir que es la densidad absoluta y la densidad aparente. La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos. La densidad aparente es la masa de un cuerpo obtenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos [1].

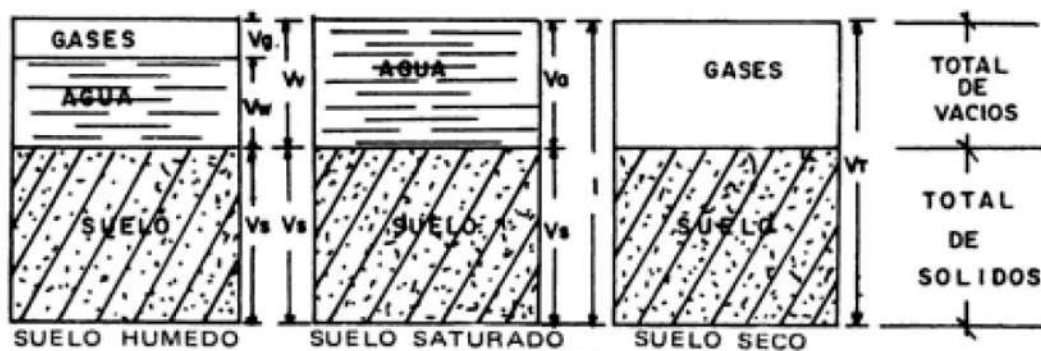


IMAGEN 7. COMPOSICIÓN DEL SUELO, FUENTE: [1].

La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a una temperatura de 4°C, Así pues, en un suelo, la densidad relativa del mismo se define como la relación de la densidad absoluta o aparente promedio de las partículas que constituyen el suelo, a la densidad absoluta del agua destilada a 4 °C.



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



La densidad relativa es de gran importancia ya que gracias a ella se puede determinar el grado de compactación del suelo en su estado natural o en rellenos compactados de forma mecánica como por ejemplo la subrasante de un camino, [17].

Además es importante para la obtención de otros parámetros como por ejemplo el ensayo próctor (El cual es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo), el ensayo CBR (California Bearing Ratio: el cual mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo. Ensayo de Relación de Soporte de California. [17].

### 2.2.2.2 GRANULOMETRÍA.

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para distinguir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado, el análisis granulométrico se refiere a la determinación del porcentaje relativo contenido de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo, existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas y para las partículas finas el procedimiento más usado es el del tamizado [1].

### 2.2.2.3 ESTRUCTURA DEL SUELO.

Como ya es bien conocido, los suelos están formados por gran cantidad de elementos de composición mineralógica diversa, así como también de diversos tamaños y formas, constituyendo la estructura del suelo; es decir, la estructura es la distribución y orden de las partes de un cuerpo. Para el estudio que nos ocupa se deben distinguir 3 tipos de estructuras: granular, aplanada y floculenta, las cuales se muestran en la Imagen 8a, 8b y 8c [1].



IMAGEN 8. ESTRUCTURA DE LOS SUELOS, (a) ESTRUCTURA GRANULAR; (b) ESTRUCTURA APLANADA; (c) ESTRUCTURA FLOCULENTE. FUENTE: [1].



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 2.2.3 PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de esta propiedad, se puede medir el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable, Para conocer la plasticidad de un suelo, se hace uso de los límites de Atterberg (Imagen 9), dónde separó los cuatro estados de consistencia de los suelos cohesivos [1].

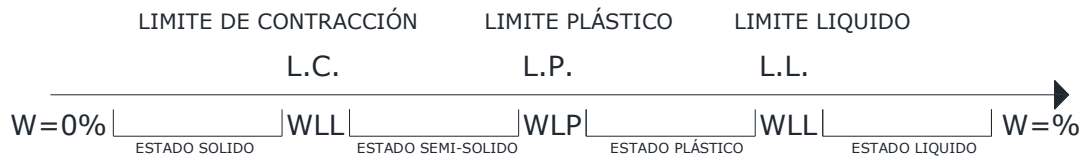


IMAGEN 9. PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, FUENTE: [1].

Estos límites son: Límite Líquido (L.L.), Límite Plástico (L.P.) y Límite de Contracción (L.C.), y mediante ellos se puede percibir el tipo de suelo en estudio. Los límites de consistencia se determinan empleando suelo que pase a través de la malla No.40. Como resultado de la diferencia entre los valores del Límite Líquido (L.L.) y Límite Plástico (L.P.) se obtiene el llamado Índice Plástico del suelo. Los límites líquido y plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo, sin embargo, generalmente el índice plástico depende de la cantidad de arcilla [1].

Según Atterberg, cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P) igual a cero, se tiene un suelo no plástico; cuando el índice es menor a 7, el suelo presenta baja plasticidad; en el caso de que el índice plástico está comprendido entre 7 y 17, el suelo es medianamente plástico, y si el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico [1].

### 2.2.3.1 LÍMITE LÍQUIDO.

El límite líquido se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje al peso seco de la muestra, descrito de otra manera, el límite líquido es con el cual el suelo cambia





**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



del estado líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y de acuerdo con Atterberg es de  $25 \text{ g/cm}^2$ . La cohesión de un suelo en el límite líquido es parcialmente nula. [1]

#### **2.2.3.2 LÍMITE PLÁSTICO.**

El límite plástico (L.P.) se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra seca (secada en horno), para el cual, los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba del límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable [1]

#### **2.2.3.3 ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD.**

Se denomina Índice de Plasticidad o Índice Plástico (I.P.) a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico [1].

Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo: sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo [1].

En la imagen 10 se puede observar la clasificación de los limos y las arcillas según su índice plástico respecto al límite líquido.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

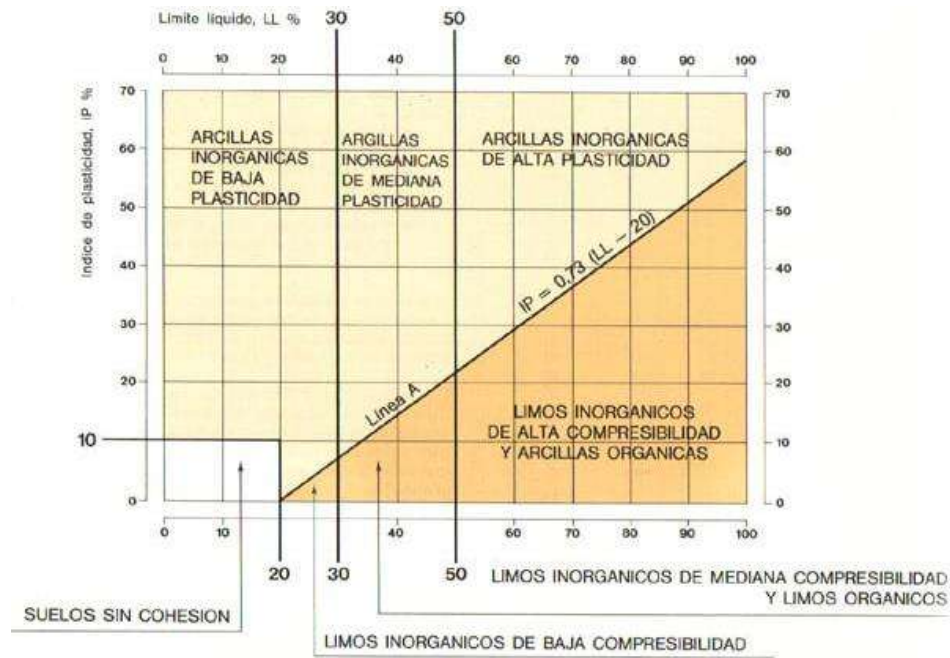


IMAGEN 10 CARTA DE PLÁSTICIDAD, FUENTE: [13].

### 2.2.3.4 ÍNDICE DE CONTRACCIÓN.

El límite de Contracción (L.C.) de un suelo se define como el porcentaje de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona disminución en el volumen del suelo. La diferencia entre el límite plástico y el límite de contracción se llama índice de contracción (I.C.) y señala el rango de humedad para el cual el suelo tiene una consistencia semisólida [1].

### 2.2.4 SONDEOS PARA ESTRATIGRAFIA DEL SITIO.

Para el cumplimiento de los requisitos de investigación del subsuelo definido en el artículo 262 del reglamento de las normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de cimentaciones año 1977 de la universidad autónoma de México "UNAM", los sondeos se realizarán de acuerdo con las especificaciones siguientes [2].

#### 2.2.4.1 POZOS A CIELO ABIERTO.

Los pozos a cielo abierto deberán ser de dimensiones suficientes para permitir el examen directo de los diferentes estratos del suelo en su estado natural. Se llevará un registro



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



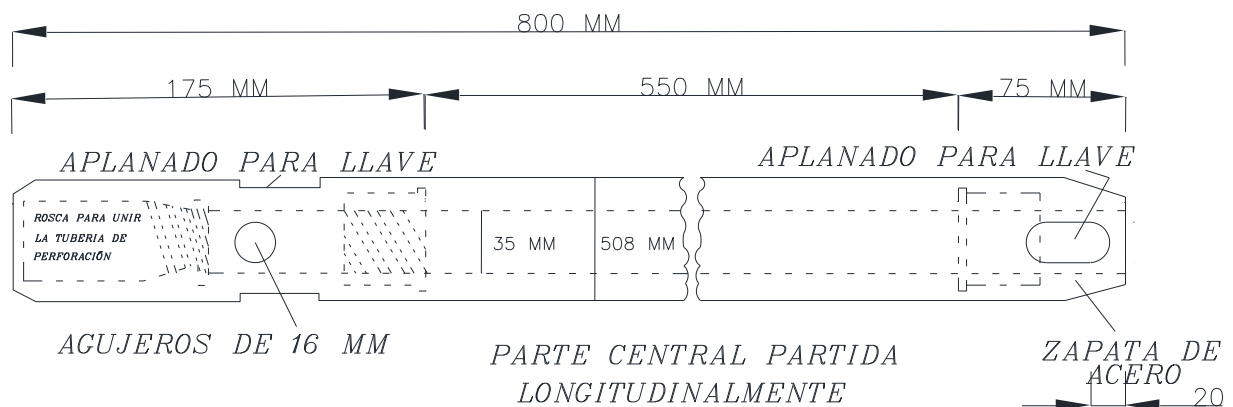
completo de las condiciones del subsuelo observadas en la excavación, incluyendo una clasificación preliminar de los materiales encontrados. Las muestras alteradas o inalteradas se labrarán en las paredes de la excavación después de remover la costra de material alterado que suele formarse por intemperización. Las muestras inalteradas deberán ser protegidas contra pérdida de humedad y alteración de la estructura [2].

## 2.2.4.2 SONDEOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR.

Los sondeos de este tipo consisten en hincar a golpes un penetrómetro estándar en el fondo de una perforación, con una martineta de 63.5 kg cayendo desde una altura de 76 cm [2].

El fondo de la muestra, en el que se realice la prueba, deberá ser previamente limpiado de manera cuidadosa. Se hincará entonces el penetrómetro 15 cm en el suelo. A partir de ese momento, se empezarán a contar los golpes necesarios para lograr una penetración adicional de 30 cm. Finalmente, se hincará el penetrómetro a 15 cm más, antes de retirarlo y de remover de su interior la muestra alterada obtenida [2].

El penetrómetro deberá ser del tipo indicado en la imagen 11 [2].



PESO TOTAL 68 KG

IMAGEN 11. PENETRÓMETRO ESTANDAR, FUENTE: [2].



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



**2.2.4.3 RESISTENCIA Y COMPACIDAD DE LOS SUELOS.**

La resistencia y compacidad de los suelos gruesos (más de 50 por ciento de material retenido en la malla No. 200) podrán ser estimadas por medio de las correlaciones presentadas en la siguiente tabla [2].

Consistencia	Resistencia a la penetración (golpes)	Resistencia a la compresión simple $q_u$ (ton/m <sup>2</sup> )
Muy blandos	Menos de 2 golpes	Menos de 1.5
Blandos	De 2 a 4	De 1.5 a 3
Mediamente firmes	De 4 a 8	De 3 a 6
Firmes	De 8 a 15	De 6 a 12
Muy firmes	De 15 a 30	De 12 a 25
Duros	Más de 30	Más de 25

TABLA 2. RESISTENCIA Y CONSISTENCIA DE LOS SUELOS FUENTE: [2].



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 2.2.5 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

TABLA 3. CLASIFICACION DE LOS SUELOS SUCS, [https://www.academia.edu/22831260/Tabla\\_Clasificacion\\_Sucs](https://www.academia.edu/22831260/Tabla_Clasificacion_Sucs)

DIVISIÓN MAYOR				NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO				
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS <small>Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.</small>	GRAVAS	PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO	LIMPIA	<b>GW</b>	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	DETERMÍNESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS			
			Poco o nada de	<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD $C_u$ : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA $C_c$ : entre 1 y 3. $C_c = D_{30} / (D_{10}(D_{60}) / D_{10})^2$		
			GRAVA CON FINOS	* <b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.		
				<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla				
			ARENAS	PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO	LIMPIA		<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.
					Poco o nada de		<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de	* <b>SM</b>			Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Cu = $D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.			
		<b>SC</b>			Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.				
	SUELOS DE PARTICULAS <small>Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.</small>	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50			LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	<b>ML</b>	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad	
						<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas		
			<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.					
			<b>MH</b>	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.					
<b>CH</b>			Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.						
<b>OH</b>			Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.						
SUELOS ALTAMENT		<b>P</b>	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.						

La clasificación de frontera, hace referencia a los suelos que poseen las características de dos grupos, a los cuales, se les designa su clasificación con la combinación de los



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



dos símbolos respectivamente; por ejemplo, gw-gc, significando mezcla de arena y grava bien graduadas con cementante arcilloso [3].

### 2.2.6 EXPLORACIÓN Y MUESTREO.

La empresa proyectista realizó ocho sondeos, cuyos valores se muestran en la tabla 4. Uno mixto con máquina perforadora alternando, el barril muestreador con broca de rima y diamante (imagen 12) y penetración estándar (Norma ASTM D1586-99) y siete utilizando el procedimiento marcado en la norma mencionada con anterioridad.



IMAGEN 12. BARRIL MUESTREADOR CON BROCA DE RIMA Y DIAMANTE, FUENTE: [12].

NÚMERO DE SONDEO	UBICACIÓN	ELEVACION DE BROCAL	PROFUNDIDAD (M)	OBSERVACIONES
1	23+139.65	2266.00	24.25	CERCA DE ZPATA 1 (CABALLETE) KM 23+156.63
2	23+203.84	2249.34	17.10	CERCA DE ZAPATA 2 KM 23+205.775
3	23+245.481	2234.11	36.8	EN ZAPATA 3
4	23+285.188	2232.94	38.1	EN ZAPATA 4
5	23+322.593	2233.25	38	EN ZAPATA 5
6	23+371.605	2235.46	13.2	EN ZAPATA 6
7	23+407.17	2241.37	10.6	ENTRE ZAPATA 6 (KM 23.371.605) Y ZAPATA 7 (23+421.118)
8	23+421.118	2241.14	31.04	ZAPATA 7

TABLA 4. UBICACIÓN DE SONDEOS, FUENTE: LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 2.2.7 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SONDEOS.

A continuación, se muestra el sondeo 6 del estudio geotécnico de la zapata 6 la cual sirve para conocer los distintos tipos de suelo a diferentes profundidades, hasta llegar al suelo firme para el desplante de la estructura, en ella además podemos encontrar el porcentaje de finos en los suelos blandos, la cantidad de humedad en los mismos, el número de golpes necesarios para la penetración del penetrómetro y en base a ellos y a la tabla 2 determinar la consistencia de los suelos.

En el caso de los suelos duros “rocas” podemos observar el RQD de los mismos, es decir, es el porcentaje de recuperación de roca en cada prueba de penetración, y con el determinar su calidad. El RQD solo se utiliza cuando hay roca en la estratigrafía de un suelo.

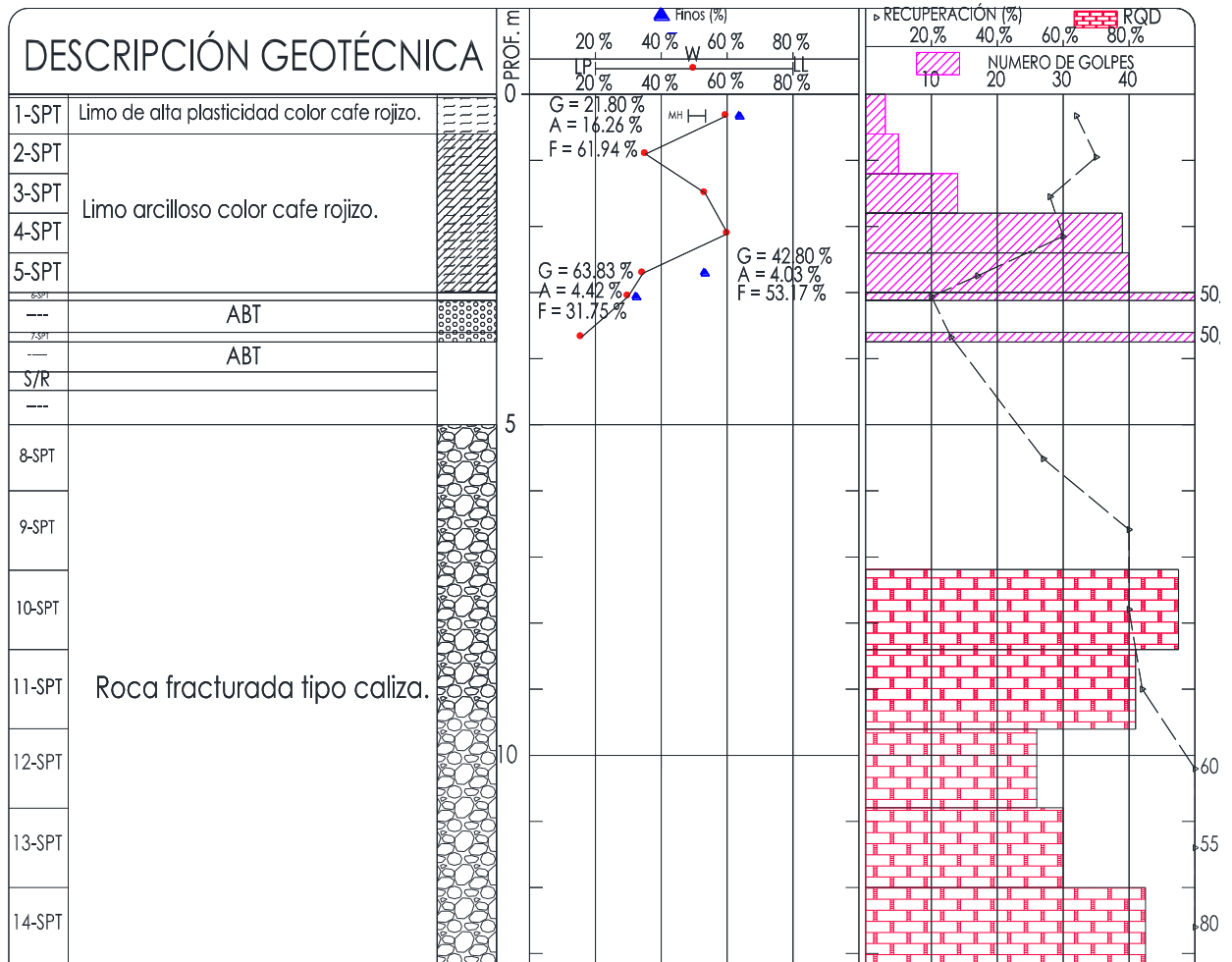


TABLA 5. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA SONDEO 6, FUENTE: LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



**El resto de los sondeos se muestran en los ANEXOS V, VI, VII, VIII, IX, X Y XI.**

SIMBOLOGÍA:

LL=LÍMITE LÍQUIDO.

LP=LÍMITE PLÁSTICO.

SPT=STANDARD PENETRATION TEST (PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR).

RQD=ÍNDICE DE DESIGNACIÓN DE LA ROCA.

El índice RQD fue desarrollado en 1964 por D. U. Deere. Se determina midiendo el porcentaje de recuperación de testigo en testigos que miden más de 100 mm de longitud. Los testigos que no estén duros o firmes no deben contarse aunque midan más de 100 mm de longitud. El índice RQD fue introducido para usarse con diámetros de testigo de 54,7 mm de diámetro. Se trata de uno de los principales indicadores para las zonas de roca de baja calidad. En la actualidad, el índice RQD se utiliza como parámetro estándar en el registro de testigos de perforación y es un elemento básico de los principales sistemas de clasificación de masa: el sistema de clasificación geomecánica de Bienawiski (RMR). [16]

El índice RQD se define como el siguiente cociente: "RQD= (Suma de 10) / Ltot x 100%

Dónde:

Suma de 10 = Suma de la longitud de los testigos superiores a 10 cm

Ltot = Longitud total del sondeo.

A partir del índice RQD, podemos clasificar la masa de la roca:

Mayor de 25 % muy mala

Entre 25 % y 50 % mala

Entre 50 % y 75 % normal

Entre 75% y 90 % buena

Entre 90 % y 100% buena

En la imagen 13 de la página siguiente se puede observar un ejemplo del cálculo del RQD.





## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

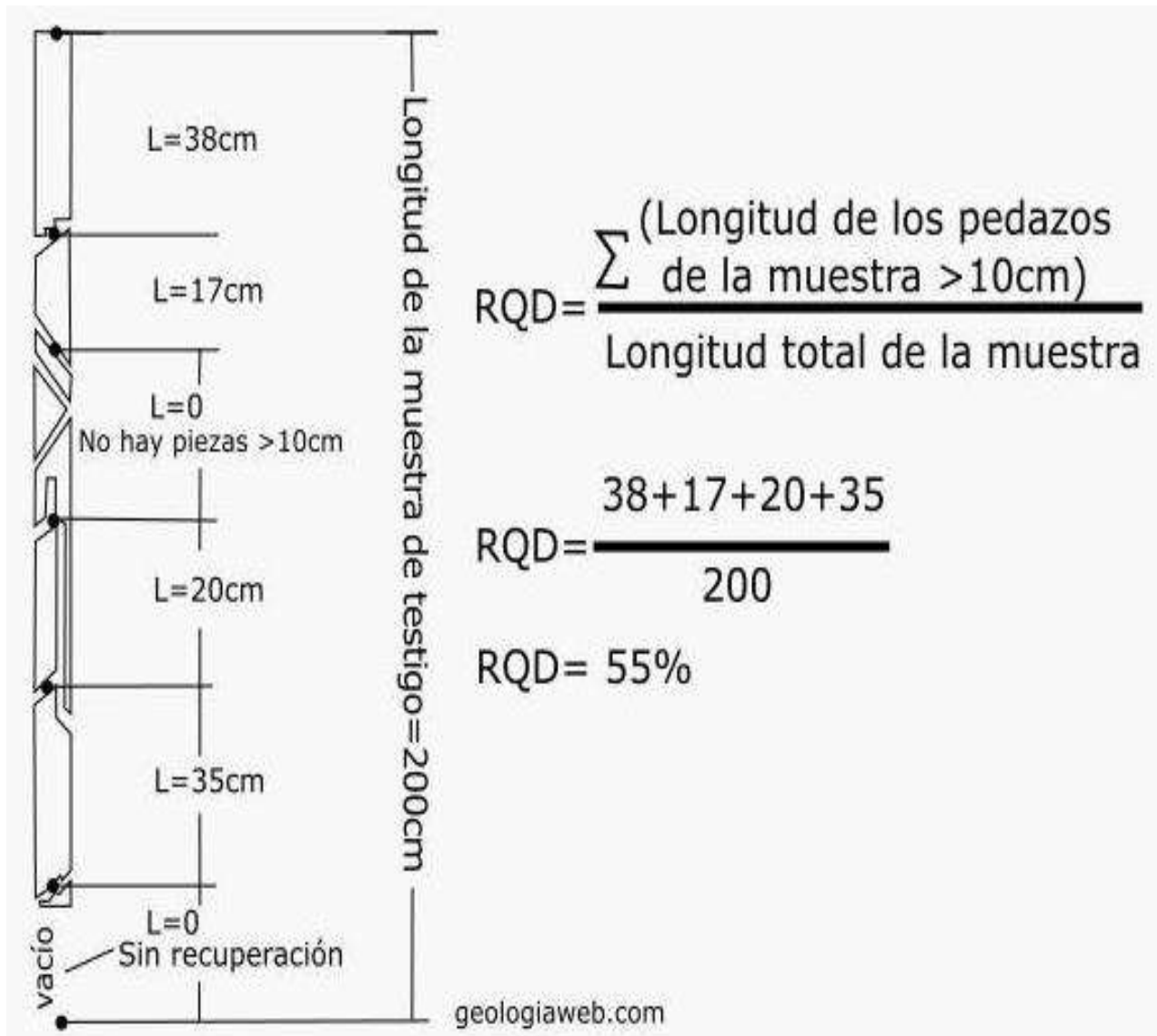


IMAGEN 13, EJEMPLO DEL CÁLCULO DEL RQD DE UN SONDEO, FUENTE: [16]

### 2.2.8 PROFUNDIDAD Y CAPACIDAD DE CARGA.

De acuerdo a estudios de mecánica de suelos por parte de la empresa encargada de esto, se obtuvieron las profundidades y la capacidad de carga de los suelos, es de gran importancia conocer estos datos para en base a ellos realizar el diseño estructural de la cimentación ya que, el suelo soporta diferentes cargas en los apoyos conforme a la estratigrafía del suelo de acuerdo el diseño estructural del viaducto



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



	Caballote N° 1	Pila N° 2	Pila N° 3	Pila N° 4	Pila N° 5	Pila N° 6	Caballote N° 6
Nivel de Desplante (m)	2217.80	2207.00	2203.50	2201.8	2204.00	2219.30	2219.3
Qadm (t) Ø=1.50 m	480	490	405	380	390	500	320

TABLA 6. PROFUNDIDADES Y CAPACIDAD DE CARGA DE APOYOS, FUENTE: LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.

### 2.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO.

Este estudio es de vital importancia, pues entre otros factores de naturaleza físico-geológica que vulneran a las vías y otras obras, se ha comprobado que el factor más importante es la acción del agua ya que provoca daños [4].

La afirmación anterior ha quedado totalmente demostrada en el transcurso de los años. Así en Cuba, en el año de 1963, el ciclón Lora causó grandes destrucciones en carreteras y obras de fábrica, fundamentalmente en la provincia Guantánamo, donde fueron derribados algunos puentes principales y más del 90% de puentes pequeños, lo que provocó que de forma emergente se creara una tipificación para puentes de losas prefabricadas, con el objetivo de sustituir todos los puentes pequeños que en la provincia señalada fueron destruidos [4].

Cuba por su posición geográfica es visitada todos los años por ciclones o Huracanes, destacando entre ellos, el ciclón Inés, el ciclón David y los Huracanes Alberto y George, los cuales causaron grandes daños en las carreteras y otras obras en Cuba [4].

De aquí se desprende la importancia que tienen los estudios hidrológicos e hidráulicos en el emplazamiento de los puentes y otras obras para poder garantizar en ellos una seguridad adecuada ante los agentes atmosféricos señalados, y hacer frente al efecto de lluvias intensas [4].



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



En el estudio hidrológico se determina el gasto máximo probable en la cuenca que pasa por el viaducto, así como el área necesaria para que el gasto fluya a través del mismo.

### 2.3.1.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO VIADUCTO.

En la imagen 13, se puede observar el recorrido de las corrientes de agua superficial en la zona del viaducto, además se aprecia que el cauce del agua cercano al viaducto es mínimo de 285 m<sup>3</sup>/s y el área necesaria para drenarla es de 9.11 m<sup>2</sup> es por ello que el viaducto no funciona como paso de agua.

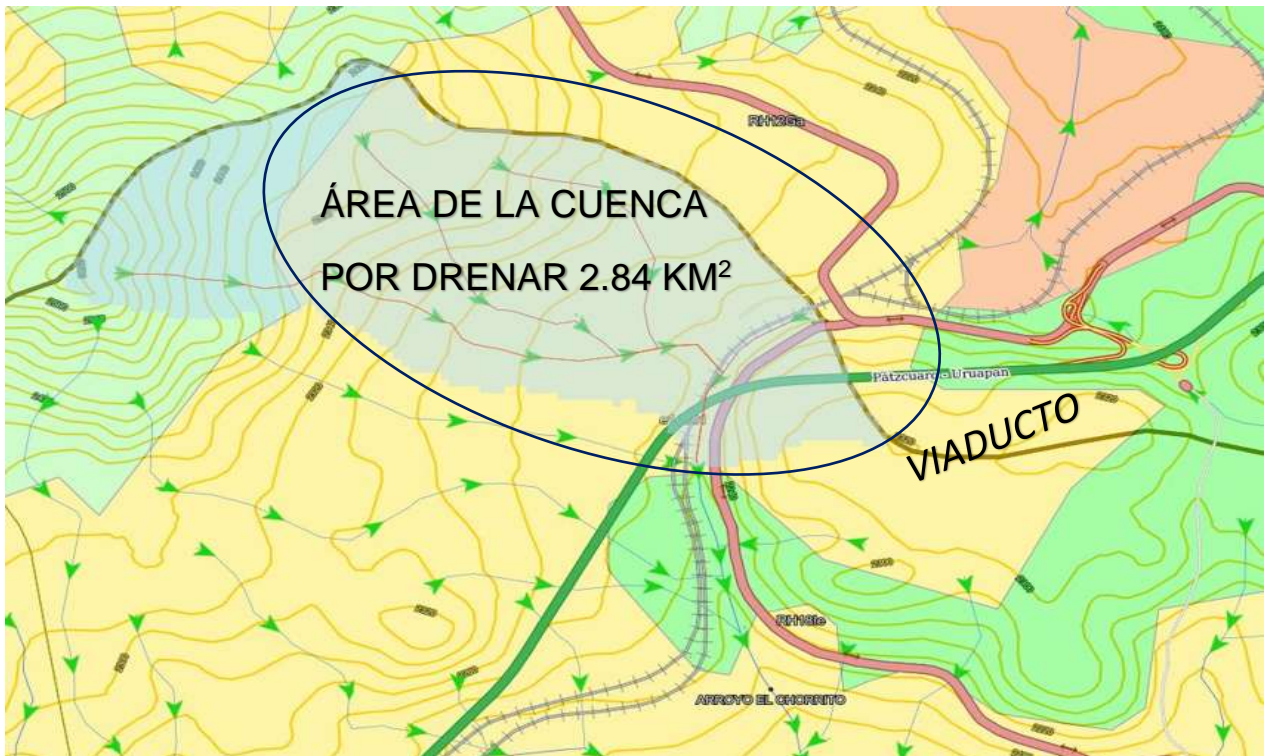


IMAGEN 13. CUENCA DE LA ZONA DEL VIADUCTO, FUENTE: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN [http://antares.ineqi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/#](http://antares.ineqi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#).

### 2.3.1.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO.

Los datos obtenidos para diferentes periodos de retorno en un lapso de tiempo de 24 horas se pueden observar en la tabla 7.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



PROPIEDAD	PERIODO DE RETORNO		
	100 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS
Elevación máxima	2527 m	2527 m	2527 m
Elevación media	2379 m	2379 m	2379 m
Elevación mínima	2231 m	2231 m	2231 m
Longitud	2909 m	2909 m	2909 m
Pendiente Media	10.18%	10.18%	10.18%
Tiempo de Concentración	16.35 (minutos)	16.35 (minutos)	16.35 (minutos)
Área Drenada	2.84 km <sup>2</sup>	2.84 km <sup>2</sup>	2.84 km <sup>2</sup>
Coefficiente de escurrimiento	0.72	0.72	0.72
Lluvia	107 mm	129 mm	137 mm
Intensidad de Lluvia	392.66 mm/h	473.39 mm/h	502.75 mm/h
Caudal pico	223.03 m <sup>3</sup> /s	268.88 m <sup>3</sup> /s	285.56 m <sup>3</sup> /s

TABLA 7. RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO, FUENTE [ : DEPARTAMENTO DE PROYECTOS CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#).

El viaducto Zirahuén tendrá un gasto pico de descarga de 285.56 m<sup>3</sup>/s, para un periodo de retorno de 1000 años, siendo este considerado como un gasto máximo probable.

El área hidráulica necesaria para drenar el agua del viaducto es de 9.11 m<sup>2</sup> y la velocidad será igual a 31.345 m/s para un periodo de retorno de 1000 años.



# CAPITULO III

## ESTRUCTURA



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ**

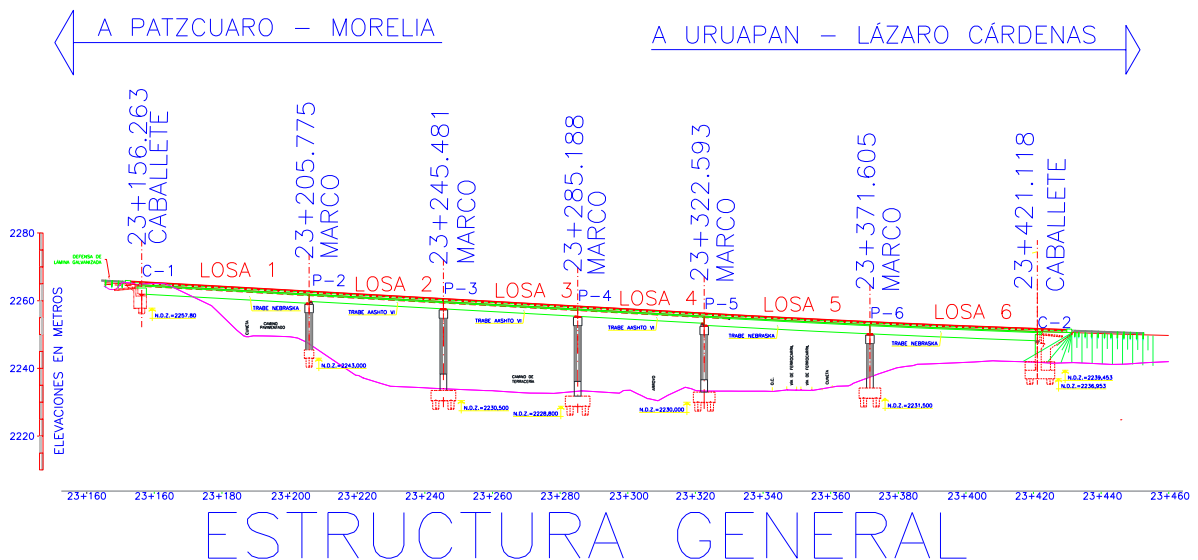


### 3 ESTRUCTURA GENERAL DEL VIADUCTO.

La estructura del viaducto estará compuesta por 7 apoyos, el inicio y el final serán caballetes y los 5 intermedios serán marcos. Estos marcos están distribuidos como se muestra en la tabla siguiente, a su vez, contará con 6 losas las cuales estarán apoyadas sobre traveses.

APOYO	UBICACIÓN	OBSERVACIÓN
C-1	23+156.263	CABALLETE
P-2	23+205.775	PILA
P-3	23+245.481	PILA
P-4	23+285.188	PILA
P-5	23+322.593	PILA
P-6	23+371.605	PILA
C-7	23+421.118	CABALLETE

TABLA 8. UBICACIÓN DE APOYOS DE ESTRUCTURA, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



CROQUIS 7. ESTRUCTURA GENERAL DEL CONCRETO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



### 3.1 CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

La clasificación de la estructura del viaducto esta detallada en la tabla 9:

SUBESTRUCTURA	ESTRUCTURA	SUPER ESTRUCTURA
<ul style="list-style-type: none"><li>• PILOTES</li><li>• ZAPATAS</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• CABALLETE O PÍLAS CON Y SIN ENCEPADO.</li><li>• CABEZAL.</li><li>• BANCOS NIVELANTES.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• APOYOS DE NEOPRENO.</li><li>• TRABES.</li><li>• DIAFRAGMAS.</li><li>• LOSA ACERO.</li><li>• LOSA DE CONCRETO.</li><li>• JUNTAS DE DILATACIÓN.</li><li>• GUARNICION Y PARAPETO.</li><li>• CARPETA ASFÁLTICA.</li></ul>

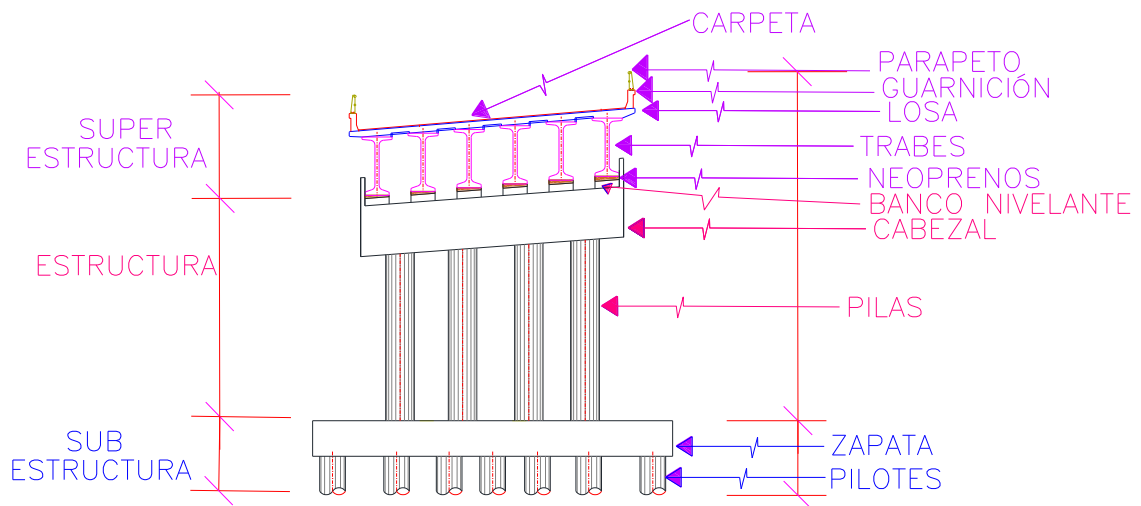
TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL VIADUCTO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



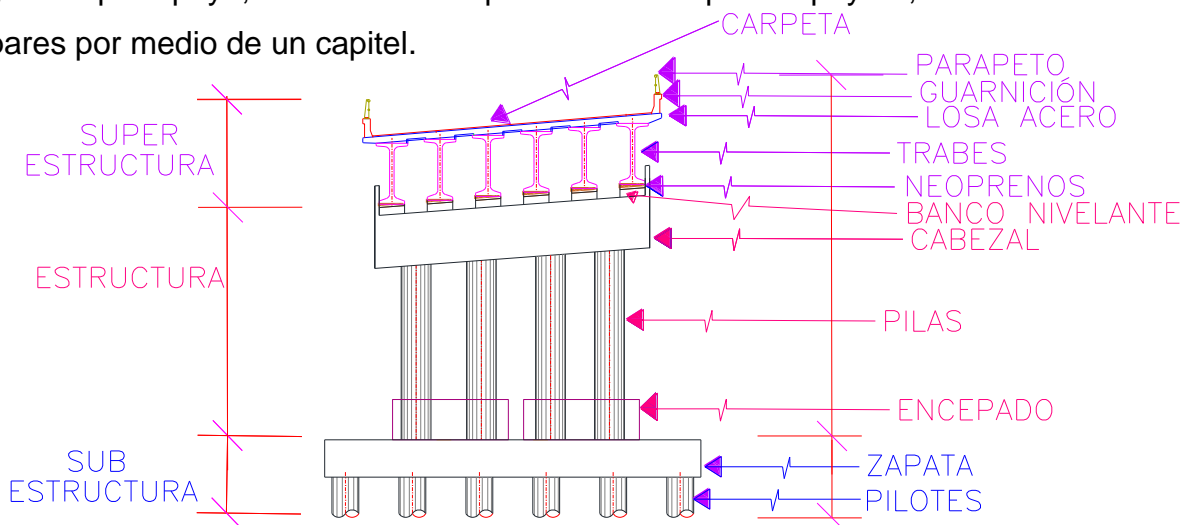
La estructura del apoyo 2 es diferente al resto de los apoyos, debido a que este solo contará con 7 pilotes y no contará con encepado, como se muestra en el croquis 8.



## ALZADO FRONTAL APOYO 2

CROQUIS 8. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA ALZADO FRONTAL APOYO 2, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.

Los apoyos 3,4, 5 y 6 (Croquis 9) serán similares, tendrán 12 pilotes, estos con diferentes longitudes por apoyo, contarán con 4 pilas una más que el apoyo 2, la cual estará unida en pares por medio de un capitel.



## ALZADO FRONTAL APOYOS 3-6

CROQUIS 9. ESTRUCTURA APOYOS 3, 4, 5 Y 6 (ALZADO TIPO), FUENTE CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



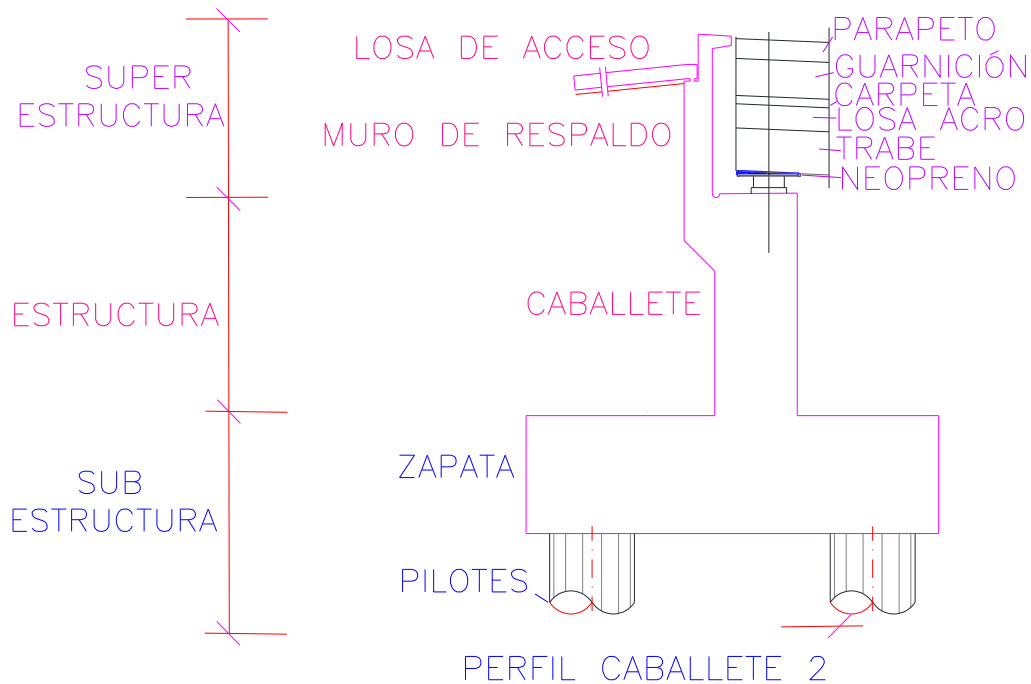


# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



El caballete 1 tendrá 7 pilotes, mientras que el caballete 2 contará con 14, la clasificación de la estructura se muestra a continuación en el Croquis 10.



CROQUIS 10. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN CABALLETES, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.

## 3.1.1 SUBESTRUCTURA.

La subestructura está compuesta por pilotes y zapatas.

### 3.1.1.1 PILOTES.

Los pilotes son más comúnmente efectivos en una de las cuatro formas; primero transmitiendo la carga a través de estratos superiores suaves hasta el estrato duro inferior; segundo, como pilotes de fricción en sus porciones inferiores en la transición de carga atravesando estratos suaves superiores hasta estratos más rígidos debajo, que consideramos como valor adecuado de distribución; tercero como pilotes de fricción pura a lo largo de su longitud; y cuarto ocasionalmente como compactadores de suelos [5].

Las características de los pilotes utilizados, se muestran en la tabla 10.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



APOYO	DESPLANTE DE ZAPATA	LONG. DE PILOTE	DESPLANTE DE PILOTE	PZAS	F' C KG/CM <sup>2</sup>	DIAMETRO DE PILOTE	ÁREA M <sup>2</sup>	VOLUMEN POR UNIDAD
C-1	2257.800 M	40 M	2217.800 M	5	300	1.80 M	10.179	407.151 M3
P-2	2243.000 M	36 M	2207.000 M	7	300	1.80 M	10.179	366.436 M3
P-3	2230.500 M	27 M	2203.500 M	12	300	1.80 M	10.179	274.827 M3
P-4	2228.800 M	27 M	2201.800 M	12	300	1.80 M	10.179	274.827 M3
P-5	2230.000 M	26 M	2204.000 M	12	300	1.80 M	10.179	264.648 M3
P-6	2231.500 M	12.2 M	2219.300 M	12	300	1.80 M	10.179	124.181 M3
C-7	2236.953 M	42 M	2194.853 M	14	300	1.80 M	10.179	427.509 M3

*TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE PILOTES, FUENTE: LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.*

### 3.1.1.2 ZAPATAS AISLADAS.

Las zapatas, son un tipo de cimentación superficial, que sirven como base de elementos estructurales puntuales como son los pilares; de modo que la zapata permite ampliar la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite[5].

#### 3.1.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZAPATAS.

Las características generales de las zapatas se presentan en la Tabla 11, y en los Croquis del 11 al 15, se observan de manera gráfica estas características tales como: longitud y ancho de zapatas, separación centro a centro entre pilotes y los diámetros de los mismos, así como, los detalles de los encepados.

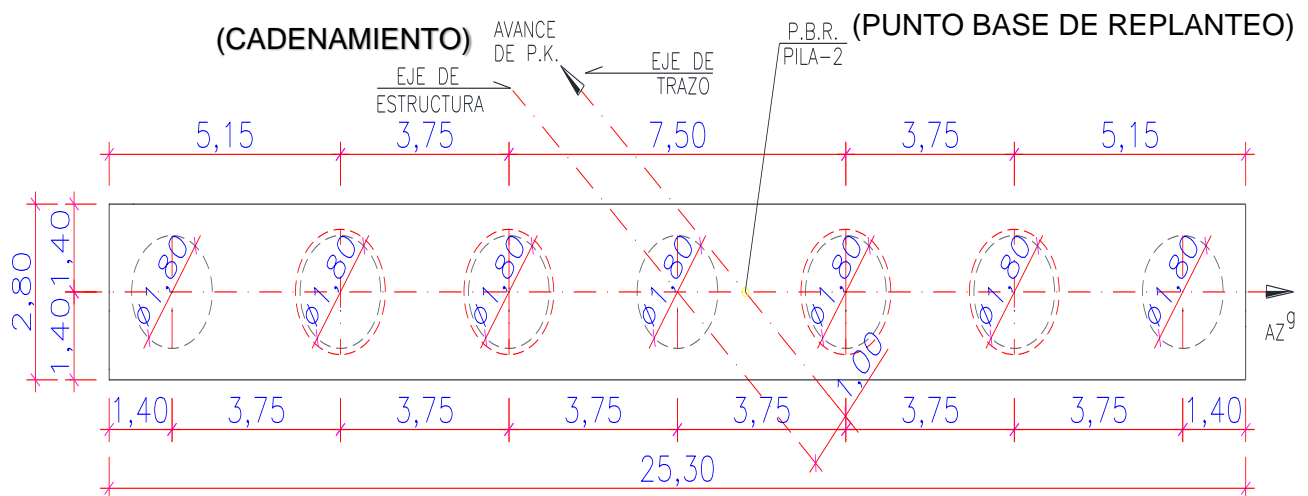


**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ**



APOYO	LINEA DE PILOTOS	CANTIDAD DE PILOTOS	FORMA	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ESPESOR (M)	OBSERVACIONES
C-1	1	5	IRREGULAR	18.515	5.196	VARIABLE	VER CROQUIS 14, PAG. 53
P-2	1	7	RECTANGULAR	25.30	2.8	2.5	SIN ENCEPADO, VER CROQUIS 11, PAG. 51
P-3	2	12	RECTANGULAR	25.30	7.3	3	VER CROQUIS 12, PAG. 51
P-4	2	12	RECTANGULAR	25.30	7.3	3	VER CROQUIS 12, PAG. 52
P-5	2	12	RECTANGULAR	25.30	6.4	3	VER CROQUIS 13, PAG. 52
P-6	2	12	RECTANGULAR	25.30	6.4	3	SIN ENCEPADO SIMILAR A P-5, VER CROQUIS 13, PAG. 52
C-7	2	14	IRREGULAR	41.15	8.75	2.5	VER CROQUIS 15, PAG. 54

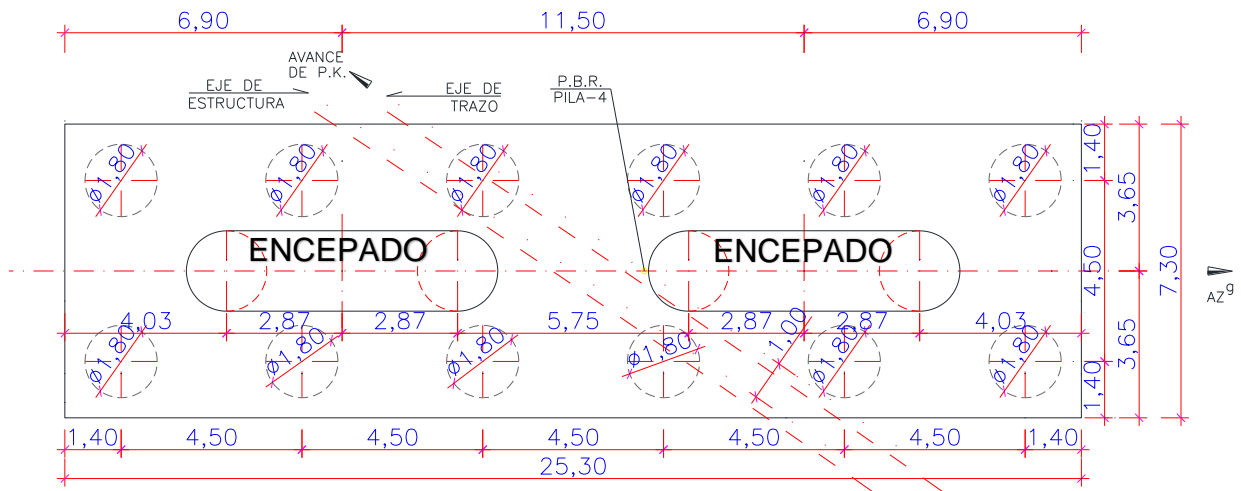
*Tabla 11. CARACTERÍSTICAS DE LAS ZAPATAS, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.*



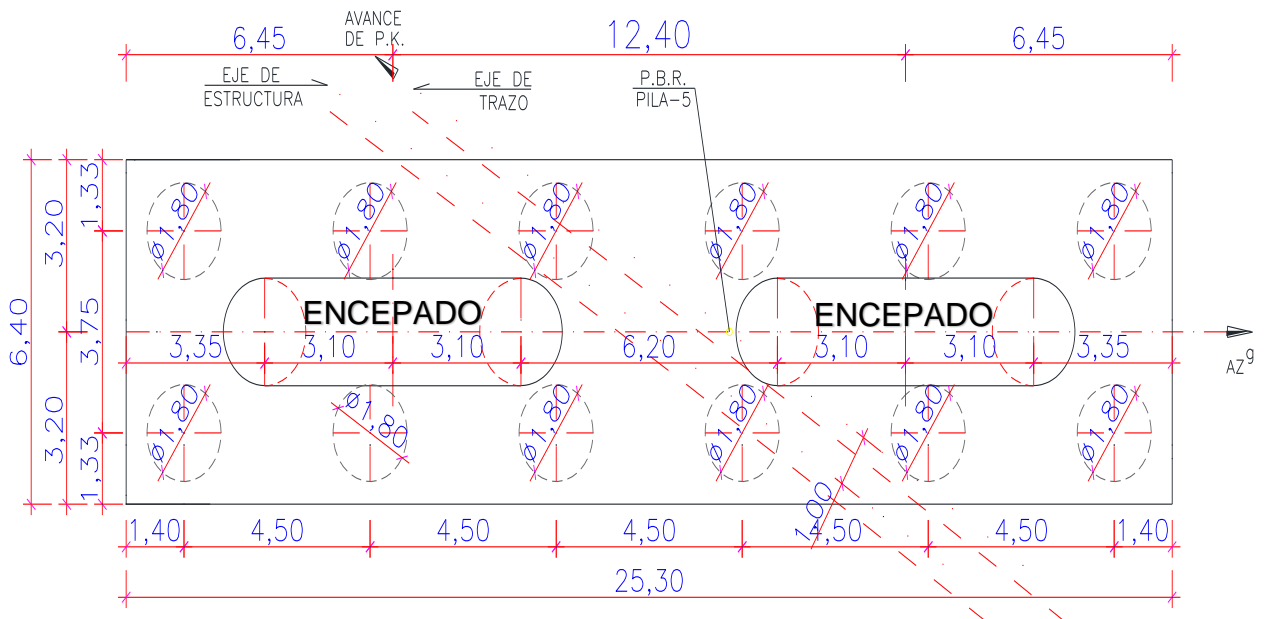
*CROQUIS 11. ZAPATA APOYO P-2, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.*



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



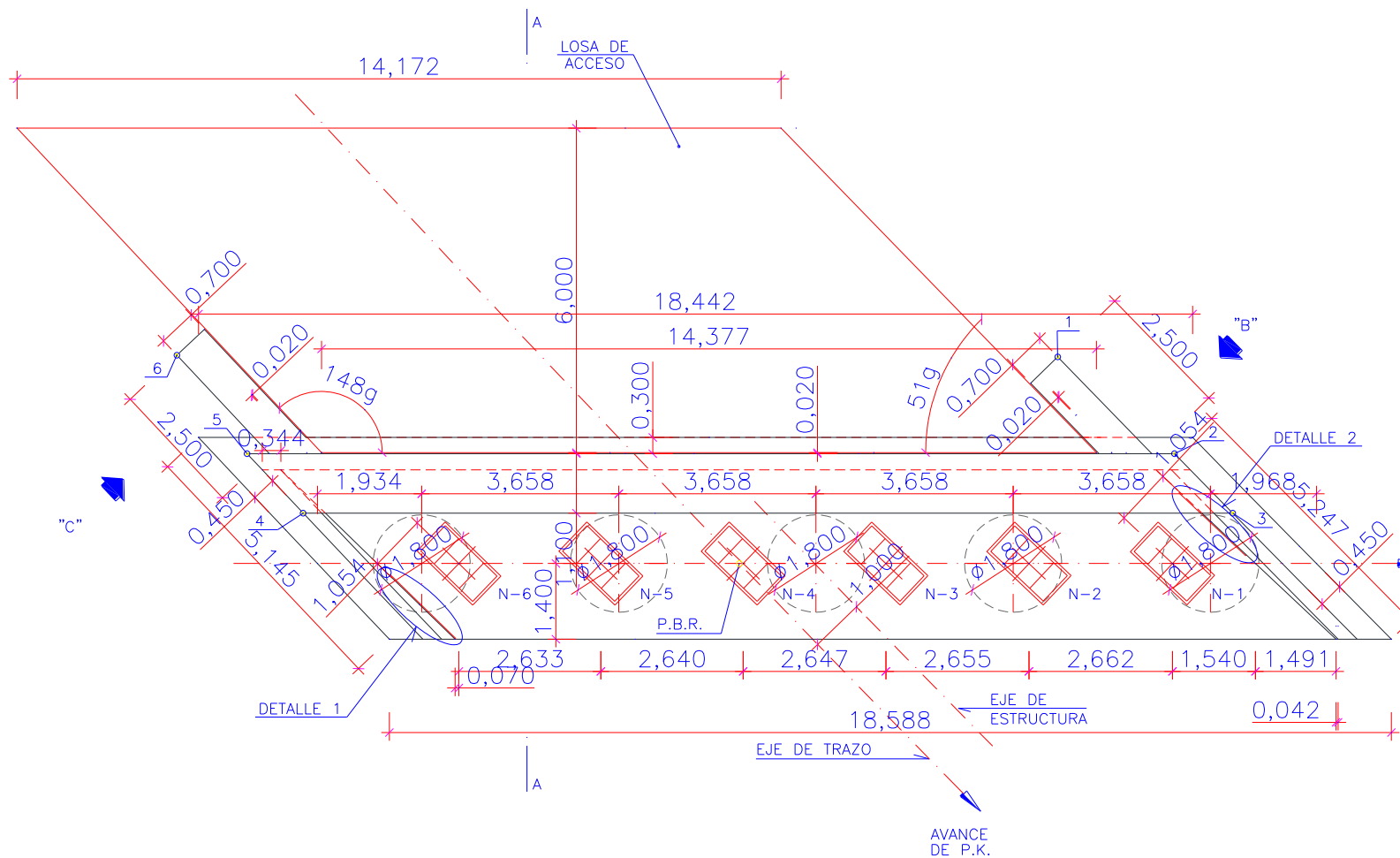
CROQUIS 12. ZAPATA APOYOS P-3 Y APOYO P-4, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



CROQUIS 13. CROQUIS ZAPATA APOYOS P-5, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



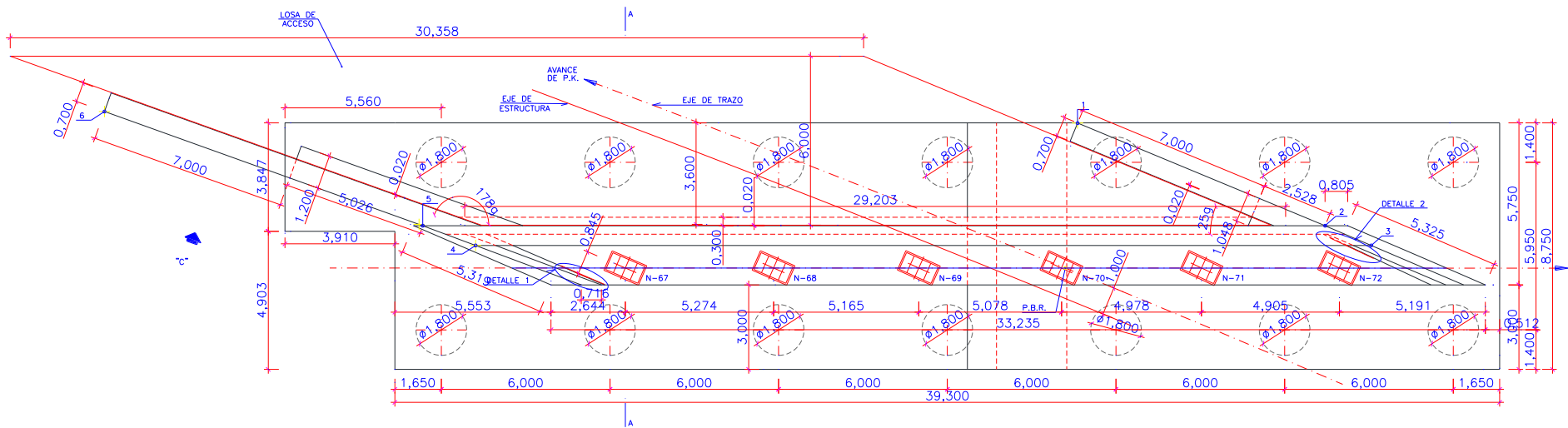
# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



CROQUIS 14. ZAPATA CABALLETE 1, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



CROQUIS 15. ZAPATA CABALLETE 2, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



### 3.1.2 ESTRUCTURA

La estructura está conformada por pilas con o sin encepados o caballete, el cabezal y los bancos nivelantes.

#### 3.1.2.1 PILAS

Soportan la losa en puntos intermedios y además transmiten las cargas a la cimentación, solamente los apoyos centrales del P-2 al P-6.

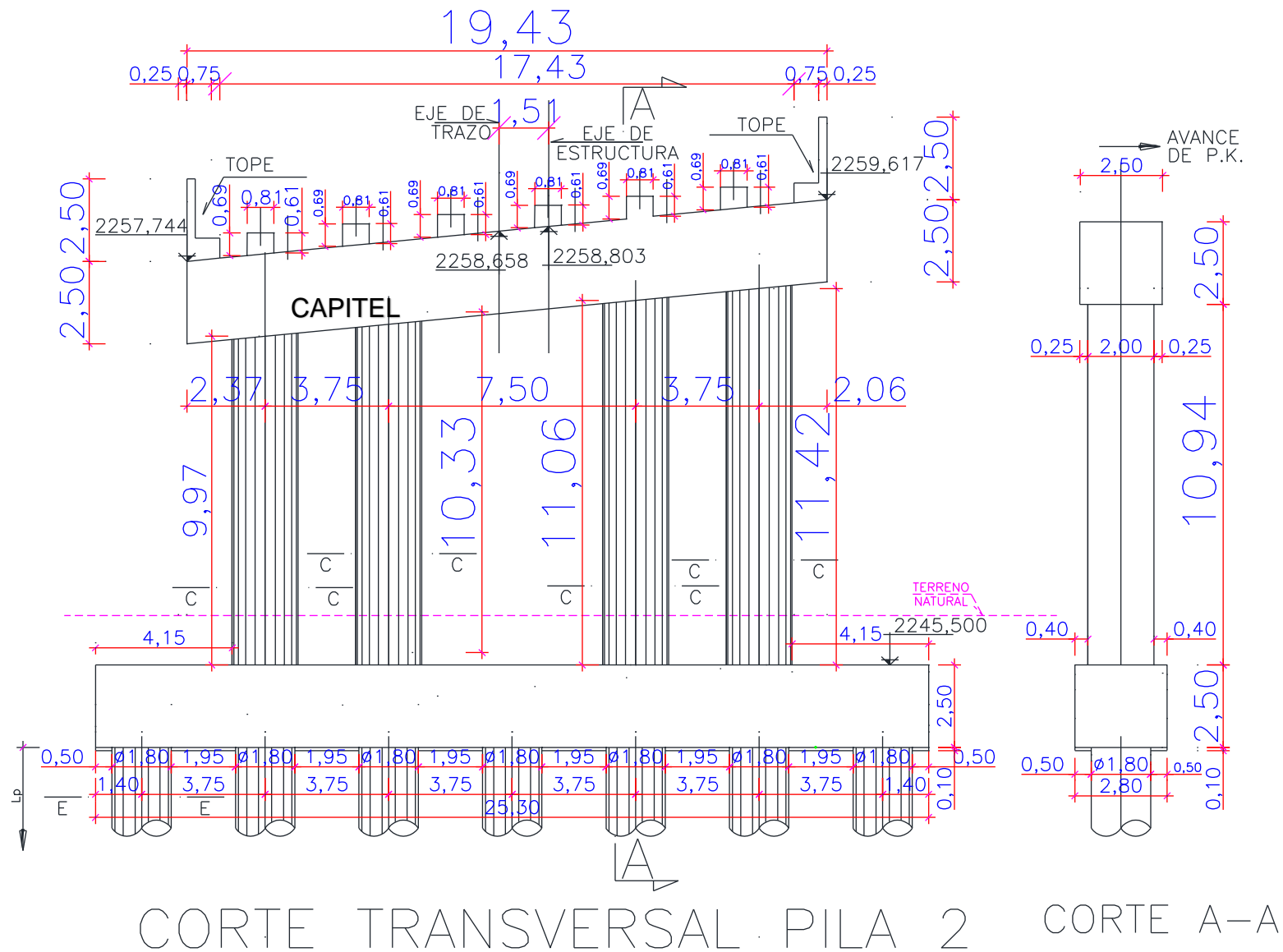
Las características de las pilas se muestran en la Tabla 12, en la cual a su vez hace mención en las observaciones al croquis correspondiente de cada apoyo, en los que se observa las diferentes alturas de las pilas, la separación entre ellas de centro a centro y de extremo a extremo

APOYO	CANTIDAD DE PILAS	ALTURA DE PILAS	DIAMETRO (M)	OBSERVACIONES
P-2	4	VARIABLE	2.0	VER CROQUIS 16 PAG 56
P-3	4	VARIABLE	2.0	VER CROQUIS 17. PAG 57
P-4	4	VARIABLE	2.0	VER CROQUIS 18. PAG 58
P-5	4	VARIABLE	2.0	VER CROQUIS 19. PAG 59
P-6	4	VARIABLE	2.0	VER CROQUIS 20. PAG 60

*Tabla 12. CARACTERÍSTICAS DE LAS PILAS, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.*



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

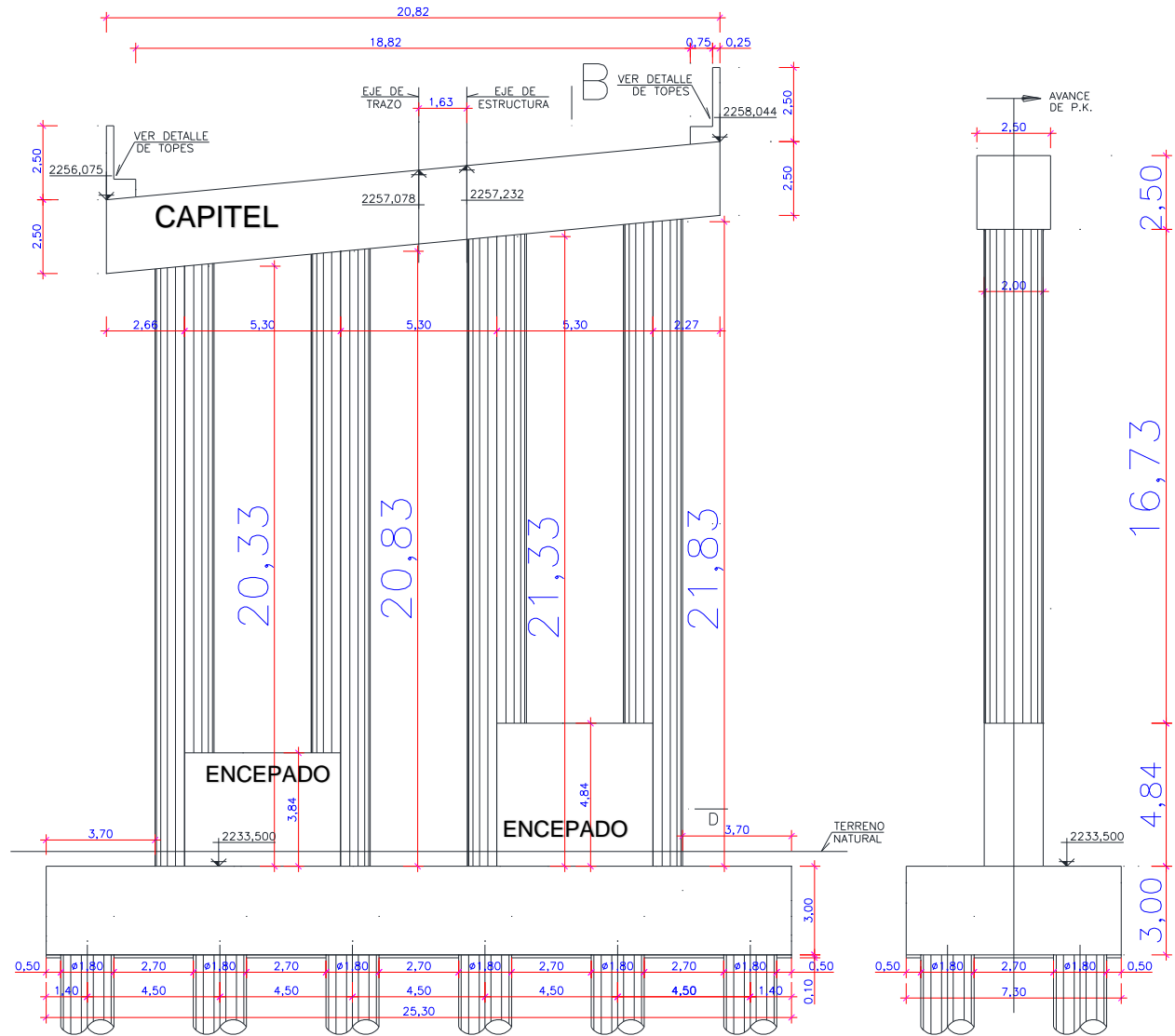


CROQUIS 16. ALZADO APOYO 2, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.





# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



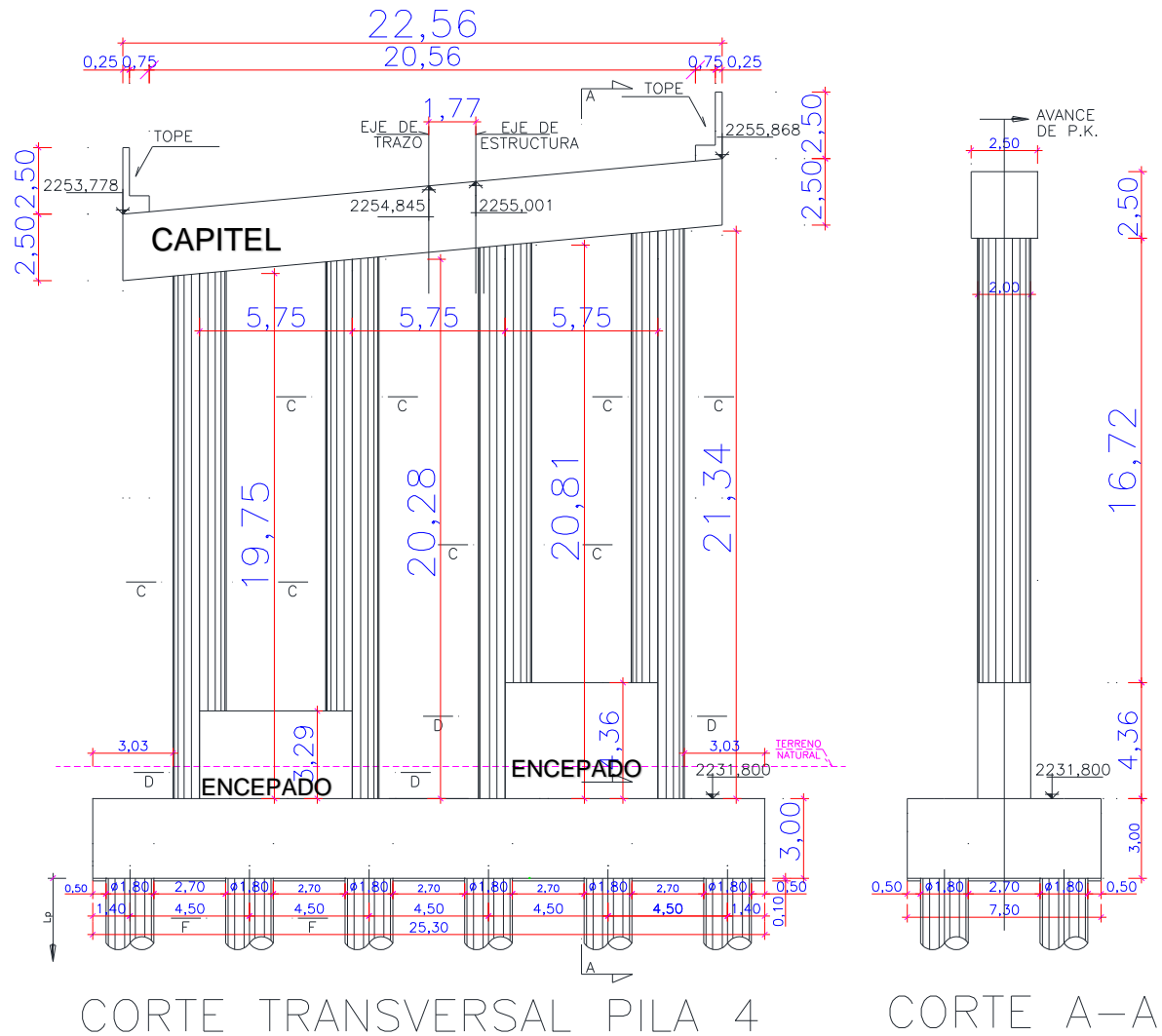
CORTE TRANSVERSAL PILA 3

CORTE B-B

CROQUIS 17. ALZADO APOYO 3, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



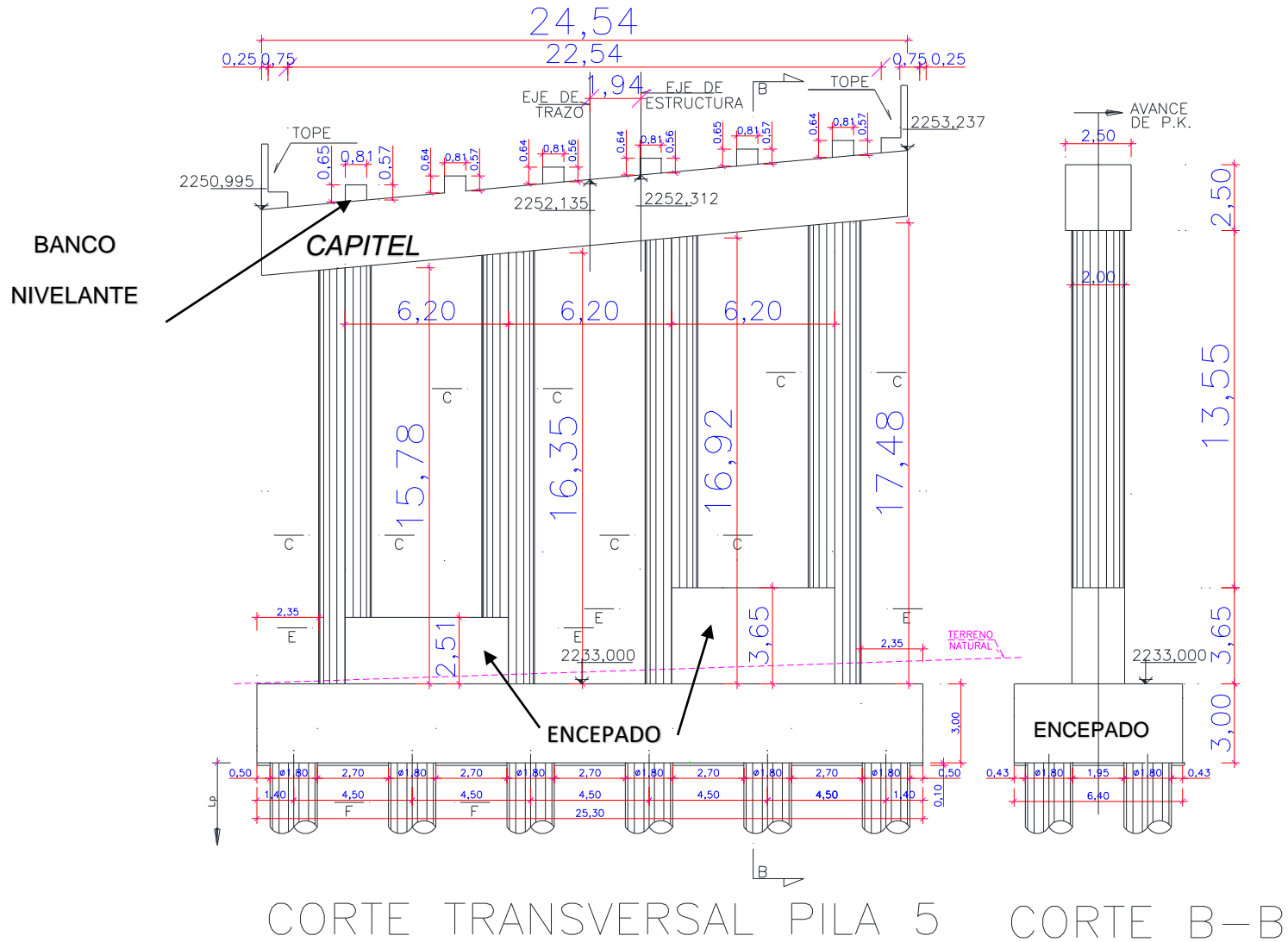
# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



CROQUIS 18. ALZADO APOYO 4, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



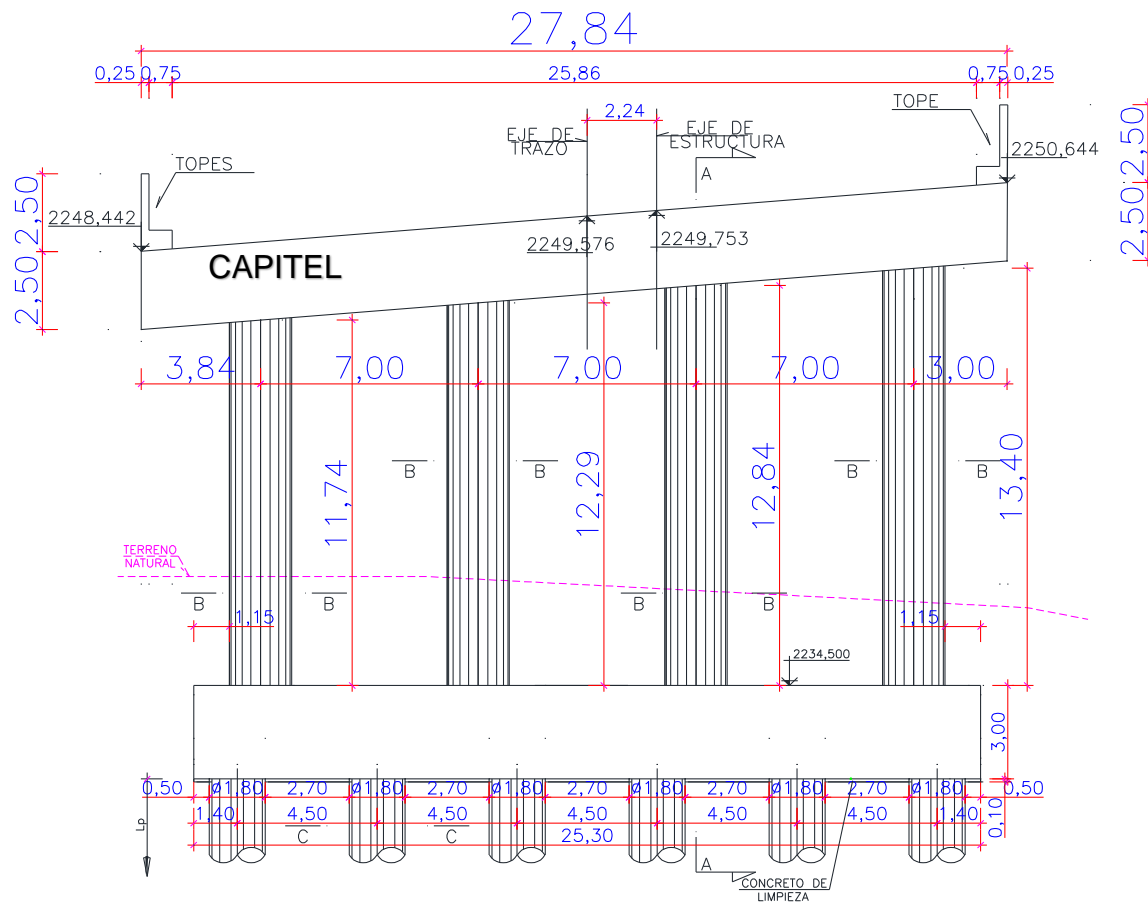
# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



CROQUIS 19. ALZADO APOYO 5, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



CORTE TRANSVERSAL PILA 6

CORTE A-A

CROQUIS 20. ALZADO PILA 5, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



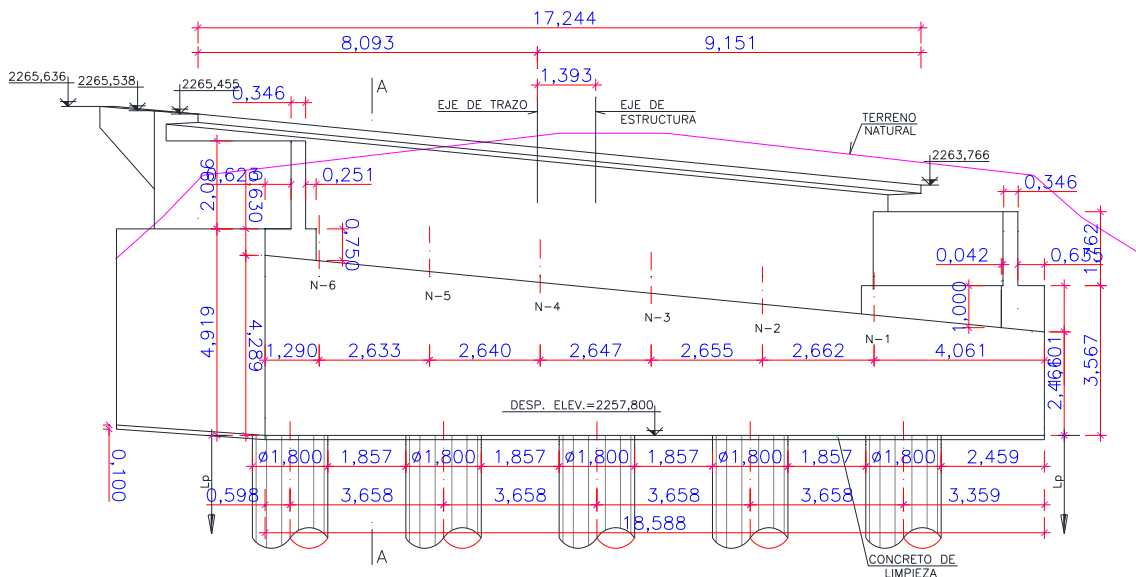
### 3.1.2.2 ENCEPADO.

El encepado es un elemento constructivo de constitución robusta, que sirve para enlazar grupos de pilotes con los pilares o muros estructurales del edificio. Esta unión se efectúa cuando los pilotes han sido descabezados. Se comporta como una zapata, y además sirve de base del pilar [6].

Solamente los apoyos P-3 al P-5 llevarán encepado para fijar las pilas de los apoyos en la parte inferior, la altura del encepado será de 3 metros, como se puede observar en el Croquis 12 y 13 de la página 52.

### 3.1.2.3 CABALLETES

En los Croquis 21 y 22 de las páginas 61 y 62, se muestran los caballetes, lo cuales soportan la losa en los extremos, transmiten las cargas a la cimentación y además hacen la función de muros de contención.

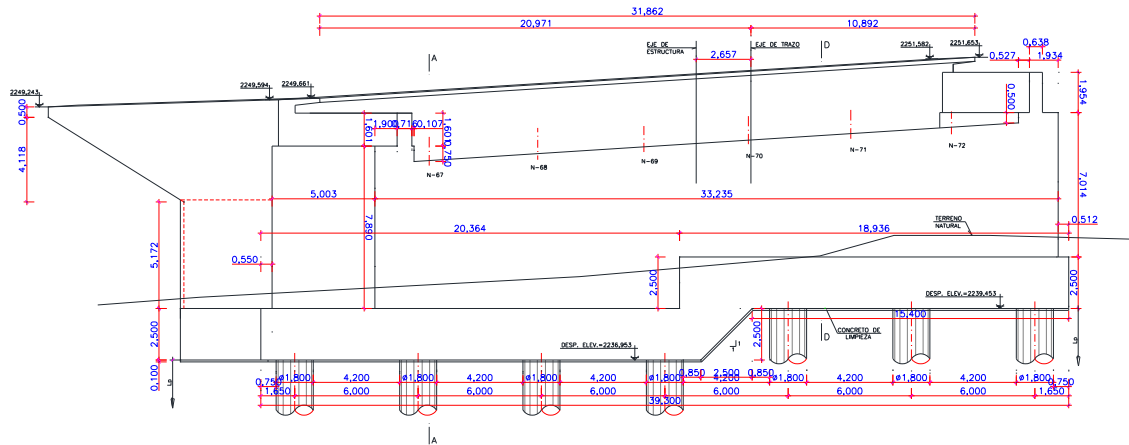


ELEVACIÓN FRONTAL CABALLETE-1

CROQUIS 21. ALZADO CABALLETE 1, FUENTE: AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## CABALLETE 2

CROQUIS 22. ALZADO CABALLETE 2, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN

### 3.1.2.3.1 CONO DE DERRAME.

El cono de derrame es una losa de concreto, que se coloca en los caballetes para protegerlos de la lluvia y así evitar que se erosione el terraplén del mismo, en el viaducto Zirahuén solo se construirá cono de derrame en el caballete dos ya que el caballete uno quedara en corte , es decir, enterrado en el terreno natural.

### 3.1.2.4 CABEZAL (CAPITEL).

Es la parte superior de las pilas, sobre las cuales se encuentran los bancos nivelantes donde se apoyan las traveses, el cabezal incluye los topes sísmicos; los cuales sirven para restringir el movimiento lateral en sismos, esto se puede observar en el Croquis 19 de la página 59.

### 3.1.2.5 BANCOS NIVELANTES.

Son los apoyos sobre los cuales descansan las traveses. Solamente contarán con estos los apoyos p-2 y p-5 (ver Croquis 19 página 59).



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



### 3.1.3 SUPER ESTRUCTURA.

La súper estructura está compuesta por neoprenos, trabes, diafragmas, losa acero, losa de concreto guarniciones, parapetos y carpeta

#### 3.1.3.1 APOYOS DE NEOPRENO.

Los apoyos de neopreno integral o en general de otro tipo de apoyos (Imagen 12), son elementos importantes de una estructura y no hay motivo para considerarlos menos importantes y de durabilidad menor que estructura y por tanto suponerlos como un material consumible [7].

Los apoyos de neopreno integral y de apoyos tipo pot, constituyen en México y en muchos otros países más del 90% de los apoyos utilizados en puentes. Es por ello que se considera importante hacer hincapié en los factores a considerar en su selección [7].

Los factores a contemplar en la selección de uno u otro tipo de apoyo, contemplan la bajada de cargas, rotación máxima, desplazamientos horizontales, durabilidad, costo, tipo de puente, su entorno y las disposiciones constructivas [7].

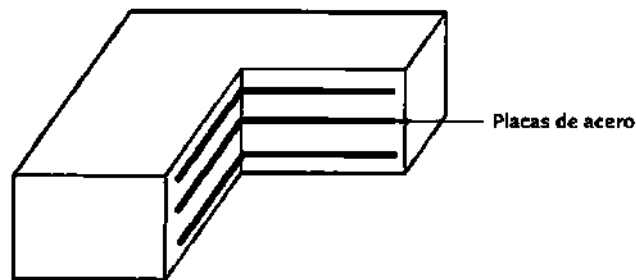


IMAGEN 12. COMPOSICIÓN TÍPICA DE UN APOYO DE NEOPRENO INTEGRAL, FUENTE: [7].

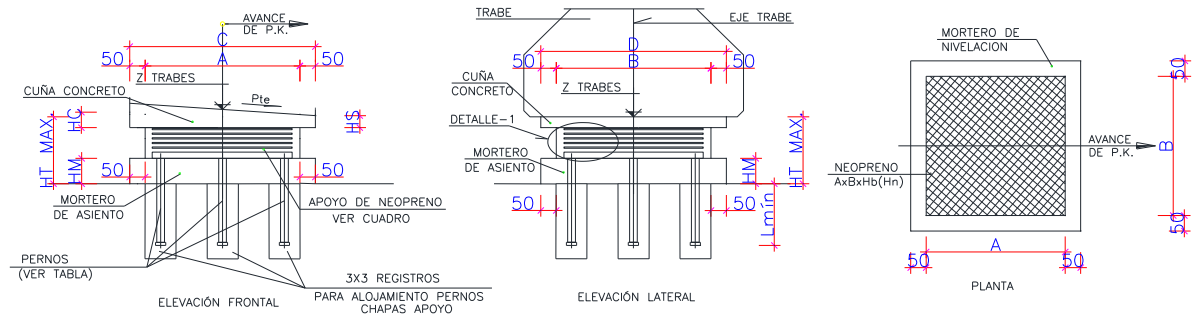
Estos apoyos van entre el banco de nivelación y la trabe, también en los topes de los cabezales.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



El Croquis 23, muestra los apoyos de neopreno en bancos de nivelación.

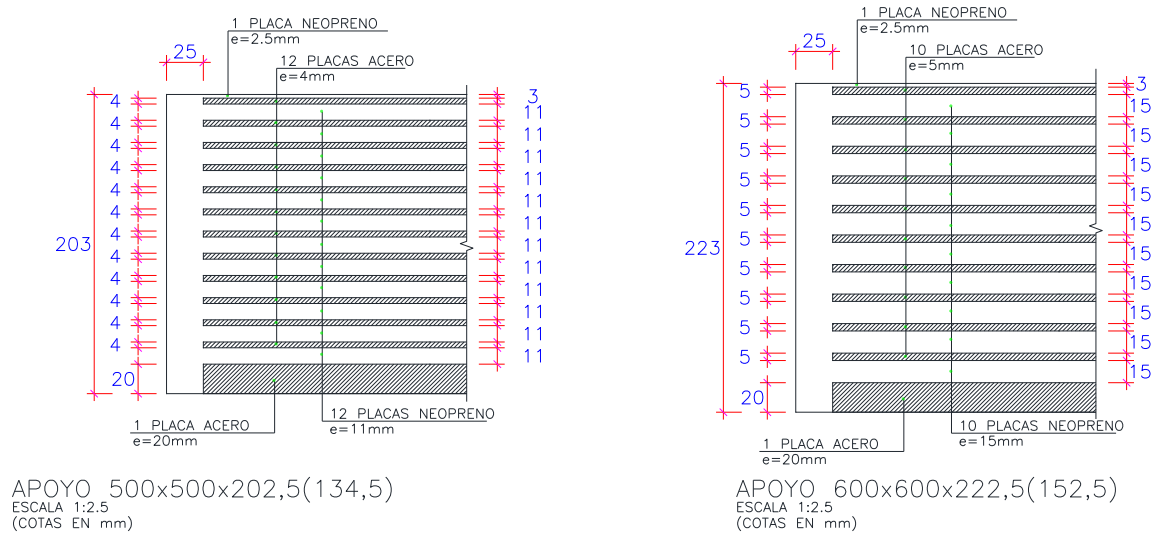


## DETALLE DE APOYOS DE NEOPRENO

COTAS EN mm

CROQUIS 23 DETALLES DE APOYOS DE NEOPRENO EN BANCOS NIVELANTES (ALZADO, LATERAL Y PLANTA), FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN

En el Croquis 24, se puede observar la composición de neoprenos para el viaducto.



CROQUIS 24. COMPOSICIÓN DE NEOPRENOS, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



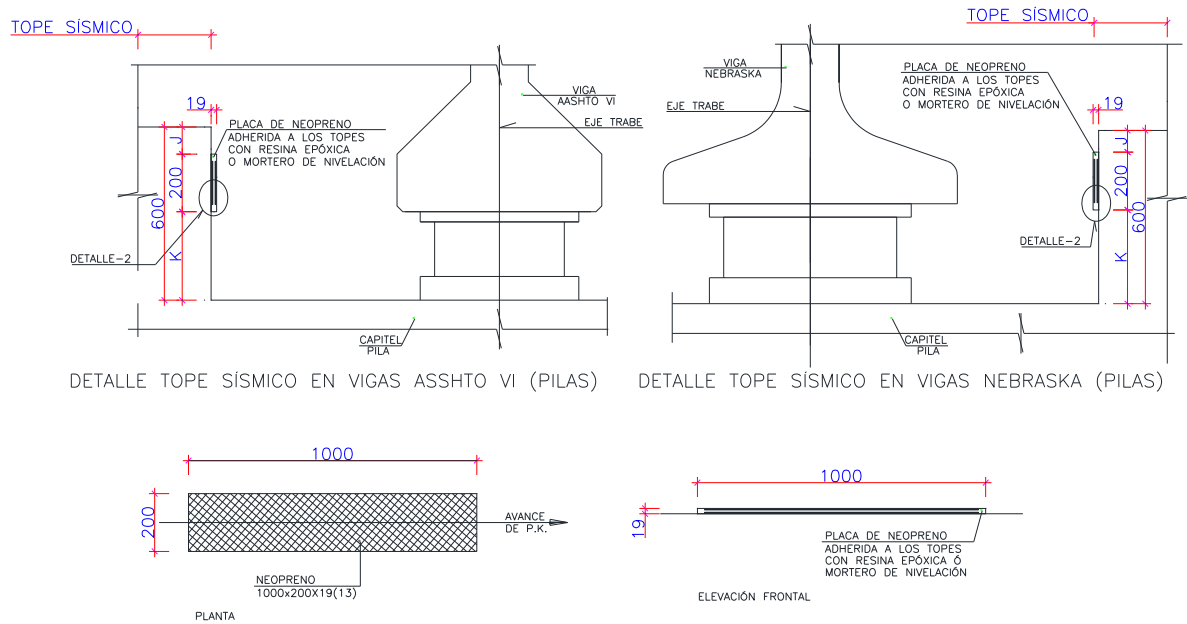


# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



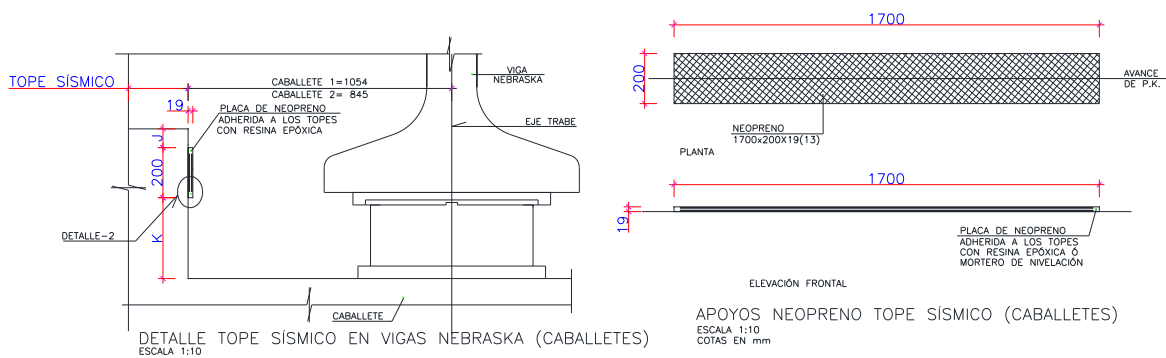
Los apoyos de neopreno en topes de capitel para apoyos con pilas traveses Nebraska y Aashto, se pueden visualizar en el Croquis 25 y Croquis 26.



## APOYOS NEOPRENO TOPE SÍSMICO (PILAS)

COTAS EN mm

CROQUIS 25. APOYOS DE NEOPRENO EN TOPES SÍSMICO PARA PILAS, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



CROQUIS 26 NEOPRENO EN TOPE SÍSMICO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



### 3.1.3.2 TRABES

Las trabes son elementos estructurales de concreto armado pretensado diseñados para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes, en una sola dirección.

La técnica del pretensado o preesforzado del concreto se patentó en el año de 1920 y fue diseñada para compensar las fuerzas de tracción sobre el concreto cuando este es usado como elemento de construcción estructural. Esto se logra mediante la introducción de esfuerzos de compresión interna previo a su colocación. [19].

Para generar dicha fuerza de compresión interna, previo al vaciado del concreto se colocan torones “cables de acero” conocidos generalmente como tendones, los cuales se tensan mecánicamente antes de vaciarse el concreto en los moldes, de esta manera la mezcla se solidifica sobre los refuerzos ya tensados.[19].

Los tendones tratan de regresar a su longitud inicial y el concreto resiste, impidiéndolo, y es consecuentemente pretensado. [20].

Una trabe puede actuar como elemento primario en marcos rígidos de vigas y columnas, aunque también pueden utilizarse para sostener losas macizas o nervadas. La viga soporta cargas de compresión, que son absorbidas por el concreto, y las fuerzas de flexión son contrarrestadas por las varillas de acero corrugado, las vigas también soportan esfuerzos cortantes hacia los extremos, por tanto, es conveniente reforzar los tercios de extremos de la viga. Para lograr que este elemento se dimensione, se debe tener en cuenta la resistencia por flexión. Una viga con mayor peralte (altura), es adecuada para soportar estas cargas, pero de acuerdo a la disposición del proyecto y su alto costo hacen que estas no sean convenientes [9].

En el viaducto se utilizarán 2 tipos de trabes: Nebraska y Aashto VI.

#### 3.1.3.2.1 TRABES NEBRASKA (CLAROS 1, 5 Y 6)

Las trabes Nebraska se desarrollaron para el mejor diseño de puentes con continuidad de largo metraje, con la ventaja de que se pueden postensar, desempeñándose bien con la continuidad lograda por el refuerzo de acero [8].



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

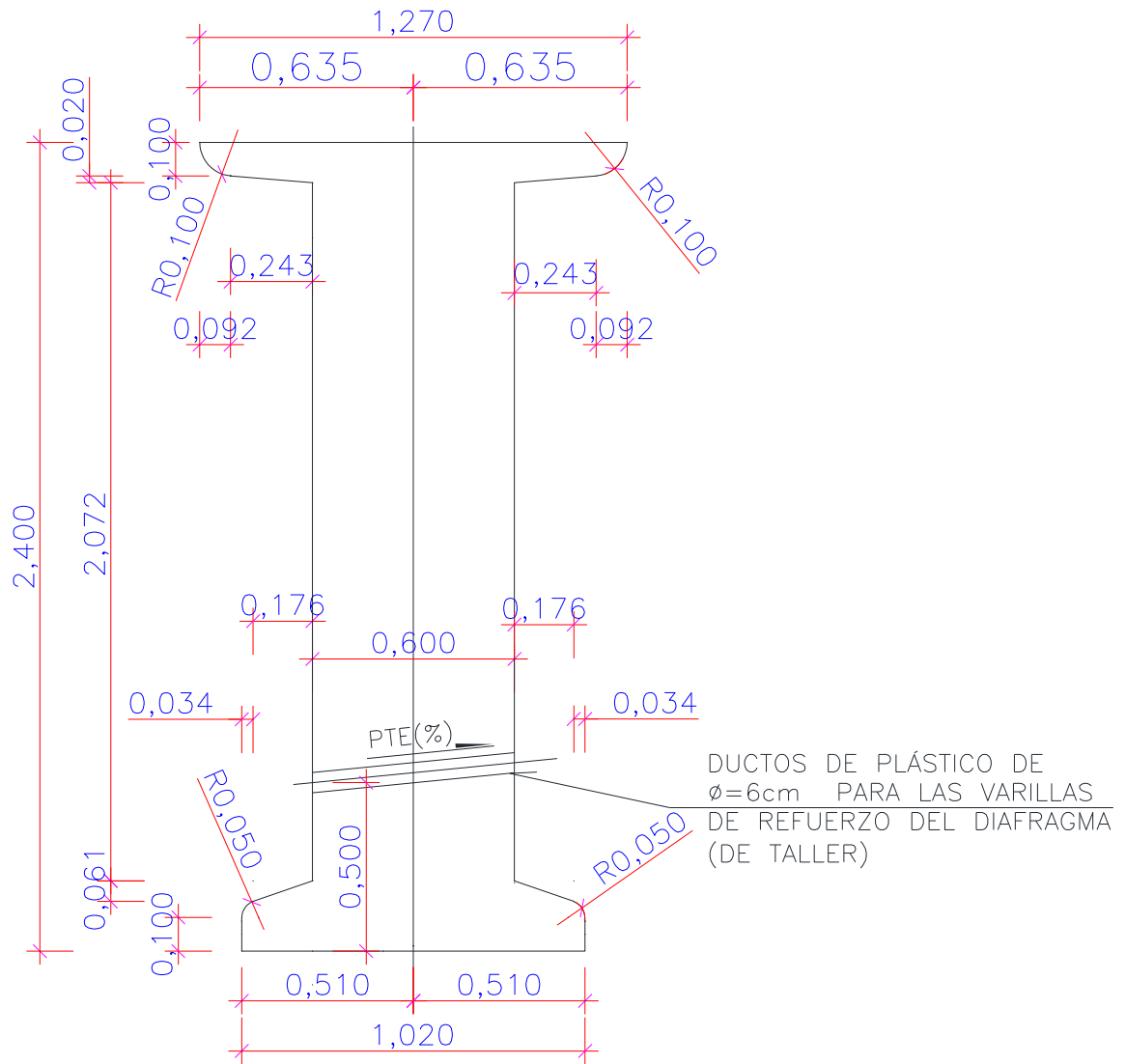
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



La trabe tiene una gran aleta superior para mejorar la fortaleza del momento negativo en trechos continuos y está diseñada para permitir la colocación de un gran número de torones. Esto es particularmente útil cuando se usa concreto de alta resistencia [8].

Los concretos de alta resistencia poseen una resistencia a la compresión mayor o igual a  $490 \text{ kg/cm}^2$  a una edad de 28 a 56 días [21].

Se utilizan comúnmente en puentes de caminos y pasos a desnivel, salvando vías de ferrocarril, barrancas, ríos, etcétera [8]. (Ver Croquis 27)



CROQUIS 27. TRABE NEBRASKA, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

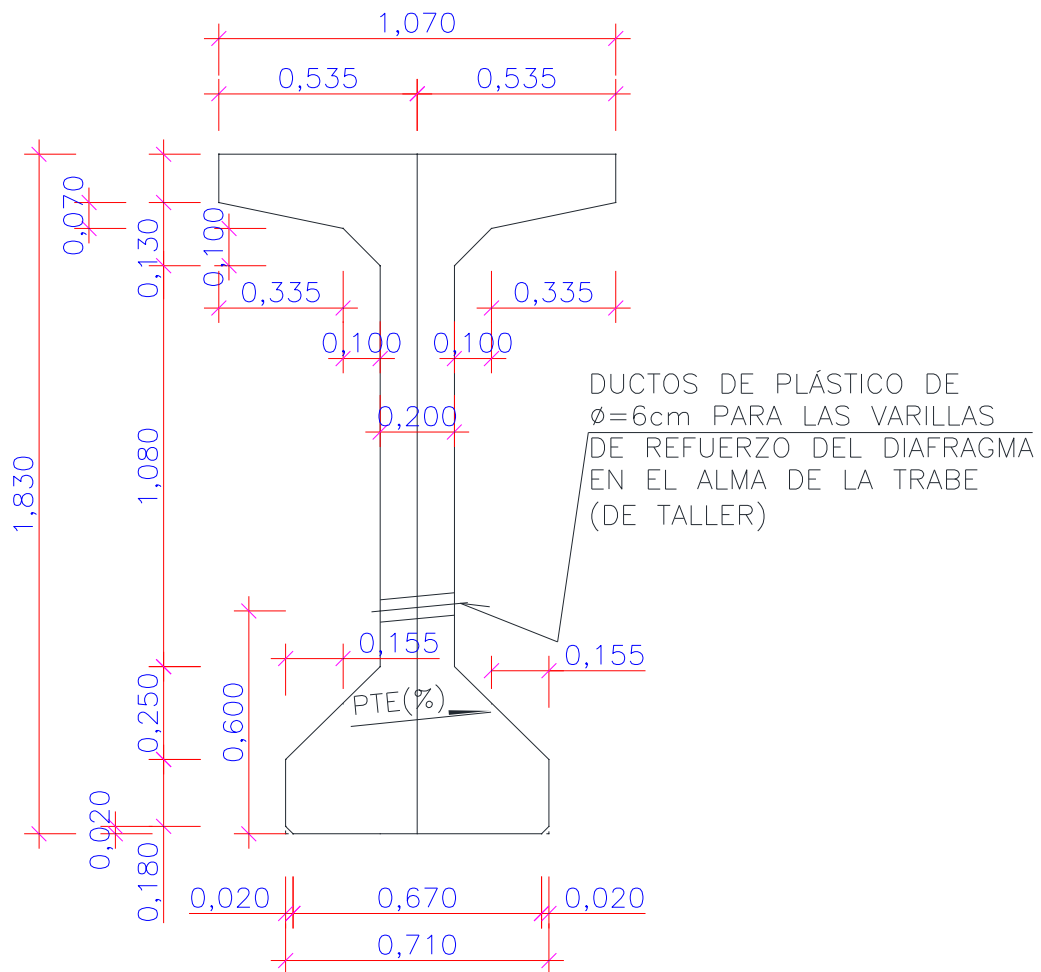


## 3.1.3.2.2 TRABES ASSHTO VI (CLAROS 2, 3, Y 4).

Las trabes AASHTO pueden ser pretensadas, postensadas o combinadas [8].

Es un elemento estructural de concreto prefabricado, diseñado para soportar cargas de puentes en claros variables hasta de 40 metros [8].

Se utilizan comúnmente en puentes vehiculares, puentes FFCC, pasos peatonales y pasos a desnivel, salvando vías de ferrocarriles, barrancas, ríos, etcétera [8]. (Ver Croquis 28)



CROQUIS 28. TRABE ASSHTO, FUENTE: COMTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ**



**3.1.3.2.3 DISTRIBUCIÓN DE TRABES EN LOS CLAROS**

La distribución de las traves en los claros del viaducto, así como, el tipo y la longitud de las mismas se puede observar en la Tabla 13, en la cual se encuentra la longitud de cada trabe, la cantidad por claro, y el esviaje de las mismas.

CLARO	TIPO DE TRABE	CANTIDAD DE TRABES POR CLARO	LONGITUD		ANGULO DE ESVAJE PRINCIPIO Y FIN DE LA TRABE (GARDOS)
			NO. DE TRABE	LONGITUD (M)	
1	NEBRASKA	6	TRABE 1	51.076	96.4750
			TRABE 2	50.906	96.4859
			TRABE 3	50.740	96.4965
			TRABE 4	50.521	96.5121
			TRABE 5	50.915	96.5178
			TRABE 6	50.259	96.5296
2	NEBRASKA	6	TRABE 7	40.199	96.4342
			TRABE 8	40.017	96.4446
			TRABE 9	34.839	96.4551
			TRABE 10	39.661	96.4692
			TRABE 11	39.496	96.4744
3	ASSHTO	6	TRABE 12	39.329	96.4832
			TRABE 13	40.360	96.4373
			TRABE 14	40.122	96.4495
			TRABE 15	39.829	96.4618
			TRABE 16	39.733	96.4616
4	ASSHTO	6	TRABE 17	39.447	96.4845
			TRABE 18	39.234	96.4965
			TRABE 19	38.221	96.3167
			TRABE 20	37.928	96.3237
			TRABE 21	37.644	96.3317
5	ASSHTO	6	TRABE 22	37.368	96.3518
			TRABE 23	37.101	96.3834
			TRABE 24	36.842	96.3915
			TRABE 25	50.516	96.8000
			TRABE 26	49.983	96.7646
6	NEBRASKA	6	TRABE 27	49.470	96.7352
			TRABE 28	48.978	96.7086
			TRABE 29	48.505	96.6522
			TRABE 30	48.030	96.6344
			TRABE 31	53.085	97.5758
			TRABE 32	52.239	96.4683
			TRABE 33	51.444	96.5082
			TRABE 34	50.693	96.5463
			TRABE 35	49.980	96.5827
			TRABE 36	43.303	96.6177

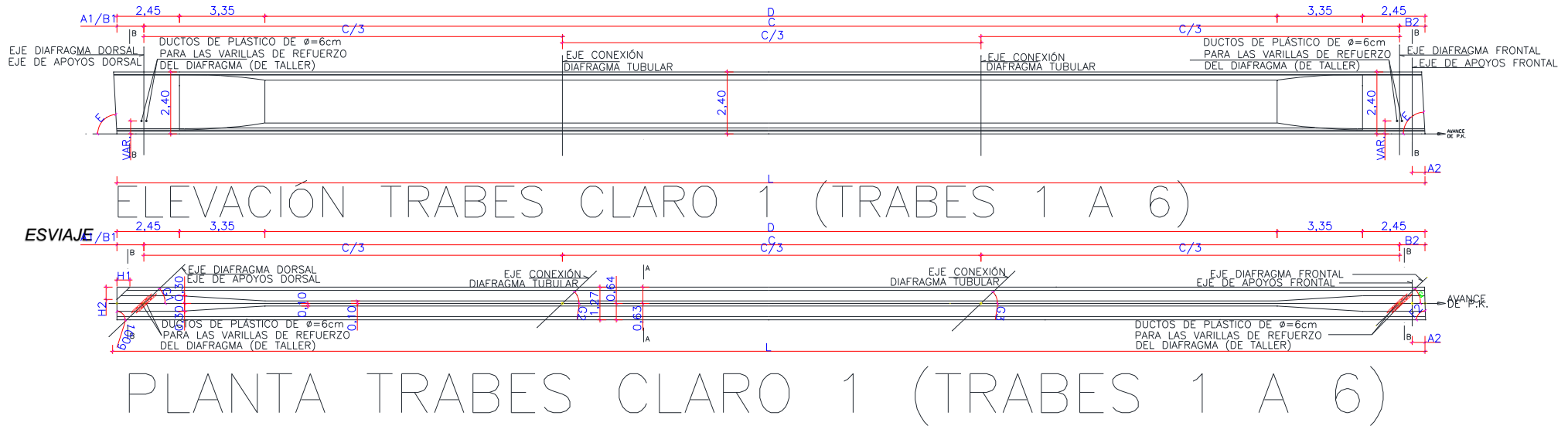
TABLA 13. DISTRIBUCIÓN Y LONGITUDES DE TRABES, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



Las traves también cuentan con un ángulo de inclinación en los extremos, para que formen la curva del viaducto como se muestra en el Croquis 29.



CROQUIS 29. TRABES 1 A 6, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.

### 3.1.3.3 DIAFRAGMAS.

Los diafragmas son elementos estructurales que se disponen en tableros de puentes metálicos y mixtos interiormente en secciones cajón o transversalmente entre las vigas. Los diafragmas son elementos capaces de transmitir las fuerzas sísmicas o fuerzas de viento hacia la sub - estructura [9].



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

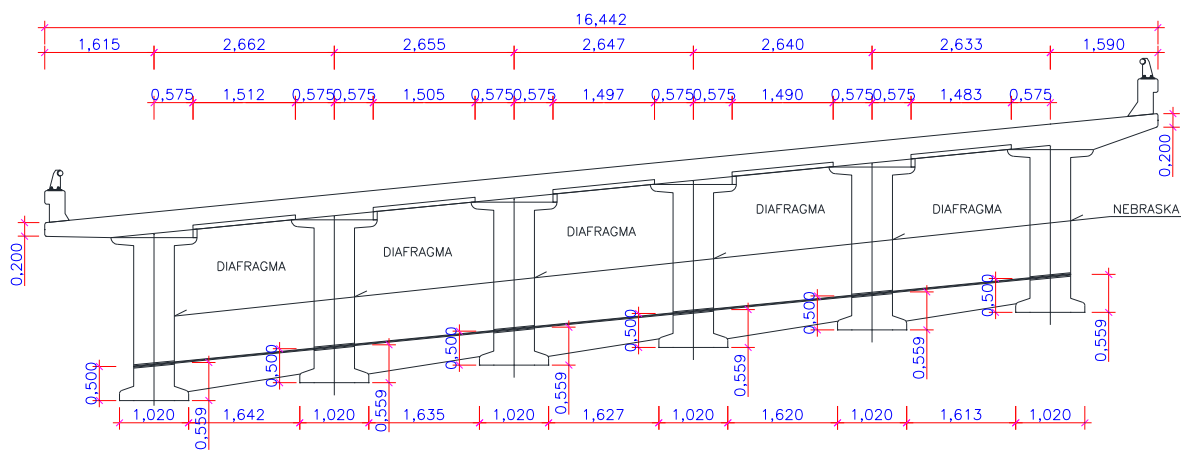


### 3.1.3.3.1 FUNCIONES DE LOS DIAFRAGMAS.

Los diafragmas sirven para transmitir cargas de la losa a las vigas principales, además da rigidez al sistema ante cargas laterales, se deben utilizar para claros mayores a 12 metros y se recomienda la colocación de diafragmas intermedios en el punto máximo de momento positivo [9].

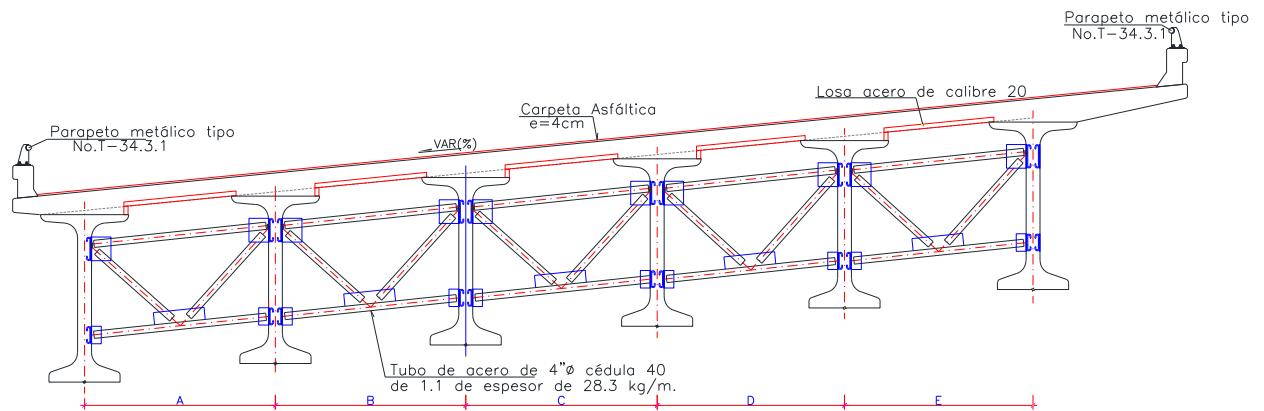
Los diafragmas proporcionan rigidez lateral a las traveses y a la superestructura en general. Estos consisten en traveses transversales a los elementos presforzados, generalmente de concreto reforzado, que se ubican en los extremos del puente y en puntos intermedios del mismo. Los diafragmas extremos unen a las vigas entre sí con la losa, y le dan una gran rigidez al puente. Los diafragmas intermedios tienen como función primordial restringir el pandeo lateral de las vigas principales, garantizando el trabajo en conjunto y un adecuado funcionamiento a flexión. La cantidad y separación de diafragmas intermedios estarán en función de la rigidez lateral y la longitud del claro del puente [9].

El viaducto contará con dos tipos de diafragmas, metálicos y de concreto armado con  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ ; los metálicos para el centro de las traveses y los de concreto para los extremos. Esto se puede observar en el Croquis 30 y 31.





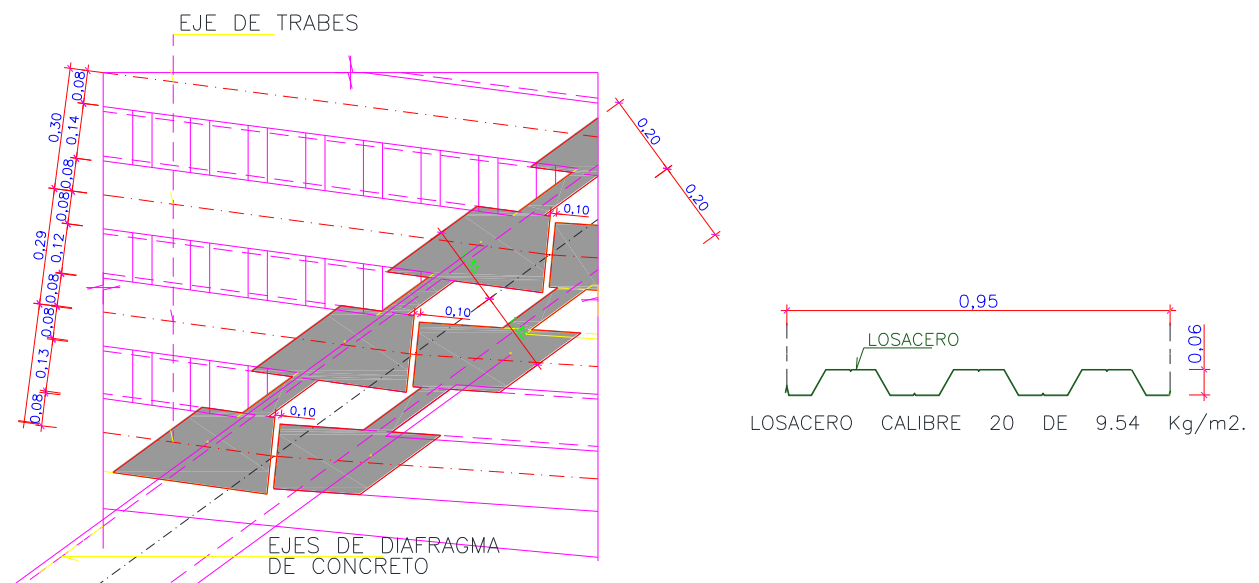
# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



CROQUIS 31. DIAFRAGMA CENTRAL DE ACERO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN

### 3.1.3.4 LOSACERO.

La losa acero estará colocada en los claros entre trabe y trabe, esta será calibre 20, tal como se puede ver en el Croquis 32.



CROQUIS 32. LOSACERO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.





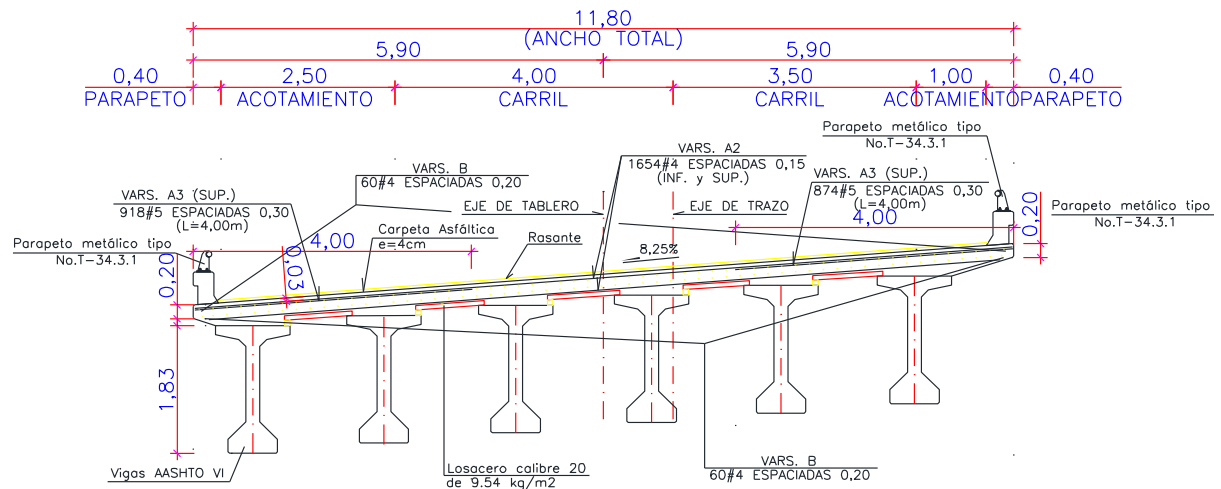
# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



### 3.1.3.5 LOSA DE CONCRETO.

Están compuestas de concreto y acero, el concreto absorbe los esfuerzos de compresión y el acero los de tensión, soporta las cargas vivas; en el viaducto sirve como superficie de rodamiento.

La losa será de concreto armado con  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y tendrá un espesor de 20 cm (Croquis 33).



CROQUIS 33. SUPER ESTRUCTURA TIPO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN

### 3.1.3.6 JUNTAS DE DILATACIÓN.

Las juntas de dilatación son dispositivos que permiten los movimientos relativos entre dos partes de una estructura. Se colocan en los huecos entre los tableros (losas), son de neopreno [9].

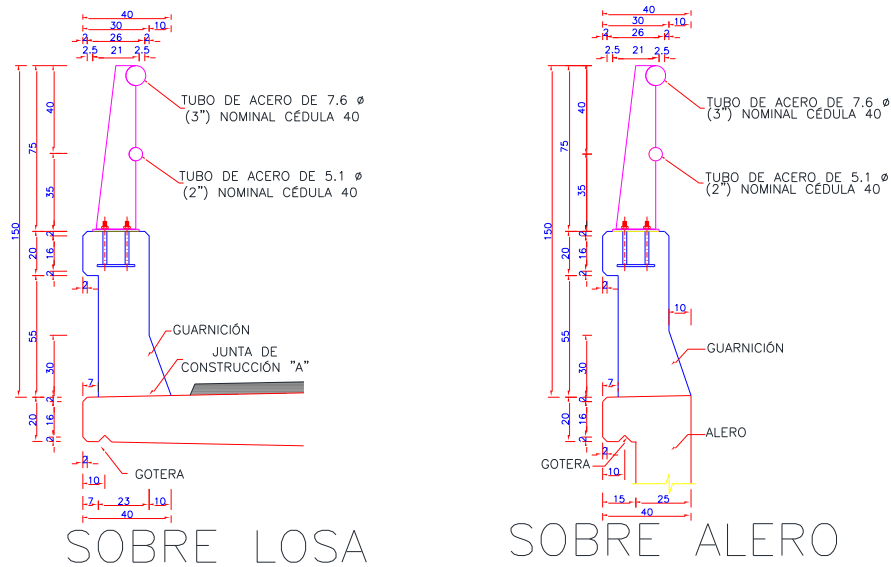
### 3.1.3.7 GUARNICIONES Y PARAPETOS.

Se utilizan como barreras para evitar que los autos se salgan del puente en caso de accidentes y a su vez el vehículo sufra un daño mínimo.

La guarnición es de concreto reforzado con  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  y el parapeto de acero como se muestra en el Croquis 34.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



CROQUIS 34. PARAPETO Y GUARNICIÓN, FUNTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.

### 3.1.3.8 CARPETA ASFÁLTICA.

Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente, son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente a derrapar, cómoda y segura. Estas carpetas, debido a que generalmente tienen espesores mayores o iguales a 4 cm, tienen la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento [10].

La carpeta asfáltica del viaducto tendrá un espesor de 4 cm compactos.



# **CAPITULO IV**

# **FASES**

# **DEL**

# **PROCESO**

# **CONSTRUCTIVO**



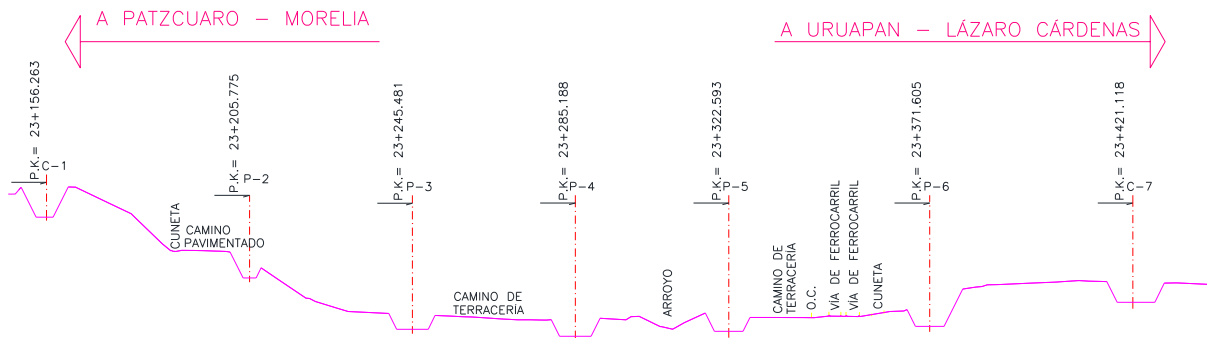
## 4 FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.

El proceso constructivo de una obra son los pasos lógicos y secuenciales en diferentes frentes de trabajo a seguir para la ejecución de la misma, el proceso constructivo de viaducto estará dividido en 7 fases.

Los trabajos se iniciaron en el apoyo 4, kilómetro 23+285.188 por la facilidad de acceso, a la par de este, se despalmo el terreno natural entre el apoyo 3 km 23+245.481 y el estribo 1 (caballete 1) km 23+156.263, el cual se terraplamo para alcanzar el nivel de zapata terminada del apoyo 2 km 23+205.775 y a su vez se construyó un camino de acceso para llegar al apoyo 2, posteriormente al termino del colado de la zapata del apoyo 4 se comenzaron los trabajos en el apoyo 3 en el km 23+245.481 a la par del apoyo tres se construyó el caballete 1, con la conclusión del caballete uno se inició el tablestacado en el apoyo 5 km 23+322.593 y 6 km 23+371.605 el apoyo 6 km 23+371.605 y el caballete 2 km 23+421.118.

### 4.1 FASE 1.

En esta fase del proceso constructivo se realizará la excavación de pilotes (Croquis 35).



CROQUIS 35. FASE 1 DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 4.1.1 REPLANTEO DE ZAPATA.

Se replantean las esquinas de las zapatas y se pintan con cal para despalmar la zona de las mismas (Imagen 14).



IMAGEN 14. REPLANTEO DE ZAPATAS, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

## 4.1.2 DESPALME.

Se despalmó la zona de la zapata con una retro excavadora para limpiar y nivelar el terreno natural (Imagen 15).



IMAGEN 15. DESPALME DE ZAPATA APOYO 3, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



### 4.1.3 REPLANTEO DE CENTROS DE PILOTES.

Se replantean los centros de los pilotes para ubicarlos y realizar las perforaciones, como se puede observar en la Imagen 16, esto se hace colocando un trompo de madera y sobre él un clavo con las coordenadas exactas del centro del pilote o con una varilla, se coloca una estaca del lado del trompo o de la varilla, donde se indica la profundidad de la excavación, como se muestra en la Imagen 16.



C = 30.50  
C = CORTE

IMAGEN 16. REPLANTEO DE PILOTES, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.



IMAGEN 17. MARCADO DE CENTRO DE PILOTE, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 4.1.4 EXCAVACIÓN DE PILOTES.

Las Imagen 18 y la Imagen 19, exhiben las perforaciones realizadas para excavación de los pilotes.



IMAGEN 18. PILOTEADORA PARA EXCAVACIÓN DE PILOTES, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.



IMAGEN 19. PILOTE EXCAVADO, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.

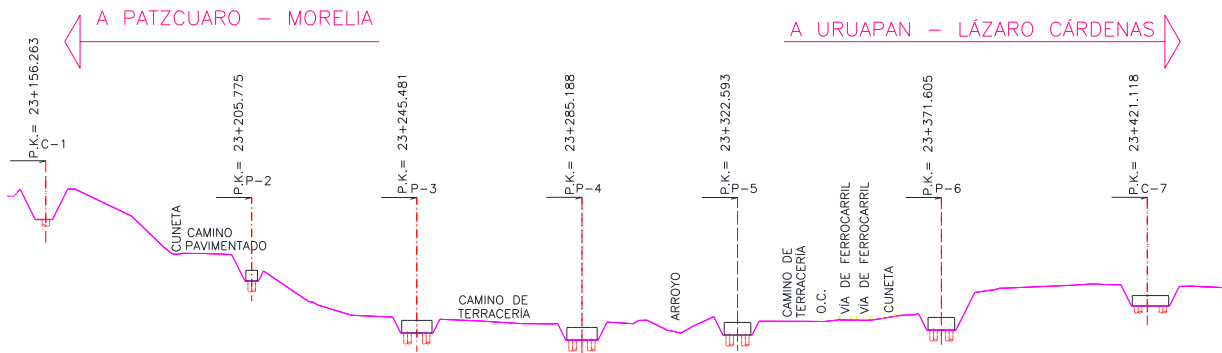


# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 4.2 FASE 2.

La Fase 2, consiste en la colocación de los pilotes. En el Croquis 36, se observa cómo se descabezarán los pilotes y se colarán las zapatas.



CROQUIS 36. FASE 2 DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁ





# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 4.2.1 HABILITADO DE ACERO PARA PILOTES.

El acero se habilita en el sitio con ayuda de bancos especiales como se muestra en la Imagen 20.

El acero de refuerzo de los pilotes se realiza en dos tramos, tal como se puede observar en la Imagen 21, para lograr la distancia en las varillas longitudinales, estas deben ser roscadas previamente en sus extremos en el torno y se unen mediante coples roscados, cabe señalar, que las medidas de fábrica son de 12 metros de largo.



IMAGEN 20. HABILITADO DE ACERO DE REFUERZO PARA PILOTES, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.



IMAGEN 21. ACERO DE REFUERZO PARA PILOTES, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



#### 4.2.2 COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO EN PILOTES

En la Imagen 22, se muestra como el acero de refuerzo de los pilotes se coloca con ayuda de una grúa.



IMAGEN 22. COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO EN PILOTES, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 4.2.3 COLADO DE PILOTES

Los pilotes se colaron con concreto premezclado  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  con ayuda de una tolva de acero (Imagen 23), a la cual se le colocan unas extensiones de acero (Imagen 24) para alcanzar la profundidad de cada pilote, al momento del colado la grúa sacude la tolva para que el concreto baje (Imagen 25).



IMAGEN 23. TOLVA DE ACERO PARA COLADO DE PILOTES, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



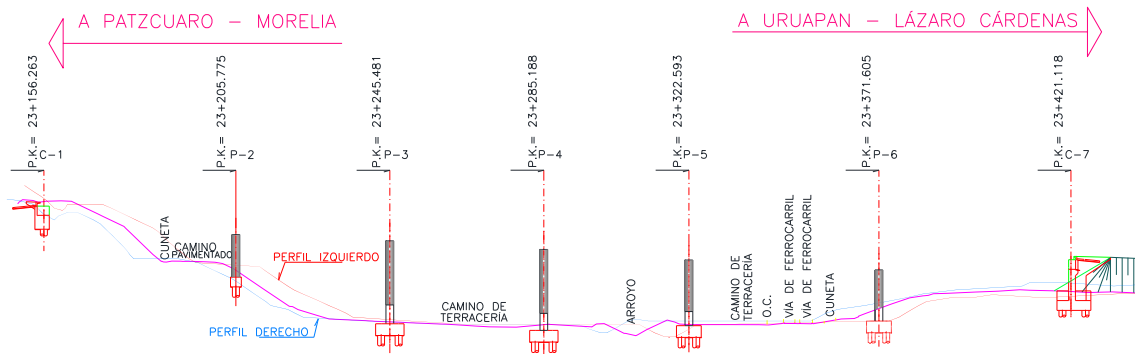
IMAGEN 24. EXTENCIONES DE TOLVA PARA COLADO DE PILOTES, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.



IMAGEN 25. COLADO DE PILOTES, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ.

### 4.3 FASE 3.

En esta fase se colarán las zapatas, los encepados, las pilas, los caballetes y los tabla estacados (Croquis 37), estos se colarán con concreto premezclado con ayuda de una pluma.



CROQUIS 37. FASE 3 DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



Para proteger el talud de la carretera en la pila 2 se colocará un tabla estacado, al igual que en las pilas 5 y 6 para proteger el talud de la vía férrea.

## 4.3.1 COLADO DE ZAPATAS

El colado de zapatas se realizó con concreto premezclado  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado máximo de  $\frac{1}{2}$ " , la cimbra de la zapata fue checada con estación Leica ts-15, Imagen 26.



IMAGEN 26. COLADO DE ZAPATA APOYO 4, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

## 4.3.2 COLADO DE ENCEPADOS

El colado de encepados se realizó con concreto premezclado  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado máximo de  $\frac{3}{4}$ " , Imagen 27.



IMAGEN 27. ENCEPADOS COLADOS APOYO 3, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 4.3.3 COLADO DE PILAS

El colado de pilas se realizó con concreto premezclado  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado máximo de 3/4", se colaron por partes con los encofrados de 2 metros de alto, se colaba un trepado (molde) por día, a los cuales se les checo el plomo con estación total Leica ts-15 Imagen 28.



IMAGEN 28, COLADO DE TREPADO DE PILA APOYO 4, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

## 4.3.4 COLOCACION DE TABLA ESTACADOS

Para la colocación de la tabla estacados primero se colaron los pilotes con diámetro de 80 cm y tres metros de profundidad, con perfiles I "rieles" en el centro, como en la (Imagen 29), posterior mente se colocan los durmientes y al finalizar se colocó filtro entre el talud y los durmientes (Imagen 30)



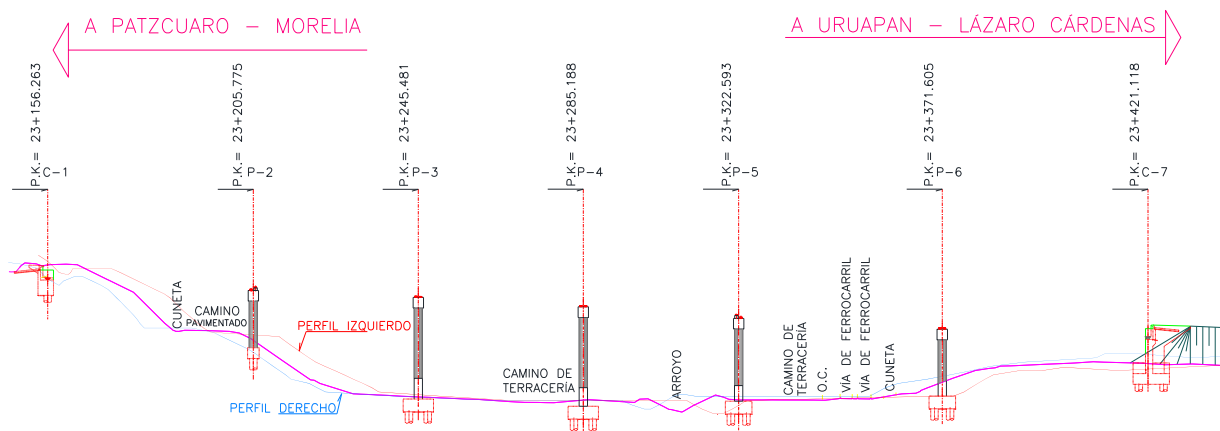
IMAGEN 29, PERFILES EN EXCAVACION DE PILOTES PARA TABLA ESTACADO PILA DOS PREVIO A SER COLADOS, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



IMAGEN 30. TABLA ESTACADO APOYO 2, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

### 4.3.5 FASE 4.

En esta fase se colaran los capiteles “cabezales” (Croquis 38), se colarán los bancos nivelantes y se colocarán los diafragmas.



CROQUIS 38 FASE 4 PROCESO CONSTRUCTIVO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.

El colado de cabezales se realizó con concreto premezclado  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado máximo de 3/4”.



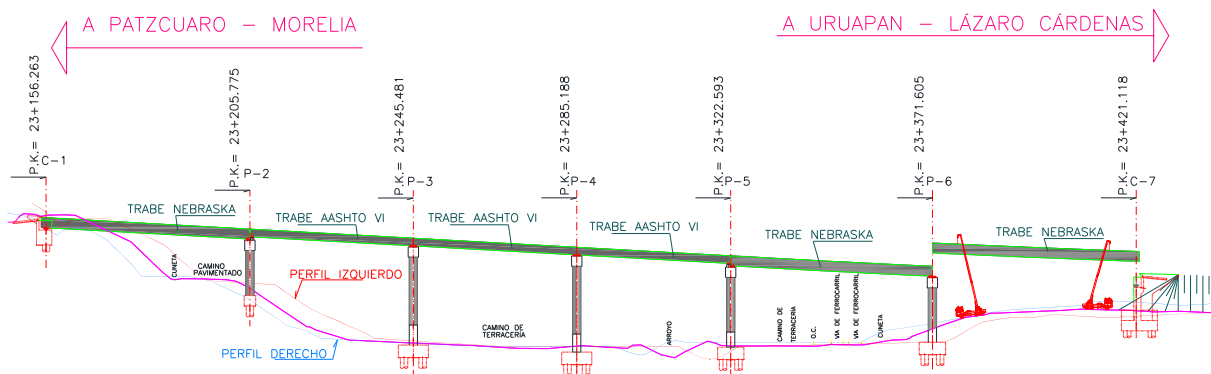
# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



IMAGEN 31. CABEZAL APOYO 2 Y 3. FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ

## 4.4 FASE 5.

En esta fase del proceso constructivo se colocaran las traveses, tal como se señalan en el Croquis 39 y se colocarán con una grúa.



CROQUIS 39. FASE 5 DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



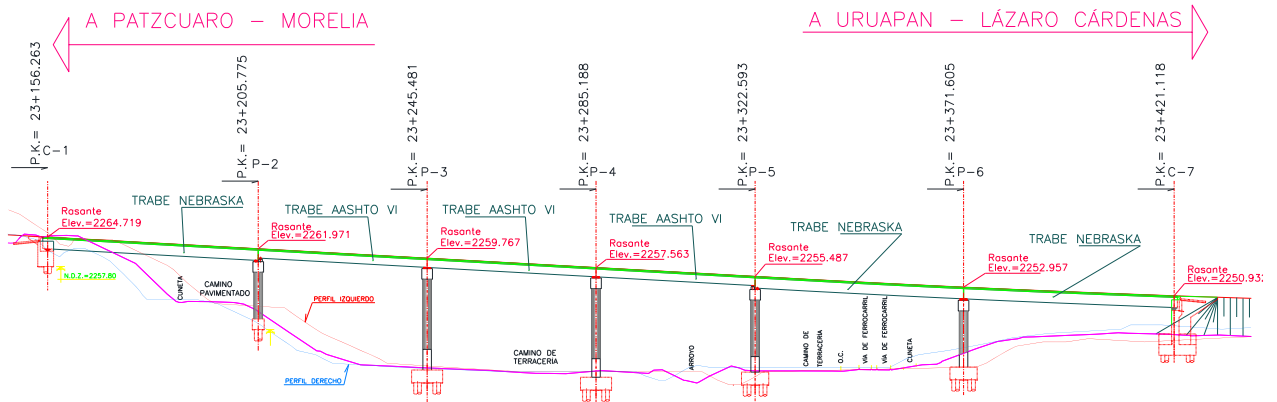


# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 4.5 FASE 6.

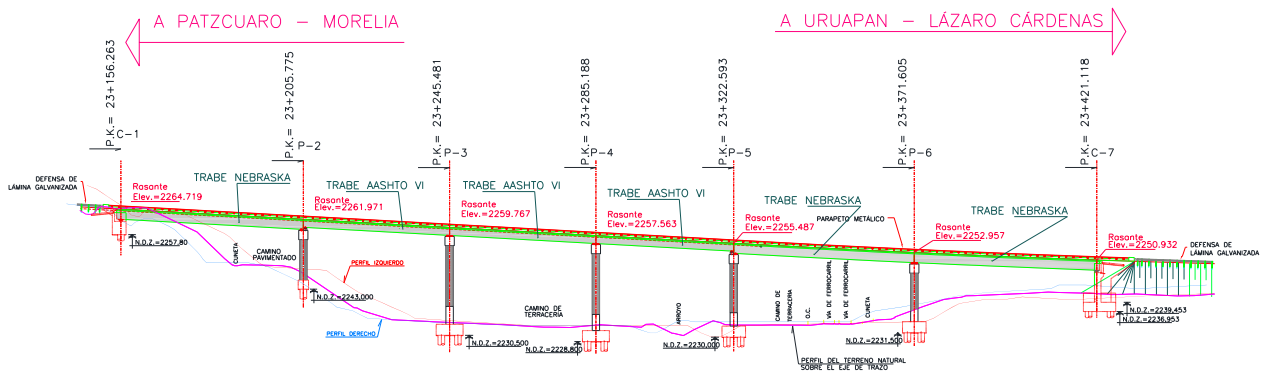
La colocación de diafragmas, de la losa, así como también se colará la losa y se colocaran las juntas de dilatación, en esta fase del proceso (Croquis 40).



CROQUIS 40. FASE 6 DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.

## 4.6 FASE 7.

En esta fase se colarán las guarniciones, los parapetos y la defensa metálica serán colocados, se tenderá y pintará la carpeta asfáltica, las vialetas se instalarán y los conos de derrame serán colados (Croquis 41).



CROQUIS 41. FASE 7 DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



## **5 CONCLUSIONES.**

---

La construcción del viaducto Zirahuén es de vital importancia para que la vía férrea que pasa por la localidad de ajuno Michoacán y la carretera federal de acceso al municipio de Zirahuén no se vean afectadas y funcionen de manera normal.

La construcción del viaducto ayudara a disminuir la cantidad de accidentes mortales en la autopista siglo XXI, ya que es parte del nuevo cuerpo carretero de la autopista, la cual con esto será más segura y con ello fortalecerá la economía de los municipios que conecta esta vía como son: Uruapan, Lázaro Cárdenas, Taretán, Infiernillo ,Cañas, entre otros ,esto debido a que se reducirán los tiempos de traslado de sus productos por la mejor afluencia vehicular, además , personas que no la usaban la famosa “autopista de la muerte” por miedo, ahora la usaran.

Los puentes vehiculares son una gran alternativa para mejorar las vías de comunicación, en cuanto a movilidad, por congestionamientos ocasionados por el gran tráfico vehicular en las ciudades.

El proceso constructivo teórico de cualquier obra puede cambiar por diversas razones socio-económicas.



## 6 ANEXOS.

---



*IMAGEN 30. VIADUCTO ZIRAHÚEN EXISTENTE, FUENTE: ALEJANDRO CORTÉS CRUZ*



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ**



## 6.1 ANEXO I BASES DE CONTROL.



**DIRECCION GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO  
DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE FORMULACION DE PROYECTOS  
COORDINACION DE CONCESIONES  
DIRECCION DE GESTION DE PROYECTOS  
REGISTRO DE BASES DE CONTROL**



<b>PROYECTO:</b>	MORELIA -LAZARO CARDENAS					
<b>TRAMO:</b>	DESDOBLAMIENTO "PATZCUARO - URUAPAN"	<b>DEL KM</b>	<b>2+692.957</b>	<b>AL</b>	<b>53+780</b>	
<b>SUBTRAMO:</b>	PATZCUARO - URUAPAN	<b>EQUIPO:</b>	GPS TOPCON GR-5			
<b>ORIGEN:</b>	PATZCUARO	<b>FECHA</b>	miércoles, 13 de enero de 2016			

Nombre	Estación	Elevación	Dist. al eje		Marca	Y	X
V001	2+929.21	2207.771	33.175m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2159939.118	229897.965
V127	2+963.68	2208.526	28.675m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2159904.425	229900.169
CAM-4A	3+261.42	2212.261	-20.964m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2159604.048	229929.947
CAM-4B	3+753.80	2254.862	-21.670m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2159114.057	229849.029
CAM-5A	4+253.36	2286.422	-18.759m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158741.149	229510.591
V_3001	4+515.86	2296.564	41.918m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158661.906	229252.856
CAM-5B	4+782.94	2287.973	-19.692m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158474.881	229052.488
CAM-6A	5+282.18	2273.405	-18.582m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158225.939	228619.736
V002	5+746.56	2287.525	-15.157m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157996.452	228216.009
CAM-6B	5+780.46	2288.793	-18.834m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157976.299	228188.501
CAM-7A	6+258.33	2285.886	-38.106m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157745.24	227767.803
V003	6+276.88	2283.663	18.064m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2157786.935	227725.841



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



CAM-7B	6+754.73	2252.082	-56.645m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157491.438	227335.398
CAM-8A	7+256.71	2242.325	-49.527m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157428.259	226820.202
V004	7+825.75	2256.001	-39.832m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157443.792	226251.288
V004	7+825.75	2256.001	-39.832m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157443.792	226251.288
V005	8+226.29	2271.276	-34.951m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157452.782	225850.827
V_3004	8+577.32	2257.803	18.883m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2157510.215	225500.367
V006	8+642.31	2247.889	-34.475m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157457.527	225434.827
V007	9+139.38	2237.849	-29.023m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157576.596	224942.161
CAM-10A	9+233.94	2228.367	21.695m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2157664.174	224879.52
CAM-10B	9+766.54	2233.544	10.841m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2157891.581	224397.786
V008	10+254.14	2256.035	-32.155m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158070.171	223942.037
CAM-11B	10+766.35	2242.096	12.395m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158335.806	223501.446
V009	10+936.52	2245.4	-39.333m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158349.565	223325.128
CAM-12A	11+243.56	2232.218	13.470m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158482.078	223045.486
V010	11+704.45	2257.786	-36.383m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158533.906	222584.811
CAM-12B	11+770.12	2258.509	19.312m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158602.578	222532.866
V_3002	11+838.95	2263.501	-49.694m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158550.237	222450.649
CAM-13A	12+196.99	2261.614	17.256m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158693.635	222115.818
CAM-13B	12+792.83	2232.461	21.553m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158827.731	221535.246
CAM-14A	13+263.70	2226.691	13.028m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158922.067	221073.848
CAM-14B	13+765.45	2219.875	15.048m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2159033.428	220584.608
V011	13+854.07	2217.474	9.806m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2159047.634	220496.971
CAM-15A	14+258.78	2198.575	17.472m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2159141.789	220102.496
V012	14+423.20	2202.254	-30.224m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2159113.763	219934.366
CAM-15B	14+749.79	2198.575	24.644m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	219607.347	2159154.671
CAM-16A	15+238.22	2195.877	14.029m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2119124.6	2159079.685
CAM-16B	15+740.07	2220.036	16.800m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2159016.195	218626.774
V_3003	16+171.93	2229.663	16.090m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158958.492	218198.784
CAM-17A	16+261.24	2228.546	18.632m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158949.224	218109.916



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



V013	16+645.45	2239.089	-39.623m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158819.93	217749.079
CAM-17B	16+772.26	2234.454	19.945m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158827.338	217610.25
CAM-18A	17+271.92	2249.354	20.247m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158544.181	217194.932
V014	17+345.72	2256.418	-38.413m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2158452.905	217171.335
CAM-18B	17+752.57	2274.396	19.629m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2158254.238	216811.575
CAM-19A	18+237.89	2265.957	9.704m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2157954.057	216430.102
V015	18+374.72	2274.414	12.595m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2157873.964	216319.12
V 5002	18+394.67	2278.511	-72.111m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157794.328	216354.207
V016	18+662.96	2266.792	-41.910m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157656.876	216121.832
CAM-19B	18+792.51	2252.251	20.382m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2157629.467	215980.984
V017	19+111.56	2263.602	-37.553m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157422.181	215730.143
CAM-20A	19+160.95	2257.22	15.418m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2157452.124	215663.942
V018	19+531.67	2271.745	-4.210m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157302.267	215324.509
CAM-21A	20+257.95	2283.015	-16.990m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2157049.722	214635.535
CAM-21B	20+663.50	2297.205	-8.215m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2156932.566	214250.163
V019	20+998.91	2287.401	15.83	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2156758.846	213981.429
CAM-22A	21+259.43	2273.87	-8.499m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2156541.168	213807.182
CAM-22B	21+709.33	2274.201	-9.366m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2156309.281	213425.444
V020	21+813.47	2273.609	-9.666m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2156318.551	213320.712
V021	22+497.76	2298.953	24.229m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2156306.509	212636.793
CAM-23B	22+711.30	2300.187	-22.366m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2156252.285	212425.059
CAM-24A	23+162.34	2265.18	0.995m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2156196.894	211979.648
CAM-24B	23+700.12	2250.321	-16.561m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2155811.749	211628.775
CAM-25A	24+139.03	2256.51	-7.567m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2155429.511	211412.861
V022	24+260.23	2263.901	49.383m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2155349.774	211305.277
V_3005	24+353.46	2261.959	39.150m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2155262.827	211270.107
CAM-25B	24+660.15	2246.1	-15.391m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2154969.161	211165.991
CAM-26A	25+149.65	2214.378	-24.488m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2154585.142	210859.354



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



V023	25+613.20	2204.278	31.433m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2154266.878	210516.62
CAM-26B	25+658.88	2192.879	-10.823m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2154204.825	210522.131
CAM-27A	26+180.17	2189.14	-9.718m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2153778.4	210223.492
V024	26+355.15	2188.317	2.597m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2153640.312	210115.321
CAM-27B	26+684.90	2171.353	-19.114m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2153355.667	209945.6
CAM-28A	27+199.06	2142.368	-19.056m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2153003.334	209566.502
CAM-28B	27+716.24	2110.739	-8.687m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2152710.607	209140.34
V025	27+756.19	2118.918	37.850m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2152723.581	209080.328
V_3006	28+131.03	2121.965	40.458m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2152487.307	208786.109
V026	28+739.29	2120.877	37.847m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2152079.178	208334.27
V027	29+897.46	2076.37	31.056m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2151661.891	207303.094
V 5003	31+345.81	2025.575	41.913m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2151454.517	205871.33
V028	31+683.01	2008.221	-2.856m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2151367.343	205542.535
V_3007	32+413.28	1991.756	261.707m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2151553.572	204801.344
V029	32+808.53	1963.488	-11.970m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2151257.749	204422.386
V030	34+453.58	1913.596	-4.184m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2151759.9	202896.665
V031	35+437.00	1856.089	33.631m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2152005.329	201947.428
V038	42+217.39	1510.544	39.865m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2151290.105	195670.327
V039	43+310.71	1450.434	6.052m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2151370.295	194590.594
V040	43+876.90	1421.261	3.609m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2151073.627	194108.918
V041	45+321.84	1384.422	8.146m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2150228.176	192937.016
V041	45+321.84	1384.422	8.146m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2150228.176	192937.016
V042	47+439.41	1376.455	34.085m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2149590.363	191091.829
V043	47+968.69	1392.706	34.583m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2149606.672	190554.757
V044	50+133.88	1477.092	675.736m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2150302.378	188599.1
V045	50+429.72	1496.153	0.783m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2149656.201	188138.05
V046	51+505.14	1554.03	67.048m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2149476.241	187141.46
V047	52+106.45	1592.498	86.728m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2149802.765	186663.442



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



V048	52+686.04	1607.175	143.440m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2150165.751	186217.225
V049	53+159.51	1619.141	33.656m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2150047.246	185681.731
V049	53+159.51	1619.141	33.656m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2150047.246	185681.731
V032	536+863.80	1796.317	-4.770m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2152604.803	200706.813
V033	537+541.11	1764.757	52.042m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2152904.557	200096.97
V034	538+760.00	1702.891	7.228m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2152722.611	198893.404
V 5005	539+761.02	1653.847	43.383m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2152355.88	197962.735
V035	540+165.36	1629.876	-6.608m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2152207.956	197589.241
V_3009	540+840.84	1605.111	31.174m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2152083.993	196918.555
V036	541+152.79	1580.943	10.398m	DER	PIJA SOBRE MOJONERA	2151840.082	196712.188
V037	541+759.84	1554.212	-3.052m	IZQ	PIJA SOBRE MOJONERA	2151318.482	196401.033

ANEXO 1. BASES DE CONTROL., FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.





**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 6.2 ANEXO II REGISTRO DE NIVEL.



DIRECCION GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO  
DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE FORMULACION DE PROYECTOS  
COORDINACION DE CONCESIONES  
DIRECCION DE GESTION DE PROYECTOS  
**REGISTRO DE NIVEL**



<b>PROYECTO:</b>	MORELIA -LAZARO CARDENAS				
<b>TRAMO:</b>	DESDOBLAMIENTO	<b>DEL KM</b>	<b>2+692.957</b>	<b>AL</b>	<b>53+780</b>
<b>SUBTRAMO:</b>	PATZCUARO - URUAPAN	<b>NIVEL:</b>	TOPCON		
<b>ORIGEN:</b>	PATZCUARO	<b>FECHA</b>	miércoles, 13 de enero de 2016		

Nombre	Estación	Elevación	Dist. al eje		Marca		
BN 3-2	2+693	2194.65	7.42	IZQ	CLAVO EN CUNETAS DE CONCRETO (Reposición)	2160171.817	229954.1199
BN 4-1	3+006	2212.4145	7.27	DER	SOBRE TORNILLO EN TRONCO DE ENCINO (Reposición)	2159860.543	229918.6895
BN 4-2	3+626	2275.488	42	IZQ	SOBRE TORNILLO EN TRONCO DE ENCINO		
BN 5-1	4+008	2267.9725	7.38	IZQ	CLAVO EN CUNETAS DE CONCRETO (Reposición)	2158905.945	229697.1061
BN 5-2	4+516	2293.7885	21.25	IZQ	CLAVO EN GUARNICION (RASTRO)	2158606.906	229283.9024
BN 6-1	5+033	2276.555	26.42	IZQ	SOBRE TORNILLO EN RAIZ DE ENCINO		
BN 6-2	5+548	2279.029	35.2	IZQ	SOBRE CLAVO EN PILA DE CONCRETO	2158078.335	228397.65
BN 7-1	6+016	2289.291	48.48	DER	PALOMA EN POSTE DE CFE	2157916.227	227950.1013
BN 7-2	6+509	2249.145	57.292	IZQ	S / POSTE DE CFE (COLOCAR VARILLA)	2157578.114	227576.688
BN 8-1	7+051	2245.703	74.413	DER	S / VARILLA EN TRONCO	2157515.972	227039.327
BN 8-2	7+537	2218.311	51.68	IZQ	S / POSTE DE CFE (COLOCAR VARILLA)	2157433.527	226535.785



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



BN 9-1'	7+989.28	2259.153	24.41	IZQ.	SOBRE MOJONERA EN CLAVO	2157460.9	226087.92
BN 9-1	8+021	2266.853	42	DER	VARILLA EN MOJONERA DE CONCRETO		
BN 9-2'	8+548.34	2251.992	24.63	IZQ	SOBRE MOJONERA EN CLAVO	2157466.41	225528.89
BN 9-2	8+586	2230.05	27.5	IZQ	S / ROCA		
BN 10-1'	8+941.47	2235.519	25.8	IZQ.	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2157508.85	225132.89
BN 10-1	9+025	2235.403	47.7	DER	S / ROCA		
BN 10-2'	9+464.96	2229.671	23.31	DER	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2157726.74	224652.62
BN 10-2	9+489	2231.009	29.9	DER	BANCO SOBRE ROCA PINTADO DE ROJO	2157785.22	224654.619
BN 11-1'	10+055.97	2241.004	22.13	IZQ.	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2157990.91	224123.94
BN 11-1	10+017	2240.683	23.08	DER	S / POSTE DE CFE (COLOCAR VARILLA)	2158014.198	224179.097
BN 11-2'	10+478.74	2251.425	23.33	IZQ	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2158178.06	223744.84
BN 11-2	10+553	2250.459	40.8	IZQ	S / ROCA		
BN 12-1'	11+102.83	2231.8155	27.62	IZQ	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2158409.34	223172.09
BN 12-1	11+009	2231.283	43.14	IZQ	BANCO PINTADA EN TORRE DE CFE DE AZUL	2158453.825	223277.89
BN 12-2'	11+523.20	2246.5335	31.05	IZQ	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2158499.62	222762.84
BN 12-2	11+538	2249.442	46	IZQ	BANCO SOBRE TRONCO DE ENCION	2158485.239	222744.487
BN 13-1'	11+989.05	2258.998	30.56	IZQ	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2158601.66	222308.28
BN 13-1	12+033	2259.553	40	IZQ	BANCO SOBRE ARBOL DE MEMBRILLO	2158601.976	222263.23
BN 13-2'	12+623.14	2242.0595	28.6	IZQ.	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2158741.81	221689.87
BN 14-1'	12+940.40	2232.253	27.89	IZQ	SOBRE MOJONERA Y CLAVO	2158811.67	221380.4
BN 14-1	13+011	2234.948	52.24	IZQ	BANCO SOBRE TCO "MADROÑO"	2158803.17	221306.665
BN14-2	13+494	2224.983	37.54	IZQ	SOBRE TORNILLO EN RAÍZ DE ENCINO	2158927.51	220953.28
BN14-2	13+494	2224.983	37.54	IZQ	BANCO SOBRE TCO "MADROÑO"	2158923.956	220833.444
BN 15-1	14+036	2208.903	21	DER	BANCO SOBRE ROCA PINTADA DE AZUL	2159098.192	220321.938
BN 15-2	14+528	2195.624	38.5	DER	BANCO SOBRE TRONCO DE PINO		
BN 16-1	15+031	2193.62	26.8	DER	S / VARILLA EN TRONCO	2159119.737	219328.554
BN 16-2	15+507	2209.91	23.61	DER	S / POSTE DE CFE (COLOCAR VARILLA)	2159053.723	218857.021
BN 17-1	16+079	2224.807	25.74	DER	S / POSTE DE CFE (COLOCAR VARILLA)	2158980.33	218289.622
BN 17-2	16+530	2232.348	38.18	IZQ	BANCO COLOCADO EN T. CONTRA CUNETAS	2158852.49	217855.93



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



BN 18-1	17+020	2243.146	21.51	DER	S / VARILLA EN TRONCO	2158697.147	217395.676
BN 18-2	17+497	2263.662	35.5	IZQ	S / VARILLA EN TRONCO		
BN 19-1	18+039	2283.049	46.95	IZQ	S / VARILLA EN TRONCO	2158028.832	216623.338
BN 19-2	18+493	2261.906	25.022	DER	S / POSTE DE CFE (COLOCAR VARILLA)	2157811.001	216214.534
BN 20-1	19+023	2252.835	32.6	IZQ	BANCO COLOCADO EN TRONCO DE ENCINO		
BN 20-2	19+618	2270.775	31	DER	S / RAIZ DE ARBOL		
BN 21-1	20+010	2272.603	27	IZQ	S / ROCA	2157112.787	214873.551
BN 21-2	20+555	2293.653	33.7	IZQ	S / ROCA	2156955.895	214357.046
BN 22-1	21+050	2285.63	42.5	IZQ	BANCO COLOCADO EN ROCA PINTADO DE AZUL	2156661.91	213982.7758
BN 22-2	21+517	2265.104	46.4	DER	BANCO PINTADO EN ROCA DE AZUL	2156419.855	213584.4659
BN 23-1	22+009	2301.85	27.34	IZQ	S / ROCA	2156270.826	213128.1538
BN 23-2	22+521	2297.092	43.5	DER	S / ROCA	2156320.288	212614.8954
BN 24-1	23+158	2267.83	27.78	DER	BANCO EN VARILLA DE PUENTE DEL CIADUCTO	2156238.578	212010.6657
BN 24-2	23+529	2250.723	28.7	DER	BANCO COLOCADO EN TRONCO DE CEDRO		
BN 25-1	24+017	2252.843	23.3	IZQ	CLAVO SOBRE RAIZ DE PINO		
BN 25-2	24+490	2252.976	23.3	IZQ	S / V. CUNETETA		
BN 26-1	25+033	2217.929	60	IZQ	CLAVO SOBRE TRONCO DE PINO		
BN 26-2	25+463	2205.604	13	DER	S / T. DE CEDRO		
BN 27-1	25+989	2196.328	29.1	DER	BANCO COLOCADO EN TRONCO DE CEDRO	2153972.086	210302.5163
BN 27-2	26+538	2182.316	23.44	IZQ	S / POSTE DE CFE (COLOCAR VARILLA)	2153485.129	210036.1447
BN 28-1	27+012	2136.148	23.6	DER	S / CONTRA CUNETETA		
BN 28-2	27+512	2120.246	23.2	DER	S / CONTRA CUNETETA		
BN 29-1	28+017	2113.37	27.8	DER	S / CUNETETA		
BN 29-2	28+494	2116.346	28.72	DER	S / CUNETETA		
BN 30-1	29+033	2105.438	27.37	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETETA EN AUTOPISTA		
BN 30-2	29+495	2068.606	30.695	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETETA EN AUTOPISTA		
BN 31-1	30+054	2042.495	35.71	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETETA EN AUTOPISTA	2151632.285	207170.4987
BN 31-2	30+471	2038.075	34.95	DER	S / VARILLA MOJONERA AL PIE DE UN POSTE D. VIA	2151572.734	206744.3086
BN 32-1	31+064	2014.633	23.88	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETETA EN AUTOPISTA	2151477.399	206159.8434



# PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



BN 32-2	31+496	2006.907	46.537	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA		
BN 33-1	32+071	1976.81	25.8	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA		
BN 33-2	32+535	1963.262	28.75	DER	S / RAIZ DE ARBOL		
BN 34-1	33+002	1952.785	24.67	DER	S / CUNETAS		
BN 34-2	33+498	1942.745	24.35	DER	S / CUNETAS		
BN 35-1	34+008	1926.277	26.42	DER	S / ROCA		
BN 35-2	34+583	1898.267	27.5	DER	S / VARILLA EN MOJONERA CERCA DE TRONCO PINO		
BN 36-1	35+003	1879.349	23.75	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA		
BN 36-2	35+594	1847.916	28.5	DER	CLAVO SOBRE TRONCO DE ENCINO		
BN 37-1	536+063	1821.222	24.13	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2152142.645	201355.2571
BN 37-2	536+402	1804.246	28.8	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2152348.433	201088.839
BN 38-1	537+122	1769.955	19.35	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2152738.056	200481.8653
BN 38-2	537+552	1749.52	18.93	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2152887.072	200079.2146
BN 39-1	538+002	1729.228	19.71	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2152942.882	199628.944
BN 39-2	538+504	1708.406	21.2	DER	BANCO EN TRONCO RELLENO DE CONCRETO	2152817.397	199141.4638
BN 40-1	538+886	1689.89	16.5	DER	BANCO EN TORNILLO DE SEÑALAMIENTO	2152702.661	198774.3139
BN 40-2	539+475	1661.813	28.47	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2152473.442	198232.0805
BN 41-1	540+010	1638.027	15.23	DER	TORNILLO EN SEÑALAMIENTO	2152274.959	197777.9672
BN 41-2	540+524	1617.966	16.6	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE GUARNICION	2152172.483	197237.7371
BN 42-1	541+014	1590.546	8.01	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2151966.721	196799.92
BN 42-2	541+545	1559.524	8.8	DER	EN TORNILLO DE SEÑALAMIENTO PINT DE AZUL	2151519.773	196512.1273
BN 43-1	542+029	1533.768	18.7	DER	EN TORNILLO DE SEÑALAMIENTO PINTADO AZUL	2151210.131	196171.6456
BN 43-2	42+542	1485.771	23.33	IZQ	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2151358.53	195352.9268
BN 44-1	43+078	1458.284	24.85	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2151443.381	194818.192
BN 44-2	43+580	1422.979	15.23	DER	BANCO COLOCADO EN TRONCO DE CEDRO	2151291.338	194324.884
BN 45-1	44+060	1406.301	23.66	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETAS EN AUTOPISTA	2150991.587	193947.1015
BN 45-2	44+511	1384.736	25.44	DER	CLAVO EN CABEZAL DE OBRA DE DRENAJE	2150736.613	193575.8707
BN 46-1	45+030	1386.239	28.95	DER	TORNILLO EN TELEFONO SOS	2150425.911	193159.2554



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN. P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



BN 46-2	0+046	1390.098	25.55	DER	EN TORNILLO DE SEÑALAMIENTO	2150117.017	192768.6019
BN 47-1	46+095	1391.111	23.16	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETETA EN AUTOPISTA	2149764.681	192322.6537
BN 47-2	46+613	1368.518	49.07	DER	EN CABEZOTE DE UNA OBRA DE D.	2149528.653	191885.4194
BN 48-1	47+011	1372.309	52.16	DER	BANCO PINTADO EN ROCA DE AZUL	2149529.901	191513.8666
BN 48-2	47+540	1379.022	29.36	DER	EN TORNILLO DE SEÑALAMIENTO	2149609.812	190990.0801
BN 49-1	48+007	1393.361	24.73	DER	BANCO COLOCADO EN TRONCO DE CEDRO	2149595.398	190516.6053
BN 49-2	48+505	1408.446	25.3	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETETA EN AUTOPISTA	2149524.883	190027.14
BN 50-1	49+021	1416.237	29.97	DER	EN ROCA PINTADA	2149623.035	189528.4799
BN 50-2	49+431	1433.941	30.05	DER	BANCO EN CLAVO DE CABEZOTE EN OBRE DE DRENAJE	2149628.339	189111.2077
BN 51-1	49+907	1499.377	24.9	DER	BANCO CON UN CLAVO SOBRE CUNETETA C AZUL	2149614.6	188652.162
BN 51-2	50+617	1502.721	29.23	DER	BANCO EN PIEDRA PINTADA EN COLOR AZUL	2149597.857	187952.1292
BN 52-1	51+008	1525.476	40.65	IZQ	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETETA EN AUTOPISTA	2149437.396	187597.6445
BN 52-2	51+509	1553.711	46.4	DER	BANCO EN PIEDRA PINTADA EN COLOR AZUL	2149456.602	187129.4229
BN 53-1	52+019	1564.816	29	IZQ	S / POSTE DE CFE (COLOCAR VARILLA)	2149660.033	186689.0752
BN 53-2	52+480	1598.616	28.7	DER	BANCO EN CLAVO SOBRE CUNETETA EN AUTOPISTA		
BN 54-1	53+009	1605.456	24.47	DER	BANCO EN VARILLA SOBRE PARAPETO DE PUENTE	2150098.576	185827.1161
BN 54-2	53+469	1631.883	15.69	IZQ	BANCO EN TORNILLO EN SEÑALAMIENTO	2149847.167	185435.4641
BN 54-3	53800	1638.18	17.73	IZQ	BANCO CON TORNILLO SOBRE BANQUETA	2149856.242	185222.771

ANEXO 2. REGISTRO DE VIVEL, FUENTE: CONSTRUCTORA AUTOPISTAS MICHOACÁN.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



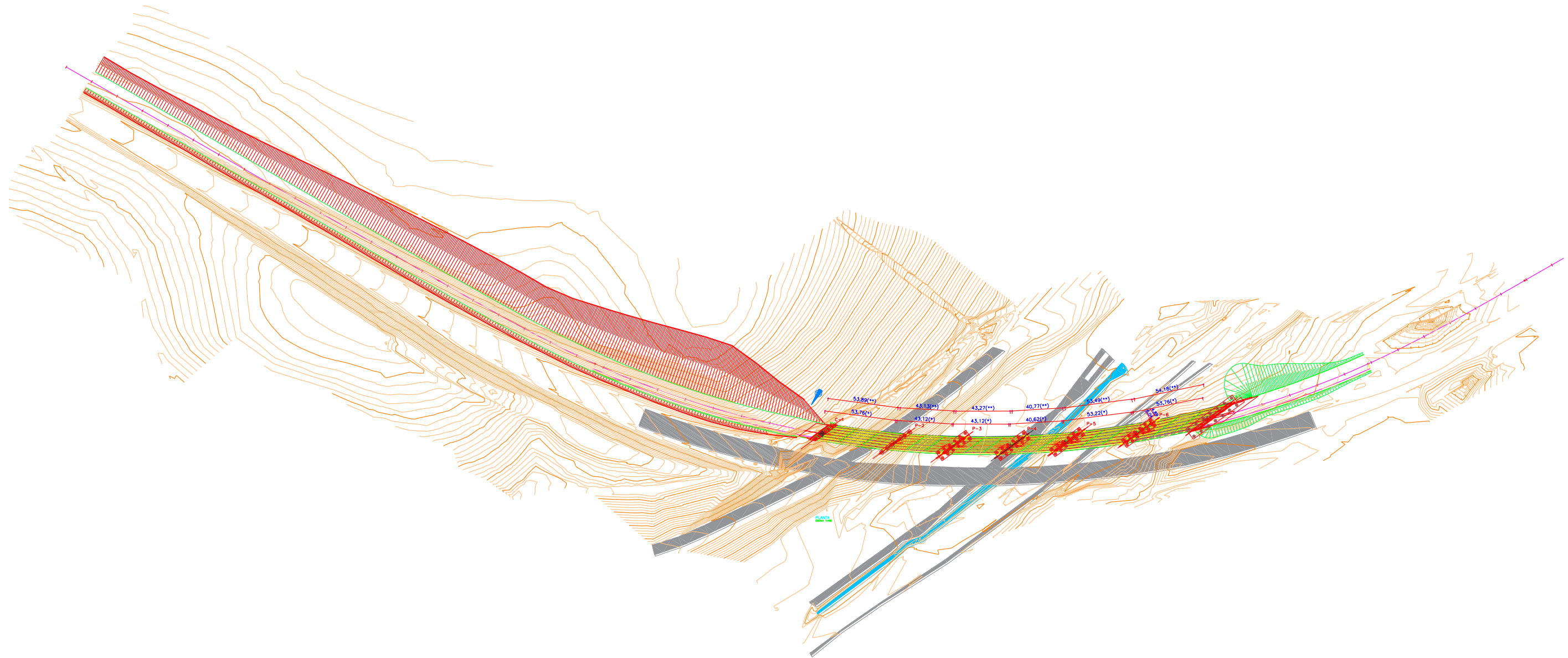
### 6.3 ANEXO III NIVELACIÓN DE BANCO.

CARRETERA		AUTOPISTA PÁTZCUARO - URUAPAN		DE km	7+600	A km	13+600
TRAMO				PÁTZCUARO - CASETA ZIRAHUEN			
ORIGEN				PÁTZCUARO			
				TIPO DE EJE: DEFINITIVO			
ESTACIÓN	+	∧	-	ELEVACIÓN	UBICACIÓN BANCO DE NIVEL		
<b>BN 8-2</b>	<b>2.914</b>	<b>2242.819</b>		<b>2239.905</b>			
PL	2.138	2244.419	0.538	2242.281	B.N. ( 9-1 )	Sobre MOJONERA	en CLAVO de ACERO
PL	2.492	2245.406	1.505	2242.914	a 24.41 m	LADO IZQ.	de Est. 7+989.28
PL	3.334	2248.253	0.487	2244.919	Elevación promedio = 2259.153		
PL	3.694	2250.434	1.513	2246.740			
PL	3.184	2253.434	0.184	2250.250			
PL	2.828	2255.997	0.265	2253.169			
PL	2.811	2258.470	0.338	2255.659			
PL	2.126	2260.257	0.339	2258.131			
<b>BN 9-1</b>		2259.153	1.104	<b>2259.153</b>			
<b>CHECK</b>							
<b>BN 9-1</b>	1.182	2260.335		<b>2259.153</b>			
PL	0.313	2258.444	2.204	2258.131			
PL	0.322	2255.981	2.785	2255.659			
PL	0.216	2253.386	2.811	2253.170			
PL	0.135	2250.386	3.135	2250.251			
PL	1.588	2248.329	3.645	2246.741			
PL	0.500	2245.418	3.411	2244.918			
PL	1.493	2244.408	2.503	2242.915			
PL	0.540	2242.260	2.688	2241.720			
<b>BN 8-2</b>		2239.905	2.355	<b>2239.905</b>			
<b>CROQUIS DE LOCALIZACIÓN</b>							
<b>COMPROBACIÓN ARITMÉTICA</b>							
				<b>DE LA NIVELACIÓN</b>			
Suma (+) =		25.521	m	B.N. ( 8-2 ) =		2239.905	m
Suma (-) =		6.273	m	B.N. ( 9-1 ) =		2259.153	m
Dif. =		0.000	m				
				<b>DEL CHECK</b>			
Suma (+) =		6.289	m	B.N. ( 9-1 ) =		2259.153	m
Suma (-) =		25.537	m	B.N. ( 8-2 ) =		2239.905	m
<b>NIVELÓ:</b>				<b>APROBÓ:</b>			
<b>FECHA:</b>				<b>FECHA:</b>			

ANEXO 3. NIVELACION DE BANCO DE NIVEL, FUENTE: AUTOPISTAS MICHOACÁN.



### 6.4 ANEXO IV LEVANTAMINETO TOPOGRÁFICO VIADUCTO ZIRAHUÉN.

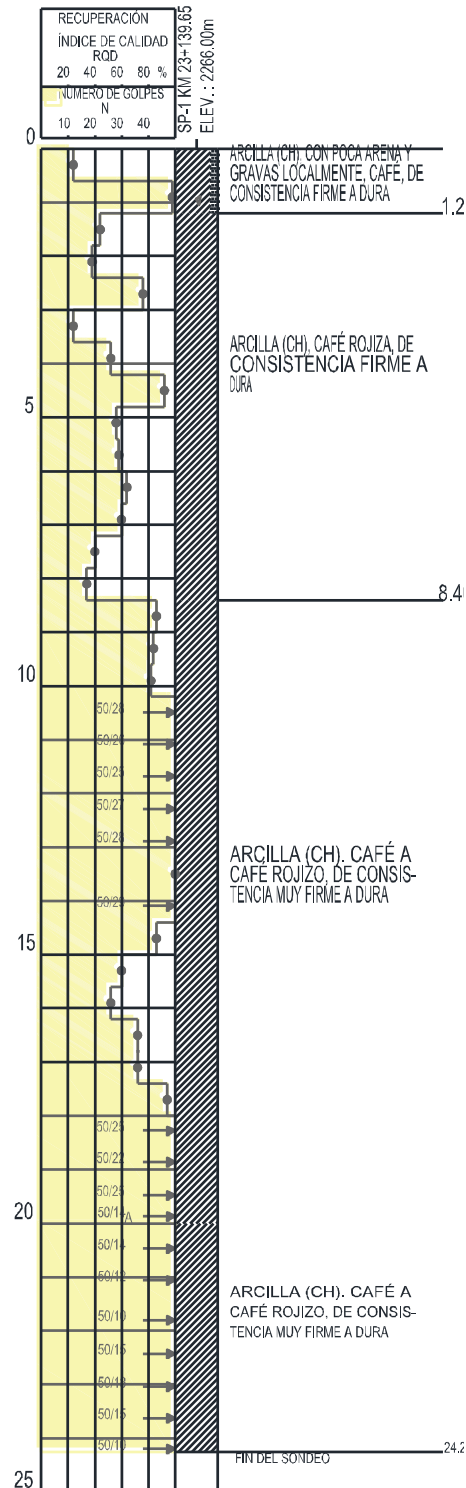




PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 6.5 ANEXO V SONDEO 1 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+139.65.



ANEXO 4. SONDEO 1 ESTUDIO GEOTÉCNICO, FUENTE: LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.

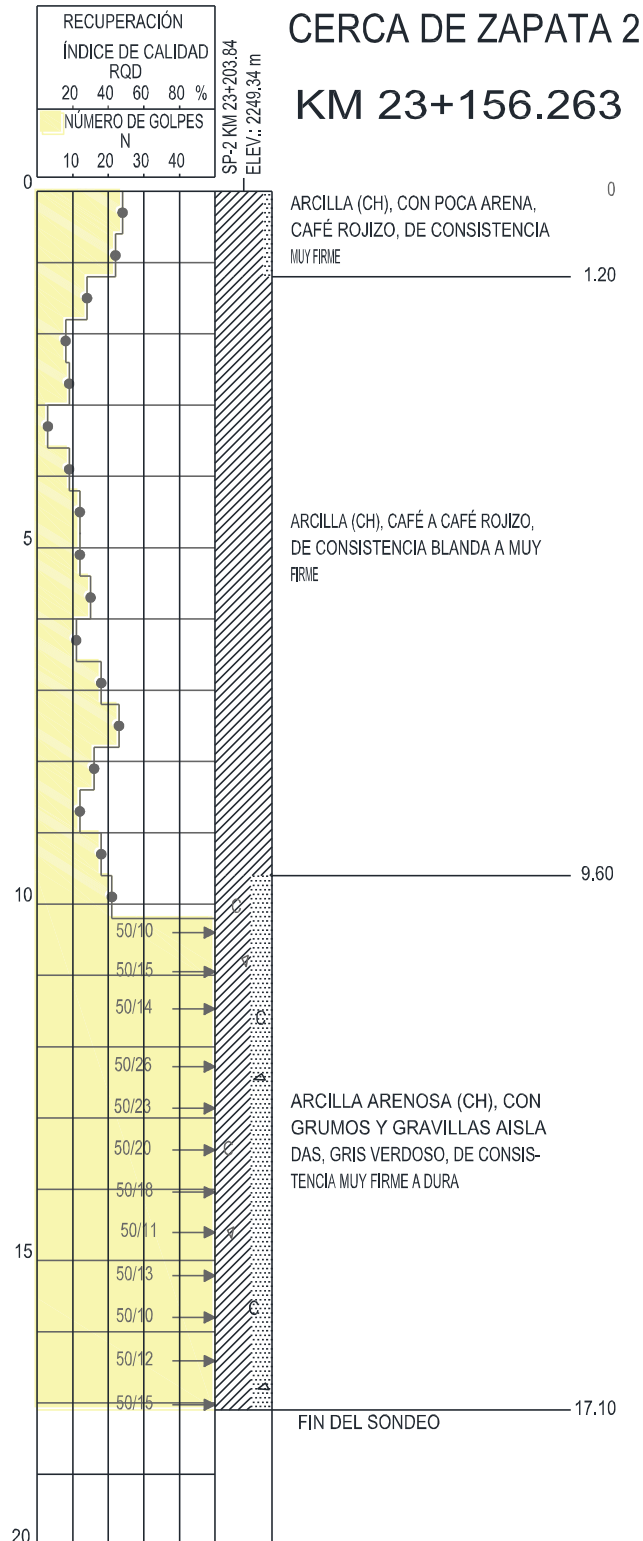




PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



6.6 ANEXO VI SONDEO 2 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM  
23+156.263.



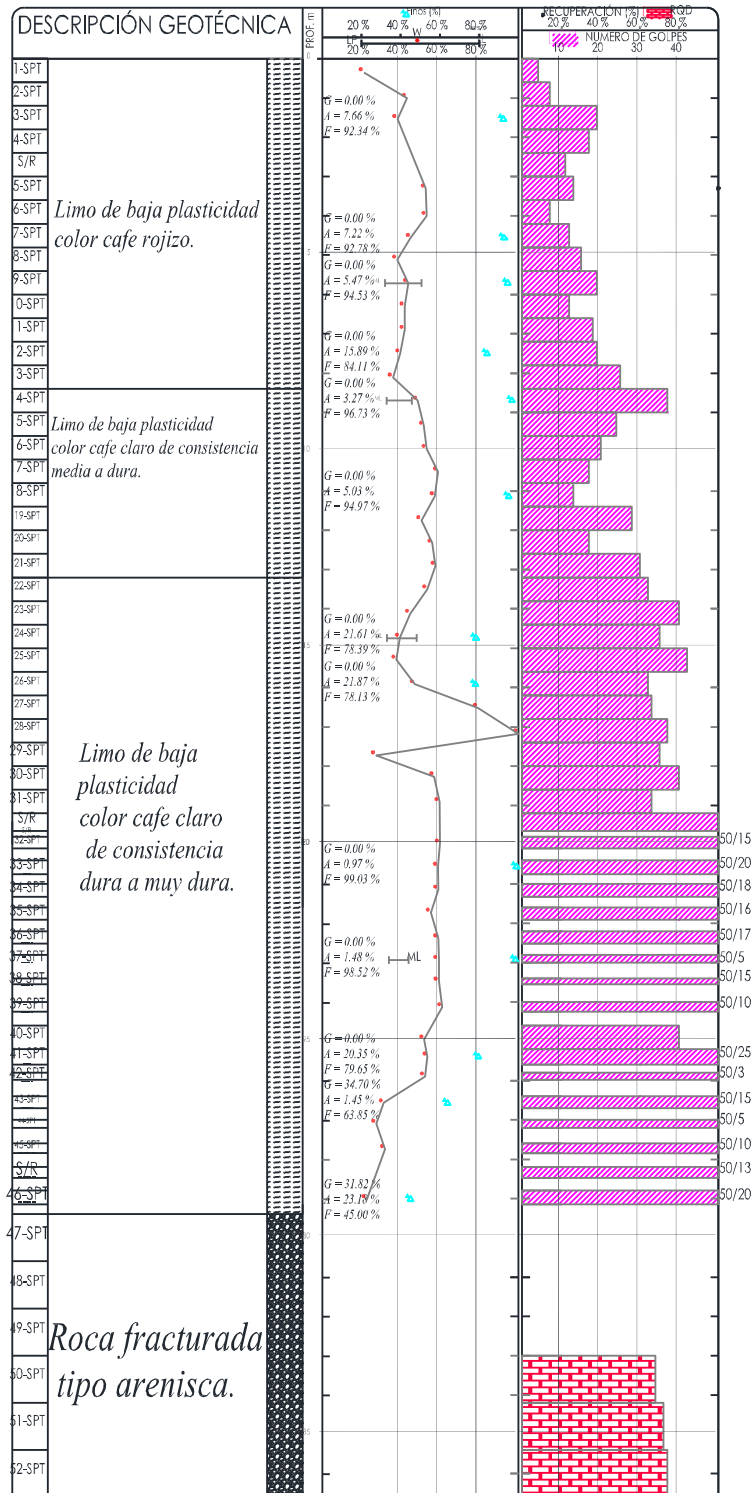
ANEXO 5. SONDEO 2 ESTUDIO GEOTÉCNICO, FUENTE LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ**



**6.7 ANEXO VII SONDEO 3 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM  
23+245.481, ZAPATA 3.**



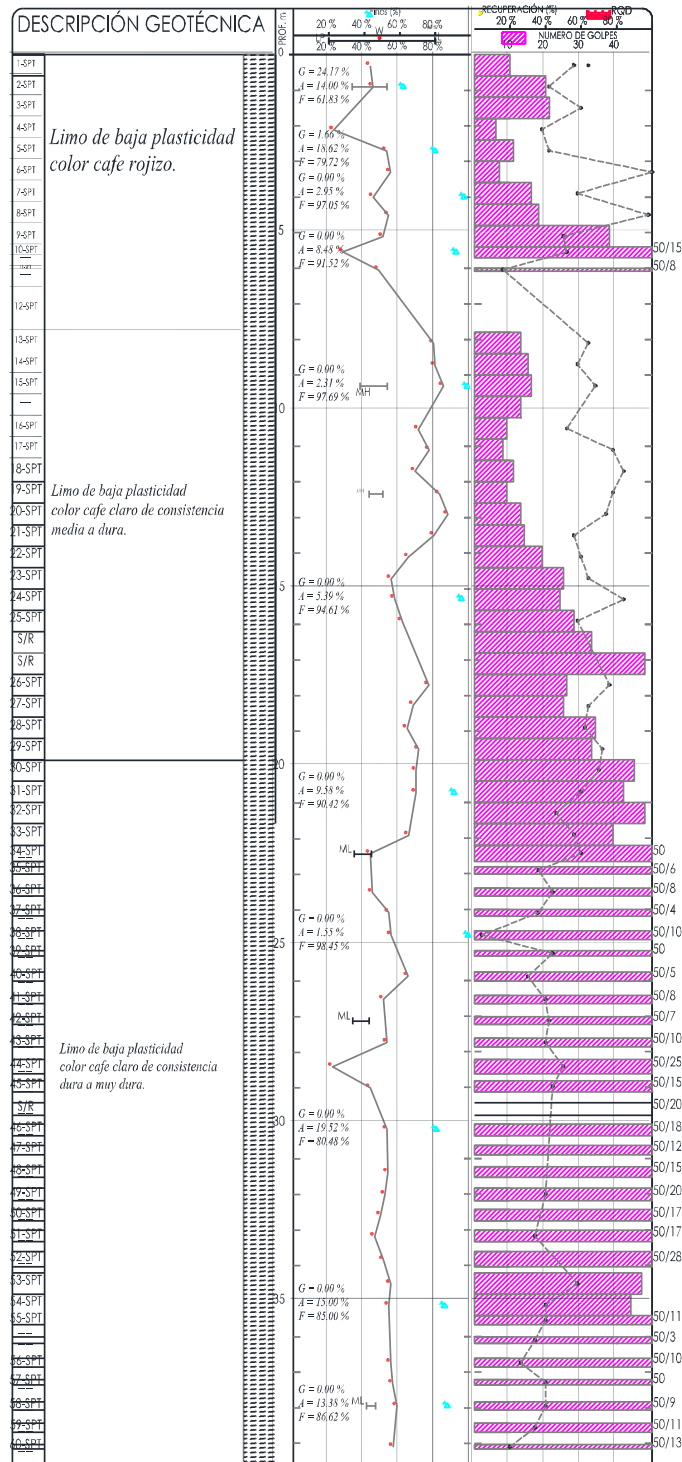
ANEXO 7. SONDEO 3 ESTUDIO GEOTÉCNICO, FUENTE LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.



**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ**



## 6.8 ANEXO VIII SONDEO 4 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+285.188, ZAPATA 4.



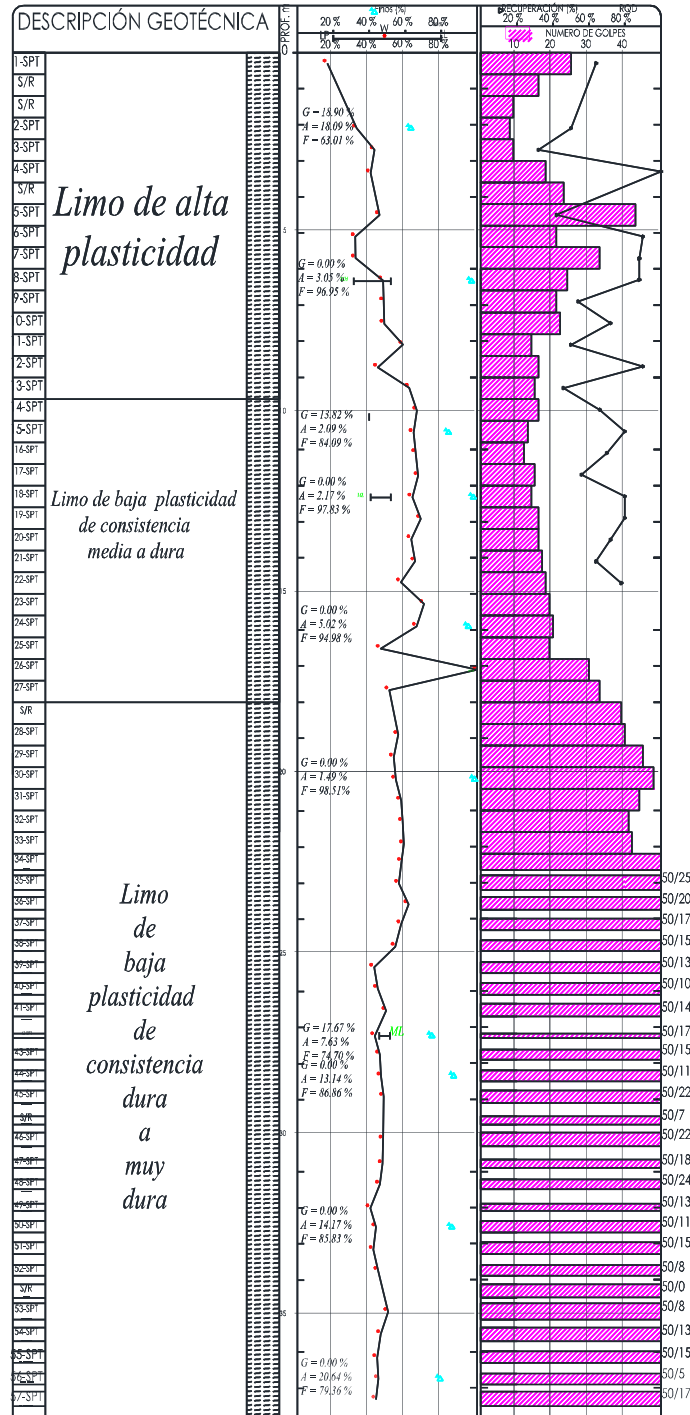
ANEXO 6. SONDEO 4 ESTUDIO GEOTÉCNICO, FUENTE LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.



PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



6.9 ANEXO IX SONDEO 5 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM  
23+322.593, ZAPATA 5.



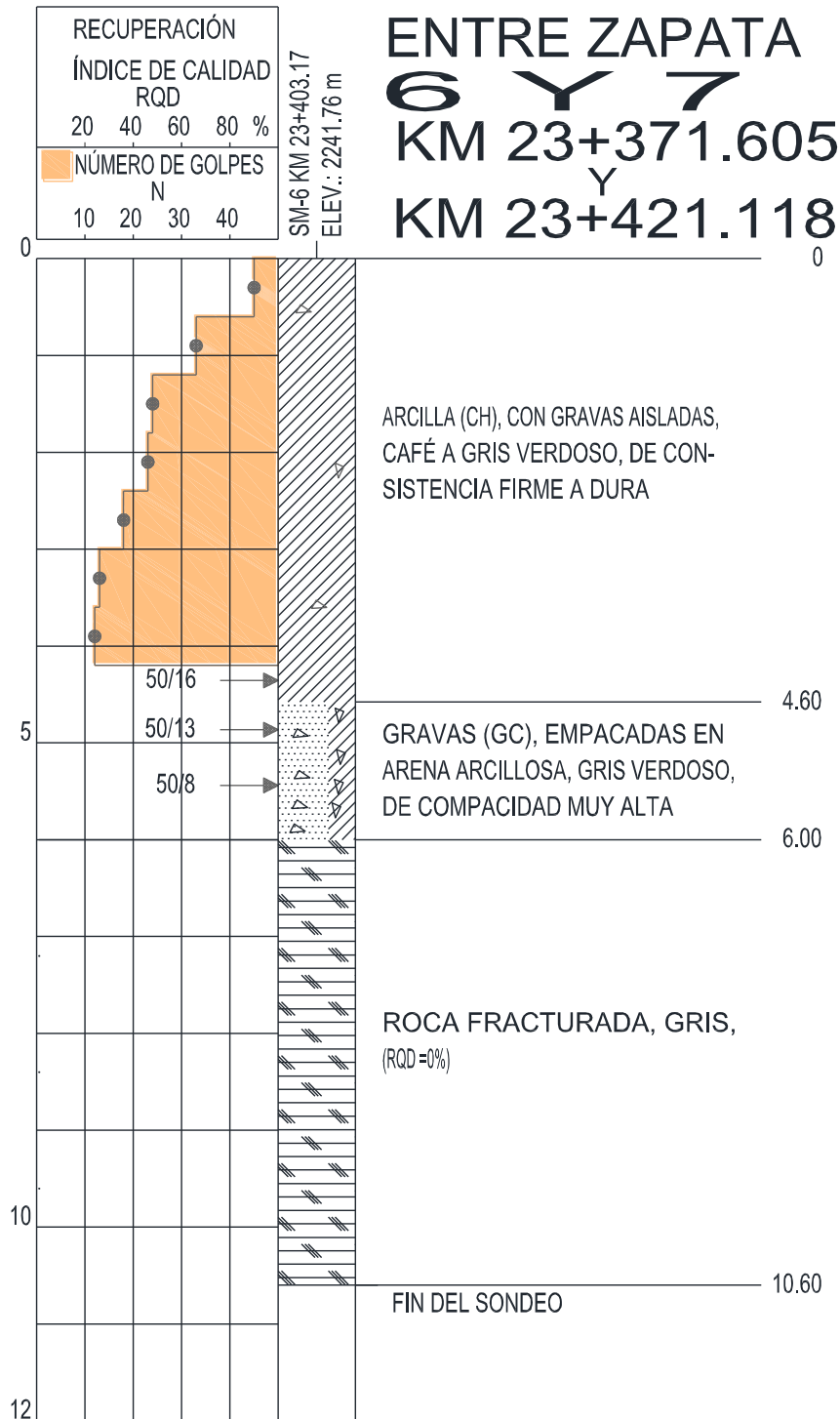
ANEXO 9. SONDEO 5 ESTUDIO GEOTÉCNICO, FUENTE LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.



PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



6.10 ANEXO X SONDEO 7 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM  
23+403.17, ENTRE ZAPATA 6 Y 7.



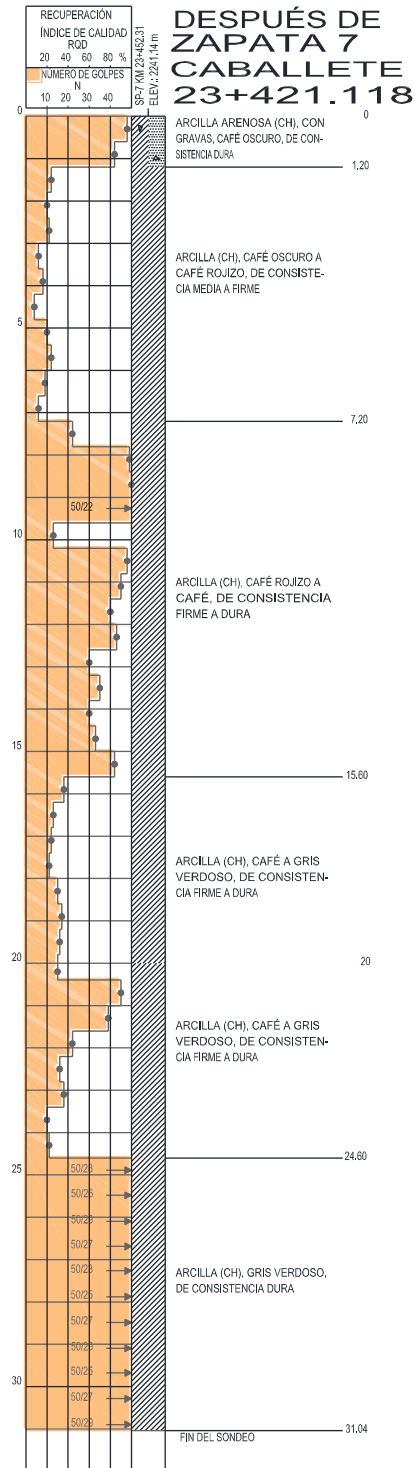
ANEXO 7. SONDEO 7 ESTUDIO GEOTÉCNICO, FUENTE LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C



PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



## 6.11 ANEXO XI SONDEO 8 ESTUDIO GEOTÉCNICO KM 23+425.31, DESPUÉS DE ZAPATA 7.



ANEXO 8. SONDEO 8 ESTUDIO GEOTÉCNICO, FUENTE LABORATORIO ESCOPO S.A. DE C.V.



## 7 BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] (CRESPO VILLALAZ CARLOS, MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES, 5TA. EDICIÓN/LIMUSA/MÉXICO/2004/PAGINAS: 18-27,42,46,58,61,69,70,76,77,80,81)
- [2] (UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MÉXICO, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES, NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL DISTRITO FEDERAL/MÉXICO/DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN/1997/PAGINAS: 2, 3 Y 31)
- [3] [HTTPS://WWW.ACADEMIA.EDU/22831260/TABLA\\_CLASIFICACION\\_SUCS](https://www.academia.edu/22831260/TABLA_CLASIFICACION_SUCS) CONSULTA 23 DE MARZO DEL 2019 A LAS 20:30 HRS.
- [4] (DR. ING. GUILLERMO GODINEZ MELGAREZ, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, FACULTAD DE CONSTRUCCIONES UNIVERSIDAD DE ORIENTE/ AÑO 2010/PAGINA 8)
- [5] (ROBERT D. CHELLIS, CIMENTACIONES PROFUNDAS, DE LA SEGUNDA EDICIÓN EN INGLES/EDITORIAL DIANA /MÉXICO/1971/PAGINA: 28)
- [6] [HTTPS://WWW.CONSTRUMATICA.COM/CONSTRUPEDIA/ZAPATAS AISLADAS,](https://www.construmatica.com/construpedia/zapatillas_aisladas) CON-  
SULTA 29 DE MARZO DEL 2019 A LAS 22:57 HRS.
- [7] (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y LINEAMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO EN PLACAS Y APOYOS DE NEOPRENOS PARA PUENTES /2014/PAG 4 Y 5)
- [8] [HTTPS://WWW.VIBOSA.COM.MX/PRODUCTOS/NEBRASKA,](https://www.vibosa.com.mx/productos/nebraska) CONSULTA 4 DE ABRIL DEL 2019 A LAS 20:00 HRS
- [9] [HTTPS://WWW.ACADEMIA.EDU/29873866/VIGAS Y DIAFRAGMAS](https://www.academia.edu/29873866/VIGAS_Y_DIAFRAGMAS) CONSULTA 08 DE ABRIL DE 2019 A LAS 23:20 HRS.



## PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO ZIRAHÚEN.

P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



- [10] (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, CTR. CONSTRUCCIÓN, CAR CARRETERAS, N-CTR-CAR-1-04-006/09, PAVIMENTOS /2009/PAG 1).
- [11][HTTPS://WWW.MONOGRAFIAS.COM/TRABAJOS5/JUNTAS/JUNTAS.SHTML](https://www.monografias.com/trabajos5/juntas/juntas.shtml), CONSULTA 14 DE MAYO DEL 2019 A LAS 22:15 HRS.
- [12][HTTPS://ES.ROTARYPERCUSSIVEDRILL.COM/PRODUCTS/BARRILESMUESTR EADO-RES.HTML](https://es.rotarypercussivedrill.com/products/barrilesmuestreado-res.html) CONSULTA 24 DE JUNIO DE 2020 A LAS 10:26 HRS.
- [13] [HTTPS://WWW.DICCIONARIO.GEOTECNIA.ONLINE/PALABRA/INDICE-DE PLASTICIDAD/](https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/indice-de-plasticidad/), CONSULTA 27 DE JUNIO DE 2020 ALAS 23:17 HRS.
- [14][HTTPS://WWW.PARRO.COM.AR/DEFINICION-DE-PUNTO+DE+INFLEXI%F3N#:~:TEXT=PUNTO%20DE%20INFLEXI%3A%20PUNTO%20EN,VIA%20SE%20DIVIDE%20EN%20DOS](https://www.parro.com.ar/definicion-de-punto+de+inflexi%F3N#:~:TEXT=PUNTO%20DE%20INFLEXI%3A%20PUNTO%20EN,VIA%20SE%20DIVIDE%20EN%20DOS). CONSULTA 28 DE JUNIO DE 2020 ALAS 00:06 HRS
- [15] [HTTPS://ES.SCRIBD.COM/DOCUMENT/315843725/TIEMPO-DE-RETORNO-O-PERIDO-DE-RETORNO](https://es.scribd.com/document/315843725/Tiempo-de-retorno-o-periodo-de-retorno) CONSULTA 29 DE JUNIO DE 2020 ALAS 13:55 HRS
- [16] [HTTPS://WWW.SGS.MX/ES-ES/MINING/METALLURGY-AND-PROCESS-DESIGN/UNIT-OPERATIONS-AND-METALLURGICAL-SERVICES/COMMINUTION-AND-BENEFICIATION/ROCK-QUALITY-DESIGNATION-RQD](https://www.sgs.mx/es-es/mining/metallurgy-and-process-design/unit-operations-and-metallurgical-services/comminution-and-beneficiation/rock-quality-designation-rqd) CONSULTA 01 DE JULIO DE 2020 ALAS 10:40 HRS.
- [17][HTTPS://WWW.GOOGLE.COM/SEARCH?Q=RQD&CLIENT=OPERA&HS=S4D&S\\_XSRF=ALEKK03TND0DLHJJUMENQ667HLADGT-RZW:1593660887335&TBM=ISCH&SOURCE=IU&ICTX=1&FIR=MZ2FNOHHE6NNSM%252C7L8MDLSTYOP9DM%252C%20&VET=1&USG=AI4 - KSW6OU\\_5XYJ0GMLACTCNBPQM5K8W&SA=X&VED=2AHUKewiuvdo40A3QAHUMRK0KHQ\\_NBYKQ\\_H0WAHOECAYQBA&BIW=884&BIH=418&DPR=1.5#IMGRC=MZ2FNOHHE6NNSM](https://www.google.com/search?q=rqd&client=opera&hs=s4d&s_xrpf=aalekk03tnd0dlhjjujmenq667hladgt-rzw:1593660887335&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=mz2fnohhe6nnsml%252c7l8mdlstyop9dm%252c%20&vet=1&usg=ai4-kswe6ou_5xyj0gmlactcnpqm5k8w&sa=x&ved=2ahukewiuvdo40a3qahumrk0khq_nbykq_h0wahoecayqba&biw=884&bih=418&dpr=1.5#imgrc=mz2fnohhe6nnsml) CONSULTA 02 DE JULIO DE 2020 ALAS 00:11 HRS.
- [18][HTTPS://WWW.CONSTRUMATICA.COM/CONSTRUPEDIA/DENSIDAD RELATIV A](https://www.construmatica.com/construpedia/densidad_relativa) CONSULTA 10 DE JULIO DE 2020 ALAS 21:30 HRS
- [19][HTTPS://WWW.PAVICONJ-ES.ES/NOTICIAS/HORMIGON-PRETENSADO/](https://www.paviconj-es.es/noticias/hormigon-pretensado/) CONSULTA 16 DE JULIO DE 2020 A LAS 14:34 HRS.
- [20][HTTPS://WWW.GCAQ.COM.PE/PUBLICACIONES/01-CONCRETOPRETENSADO-CONCEPTOS-BASICOS-8-07-2014.HTML](https://www.gcaq.com.pe/publicaciones/01-concretopretensado-conceptos-basicos-8-07-2014.html) CINSULTA 16 DE JULIO DE 2020 A LAS 15:06 HRS.





**PROYECTO Y FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL  
VIADUCTO ZIRAHÚEN.**  
P.I.C. ALEJANDRO CORTÉS CRUZ



[21]<https://www.cemex.com/documents/45752949/45757466/concreto-alta-resistencia.pdf/59af70ce-4ddb-fd39-f2b0-8d36ed5d5089> CONSULTA 21 DE JULIO DE 2020 ALAS 19:47 HRS