



III Simposio Internacional sobre Diseño y Construcción de Puentes
Bucaramanga, Colombia. Diciembre 2009

El Puente "Baluarte"

Carretera Durango-Mazatlán

México

Alberto PATRON

Consultora Mexicana de Ingeniería S.A. de C.V.

El Puente Baluarte



- Carretera Durango-Mazatlán
- Presentación del Puente
- Aspectos particulares (construcción y diseño)

✓ Carretera Durango-Mazatlán

Principales Corredores del Sistema Carretero Nacional



Carretera Durango-Mazatlán



☞ En el Corredor Carretero de Mazatlán a Matamoros, se tiene la distancia más corta entre el pacífico y el atlántico (costa este E.E.U.U.).

☞ Prácticamente el único tramo que falta de modernizar es:

☞ Tramo: Durango - Mazatlán

Carretera Durango-Mazatlán



CONCEPTO	ALTERNATIVA		AHORROS
	ACTUAL	PROYECTO	
Longitud	305 km,	230 km.	75 km
Velocidad de operación	30 – 80 km/hr.	90 – 110 km/hr.	
Tiempo de recorrido	6 hr.	2 hr. 30 min.	3 hr. 30 min.
Ancho de corona	7.0	12.0 y 21.0 m	
Pendiente máxima (%)	10	6	
Grado de Curvatura Máxima	30°	4°	

Tramos en construcción



👉 Grandes dificultades topográficas

Estructuras Importantes

LONGITUD Y NÚMERO DE TÚNELES		
ESTADO	PIEZAS	LONGITUD (METROS)
TOTAL	63	17,900



LONGITUD Y NÚMERO DE PUENTES		
ESTADO	PIEZAS	LONGITUD (METROS)
TOTAL	115	10,700



✓ El Puente Baluarte

Construcción del puente

👉 Licitación internacional

Dueño de la estructura



Consortio constructor



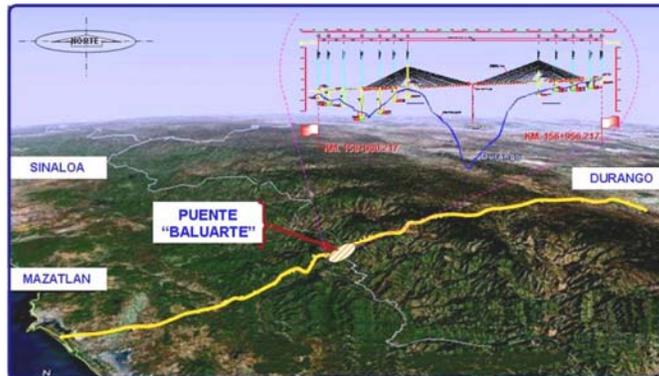
El Puente Baluarte



➤ Cruce del "Espinazo del Diablo"

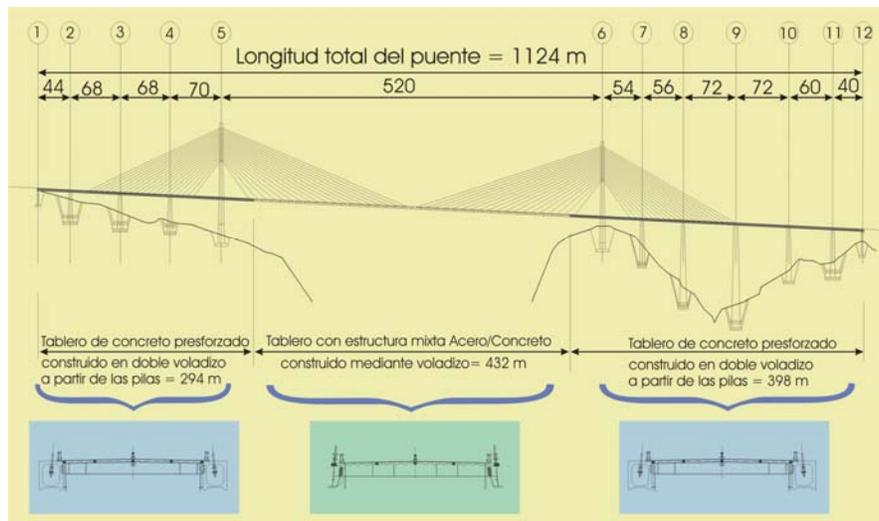
☞ Barranca de 400 m de profundidad

☞ 1200 m de Longitud

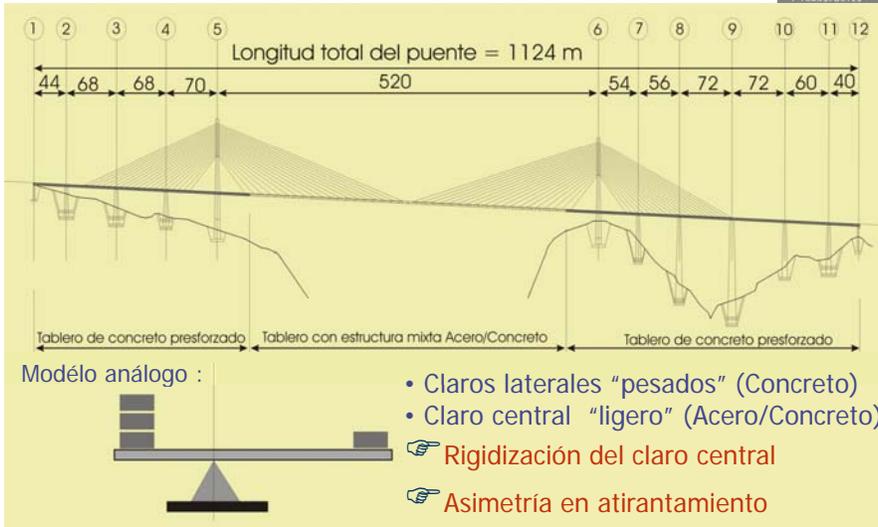


☞ Solución propuesta = Puente atirantado

El Puente Baluarte



Funcionamiento mecánico



El Puente Baluarte

➤ Viaductos de acceso



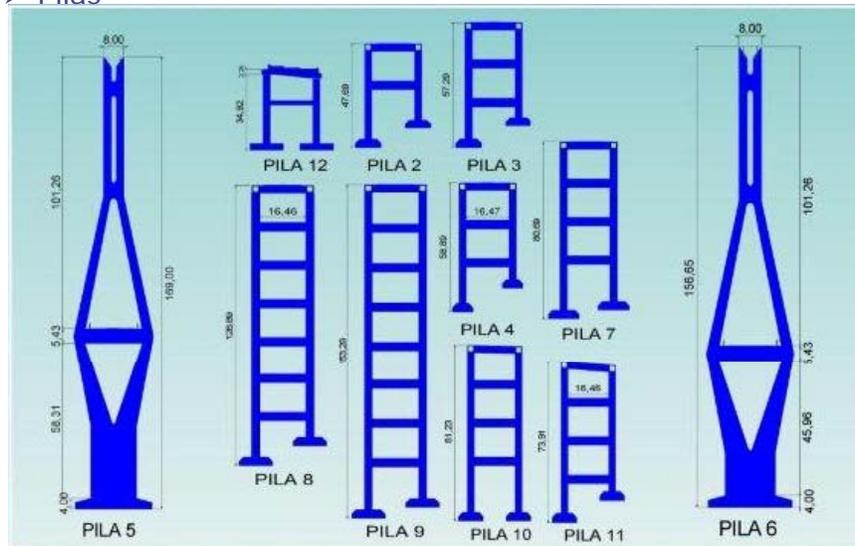
El Puente Baluarte

➤ Claro Principal



El Puente Baluarte

➤ Pilas

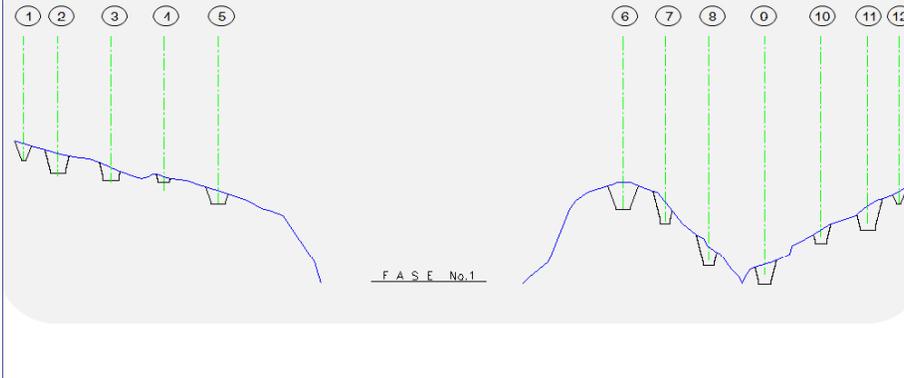


Procedimiento Constructivo

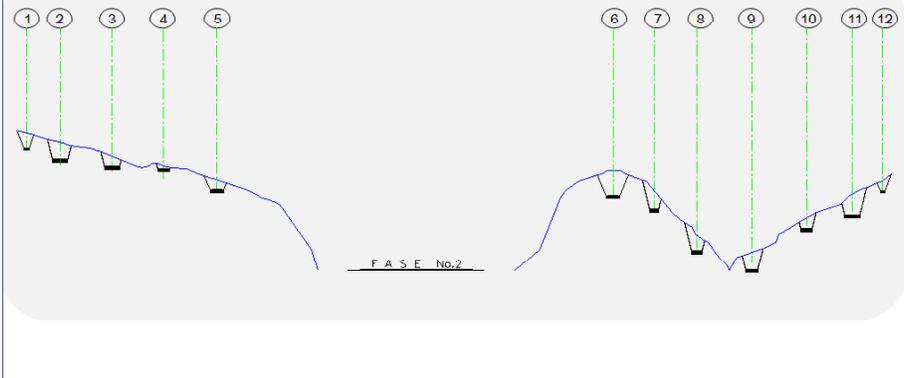


➤ Excavaciones

FASE 1



FASE 2

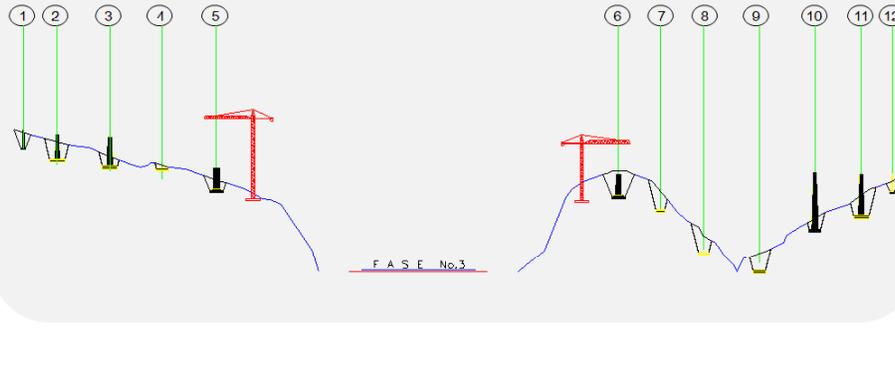


Procedimiento Constructivo



➤ Pilas

FASE 3

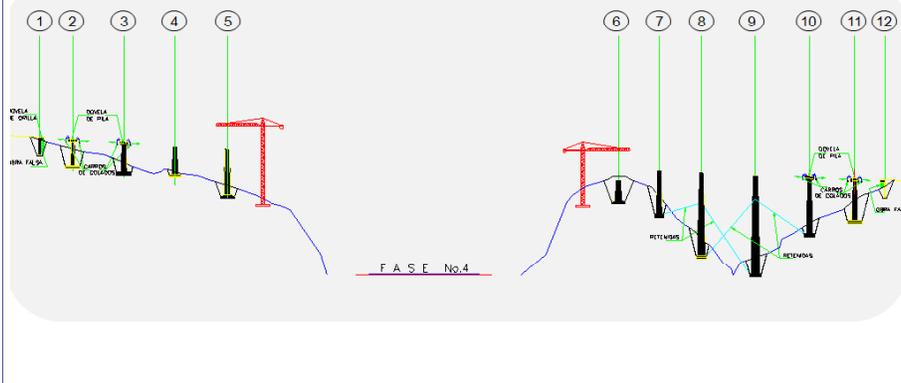


Procedimiento Constructivo



➤ Tablero

FASE 4

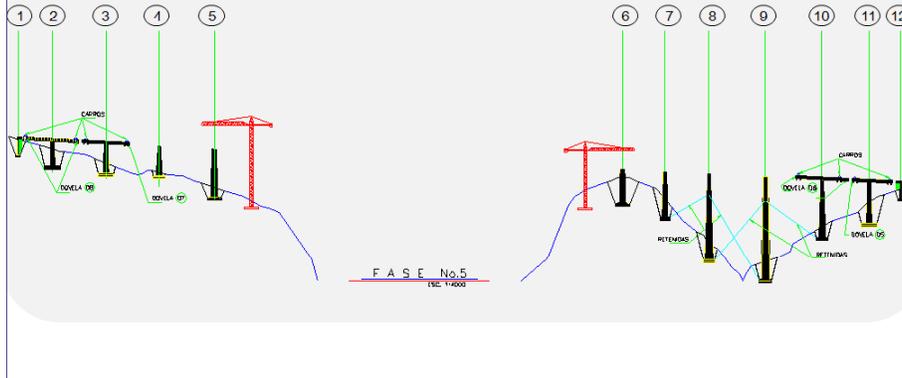


Procedimiento Constructivo



➤ Tablero

FASE 5

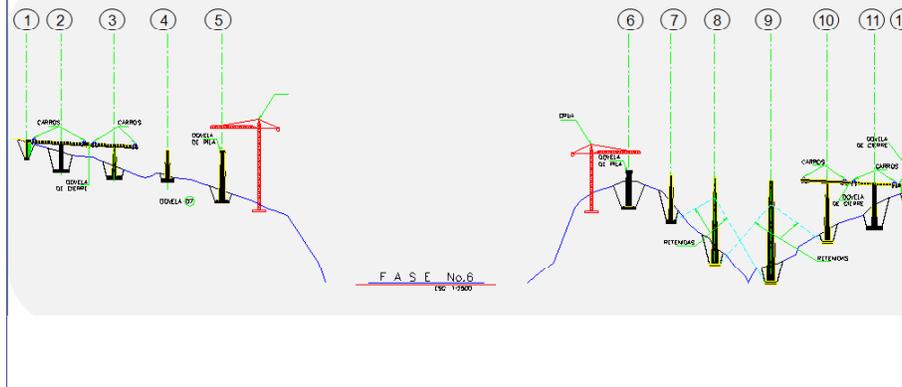


Procedimiento Constructivo



➤ Tablero

FASE 6

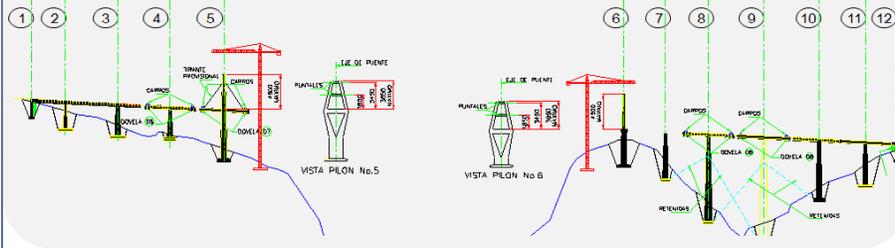


Procedimiento Constructivo

➤ Tablero Pilas Principales



FASE 7

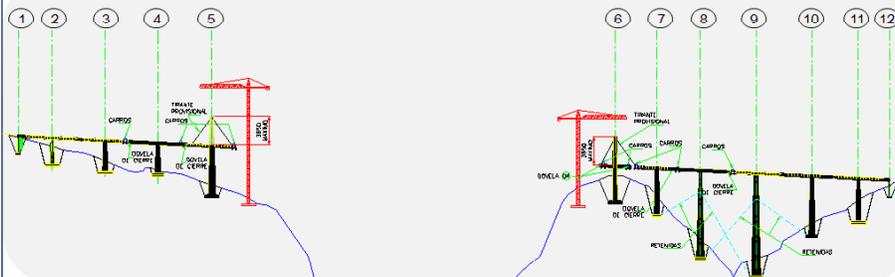


Procedimiento Constructivo

➤ Tablero / Pilas Principales



FASE 8

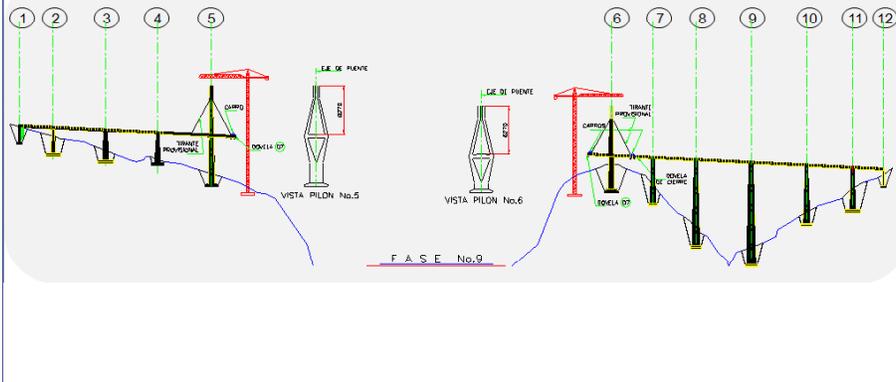


Procedimiento Constructivo

➤ Tramo Atirantado



FASE 9

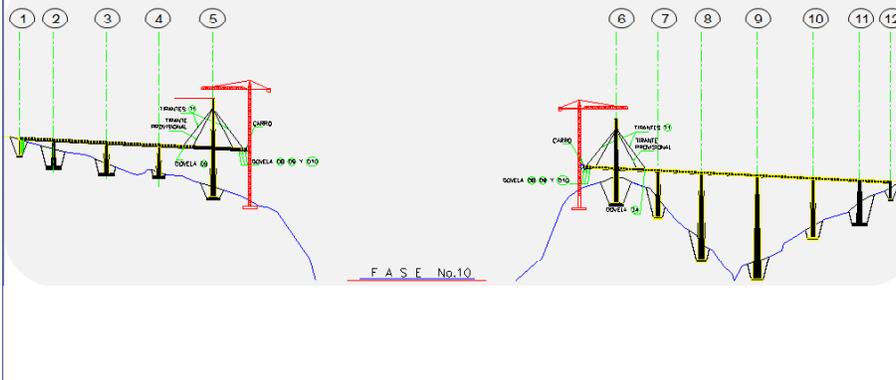


Procedimiento Constructivo

➤ Claro central (concreto)



FASE 10

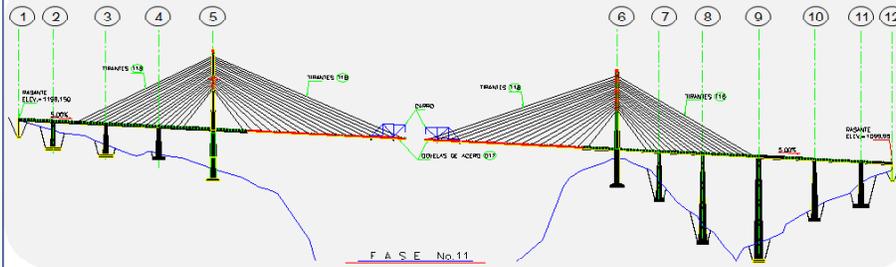


Procedimiento Constructivo

➤ Claro central (tramo mixto)



FASE 11

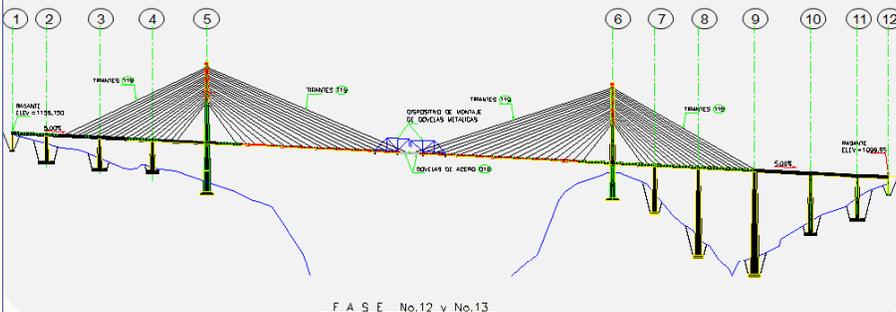


Procedimiento Constructivo

➤ Dovela de Cierre

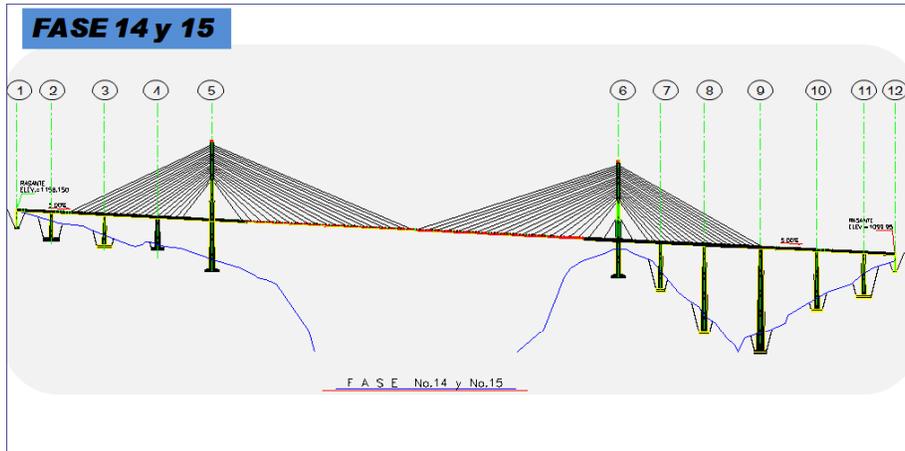


FASE 12 y 13



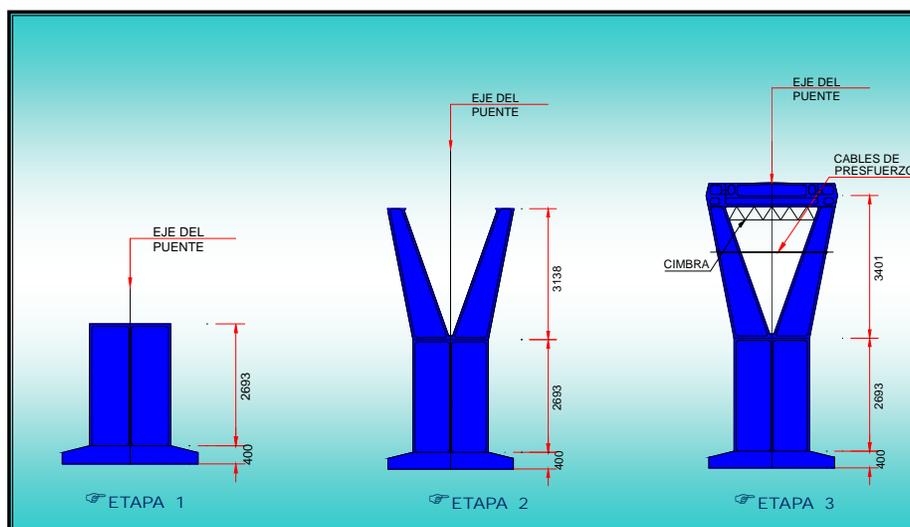
Procedimiento Constructivo

➤ Cargas de explotación/Retensión de Tirantes



Procedimiento Constructivo

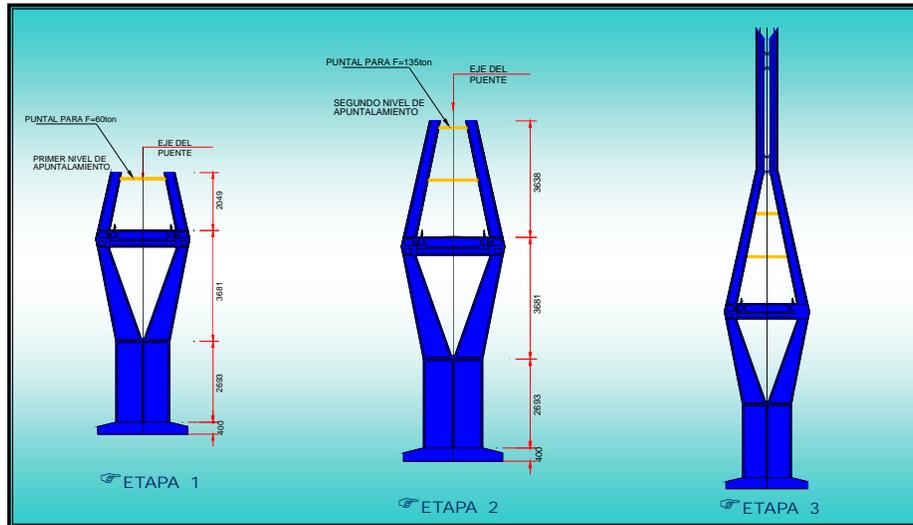
➤ Pilas Principales



30

Procedimiento Constructivo

➤ Pilas Principales (continuación)

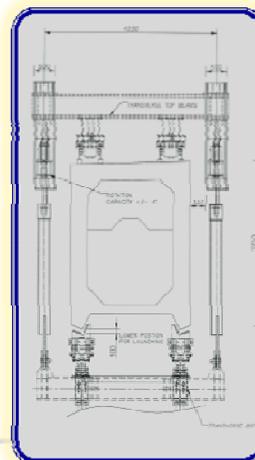
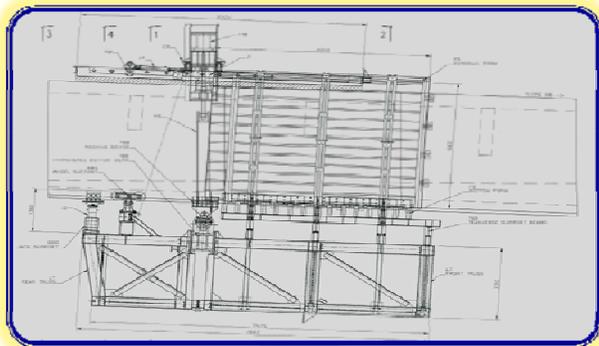
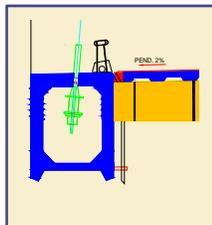


Procedimiento Constructivo

➤ Viaductos Concreto



- Cajón concreto presforzado
- Construcción en voladizo

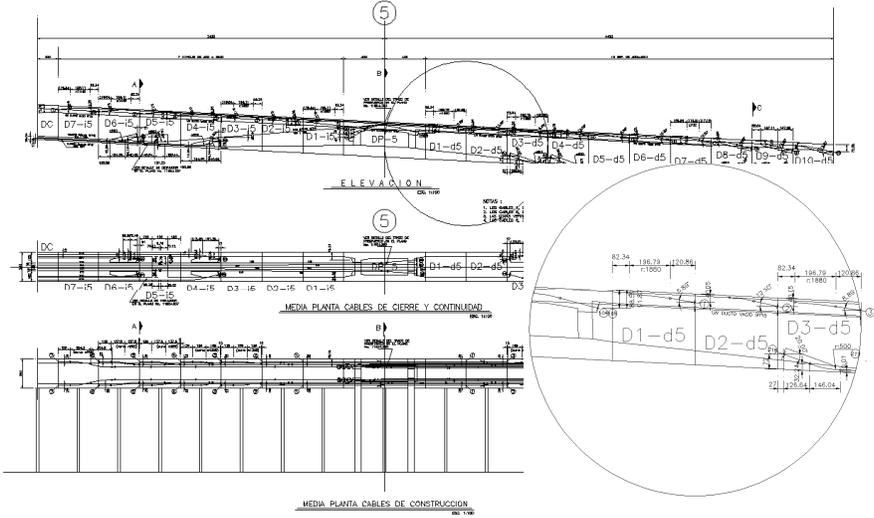


Viaductos de Concreto

➤ Presfuerzo :

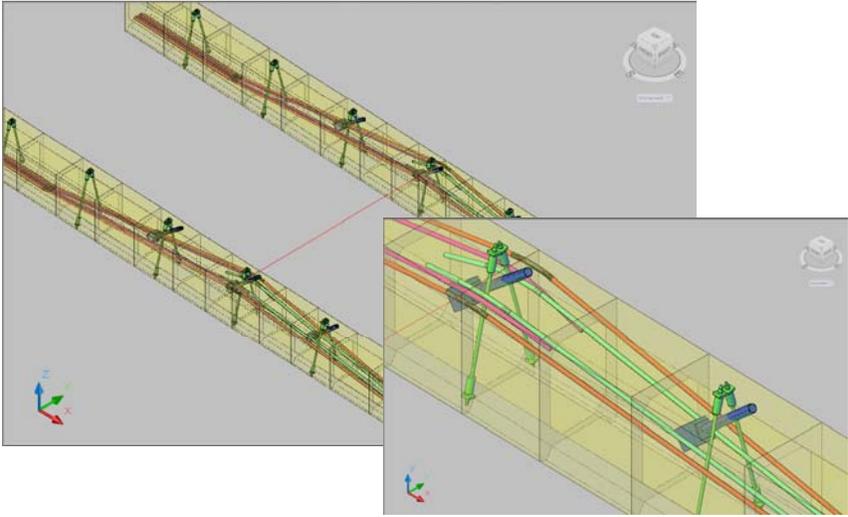
☞ Cables voladizo = Interno

☞ Cables Continuidad = Externo



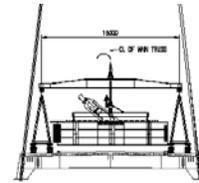
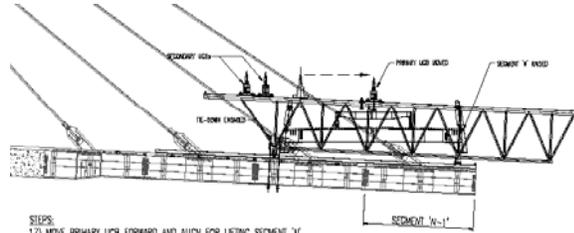
Viaductos de Concreto

➤ Presfuerzo Externo

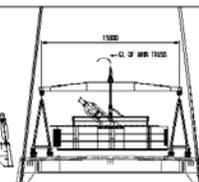
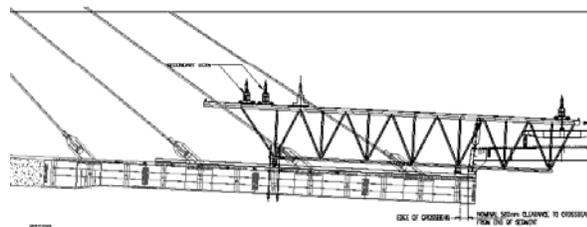


Claro principal

➤ Dispositivo de montaje de dovelas



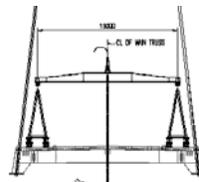
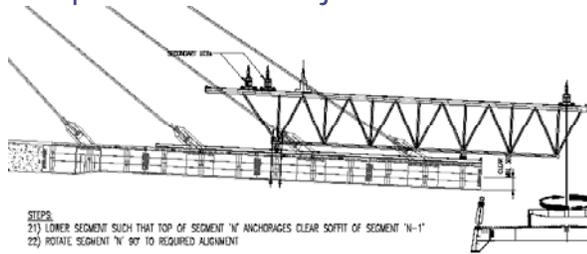
STEPS:
17) MOVE PRIMARY LIFT FORWARD AND ALIGN FOR LIFTING SEGMENT 'N'
18) INSTALL LIFTING BEAM ON SEGMENT 'N'
19) RAISE SEGMENT 'N' ABOVE TOP LEVEL OF RAIL BEAMS



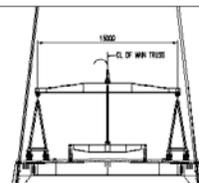
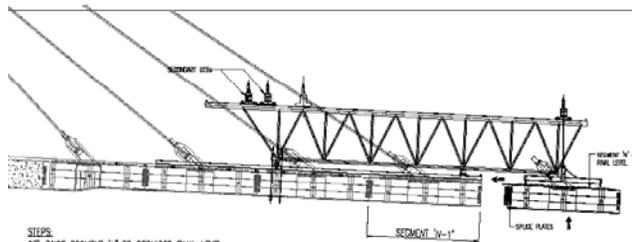
STEPS:
20) MOVE SEGMENT 'N' FORWARD TO FRONT END OF MAIN TRUSS

Claro principal

➤ Dispositivo de montaje de dovelas



STEPS:
21) LOWER SEGMENT SUCH THAT TOP OF SEGMENT 'N' ANCHORAGES CLEAR SOFFIT OF SEGMENT 'N-1'
22) ROTATE SEGMENT 'N' 90° TO REQUIRED ALIGNMENT

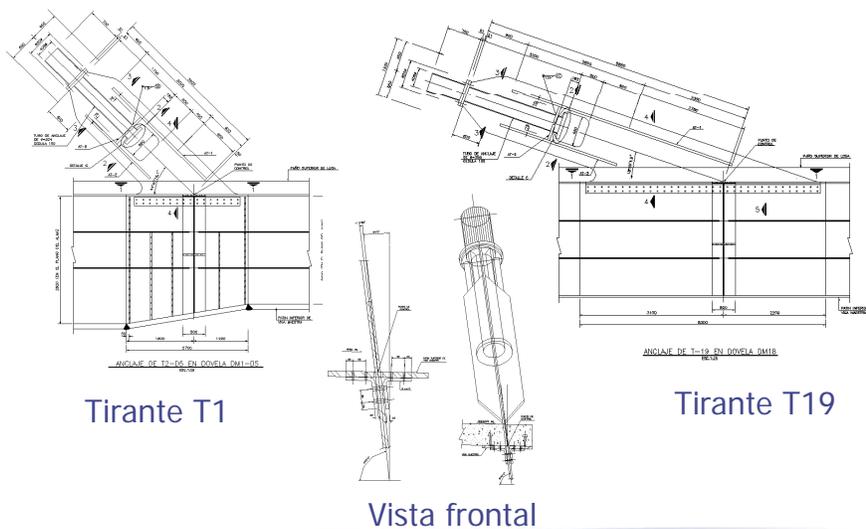


STEPS:
23) RAISE SEGMENT 'N' TO REQUIRED FINAL LEVEL
24) MOVE SEGMENT 'N' TOWARDS SEGMENT 'N-1' UNTIL SPICE PLATES ALIGN
25) INSTALL SPICE PLATES AND HSTC BOLTS FOR MAIN BEAM CONNECTIONS

✓ Aspectos particulares

Anclaje de Tirantes

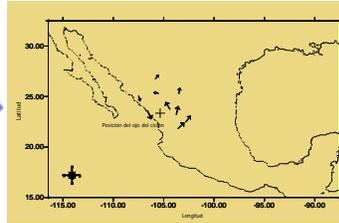
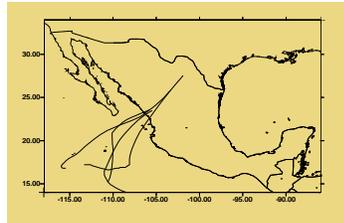
➤ Tablero mixto



Diseño Eólico



Trayectoria Huracán => Velocidad en el sitio => Estudio probabilista

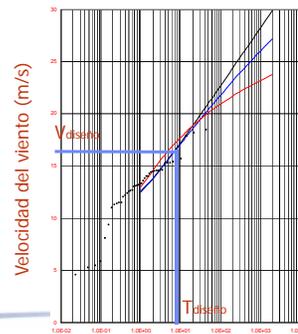


Estudio probabilista

Fenómenos estacionales

+

Fenómenos extraordinarios



➤ Velocidad de diseño

Viento medio = 130 Km/hr

Ráfagas > 200 Km/hr

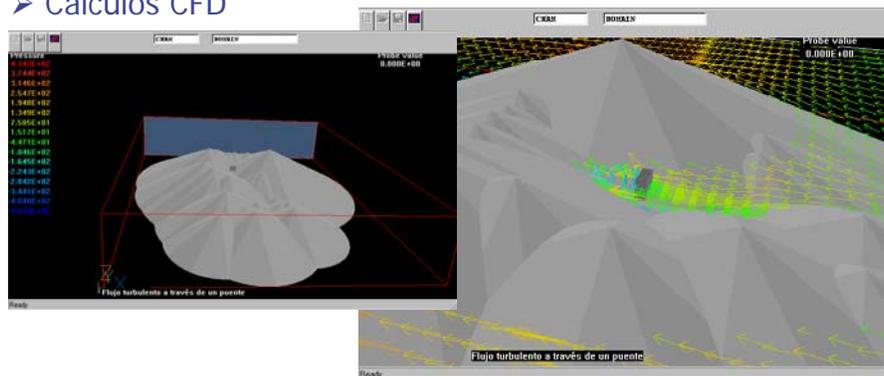
Diseño Eólico



➤ Estimación de la turbulencia

Pocas mediciones en el sitio

➤ Cálculos CFD



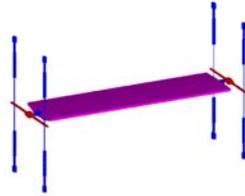
Estimación de Parámetros de la turbulencia

Estudio complementario Mediciones en Sitio (2 años)

Diseño Eólico

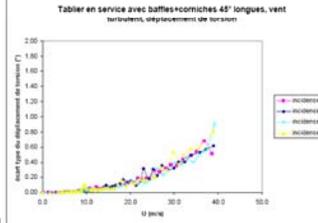
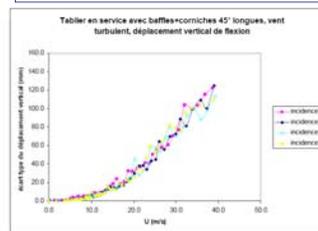
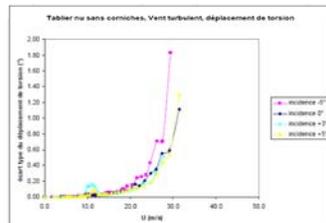
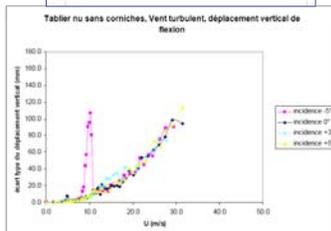
➤ Estudio en túnel de viento

👉 Maqueta seccional del tablero



Diseño Eólico

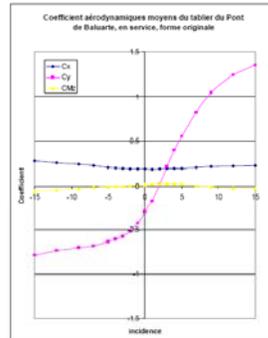
➤ Mejora de la sección del tablero



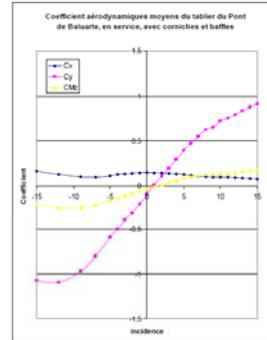
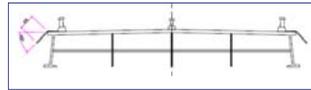
Diseño Eólico

➤ Determinación de coeficientes de arrastre

Original



Mejorada



➡ Disminución de coeficientes de arrastre

Diseño Eólico

➤ Vibración de tirantes

➡ Amortiguadores para todos los tirantes



➡ Estudio detallado del riesgo por excitación paramétrica

Períodos estructura = 4.4 y 1.9 seg (10 modos)

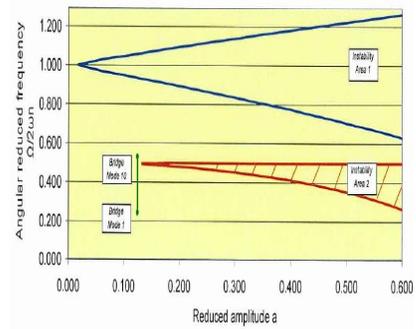
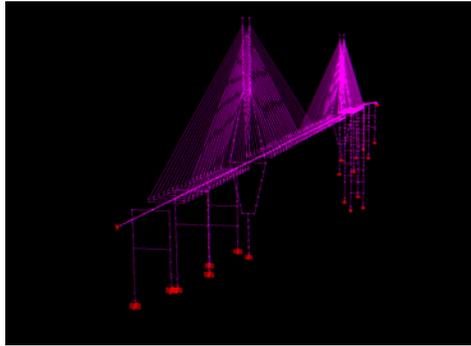
Períodos tirantes mas largos ~2.0 seg

Diseño Eólico



➤ Estudio de la excitación paramétrica

☞ Evaluación de la respuesta bajo un tren de carga viva



☞ Verificación de la estabilidad

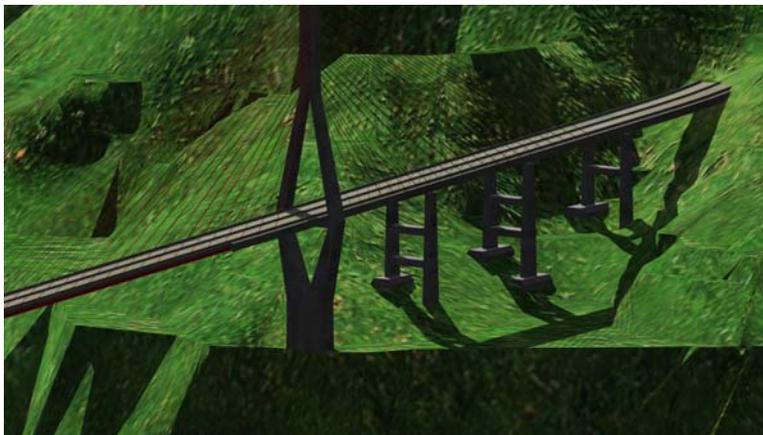
Puente Baluarte

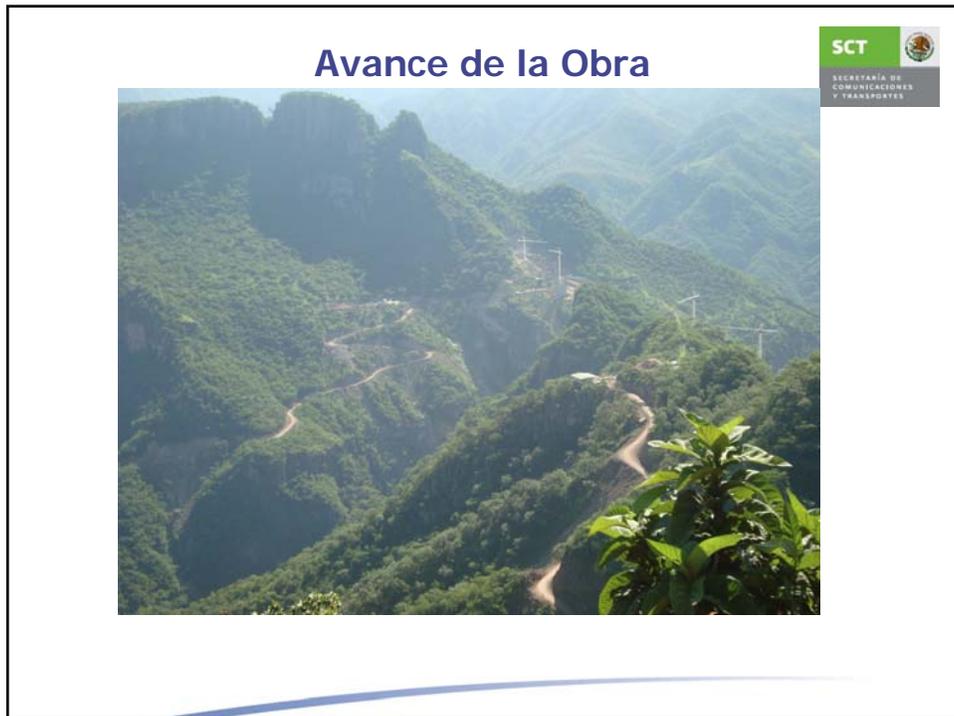


Puente Baluarte



Puente Baluarte





Avance de la Obra



Avance de la Obra



Avance de la Obra



Avance de la Obra



Gracias por su atención