



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

***“PROYECTO Y CONSTRUCCION DEL PUENTE VEHICULAR  
EN EL CRUCE DEL CIRCUITO INTERIOR Y EJE OCHO SUR  
EN LA CD. DE MEXICO”***

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA**

**PABLO RUVALCABA GARCIA**

**DIRECTOR DE TESIS: Ing. Alejandro Ponce Serrano**

**SINODALES: Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez**

**M.I. Luis Candelas Ramírez**

**M.I. Ricardo Rubén Padilla Velázquez**

**Ing. José Luis Esquivel Ávila**



**México, D.F.**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Doy gracias a dios por permitirme realizar este sueño que tanto esperaba, por permitirme presentarlo ante mis seres amados y queridos.

Quiero agradecer especialmente a mis padres **Sofía García de Ruvalcaba** y **David Ruvalcaba Ríos**, quienes me enseñaron a ser un hombre de bien y me guiaron siempre por el buen camino como hasta ahora, me enseñaron a ser honesto, cumplido y responsable les estoy eternamente agradecido y espero que aunque sea un poquito cumpla con sus expectativas que cimentaron en mí, quiero recordarles que los Amo profundamente son las personas más importantes de mi vida y estoy feliz que estén presentes en esta etapa de mi vida.

También quiero agradecer a mis hermanos **David Ruvalcaba García** y **Erika Ruvalcaba García** que durante el tiempo que inicie mi carrera ellos estuvieron trabajando para aportar sustento a la casa y se privaron de algunas cosas por ello, a ustedes hermanos les digo que los amo y estoy muy agradecido y en deuda con ustedes.

Como parte importante de mi vida le agradezco inmensamente a mi esposa **Susana Ruiz Guerrero** quien me apoyo para poder terminar mi carrera pese a todo, fue y sigue siendo mi apoyo moral, espiritual y emocional a ti Susy te reitero mi amor, te amo a ti y a nuestra hija Nataly

Durante mi desarrollo profesional y laboral quiero mencionar todas las personas que me apoyaron también para poder terminar mi carrera, en especial a: Arq. Jorge Figuerola Cervantes, Ing. Oscar Díaz Rodríguez, Arq. Guillermo Salguero Calzada quienes durante mi estancia en su empresa me facilitaron tiempo para mi carrera y apoyo moral, al Arq. Enrique Moya Fonseca Líder coordinador de proyecto de la Dirección General de Proyectos Especiales, a mis amigos C.P Xochitl Monroy Suarez y su esposo C.P. Saúl Reyes Pérez, y a Gerardo Jaramillo Márquez, y a todas las personas que me motivaron a cumplir mi meta.

Gracias a mis profesores de la Facultad de Ingeniería por su labor, de quienes aprendí mucho como persona además de lo educativo

Estoy convencido que cuando se fija uno una meta y es constante terminas cumpliéndola

## **INDICE.**

### **I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

- I.1 Cimentación
- I.2 Estructura
- I.3 Superestructura
- I.4 Señalización.

### **II. ESTUDIOS PREVIOS**

- II.1 Estudio de Vialidad
- II.1 Mecánica de Suelos
- II.3 Instalaciones Existentes

### **III. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS**

- III.1 Obras Inducidas
- III.2 Cimentación Profunda
- III.3 Cimentación para Estructura
- III.4 Estructura
- III.5 Superestructura

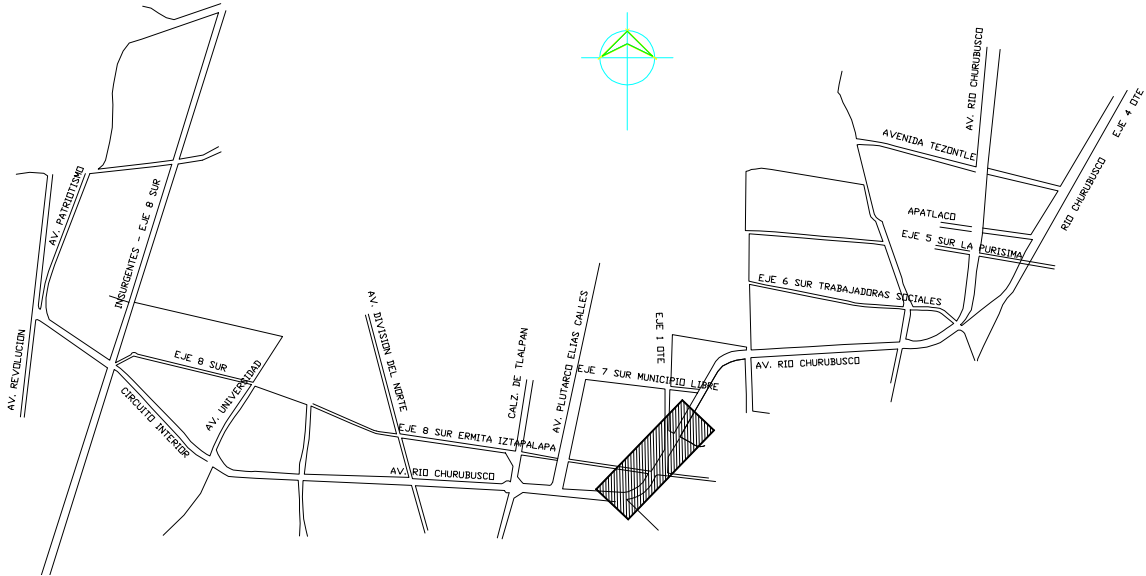
### **IV. CONTROL DE OBRA**

- IV.1 Calidad de los Materiales
- IV.2 Control Financiero
- IV.3 Avance Físico
- IV.4 Programa de Obra.

### **V. CONCLUSIONES.**

## **INTRODUCCIÓN**

El gobierno de la ciudad consciente de la problemática vial que existe en ciertas zonas de la ciudad de México ha decidido realizar un “Proyecto integral para la construcción del puente vehicular Ermita Iztapalapa – Las Torres – Río Churubusco”, dicho proyecto es parte de un programa general de la Obra denominada Circuito Bicentenario, se pretende que con este puente vehicular se logre agilizar el tránsito en esta zona, este puente quedará dentro de la jurisdicción de la delegación Iztapalapa, en México D.F. como se ilustra en la siguiente figura.



**Croquis de Localización**

Para llevar a cabo dicho proyecto fue necesario elaborar varios estudios con el objetivo principal de conocer: las condiciones estratigráficas que se presentan en las zonas donde quedarán ubicadas sus cimentaciones, las afectaciones viales que se generarán durante su construcción y las obras inducidas.

### **CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.**

La longitud aproximada del puente es de 687 m, constituido de acuerdo al proyecto por dos cuerpos, uno correrá de Sur a Norte (eje B) y el otro en sentido contrario de Norte a Sur (eje A), cada uno de los cuerpos tendrá 12m de ancho para dar cabida a tres carriles para el tránsito vehicular, cada carril medirá 3.50m de ancho y una guarnición de 50cm de ancho en ambos lados. La altura máxima que tendrá será de 5.93m al pasar por avenida de las torres y 6.22m al cruzar sobre la avenida Ermita Iztapalapa. El eje A estará sostenido por 13 columnas y dos estribos, en tanto que el eje B se sostendrá en 12 columnas y dos estribos.

Cada una de las columnas se apoyará en cimentación profunda a base de pilotes y zapatas de cimentación.

## **I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

## **I.1 CIMENTACIÓN**

Para este proyecto la cimentación consistirá en cimentación de tipo profundo, construida a base de zapatas rectangulares trabajando con pilotes cuadrados de concreto reforzado, desplantados a una profundidad de 22m, los pilotes hincados a esta profundidad trabajan básicamente por fricción, en todos los casos se dejará un colchón mínimo de 3m entre la punta del pilote y la capa dura del terreno para contrarrestar el fenómeno de hundimiento regional, los apoyos se recibirán con zapatas rectangulares de diferentes dimensiones, desde 3.2 x 8.5m en zona de estribos hasta de 11.40 x 6.60m, 13.80 x 6.60m y 15.00 x 6.60m en zona al cruce con Av. Las torres.

Este tipo de cimentación se desprende de los resultados de campo y laboratorio que fueron realizados como sondeos del suelo, estudios de aforo vehicular, etc.; así como de las cargas dinámicas y estáticas que se transmitirán al subsuelo siendo esta opción de pilotes y zapatas la más adecuada para el proyecto.

Realizando un modelo de la estructura en general con este sistema de cimentación y como resultado de este análisis, se llegó finalmente a las cargas que soportarán los pilotes, tanto en condiciones estáticas como dinámicas. A continuación se muestra en la Tabla I.1 las cargas estáticas y dinámicas para las zapatas del eje A.

<b>EJE</b>	<b>Carga bajo condiciones estáticas en pilote en ton ya factorizado por 1.4</b>	<b>Carga bajo condiciones dinámicas en pilote, en ton ya factorizado por 1.1</b>
A1	29	84
A2	41	79
A3	34	80
A4	34	94
A5	31	92
A5	31	99
A7	31	94
A8	31	92
A9	28	103
A10	31	115
A11	32	89
A12	31	79
A13	28	64
A14	35	74
A15	28	84

Tabla I.1

**PILOTES.**

Los pilotes empleados en la construcción de la cimentación profunda para este puente son de concreto reforzado prefabricados *in situ*, tienen una sección rectangular de 40cm por lado,  $f'c= 250 \text{ Kg/cm}^2$ , y serán desplantados a una profundidad entre los 20.5 y los 22 metros por debajo del terreno natural. La Fig. I.1 muestra el tipo de pilote a fabricar.

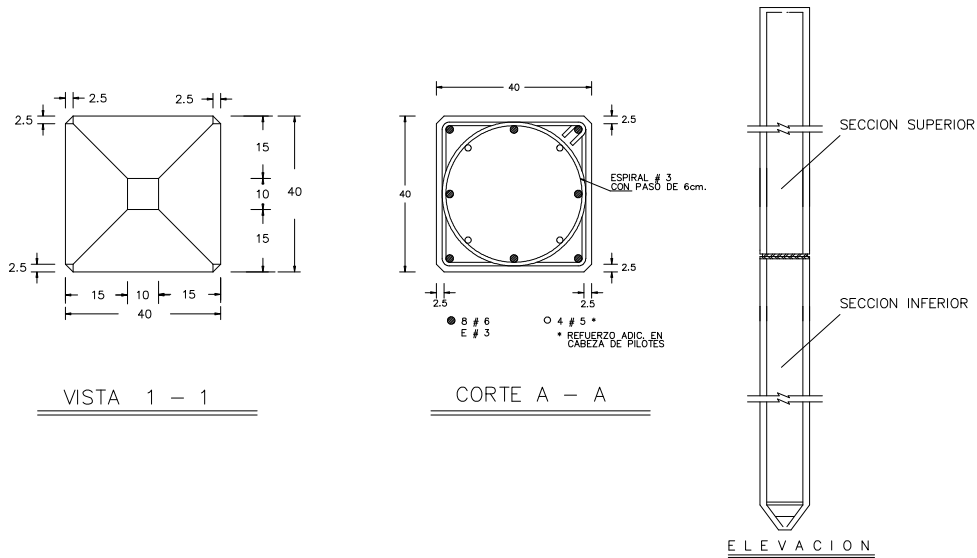


Fig. I.1

**ZAPATAS.**

Estas estarán constituidas de cajones de cimentación de concreto reforzado  $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$ , colado *in situ*, con una sección en planta de 9m de ancho por un largo que varía entre 5 y los 12m dependiendo de la ubicación que se refiera, un peralte de 2.7m. El nivel al cual son desplantadas es de 3.0m bajo el nivel del terreno, están constituidas por contratraveses con las siguientes dimensiones, 8 de 0.60 x 2.0m (CT-1 2pzas, CT-2 2 pzas, CT-4 2pzas, CT-5 2pzas), una de 1.0m x 2.0m (CT-3) y una de 1.20 x 2.0m, (CT-6) estas zapatas trabajan conjuntamente con los pilotes de cimentación. Fig. I.2

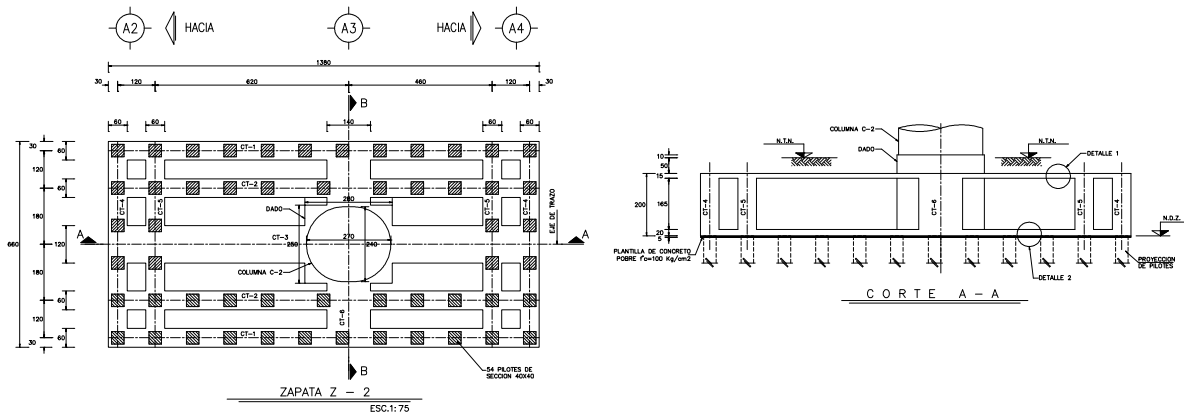


Fig. I.2

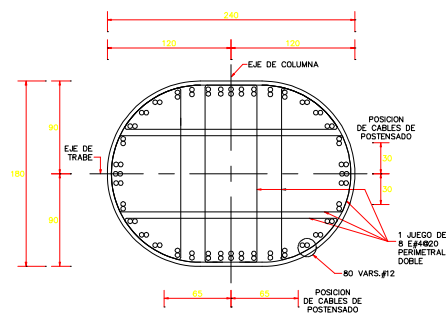


## I.2 ESTRUCTURA

La parte que denominaremos como estructura principal está formada por columnas, de concreto reforzado de diferentes medidas en cuanto a la altura se refiere, y van desde los 1.50m, hasta los 8.24m en la parte más alta del puente, en el eje A se construirán 13 columnas y dos muro estribo para soportar la estructura, mientras que en el eje B se construirán solo 12 columnas y dos muro estribo; aunado a este sistema y sobre cada una de las columnas se fabricarán los cabezales, estos son de sección variable y también se cuegan *in situ*. En total la estructura cuenta con 25 apoyos y cuatro muro estribo.

### COLUMNAS.

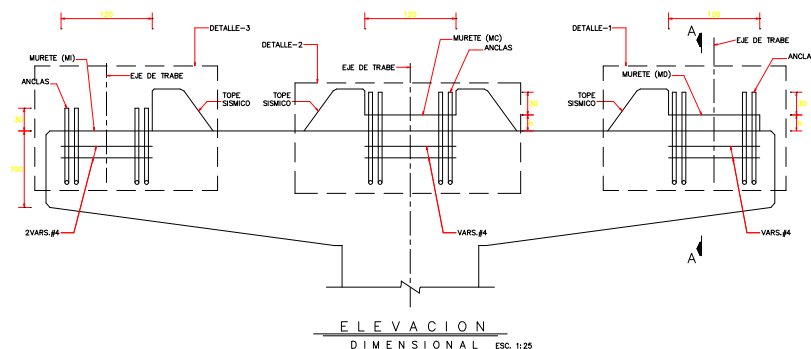
Son elementos de sección Oblonga (Fig.I.3), fabricadas de concreto reforzado colado en sitio, con una  $f'c= 400 \text{ Kg/cm}^2$ , su sección transversal es de 2.40m x 1.80m. Y su altura es variable conforme a su ubicación.



CORTE 1 - 1  
Fig. I.3

### CABEZALES.

Son elementos de sección variable en forma trapezoidal de concreto reforzado colado *in situ*, con  $f'c= 400 \text{ Kg/cm}^2$ , el ancho es de 1.80m y en la altura varia la sección desde 1.0m a 1.50m, este cabezal debe estar colado monolíticamente a la columna.



## MURO ESTRIBO.

Se cuenta con dos muros estribo por cada eje del puente, este muro está construido con concreto reforzado colado *in situ* de  $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ , desplantado sobre una zapata apoyada en 12 pilotes, este muro estribo será el encargado de ligar la rampa de acceso con la estructura principal del puente recibiendo las tres traveses en cada extremo.

## I.3 SUPERESTRUCTURA

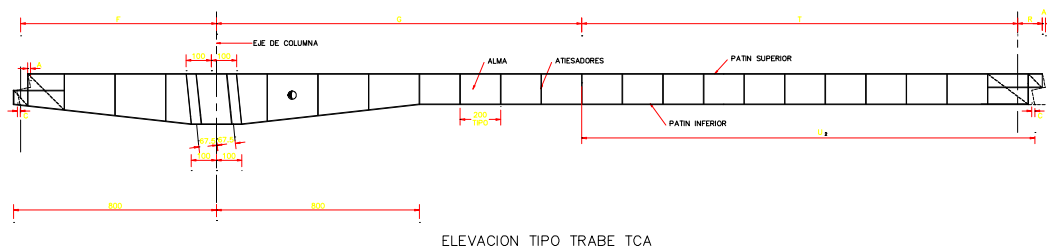
La estructura superior del puente la nombraremos superestructura, está constituida por catorce tramos entre columnas en el eje A y por trece tramos entre columnas en el eje B, entre cada uno de los tramos se colocarán tres traveses de acero estructural, estas traveses a su vez estarán ligadas entre ellas por medio de diafragmas.

La manera en la que se dispondrán las traveses será de forma paralela separadas cuatro metros una de otra a ejes, apoyadas en los cabezales, a las traveses también se le colocarán atiesadores en todo su peralte.

Sobre estas traveses se colocará el firme de concreto estructural de 27cm de espesor de  $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ , armado estructuralmente con acero de refuerzo  $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , este firme será la superficie de rodamiento de los vehículos y contará con una guarnición en cada lado aligerada y rematada con un pequeño parapeto metálico.

## TRABE.

Cada una de las traveses será fabricada conforme a la medida que se requiera en campo entre apoyo y apoyo, será de acero estructural de  $f'y = 3514 \text{ Kg/cm}^2$ , el peralte es variable comenzando de los 2.0m en el apoyo y se reduce de manera gradual hasta los 1.20m en una longitud de 8m a cada lado del apoyo. Los patines tienen un ancho de 1.20m y su espesor es de 3.2cm, las almas tienen un espesor de 1.6cm.



### **DIAFRAGMA.**

Se forman mediante dos diagonales de sección OR 102 x 63 de  $f_y=2530 \text{ Kg/cm}^2$ , con la finalidad de formar un solo cuerpo con las traveses principales.

### **FIRME ESTRUCTURAL.**

Este firme es colado en sitio se realiza con concreto hidráulico de  $f'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$  reforzado con acero estructural, tiene un peralte mínimo de 27cm y varía según los requerimientos del proyecto geométrico.

### **GUARNICIÓN.**

Esta es colada en sitio con concreto hidráulico ligero y reforzada con acero, su ancho será de alrededor de los 50cm, conteniendo en su interior los ductos necesarios para las instalaciones.

### **PARAPETO METÁLICO.**

Dicho parapeto será construido a base de perfil OR medido y cortado en campo.

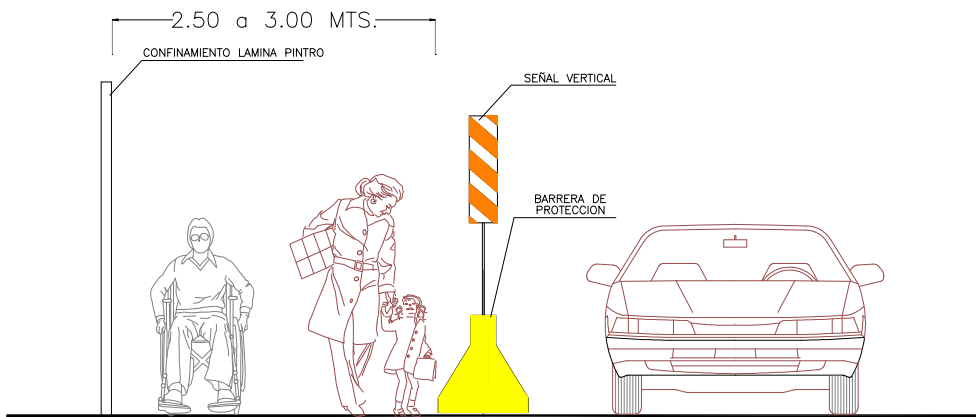
## **I.4 SEÑALIZACIÓN**

Esta es una parte importante de las obras debido a que en este caso se debe informar a todos los usuarios de la vialidad que va a ser afectada y por ende que su recorrido sufrirá cambios, así mismo las opciones de circulación y los peligros en su caso de las áreas en obra.

Estos señalamientos se pueden dividir en preventivos, horizontales, verticales, señales dinámicas, restrictivos, informativos, antes de la obra, durante el proceso de obra y señalamientos finales los cuales quedarán siempre para el uso del puente vehicular.



NOTA -CHECAR MANUAL DE APLICACIONES DE SEÑALES INFORMATIVAS PARA SUS LOGOTIPOS, COLORES TIPO DE LETRAS, DIMENSIONES E IMAGEN QUE SE APLICARAN A LAS SEÑALES ELEVADAS DE DESVIO DE OBRA ASI MISMO COMO LAS INFORMATIVAS DE DESTINO Y TURISTICAS



## **II. ESTUDIOS PREVIOS**

## **II.1 ESTUDIO DE VIALIDAD**

Para este punto se realizaron una serie de estudios de tránsito y aforo vehicular en el circuito interior del Distrito Federal, y para el caso que nos compete en el cruce con Av. Ermita y Av. Las Torres, estos estudios se dividen en:

- Antecedentes
- Trabajos de Campo
- Captura y procesamiento de la información
- Análisis de aforos y determinación del TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual)
- Análisis de tránsito
- Análisis de capacidad actual
- Análisis de capacidad de proyecto

A continuación se detallará un poco más cada uno de los estudios realizados y mencionados anteriormente.

### ANTECEDENTES

Dentro de la ciudad de México en el Distrito Federal se cuenta con varias vialidades importantes para el mismo, una de ellas es el circuito interior (Río Churubusco), ya que se constituye como una vialidad de acceso controlado en su mayor parte.

El resto de su longitud está operado con semáforos, como los comprendidos entre el eje 4 Sur Xola hasta Calzada de la Viga, de la Calzada de la Viga a Calzada de Tlalpan y de Calzada de Tlalpan a Av. Universidad. En el tramo comprendido entre Av. Universidad y Av. Revolución se tiene solo un cuerpo por sentido. A partir de Molinos se inicia un par vial formado por Av. Revolución de norte a sur y Av. Patriotismo en sentido sur-norte. Estas vialidades están operando con semáforos.

La sección transversal del circuito interior, en el tramo de acceso controlado, es en general de 3 carriles por sentido en los cuerpos centrales, y en los arroyos laterales se tienen dos carriles de circulación. En los tramos controlados por semáforos la sección transversal es variable, los carriles centrales de Av. Río Churubusco con Av. Las Torres y Av. Ermita son de 3 carriles, y los arroyos laterales son de dos carriles.

En el tramo comprendido entre Av. Universidad y Av. Molinos se tiene solo un cuerpo por sentido, con 5 carriles en promedio. El par vial formado por Av. Revolución y Av. Patriotismo tienen 6 y 7 carriles por sentido operando con semáforos. En el cruce de Extremadura, con sentido de oriente a poniente y cruce con Av. Patriotismo con sentido de Sur a Norte se cuenta con 5 carriles por sentido, operando con semáforos.

## TRABAJOS DE CAMPO

Con la finalidad de verificar la cantidad de vehículos que transitan por los lugares de interés para el proyecto se realizaron aforos vehiculares en seis intersecciones semaforizadas ubicadas en la parte sur del Circuito Interior.

Estos aforos se realizaron durante un día hábil, realizando dos clasificaciones generales por cuerpo central y cuerpo lateral en ambos sentidos y tomando en cuenta la siguiente clasificación vehicular.

AUTOS PICK UP MICROBUSES BUSES B2 B3 C2 C3 T2-S2 T3-S2 T3-S3  
T3-S2-R2 T3-S2-R3 T3-S2-R4

La designación de estas siglas son proporcionadas por la SCT

## AFOROS VEHICULARES.

Para conocer la operación del tránsito y los movimientos vehiculares que se generan en los cruceros en estudio fueron realizados los aforos direccionales durante 9 horas, en un día hábil de la semana, en todos los accesos de las intersecciones en estudio.

Estos trabajos se realizaron en tres horarios distintos tomando en cuenta las llamadas horas pico, un primer horario fue de las 7:00 a las 10:00 horas en el periodo de la mañana, el siguiente periodo comprende de las 12:00 horas hasta las 15:00 horas para tomar en cuenta el periodo del medio día. Y por último se verifico el aforo desde las 17:00 horas hasta las 20:00 horas.

Lo que se realizo en cada uno de los tres horarios anteriores fue el registro del tránsito de paso por una sección dada de la vialidad, efectuando los conteos en periodos de cada 15 minutos y se realizo una clasificación del tránsito según los diferentes tipos de vehículos como son autos, microbuses, autobuses y camiones de carga, con sus diferentes ejes.

El objetivo principal de este estudio fue conocer la variación horaria del tránsito e identificar la hora de máxima demanda (HMD) por la mañana, al medio día y por la tarde.

Esta información permitió estimar posteriormente los parámetros cualitativos y cuantitativos de la calidad y eficiencia del tránsito en los cruceros, tales como la capacidad y el nivel de servicio.

#### INVENTARIOS DE SEMAFOROS.

Se hizo el inventario de semáforos en cada uno de los cruceros en estudio, identificando los tipos de soporte de los semáforos ya sea en poste o en mensura y ubicando su posición en el crucero. También se registraron los programas con los cuales están operando los semáforos, obteniendo las fases y los tiempos de cada fase.

#### CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE INFORMACION

Después de tener todos los datos del aforo vehicular se realiza la captura de la información obtenida en campo en un formato específico, obteniendo la clasificación desglosada de cada cuerpo, tanto el central como el lateral y además por sentido.

Esta información se presenta en tablas para su mejor comprensión, a continuación se muestra una de ellas como ejemplo de los resúmenes de dichos aforos realizados en uno de los puntos.

**ACCESO:** LAS TORRES

**SENTIDO:** VUELTA IZQUIERDA

#### CLASIFICACIÓN VEHICULAR POR PERIODOS DE 15 MINUTOS

PERIODO	AUTOS	PICK UP	MICRO	BUS	B2	B3	C2	C3 Y C4	C5 Y C6	C7, C8, C9	TOTAL
06:00 – 06:15											0
06:15 – 06:30											0
06:30 – 06:45											0
06:45 – 07:00											0
07:00 – 07:15											0
07:15 – 07:30											0
07:30 – 07:45											0
07:45 – 08:00											0
08:00 – 08:15	33	5	3	1			2				44
08:15 – 08:30	36	3	4	2			3				48
08:30 – 08:45	36	4	7	4			2				53
08:45 – 09:00	40	6	6	2							54
09:00 – 09:15	29	3	2								34
09:15 – 09:30	34	2	4	2							42
09:30 – 09:45	33	5	3	1							42
09:45 – 10:00	36	3	4	2							45
10:00 – 10:15	32	3	1	1			2	1			40
10:15 – 10:30	29	3	2								34
10:30 – 10:45	34	2	4	2			3				45
10:45 – 11:00	36	4	2	2				2			46
11:00 – 11:15											0
11:15 – 11:30											0
11:30 – 11:45											0
11:45 – 12:00											0
12:00 – 12:15	36	4	7	4			2	2			55
12:15 – 12:30	40	6	6	2							54
12:30 – 12:45	36	5	7	2			3				53
12:45 – 13:00	46	6	5	3			1				61
13:00 – 13:15	40	2	4	1							47



13:15 – 13:30	33	5	3	1			2					44
13:30 – 13:45	36	3	4	2			3					48
13:45 – 14:00	41											41
14:00 – 14:15	40	4	6	3			2					55
14:15 – 14:30	43	6	5	2			1					57
14:30 – 14:45	42	5	7	1			3					58
14:45 – 15:00	44	3	5	3			2					57
15:00 – 15:15												0
15:15 – 15:30												0
15:30 – 15:45												0
15:45 – 16:00												0
16:00 – 16:15												0
16:15 – 16:30												0
16:30 – 16:45												0
16:45 – 17:00												0
17:00 – 17:15	45	6	3				1					56
17:15 – 17:30	32	7	5									44
17:30 – 17:45	49	4	4				3					65
17:45 – 18:00	46	6	3									57
18:00 – 18:15	58	5	5				2					72
18:15 – 18:30	60	6	6				6					82
18:30 – 18:45	64	8	9				4					87
18:45 – 19:00	81	5	8				5					104
19:00 – 19:15	68	4	3				1					79
19:15 – 19:30	79	8	7				3					102
19:30 – 19:45	75	10	9				5					106
19:45 – 20:00	78	11	5				5					104
20:00 – 20:15												0
20:15 – 20:30												0
20:30 – 20:45												0
20:45 – 21:00												0
21:00 – 21:15												0
21:15 – 21:30												0
21:30 – 21:45												0
21:45 – 22:00												0
<b>TOTAL</b>	<b>1620</b>	<b>172</b>	<b>168</b>	<b>84</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>66</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2115</b>

Tabla 1. Aforos de 9 horas en la estación 1 Las Torres

Teniendo la información anterior se agrupan los diferentes tipos de vehículos en 5 clases, siendo estos los siguientes:

- Autos
- Buses
- Camiones unitarios
- Camiones articulados 1
- Camiones articulados 2

Obteniendo una tabla como la que se muestra enseguida por cada cuerpo (central y lateral) y por sentido:

PERIODO	AUTOS	TAXIS	COMBIS	MICROBUS	BUSES	FORANEOS	C2	C3 Y C4	C5 Y C6	C7 o MAS	0	TOTAL
06:00 - 07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
07:00 - 08:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
08:00 - 09:00	4517	161	32	22	5	10	35	0	0	0	0	<b>4782</b>
09:00 - 10:00	4020	77	38	16	1	0	15	0	0	0	0	<b>4167</b>
10:00 - 11:00	4425	178	39	19	4	8	18	4	2	0	0	<b>4697</b>
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
12:00 - 13:00	5010	210	59	27	0	11	30	2	0	0	0	<b>5349</b>

13:00 - 14:00	4659	191	45	15	4	7	44	1	0	0	0	<b>4966</b>
14:00 - 15:00	4775	209	51	22	2	3	47	3	0	0	0	<b>5112</b>
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
17:00 - 18:00	4372	179	51	24	0	4	22	0	0	0	0	<b>4652</b>
18:00 - 19:00	4960	176	71	28	1	5	38	0	7	0	0	<b>5286</b>
19:00 - 20:00	4967	170	56	27	1	3	27	0	0	0	0	<b>5251</b>
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
	<b>41705</b>	<b>1551</b>	<b>442</b>	<b>200</b>	<b>18</b>	<b>51</b>	<b>276</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>44262</b>
	94%	3.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

Tabla 2. Resumen Por Hora de la Intersección 1 Las Torres.

### ANALISIS DE AFOROS Y DETERMINACION DEL TPDA

Como se menciona anteriormente se realizo el aforo en las seis intersecciones 9 horas del día durante un día hábil de la semana, tomando en cuenta la separación de central y lateral de la Av. Río Churubusco, según si le correspondía el caso.

Después de capturar y procesar la información del tránsito obtenido durante las 9 horas de un día de la semana, se aplicaron los factores diario, semanal y mensual para obtener un tránsito promedio diario.

### Estación 1 Circuito Interior (Río Churubusco) y Av. De las Torres (Cuerpo Central)

En esta estación se aforo el día 01/Julio/08 y aplicándole los factores correspondientes se obtuvo lo siguiente:

### AFORO DIRECCIONAL EN CERRO DE LAS TORREES VIA LACTEA

ESTACION: 4 ACCESOS  
TODOS LOS MOVIMIENTOS

	AUTOS	MICROBUS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
<b>FACTOR DIA</b>	0.4934	0.4934	0.4934	0.4934	
<b>VOLUMEN 24 H</b>	88573	405	140	598	89716
<b>FACTOR SEM</b>	1.0089	1.0089	1.0089	1.0089	
<b>VOLUMEN SEM</b>	87792	401	139	593	88925
<b>FACTOR MES</b>	1.095	1.095	1.095	1.095	
<b>TPDA</b>	<b>80175</b>	<b>366</b>	<b>127</b>	<b>542</b>	<b>81210</b>

Tabla 3. TDPA Río Churubusco y Av. De las Torres (Cuerpo Central)

Obteniendo el TDPA de 81,210 vehículos en esta intersección.

### Estación 1 Las Torres (Cuerpo Lateral)

AFORO DIRECCIONAL EN CERRO DE LAS TORREES VIA LACTEA

ESTACION: 4 ACCESOS

TODOS LOS MOVIMIENTOS

	AUTOS	MICROBUS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
<b>FACTOR DIA</b>	0.4934	0.4934	0.4934	0.4934	
<b>VOLUMEN 24 H</b>	97005	438	162	651	98256
<b>FACTOR SEM</b>	1.0089	1.0089	1.0089	1.0089	
<b>VOLUMEN SEM</b>	96150	434	161	645	97390
<b>FACTOR MES</b>	1.095	1.095	1.095	1.095	
<b>TPDA</b>	<b>87808</b>	<b>396</b>	<b>147</b>	<b>589</b>	<b>88940</b>

Tabla 4. TDPA Río Churubusco y Av. De las Torres (Cuerpo Lateral)

Obteniendo el TDPA de 88,940 vehículos en esta intersección

### Estación 2 Circuito Interior (Río Churubusco) y Ermita Iztapalapa (Cuerpo Central)

En esta estación se aforo el día 01/Julio/08 y aplicándole los factores correspondientes se obtuvo lo siguiente:

AFORO DIRECCIONAL EN RIO CHURUBUSCO Y ERMITA IZTAPALAPA

TODOS LOS MOVIMIENTOS

	AUTOS	MICROBUS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
<b>FACTOR DIA</b>	0.4934	0.4934	0.4934	0.4934	
<b>VOLUMEN 24 H</b>	87600	859	955	1638	91052
<b>FACTOR SEM</b>	1.0089	1.0089	1.0089	1.0089	
<b>VOLUMEN SEM</b>	86828	851	947	1624	90250
<b>FACTOR MES</b>	1.095	1.095	1.095	1.095	
<b>TPDA</b>	<b>79295</b>	<b>777</b>	<b>865</b>	<b>1483</b>	<b>82420</b>

Tabla 5. TDPA Río Churubusco y Calz. Ermita Iztapalapa (Cuerpo Central)

Obteniendo el TDPA de 82,420 vehículos en esta intersección.

### Estación 2 Circuito Interior (Río Churubusco) y Ermita Iztapalapa (Cuerpo Lateral)

AFORO DIRECCIONAL EN ERMITA LATERAL

ESTACION: 4 ACCESOS

TODOS LOS MOVIMIENTOS

	AUTOS	MICROBUS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
<b>FACTOR DIA</b>	0.4934	0.4934	0.4934	0.4934	
<b>VOLUMEN 24 H</b>	56120	835	866	3571	61392
<b>FACTOR SEM</b>	1.0089	1.0089	1.0089	1.0089	
<b>VOLUMEN SEM</b>	55625	828	858	3540	60851
<b>FACTOR MES</b>	1.095	1.095	1.095	1.095	
<b>TPDA</b>	<b>50799</b>	<b>756</b>	<b>784</b>	<b>3233</b>	<b>55572</b>

Tabla 6. TDPA Río Churubusco y Calz. Ermita Iztapalapa (Cuerpo Lateral)

Obteniendo el TDPA de 55,572 vehículos en esta intersección.

## ANALISIS DEL TRANSITO

### ESTACION 1 LAS TORRES

*CARRILES CENTRALES.*- El flujo total observado de sur a norte fue de 20,902 Vehículos. De norte a sur con 18,793 Vehículos, de poniente a oriente un flujo total de 13,405 Vehículos. Compuesto por 4,596 Vehículos. En carriles centrales, y 8,809 Vehículos. En carriles laterales.

Las horas de máxima demanda en carriles centrales son de 8 a 9 en la mañana con un total de 4,789 Vehículos., al medio día de 12 a 13 horas con 5,349 Vehículos. Y por la noche de las 18:30 a 19:30 horas con 5,816 Vehículos.

**El TPDA en carriles centrales, es de 81,210 Vehículos.**

*CARRILES LATERALES.*- Las horas de máxima demanda en carriles laterales son de 8 a 9 en las mañana con un total de 5,267 Vehículos., al medio día de 13:30 a 14:30 horas con 5,967 Vehículos. Y por la noche de las 18:30 a 19:30 horas con 6,008 Vehículos.

**El TDPA en carriles laterales es de 88,940 Vehículos.**

### ESTACION 2 CALZADA ERMITA IZTAPALAPA

*CARRILES CENTRALES.*-El flujo total observado de norte a sur fue de 20,716 Vehículos. Compuesto en carriles centrales de 14,958 Vehículos. Y en carriles laterales 5,803 Vehículos. Un flujo total de sur a norte de 17,376 Vehículos. Compuesto en carriles centrales 14,294 Vehículos. Y en carriles laterales 3,082 Vehículos., de poniente a oriente un flujo total de 15,258 Vehículos., de oriente a poniente con un flujo total de 425 Vehículos.

Las horas de máxima demanda en carriles centrales son de 10 a 11 en la mañana con 5,064 Vehículos., al medio día de 12:30 a 13:30 horas con 5,963 Vehículos., y por la noche de las 17:30 a 18:30 horas con 5,573 Vehículos.

**El TDPA en carriles centrales, es de 82,420 Vehículos.**

*CARRILES LATERALES.*- Las horas de máxima demanda en carriles laterales son de 8:30 a 9:30 en la mañana con 3,256 Vehículos., al medio día de 14 a 15 horas con 3,739 Vehículos. Y por la noche de las 17:15 a 18:15 horas con 4,260 Vehículos.

**El TDPA en carriles laterales es de 55,572 Vehículos.**

## ANALISIS DE CAPACIDAD ACTUAL

Con la información recopilada en campo (aforos direccionales e inventario de semáforos) y la determinación de las horas de máxima demanda en cada una de las intersecciones estudiadas se procedió a determinar el nivel de servicio de cada una de las intersecciones.

Con ayuda de un programa de análisis de capacidad Syncho en su versión 5, se procedió a determinar los niveles de servicio de cada intersección. Los niveles de servicio se determinan de acuerdo al Highway Capacity Manual de los Estados Unidos de América, los cuales se determinan de acuerdo a la demora en la intersección. En la siguiente tabla se observan las demoras en la intersección y su nivel de servicio correspondiente.

NIVELES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA POR VEHICULO	OPERACION
A	< = 5 seg	EXCELENTE
B	5.1 a 15 seg	BUENA
C	15.1 a 25 seg	ACEPTABLE
D	25.1 a 40 seg	MALA
E	40.1 a 60 seg	MUY MALA
F	> = 60 seg	FUERA DE CONTROL

Fuente: Highway Capacity Manual. Ed. 2000. Transportation Research Board, U.S.A.  
 Tabla 7 Niveles de Servicio del HCM

Aplicando el programa Syncho en su versión 5, se obtuvieron los niveles de servicio de cada una de las intersecciones estudiadas, dando como resultado en el tramo que nos compete lo siguiente:

AV. RIO CHURUBUSCO Y CALZADA ERMITA IZTAPALAPA

Se determinaron los niveles de servicio para cada una de las horas de máxima demanda, obteniendo lo siguiente:

Periodo	Nivel de Servicio
AM	C
MD	C
PM	C

Lo cual indica que esta intersección está funcionando aceptablemente durante sus tres periodos de máxima demanda pero está en el límite de su capacidad.

ANALISIS DE CAPACIDAD DE PROYECTO

El Gobierno del Distrito Federal ha implementado la construcción de pasos elevados en las intersecciones en estudio, observándose las siguientes soluciones:

- El puente de Av. Revolución y Av. Molinos.- Comprende de Av. Revolución antes de la Av. Extremadura hasta pasando la Av. Félix Parra, en el sentido norte – sur.
- El puente de Av. Río Churubusco y Av. Centenario.- Comprende el paso de este cruce de oriente a poniente en ambos sentidos.

- **El puente de Río Churubusco y Calz. Ermita Iztapalapa.- Comprende desde antes de Ermita Iztapalapa hasta pasando la Av. De las Torres (Andrés Molina)**

Con la información referente al proyecto a ser implementado en las intersecciones estudiadas se procedió a determinar los niveles de servicio ya con el proyecto aplicado.

Para este caso se utilizaron los dos periodos de mayor demanda en cada una de las intersecciones, obteniendo los siguientes niveles de servicio.

AV. PATRIOTISMO Y AV. MOLINOS.- Se determinaron los niveles de servicio para las horas de máxima demanda obteniendo lo siguiente:

Periodo	Nivel de Servicio
AM	C
PM	C

Pasando del nivel F a nivel C en cada una de las horas estudiadas, lo que significa que si habrá una mejora considerable.

AV. RIO CHURUBUSCO Y AV. CENTENARIO.- Se determinaron los niveles de servicio para las horas de máxima demanda obteniendo lo siguiente:

Periodo	Nivel de Servicio
AM	C
PM	B

Pasando de niveles B y F a niveles B y C en las horas estudiadas, lo que significa que si habrá una mejora considerable.

AV. RIO CHURUBUSCO Y CALZADA ERMITA IZTAPALAPA.- Se determinaron los niveles de servicio para las dos horas de máxima demanda obteniendo lo siguiente:

Periodo	Nivel de Servicio
MD	B
PM	B

Pasando de nivel C a nivel B en las horas estudiadas, lo que significa que si habrá una mejora considerable.

AV. RIO CHURUBUSCO Y LAS TORRES.- Se determinaron los niveles de servicio para las dos horas de máxima demanda obteniendo lo siguiente:

Periodo	Nivel de Servicio
MD	C

PM

C

Pasando de nivel D a nivel B en las horas estudiadas, lo que significa que si habrá una mejora considerable.

## **II.2 MECÁNICA DE SUELOS**

Una parte muy importante de todo proyecto es lo relativo a la composición del suelo sobre el cual se desplantará la estructura o construcción, debido a que en función de lo que se encuentre conforme a los estudios, se determinará la cimentación óptima para cada proyecto.

Con el objeto de determinar las condiciones geotécnicas en las que se desarrolla el proyecto del puente vehicular Ermita, se recopiló la mayor información posible de la zona y posteriormente esta información fue verificada mediante recorridos de inspección superficial.

A partir del reconocimiento se planteó el programa de exploración de campo en 2 etapas; en una primera etapa se ejecutó un sondeo exploratorio denominado SE-01 a 35 m de profundidad y tuvo como finalidad conocer la composición de los estratos mediante la combinación del muestreo alterado y el empleo del tubo de pared delgada para la recuperación de las muestras inalteradas.

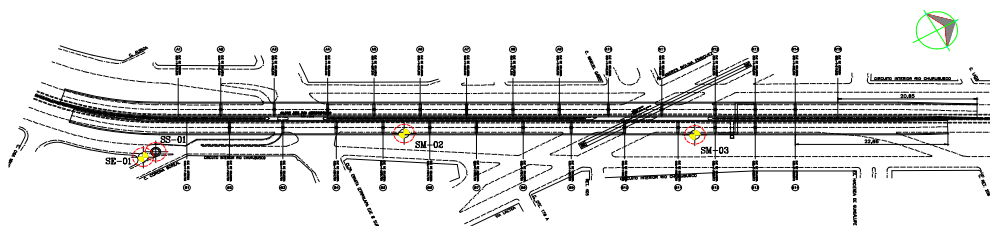
En una segunda etapa, a un lado del SE-01 se programó un sondeo selectivo de donde se recuperaron únicamente muestras inalteradas con el tubo de pared delgada de los estratos más vulnerables a las cargas que se impondrán por el puente.

Adicionalmente se contempló en esta segunda etapa, dos sondeos más, denominados SM-02 y SM-03 a 35 m de profundidad cada uno, que se distribuyeron sobre el desarrollo del puente. En estos se alternó la prueba de penetración estándar con la extracción de muestras inalteradas con el tubo de pared delgada o Shelby. El muestreo alterado se obtuvo con el equipo y procedimiento de la prueba de penetración estándar (SPT).

Este método, además de permitir la obtención de muestras, proporciona un índice cualitativo de la compacidad o consistencia de los suelos, en función de su resistencia a la penetración, definida ésta como el número de golpes necesario para avanzar 30 cm. El muestreo inalterado como se dijo se realizó con el empleo del tubo Shelby.

La ubicación de los sondeos se muestra en la siguiente figura:

PUENTE VEHICULAR  
ERMITA IZTAPALAPA – LAS TORRES – CHURUBUSCO  
LOCALIZACION DE SONDEOS



Todas las muestras de suelo fueron clasificadas manual y visualmente en el campo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y posteriormente fueron protegidas contra la humedad y etiquetadas convenientemente para su traslado al laboratorio.

En las muestras obtenidas durante la exploración, se efectuaron los ensayos de laboratorio necesarios tanto para definir la clasificación de los materiales como para determinar los parámetros mecánicos que interesa conocer para los análisis geotécnicos requeridos. A continuación, se hace una breve descripción de todos los ensayos efectuados.

Las propiedades índice se determinaron a partir de los siguientes ensayos:

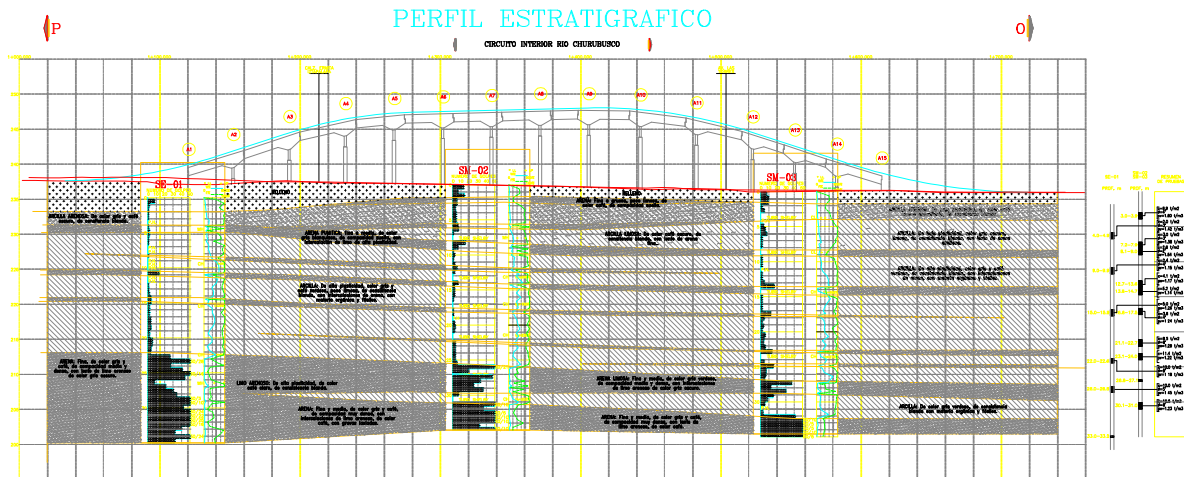
- Clasificación visual y al tacto (SUCS)
- Contenido natural de agua
- Límites de plasticidad (líquido y plástico)
- Densidad de Sólidos
- Granulometría
- Porcentaje de finos

De las muestras alteradas e inalteradas, se extrajo una porción del material para efectuar la clasificación visual y al tacto, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), así como para la determinación de su contenido natural de agua.

Para precisar la clasificación del material, en muestras selectivas, se realizaron granulometrías, porcentaje de finos y se determinaron los límites de plasticidad.

Los datos así obtenidos sirvieron para elaborar los perfiles estratigráficos de los sondeos, los cuales se presentan también en la figura 3 en la que se incluye la ubicación de los sondeos, el contenido natural de agua, límites de plasticidad, número de golpes de la prueba de penetración estándar, porcentaje de grava, arena y finos y clasificación.





### ENSAYES PARA DETERMINAR PARÁMETROS MECÁNICOS

Sobre las muestras inalteradas se efectuaron ensayos para la determinación de los parámetros de resistencia y deformación. Las pruebas mecánicas realizadas a las muestras fueron los siguientes:

- Ensaye de compresión simple cíclica  $q_u$
- Ensaye de resistencia al esfuerzo cortante tipo Triaxial  $\mu\mu$  (no consolidada no drenada)
- Ensayes de consolidación

La resistencia a la compresión simple y compresión Triaxial se determinó en probetas cilíndricas de 3.5 cm de diámetro y 8.5 cm de altura, aplicando una velocidad de deformación controlada de 1 mm/min, obteniéndose las curvas esfuerzo deformación y resistencia última.

### ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

De acuerdo con la Zonificación Geotécnica establecida en las Normas Técnicas Complementarias (NTC) para el diseño y construcción de cimentaciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), el puente se ubica en la Zona del Lago (Anexo I), que se caracteriza por tener una costra superficial, una formación arcillosa superior que se caracteriza por tener materiales limosos y arcillosos de alta plasticidad y una capa dura.

De acuerdo con el mapa de isopropfundidades a los depósitos profundos que aparece en las NTC para diseño por sismo (Anexo I), se tiene que para el puente en estudio, los depósitos profundos se encuentran entre 20 y 30 m de profundidad.

### HUNDIMIENTO REGIONAL

Otro punto importante que debe tomarse en cuenta es el hundimiento regional, esto se realiza con el objeto de establecer la velocidad de hundimiento regional que se presenta en la zona

donde se construirá la obra, para nuestro caso se recopiló la mayor información posible de la siguiente manera.

Como es sabido la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) lleva a cabo nivelaciones de manera periódica en los bancos de nivel que tiene a su cargo y que se encuentran distribuidos en todo el Distrito Federal, se localizaron los más cercanos a área en estudio, esto fue mediante coordenadas en Unidades Técnicas de Mercator (UTM) utilizando un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), encontrando que los bancos ubicados cerca de la zona en estudio tienen información por periodos de dos años generalmente, desde 1983 y hasta 1998.

A partir de la última nivelación disponible, efectuada ente 1992 y 2005, se tiene que los bancos más próximos al puente manifiestan velocidades de hundimiento de 2 a 4 cm por año. Este dato se tomará en cuenta para el desarrollo del proyecto.

#### ZONA SÍSMICA

También es de suma importancia los datos en cuestión de sismos, debido a que el sitio en estudio pertenece a la zona geotécnica del lago, se estima un periodo dominante del suelo de 0.75s de acuerdo con lo observado en curvas de igual periodo dominante en esta zona.

#### COEFICIENTE SÍSMICO

El coeficiente sísmico aplicable al análisis sísmico de las estructuras, se definirá en función de los espectros de respuesta calculados y las características de las estructuras; sin embargo, se tomó un coeficiente sísmico de 0.4g que deberá incrementarse en 50% para estructuras del grupo "A" como es el caso de este puente de acuerdo al RCDF y sus Normas Técnicas Complementarias aplicables.

#### ESTRATIGRAFÍA

Tal y como se observó en el punto de Zonificación Geológica, los perfiles estratigráficos muestran claramente los 3 depósitos característicos que definen la zona del lago; es decir, se tiene una costra superficial, la formación arcillosa superior intercalada por lentes arenosos y limosos y una capa dura que se presenta a diferentes profundidades comprendidas entre 25 y 27m. En el Anexo I se muestran los resultados de los sondeos realizados así mismo se describen las propiedades obtenidas en ellos tanto en campo como en laboratorio y para cada sondeo.

Del análisis de cada uno de los sondeos se puede concluir que la estratigrafía que presenta la zona es la típica de la zona del lago con espesores compresibles que se extienden hasta los 25 y 27 de profundidad y que a partir de éstas se tiene un estrato de mayor resistencia que se conoce como capa dura.

A continuación, se hará la revisión de los estados límites de falla de tal manera que dichas cargas no excedan lo recomendado por la expresión que se señala en el siguiente capítulo.

### ESTADOS LÍMITES DE FALLA

El criterio de revisión de este estado límite de falla se basó en las expresiones propuestas en las Normas Técnicas Complementarias para diseño y Construcción de Cimentaciones y que se mencionan a continuación

### CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA

La capacidad de carga última por punta para los pilotes se definió mediante la siguiente ecuación propuesta en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones:

$$C_p = (P'_v N_q F_R + P_v) A \dots \dots \dots II.1$$

Donde  $C_p$  representa la capacidad de carga última por punta,

Siendo  $A_b$  el área de la sección del pilote a nivel de desplante,  $N_q$  es un factor de capacidad de carga que depende del ángulo de fricción interna del depósito de apoyo ( $\phi$ ) y de la geometría de la superficie potencial de deslizamiento asumida,

$P'_v$  Es el esfuerzo vertical efectivo a la profundidad de desplante del pilote.

$P_v$  Es el esfuerzo vertical total a la profundidad de desplante del pilote.

### CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN

La capacidad de carga por fricción ( $Q_{cf}$ ) en un suelo estratificado, como el que nos ocupa, se consideró como la suma de las capacidades friccionantes desarrolladas por cada estrato sobre el perímetro del pilote, lo cual se calculó con la siguiente expresión:

$$Q_{cf} = \sum Q_{fi}$$

Donde  $\sum Q_{fi}$  representó la sumatoria de la fuerza friccionante que puede desarrollarse en cada capa de suelo.

Para el proyecto que nos ocupa, se consideró que la aportación de la fricción en perímetro del pilote está dada por la contribución de los suelos cohesivos para lo cual se aplicó la siguiente expresión también tomada de las Normas Técnicas Complementarias que para el caso de los suelos cohesivos, la resistencia al esfuerzo cortante a lo largo del perímetro de los pilotes se obtuvo para cada estrato con la siguiente expresión:

$$Cf_i = \sum_{i=1}^n f_i$$

Donde:

$$f_i = C * A_l * F_r \dots \dots \dots II.2$$

Donde C es la cohesión obtenida en pruebas triaxiales no consolidadas no drenadas  
 A<sub>l</sub>= Área lateral del perímetro del pilote  
 A<sub>r</sub> = es el factor de resistencia

Otro aspecto que se consideró es el relativo al desarrollo de la fricción negativa que se presentará a lo largo del perímetro del pilote de tal manera que se revisó con la siguiente expresión:

$$\sum QF_c + FN < R \dots \dots \dots II.3$$

Σ QF<sub>c</sub>. Suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación de carga considerada, afectada por su respectivo factor de carga f<sub>c</sub>. Se deberá considerar el efecto de fricción negativa (FN) que pudiera desarrollarse sobre el perímetro de los mismos o sobre su envolvente con factor de carga unitario.

R Capacidad de carga del sistema constituido por los pilotes de cimentación, en toneladas utilizando las expresiones II.1 y II.2.

REVISIÓN EN CONDICIONES ESTÁTICAS

Aplicando las expresiones para el cálculo de capacidad de carga por punta y por fricción, anteriormente mencionadas, y para cada uno de los estratos, se obtuvo para cada pilote, las siguientes capacidades de carga última.

Donde:

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE PILOTES DE 0.4 X 0.4 M  (m)	Qp  (ton)	FP  (ton)	Qp + FP  (ton)	FN  (ton)	Po. Po. Pilote, en ton	QP+FP-FN-PoPo Carga de servicio  (ton)
22	7	112	119	46.2	7.7	<b>65.1</b>

Tabla I. Carga admisible por cada pilote.

Donde:

$Q_u$  Carga ultima por punta, en toneladas, sin factor de reducción por escala,  $F_u$ .

$FP$  Fricción positiva en el fuste de la pila a 22 m, en toneladas.

$FN$  Fricción negativa desarrollada en el tramo superior del pilote de 2.5 a 20 m

$Q_p + FP - FN - P_0$   $P_0$ : Carga de servicio del pilote, en ton.

Del análisis de esta tabla se concluye que la presencia de la fricción negativa, el peso de la estructura y el peso propio de los pilotes se equilibrarán con la capacidad de carga admisible dada por la punta y la fricción y que este equilibrio se encuentra a 13m de profundidad que es donde se encuentra el eje neutro y donde de este eje neutro hacia arriba se presenta la fricción negativa de 46.2 ton y del eje neutro hacia abajo se desarrolla la fricción positiva de 88 ton y por lo tanto las zapatas en conjunto con los pilotes irán bajando con el hundimiento regional.

#### REVISIÓN EN CONDICIONES SÍSMICAS

En condiciones sísmicas y considerando que la capacidad de carga admisible total es de 119 toneladas y dado que tenemos descargas máximas de 115 toneladas ya factorizadas, se concluye que ante un evento sísmico no se tendrán problemas de capacidad de carga.

#### REVISIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Se considera que los asentamientos que se presentarán bajo los pilotes serán fundamentalmente de tipo diferido, es decir se presentarán a largo plazo, razón por la cual se utilizaron las pruebas de compresibilidad y como teoría de apoyo la de consolidación de Terzaghi.

Se eligieron 4 zapatas representativas del eje A con sus respectivas cargas y número de pilotes y son las que se enlistan a continuación:

EJE	Zapata rectangular	No. de pilotes
A3 y A8	13.80 x 6.60	54
A9 y A11	15.00 x 6.60	64
A2 y A14	11.40 x 6.60	44
A1 y A15	3.20 x 8.50	12

Para el cálculo de asentamientos al centro de cada zapata, se utilizó un programa de computadora que toma en cuenta las dimensiones de la zapata y la deformabilidad de los estratos.

A continuación en la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos.

<b>EJE</b>	<b>Zapata rectangular</b>	<b>Asentamiento en cm</b>
A3 a A8	13.80 x 6.60	5.8
A9 a A11	15.00 x 6.60	5.5
A2 y A14	11.40 x 6.60	6.8
A1 y A15	3.20 x 8.50	12

De los resultados obtenidos, puede concluirse que los asentamientos entre zapatas cercanas son pequeños, es decir, entre el eje A8 y A9, se tendrá un asentamiento diferencial de 0.3 cm y entre las zapatas A1 y A2 se tendrá un asentamiento diferencial de 5.2 cm. La relación entre estos asentamientos diferenciales y su respectivo claro se tiene para el primero de  $0.3/3470 = 0.000086$  y para el segundo de  $5.2/3200 = 0.0016$ , los cuales se consideran para fines prácticos imperceptibles y dentro de la reglamentación vigente.

Con base en el análisis e interpretación de la información recopilada y junto con los resultados del estudio se presentan e siguiente resumen:

1. De acuerdo con los resultados de la exploración de campo, laboratorio y datos de proyecto, en donde se considera un tipo de cimentación profundo consistente en zapatas rectangulares trabajando con pilotes de concreto reforzado de 0.4 x 0.4 m, desplantados a una profundidad de 22 m. Los pilotes desplantados a esta profundidad trabajarán básicamente por fricción dejando en todos los casos un colchón compresible mínimo de 3m entre la punta del pilote y la capa dura para el fenómeno de hundimiento regional.
2. Del análisis estructural se obtuvieron las descargas máximas en condiciones estáticas de 41 ton/ pilote y en condiciones sísmicas de 105 ton/pilote.
3. La capacidad de carga admisible total a tomar en cuenta para los pilotes es de 119 ton (por punta es igual a 7 y por fricción es de 112), los pilotes serán de sección 0.4 x 0.4 m y profundidad de desplante  $D_f$  de 22m en promedio.

4. Se concluye que ante las cargas de servicio máximas de 115 ton debidas al sismo a que se verán sometidas los pilotes, éstos no tendrán ningún problema debido a que su capacidad de carga admisible es de 119 ton.
5. Los asentamientos de cada zapata estarán comprendidos entre 5.5 y 6.8 cm y la relación de asentamiento diferenciales con respecto al claro cumplen con la Normatividad vigente tal y como se mencionó anteriormente serán para fines prácticos despreciables.
6. Durante la construcción de la cimentación, es conveniente contar en obra con un ingeniero especialista en cimentaciones con experiencia para garantizar la calidad de la obra y se alcancen los objetivos del proyecto.

### **II.3 INSTALACIONES EXISTENTES**

Durante la construcción y ejecución de este proyecto se cuidó el no dañar las instalaciones existentes; y en su caso, realizar las desviaciones pertinentes para no entorpecer el proceso constructivo del mismo. A continuación se enumeran las instalaciones más importantes que se localizaron y que de alguna manera se modificaron en cuanto a trayectoria, ubicación, modificación de proyecto, etc. Previo estudio de factibilidad en cada caso.

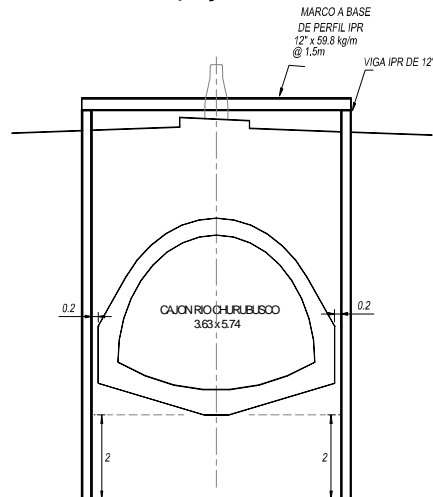
- Antiguo Rio Churubusco
- Líneas de alta tensión sobre avenida de las Torres
- Líneas de agua potable
- Línea de energía para trolebús sobre Av. Ermita
- Instalaciones de telefonía y fibra óptica sobre Av. Ermita
- Instalaciones de alumbrado público
- Semáforos
- Edificaciones contiguas a ambos ejes

Mencionare en seguida los estudios que se realizaron para cada uno de los puntos anteriormente descritos y la propuesta de solución en el caso que corresponda.

#### **PROTECCION DEL CAJON DE RIO CHURUBUSCO.**

Como reto principal está el de no dañar el cajón que conduce las aguas negras (lo que era el antiguo río churubusco), actualmente este río está encofrado y será el que prácticamente divida los dos cuerpos del puente. Para lograr esto se realizó lo siguiente:

Se localizo y trazó el recorrido del cajón sobre la superficie del terreno mediante calas, después de tener perfectamente identificada la trayectoria (ancho y largo), se analizó y se concluyó que la mejor manera de proteger el cajón es mediante una especie de bastidor metálico a base de viga IPR de 12", hincada a todo lo largo del recorrido a cada 1.50m, adicionalmente a esto se soldará una vigueta transversal de 12" montada sobre las viguetas verticales, para así formar varios marcos de protección para el cajón que eviten que al momento de hincar los pilotes el terreno empuje directamente sobre las paredes del cajón.



**LINEAS DE ALTA TENSIÓN.**

Dentro del recorrido que tendrá el puente se detecta que sobre el circuito interior al cruce con la Av. Las Torres las líneas de energía eléctrica están por debajo de la altura necesaria para el cruce del puente, motivo por el cual se propone la reubicación en altura de dichas líneas de energía, esto se logrará construyendo tres torres nuevas en los lugares estratégicos (se indica en los círculos sobre av. Las torres) para dar nueva altura a estas líneas y así poder cumplir con las normas.







Altura actual la cual  
No es suficiente

#### LINEAS DE AGUA POTABLE

En este caso se localizaron las líneas de conducción de agua potable que deberían ser reubicadas con otra trayectoria, una de estas líneas se localizo cerca de la zapata A5 en el cruce de rio churubusco y Av. Ermita Iztapalapa.

#### LINEAS DE ENERGIA PARA TROLEBUS

Para este punto solamente se solicitará una liberación para poder trabajar en el hincado de pilotes y otra para la colocación de las trabes, no será necesaria la reubicación de la línea de energía solo se cubrirá con poliducto en todo el tramo donde pasan debajo del puente.

#### INSTALACIONES DE TELEFONÍA Y FIBRA ÓPTICA

Se localizaron instalaciones de fibra óptica cerca de la zapata B2, la trayectoria de estas instalaciones pasan dentro del área de la zapata mencionada y complicaba la colocación de los pilotes marcados en proyecto, se analizó las opciones que eran: reubicar las líneas de fibra óptica o modificar la zapata en cuestión. De un análisis minucioso se llego a la conclusión de que lo mejor en cuanto a costo y tiempo sería modificar el proyecto en cuestión de esta zapata, se realizaron los cálculos necesarios y se determino la nueva disposición de los pilotes para esta zapata y dimensiones de la misma, además como protección adicional se encofraran las instalaciones de fibra óptica.

#### INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

Todas las instalaciones de alumbrado público que entorpecían el proyecto fueron desmanteladas principalmente las instalaciones que se encontraban sobre el camellón principal del rio churubusco ya que al término de la obra éstas serán sustituidas.

#### SEMÁFOROS EN LA ZONA

También en este aspecto se llevo a cabo un censo de los semáforos en la zona y se analizó cuales deberían ser desmantelados debido a que dejarán de ser útiles al término de la obra.



### **III. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS**

### III.1 OBRAS INDUCIDAS

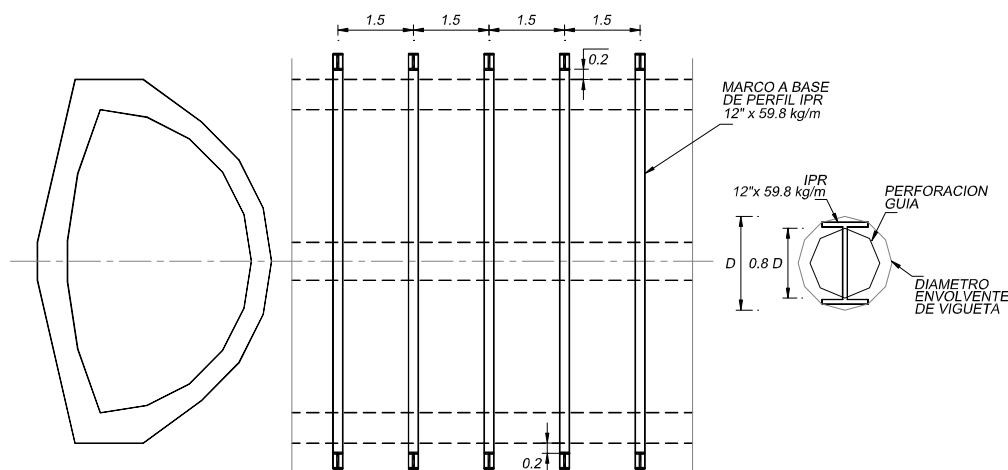
#### PROTECCIÓN DEL CAJÓN

El primer procedimiento constructivo importante relativo a las obras inducidas es el relativo a la protección del cajón del río churubusco, el cual se describe como sigue:

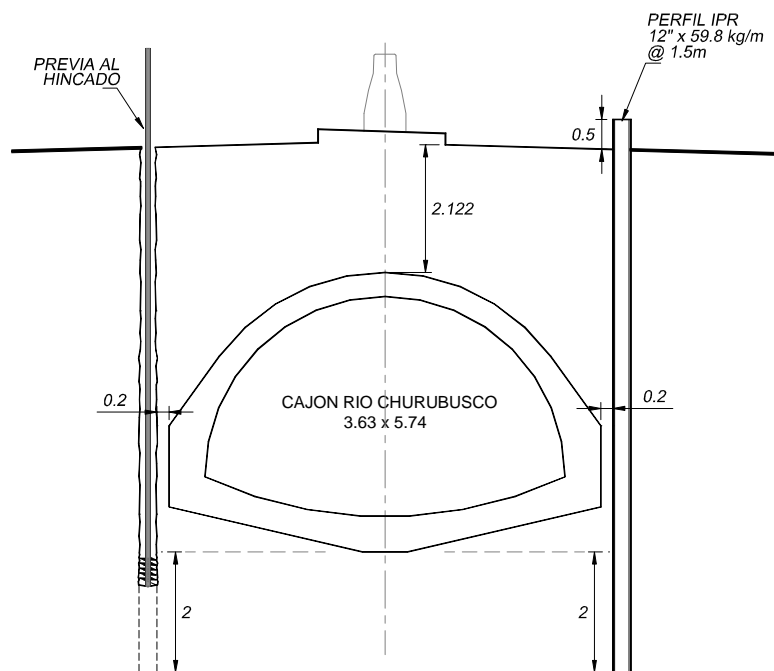
Para asegurar que durante el proceso constructivo del puente no se dañara el cajón del río churubusco, se implementó un sistema de protección a base de perfiles estructurales de IPR, los cuales serán hincados a todo lo largo del cajón en ambos costados del mismo, estos perfiles serán vigas de 12" x 59.8kg/m y se colocarán a cada 1.5m una de otra y tendrán la finalidad de proteger el cajón cuando se realicen principalmente excavaciones para las zapatas.

El proceso deberá ser el siguiente:

Como primer paso se localizará perfectamente el paño externo del cajón en ambos lados, para poder marcar los lugares que se colocarán los perfiles, estas marcas se colocarán a 20cm del paño del cajón. Teniendo identificados los puntos sobre los cuales irán los refuerzos se realizará una perforación previa que nos servirá de guía, esta perforación tendrá que ser del 80% del diámetro envolvente de la viga y hasta la profundidad del hincado de 2.0m bajo el nivel de arrastre del cajón, dicha perforación será sin extracción de material solamente con batido.



Acto seguido se hincarán las vigas en cada uno de los puntos con perforación previa, apoyándose de maquinaria pesada como lo son dragas o grúas, con este equipo se sujetará al mismo la viga y se colocara en la perforación cuidando de dejar 50cm sobresaliendo esta del nivel de la vialidad como se muestra en la siguiente figura.



Para garantizar mayor rigidez y por ende mayor protección del cajón, se soldará un viga transversal de 12" x 59.8 kg/m la cuál será montada sobre el marco formado por dos viguetas verticales (una a cada costado del cajón), la unión entre vigas se garantizará colocando ménsulas y soldadura.

Como protección adicional, cualquier trabajo que se tenga que realizar muy cerca del cajón se llevará a cabo con maquinaria ligera para así poder evitar cualquier daño.

#### CONSTRUCCIÓN DE TORRES PARA LOS CABLES DE ALTA TENSIÓN

Este punto es el segundo en importancia después de la protección del cajón, dado que los cables de alta tensión que pasan sobre Av. De Las Torres en su cruce con Av. Ermita, están a una altura en la cual no se podría colocar las traveses y sería muy riesgoso el tránsito de los vehículos.

Para resolver este punto se determino que la mejor solución es la de sustituir tres torres alternas en los sitios específicos para poder elevar el nivel de las líneas de energía, cada una de estas torres estarán sobre una cimentación de cuatro dados con medidas promedio de 0.60 x 0.60 x 4.50m de altura en promedio, armados con varillas de 1" y estribos del #3 @ 15cm, con concreto premezclado de  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>.

Para esta cimentación se realiza una excavación de dimensiones 2.50 x 2.50m y a una profundidad de 3.0m debajo del nivel de terreno actual, esto se logra con una máquina Caterpillar 320.

Teniendo listo el nivel de proyecto para desplantar la cimentación se habilita el acero de refuerzo y se coloca conforme a lo dispuesto en los planos estructurales de la cimentación mencionada.

Estando el acero de refuerzo completo se coloca la cimbra previamente impregnada con desmoldante para facilitar su posterior retiro. Enseguida se colocarán unos perfiles fijos al acero de refuerzo y que sobresalen del nivel de colado, estos tendrán la ocupación primordial de servir como anclaje para la estructura en general, estando listos los anclajes se coloca el concreto premezclado sobre cada una de las columnas de cimentación.

Completa la cimentación en los tres sitios designados el paso siguiente será el de armar en sí la torre, este procedimiento se lleva a cabo de manera manual; es decir no se utiliza ningún tipo de maquinaria especial sino solo llaves para apretar tornillería, podríamos describir este proceso de manera coloquial como “si se armara un mecano”; es decir ninguno de los elementos estructurales de la torre está soldado, sino atornillado entre sí.

Para lograr esto una parte de la torre se ensambla en la cimentación hasta por lo menos unos 3.0m, después en otra área de la obra se arma toda la parte superior de la torre para que con la ayuda de grúas se coloque sobre la estructura base que está sobre la cimentación.



Foto .Estructura alterna



Foto .Apoyo con grúa

Teniendo totalmente armadas y completas las estructuras de cada una de las tres torres, se solicita realiza una libranza para quitar por unas horas la energía de los cables que se encuentran en las torres a sustituir, y así poder reubicar los cables de energía eléctrica a sus nuevas torres. Cabe hacer mención que todo este proceso es realizado por Luz y Fuerza del Centro, desde la cimentación, armado de estructuras, elevación y colocación final de las torres, libranza, reubicación de cables y puesta en marcha de energía; debido a que ellos son los especialistas para dicho trabajo, la altura final de las tres torres fue de: las dos cercanas al circuito de 53m y la torre cercana a la Av Ermita fue de 25m, el gálibo que quedó finalmente entre la superficie de rodamiento y los cables de alta tensión fue de 19.0m

### **III.2 CIMENTACIÓN PROFUNDA**

Como se mencionó en el capítulo I de esta Tesis, la cimentación que se construirá para este puente será cimentación profunda basada en pilotes trabajando principalmente a fricción y desplantados a una profundidad promedio de 20.5m a 22.0m. Para poder llevar a cabo el proceso constructivo de la cimentación profunda será indispensable seguir los siguientes pasos:

- Trazo de ejes de referencia
- Trabajos de perforación
- Fabricación de pilotes
- Hincado de pilotes

### III.2.1 TRAZO DE LOS EJES

El primer paso en materia de construcción es el de realizar el trazo y nivelación de la zona de proyecto, este trazo es indispensable para la correcta ejecución de la obra, se realiza con equipo topográfico y la finalidad es la de dejar los sitios precisos bien delimitados para el inicio de las excavaciones, despalmes, hincados, etc.

Para el caso que nos ocupa, se trazó el eje principal de cada uno de los cuerpos del puente (Eje A y Eje B); así como los ejes de cada una de las columnas que lo comprenden, paralelo a este trabajo de topografía se colocaron referencias de cada eje de columna sobre las banquetas de los arroyos cercanos a cada eje con la finalidad de tener un soporte en caso de perder la marca por el mismo proceso de la obra. Las marcas necesarias son el eje de cada uno de los pilotes, el perímetro de la zapata, el eje de la columna y el eje principal.

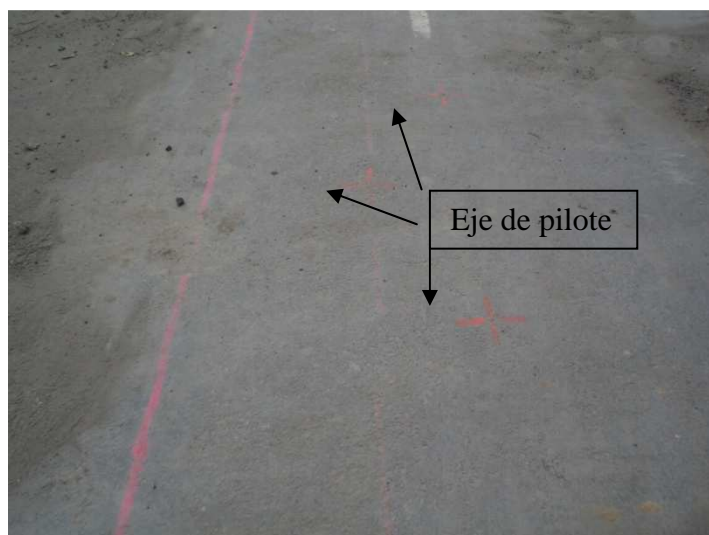


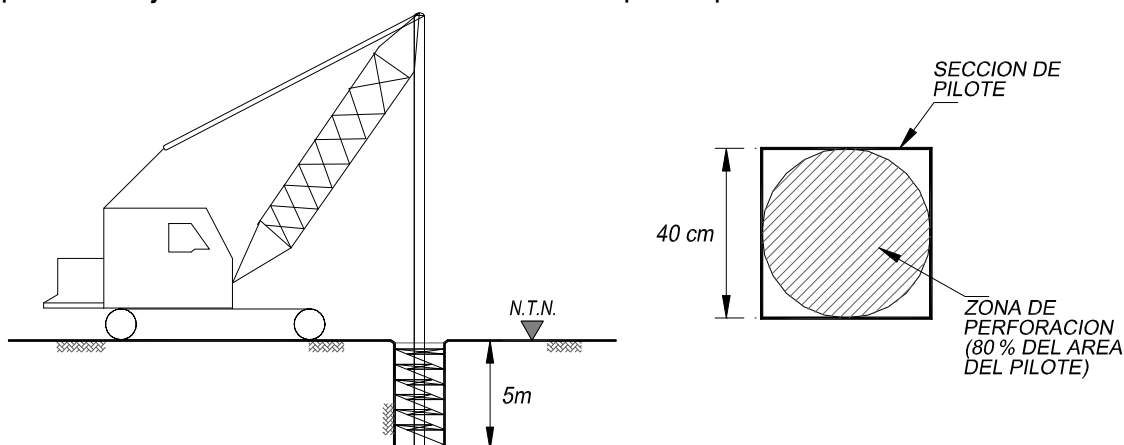
Foto. Trazo topográfico para eje de pilotes

### III.2.2 TRABAJOS DE PERFORACIÓN

Estando terminados los trabajos para las referencias de los ejes de los pilotes se comienza con la perforación de cada uno de los lugares donde se hincarán los mismos, esta perforación tiene como finalidad la de facilitar el hincado del pilote, además de evitar movimientos excesivos de la masa de suelo adyacente La perforación se realizara con equipo especial para perforar, en este caso fue con una perforadora Solimec modelo 212. La posición final del pilote no deberá exceder de 2cm con respecto a la del proyecto, el diámetro de la perforación será del 80% del área transversal del pilote a modo de que la perforación quede inscrita



dentro del área del pilote con una tolerancia de  $\pm 2.5\text{cm}$ , esto es con la finalidad de que el pilote trabaje como está diseñado el sistema que es por fricción.



Durante todo el proceso de la perforación deberá cuidarse la verticalidad de ésta, además de conservar las dimensiones y profundidades de proyecto.

En todos y cada uno de los pilotes se llevará a cabo la perforación con extracción de material los primeros 5m y en los siguientes 15m solo se realizará remoldeo de material para así facilitar el hincado. El tiempo máximo permisible entre la perforación y el hincado es de 36hrs.



Foto. Equipo de perforación

### III.2.3 FABRICACIÓN DE PILOTES

Enseguida pasamos a la fase de fabricación de los pilotes en campo, este proceso deberá seguirse al pie de la letra para poder garantizar que los pilotes resistirán las fuerzas de diseño; así pues, el procedimiento de fabricación es el siguiente:

Debido a que la profundidad de proyecto es alrededor de los 20.0 a 22.0m, los pilotes se fabricarán de dos tipos, pilotes Tipo "A" y pilotes Tipo "B" ambos tendrán una sección rectangular de 40 x40cm. Los pilotes que se hincarán primero de acuerdo al proyecto serán los denominados Tipo "A" con una longitud de 11.0m, enseguida se unirán a éstos los del Tipo "B" con una longitud de 9.0 a 9.5m.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PILOTE TIPO "A"**

Comenzaremos a expilar el procedimiento constructivo de este tipo de pilote, este pilote se fabricará construyendo dos secciones estructurales distintas para poder dar la longitud solicitada de 11.0m, las secciones las nombraremos Sección I (parte superior de dicho pilote con longitud de 5.0m) y Sección II (parte inferior del pilote con longitud de 6.0m) Fig. 1

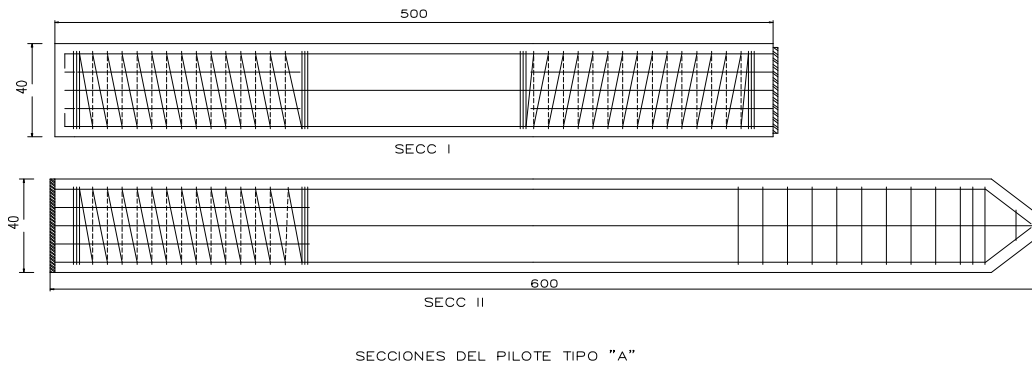


Fig.1

**ARMADO ESTRUCTURAL DE LA SECCIÓN II**

El pilote Sección II tendrá un refuerzo longitudinal compuesto de la siguiente manera: se colocarán 8 varillas de manera longitudinal del número 6 dispuestas en el perímetro de la sección, una en cada esquina (para un total de 4) y otra a la mitad de cada uno de los lados (otras 4) como se especifica en la Fig. 2. El refuerzo transversal será el siguiente: En la parte que ira como punta del pilote se le colocaran estribos del número 3 a cada 10cm, la disposición de este refuerzo solo será en el primer metro (Fig. 3), después del primer metro de este refuerzo la disposición siguiente será con estribos del número 3 a cada 20cm, hasta llegar un metro antes de la parte superior de este pilote. Para la parte superior de este pilote se reforzará con estribo del número 3 a cada 10 cm y adicionalmente se colocará estribo en forma de espiral del número 3 con un paso de 6cm, con arranque y termino de 3 vueltas (Fig. 4).

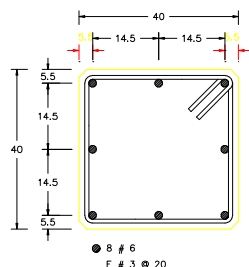


FIG. 2

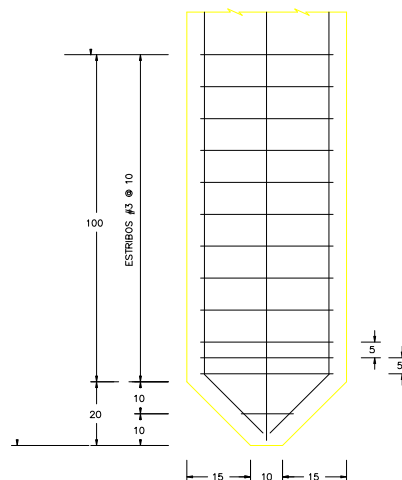


FIG. 3

REFUERZO ESTRUCTURAL

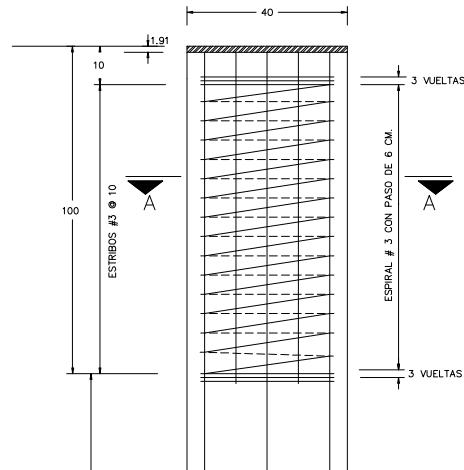


Fig. 4

En la parte superior se colocará una placa que nos servirá para conectar la Secc I con la Secc II , esta placa es de 38 x 38cm de 1.91e, la cual anclaremos en el pilote mediante 8 varillas del número 4 como lo muestra la Fig. 5.

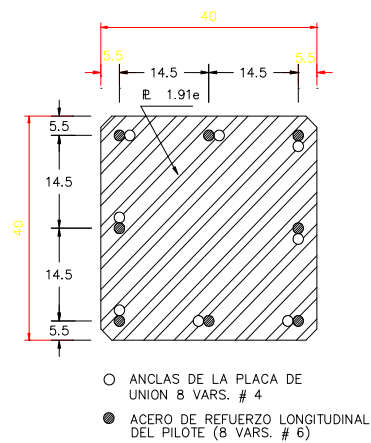


Fig. 5



### ARMADO ESTRUCTURAL DE LA SECCIÓN I

Para la construcción de esta sección del pilote el armado estructural será el siguiente: el refuerzo longitudinal estará compuesto por 8 varillas del número 6 dispuestas en el perímetro del pilote como lo indica la Fig. 2, para el refuerzo transversal se colocarán estribos del número 3 a cada 10cm en una longitud de 1.0m, adicionalmente se colocará un refuerzo en forma de espiral con varilla del número 3 con paso de 6cm y tres vueltas al arranque y tres vueltas al final. La disposición de este refuerzo transversal será tanto en la parte inferior (un metro) como en la parte superior (un metro) de este tipo de pilote (Fig. 6). En la parte intermedia el refuerzo transversal será con estribos del número 3 @ 20cm



Para poder ligar esta sección estructural de 5.0m con la sección de 6.0m, se le colocarán dos placas; la primera estará en la parte inferior y tendrá una sección de 38 x 38cm de 1.91e, para poder ligarla a la estructura de la sección II. La otra placa se colocará en la parte superior de esta estructura pero tendrá las medidas de 40 x 40cm de 1.91e, para poder ligar posteriormente el pilote tipo "A" con el tipo "B", ambas placas se ligan a la estructura del pilote con 8 varillas del número 4 dispuestas en su perímetro como lo muestra la Fig. 5.

Teniendo listas y armadas estructuralmente las dos secciones de este tipo de pilote, se dispondrá de un área especial para poder realizar la fabricación de los mismos, esta área especial tendrá que prepararse de la siguiente manera: si se elige una zona en la cual exista algún firme y este irregular, éste deberá escarificarse con equipo especial para este proceso y acto seguido se colará una plantilla de 5cm de espesor de manera que este perfectamente bien nivelada, en el caso de que la superficie elegida este perfectamente horizontal solo deberá hacerse limpieza de la zona para evitar que los pilotes se contamine a la hora de colarlos. Por disposición del estructurista solo se colocarán en camas de 13 pilotes en el sentido horizontal y la forma de colado será la siguiente:

Se unirán y colocarán las secciones estructurales I y II en el área designada para luego colocar la cimbra correspondiente, se cimbrarán primero los números pares cuidando de poner en la cimbra suficiente desmoldante en cada una de las caras en contacto con el concreto y verificando que la sección final sea de 40 x 40cm, con una tolerancia de  $\pm 1$ cm y

se colarán con concreto premezclado de resistencia normal a 28 días de  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> de manera continua de tal manera que se garantice un colado monolítico, utilizando para este fin herramientas como son vibradores para poder eliminar todo el aire que pudiera tener el concreto.

Teniendo colados los pilotes pares, se descimbran y a continuación se colarán los pilotes con números nones siguiendo las mismas recomendaciones que para los anteriores, con la ventaja de que para este colado los pilotes fabricados nos servirán como cimbra para los nuevos, para evitar que se “peguen” unos con otros se colocará una barrera de polietileno.

Con esto se obtiene una primera cama de 13 pilotes fabricados en campo, de manera similar a esto se colarán sobre esta primera cama otras camas de pilotes en el sentido vertical cuidando de no estibar más de 4 camas de 13 piezas cada una.



Con este procedimiento se tienen listos los pilotes que serán hincados primero (Tipo “A”) enseguida se describirá el proceso constructivo de los pilotes siguientes (Tipo “B”).

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PILOTE TIPO “B”

El proceso para construir los pilotes siguientes (estos serán de 9.0 a 9.5m aprox.) es similar a lo descrito anteriormente, con la diferencia que estos se fabricarán en una sola sección estructural.

El armado longitudinal de este pilote está constituido por 8 varillas del número 6 colocadas en el perímetro del pilote como lo muestra la Fig. 2, para el armado transversal se colocarán estribos del número 3 @ 10 cm en una longitud de 1.0m tanto en la parte inferior como en la superior, adicionalmente se colocará en estas mismas secciones refuerzo en forma de espiral con varilla del número 3 con un paso de 6cm. Para el refuerzo en la parte intermedia del pilote se colocarán estribos del número 3 @ 20cm. A este pilote solo se colocará una placa en la parte inferior del mismo de medidas 38 x 38 cm de 1.91e para poder ligarlo con el pilote Tipo “A”, el anclaje de esta placa al pilote seguirá los mismos lineamientos como se indica en la Fig. 5

Para la fabricación de estos pilotes se seguirá el procedimiento de colado como el descrito en la sección anterior y también se respetará el apile en camas de no más de 13 elementos en forma horizontal y no más de 4 camas en forma vertical.

Estando completas las camas de colado y aceptados todos los pilotes por la supervisión se numerarán cada uno de ellos para llevar un control adecuado en especial en el caso de que las pruebas de laboratorio del concreto no sean satisfactorias, de esta manera es más fácil ubicar en que zapata y que número de pilotes están en ese dilema, además deberá colocaran marcas a cada metro en toda su longitud para poder llevar un control del número de golpes por decímetro hincado.

#### III.2.4 HINCADO DE PILOTES

La colocación de los pilotes de concreto debe efectuarse de manera que se pueda garantizar la integridad estructural del pilote y se alcance la integración deseada con el suelo de manera tal que cumpla totalmente su cometido, también deberá cuidarse de no causar daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo; para cumplir con esto se deberán seguir el procedimiento que se describe a continuación:

Estando fabricados todos los pilotes, se retirarán del área donde están las camas de colado con el uso de una grúa ó draga, cuidando de izarlos de manera correcta conforme lo indique el especialista estructural y se trasladarán en su caso mediante plataformas, en ningún caso se moverán pilotes que no hayan cumplido con por lo menos el 75% de la resistencia de proyecto.

Teniendo los pilotes necesarios para una de las zapatas, se comienza con el hincado del primer pilote (estos serán los Tipo “B” de 11.0m de longitud), el proceso para su hincado es el siguiente:

Se utiliza una draga y se le coloca un estrobo abrazando la parte superior del pilote (área sugerida por el especialista estructural generalmente indicada en planos de fabricación) comenzando a elevarlo y dirigiéndolo hasta la perforación que le corresponde, estando listo en la perforación se deja caer con la draga para que su propio peso lo hinque, es importante mencionar que una vez que se dejó caer el pilote éste no deberá retirarse para volverlo a dejar caer por lo que se prohíbe la maniobra conocida como en el medio como “chaqueteo”.

Después de dejarlo caer se verifica la verticalidad del pilote, esto se logra con equipo topográfico en dos direcciones, empero existen formas más económicas y aceptables, la más común es con el apoyo de plomadas en dos direcciones formando un ángulo de 90 grados teniendo como vértice el pilote mismo y cuidando que una de las caras del pilote sea paralela a las de las contratrabes Figura. 7.

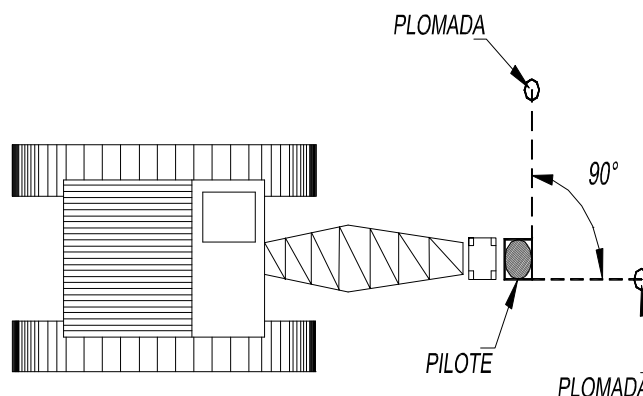


Fig. 7 Referencia para garantizar verticalidad

Estando confirmada la verticalidad del pilote se coloca el martillo piloteador (martillo D-22-32 con una energía nominal de 6,700 kg-m) en la parte superior del mismo, cerciorándose de que la cabeza del martillo cuente con una base de material plástico así como colocar un colchón de madera entre el martillo y la cabeza del pilote.

Estando todo lo anterior listo se comienza con el hincado del pilote por medio del martillo piloteador, en este proceso es importante tener una persona exclusivamente para el conteo del número de golpes entre cada una de las marcas (recordar que las marcas están a cada metro), las características del martillo deberán ser: martillo pesado con baja velocidad de impacto, o dicho de otra manera de carrera corta. El peso del pistón no debe ser menor de 0.3 veces el peso del pilote y la energía del martillo será superior a 0.3 kg-m por cada kilogramo de peso del pilote.

En caso de que el peso del pistón sea demasiado grande con relación al del pilote, deberá regularse la energía para no dañar al pilote. La altura de caída se mantendrá del orden de 0.75 a 1.0m. La velocidad del pistón o la carrera se reducirá al principio del hincado cuando se encuentre en la zona alterada de la perforación, además de realizarse con sumo cuidado para minimizar los esfuerzos de tensión.

El proceso de hincado de los pilotes en una zapata deberá seguir una secuencia; dicha secuencia será hincar primero los pilotes que se colocarán en el perímetro exterior de la zapata y después seguir con los pilotes centrales, esto es con la finalidad de reducir las expansiones que se puedan generar por el desplazamiento de la masa del suelo. Una vez hincado el pilote la maniobra no deberá suspenderse hasta que la punta alcance la profundidad de proyecto, que en este caso el pilote quedará aproximadamente 1.0m por sobre el terreno natural actual; esto es para poder ligarlo al siguiente pilote, esta liga será por medio de soldadura.

Estando el primer pilote colocado y sobresaliendo aproximadamente 1.0m del nivel del suelo, con el apoyo de la draga ó grúa se coloca otro pilote (Tipo "B" este es el de 9.5m de longitud) por encima de éste, cuidando de alinearlos perfectamente en sus cuatro caras y limpiando perfectamente las superficies de contacto que en este caso son placas de acero, la limpieza debe hacerse con cepillo de alambre para poder retirar el óxido que pueda estar presente en las placas. Listas las placas y alineados los pilotes se unirán por medio de soldadura de filete en todo el perímetro



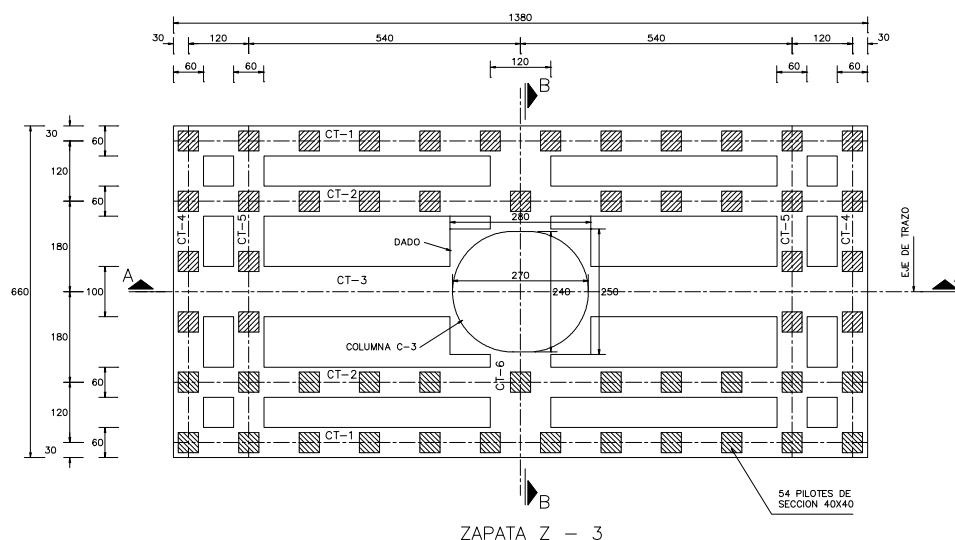
Terminada la unión de estos dos pilotes se inicia nuevamente el hincado hasta llegar a su profundidad final conforme a proyecto, esta profundidad se encuentra por debajo del nivel actual del terreno natural, el martillo no puede seguir operando cuando el pilote llega al nivel del terreno natural debido a que la perforación es demasiado pequeña, por lo que se requerirá el apoyo de un aditamento especial llamado "seguidor", este aditamento permite seguir hincando el pilote hasta la profundidad deseada.



La desviación angular máxima admisible del pilote es de 2%, la tolerancia en la profundidad de hincado de  $\pm 1\%$  de la longitud total.

### III.3 CIMENTACIÓN PARA ESTRUCTURA

La cimentación diseñada para soportar la estructura consta de zapatas de cimentación de 13.80m x 6.60m, 11.40 x 6.60m, 15.00 x 6.60m, las dimensiones en ancho y largo varían dependiendo de la ubicación, todas son de 2.0m de altura; aunado a esta zapata se construirán los dados de cimentación como se muestra en la Fig. III.3.1.



ZAPATA Z - 3  
Fig. III.3.1

Todas las zapatas se conforman por 10 contratraves dispuestas de la siguiente manera: 2 contratraves denominadas CT1 colocadas en la parte externa del lado largo de la zapata, estas contratraves son de dimensiones 13.8 de largo x 0.6m de ancho y 2.0m de altura, el refuerzo estructural longitudinal de esta contratrabe es con 10 varillas del número 6 en la parte superior y 18 varillas del número 10 en la parte inferior, en la sección intermedia se colocarán en los dos costados 14 varillas del número 4 dispuestas en paquetes de 2 piezas cada uno. En lo relativo al refuerzo transversal se colocará de la siguiente manera: Se colocarán estribos de 0.49m x 1.85m con varilla del número 4 @ 15cm, adicionalmente se colocarán también estribos de 0.18m x 1.85m con varilla del número 4 @ 15cm, también se colocarán refuerzos en losa fondo y losa tapa con varilla del número 4 @ 15cm.

Las siguientes 2 contratraves son denominadas CT2 colocadas en la parte interna de la zapata como lo muestra la Fig. III.3.1, son de medidas idénticas a las contratraves CT1, y el armado estructural prácticamente es el mismo, solo difieren en el acero de refuerzo

longitudinal en la parte inferior que en este caso solo son 16 varillas del número 10, todo lo demás es idéntico a la contratrabe CT1. En lo relativo al refuerzo transversal son idénticos los armados.

La zapata cuenta con 1 contratrabe denominada CT3 colocada al centro del claro corto y sus medidas son de 1.0m de ancho x 2.0m de altura y 13.80m de largo, el refuerzo estructural longitudinal de esta contratrabe consta de 16 varillas del número 10 en el lecho superior y 28 varillas del número 12 en el lecho inferior; en la sección intermedia se colocarán en los dos costados 14 varillas del número 4 dispuestas en paquetes de 2 piezas cada uno. Para el caso del refuerzo transversal se colocarán estribos del número 4 de sección 87.60m de ancho x 1.85 de altura @ 15cm y también se colocarán 2 estribos del número 4 de sección 0.19m de ancho x 1.85m de altura @ 15cm, estos dos últimos estribos se colocarán en la parte central de la contratrabe.

La zapata cuenta con 2 contratrabes denominadas CT4 colocadas en la parte externa de la zapata en el lado corto estas contratrabes son de dimensiones 6.60m de largo x 0.6m de ancho y 2.0m de altura, el refuerzo estructural longitudinal de esta contratrabe es con 10 varillas del número 6 en la parte superior y 7 varillas del número 8 en la parte inferior, en la sección intermedia se colocarán en los dos costados 18 varillas del número 4 dispuestas en paquetes de 2 piezas cada uno. En lo relativo al refuerzo transversal se colocará de la siguiente manera: Se colocarán estribos de 0.49m x 1.85m con varilla del número 4 @ 15cm, adicionalmente se colocarán también dos estribos de 0.18m x 1.85m con varilla del número 4 @15cm; estos dos últimos estribos se colocarán en la parte central de la contratrabe, también se colocarán refuerzos en losa fondo y losa tapa con varilla del número 4 @ 15cm.

Las siguientes contratrabes son 2 denominadas CT5, estas son de características idénticas a las CT4 pero solo tienen una variación en el acero longitudinal del lecho inferior, aquí se colocarán 10 varillas del número 10, por el demás acero tanto en sentido longitudinal como en sentido transversal son idénticas.

Por último la contratrabe denominada CT6 colocada al centro de la zapata en el lado corto de dimensiones 6.60m de largo x 1.20m de ancho y 2.0m de altura, el refuerzo estructural longitudinal de esta contratrabe es en el lecho superior de 20 varillas del número 8 y dos más adicionales del número 8, en el lecho inferior se colocarán 26 varillas del número 2 mas dos adicionales del número 8. En lo que respecta al acero transversal se colocará un estribo de dimensiones 1.08m de ancho x 1.85m de altura de varilla del número 4 @ 15cm, adicionalmente se colocará un estribo central de dimensiones 0.60m de ancho x 1.85m de altura de varilla del número 4 @ 15cm y por último otro estribo adicional central de dimensiones 0.28m de ancho x 1.85m de altura con varilla del número 4 @15cm.

El acero de refuerzo descrito en las secciones anteriores se muestra en la Fig. III.3.2

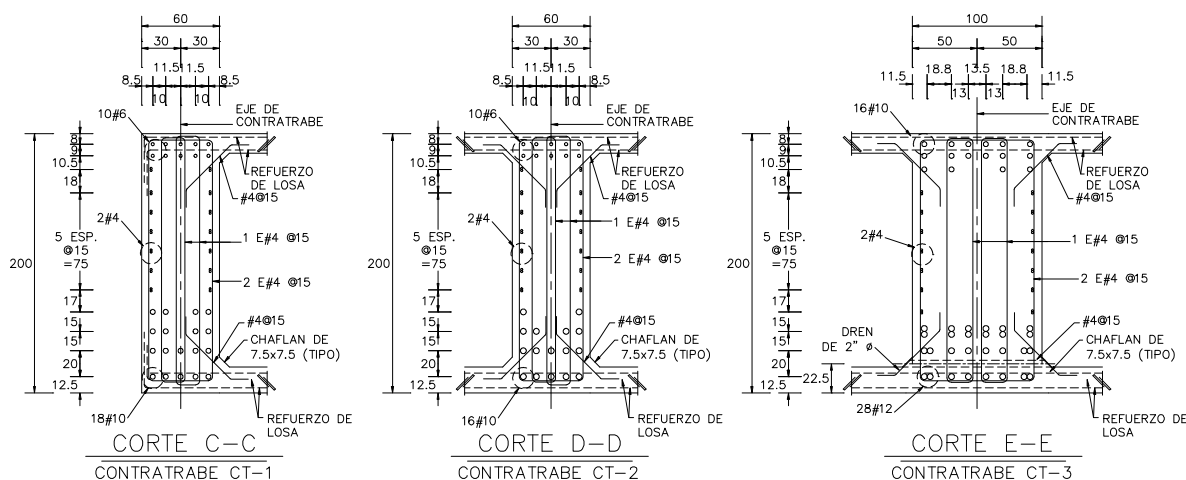


Fig. III.3.2

Cabe hacer mención que el refuerzo estructural de la cimentación y en general del proyecto en cuestión es el producto de un análisis a fondo y detallado, el cual está fuera del alcance de esta tesis, debido a que el tema principal de la misma es Proceso constructivo mas no diseño; por lo cual solo se mencionan los resultados de dicho análisis estructural, que son los expuestos.

Ya descrito el número de contratraves y el tipo de armado de las mismas, ahora procedemos a describir el proceso constructivo de dichas zapatas y se enumera como sigue:

- Trazo de los límites de la zapata
- Excavación
- Elaboración de plantilla de concreto
- Protección del talud del terreno
- Descabece de pilotes
- Limpieza del área
- Trazo de ejes de contratraves y limite de zapata
- Armado de losa fondo
- Armado de contratraves y dado
- Limpieza de escoria con equipo de aire comprimido
- Cimbrado de contratraves y dado
- Colado de losa fondo, contratraves y dado
- Cimbrado y colado de losa tapa y dado
- Relleno y compactación con material de banco

Comenzaremos entonces con la descripción del proceso constructivo.

### III.3.1 TRAZO TOPOGRÁFICO DE LOS LÍMITES DE LA ZAPATA

En este primer paso para la construcción de la zapata se verificará que los trazos topográficos del los límites de la zapata marcados anteriormente estén visibles perfectamente, en caso contrario deberán trazarse nuevamente apoyándose de ser necesario en las referencias marcadas a los costados de la obra.

### III.3.2 EXCAVACIÓN

Estando delimitada el área de la zapata se realizará una excavación con equipo mediano como una retroexcavadora Caterpillar 320C, con capacidad de cucharón de  $3/4\text{yd}^3$ . Este proceso de excavación deberá realizarse con mucho cuidado en la primer etapa de la excavación, esto porque la parte superior de los pilotes están 2.0m por debajo del nivel de terreno natural aproximadamente, entonces si el operador de la máquina no tiene el cuidado suficiente podría golpear alguno de los pilotes provocado un daño a la maquina o al pilote mismo, se recomienda entonces que se inicie la excavación entre las líneas de pilotes. En las siguientes Fotografías se muestra el detalle de la excavación



Excavación realizada

Deberá asegurarse que la excavación sea más amplia con respecto al largo y ancho de los límites de la zapata, esto con la finalidad de permitir más cómodamente las maniobras de armado de acero, colocación de cimbra y colado, además se dejará un talud del material en las caras que así lo requieran. Este talud estará determinado por las características mecánicas del material y será proporcionado por el estudio de mecánica de suelos.

Conforme se va excavando, es importante que la supervisión verifique el nivel de desplante de la zapata, para así poder determinar la profundidad final de excavación de la máquina y proceder a nivelar el fondo a mano si así se requiere. Estando perfectamente nivelado el terreno a la profundidad indicada en proyecto se procede con el siguiente paso.



Nivelación del fondo y afine del terreno

### III.3.3 PLANTILLA DE CONCRETO

Este punto es muy importante ya que se necesita tener una superficie plana donde poder marcar nuevamente los ejes y referencias de las contratrabes y límites de la zapata, en este caso se colocará una plantilla de 5cm de espesor con concreto premezclado de  $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado máximo de  $\frac{3}{4}$ " , en promedio se lleva un total de 6.0m<sup>3</sup> a 6.5m<sup>3</sup> por zapata (la excavación para una zapata tipo Z-3 es de 7.60m x 16.0m). Antes de verter el concreto en el área previamente se colocarán referencias para poder medir la altura de esta plantilla y así garantizar los niveles de proyecto, estas referencias pueden ser varillas de  $\frac{3}{8}$ " bien ancladas al terreno con una traza de hilo entre ellas colocado perfectamente horizontal apoyados con equipo topográfico.



Colado de plantilla

### III.3.4 PROTECCIÓN DEL TALUD DEL TERRENO

Estando lista la plantilla, el paso siguiente es el de proteger el talud del terreno, esto se llevará a cabo colocando en todas y cada una de las caras de la excavación un refuerzo metálico que en este caso será lo que se conoce como malla de gallinero anclada al terreno por medio de varillas de  $\frac{3}{8}$ " y con una longitud de 1.0m colocadas @ 2.0m una de otra en tres bolillo para garantizar la perfecta adherencia de la malla al terreno natural; teniendo lista la malla se

colocará mortero sobre ella con la finalidad de formar una barrera de concreto entre el terreno natural y la zona de obra, y así evitar un probable deslave del terreno o en su caso escurrimientos de agua debido al nivel freático.

### III.3.5 DESCABEZADO DE PILOTES

Con el área de trabajo perfectamente delimitada en lo que respecta a los costados de la excavación se inicia el trabajo de quitar el concreto de cada uno de los pilotes hincados anteriormente con la finalidad de descubrir totalmente el acero de refuerzo, a esta maniobra se le conoce como descabece de pilote. Este procedimiento se lleva a cabo con máquinas rompedoras apoyadas con equipo de aire comprimido. Estando la cabeza del pilote libre de concreto se retira el acero de refuerzo que se colocó para el confinamiento; es decir, se eliminan los estribos formados por varilla del número 3 que fueron colocados @ 10cm y también se elimina el acero de refuerzo colocado en espiral, solo queda el acero longitudinal para que se ligue a las contratrabes de la zapata.



Descabezado de pilotes

### III.3.6 LIMPIEZA DEL AREA

Terminado el descabece de los pilotes se deberá realizar limpieza del área para poder pasar al siguiente proceso, esta limpieza es muy a fondo eliminando residuos de concreto, acero, tierra, etc. Es muy cercano a la limpieza fina de obra (deberá estar libre de polvo la superficie).

### III.3.7 TRAZO DE LOS EJES DE CONTRATRABES Y LÍMITES DE LA ZAPATA

Con el área completamente limpia el paso siguiente es nuevamente realizar los trazos topográficos para poder marcar en el fondo de la excavación los límites de las contratrabes y de la zapata en cuestión, estos trazos deben respetar totalmente el proyecto original tanto en longitudes como en niveles de alturas; además de estar perfectamente referenciados al eje principal del arroyo. Este trabajo se realiza con equipo topográfico y una estricta supervisión ya que un error en este punto y puede repercutir de manera considerable en la obra, tanto económicamente como en tiempo.



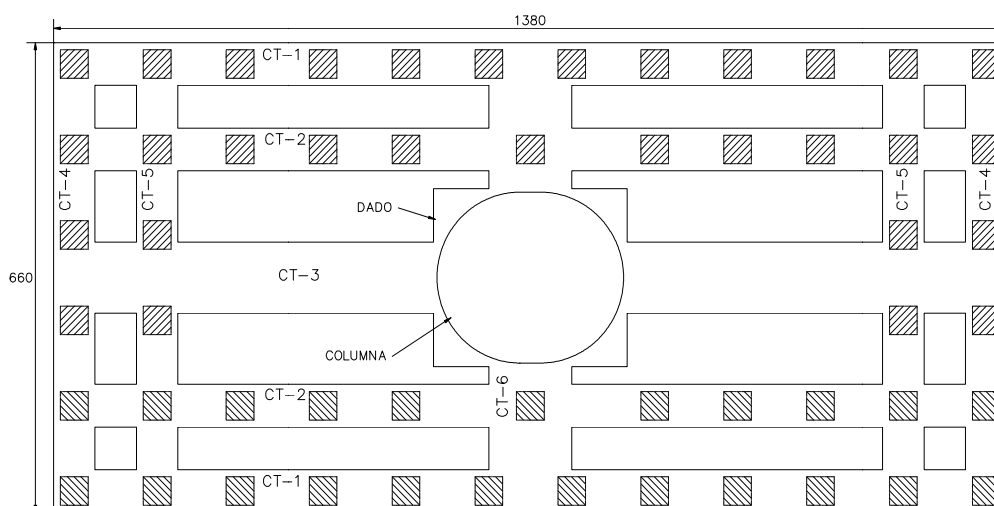
Trazo de ejes con equipo topográfico

### III.3.8 ARMADO ESTRUCTURAL DE LOSA DE FONDO

El armado de esta losa de fondo se realizará con dos parillas elaboradas con varillas del número 4 @ 15cm en ambas direcciones y separadas una de otra mediante silletas, el espesor final de la losa fondo será de 20cm, el acero de refuerzo que quedó descubierto en los pilotes quedará dentro del armado de esta losa de fondo.

### III.3.9 ARMADO ESTRUCTURAL DE CONTRATRABES Y DADO

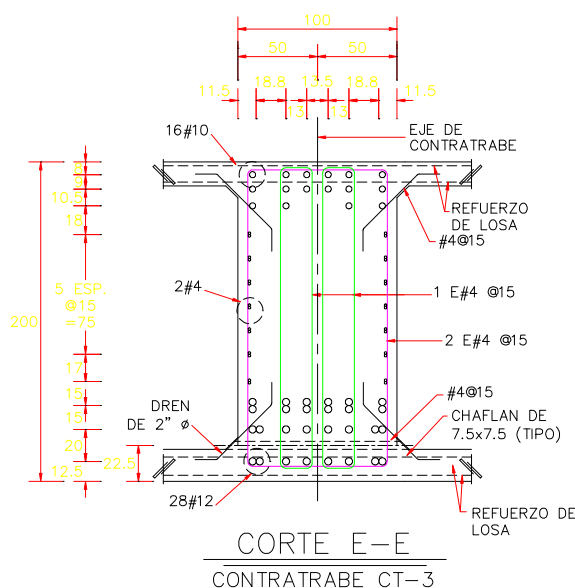
El sistema de zapata de cimentación propuesto para este puente cuenta con 10 contratraves dispuestas como se muestra en la figura.



UBICACIÓN DE CONTRATRABES

El proceso de armado de estas contratraves fue de la siguiente manera: se armaran primero las contratraves CT-1 y CT-4, para poder tener los límites de la zapata; enseguida se comenzarán a armar las contratraves CT-2 y CT-5 para después armar las contratraves CT-3 y CT-6, y finalmente se coloca el armado del dado, siguiendo todas las especificaciones

descritas en los planos estructurales, con relación a la ubicación de los estribos, paquetes de varillas y empalmes requeridos.



Distribución del acero de refuerzo longitudinal y transversal en contratrabes

Es muy importante que a la par de este armado de contratrabes se debe colocar el acero de refuerzo de la columna y dado de cimentación debido a que estos van anclados e integrados al sistema de cimentación.

Para todos los casos en los cuales el acero de refuerzo de las contratrabes sea del número 8, 10 ó 12, deberá cuidarse que se cumplan las longitudes de proyecto y los empalmes para cada contratrabe; es decir, las contratrabes CT-1 están armadas con varillas del número 10 en su parte inferior y la longitud de la contratrabe es de 13.80m más los anclajes en los extremos que es alrededor de un metro más por varilla nos da un total aproximado de 14.80m. La longitud estándar de fabricación de las varillas es de 12.0m aprox., por lo que se requiere hacer empalme de varilla en los casos mencionados.

Este empalme en realidad será la unión de dos secciones de varilla mediante soldadura de bisel en "V" sencilla con electrodo de la serie E-90xx, con respaldo de ángulo o placa curva, con la finalidad de tener un elemento de las dimensiones necesarias en el proyecto así como de la calidad solicitada para el mismo. Aunado a este trabajo se deberán realizar pruebas de control de calidad en cada una de estas uniones de varillas para garantizar que el sistema en general trabajará de manera adecuada, el tipo de pruebas y control de calidad se describirá más detalladamente en el capítulo IV.1 de esta Tesis.

### III.3.10 LIMPIEZA DE CONTRATRABES

Cuando se hayan armado totalmente todas las contratrabes y dado de la zapata en cuestión se debe realizar previo al trabajo de cimbra una limpieza de toda la zona; esta limpieza tiene la finalidad de retirar toda la escoria que pudiera estar presente en las varillas y así poder



garantizar el correcto anclaje del acero de refuerzo con el concreto, la limpieza se lleva a cabo con equipo de aire comprimido y a presión.



Retiro de escoria en contratraves con equipo de aire comprimido

### III.3.11 CIMBRA DE CONTRATRABES Y DADO

Estando listo el refuerzo estructural se coloca la cimbra de todas las contratraves aplicando previamente a cada una de las caras que estarán en contacto directo con el concreto una capa de desmoldante, para garantizar que al momento de retirarla no quede pegada y ocasione el deterioro de la misma. Es importante cuidar nuevamente en este punto los niveles de colado y dimensiones de proyecto.

### III.3.12 COLADO DE CONTRATRABES, DADO Y DE LOSA FONDO

El paso siguiente es colar parte de la zapata, en lo que respecta a las contratraves, estas se colarán con concreto premezclado de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  bombeado con agregado máximo de  $\frac{3}{4}$ ", el volumen aproximado de este colado es de  $123.0 \text{ m}^3$  (depende de la zapata que se trate), se utilizarán vibradores eléctricos para poder expulsar el aire del concreto y garantizar la homogeneidad del colado y la colocación será con bomba telescópica, el nivel de colado es de 1.85m dejando 15cm para la losa tapa (recordemos que las contratraves son de 2.0m de altura). Al terminar este colado se retirará la cimbra pasados 3 días y se curará el concreto

### III.3.13 CIMBRADO DE LOSA TAPA

Estando terminado el colado del punto anterior, se iniciará el cimbrado para la losa tapa; así como el armado estructural de la losa el cual es con varilla del número 4 @ 15cm en ambas direcciones y en dos parrillas separadas mediante silletas de varilla a una distancia tal que el espesor final de la losa sea de 15cm. En este punto se coloca el acero estructural de la parte del dado de cimentación que falta para completar el nivel de proyecto ya que la altura de la zapata es de 2.0m y la altura del dado es de 2.60m armado con 44 varillas del número 4 en el sentido vertical (las cuales fueron colocadas anteriormente al colado de las contratraves), en el sentido transversal se colocarán 7 estribos del número 4 @ 15cm y dos grapas del número

4 @ 15cm, al igual que el concreto del punto anterior este será de resistencia  $f'c = 300\text{kg/cm}^2$  con agregado máximo de  $\frac{3}{4}$ ".



Armado y colado de losa tapa y dado de cimentación faltante

### III.3.14 RELLENO Y COMPACTACIÓN

Terminados los colados de la zapata se retirará la cimbra y se procederá con los rellenos en las áreas laterales colindantes que se excavaron; así como rellenar la parte superior de la zapata, estos rellenos se realizarán con material de banco limo-arenoso (tepetate), el cual será compactado al 90% de acuerdo al AASHTO estándar (T-99) en capas de 20cm máximo.

Todos los rellenos que se coloquen en la zona de obra y no tengan una función estructural u ornamental, deberán colocarse y compactarse con las mismas características del párrafo anterior. Los rellenos que se coloquen cercanos a las instalaciones hidráulicas deberán ser tendidos con una humedad superior en 2% respecto a la óptima, y ser compactados en capas de 20 cm al 85% respecto a la prueba citada siempre atendiendo a los criterios fijados por SACM.





Compactación en área de zapatas

### **III.4 ESTRUCTURA**

La parte denominada estructura es la que comprenden por una parte las columnas y por otra los cabezales; dentro de este apartado describiremos también el proceso constructivo de los Muro Estribo, Rampas de acceso y descenso y Muros de contención; primeramente describiremos el proceso constructivo de las columnas.

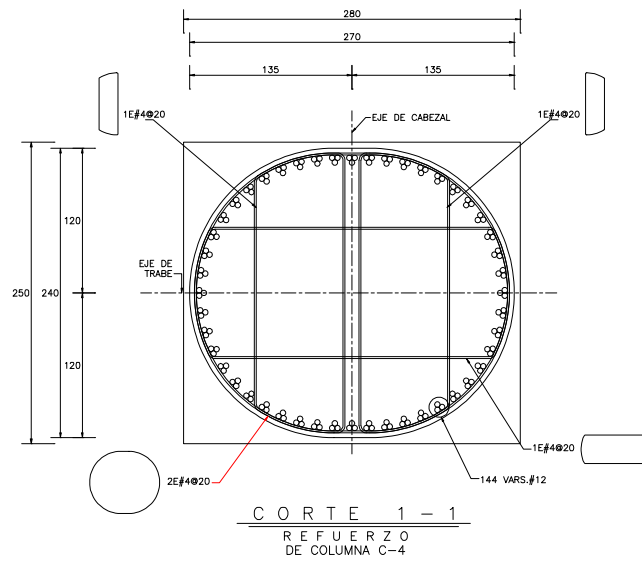
#### III.4.1 COLUMNAS

Como se menciona en un principio la sección de las columnas es oblonga, de medidas 2.70m x 2.40m, cada columna deberá cumplir al igual que los elementos anteriores estrictamente los lineamientos de control y supervisión para la correcta ejecución del proyecto. El proceso constructivo para las columnas consta de tres pasos esenciales.

- Armado estructural de la columna
- Nivelación y cimbrado
- Colado de columna

#### ARMADO ESTRUCTURAL DE LA COLUMNA

El armado estructural de la columna se inició previamente cuando la zapata de cimentación comenzó a construirse, pues al momento de su proceso se dejaron colocadas las varillas longitudinales perimetrales de la misma. El acero de refuerzo consta de 48 paquetes de 3 piezas cada uno para un total de 144 varillas verticales del número 12 en el perímetro de la sección, para el refuerzo transversal se colocarán estribos de forma oblonga al igual que la columnas, estos serán del número 4 @ 20cm en toda la altura como confinamiento de todas las varillas; además se colocan estribos rectangulares del número 4 @20cm perpendiculares al eje principal y un estribo rectangular del número 4 @20 paralelo al eje principal, estos estribos se colocarán a todo lo alto de la columna como se ilustra en la siguiente figura.



Acero de refuerzo en columnas

## NIVELACIÓN Y CIMBRADO

Es importante mencionar que durante el proceso de armado estructural de la columna, deberá ponerse especial atención en la verticalidad de la misma, esto es entendible debido a que si por algún motivo la columna no quedara totalmente vertical, el cabezal tendría problemas, así como la colocación de las trabes; además de que las cargas sobre la columna no estarían trabajando en el sentido vertical solamente, se tendría una flexión de la columna en todo momento, no siendo este el diseño principal.

Esta verticalidad además del constructor es responsabilidad de la supervisión y deberá verificar la misma con dos equipos de topógrafos formando un ángulo de 90° entre ellos. Para ir alineando perfectamente este armado se recurre al apoyo de tensores de alambre fabricados en la obra y se colocan en cuatro lados de la columna (norte, sur, este y oeste), tirando de cada uno de ellos conforme lo indiquen los topógrafos.

Estando el acero de la columna alineado correctamente, el siguiente paso es colocar la cimbra metálica, que de igual manera deberá estar alineada perfectamente; esta cimbra se coloca con el apoyo de una grúa pequeña u equipo topográfico, la cimbra consta de dos secciones en forma de "U" acopladas mediante tornillería, es cimbra metálica liza para dar un acabado aparente.



Cimbra metálica en columnas

## COLADO DE COLUMNA

Estando lista la cimbra se realiza el colado de la columna, que será con concreto premezclado de  $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$  bombeable, se debe tener especial cuidado que durante este proceso se lleve a cabo el vibrado correctamente, en particular en la parte más baja de la columna que en algunos casos como en las columnas de mayor altura sea complicado por la longitud del chicote del vibrador; se debe estar atento en todo momento de que se realice este vibrado.

La altura de colado de la columna la determina el proyecto, esta altura será a la cual el cabezal comenzará a construirse, y depende de la posición de cada elemento en el puente; pues, en las columnas cercanas a las rampas de acceso la altura es menor que en el cruce con Av. Las Torres



Colado de columna con bomba telescópica

#### III.4.2 CABEZALES

Esta parte es también muy importante, debido a que además de estar perfectamente unido a la columna el cabezal deberá estar perfectamente alineado pues esta estructura será la encargada de recibir las traveses y así transmitir las cargas a las columnas y cimentación.

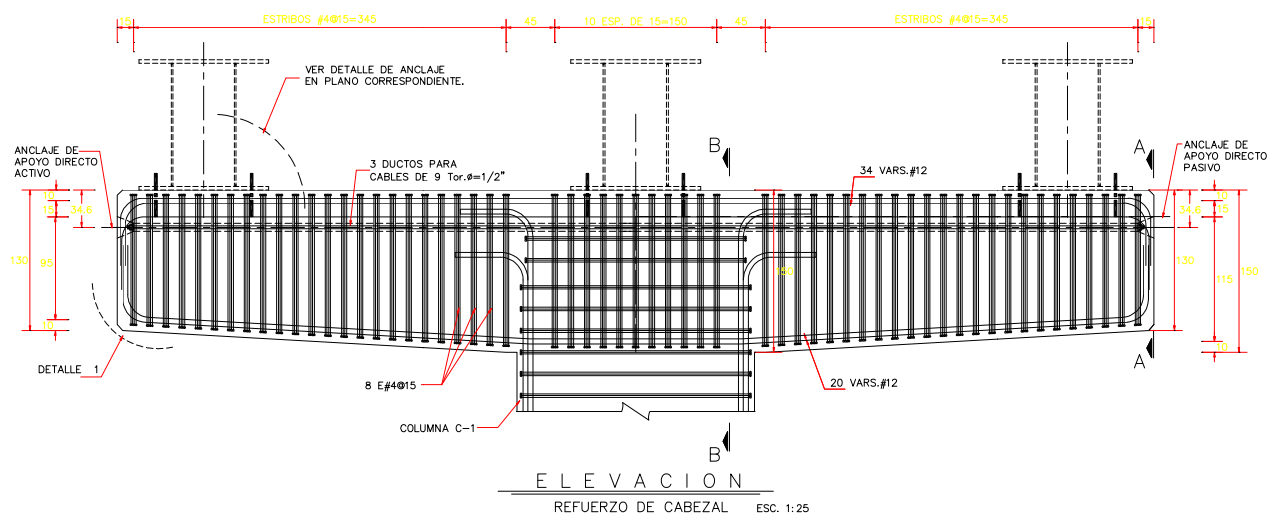
#### ARMADO ESTRUCTURAL

El proceso constructivo de dicho elemento es como sigue: teniendo colada la columna se comienza a colocar el acero de refuerzo para este elemento, que consta como sigue: El refuerzo longitudinal será con 34 varillas del número 12 en el lecho superior acomodadas en paquetes de 2, en el lecho inferior tenemos 20 varillas del número 12 igualmente en paquetes de 2, aunado a esto se colocarán 20 varillas del número 4 en cada uno de los costados del cabezal agrupadas de 2 en 2.

Para el refuerzo vertical se colocó estribos rectangulares del número 4@15cm a partir del extremo del cabezal hacia la columna en una distancia de 3.45m en paquetes de 4 varillas cada uno, esto es en ambos lados de la columna, para la parte central donde está también el acero de la columna el refuerzo es por medio de estribos del número 4 distribuidos en 11 paquetes de 4 varillas cada uno en la parte central de la columna, en la siguientes figuras se ilustra lo mencionado.

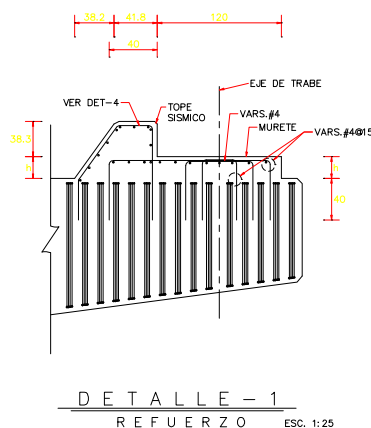
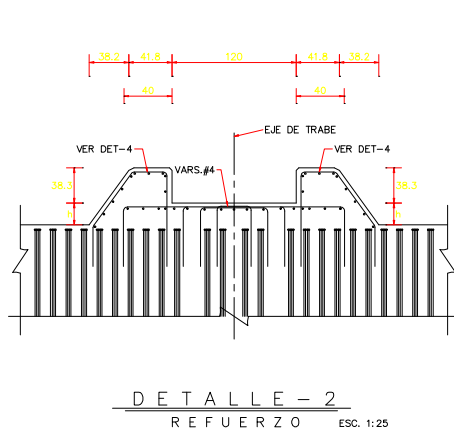
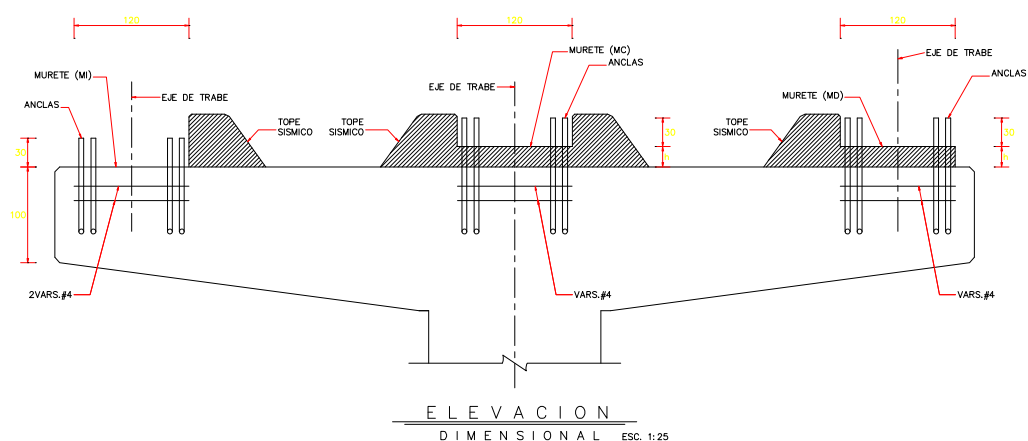


Fotografía del armado estructural del cabezal



Estando en el proceso de armado estructural del cabezal, se deberá también colocar el acero estructural para los topes sísmicos, cuya función principal es la de evitar que las vigas se desplacen de manera horizontal sobre el cabezal especialmente en un evento sísmico; además estos topes nos sirven como interconexión entre las vigas y el cabezal.

Para la unión de las vigas con el cabezal se colocarán unas anclas de acero de 1 ¼" y serán 8 para cada una de las traves colocadas en grupos de 2, estas anclas deberán estar roscadas en el extremo que quedará expuesto.



Además del refuerzo estructural del cabezal deberán colocarse tres ductos de por lo menos 2” de diámetro a todo lo larga del cabezal, estos ductos servirán para colocar dentro de ellos torones de 9 hilos, estos torones son de 1/2” de diámetro y la función de los mismos es la de realizar un tensado de la estructura posterior al colado de la misma.

### CIMBRADO DE CABEZAL

Teniendo todo el acero estructural colocado del cabezal y topes sísmicos el paso siguiente es el de colocar la cimbra, previa impregnación de desmoldante a la misma, esta colocación se realizará con el apoyo de grúa para las columnas de mayor altura, debe tenerse especial cuidado en dejar las distancias correspondientes entre la cimbra y el acero de refuerzo como lo indican los planos estructurales en especial para el recubrimiento.



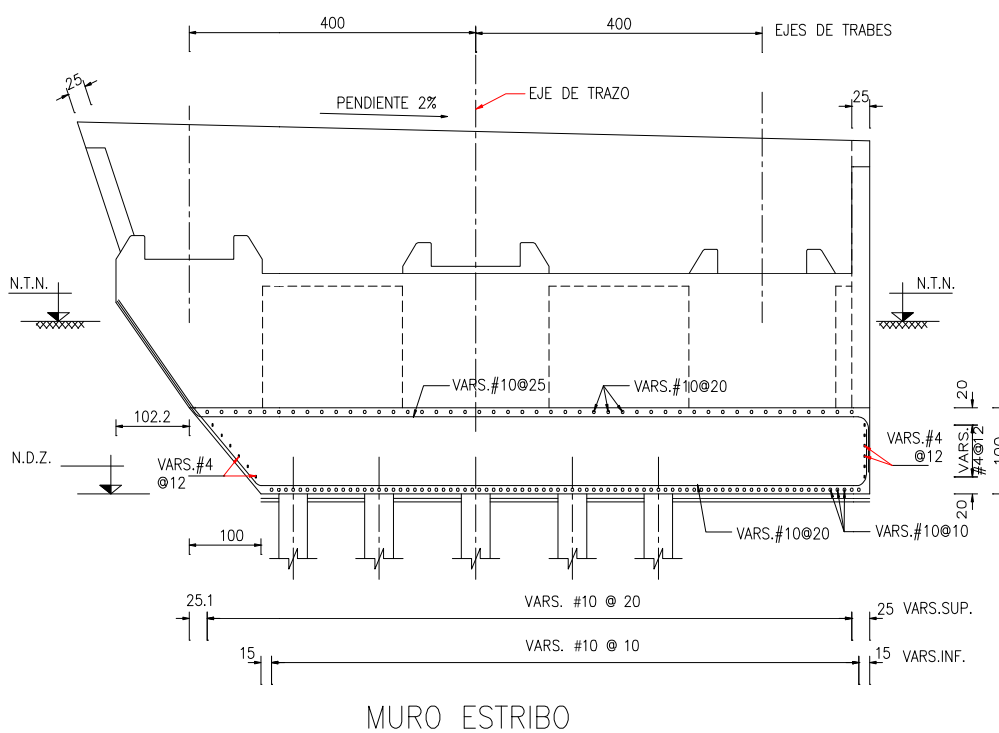


Colocación de cimbra con apoyo de grúa

Lista la cimbra se colará el cabezal con concreto premezclado de  $f'c=400\text{kg/cm}^2$  utilizando para esto bomba telescópica, recordemos que también es importante la correcta utilización de los equipos de vibración.

### III.4.3 MURO ESTRIBO

Este muro tiene la función principal de recibir las traveses principales y superficie de rodamiento para poder ligarlas con la rampa de acceso o descenso del puente. La cimentación profunda para el muro estribo es sobre doce pilotes de  $0.40 \times 0.4\text{m}$  desplantados a una profundidad de  $21.50\text{m}$ , sobre ellos estará una zapata de  $8.50 \times 3.20\text{m}$  x  $1.0\text{m}$  de altura, ligadas a la zapata estarán dos columnas de sección  $2.05 \times 1.35\text{m}$  y una altura de  $1.56\text{m}$ ; así como una ménsula con refuerzo especial para recibir las traveses, lo anterior se muestra en la figura siguiente.



Como se ha descrito anteriormente el proceso para la construcción de este muro estribo, es de manera similar a los procesos descritos. Primeramente se realizan los trazos de ejes de zapatas y pilotes, barrenación e incado de pilotes; así como excavación, descabece de pilotes, armado, cimbrado y colado de zapata de cimentación y columnas.

La parte importante durante este proceso constructivo del muro estribo es la de colocar el correcto acero de refuerzo en todas las áreas, la colocación de los topes sísmicos y la colocación de los apoyos de neopreno, pero en especial los niveles de proyecto; esto debido a que este muro es la división entre el puente propiamente y la rampa de acceso, así que cualquier falla en los niveles ocasionaría unos desajustes que derivarían en problemas a la hora de circular por la vía.

Aunado a la construcción del muro estribo se colocó acero de refuerzo ligado a esta estructura para elaborar la rampa de acceso, este acero de refuerzo es principalmente para los muros de contención de la rampa.

#### III.4.3 RAMPAS DE ACCESO Y DESCENSO

Estos elementos son los que propiamente nos permiten acceder al puente vehicular o descender del mismo, para formar estas rampas será necesario realizar los siguientes procedimientos:

- Trazo y Excavación de Terreno
- Muros de contención
- Rellenos y compactaciones
- Tensores de interconexión de Muros
- Losa de Aproximación
- Losa de rampa de ascenso y descenso

#### TRAZO Y EXCAVACIÓN DE TERRENO

De acuerdo con el proyecto original, se debería realizar una excavación del terreno para poder llevar a cabo la construcción de la rampa; pero, al observar detenidamente el material que se encontró en la zona de la rampa se determinó en base a la experiencia tanto de la supervisión como del área de la dependencia que se podría aprovechar gran parte de este material como base de la rampa; motivo por el cual no fue necesario realizar la excavación de toda la zona de proyecto.

En lugar de eso solo se realizó excavación en los costados laterales de la zona de rampa, dejando la parte central intacta, el argumento principal de esta decisión es que el material que se encuentra en el área está en buenas condiciones y cumple con los requerimientos de compactación necesarios, lo anterior se muestra en la siguiente figura.

La excavación en el costado cerca del rio churubusco se realiza dejando un talud con una inclinación de aproximadamente  $50^\circ$ , en tanto que en el otro extremo el talud es vertical prácticamente.



Corte del terreno para muro diagonal



Corte del terreno para muro vertical

#### MUROS DE CONTENCIÓN

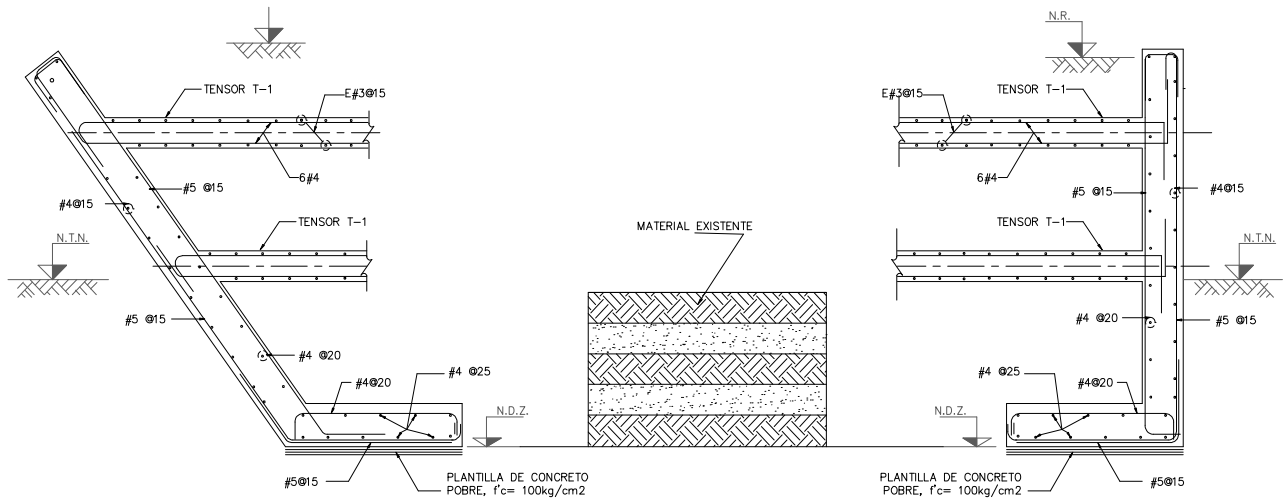
La actividad principal de estos muros es como su nombre lo dice: contener material que se colocará en el centro de la rampa que a su vez es soporte para la superficie de rodamiento.

La rampa cuenta con dos muros de contención laterales ligados a unas zapatas para cada uno, estas zapatas son de forma irregular comenzando con un ancho de 2.30m en la parte cercana al muro estribo y terminando en 0.75m a la altura de la parte más baja del muro. A su vez los muros quedan ligados entre sí mediante unos Tensores colocados @ 1.50m en todo lo largo en dos camas separadas 1.0m cada una.

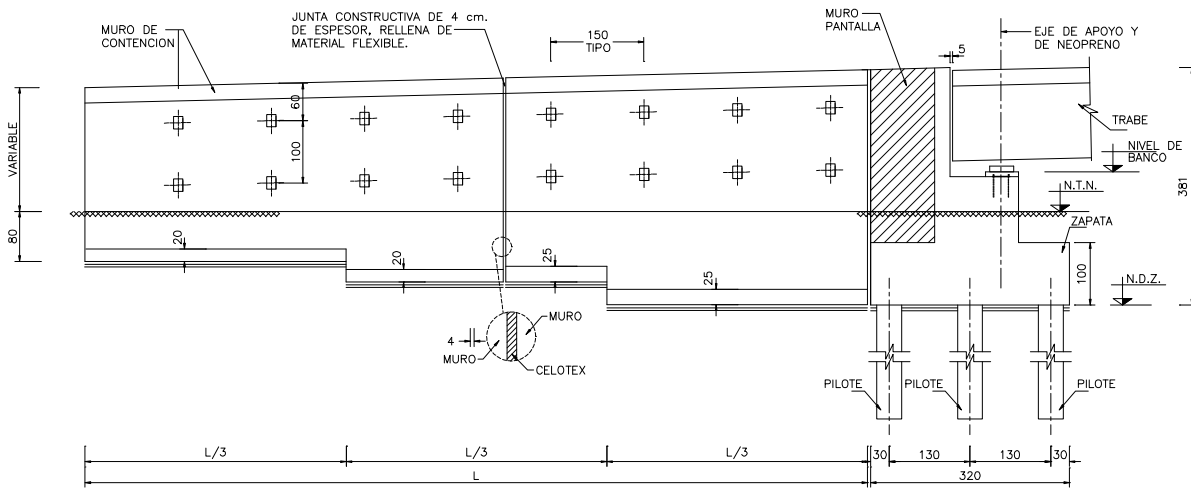
Después de tener lista la excavación se coloca una plantilla de concreto pobre de resistencia  $f'c=100\text{kg/cm}^2$ , estando la plantilla colada colocamos el armado de la zapata que consta de una cama superior armada con varillas del # 4 @ 25cm en el sentido longitudinal y en el sentido transversal de la zapata van varillas del # 4 @ 20cm, la cama inferior consta de varillas del # 4 @ 25cm longitudinalmente y varillas del # 5 @ 15cm en el sentido transversal.

El armado para los muros es una parilla doble con varillas del # 4 @ 15cm en el sentido longitudinal por la parte externa del muro y varillas del # 4 @ 20cm en la parte interna del muro. En el sentido transversal el acero de refuerzo es con varillas del # 5 @ 15cm. A la par de este armado se colocara también acero de refuerzo para poder ligar los tensores.

Con el acero de refuerzo listo se coloca la cimbra para que posteriormente se coloque el concreto, que para el caso de los muros de contención y zapata es de resistencia  $f'c=300\text{kg/cm}^2$



Esquema de los muros de contención



CORTE A - A  
GEOMETRIA



Armado estructural del muro de contención

### RELLENOS Y COMPACTACIONES

Completos los trabajos de construcción de los muros de contención, el paso siguiente es el de rellenar la zona para completar niveles, recordemos que tenemos una sección central de material existente y dos secciones laterales donde se realizó excavación, es en estas dos últimas zonas donde se realizarán los rellenos. Los primeros rellenos serán con tezontle acomodados con un “bandeo” de material para lograr que ocupe el material todos los espacios vacíos, el tezontle se coloca hasta llegar al nivel del terreno natural que se dejó en la parte central de la rampa.

A partir del nivel del terreno natural que existía y al cual llego el tezontle, comenzarán los rellenos con material limo-arenoso (tepetate) compactado en capas no mayores de 20cm al 90%, hasta llegar a la primera cama de tensores. Se arman y cuelan los tensores y se continúa con los rellenos nuevamente hasta llegar a la segunda cama de tensores, los cuales nuevamente se cuelan para así finalmente realizar los rellenos y compactaciones restantes hasta el nivel de proyecto.



Rellenos y Tensores para liga de muros



Relleno con material de banco

## TENSORES

Estas estructuras tendrán la función especial de ligar los dos muros laterales de la rampa, como anteriormente recordamos al momento de armar estructuralmente los muros de contención se dejaron preparaciones para poder armar estos tensores, sus dimensiones son de 0.13 x 0.18m armados con varillas del # 4 en el sentido longitudinal y estribos del # 3@ 15cm.

Cuando se iniciaron los rellenos de material se llegó al nivel donde se encuentra la primera cama de tensores, esta nos sirve como cimbra en la parte inferior, se coloca el armado de los tensores ligándolo perfectamente a las varillas que quedaron ancladas en los muros de contención, posteriormente se coloca la cimbra en los costados y se cuelean con concreto premezclado de resistencia  $f'c = 250\text{kg/cm}^2$ .

Estando colados completamente los tensores, el paso siguiente es completar los rellenos con tepetate y las compactaciones hasta llegar al nivel indicado de proyecto.



Cimbra para Tensores



Acero de refuerzo de Tensores

## LOSA DE APROXIMACIÓN

Se le denomina losa de aproximación a la superficie de rodamiento que está sobre la rampa de acceso o descenso, y tiene la finalidad de crear una “articulación flexible” de la superficie de rodamiento entre el puente propiamente y la rampa.

Esta es una parte de la estructura de la rampa, la cual tiene la característica principal de tener el mismo armado estructural que tiene la superficie de rodamiento que se encuentra sobre el puente, inicialmente la losa de aproximación que requería el proyecto era de una longitud de 5.0m, pero de acuerdo a la experiencia de la supervisión se prolongó esta losa hasta los 10.0m de longitud, justamente en este punto se genera una junta de construcción.

El armado estructural de la losa de aproximación es con una parilla doble armada con varillas del # 5 @ 20cm en ambas direcciones, además de colocar bastones del # 6 @ 20cm en los dos extremos de la losa, el peralte de la losa de aproximación es de 27cm con concreto premezclado de resistencia  $f'c = 300\text{kg/cm}^2$ .

Como la longitud total de la rampa es de 86.5m aproximadamente y solo 10.0m, de esta se considera como losa de aproximación, la parte restante es nombrada losa de rampa de acceso o descenso.

#### LOSA DE RAMPA DE ASCENSO

La característica principal de esta losa es que no cuenta con armado estructural como la anterior, esto debido a que se cuenta en su base con material perfectamente compactado y confinado y con estas características el diseñador puede proponer como superficie de rodamiento en esta sección una losa sin armado estructural.

Esta losa tiene solamente canastillas @ 4.0m en toda su longitud, estas canastillas sirven para formar de alguna manera una junta constructiva en donde posteriormente se realizará un corte en la superficie para forzar la falla en estos puntos; el concreto que se utiliza para este caso es Concreto MR45 (Módulo de Ruptura a 45 días) y el espesor de la losa también es de 27cm. Estando colada la losa se comienza a dar el acabado de la misma que consiste en realizar un rallado de la superficie para permitir la correcta tracción de los vehículos, como último paso en la construcción de esta losa se realizan cortes con equipo especial para formar secciones de 4.0 x 3.0m.

### **III.5 SUPERESTRUCTURA.**

La superestructura se compone de la siguiente forma:

- TRABES DE ACERO
- SUPERFICIE DE RODAMIENTO
- INSTALACIONES

A continuación se describirá el proceso constructivo de los puntos anteriormente mencionados, enfocándonos en los dos primeros, no así en el tercer punto del cual solo mencionaremos los tipos de instalaciones, su utilidad y funcionalidad.

#### **TRABES DE ACERO**

La estructura principal de soporte se compone por traveses de acero fabricadas en cajón, la disposición de estas traveses es de la siguiente manera: en cada uno de los ejes y a todo lo largo se colocarán tres traveses paralelas separadas entre ejes cuatro metros, el eje A constará de 42 traveses mientras que en el eje B serán 39, estas traveses se denominan en dos tipos, TCA y TC.

Las TCA son Traveses Centrales de Apoyo, las TC son Traveses Centrales, las TCA son con las cuales se inicia la colocación y deben llevar una logística de instalación, las TC por su parte son con las cuales cerramos la conexión del puente, las TCA están apoyadas en los cabezales y en otra traveses contigua, las TC solo se apoyan entre dos TCA.

Cada traveses se fabrica en sección cajón y para lograr esto se componen de dos patines de 120cm de ancho y las almas son de peralte variable de 120 a 200cm.

Además las traveses se deben rigidizan por medio de diafragmas que forman una diagonal en "cruz", soldadas a soleras que está unidas a las traveses en sus caras laterales y este conjunto forma un apoyo adicional a la resistencia individual de cada traveses, estos diafragmas se colocarán a cada 8 metros. A las traveses también se les colocarán atiesadores en todo su peralte a cada 160cm a lo largo de estas y en donde el peralte es mayor se colocarán a cada 200cm.

#### **FABRICACIÓN DE TRABES TCA y TC**

Para esta fabricación es indispensable contar con:

- PLANOS ESTRUCTURALES
- SUPERVISORES DE FABRICACIÓN
- CONTROL DE CALIDAD

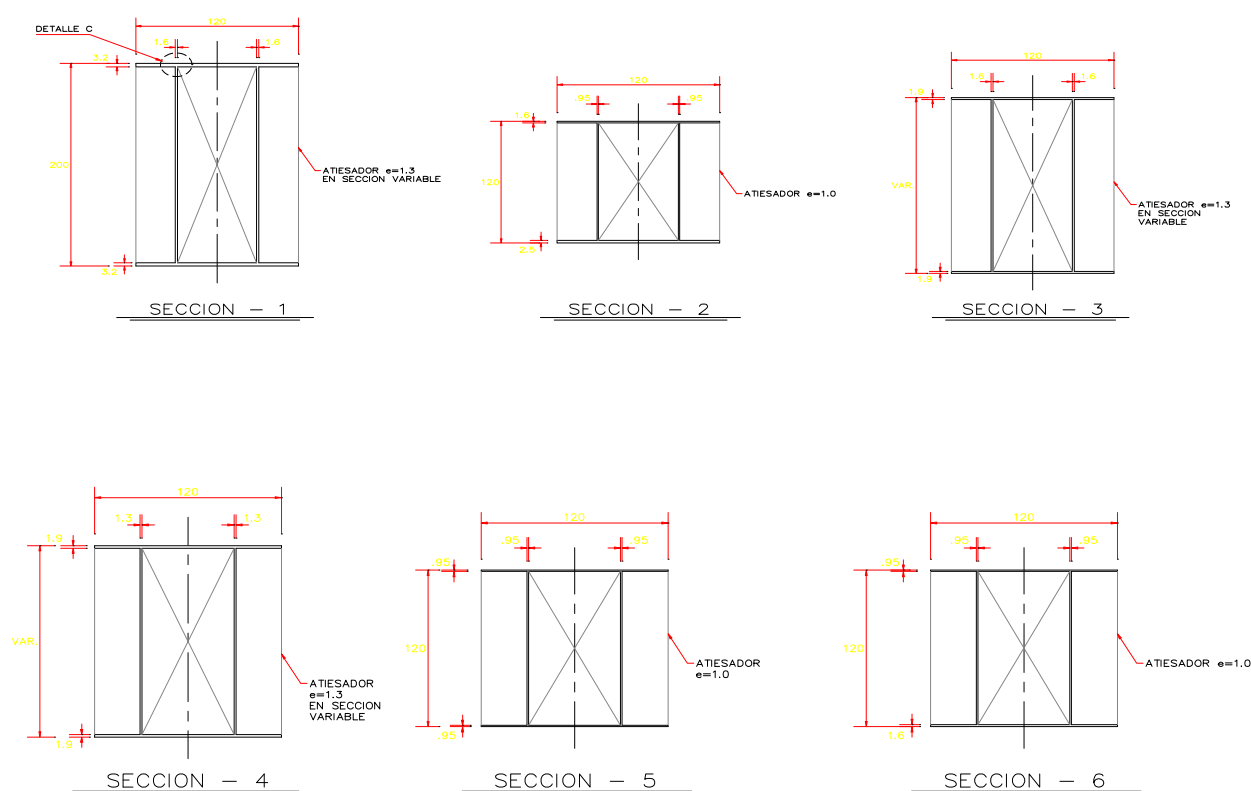
Los planos de proyecto estructural son primordiales y deben estar debidamente autorizados por cada una de las personas responsables del proyecto, en estos planos se describen las secciones, medidas, tolerancias, tipos de materiales, resistencias, ubicación de cada una de las traveses dentro del plano general.



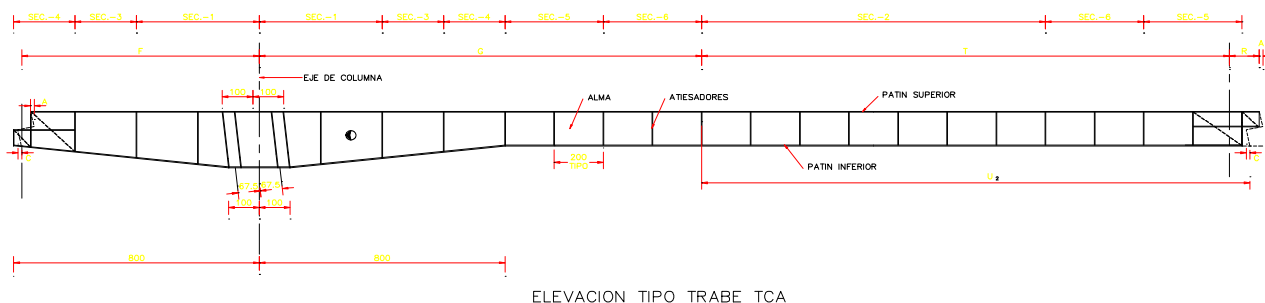
Como primer lugar apoyándose en los planos estructurales, se fabrica una plantilla o “molde” de las piezas que deberán cortarse, esto con la finalidad de que se cumpla con las medidas y no se tenga variación de las mismas.

Cada una de las vigas consta esencialmente de: patín superior e inferior, alma, una sección regular de 1.20m de altura y su longitud varía desde los 12.0m hasta los 25.0m, consta de otra sección irregular de altura variable de y de largo 16.0m, en promedio la longitud total de las vigas varia en total desde los 28.0m hasta los 41.0m, dependiendo de la ubicación donde se encuentre el elemento en cuestión.

Para la correcta fabricación de las traveses se debe seguir los planos que indican cómo se dividen las traveses conforme al resultado del estudio estructural realizado. El número total de secciones en las cuales se divide la traveses son 6, dependiendo de qué sección se trate el calibre que se ocupará para los patines es diferente; en la siguiente figura se muestra lo mencionado.

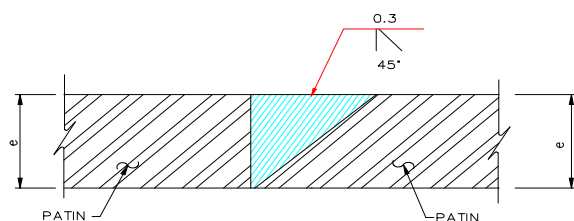


Diferentes secciones de la viga.



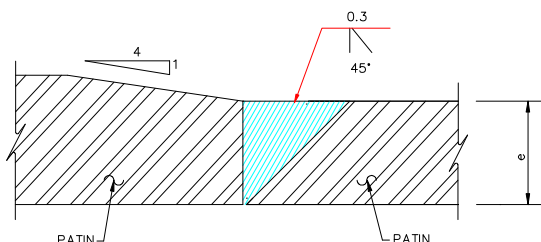
Primeramente se armará los patines de la viga, siguiendo las indicaciones de cada una de las secciones de la trabe, se cortan las placas que servirán como patín, tanto superior como inferior, estas placas se unen entre sí mediante soldadura de la serie E-70, como a lo largo de toda la viga el calibre de la placa es diferente se debe realizar la unión con las siguientes especificaciones:

En placas con espesores iguales la unión será con soldadura de bisel en 45° como se muestra en la figura.



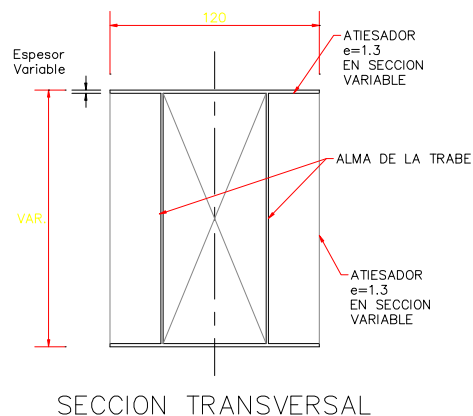
SOLDADURA EN PATINES DEL MISMO ESPESOR

En placas con diferentes espesores la unión deberá realizarse elaborando un “descalibre” de alguna de las placas a unir; esto se logra desvaneciendo la orilla de la placa con una pendiente de 4:1 y aplicando soldadura de bisel como en el punto anterior, lo anterior se muestra en la siguiente figura:



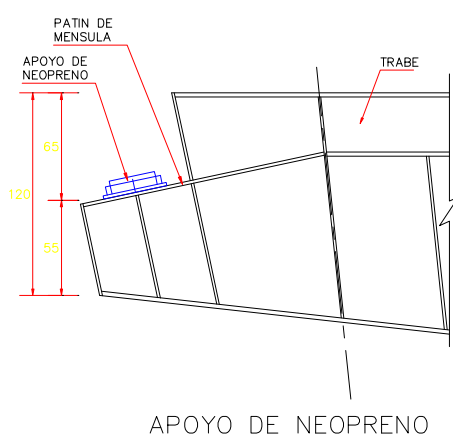
SOLDADURA EN PATINES DE DIFERENTE ESPESOR

Teniendo listos los patines el paso siguiente es habilitar y colocar el alma, es importante recordar que la viga se fabricará en cajón, lo cual implica que en una vista transversal de la sección tenemos dos placas verticales que formarán el alma de la trabe como se muestra en la figura.



La unión entre el alma y el patín superior e inferior se realiza con soldadura de filete de la serie E-70.

Un punto importante también en la fabricación de dichas traves son las ménsulas en cada uno de sus extremos, uno de ellos tienen la función de recibir otra trabe y el otro extremo servirá como apoyo para otra trabe, en la parte del patín que recibirá otra trabe sobre ella es donde se colocara un accesorio especiales para el contacto entre traves, este accesorio es un apoyo de neopreno y su finalidad principal es la de proporcionar una superficie flexible entre traves y así evitar la fricción y contacto directo entre metales, este apoyo se colocará en todas las ménsulas que recibirán otra trabe; así como en los muros estribos de ambos ejes.





Otra sección importante de la trabe es un accesorio denominado “tacón” este accesorio nos va a servir para lograr unir el cabezal con las traves, mediante pernos especiales.

Para que las traves estén totalmente cumpliendo con las especificaciones generadas por el estudio estructural del puente, se les colocarán atiezadores en todo lo largo en ambos costados tanto en el sentido horizontal o en el sentido vertical, el espesor, altura y cantidad de atiezadores depende de la sección que se trate.



Traves, atiezadores y tacón

#### SUPERFICIE DE RODAMIENTO

La parte superior del puente es la superficie de rodamiento, esta superficie será de concreto premezclado bombeable de 27cm de espesor, armado con varillas del # 5 @ 15cm en ambas direcciones y en dos camas, reforzada con bastones del #6 @ 20cm en ambos costados del eje, el concreto tiene una resistencia de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ .

Para lograr la unión entre la losa y la estructura se colocaron accesorios en todo lo largo de las trabes, estos accesorios son secciones de canal de 3" soldados en dos hileras a las trabes @ 30cm de distancia, estos accesorios tienen la función de ligar la estructura con la losa para que trabaje de manera monolítica.

A todo lo largo de esta superficie de rodamiento se tendrán que dejar juntas de calzada que no son más que espacios entre losas, estos espacios tienen la finalidad de permitir los desplazamientos naturales del puente; a estos espacios se les denomina juntas constructivas.

#### CIMBRA PARA LOSA

En este caso en particular la cimbra utilizada fue cimbra metálica con superficie de contacto de madera, la madera fue de triplay de pino de 19mm. Un punto importante para considerar en el proceso constructivo de esta losa fue el de tomar la decisión acerca de la manera correcta de apuntalar la cimbra; esto debido a que en las intersecciones del puente en construcción y la Av. Ermita, así como la Av. Las torres seguían operando; además de que debajo del puente obviamente se sigue con los procesos constructivos.

Por este motivo se decidió cimbrar la losa colocando el soporte de la misma apoyándose en las trabes del puente, y el resultado del proceso es el que se describe a continuación.

Se colocaron perfiles estructurales llamadas vigas tipo I de 4" x 2" entre dos trabes, estos perfiles quedaron apoyados sobre los patines inferiores de las trabes de forma perpendicular a ellas y separados uno de otro @ 1.0m, teniendo esta base se colocan otros perfiles de iguales características pero estos se colocaran por debajo de los patines superiores de las trabes.

Para lograr esto se colocaron puntales de acero apoyados en las vigas inferiores estos puntales cuentan con una placa tanto en su parte inferior como en la superior además estas placas están soldadas a un tornillo sinfín con el cual se proporciona la atura deseada en cada uno de los soportes.

A su vez debe asegurarse que esta estructura no colapse, logramos mantenerla en su sitio ligando de alguna manera los apoyos hacia las trabes principales, esta liga la realizamos con estructuras especiales para interconectar tuberías o también se puede realizar con secciones de varillas o sobrante de perfiles soldándolas entre sí y contra las trabes. Este proceso se realiza entre dos trabes (que son los dos claros que están entre las tres trabes del puente).

Para la cimbra en los costados del puente solo se tiene el apoyo de una trabe pues la cimbra y la superficie de rodamiento quedará en voladizo en ambos costados del puente, en este caso el procedimiento de cimbrado fue distinto al anterior.

Se colocaron soportes metálicos @60cm apoyados sobre el patín inferior de la trabe y fijos con pijas hacia el alma de la misma como se muestra en las siguientes fotografías.



Cimbra en voladizo



Cimbra entre traves

Estando completa la estructura se coloca la cimbra de contacto que es de madera, a esta cimbra se le debe colocar desmoldante perfectamente en toda la superficie para lograr que cuando se descimbre no se tengan problemas.

Estando lista la cimbra se colocará el acero de refuerzo en dos capas como se menciona al principio de este apartado, es importante verificar en todo momento la separación entre varillas, así como la altura entre parrillas de acuerdo a proyecto; además de este acero de refuerzo se colocaran pasa juntas en todas las juntas de calzada, estos son de redondo del número 6 @ 20cm.

También durante este proceso se colocará el acero de refuerzo para la guarnición que es de 6 varillas del número 4 colocadas longitudinalmente y para el acero transversa se colocarán estribos del número 4 @ 20cm, el proyecto marca que dentro de la sección de la guarnición se colocarán sonotubo de 8" y 6" esto con la finalidad de aligerar la guarnición, también se colocara la tubería principal para las instalaciones eléctricas.

En los casos donde el proyecto marque un apoyo móvil se deba colocar una banda de material flexible (celotex o similar) si es en el muro estribo y banda de neopreno en todo lo ancho de la trabe cuando se trate de traves.

Ahora está todo listo para poder vaciar el concreto premezclado, se comenzará con el vaciado y se podrá especial atención en los niveles de proyecto en cuanto al espesor de la losa principalmente pero también en lo relativo a las pendientes de proyecto que son del 2%, las cuales definen el bombeo para poder desalojar el agua de lluvia de manera eficiente, esto es muy importante pues si no se respetan estos niveles de espesor, repercute primero en costo

extra y lo más importante repercute en lo estructural debido a que el diseño es para un espesor determinado de losa (por ende un peso calculado) y si se rebaza ese espesor se modifica la carga muerta de la losa, provocando problemas al puente en general.

Terminada la labor de colado el concreto deberá inmediatamente aplicarse un aditivo para el curado del concreto, aplicándose sobre la superficie con llana o “avión”; después de lo anterior debe darse el acabado de la superficie, este no será liso, por seguridad será pavimento rayado transversalmente al eje principal del puente, esto lo logramos con herramientas especiales para este fin. Estando rallado el pavimento se realizarán cortes al mismo @ 3.0m, esto con la finalidad de provocar “fallas” controladas y así evitar que conforme pase el tiempo el concreto “trueque” de manera irregular.

Tenemos ahora lista la superficie principal de rodamiento pero falta colar la guarnición, antes de colar este elemento se debe revisar que se hayan dejado colocadas dentro del armado estructural placas de acero de 19 x 30cm 1.9e ancladas con 4 varillas y 3 estribos, las cuales nos servirán posteriormente para soldar el parapeto metálico de protección y colocar también las luminarias y señalamientos finales.

#### INSTALACIONES FINALES

Como instalaciones finales entenderemos:

- PARAPETO METÁLICO
- REGISTROS PLUVIALES
- LUMINARIAS
- SEÑALAMIENTOS

#### PARAPETO METÁLICO

El parapeto está constituido por perfiles de 5 ½” x 5 ½” y 5” x 2 ½”, se habilita primeramente todo el perfil en el área asignada para la fabricación dentro de la obra, se comienza cortando conforme lo indican los planos de proyecto habilitando los postes verticales con la inclinación indicada en planos, teniendo habilitadas estas piezas, se colocan sobre las placas que se dejaron anteriormente ahogadas en la guarnición, enseguida se marca en estos postes las secciones donde se empotraran los perfiles horizontales para posteriormente cortar la sección indicada y colocar así el perfil horizontal, la unión de este parapeto con las placas de la guarnición será con soldadura de filete en todo el perímetro, como se muestra en las siguientes fotografías.



Habilitado del parapeto



corte para colocar perfil horizontal



Perfiles colocados



Parapeto terminado



## **IV. CONTROL DE OBRA**

Es bien sabido que una parte importante y medular de una obra es el control de la misma, el control se refiere tanto a los materiales, mano de obra, rendimientos, avances, tiempo como al dinero, etc.

Mencionaré a continuación la manera general de llevar un buen control de obra.

Los factores principales que influyen en la buena organización de una obra son:

- Los planos
- El pedido del material y su almacenamiento
- El taller central
- El transporte
- El taller de obra
- El montaje en la obra

A continuación se describirán cada uno de los puntos anteriores.

#### LOS PLANOS

En las estructuras metálicas; así como en las estructuras de concreto, hay que distinguir los planos de proyecto de los de la obra. Los primeros suelen hacerse muy bonitos, bien dibujados con partes vistas y ocultas, pero sin indicaciones positivas para su construcción. Los segundos son esquemáticos y deben llevar todas las anotaciones precisas para ello.

En el caso de fabricar estructuras metálicas como en nuestro caso compete para las trabes estos planos deben ser creados por el jefe de taller, que ha de ser un técnico competente, y el cual, muchas veces tiene también que calcular, si no los elementos que suelen estarlo en el proyecto, sí todas las uniones.

Como siempre cuando se proyecta toda estructura, en la metálica hay que tener muy presente cómo se va a construir, para evitar las modificaciones posteriores y todas sus desagradables consecuencias.

#### EL MATERIAL

Para hacer el pedido del material hay que llevar a cabo un estudio a conciencia del proyecto, analizando y despiezando todos sus elementos, llegando incluso maquetas o al menos, dibujos a escala natural de los más complicados y, sobretodo, teniendo muy en cuenta las juntas obligadas por el transporte y montaje en obra.

Se puede hacer a la medida, o combinando las distintas piezas para llegar a las longitudes comerciales. En todos los casos hay que tener en cuenta el desperdicio por cortes, ajustes, etc., pudiendo calcularse del 5 al 10 % según la clase de estructura.

## EL TALLER CENTRAL

Después del despiece y estudio de cada uno de los nodos y elementos del proyecto, es muy conveniente el trazado de plantillas, generalmente de madera o metálicas, que definan exactamente los ángulos de forma, evitando la desagradable falta de coincidencia. En un taller medianamente organizado, existe el jefe de taller, en contacto directo con la dirección técnica, que se ocupa de preparar, distribuir y vigilar el trabajo de todos.

A sus órdenes inmediatas están los trazadores encargados de preparar las galgas para las distintas piezas. La galga es una regla que se fabrica especialmente para cada trabajo, a fin de que, una vez preparada por el trazador, no tenga que usar el metro nadie más en el taller.

En ella se marcan los extremos con su designación correspondiente, y los ejes de taladros, así como su dimensión, iniciación del inglete etc.; para este trazado tienen sus escuadras y regla metálicas, y a veces sobre una misma gala se marcan varias series de piezas, usando distintos colores. Las galas pasan al marcador, quien recibiendo el material del almacén, va marcando todo lo que en ellas está indicado.

De aquí pasa a la sección de corte y enderezado, y finalmente a la de montaje y al almacén de piezas fabricadas. Los cortes suelen hacerse con equipo de oxicorte. Preparadas las piezas, se procede a la construcción de los elementos según el despiece que se haya previsto. Este montaje se hace de acuerdo a la técnica ya conocida, y hay que procurar que sea lo más completo posible, pues el trabajo hecho en el taller central es el más seguro de todos, para la mayor facilidad y comodidad de que se dispone. Es bueno pintar con un primer los elementos antes de transportarlos hacia la obra y es muy importante marcar en cada una de las trabes los señalamientos que indican cuál es su posición y orientación en toda la estructura.

## EL TRANSPORTE

El traslado de las estructuras del taller hacia la obra puede ser por carretera, vía ferrocarril o aérea donde se requiera. En el caso particular de nuestra obra en cuestión, el transporte de las estructuras fue por carretera utilizando para ello un transporte llamado Dollie para este trabajo es importantísimo desarrollar una ingeniería de tránsito, esto debido a que como los elementos son demasiado grandes es prácticamente imposible trasladarlos de día por cualquier camino rumbo a la obra.

Incluso antes de iniciar la obra deberá contemplarse cuál será el mejor recorrido del taller hacia la misma; así como el horario pertinente para no entorpecer con el flujo vehicular normal en la zona del taller hacia la obra, esto se hace mediante una cuadrilla de ingenieros que realizan un recorrido por las diversas opciones que visualizan para estos traslados, observando y anotando en que sitios puede el transporte circular sin problemas, que pueda girar en una u otra dirección, alturas de los cables durante el recorrido, y en el caso de que solo se encuentre una ruta para el traslado y en sitios de ésta se tengan obstáculos (topes que pongan en riesgo el traslado, marquesinas, cables de telefonía o luz) éstos deberán retirarse

provisionalmente del recorrido o en su caso reubicarse para así poder garantizar la llegada a tiempo de los elementos a la obra.

Normalmente para estos recorridos se utiliza un horario nocturno muy cerca de la madrugada para así evitar embotellamientos; así mismo deberá de ser apoyado este transporte por cuando menos uno más con luces estroboscópicas para señalamiento y prevención de accidentes.

#### EL TALLER DE OBRA

El taller de obra puede tener un carácter distinto, según el modo de concebir la construcción de la obra. Generalmente se organiza de tal manera que dentro de la obra se tenga un lugar especial para el taller, este lugar debe ser lo bastante amplia para poder albergar en él materiales, herramienta y equipo, elementos indispensables para la correcta ejecución de los trabajos. Esta área puede ser completamente cerrada o como generalmente sucede, se delimita el área con malla ciclónica para así poder evitar que personal no autorizado ingrese en ella, en el caso de materiales que no deben estar en contacto con agua; éstos deberán estar en un lugar techado y cerrado para su perfecto control de distribución, en cuanto al acero de refuerzo que se ocupará para el armado de las diversas estructuras, se podrá colocar a la intemperie cuidando siempre que en caso de mojarse deberá eliminarse el óxido que se haya generado si es el caso.

Generalmente se fabrican unos cobertizos improvisado de madera, suficiente para que protejan al obrero del sol o la lluvia. La maquinaria fija debe estar siempre protegida, y la móvil tener un sitio cercano y apropiado donde poder guardarla. El trabajo de taller de obra es intermedio, y por tanto, mezcla de ambos (taller de obra y taller central). La mayor parte de los materiales deben estar en el taller de obra, esto con la finalidad de prevenir eventualidades como las de retraso de actividades por falta de material; esto deriva en pedida de jornales y a su vez en repercusión económica.

#### EL MONTAJE EN LA OBRA

El montaje en la obra puede ser de dos formas claramente diferenciadas: 1ª colocación de las distintas partes completamente terminadas, como es el caso de los tramos de un puente. 2ª colocación de los distintos elementos de la estructura para unirlos en el sitio. Los medios auxiliares, aparte del taller, son la maquinaria de transporte y elevación, los aparatos de remache o soldadura y los andamios.

En cada caso habrá que prevenirlos y tenerlos en cuenta: el proyectista, al hacer los precios del proyecto, y el constructor, al hacer los de adjudicación. Como en otras clases de obra, los cambios posteriores pueden hacer inaplicables los medios previstos, cambiando la economía de la obra, así como su organización y ritmo, debiendo por tanto evitarse. Los medios de elevación en la obra son generalmente grúas de gran capacidad de carga. El andamio es casi siempre necesario con más o menos importancia, según sirva solo como plataforma de trabajo del obrero a también como apoyo de los elementos.

Es muy común y práctico el andamio móvil sobre ruedas, en los casos donde se puede colocar sin problemas.

Otros puntos importantes para una buena organización de la obra son llevar un control mediante gráficos preferentemente de los rendimientos reales, los gráficos de marcha de obra se hacen antes de empezar a ejecutarla, bien al estudiar el proyecto o al estudiar la propuesta para el concurso o adjudicación. Una vez adjudicada se vuelve a repasar, según se explicó, ajustándolos a los datos más concretos y posibles variaciones ante la realidad inmediata, y solo después es cuando se empieza a poner en práctica, desarrollándolo en todos sus aspectos. Más todo esto no pasaría de ser una especulación teórica muy bonita pero completamente inútil, si no se logra mantener una relación directa entre el estudio teórico y la realidad.

Algunas de las causas que afectan el retraso del programa de obra son:

- Instalaciones generales
- Maquinaria y medios auxiliares
- Materiales
- Mano de obra.

#### LAS INSTALACIONES GENERALES

Éstas influyen principalmente por estar mal situadas o por ser insuficientes. La primera causa, teóricamente, es fácil de corregir, aunque en la práctica muchas veces no es posible hacerlo por falta de espacio o por encarecimiento excesivo de la partida de gastos indirectos. La falta de espacios en servicios casi siempre puede salvarse, si no ampliando los existentes, sí haciendo otro nuevo, para el cual, con la obra empezada, raro es no poder encontrar sitio en ella.

#### MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES.

Pueden influir por distintas causas en la marcha de la obra; la primera, por escasez, mala colocación o tardanza en las reparaciones, y los segundos, también por escasez y por inadecuación.

La escasez de maquinaria es casi siempre fácil de remediar, poniendo más cantidad o sustituyéndola por otra mayor. Respecto a las reparaciones están íntimamente ligadas con la cantidad por el repuesto, que ha de ser mayor cuanto peor organizadas estén las reparaciones. En general, la maquinaria en obras importantes debe instalarse con un margen de producción del 20 ó 30 % sobre el previsto, y siempre que sea posible, tener repuesto, no de piezas tan solo de maquinarias.

La escasez de medios auxiliares se soluciona fácilmente aumentándolos; pero, si el menor rendimiento es debido a que son inadecuados, habrá que cambiarlos, decididamente, un caso concreto y muy corriente es el de las bombas de achique, pues si el caudal a extraer es en la realidad superior al previsto, habrá que quitarlas y poner otras más potentes

#### MATERIALES.

Es muy común no comparar su consumo real con el previsto, sino a través del número de unidades de obra ejecutada, estableciendo también la comparación del suministro y el consumo. A veces el defecto está en un almacenamiento defectuoso de los materiales, no descargándolos en su debido sitio y teniendo que efectuar transportes innecesarios de un lado a otro. Esta labor fundamental es del encargado de la obra, que si es bueno debe ordenar la descarga de material en el sitio preciso, para que nunca falte, según la marcha a corto plazo que él prevé en la obra.

#### MANO DE OBRA.

La influencia de la mano de obra en la marcha de la misma ya es más difícil verla sobre el papel. La gráfica de rendimiento acusará el defecto, y si estudiadas las otras causas posibles quedan eliminadas, habrá que buscarlo en la mano de obra, pero más bien por observación directa en campo.

El rendimiento del personal depende de su calidad moral y profesional, de su número y de su acoplamiento. En todas estas cualidades tienen influencia decisiva los capataces y el encargado de la obra. La calidad del obrero se consigue por selección y por educación; en la primera, interviene la práctica, observación y capacidad psicológica del encargado, no solo para elegir a los mejores, sino para colocar a cada uno en el puesto más indicado.

La educación es constante y se consigue, mejor que en escuelas nocturnas, en la misma obra, enseñándole como debe hacer las cosas, el manejo de la maquinaria, despertando y desarrollando su interés y su ingenio; hay que tomar en cuenta que la selección no siempre es posible si escasea la mano de obra, pero la educación con más o menos frutos siempre lo es.

Como resumen, hay que tener presente que el rendimiento, más que del número, depende de la calidad de los elementos y de su debida organización, por lo cual, una vez acusado su descenso en papel, hay que buscar la causa.

## **IV.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES.**

Este apartado es muy importante dado que al no llevar un control de calidad en materiales y procesos constructivos no se lograría un buen proyecto; dentro de los aspectos que se analizara en este tema verificaremos la calidad de los materiales como son:

- CONCRETO
- ACERO
- TERRACERIAS
- SOLDADURAS

Mencionare de manera global cuales son los tipos más generales de materiales de acuerdo a su clasificación, los tipos de pruebas que se realizan a cada uno dependiendo de lo solicitado, normas que rigen su control de calidad, etc.

### CONCRETO

Los requisitos para el proporcionamiento de las mezclas de concreto y los criterios de aceptación del concreto se basan en la idea de que el reglamento de construcción del Distrito Federal tiene como objeto principal proteger la seguridad pública.

Se ha estimado que existen hasta 60 variables que influyen en la resistencia de un cilindro de concreto. Se deben aceptar las variaciones en la resistencia del concreto, de donde se deduce que el 50% de las pruebas se obtienen de resistencias inferiores a la mediana. Se puede confiar en producir concreto de calidad adecuada si se mantiene el debido control y se interpretan adecuadamente los resultados de las pruebas y se consideran sus limitaciones.

La resistencia máxima de cilindros experimentales de 15 x 30cm, probados en compresión axial, no confinados, después de curarlos en condiciones estándar de humedad en el laboratorio durante 28 días, se define como la resistencia a la compresión del concreto y se denota como  $f_c$ .

Es sabido que en los cilindros de prueba puede haber variaciones que no existan en la estructura. Se sabe también que los cilindros de prueba pueden no responder exactamente el concreto en cada posición de la estructura. Cuando la probabilidad de valores de resistencia de los cilindros de concreto inferiores a  $f_c$  no pasa de aproximadamente el 9%, la resistencia del concreto puede ser aceptada.

Los principales ingredientes del concreto, como son el cemento Portland, los agregados minerales y el agua, deben balancearse cuidadosamente para dar las propiedades deseadas al concreto fresco y endurecido. Una de las propiedades más importantes del concreto reside en la relación agua-cemento, mientras menos agua se utilice, la pasta de agua cemento quedara más espesa y será mejor su calidad. La calidad disminuye a medida que se diluye la pasta de cemento con más agua.

El reglamento señala dos criterios para asegurar un concreto de suficiente calidad. Uno consiste en especificar los requisitos de resistencia y el otro en limitar la relación tolerable de agua-cemento en determinadas posiciones de exposición. Se ha comprobado que el concreto de alta resistencia requiere de una baja relación agua-cemento las muestras para las pruebas deben tomarse en una forma estrictamente aleatoria de acuerdo a las normas de la ASTM. La elección de las horas para hacer el muestreo o de las mezclas de concreto que se van a muestrear debe hacerse únicamente al azar dentro del periodo de colocación del concreto, con el objeto de que sean representativas. No debe hacerse más de una sola prueba de una mezcla (se tomara como una prueba al promedio de dos cilindros por muestra).

Existe un solo criterio de aceptación de resistencia, y se aplica a todo concreto para estructuras proyectadas de acuerdo con el reglamento, cualquiera que sea el método de diseño empleado. Se considera satisfactoria la resistencia del concreto mientras los promedios de tres pruebas consecutivas permanezcan por encima de la  $f'c$  especificada y sin ningún resultado de la prueba de resistencia por debajo del valor dado por  $f'c - 35 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### ACERO

Para controlar la calidad del acero se realizan pruebas acorde al elemento en cuestión; es decir, para verificar la calidad de las varillas se seleccionan unas muestras al azar de cada lote y se envía al laboratorio para que le realicen pruebas de tensión.

En el caso de los elementos de gran magnitud fabricados en taller como es el caso de las trabes, las cuales fueron fabricadas con placa que va desde los 0.95cm hasta los 2.5cm de espesor, a la compra del material, en este caso la placa se cuenta con un certificado de calidad del material emitido por el fabricante, este certificado es suficiente para asegurar la calidad del material, en cuanto al armado en sí de la pieza si se realizan pruebas específicas como son las pruebas en las uniones con soldadura y espesores de placa, medidas finales, ángulos etc.

#### TERRACERIAS

Para controlar la calidad en terracerías es importante tener en cuenta la compactación de las mismas y cumplir con las especificaciones de proyecto y de las normas aplicables. Se entiende por compactación de los suelos al mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos, este proceso involucra disminución de volumen.

La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de su resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtiene al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos.

Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tales como cortinas de presas, terraplenes para caminos, etc. Los metidos usados para la compactación de los suelos dependen del tipo de los materiales con los que se trabaje en cada caso.



La eficiencia de cualquier equipo de compactación depende de varios factores y para poder analizar la influencia particular de cada uno, se requiere disponer de procedimientos estandarizados que reproduzcan en laboratorio la compactación que se pueda lograr en campo con el equipo disponible. De ente todos los factores que influyen en la compactación obtenida en un caso dado, podría decirse que dos son los más importantes: el contenido de agua del suelo, antes de iniciarse el proceso de compactación y la energía específica empleada en dicho proceso. Por energía específica se entiende la energía de compactación suministrada al suelo por unidad de volumen.

Una secuela practica puede ser como sigue: cuando se va a realizar una obra en la que el suelo va a ser compactado se recaban muestras de los suelos que se usaran: en el laboratorio se sujetan estos suelos a distintas condiciones de compactación, hasta encontrar algunas que garanticen un proyecto seguro y que puedan lograrse económicamente con el equipo de campo existente: con el equipo de campo que vaya a usarse se reproducen las condiciones de laboratorio adoptadas para el proyecto (esto suele hacerse construyendo y compactando en campo un terraplén de prueba con el suelo a usar, en el que se ve el número de veces que deba pasar el equipo, el espesor de las capas de los suelos depositados para compactar, etc.). Finalmente, una vez iniciada la construcción, verificando la compactación lograda en campo con muestra al azar tomadas del material compactado en la obra, se pueden comprobar que en esta se están satisfaciendo los requerimientos del proyecto.

Actualmente existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en el laboratorio unas condiciones dadas de compactación de campo. Históricamente, el primer método, en el sentido de la técnica actual, es el debido a R.R. Proctor y es conocido hoy día como Prueba Proctor Estándar o A.A.S.H.O. (American Association of State Highway Officials) Estándar.

La prueba consiste en compactar el suelo en tres capas, dentro de un molde de dimensiones y forma especificadas, por medio de golpes de un pisón, también especificado, que se deja caer libremente desde una altura prefijada.

El molde es un cilindro de 0.94l de capacidad aproximada (1/30 pie<sup>3</sup>), de 10.2cm (4pulg) de diámetro y 11.7cm (4.59 pul) de altura, provisto de una extensión desmontable de igual diámetro y 5cm (2pul) de altura. El molde puede fijarse a una base metálica con tornillos de mariposa.

El pisón es de 2.5 Kg (5.5lb) de peso y consta de un vástago en cuyo extremo inferior hay un cilindro metálico de 5cm (2pulg) de diámetro. Los golpes se aplican dejando caer al pisón desde una altura de 30.5cm (12pulg).

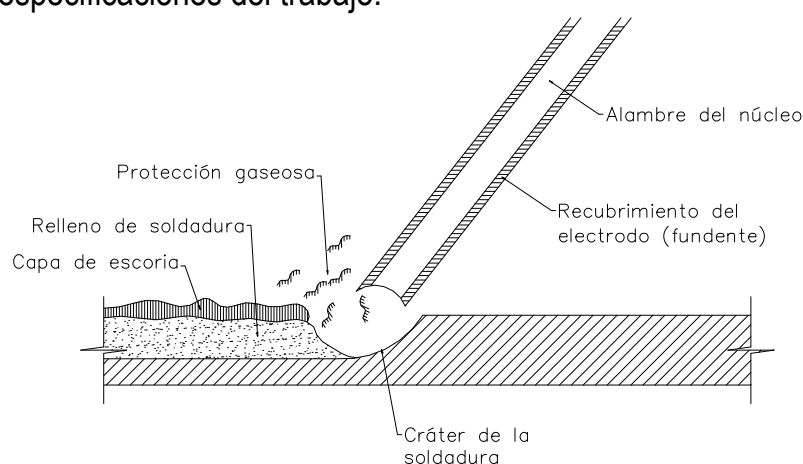
Dentro del molde el suelo debe colocarse en tres capas que se compactan dando 25 golpes, repartidos en el área del cilindro, a cada una de ellas.

## SOLDADURAS

Durante los últimos sesenta años, las soldaduras han experimentado un gran avance, ya que en 1921 únicamente se contaba con tres procesos básicos y en la actualidad pasan de cincuenta. El estudio y el análisis de los defectos de soldadura se ha convertido en algo esencial, ya que un defecto, puede llegar a afectar el buen funcionamiento de todas aquellas maquinas, ductos, vigas y construcciones en que se emplea.

La soldadura más común utilizada en el medio es la denominada Soldadura de Arco Metálico Protegido. En este proceso el soldador obtiene un electrodo adecuado, sujeta el cable de tierra a la pieza de trabajo, y ajusta la corriente eléctrica para “hacer saltar el arco”, es decir, para crear una corriente intensa que salte entre el electrodo y el metal. En seguida mueve el electrodo a lo largo de las líneas de unión del metal que ha de soldar, dando suficiente tiempo para que el calor del arco funda el metal. El metal fundido, procedente del electrodo, o metal de aporte, se deposita en la junta, y junto con el metal fundido de los bordes, se solidifica para formar una junta sólida.

El soldador selecciona el electrodo (metal de aporte) que ha de usar para producir el arco de acuerdo con las especificaciones del trabajo.

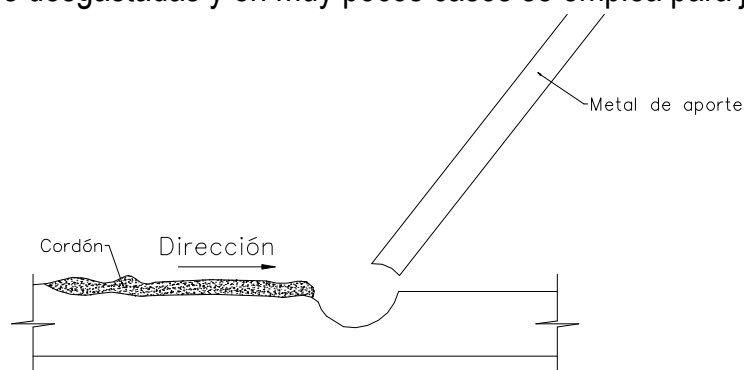


**JUNTAS SOLDADAS.**- Independientemente del proceso de unión se diseñan principalmente por la resistencia y seguridad que requieran los servicios a los que se va a destinar. Debe tomarse en consideración la manera en la que ha de aplicarse el esfuerzo de servicio, ya sea de tensión, de corte, de flexión o de torsión. El diseño de la junta debe tener también en cuenta la eficiencia de la junta, la cual se definen como la relación de la resistencia de la junta a la del metal de base, y se expresa generalmente como un porcentaje. Existen cinco estilos básicos de juntas: la junta a traslape, la junta a tope, la de brida y la junta T.

**TIPOS DE SOLDADURAS.**- Existen cinco tipos básicos de soldadura: la de cordón, la ondeada, la de filete, la de tapón y la de ranura. La selección del tipo de soldadura esta tan ligada a la eficiencia de la junta como el diseño mismo de esta.

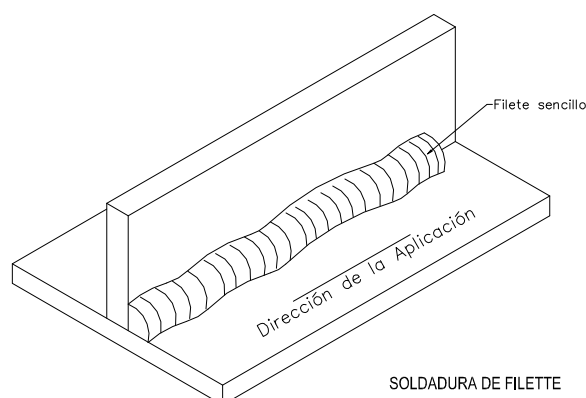
A continuación se describirán de una manera breve los diferentes tipos de soldadura.

SOLDADURA DE CORDON.- Esta se realiza en una sola pasada, con el metal de aporte sin movimiento hacia uno u otro lado. Este tipo de soldadura se utiliza principalmente para reconstruir superficies desgastadas y en muy pocos casos se emplea para juntas.



SOLDADURA DE CORDÓN

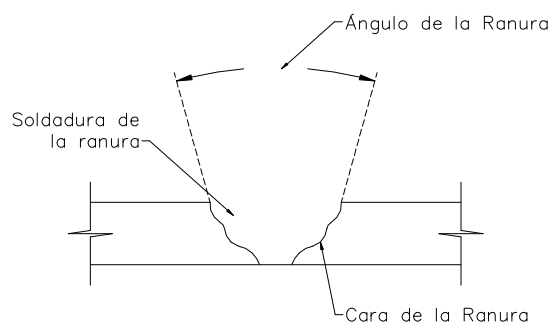
SOLDADURA DE FILETE.- en este caso son similares a las de ranura, pero se hacen con mayor rapidez que estas, y a menudo se les prefiere en condiciones similares por razones de economía. Empero, las soldaduras de un solo filete no son a veces tan resistentes como las soldaduras de ranura.



SOLDADURA DE FILETTE

SOLDADURA DE TAPON Y DE AGUJERO ALARGADO.- Sirven principalmente para hacer las veces de remaches. Se emplean para unir por fusión dos piezas de metal cuyos bordes, por alguna razón no pueden fundirse.

SOLDADURA DE RANURA.-Se hacen en la ranura que queda entre dos piezas de metal



SOLDADURA DE RANURA

### SIMBOLOS DE SOLDADURA

Para que la soldadura haya podido alcanzar la posición que ocupa en la construcción, ha tenido que probar que es adecuada para las necesidades del diseño. Una vez que se demostró que los procesos eran adecuados para los fines del diseño, fue necesario dar medios a los diseñadores para comunicar a los soldadores exactamente qué clase de soldadura era necesaria en cada caso y la forma en que debía aplicarse.

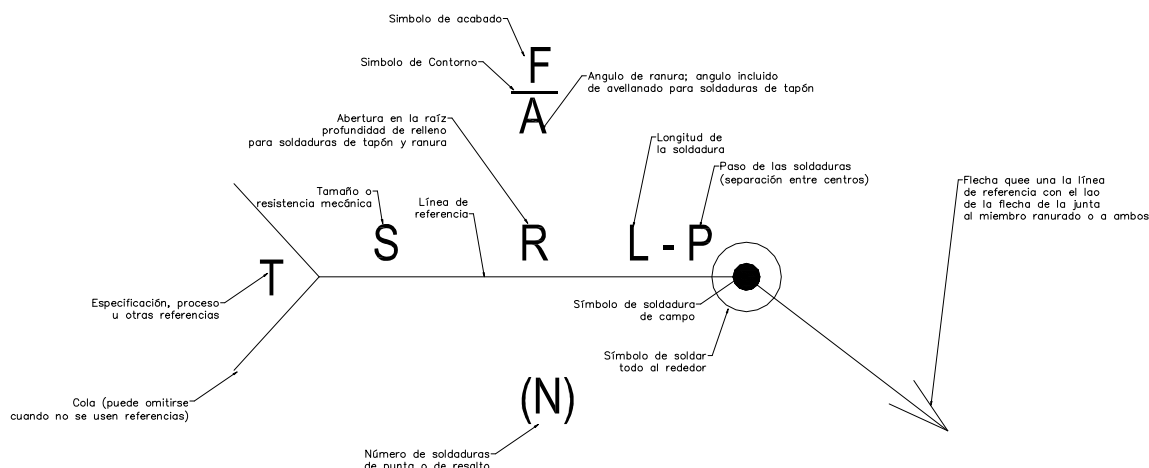
Si la resistencia fuera un aspecto muy importante del diseño, podría presentarse una situación peligrosa al aplicar una técnica incorrecta. Si la resistencia no fuera el factor esencial, podría dar los mismos resultados una soldadura de menor extensión y ser mucho menos costosa.

En el sistema AWS (American Welding Society), la junta es la base de referencia. Toda junta cuya soldadura se indique por medio de un símbolo tendrá siempre un “lado de la flecha” y un “otro lado”. De acuerdo con lo anterior, se emplean las expresiones lado de la flecha y el otro lado y ambos lados para localizar la soldadura con respecto a la junta.

La cola del símbolo se utiliza para designar las especificaciones de la soldadura, el procedimiento o alguna información suplementaria que deba indicarse.

El proceso a utilizar, la identificación del metal de aporte, el hecho de que se requiera o no martilleo o rebaneado en el fondo, y otros datos pertinentes, deben ser comunicados también al soldador.

La notación que indica estos datos, es la que ha de colocarse en la cola del símbolo, esto lo establece cada usuario. Cuando no se usan anotaciones puede suprimirse la cola del símbolo.



## TIPOS DE PRUEBAS Y SIMBOLOGIA

Para verificar la calidad en la soldadura se pueden realizar dos tipos de pruebas: las destructivas y las no destructivas. Dentro de las no destructivas, una de las más aplicadas es la prueba radiográfica, que utiliza los rayos Roentgen (Rayos X). La interpretación de esta prueba es muy compleja, por lo que requiere de personal bien preparado para efectuarla.

**PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.** Estas pruebas son las que no dañan el trabajo de soldadura ni las partes soldadas, y si en cambio, proporcionan una información veraz y confiable sobre la calidad del trabajo de soldadura efectuada.

- **PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS DE LIQUIDOS PENERTANTES (TINTURA O FLUORESCENTE) DYE CHECK**
- **PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS DE ULTRASONIDO**

LIQUIDOS PENETRANTES:

### Detecta:

- Defectos que llegan a la superficie de las partes metálicas, cavidades, porosidades, fracturas, fisuras, traslapes, etc.
- Goteos y transmisiones
- Humedad a través de las paredes

### Ventajas:

- Bajo costo
- Equipo portátil
- Los defectos pueden apreciarse a simple vista
- Resultado de fácil interpretación

Desventajas:

- La superficie debe estar completamente limpia
- Debe darse una limpieza antes y después de la prueba
- Los defectos deben salir a la superficie
- No detecta defectos interiores.

ULTRASONIDO:

Detecta:

- Defectos internos
- Fracturas
- Falta de fusión
- Traslapes
- Fisuras
- Porosidades
- Huecos
- Inclusiones
- Des laminación
- Falta de adherencia
- Textura
- Espesor
- Grado de envenenamiento del metal
- Modulo de elasticidad.

Ventajas:

- Sumamente sensitivo a las fracturas
- Conocimiento inmediato de los resultados
- Registro permanente
- Factible de autorizar
- Equipo portátil
- Alta penetración

Desventajas:

- Se requiere acoplamiento directo
- Preparación de la superficie
- Uso de crema química para el transductor y la parte medida
- Complejos con partes pequeñas y delgadas son muy difíciles de verificar
- Son necesarias normas de referencia.

## **IV.2 CONTROL FINANCIERO.**

Este es otro apartado muy importante dentro de una obra, debido a que si llevamos el correcto control del dinero, no tendremos atrasos tanto en materiales como en mano de obra.

Para la construcción del puente vehicular tema de esta tesis es de vital importancia el control financiero ya que si en una obra de esta magnitud no se lleva esto correctamente puede ocasionar en casos graves, la quiebra de la empresa que está construyendo la obra además de las repercusiones políticas y sociales que esto conlleva.

Un buen control financiero parte de la correcta distribución de los recursos y un correcto planeamiento el controlar adecuadamente el costo y el tiempo de ejecución de una obra, permitirá corregir oportunamente desviaciones que, de no hacerlo, pondrían en riesgo la consecución de las metas fijadas.

Las partes importantes de este proyecto dentro de las cuales se llevó el control financiero son: Informe Inicial, Anteproyecto, Proyecto Ejecutivo, Construcción y Obra Inducida.

Mencionare a continuación las cifras con las cuales se trabajó financieramente en el proceso de esta obra.

Concepto	May-Dic 2008	Ene-Ago 2009	TOTAL
Informe Inicial	\$ 73,762.65	---	\$ 73,762.65
Anteproyecto	\$ 367,367.62	---	\$ 367,367.62
Proyecto Ejecutivo	\$ 3,087,581.96	---	\$ 3,087,581.96
Construcción	\$ 149,485,297.63	\$ 62,718,542.06	\$ 212,203,839.69
Obra Inducida	\$ 16,334,276.03	\$ 349,986.92	\$ 16,684,262.95
Subtotal	\$ 169,348,285.89	\$ 63,068,528.98	<b>\$ 232,416,814.87</b>

Además en cada uno de los conceptos anteriores existen por supuesto subpartidas dentro de los mismos para especificar la cantidad de dinero que se programa para cada una de ellas, es importante tener el desglose tanto en tiempo como en dinero de todas las partidas involucradas en la obra.

El presupuesto en sí mismo, asociado al programa de obra, puede hacer las veces de estándar global de comparación a través de su representación gráfica. En la elaboración del presupuesto, (como su nombre lo dice "previamente supuesto"), se hace uso de la información disponible en el proyecto y de los costos que en ese momento tengan los insumos en el lugar donde se va a construir. Cabe pues esperar que, sobre la marcha, se tengan incrementos de costos no controlables por el constructor, así como condiciones de campo que hagan variar el proyecto, por lo cual el presupuesto se tenga que ajustar.

Por otra parte, si por medio del control de costos se detectan desviaciones importantes, habrá que buscar la causa y corregirla de inmediato como por ejemplo: salarios del personal más altos que los supuestos, rendimientos más bajos, costos de adquisición de los materiales por encima de lo presupuestado, consumos o desperdicios mayores a los normales, rentas del equipo superiores a los previstos, rendimientos inferiores, costos de administración muy altos, financiamiento elevado.

### **IV.3 AVANCE FÍSICO.**

Otro punto sumamente importante es el avance físico de la obra, debe ponerse especial atención día con día de cuál es el avance físico de la obra; esto es porque antes de iniciar la obra existe una programación de actividades en tiempos determinados que de no cumplirse provocaría el atraso general de la obra.

### **IV.4 PROGRAMA DE OBRA.**

Haciendo referencia a las etapas ya descritas, el establecimiento de los estándares de tiempo, provienen del análisis, tan detallado como sea posible, de cada una de las actividades que componen un procedimiento constructivo, su interrelación y el rendimiento de los recursos como lo son mano de obra y equipo, asignados para ejecutarlas.

El procesamiento de esta información, da como resultado lo que se conoce como programa de obra en el cual se muestra gráficamente la duración de todas y cada una de las actividades en que convencionalmente se ha dividido la obra para su análisis. El medio más común para hacer esto, es por medio de un diagrama de barras o de Gantt.

A partir del programa de obra, pueden seleccionarse los estándares de comparación, pudiendo ser el propio programa general de obra un estándar contra el cual comparar el avance real registrado en campo. En el caso particular de cada una de las actividades, su duración se calcula en función del volumen de obra por ejecutar de acuerdo al proyecto, y del rendimiento, entendido como la cantidad de obra ejecutada entre la unidad de tiempo seleccionada, que el personal o el equipo encargado de determinada tarea es capaz de ejecutar.

Otros estándares pueden ser los rendimientos esperados en cada una de las actividades, ya sea que se ejecuten manual o mecánicamente.



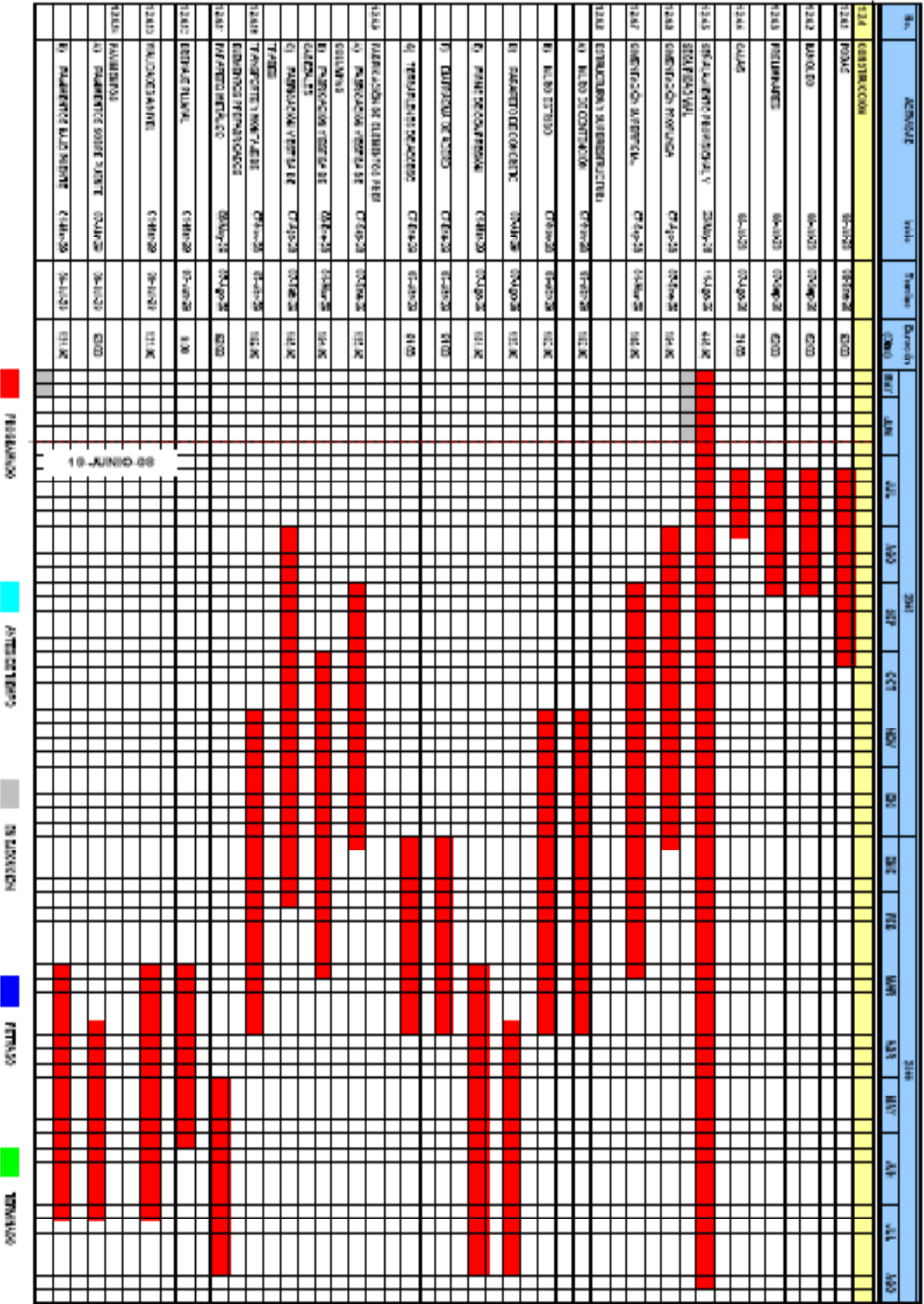
Una vez establecidos los estándares, de acuerdo a la periodicidad requerida por los diferentes niveles jerárquicos de una organización, generaremos reportes conteniendo los rendimientos reales obtenidos en la obra y también señalando las causas del retraso en las actividades que lo tengan.

La acción correctiva estará encaminada a corregir las variables controlables como pueden ser: incrementar el número de personal en uno o varios frentes de trabajo, asignar personal mejor calificado, cambiar el tipo de maquinaria que se está empleando, modificar el procedimiento constructivo, etc.

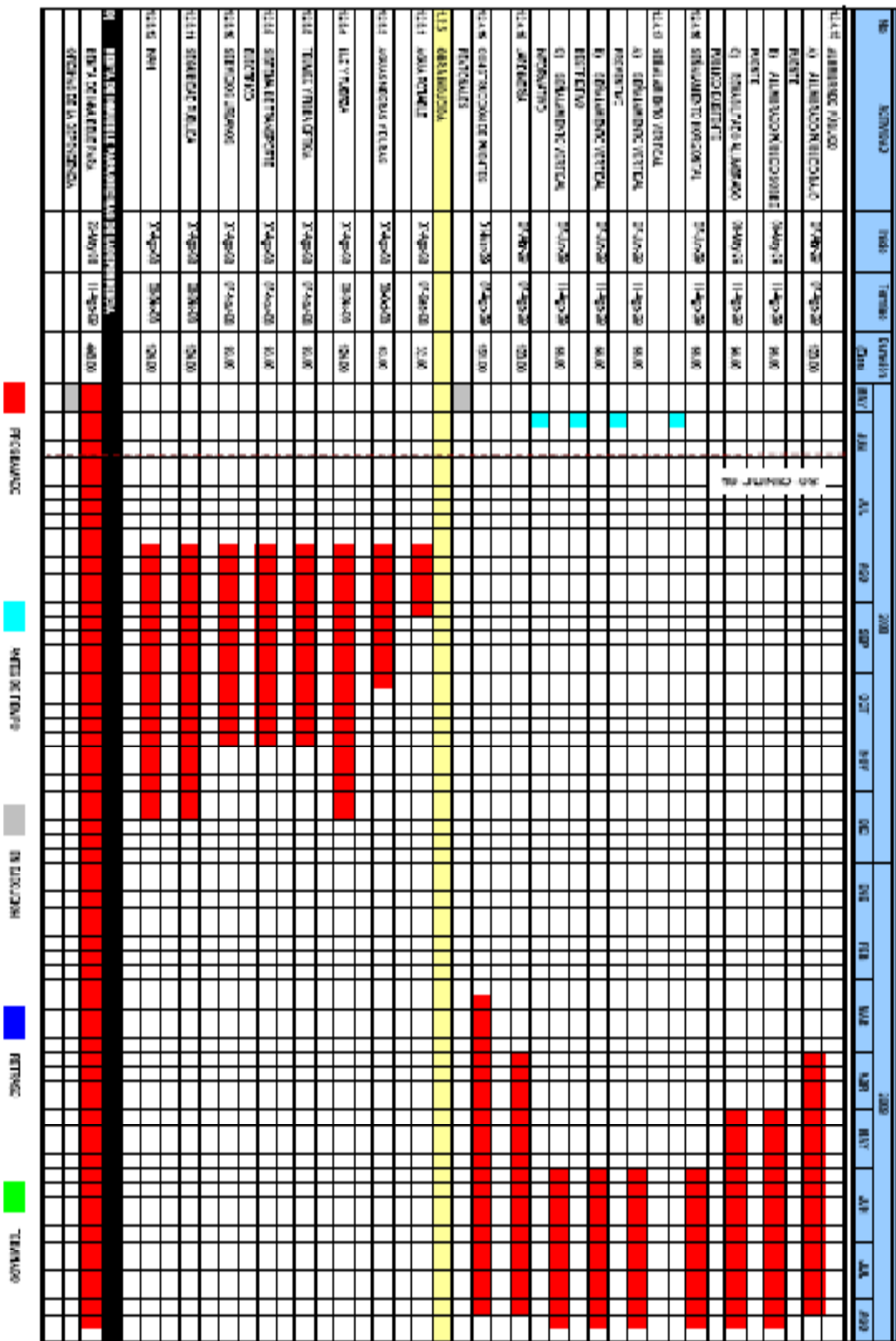
A continuación presento el programa de obra que se llevo a cabo durante la construcción de este puente.



Avance Grafico



### Avance Gráfico



PROGRAMACION (Red)    AVANCE DE TAREAS (Cyan)    EN DISCUSION (Gris)    RETRASO (Azul)    TERMINADO (Verde)

## **V. CONCLUSIONES.**

Para este puente en particular podemos concluir lo siguiente:

La solución para el tránsito vehicular en el cruce del circuito interior con las Avenidas Ermita y las Torres fue acertado, conforme los estudios de vialidad arrojaron los resultados.

El diseño de la cimentación tanto profunda con superficial fue el correcto para la zona donde se edificó el puente, debido a que el suelo tiene características especiales; así como la limitante que propiciaban las instalaciones en el lugar.

El diseño de las traveses del puente es una innovación si se considera que normalmente se construían puentes con traveses de concreto hidráulico, es innovador especialmente en el diseño arquitectónico, pues las secciones no son rectangulares o de sección constante como las colocadas en el distribuidor vial del aeropuerto.

También con relación al proceso constructivo de la losa en la superficie de rodamiento fue distinto, ya que anteriormente se colocaba losa-acero. En este punto en particular no estoy completamente convencido debido a que en mi experiencia el sistema de losa-acero es mucho más rápido que el utilizado en este puente, en mi opinión fue elegido este sistema por lo económico, a diferencia de la losa-acero que su costo es más elevado.

## **BIBLIOGRAFIA.**

**TITULO:** CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO

**AUTOR:** BEN G. GERWICK

**EDITORIAL:** LIMUSA

**TITULO:** ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO

**AUTOR:** OSCAR M. GONZALES CUEVAS- FRANCISCO ROBLES

**EDITORIAL:** LIMUSA

**TITULO:** DISEÑO ESTRUCTURAL

**AUTOR:** MELI PIRALLA

**EDITORIAL:** LIMUSA

**TITULO:** MECANICA DE SUELOS I

**AUTOR:** EDUARDO JUAREZ BADILLO – ALFONSO RICO RODRIGUEZ

**EDITORIAL:** LIMUSA

**TITULO:** SOLDADURA APLICACIONES Y PRACTICA

**AUTOR:** HENRY HORWITZ P.E.

**EDITORIAL:** ALFAOMEGA

**TITULO:** LA OBRA

**AUTOR:** JEAN LINGER

**EDITORIAL:** EDITORES TECNICOS ASOCIADOS S.A.

**TITULO:** NORMAS DE CALIDAD ISO 9000

**AUTOR:** J. CARLOS GONZALEZ

**EDITORIAL:**

**TITULO:** CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

**AUTOR:** IMCYC

**EDITORIAL:** IMCYC

**TITULO:** CONTROL DE CALIDAD EN SOLDADURA

**AUTOR:** CARLOS ARTURO DE LA VEGA MUÑOZ

**EDITORIAL:** PUBLICACIONES MARCOMBO S.A.

**TITULO:** REGLAMENTO DE CONSTRUCCION DEL DISTRITO FEDERAL

**AUTOR:** DERECHOS RESERVADOS

**EDITORIAL:** PORRUA, S.A.

**TITULO:** NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS (NTC)

**AUTOR:** DERECHOS RESERVADOS

**EDITORIAL:** GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

**TITULO:** ARCHIVOS DE LA DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS ESPECIALES

**AUTOR:** GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

**EDITORIAL:**

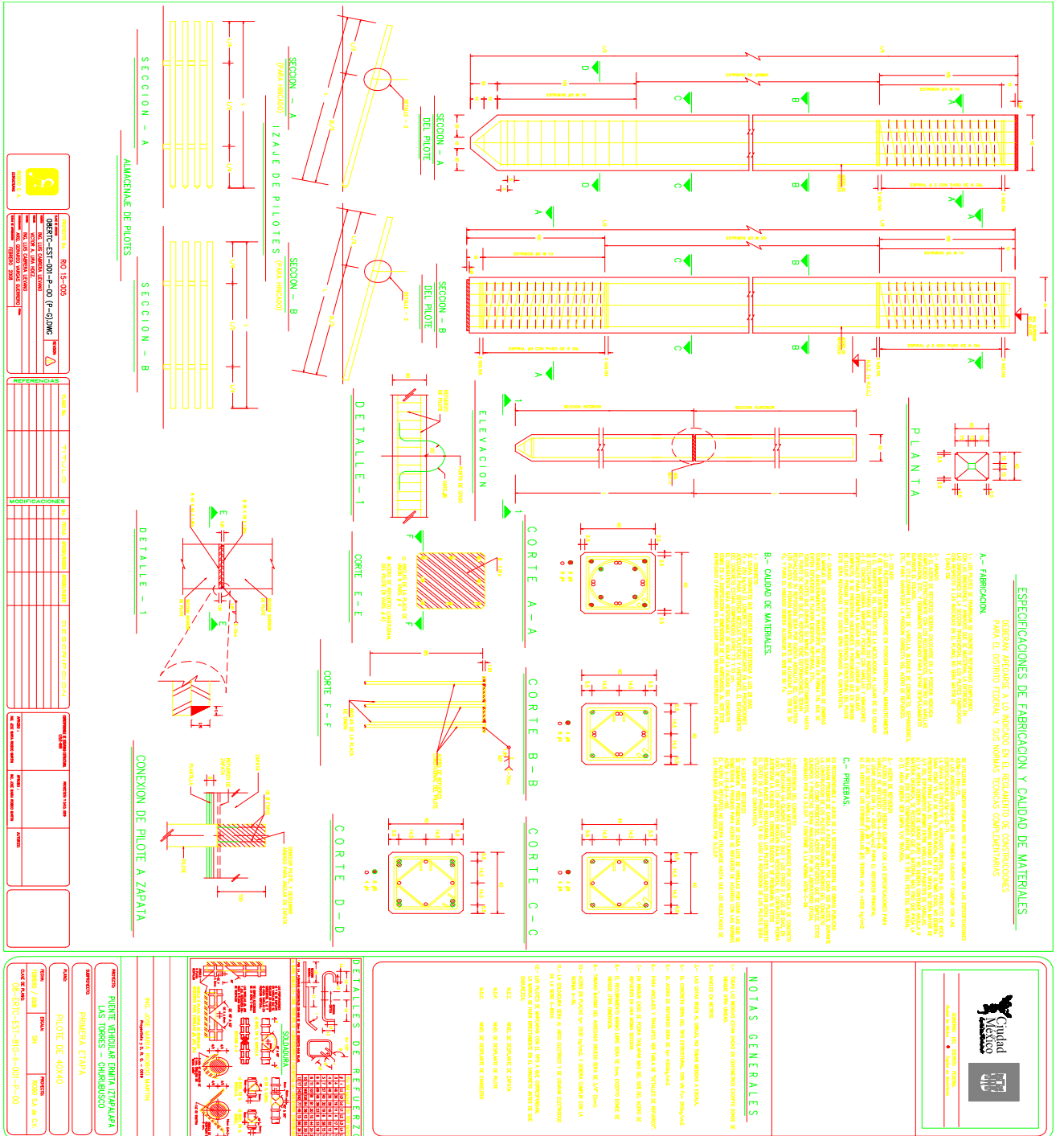
**TITULO:** VIAS DE COMUNICACION

**AUTOR:** ING. CARLOS CRESPO VILLALAZ

**EDITORIAL:** LIMUSA

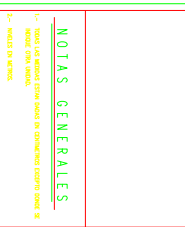
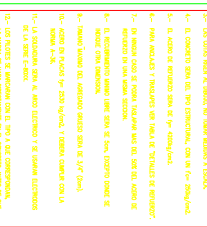
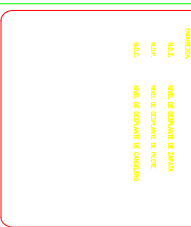
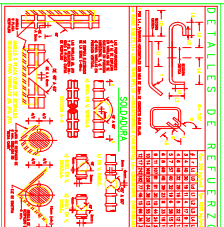
## **ANEXOS**

# PLANO DE PILOTES



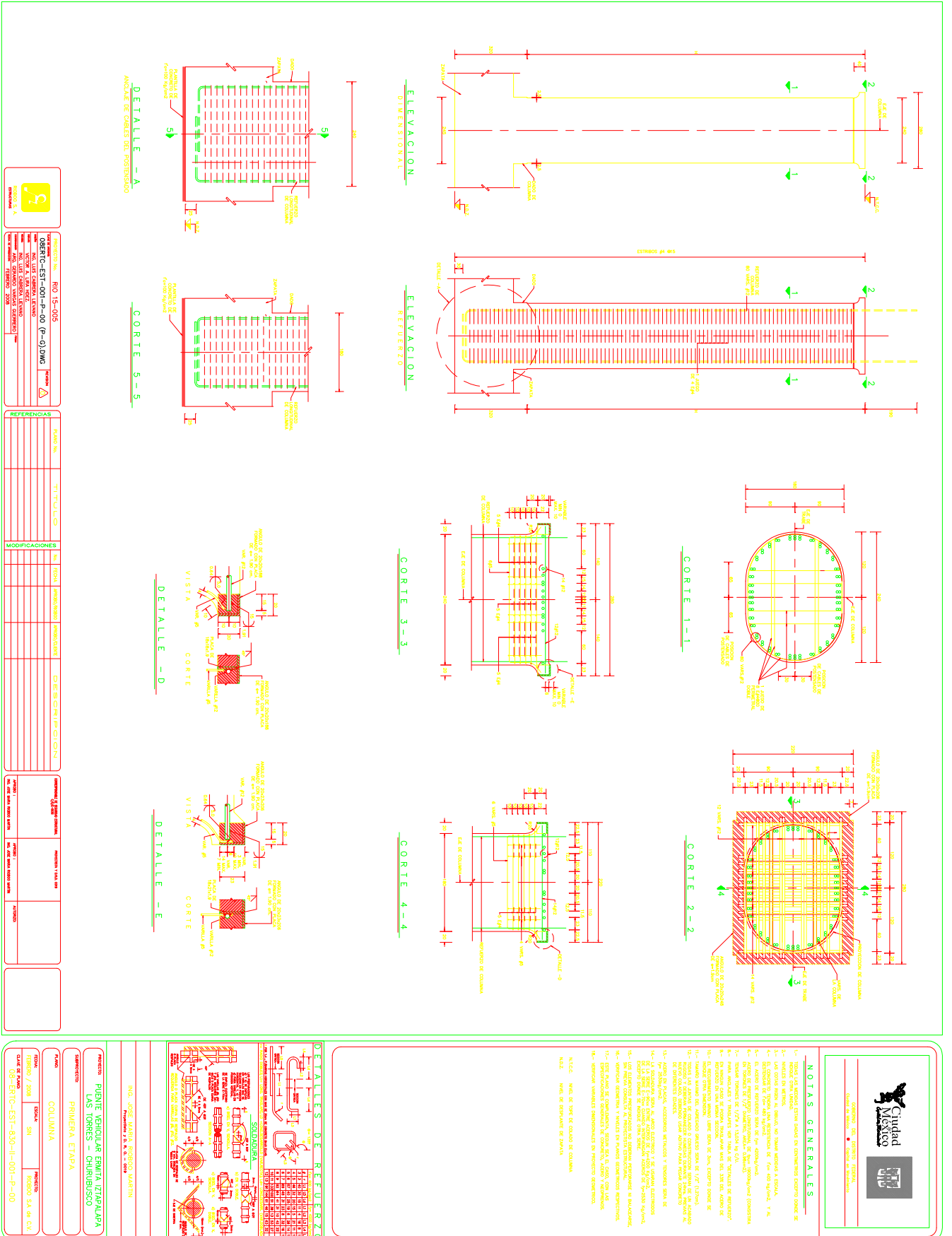
PROYECTO	PUENTE VEHICULAR EN EL CRUCE DEL CIRCUITO INTERIOR Y EJE OCHO SUR
LUGAR	LAS TORRES - CHIRIQUISO
CONTRATANTE	PROTECA EAPA
FECHA	PILOTE DE HONDO
ESCALA	1:50
PROYECTADO POR	RUBEN SA DE CA
REVISADO POR	RUBEN SA DE CA
APROBADO POR	RUBEN SA DE CA
FECHA DE EMISIÓN	01/05/2010
PROYECTO Nº.	01/05/2010
PROYECTO Nº.	01/05/2010
PROYECTO Nº.	01/05/2010
PROYECTO Nº.	01/05/2010
PROYECTO Nº.	01/05/2010

ING. OSCAR ALVARO FIGUEROA MARTIN  
 Registrado N.º 15.878 - C.º 250

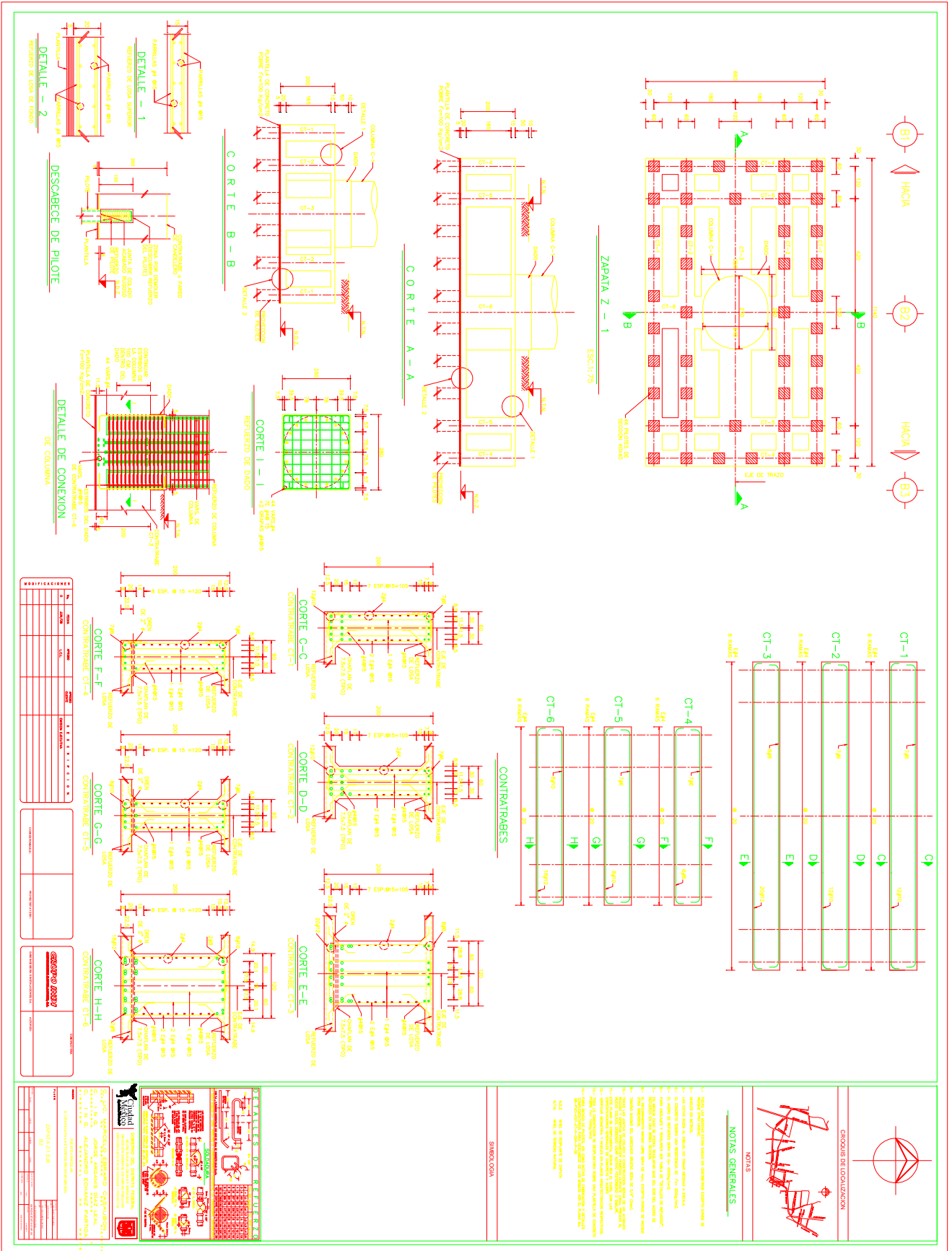




# PLANO DE COLUMNA



# PLANO DE ZAPATA



# PLANO DE CABEZAL

