

# Experiencias recientes en el diseño y construcción de puentes arco en la orografía andina

Javier Muñoz-Rojas

Ingeniero Caminos, Canales y Puertos  
Director de Carlos Fernández Casado S.L.



Asociación de Ingenieros  
Estructurales de Antioquia



SIMPOSIO INTERNACIONAL  
DE INGENIERÍA DE PUENTES  
**SIIP 2025**



## Pr. Carlos Fernández Casado (1904-1988)

- Profesor Puentes de fábrica (1959-1975) Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid
- Medalla de Oro. Fédération Internationale de la Précontrainte (F.I.P.) 1974
- Miembro de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.



• 1966-1980

**CARLOS FERNANDEZ CASADO S.A.**  
**OFICINA TÉCNICA DE HUARTE Y CIA**

**CFC**  
an  ARX company

• 1980-2024

**CARLOS FERNÁNDEZ CASADO S.L. OFICINA DE PROYECTOS.**  
***OFICINA INDEPENDIENTE***

• 2025

**CFC**

**GRUPO ARX (PINI)**

**CFC**

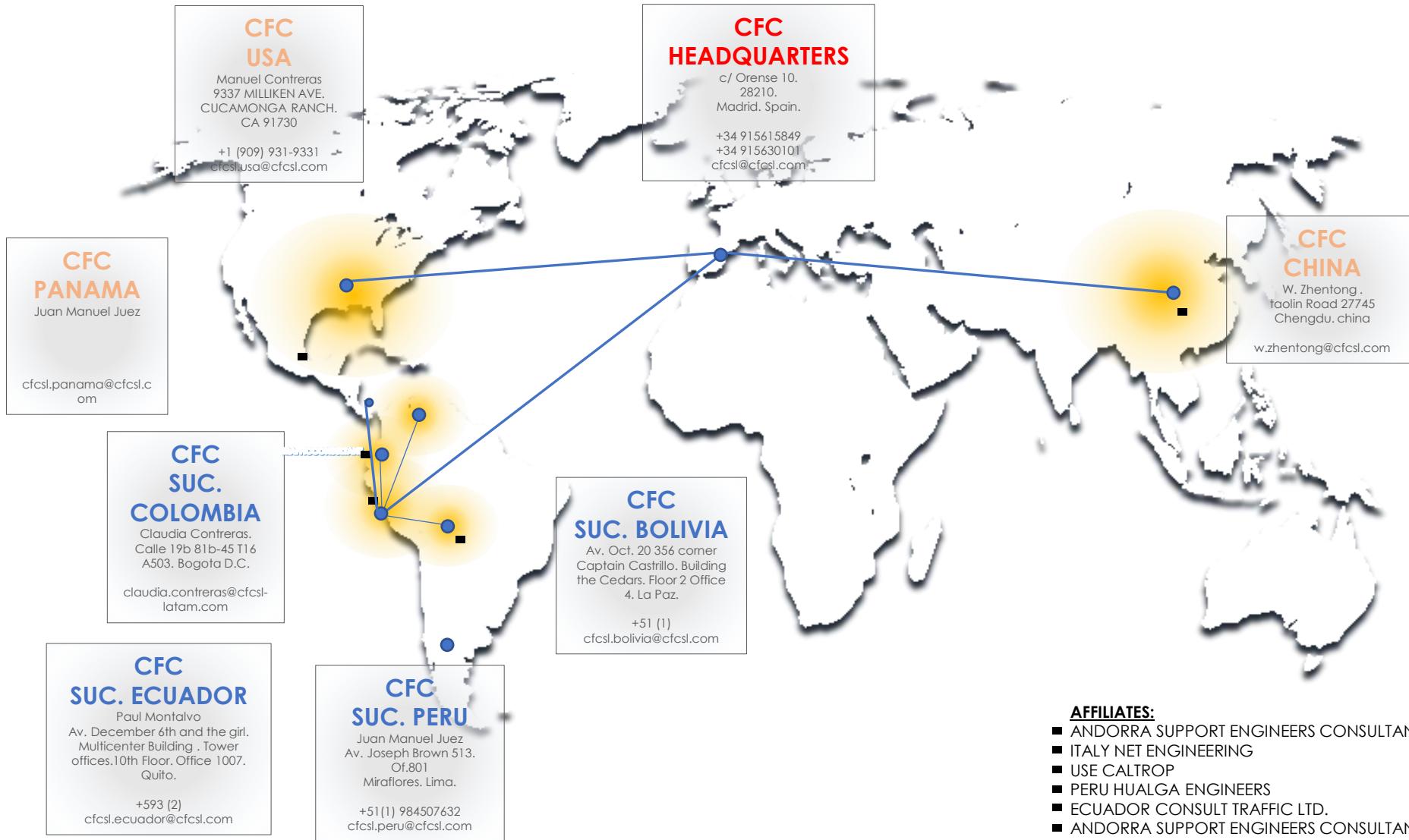
an  ARX company

**[www.cfcsl.com](http://www.cfcsl.com)**



**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**





**AFFILIATES:**

- ANDORRA SUPPORT ENGINEERS CONSULTANTS
- ITALY NET ENGINEERING
- USE CALTROP
- PERU HUALGA ENGINEERS
- ECUADOR CONSULT TRAFFIC LTD.
- ANDORRA SUPPORT ENGINEERS CONSULTANTS
- CHILE

De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**







**Puente sobre el río Magdalena en  
Puerto Berrio. 2018-2022**



**Repotenciación del viaducto de la Herradura. Carretera Central. 2019-2021**



**Viaducto Boquerón. Corredor Pasto-Rumichaca. 2017-2018**





**Proyecto Fase III. Nuevo Puente Pumarejo  
en Barranquilla. 2011-2014**

**Viaducto de la Novena. Bucaramanga**  
**2010-2016**



**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**

# El Puente Arco: *Eficiencia Estructural vs Desafío Constructivo*





Puente romano de Alcántara  
sobre el río Tajo. Siglo II d.C.

(Cáceres. España)

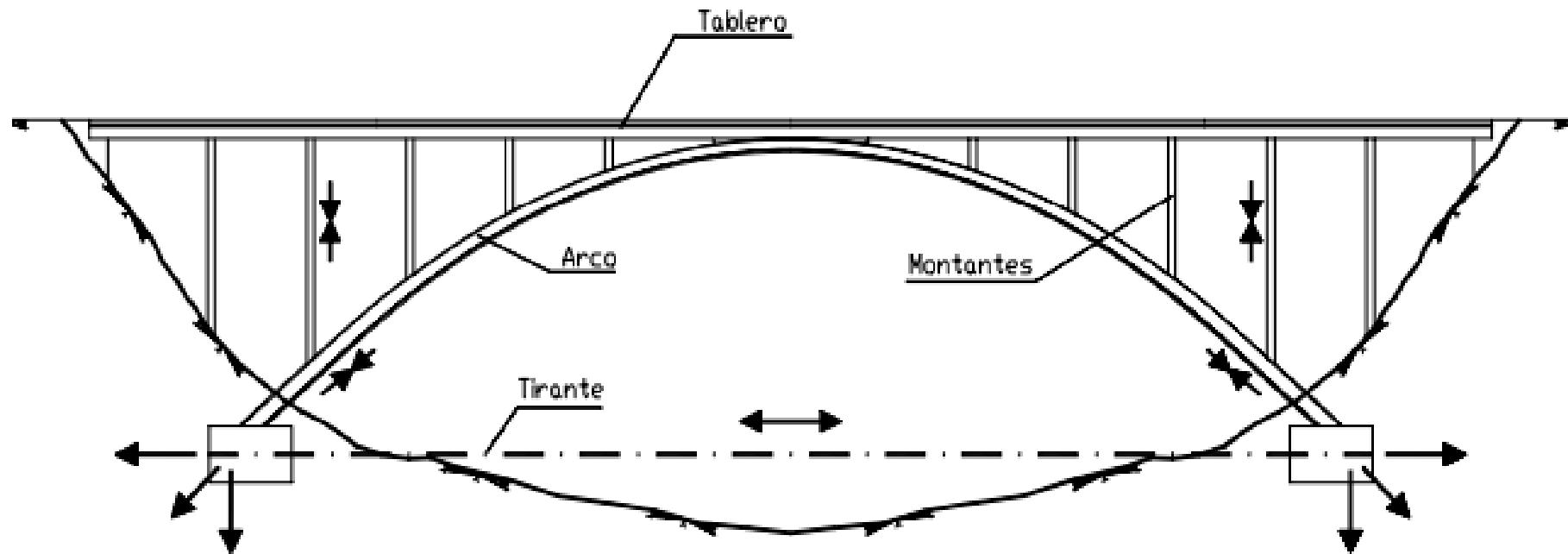
Cayus Julius Lacer :

*"Ars urbi materia vincitur ipsa  
sua"*

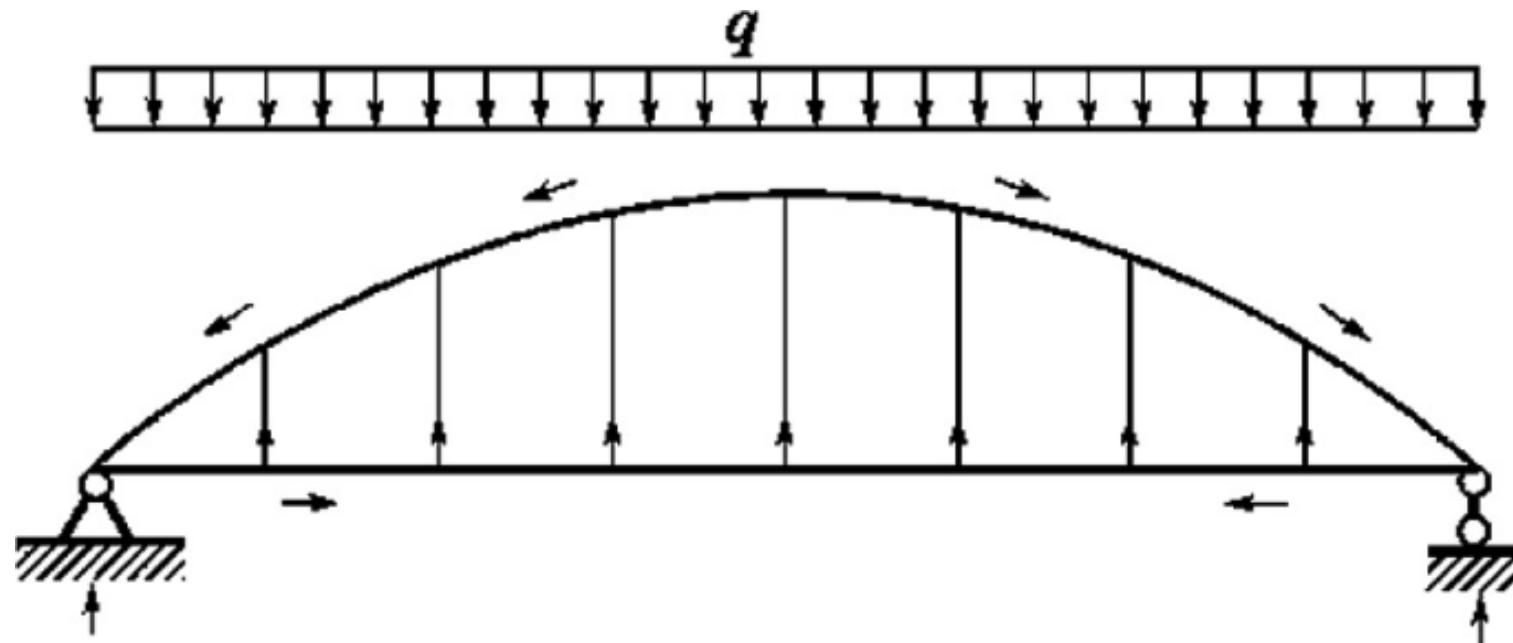
**(Artificio mediante el cual la  
materia queda vencida por ella  
misma)**



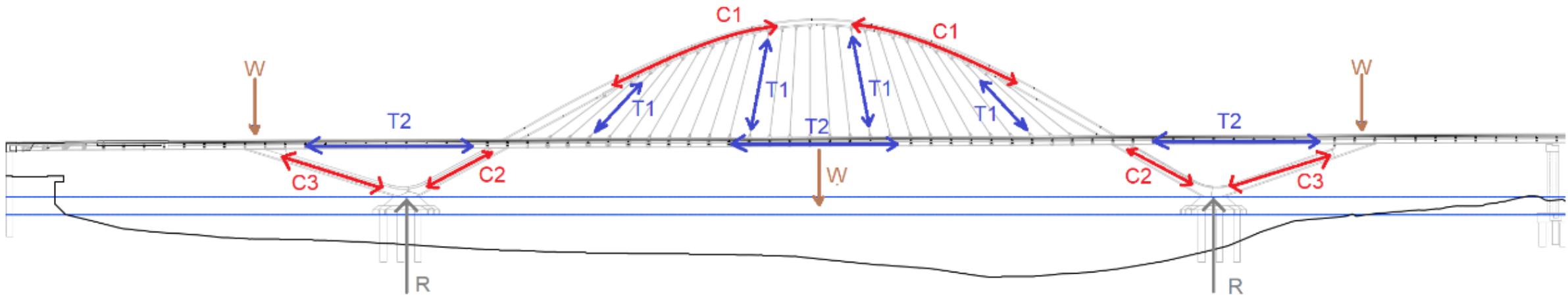
## PARTE II. ARCOS CON TABLERO SUPERIOR



## ARCOS AUTOANCLADO CON TABLERO INFERIOR



## ARCOS AUTOANCLADO CON TABLERO INTERMEDIO



# ¿ Puentes Arco en el siglo XXI ?







Puente María Pía sobre el río Duero,  
Oporto bahía de Sydney,  
Australia 1887

Luz 160m





**Puente sobre la bahía de Sydney,  
Australia 1932**  
**Luz 503 m**





**Puente de la Arrabida. Oporto. 1957-1963.**  
**Luz 270 m**





**Puente de Bendorf sobre el río Rin. Alemania. 1965**  
**Luz 208 m**



**Puente de Raftsundet. Noruega. 1998**  
**Luz 298 m**





De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



## **PUENTE DE LUPU SHANGAI (CHINA) 2003**

**LUZ 550 M**



PUENTE DE BOSIDENG (CHINA) 2012  
LUZ 512 M



**PUENTE BUGRINSKY RUSIA 2014**

**LUZ : 380 M FLECHA**





# ¿Puentes arco en Colombia ?



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS  
Universidad Politécnica de Valencia

**Conferencia**

**PUENTES DE ARCO DE LADRILLO EN LA REGIÓN DEL ALTO CAUCA**  
**COLOMBIA/ 1718-1930**

**Conferenciante**  
**JORGE ALBERTO GALINDO DÍAZ**  
 Dr. Arquitecto  
 Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela de Arquitectura y Urbanismo

En la región del Alto Cauca, (inmediaciones de Popayán, Colombia), en un lapso de no mucho más de 200 años, se construyeron casi 40 puentes de ladrillo, siguiendo pautas geométricas y constructivas de origen hispánico.  
 La conferencia presenta una investigación en la que, a través de una rigurosa toma de datos de campo, la definición de modelos matemáticos de cálculo estructural y pruebas de laboratorio, se estudia la naturaleza constructiva de cada puente.

**Organiza:**  
**JOAQUÍN CATALÁ ALIS**  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL  
 LUGAR SALÓN DE ACTOS EDIFICIO - 1 ETSICCP      DÍA VIERNES, 1 de DICIEMBRE de 2006      HORA 10:00 AM (Duración aprox. 60-75 m)



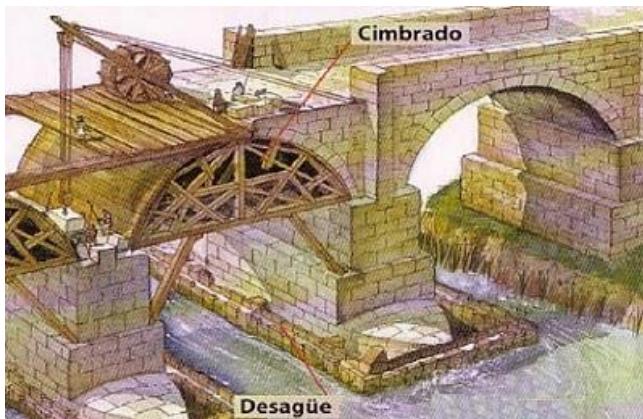
## **PARTE 1.**

### **1. ARCOS CON TABLERO SUPERIOR**





## CIMBRAS AUTOPORTANTES DESMONTABLES



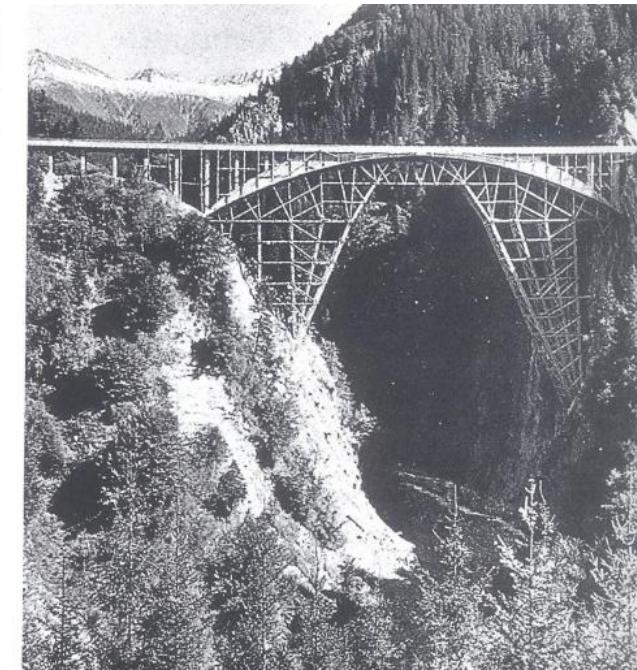
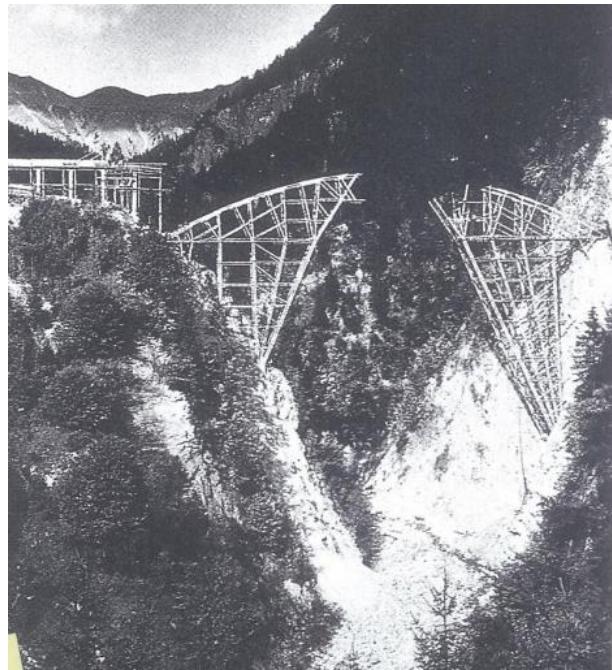
**Cimbra para la construcción de puentes de fábrica . Imperio Romano (Siglo I A.C.)**



**Acueducto sobre el río Aragón. Huesca. España  
Ing. Carlos Fernández Casado 1961**



## CIMBRAS CUAJADA SOBRE QUEBRADAS PROFUNDAS

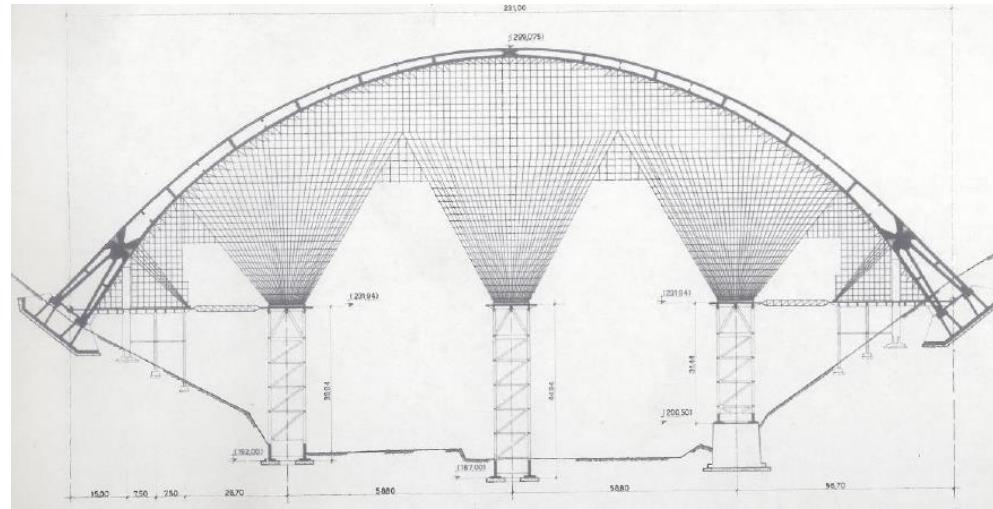


*Puente de Salginatobel. Suiza 1940 (Ing. R. Maillart)*



# CIMBRAS SOBRE APOYOS PUNTUALES

**CFC**  
an  OARX company

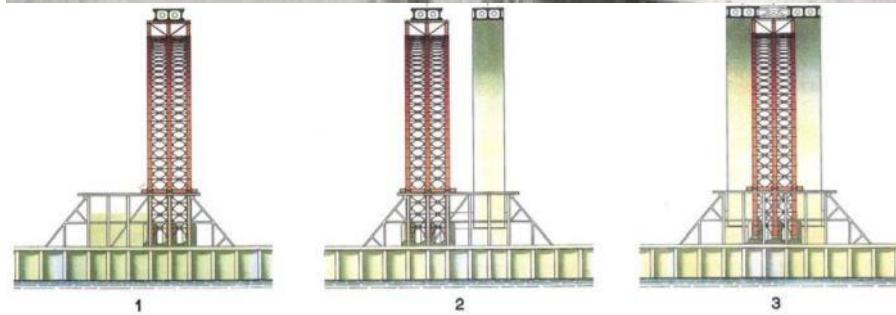


**Cimbra cuajada del  
arco**  
**R. Morandi, Italia, 1955**



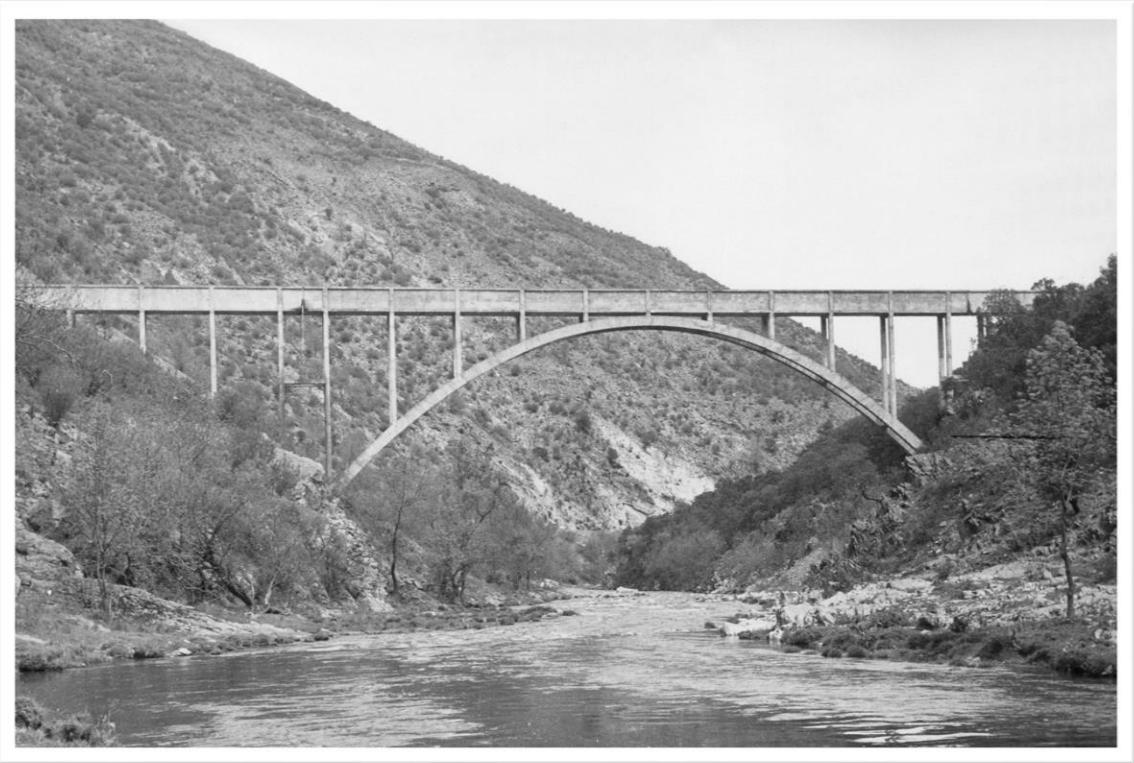
**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**







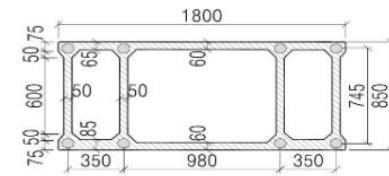
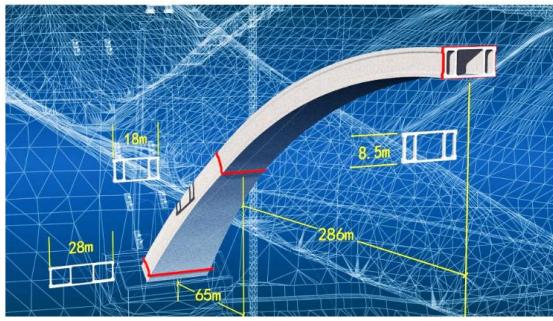
## **CIMBRAS AUTOPORTANTES PERDIDAS (1) (SISTEMAS MELAN / RIBERA)**



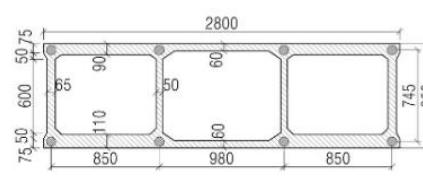
**Puente sobre el río Najarilla. Logroño. España  
Carlos Fernández Casado 1949**

# CIMBRAS AUTOPORTANTES PERDIDAS (2) OBRAS RECIENTES EN CHINA

CFC  
an eARX company



Cross-section of the arch ring at the arch crown (unit:cm)



Cross-section of the arch ring at the arch springing (unit:cm)

## PUENTE SOBRE EL RÍO NANPAN. CHINA (416 m)



## PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE ARCOS CON TABLERO SUPERIOR

CIMBRAS AUTOPORTANTES MODULARES



ABATIMIENTO DE SEMIARCOS

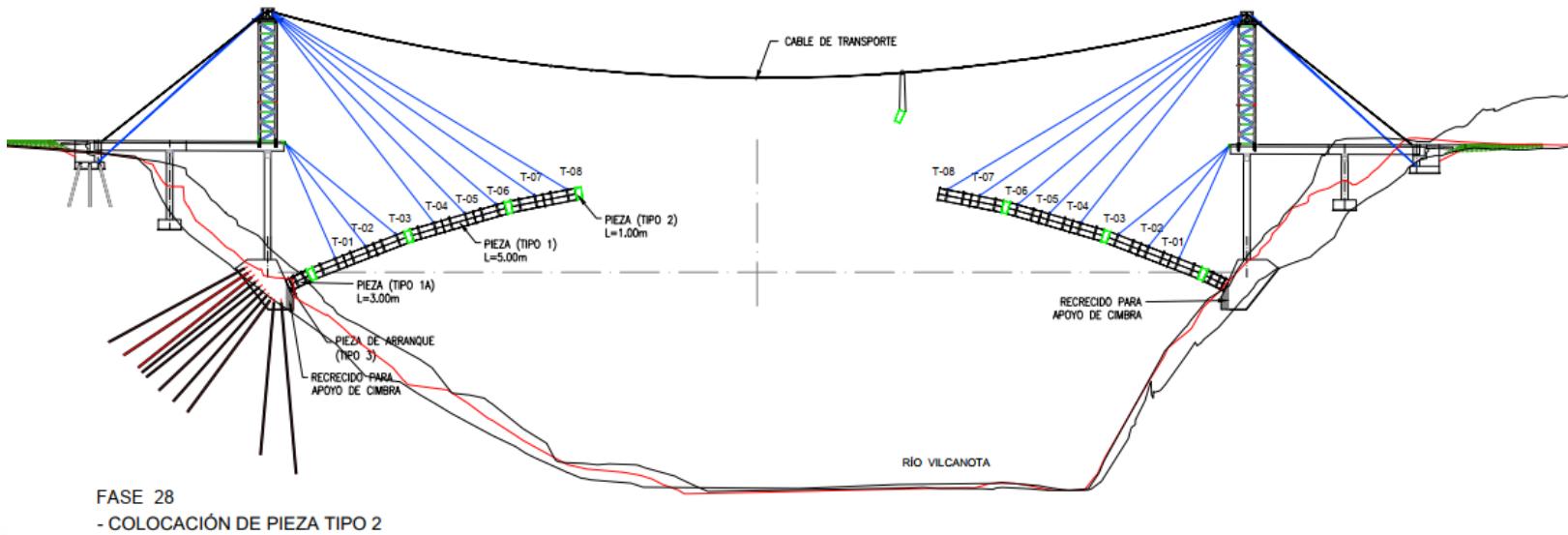
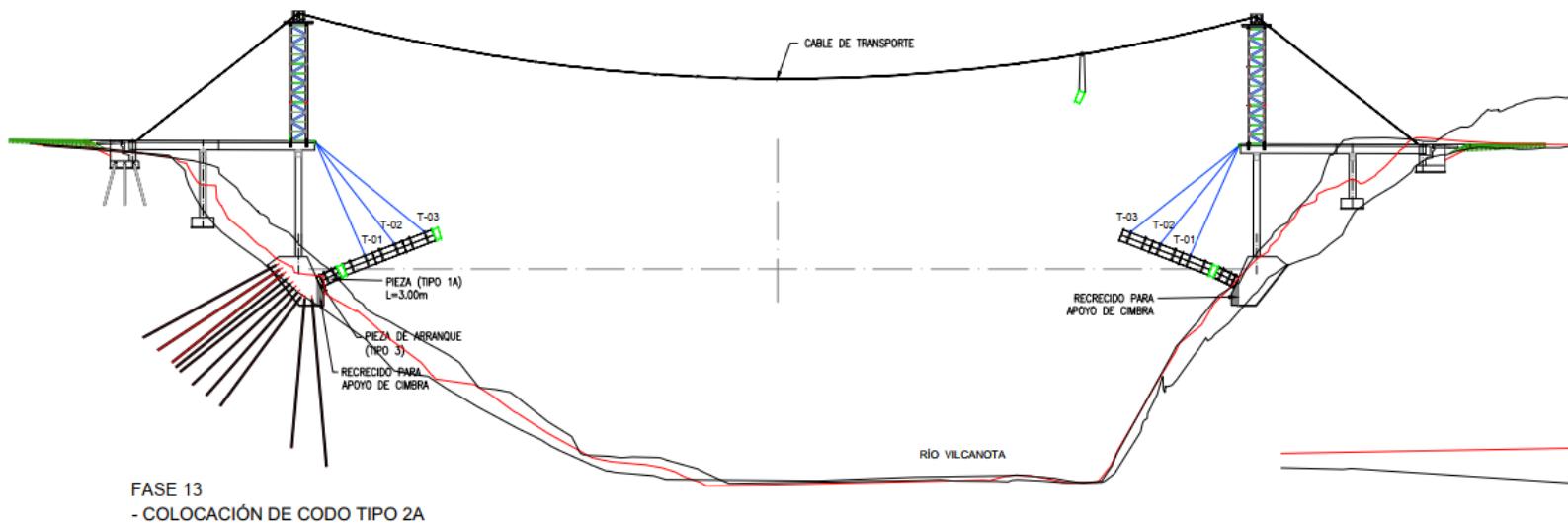


VOLADIZOS SUCESSIONES  
CON ATIRANTAMIENTO PROVISIONAL



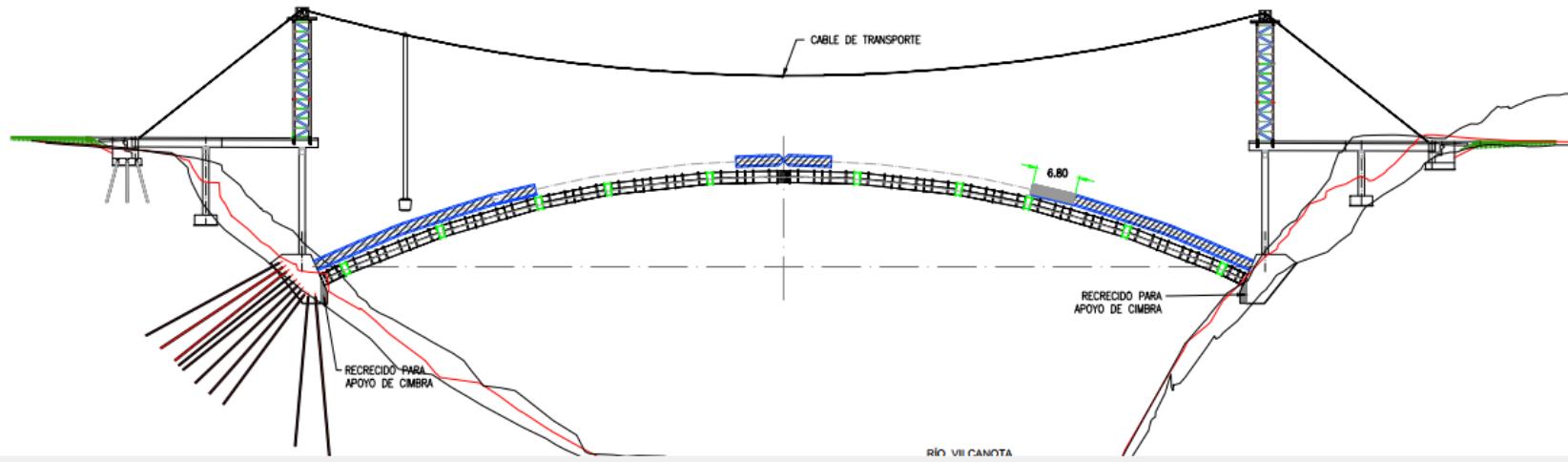
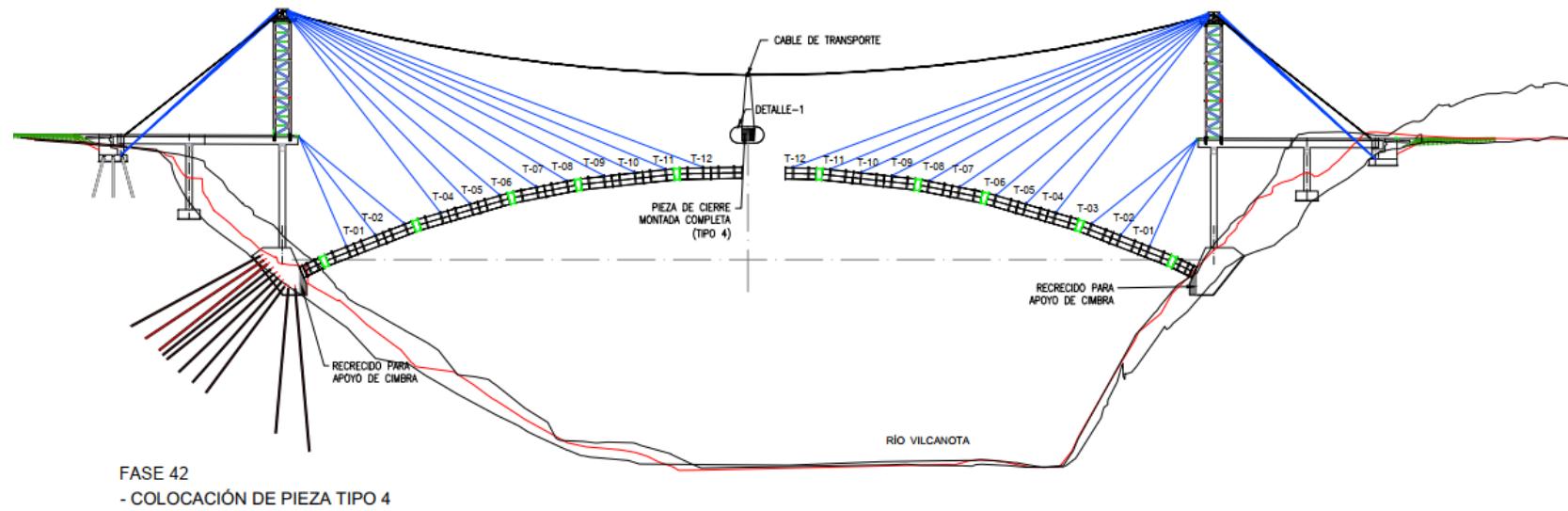
## **1. CIMBRAS METALICAS AUTOPORTANTES MODULARES.**



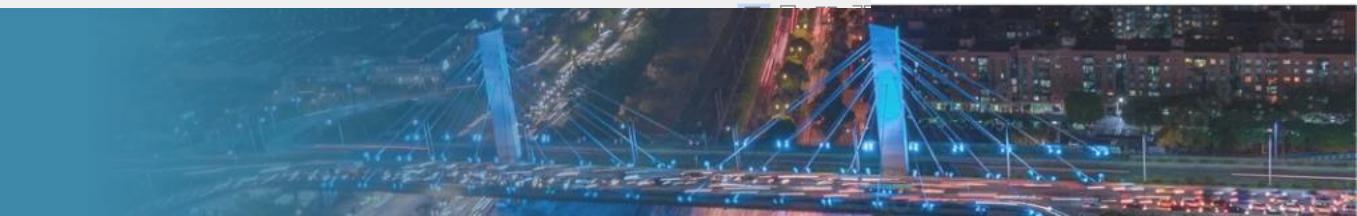


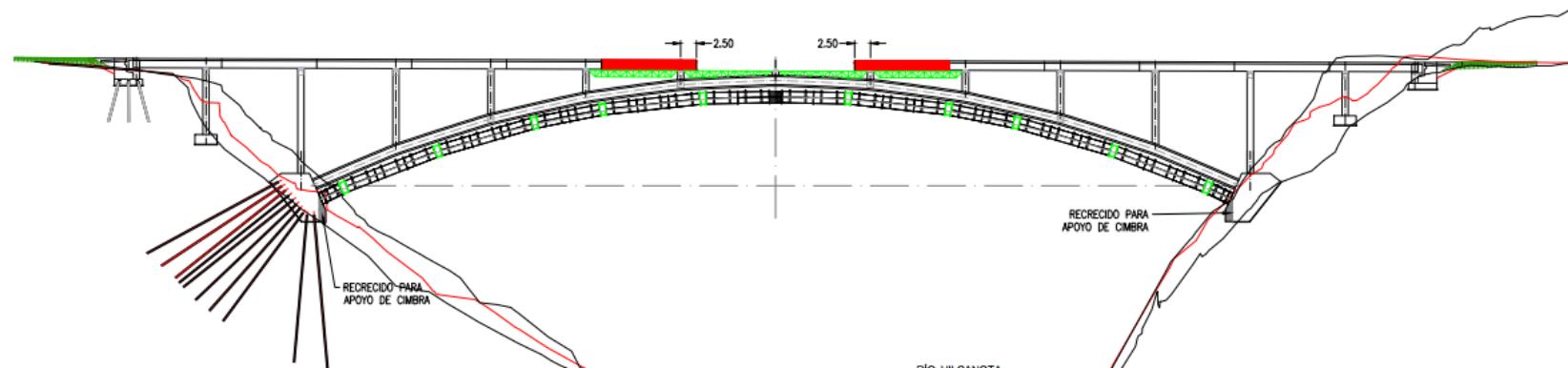
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



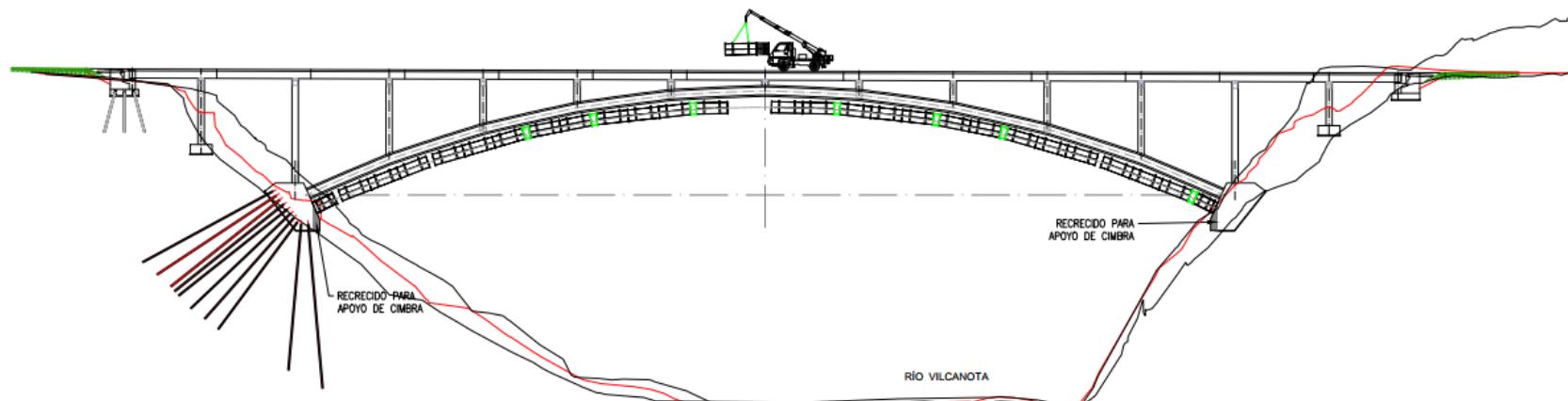


De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



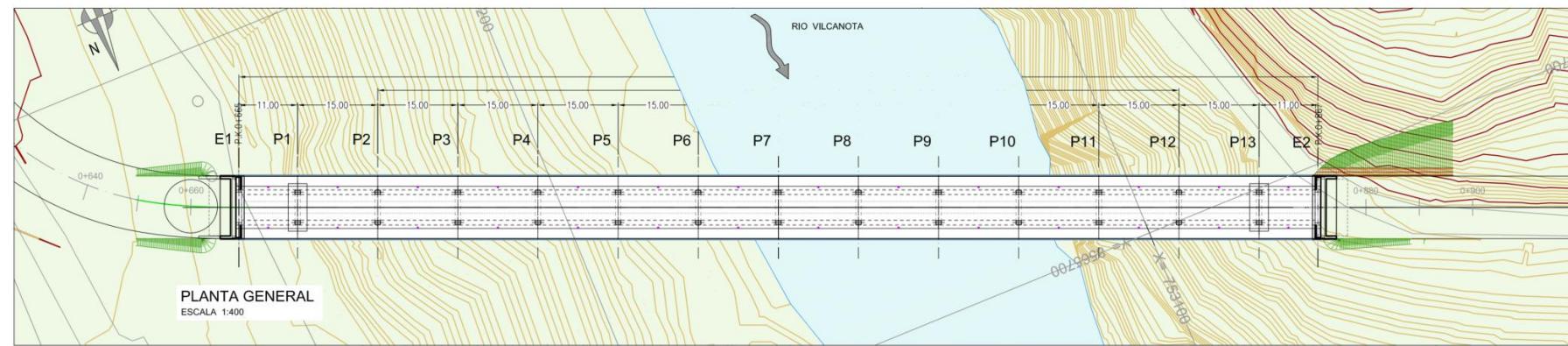
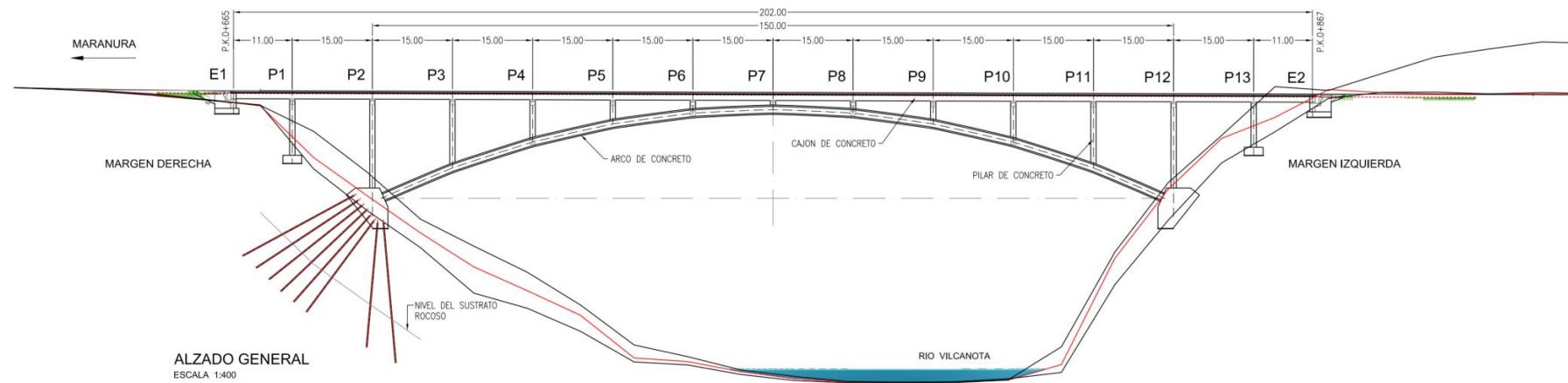


FASE 77  
- EJECUCIÓN DEL TABLERO HASTA CIERRE



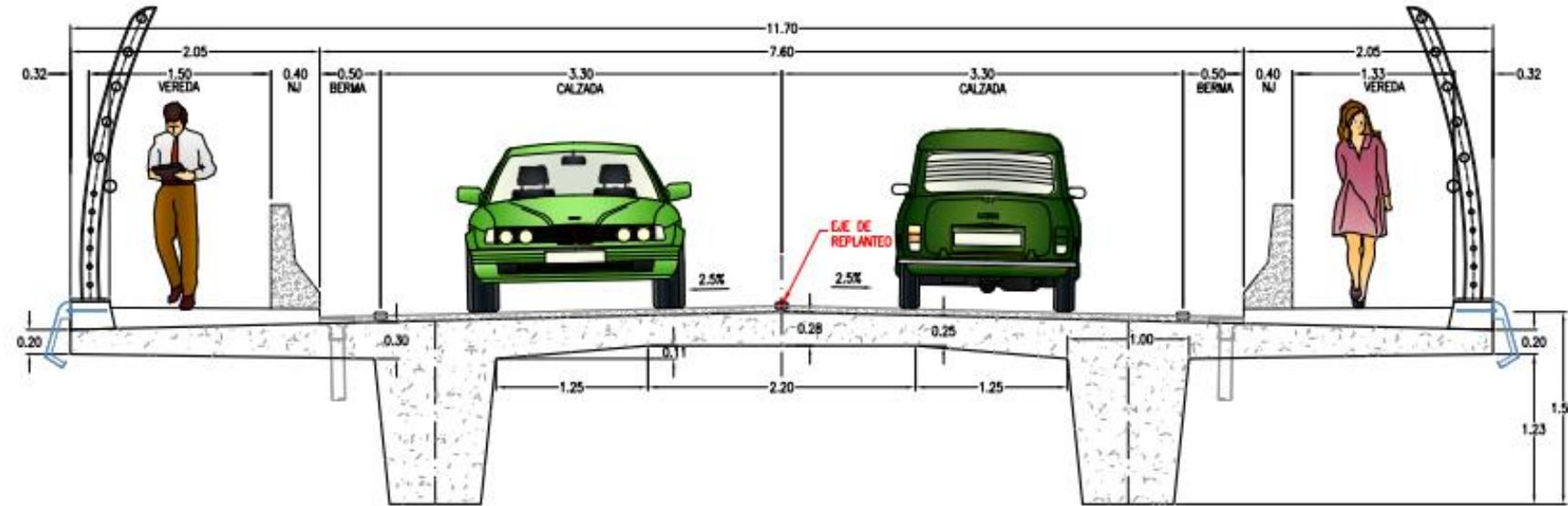
FASE 78  
- DESMONTAJE DE CIMbra DESDE EL TABLERO MEDIANTE GRÚA MÓVIL





De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro

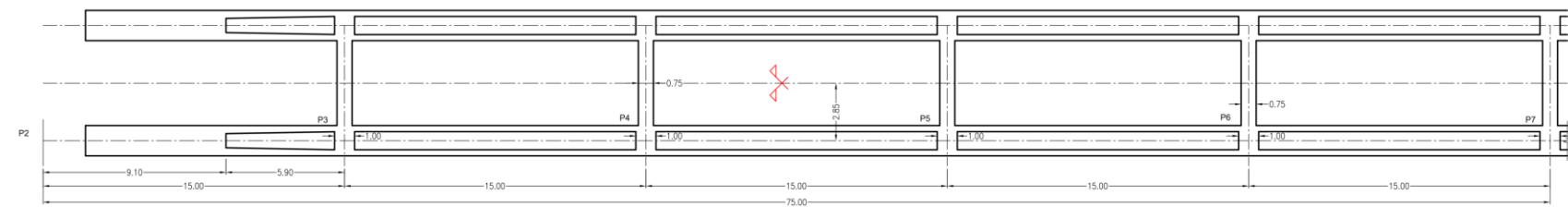
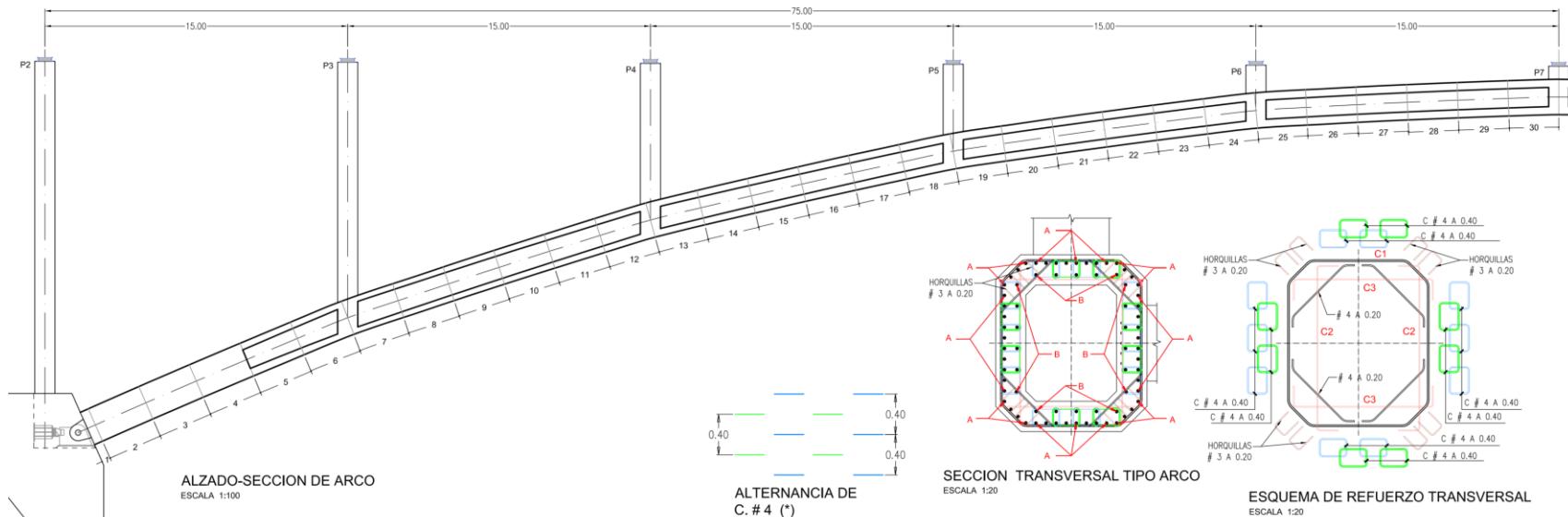




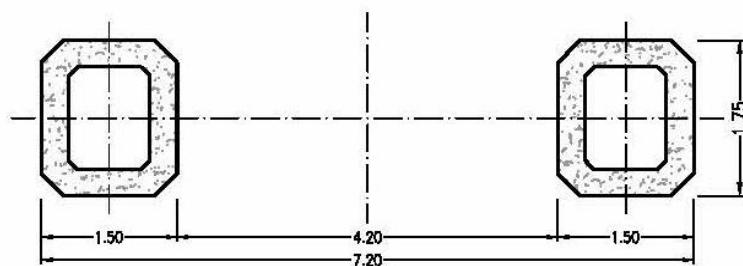
SECCION TIPO TABLERO  
ESCALA 1:25

De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





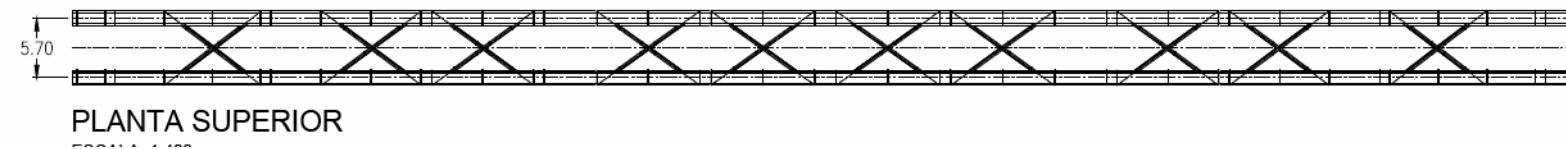
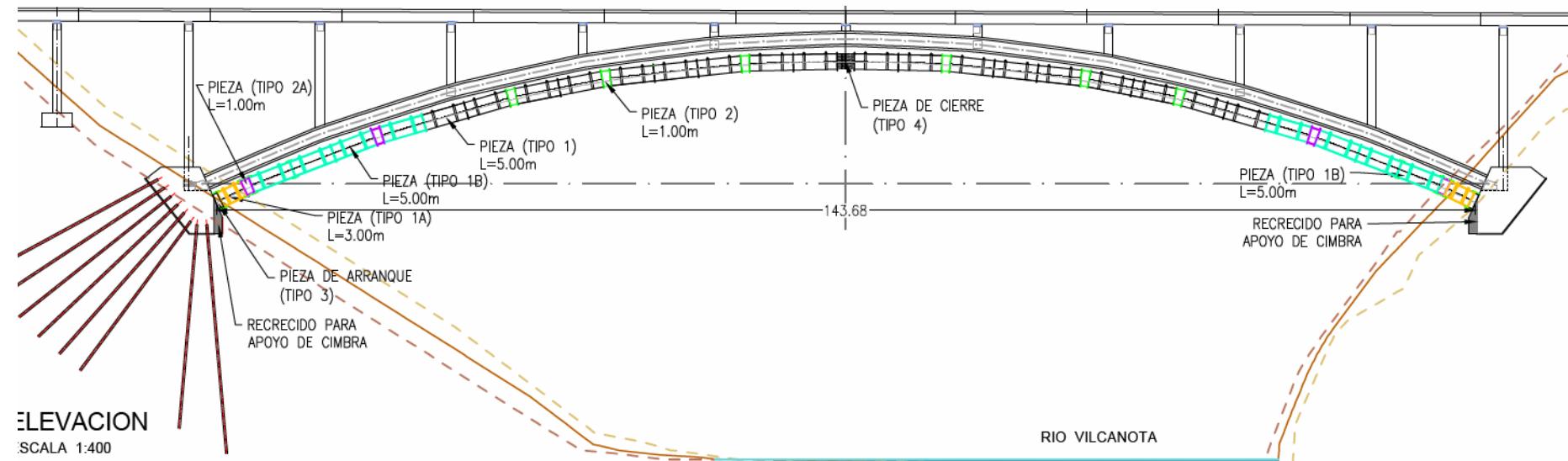
Alzado y planta de semiarco



Sección arco  
de hormigón

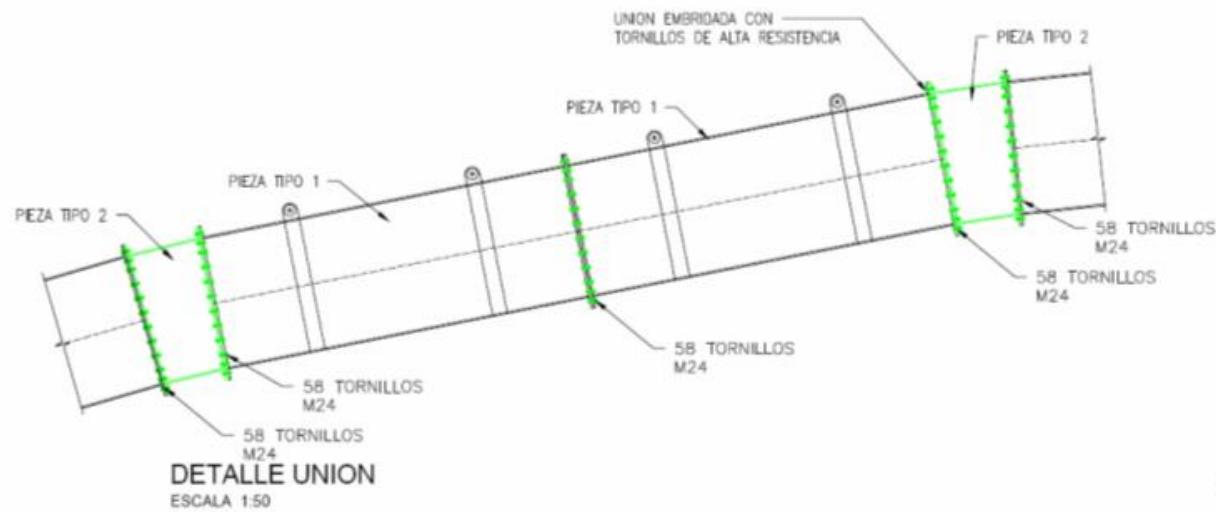


De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro

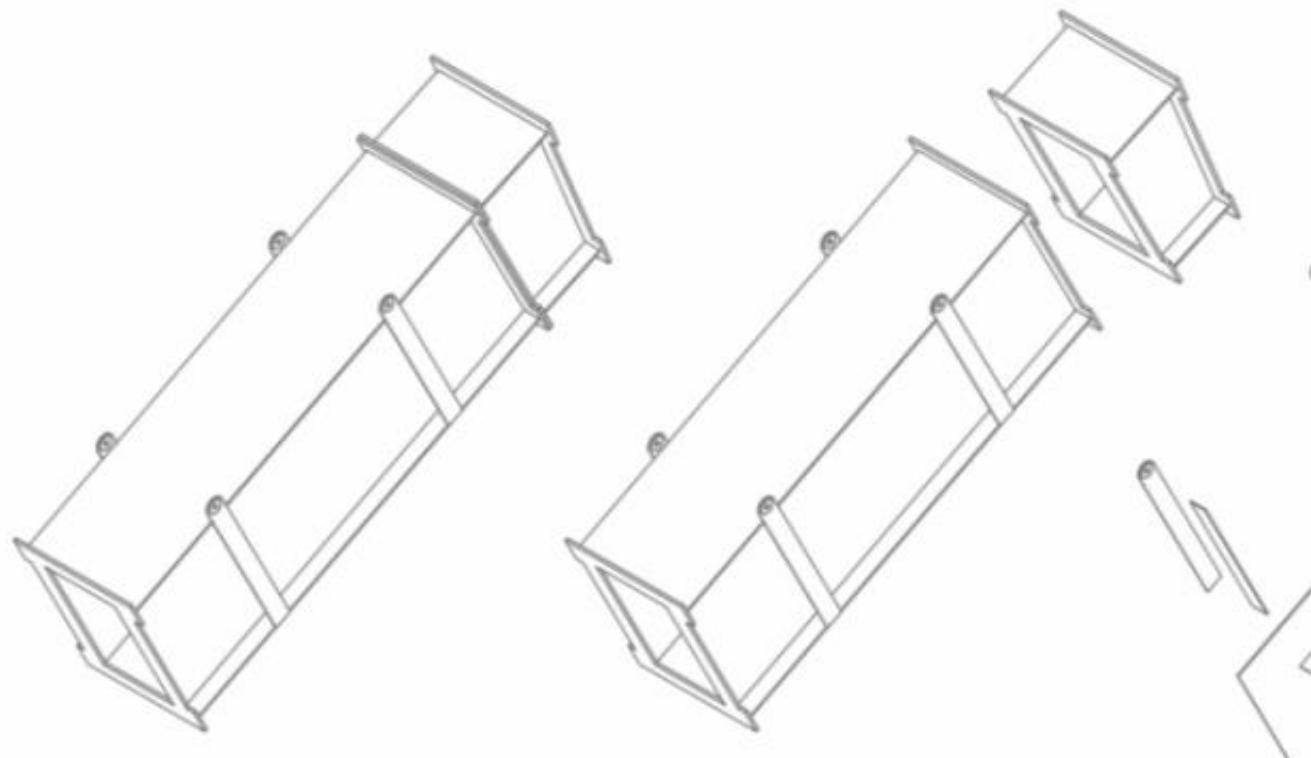


Adaptación de la cimbra de Chacanto al puente de Maranura





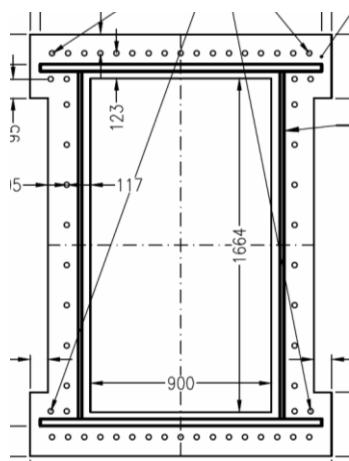
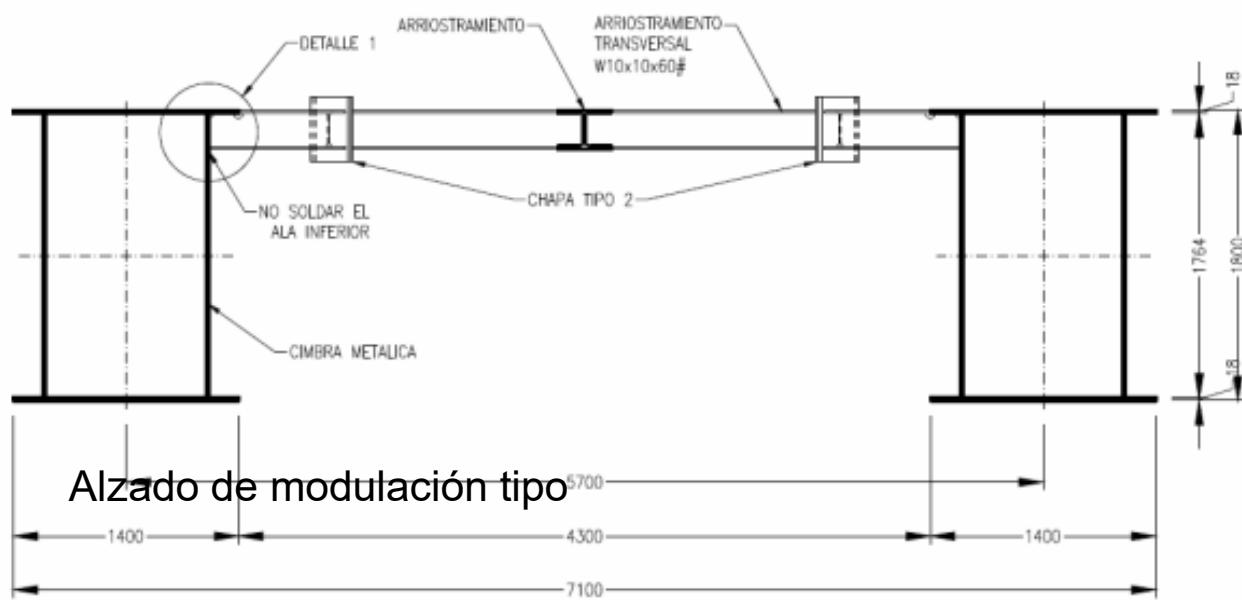
Alzado de modulación tipo



De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



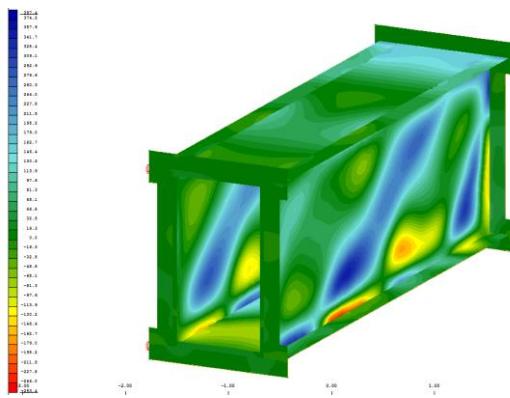
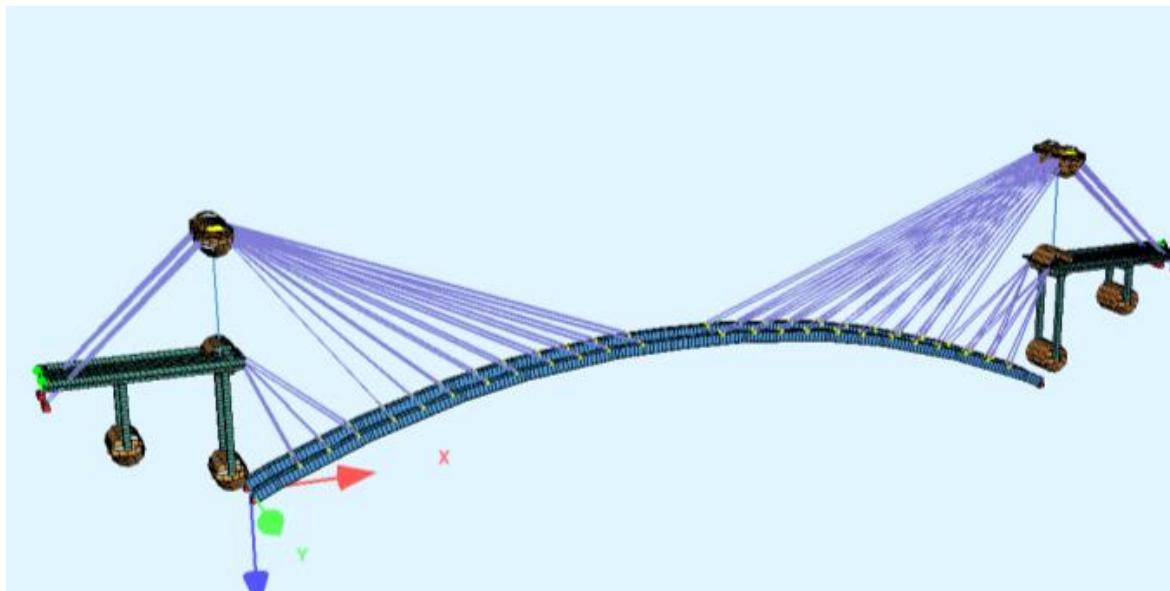
Sección  
transversal  
completa de la  
cimbra



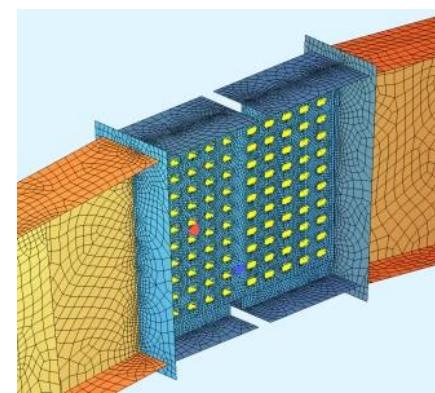
Unión embridada tipo



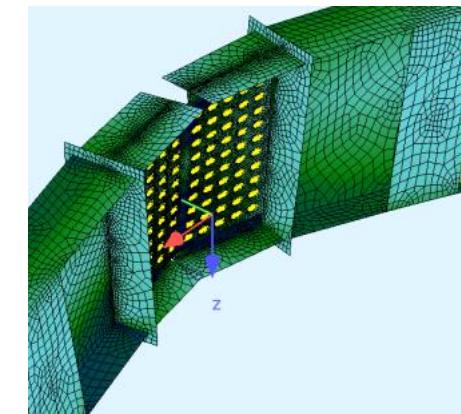
Modelo global  
de la cimbra de  
Maranura



Tensiones principales asociadas a la máximo corte + axil e imperfección según primer modo de pandeo local



Modelo de elementos finitos de la clave con cubrejuntas y fallo por pandeo fuera del plano





Puente de Maranura. Montaje cimbra





Puente de Maranura.  
Montaje cimbra



De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





Arco en fase intermedia de hormigonado



Preparación de maniobra de puesta en carga del arco de hormigón.

Maranura. Ejecución arco





Final de la maniobra de puesta en carga.



Descuelgue de la cimbra





**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**





Puente de Tingo. Perú 2017



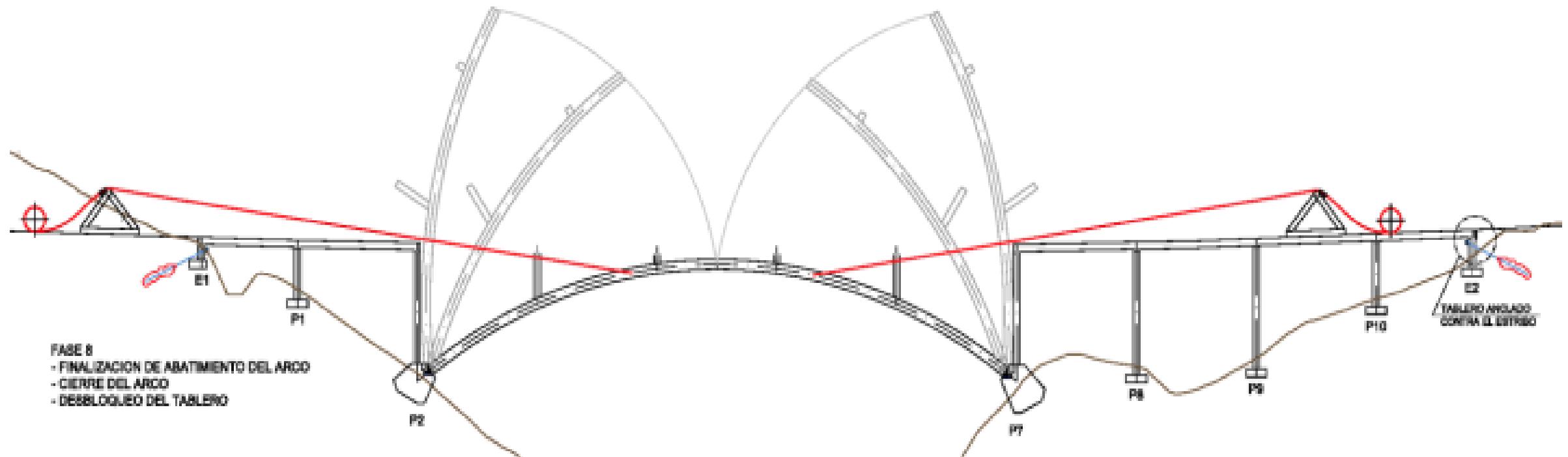


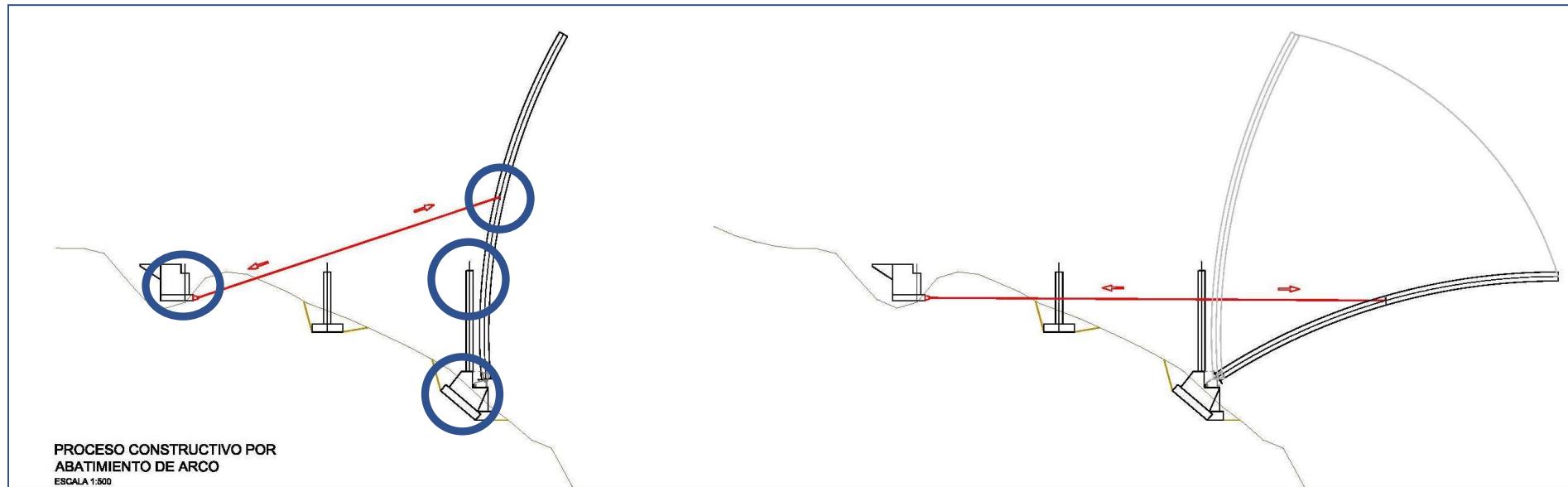
Puente de Chacanto. Perú 2017



## 2. CONSTRUCCIÓN POR ABATIMIENTO DE SEMIARCOS

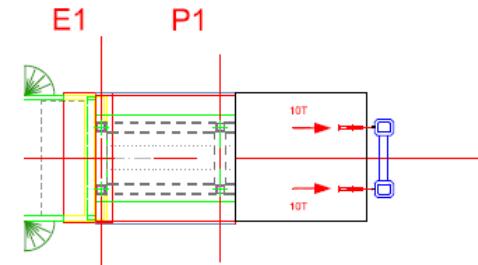
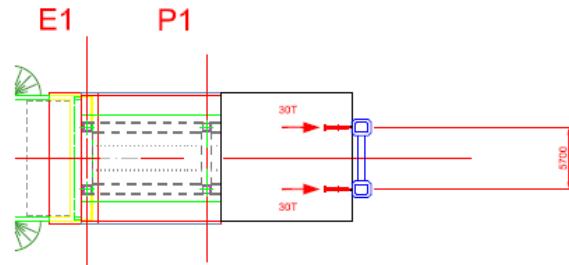
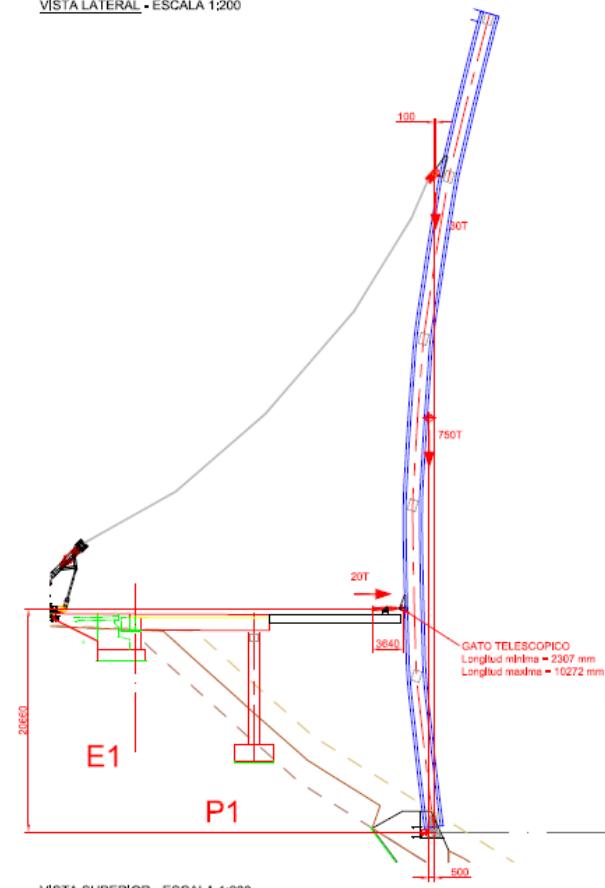
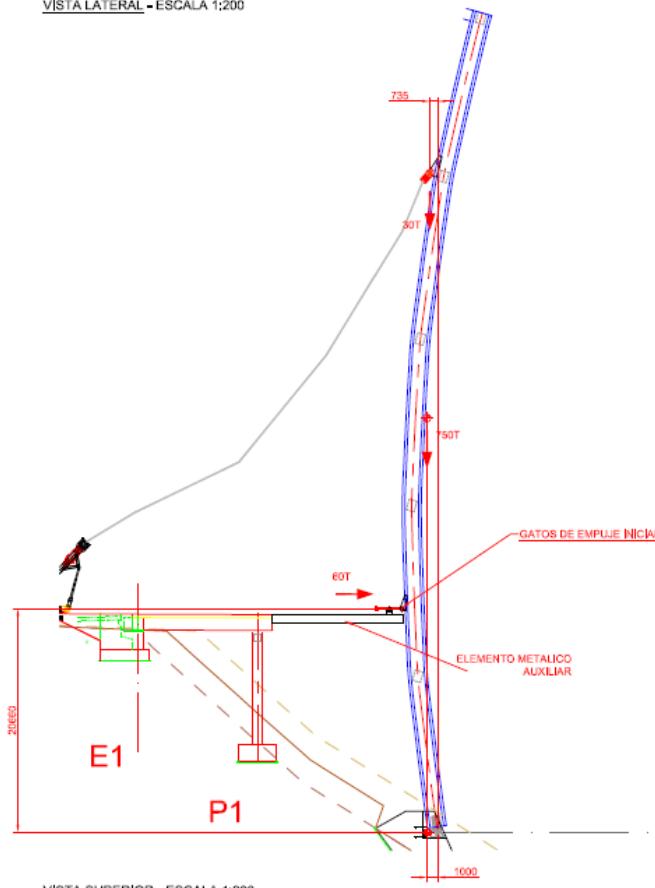




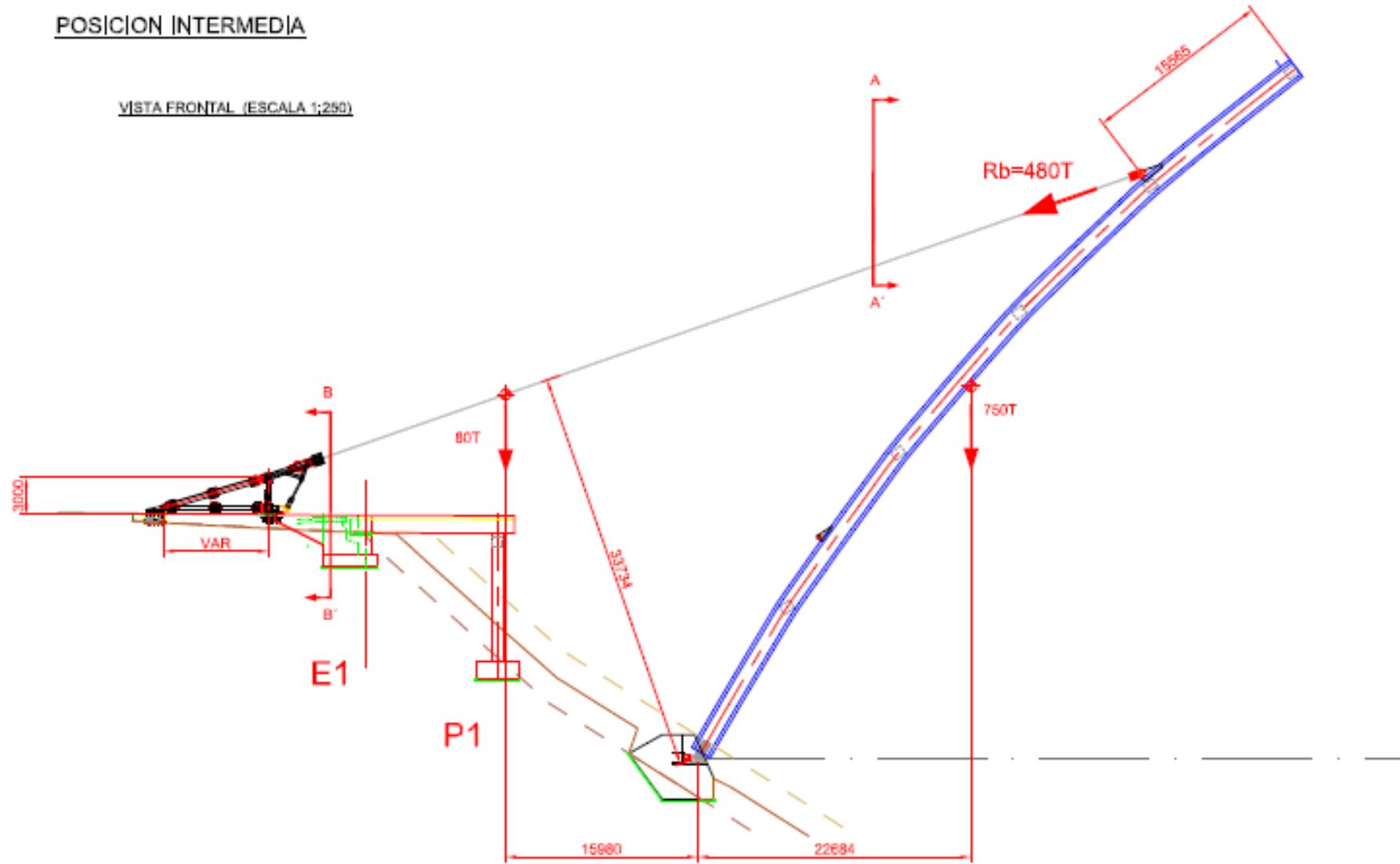


1. ROTULAS AUXILIARES. SISTEMAS DE BLOQUEO Y DE RECENTRADO
2. MARCOS DE ANCLAJE DE LOS CABLES DE RETENIDA
3. MARCOS AUXILIARES DE CONEXION CON EL SEMIARCO
4. GATOS DE LARGO RECORRIDO PARA LA ROTURA INICIAL DEL EQUILIBRIO



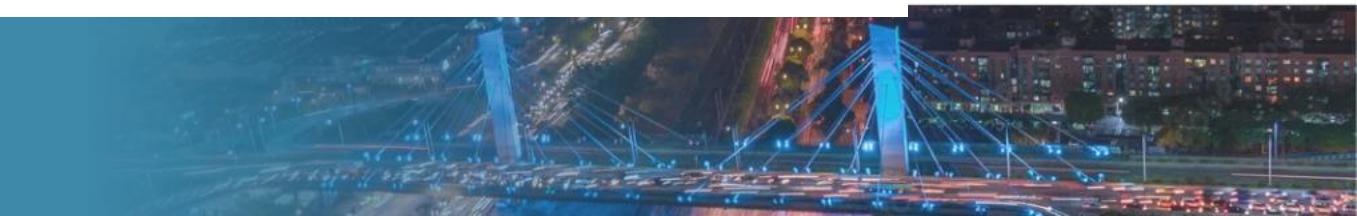


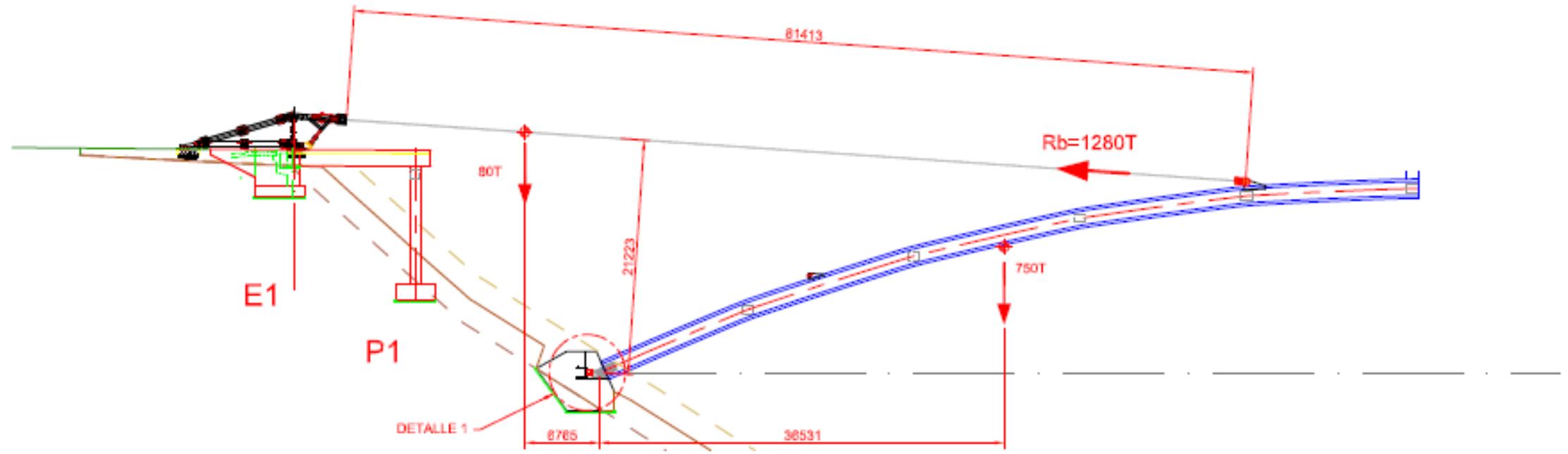
VISTA FRONTAL (ESCALA 1:250)



VISTA SUPERIOR (ESCALA 1:250)

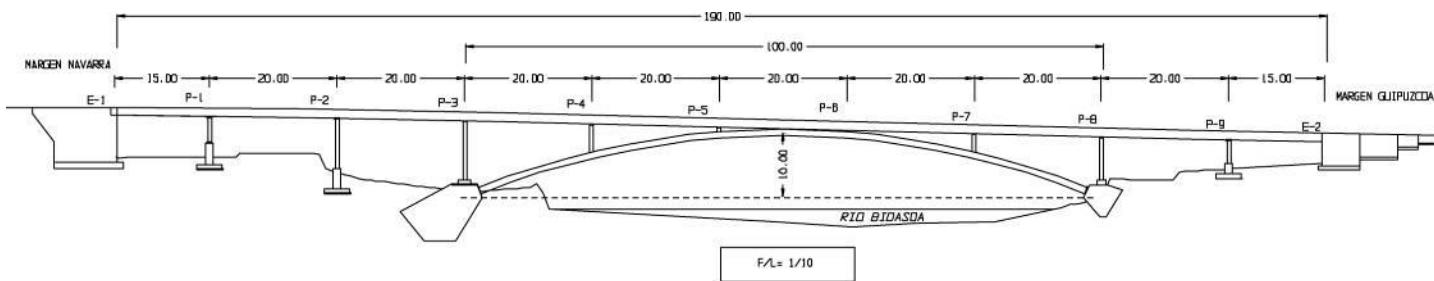
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



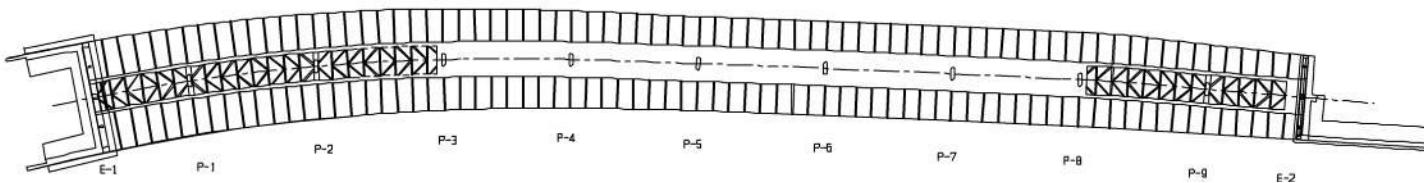


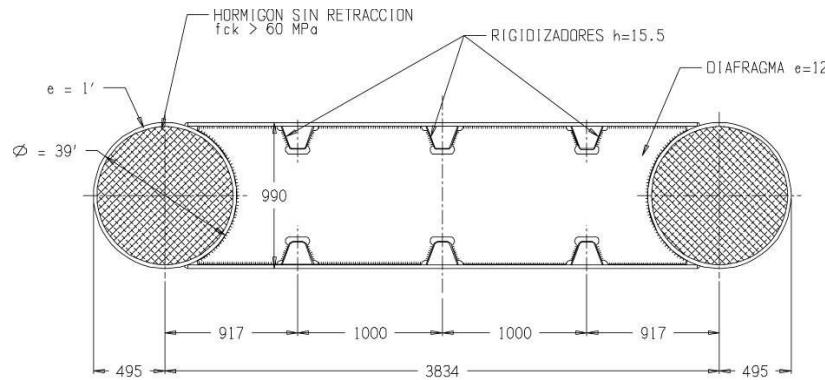
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





## **NUEVO PUENTE SOBRE EL RÍO BIDASOA EN ENDARLATSA. GUIPUZCOA. ESPAÑA**







De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





**ROTULAS PROVISIONALES EN**



**MARCO DE  
RETELIDA**

**GATOS DE CENTRADO EN ARRANQUES**



**ROTULAS DE ANCLAJE DE LOS  
TIRANTES**

**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**





### TORRETA DE ESTABILIZACION

GATOS DE RECORRIDO LARGO PARA  
ROTURA DEL EQUILIBRIO E INICIO DE  
ABATIMIENTO

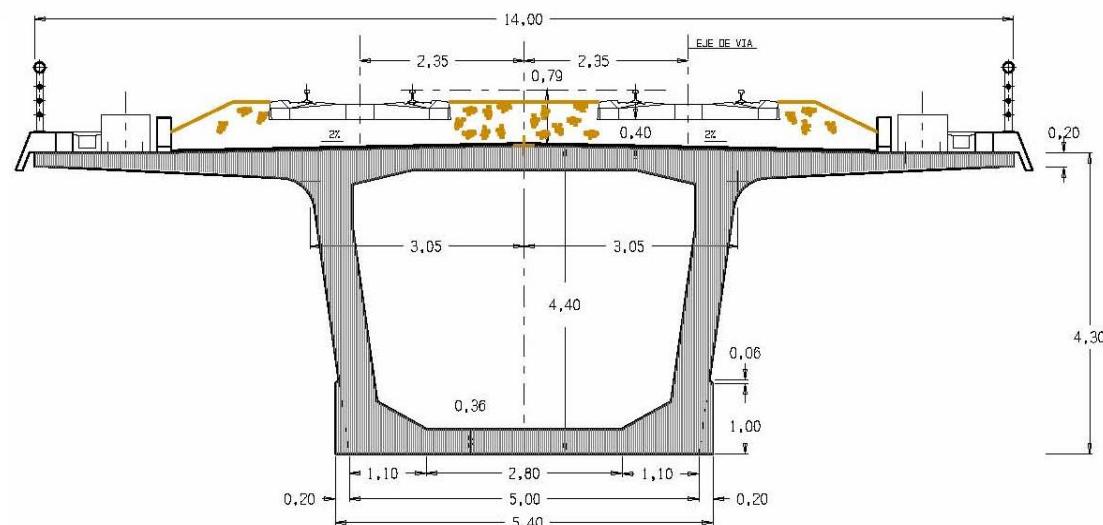
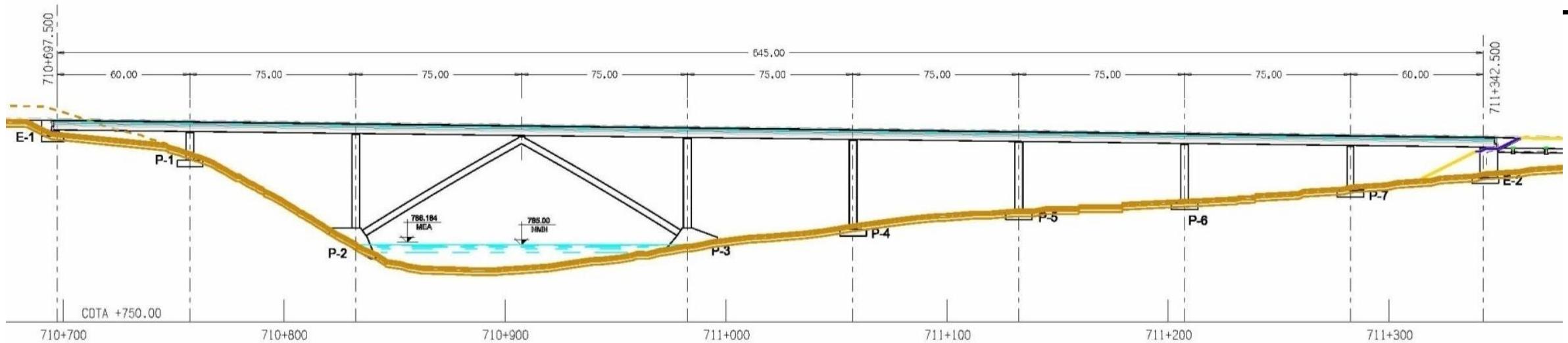
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





**ELEMENTOS PARA EL  
BLOQUEO  
PROVISIONAL DE  
SEMIARCOS EN  
CLAVE**





**VIADUCTO SOBRE EL RÍO TERA EN LA LAV  
MADRID-GALICIA (EN CONSTRUCCIÓN  
2013)  
LUZ ARCO 150 m**



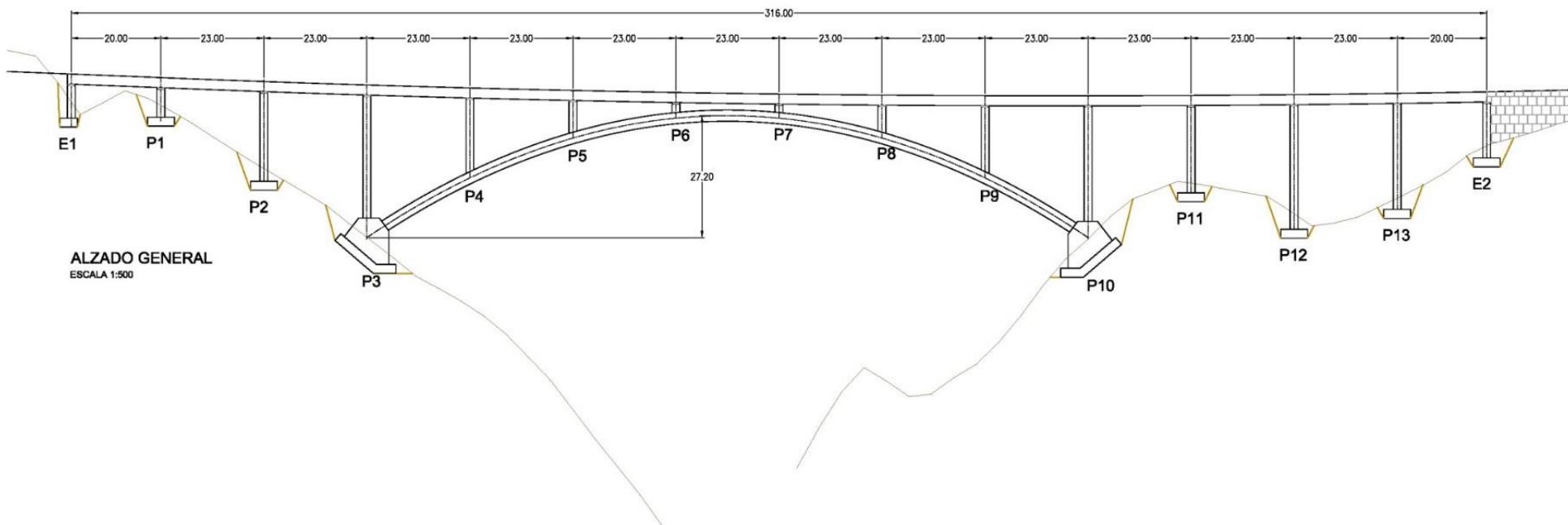
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



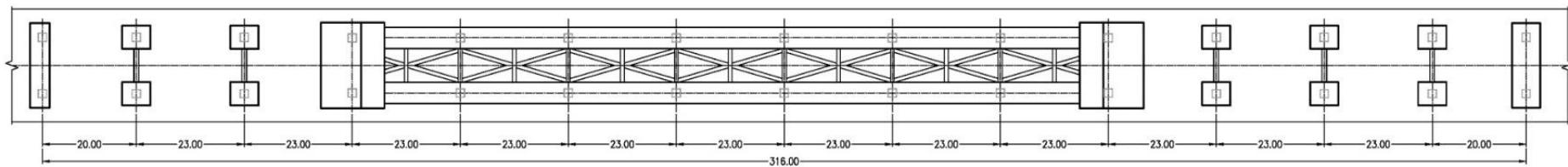
**VIADUCTO SOBRE EL RIO TERA EN LA LAV MADRID-GALICIA  
LONGITUD 645 m LUZ VANOS 75 m LUZ ARCO 150 m**

De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



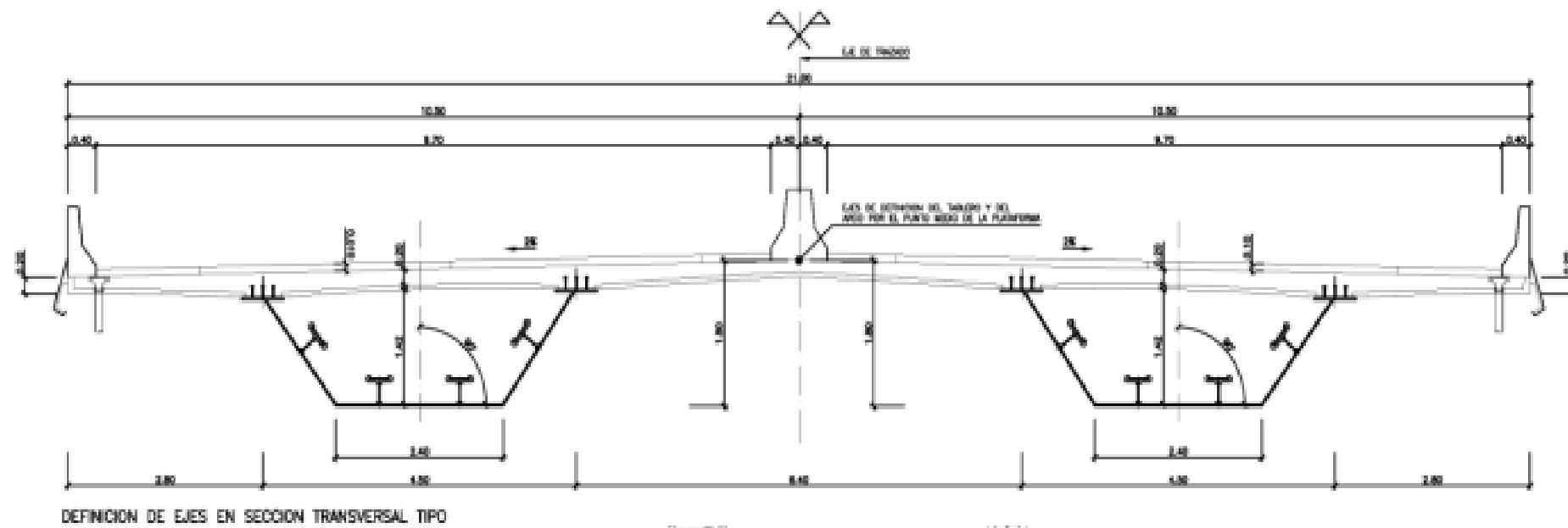


**PUENTE DE LA CULTURA  
SOBRE EL RÍO CHILI.  
AREQUIPA. LUZ 175 M  
PROYECTO 2013.  
CONSTRUCCIÓN 2024**

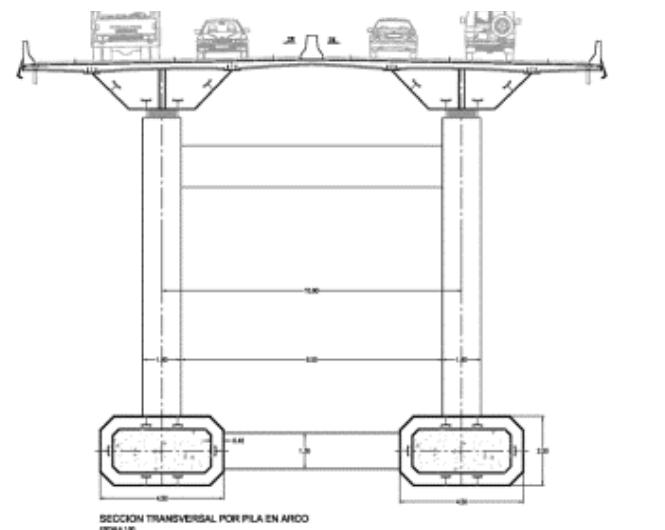


**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**





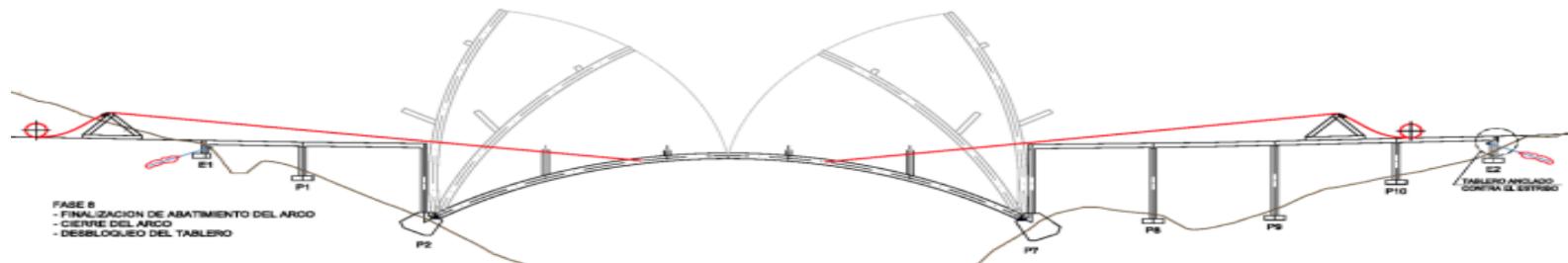
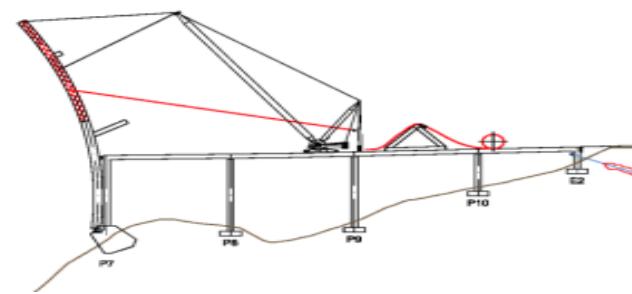
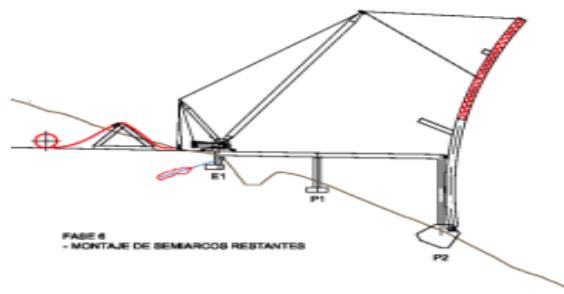
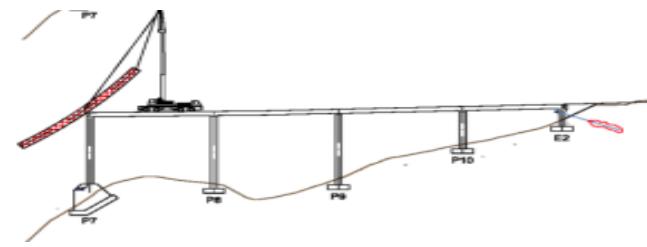
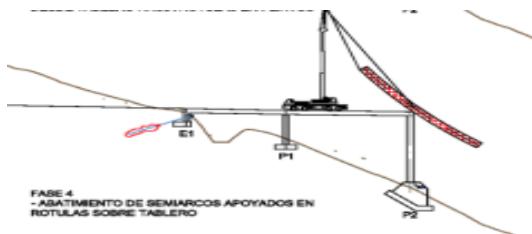
DEFINICION DE EJES EN SECCION TRANSVERSAL TIPO

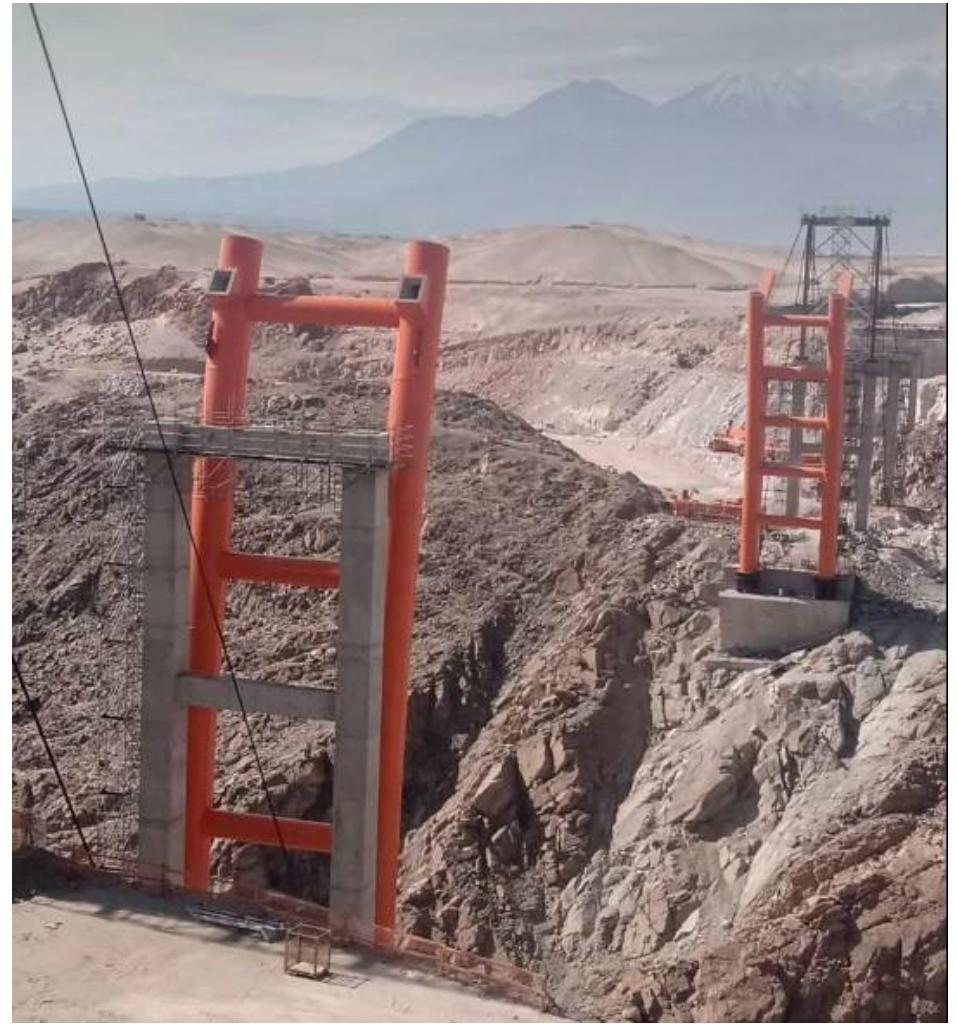


De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro









De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro

NOMBRE PRESENTACIÓN













**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**





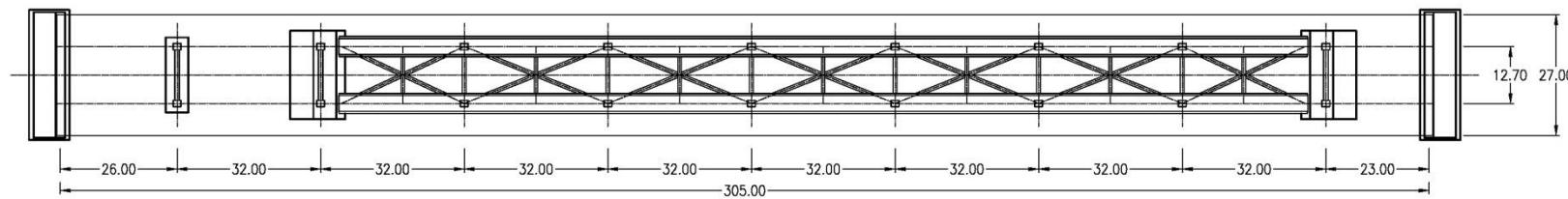
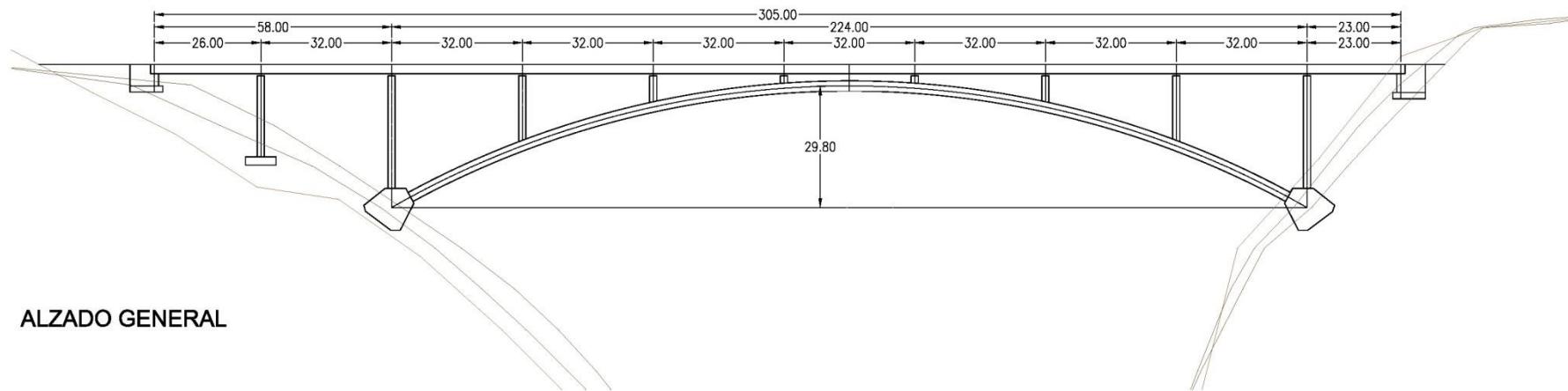
**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**





**PROUESTA DE PUENTE  
ARCO CONSTRUIDO POR  
ABATIMIENTO PARA EL  
CRUCE DEL RÍO CHICHE.  
QUITO. LUZ 224 M  
CFC 2014**



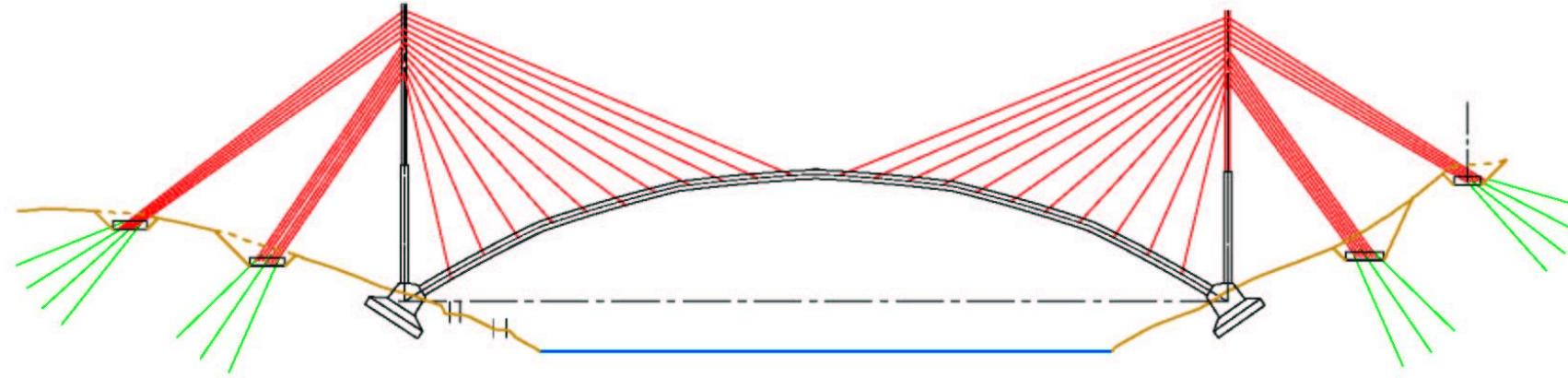
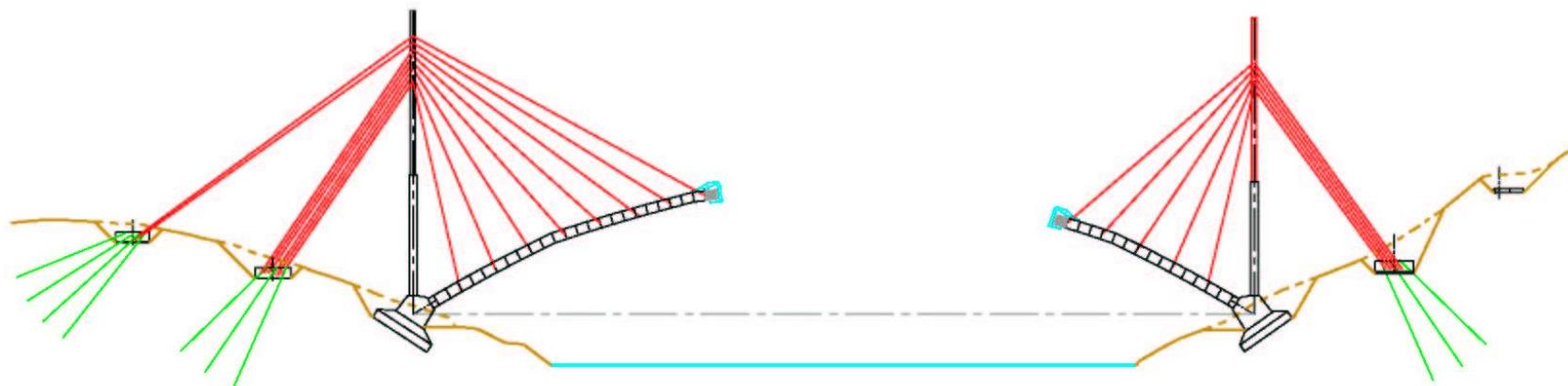


PLANTA INFERIOR



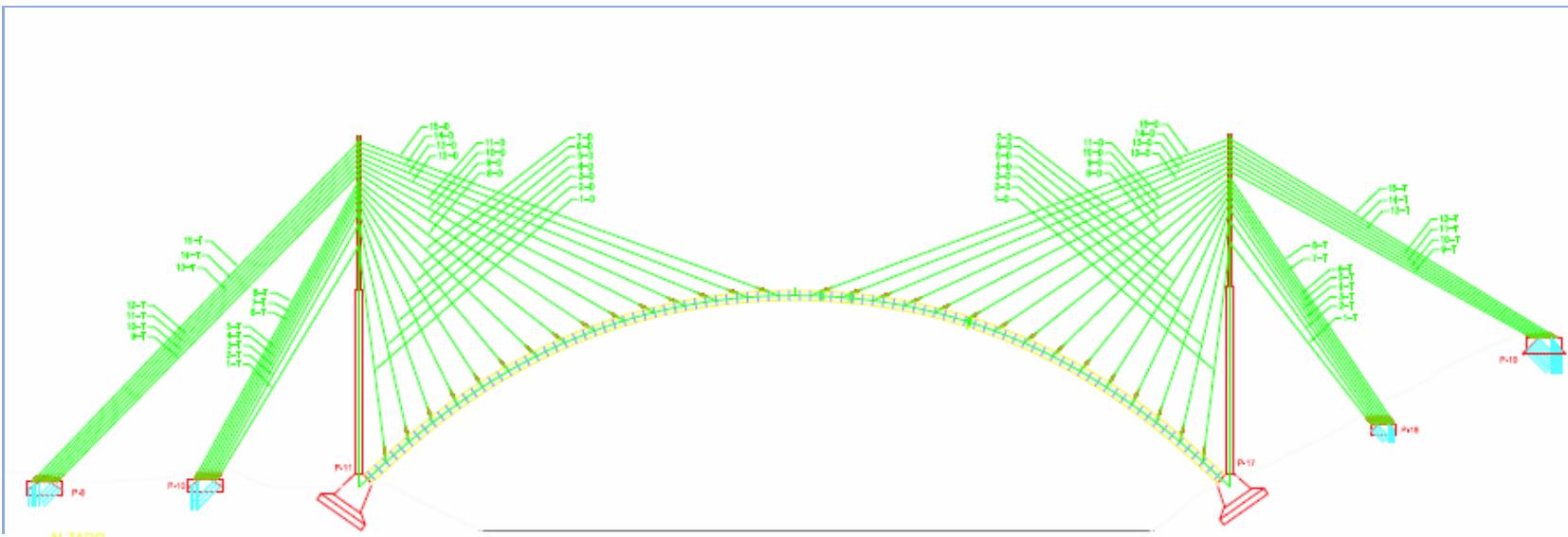
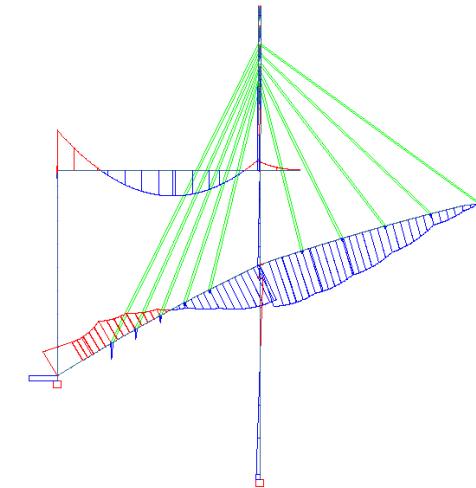
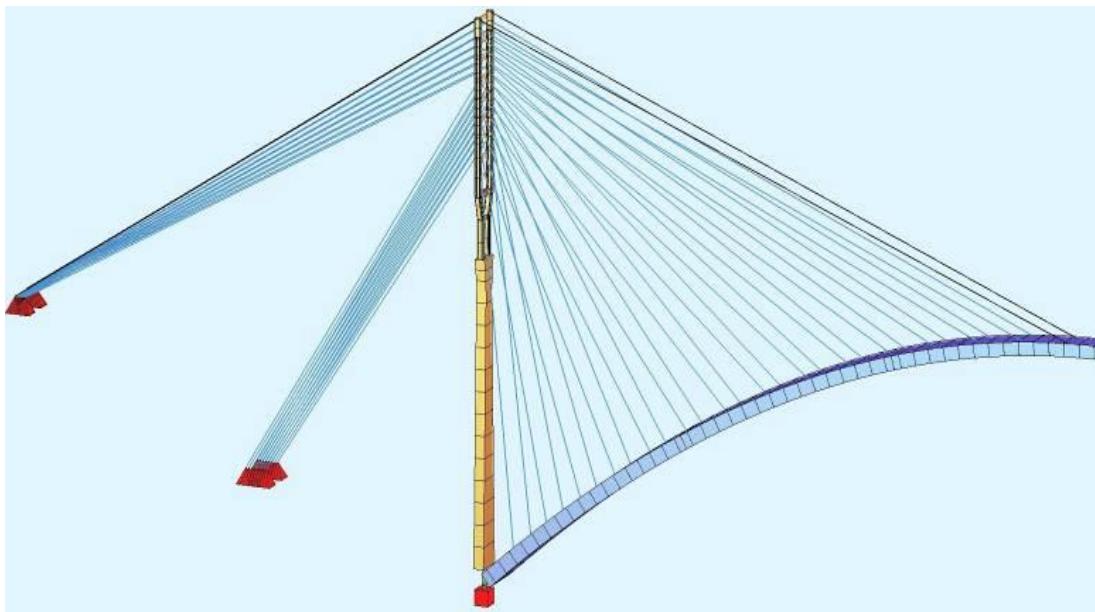
### **3. CONSTRUCCION EN VOLADIZO CON ATIRANTAMIENTO PROVISIONAL**





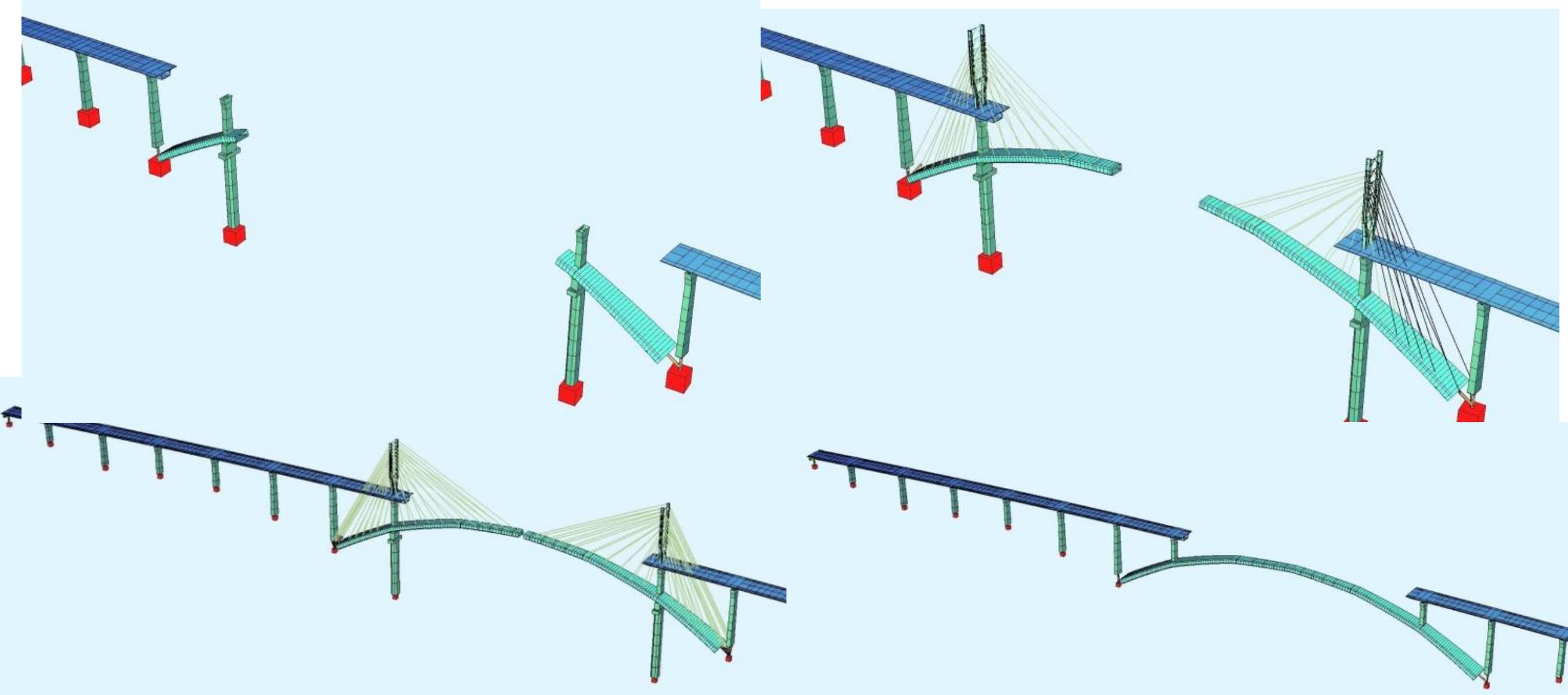
## 2. CONSTRUCCION EN VOLADIZO CON ATIRANTAMIENTO PROVISIONAL





De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro

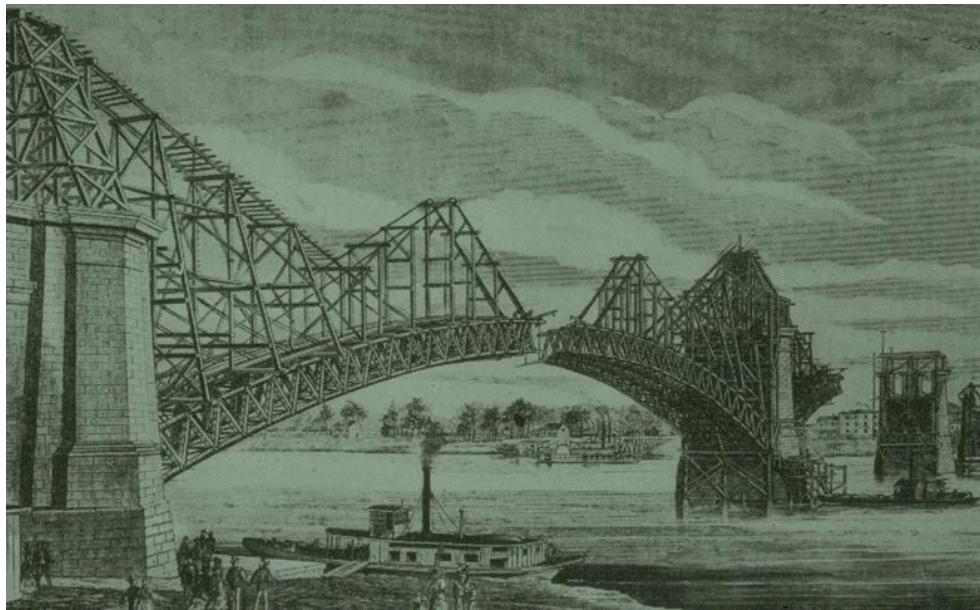




De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



## ANTECEDENTES EN LOS ARCOS EN CELOSIA METALICA



**Puente de San Luis  
(EEUU). Ing. C. Eads 1874**



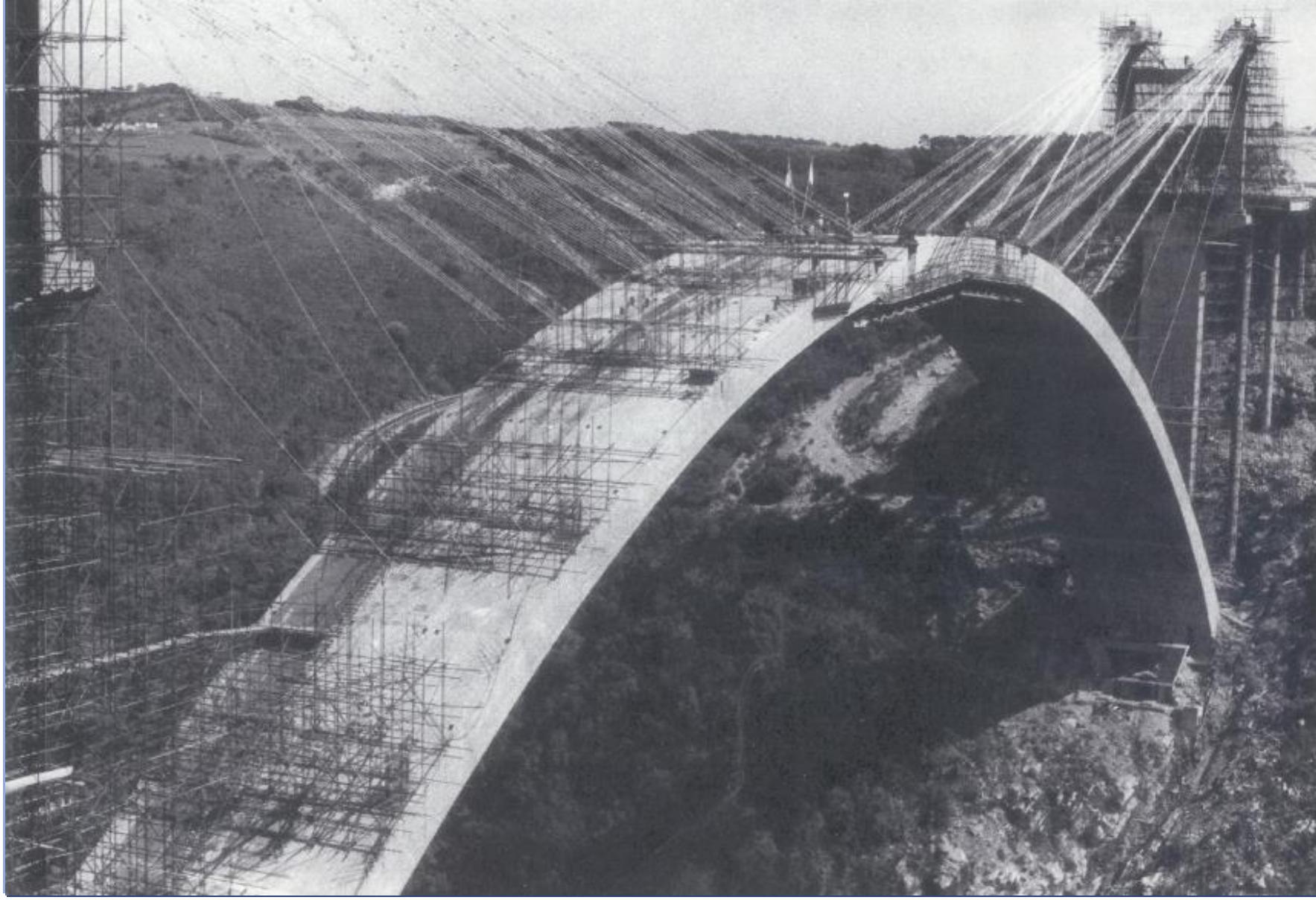
**Puente sobre la bahía de  
Sydney, Australia**





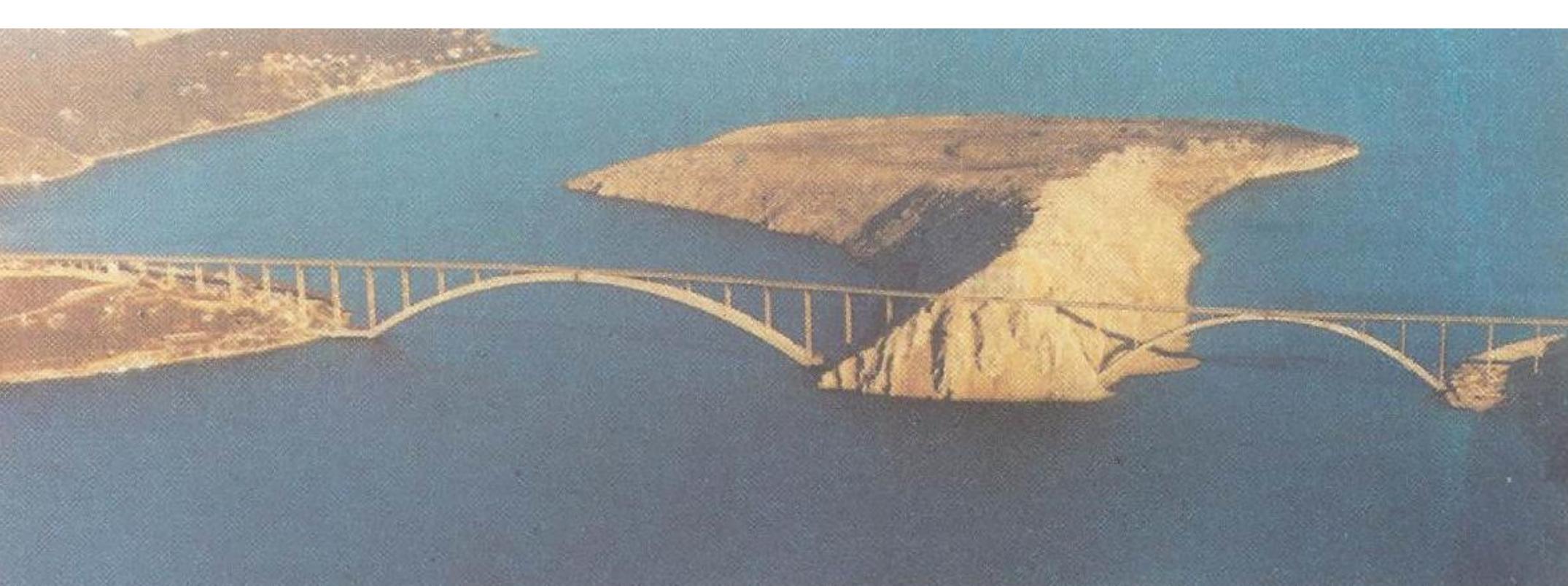
**Construcción del Viaducto de Garabit . Francia (G. Eiffel, Francia 1865)**





**Puentes Van-Stadens.**  
**Sudáfrica 1971**



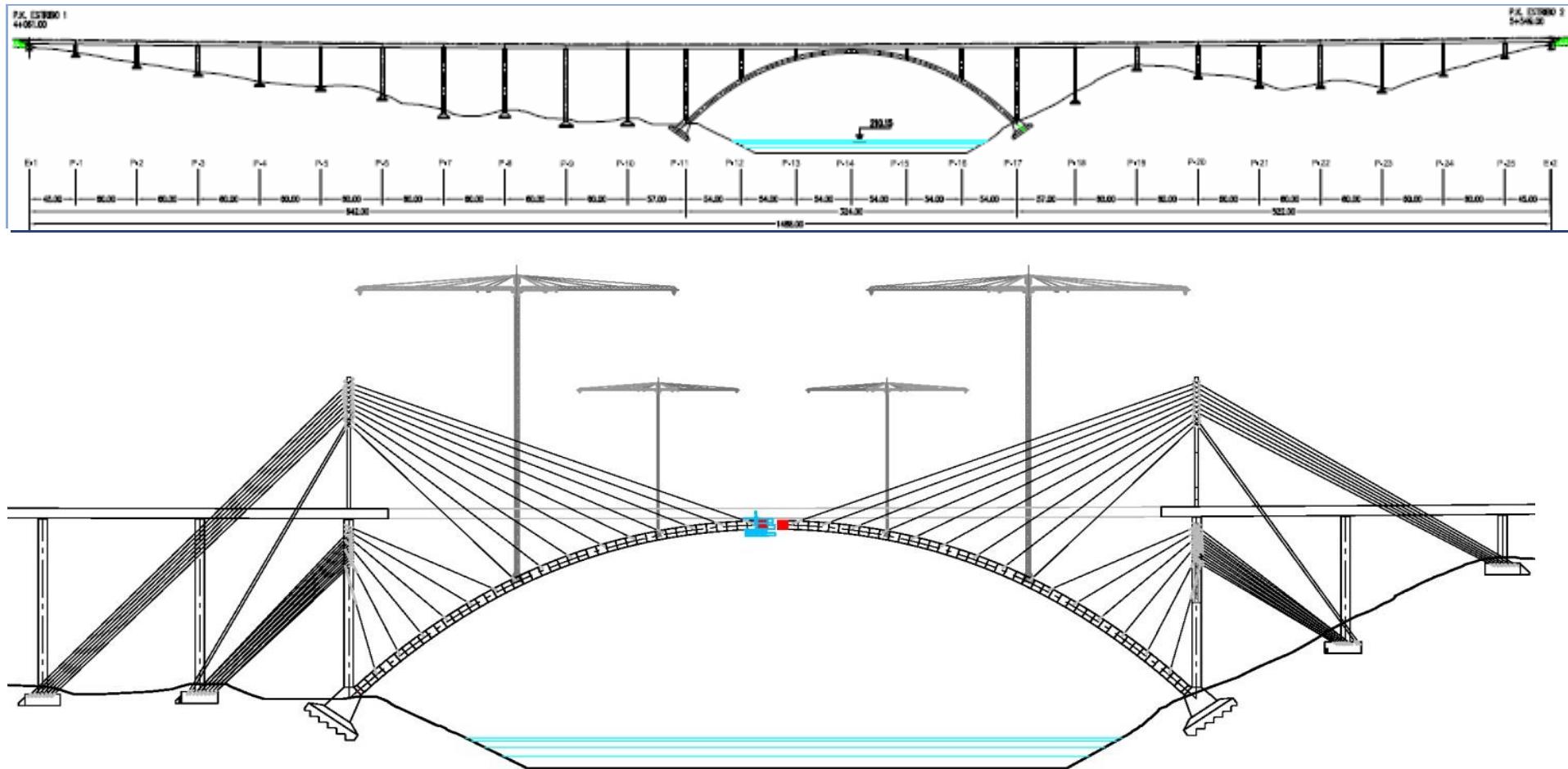


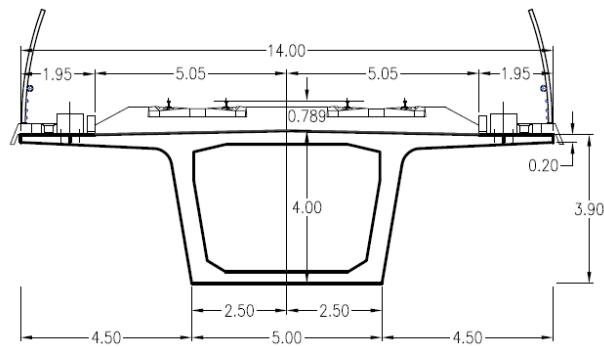
**Puentes de Krk  
(Croacia, 1980)**



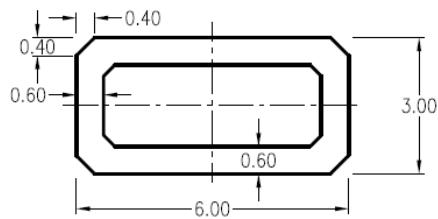
# Viaducto sobre el embalse de Alcántara. LAV Madrid-Extremadura. Cáceres (España) . Luz 320 m. CFC 2016

CFC  
an eARX company





SECCION TRANSVERSAL DE TABLERO  
ESCALA 1:200



SECCION TRANSVERSAL DEL ARCO  
ESCALA 1:200



De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro







De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro

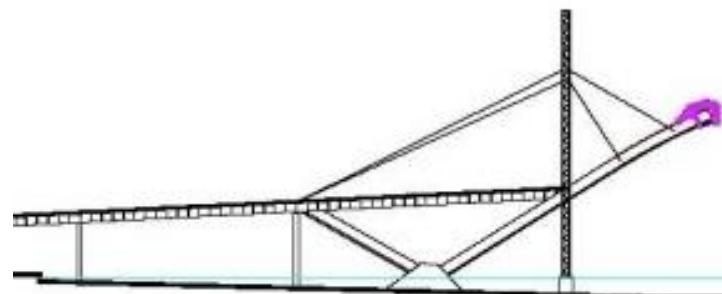
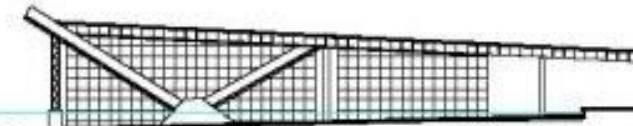




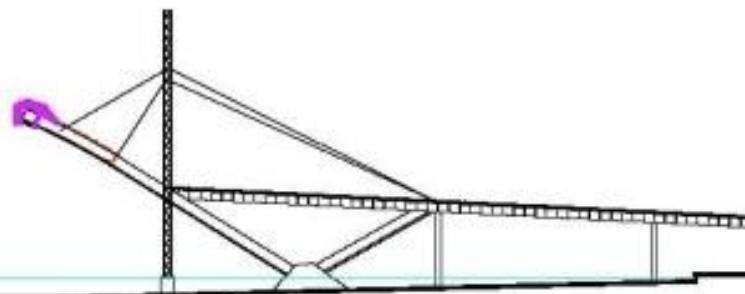


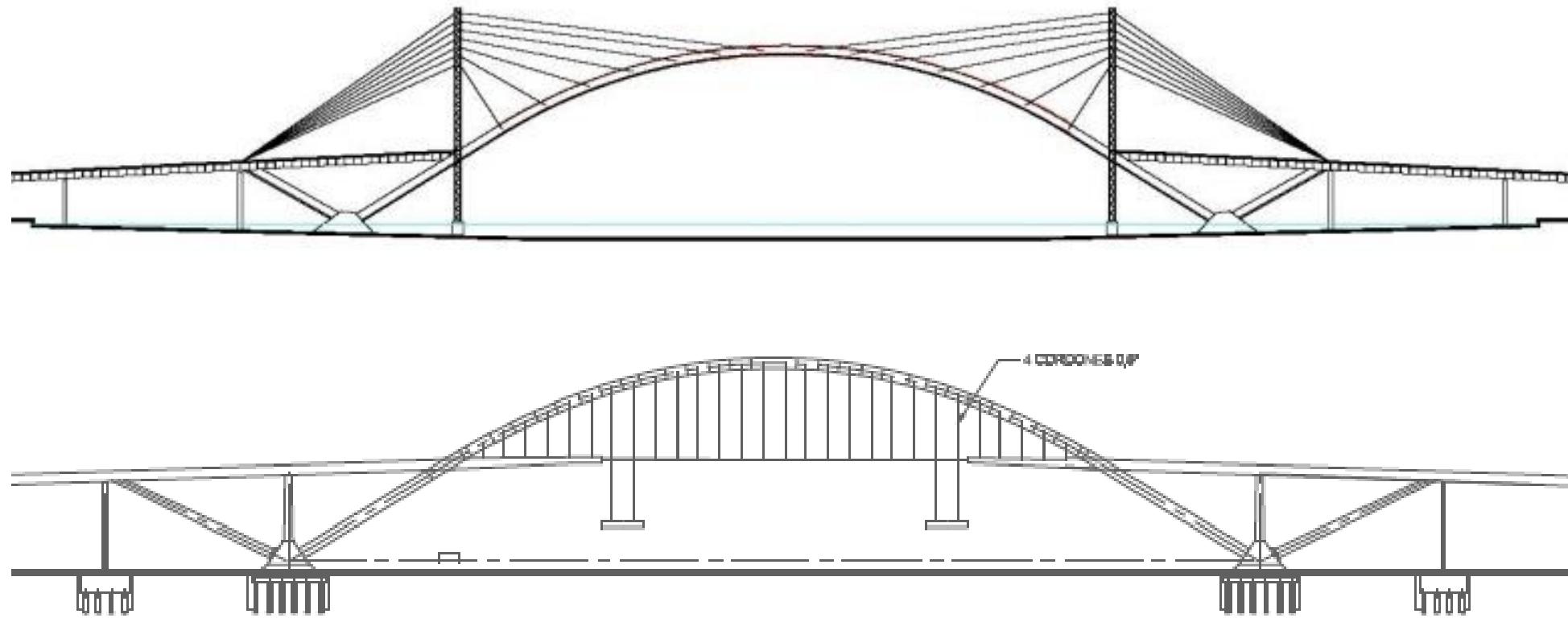


OS Y TABLERO CORRESPONDIENTE MEDIANTE CIMBRA



PROMISIONAL



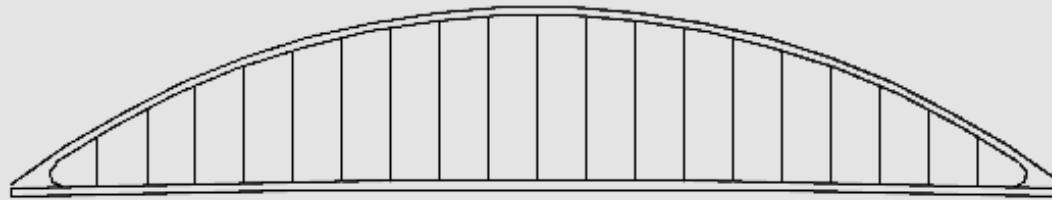


## **PARTE III.**

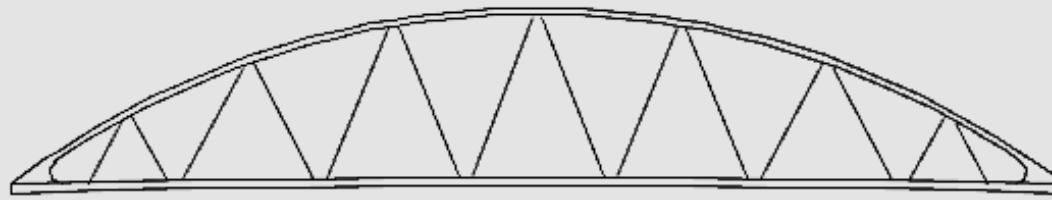
### **ARCOS AUTOANCLADOS CON TABLERO INFERIOR**



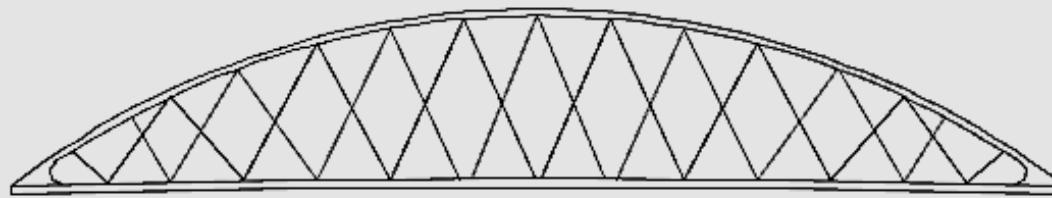




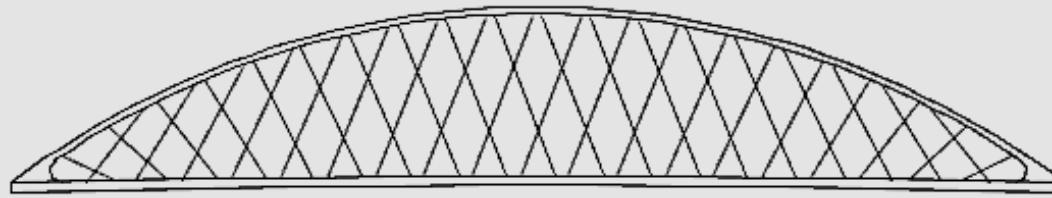
**PENDOLAS VERTICALES**



- **PENDOLAS INCLINADAS (NIELSEN (1))**

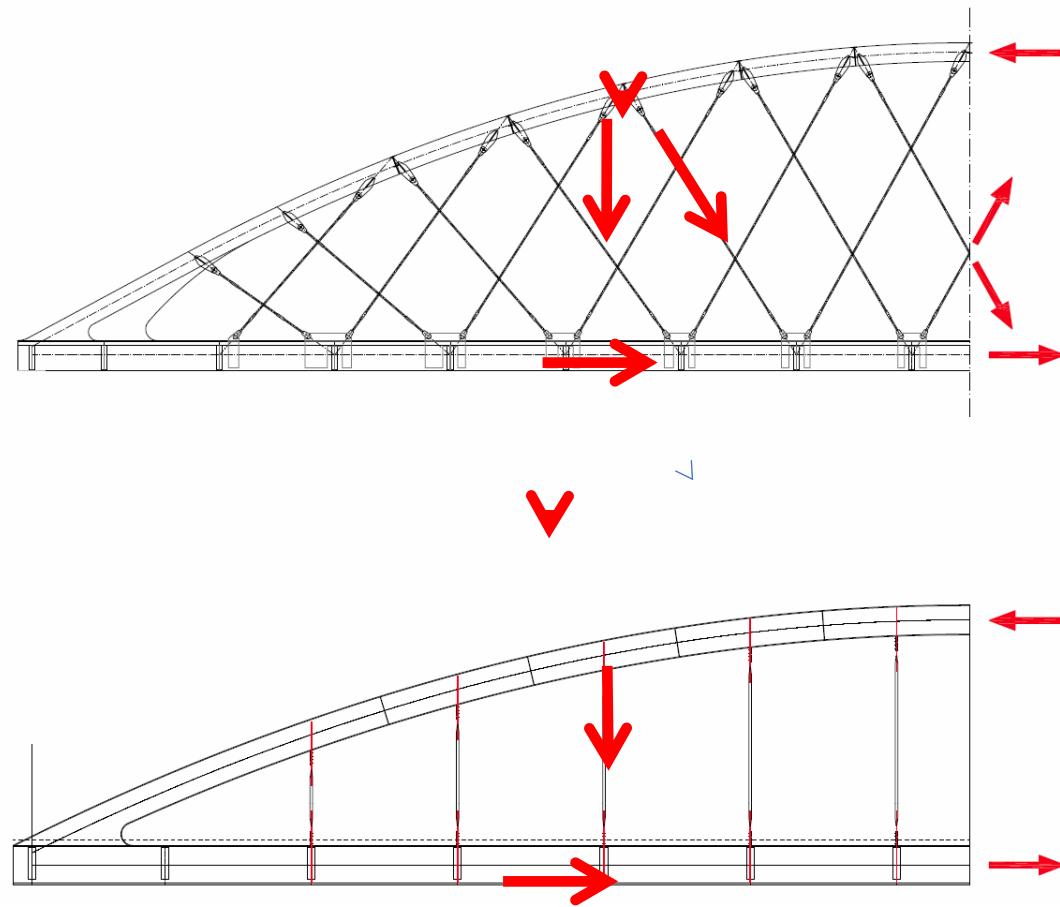


**PENDOLAS INCLINADAS (NIELSEN (2))**



**PENDOLAS INCLINADAS (NETWORK)**

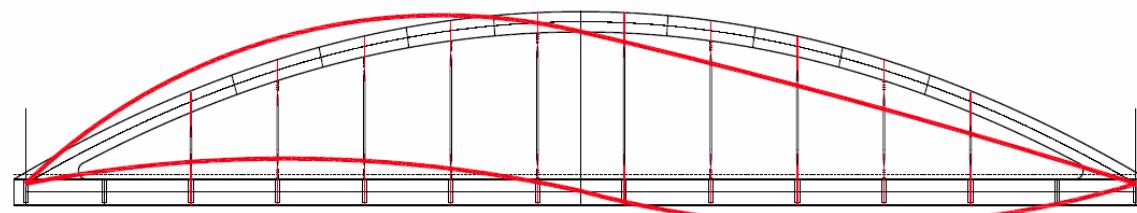
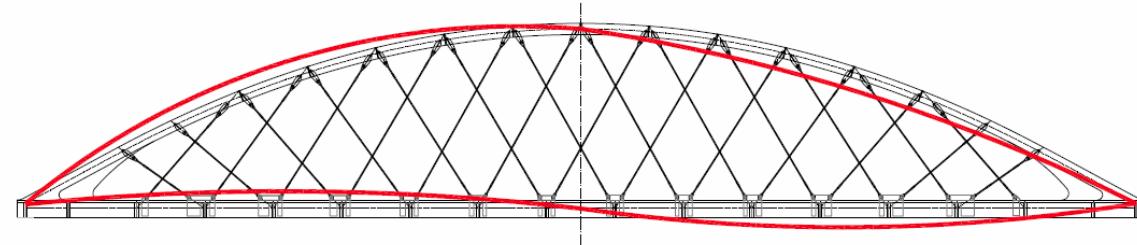


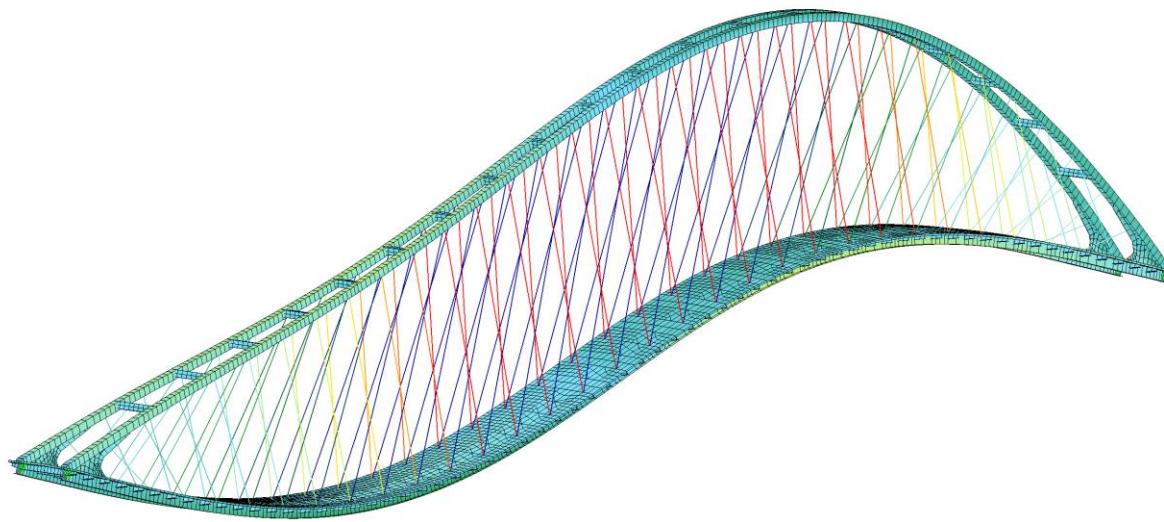


ARCOS NETWORK

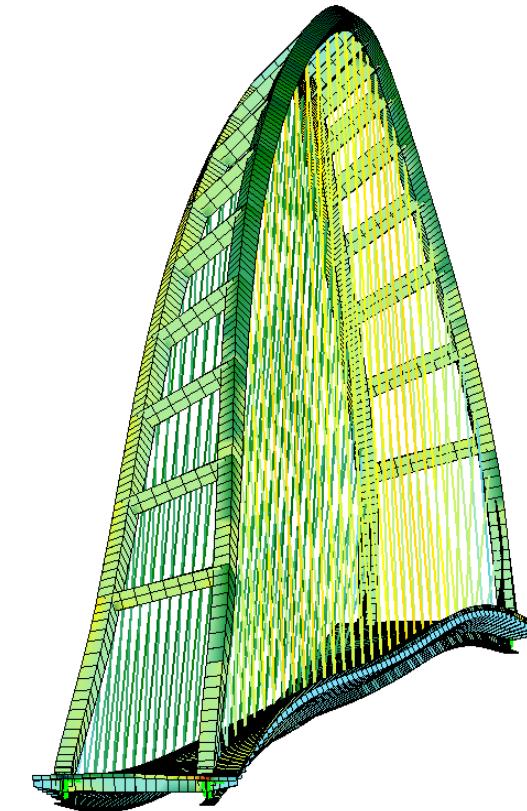
**COMPORTAMIENTO RESISTENTE:**

DIFERENCIA DE COMPORTAMIENTO FRENTE  
A CARGAS ASIMETRICAS





**Modo vertical 0.84 Hz**



**Modo de torsión 1.53 Hz**

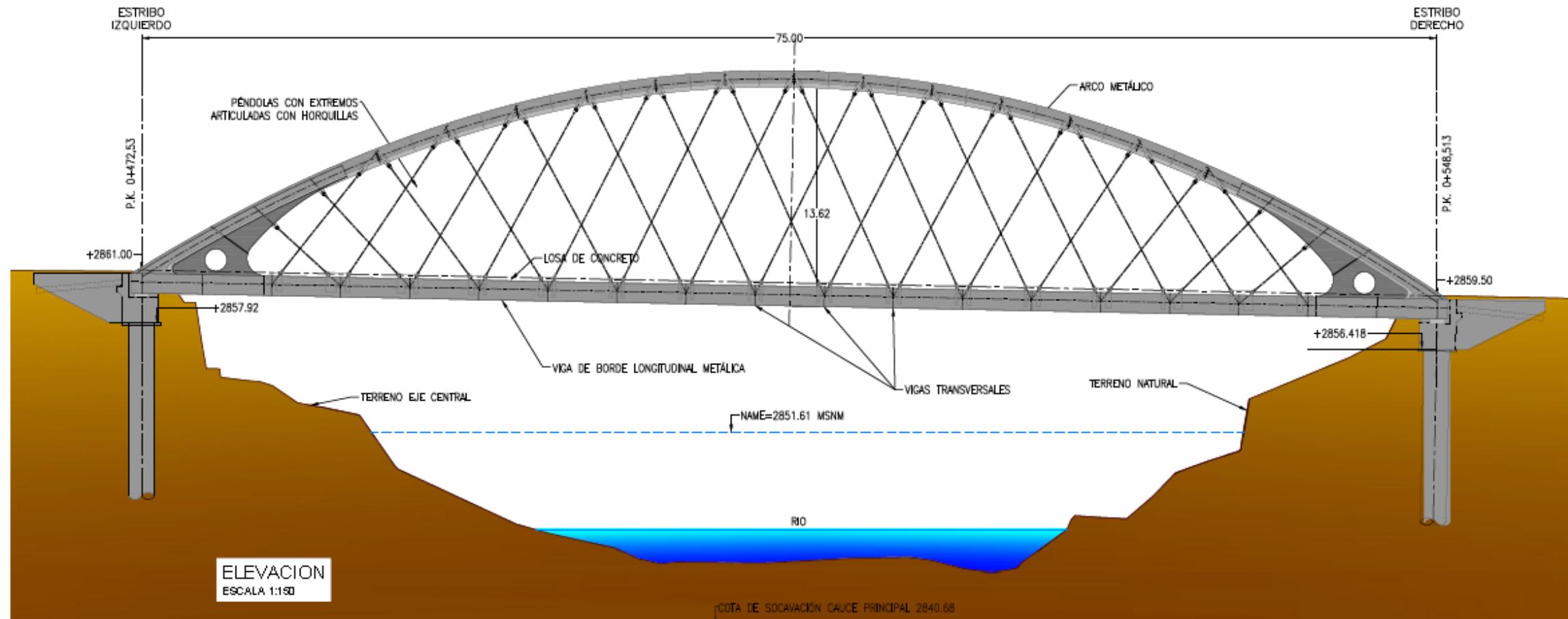
---

CDI, PUENTE RAÚL MARÍN BALMACEDA

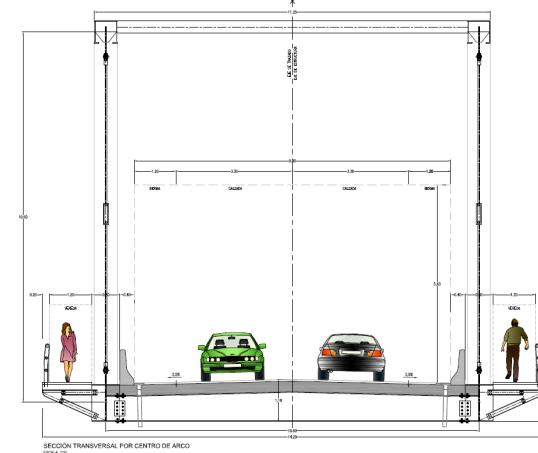
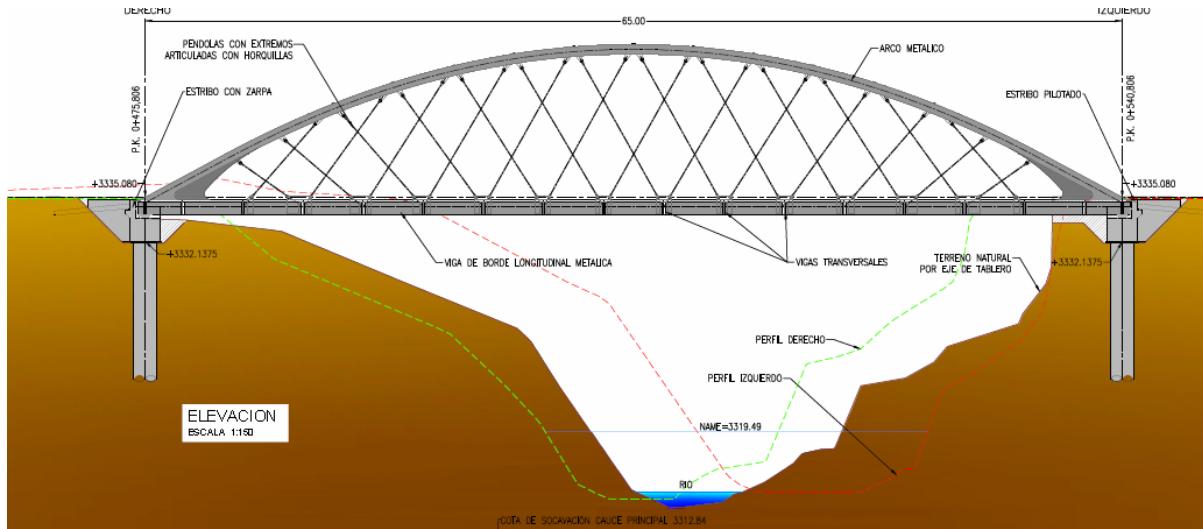
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



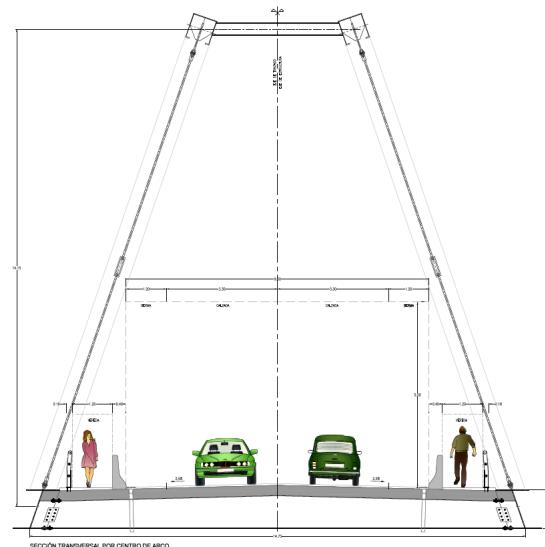
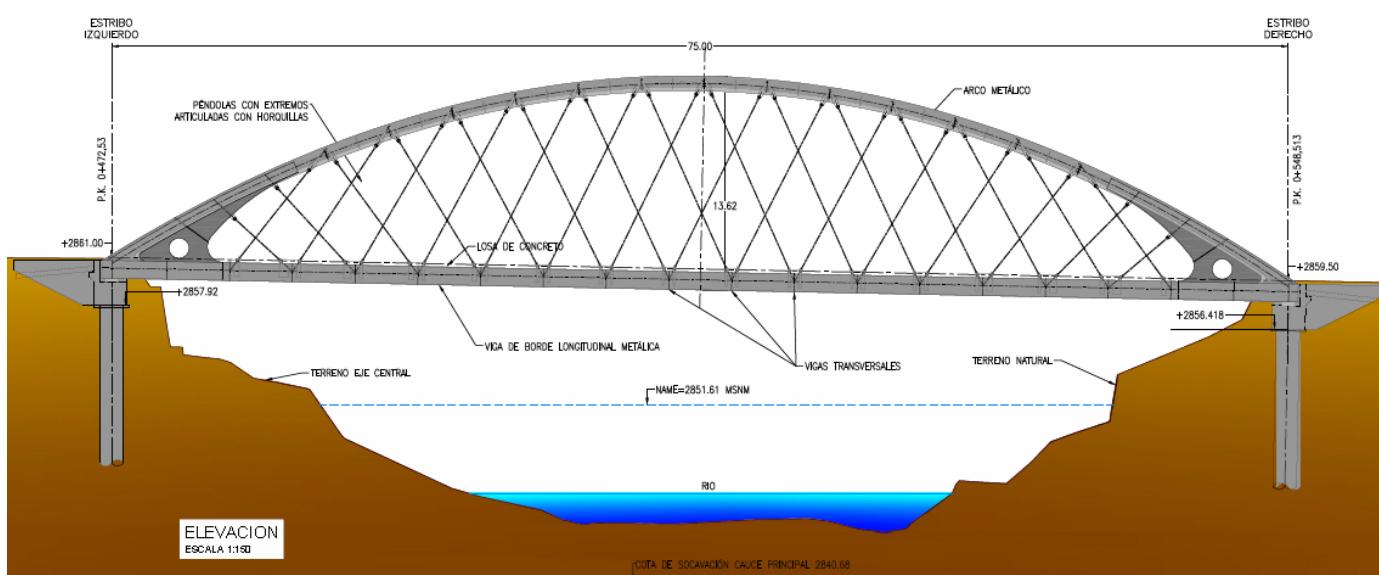




- LUCES HASTA 65 M

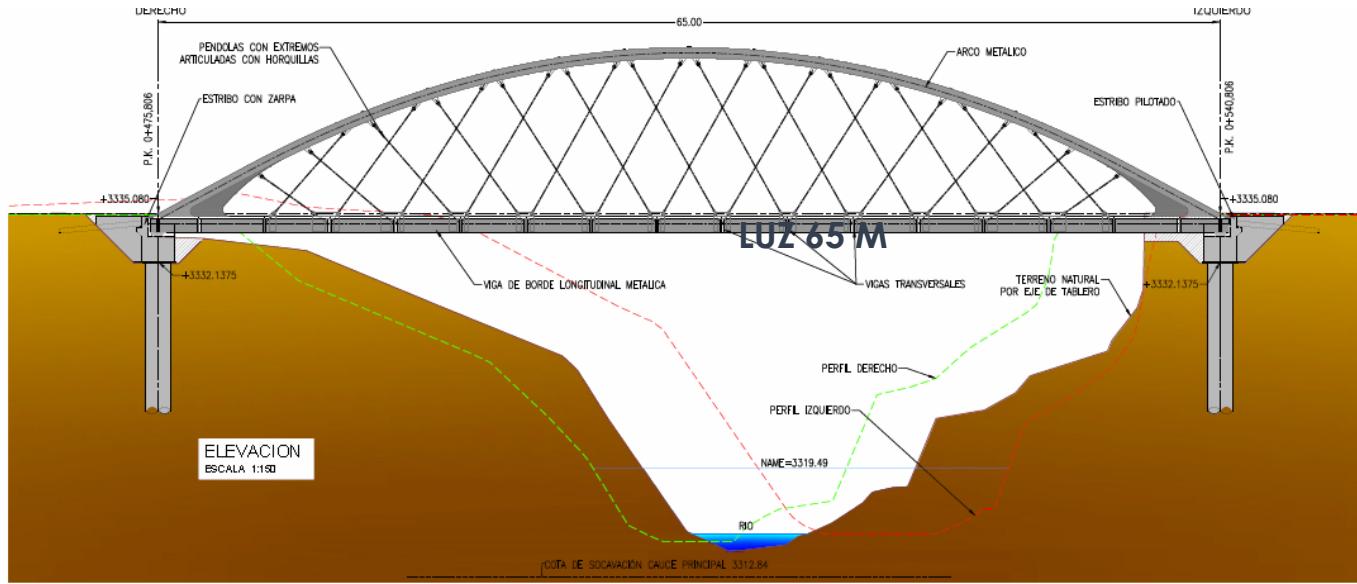


- LUCES > 70 M

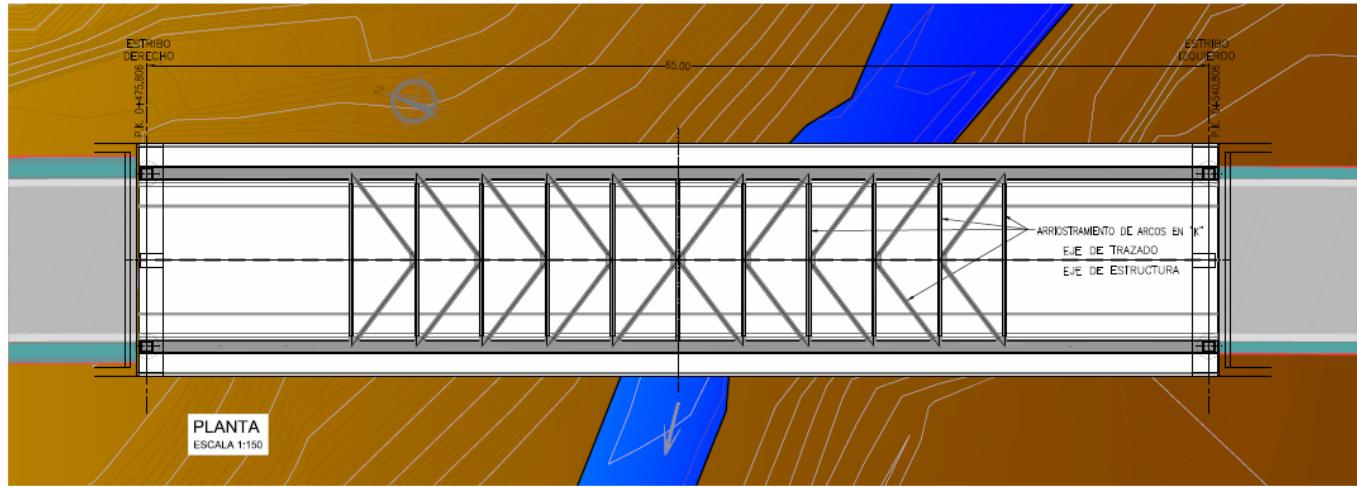


De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



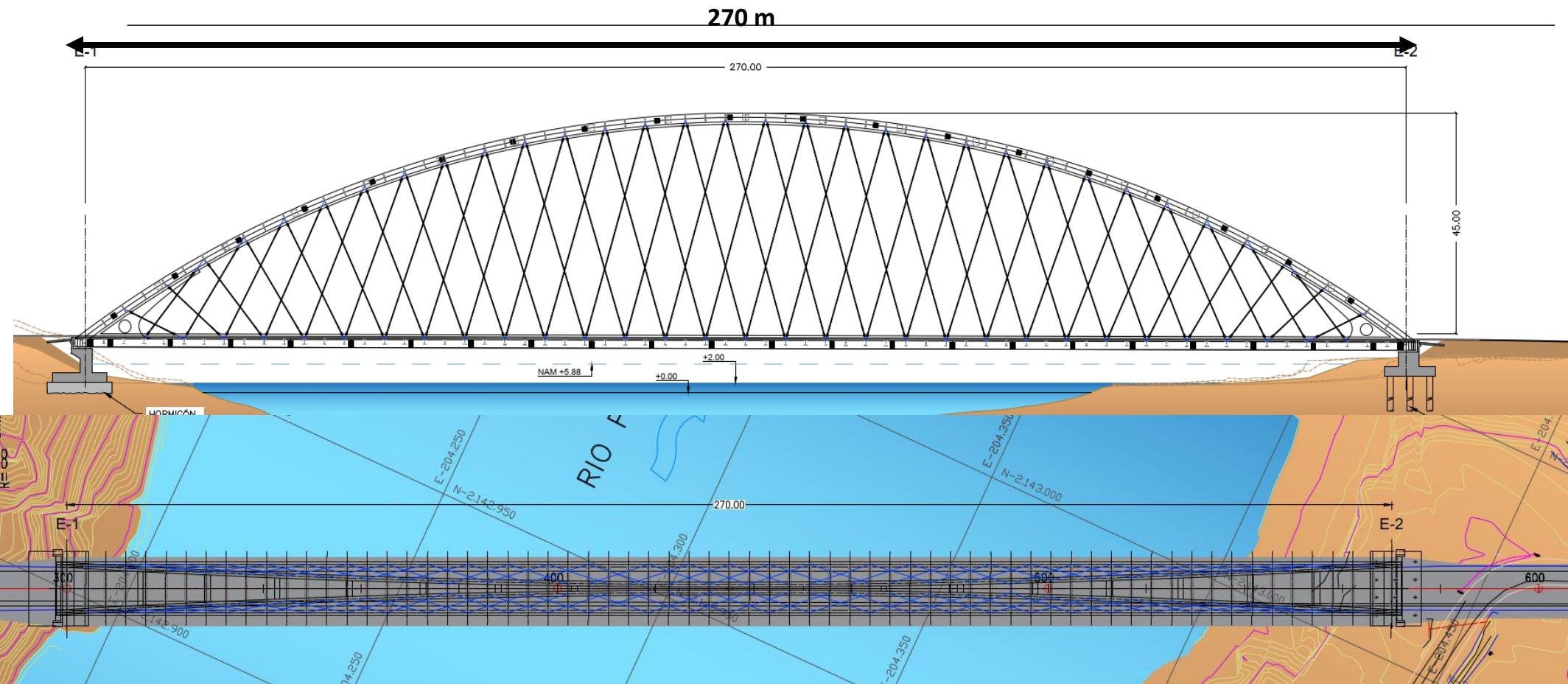


## 1. CACHIMAYO 2. CUSIPATA



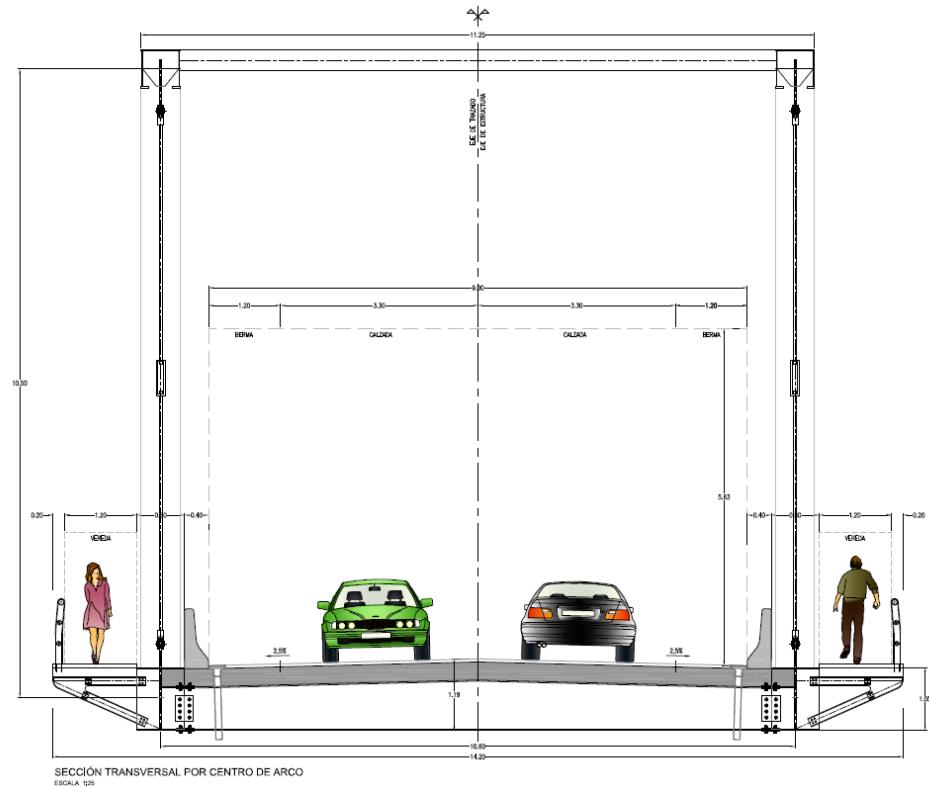
- ANCHURA :
- LUZ 65 M (ARCOS VERTICALES)
- FLECHA 10.5
- $f/L = 1 / 6.2$



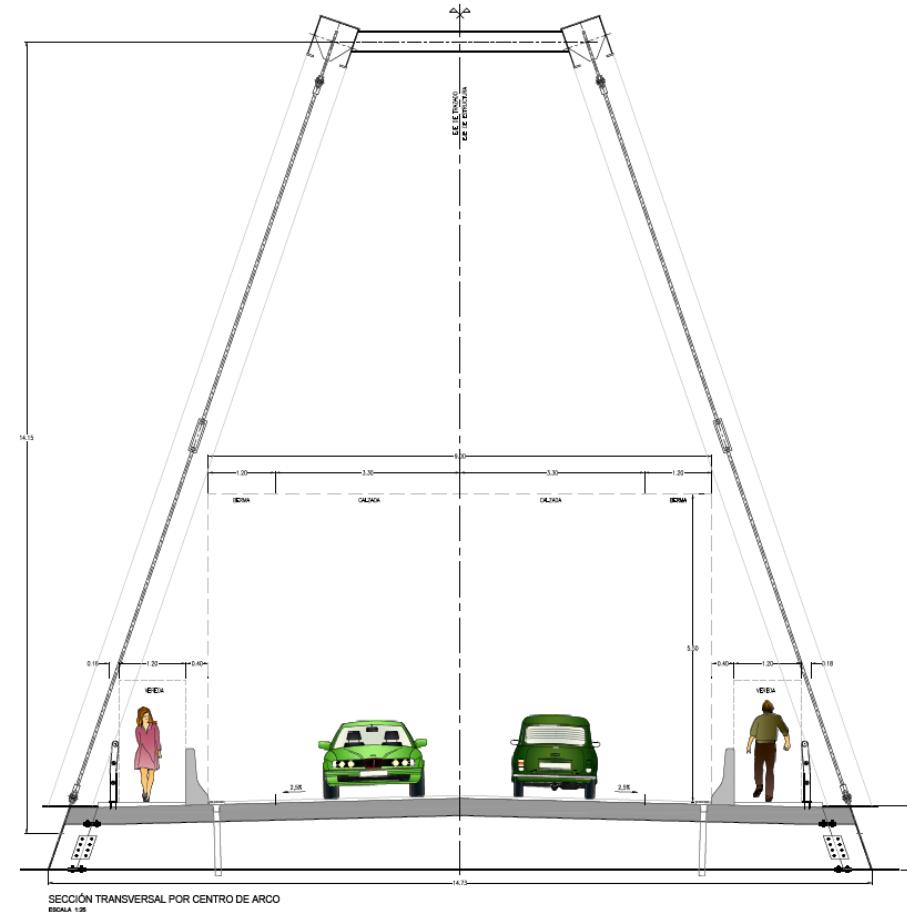


## SECCION TIPO

**LUZ HASTA 70 m**

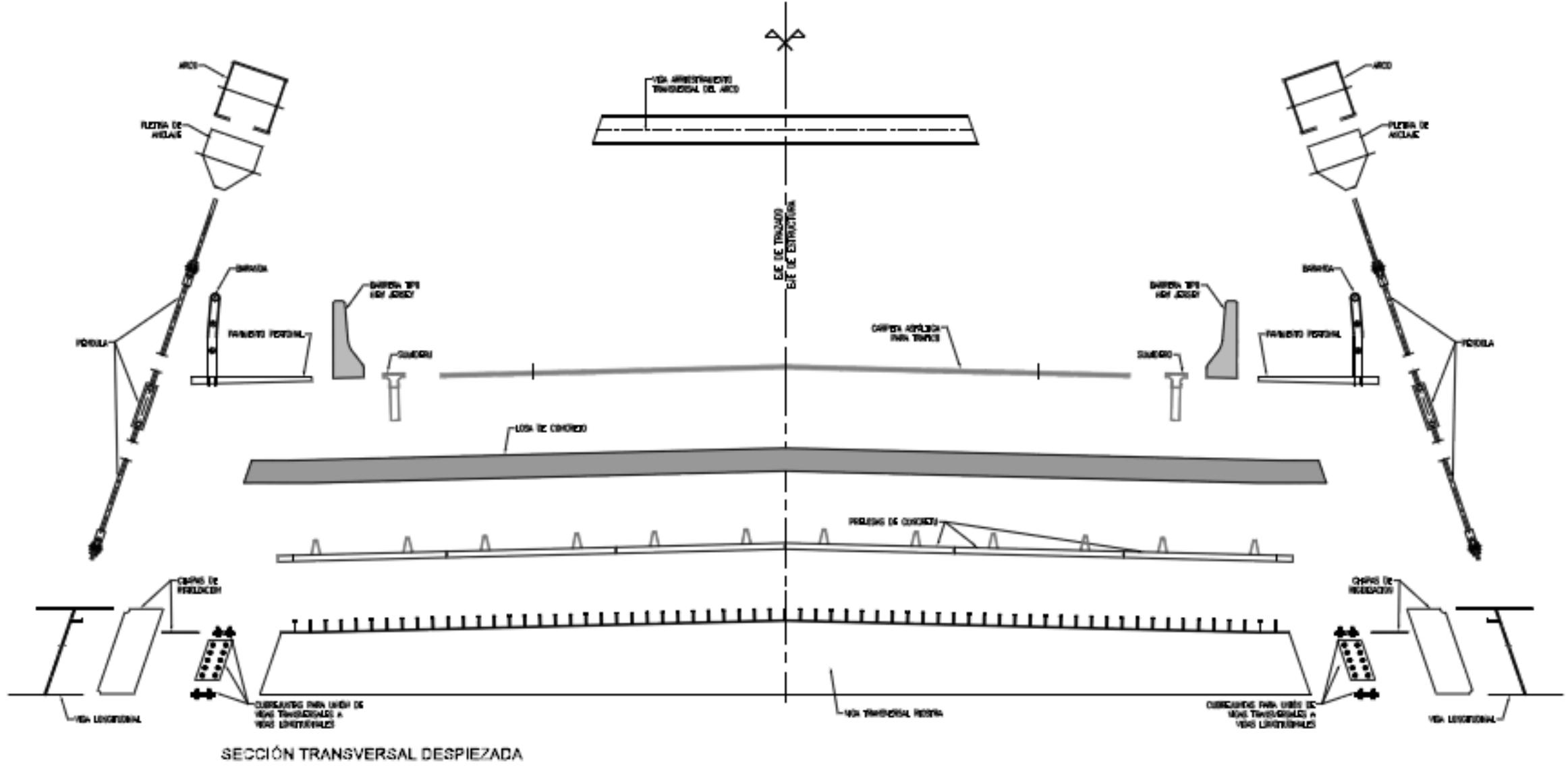


**LUZ > 70 m**



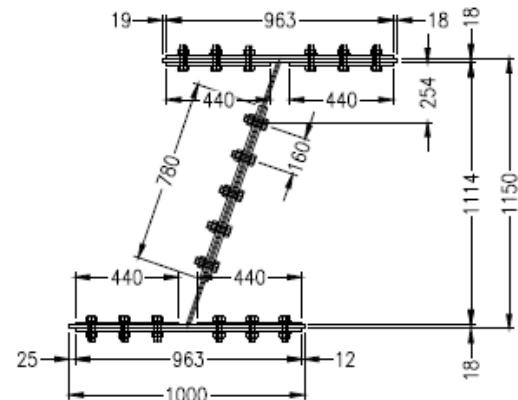
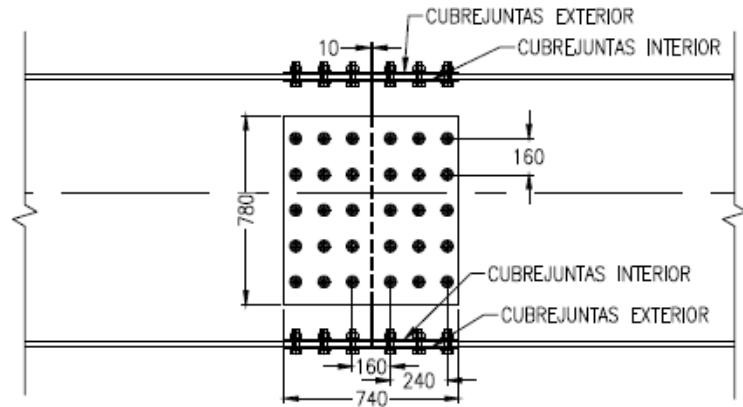
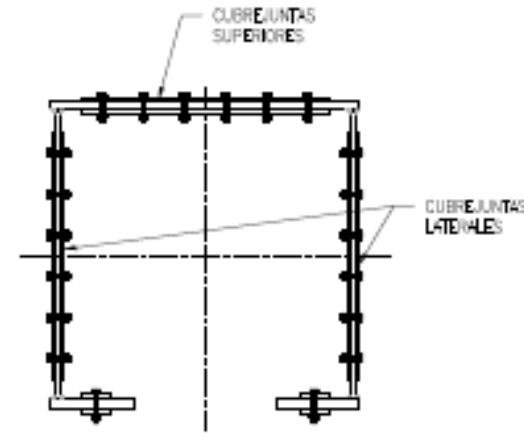
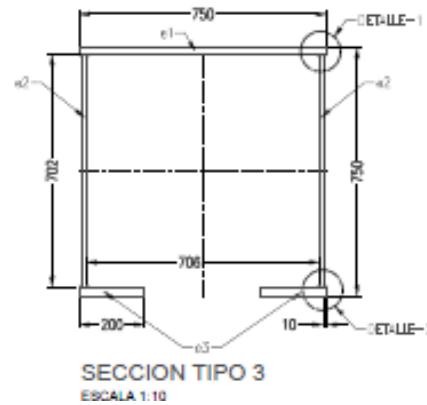
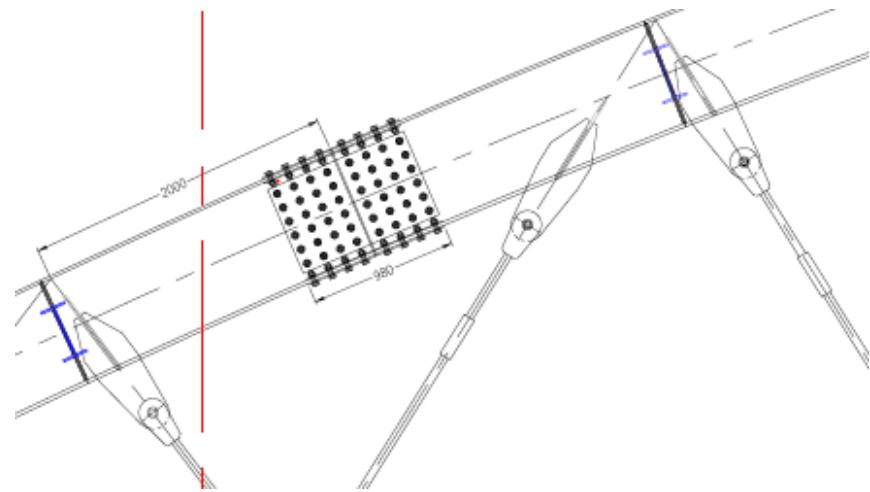
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





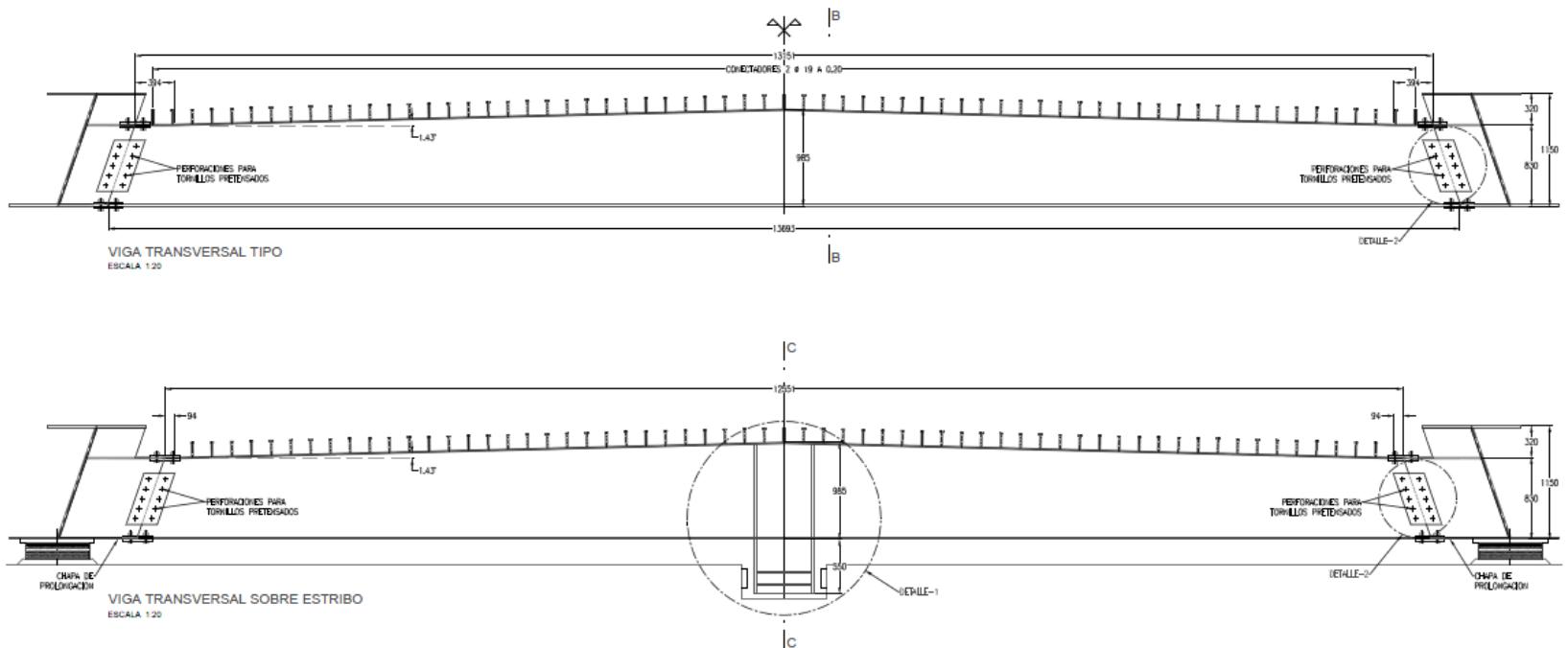
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**





PUENTE URUBAMBA  
LONGITUD: 75M

De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





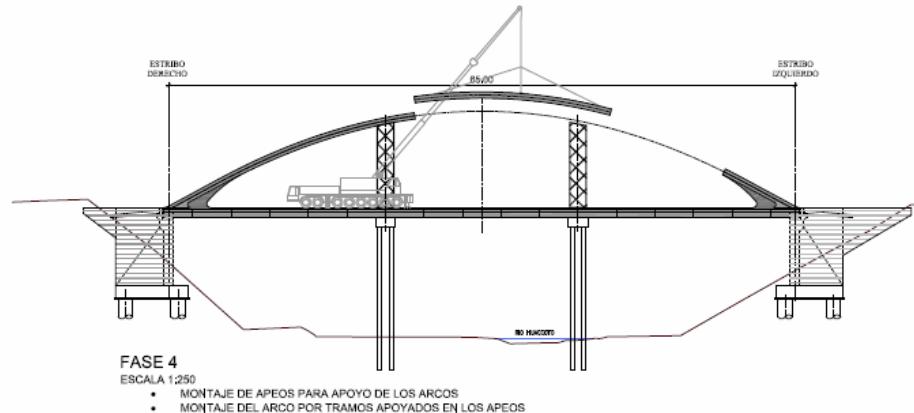
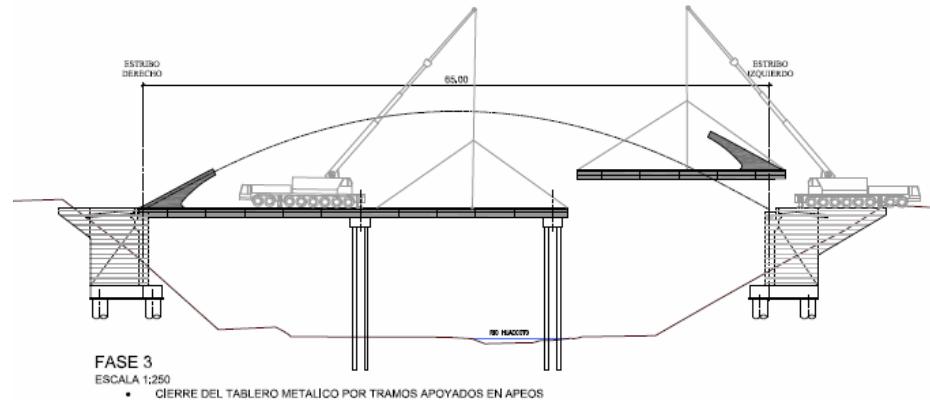
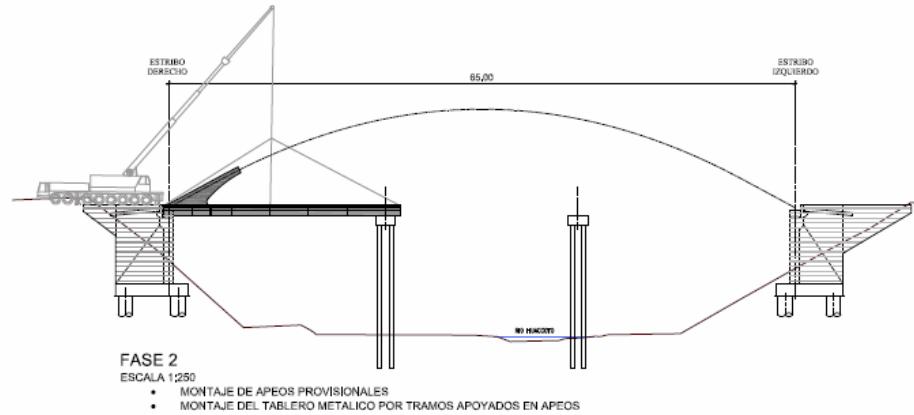
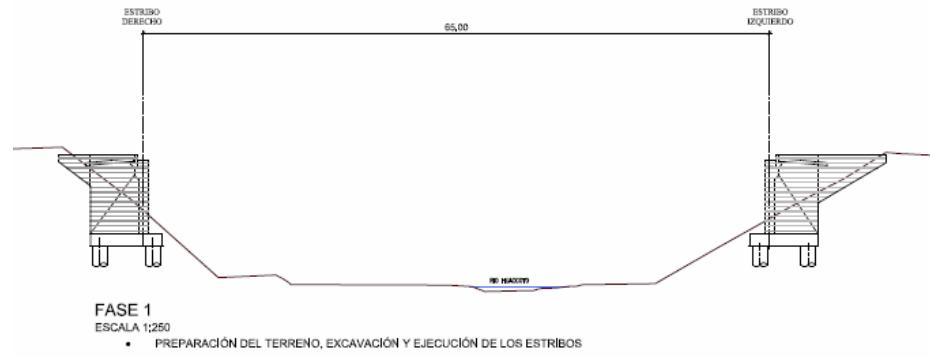
**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**

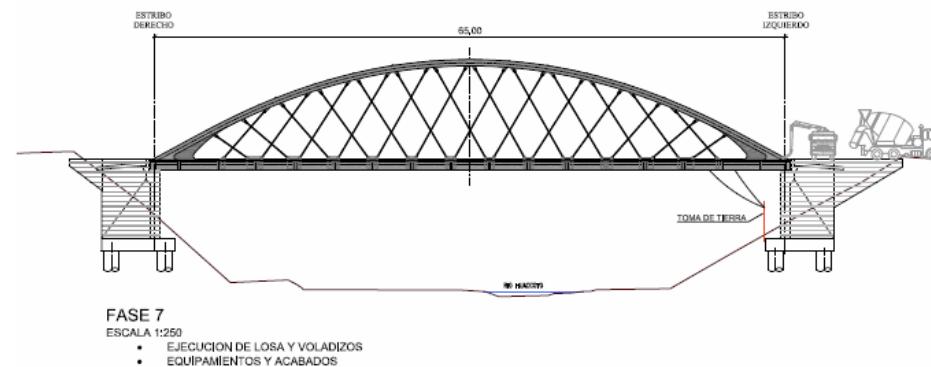
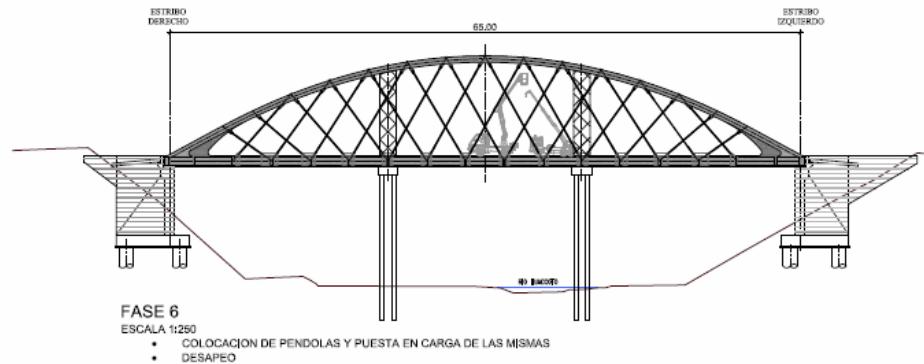
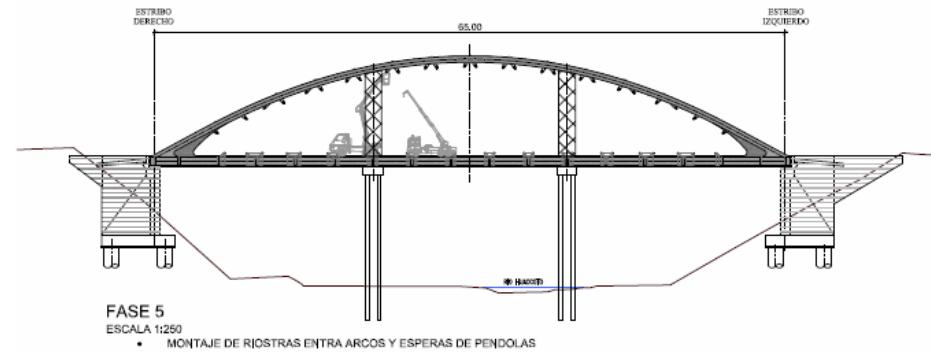




# PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

## SOLUCIÓN 1 : MONTAJE EN POSICIÓN DEFINITIVA SOBRE APEOS





PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.  
SOLUCIÓN 1. MONTAJE EN POSICIÓN DEFINITIVA SOBRE APEOS





**De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro**



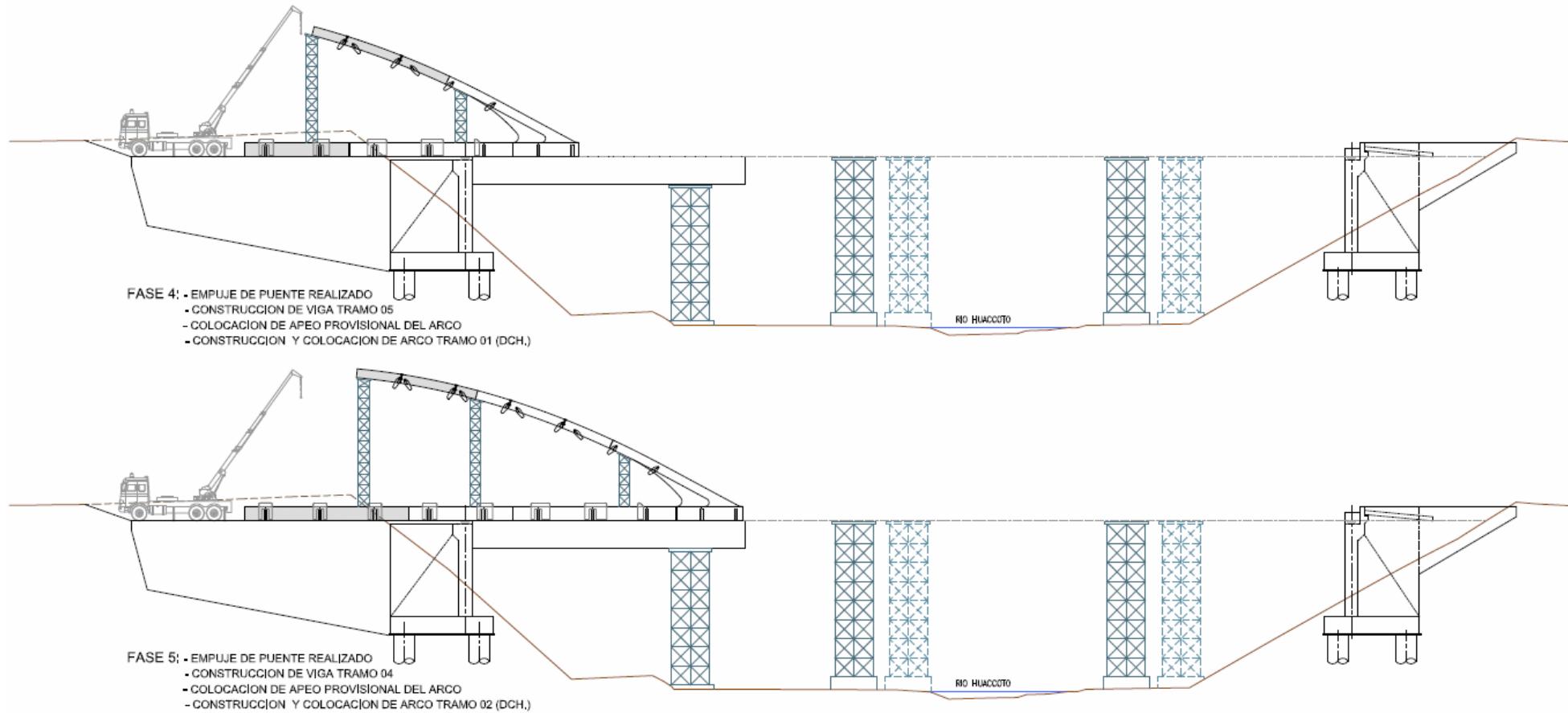


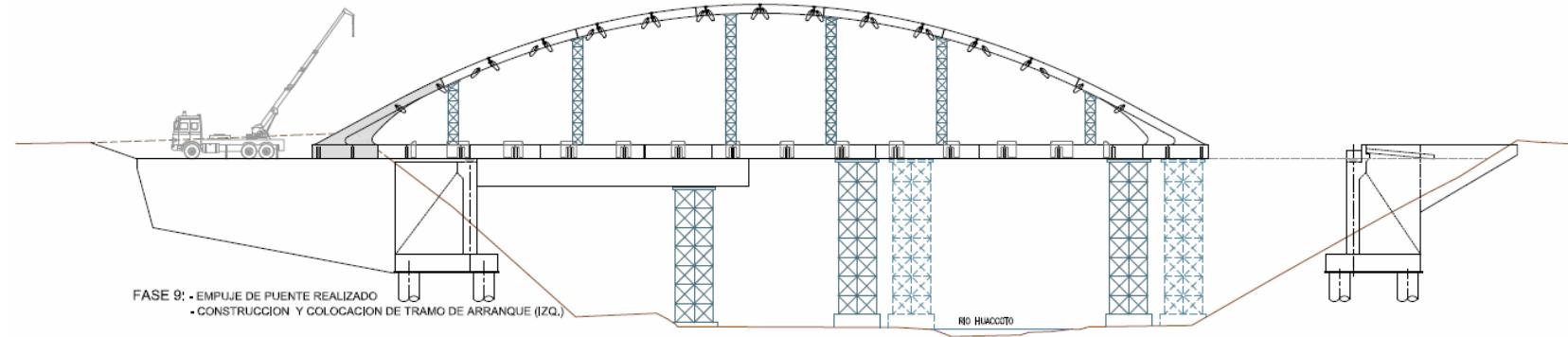
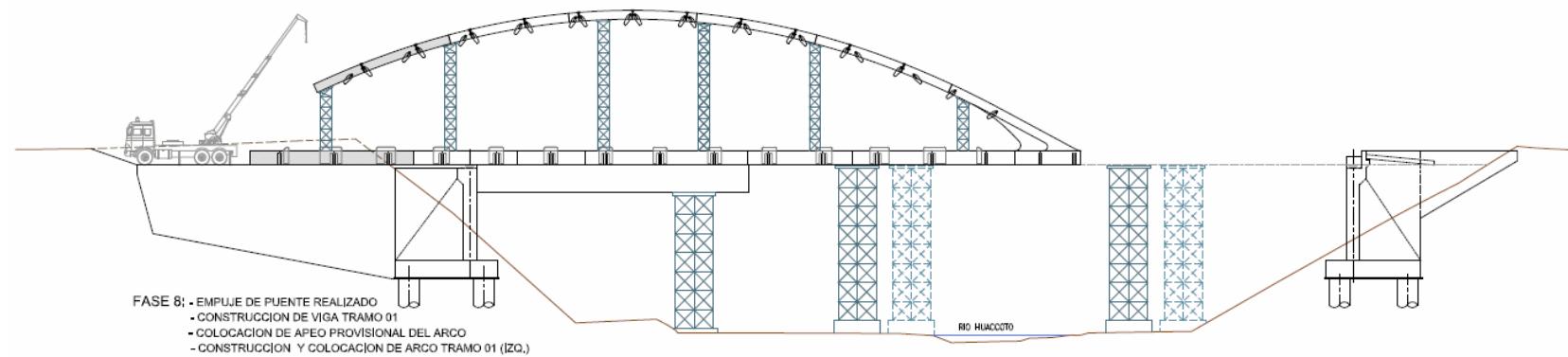
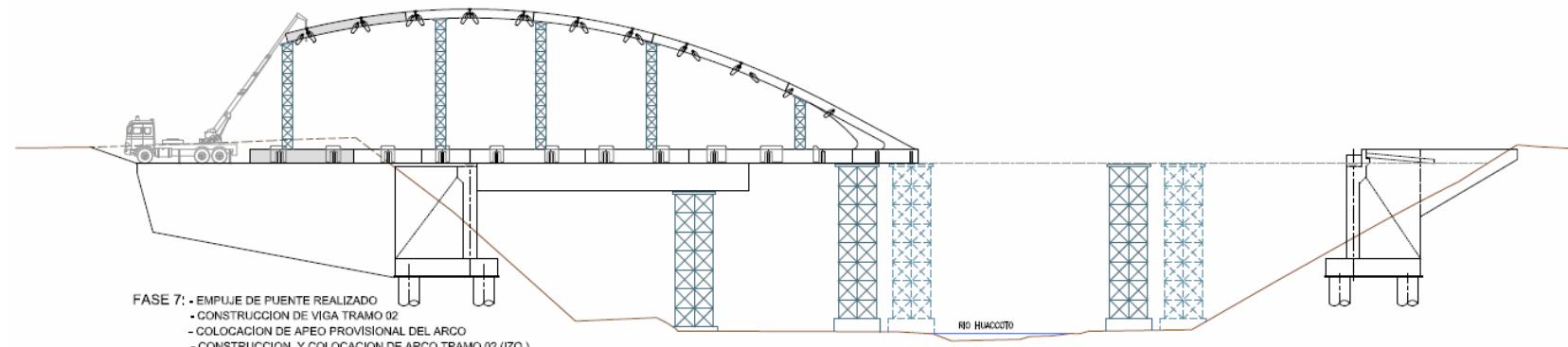
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro

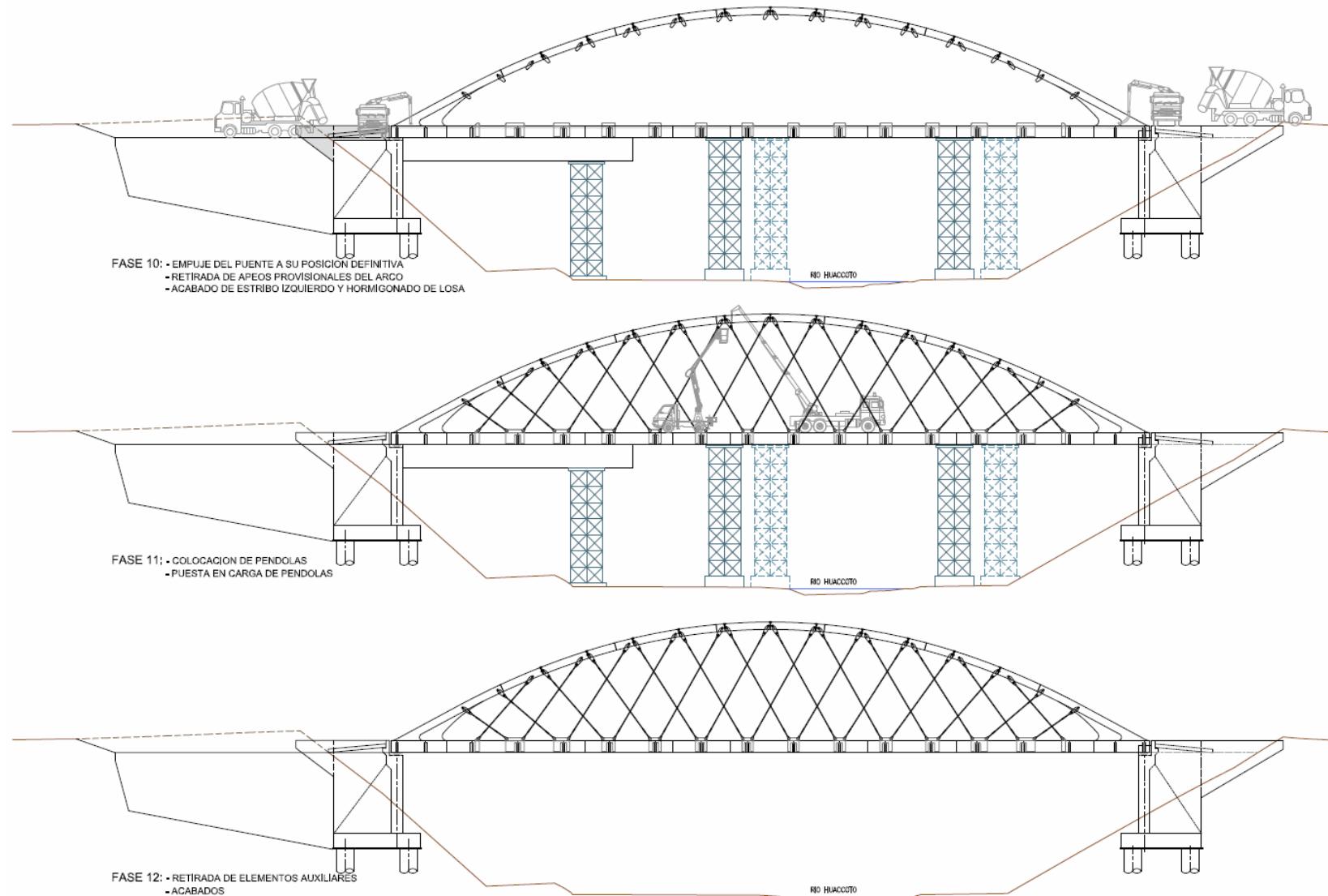


## PROCESO DE CONSTRUCCIÓN - 2

### SOLUCIÓN 2: MONTAJE POR LANZAMIENTO SOBRE APEOS PROVISIONALES



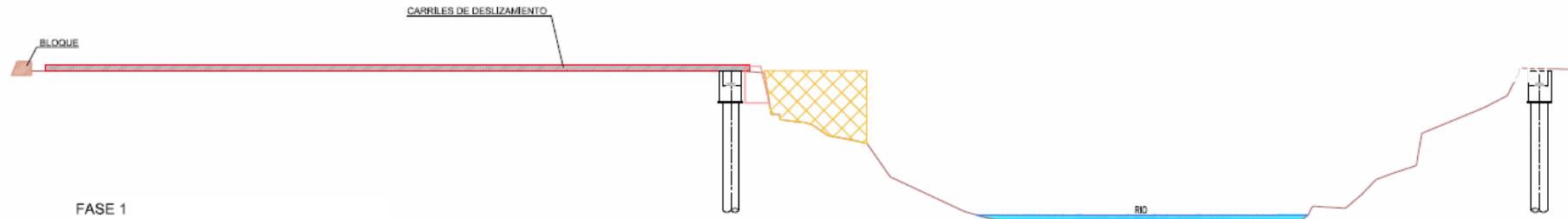




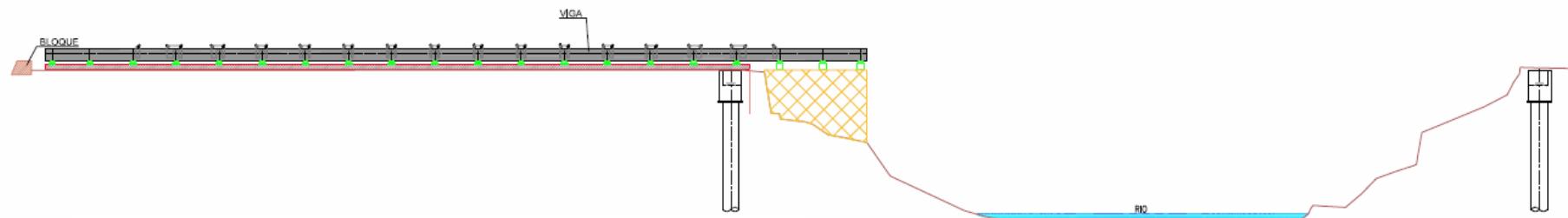


De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro

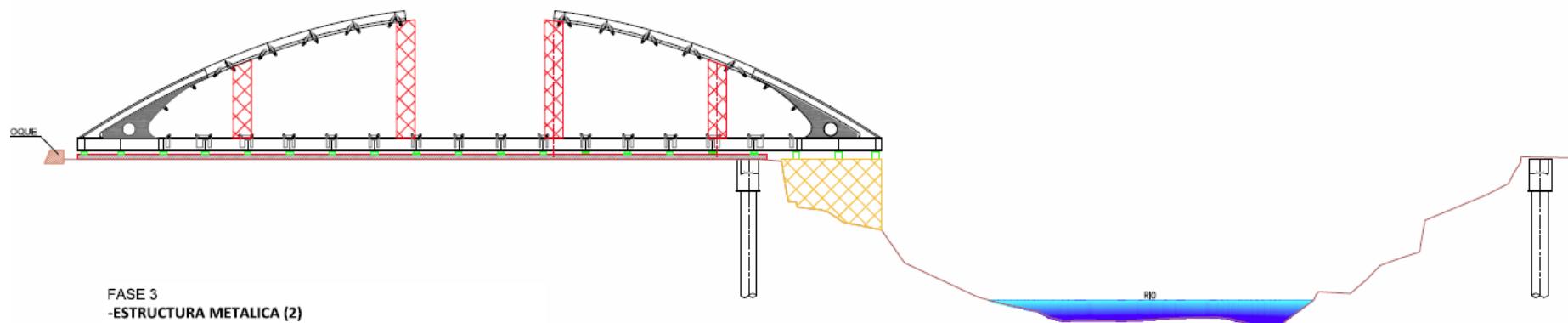




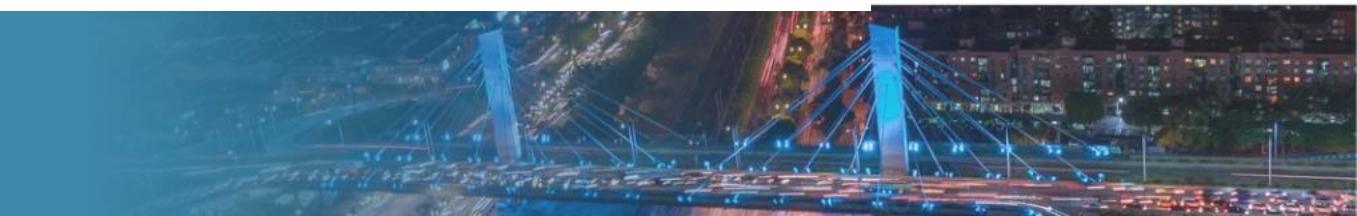
FASE 1  
 - CIMENTACIONES  
 - EJECUCION DE CIMENTACIONES  
 - CONSTRUCCION CARRIL DE LANZAMIENTO  
 - CONSTRUCCION DE BLOQUES DE RETENIDA

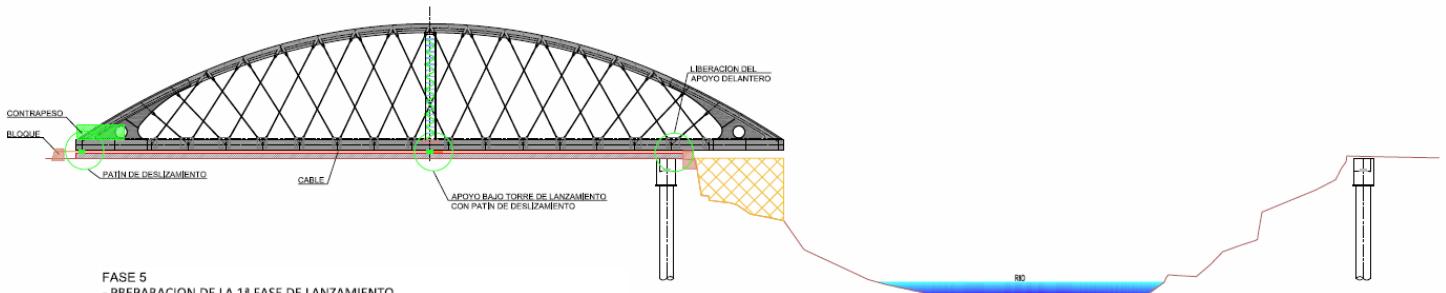


FASE 2  
 - ESTRUCTURA METALICA (1)  
 - MONTAJE DE LA ESTRUCTURA METALICA DEL TABLERO CON APEOS SOBRE EL CARRIL DE LANZAMIENTO

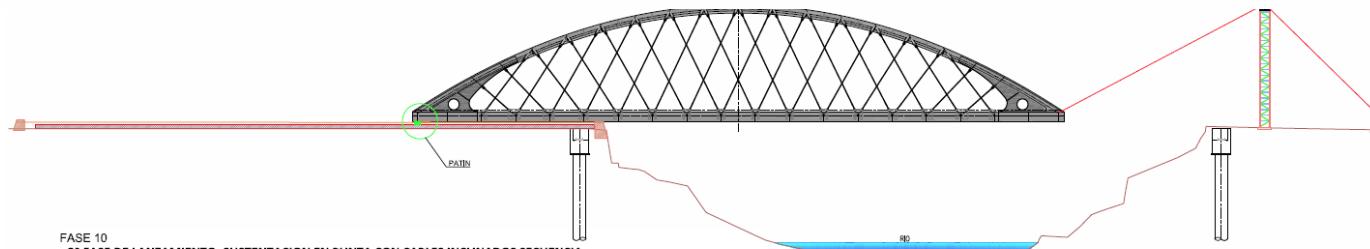


FASE 3  
 -ESTRUCTURA METALICA (2)  
 -MONTAJE DE ARCO METALICO SOBRE TORRES PROVISIONALES  
 -MONTAJE DE LAS PENDOLAS  
 -RETIRADA DE TORRES PROVISIONALES DE MONTAJE DE ARCOS

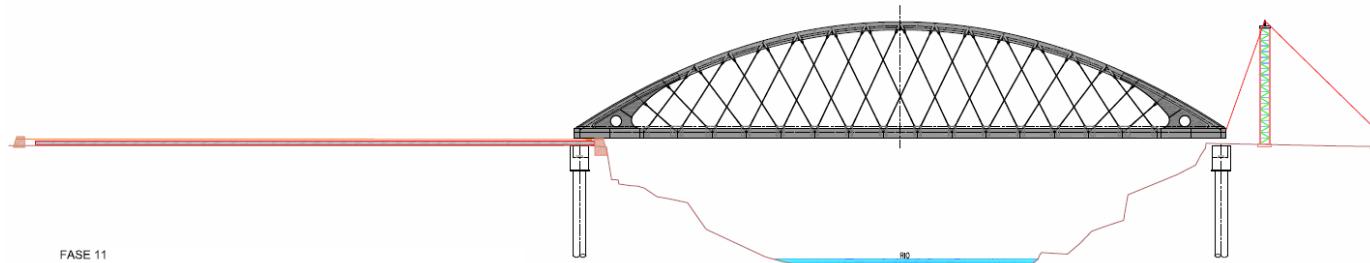




**FASE 5**  
 - PREPARACION DE LA 1<sup>a</sup> FASE DE LANZAMIENTO  
 - MONTAJE DE TORRETA AUXILIAR DE LANZAMIENTO Y DEL PATIN DE APOYO BAJO ELLA  
 - COLOCACION DE LOS CABLES DE LANZAMIENTO  
 - COLOCACION DE CONTRAPESO EN LA PARTE TRASERA DEL ARCO  
 - RETIRADA DEL APOYO DELANTERO



**FASE 10**  
**- 2<sup>a</sup> FASE DE LANZAMIENTO: SUSTENTACION EN PUNTA CON CABLES INCLINADOS SECUENCIAL**  
 - LIBERACION PARCIAL DE LA CARGA EN LOS CABLES DE RETENIDA EN COLA  
 - COMO CONSECUENCIA DEL ANTERIOR AVANCE LONGITUDINAL DE LA ESTRUCTURA CON UN DESCENSO PARALELO DEL FRENT  
 - RECUPERACION DEL DESCENSO ACTUANDO EN LOS CABLES DE TIRO INCLINADOS DELANTEROS



**FASE 11**  
**- OPERACIONES FINALES TRAS LA 2<sup>a</sup> FASE DE LANZAMIENTO:**  
 - FINAL DE LA FASE DE TIRO CON SUSTENTACION EN PUNTA  
 - POSICIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA EN SU POSICION FINAL  
 - COLOCACION DE LOS GATOS DE DESCENSO EN LOS EXTREMOS DE LA ESTRUCTURA





**PUENTE DE TABLATE (L = 112 m,  
409 ton)**  
**TABLATE, ESPAÑA. PROYECTO  
TORROJA INGENIERÍA**





De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro





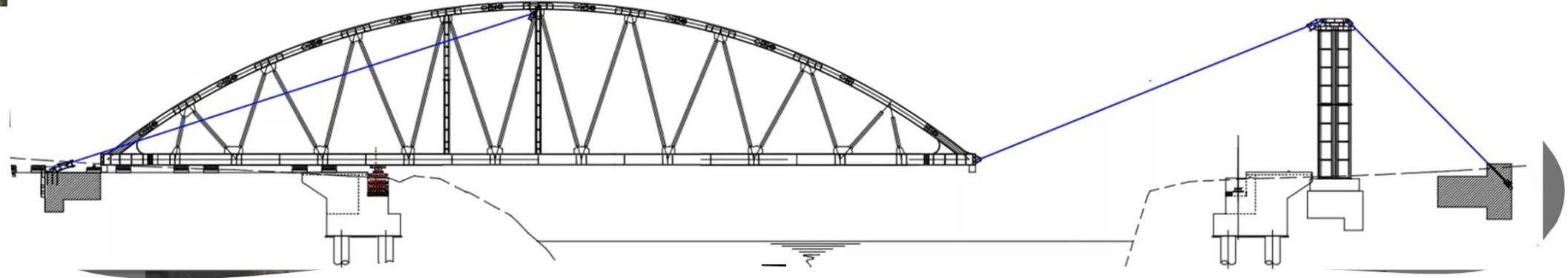
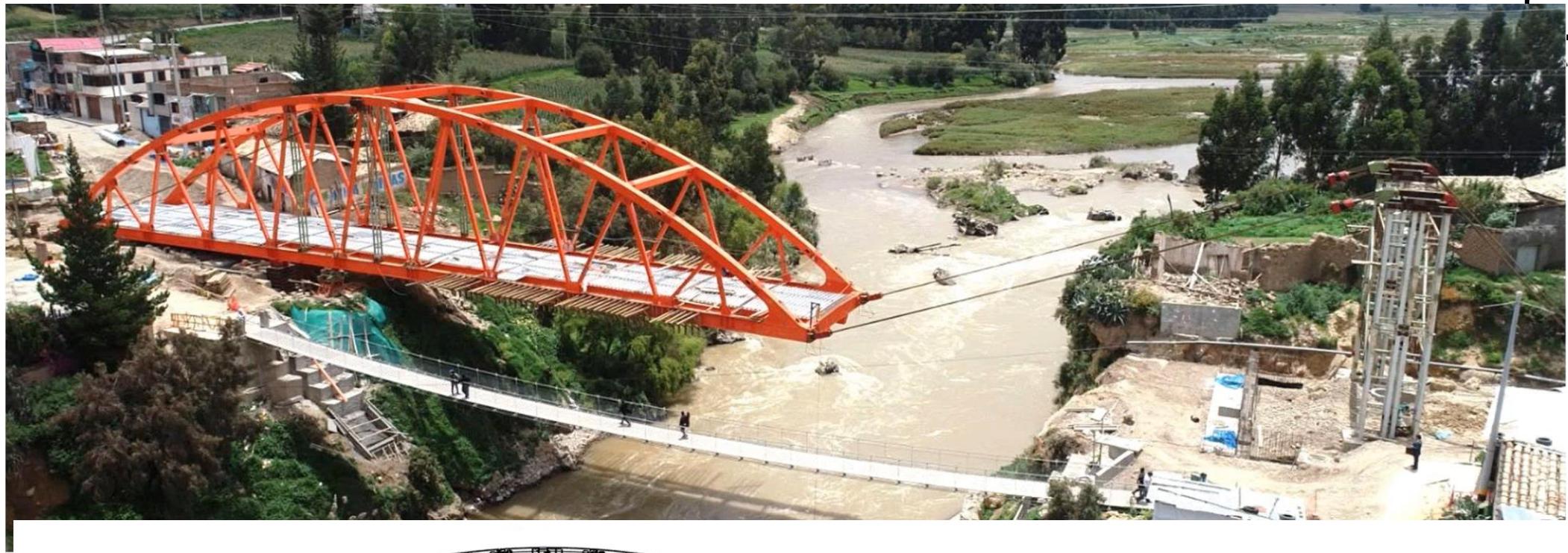
PUENTE CHUPURO  
(Junín - Perú 2020):  
Luz: 70m; Peso: 260 ton.

▶ 24:25 / 1:17:53

Contratista:  
Montaje y Lanzamiento:  
Ingeniería de Lanzamiento:

CONSORCIO PUENTES REGIONALES.  
CONSORCIO GRANDES CARGAS - CC.  
CVVC S.A.C.

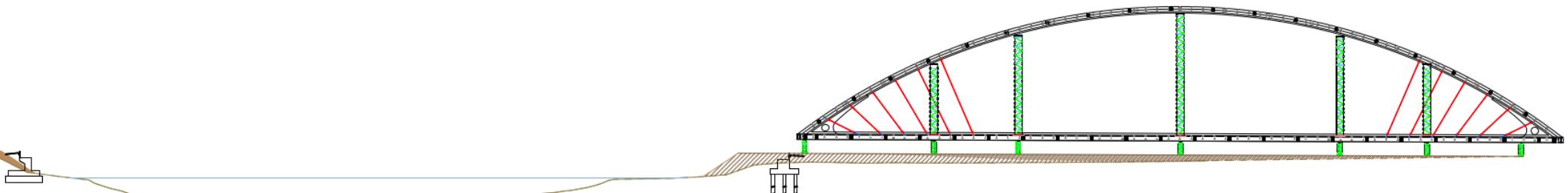




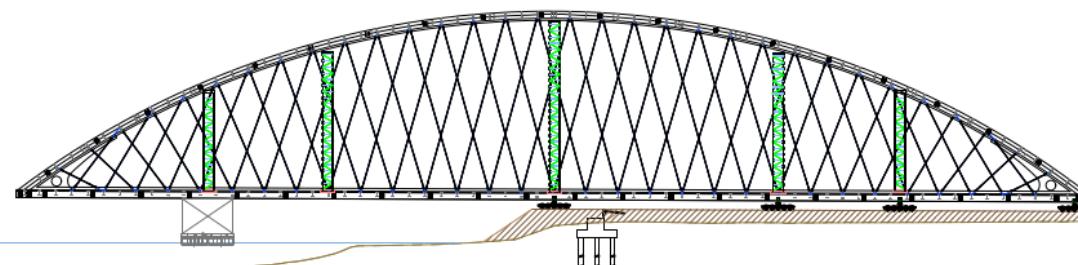
De Medellín para el mundo: Conectando  
saberes, construyendo futuro



## PROCESO CONSTRUCTIVO: PUENTE ARCO ALTERNATIVA 1

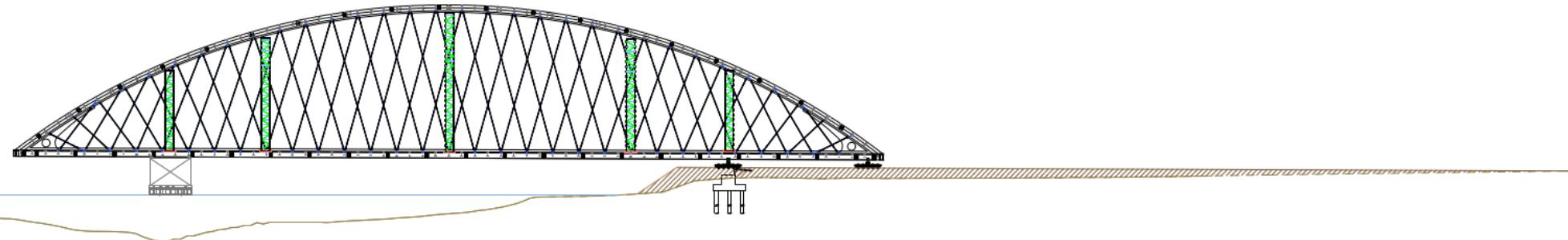
**FASE 4 : PÉNDOLAS**

- MONTAJE DE PÉNDOLAS Y PUESTA EN CARGA.

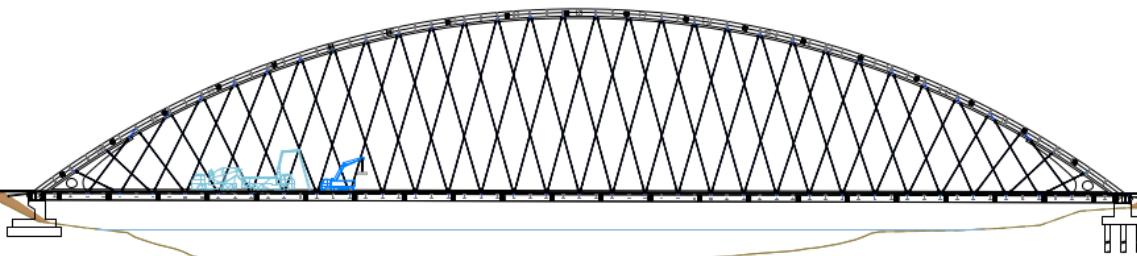
**FASE 5 : AVANCE (1)**

- AVANCE DEL ARCO HASTA LLEGAR A PONTONA.





**FASE 6 : AVANCE (2)**  
- TRASLADO DEL ARCO MEDIANTE PONTONA HASTA LA POSICIÓN FINAL.



**FASE 7 : FINALIZACIÓN DEL PUENTE**  
- DESCENSO DEL ARCO HASTA SU POSICIÓN DEFINITIVA.  
- RETIRADA DE LOS EQUIPOS AUXILIARES PARA LA CONSTRUCCIÓN.  
- EJECUCIÓN DE LA LOSA DEL TABLEIRO.  
- COLOCACIÓN DE PAVIMENTO. BARRERAS Y OTROS ACABADOS.





# MUCHAS GRACIAS

[www.cfcsi.com](http://www.cfcsi.com)

**CFC**

an  TARX company