

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DE LOS PUENTES

1.1 Introducción

Actualmente se encuentran construyéndose varios puentes en la provincia de Manabí a cargo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército (CEE), entre ellos está el puente sobre el estuario del río Chone llamado Bahía de Caráquez- San Vicente y el puente de Carrizal ubicado en la presa La Esperanza como parte de la carretera Quiroga-Pichincha.

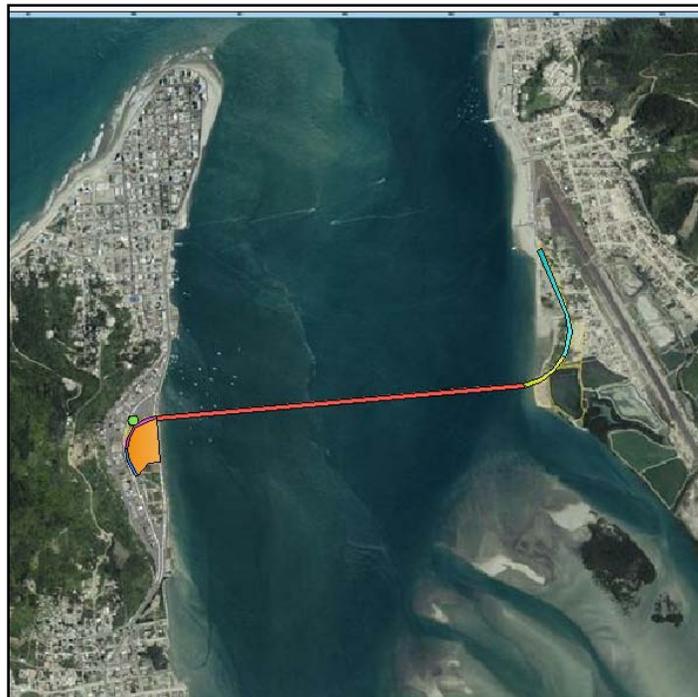


Figura 1.1: Ubicación del Puente de Bahía - San Vicente (CEE, 2007)

El Puente de Bahía de Caráquez – San Vicente se está ubicado en el cantón Sucre el cual se encuentra actualmente en construcción, tiene una longitud total de 1980 m y estructuralmente está conformado por 3 sectores: el acceso desde Bahía de Caráquez que se encuentra constituido por 6 tramos de 20 m de luz cada uno, con una longitud total de 120 m. El acceso desde San Vicente, constituido por 5 tramos curvos de 30 m de luz, con una longitud total de 150 m., y el sector central sobre el río Chone, conformado por 38 tramos rectos de 45 m de luz, con una longitud total de 1710 m.



Figura 1.2: Representación del Puente Carrizal sobre la presa Esperanza (Morales, 2009)

El Puente Carrizal tiene una longitud de 249,20 m. y está conformado por tres tramos que constan de dos estribos y dos pilas intermedias. Las pilas intermedias se erigen mediante 9 pilotes prebarrenados de 2,00 m. de diámetro.

1.2 Tramo de Acceso al puente de Bahía de Caráquez



Figura 1.3: Vista en elevación del Acceso puente de Bahía-San Vicente (CEE, 2008)

El acceso desde Bahía de Caráquez está constituido por 6 tramos de 20,05 metros de luz, con una longitud total de 120 m, cada apoyo está compuesto por un grupo de pilotes, una zapata, dos pilas y una viga cabezal en donde se encuentran los aisladores de base sobre los cuales está la súper estructura.



Figura 1.4: Pilote Acceso Bahía.

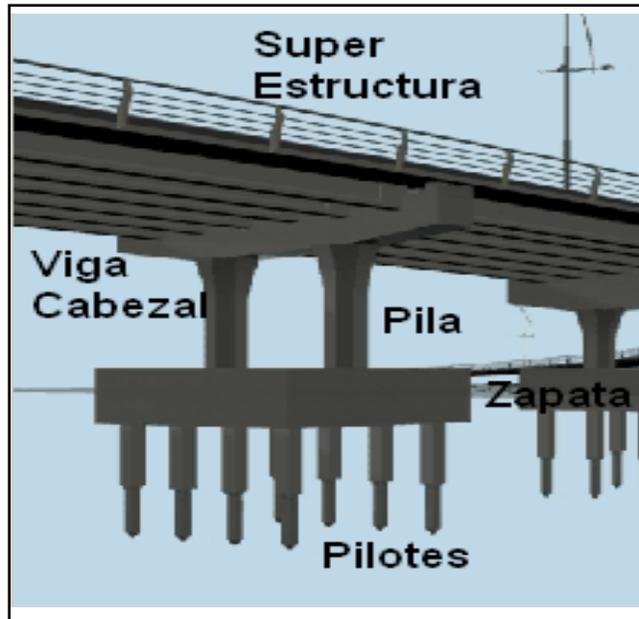


Figura 1.5: Apoyos del acceso de Bahía (CEE, 2007)

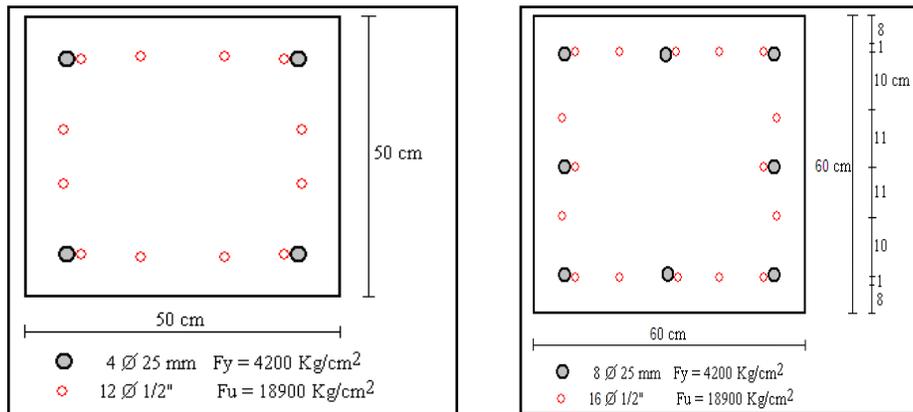


Figura 1.6: Sección de los pilotes (Romo, 2009)

Los pilotes hincados en el acceso Bahía son de hormigón pretensado de sección rectangular de 50 cm x 50 cm y de 60 cm x 60 cm como se indica en la figura 1.6, con una resistencia a la compresión $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente, un límite de fluencia $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, una resistencia a la tracción $f_u = 18900 \text{ kg/cm}^2$, un varillaje de



4 Φ 25mm + 12 Φ 1/2" y 8 Φ 25mm + 16 Φ 1/2" respectivamente, con azuche de acero, de 2 m de longitud en la punta del pilote (Romo, 2009).

En la tabla a continuación se presentan los datos de la cimentación profunda del estribo E1 y de las primeras seis pilas que pertenecen al tramo del acceso de Bahía con su respectivo número de pilotes, sección y profundidad desde el nivel de la zapata.

Tabla 1.1: Datos de los pilotes del Acceso.

Pila	Tipo	Profundidad
E1	I	15 m
P1	I	13 m
P2	I	13 m
P3	I	7 m
P4	I	7 m
P5	I	8 m
P6	II	11 m

En la figura 1.7 se muestra los dos tipos de apoyos con sus respectivas dimensiones que se encuentran en el acceso de Bahía de Caráquez; el tipo I tiene 8 pilotes con una sección de 50 x 50 cm, la dimensión de la zapata es de 8 x 7 m y las pilas tienen un diámetro de 1.20 m, el tipo II tiene 12 pilotes con una sección de 60 x 60 cm, la dimensión de la zapata es de 12 x 8 y las pilas tienen un diámetro de 1.8 m. La profundidad de las zapatas en ambos casos es de 2 m.

Las zapatas de las pilas son de hormigón armado, con una resistencia a la compresión $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y un esfuerzo de fluencia del acero de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

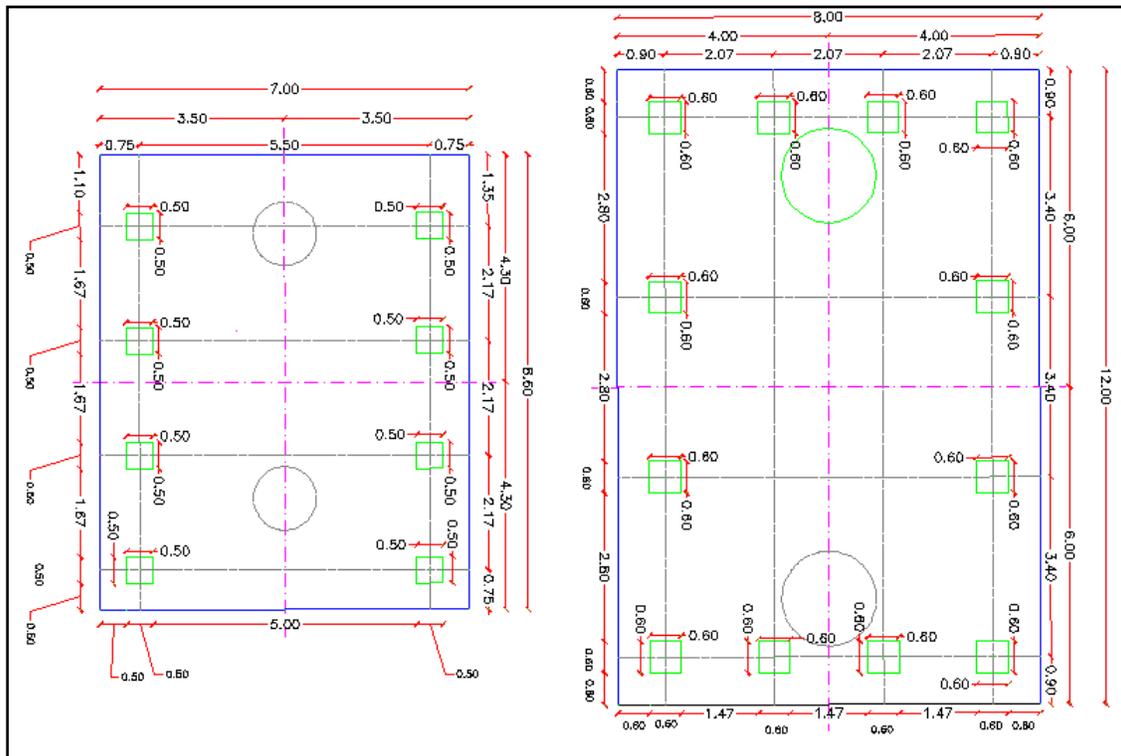


Figura 1.7 Tipo de Pilotes I (Izquierda) y II (Derecha) (CEE, 2008)



Figura 1. 8: Armado de las zapatas del Acceso de Bahía

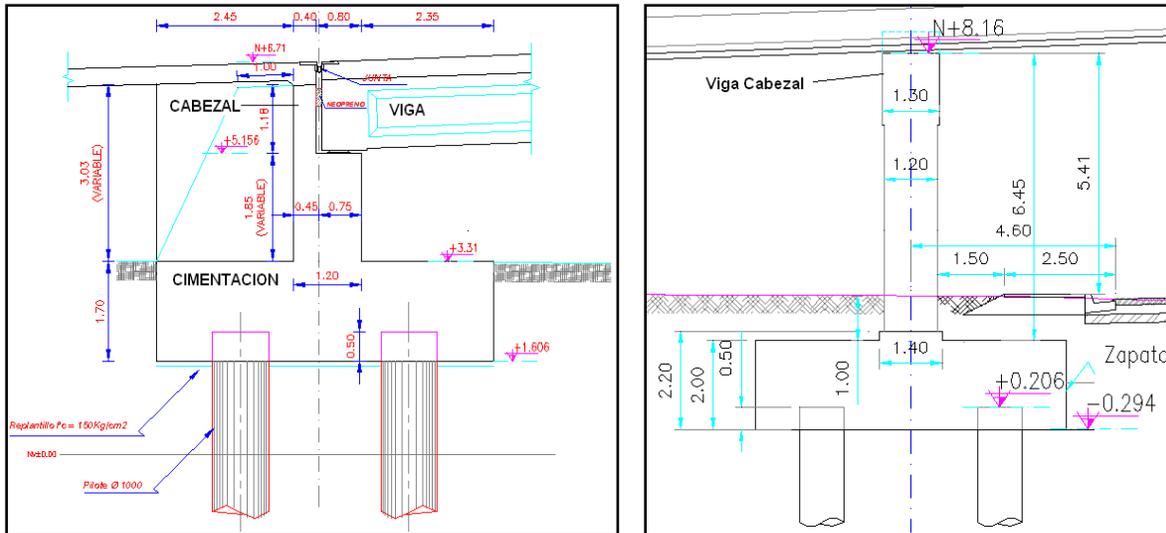


Figura 1. 9: Vista transversal del estribo E1 y de la pila P5 del Acceso de Bahía (CEE, 2007)

En la figura 1.9 en la parte izquierda se observa el estribo E1 que tiene una altura de 6,45 metros medida desde la zapata y un diámetro de 1,20 metros de pila, el cabezal es tipo L con un ancho de 0,45 metros y las dimensiones que se puede apreciar en la figura mencionada. En la parte derecha de la figura 1.9 se encuentra la pila P5 que tiene una altura de 6,45 metros medida desde la zapata con un ancho de 7 metros y un diámetro de 1,20 metros de la pila, el cabezal tiene 1,30 metros de espesor.



Figura 1. 10: Pilas del Acceso de Bahía



Las pilas tienen características similares pero tienen variación en la altura, la pila P6 tiene un diferente diámetro ya que es el comienzo del tramo central del puente, la altura de cada pila inicia desde la cimentación hasta el punto donde se asienta las vigas, todas las pilas tienen cimentación profunda.

Tabla 1. 2: Datos Pilas tramo Acceso a Bahía

Pila acceso Bahía	Diámetro (m)	Profundidad (m)
P1	1.20	2,49
P2	1.20	3,20
P3	1.20	3,93
P4	1.20	4,75
P5	1.20	6,45
P6	1.80	7,63

En la Tabla 1.2 se muestra el diámetro de cada pila y su profundidad correspondiente.

La pila 6 tiene una pequeña variación en la viga cabezal ya que es el inicio del tramo central del puente y tiene un diseño similar al de un estribo, se muestra que el estribo tiene una geometría tipo **L** en la figura 1.11 también se observa la pila y el aislador que se encuentra sobre la viga cabezal, ahí es donde comienzan las vigas de la superestructura en el tramo central. En la parte superior de las pilas se encuentra la superestructura, la cual está conformada por las vigas, losa, protecciones, diafragmas, etc.

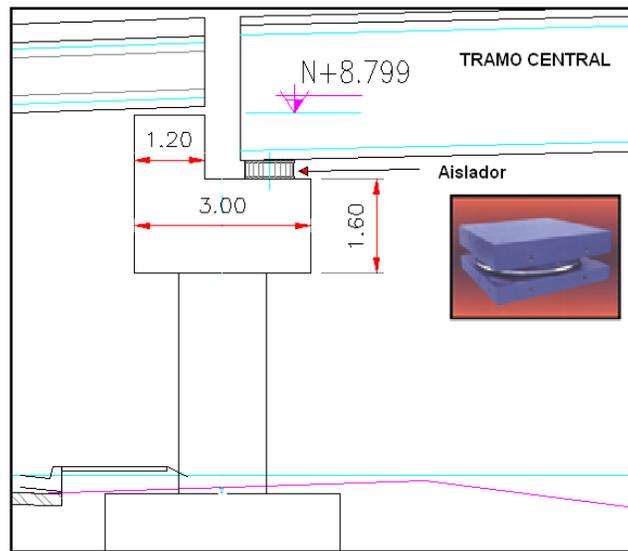


Figura 1.11: Vista Transversal pila P6 (CEE, 2007)

1.3 Apoyos Intermedios en el puente de Bahía de Caráquez



Figura 1.12: Vista longitudinal –Puente Bahía de Caráquez. (CEE, 2007)

El sector central sobre el río Chone está conformado por 38 tramos rectos cada uno de 45m aproximadamente; cada apoyo está conformado por un grupo de pilotes, una zapata, pilas, y vigas cabezal sobre las cuales se encuentra el aislador de base el cual sostiene a toda la

superestructura. En la figura 1.12 se puede apreciar una vista parcial en 3D longitudinal y en la figura 1.13 muestra un apoyo del tramo central y como está conformado.

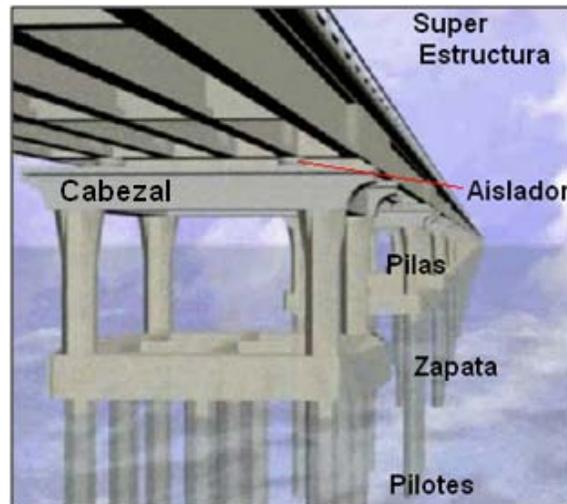


Figura 1. 13: Apoyo del tramo central de Bahía (CEE, 2007)

En el tramo central tiene 39 apoyos los cuales empiezan en la pila N° 6 y terminan en la pila N° 44. (Ver fig.1.14), se encuentran cuatro tipos de tramos; el tramo tipo 1 que comienza en la pila P6 y termina en la pila P8 con una longitud de 90.04, hay 8 tramos tipo 2 los cuales tienen 180 m de distancia cada uno, comienzan desde P8 hasta P24; aquí se encuentran los primeros cuatro tramos y desde P26 hasta P42 donde se encuentran los tramos restantes, también se tiene el tramo tipo tres y cuatro que son similares al tipo uno, cada tramo está separado por una junta.

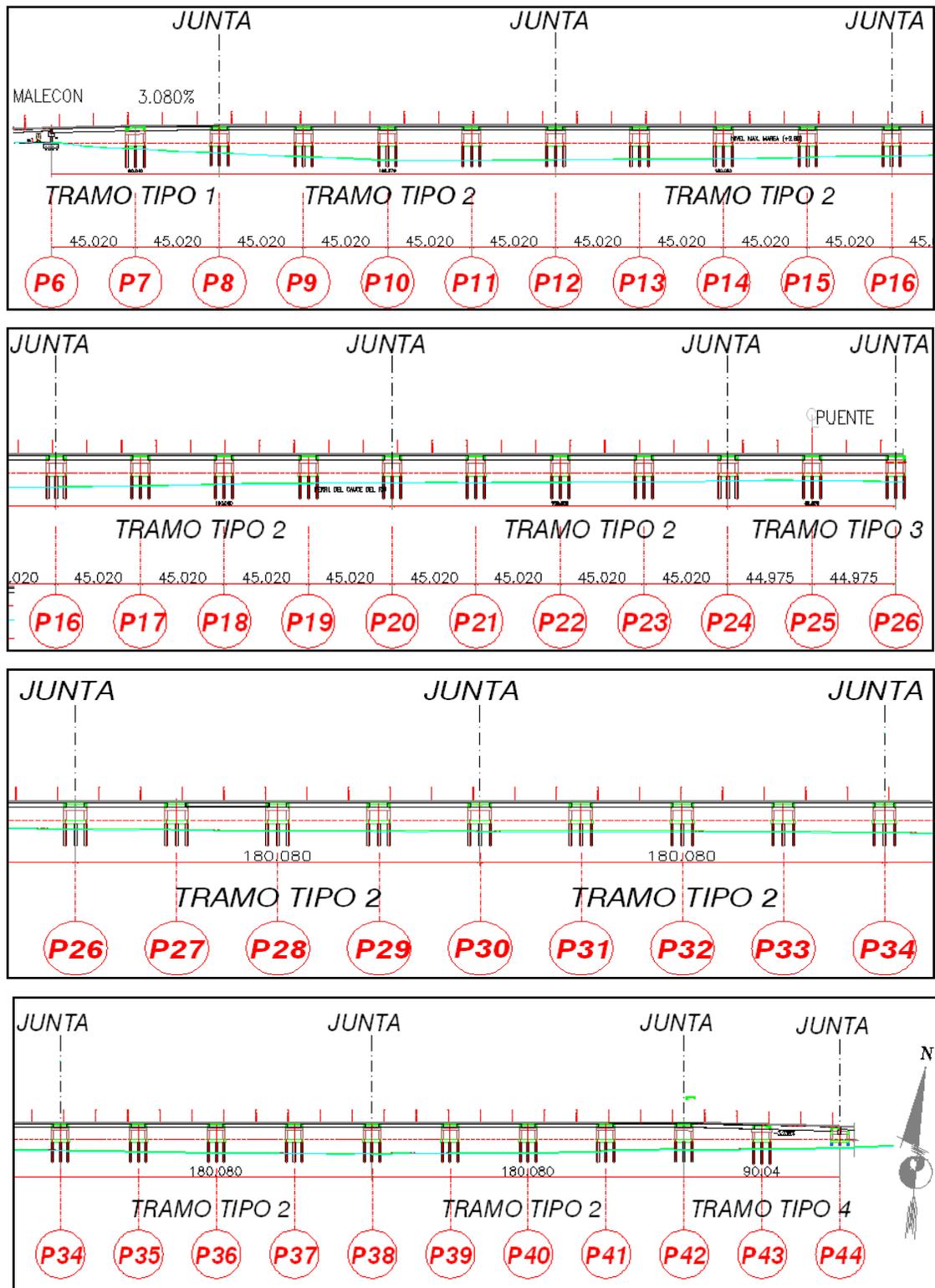


Figura 1. 14: Vista Longitudinal desde el estribo hasta el eje central del puente (CEE,

2007)



Además en la figura 1.14 se puede ver la distancia de separación entre cada uno de los grupos de pilotes, la distancia se la mide entre los ejes centrales de cada grupo de pilotes.

En la tabla 1.3 se puede apreciar la profundidad en la cual fue cimentado cada pilote.

Tabla 1. 3: Datos Pilotes tramo Central (CEE, 2009)

Cuadro de Profundidades de pilotes			
Pila	Long Pilote (m)	Pila	Long Pilote (m)
P7	29,76	P27	44,64
P8	44,64	P28	44,64
P9	59,52	P29	44,64
P10	59,52	P30	44,64
P11	59,52	P31	59,52
P12	59,52	P32	59,52
P13	59,52	P33	59,52
P14	59,52	P34	59,52
P15	44,64	P35	59,52
P16	59,52	P36	59,52
P17	59,52	P37	59,52
P18	59,52	P38	59,52
P19	59,52	P39	59,52
P20	44,64	P40	59,52
P21	44,64	P41	59,52
P22	44,64	P42	44,64
P23	44,64	P43	44,64
P24	44,64	P44	74,40
P25	44,64	P45	59,52
P26	44,64	P46	59,52

Como se muestra en la figura 1.15, los pilotes que deben hincarse en el tramo central son pilotes con una camisa metálica circular de 121 cm de diámetro externo, de 20 mm de espesor y con un esfuerzo de fluencia del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, rellenos de hormigón armado, con una resistencia a la compresión $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y un esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

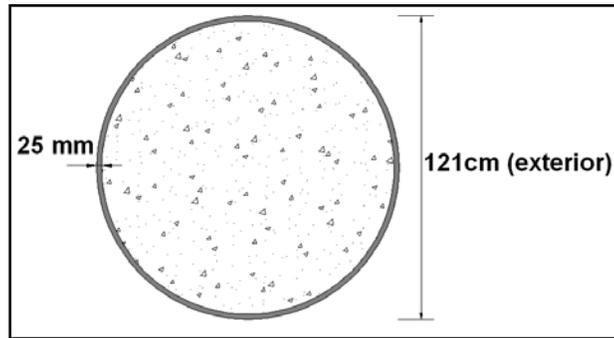


Figura 1. 15: Camisa Metálica San Vicente – Agua (Romo, 2009)

La zapata está constituida por una malla bidimensional de vigas las cuales tienen una sección de 1.40 por 165 metros de hormigón armado de 350 kg/cm^2 que une los pilotes con las pilas, se tienen 2 tipos de zapatas que se muestran en la figura 1.16 en la izquierda se puede observar la zapata apoyada en 8 pilotes, mientras que la zapata de la derecha está apoyada en 9 pilotes lo cual hace que las vigas centrales de la zapata cambien la sección de 0,5 a 1.4 metros.

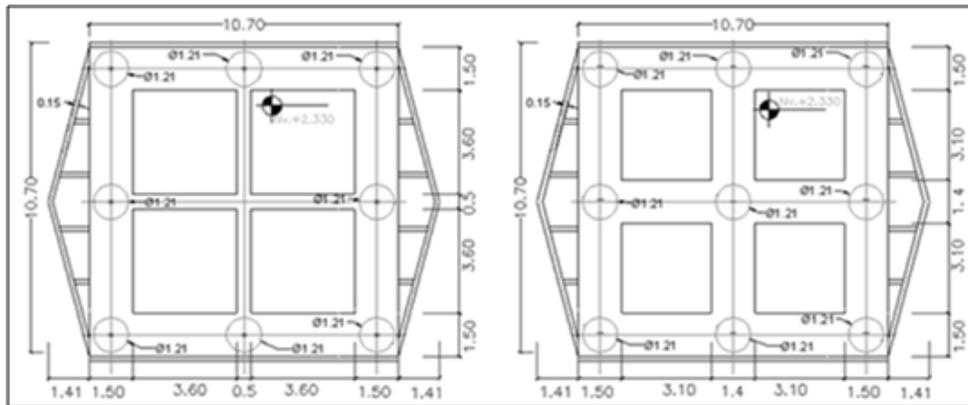


Figura 1. 16: Vista en Planta de las Zapatas del tramo central (CEE, 2007)

Sobre cada zapata de cimentación se encuentran 4 pilas unidas por las vigas cabezal como se observa en la figura 1.17 donde se muestra la zapata las 4 pilas y la viga cabezal.

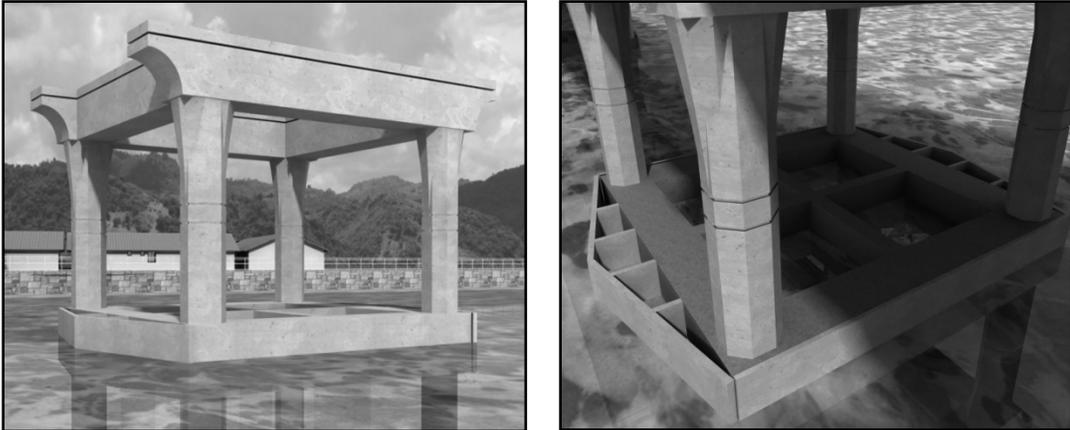


Figura 1. 17: Pilas del centro del Puente de Bahía – San Vicente (CEE, 2007)

Las pilas tienen una forma octagonal pero como se puede ver en la figura 1.18 las pilas realmente son circulares con zunchos y su diámetro es de 1.20 metros de diámetro, su resistencia a la compresión es de 350 kg/cm^2 y tienen una altura aproximada de 5 metros desde la zapata hasta la viga cabezal. La figura 1.18 muestra la viga cabezal la cual tiene una sección de 1.40 por 160 metros de hormigón armado de 350 kg/cm^2 .

Sobre la viga cabezal se encuentran los aisladores de base FPS (Frictional Pendulum System). Toda la superestructura transmitirá sus cargas a los diafragmas y éstos a su vez a los aisladores sísmicos, que constituyen el único nexo con las pilas y la subestructura. Al inicio y al final de todo el tablero en el tramo central se colocarán juntas sísmicas con la capacidad de desplazarse hasta 60 cm sobre los aisladores sísmicos friccionales.

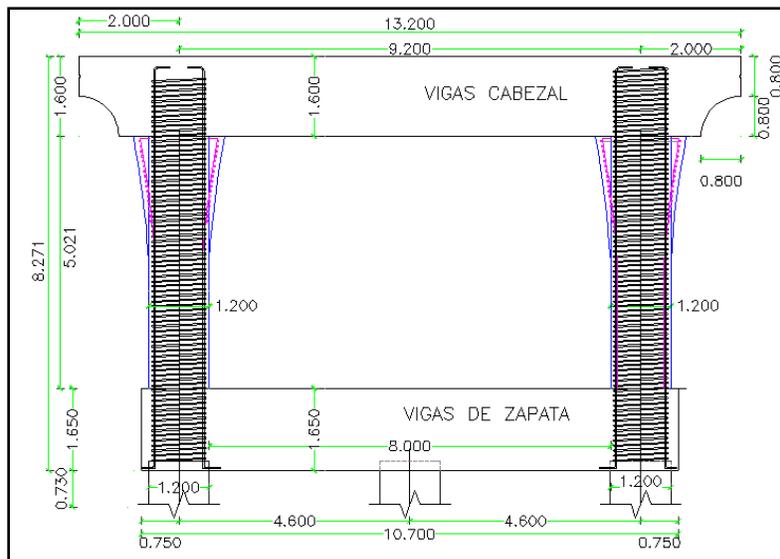


Figura 1. 18: Corte transversal del puente – Vista en elevación de Pilas, Cabezal y Aisladores. (CEE, 2007)



Figura 1. 19: Aisladores de Base (FPS) (Romo 2009, CEE 2008)

En la figura 1.19 se puede observar los aisladores de bases (FPS) utilizados para aumentar la capacidad de resistencia y deformación de los elementos estructurales del puente, reduciendo los daños generados en un sismo.

1.4 Tramo de Acceso San Vicente

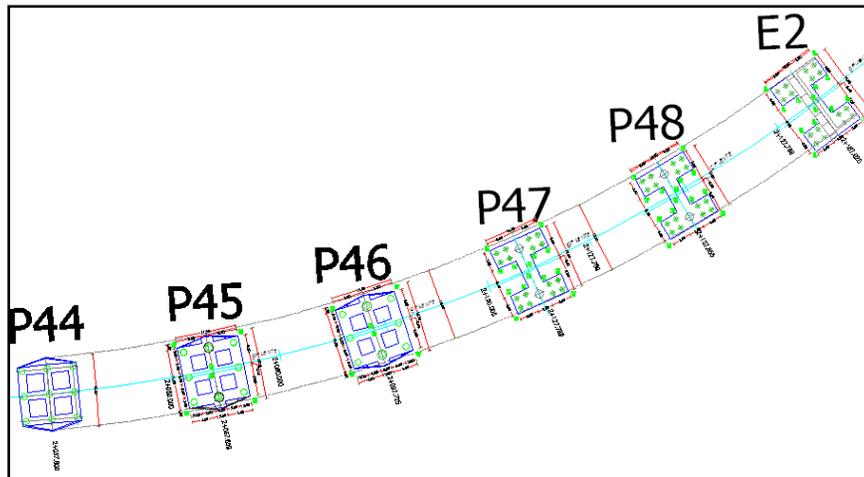


Figura 1. 22: Vista en Planta del Acceso a San Vicente (CEE, 2007)

El acceso a San Vicente, constituido por 5 tramos curvos de 30 m de luz, con una longitud total de 150 m. Tiene cuatro pilas y un estribo como se muestra en la figura 1.22 de hormigón armado con las mismas características mecánicas que se tenían las pilas del acceso de Bahía, cada apoyo está constituido por un grupo de pilotes, zapatas, pilas, viga cabezal y por último la superestructura como se muestra en la figura 1.23.



Figura 1. 23: Vista en elevación San Vicente (CEE, 2008)

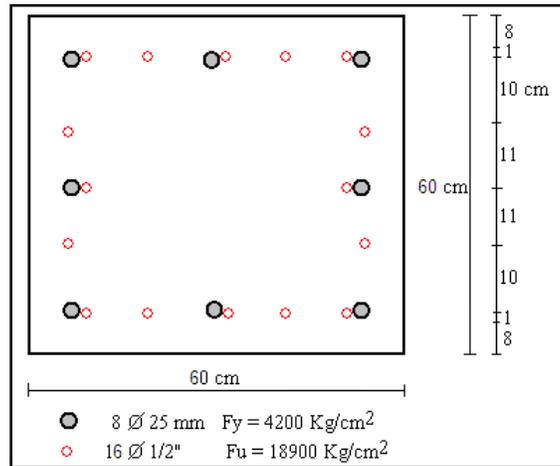


Figura 1. 24: Sección de Pilote San Vicente (Romo, 2009)

Los pilotes hincados en el acceso San Vicente son de hormigón pretensado de sección rectangular de 60 cm x 60 cm, sin azuche de acero como se muestra en la figura 1.24.

Los pilotes que deben hincarse en el acceso San Vicente - agua son de las pilas P44 y P45, en la tabla 1.3 se muestra la profundidad de los mismos, estos son mayoritariamente pilotes con una camisa metálica circular de 121 cm de diámetro externo, de 20 mm de espesor con un relleno de las mismas características de los del tramo central; como se muestra en la figura 1.25.

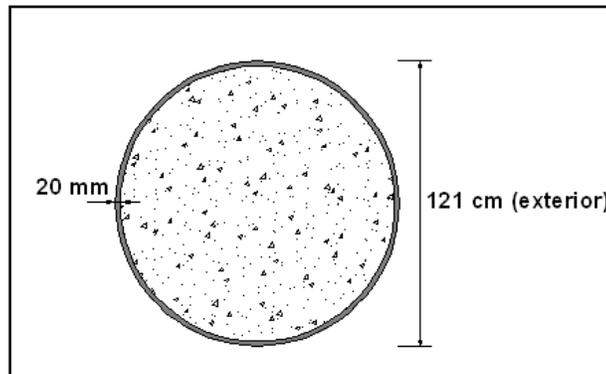


Figura 1.25: Camisa Metálica P44 y P45 (Romo, 2009)

Se tienen dos tipos de zapatas; en los tramos sobre tierra se consideró una zapata enterrada de 2 m de altura que tiene una geometría en H como se muestra en la figura 1.26 mientras que en acceso a San Vicente – agua se tienen las zapatas similares a las que se utilizaron en el tramo central figura 1.27.

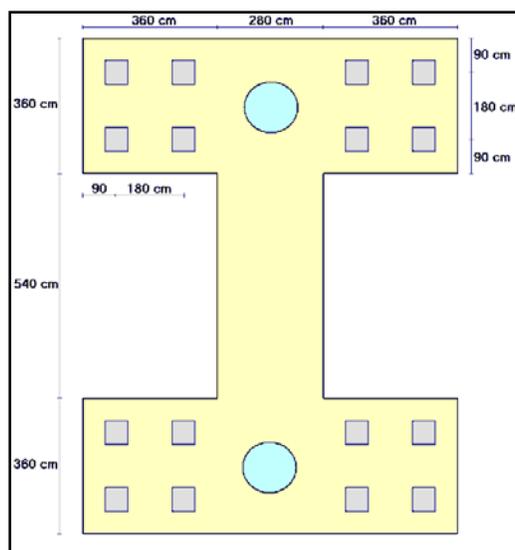


Figura 1.26: Geometría de la cimentación Pila 47 y 48 (Romo, 2009)

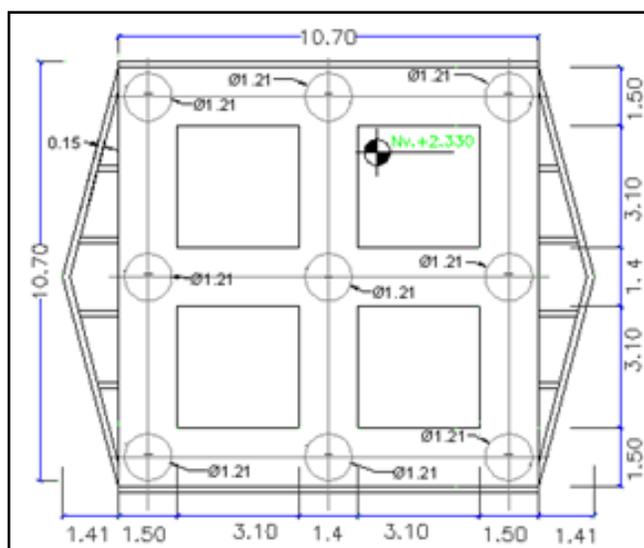


Figura 1.27: Vista en planta de Zapata Pila 44, 45 y 46. (CEE, 2008)

Las pilas tienen la misma geometría que en el tramo de acceso a Bahía de Caráquez pero la altura es variable, a continuación se expone una tabla con las alturas correspondientes a cada pila.

Tabla 1. 4: Datos Pilas Tramo San Vicente

Pila San Vicente	Altura (m)
P48	2,49
P47	3,20
P46	3,93
P45	4,75

Las dimensiones de la zapata del estribo son 12 por 4 con 2 metros de espesor, además tiene un pequeño cabezal de 1.50 metros de alto por un espesor de 0.50 m, el aislador está apoyado en la cara superior de la zapata. Mas detalles se muestra en la figura 1.28 donde se muestra en la parte izquierda el estribo E2 y a la derecha la pila 48.

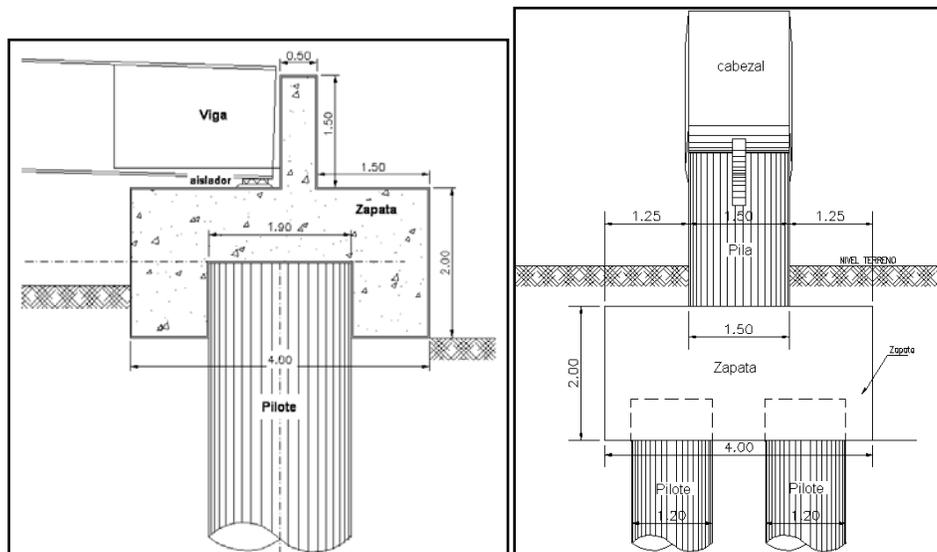


Figura 1.28: Estribo San Vicente E2 (izquierda) y Pila 48 (derecha) (CEE, 2007)

La pila 44 al igual que la pila 6 de Bahía tiene la función de estribo razón por la cual tiene un cabezal que soporta las vigas que se colocan proveniente de los tramos central y San Vicente, la geometría es tipo **L** con las siguientes dimensiones 3 m de base por 1,60 de alto, dispone de un pequeño cabezal donde se apoya el aislador de 1m x 1.20 m.

1.5 Apoyos del puente de El Carrizal

El puente carrizal tiene una luz total de 249.2 m, la cual está conformada por dos estribos y dos pilas intermedias, cada apoyo central está separado por 75 metros de luz ilustrado en la figura 1.29, cada uno de ellos está conformado por un grupo de 9 pilotes cada uno, unidos por dos vigas de acero en las cotas 56 m y 62 m.

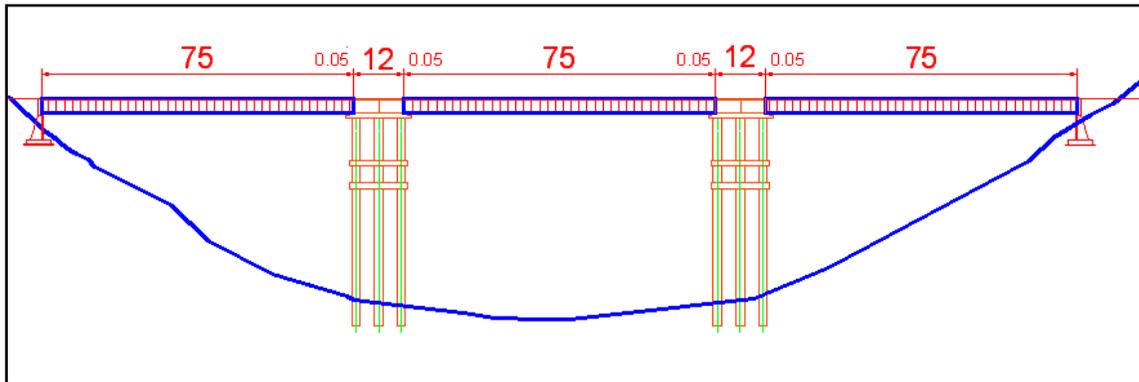


Figura 1.29: Vista en corte longitudinal Puente Carrizal (Morales, 2009)

En la figura 1.29 se muestran los dos apoyos con las vigas de acero de arriostramiento. El límite de fluencia del acero utilizado tanto en las camisas como en las vigas es de 3500 kg/cm². Los apoyos centrales se hallan sobre nueve pilotes prebarrenados de 2.0 m., de

diámetro, que sustentan tramos de 12 m., en la superestructura del puente. Los pilotes tienen una altura variable que está alrededor de los 54 m., de longitud. Para proteger al hormigón, estos pilotes fueron recubiertos por una camisa de acero de 1.5 cm., de espesor. Como se muestra en la figura 1.30.

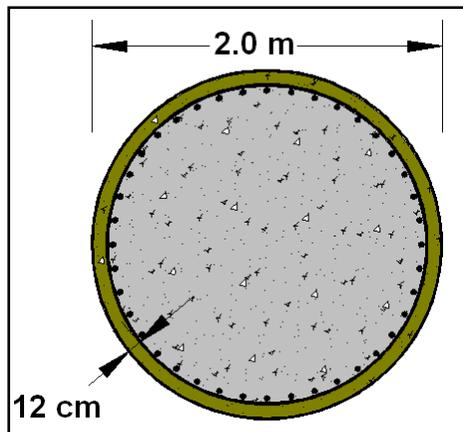


Figura 1.30: Sección del Pilote Carrizal. (Morales, 2009)

El grupo de pilotes está arriostrado por medio de 2 vigas metálicas, esto es necesario para tener una mayor rigidez, consta con dos vigas de arriostramiento una superior y una inferior, la viga superior es tipo **I** de 900 mm / 300 mm. En la figura 1.31 en la parte superior se puede apreciar cómo se distribuye la viga.

La viga inferior es de tipo **I** cuyas dimensiones son de 1600 mm / 400 mm, sobre esta se coloca un deck metálico, en cada uno de pilotes se incorporó un anillo metálico, en la figura 1.31 en la parte inferior se puede apreciar mejor lo explicado.

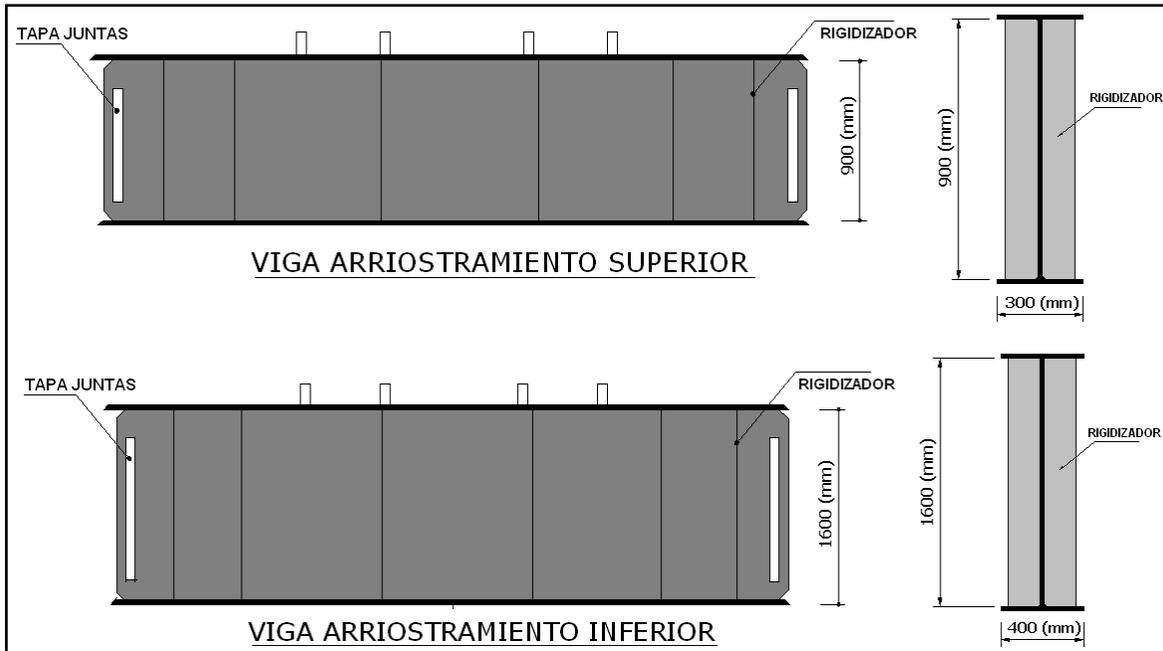


Figura 1.31: Sección transversal de vigas de arriostramiento. (CEE, 2009)

Sobre estas vigas de arriostramiento metálicas se coloca una losa de 15.5 cm. Los arriostramientos superiores están unidos a los pilotes por medio de unos anillos metálicos rigidizadores de acero que se muestran en la figura 1.32 y su uso es para asentar las vigas, los mismos van soldados a la camisa metálica de los pilotes. Estos arriostramientos están en los dos sentidos tanto en transversal como en longitudinal. También se muestra en la misma figura como están ubicados los nueve pilotes.

La superestructura está conformada por 4 vigas metálicas longitudinales tipo I unidas por diafragmas, estos son vigas metálicas las mismas que van asentadas sobre una viga cabezal la cual es de hormigón armado con una geometría de 10.80 m de longitud y un peralte de 1.25 m. como se muestra en la figura 1.33, el tablero del puente es de 20 cm de hormigón armado, sobre este tablero se construyó dos aceras de 0.75 m de longitud y un espesor de 17 cm. Todo esto explicado en la figura 1.33 el cual es una vista transversal del tablero.

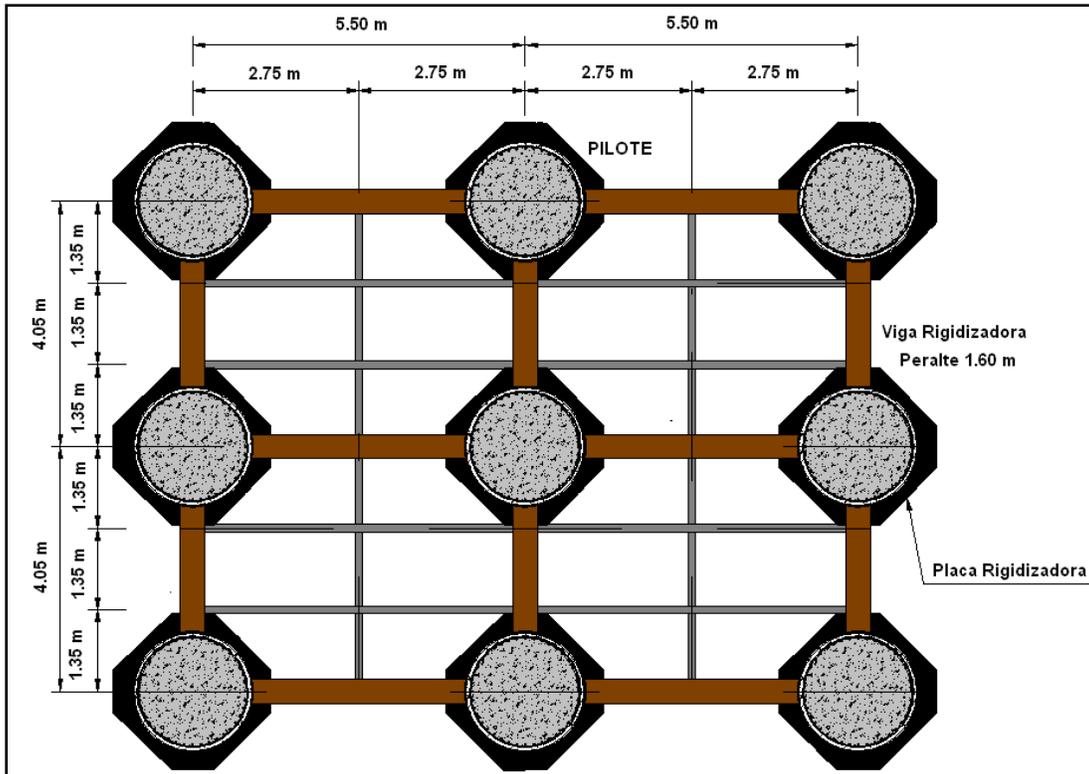


Figura 1.32: Vista en Planta de Grupo de pilotes con arriostramiento. (CEE, 2009)

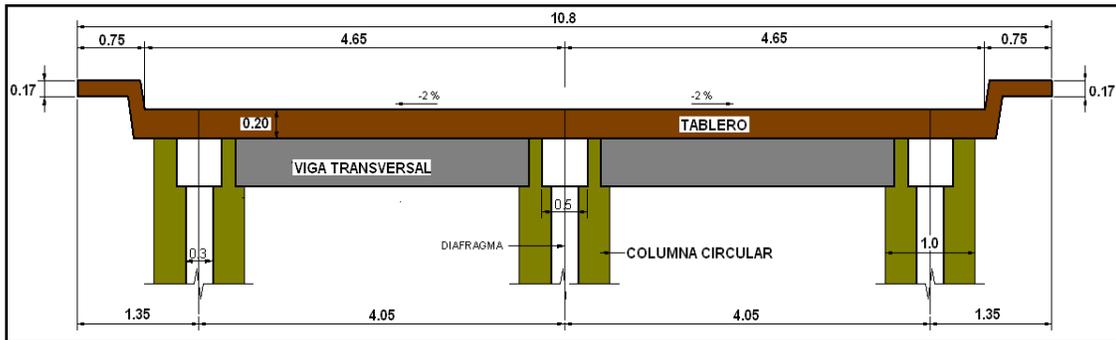


Figura 1.33: Vista transversal del tablero. (CEE, 2009)



1.6 Referencias

- 2 Romo, (2009), “*Rediseño Estructural del Puente Bahía – San Vicente*”, Cuerpo de Ingenieros del Ejército, Bahía de Caráquez, Ecuador.
- 3 Morales, (2009) “*Puente Quiroga Archivos de Autocad*” Cuerpo de Ingenieros del Ejercito grupo de trabajo Quiroga, Ecuador.
- 4 CEE, (2007) “*Puente Bahía archivos de Autocad*” Cuerpo de Ingenieros del Ejercito grupo de trabajo Bahía de Caráquez, Ecuador
- 5 CEE, (2008) “*Puente Bahía\PLANOS DEFINITIVOS mayo 2008*” Cuerpo de Ingenieros del Ejercito Departamento de Obras Civiles, Quito, Ecuador.
- 6 CEE, (2009) “*Archivo de Auticad de pilotes y vigas de arriostramiento*” Cuerpo de Ingenieros del Ejercito Departamento de Obras Civiles, Quito, Ecuador.
- 7 www.cee.gov.ec , “*Galería de imágenes Cuerpo de Ingenieros del Ejército*”, Proyecto sobre el estuario del río Chone, Ecuador.
- 8 www.cee.gov.ec , “*Galería de imágenes Cuerpo de Ingenieros del Ejército*”, Construcción de la vía Quiroga Pichincha, Ecuador.