



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los  
Procesos constructivos del Puente de la Amistad, Lima.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Delgado Pérez, Sergio Luis (ORCID: 0000-0001-5707-7680)

**ASESOR:**

Mg. Ordinola Enríquez, Luis Enrique (ORCID: 0000-0003-0439-4388)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

PIURA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Esta investigación está dedicada principalmente a Dios por haberme dado la salud y la provisión económica de llegar hasta aquí y poder salir adelante en cada una de mis metas, dedico también esta investigación a mis abuelos Alicia y Pedro, que desde el cielo me darán la energía suficiente de salir adelante.

## **Agradecimiento**

A mis padres Carmina y pedro, que con apoyo incondicional estuvieron siempre motivándome a salir a delante, a mi esposa Giuliana, por su amor, paciencia, comprensión y motivación y al Ing. Juan Carlos, por su sabiduría y apoyo incondicional.

## Índice de Contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenido .....	iv
Índice de Figuras.....	v
Índice de Tablas .....	ix
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	55
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	55
<u>3.2 Variables y Operacionalización .....</u>	<u>56</u>
3.3 Poblacion, Muestra y Muestreo.....	59
3.4 Tecnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	62
3.5 Procedimientos: .....	62
3.6 Metodo de análisis de datos:.....	62
3.7 Aspectos éticos: .....	62
IV. RESULTADOS .....	64
V. DISCUSIÓN.....	144
VI. CONCLUSIONES.....	154
VII. RECOMENDACIONES .....	155
REFERENCIA .....	156
ANEXOS .....	160

## Índice de Figuras

<b>Figura N° 1.</b> Clasificación - Tipología de Puentes .....	8
<b>Figura N° 2.</b> Puente con Apoyos Continuos .....	10
<b>Figura N° 3.</b> Puente Simplemente Apoyado .....	11
<b>Figura N° 4.</b> Puente Brooklyn .....	14
<b>Figura N° 5.</b> Puente Golden Gate.....	15
<b>Figura N° 6.</b> Puente Beipanjiang .....	15
<b>Figura N° 7.</b> Puente Millau.....	16
<b>Figura N° 8.</b> Puente Hangzhou Bay.....	17
<b>Figura N° 9.</b> Puente Quingdao Jiaozhou .....	18
<b>Figura N° 10.</b> Puente Continental.....	18
<b>Figura N° 11.</b> Puente Aguaytía .....	19
<b>Figura N° 12.</b> Puente Bellavista.....	20
<b>Figura N° 13.</b> Puente Leoncio Prado .....	21
<b>Figura N° 14.</b> Montaje y Lanzamiento del Puente Millau, Francia .....	22
<b>Figura N° 15.</b> Montaje y construcción de tramos de la Línea 1 .....	23
<b>Figura N° 16.</b> Montaje y Lanzamiento del Puente Chuquicara .....	24
<b>Figura N° 17.</b> Izaje y Montaje del Puente Leoncio Prado .....	24
<b>Figura N° 18.</b> Izaje, Montaje y lanzamiento del Puente Nanay.....	26
<b>Figura N° 19.</b> Lanzamiento del Puente Naranjitos.....	27
<b>Figura N° 20.</b> Detalle del cable de Acero.....	30
<b>Figura N° 21.</b> Elementos Mecánicos de los Tirantes .....	31
<b>Figura N° 22.</b> Detalle de la instalación del Tirante en el Accesorio In-Situ .....	32
<b>Figura N° 23.</b> Detalle de Cable con Cargas Concentradas .....	33
<b>Figura N° 24.</b> Detalle de la Deformación vertical del cable por acción de cargas .....	34
<b>Figura N° 25.</b> Detalle de Corte del cable en el punto mas bajo .....	34
<b>Figura N° 26.</b> Detalle de con apoyos a un mismo nivel .....	35
<b>Figura N° 27.</b> Detalle de Deformación en el cable con apoyos al mismo nivel....	35
<b>Figura N° 28.</b> Relación entre las fuerzas aplicadas y coordenadas diferenciales ...	37
<b>Figura N° 29.</b> Detalle de la Catenaria en el Cable .....	38
<b>Figura N° 30.</b> Detalle del corte de la Catenaria .....	39

<b>Figura N° 31.</b> Relación entre Fuerzas descompuestas y coordenadas diferenciales .....	40
<b>Figura N° 32.</b> Ecuación para los Estados Límites (M.T.C., 2018, p.130).....	47
<b>Figura N° 33.</b> Esquema conceptual.....	51
<b>Figura N° 34.</b> Espectro de diseño de respuesta sísmica .....	53
<b>Figura N° 35.</b> Coef. de Respuesta Sísmica .....	54
<b>Figura N° 36.</b> Ubicación del Proyecto, Puente de la Amistad.....	61
<b>Figura N° 37.</b> Ubicación del Puente de la Amistad - Vista Planta.....	61
<b>Figura N° 38.</b> Puente de la Amistad - Vista de Presentación .....	64
<b>Figura N° 39.</b> Espectro de Diseño_AASHTO-LRFD-2016.....	68
<b>Figura N° 40.</b> Puntos de Control_ Lanzamiento de Estructuras Metálicas .....	70
<b>Figura N° 41.</b> Asignación de Cargas .....	71
<b>Figura N° 42.</b> Secuencia de Lanzamiento Etapa: _01_02.....	72
<b>Figura N° 43.</b> Secuencia de Lanzamiento_ Etapa: _03_04.....	73
<b>Figura N° 44.</b> Secuencia de Lanzamiento_ Etapa: _05_06.....	74
<b>Figura N° 45.</b> Secuencia de Lanzamiento_ Etapa: _07_08.....	75
<b>Figura N° 46.</b> Secuencia de Lanzamiento_ Etapa: _09_10.....	76
<b>Figura N° 47.</b> Desplazamiento Horizontal de la torre provisional_ Lado San Isidro .....	77
<b>Figura N° 48.</b> Desplazamiento Horizontal de la torre provisional_ Lado Miraflores .....	78
<b>Figura N° 49.</b> Puntos de Control Secuencia de Tensado .....	81
<b>Figura N° 50.</b> Secuencia de tensado_Etapa:01_02_03.....	85
<b>Figura N° 51.</b> Secuencia de tensado_Etapa:04_05_06.....	86
<b>Figura N° 52.</b> Secuencia de tensado_Etapa:07_08_09.....	87
<b>Figura N° 53.</b> Secuencia de tensado_Etapa:10_11_12.....	88
<b>Figura N° 54.</b> Secuencia de tensado_Etapa:13_14_15.....	89
<b>Figura N° 55.</b> Secuencia de tensado_Etapa:16_17_18.....	90
<b>Figura N° 56.</b> Secuencia de tensado_Etapa:19_20.....	91
<b>Figura N° 57.</b> Secuencia de tensado_ Desplazamiento en las Torres.....	92
<b>Figura N° 58.</b> Diagrama de Flujo_Planes de Trabajo .....	96
<b>Figura N° 59.</b> Sistema de Montaje In- Situ .....	97
<b>Figura N° 60.</b> Instalación de Reticulado entre las Torres .....	99

<b>Figura N° 61.</b> Detalle de los Elementos de Lanzamiento .....	100
<b>Figura N° 62.</b> Detalle de los Cables para el lanzamiento de las E.M.....	101
<b>Figura N° 63.</b> Detalle de la Torre metalica_Lanzamiento de E. M.....	102
<b>Figura N° 64.</b> Detalle de las Cámaras de Anclaje_Lanzamiento E.M.....	103
<b>Figura N° 65.</b> Detalle de la Instalación y Tensado de Tirantes.....	104
<b>Figura N° 66.</b> Secuencia de Construcción - Tensado de Tirantes.....	105
<b>Figura N° 67.</b> Secuencia de Construcción - Tensado de Tirantes, Asignación de Cargas.....	106
<b>Figura N° 68.</b> Sistema De Lanzamiento – Vista Elevación .....	107
<b>Figura N° 69.</b> Secuencia de Lanzamiento - Ingeniería de Detalle – Etapa_01_02_03 .....	108
<b>Figura N° 70.</b> Secuencia de Lanzamiento - Ingeniería de Detalle – Etapa_04_05 .....	111
<b>Figura N° 71.</b> Secuencia de construcción - Ingeniería de Detalle - Tensado de Tirantes_Etapa 01 hasta 08 .....	114
<b>Figura N° 72.</b> Secuencia de construcción - Ingeniería de Detalle - Tensado de Tirantes_Etapa 09 hasta 14 .....	115
<b>Figura N° 73.</b> Control en Campo - Estructura Metalica sola .....	131
<b>Figura N° 74.</b> Control en Campo - Colocacion del Primer Paño de Losa de Concreto .....	132
<b>Figura N° 75.</b> Control en Campo - Tensado CSB-01, CSC-01 .....	133
<b>Figura N° 76.</b> Control en Campo - Colocacion del Segundo Paño de Losa de Concreto.....	134
<b>Figura N° 77.</b> Control en Campo Tensado CSB-02, CSC-02 .....	135
<b>Figura N° 78.</b> Control en Campo - Colocacion del Tercer Paño de Losa de Concreto .....	136
<b>Figura N° 79.</b> Control en Campo - Tensado CSB-03, CSC-03 .....	137
<b>Figura N° 80.</b> Control en Campo - Colocacion del Cuarto Paño de Losa de Concreto .....	138
<b>Figura N° 81.</b> Control en Campo - Tensado CSB-04, CSC-04 .....	139
<b>Figura N° 82.</b> Control en Campo - Colocacion del Quinto Paño de Losa de Concreto .....	140
<b>Figura N° 83.</b> Control en Campo - Tensado CSB-05, CSC-05 .....	141

<b>Figura N° 84.</b> Control en Campo - Colocacion del Sexto Paño de Losa de Concreto	142
<b>Figura N° 85.</b> Control en Campo - Frotachado de piso e Instalación de las barandas	143



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Datos Técnicos del Puente Brooklyn .....	13
<b>Tabla 2.</b> Datos Técnicos Puente Golden Gate.....	14
<b>Tabla 3.</b> Datos Técnicos Puente Millau.....	16
<b>Tabla 4.</b> Datos Técnicos Puente Quingdao Jiaozhou .....	17
<b>Tabla 5.</b> Distribución de tirantes en Puentes Atirantados .....	28
<b>Tabla 6.</b> Sistema de Suspensión en Puentes Atirantados .....	29
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de torones según su diámetro y numero.....	30
<b>Tabla 8.</b> Propiedades Geométricas.....	32
<b>Tabla 9.</b> Propiedades Mecánicas.....	32
<b>Tabla 10.</b> Tipos de Cargas.....	44
<b>Tabla 11.</b> Pesos Específicos de los Materiales.....	45
<b>Tabla 12.</b> Modificadores de Cargas $\eta$ .....	45
<b>Tabla 13.</b> Estados Limites.....	46
<b>Tabla 14.</b> Combinaciones de Cargas y Factores de Cargas.....	47
<b>Tabla 15.</b> Factores para Cargas Permanentes .....	48
<b>Tabla 16.</b> Valores Constantes $V_0$ y $Z_0$ .....	49
<b>Tabla 17.</b> Descripción de la Ecuación.....	49
<b>Tabla 18.</b> Presiones Básicas $P_B$ en función a la velocidad de diseño.....	50
<b>Tabla 19.</b> Valores de factor de sitio FPGA en Periodo - Cero.....	52
<b>Tabla 20.</b> Valores de factores de sitio $F_a$ en Periodo - Corto.....	52
<b>Tabla 21.</b> Valores de factor de sitio $F_v$ Periodos - Largo .....	52
<b>Tabla 22.</b> Variables y Operacionalizacion - Independiente .....	57
<b>Tabla 23.</b> Variables y Operacionalizacion - Dependiente .....	58
<b>Tabla 24.</b> Tecnica e Instrumento de Recoleccion .....	63
<b>Tabla 25.</b> Descripción tecnica del Puente de la Amistad_Super Estructura. ....	65
<b>Tabla 26.</b> Descripción técnica del Puente de la Amsitad_Sub Estructura.....	66
<b>Tabla 27.</b> Combinaciones y Factores de cargas_Modelamiento.....	69
<b>Tabla 28.</b> Deformaciones Esperadas_ Est. Limt. Servicio y Resistencia_SAP2000 V22.....	79
<b>Tabla 29.</b> Deformaciones Esperadas_ Evento extremo_SAP2000 V22 .....	80
<b>Tabla 30.</b> Resumen de las Deformaciones _Secuencia de Tensado.....	93

<b>Tabla 31.</b> Resumen de las Fuerzas Axiales_ Secuencia de Tensado .....	94
<b>Tabla 32.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el lanzamiento....	116
<b>Tabla 33.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Estructura metalica montada.....	117
<b>Tabla 34.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del primer paño de concreto.....	119
<b>Tabla 35.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB_01; CSC_01 .....	120
<b>Tabla 36.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del segundo paño de concreto .....	121
<b>Tabla 37.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB_02; CSC_02 .....	122
<b>Tabla 38.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del tercer paño de concreto.....	123
<b>Tabla 39.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB_03; CSC_03 .....	124
<b>Tabla 40.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del cuarto paño de concreto.....	125
<b>Tabla 41.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB_04; CSC_04 .....	126
<b>Tabla 42.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del quinto paño de concreto .....	127
<b>Tabla 43.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB_05; CSC_05 .....	128
<b>Tabla 44.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del sexto paño de concreto .....	129
<b>Tabla 45.</b> Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes – Frotachado e Instalación de barandas .....	130
<b>Tabla 46</b> MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	162

## Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo general, Determinar una adecuada secuencia de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para establecer los Procesos constructivos del Puente de la Amistad, Lima. La metodología aplicada el enfoque, es de carácter cuantitativo, descriptivo, aplicada y diseño no experimental y transversal. El diseño de la Ingeniería de Campo y Detalle nos determina una adecuada secuencia de trabajos y conjunto de etapas a realizar, estableciendo los planes de trabajos para llevar a efecto el servicio y utilidad del proyecto. Los procesos constructivos son de carácter Provisional y Permanente; En los trabajos provisionales tenemos la instalación y construcción del Falso Puente Colgante compuesta de torres de apoyo para cables y sistema de “andarivel” elementos que se desplazarán por los cables, soportando el peso de las vigas metálicas atreves de péndolas durante la etapa de lanzamiento. En los Trabajos Permanentes para la construcción de losa y colocación de los tirantes se respetará lo establecido en los planos del expediente técnico.

Desarrollando un control en In-Situ de las deformaciones y desplazamientos producidas durante las etapas de instalación y construcción de los procesos constructivos del Puente de la Amistad.

**Palabras clave:** Diseño, procesos constructivos, ingeniería de campo y detalle, deformaciones y desplazamientos.

## **Abstract**

The general objective of this thesis was to determine an adequate sequence of works based on the Field and Detail Engineering Design to establish the construction processes of the Friendship Bridge, Lima. The methodology applied to the approach is quantitative, descriptive, applied and non-experimental and transversal design. The design of the Field and Detail Engineering determines an adequate sequence of works and set of stages to be carried out, establishing the work plans to carry out the service and usefulness of the project. The construction processes are Provisional and Permanent; In the provisional works we have the installation and construction of the False Suspension Bridge composed of support towers for cables and a "walkway" system, elements that will move along the cables, supporting the weight of the metal beams through hangers during the launch stage. In the Permanent Works for the construction of the slab and placement of the braces, what is established in the plans of the technical file will be respected. Developing an In-Situ control of the deformations and displacements produced during the installation and construction stages of the construction processes of the Friendship Bridge.

**Keywords:** Design, construction processes, field and detail engineering, deformations and displacements.

## I. INTRODUCCIÓN

Las incidencias de tránsito vehicular ocasionan en los seres humanos una trascendente tasa de mortalidad en el mundo.

Los controles de prevención In-Situ que se deben aplicar frente a los accidentes de tránsito harán disminuir una esencial tasa de mortalidad.

para que la conducta de las personas sea sostenible deben hacer uso de un adecuado criterio, utilizando correctamente los servicios de uso peatonal evitando cruzar algunas vías de circulación de uso vehicular de carácter limitada, probablemente se pueda reducir la tasa de mortalidad, generando un impacto positivo en la sociedad

El manejo de estadísticas oficiales, en función a diarios locales y nacionales, en el Perú, los atropellos por excesos de velocidad de flujo vehicular quedan en segundo lugar causando el mayor número de defunciones a nivel nacional.

Actualmente Los puentes peatonales no llegan cumplir la función principal de conducir al peatón por el camino más seguro ya que su serviciabilidad está en función de la demanda y criterio del peatón, por ende, los atropellos continúan. Algunas veces por falta de inversión de parte de las entidades públicas en la gran mayoría la construcción e instalaciones de puentes peatonales no cumplen con el diseño solicitado del proyectista.

El proyecto Puente de la Amistad nace como respuesta a la problemática identificada en el **INFORME N° 00084-2018-SENACE-PE/DEIN** titulada: **“Inadecuadas condiciones de transitabilidad peatonal para el peatón que circula por los malecones de los distritos de Miraflores y San Isidro”**, lo cual genero dificultad para la población en el acceso a la continuidad del Malecón de la Marina hacia los malecones del distrito de San Isidro; en tal sentido se planteó la construcción de la infraestructura mediante la instalación de un puente peatonal.

Las estructuras aplicadas durante los procesos constructivos en diversos puentes son de carácter temporal pese a todo estas presentan esfuerzos internos generando deformaciones y desplazamiento en componentes esenciales que pueden afectar parte de la estructura global durante el desarrollo de cada etapa constructiva.

Las etapas construcción predecesoras influye a las demás fases sucesivas, el colocar y quitar soportes provisionales, cables y otros componentes estructurales es constante mediante los procesos de instalación construcción, es necesario desarrollar y definir los planes de trabajos en función con la ingeniería de campo y detalle, conociendo el comportamiento de la estructura total, para poder llevar a efecto un análisis para controlar las deformaciones y desplazamientos en cada etapa de trabajo.

Para la identificación de interferencias durante la etapa de instalación y construcción de obras provisionales fue necesario desarrollar el reconocimiento de la ingeniería de campo de infraestructura de servicios básicos posiblemente afectada (postes de electrificación y telefonía, buzones, etc.); ubicación de dicha infraestructuras en coordenadas UTM; inventario de las características de la infraestructura: tipo de servicio, material y fotografías; reconocimiento conjunto de campo con representantes de las empresas concesionarias en caso se requiera.

Habiendo descrito el entorno en el que se desenvuelve la problemática de la investigación se precisa como pregunta general: ¿Cómo determinar una adecuada secuencia de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima?

La justificación de este estudio es de carácter teórica con la intención de contribuir sobre el uso de indicaciones, parámetros y normas aprobadas como herramientas de evaluación para la ingeniería de campo y detalle, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta técnica, que será incorporado como conocimiento a Ingenieros, estudiantes, especialistas en puentes, constructoras y empresas consultoras. Y de carácter práctica porque existe la exigencia de modernizar el nivel de aprendizaje, de desempeño y eficacia de la ingeniería y construcción de los proyectos de gran envergadura.

Los desplazamientos que puedan existir en los apoyos donde van colocados los cables para montaje o lanzamiento se debe analizar la ingeniería de campo y detalle para poder controlar los desplazamientos durante la instalación in-situ de los elementos del puente.

El proyecto de investigación tiene como objetivo general: Determinar una adecuada secuencia de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para

Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima. Y como objetivos específicos se tiene:

Analizar la estructuración geométrica de las secuencias constructivas para controlar las deformaciones y desplazamientos en los puntos de control en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima; Formular el sistema de montaje basado en los planes trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima; Definir las etapas de construcción para elaborar los planes de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima; Explicar estructuración geométrica de las secuencias constructivas basados en los planes de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima; Analizar las etapas de construcción para controlar las Deformaciones y Desplazamientos en los puntos de control In-Situ, en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.

## II. MARCO TEÓRICO

Aquino C. (2020) en su trabajo de investigación sobre la propuesta de mejora al diseño de plan de lanzamiento y montaje de estructuras metálicas del Puente la Eternidad, realizó su estudio en la Universidad continental, Huancayo, la investigación tuvo por propósito elaborar una mejor opción en función al diseño del procedimiento de empuje y montaje del Puente La Eternidad, para el lanzamiento de la estructura metálica se procedió con el montaje IN-SITU, con verificación de la contraflecha para la etapa de lanzamiento se aplicó un sistema de apoyo provisional (torres de apeo) con apoyos móviles en la parte superior de la torre (polines), desplazándose por la primera torre de apeo hasta llegar a la segunda para que finalmente llegue a su punto de control final del lanzamiento. , Se desarrolló una nueva opción del plan de empuje y montaje de estructuras metálicas del Puente La Eternidad, basándose en los criterios Manual de Diseño de Puentes 2016, AASTHO LRFD. El autor concluye que los elementos estructurales del sistema de Lanzamiento de las torres de apeo, tuvieron un buen comportamiento frente a las solicitaciones de combinaciones de cargas.

Lazo D. y Barba E.,(2019) en su trabajo de investigación Análisis del proceso constructivo del puente Chinchipe con el sistema de atirantamiento provisional, realizó su estudio en la Universidad Ricardo Palma – Lima, la investigación tuvo por propósito explicar las deformaciones y desplazamientos que presenta el puente de arco metálico Chinchipe, Perú; a través de un método constructivo secuencial de Atirantamiento temporal con castillos metálicos, dentro de la cual se desarrolló dos series constructivas y luego desarrolló un estudio semejante para evaluar y controlar deformaciones y desplazamientos, para tener resultados Sostenibles en los componentes estructurales del sistema provisional en el estado de servicio, El autor concluye que el procedimiento constructivo con sistema de atirantamiento temporal con castillos metálicos presentan cambios admisibles (deformaciones) ante las solicitaciones de carga en función a la zona en estudio demostrando que el primer proceso constructivo es más funcional y eficaz que el segundo.

Muñoz A. y Ruiz G. (2019) en su trabajo de investigación Diseño de Puente Atirantado, realizó su estudio en la Universidad Cesar Vallejo – Tarapoto, la investigación tuvo por objetivo Diseñar el Puente Atirantado para mejorar la



transitabilidad en la ciudad de Lamas, Perú; en función al Manual de Diseño de Puentes 2016, AASTHO LRFD para tener resultados Sostenibles de los estudios topográficos, estudios de mecánica de suelos, hidrología, geología, factores ambientales, hace mención al desarrollo equitativo de las cargas aplicadas para su correcta verificación en sus memorias de cálculo, El autor concluye que habiendo concluido sus notas de cálculo pudo concretar eficazmente las dimensiones estructurales tales como la luz total del puente, la cuantía de cables, la elevación máxima de la torre, el ancho de la losa comprendiendo las veredas, el ancho de la calzada, el ancho de las veredas, resistencia del concreto, y la determinación y aplicación de la fuerza del tirante.

Gago Q. y Limache F. (2019) en su trabajo de investigación Análisis comparativo del comportamiento estructural entre un puente extradosado y un puente atirantado, realizó su estudio en la Universidad Ricardo Palma – Lima, la investigación tuvo por objetivo comparar un puente de sistema atirantado con otro extradosado, para determinar el procedimiento estructural en ambos puentes con el fin de controlar las deformaciones que se presentan en ambas estructuras haciendo uso del Manual de Diseño de Puentes 2016, AASTHO LRFD con el propósito de obtener resultados Sostenibles a través de una serie de análisis por secuencias constructivas utilizando el programa CSIBridge V.20., dando mayor estabilidad a sus elementos estructurales, determinando la fuerza de tensado y área a utilizar en los cables de ambos puentes. El autor concluye que ambos modelos matemáticos planteados en el programa CSIBridge V.20. tuvo una eficaz productividad de tal manera que el comportamiento en la simulación se asemeje a la realidad.

Erazo M. (2019) en su trabajo de investigación sobre Lanzamiento de vigas metálicas del puente sobre el río San Pedro, realizó su estudio en la Universidad San Francisco de Quito USFQ – Quito, Ecuador, la investigación tuvo por objetivo General Diseñar un sistema de empuje más eficiente para los elementos metálicos del puente sobre el río San Pedro, teniendo 3 alternativas de sistemas de lanzamiento:

empuje por Dolly y grúas telescópicas; empuje por Dolly y rodillos para desplazamiento transversal; empuje por Dolly y pórtico para el desplazamiento transversal. Valorizando cada una de esta propuesta económica de lanzamiento para hacer uso del proceso constructivo más rápido, económico y seguro, se aplicó

el siguiente proceso constructivo: empuje por Dolly y pórtico para el desplazamiento transversal, se desarrolló una modulación de los componentes en el programa SAP2000 V.20. Para evaluar dicho sistema de lanzamiento a solicitaciones de cargas descritas en el Manual de Diseño de Puentes, AASTHO LRFD, El autor concluye que los elementos estructurales para el sistema de empuje por Dolly y pórtico para el desplazamiento transversal cumplen con todos los requisitos del AISC 360-16 LRFD y esta metodología podrá ser aplicada a futuros lanzamiento de vigas metálicas de los puentes.

Arteaga L. (2016) en su trabajo de investigación de pregrado menciona los Criterios de Diseño y Calculo Estructural de Puentes Colgantes, realizó su estudio en la Universidad Peruana los Andes – Huánuco, la investigación tuvo por propósito “determinar, los criterios de diseño y notas de cálculo sobre puentes colgantes de luz central mayor a doscientos metros con dos carriles, Perú” (p. xxviii).

En la cual se hace el análisis y desarrollo de hojas de cálculo que determina las dimensiones todos los elementos estructurales y componentes que conforman la superestructura del puente colgante, El autor finaliza que los procedimientos para el diseño de puentes colgantes, nos lleva a una selección de resultados para tener una mayor amplitud de técnicas que están en función a la Tabla 2.4.5.3-1. combinaciones de carga y factores de carga añadiendo la fuerza de viento.

Carrillo A. (2015) en su trabajo de investigación Análisis teórico de la variación aleatoria de los esfuerzos de montaje de los cables en puentes atirantados, realizó su estudio en la Universidad Politécnica de Madrid – Madrid, la investigación tuvo por objetivo, “Conocer la influencia de aleatoriedad de acción del tensado sobre la estructura, para poder determinar en qué medida se puede alejar el estado real de una estructura de la situación teórica del cálculo” (p. 02).

De los resultados obtenidos parcialmente tenemos errores en la medida de las fuerzas de tensado y error en la medida de las deformaciones de tensado. El autor concluye “que los valores erróneos simulados siguen una distribución normal al considerarse que previenen de la suma de efectos independientes unos de otro dando origen al Teorema central del Límite” (p. 264).

“El aumento de tension en el tirante implica un decremento la parte pasiva de carga axial del tirante, dicho aumento de tension deriva de menor area, del tirante colocando una menor rigidez y eficacia del sistema de atirantamiento” (p. 265)

Navarro-Manso (2013) en su trabajo de investigación sobre Nuevo método de lanzamiento de puentes metálicos basados en doble cajón colaborante, realizó su estudio en la Universidad de Cantabria –Santander, el estudio tuvo por propósito principal Diseñar un sistema de lanzamiento para la construcción de puentes mixtos empujados, con un sistema aerodinámico que consiste en aumentar la luz de las vigas metálicas pasando por distancias entre apoyos de 60 - 80 metros hasta 150 metros. Durante el proceso constructivo del sistema de lanzamiento el autor describe un componente principal para su desarrollo es el Pico o Nariz de empuje constituida por una estructura metálica que se conecta perpendicular en las vigas principales de la superestructura cuya misión es de equilibrar las deformaciones producidas por la flexión en cada uno de los tramos para que la estructura valla disminuyendo su peso sin alterar la posición de la contraflecha del puente.

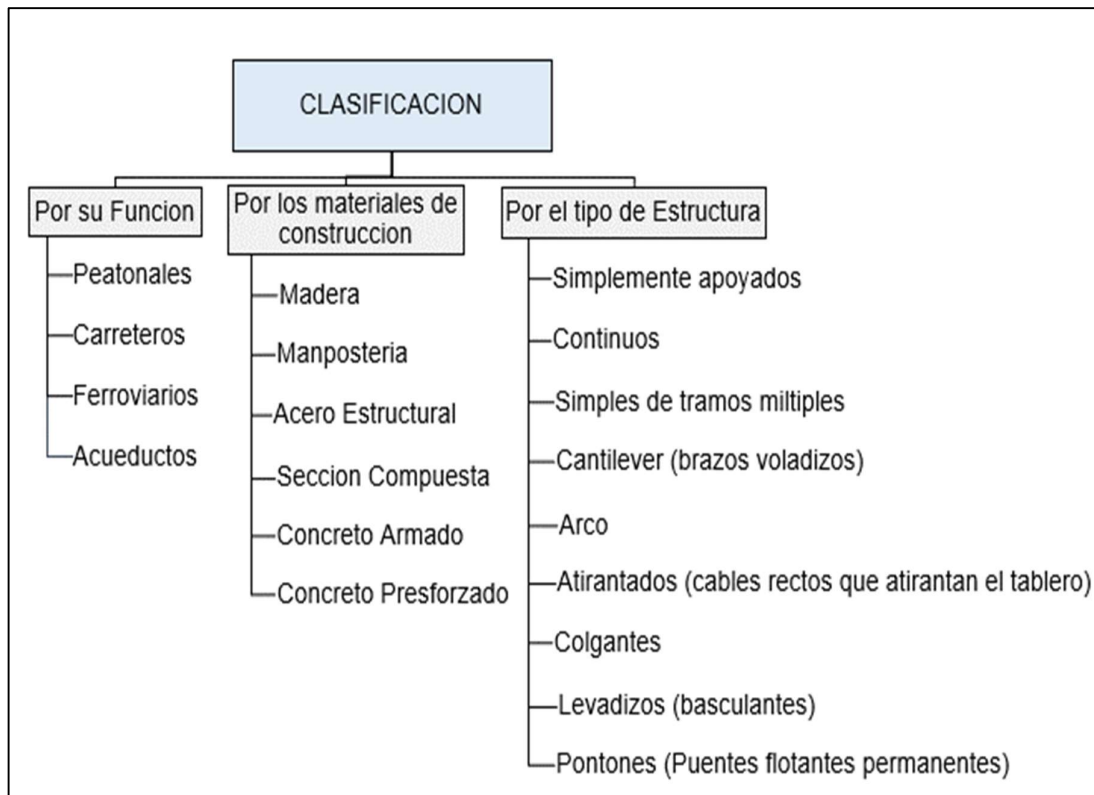
El autor concluye que, el procedimiento de cálculo nombrado Ingeniería Híbrida consiste en el cálculo de elementos no lineales y de carácter experimental, afirma que lanzar puentes metálicos con longitudes mayores a 1500 mts. y distancias máximas de 150 mts. sin utilizar artificios temporales ha tenido un “alcance apropiado para el ensayo de interacción entre “patch loading” y flexión longitudinal del tablero” (p. 265).

A continuación, se describe conceptos fundamentales relacionados con el tema de estudio.

Un puente es una creación humana que se diseña y construye para superar una dificultad y dar prolongación a un camino, conectando autopistas, carreteras, vía férrea y obras de arte como los viaductos construidos sobre el mar o una quebrada. También se denomina puente a los acueductos que son que son unas construcciones artísticas encargados de transportar agua de una región a otra.

Consta fundamentalmente de dos partes :

- a) La superestructura conformada por: tablero que soporta directamente las cargas, vigas, armadura, cables, bovedas, arcos, quienes transmiten las cargas el tablero a os apoyos
- b) La subestructura conformada por: pilares (apoyos centrales), estribos (apoyos extremos) que soportan directamente la superestructura y cimientos encargados de transmitir al terrono los esfuerzos



**Figura N° 1.** Clasificación - Tipología de Puentes

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se detalla de manera conceptual lo tipos de puentes en función a sus materiales

- a) Puentes de Madera: Aunque son fáciles de construir y de bajo costo, resisten poco a los efectos climáticos, como la lluvia y viento, por lo que requieren un adecuado mantenimiento y es muy costoso, son considerados como obras de arte hechas por el intelecto del hombre. A continuación, hablaremos de los puentes de piedra o también llamados:
- b) Puentes de Mampostería: Desde nuestros antepasados la piedra ha sido un material que ha brindado muchos beneficios a diversas construcciones a lo largo del tiempo, así mismo el hombre tuvo que dar a la piedra la forma geométrica necesaria para su necesidad. un material útil para la construcción de puente es el ladrillo, en el que ha permitido realizar arco de dovelas puestas junto a otras, por consiguiente, la conformación de los puentes de mampostería Hablar de

puentes Mampostería es hablar de construcción firmes, resistentes y perdurables, es te tipo de construcción determina una alta demanda monetaria, los cuidados para el mantenimiento de estas estructuras son escasas pueden durar siglos, y la construcción típica es el tipo arco.

c) Puentes de Acero estructural: Los puentes de acero estructural son muy diversos, porque:

- permiten diseños de grandes luces.
- se fabrican y construyen con gran celeridad.
- están sujetos al acto corrosivo por agentes atmosféricos.
- su costo de conservación puede convertirse en considerables montos elevados.

A diferencia de los puentes de acero se tienen los puentes de:

d) Puentes de Concreto Armado: Son estructuras compuestas por vigas transversales en líneas de apoyo, vigas longitudinales, barreras new jersey de concreto armado mínimo 685 mm, se debe tener definido por normativa el ancho físico entre los bordes del puente, ancho libre de calzada entre cordones y/o barreras, la luz vertical min 5000 mm., vuelo del tablero, tener definido el diseño entre la separación entre vigas transversales en función a las líneas de apoyo.

e) Puentes de concreto pretensado: se puede construir sobre una cimbra colocado "in situ", o bien con dovelas prefabricadas. Las cimbras pueden apoyarse directamente sobre el suelo o ser cimbras móviles autoportantes, se considerar como un nuevo material para la construcción en los puentes. La diferencia con los puentes de concreto armado la armadura de refuerzo es pasiva, se detalla, que la carga entra cuando los esfuerzos exteriores proceden sobre la estructura; a diferencia del pretensado, la armadura es activa, es decir se tensa preliminarmente a la representación de las cargas que va a absorber la estructura. con el concreto pretensado se previene la fisuración que se presenta en el concreto armado y por ello, se permiten aplicar aceros de mayor resistencia, insostenibles en el concreto armado porque se presentaría una fisuración desmedida. los sistemas de anclaje de las armaduras activas se reúnen en diferentes procedimientos fundamentales en ello tenemos tipos de anclajes:

- anclajes compactos (Anclaje AnC15)

- Anclaje de la gama C (AnC15GI, ADnC15GI, ADnC15, ADnC15W)
- Anclajes Pasivos Tipo N
- Anclajes de la Gama “F” y “C” para elementos finos

Así mismo tenemos los puentes mixtos también denominados con el nombre de:

f) Puentes De Sección Compuesta: Son aquellas en que la sección está formada por la combinación de dos o más materiales y de distintas propiedades, es una práctica muy común en la ingeniería para la construcción de elementos estructurales Resultan convenientes en caso de escasez de materiales, se pueden combinar materiales ligeros con materiales resistentes. En el diseño de vigas compuestas las que más fácilmente se diseñan y se construyen su sección está formada por una viga laminada (simétrica, de patines anchos), y una losa de concreto que apoya en la viga de acero. Es más fácil montar un cajón metálico de 30 ó 40 m de luz que uno de concreto; una vez montado el cajón metálico sólo queda hacer el tablero de concreto, bien in situ, o bien prefabricado.

A continuación, se detalla de manera conceptual lo tipos de puentes en función a su configuración estructural:

g) Simplemente apoyados: Son puentes de un solo tramo y cuentan con dos apoyos teniendo así un sistema isostático



*Figura N° 2.* Puente con Apoyos Continuos

Fuente: Elaboración Propia

- h. Puentes continuos: Son puentes de más de un tramo por lo tanto la subestructura está conformada por dos estribos y uno o más pilares teniendo así un sistema hiperestático.



*Figura N° 3.* Puente Simplemente Apoyado

Fuente: Elaboración Propia

- i. Puentes Cantiléver: están compuesto de dos voladizos simétricos se construyen por la técnica de voladizos sucesivos los puentes cantiléver presenta diversas construcciones, en arco o viga, que estos a su vez pueden ser de acero o concreto, y pueden salvar luces de gran envergadura, sin necesidad de acudir estructuras provisionales durante su construcción.
- j. Puentes Arco: Están formados principalmente por una sección curvada ascendente que se apoya en las cimentaciones portantes, los arcos pueden ser de concreto o de acero estructural, trabajan transfiriendo el peso propio del puente y las cargas de servicio hacia los apoyos a través de los esfuerzos de compresión del arco donde se descompone en un empuje horizontal y una carga vertical.
- k. Puente Atirantado: es una estructura portante está conformada por los tirantes, el pilón (Torre) y el tablero que es soportado por los tirantes, la función más importante que cumplen los pilones es la de soportar y transmitir el peso total de la estructura al terreno a través de la cimentación,

con excepción de las torres o pilares que soportan los grandes cables portantes y que están sometidos a esfuerzos de compresión, los demás elementos del puente, es decir, cables y tirantes, están sometidos a esfuerzos de tracción.

- l. Puentes Colgantes: Están constituidos por cables portantes (cable principal) con su respectiva catenaria entre torres de concreto armado o de acero estos cables van anclados en una cámara de anclaje, por péndolas (tirantes), viga de rigidez (armadura de refuerzo), un tablero que pende, mediante un gran número de tirantes, los grandes cables portantes están sometidos a esfuerzos de tracción y la torres o pilares sometidos a esfuerzos de compresión
- m. Puentes Móviles: Los puentes levadizos o tipo basculante son aquellos de carácter sencillos y prácticos para luces no muy grandes, esta constituido por uno o dos tableros, estos puentes se construyen sobre las vías de navegación y permiten el paso de los barcos, apoyados por un eje en las pilas y eficazmente contrapesados, elevando por rotación sobre el eje vertical un segmento de la superestructura.
- n. Puentes de Pontones: Los puentes flotantes se apoyan sobre flotadores y por ello no tienen el arraigo en la tierra que toda obra fija debe tener. Los flotadores deben ser de tamaño proporcional para aminorar su movimiento y se puede alcanzar que sus movimientos sean incluso menores que los de algunos puentes estacionarios, pero ello no elimina ese carácter de dispositivo flotante sometido a los movimientos del agua; hay siempre un movimiento relativo entre el puente y los apoyos fijos de las orillas. los puentes flotantes consisten principalmente en un tablero sostenido sobre una serie de dispositivos flotantes que sirven para aguantarlo en una situación más o menos inmoviliza. se han utilizado diversos tipos de dispositivos flotantes: barriles, odres, barcas, y pontones cerrados de diferentes materiales.
  - creando una zona de cambio puede cambiar de inclinación sostenida en tierra y en la primera barca.
  - cambiando la elevación de la calzada sobre los pontones.



- anclando por razón de cables las boyas al fondo, de forma que estos cables aguanten la variación de fuerza ascendente en las boyas al variar su altura sumergida, y los mantengan fijos.

A continuación, se describen algunos puentes más importantes en el mundo

A-1) El puente Brooklyn: Construido en el año 1870 - 1883, tipo de puente atirantado fue el puente colgante más grande del mundo Desde entonces y el primero suspendido a través de un sistema de cables de acero. se ha vuelto en uno de los símbolos más representativos de Nueva York y el mundo, siendo inspiración para las generaciones futuras de ingenieros siendo una de las construcciones más longevas e importantes en el mundo.

Datos Técnicos:

**Tabla 1.** Datos Técnicos del Puente Brooklyn

DESCRIPCION:	DATOS:
Inicio de la construcción	03- Enero-1870
Abierto al tráfico	24-Mayo-1883
Longitud de la luz principal	486 mts.
Longitud de la luces secundarias	283 mts.
Longitud de orilla a orilla	1053 mts.
Longitud total del Puente y Aprox.	1834 mts.
Ancho del Puente	26 mts.
N° de carriles	6 carriles
N° de cables	4 cables
Altura de las torres	84 mts.
Galibo de navegación	41 mts.
Longitud de cada de los 4 cables	1091 mts.
Ø de cada cable	15 ¾ pulg.
N° de torones de cada cable	5434 Und.
Longitud total de los cables	22627 mts.
Peso de la estructura suspendida	6620 Ton
Peso total del Puente	14680 Ton
Costo total del Puente	\$15,100,000

Fuente: Elaboración Propia



*Figura N° 4.* Puente Brooklyn

A-2) Puente Golden Gate: Es el puente más admirado de San Francisco, con una prolongación aprox. de 1280 mts; compuesta por dos torres de 227 mts. de altura Tiene un ancho de calzada de seis carriles para ambas direcciones, también cuenta con carriles transitable para uso peatonal y ciclovías. Permite una altura de 67mts. hacia abajo para el flujo náutico. Datos técnicos:

**Tabla 2.** Datos Técnicos Puente Golden Gate

DESCRIPCION:	DATOS:
Tiempo del proyecto	1933-1937
Material	Acero
Galibo de navegacion	67 mts.
Longitud total	2737 mts.
Vano mayor	1280 mts.
Ancho del puente	27 mts.
N° de pilonas	2
Altura	227 mts.
Anclaje de cada torre	64000 Ton
Peso principal de las dos torres	40200 Ton
Ø de cable principal	0.92 mts.
Longitud total de alambre de acero	129000 km
Peso de cables principales	22200 Ton
Costo total del Puente	\$ 18 millones USD

Fuente: Elaboración Propia



*Figura N° 5.* Puente Golden Gate

A-3) Puente Beipanjiang: El Puente más alto del Mundo, alberga una altura de 565 mts. por encima del río que conecta dos montañas del suroeste de China. La construcción se llevó a cabo Durante tres años desde el 2013, La longitud del puente es de 1.341 metros y costó cerca de 150 millones USD.



*Figura N° 6.* Puente Beipanjiang

A-4) Puente Millau, Francia: El puente de Millau en Aveyron (Francia), fue inaugurado en 2004 . Elevándose por encima del valle del río Tarn en las montañas del Macizo Central, el puente de Millau es el más alto del planeta, que se eleva a 343 metros en el cielo.

Datos técnicos:

**Tabla 3.** Datos Técnicos Puente Millau

DESCRIPCION:	DATOS:
Tiempo del proyecto	2001-2004
Material	Acero/ concreto
Galibo de navegacion	270 mts.
Longitud total	2460 mts.
Espesor de la autovia	4 mts.
Ancho del puente	32 mts.
Altura	343 mts.
Vol. Concreto utilizado	127000 Ton
Peso principal de las dos torres	127 000 m <sup>3</sup> :
Peso total de la estructura	350000 Ton
Costo total del Puente	\$ 394 millones de Euros

Fuente: Elaboración Propia



*Figura N° 7.* Puente Millau

A-5) Puente Hangzhou Bay, China: El puente más largo de China, el puente de la bahía de Hangzhou se extiende por 120 kilómetros estimando un tiempo de conducción de 2-4 horas. La vinculación de Shanghái a Ningbo en la provincia de Zhejiang, esta maravilla, ha evolucionado la forma de poder viajar en esta parte del mundo.



*Figura N° 8.* Puente Hangzhou Bay

A-6) Puente Qingdao Jiaozhou, China: Actualmente es el puente sobre el mar más extenso en el planeta, el puente de la bahía de Jiaozhou Qingdao se extiende por 26 millas que conecta el puerto de Qingdao a la isla Huangdao. y reduciendo la distancia entre ambas localidades en 31 km para su construcción se empleó un numero de más de 10000 personas.

Datos Técnicos:

**Tabla 4.** Datos Técnicos Puente Qingdao Jiaozhou

DESCRIPCION:	DATOS:
Tiempo del proyecto	2007-2011
Material	Concreto Pretensado
Galibo de navegacion	42500 mts.
Longitud total	26707000 mts.
Distancia mas larga (canal cangkour)	260 mts.
Ancho del puente	35 mts.
N° de pilares	5200 pilares
N° de carriles	6 carriles
Vol. Concreto utilizado	2.3 millones m <sup>3</sup> :
Peso de acero	450000 Ton
Costo total del Puente	\$ 2300 millones USD

Fuente: Elaboración Propia



*Figura N° 9.* Puente Qingdao Jiaozhou

a continuación, se describen algunos de los puentes más importantes del Perú

B-1) Puente Continental: Ubicado sobre el río Madre de Dios, constituye el más largo del Perú, con 723 metros de longitud. La obra implicó una inversión de 30 millones de dólares.



*Figura N° 10.* Puente Continental

Este puente consolida la integración entre el Perú y el Brasil, pues permite dar continuidad a la Carretera Interoceánica Sur. La longitud colgante de mayor longitud entre torres es de 320 mts. cada torre tiene una altura de 40 mts. su cimentación

está conformada por 12 pilotes de concreto armado con longitud de 50 mts. y con diámetro de 1.2 mts. hincados en el río.

B-2) Puente Aguaytía: se define como un puente colgante tipo viaducto con material compuesto de acero ya que la sección transversal del puente es de sección compuesta. Se inauguró en el 2011, situado en el km. 211+000 de la carretera Huánuco-tingo maría-Pucallpa sobre el río Aguaytía con una Longitud total del puente es de 576.40 mts. con un ancho de 8.70 mts, compuesta de dos carriles para ambas direcciones, dimensiones de la cámara de anclaje margen izquierdo son 18x19.20x10 mts; dimensiones de la cámara de anclaje margen derecho son de 27x20.40x13 mts. cumple la función estructural de puente tipo viga ya que, en su vista plata, incentivando al turismo y ayuda a transportar productos de primera necesidad



*Figura N° 11.* Puente Aguaytía

B-3) Puente Bellavista: Estrenado en el 2010, atraviesa el río Huallaga, departamento de san Martín desbloquea la interconexión de las localidades de bellavista y mariscal con la vía marginal de la selva. Incot fue la empresa que hizo posible esta construcción de esta obra de arte. El material del puente es de acero, su atirantamiento es de carácter simétrico, su tablero es metálico, enlazada a dos torres tiene una configuración tipo diamante de concreto armado de 58 mts de altura

separados a una distancia de 190 mts, tiene 64 tirantes de tipo semi arpa, tiene dos carriles para el flujo de automóviles, la estructura metálica es una de las que tienen mayor longitud en el país, así mismo la construcción de dicho puente ayuda a que el comercio entre localidades sea más factible y fluida donde las personas pueden apreciar desde su lejanía una majestuosa obra de arte. Tuvo una inversión de 17 millones de dólares USD.

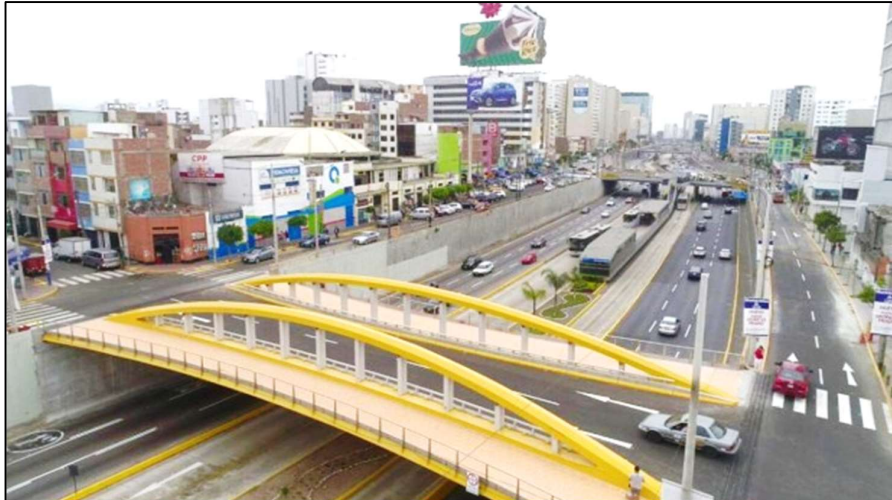


*Figura N° 12.* Puente Bellavista



#### B-4) Puente Leoncio Prado:

Inaugurada el 29 de diciembre del 2018, se ubica en la ciudad de Lima, Construido a la altura de la cuadra 52 de la Vía Expresa de Paseo de la República en el distrito de Surquillo y Miraflores dando continuidad a la calle Leoncio Prado, altitud  $4^{\circ}5'45.42''$ , longitud  $73^{\circ}36'20.71''$ , lleva nueve meses de funcionamiento desde que lo inauguró el exalcalde Luis Castañeda.



*Figura N° 13.* Puente Leoncio Prado

Fuente: Diario la Republica

Para salvar el cruce se planteó diseñar un puente arco superior por el tablero (arco bowstring) con dos arcos metálicos y un tablero mixto de acero y concreto. Los arcos separan las veredas laterales peatonales del tráfico vehicular, las veredas tienen un ancho variable a lo largo de 42.80 mts. De luz entre apoyos, oscila entre los 3.20 mts. en su zona más estrecha (el centro del puente), y los 4 mts. en la zona de estribo.

A continuación, se detallan algunos de los procesos constructivos de montaje y lanzamiento de superestructuras, es necesario conocer el sistema de construcción a utilizar.

#### C-1) Montaje y lanzamiento del Puente Millau, Francia:

Se empleo un método de lanzamiento especial de tramos sucesivos. Se colocó 64 desplazadores sobre las pilones y elementos provisionales estructuras de acero que se utilizó de soporte entre dos pilones).



*Figura N° 14.* Montaje y Lanzamiento del Puente Millau, Francia

Fuente: Elaboración Propia

Esto permitió lanzar las 36 000 ton. de tablero. fueron necesarios 18 empujes para enlazar las dos partes el armazón. Lo más resaltante es que el tablero tubo una forma tan delgada y sencilla de desplazar haciendo frente a condiciones climáticas extremas y eventos extremos. como movimientos sísmicos y vientos que pueden alcanzar los 225km/h.

C-2) Montaje y constuccion de tramos de la Línea 1 del metro de Lima:

La línea 1 está proyectada para unir a los distritos de Villa El Salvador por el sur de Lima, con el distrito de San Juan de Lurigancho por el Noroeste de la ciudad de Lima, constituyendo también a los distritos de San Juan de Miraflores, Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y Cercado de Lima.

Para su construcción el 1° tramo de la Línea 1 (Villa El Salvador - Cercado de Lima), que tiene una prolongación de 22.1 kms. y cuenta con 16 estaciones (5 en superficie y 11 elevadas),



**Figura N° 15.** Montaje y construcción de tramos de la Línea 1

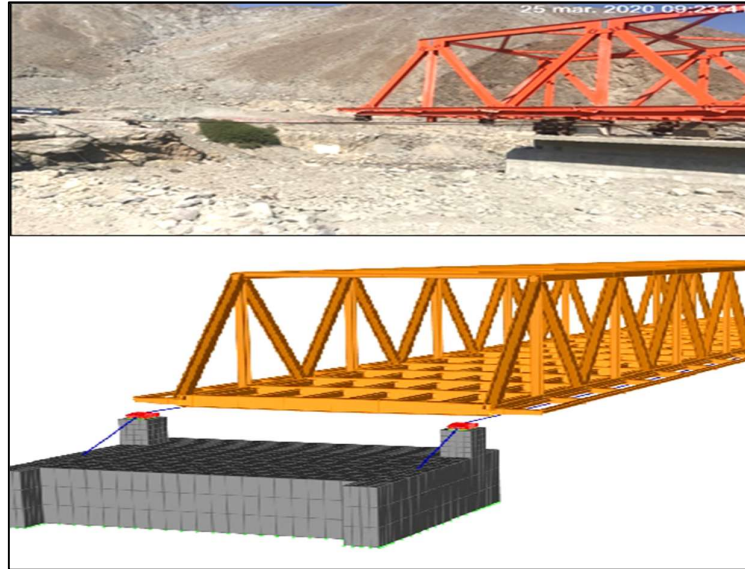
Fuente: Diario la Republica

El 2° tramo de la Línea 1 (Cercado de Lima - San Juan de Lurigancho), con prolongación de 11.9 kms. y contará con 10 estaciones. El procedimiento de la secuencia constructiva se desarrolló a través de

- Izaje y montaje de dovelas metálicas y losas prefabricadas.
- Colocación y curado de juntas en las losas prefabricadas.
- Seguimiento y control de la secuencia sucesiva durante el desplazamiento de las dovelas.
- Comprobaciones y replanteos geométricos específicos para el control de deformación del tablero del puente.

#### C-3) Montaje y Lanzamiento del Puente Chuquicara:

Ubicada en el km 0+28.3427 centro poblado de Chuquicara, Ancash - Junin, Para los trabajos de ingeniería, las etapas de montaje y lanzamiento se desarrollan por módulos que consisten en armar cada módulo en función del desplazamiento parcial del reticulado durante la etapa de lanzamiento la estructura metálica, se arma el primer módulo luego el siguiente módulo, controlando las deformaciones producidas en el cable conforme avanza el lanzamiento de la estructura metálica se colocaron cables contravientos en el extremo delantero del cordón inferior para el control del movimiento por acción del viento.

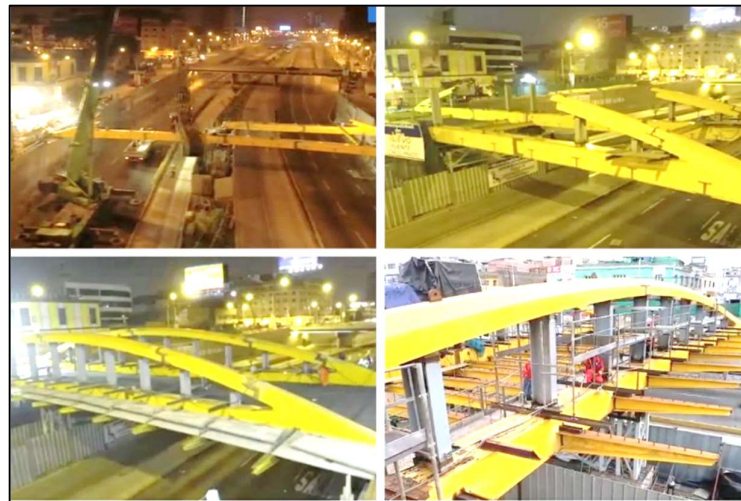


**Figura N° 16.** Montaje y Lanzamiento del Puente Chuquicara

Fuente: Elaboración Propia

#### C-4) Izaje y Montaje del Puente Leoncio Prado:

Se ubica en la ciudad de Lima, Construido a la altura de la cuadra 52 de la Vía Expresa de Paseo de la República en el distrito de Surquillo y Miraflores, para su ejecución fue necesario realizar los trabajos de Izaje y montaje en horas de la madrugada cerrando la vía expresa desde las 12:00 am hasta las 6:00 am.



**Figura N° 17.** Izaje y Montaje del Puente Leoncio Prado

Fuente: Elaboración Propia

se contó con equipos electromecánicos aplicando soldadura a las uniones de cada elemento del puente, grúas para el izaje y mano de obra calificada y homologada. Se procedió con la instalación de una torre de apeo en la parte central de la longitud donde se montara el puente, así mismo se procede con el izaje y montaje de vigas principales colocándolas en la torre de apeo apuntalando con vigas transversales en la parte central y de ambos márgenes , luego con el izaje y montaje de péndolas, vigas transversales restantes, vigas de arco, vigas costillas y vigas de amarre, se desarrolló un seguimiento y control para controlar las deformaciones producidas durante la etapa de instalación de pre-losa y construcción de losa del puente a través de galgas dispositivos que se instalaban en las péndolas del puentes que esto a su vez era monitoreados desde una computadora

#### C-5) Izaje, Montaje y lanzamiento del Puente Nanay:

EL puente nanay es uno de los puentes mas importantes que se bienen desarrollando Del expediente tecnico, el tramo del puente atirantado se extiende entre los pilares P27 (1+406.55) y P28(1+830.05). La estructura tiene una luz central de 241.50 mts. y tramos laterales d 91 mts. La super estructura se encuentra soportada por 2 planos de cables tirantes que transminen las cargas hacia la torre de concreto de 80 mts. de altura total. Los pilares P27 y P28 (denominados pilares de anclaje) limitan las deflexiones y las demandas transmitidas a la torre por defecto de las cargas de servicio.



*Figura N° 18.* Izaje, Montaje y lanzamiento del Puente Nanay

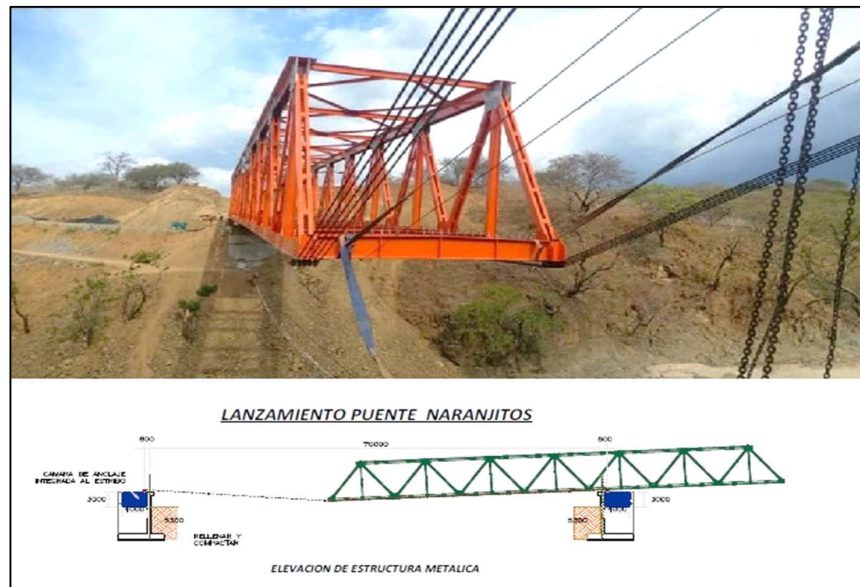
Fuente: Elaboración Propia

La secuencia constructiva del izaje, montaje y lanzamiento de dovela 10.5 ml incluido losas prefabricadas posicionadas:

- Izaje y montaje de dovela metálica con losas prefabricadas en su posición final.
- Montaje y tesado de los tirantes y descarga de la suspensión de la dovela al equipo.
- Colocación y curado de juntas en las losas prefabricadas.
- Avance del equipo de izado para la dovela siguiente.
- Seguimiento y control del cálculo sucesivo del tesado de los tirantes adaptándose a las cargas existentes en cada momento.
- Comprobaciones geométricas y replanteos sistemáticos para control de deformación del tablero del puente.

#### C-6) lanzamiento del Puente Naranjitos:

El sistema de lanzamiento se produjo a través de cables tensados a ambos márgenes del puente, se montó la estructura metálica al 100% se le hizo la contraflecha de montaje antes de preceder a trasladarla por encima de los cables de lanzamiento, que con ayuda de un Tirfor y eslingas colocadas en el margen opuesto se procedió a jalar para que estructura metálica avance hasta su posición final, se hizo un seguimiento y control de la deformación durante el lanzamiento.



*Figura N° 19.* Lanzamiento del Puente Naranjitos














Fuente: Elaboración Propia

La presente investigación detalla la puesta en servicio del Puente de la Amistad que tiene un sistema atirantado así mismo se describen de forma teórica las tipologías, sistemas de suspensión y distribución de sus tirantes:

D-1) Clasificación de Puentes Atirantados: distinguen por la diversidad de distribución de sus tirantes para así brindar una extensión más atrayente hacia la mirada de los habitantes., a través del uso de tirantes que trabajan a tracción.

D-2) Por la Distribución de sus Tirantes:

**Tabla 5.** Distribución de tirantes en Puentes Atirantados

DISTRIBUCION DE TIRANTES					
	SENCILA	DOBLE	TRIPLE	MULTIPLE	COMBINADA
RADIAL					
ARPA					-
ABANICO	-				
ESTRELLA	-		-	-	

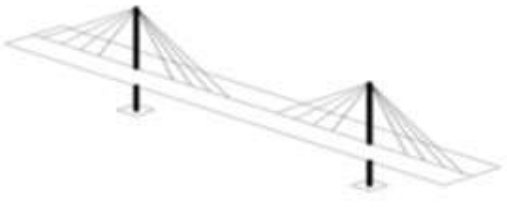
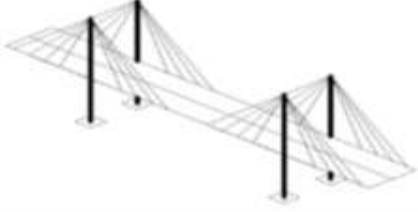
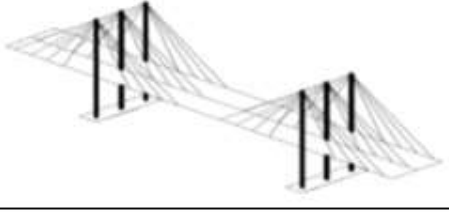
Fuente: Elaboración Propia

D-3) Por su Sistema de Suspensión:

No simplemente Influye en el desempeño y serviciabilidad, si no también sus componentes que la establecen, las técnicas constructivas en función a la ingeniería de campo y detalle y al costo general del proyecto.








**Tabla 6.** Sistema de Suspensión en Puentes Atirantados

SISTEMA DE SUSPENSIÓN EN PUENTES ATIRANTADOS				
	RADIAL	ARPA	ABANICO	ESTRELLA
SUSPENSIÓN CENTRAL				
SUSPENSIÓN LATERAL				
TRES PLANOS DE CABLES				

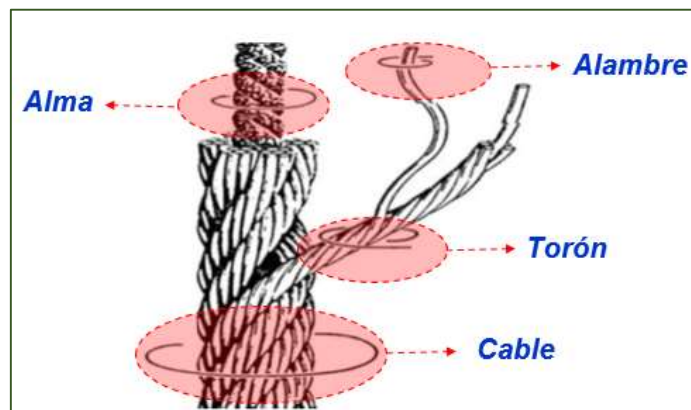
Fuente: Elaboración Propia

Cables de acero: son elementos dúctiles que trabajan a tracción que debió a su área en relación con su longitud alcanzan resistencia a la tracción, lo cual la resistencia se divide de manera equitativa entre si con los hilos del cable concediéndole que cada hilo quede impuesto a la misma tensión permisible de diseño del torón.

**Tabla 7.** Clasificación de torones según su diámetro y numero

CLASIFICACION DE TORONES SEGÚN DIÁMETRO Y NUMERO DE TORONES					
- Este torón esta acoplado por siete hilos, tiene un hilo central y seis hilos del mismo diámetro que lo circunscriben.					
- El torón seale comprende en la última capa hilos de notable diámetro que la capa interior, así también un hilo interno con mayor diámetro, facilitándole al torón importante resistencia a la desgaste					
- Este modelo de torón se caracteriza por disponer entre dos capas de hilos, otros hilos más finos en la cual rellenan los espacios vacíos existentes entre si. Se utiliza cuando se requiere una buena resistencia al aplastamiento.					
- el torón warrington, se distingue por contener una capa exterior integrada por hilos de dos diámetros opuestos, emparejando su posición dentro de la corona,					
es una mezcla de las anteriormente señaladas y enlaza las mejores particularidades de ambas; la distribución de hilos finos internos aporta resistencia, mientras que la última capa de hilos relativamente gruesos aporta resistencia a la abrasión					

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 20.** Detalle del cable de Acero

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se describe las especificaciones técnica del sistema de tirantes (Sistema H1000) desarrollada por la empresa Freyssinet Tierra Armada, que participo en la instalación y tensado de los tirantes del puente de la amistad.

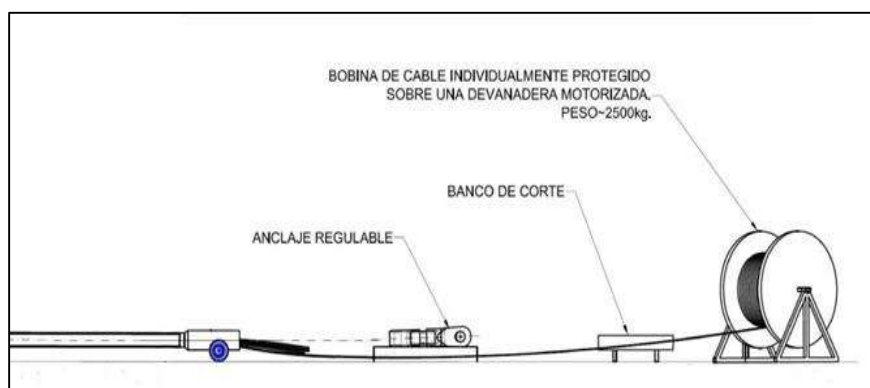
D-5) Especificaciones Técnicas de Sistema de Tirantes (Sistema H1000):

El cordón se compone de 7 hilos de alta resistencia, con un diámetro de 15.7 mm. Se denomina monostrand Freyssinet; El monostrand Freyssinet se compone de un cordón de pretensado galvanizado de grado 1860MPa. Cumple con la mayoría de las normas nacionales e internacionales en cuanto a propiedades geométricas, mecánicas son similares a las definidas ASTM A416-12, los torones están revestido de una vaina de polietileno de alta densidad (PEAD) y está protegido por un relleno de cera petrolífera que elimina los vacíos existentes entre los hilos y entre los hilos y la vaina. Ello hace que el monocordón Freyssinet posea un sistema anti-corrosión resultado de un proceso industrial con un grado de calidad que permite utilizar los tirantes Freyssinet sin otra protección contra la corrosión.



*Figura N° 21.* Elementos Mecánicos de los Tirantes

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 22.** Detalle de la instalación del Tirante en el Accesorio In-Situ

Fuente: Freyssinet Tierra Armada

**Tabla 8.** Propiedades Geométricas

DESCRIPCION	DATO
Diámetro nominal	15.7 mm
Sección nominal	150 mm <sup>2</sup>
Tolerancia en la sección (comprendido la galvanización)	+/- 2%
Masa nominal	1172 gr/m
Tolerancia en la masa nominal	+/- 24 gr/m

Fuente: Freyssinet Tierra Armada

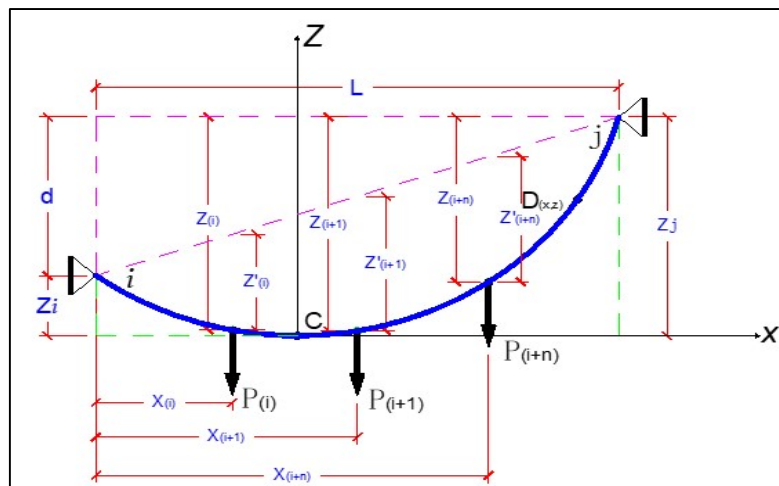
**Tabla 9.** Propiedades Mecánicas

DESCRIPCION	DATO
Resistencia nominal la tracción	1860 MPa
Carga de rotura propiedad especificada	279.0 KN
Carga en el límite convencional de elasticidad al 0.1 %	248.0 KN
Alargamiento mínimo a carga máxima bajo $L_0 > 500$ mm	3.5 %
Relajación máxima a 1000 h (carga inicial al 70% de la carga máxima)	2.5 %
Coeficiente de construcción en rotura	25%
Módulo de Young (GPa)	185 a 205
Ensayo de tracción desviada $D_{Max}$	20%
Densidad del acero de pretensado galvanizado (kg/m <sup>3</sup> )	7810

Fuente: Freyssinet Tierra Armada

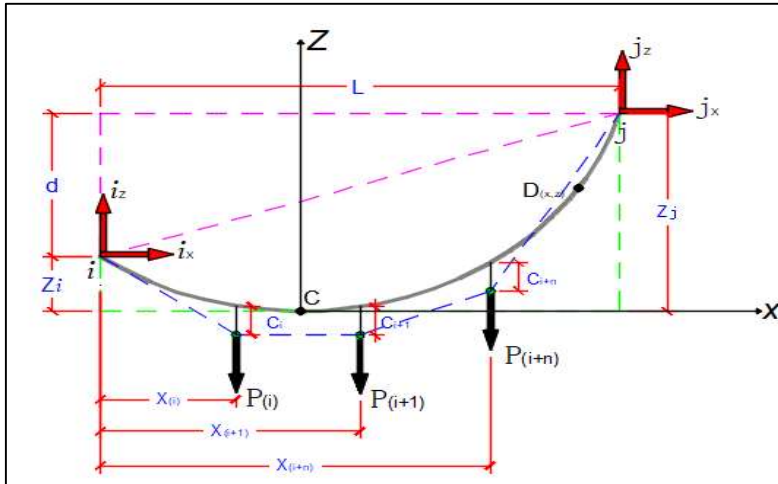
Para poder entender esta investigación se llevó a cabo el estudio basado en la elástica aplicada en cables (elementos no lineales). El objetivo de los cables es establecer un conjunto de apoyos adjuntos al sistema de lanzamiento de las vigas metálicas del puente de la amistad con falso puente colgante y para la etapa final de la construcción del puente se hizo el tensado de los tirantes, así mismo para entender e interpretar los conceptos fundamentales de la Teoría de Cables aplicada en la ingeniería: se consideran algunas hipótesis de la mecánica estática basándose en la teoría de las pequeñas deformaciones donde:

se consideran Tres tipos de cargas actuantes el peso la estructura o elemento y dos fuerzas de tensión en cada una de las puntas de la cuerda descomponiendo la tensión resultante en sus vectores direccionales. Cuando hay hundimiento en la curva del cable nos damos cuenta que las fuerzas verticales no cambian en cambio las fuerzas horizontales cambian significativamente (disminuye la fuerza tensora). Si las torres de apoyo que hace posible al sistema de falso puente colgante fuesen más altas la tensión en los cables se reducirán drásticamente permitiendo un diseño más económico. Si las torres de apoyo son de mayor altura y esbeltas se producirá momentos en los extremos de la torre. El cable solo trabaja a esfuerzos de tensión por lo que carecen de flexión. Así mismo tenemos la siguiente representación matemática



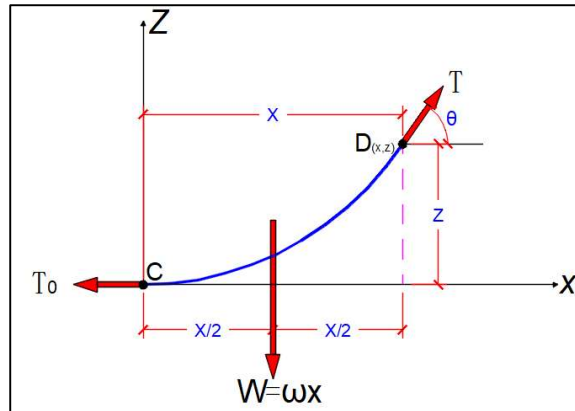
**Figura N° 23.** Detalle de Cable con Cargas Concentradas

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 24.** Detalle de la Deformación vertical del cable por acción de cargas

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N° 25.** Detalle de Corte del cable en el punto mas bajo

Fuente: Elaboración Propia

Del detalle en la **Figura N° 25** Hacemos sumatorias de las fuerzas en la dirección vertical y horizontal, la carga “W” es la carga concentrada en el cable ya que internamente tiene una carga uniformemente repartida ya sea por su propio peso o por cargas puntuales

$$\rightarrow (+) \sum F_x = 0 ; \rightarrow T \cos \theta - T_0 = 0$$

$$\uparrow (+) \sum F_z = 0 ; \rightarrow T \sin \theta - W = 0$$

$$T \cos \theta - T_0 = 0 ; \quad T \sin \theta - W = 0$$

Ec<sub>1</sub>

Elevamos al cuadrado ambas expresiones

$$(T \cos \theta)^2 = (T_0)^2 \quad (T \sin \theta)^2 = (W)^2 \quad \text{Ec}_2$$

Sumamos ambas ecuaciones Ec<sub>1</sub> y Ec<sub>2</sub>

$$\frac{(T \cos \theta)^2 = (T_0)^2}{(T \sin \theta)^2 = (W)^2}$$

$$(\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) T^2 = T_0^2 + W^2$$

$$T^2 = T_0^2 + W^2 \dots \dots \dots T = \sqrt{T_0^2 + W^2} \quad \text{Ec}_3$$

Cables con Apoyo a un Mismo Nivel: Cuando los apoyos en el nodo (i) y (j) del cable tienen la misma altura

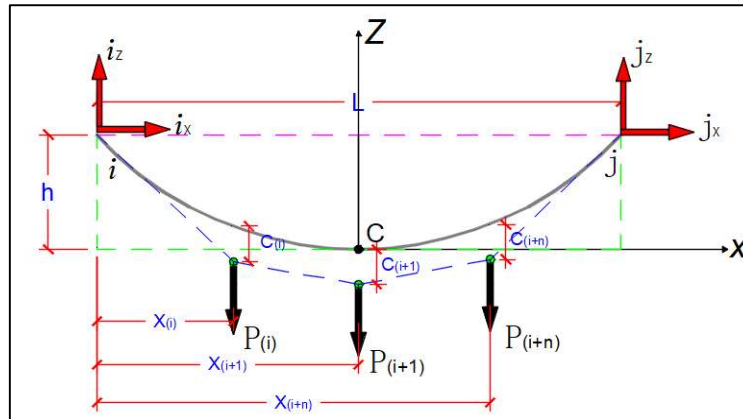


Figura N° 26. Detalle de con apoyos a un mismo nivel

Fuente: Elaboración Propia

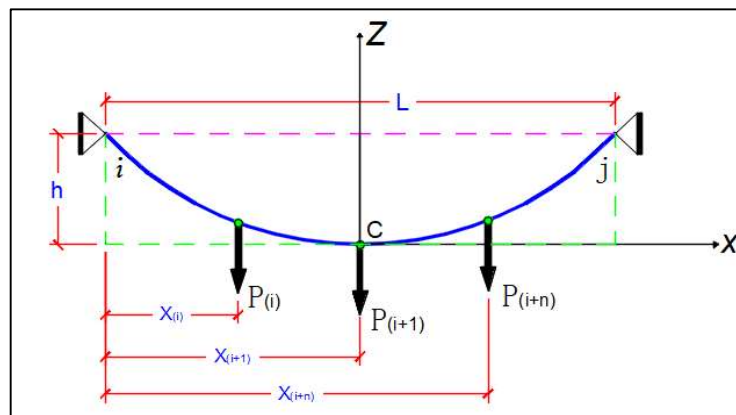


Figura N° 27. Detalle de Deformación en el cable con apoyos al mismo nivel

Fuente: Elaboración Propia

Como  $W = \omega x$  es el peso donde

$\omega =$  densidad del cable por unidad de longitud

$x =$  longitud

$$T^2 = T_0^2 + W^2 \quad \text{reemplazando en la ecuación Ec}_3 \text{ se tiene} \quad T^2 = T_0^2 + (\omega x)^2$$

$$\therefore T = \sqrt{T_0^2 + (\omega x)^2} \quad \text{Ec}_4$$

Hacemos sumatorias de momentos en el punto D

$$\sum M_D = 0 ; \rightarrow -W \left( \frac{x}{2} \right) + T_0 z = 0$$

Reemplazando:

$$-\omega x \left( \frac{\omega x}{2} \right) + T_0 z = 0 \quad \rightarrow \quad \omega \frac{x^2}{2} = T_0 z$$

$$\therefore z = \omega \frac{x^2}{2T_0} \quad \text{Ec}_5$$

cálculo de la longitud del cable cuando los soportes tienen diferente cota, debemos determinar el punto más bajo evaluado en "c" hasta uno de los soportes. De la ecuación Ec<sub>5</sub> se procede a derivar en función de "x"

$$dy = \frac{2\omega x}{2T_0} dx \rightarrow dz = \frac{\omega x}{T_0} dx \rightarrow \frac{dz}{dx} = \frac{\omega x}{T_0}$$

Reemplazando W en la expresión  $(\omega x)$  se obtiene

$$\frac{dz}{dx} = \frac{W}{T_0} \rightarrow W = T_0 \frac{dz}{dx} \quad \text{Ec}_6$$

Reemplazamos la Ec<sub>6</sub> en la ecuación Ec<sub>3</sub> se obtiene

$$T = \sqrt{T_0^2 + W^2} \rightarrow T = \sqrt{T_0^2 + \left( T_0 \frac{dz}{dx} \right)^2}$$

$$T = T_0 \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{dz}{dx} \right)^2} \right] \quad \text{Ec}_7$$



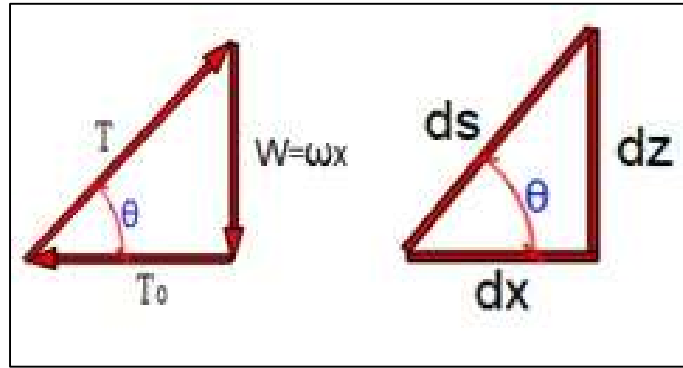


Figura N° 28. Relación entre las fuerzas aplicadas y coordenadas diferenciales

Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica **Figura N° 28**. Relación entre las fuerzas aplicadas y coordenadas diferenciales entendemos lo siguiente:

$$\cos\theta = \frac{T_0}{T} \dots \dots \dots (i)$$

$$\cos\theta = \frac{dx}{ds} \dots \dots \dots (ii)$$

Igualando las expresiones (i) y (ii) se obtiene

$$\frac{dx}{ds} = \frac{T_0}{T}$$

$$T \left( \frac{dx}{ds} \right) = T_0$$

Ec8

Remplazando la Ec7 en la Ec8 y simplificando se obtiene

$$T = T \left( \frac{dx}{ds} \right) \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{dz}{dx} \right)^2} \right] \rightarrow 1 = \left( \frac{dx}{ds} \right) \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{dz}{dx} \right)^2} \right] \rightarrow$$

$$ds = dx \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{dz}{dx} \right)^2} \right] \rightarrow \int_0^s ds = \int_0^{x_j} \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{dz}{dx} \right)^2} \right] dx$$

$$s = \int_0^{x_j} \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{dz}{dx} \right)^2} \right] dx$$

Ec9

De la derivada  $\frac{dz}{dx} = \frac{\omega x}{T_0}$  emplazando en la Ec9 se tiene

$$s = \int_0^{x_j} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{\omega x}{T_0}\right)^2} \right] dx = \int_0^{x_j} \left( 1 + \frac{\omega^2 x^2}{2T_0^2} - \frac{\omega^4 x^4}{8T_0^2} + \dots \right) dx$$

Utilizando el teorema del binomio para prolongar el radical en una serie infinita se obtiene:

$$S = x_j \left( 1 + \frac{\omega^2 x_j^2}{6T_0^2} - \frac{\omega^4 x_j^4}{40T_0^2} + \dots \right) \quad \text{Ec}_{10}$$

Se sabe que de la Ec5  $z = \omega \frac{x^2}{2T_0}$

$$S = x_j \left[ 1 + \frac{2}{3} \left(\frac{z_j}{x_j}\right)^2 - \frac{2}{5} \left(\frac{z_j}{x_j}\right)^4 + \dots \right] \quad \text{Ec}_{11}$$

La ecuación Ec9 nos ayuda a calcular la longitud del cable cuando la posición en los apoyos se encuentra a diferente altura se deberá calcular los primeros términos, en el libro de Mecánica Vectorial para Ingenieros nos explica que la serie converge para valores menores a 0.5 en la relación de  $\frac{z_j}{x_j}$  para tener mejor precisión de los datos numéricos se convendrá determinar los dos primeros resultados de la serie.

Cálculo de la Catenaria en los cables: Se denomina catenaria a la deformación producida por el peso propio del cable es un peso repartido en una carga repartida en toda la prolongación del cable (kg-f/m), haciendo un análisis medido desde el punto "c" hasta el punto "D"

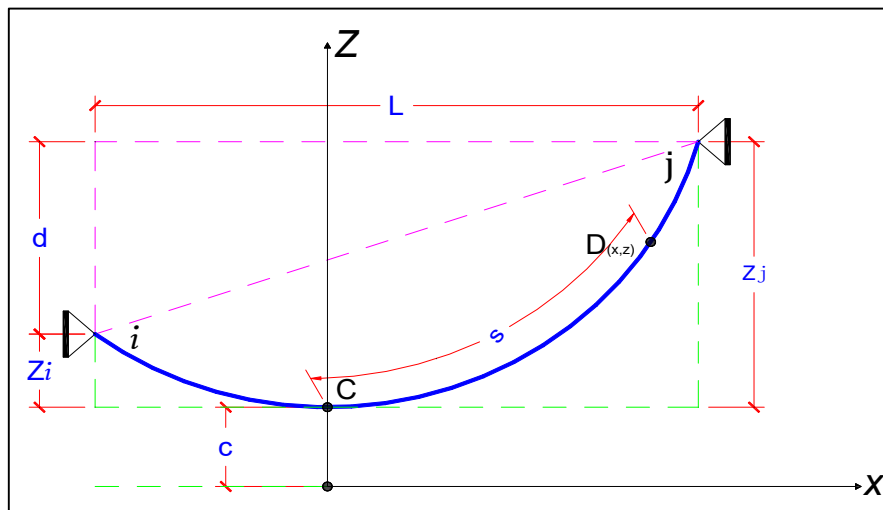


Figura N° 29. Detalle de la Catenaria en el Cable

Fuente: Elaboración Propia

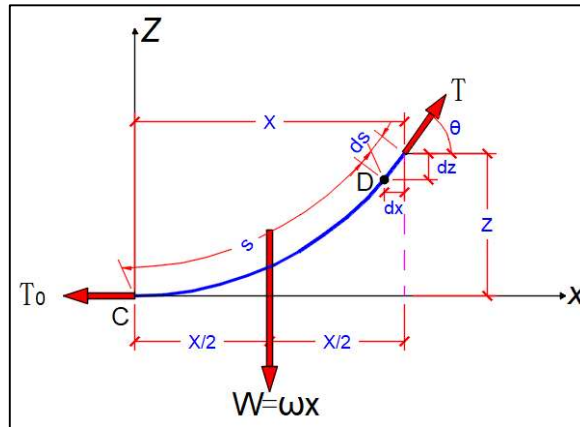


Figura N° 30. Detalle del corte de la Catenaria

Fuente: Elaboración Propia

Se sabe que:

$$T^2 = T_0^2 + W^2$$

$$T_0 = \omega c \quad \text{donde "c" es una constante}$$

Sustituimos la variable "x" por la "s" entonces tendremos la siguiente expresión:

$$\rightarrow (+) \sum F_x = 0 ; \rightarrow T \cos \theta - T_0 = 0$$

$$\uparrow (+) \sum F_z = 0 ; \rightarrow T \sin \theta - W = 0$$

$$T \cos \theta - \omega c = 0 ; \quad T \sin \theta - \omega s = 0 \quad \text{Ec12}$$

Elevamos al cuadrado ambas expresiones

$$(T \cos \theta)^2 = (\omega c)^2 \quad (T \sin \theta)^2 = (\omega s)^2 \quad \text{Ec13}$$

Sumamos ambas ecuaciones Ec12 y Ec13

$$\frac{(T \cos \theta)^2 = (\omega c)^2}{(T \sin \theta)^2 = (\omega s)^2}$$

$$(\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) T^2 = (\omega c)^2 + (\omega s)^2$$

$$T^2 = (\omega c)^2 + (\omega s)^2$$

$$T = \sqrt{(\omega c)^2 + (\omega s)^2}$$

$$T = \omega \sqrt{c^2 + s^2} \quad \text{Ec14}$$

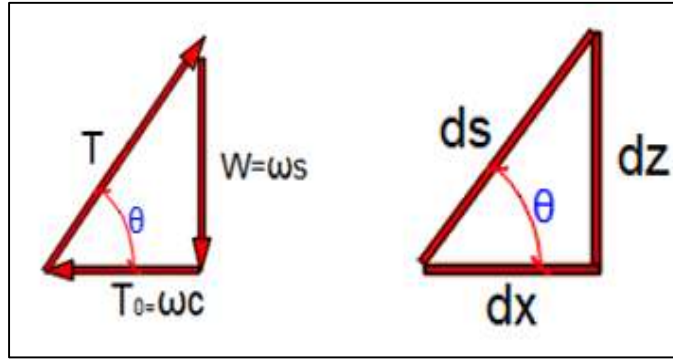


Figura N° 31. Relación entre Fuerzas descompuestas y coordenadas diferenciales

Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica Figura N° 31 se entiende lo siguiente:

$$\cos\theta = \frac{dx}{ds} \dots \dots \dots (iii)$$

$$\text{sen}\theta = \frac{dz}{ds} \dots \dots \dots (iv)$$

De la gráfica cartesiana en función a las a los esfuerzos producidos en el cable se entiende lo siguiente

$$\cos\theta = \frac{T_0}{T} \rightarrow \cos\theta = \frac{\omega c}{T} \dots \dots \dots (v)$$

$$\text{sen}\theta = \frac{W}{T} \rightarrow \text{sen}\theta = \frac{\omega s}{T} \dots \dots \dots (vi)$$

Igualando las expresiones (i) y (iii) se obtiene

$$\frac{dx}{ds} = \frac{\omega c}{T};$$

Despejamos "T" en función de la expresión diferencial

$$T = \left(\frac{ds}{dx}\right) \omega c$$

Ec15

Remplazamos la Ec15 en Ec14 ya al mismo tiempo simplificando la expresión

$$\left(\frac{ds}{dx}\right) c = \sqrt{(c)^2 + (s)^2}$$

$$c(ds) = \left( \sqrt{(c)^2 + (s)^2} \right) dx$$

$c(ds) = c \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{s}{c}\right)^2} \right] dx$  simplificamos las variables repetidas y obtenemos una ecuación diferencial

$$\frac{ds}{\left[ \sqrt{1 + \left(\frac{s}{c}\right)^2} \right]} = dx$$

Integramos la ecuación diferencial

$$\int_0^x dx = \int_0^s \frac{ds}{\left[ \sqrt{1 + \left(\frac{s}{c}\right)^2} \right]} \dots \dots \dots (vii), \text{ aplicamos un cambio de variable } u = \frac{s}{c}, \quad du =$$

$$\frac{ds}{c} \text{ despejamos y tenemos } c \, du = ds$$

Remplazamos el cambio de variable en la expresión (vii)

$$\int_0^x dx = c \int_0^s \frac{du}{\left[ \sqrt{1 + (u)^2} \right]} \dots \dots \dots (viii)$$

Resolvemos la expresión (viii) y sustituimos los variables a su expresión normal

$$x = c \left[ \operatorname{senh}^{-1} \left( \frac{s}{c} \right) \right]$$

∴ se tiene que es un arco seno hiperbólico lo invertimos para dejar la expresión en función de x

$$s = c \left[ \operatorname{senh} \left( \frac{x}{c} \right) \right] \tag{EC16}$$

De la relación que existe entre las coordenadas cartesianas y diferenciales

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{dz}{dx} \dots \dots \dots (ix)$$

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{w}{T_0} = \frac{\omega s}{\omega c} \dots \dots \dots (x)$$

Iguamos la expresión (ix) y la (x)

$$\frac{dz}{dx} = \frac{s}{c} \dots \dots \quad c \, dz = s \, dx \tag{EC17}$$

Remplazamos EC<sub>16</sub> en EC<sub>17</sub> y simplificamos variables iguales y luego desarrollamos la ecuación diferencial y aplicando el artificio de cambio variables los límites de la ecuación dz es de desde el punto c hasta la altura z

$$dz = \left[ \sinh\left(\frac{x}{c}\right) \right] dx \dots \dots \dots \int_c^z dz = \int_0^x \left[ \sinh\left(\frac{x}{c}\right) \right] dx$$

$$u = \frac{s}{c}, \quad du = \frac{ds}{c} \quad \text{despejamos y tenemos} \quad c \, du = ds$$

$$\int_c^z dz = c \int_0^u [\sinh(u)] du$$

Resolviendo la ecuación diferencial se sabe que cuando la variable  $u = 0$  se entiende que:  $\sinh(0) = 0$ ;  $\cosh(0) = 1$  así mismo tenemos

$$z - c = c \left[ \cosh\left(\frac{x}{c}\right) \right] - c$$

Así mismo tenemos la siguiente expresión

$$z = c \left[ \cosh\left(\frac{x}{c}\right) \right] \tag{EC18}$$

Cálculo de la catenaria en el eje de la ordenada tomando de referencia la posición más bajo “c” obtiene el nombre de parámetro de la catenaria.

Se entiende con sustitución de variables que

$$T = \omega z \dots \dots \dots \text{ mide la tensión máxima } (T_{\min})$$

$$T_0 = \omega c \dots \dots \dots \text{ mide la tensión mínima } (T_{\max})$$

$$W = \omega s \dots \dots \dots \text{ peso puntual de la carga repartida}$$

Dada la Ec<sub>3</sub> remplazando en ella los valores reestablecidos

$$T = \sqrt{T_0^2 + W^2} \dots \dots \dots (\omega z)^2 = (\omega c)^2 + (\omega s)^2$$

$z^2 = c^2 + s^2 \dots \dots \dots$  Despejando “c” obtenemos el parámetro de la catenaria.

$$c^2 = z^2 - s^2 \tag{EC19}$$

Flecha del cable:

$$h = z_i - c \tag{EC20}$$

para calcular el valor del parámetro de la catenaria “c” se igualan ambas ecuaciones la Ec<sub>18</sub> con Ec<sub>20</sub>

$$h + c = c \left[ \cosh\left(\frac{x}{c}\right) \right]$$

$$(h + c) \frac{1}{c} = \frac{1}{c} \left\{ c \left[ \cosh\left(\frac{x}{c}\right) \right] \right\}$$

La estimación se resuelve iterando valores de prueba de carácter sucesivo atreves de la siguiente ecuación se deberá formular una tabla para su correcta verificación.

$$\frac{h}{c} + 1 = \cosh\left(\frac{x}{c}\right) \tag{EC21}$$

c	$\frac{x}{c}$	$\frac{h}{c}$	$\frac{h}{c} + 1$	$\cosh\left(\frac{x}{c}\right)$

Fuente: Elaboración Propia

#### E-1) Consideraciones para el análisis en Puentes:

Para el análisis del diseño estructural en función de la ingeniería campo y detalle las cargas que ejercen sobre las estructuras se considera los diferentes tipos de cargas que están en función de los Estados Limites entre ellos tenemos:

**Tabla 10.** Tipos de Cargas

TIPOS DE CARGAS	
<b>CARGAS PERMANENTES:</b>	<b>SIMB.</b>
Fuerza de arrastre hacia abajo	DD
carga muerta de componentes estructurales y no estructurales	DC
carga muerta de la superficie de rodadura y dispositivos auxiliares	DW
presión de tierra horizontal	EH
Esfuerzos residuales acumuladas resultantes del proceso constructivo,	EL
Carga superficial del terreno	ES
presión vertical del terreno	EV
fuerzas secundarias de postensado	PS
Contracción	SH
<b>CARGAS TRANSITORIAS:</b>	<b>SIMB.</b>
explosiones	BL
fuerza de frenado vehicular	BR
Creep del concreto	CR
fuerza centrífuga de los vehículos	CE
Fluencia lenta	CR
Fuerza de choque vehicular	CT
Fuerza de choque de barcos	CV
Sismo	EQ
Fricción	FR
carga de hielo	IC
carga de impacto	IM
Carga vehicular	LL
sobrecarga de la carga viva	LS
sobrecarga peatonal	PL
asentamiento	SE
gradiente de temperatura	TG
temperatura uniforme	TU
carga de agua y presión de flujo	WA
viento sobre la sobre la carga viva	WL
viento sobre la estructura	WS

Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C, 2018,p.129)



Así tener una mejor predicción de resultados más cercanos a la realidad es necesario determinar el tipo de material a utilizar por lo que recurrimos a la siguiente tabla de Pesos Específicos.

**Tabla 11.** Pesos Específicos de los Materiales

PESOS ESPECIFICOS DE LOS MATERIALES		kgf/m <sup>3</sup>
Aluminio		2800
Acero		7850
Arena, tierra o grava, arcillas		1600
Arena, tierra o gravas compactadas		1900
Agua	Dulce:	1000
	Salada:	1020
Asfalto, Macadam		2200
Balasto		2250
Concreto	Ligero:	1740
	Normal:	2400
	Armado:	2500
Hierro forjado		7200
Mampostería de piedra		2700
Madera		1020
Carriles y complementos		300 kg/m

Fuente: Elaboración propia, (M.T.C., 2018, p.89)

**Tabla 12.** Modificadores de Cargas  $\eta$

DESCRIPCIÓN	CONDICION	$\eta_D$	$\eta_R$	$\eta_I$
<b>DUCTILIDAD</b>				
estructuras no dúctiles	$\geq$	1.05	-	-
diseños y detalles	=	1	-	-
estructuras con fines de mejorar la ductilidad	$\geq$	0.95	-	-
Demas Estados Limites	=	1	-	-
<b>REDUNDANCIA</b>				
Componentes no redundantes	$\geq$	-	1.05	-
Componentes redundantes	=	-	1	-
Componentes notables de redundancia	$\geq$	-	0.95	-
Demas Estados Limites	=	-	1	-
<b>IMPORTANCIA OPERATIVA</b>				
Estructuras primordiales	$\geq$	-	-	1.05
Estructuras típicas	=	-	-	1
Estructuras temporales	$\geq$	-	-	0.95
Demas Estados Limites	=	-	-	1

Fuente: Elaboración propia (M.T.C., 2018, p.85, p.87)

Según M.T.C, (2018) Establece que los Estados Límites en el artículo 2.4.5.3 son los siguientes:

**Tabla 13.** Estados Limites

ESTADOS LIMITES	
DESCRIPCION:	COMBINACION DE CARGAS
Estado Limite de Servicio	I Básica, velocidad de viento = 90 km/h
	II Aplicado a estructuras de acero con el objetivo de controlar los desplazamientos producida por cargas vehiculares
	III Aplicada a estructuras pretensadas, con la misión de controlas las fisuras
	IV Aplicada a Subestructuras pretensadas, con la misión de controlas las fisuras
Estado Limite de Resistencia	I Básica, uso vehicular normal, sin viento.
	II uso vehicular diseño especial, sin viento.
	III Velocidad de viento > 90 km/h.
	IV Solicitaciones elevadas por acción de cargas permanentes y sobrecarga
	V Uso vehicular normal, Velocidad de viento = 90 km/h.
Estado Limite de Evento Extremo	I Contiene sismo
	II Contiene cargas de hielo, eventos hidráulicos, colisión de vehículos (CT)
Estado Limite de Fatiga y Fractura	I Para uso de mayor tráfico (fatiga infinita)
	II Para uso de menor tráfico (fatiga finita)

Fuente: Elaboración propia, (M.T.C., 2018, p.131)

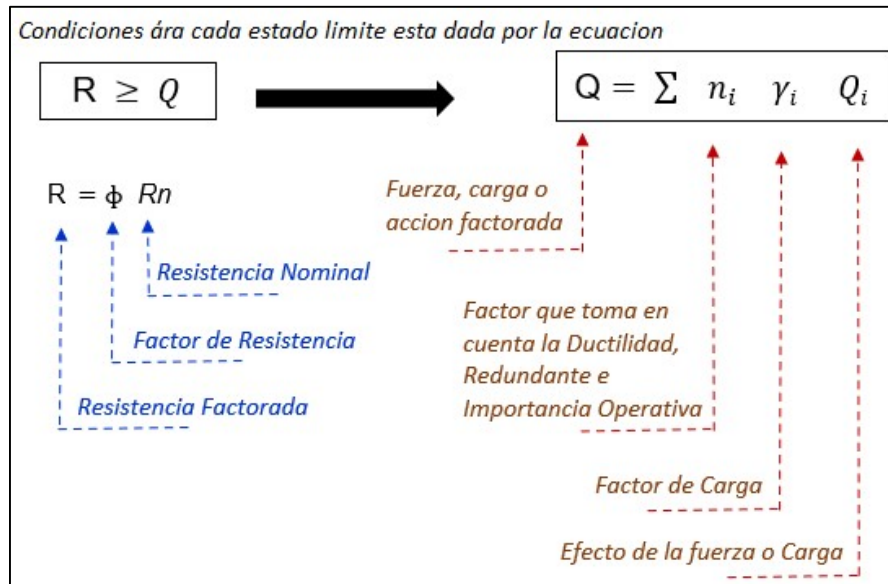


Figura N° 32. Ecuación para los Estados Limites (M.T.C., 2018, p.130)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Combinaciones de Cargas y Factores de Cargas

Combinacion de Cargas Estados Limites	TIPO	DC	ES	DD	EL	DW	PS	EH	CR	EV	SH	LL	M	CE	BR	PL	LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	EQ	BL	IC	CT	CV
		RESISTENCIA	I	$\gamma_p$	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-
RESISTENCIA	II	$\gamma_p$	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
RESISTENCIA	III	$\gamma_p$	-	1.00	1.40	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
RESISTENCIA	IV	$\gamma_p$	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
RESISTENCIA	V	$\gamma_p$	1.35	1.00	0.40	1.00	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
EVENTO EXTREMO	I	1.00	$\gamma_{EQ}$	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	
EVENTO EXTREMO	II	$\gamma_p$	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SERVICIO	I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
SERVICIO	II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
SERVICIO	III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
SERVICIO	IV	1.00	-	1.00	0.70	-	1.00	1.00/1.20	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00/1.20	-	1.00	-	-	-	-	-
FATIGA solamente: LL,M,CE	I	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATIGA solamente: LL,M,CE	II	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.133)

**Tabla 15.** Factores para Cargas Permanentes

TIPO DE CARGA, TIPO DE FUNDACIONES, Y METODOS USADOS PARA FUERZA DE ARRASTRE HACIA ABAJO (DOWNDRAG)		FACTOR DE CARGA	
		Maximo	Minimo
DC:	Componentes y auxiliares.	1.25	0.90
	Resistencia IV solamente.	1.50	0.90
DD: (Downdrag)	Pilotes, Metodo de Tomlinson.	1.40	0.25
	Pilotes, $\lambda$ Metodo.	1.05	0.30
	Pilotes Perforados, ( Drilled Shaft) Metodo de O'Neil and Reese (1999).	1.25	0.35
DW (Superficie)	Rodadura y accesorios.	1.50	0.65
EH:	Presion Horizontal de la tierra:		
	▶ Activa.	1.50	0.90
	▶ En reposo.	1.35	0.90
	▶ AEP para paredes ancladas.	1.35	N/A
EL:	Esfuerzos residuales acumulados resultantes del proceso constructivo, ( Locked- in construction Stresses.)	1.00	1.00
EV:	Presion vertical de la tierra:		
	▶ Estabilidad global.	1.00	N/A
	▶ Muros y estribo de retencion	1.35	1.00
	▶ Estructura rigida enterrada	1.30	0.90
	▶ Porticos rigidos	1.35	0.90
	▶ Estructuras flexibles enterrads:		
	• Alcantarillas cajon metalica, placas estructurales con corrugaciones y alacantarillas de fibra de vidrio.	1.50	0.90
• Alcantarillas termoplasticas	1.30	0.90	
• Entre otros	1.95	0.90	
ES:	▶ Carga superficial ( SIC) en el terreno	1.50	0.75

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.134)

E-2) Cargas de Viento (WL y WS):

Según M.T.C. (2018) considera que las Presiones de viento Horizontales ejercidas sobre la estructura de un puente son causadas por la velocidad de diseño del viento que representa un valor de  $V_B = 160\text{km/h}$ , de acuerdo al artículo 2.4.3.10 de la norma se tiene la siguiente tabla:

**Tabla 16.** Valores Constantes  $V_o$  y  $Z_o$

CONDICION	TERRENO ABIERTO AREA SUB-URBANA		AREA SUB-URBANA		AREA URBANA	
	Vo	Zo	Vo	Zo	Vo	Zo
Vo	8.20 mph	13.2 km/h	10.9 mph	17.6 km/h	12 mph	10.3 km/h
Zo	0.23 ft	70mm	3.28 ft	1000 mm	8.2 ft	2500 mm

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.106)

$$V_{DZ} = 2.5V_o \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_o} \right)$$

**Tabla 17.** Descripción de la Ecuación

DATOS:	DESCRIPCION:
$V_{DZ} =$	Velocidad de diseño del viento (km/h).
$V_{10} =$	velocidad de diseño del viento a 10.0 m por encima del nivel de terreno o aguas maximas
$V_B =$	velocidad básica del viento de 160km/h.
$Z =$	se mide desde el nivel del terreno o aguas maximas y debe ser mayor a 10.0m.
$V_o =$	Velocidad del viento meteorologico (km/h)
$Z_o =$	Longitud de friccion en el barlovento (m)

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.134)

E-3) Presiones De Viento Sobre Estructuras (WS):

Según el M.T.C. (2018) en el artículo 2.4.3.10.2.1, la presión ejercida por el área de las vigas principales denominada barlovento, (alma - vista elevación lateral), esta presión de viento va repartiéndose por el ancho de la calzada hasta salir en forma de turbulencia denominada sotavento así mismo para su análisis se le considera como cargas distribuidas (kg-f/m) que se aplicaran en toda la longitud de las vigas principales del puente.

$$P_D = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right) = P_B \frac{(V_{DZ})^2}{10000} \quad (\text{und. Americanas})$$

**Tabla 18.** Presiones Básicas  $P_B$  en función a la velocidad de diseño

COMPONENTE ESTRUCTURAL	PRESION POR BARLOVENTO		PRESION POR SOTAVENTO	
	ksf	MPa	ksf	MPa
Reticulados, columnas y arcos	0.05	0.0024	0.025	0.0012
vigas	0.05	0.0024	N/A	N/A
superficies de pisos largos	0.04	0.0019	N/A	N/A

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.107)

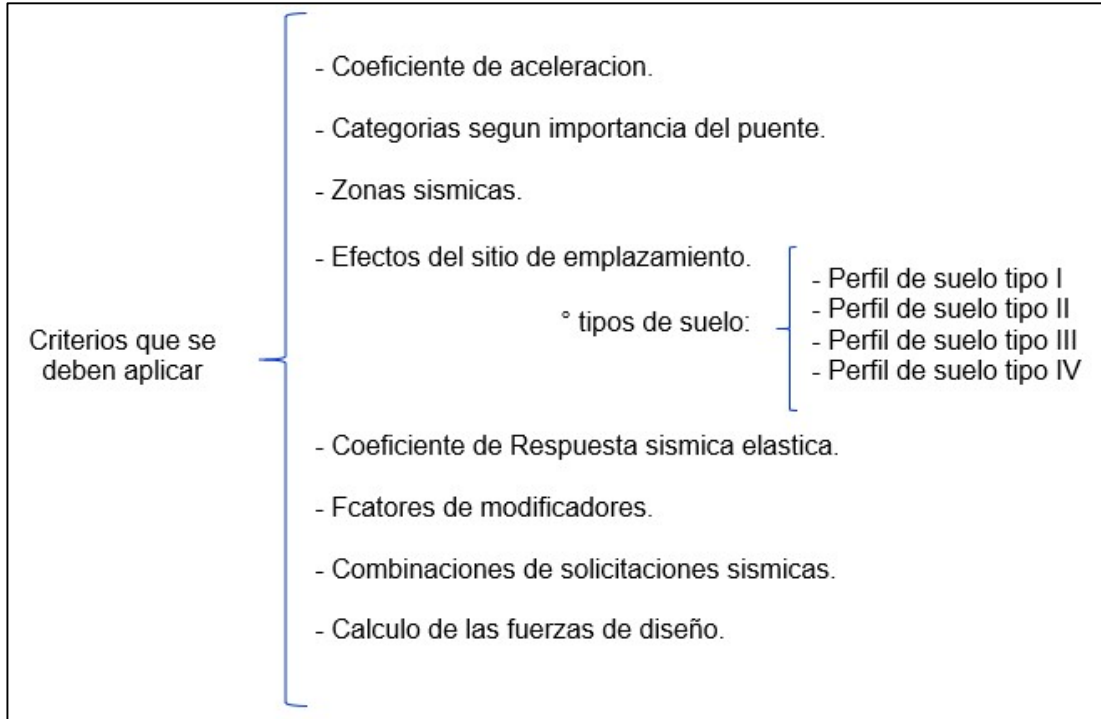
$$P_D = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = P_B \frac{(V_{DZ})^2}{25600} \quad (\text{und. Internacionales})$$

E-4) Presión Vertical de viento:

El viento o turbulencia que se genera en la posición del barlovento se produce por la perpendicularidad que existe en el patín inferior de la viga formado un ángulo 90° esta presión se redirecciona por acción del viento sucesivo excitando a que este busque un impulso vertical como carga distribuida (kg-f/m), la longitud del impulso vertical estar ubicado a un cuarto longitud del tablero. Esta carga será utilizada solo para los estados límites de resistencia III y servicio IV, que no incluyan presiones de viento sobre los vehículos

E-5) Cargas de Sismo (EQ):

Según el M.T.C. (2018) Debemos tener las siguientes consideraciones para el análisis



*Figura N° 33.* Esquema conceptual

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.110)

Según M.T.C, (2018) en el artículo 2.4.3.11.2.1.2, especifica que los Factores de sitio son los siguiente:  $F_{PGA}$ ,  $F_a$ ,  $F_v$ , así mismo se tiene también los coeficientes  $PGA$ ,  $S_s$  Y  $S_1$ , los cuales podemos encontrar en los mapas de isoaceleraciones, para poder interpolar

**Tabla 19.** Valores de factor de sitio FPGA en Periodo - Cero

Clase de sitio	COEFICIENTE ACELERACIÓN PICO TERRENO (PGA) <sup>1</sup>				
	PGA < 0.10	PGA = 0.20	PGA = 0.30	PGA = 0.40	PGA > 0.50
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
F	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.113)

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.113)

**Tabla 20.** Valores de factores de sitio Fa en Periodo - Corto

Clase de sitio	COEFICIENTE ACELERACION ESPECTRAL EN PERIDO 0.2 Sec. ( $S_s$ ) <sup>1</sup>				
	$S_s < 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s > 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F <sup>2</sup>	*	*	*	*	*

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.113)

**Tabla 21.** Valores de factor de sitio Fv Periodos - Largo

Clase de sitio	COEFICIENTE ACELERACION ESPECTRAL EN PERIDO 1.0 Sec. ( $S_1$ )				
	$S_1 < 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 > 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F <sup>2</sup>	*	*	*	*	*

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.113)

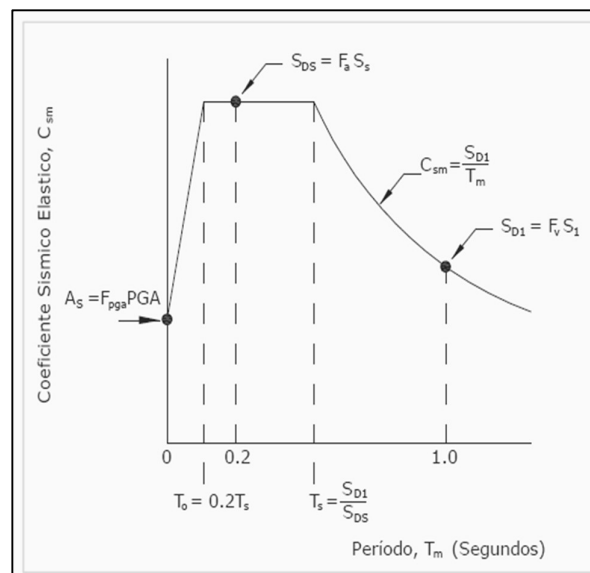


Según el (M.T.C, 2018, p.114), establece lo siguiente

DATOS:	DESCRIPCION:
PGA =	coef. de la aceleración pico del terreno sobre roca (Sitio Clase B).
$S_S =$	coef. de aceleración de respuesta espectral horizontal en 2.0 segundo de periodo sobre roca (Sitio clase B).
$T_m =$	periodo de vibración del modo mth (s).
$T_0 =$	periodo de referencia usado para definir la figura espectral = $0.2T_s$ (S)
$T_s =$	Se produce en la esquina del periodo $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ (S)
$S_1 =$	coef. de aceleración de respuesta espectral horizontal en 1.0 segundo de periodo sobre

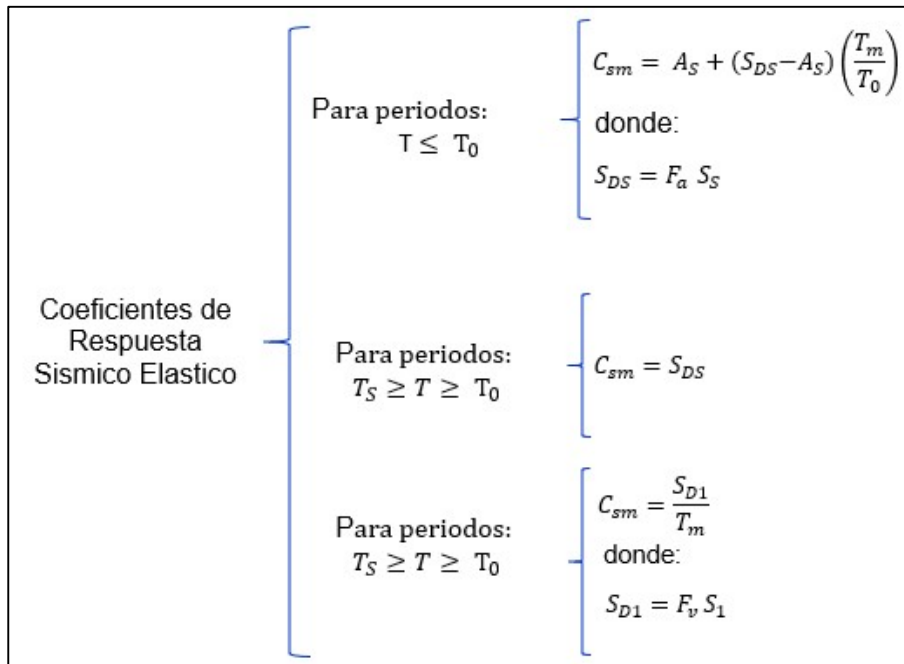
Fuente: Elaboración propia

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.114)



**Figura N° 34.** Espectro de diseño de respuesta sísmica

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.114)



**Figura N° 35.** Coef. de Respuesta Sísmica

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Manual de Diseño de Puentes con AASHTO LRFD, (M.T.C., 2018, p.114)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

##### **Tipo de investigación;**

Según el enfoque, es de carácter cuantitativo. Porque se tomará el diseño en cuestión para analizarlo y deducir la precisión de las hipótesis propuestas.

El tipo de investigación es aplicada, porque el diseño para la instalación y construcción del sistema falso puente colgante y tensado de tirantes del Puente de la Amistad se realizará en función al levantamiento de datos existentes en el campo, utilizando herramientas.

Vargas, Z. (2009) en su artículo La Investigación Aplicada: Una Forma de Conocer las Realidades con Evidencia Científica, declara que la investigación aplicada también es llamada investigación práctica o empírica, busca ejecutar sucesos que se han realizado en forma práctica de nuestro contorno y adaptándose al medio continuo de la traba

##### **Diseño de investigación**

Es de carácter No experimental, porque para determinar el análisis de los procesos constructivos de los trabajos a ejecutar, se realizó con información basada del estudio técnico del proyecto.

Jiménez, R. (2015) en su libro de Metodología de investigación afirma, que toda investigación no experimental significa no posee el control de sus soluciones contundentes a través de una lista de actividades o fases reproducibles para alcanzar resultados interpretables por medio de ensayos, sino más bien se contenta con mirar los fenómenos de su ambición en el ambiente dado.

También es una investigación transversal porque se hizo una recolección de información del estudio técnico del proyecto, así como también información basada en la ingeniería de campo en un momento único.

Además es una Investigación descriptiva lo cual se apunta en elaborar una explicación de las tipologías en puentes atirantados en función a su sistema de suspensión y distribución de sus cables tensores, así mismo se describen las deformaciones que se presentan durante la secuencia de Lanzamiento con el

sistema falso puente colgante con torres metálicas provisionales y secuencia de tensado de tirantes en su etapa final de construcción, basándose en teorías de la elástica aplicada en cables (elementos no lineales), representación integral del modelo matemático en el programa SAP2000 V22, la cual se aplica los parámetros de diseño, factores de cargas y combinaciones de cargas.

### 3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN



- Variable independiente (X) = Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle
- Variable Dependiente (Y) = Procesos Constructivos

**Tabla 22.** Variables y Operacionalización - Independiente

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> - Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle	El diseño de la ingeniería de campo y detalle para el proceso constructivo de un proyecto es muy importante porque podemos determinar todas las actividades y conjuntos de etapas a realizar, para llevar a efecto el servicio y utilidad del proyecto. Lazo D. y Barba E. (2019)	Se procede con el análisis numérico en software SAP2000 V22 y elaboración de planos	X1: Estructuración Geométrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras provisionales.</li> <li>• Secuencia de lanzamiento.</li> <li>• Secuencia de tensado de tirantes.</li> </ul>	Afirmativo
		Se procede a realizar la contraflecha de la estructura metálica del puente, el segundo segmento $L_{aprox.} = 39$ mts.	X2: Montaje In-Situ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control Topográfico.</li> </ul>	Afirmativo
		Se desarrolla el reconocimiento de la ingeniería de campo y alcances del proyecto	X3: Etapas de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obras Provisionales</li> <li>• Construcción de losa de concreto del puente.</li> <li>• Instalación y Tensado de tirantes del puente.</li> </ul>	Afirmativo

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23.** Variables y Operacionalización - Dependiente

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> - Procesos Constructivos	describir y controlar los fenómenos de las deformaciones y desplazamientos en cada etapa de trabajo Lazo D. y Barba E. (2019)	Recolección de datos en campo, planos de detalle elaborados teniendo como referencia el expediente técnico del proyecto.	Y1: Planes de Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajos Provisionales.</li> <li>• Trabajos Permanentes</li> </ul>	Afirmativo
		Se hace un análisis comparativo con resultados obtenidos en campo, con resultados estimados por el cálculo numérico y modelamiento desarrollado en software SAP2000 V22	Y2: Deformaciones y Desplazamientos en los Puntos de Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lanzamiento In-Situ.</li> <li>• Construcción de losa de concreto y Tensado de Tirantes del puente In-Situ</li> </ul>	Afirmativo

Fuente: Elaboración propia

### **3.3 POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO**

#### **Población**

Arias, J; Villasis, K y Miranda, M. (2016) en su artículo El protocolo de investigación III: la población de estudio, indica que la población de estudio es un conjunto total de individuos, cosas u objetos como también se refieren a los casos, definido, limitado y accesible, que formará ciertas características que los hacen comunes y similares.

La población u objeto de estudio es el Puente peatonal tipo atirantado asimétrico que lleva por nombre Puente de la Amistad, se encuentra ubicado a la altura del cruce de la bajada San Martín con la cuadra 13 de la Av. Del Ejército, en el límite de ambos distritos San Isidro y Miraflores. El puente peatonal unirá el distrito de Miraflores con el distrito de San Isidro, dando prolongación al Malecón de la Marina con el Malecón Godofredo García por el lindero del Complejo Manuel Bonilla-Miraflores y el Mercado Municipal de San Isidro La construcción del Puente de La Amistad tipo atirantado para uso peatonal se encuentra en el:

- Departamento : Lima
- Provincia : Lima
- Distritos : Miraflores / San Isidro
- 

#### **Linderos:**

- Por el Norte : Limita con el distrito de San Isidro
- Por el Este : Colinda el distrito de Santiago de surco y surquillo
- Por el Sur : Colinda con el distrito de barranco
- Por el Oeste : Colinda al Océano Pacifico
- 

#### **Ubicación Geográfica:**

Lat.: 12° 06' 51" Sur – Long.:77° 03' 27" Oeste

#### **Altitud del área del proyecto:**

El del proyecto se encuentra sobre los 79m.n.s.m.

**Criterios de Inclusión**

Se considera en la evaluación lo siguiente: montaje In-Situ, secuencia de lanzamiento de los elementos metálicos y la secuencia de instalación y tensado de tirantes durante la colocación de la losa de concreto del puente de la amistad.

**Criterios de exclusión**

No se considerará en la evaluación los trabajos referidos a construcción de subestructuras y demás actividades no mencionadas en los criterios de inclusión.

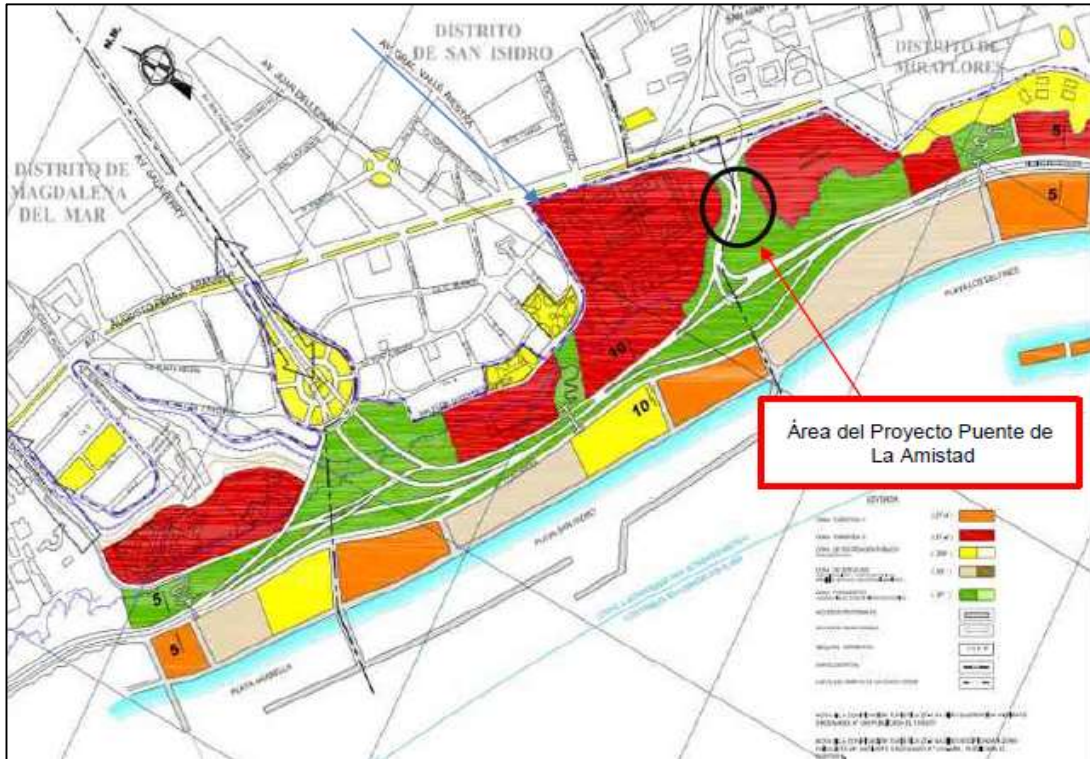
**Muestra:**

La muestra de estudio es de un puente peatonal tipo atirantado lleva por nombre Puente de la Amistad comprende un área tributaria de construcción de 1887.29 m<sup>2</sup>. comprendida entre los distritos de Miraflores y San Isidro.

**Muestreo:**

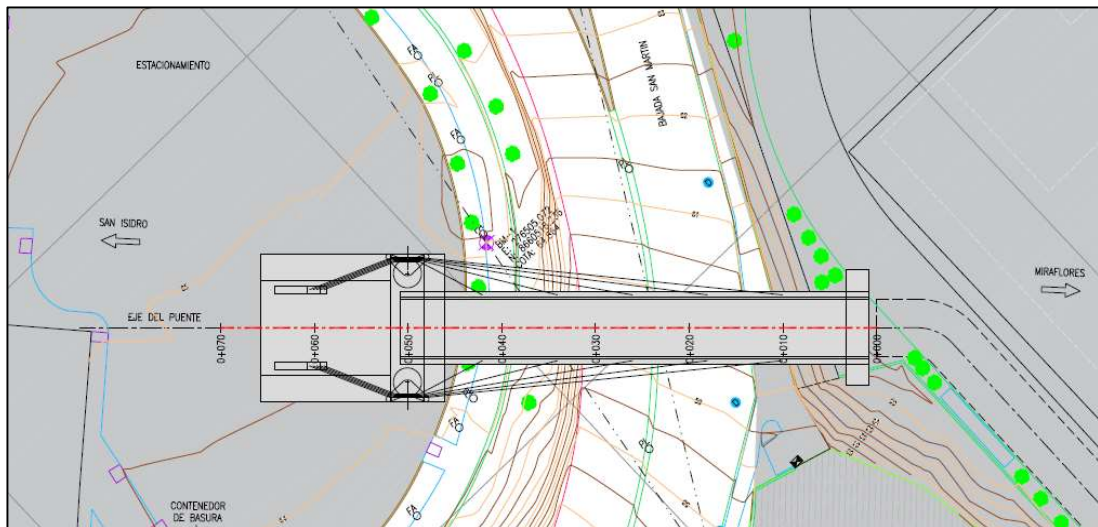
Debido a que la muestra el Puente de la Amistad se tendrá un muestreo no probabilístico, ya que la elección de los elementos depende del criterio del investigador.





**Figura N° 36.** Ubicación del Proyecto, Puente de la Amistad

Fuente: Del estudio del proyecto



**Figura N° 37.** Ubicación del Puente de la Amistad - Vista Planta

Fuente: Del estudio del proyecto

### **3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

Para la recolección de datos In-Situ, se utilizó la siguiente técnica: Mediante la observación, registro y procesamientos de datos y como instrumentos se desarrolló la elaboración de ficha de control con descripción de los trabajos ejecutados, utilización de software AutoCAD versión actual, hojas de cálculo de Excel.

### **3.5 PROCEDIMIENTOS:**

El procedimiento se divide en dos fases trabajos de gabinete y de campo por lo que primero se debe extraer la información necesaria del estudio técnico del proyecto, luego realizar el levantamiento In-Situ para elaborar la ingeniería de campo y detalle con el fin de producir una adecuada secuencia de trabajos.

### **3.6 METODO DE ANÁLISIS DE DATOS:**

Luego de ver recolectado la información y levantamiento de campo del Puente de la Amistad, se procedió a la formulación de los planes de trabajos para definir una adecuada secuencia de trabajos en función a la ingeniería de campo y detalle así mismo la construcción del modelo numérico del sistema constructivo y el puente con todas sus etapas de ejecución. Esto fue llevado a cabo, a través del programa SAP2000 V22. Dentro de esta etapa aplicamos todos los parámetros y condiciones para el análisis estructural, el cual incluyó, materiales y sus especificaciones, perfiles estructurales, en que se ejecutó el proyecto, velocidad del viento y programación de las etapas de ejecución.

Finalmente procedimos a realizar el análisis estructural observando las deformaciones que se presentan en cada etapa constructiva, Con todo ellos preparamos las conclusiones que determinen el grado de dificultad constructiva que se presenta y propusimos recomendaciones de cómo mitigarlo o reducirlos a márgenes aceptados.

### **3.7 ASPECTOS ÉTICOS:**

La presente investigación se sustenta desarrollando los principios de ética fundamentales en la investigación, como el respeto al uso del manual de diseño de puentes del Ministerio de transportes y comunicaciones para las referencias y citas de los antecedentes correspondientes al tema, respeto en la autoría de los trabajos

de investigación que se tomó como referencia a 40 autores para nuestro proyecto, consideración teóricas-conceptuales,

**Tabla 24.** Técnica e Instrumento de Recolección

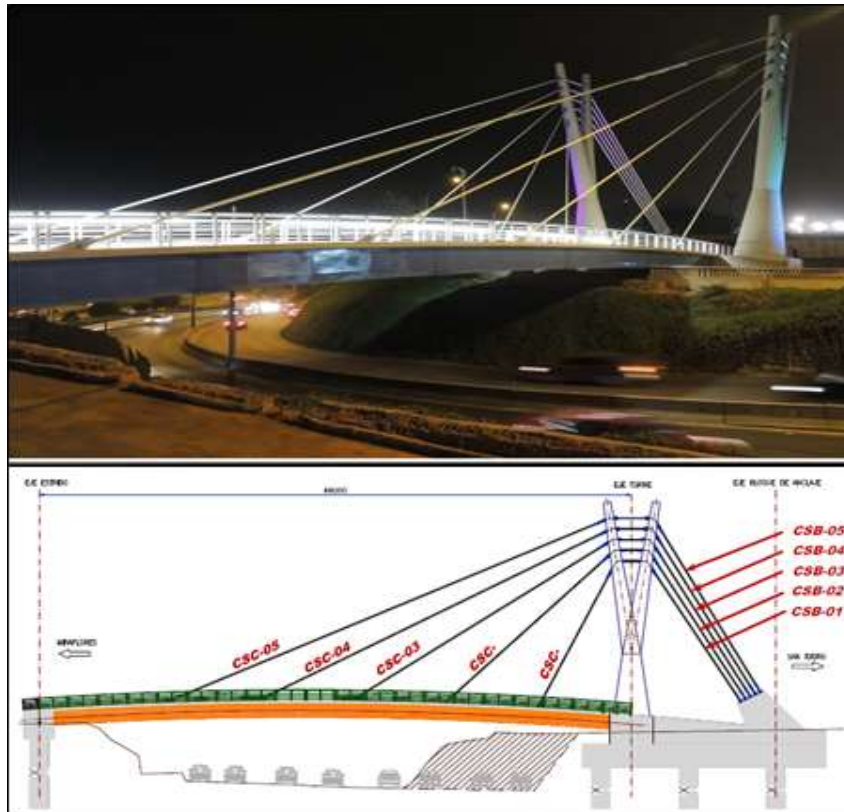
OBJETIVOS	POBLACION	MUESTRA	TECNICA	INSTRUMENTO
Analizar la estructuración geométrica de las secuencias constructivas para controlar las Deformaciones y Desplazamientos en los puntos de control en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.	Puente de la Amistad	Puente de la Amistad	●Procesamientos de datos	●Ficha de control ●Software AutoCAD ●hojas de Excel
Formular el sistema de montaje basado en los planes trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.			●Observación y Registro	●Ficha de control
Definir las etapas de construcción para elaborar los planes de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.			●Registro	●Ficha de control
Explicar la Estructuración Geométrica basados en Los planes de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.			●Procesamientos de datos	●Ficha de control ●Software AutoCAD ●hojas de Excel
Analizar las etapas de construcción para controlar las Deformaciones y Desplazamientos en los puntos de control, Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.			●Observación ●Procesamientos de datos	●Ficha de control

Fuente: Elaboración propia

#### IV. RESULTADOS

**Objetivo N°01:** Analizar la estructuración geométrica de las secuencias constructivas para controlar las Deformaciones y Desplazamientos en los puntos de control.

Se realizó un análisis detallado en el programa SAP2000 V22 de la secuencia de lanzamiento de vigas metálicas del Puente de la Amistad y secuencia de tensado de tirantes durante la colocación de losa de concreto del puente de la amistad.



**Figura N° 38.** Puente de la Amistad - Vista de Presentación

Fuente: Elaboración Propia

De la **Figura N° 38**: Hace referencia la geometría del Puente de la Amistad, así mismo la distribución de sus tirantes, la forma de las torres, y macizos de anclaje, para uso peatonal.

**Tabla 25.** Descripción técnica del Puente de la Amistad\_Super Estructura.

<b>1.0 PUENTE TIPO ATIRANTADO</b>	
1.01 Tipología estructural:	Puente Peatonal Atirantado Asimétrico.
1.02 Luz central:	48 mts.
1.03 Tramo posterior (anclaje):	11.70 mts.
1.04 Ancho total del tablero:	7.60 mts.
1.05 Ancho libre peatonal:	6.00 mts.
<b>2.0 SUPER-ESTRUCTURA</b>	
2.01 Tablero:	Sección compuesta con emparrillado de vigas de alma llena longitudinales, transversales y losa de concreto armado.
2.02 Vigas Longitudinales:	
2.02.01 Alma:	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Peralte uniforme = 1200mm.</li> <li>● Espesor variable = 12.5mm. (Típico)/16mm en zonas adyacentes al estribo y torre.</li> </ul>
2.02.02 Patín superior e inferior:	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Peralte uniforme = 550mm.</li> <li>● Espesor variable = 32mm. (Típico)/38mm. en zonas adyacentes al estribo y torre.</li> </ul>
2.03 Vigas Transversales	
2.03.01 Alma:	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Peralte uniforme = Max. 725mm./ 675mm.</li> <li>● Espesor variable = 9.5mm. (Típico)/12.5mm. en paneles adyacentes a las vigas longitudinales.</li> </ul>
2.03.02 Patín superior e inferior:	dimensión uniforme: 16mm. x 250mm.
2.04 Losa de concreto:	De concreto armado colocado IN-SITU, de espesor variable (150mm. en promedio)

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 25:** Hace mención a la descripción técnica de los elementos metálicos del puente de la Amistad, para poder cargar toda esa información en la base de datos del programa SAP2000 V22.

**Tabla 26.** Descripción técnica del Puente de la Amistad\_Sub Estructura.

<b>3.0 SUB-ESTRUCTURA</b>	
3.01 Estribo izquierdo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estribo tipo integral de concreto armado</li> <li>● Viga cabezal de peralte variable de 2.60mts. - 2,72mts.</li> <li>● Ancho de Cabezal = 2.4mts.</li> <li>● Cimentación = 2 pilotes, h: 20mts, Ø :1.5mts.</li> </ul>
3.02 Torre- Bloque de Anclaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dimensiones en planta = 15.5mts. x 19.70mts.</li> <li>● Elevación = h: variable (4.887mts. en el eje de la torre).</li> <li>● Cabezal de pilote = 2.2mts.</li> <li>● Cimentación = 9 pilotes, h= 24mts, Ø =1.5mts.</li> <li>● Altura total de la torre = 24.8mt desde el nivel de fondo de cabezal de pilotes.</li> <li>● geometría de la torre = En forma de "Y" con columnas circulares de diámetro variable 3.00mts. - 1.50mts. y para la superior dos brazos con diámetro variable de 1.50mts. en la parte inferior - 0.60mts. en la parte superior.</li> </ul>
<b>CABLES TIRANTES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Distribución de cables tirantes en configuración tipo "Fan"</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● consta de 5 tirantes en dirección al tablero del puente (CSC), 5 tirantes que conecta la parte superior de la torre (CSV) y 5 tirantes en dirección a la cámara de retenida de tirantes (CSB).</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● tirantes para puentes peatonales del tipo Freyssinet H1000 (o similar). Los cables CSB_01_02 tienen un número de 4 torones, los CSC_01_02 tienen un número de 4 torones, los cables CSB_03_04_05 tienen 7 torones, los cables CSC_03_04_05 tienen 7 torones, cada torón tiene un área 150mm<sup>2</sup> y un E =197000MPa, Fpu=1860 MPA</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 26:** Hace mención a la descripción técnica de la Sub estructura del puente de la Amistad, para poder cargar toda esa información en la base de datos del programa SAP2000 V22.

## **ANALISIS DE LA ESTRUCTURACION GEOMETRICA DE LAS SECUENCIAS CONSTRUCTIVAS:**

Para determinar la construcción final del Puente de la Amistad fue necesario establecer una adecuada secuencia de trabajos, analizando cada etapa de construcción en el programa SAP2000 V22 para ello fue necesario establecer los siguientes parámetros o condiciones:

### **Parámetros de Diseño:**

#### **Material: Concreto Armado:**

Peso específico: $\gamma_c =$	2500 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a la Compresión: $f' c =$	280 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad: $E c =$	284418 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresión: $f' cr =$	364 Kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de Fluencia del acero de refuerzo: $f y =$	4200 Kg/cm <sup>2</sup>

#### **Material: Concreto Simple en cámara de anclaje:**

Peso específico: $\gamma_c =$	2300 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a la Compresión: $f' c =$	175 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad: $E c =$	198417 Kg/cm <sup>2</sup>

#### **Material: Acero Estructural – A709M**

Peso específico: $\gamma_s =$	7850 kg/m <sup>3</sup>
Esfuerzo de Fluencia: $F_y =$	3500 Kg/cm <sup>2</sup>
Mínima Resistencia a la tracción: $F_u =$	4500 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad: $E_s =$	2040000 Kg/cm <sup>2</sup>

#### **Material: cable de lanzamiento – ASTM-A416**

Peso específico: $\gamma_s =$	7850 kg/m <sup>3</sup>
Esfuerzo de Fluencia: $F_y =$	16740 Kg/cm <sup>2</sup>

Mínima Resistencia a la tracción:  $F_u = 18600 \text{ Kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad:  $E_s = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$

#### Material: Acero Estructural – A36\_falso Puente

Peso específico:  $\gamma_s = 7850 \text{ kg/m}^3$

Esfuerzo de Fluencia:  $F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$

Mínima Resistencia a la tracción:  $F_u = 4080 \text{ Kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad:  $E_s = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$

#### Parámetros del Sísmicos: (Según estudio técnico)

Coefficiente de Aceleración Pico en Terreno Tipo B (Roca):  $PGA = 0.1275$

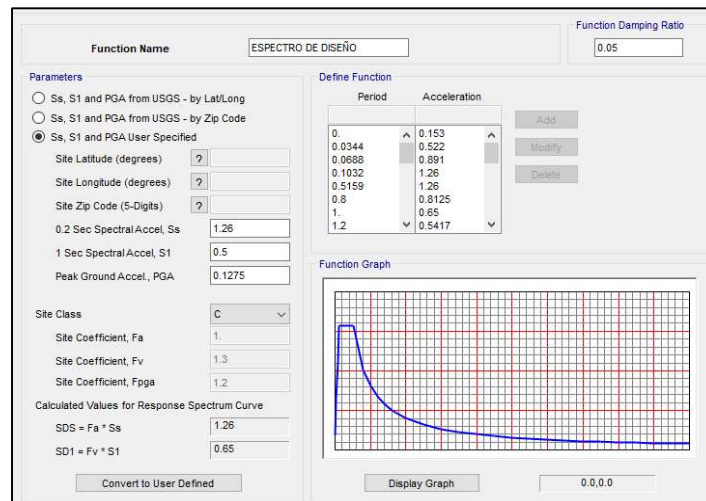
Coefficiente de Aceleración espectral para un periodo de 0.2s:  $S_s = 1.26$

Coefficiente de Aceleración espectral para un periodo de 1.0s:  $S_1 = 0.50$

Factor de Sitio para la Aceleración Pico:  $F(PGA) = 1.20$

Factor de Sitio para la Aceleración de Periodo 0.2s:  $F_a = 1.00$

Factor de Sitio para la Aceleración de Período 1.0s:  $F_v = 1.30$



**Figura N° 39.** Espectro de Diseño \_AASHTO-LRFD-2016

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 39:** Hace referencia al Espectro de diseño AASHTO-LRFD-2016



**Parámetros del Terreno (Falso Puente colgante):** (Según estudio técnico)

Peso específico: $\gamma_{\text{relleno}} =$	1.80 ton/m <sup>3</sup>
Capacidad de carga admisible del suelo: $\sigma_{\text{adm}} =$	1.00 Kg/cm <sup>2</sup>
Capacidad ultima portante del suelo: $\sigma_{\text{ultm}} =$	30.00 Ton/m <sup>2</sup>
Angulo de ficción interna (suelo-concreto): $\varphi =$	30°
Coefficiente de fricción (suelo-concreto): $\mu =$	0.577
Cohesión: C =	0 Kg/cm <sup>2</sup>
Altura del relleno): (ht) =	1.00 mts.

**Combinaciones de Cargas y Factores De Carga:**

**Tabla 27.** Combinaciones y Factores de cargas\_ Modelamiento

COMBINACIONES DE CARGAS					FACTORES DE COMBINACION DE CARGA			
ESTADOS LIMITES	DC	S/C	WS	EQ	$\eta_D$	$\eta_R$	$\eta_I$	$\eta$
Servicio Ia	1	1	0	0	1	1	1	1
Servicio Ib	1	1	1	0	1	1	1	1
Resistencia Ia	1.5	1.75	0	0	1	1	1	1
Resistencia Ib	1.5	1.75	1.25	0	1	1	1	1
Evento Extremo Ia x-x	1.5	1.5	0	1	1	1	1	1
Evento Extremo Ia y-y	1.5	1.5	0	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Tabla 27**: Hace mención las combinaciones y factores de cargas en función a la norma M.T.C, 2018, que fueron usados en el analisis del modelo estructural en el programa Sap2000 V22

**Fuerzas Aplicadas Durante el Lanzamiento:**

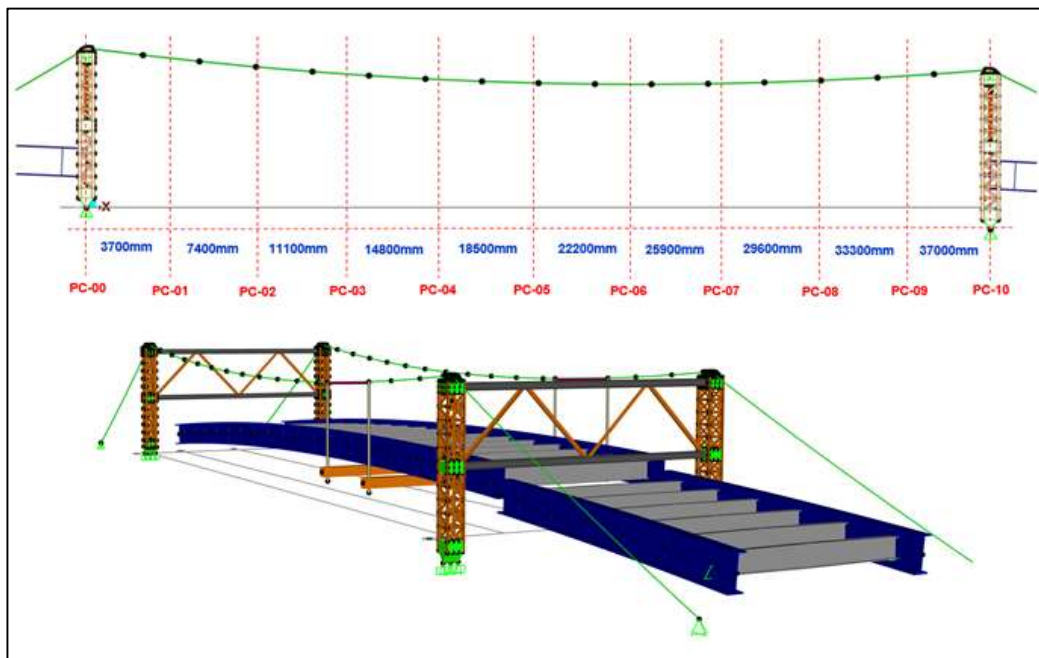
**Peso propio (DC):** Está conformado por el peso propio de: estructura metalica, del andarivel como carga puntual, de péndolas, de vigas cajón de alma llena, cables de lanzamiento, torres metálicas y silla de lanzamiento.

**Sobre carga (S/C):** Esta conformado por la sobre carga de trabajo,  $S/C = 50\text{kg/m}^2$

**Fuerza de viento (WS):** Desarrollo de la carga de viento en función a los datos recolectados del estudio técnico

- $C = 0.33$  km/h. (Terreno abierto)  $V_{10} = 20$  km/h.
- $Z = 10000$  mm.  $V_B = 160$  km/h.
- $Z_0 = 70$  mm. (terreno abierto)  $V_{DZ} = 32.75$  km/h.
- Desarrollo de presión al horizontal al Barlovento y Sotavento:
- $W_{SB} = 0.021$  Ton/m.  $W_{SS} = 0.010$  Ton/m.

**Puntos de control:** Para determinar las deformaciones verticales en cada una de las etapas de lanzamiento se asignó puntos de control a cada 3.70 mts. teniendo un numero de 10 puntos de control tal y como se expresa en la imagen de referencia, se tuvo una distribución de 16 torones cada torón tiene un diámetro de 5/8" la cual se le aplico una fuerza tensora de dos toneladas a cada torón.



*Figura N° 40.* Puntos de Control\_ Lanzamiento de Estructuras Metálicas

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 40:** Se confirmó el detalle del modelo virtual para el análisis de la secuencia de lanzamiento en función a la distribución de los puntos de control establecidos.

A continuación, se detalla la ubicación de las cargas de servicio en el sistema de falso puente colgante para analizar cada una de sus etapas.

Diámetro ( $\phi$ ): 5/8 pulg.	$f_{\text{Máx}} \text{ Servicio: } 0.45 F_y =$	7533kg/cm <sup>2</sup>
AREA: (5/8"): 1.40cm <sup>2</sup>	$f_{\text{Máx}} \text{ Resistencia: } 0.65 F_u =$	12090 kg/cm <sup>2</sup>
# de Cables: 16 torones	$f_{\text{Máx}} \text{ Evento Extremo: } 0.95 F_u =$	17670 kg/cm <sup>2</sup>
AREA TOTAL: 22.40cm <sup>2</sup>		

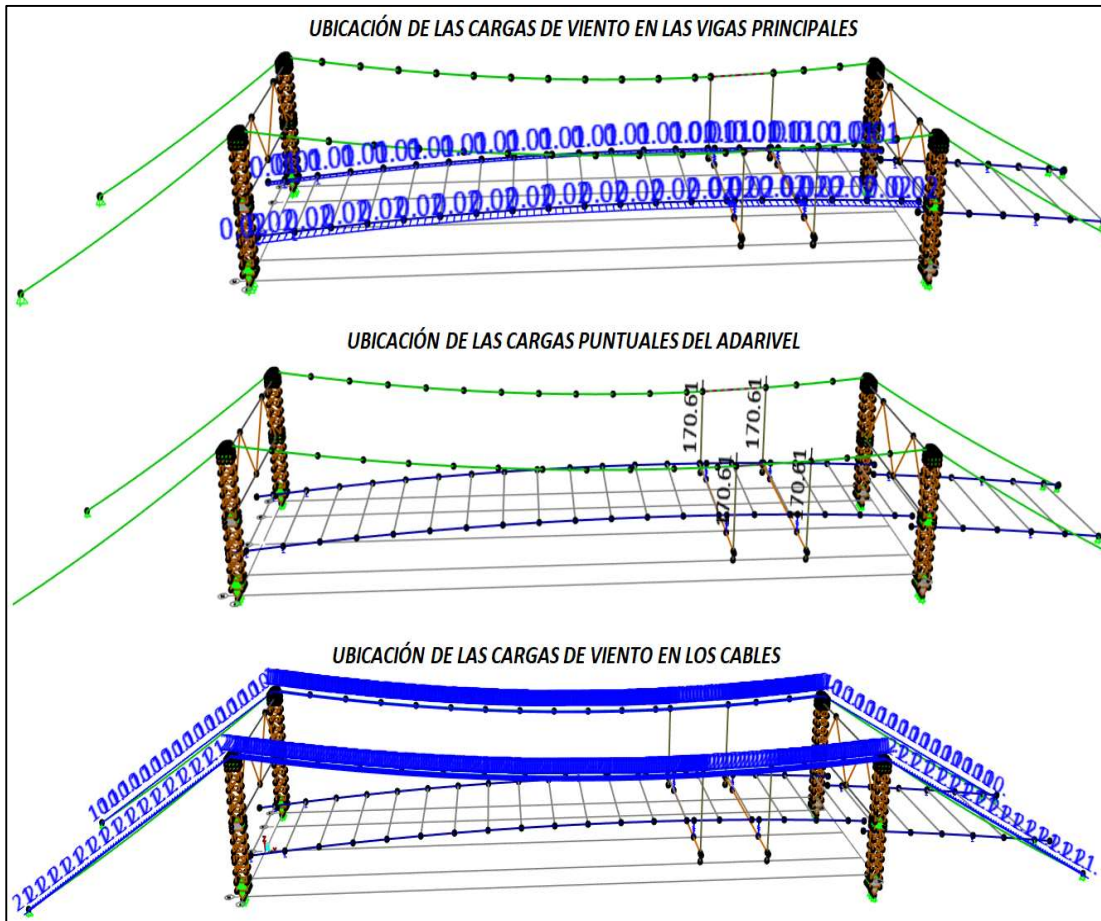


Figura N° 41. Asignación de Cargas

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 41**: Hace mención la distribución de las cargas aplicadas en el modelo virtual para tener un análisis más cercano a la realidad.

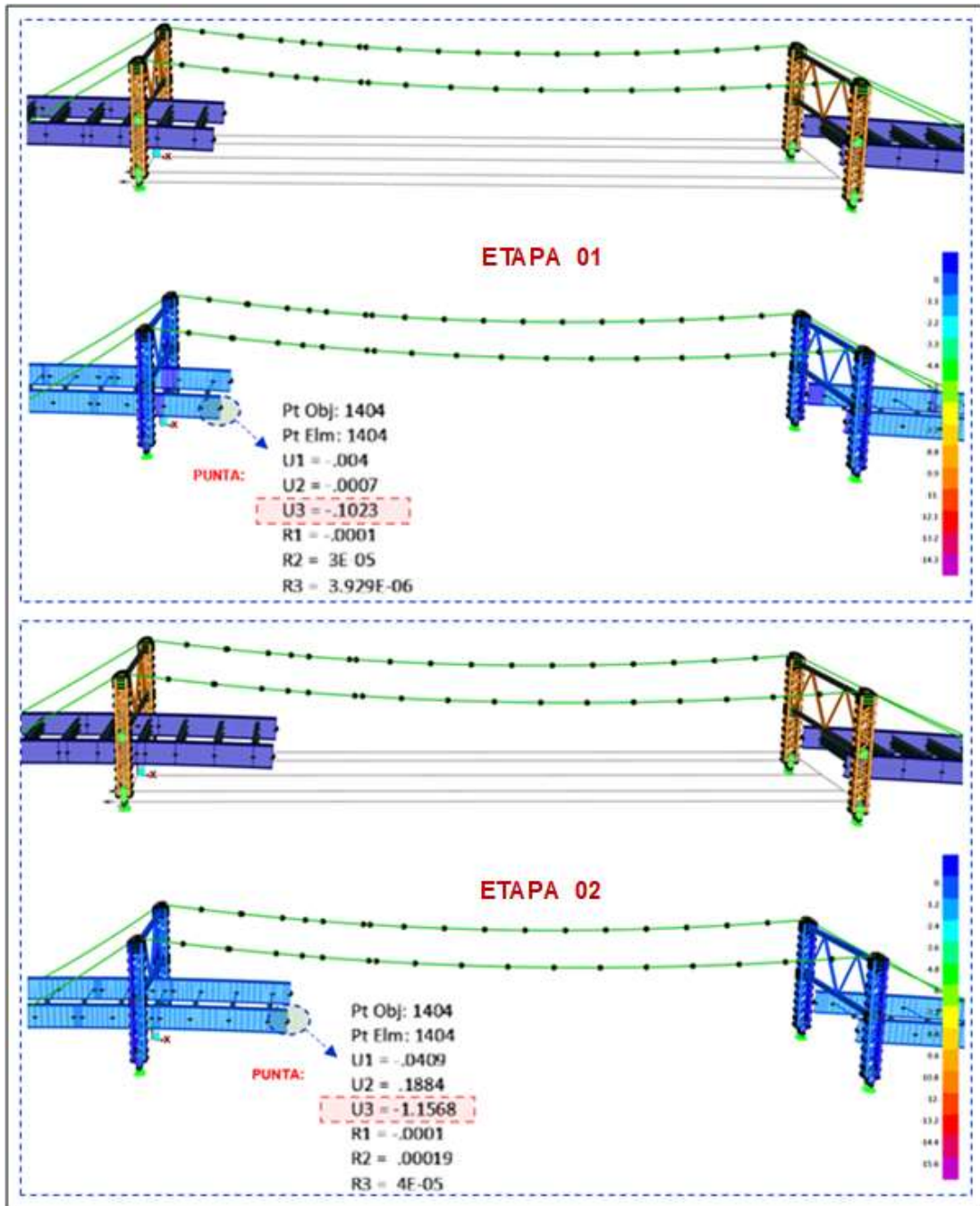


Figura N° 42. Secuencia de Lanzamiento Etapa: \_01\_02

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 42**: en la Etapa\_01 la super estructura se desplazó a 3.7mts. con una deformación vertical en la punta de -0.10mm y en la Etapa\_02 aumenta su desplazamiento a 7.4 mts. con una deformación vertical de -1.16mm

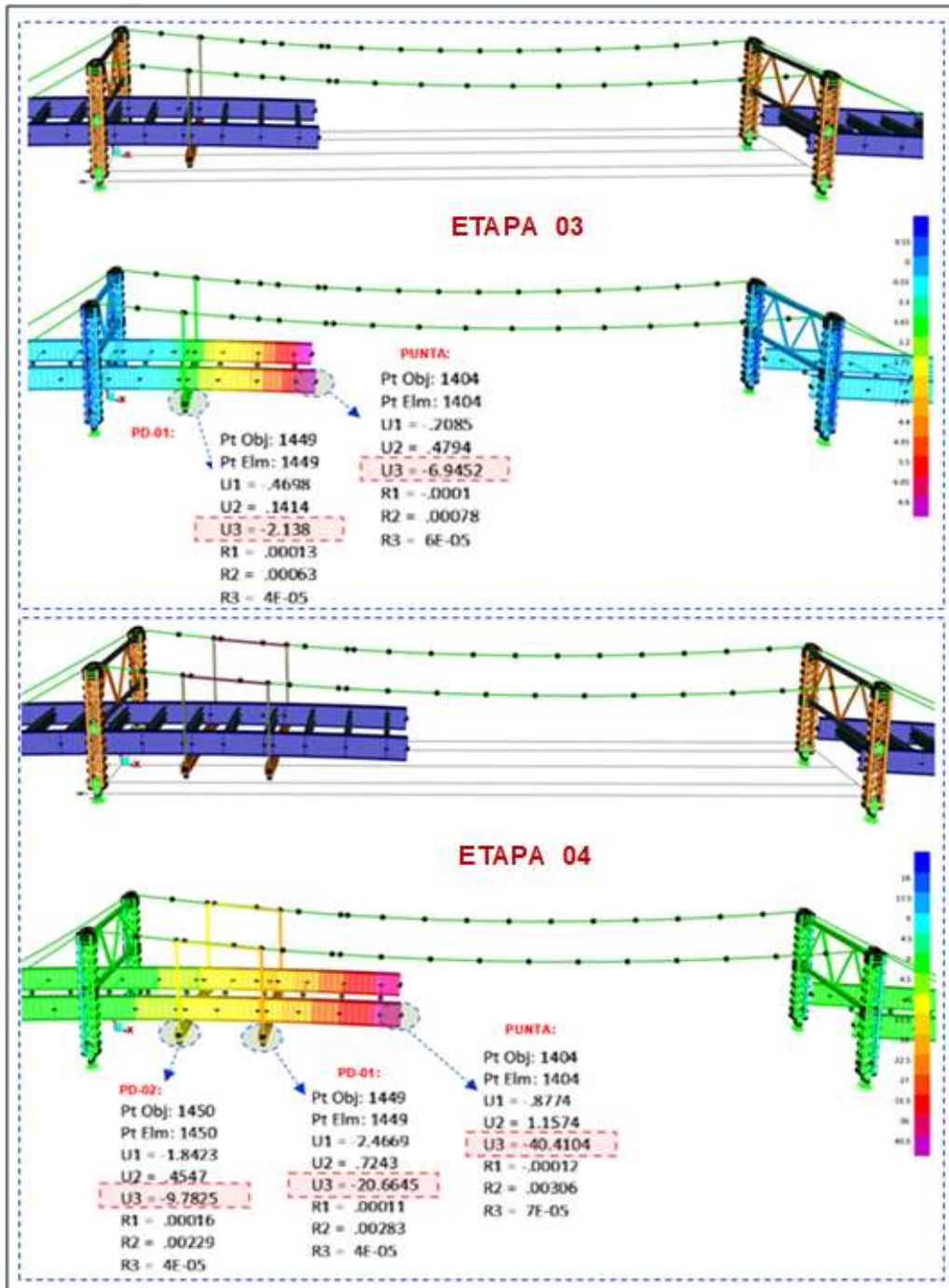


Figura N° 43. Secuencia de Lanzamiento \_ Etapa: 03\_04

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 43**: en la Etapa\_03 la super estructura se desplazó a 11.10mts. con una deformación vertical en la punta de -6.95mm y en la Etapa\_04 aumenta su desplazamiento a 14.80 mts. con una deformación vertical de -40.41mm.

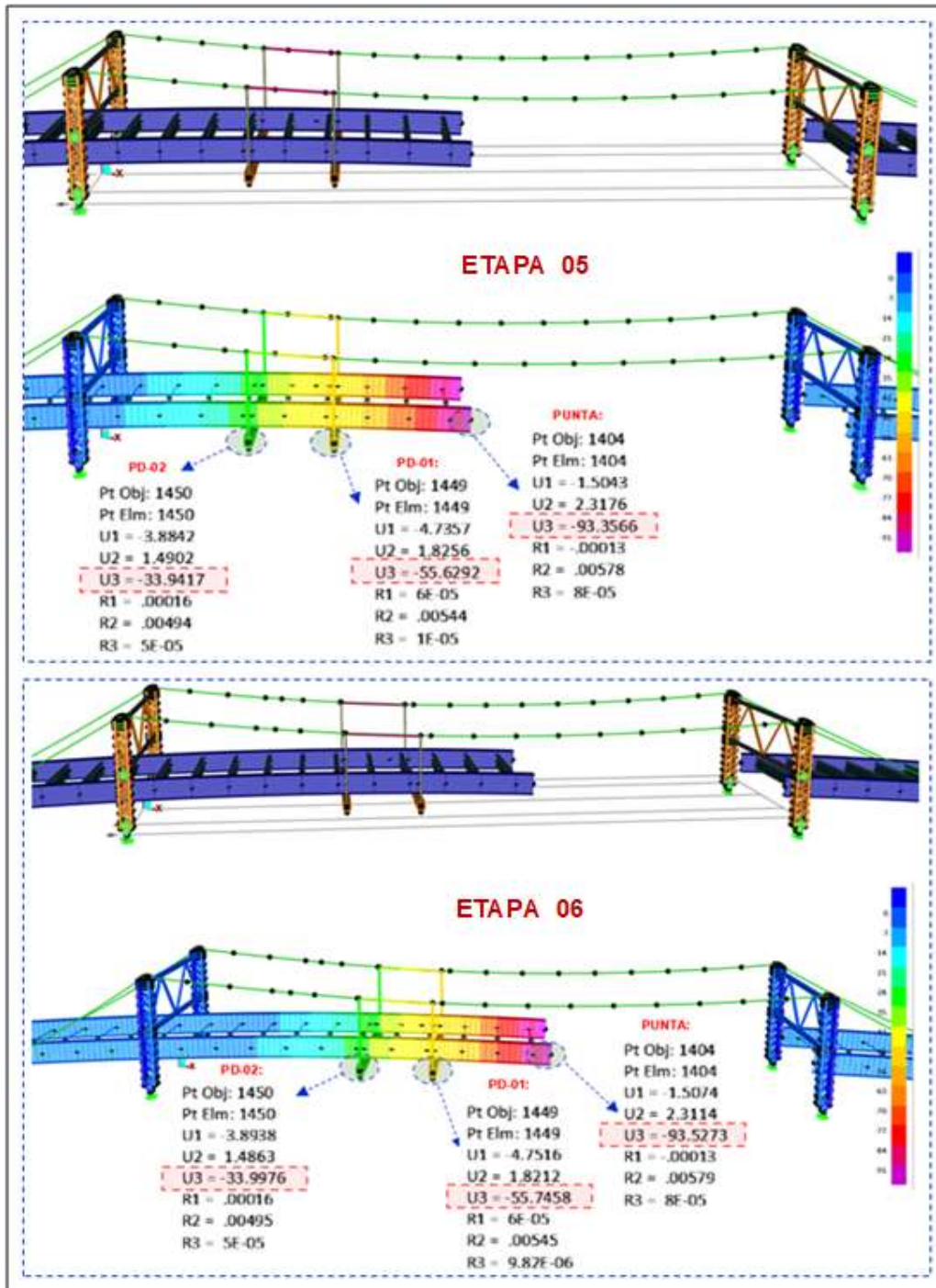


Figura N° 44. Secuencia de Lanzamiento\_Etapa: \_05\_06

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 44**: en la Etapa\_05 la super estructura se desplazó a 18.50mts. con una deformación vertical en la punta de -93.36mm y en la Etapa\_06 aumenta su desplazamiento a 22.20 mts. con una deformación vertical de 93.52mm

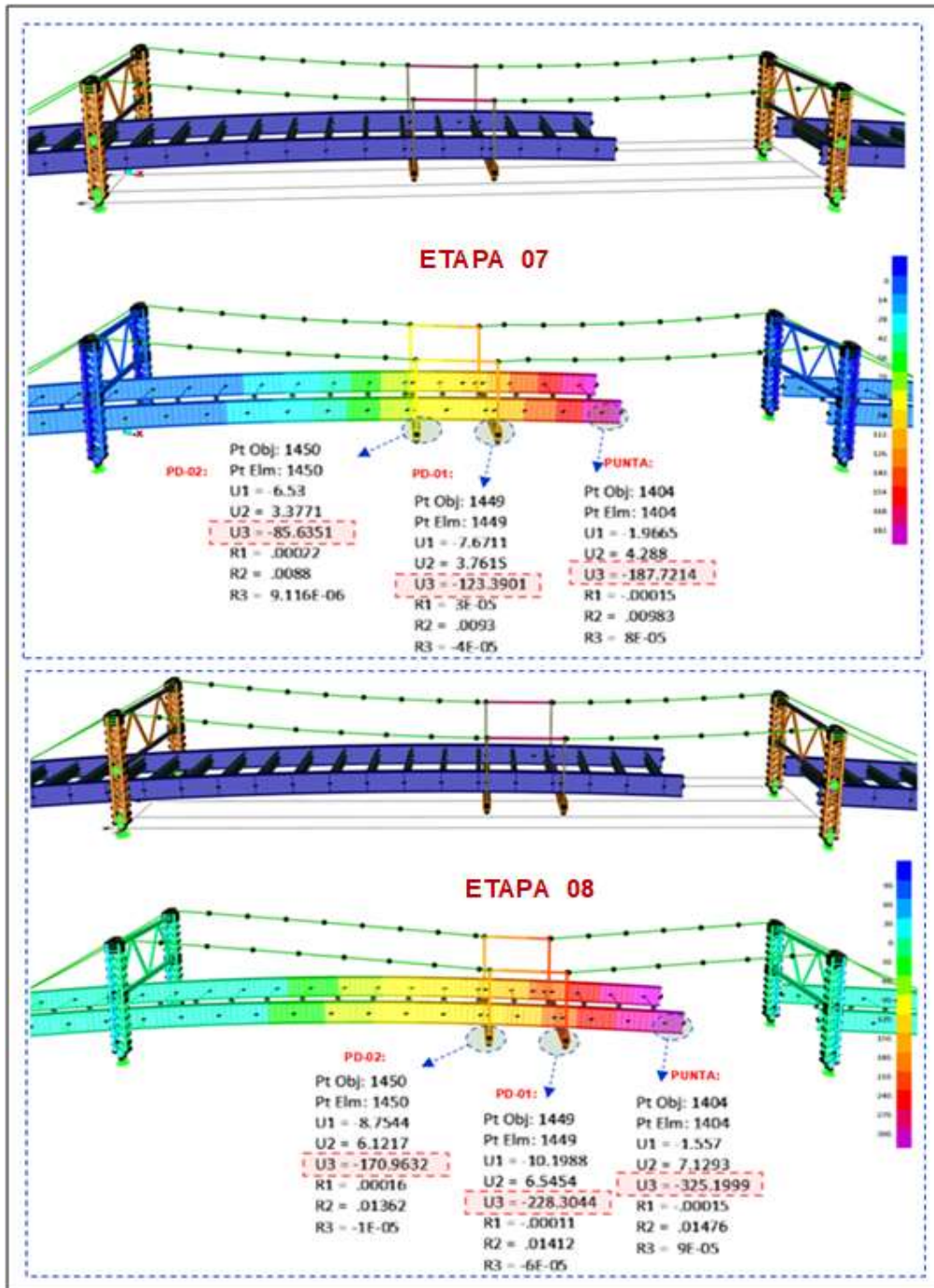


Figura N° 45. Secuencia de Lanzamiento\_Etapa: \_07\_08

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 45**: en la Etapa\_07 la super estructura se desplazó a 25.90 mts. con una deformación vertical en la punta de -187.72mm y en la Etapa\_08 aumenta su desplazamiento a 29.60 mts. con una deformación vertical de -325.20mm.

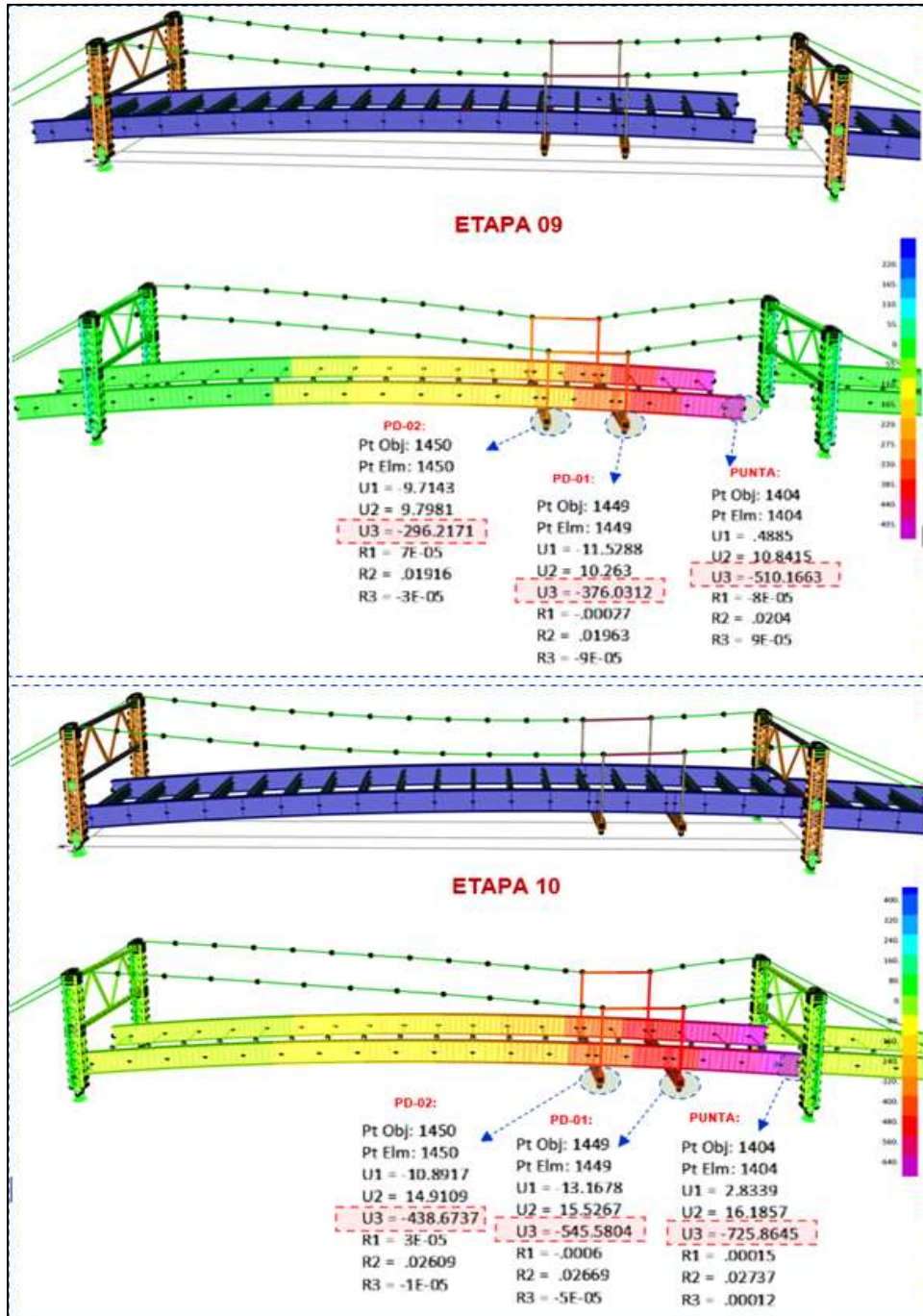


Figura N° 46. Secuencia de Lanzamiento\_Etapa: \_09\_10

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 46**: en la Etapa\_09 la super estructura se desplazó a 33.30 mts. con una deformación vertical en la punta de -510.17mm y en la Etapa\_10 aumento su desplazamiento a 37.00 mts. con una deformación vertical de -725.86mm.



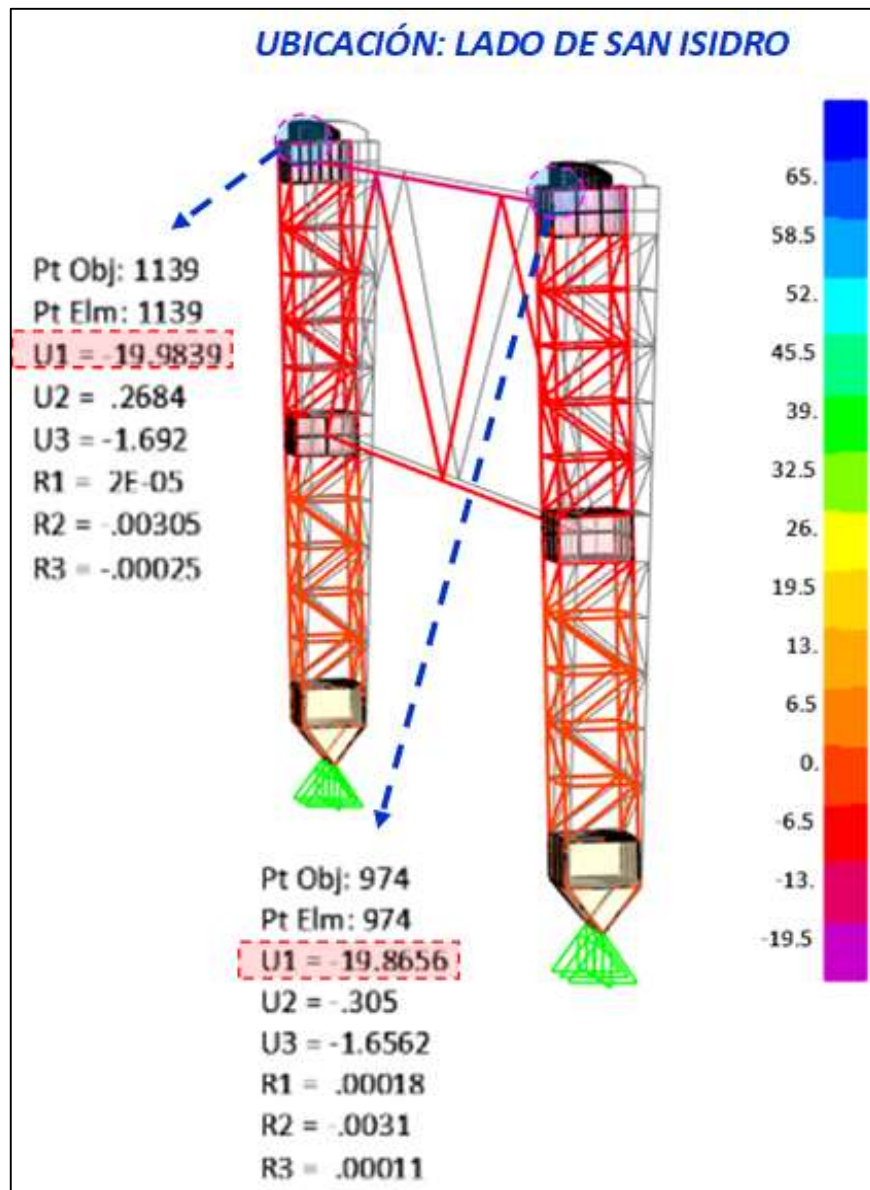
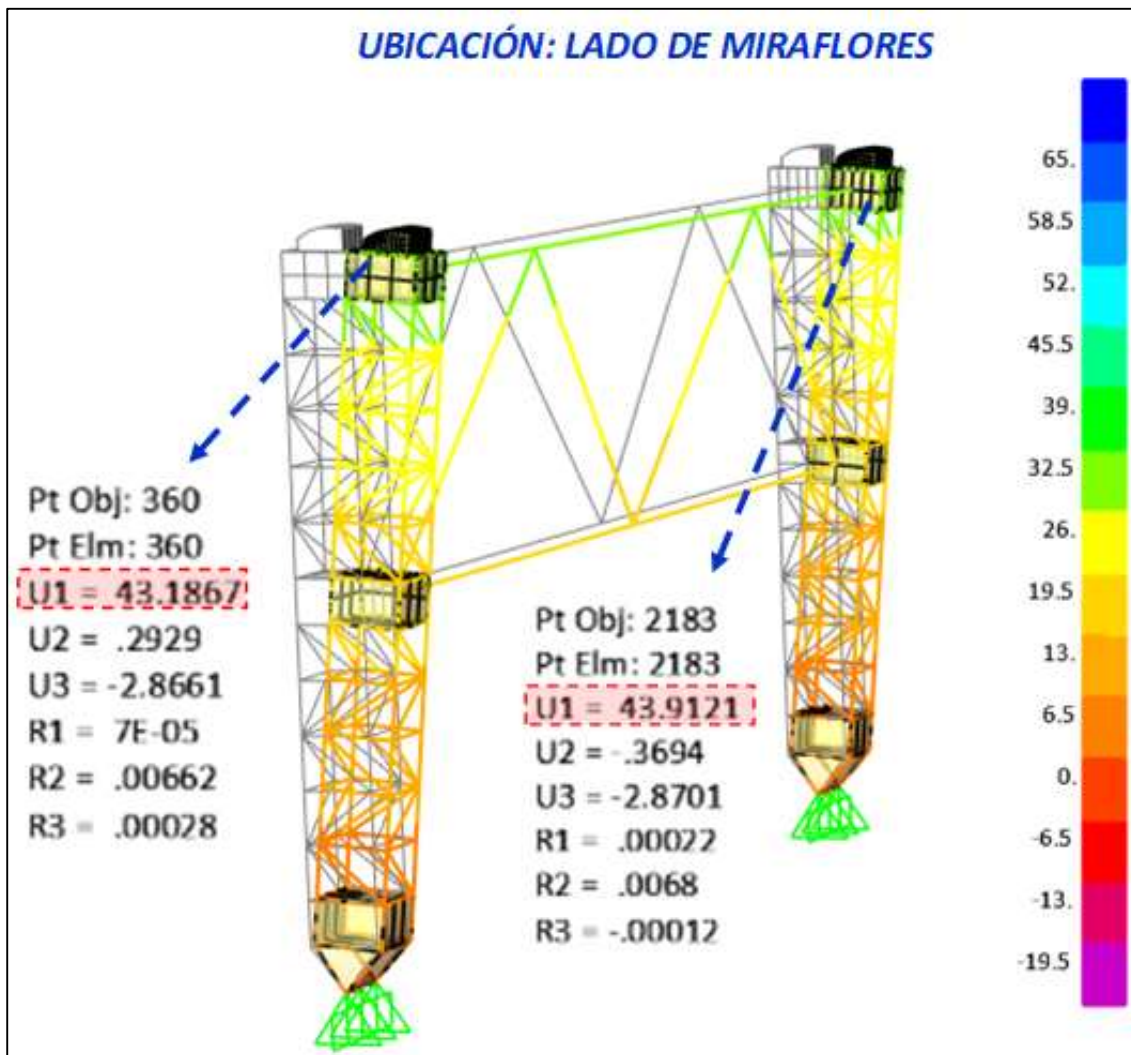


Figura N° 47. Desplazamiento Horizontal de la torre provisional\_ Lado san isidro

De la **Figura N° 47** la evaluación hace referencia en la Etapa 10 de la secuencia de lanzamiento ubicado en el lado de San Isidro teniendo un desplazamiento horizontal promedio de -19.92 mm. por acción de la posición de la estructura metálica ya que en la parte inferior del apoyo tiene un juego de un grado de libertad la cual permite ligeros desplazamientos horizontales aminorando los esfuerzos de tensión en los cables. Dichos resultados serán comparados con los resultados de campo.



*Figura N° 48.* Desplazamiento Horizontal de la torre provisional\_ Lado Miraflores

De la **Figura N° 48** la evaluación hace referencia en la Etapa 10 de la secuencia de lanzamiento ubicado en el lado de Miraflores se apreció un desplazamiento horizontal promedio de 43.55 mm por acción de la posición de la estructura metálica ya que en la parte inferior del apoyo tiene un juego de un grado de libertad la cual permite ligeros desplazamientos horizontales aminorando los esfuerzos de tensión en los cables. Dichos resultados serán comparados con los resultados de campo.

## Resumen de las Deformaciones y Esfuerzos Producidos en el Cable:

**Tabla 28.** Deformaciones Esperadas\_ Est. Limt. Servicio y Resistencia\_ SAP2000 V22

DEFORMACIONES ESPERADAS Estado de Servicio I (Envolvente)					ESFUERZOS EN EL CABLE Estado de Servicio I		
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	PUNTA (mm)	PD_01 (mm)	PD_02 (mm)	CARGA AXIAL (Ton)	CABLE (kg/cm2)	D/C
PC-00	0.000	0	0	0	3.33	148.66	0.020
PC-01	3700	-0.1023	0	0	3.33	148.66	0.020
PC-02	7400	-1.1568	0	0	3.33	148.66	0.020
PC-03	11100	-6.9452	-2.138	0	3.78	168.75	0.022
PC-04	14800	-40.41	-20.66	-9.78	4.06	181.25	0.024
PC-05	18500	-93.36	-55.63	-33.94	4.53	202.23	0.027
PC-06	22200	-93.53	-55.75	-34.00	5.87	262.05	0.035
PC-07	25900	-187.72	-123.39	-85.64	9.38	418.75	0.056
PC-08	29600	-325.20	-228.30	-170.96	17.85	796.88	0.106
PC-09	33300	-510.17	-376.03	-296.22	31.38	1400.89	0.186
PC-10	37000	-725.86	-545.58	-438.67	57.13	2550.45	0.339
TORRE 01:	6000	-19.85	Ubicación: lado San Isidro, desplazamiento (PC-10)				
TORRE 02:	6000	43.55	Ubicación: lado Miraflores, desplazamiento (PC-10)				
DEFORMACIONES ESPERADAS Estado de Resistencia I (Envolvente)					ESFUERZOS EN EL CABLE Estado de Resistencia I		
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	PUNTA (mm)	PD_01 (mm)	PD_02 (mm)	CARGA AXIAL (Ton)	CABLE (kg/cm2)	D/C
PC-00	0	0.00	0	0	5.83	260.16	0.035
PC-01	3700	-0.13	0	0	5.83	260.16	0.035
PC-02	7400	-1.45	0	0	5.83	260.16	0.035
PC-03	11100	-8.68	-2.67	0.00	6.62	295.31	0.039
PC-04	14800	-50.51	-25.83	-12.23	7.11	317.19	0.042
PC-05	18500	-116.70	-69.54	-42.43	7.93	353.91	0.047
PC-06	22200	-116.91	-69.68	-42.50	10.27	458.59	0.061
PC-07	25900	-234.65	-154.24	-107.04	16.42	732.81	0.097
PC-08	29600	-406.50	-285.38	-213.70	31.24	1394.53	0.185
PC-09	33300	-637.71	-470.04	-370.27	54.92	2451.56	0.325
PC-10	37000	-860.05	-658.98	-538.80	99.98	4463.28	0.592
TORRE 01:	6000	-32.75	Ubicación: lado San Isidro, desplazamiento (PC-10)				
TORRE 02:	6000	65.36	Ubicación: lado Miraflores, desplazamiento (PC-10)				

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 28**: son resultados obtenidos del programa SAP2000 V22, basados en los criterios establecidos por la norma de diseño de puentes tales como los estados

límites de Servicio I y Resistencia I. Dichos resultados fueron evaluados y comparados con los desarrollados en campo en los puntos de control establecidos.

**Tabla 29.** Deformaciones Esperadas\_ Evento extremo\_ SAP2000 V22

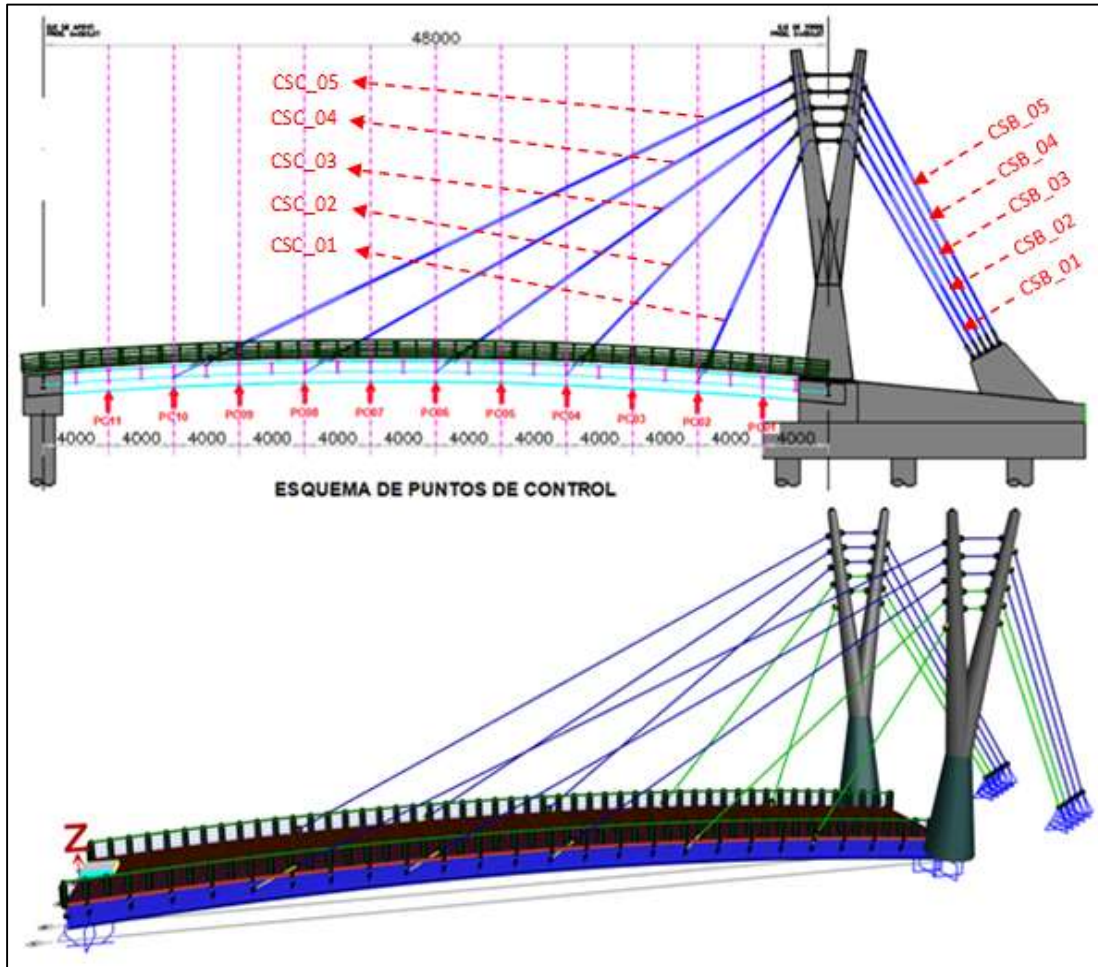
DEFORMACION ESPERADAS Estado de Evento Extremo I (Envolvente)					ESFUERZOS EN EL CABLE Estado de Evento Extremo I		
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	PUNTA (mm)	PD_01 (mm)	PD_02 (mm)	CARGA AXIAL (Ton)	CABLE (kg/cm2)	D/C
PC-00	0.000	0	0	0	5.66	252.72	0.014
PC-01	3700	-0.14	0	0	5.66	252.72	0.014
PC-02	7400	-1.56	0	0	5.66	252.72	0.014
PC-03	11100	-9.38	-2.89	0.00	6.43	286.88	0.016
PC-04	14800	-54.55	-27.90	-13.21	6.90	308.13	0.017
PC-05	18500	-126.03	-75.10	-45.82	7.70	343.79	0.019
PC-06	22200	-126.26	-75.26	-45.90	9.98	445.49	0.025
PC-07	25900	-253.42	-166.58	-115.61	15.95	711.88	0.040
PC-08	29600	-439.02	-308.21	-230.80	30.35	1354.69	0.077
PC-09	33300	-688.72	-507.64	-399.89	53.35	2381.52	0.135
PC-10	37000	-928.85	-711.70	-581.91	97.12	4335.76	0.245
TORRE 01:	6000	-38.29	Ubicación: lado San Isidro, desplazamiento (PC-10)				
TORRE 02:	6000	71.34	Ubicación: lado Miraflores, desplazamiento (PC-10)				

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 29**: Son resultados obtenidos del programa SAP2000 V22 basados en los criterios establecidos por la norma de diseño de puentes tales como los estados límites de Evento Extremo I. Dichos resultados fueron evaluados y comparados con los desarrollados en campo en los puntos de control establecidos.

A continuación, se detalló la secuencia de construcción de tesado de tirantes del Puente de la Amistad durante la colocación de la losa de concreto, mediante el uso del programa SAP2000 V22, utilizo el entorno de simulación de “STAGED CONSTRUCTION” (secuencia de construcción) en la cual consiste en dar una adecuada sucesión de actividades para determinar de carácter predictiva las deformaciones esperadas durante la colocación de losa de concreto In-Situ, para así tener resultados más cercanos a la realidad.

**PUNTOS DE CONTROL:** Para determinar las deformaciones verticales en cada una de las etapas de la secuencia constructiva se determinó puntos de control a cada 4 mts. de distancia del apoyo, también se consideró el sistema de asignación de apoyos al modelo matemático en el margen derecho apoyo empotrado ya que va embebido al macizo se detalla la asignación U1, U2, U3, R1, R2, R3 y en el margen derecho como apoyo móvil en “x” con dos grados de libertad y fijo en “y” así se detalla la asignación de apoyo U2, U3, R1, R3.



*Figura N° 49.* Puntos de Control Secuencia de Tensado

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 49:** Se muestra la ubicación de los puntos de control para determinar las deformaciones es los puntos específicos, y la elevación de una vista isométrica del modelo virtual del Puente de la Amistad.

### **Fuerzas Aplicadas Durante el Tensado:**

**Peso propio (DC):** Está conformado por el peso propio de: estructura metálica,

**Sobre carga (S/C):** Esta conformado por la sobre carga de trabajo, S/C = 100 kg/m<sup>2</sup>

**Fuerza de viento (WS):** Desarrollo de la carga de viento en función a los datos recolectados del estudio técnico

- C = 0.33 km/h. (Terreno abierto)
- V<sub>10</sub> = 20 km/h.
- V<sub>B</sub> = 160 km/h.
- Z = 10000 mm.
- Z<sub>0</sub> = 70 mm. (terreno abierto)
- V<sub>DZ</sub> = 32.75 km/h.
- Desarrollo de presión al horizontal al Barlovento y Sotavento:
  - W<sub>SB</sub> = 0.021 Ton/m.
  - W<sub>SS</sub> = 0.010 Ton/m.

para el análisis del procedimiento constructivo de la secuencia de construcción – tensado de tirantes se usó el programa SAP2000 V22, para evaluar de cada una de las etapas constructivas, se desarrolló la siguiente secuencia de trabajo a seguir:

### **SECUENCIA DE CONSTRUCCION – TENSADO DE TIRANTES:**

- **ETAPA 01:**
  - se ingresa la estructura con contraflecha hacia la torre.
  - se ingresa la carga por peso propio de la torre y la estructura metálica.
- **ETAPA 02:**
  - se agregan los cables CSV: 01\_02\_03\_04\_05.
- **ETAPA 03:**
  - se agregan las cargas del encofrado de madera, panel fenólico y el acero de refuerzo en toda la super estructura.
  - Se agregan los cables CSB\_01 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSB\_01=37Ton.

- ETAPA 04:
  - se agregan el peso del Paño\_01 y sobrecarga de trabajo ( $S/C_1 = 100\text{kg/cm}^2$ ).
  - Endurece el Paño\_01 y se retira el peso de la  $S/C_1$ .
- ETAPA 05:
  - Se agregan carga de los equipos para el tensado de los cables CSC\_01.
  - Se agregan los cables CSC\_01 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSC\_01= 20Ton.
  - Se retira la carga de los equipos de tensado.
- ETAPA 06:
  - Se agregan los cables CSB\_02 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSB\_02= 45Ton.
- ETAPA 07:
  - Se agregan los pesos del Paño\_02 y la sobre carga de trabajo ( $S/C_2 = 100\text{kg/cm}^2$ )
  - Endurece el Paño\_02 y se retira el peso de la  $S/C_2$
- ETAPA 08:
  - Se agregan carga de los equipos para el tensado de los cables CSC\_02.
  - Se agregan los cables CSC\_02 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSC\_02= 35Ton.
  - Se retira la carga de los equipos de tensado.
- ETAPA 09:
  - Se agregan los cables CSB\_03 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSB\_03= 50Ton.
- ETAPA 10:
  - se agregan el peso del Paño\_03 y sobrecarga de trabajo ( $S/C_3 = 100\text{kg/cm}^2$ )
  - Endurece el Paño\_03 y se retira el peso de la  $S/C_3$ .
- ETAPA 11:
  - Se agregan carga de los equipos para el tensado de los cables CSC\_03.
  - Se agregan los cables CSC\_03 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSC\_03= 40Ton.
  - Se retira la carga de los equipos de tensado.

- ETAPA 12:
  - Se agregan los cables CSB\_04 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSB\_04= 60Ton.
- ETAPA 13:
  - se agregan el peso del Paño\_04 y sobrecarga de trabajo ( $S/C_4 = 100\text{kg/cm}^2$ ).
  - Endurece el Paño\_04 y se retira el peso de la  $S/C_4$ .
- ETAPA 14:
  - Se agregan carga de los equipos para el tensado de los cables CSC\_04.
  - Se agregan los cables CSC\_04 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSC\_04= 47Ton.
  - Se retira la carga de los equipos de tensado.
- ETAPA 15:
  - Se agregan los cables CSB\_05 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSB\_05= 65Ton.
- ETAPA 16:
  - se agregan el peso del Paño\_05 y sobrecarga de trabajo ( $S/C_5 = 100\text{kg/cm}^2$ ).
  - Endurece el Paño\_05 y se retira el peso de la  $S/C_5$ .
- ETAPA 17:
  - Se agregan carga de los equipos para el tensado de los cables CSC\_05.
  - Se agregan los cables CSC\_05 con su respectiva fuerza de tensados de tensado FCSC\_05= 50.5Ton.
  - Se retira la carga de los equipos de tensado.
- ETAPA 18:
  - se agregan el peso del Paño\_06 y sobrecarga de trabajo ( $S/C_6 = 100\text{kg/cm}^2$ ).
  - Endurece el Paño\_06 y se retira el peso de la  $S/C_6$ .
- ETAPA 19:
  - Unión monolítica de la super estructura extremo izquierdo
  - Retiro del encofrado
- ETAPA 20:
  - Frotachado de piso e instalación de barandas.

A continuación, se detalla de carácter grafica la secuencia de Tensado



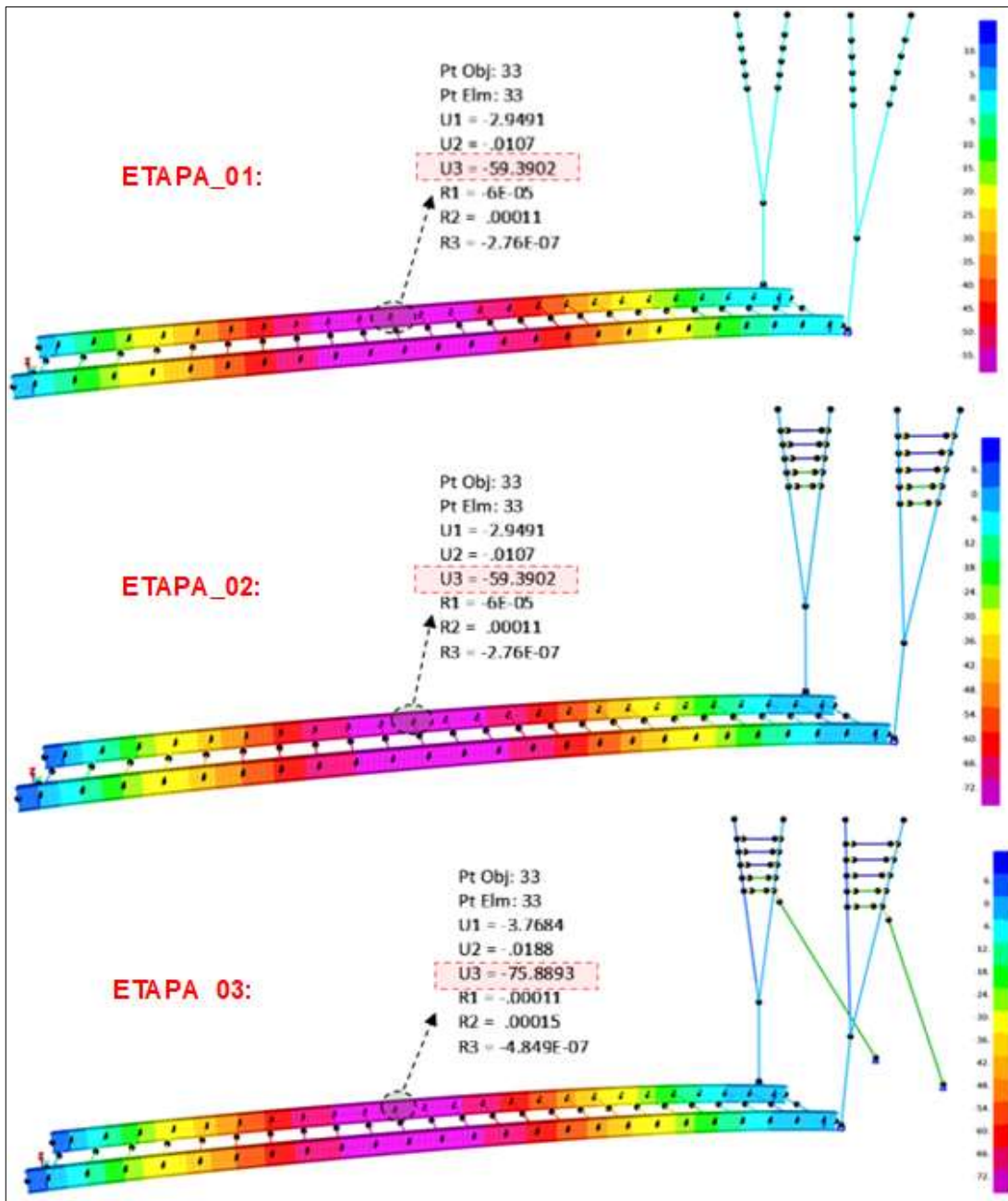


Figura N° 50. Secuencia de tensado\_Etapa:01\_02\_03

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 50**: Se describe que en la Etapa\_01 la metalica soporta su propio peso, acto siguiente en la Etapa\_02 se procede con la estalación de todos los cables “CSV” con el fin de conectar las torres, en la Etapa\_03 se procede con la instalación y tensado de los tirantes en la retenida “CSB-01”.

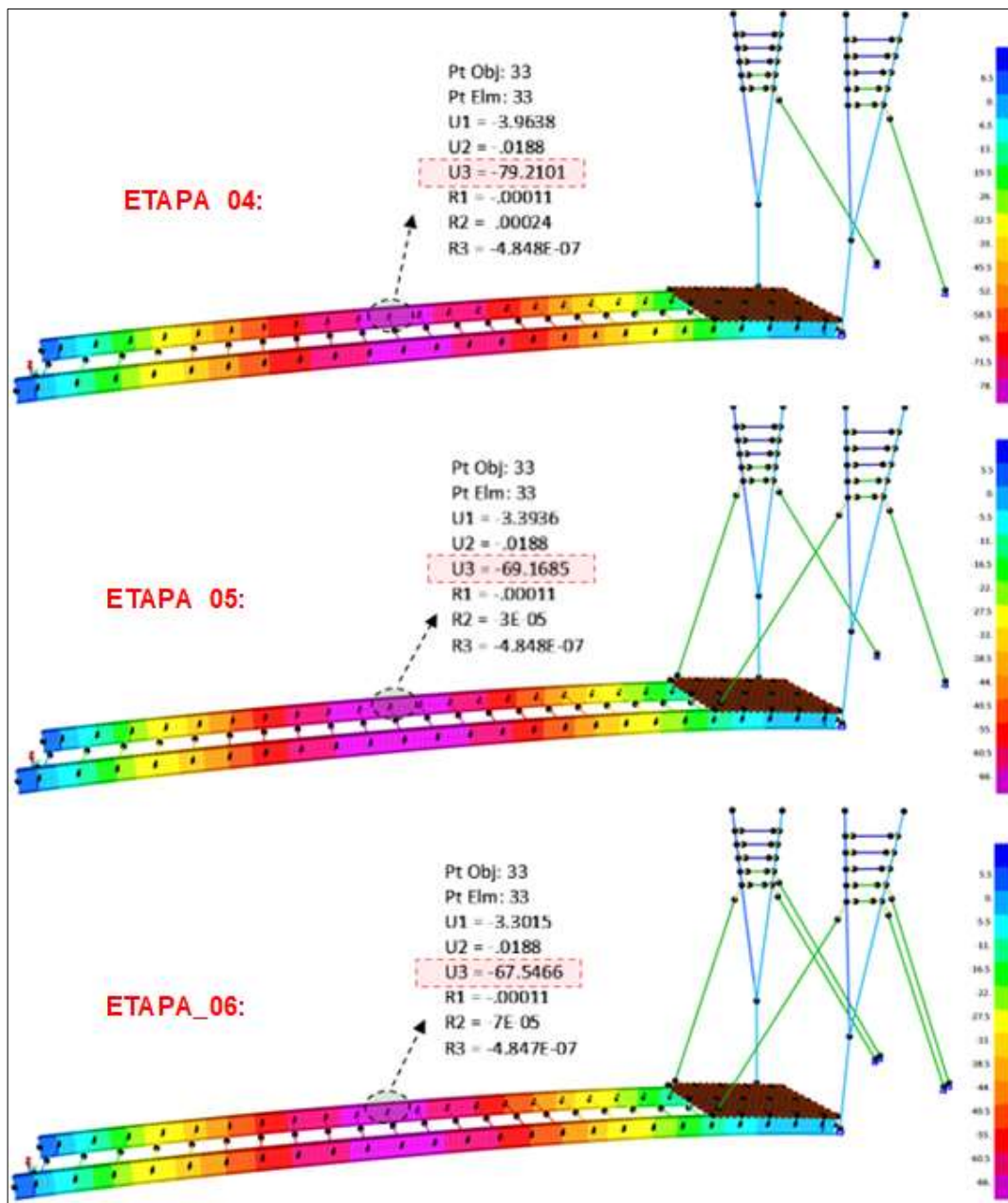


Figura N° 51. Secuencia de tensado\_Etapa:04\_05\_06

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 51**: Se describe que en la Etapa\_04 se procede con la colocación del primer paño de concreto con longitud de 6400 mm, acto seguido en la Etapa\_05 se procede con la estalación y tensado de los cables delanteros “CSC-01” con dirección al tablero, en la Etapa\_06 se procede con la instalación y tensado de los tirantes en la retenida “CSB-02”.

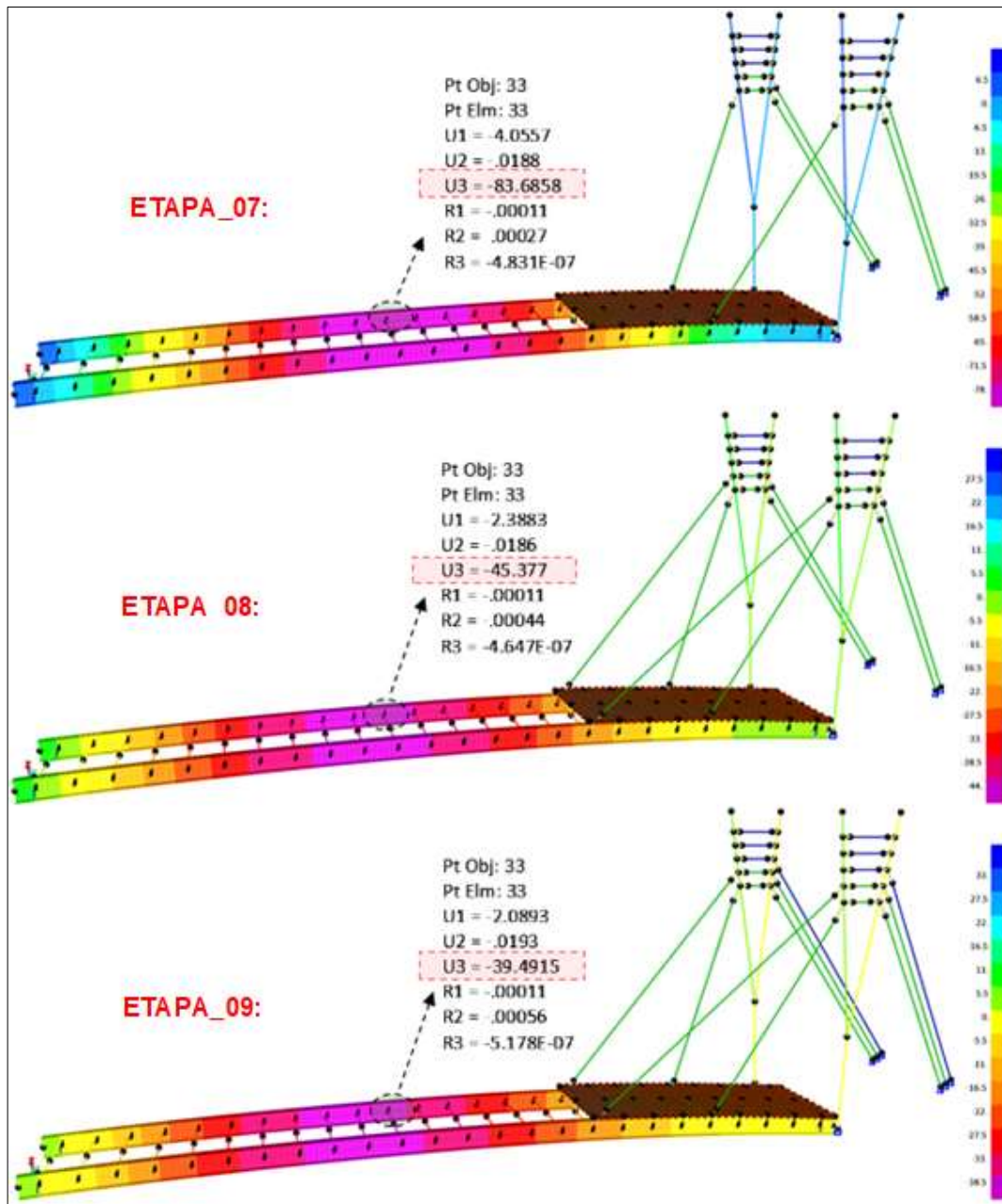


Figura N° 52. Secuencia de tensado\_Etapa:07\_08\_09

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 52**: Se describe que en la Etapa\_07 se procede con la colocación del segundo paño de concreto con longitud de 8000 mm, acto seguido en la Etapa\_08 se procede con la estalación y tensado de los cables delanteros “CSC-02” con dirección al tablero, en la Etapa\_09 se procede con la instalación y tensado de los tirantes en la retenida “CSB-03”.

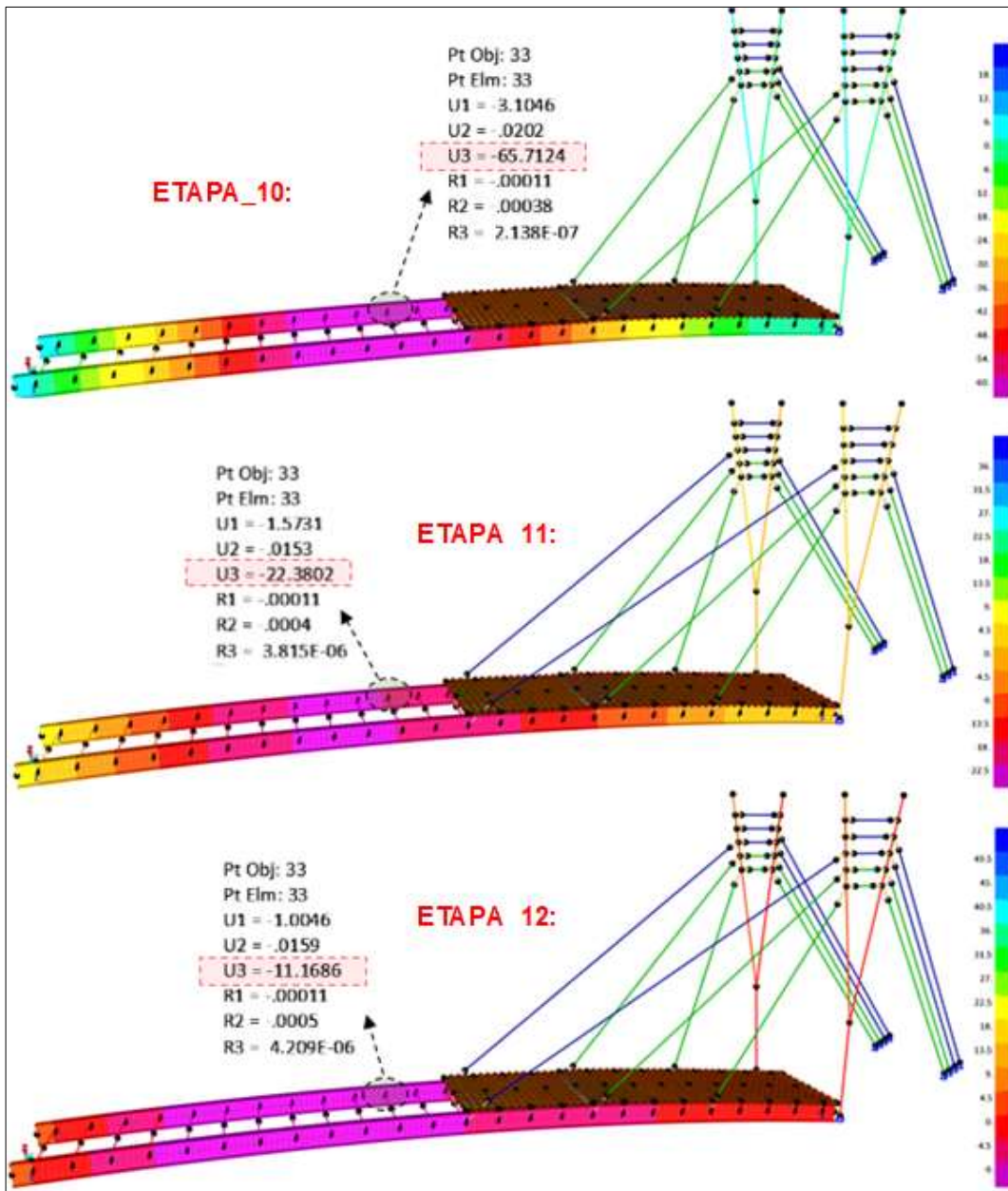


Figura N° 53. Secuencia de tensado\_Etapa:10\_11\_12

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 53**: Se describe que en la Etapa\_10 se procede con la colocación del tercer paño de concreto, acto seguido en la Etapa \_11 se procede con la estalación y tensado de los cables delanteros “CSC-03” con dirección al tablero, en la Etapa\_12 se procede con la instalación y tensado de los tirantes en la retenida “CSB-04”.

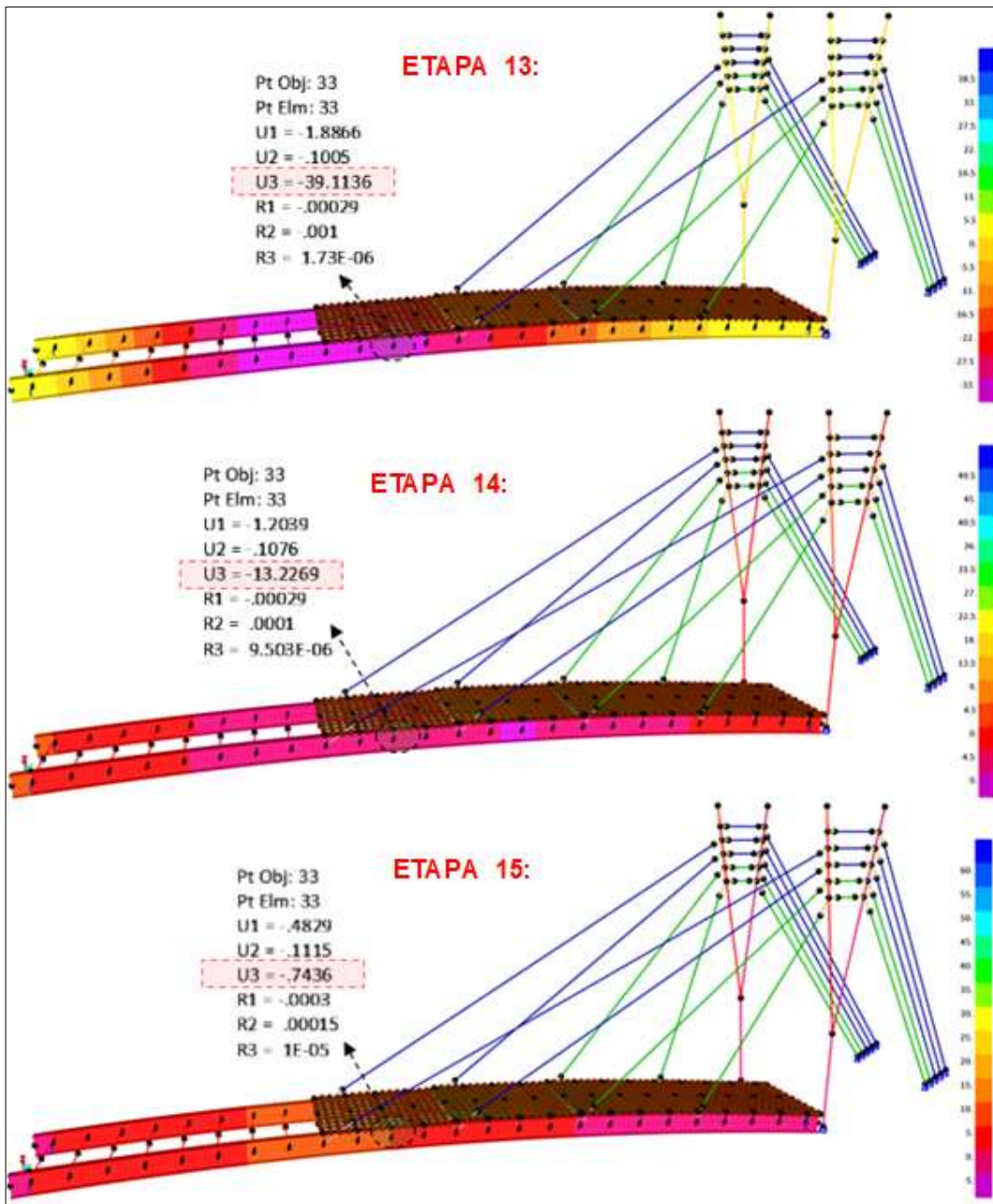


Figura N° 54. Secuencia de tensado\_Etapa:13\_14\_15

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 54**: Se describe que en la Etapa\_13 se procede con la colocación del cuarto paño de concreto, acto seguido en la Etapa \_14 se procede con la estalación y tensado de los cables delanteros “CSC-04” con dirección al tablero, en la Etapa\_15 se procede con la instalación y tensado de los tirantes en la retenida “CSB-05”.

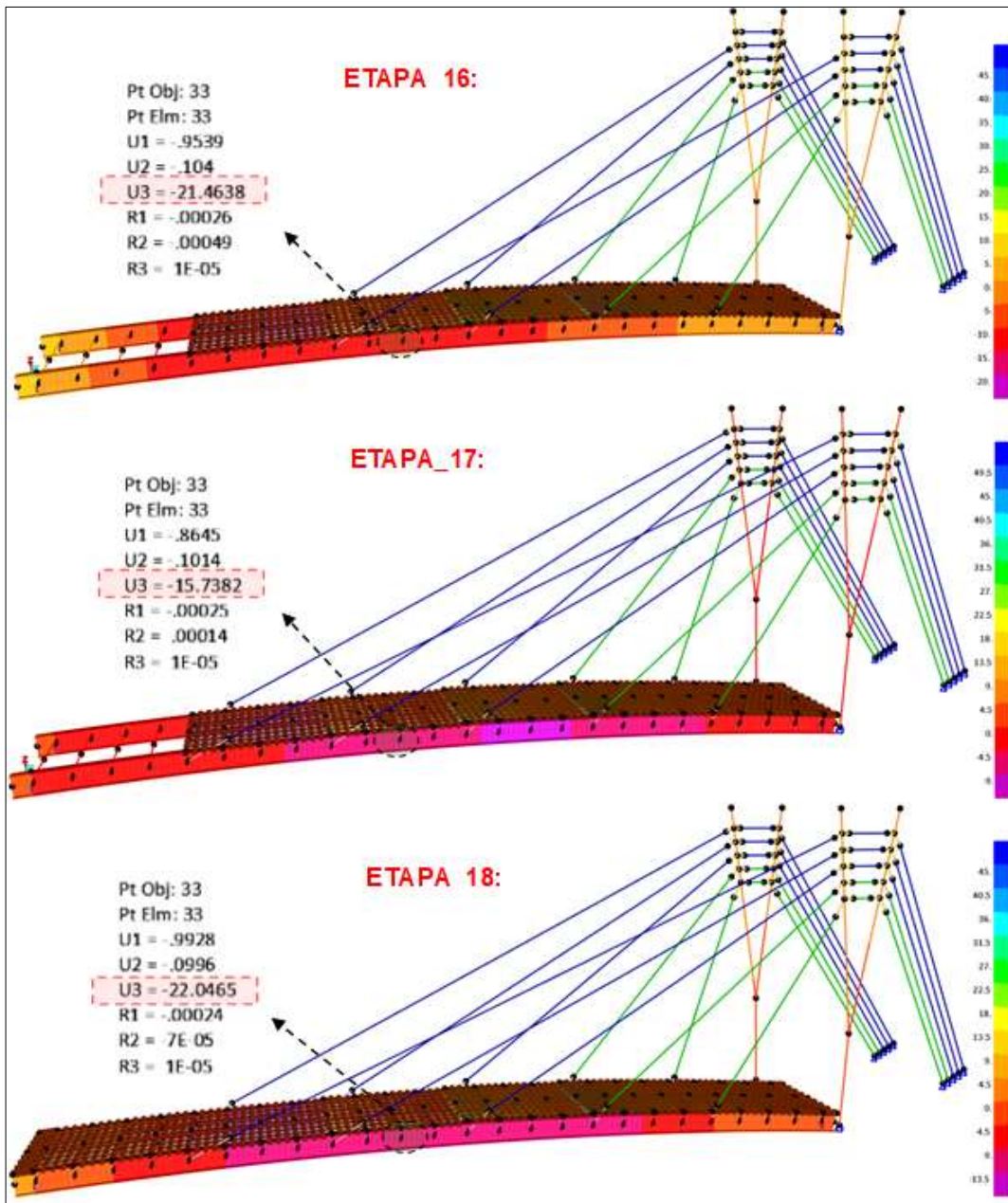
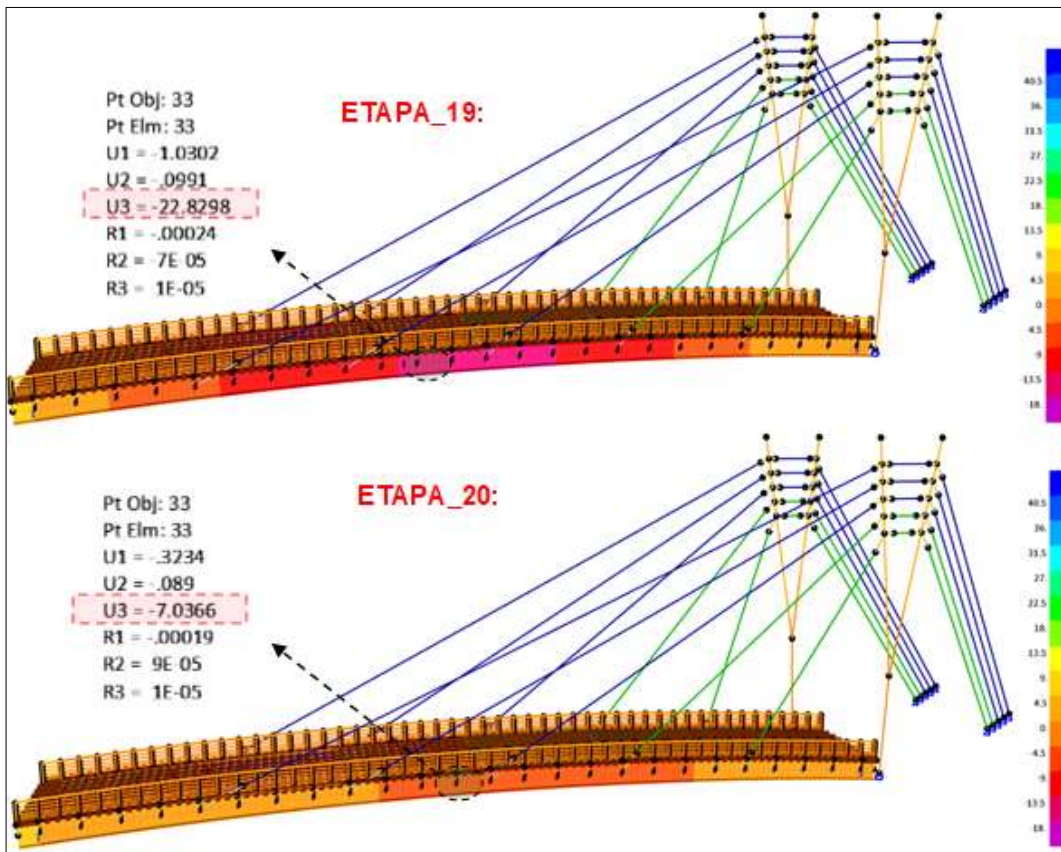


Figura N° 55. Secuencia de tensado\_Etapa:16\_17\_18

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

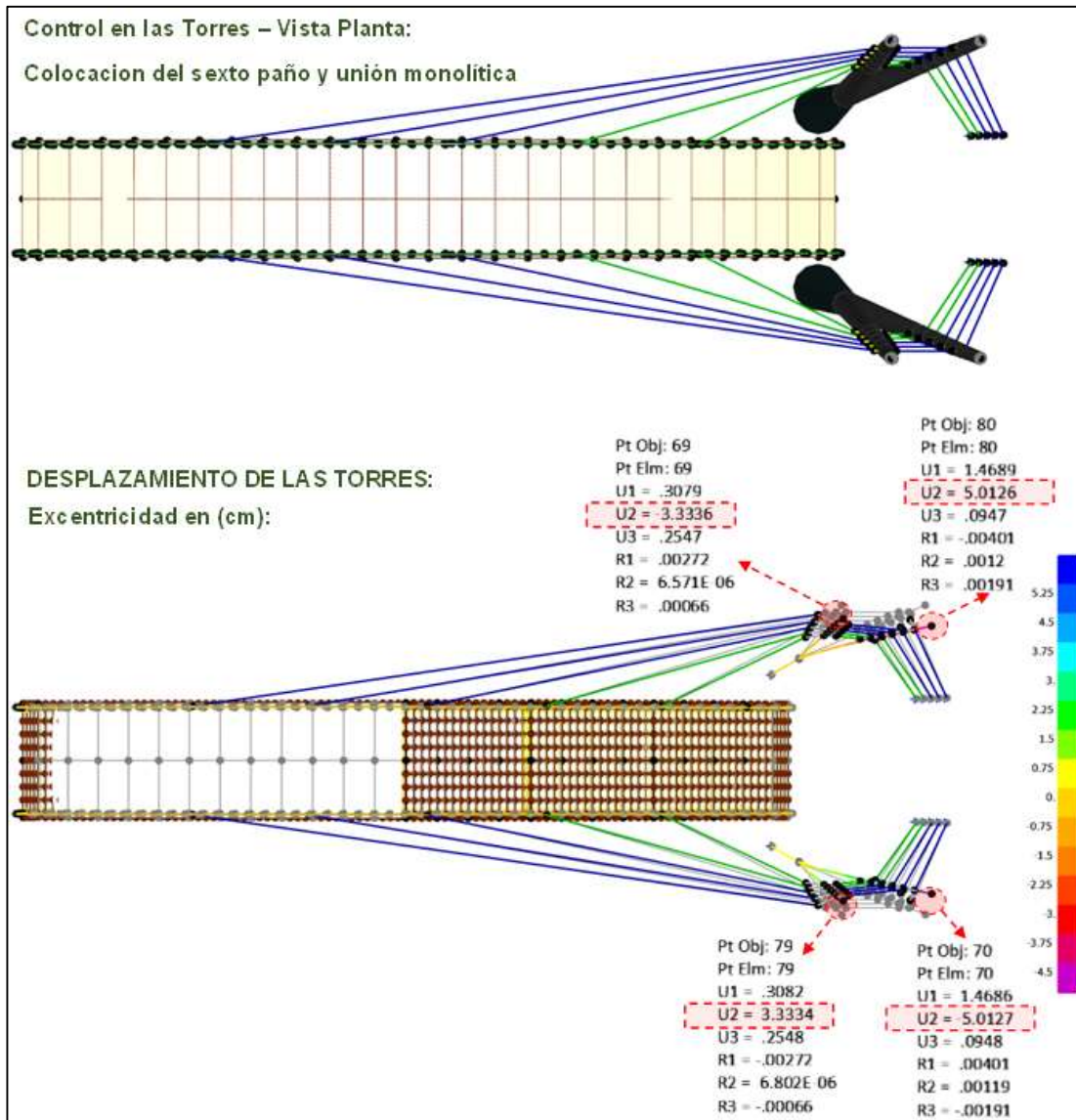
De la **Figura N° 55**: Se describe que en la Etapa\_16 se procede con la colocación del quinto paño de concreto con longitud de 8000 mm, acto seguido en la Etapa \_17 se procede con la estalación y tensado de los cables delanteros “CSC-05” con dirección al tablero, en la Etapa\_18 se coloca el sexto paño de concreto con longitud de 6600 mm.



*Figura N° 56.* Secuencia de tensado\_Etapa:19\_20

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 56**: Se describe que en la Etapa\_19 se procede con el retiro total de los encofrados metálicos y de madera también se retira la sobre carga de trabajo acto seguido en la Etapa\_20 se procede con el frotachado de piso e instalación de las barandas metálicas del puente.



**Figura N° 57.** Secuencia de tensado \_Desplazamiento en las Torres

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 57**: Detalla un análisis de los desplazamientos en las torres vista en planta para tener una mayor captación de la excentricidad producida por las fuerzas Tensoras. Las torres del puente son asimétricas por lo que tuvo un desplazamiento hacia centro de 5 cm (hacia la retenida) y de 3.33 cm (hacia el tablero),



**Tabla 30.** Resumen de las Deformaciones \_Secuencia de Tensado

PUNTOS DE CONTROL	Etapa 01 (mm)	Etapa 02 (mm)	Etapa 03 (mm)	Etapa 04 (mm)	Etapa 05 (mm)	Etapa 06 (mm)	Etapa 07 (mm)	Etapa 08 (mm)	Etapa 09 (mm)	Etapa 10 (mm)	Etapa 11 (mm)	Etapa 12 (mm)	Etapa 13 (mm)	Etapa 14 (mm)	Etapa 15 (mm)	Etapa 16 (mm)	Etapa 17 (mm)	Etapa 18 (mm)	Etapa 19 (mm)
E-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC-01	-4.56	-5.83	-6.88	-4.63	-4.26	-6.27	-2.82	-2.04	-3.73	-1.90	-0.87	-2.09	-1.69	-0.65	-1.43	-1.76	-2.00	-2.46	-1.16
PC-02	-14.72	-18.81	-21.03	-15.00	-14.03	-20.09	-8.88	-6.60	-12.22	-5.60	-2.49	-6.73	-4.83	-1.67	-4.43	-5.19	-6.01	-6.71	-3.08
PC-03	-27.38	-34.98	-39.99	-29.36	-27.97	-38.63	-16.97	-13.16	-24.19	-10.09	-4.59	-13.21	-8.39	-2.72	-8.42	-9.20	-10.91	-11.27	-5.19
PC-04	-39.97	-51.08	-54.55	-44.33	-42.68	-57.00	-25.20	-20.02	-36.94	-13.80	-5.95	-19.80	-10.83	-2.63	-11.95	-12.21	-15.00	-15.51	-6.28
PC-05	-50.44	-64.46	-68.12	-57.21	-55.44	-71.84	-34.09	-28.14	-50.38	-17.48	-7.72	-27.15	-12.78	-2.45	-15.81	-14.74	-18.75	-19.40	-7.24
PC-06	-57.26	-73.16	-76.76	-65.95	-64.20	-81.13	-41.40	-35.24	-60.85	-20.00	-8.94	-33.40	-13.22	-1.36	-18.68	-15.61	-20.84	-21.58	-7.12
PC-07	-59.39	-75.89	-79.21	-69.17	-67.55	-83.69	-45.38	-39.49	-65.71	-22.38	-11.17	-39.11	-13.23	-0.74	-21.46	-15.74	-22.05	-22.83	-7.04
PC-08	-56.33	-71.98	-74.85	-66.14	-64.74	-79.98	-44.93	-39.73	-63.90	-23.15	-12.87	-41.34	-12.03	-0.13	-22.31	-14.22	-21.21	-21.96	-6.19
PC-09	-48.09	-61.45	-63.73	-56.80	-55.68	-67.14	-39.61	-35.43	-55.42	-21.31	-12.84	-38.06	-10.77	-0.27	-21.51	-12.09	-19.12	-19.78	-5.65
PC-10	-35.19	-44.96	-46.53	-41.73	-40.95	-48.96	-29.66	-23.73	-40.95	-16.52	-10.51	-29.16	-8.44	-0.78	-18.67	-8.50	-14.61	-15.10	-4.36
PC-11	-18.63	-23.81	-24.62	-22.16	-21.76	-25.88	-15.94	-14.44	-21.82	-9.09	-5.98	-15.86	-4.74	-0.71	-10.76	-4.58	-8.33	-8.60	-2.77
E-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia\_SAP2000 V22

De la **Tabla 30**: De los resultados obtenidos del programa SAP2000 V22, Dichos resultados fueron evaluados y comparados con los desarrollados en campo en los puntos de control establecidos.

**Tabla 31.** Resumen de las Fuerzas Axiales\_ Secuencia de Tensado

PUNTOS DE CONTROL	Etapa 03 (Ton)	Etapa 04 (Ton)	Etapa 05 (Ton)	Etapa 06 (Ton)	Etapa 07 (Ton)	Etapa 08 (Ton)	Etapa 09 (Ton)	Etapa 10 (Ton)	Etapa 11 (Ton)	Etapa 12 (Ton)	Etapa 13 (Ton)	Etapa 14 (Ton)	Etapa 15 (Ton)	Etapa 16 (Ton)	Etapa 17 (Ton)	Etapa 18 (Ton)	Etapa 19 (Ton)	Etapa 20 (Ton)
CSB_05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.00	64.79	67.61	76.65	77.64	77.77
CSB_04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60.00	59.76	62.89	62.89	70.47	58.24	60.93	69.29	70.35
CSB_03	0	0	0	0	0	0	50.05	50.04	51.89	59.13	47.05	50.02	56.97	45.99	48.52	56.15	57.03	57.15
CSB_02	0	0	0	40.00	40.35	44.52	38.12	39.11	42.93	36.64	38.21	38.21	41.84	36.23	37.58	41.52	41.99	42.05
CSB_01	37.00	36.84	38.69	33.52	33.89	37.71	31.85	32.77	36.25	30.58	32.03	35.30	30.32	31.56	35.09	35.52	35.58	35.70
CSV_01	6.71	6.83	7.74	8.78	11.87	12.33	15.70	17.81	19.09	20.84	21.17	22.96	23.18	21.57	22.91	21.74	22.13	22.20
CSV_02	6.77	6.89	7.80	8.86	11.96	12.43	15.83	17.96	19.25	21.01	21.35	23.15	23.37	21.75	23.10	21.92	22.31	22.38
CSV_03	12.17	12.38	14.04	15.93	21.52	22.35	28.46	32.29	34.61	37.79	38.39	41.64	42.02	39.11	41.54	39.43	40.12	40.25
CSV_04	12.71	12.94	14.66	16.64	22.48	23.35	29.73	33.74	36.16	39.48	40.11	43.50	43.90	40.86	43.40	41.19	41.92	42.05
CSV_05	13.24	13.48	15.27	17.33	23.41	24.32	30.97	35.14	37.67	41.12	41.78	45.31	45.73	42.56	45.20	42.90	43.66	43.80
CSC_01	0	0	20.00	19.98	23.19	27.40	14.98	17.76	20.95	12.48	14.51	16.03	11.33	12.81	13.42	10.38	10.50	11.27
CSC_02	0	0	0	0	0	35.00	35.85	38.29	44.78	29.88	32.01	36.27	36.27	28.05	29.42	31.90	28.00	28.31
CSC_03	0	0	0	0	0	0	0	0	40.00	39.91	44.48	53.22	35.88	39.07	44.57	34.73	36.25	36.49
CSC_04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47.00	46.88	51.45	56.26	45.35	46.70	46.85
CSC_05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.5	50.36	51.07	51.10

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

Dichos resultados fueron evaluados y comparados con los desarrollados en campo en los puntos de control establecidos.

**Tabla 31:** De los resultados predictivos del programa SAP2000 V22 en cada una de las etapas de construcción se observa que las fuerzas tensoras marcadas inicialmente sufren un cambio a medida que se va asignando cargas cabe resaltar que la Etapa 20 las cargas provisionales asignadas ya se retiraron como por ejemplo cargas de trabajo y de encofrados. Se detalla

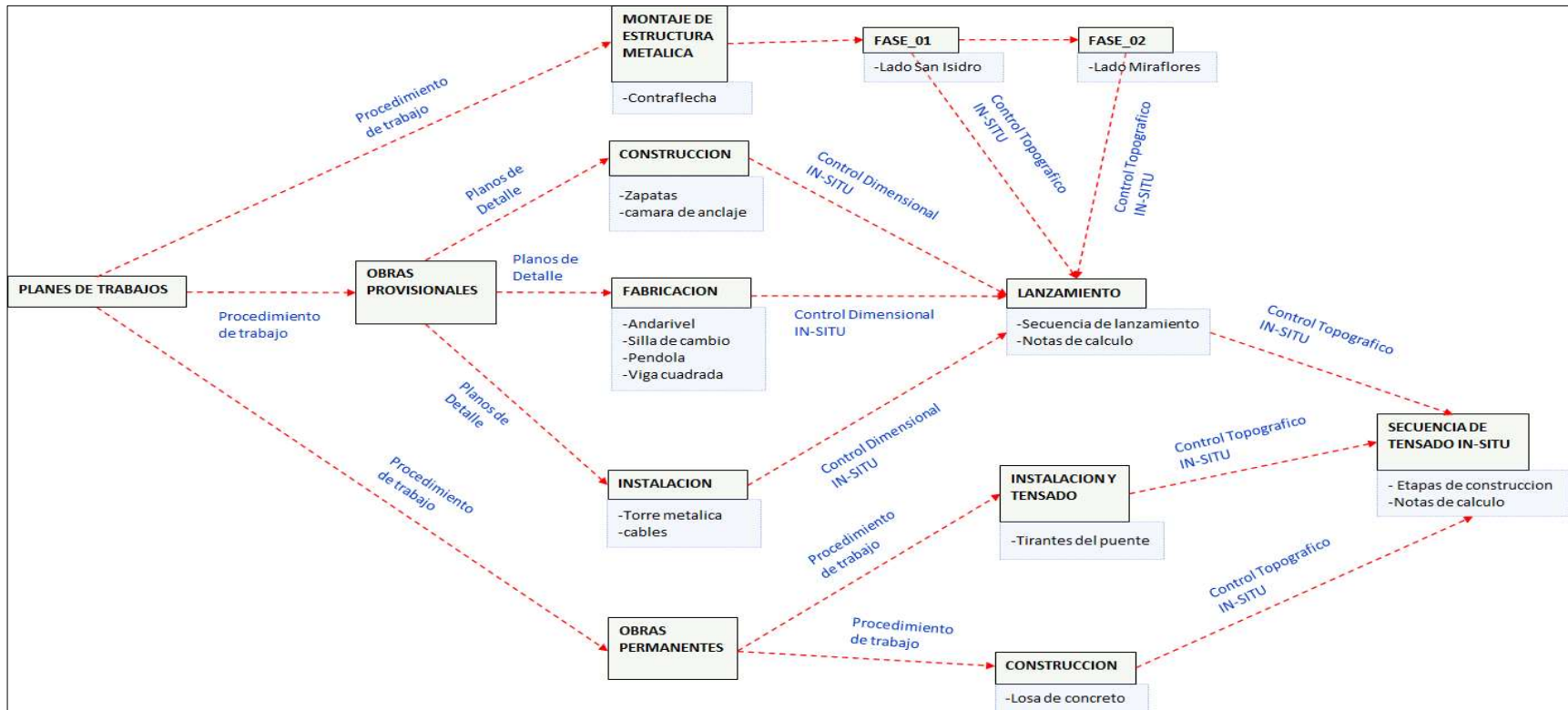


Figura N° 58. Diagrama de Flujo\_Planes de Trabajo

Fuente: Elaboración propia – SAP2000 V22

De la **Figura N° 58**: Hace mención al desarrollo de los trabajos a través de un sistema de diagrama de flujo para tener una mejor amplitud y secuencia visual de los trabajos a ejecutar que hace posible la elaboración de los planes de trabajos.

## PLANES DE TRABAJOS

La superestructura del Puente de la Amistad está compuesta de vigas metálicas con losa de concreto y torres de concreto de donde se suspenden los cables que van hacia la losa y macizo de anclaje, que juntos forman la estructura atirantada. Los planes de trabajos detallan los trabajos referidos al proceso de construcción de la superestructura del “Puente de la Amistad”: montaje y lanzamiento e instalación in-situ de las vigas metálicas, construcción de losa, instalación y tensado de tirantes.

**Objetivo N°02:** Formular el sistema de montaje basado en los planes trabajos. Se detallo lo siguiente

### A.- MONTAJE DE LA ESTRUCTURA METALICA IN-SITU:

El montaje de las vigas metálicas del puente se realizó en dos fases, las cuales se han definido desde el inicio del diseño estructural, considerando que la estructura metálica tendrá tirantes conforme se construya la losa de concreto. Las fases se detallan a continuación:



**Figura N° 59.** Sistema de Montaje In- Situ

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 59:** Se detalla los trabajos de ingeniería de campo basados en el sistema de montaje establecidos en los planes de trabajos.

Primera Fase: El armado del primer segmento del puente se realizó en el lado de San Isidro delante de la construcción del macizo de las torres, con una longitud de 11 metros medido desde el eje de la torre, se colocó un apoyo provisional para que la estructura metálica pueda descansar en el apoyo.

Segunda Fase: El armado del segundo segmento del puente se realizó en el lado de Miraflores con una longitud de 39mts, el montaje de cada una de las vigas se ejecutó con grúa e izando las vigas principales y transversales ubicándolos simétricamente, una vez armada permanecerá con apoyos de tacos de madera (Cuartones) acto seguido se procede con el cálculo de la contraflecha de montaje preparándolo para que se pueda desplazar por encima la bajada San Martín hasta que se conecte con el resto del segmento metálico (fase 1 de longitud 11 metros).

A continuación, se detalla el proceso de montaje que se utilizó:

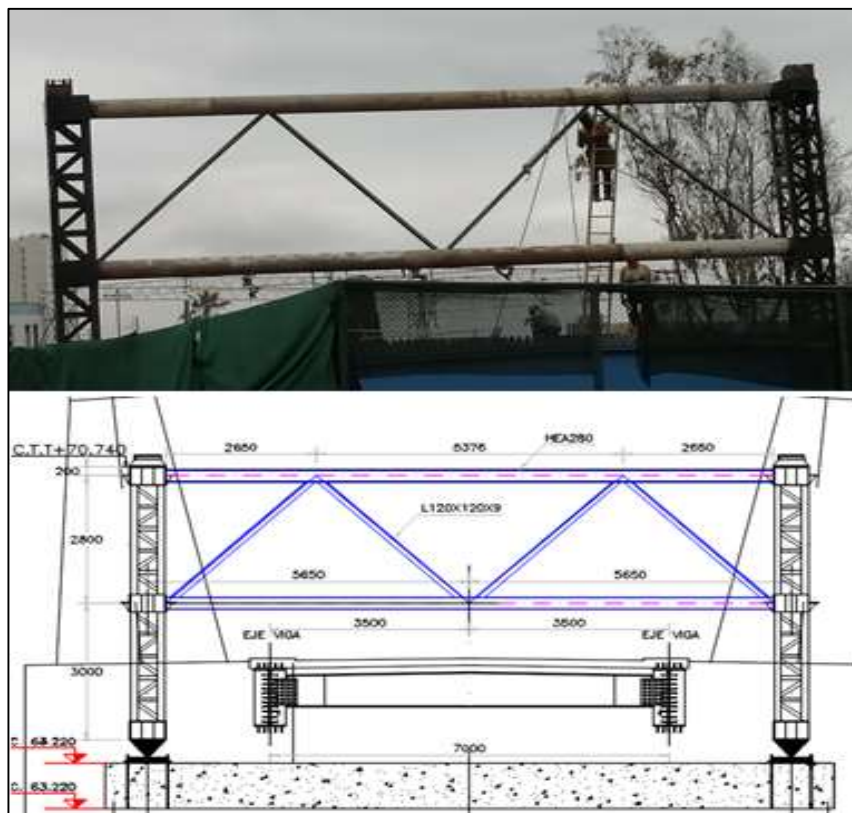
- El armado de la estructura metálica se inicia con el trazo geométrico y nivel de los apoyos provisionales de los elementos metálicos de las dos vigas principales.
- Las vigas principales se arman a partir de uno de los extremos apoyados sobre tacos de madera o cuartones, es decir desde el eje transversal donde se ubica el apoyo del puente.
- Las vigas se arman de forma paralela, el inicio que coincide con el eje transversal donde se encuentran los apoyos.
- Conforme se avanza se colocan las vigas transversales intermedias, la colocación de pernos de unión es parcial.
- Se revisa cada empalme, teniendo el cuidado la separación y alineamiento de los elementos de acuerdo con la curvatura del diseño.
- Una vez verificado el nivel y alineamiento de los elementos de vigas se procede con la elaboración del protocolo de conformidad.
- El pre-montaje podría ser parcial, siempre y cuando por lo menos se verifique el 50% de la estructura armada, es el caso de la parte que corresponde a la fase 1, donde el requerimiento de transporte a obra es prioridad.

**Objetivo N°03:** Definir las etapas de construcción para elaborar los planes de trabajos.

## **B.- OBRAS PRVISIONALES:**

### **Falso Puente Colgante**

Consistió en una estructura de carácter provisional, que se utilizó para trasladar las vigas metálicas desde la posición de montaje hacia la posición definitiva lado San Isidro, cumpliendo los requerimientos de ocasionar la menor deformación de la estructura metálica, a continuación de detalla las etapas constructivas que hacen posible su construcción.



**Figura N° 60.** Instalación de Reticulado entre las Torres

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 59:** Se detalla la instalación del reticulado que va soldado entre las torres provisionales para dar el equilibrio de la intervención de esfuerzos producidos durante el lanzamiento.

### Andarivel y Silla de Cambio:

- Se procedió a la fabricación in-situ de “sistema de andarivel” elementos compuestos por rondadas que se desplazarán por los cables y soportarán el peso de las vigas durante la etapa de traslado; “silla de lanzamiento” en la cual consiste en soportar los cables durante el proceso de traslado de la super estructura que esto a su vez transmitirá las cargas aplicadas a la torre para ser llevadas a la cimentación la aplicación de las cagar varía en función a las fases que este sufre durante el proceso de lanzamiento.

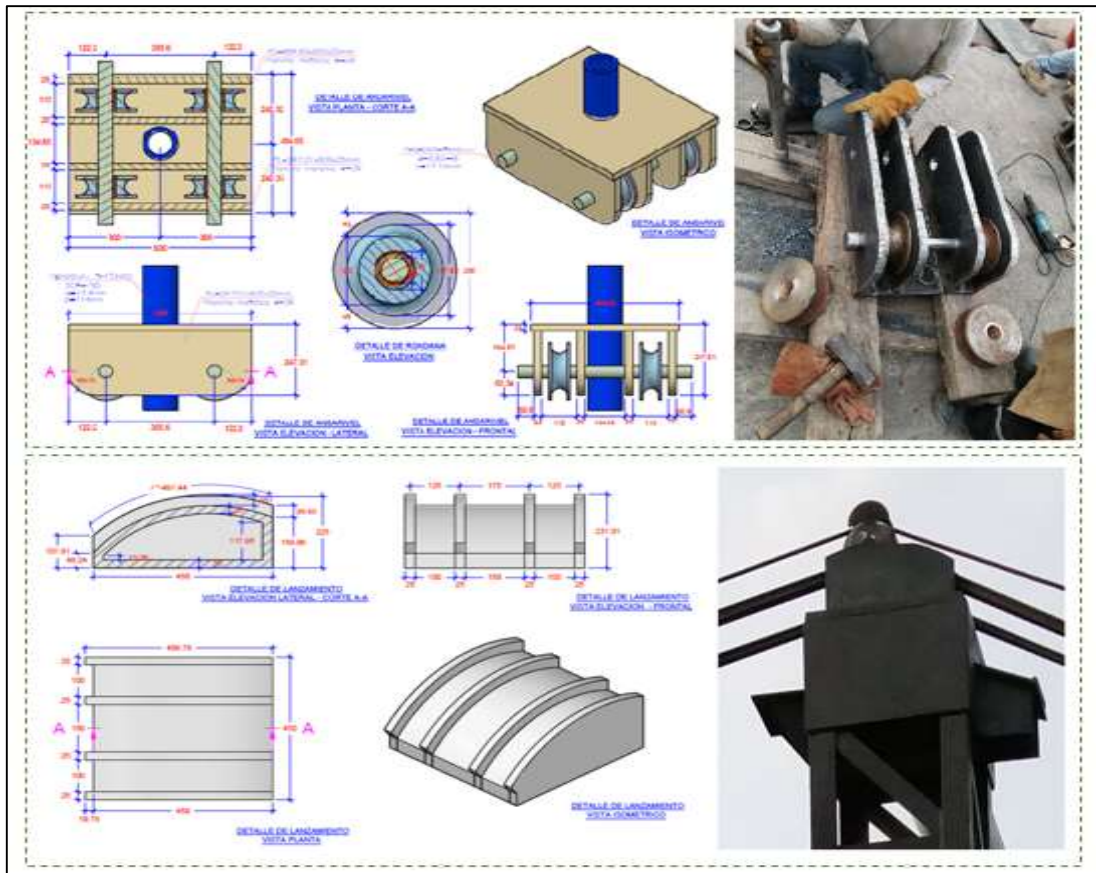


Figura N° 61. Detalle de los Elementos de Lanzamiento

Fuente: Elaboración propia – AutoCAD 2019

De la **Figura N° 61**: describe el control dimensional que se llevó en obra, haciéndose cumplir con lo especificado en los planos.



### Instalación de Sistema de Cables Provisionales:

- para el falso puente colgante; primero se empotran los cables en el macizo del lado de San Isidro, luego se procede al traslado de cables hacia el lado de Miraflores instalándolos en la cámara de anclaje ya construida, por defecto de la instalación los cables va a estar colgando por peso propio, para calcular y controlar la catenaria de diseño de 1 metro, se desarrolló el tensado total de los cables dejándolos en línea recta ambos márgenes se calcula la cota en la torre y se deberá destensar a un metro desde la cámara de anclaje lado Miraflores para poder encontrar la catenaria de un metro en el centroide del arreglo del conjunto de cables de cada torón.



*Figura N° 62.* Detalle de los Cables para el lanzamiento de las E.M.

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 62**: Describe la ingeniería de campo detallando el traslado y ubicación de los cables para uso provisional en el sistema de falso puente colgante.

### Torres Provisionales:

- Torres de apoyos para cables, las dos primeras torres se instalaron en el lado de san isidro con cimentación de concreto, las dos restantes se instalaron en el lado de Miraflores utilizando la cimentación existente del estribo del puente en la distancia entre ejes es de 37 metros. Son torres que utilizaron en otra obra de manera provisional.

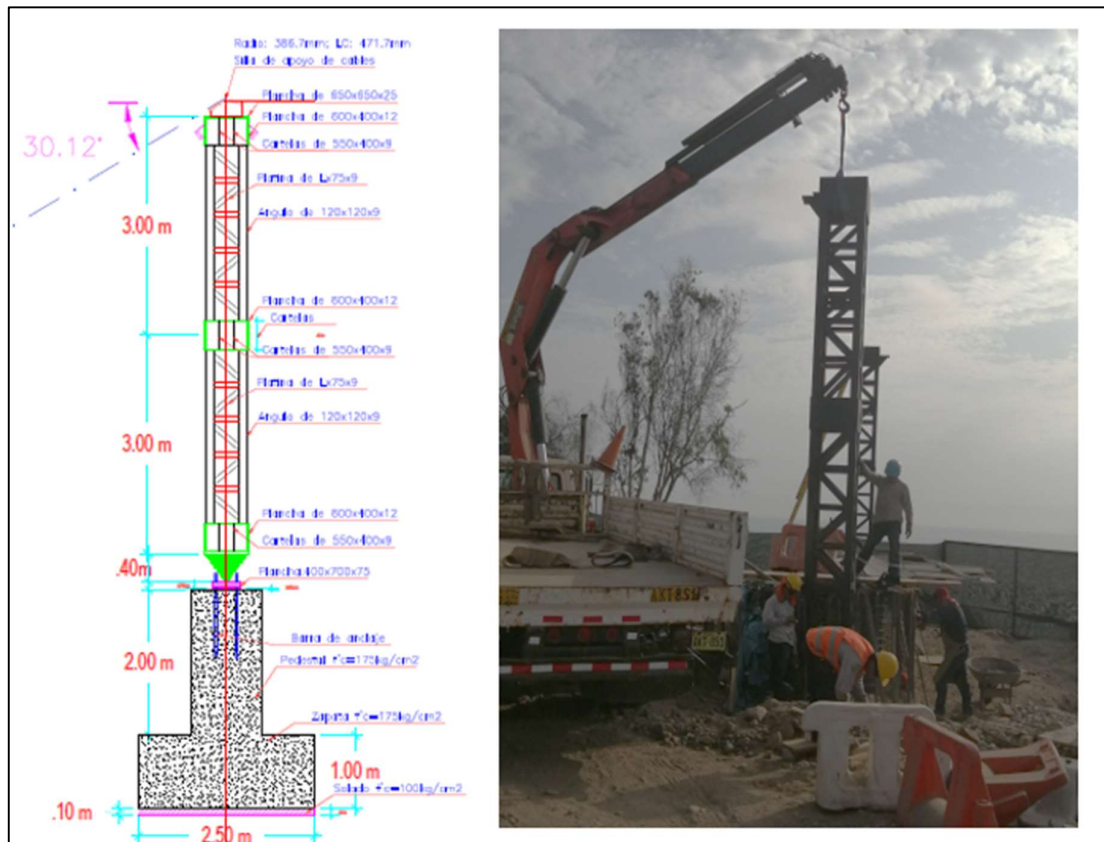


Figura N° 63. Detalle de la Torre metalica\_ Lanzamiento de E. M.

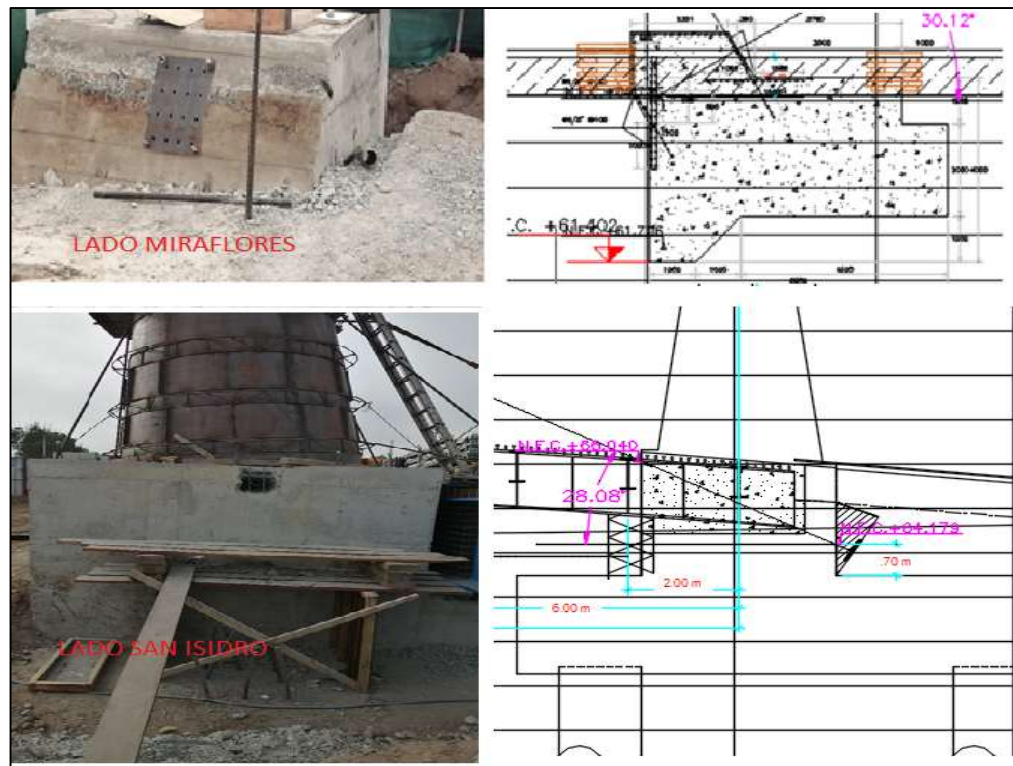
Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 63**: se detalla la composición estructural y ubicación de las torres metálicas para formar parte del sistema del falso puente colgante.

### Cámaras de Anclaje:

- Cámaras de anclaje de cables provisionales, en el lado de San Isidro se utilizó parte del macizo como estructura de soporte para los cables provisionales dejando un orificio en la parte superior del macizo para que

pasen los cables y en el lado de Miraflores se construyó cámaras de anclaje por debajo del nivel de la infraestructura existente.



*Figura N° 64.* Detalle de las Cámaras de Anclaje\_Lanzamiento E.M.

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 62**: Describe la ingeniería de campo detallando la ubicación de los cables para uso provisional en el sistema de falso puente colgante en los macizos de anclaje.

### **C.- OBRAS PERMANENTES:**

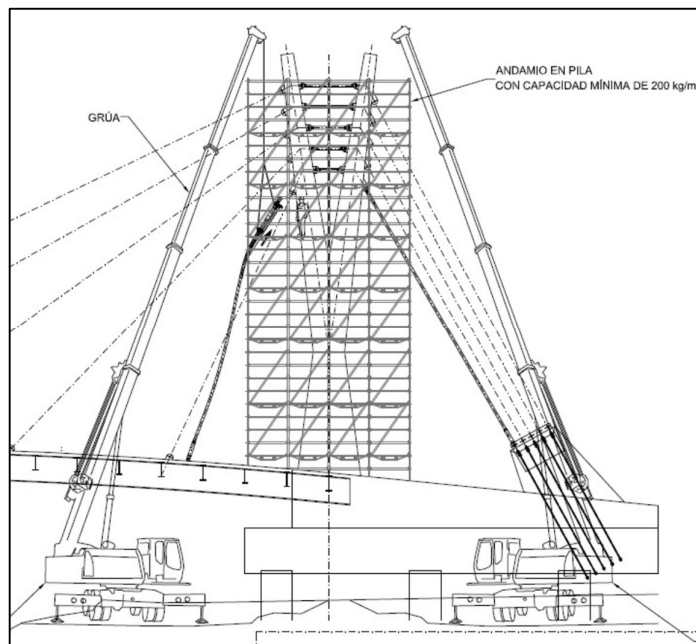
#### **Instalación y Tensado de tirantes durante la colocación de la losa de concreto del Puente de la Amistad.**

Después de a ver definido las etapas de construcción de obras provisionales procede a materializar la ingeniería de detalle controlar la contraflecha de montaje para tener estimaciones de deformaciones durante la colocacion de concreto para la losa del puente ya que con el tensado de sus tirantes recupero la flecha de

deformación vertical, para ello es necesario a ver culminado las siguientes actividades:

- Instalación de la plancha metálica que va embebida en la parte superior de la torre.
- Instalación de las orejetas en la parte superior de la torre.
- Instalación de la retenida de anclaje y orejetas en la parte trasera del macizo.

Para evitar el arrancamiento del concreto ya endurecido en la intersección de la torre durante la secuencia de tensado se colocó los tirantes con nomenclatura (CSV) que van la parte superior de la torre en forma horizontal



**Figura N° 65.** Detalle de la Instalación y Tensado de Tirantes

Fuente: Elaboración propia – AutoCAD 2019

De la **Figura N° 65**: Las conexiones de la horquilla Superior son Elementos Horizontales con Tubos Enroscados, para lizar el tirante se desarrolló mediante grúa acto seguido dos personas se encontraban en el andamio próximos a las orejetas superiores de la torre y teniendo los pernos a su disposición para su posterior colocación. Cuando la horquilla esté en su posición definitiva en la orejeta superior ubicada en la torre, colocar el perno definitivo con sus 2 tapas y tornillos.



*Figura N° 66.* Secuencia de Construcción - Tensado de Tirantes

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 66**: Durante el proceso de izado de la horquilla superior, se vigilará el movimiento de la horquilla inferior, fue necesario tenerla controlada con cuerdas cuando se encontró conectada a la horquilla superior.

Izar el anclaje fijo mediante grúa, a medida que se vaya izando, la vaina y la horquilla se moverán gracias a los carritos. Habrá que tener especial cuidado de que estos carritos no se dañen. dos personas se encontraron en el andamio próximos a la orejeta superior la cual tuvieron los pernos a su disposición para su posterior colocación.

Cuando la horquilla estuvo en su posición definitiva en la orejeta superior, colocho el perno definitivo con sus dos tapas y tornillos



**Figura N° 67.** Secuencia de Construcción - Tensado de Tirantes, Asignación de Cargas

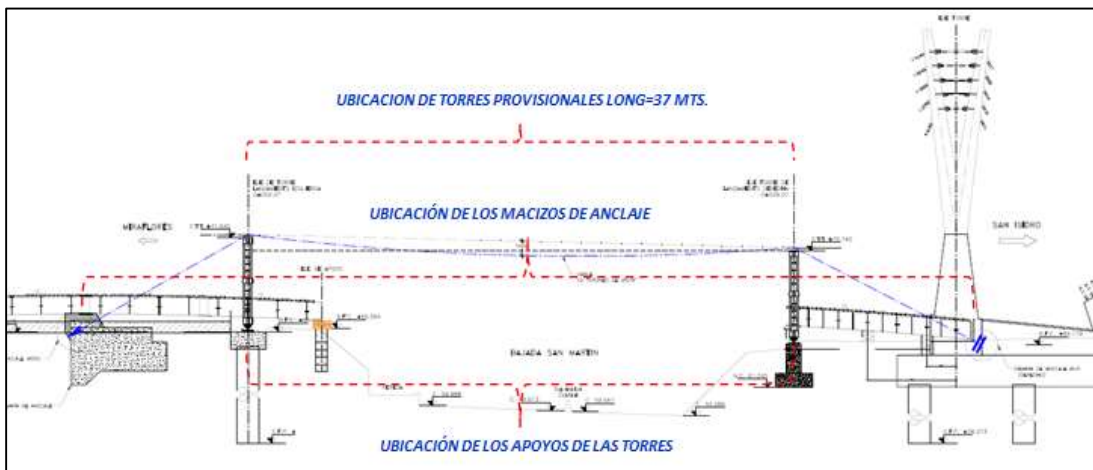
Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 67**: Según el proceso constructivo descrito en los planos de la secuencia de construcción el tesado de los tirantes se realizó en una única fase tras la colocacion de la losa de concreto del tramo correspondiente. Para el tensado de los tirantes se dispone de dos equipos de tesado de tirantes. Los tirantes delanteros se tensaron mediante un equipo estándar y los tirantes traseros se tensarán mediante un equipo especial debido a su mayor carga.

**Objetivo N°04:** Explicar estructuración geométrica de las secuencias constructivas basados en los planes de trabajo.

### **SECUENCIA DE LANZAMIENTO:**

Una vez de a ver concluido todas las actividades anteriores ya mencionadas, a continuación se presenta la vista elevación del sistema de falso puente colgante la cual los cables tienen una catenaria de 1 metro, la diferencia de cotas entre torre y torre es de 90 centímetros, también se detalla que la torre ubicada en el margen izquierdo (Lado Miraflores) está instalada sobre la cimentación existente por otro lado la torre instalada en el margen derecho esta sobre una cimentación provisional, cabe mencionar que los cables están anclados por un lado en el margen izquierdo que hace mención de la cámara de anclaje y por el otro lado anclado al macizo de cimentación del margen derecho (Lado San Isidro).



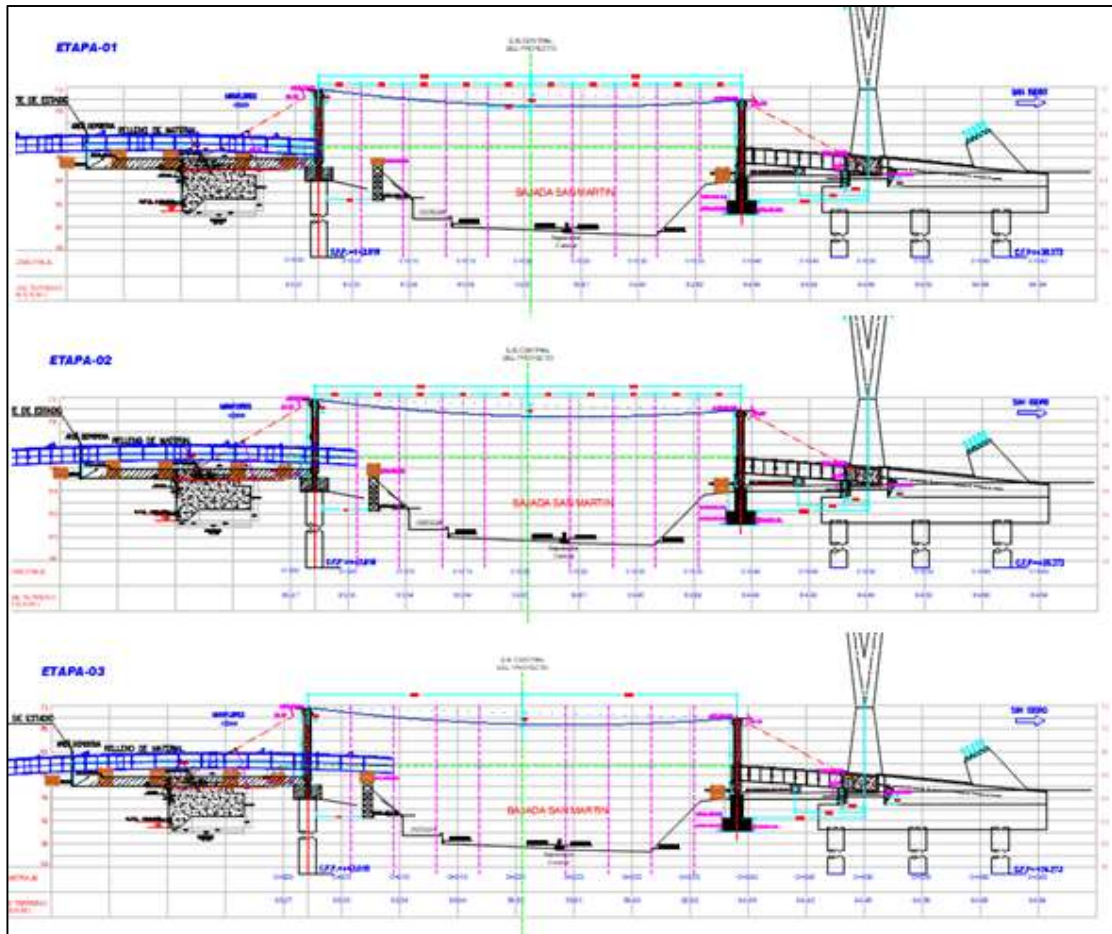
*Figura N° 68.* Sistema De Lanzamiento – Vista Elevación

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 68:** Se describe la distribución de los elementos provisionales que componen al sistema de falso puente colgante para el traslado de las vigas metálicas cabe mencionar que la catenaria del cable tiene un metro.

El proceso de lanzamiento de la estructura metálica en su posición final se detalla a continuación:

- La estructura metálica permanecerá temporalmente en el lado de Miraflores con una longitud 39 mts.
- Para el desplazamiento de la super estructura se podrán polines y tacos de madera (cuartones) encima del nivel de la posición inicial del lanzamiento con una altura de apoyo  $h = 50$  cm.



**Figura N° 69.** Secuencia de Lanzamiento - Ingeniería de Detalle – Etapa\_01\_02\_03

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 69**: Se detalla la secuencia de lanzamiento de las vigas metálicas del puente, partiendo desde el lado de Miraflores, en la etapa\_03 se puede apreciar el desplazamiento horizontal con la instalación el sistema de andarivel, para que se pueda desplazar por los cables provisionales y poder llegar a su posición final.



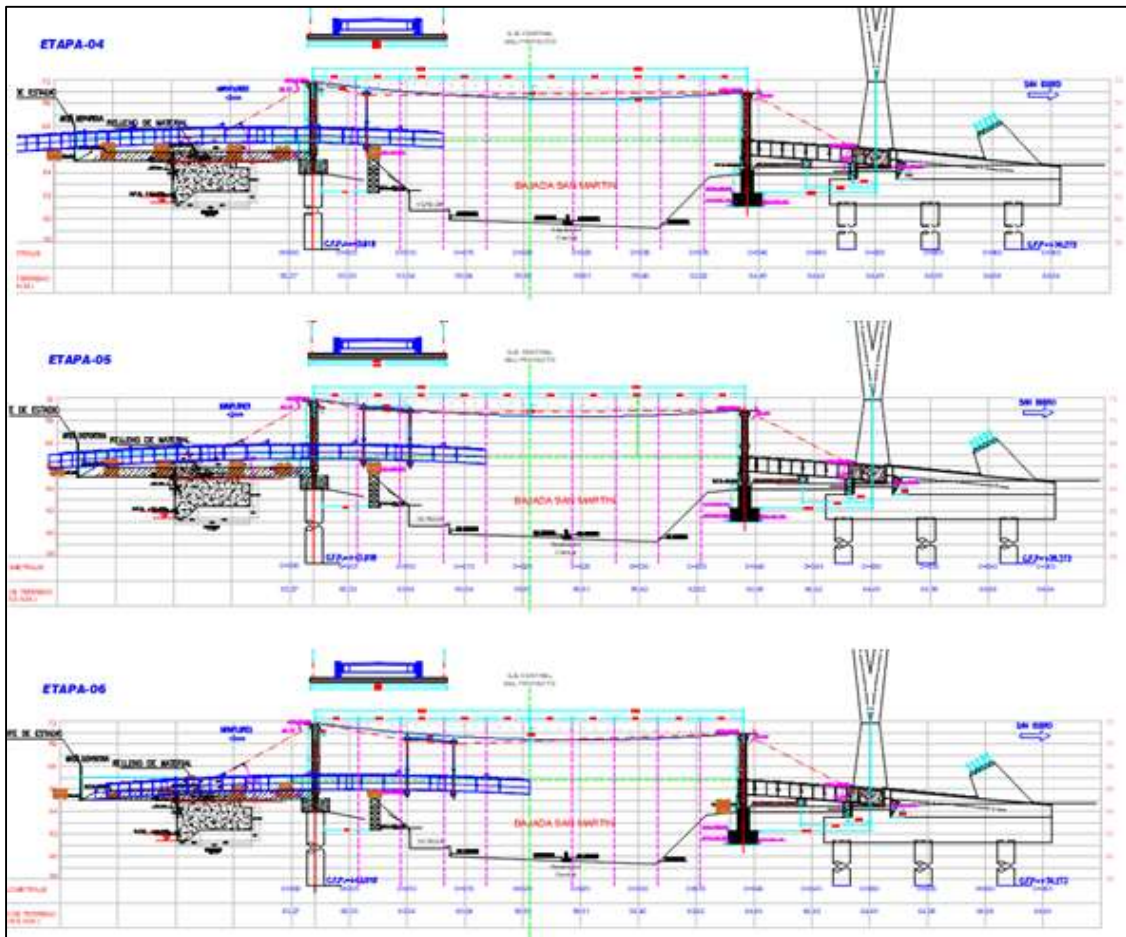
- Para el transporte de las vigas metálicas hacia la posición final se realizará usando un sistema de “andarivel”, la cual unidos a péndolas y vigas transversales tipo cajón de alma llena se hizo posible el traslado de la estructura que cruzo la autopista de la bajada de San Martin partiendo desde Miraflores hasta San Isidro.

### **Descripción del Procedimiento:**

La estructura que cruzo la autopista de la bajada de San Martin partiendo desde Para el traslado de vigas se tiene una longitud de 37 mts. de eje a eje la cual se sigue la siguiente secuencia de trabajo que se detalla a continuación:

- Etapa \_01: Posición inicial de la estructura metalica en el eje de la torre provisional saliendo con su contraflecha de montaje
- Etapa\_02: Desplazamiento a  $L = 3.70$ mts. de la longitud del lanzamiento, se procedió al retiro y colocación parcial de los apoyos de madera para evitar la deformación de la contraflecha en la estructura, así mismo del lado de San Isidro un equipo técnico se encarga de jalar con Tirfor para que la estructura metalica se pueda desplazar
- Etapa\_03: Desplazamiento a  $L = 7.40$ mts. de la longitud del lanzamiento, se procedió al retiro y colocación parcial de los apoyos de madera para evitar la deformación de la contraflecha en la estructura, se procede con la instalación del sistema de andarivel para poder desplazar a través de los cables la estructura metalica así mismo del lado de San Isidro un equipo técnico se encarga de jalar con Tirfor para que la estructura metalica se pueda desplaza
- Etapa\_04: Desplazamiento a  $L = 11.10$ mts. de la longitud del lanzamiento, se procedió al retiro y colocación parcial de los apoyos de madera así mismo del lado de San Isidro un equipo técnico se encarga de jalar con Tirfor para que la estructura metalica se pueda desplazar.
- Etapa\_05: Desplazamiento a  $L = 18.5$ mts., en esta etapa la estructura metalica ya llevo a posición central de la bajada San Martín, por lo que la estructura sufre un desplazamiento vertical.

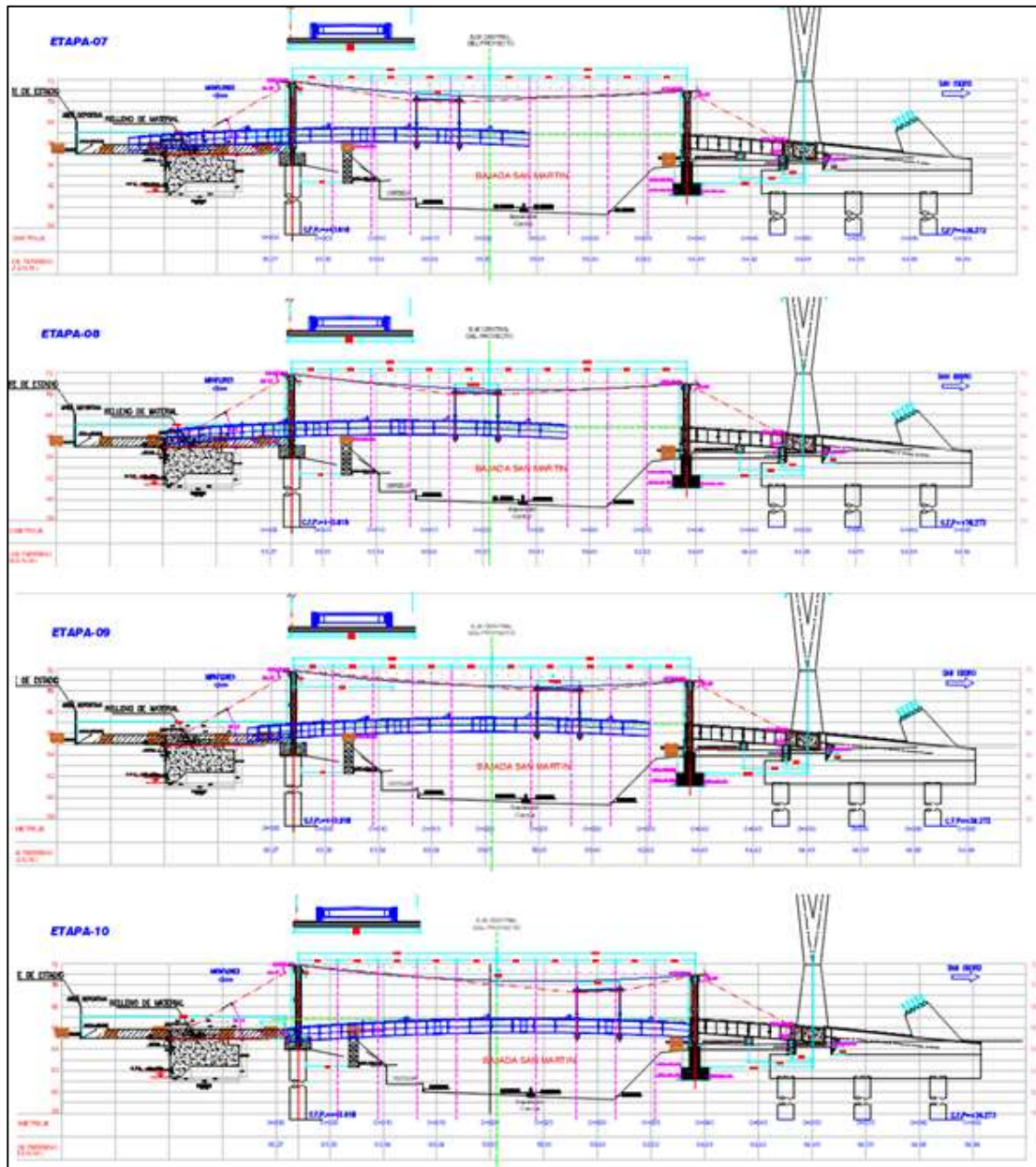
- Etapa\_06: Desplazamiento a  $L = 22.20$ mts. de la longitud del lanzamiento, se procedió al retiro y colocación parcial de los apoyos de madera para evitar la deformación de la contraflecha en la estructura, así mismo del lado de San Isidro un equipo técnico se encarga de jalar con Tirfor para que la estructura metálica se pueda desplazar
- Etapa\_07: Desplazamiento a  $L = 25.90$ mts. de la longitud del lanzamiento, se procedió al retiro y colocación parcial de los apoyos de madera para evitar la deformación de la contraflecha en la estructura, así mismo del lado de San Isidro un equipo técnico se encarga de jalar con Tirfor para que la estructura metálica se pueda desplazar
- Etapa\_08: Desplazamiento a  $L = 29.6$  mts. de la longitud del lanzamiento, se procedió al retiro y colocación parcial de los apoyos de madera para evitar la deformación de la contraflecha en la estructura, se procede con la instalación del sistema de andarivel para poder desplazar a través de los cables la estructura metálica así mismo del lado de San Isidro un equipo técnico se encarga de jalar con Tirfor para que la estructura metálica se pueda desplazar
- Etapa\_09: Desplazamiento a  $L = 33.30$ mts. de la longitud del lanzamiento, se procedió al retiro y colocación parcial de los apoyos de madera así mismo del lado de San Isidro un equipo técnico se encarga de jalar con Tirfor para que la estructura metálica se pueda desplazar, se procede con la colocación de tacos de madera para en el lado de San Isidro para la aproximación de la estructura metálica.
- Etapa\_10: Desplazamiento a  $L = 37$ mts., en esta etapa la estructura metálica ya llegó a posición final, por lo que la estructura sufre un desplazamiento vertical, se le colocó unos tacos de madera para que la estructura metálica descansa en ellas, acto seguido se procede a levantarlo a través de una bocina instalada en el centro de la péndola.



**Figura N° 70.** Secuencia de Lanzamiento - Ingeniería de Detalle – Etapa\_04\_05\_06

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 70**: Se detalla la secuencia de lanzamiento de las vigas metálicas del puente, en la etapa \_04\_05 describe el desplazamiento horizontal sobre la autopista del circuito de la Costa Verde sobre la bajada San Martín, en la etapa \_06 llega a la posición central del tramo de lanzamiento.



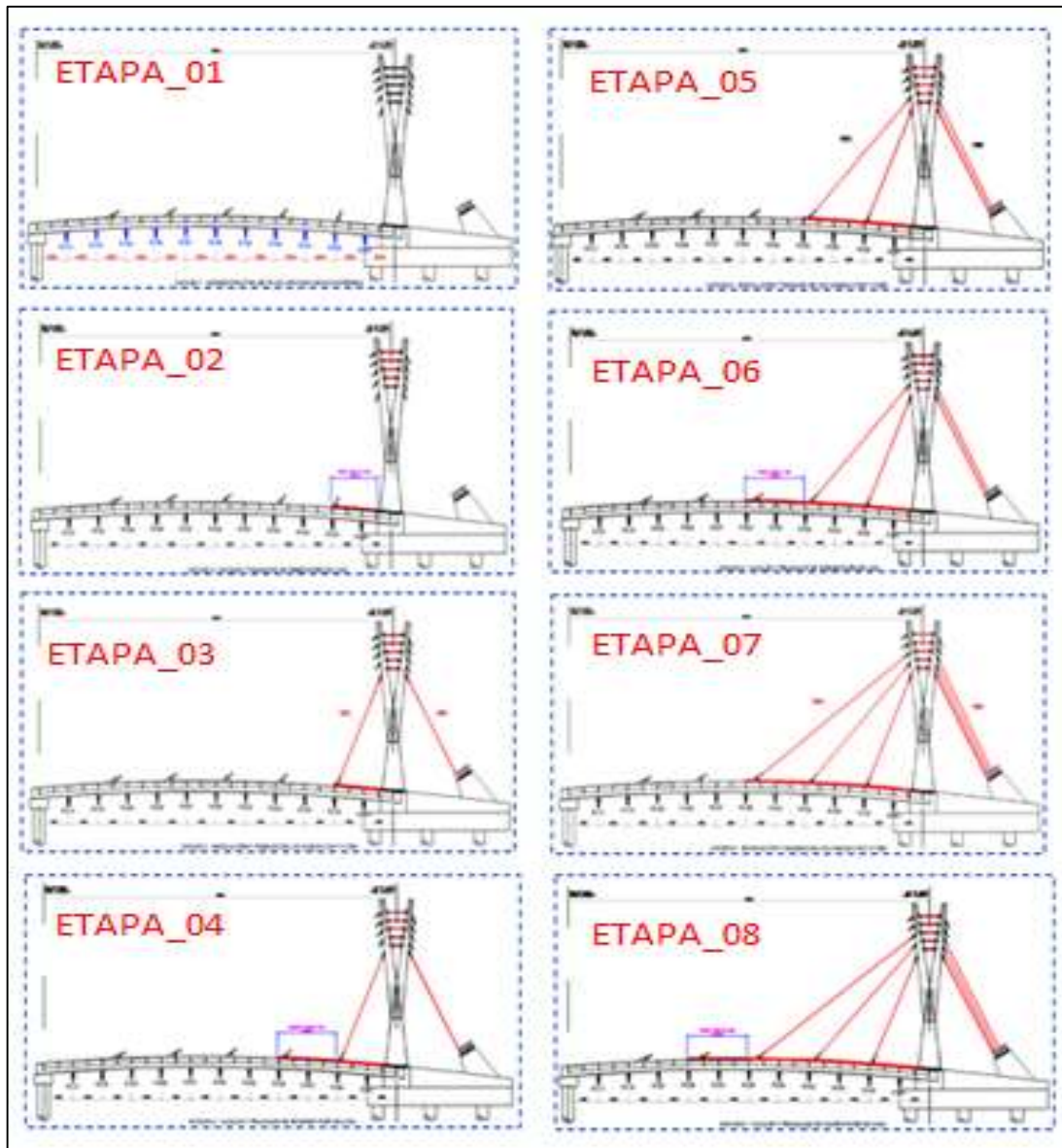
**Figura N° 71.** Secuencia de Lanzamiento - Ingeniería de Detalle – Etapa\_07\_08\_09\_10

Fuente: Elaboración propia

.De la **Figura N° 71** Se detalla la secuencia de lanzamiento de las vigas metálicas del puente, en la etapa \_07-08\_09 describe el desplazamiento horizontal sobre la autopista del circuito de la Costa Verde sobre la bajada San Martín, etapa\_10 las vigas metálicas se conectan con el primer segmento ubicada en el lado de San Isidro.

## **SECUENCIA DE CONSTRUCCION - TENSADO DE TIRANTES DURANTE LA COLOCACION DE LA LOSA DE CONCRETO DEL PUENTE DE LA AMISTAD.**

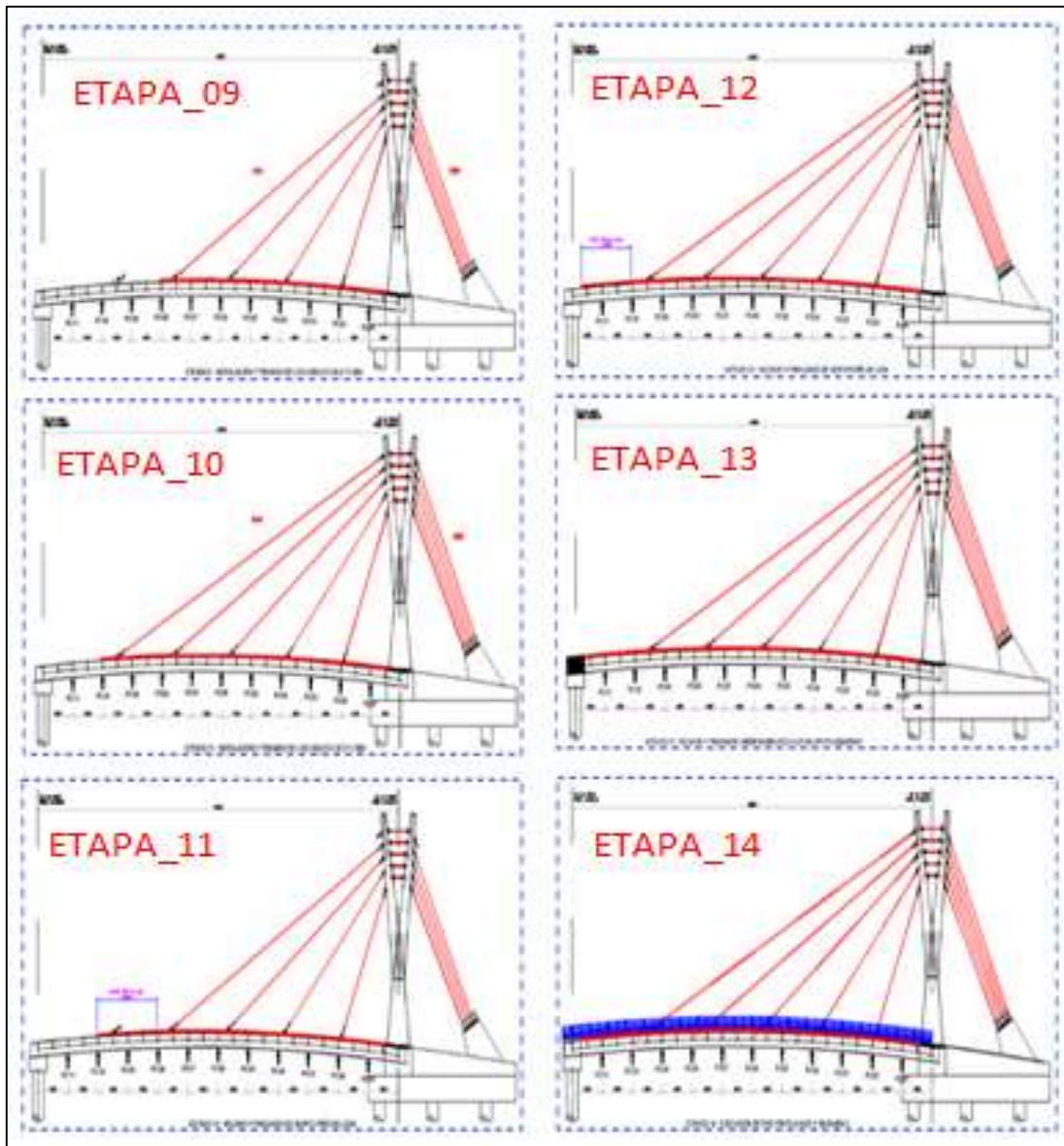
- ETAPA\_01: Super estructura estuvo apoyada en sus extremos, se procedió con el cálculo de la contraflecha con ayuda del topógrafo.
- ETAPA\_02: se colocó el 1° paño de losa de concreto a L= 6400 mm; la estructura sufre una deformación vertical por el peso de la losa
- ETAPA\_03: Se procedió con la instalación de los tirantes y fuerza de tensado de los cables CSC1 Y CSB1, así mismo se recuperó la flecha.
- ETAPA\_04: se colocó el 2° paño de losa de concreto a L= 8000 mm; la estructura sufre una deformación vertical por el peso de la losa.
- ETAPA\_05: Se procedió con la instalación de los tirantes y fuerza de tensado de los cables CSC2 Y CSB2, así mismo se recuperó la flecha.
- ETAPA\_06: se colocó el 3° paño de losa de concreto a L= 8000 mm; la estructura sufre una deformación vertical por el peso de la losa.
- ETAPA\_07: Se procedió con la instalación de los tirantes y fuerza de tensado de los cables CSC3 Y CSB3, así mismo se recuperó la flecha.
- ETAPA\_08: se colocó el 4° paño de losa de concreto a L= 8000 mm; la estructura sufre una deformación vertical por el peso de la losa.
- ETAPA\_09: Se procedió con la instalación de los tirantes y fuerza de tensado de los cables CSC4 Y CSB4, así mismo se recuperó la flecha.
- ETAPA\_10: se colocó el 5° paño de losa de concreto a L= 8000 mm; la estructura sufre una deformación vertical por el peso de la losa.
- ETAPA\_11: Se procedió con la instalación de los tirantes y fuerza de tensado de los cables CSC5 Y CSB5, así mismo se recuperó la flecha.
- ETAPA\_12: se colocó el 6° paño de losa de concreto a L= 6600 mm; la estructura sufre una deformación vertical por el peso de la losa.
- ETAPA\_13: unión monolítica de la super estructura en el margen izquierdo.
- ETAPA\_14: ejecución de frotachado de piso e instalación de barandas.



**Figura N° 72.** Secuencia de construcción - Ingeniería de Detalle - Tensado de Tirantes\_Etapa 01 hasta 08

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 72**: Describe Un proceso constructivo en la etapa final de la construcción del puente de amistad, basados en el análisis de la estructuración geométrica para poder construir de la forma más segura, claramente los detalles de la ingeniería propuesta, describe que a medida que se van colocando los paños de losa de concreto la estructura metálica sufre un cambio drástico de deformación entonces con ayuda de los tirantes hacen posible recuperar la flecha perdida en la etapa anterior



**Figura N° 73.** Secuencia de construcción - Ingeniería de Detalle - Tensado de Tirantes\_Etapa 09 hasta 14

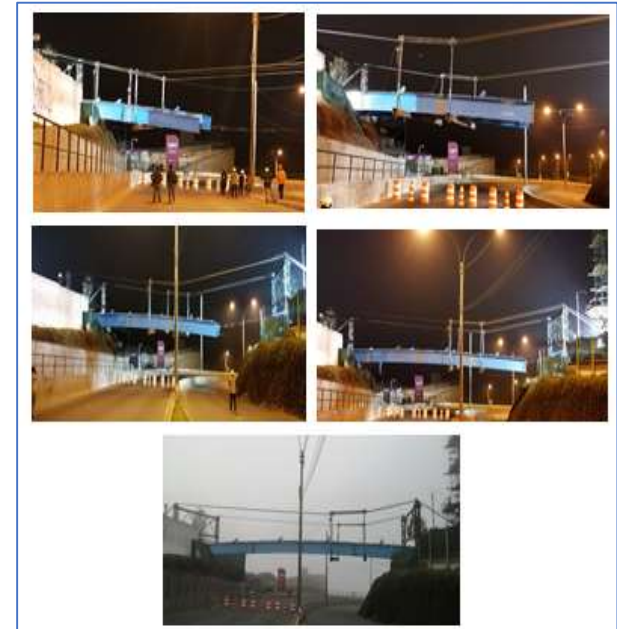
Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 73:** Describe que después de culminar las etapas de tensado se procede con la colocación del sexto paño de concreto y unión monolítica descrita en la etapa\_13 y en la etapa\_14 se procede con el retiro total de encofrados, acto seguido se hace el frotchado de piso y se instalan las barandas.

**Objetivo N°05:** Analizar las etapas de construcción para controlar las Deformaciones y Desplazamientos en los puntos de control In-Situ.

**Tabla 32.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el lanzamiento

DEFORMACION DURANTE EL LANZAMIENTO Estado de Servicio I						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROY. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	CALCULO CAMPO (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
PC-01	3700	66.818	66.818	-0.066	-0.10	0.65
PC-02	7400	66.818	66.819	-0.529	-1.157	0.46
PC-03	11100	66.818	66.824	-5.903	-6.91	0.85
PC-04	14800	66.818	66.850	-31.826	-40.41	0.79
PC-05	18500	66.818	66.897	-79.350	-93.36	0.85
PC-06	22200	66.818	66.903	-85.274	-93.53	0.91
PC-07	25900	66.818	66.982	-163.923	-187.72	0.87
PC-08	29600	66.818	67.094	-276.420	-325.2	0.85
PC-09	33300	66.818	67.294	-476.248	-510.17	0.93
PC-10	37000	66.818	67.403	-584.834	-725.86	0.81




Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 32**: se describe las deformaciones producidas en la punta de la viga principal y desplazamiento en las torres en la dirección horizontal In-Situ, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.



**Tabla 33.** control de los desplazamientos en las Torres Provisionales

DESPLAZAMIENTO DE LAS TORRES EN EL PC-10						
ELEMENTO	ALTURA	LONG PROY. (mm)	LONG. CAMPO (mm)	CALCULO CAMPO (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
Torre_01	H = 6000	39382	39397	-15	-19.85	0.76
Torre_02	H = 6000	1758	1787	-29	-43.55	0.67



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 33**: se describe las deformaciones producidas en las torres en la dirección horizontal In-Situ, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 34.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Estructura metalica montada

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU ESTRUCTURA METALICA SOLA						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROY. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.269	-2	-4.56	0.44
P-02	8000	66.566	66.554	-12	-14.72	0.82
P-03	12000	66.807	66.793	-14	-27.38	0.51
P-04	16000	66.995	66.963	-32	-39.97	0.80
P-05	20000	67.127	67.083	-44	-50.44	0.87
P-06	24000	67.189	67.142	-47	-57.26	0.82
P-07	28000	67.197	67.149	-48	-59.39	0.81
P-08	32000	67.151	67.103	-48	-56.33	0.85
P-09	36000	67.051	67.008	-43	-48.09	0.89
P-10	40000	66.896	66.868	-28	-35.19	0.80
P-11	44000	66.670	66.662	-8	-18.63	0.43
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0




Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 34:** se describe las deformaciones producidas por peso propio de la estructura montada en campo en su posición final, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 35.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocación del primer paño de concreto

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU COLOCACION DEL 1° PAÑO DE LOSA DE CONCRETO						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROJ. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.267	-4	-6.88	0.58
P-02	8000	66.566	66.549	-17	-21.03	0.81
P-03	12000	66.807	66.772	-35	-39.99	0.88
P-04	16000	66.995	66.952	-43	-54.55	0.79
P-05	20000	67.127	67.073	-54	-68.12	0.79
P-06	24000	67.189	67.132	-57	-76.76	0.74
P-07	28000	67.197	67.138	-59	-79.21	0.74
P-08	32000	67.151	67.096	-55	-74.85	0.73
P-09	36000	67.051	67.002	-49	-63.73	0.77
P-10	40000	66.896	66.858	-38	-46.53	0.82
P-11	44000	66.670	66.652	-18	-24.62	0.73
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0

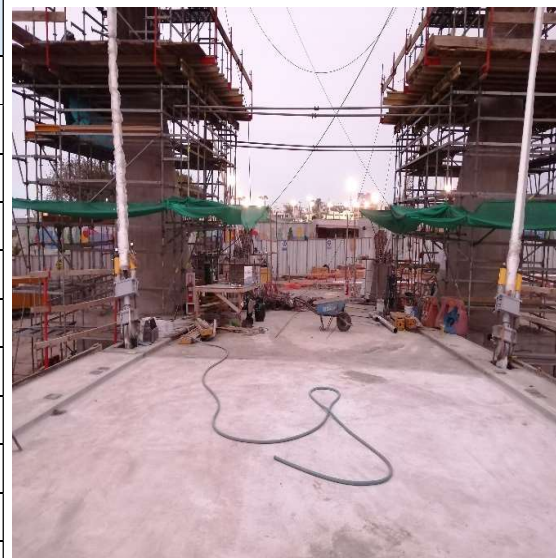


Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 35** se describe las deformaciones producidas por peso propio del primer paño de losa de concreto, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 36.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB\_01; CSC\_01

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU TENSADO DE CSB-01 Y CSC-01						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROJ. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.269	-2	-4.63	0.43
P-02	8000	66.566	66.552	-14	-15.00	0.93
P-03	12000	66.807	66.779	-28	-29.36	0.95
P-04	16000	66.995	66.956	-39	-44.33	0.88
P-05	20000	67.127	67.079	-48	-57.21	0.84
P-06	24000	67.189	67.137	-52	-65.95	0.79
P-07	28000	67.197	67.151	-46	-69.17	0.67
P-08	32000	67.151	67.105	-46	-66.14	0.70
P-09	36000	67.051	67.006	-45	-56.80	0.79
P-10	40000	66.896	66.864	-32	-41.73	0.77
P-11	44000	66.670	66.652	-18	-22.16	0.81
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0

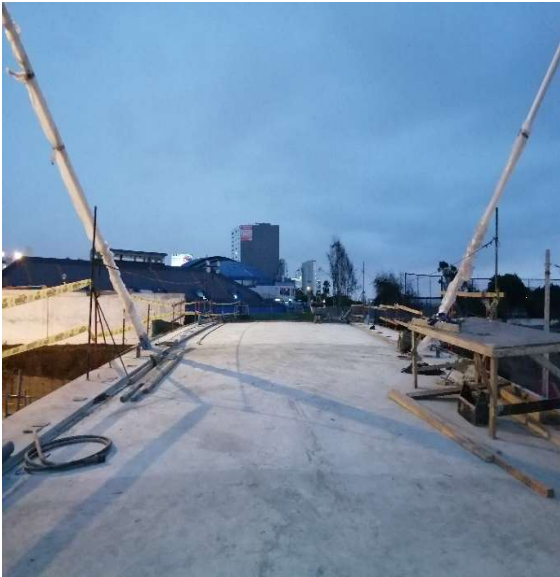


Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 36:** se describe las deformaciones recuperadas por el tensado de tirantes delanteros CSB\_01; CSC\_01, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 37.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del segundo paño de concreto

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU COLOCACION DEL 2° PAÑO DE LOSA DE CONCRETO						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROJ. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.269	-2	-6.27	0.32
P-02	8000	66.566	66.552	-14	-20.09	0.70
P-03	12000	66.807	66.783	-24	-38.63	0.62
P-04	16000	66.995	66.960	-35	-57.00	0.61
P-05	20000	67.127	67.069	-58	-71.84	0.81
P-06	24000	67.189	67.137	-52	-81.13	0.64
P-07	28000	67.197	67.151	-46	-83.69	0.55
P-08	32000	67.151	67.105	-46	-79.98	0.58
P-09	36000	67.051	67.006	-45	-67.14	0.67
P-10	40000	66.896	66.854	-42	-48.96	0.86
P-11	44000	66.670	66.652	-18	-25.88	0.70
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 37**: se describe las deformaciones producidas por peso propio del segundo paño de losa de concreto, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 38.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB\_02; CSC\_02

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU TENSADO DE CSB-02 Y CSC-02						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROJ. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.270	-1	-2.82	0.35
P-02	8000	66.566	66.561	-5	-8.88	0.56
P-03	12000	66.807	66.797	-10	-16.97	0.59
P-04	16000	66.995	66.979	-16	-25.20	0.63
P-05	20000	67.127	67.100	-27	-34.09	0.79
P-06	24000	67.189	67.168	-21	-41.40	0.51
P-07	28000	67.197	67.178	-19	-45.38	0.42
P-08	32000	67.151	67.133	-18	-44.93	0.40
P-09	36000	67.051	67.036	-15	-39.61	0.38
P-10	40000	66.896	66.883	-13	-29.66	0.44
P-11	44000	66.670	66.660	-10	-15.94	0.63
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0




Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 38**: se describe las deformaciones recuperadas por el tensado de tirantes delanteros CSB\_02; CSC\_02, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 39.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del tercer paño de concreto

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU COLOCACION DEL 3° PAÑO DE LOSA DE CONCRETO						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROY. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.269	-2	-3.73	0.54
P-02	8000	66.566	66.557	-9	-12.22	0.74
P-03	12000	66.807	66.787	-20	-24.19	0.83
P-04	16000	66.995	66.964	-31	-36.94	0.84
P-05	20000	67.127	67.084	-43	-50.38	0.85
P-06	24000	67.189	67.138	-51	-60.85	0.84
P-07	28000	67.197	67.142	-55	-65.71	0.84
P-08	32000	67.151	67.097	-54	-63.90	0.85
P-09	36000	67.051	67.003	-48	-55.42	0.87
P-10	40000	66.896	66.861	-35	-40.95	0.85
P-11	44000	66.670	66.652	-18	-21.82	0.83
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 39** **Tabla 32**: se describe las deformaciones producidas por peso propio del tercer paño de losa de concreto, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 40.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB\_03; CSC\_03

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU TENSADO DE CSB-03 Y CSC-03						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROJ. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.270	-1	-1.90	0.53
P-02	8000	66.566	66.561	-5	-5.60	0.89
P-03	12000	66.807	66.797	-10	-10.09	0.99
P-04	16000	66.995	66.984	-11	-13.80	0.80
P-05	20000	67.127	67.113	-14	-17.48	0.80
P-06	24000	67.189	67.173	-16	-20.00	0.80
P-07	28000	67.197	67.178	-19	-22.38	0.85
P-08	32000	67.151	67.133	-18	-23.15	0.78
P-09	36000	67.051	67.036	-15	-21.31	0.70
P-10	40000	66.896	66.883	-13	-16.52	0.79
P-11	44000	66.670	66.663	-7	-9.09	0.77
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0



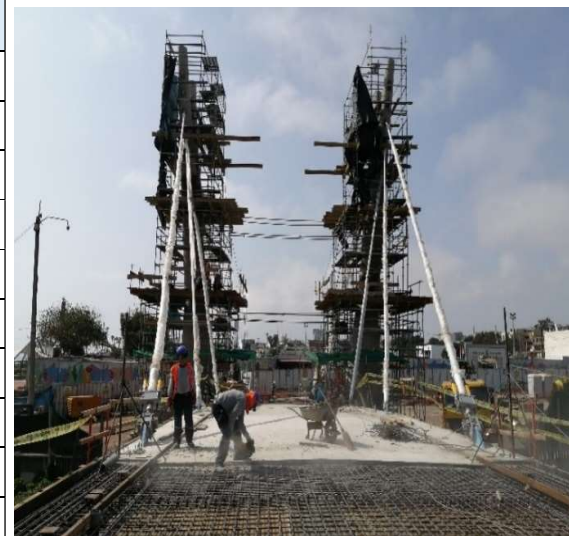
Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 40**: se describe las deformaciones recuperadas por el tensado de tirantes delanteros CSB\_03; CSC\_03, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.



**Tabla 41.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del cuarto paño de concreto

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU COLOCACION DEL 4° PAÑO DE LOSA DE CONCRETO						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROJ. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.92	0.00	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.27	-1.40	-2.09	0.67
P-02	8000	66.566	66.56	-5.60	-6.73	0.83
P-03	12000	66.807	66.79	-12.60	-13.21	0.95
P-04	16000	66.995	66.98	-17.30	-19.80	0.87
P-05	20000	67.127	67.11	-17.00	-27.15	0.63
P-06	24000	67.189	67.16	-31.00	-33.40	0.93
P-07	28000	67.197	67.16	-38.50	-39.11	0.98
P-08	32000	67.151	67.11	-39.20	-41.34	0.95
P-09	36000	67.051	67.02	-35.00	-38.06	0.92
P-10	40000	66.896	66.87	-26.60	-29.16	0.91
P-11	44000	66.670	66.66	-14.00	-15.86	0.88
E-02	48000	66.393	66.39	0.00	0.00	0

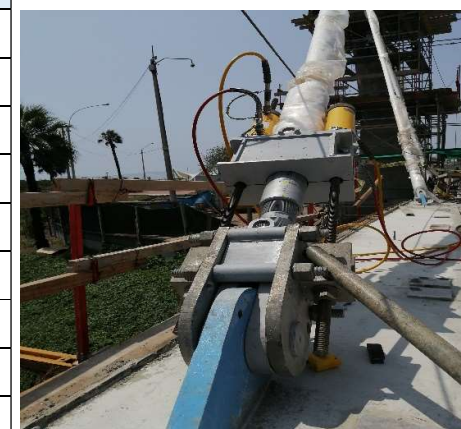


Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 41**: se describe las deformaciones producidas por peso propio del cuarto paño de losa de concreto, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 42.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB\_04; CSC\_04

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU TENSADO DE CSB-04 Y CSC-04						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROJ. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.0	0
P-01	4000	66.271	66.270	-1	-1.7	0.39
P-02	8000	66.566	66.564	-2	-4.8	0.41
P-03	12000	66.807	66.802	-5	-8.4	0.63
P-04	16000	66.995	66.986	-9	-10.8	0.79
P-05	20000	67.127	67.116	-11	-12.8	0.88
P-06	24000	67.189	67.176	-13	-13.2	0.95
P-07	28000	67.197	67.184	-13	-13.2	0.95
P-08	32000	67.151	67.140	-11	-12.0	0.93
P-09	36000	67.051	67.042	-9	-10.8	0.86
P-10	40000	66.896	66.889	-7	-8.4	0.86
P-11	44000	66.670	66.666	-4	-4.7	0.84
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.0	0




Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 42:** se describe las deformaciones recuperadas por el tensado de tirantes delanteros CSB\_04; CSC\_04, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 43.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del quinto paño de concreto

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU COLOCACION DEL 5° PAÑO DE LOSA DE CONCRETO						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROY. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.270	-1	-1.43	0.38
P-02	8000	66.566	66.563	-3	-4.43	0.62
P-03	12000	66.807	66.801	-6	-8.42	0.72
P-04	16000	66.995	66.985	-10	-11.95	0.83
P-05	20000	67.127	67.114	-13	-15.81	0.83
P-06	24000	67.189	67.173	-16	-18.68	0.85
P-07	28000	67.197	67.180	-17	-21.46	0.79
P-08	32000	67.151	67.134	-17	-22.31	0.76
P-09	36000	67.051	67.036	-15	-21.51	0.72
P-10	40000	66.896	66.884	-12	-18.67	0.65
P-11	44000	66.670	66.663	-7	-10.76	0.61
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0




Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 43**: se describe las deformaciones producidas por peso propio del quinto paño de losa de concreto, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 44.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Tensado CSB\_05; CSC\_05

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU TENSADO DE CSB-05 Y CSC-05						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROJ. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.270	-1	-1.76	0.45
P-02	8000	66.566	66.564	-2	-5.19	0.46
P-03	12000	66.807	66.801	-6	-9.20	0.70
P-04	16000	66.995	66.986	-9	-12.21	0.72
P-05	20000	67.127	67.116	-11	-14.74	0.76
P-06	24000	67.189	67.176	-13	-15.61	0.82
P-07	28000	67.197	67.185	-12	-15.74	0.76
P-08	32000	67.151	67.141	-10	-14.22	0.73
P-09	36000	67.051	67.043	-8	-12.09	0.66
P-10	40000	66.896	66.891	-5	-8.50	0.56
P-11	44000	66.670	66.668	-2	-4.58	0.52
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0




Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 44:** se describe las deformaciones recuperadas por el tensado de tirantes delanteros CSB\_05; CSC\_05, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 45.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes - Colocacion del sexto paño de concreto

DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU COLOCACION DEL 6° PAÑO DE LOSA DE CONCRETO Y UNION MONOLITICA						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROY. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.270	-1	-2.00	0.28
P-02	8000	66.566	66.563	-3	-6.01	0.46
P-03	12000	66.807	66.801	-6	-10.91	0.55
P-04	16000	66.995	66.985	-10	-15.00	0.66
P-05	20000	67.127	67.114	-13	-18.75	0.70
P-06	24000	67.189	67.173	-16	-20.84	0.77
P-07	28000	67.197	67.180	-17	-22.05	0.77
P-08	32000	67.151	67.134	-17	-21.21	0.80
P-09	36000	67.051	67.036	-15	-19.12	0.81
P-10	40000	66.896	66.884	-12	-14.61	0.83
P-11	44000	66.670	66.663	-7	-8.33	0.79
E-02	48000	66.393	66.393	0	0.00	0



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 45**: se describe las deformaciones producidas por peso propio del sexto paño de losa de concreto, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

**Tabla 46.** Verificación de la Deformaciones IN-SITU durante el Tensado de tirantes – Frotachado e Instalación de barandas

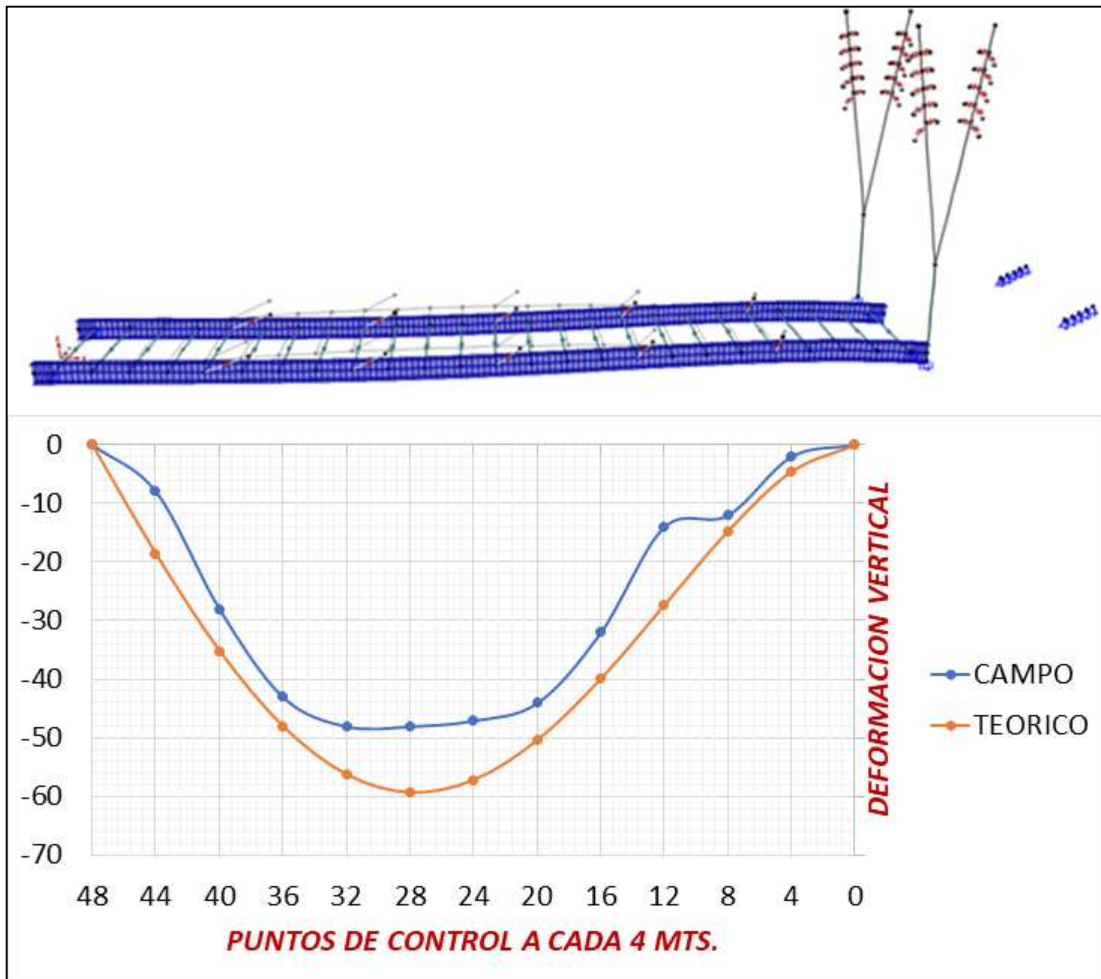
DEFORMACION DURANTE EL TENSADO DE CABLES IN-SITU FROTACHADO DE PISO E INSTALACION DE BARANDAS						
PUNTOS DE CONTROL	LONG. (mm)	COTA PROY. (m.s.n.m.)	COTA CAMPO (m.s.n.m.)	VARIACION DE COTA (mm)	CALCULO TEORICO (mm)	D/C < 1
E-01	0	65.923	65.923	0.00	0.00	0
P-01	4000	66.271	66.270	-0.52	-1.16	0.45
P-02	8000	66.566	66.564	-1.73	-3.08	0.56
P-03	12000	66.807	66.803	-3.89	-5.19	0.75
P-04	16000	66.995	66.990	-4.77	-6.28	0.76
P-05	20000	67.127	67.122	-5.43	-7.24	0.75
P-06	24000	67.189	67.183	-5.70	-7.12	0.80
P-07	28000	67.197	67.191	-5.70	-7.04	0.81
P-08	32000	67.151	67.146	-5.26	-6.19	0.85
P-09	36000	67.051	67.046	-4.58	-5.65	0.81
P-10	40000	66.896	66.892	-3.62	-4.36	0.83
P-11	44000	66.670	66.668	-2.19	-2.77	0.79
E-02	48000	66.393	66.393	0.00	0.00	0



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 46:** se describe las deformaciones producidas por peso propio del quinto paño de losa de concreto, lo cual se hizo el comparativo de los resultados de campo teóricos versus los resultados teóricos.

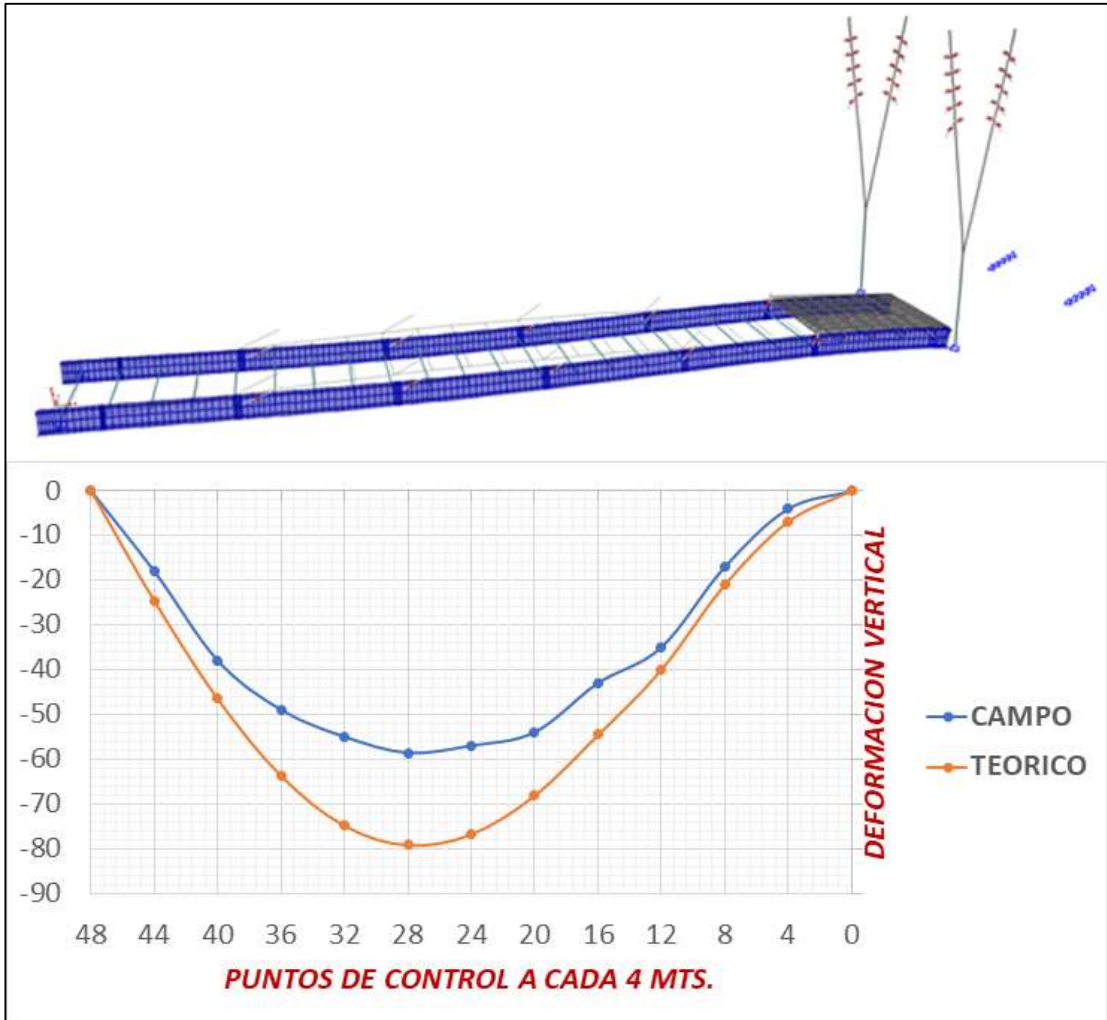
**Interpretación de los Resultados de las Tablas de Campo de la secuencia de Tensado de Tirantes Durante la Colocación de los de Concreto IN-SITU:**



**Figura N° 74.** Control en Campo - Estructura Metalica sola

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 74**: Describe el control de la **Tabla 34** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en la estructura simplemente apoyada con una deformación máxima de -59.39mm.



**Figura N° 75.** Control en Campo - Colocacion del Primer Paño de Losa de Concreto

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 75**: Describe el control de la **Tabla 35** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en la colocación del primer paño de concreto del puente con una deformación máxima de -79.21mm.



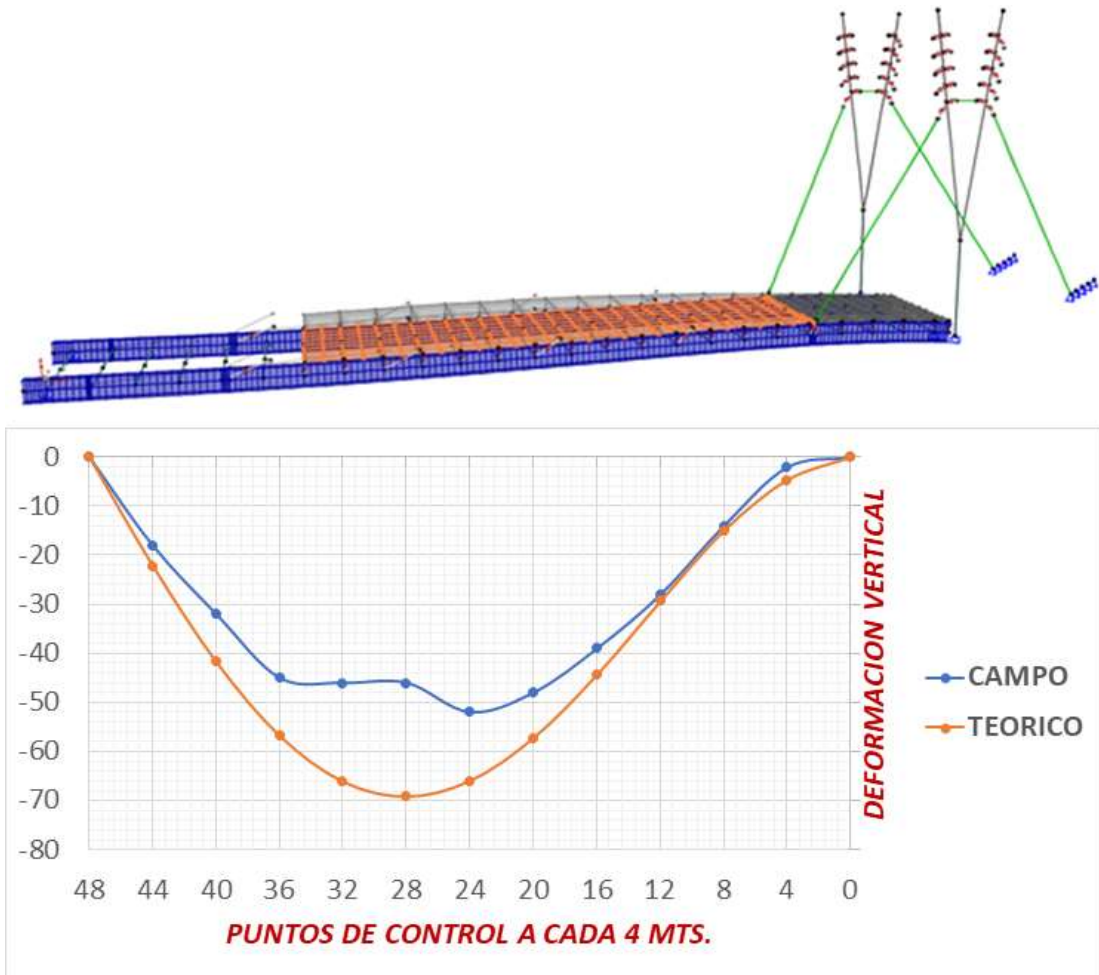
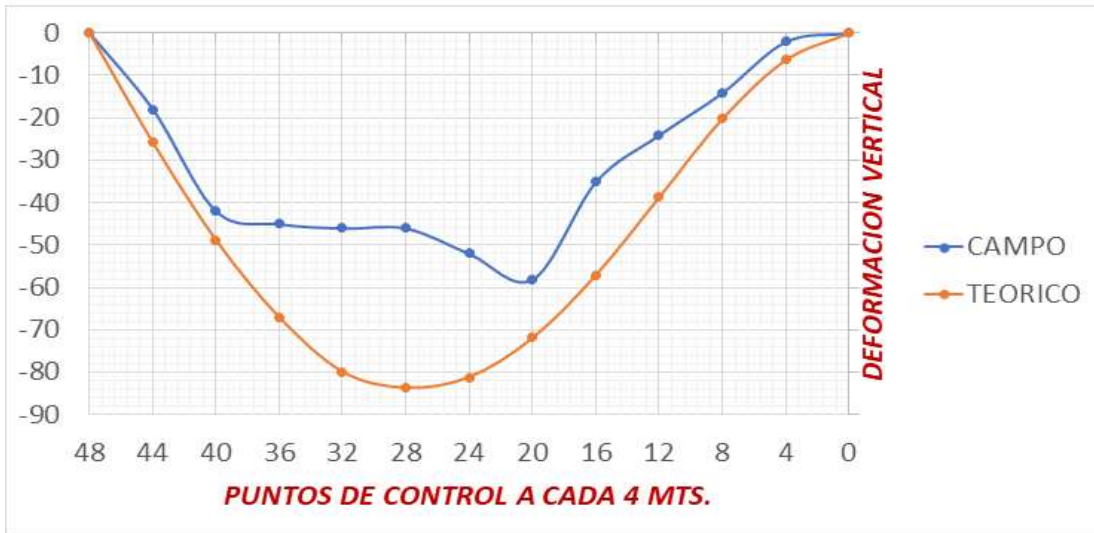
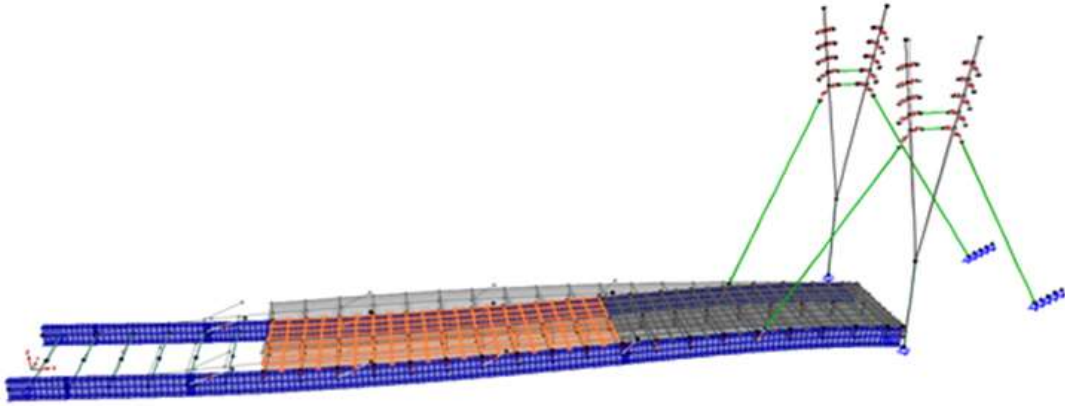


Figura N° 76. Control en Campo - Tensado CSB-01, CSC-01

Fuente: Elaboración propia

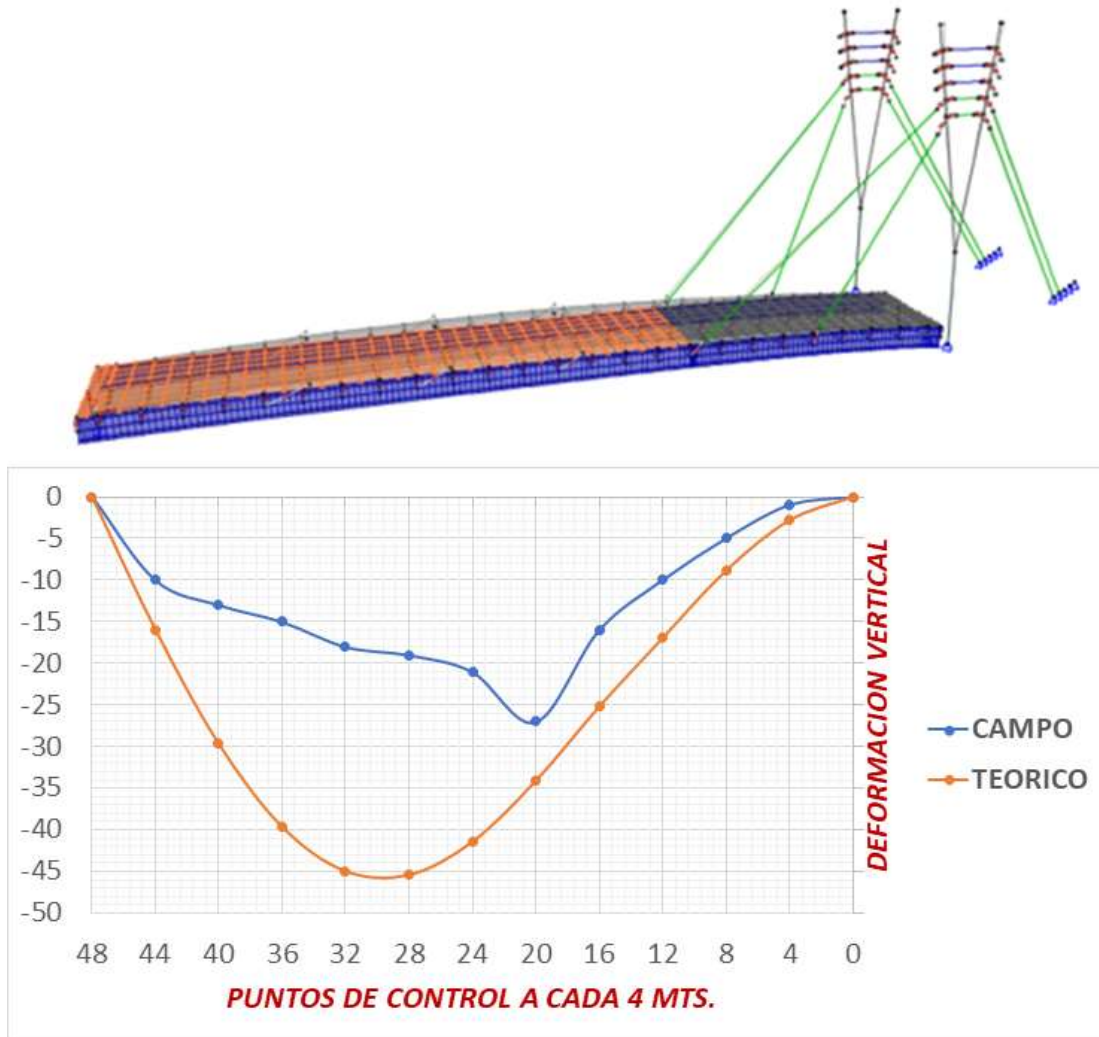
De la **Figura N° 76**: Describe el control de la **Tabla 36** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en el tensado de los cables CSB-01, CSC-01 con una deformación máxima de -69.17mm.



**Figura N° 77.** Control en Campo - Colocacion del Segundo Paño de Losa de Concreto

Fuente: Elaboración propia

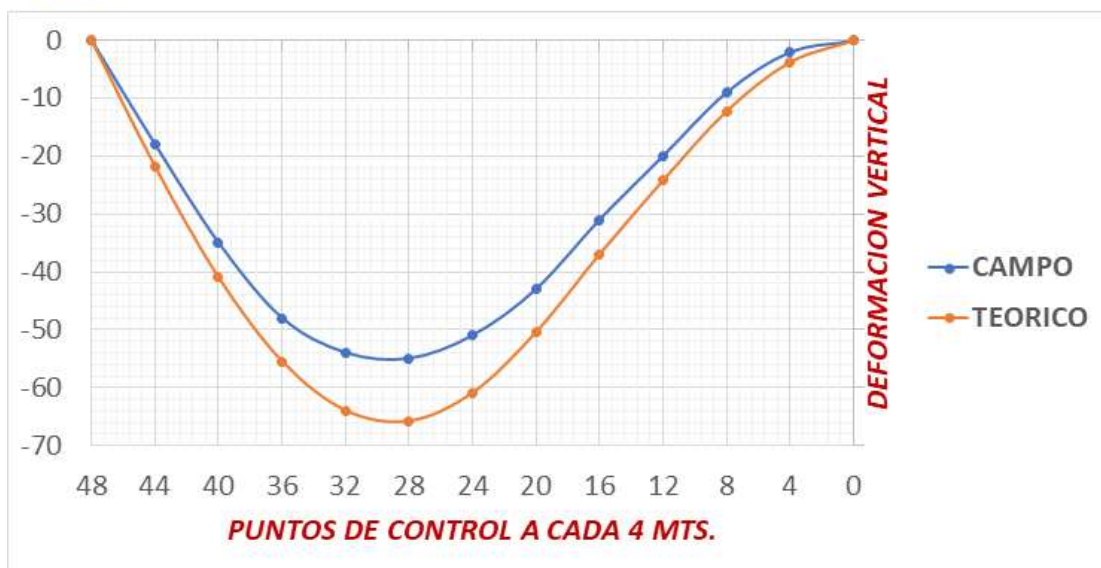
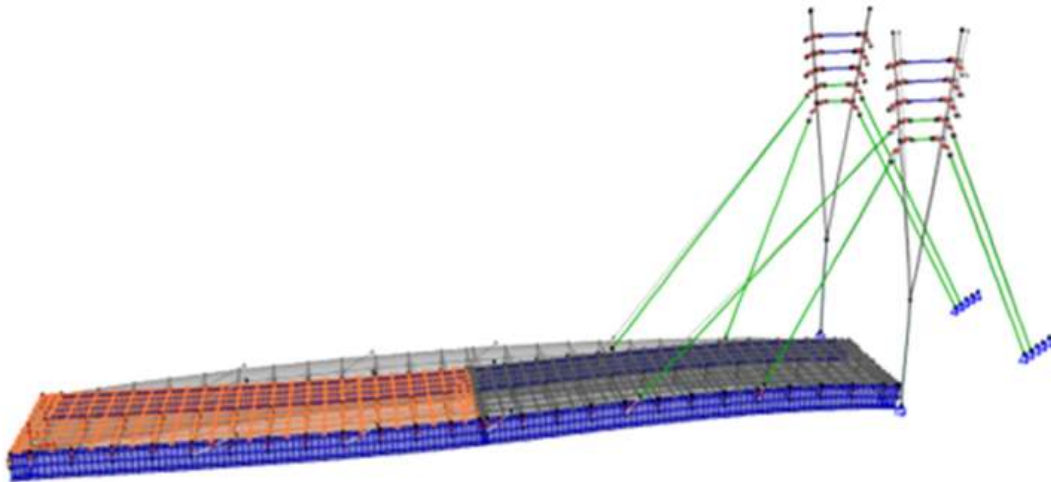
De la **Figura N° 77**: Describe el control de la **Tabla 37** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en la colocación del segundo paño de concreto del puente con una deformación máxima de -83.69mm.



**Figura N° 78.** Control en Campo Tensado CSB-02, CSC-02

Fuente: Elaboración propia

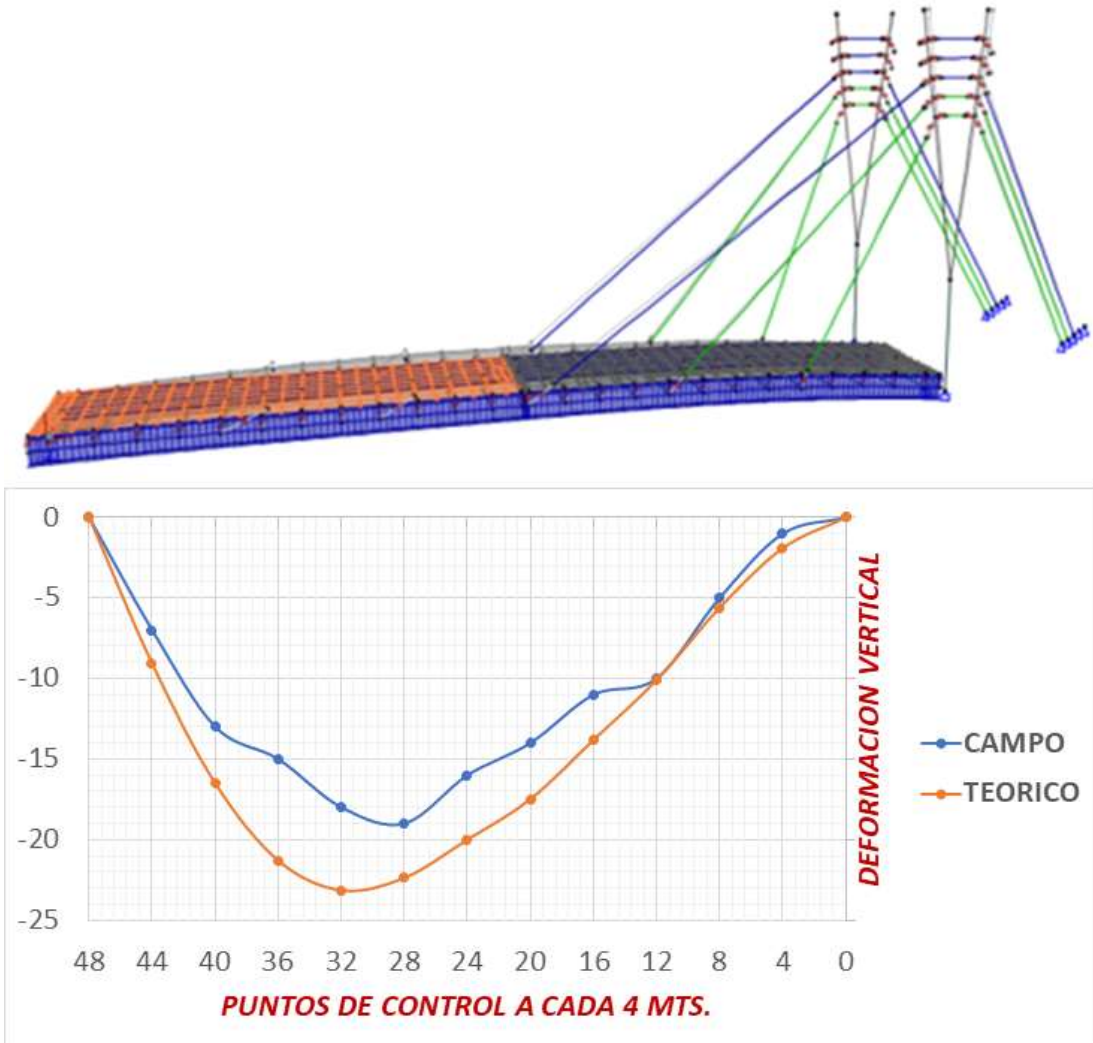
De la **Figura N° 78**: Describe el control de la **Tabla 38** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en el tensado de los cables CSB-02, CSC-02. con una deformación máxima de -45.38mm.



**Figura N° 79.** Control en Campo - Colocacion del Tercer Paño de Losa de Concreto

Fuente: Elaboración propia

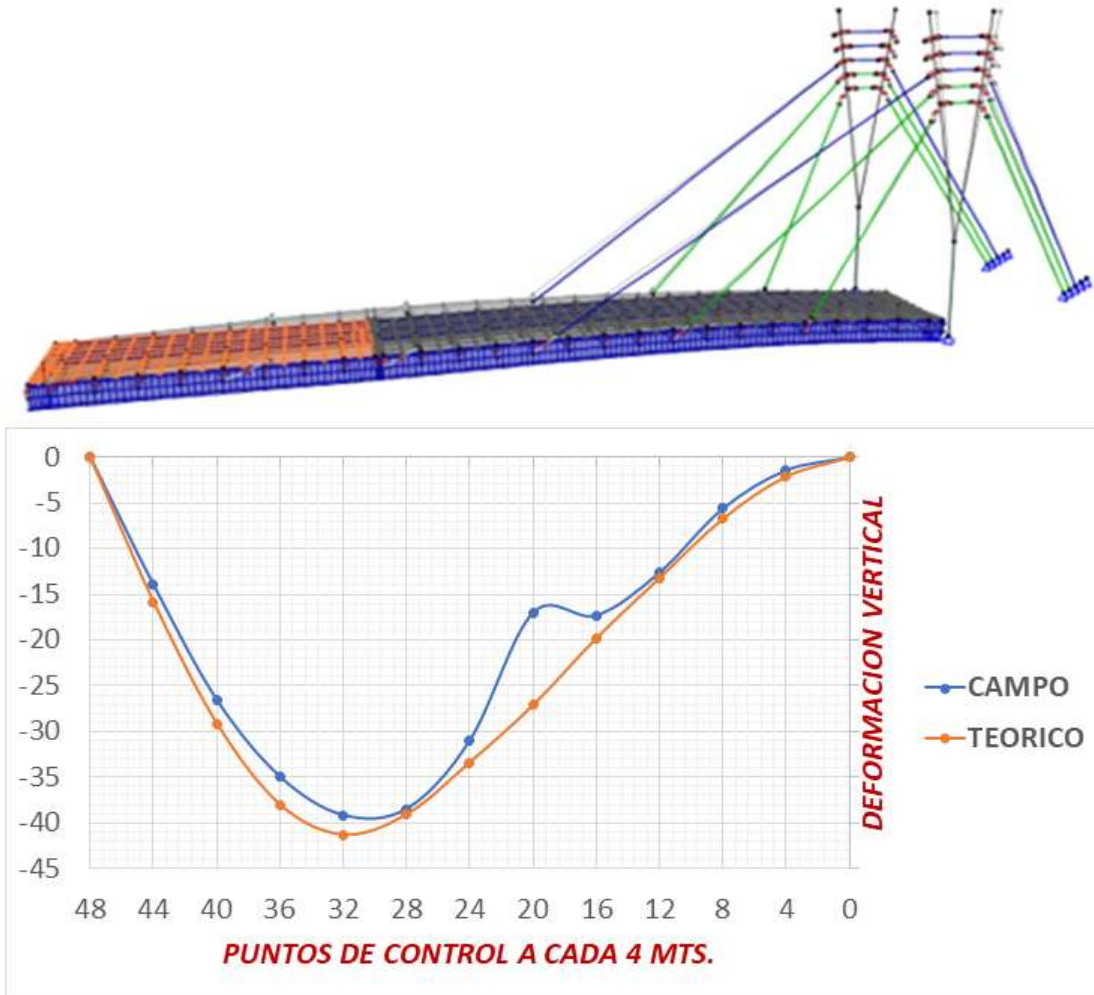
De la **Figura N° 79**: Describe el control de la **Tabla 39** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en la colocación del tercer paño de concreto del puente con una deformación máxima de -65.71mm.



**Figura N° 80.** Control en Campo - Tensado CSB-03, CSC-03

Fuente: Elaboración propia

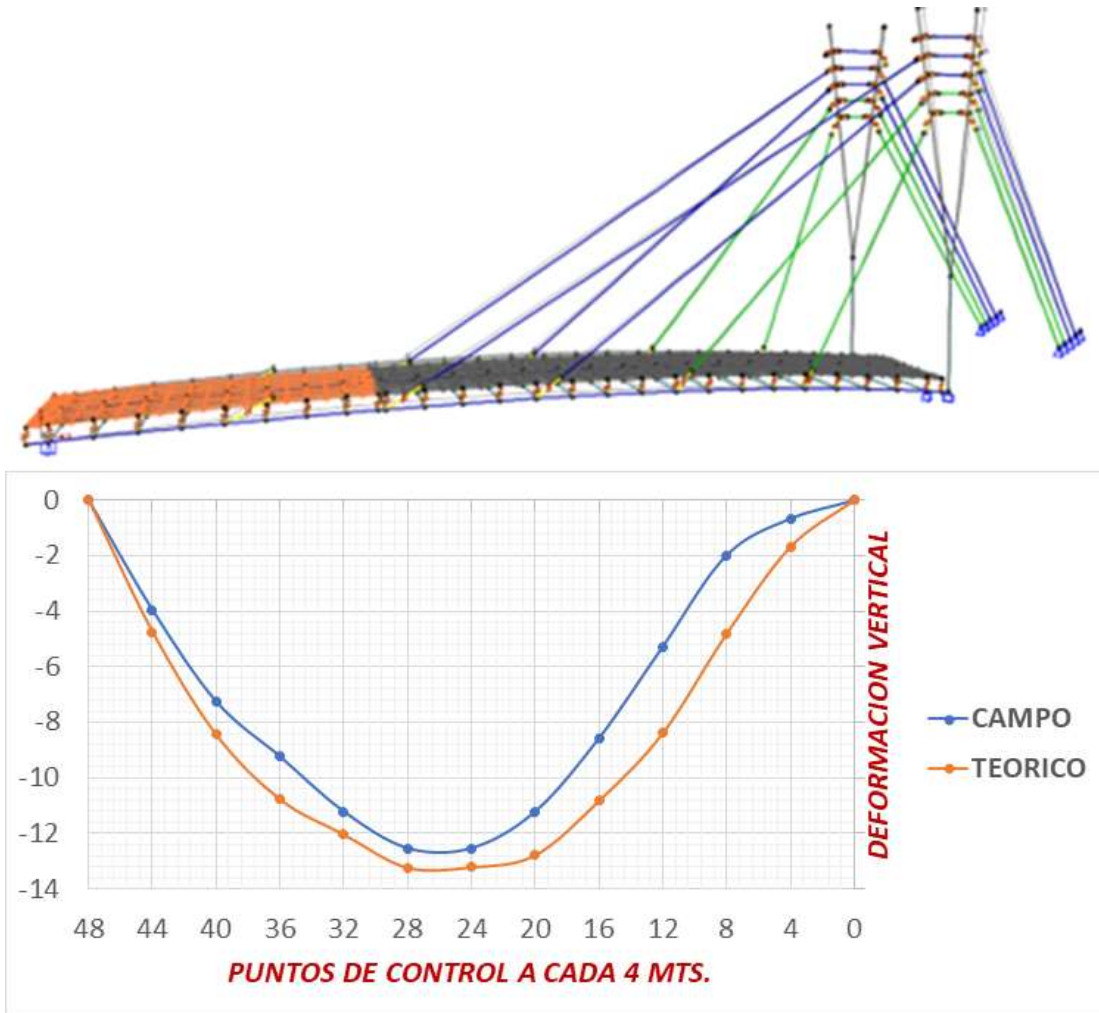
De la **Figura N° 80** Figura N° 73: Describe el control de la **Tabla 40** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en el tensado de los cables CSB-03, CSC-03. con una deformación máxima de - 23.15mm.



**Figura N° 81.** Control en Campo - Colocacion del Cuarto Paño de Losa de Concreto

Fuente: Elaboración propia

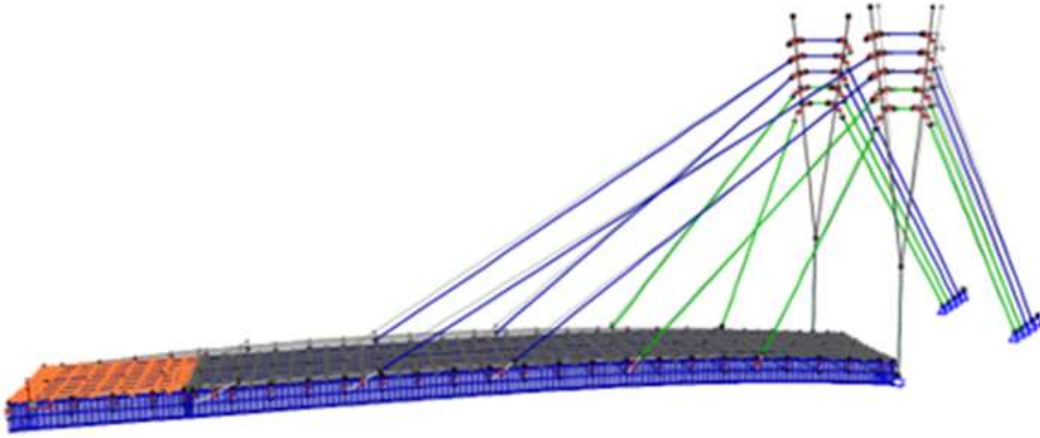
De la **Figura N° 81**: Describe el control de la **Tabla 41** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en la colocación del Cuarto paño de concreto del puente. con una deformación máxima de -41.34mm.



**Figura N° 82.** Control en Campo - Tensado CSB-04, CSC-04

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 82**: Describe el control de la **Tabla 42** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en el tensado de los cables CSB-04, CSC-04 con una deformación máxima de -13.20mm.

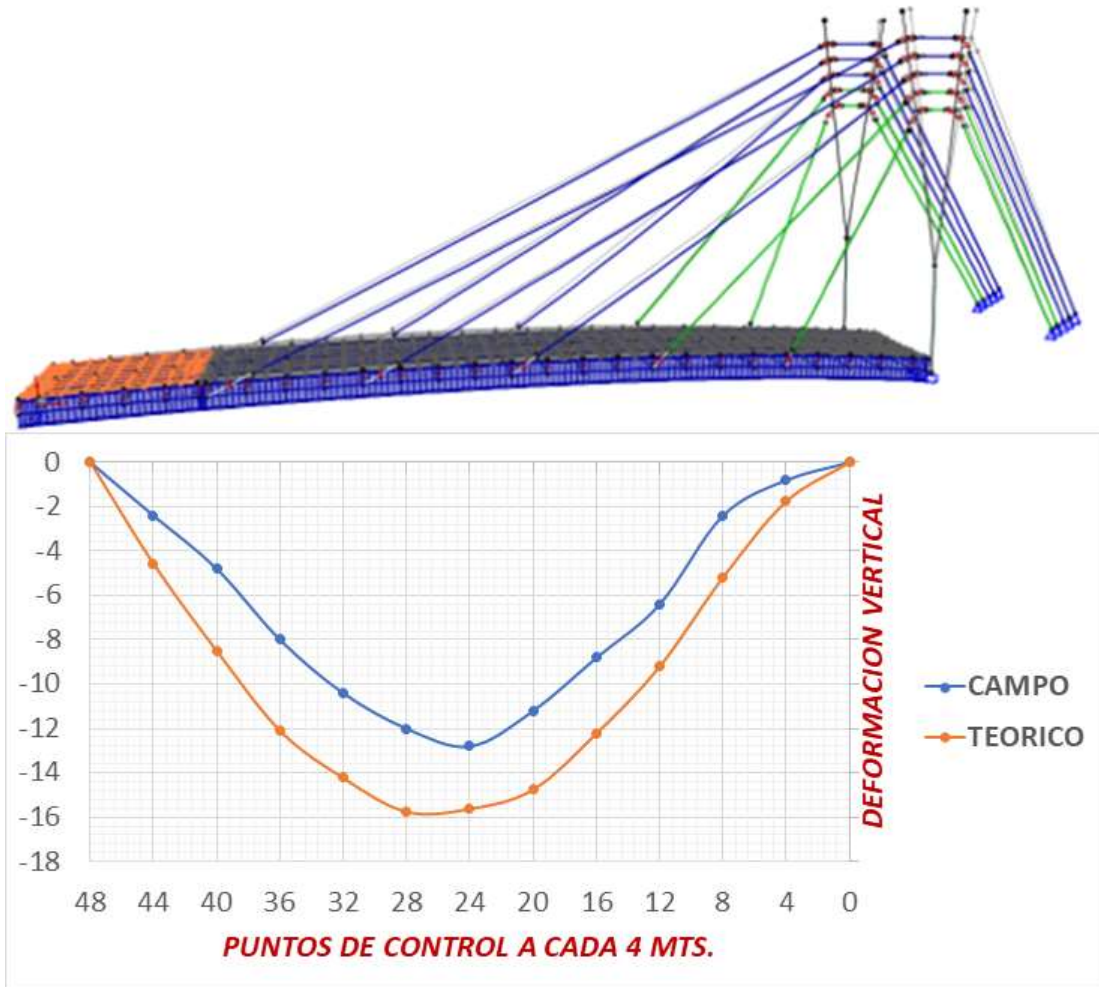


**Figura N° 83.** Control en Campo - Colocacion del Quinto Paño de Losa de Concreto

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 83**: Describe el control de la **Tabla 43** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en la colocación del Quinto paño de concreto del puente. con una deformación máxima de -22.31mm.

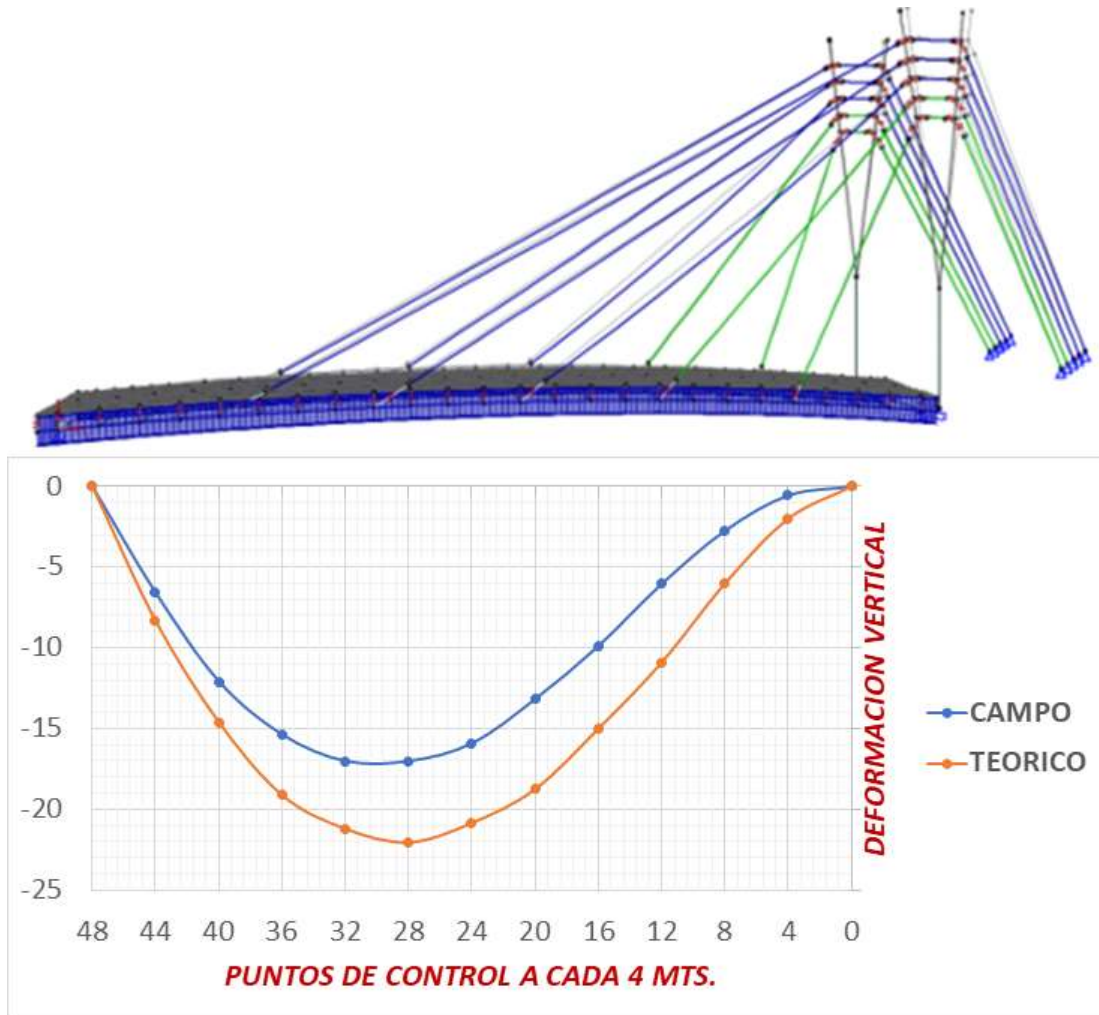




*Figura N° 84.* Control en Campo - Tensado CSB-05, CSC-05

Fuente: Elaboración propia

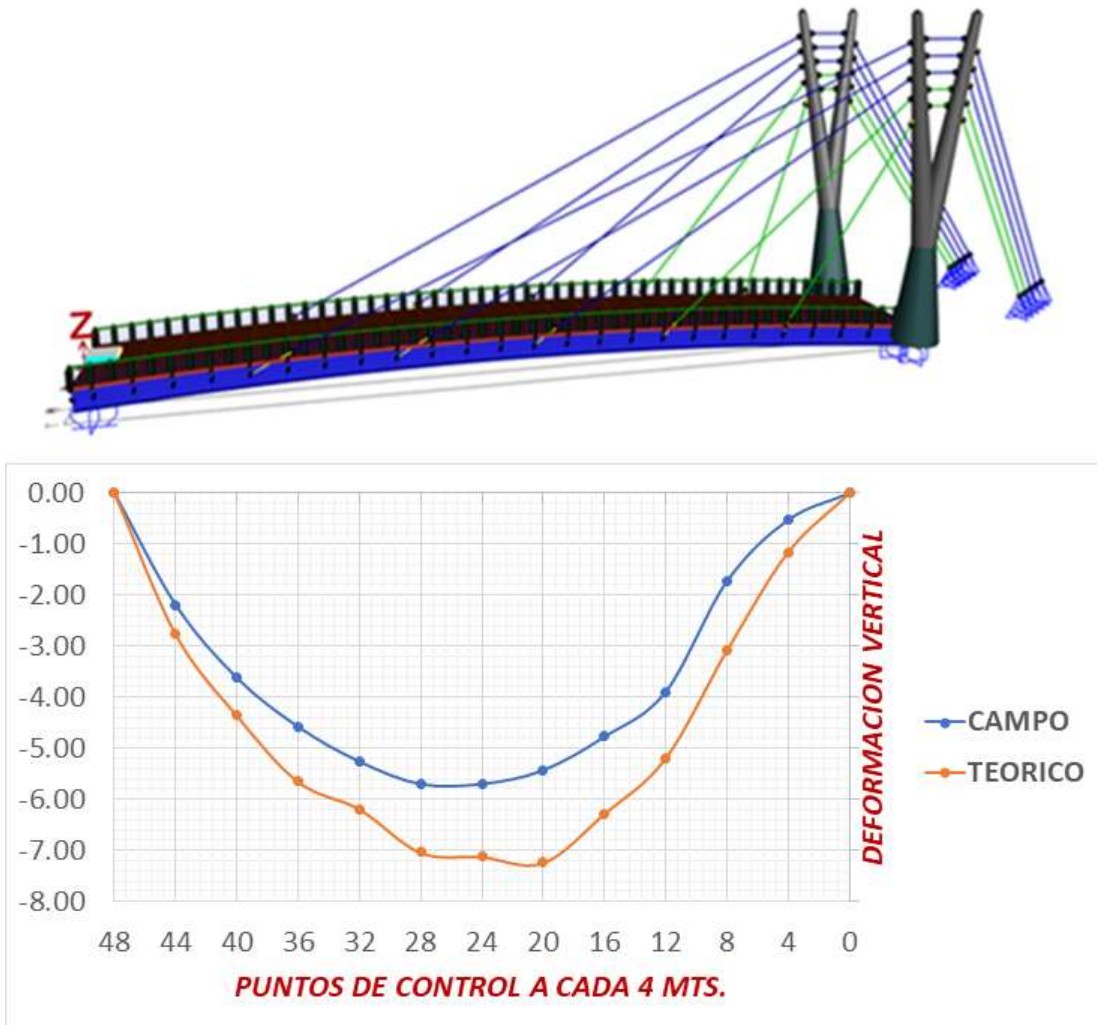
De la **Figura N° 84**: Describe el control de la **Tabla 44** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en el tensado de los cables CSB-05, CSC-05 con una deformación máxima de -15.74mm.



**Figura N° 85.** Control en Campo - Colocacion del Sexto Paño de Losa de Concreto

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 85**: Describe el control de la **Tabla 45** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en la colocación del sexto paño de concreto del puente. con una deformación máxima de -22.05mm.



**Figura N° 86.** Control en Campo - Frotachado de piso e Instalación de las barandas

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura N° 86**: Describe el control de la **Tabla 46** de las deformaciones producidas en campo versus las deformaciones teóricas en el retiro total de los encofrados y sobre carga de trabajo, acto seguido se precede con el frotachado del piso y con la instalación de las barandas del puente con una deformación máxima de -7.24mm.

## V. DISCUSIÓN

1). Respecto al primer objetivo del análisis de la estructuración geométrica de cada una de las de las secuencias constructivas son de carácter teóricos y predictivo de tal manera que podamos controlar y tener una estimación de las deformaciones y desplazamientos producidas en los puntos de control para cada secuencia de trabajo.

Se realizó un análisis detallado de los procedimientos constructivos de un puente atirantado asimétrico para uso peatonal que lleva por nombre Puente de la Amistad, desarrollando dos secuencias de trabajos con el fin de controlar las deformaciones y desplazamientos en puntos de control establecidos para posteriormente contrastarlos con los obtenidos en campo, basados en parámetros de diseño en función a la norma del manual de diseño de puentes, así tenemos dos secuencias de trabajo que se analizó en el programa SAP2000 V22:

- secuencia de lanzamiento de la estructura metálica con sistema de falso puente colgante.
- secuencia de construcción de tensado de tirantes en función a la colocación de la losa de concreto.

En la secuencia de lanzamiento con sistema de falso puente colgante el modelo estructural responde en la etapa\_10 como resultado esperado en cual se evaluó en la segunda péndola con una deformación vertical de -438.67 mm.; la primera péndola tiene una deformación vertical esperada de -545.58mm. y la punta de la viga principal una deformación vertical esperada de -725.86 mm, Todo lo mencionado líneas arriba se ejecutó durante el desplazamiento horizontal de la estructura metálica, el comportamiento de las torres de provisionales fue satisfactorio porque se tubo resultados esperado en el PC-10 en las torres ubicadas en San Isidro (Tprre\_01) con un desplazamiento horizontal de -19.85 mm y en el lado de Miraflores (Torre\_02) un desplazamiento horizontal de 43.55 mm

En la secuencia de construcción - tensado de tirantes el modelo responde en la última etapa\_20 (frotachado de piso e instalación de barandas metálicas de la Tabla 46, se utilizó el entorno "STAGED CONSTRUCTION" (secuencia de construcción) dentro del programa SAP2000 v22, este procedimiento capta mucho mejor las deformaciones producidas a la hora construir se tuvo como resultado esperado una

deformación vertical de -7.12 mm. en el eje central del puente, así mismo se determinó que para alcanzar dichas deformaciones en cada una de las etapas constructivas en función a las fuerzas de tensado, se asignaron las siguientes fuerzas tensoras en los cables:

Ubicación hacia la retenida: CSB-1=37ton; CSB-2=40ton; CSB-3=50ton;  
CSB-4=60ton; CSB-5=65ton.

Ubicación hacia el tablero: CSC-1=20ton; CSC-2=35ton; CSC-3=40ton;  
CSC-4=47ton; CSC-5=50.50ton.

También se hizo un análisis de los desplazamientos predicativos en las torres del macizo asumiendo que si los valores calculados en campo están por debajo de lo teóricos entonces la excentricidad será menor de lo esperado.

Frente a lo mencionado se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis de investigación donde refiere que para el análisis de cada proceso constructivo presentan mayores deformaciones ante las distintas combinaciones de cargas.

Estos resultados son respaldados por: Lazo D. & Barba E. (2019) quienes concluyen que la elección de un sistema constructivo depende de factores determinantes para tener una mejor estimación de las deformaciones. Así también Aquino C. (2020) hacen mención que para que los resultados sean sostenibles deben estar en función de la norma basada en el diseño de puentes.

Analizando estos resultados podemos ver que son de carácter predictivos además tienen valores aceptables de confiabilidad porque el análisis determina un conjunto de sistemas de procesos constructivos evaluando el comportamiento estructural adecuado para un tiempo determinado bajo condiciones racionales de carga.

**2).** Respecto al segundo objetivo se formuló un sistema de montaje In-Situ para poder tener una adecuada distribución de los elementos a ensamblar en campo basado en los planes de trabajos

Se determinó un adecuado procedimiento de montaje determinando la ubicación de la estructura metálica del puente para que esta no sufra cambios significativos en sus dimensiones.

Para elaborar un sistema adecuado de montaje de las vigas metálicas del puente de la Amistad, se realizó en dos fases las cuales se han definido desde el diseño estructural, considerando que la estructura metálica tendrá tirantes conforme se construya la losa del puente, se detallan las siguientes fases:

Primera Fase: ubicado en el lado de San Isidro primer segmento con una longitud de 11 mts lineales.

Segunda Fase: Ubicado en el lado de Miraflores segundo segmento con una longitud de 39 mts.

Frente a lo mencionado se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis de investigación donde detalla el procedimiento de montaje de las vigas metálicas del puente.

Estos resultados son apoyados por Collazos (2018) quien en su investigación pudo determinar que los procedimientos de montaje se lograron implementar en obra permitiendo un mejor control y de calidad.

Analizando estos resultados los instrumentos se encuentran dentro de lo especificado, entendiendo que el proceso de montaje de las vigas metálicas del Puente de la Amistad debe ejecutarse con el menor impacto y que genere las menores deformaciones a la estructura metálica, por lo tanto, podemos determinar con valores aceptables el sistema de montaje formulada.

**3).** Respecto al tercer objetivo se pudo definir las etapas construcción con el propósito de elaborar la ingeniería de campo basados en los planes de trabajos

Se determinó una adecuada definición de los trabajos a desarrollar, materializando la ingeniería de detalle tales como las obras provisionales que consiste en la construcción de un falso puente colgante para trasladar el segundo segmento de la estructura metálica ubicado en el lado de Miraflores para poder trasladarlo a su fase final conectándolo con el primer segmento ubicado en el lado San Isidro.

Y de obras permanentes para determinar una adecuada secuencia de construcción del tensado de tirantes durante la colocación de los paños de losa de concreto.

La definición de las etapas de construcción se detalla en dos fases:

Obras Provisionales: consiste en materializar los trabajos elaborados en los planos constructivos, llevando un estricto control dimensional de la construcción de la cámara de anclaje lado Miraflores y utilizar parte del macizo para anclar los cables del lado de San Isidro.

Fabricación del sistema de andarivel compuesta por péndolas y vigas tubulares de sección cuadrada para que las vigas metálicas se puedan desplazar a través del conjunto de cables, silla de cambio que va en parte superior de las torres provisionales para hacer la transición de los cables.

Instalación de torres provisionales y de cables de lanzamiento, dichos elementos hacen posible la construcción de un sistema de falso puente colgante de carácter provisional cuyo objetivo de dicho sistema es la de trasladar el segundo segmento de viga metálica ubicada en el lado de Miraflores hacia su posición final del lado de San Isidro.

Obras permanentes: consiste en materializar la ingeniería de detalle llevando un estricto control topográfico de la secuencia de construcción de la losa de concreto del puente así mismo la instalación y tensado los tirantes del puente.

Frente a lo mencionado se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis de investigación donde hace referencia el desarrollo parcial de cada etapa constructiva.

Estos resultados son sostenidos por Erazo M. (2019) quien en su investigación describe los detalles de la ingeniería en los procesos constructivos In-Situ. Así también Romoacca (2015) quien afirma que es importante tener un planeamiento y programación para las actividades a ejecutar.

Analizando estos resultados se puede determinar un estricto control técnico no solo en su estructura técnica si no en la divulgación gráfica y conceptual de las actividades a controlar In-Situ.

**4).** Respecto al cuarto objetivo que consiste en explicar la estructuración geométrica del análisis de cada etapa constructiva basados en los planes de trabajos.

Con los resultados propuestos y desarrollados en gabinete mediante el programa Spa2000 v22, se procedió con la elaboración de la ingeniería de detalle a través de planos de obra los cuales en su contenido detallan las secuencias de trabajos que se debe realizar con el propósito de construir de la manera más segura.

consiste en dibujar los detalles de elementos ya constituidos y construidos dentro del perfil proyectado para si tener una mejor visión de las etapas constructivas en una escala real de trabajo, de tal manera que los planos expresen de manera resumida todo el proceso constructivo. Para los trabajos de secuencia de lanzamiento de las vigas metálicas del puente y secuencia de construcción del tensado de tirantes del puente.

Frente a lo mencionado se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis de investigación donde detalla el procedimiento de la elaboración de planos e detalle de cada proceso constructivo.

Así mismo estos resultados son acreditados por OCAÑA & RIVAS (2019) quien sostiene que, después de haber analizado los componentes estructurales en software de cálculo estructural procede con la ingeniería de detalle con las dimensiones ya establecidas para el proyecto.

Analizando estos resultados se determina que es posible elaborar un buen detalle constructivo para la vida útil de cualquier proyecto.

**5).** Respecto al quinto objetivo que consiste en analizar las etapas de construcción establecidas en los planes de trabajos para poder controlar las deformaciones y desplazamiento en campo teniendo de referencia en los puntos de control In-situ. Con los resultados teóricos obtenidos de carácter predictivos desarrollados en gabinete se hace una comparación con resultados obtenidos en campo, el control se desarrolla en la secuencia de lanzamiento del segundo segmento de la estructura metálica del puente con el sistema de falso puente colgante y en la secuencia de construcción del tensado de tirantes durante la colocación de la losa de concreto del Puente de la Amistad.

El Procedimiento consiste en el estricto control topográfico en cada una de las etapas de las secuencias constructivas para determinar la construcción final del puente, así mismo se desarrolló una comparación de resultados teóricos versus resultados de campo detallando de la siguiente manera:

Secuencia de lanzamiento del segundo segmento ubicado en lado de Miraflores con sistema de falso puente colgante:

La evaluación se determinó en la punta de la viga principal durante el periodo de traslado teniendo una cota de proyecto de 66.818 (m.s.n.m.).

- En el **PC-01** con una aproximación de 3.70mts. se calculó la cota de campo de 66.818 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c1} = -0.066$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T1} = -0.102$  mm, D/C=0.65
- En el **PC-02** con una aproximación de 7.40mts. se calculó la cota de campo de 66.819 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c2} = -0.529$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T2} = -1.157$  mm, D/C=0.46
- En el **PC-03** con una aproximación de 11.10mts. se calculó la cota de campo de 66.824 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c3} = -5.903$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_3 = -6.945$  mm, D/C=0.85



- En el **PC-04** con una aproximación de 14.80mts. se calculó la cota de campo de 66.850 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c4} = -31.826$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T4} = -40.41$  mm, D/C=0.79.
- En el **PC-05** con una aproximación de 18.50mts. se calculó la cota de campo de 66.897 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c5} = -79.356$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T5} = -93.36$  mm, D/C=0.85.
- En el **PC-06** con una aproximación de 22.20mts. se calculó la cota de campo de 66.903 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c6} = -85.274$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T6} = -93.53$  mm, D/C=0.91
- En el **PC-07** con una aproximación de 25.90mts. se calculó la cota de campo de 66.982 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c7} = -187.72$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T7} = -163.923$  mm, D/C=0.87
- En el **PC-08** con una aproximación de 29.60mts. se calculó la cota de campo de 67.094 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c8} = -276.42$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T8} = -325.20$  mm, D/C=0.85
- En el **PC-09** con una aproximación de 29.60mts. se calculó la cota de campo de 67.294 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c9} = -276.42$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T9} = -325.20$  mm, D/C=0.85
- En el **PC-10** con una aproximación de 37.00mts. se calculó la cota de campo de 67.403 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c10} = -584.834$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T10} = -725.86$  mm, D/C=0.81

La evaluación de los desplazamientos se determinó en la esquina de superior de las torres durante el periodo de traslado de las vigas metálicas.

- **Torre\_01** ubicada en el lado de San Isidro hace referencia al PC-10 longitud de proyecto de 39382mm, longitud de campo 39397mm, obteniendo un desplazamiento de  $\Delta_{CT1} = -15.00$ mm, y como resultado teórico  $\Delta_{TT1} = -19.85$  mm, D/C=0.76.
- **Torre\_02** ubicada en el lado de Miraflores hace referencia al PC-10 longitud de proyecto de 1758mm, longitud de campo 1787mm, obteniendo un desplazamiento de  $\Delta_{CT1} = 29.00$ mm, y como resultado teórico  $\Delta_{TT1} = 43.55$  mm, D/C=0.67.

En la secuencia de construcción – Tensado de tirantes durante la colocación de la losa de concreto del puente, como resumen de los resultados se tomó como muestra para esta discusión, las deflexiones máximas en las siguientes etapas a cada 8 mts.:

Estructura metálica sola montada, muestra de la **Tabla 34**

- **PC-02** long= 8 mts. cota proyecto 66.578 (m.s.n.m.), cota de campo 66.568 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c2} = -10.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T2} = -14.72$  mm, D/C=0.68
- **PC-04** long= 16 mts. cota proyecto 66.995 (m.s.n.m.), cota de campo 66.963 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c4} = -32.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T4} = -39.97$  mm, D/C=0.80
- **PC-06** long= 24 mts. cota proyecto 67.189 (m.s.n.m.), cota de campo 67.140 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c6} = -49.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T5} = -57.26$  mm, D/C=0.86
- **PC-08** long= 32 mts. cota proyecto 67.151 (m.s.n.m.), cota de campo 67.110 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c2} = -41.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T6} = -56.33$  mm, D/C=0.73
- **PC-10** long= 40 mts. cota proyecto 66.896 (m.s.n.m.), cota de campo 66.868 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c10} = -28.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T10} = -35.19$  mm, D/C=0.80

Deformación durante el tensado de cables IN-SITU – colocación del primer paño de losa de concreto **Tabla 35:**

- **PC-02** long= 8 mts. cota proyecto 66.566 (m.s.n.m.), cota de campo 66.549 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c2} = -17.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T2} = -21.03$  mm, D/C=0.81
- **PC-04** long= 16 mts. cota proyecto 66.995 (m.s.n.m.), cota de campo 66.952 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c4} = -43.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T4} = -54.55$  mm, D/C=0.59
- **PC-06** long= 24 mts. cota proyecto 67.189 (m.s.n.m.), cota de campo 67.132 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c6} = -57.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T6} = -76.76$  mm, D/C=0.74

- **PC-08** long= 32 mts. cota proyecto 67.151 (m.s.n.m.), cota de campo 67.096 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c8} = -55.00\text{mm}$ , y como resultado teórico  $\Delta_{T8} = -74.85 \text{ mm}$ ,  $D/C=0.73$
- **PC-10** long= 40 mts. cota proyecto 66.896 (m.s.n.m.), cota de campo 66.858 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c10} = -38.00\text{mm}$ , y como resultado teórico  $\Delta_{T10} = -46.53 \text{ mm}$ ,  $D/C=0.82$

Deformación durante el tensado de cables IN-SITU – Tensado de tirantes del puente CSB-01 y CS1-01 de la **Tabla 36**:

- **PC-02** long= 8 mts. cota proyecto 66.566 (m.s.n.m.), cota de campo 66.552 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c2} = -14.00 \text{ mm}$ , y como resultado teórico  $\Delta_{T2} = -15.00 \text{ mm}$ ,  $D/C=0.93$
- **PC-04** long= 16 mts. cota proyecto 66.995 (m.s.n.m.), cota de campo 66.956 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c4} = -39.00 \text{ mm}$ , y como resultado teórico  $\Delta_{T4} = -44.33 \text{ mm}$ ,  $D/C=0.88$
- **PC-06** long= 24 mts. cota proyecto 67.189 (m.s.n.m.), cota de campo 67.137 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c6} = -52.00\text{mm}$ , y como resultado teórico  $\Delta_{T6} = -65.95 \text{ mm}$ ,  $D/C=0.79$
- **PC-08** long= 32 mts. cota proyecto 67.151 (m.s.n.m.), cota de campo 67.105 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c8} = -46.00\text{mm}$ , y como resultado teórico  $\Delta_{T8} = -66.14 \text{ mm}$ ,  $D/C=0.70$
- **PC-10** long= 40 mts. cota proyecto 66.896 (m.s.n.m.), cota de campo 66.864 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c10} = -32.00\text{mm}$ , y como resultado teórico  $\Delta_{T10} = -41.73 \text{ mm}$ ,  $D/C=0.77$

Se observa que a medida que se va colocando los paños de losa de concreto va aumentando la deformación vertical en cada uno de los puntos de control, pero al instalar y aplicar la fuerza de tensado después de a ver colocado la losa de concreto se recupera parte de la flecha de la etapa anterior al tensado.

En la Tabla 45 se observa que los valores han decrecido porque se han instalado todos los tirantes, pero, sin embargo, aún se tiene la carga de los encofrados en cada uno de los paños establecidos.

Deformación Durante el Tensado de Cables IN-SITU – Colocación del Sexto Paño de Losa de Concreto y Unión Monolítica de la **Tabla 45**:

- **PC-02** long= 8 mts. cota proyecto 66.566 (m.s.n.m.), cota de campo 66.563 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c2} = -3.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T2} = -6.01.00$  mm, D/C=0.46
- **PC-04** long= 16 mts. cota proyecto 66.995 (m.s.n.m.), cota de campo 66.985 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c4} = -10.00$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T4} = -15.00$  mm, D/C=0.66
- **PC-06** long= 24 mts. cota proyecto 67.189 (m.s.n.m.), cota de campo 67.173 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c6} = -16.00$ mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T6} = -20.84$  mm, D/C=0.77
- **PC-08** long= 32 mts. cota proyecto 67.151 (m.s.n.m.), cota de campo 67.134 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c8} = -17.00$ mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T8} = -21.21$  mm, D/C=0.80
- **PC-10** long= 40 mts. cota proyecto 66.896 (m.s.n.m.), cota de campo 66.884 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c10} = -12.00$ mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T10} = -14.61$  mm, D/C=0.83

Ahora se procede con el retiro total del encofrado y de carga de trabajo en la última etapa de construcción

Deformación Durante el Tensado de Cables IN-SITU – Frotachado de Piso e Instalación de Barandas de la **Tabla 46**:

- **PC-02** long= 8 mts. cota proyecto 66.566 (m.s.n.m.), cota de campo 66.584 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c2} = -1.73$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T2} = -3.08$  mm, D/C=0.56
- **PC-04** long= 16 mts. cota proyecto 66.995 (m.s.n.m.), cota de campo 66.990 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c4} = -4.77$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T4} = -6.28$  mm, D/C=0.76
- **PC-06** long= 24 mts. cota proyecto 67.189 (m.s.n.m.), cota de campo 67.183 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c6} = -5.70$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T6} = -7.12$  mm, D/C=0.80
- **PC-08** long= 32 mts. cota proyecto 67.151 (m.s.n.m.), cota de campo 67.146 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c8} = -5.26$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T8} = -6.19$  mm, D/C=0.85

- **PC-10** long= 40 mts. cota proyecto 66.896 (m.s.n.m.), cota de campo 66.884 (m.s.n.m.), obteniendo una deformación vertical de  $\Delta_{c10} = -3.62$  mm, y como resultado teórico  $\Delta_{T10} = -4.36$  mm, D/C=0.83.

Frente a lo mencionado se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis de investigación donde se referencia la contrastación de los resultados teóricos vs los resultados de campo de campo.

Estos resultados son respaldados por: Gago & Limache (2019) quienes en su investigación refiere que la capacidad de la estructura o del sistema constructivo a utilizar debe ser mayor a la distribución de la demanda.

Analizando estos resultados se puede determinar que la presente investigación está orientada a establecer un procedimiento de ejecución de trabajo seguro (PETS) para el montaje y lanzamiento de la estructura metálica del Puente de la Amistad, así mismo para la instalación y tensado de tirantes durante la colocación de losa de concreto del puente con la finalidad de verificar la secuencia de operaciones a través de un control técnico y de calidad.

## VI. CONCLUSIONES

- En esta investigación se determinó una adecuada secuencia de trabajos materializando en campo la secuencia lanzamiento con sistema de falso puente colgante y la secuencia de construcción del tensado de tirantes durante la colocación de losa de concreto teniendo resultados sostenibles frente a los esperados realizados en gabinete.

Los criterios aplicados al modelo numérico en el programa SAP2000 V22 basados en la norma de puentes nos da una mejor aclaración de las deformaciones y desplazamiento durante la intervención de un proceso constructivo.

- Fue necesario analizar los procesos contractivos a través de un software de cálculo estructural llegando tener resultados esperados de carácter confiable y estables en las dimensiones diseñadas de los elementos que componen cada proceso.
- Fue obligatorio la elaboración de la ingeniería de campo anticipado para el sistema de montaje, nos brinda un adecuado diseño de los procesos constructivos, garantizando el servicio estable del proyecto.
- El cumplimiento de la ingeniería de detalle de cada etapa constructiva confirma estar dentro de los estándares de calidad solicitados para la vida útil y puesta en servicio del proyecto.
- Los planos transmitieron toda la información necesaria para poder llevar un adecuado seguimiento y control en obra.
- Se determinó que la capacidad de una estructura debe ser mayor que las acciones de demanda las cuales están alineadas a acciones externas o solicitaciones de carga que se acoge en función a la norma de diseño de puentes.

## VII. RECOMENDACIONES

- para tener un mejor detalle de cada proceso constructivo se recomienda utilizar el entorno BIM utilizando el programa Tekla Estructuras o programas similares, para tener detalles más claros de cada secuencia de trabajos que componen la construcción final de un puente.
- Se recomienda desarrollar un análisis detallado de Demanda vs capacidad para conocer el comportamiento y desempeño de las estructuras que componen los distintos procesos constructivos para llevar a efecto el servicio y utilidad de un proyecto.
- Como proceso constructivo en todo tipo de puente se recomienda contemplar siempre una contraflecha de diseño final adecuada posterior al montaje de los elementos metálicos de un puente y puesta en servicio, sometiéndolos a esfuerzos de flexión en función a cargas de servicio tales como peso propio de la estructura, carga viva peatonal, carga muerta de la colocación del concreto y prueba de carga.
- es recomendable proyectar y programar un plan general de la construcción para todo el proyecto, detallando la estrategia a implementar en la construcción del proyecto, desarrollando planes de trabajo especificados detalladamente para las actividades complejas, para el caso de las construcciones de obras provisionales.
- Es recomendable ser transparentes en los detalles de los planos para tener una mejor exactitud de los procesos constructivos de todo tipo de puentes.
- Para cada proceso constructivo se recomienda tener un disciplinario control topográfico en las distintas etapas de construcción para contrastar los resultados numéricos realizados en gabinete ya sean memorias de cálculo o planos de detalle.

## REFERENCIA

- AASHTO LRFD. (2017). *bridge design specifications, eighth edition. (8va ed)*. USA.
- Agilo, Martin. (2010). *Forma y tipo en el arte de construir puentes*. Madrid. España: Editorial Abada.
- Alvarado, C. (2008). *Análisis y Diseño de Puentes según AASHTO-LRFD con aplicacion del SAP2000 1ra Edición*. Lima, Perú: Fondo Editorial ICG.
- Aquino C., J. A. (2020). Propuesta de mejora al diseño del plan de lanzamiento y montaje de estructuras metálicas del puente La Eternidad, provincia de Chupaca. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Continental, Huancayo, Peru.
- Arteaga L., W. (2016). Criterios de Diseño y Calculo Estructural de Puentes Colgantes. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Peru.
- Beer F., Johnston E., De Wplf, J., & Mazurek, D. (2015). *Mecanica Vectorial para Ingenieros*. New York: McGraw-Hill.
- Bozzo, M. (2008). *Industrialización y Construcción de Estructuras*. Lima, Perú: Fondo Editorial ICG. 2da Edición.
- Carrera, J., Lara, V., & Sanchez, S. (2012). Diseño de Puentes Metalicos. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru.
- Carrillo A., L. (2015). Analisis Teorico de la Variacion Aleatoria de los Esfuerzos de Montaje de los Cables en los Puentes Atirantados. (*Tesis Doctoral*). Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, España.
- Castillo P., R. N. (2013). Diseño Preliminar de la. (*Tesis de Pregrado*). Diseño preliminar de la Superestructura de un Puente en Arco atirantado tipo Network sobre el rio Puchuchoa, Ecuador.
- Castro, M., Chacón, J., Hidalgo, G., Landázuri, C., & Morán, M. (2002). *Seminario de Ingeniería de Puentes*. Quito, Ecuador.



- Collazos, E. O. (2018). *Procedimiento de control e Inspeccion en el Montaje de la Estructura de un Puente Metalico Tipo Arco 70m de luz*. ESMETAL S.A. Universidad Nacional del Callao, Callao, Peru.
- Erazo M., L. E. (2019). Lanzamiento de vigas metálicas del Puente Sobre el Río San Pedro ubicado en la vía Conocoto - Amaguaña, Pichincha, Ecuador. (*Tesis de Pregrado*). UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ, Quito, Ecuador.
- Fontan, A. N., Hernandez, S., Baldomir, A., & Diaz, J. (2012). *Diseño óptimo del pico de lanzamiento de puentes lanzados*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Ingeniería, 93-102.
- Gago Q., G., & Limache F., J. N. (2019). Analisis comparativo del comportamiento estructural entre un Puente extradado y un Puente atirado de 220 metros de luz. (*Tesis de pregrado*). Universidad Ricardo Palma, Lima, Peru.
- Gomez I., F. (2010). *Proyecto de superestructura*. Lima: E y E Arellano.
- Institute of Steel construction AISC. (2016). *Code of Standard Practice for Steel Buildings and bridges*. Chicago: American Institute of Steel Construction.
- Jack Lopez Ingenieros S.A.C. (2018). *Evaluacion Ambiental Preliminar*. Lima: Municipalidad de Miraflores.
- Lazo D., P. M., & Barba E., L. J. (2019). Analisis del proceso constructivo del puente Chinchipe con el sistema de atirantamiento Provisional. (*Tesis de pregrado*). Universidad Ricardo Palma, Lima, Peru.
- Luna, J. (2016). Procedimientos y aplicación de Normas Internacionales en la fabricación, empalme y lanzamiento de las vigas metálicas del Puente Catarata en la Provincia de Huancasancos - Ayacucho. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional del Callao, Callao, Lima.
- M.T.C. (2018). *Manual de Diseño de Puentes AASHTO-LRFD*. Lima - Peru: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia.

- McCormac, Jack y Csernak, Stephen. (2012). *Diseño de estructuras de acero*. Mexico, D.F. Mexico: Editorail alfaomega.
- Mena T., J. B., & Ochoa S., D. L. (2018). Diseño del puente peatonal colgante con tablero de madera y guía constructiva de la. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Muñoz A., F., & Ruiz G., A. W. (2019). Diseño de Puente atirantado sobre la quebrada Pacchishpan para mejorar la transitabilidad en la ciudad de Lamas - 2018. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, Peru.
- Narváez Danilo, F. R., & Narváez Diego, D. R. (2010). *Diseño y simulación de un puente de acero mediante SAP 2000*. Revista Ingeniería UC.
- Navarro-Manso, A. (2013). Nuevo método de lanzamiento de puentes metálicos basado en doble cajón colaborante: simulación numérica estructural y experimentación aerodinámica. (*Tesis Doctoral*). Universidad de Cantabria, Santander, España.
- OCAÑA, E., & RIVAS, D. (2019). *Estudio teorico comparativo de la conexión del puente reticulado hibrido "EL ALBEJAL" con las conexiones tipo Bisagra y Perfobond*. Universidad Ricardo Palma, Lima, Peru.
- Oña M., B. A., & Tello T., J. C. (2009). Desarrollo de un procedimiento de fabricacion y montaje de un puente tipo arco. (*Tesis de Pregrado*). Escuela Politecnica Nacional, Ecuador.
- Ortiz, P. A. (2013). Evaluación del comportamiento vibratorio de puentes peatonales bajo carga peatonal. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Peru.
- Peralta p., F. j. (2018). Diseño estructural de Puentes peatonales sobre la autopista Pimentel-Chiclayo. (*Tesis de Pregrado*). Uniersidad Señor de Sipam, Pimentel, Peru.
- Rodriguez, A., & Rodriguez, D. (s.f.). *Diseño y simulación de un puente de acero mediante SAP 2000*. Universidad Politécnica Salesiana,, Quito, Ecuador.

- Romoacca Serrano, J. L. (2015). Concepción, diseño y descripción del proceso constructivo de una estructura provisional para la superestructura del Puente Aynamayo. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Peru.
- Sasiain U., N. (2012). Reproduccion numerica y experimental del proceso constructivo de la lanzamiento de un puente metalico por empujes sucesivos. (*Tesis de Maestria*). Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, España.
- Serquen, M. I. (2020). *PUENTES con AASHTO-LRFD 2017 (8th Edition)*. Peru.
- Vargas Cordero, Zoila Rosa;. (2009). *LA INVESTIGACION APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTIFICA* (Vol. 33). San Jose, COSTA RICA.
- Vidalón, M. (2016). *Puente atirantados: Diseño y plan constructivo*. Quito. Ecuador: Ediciones Plantea.
- Villarino, A.;. (2011). *Puentes*. España: Escuela Politecnica Superior de Avila.
- Villoslada, M. (2004). *Análisis estructural de puentes atirantados, aplicación*. Universidad Nacional de SanMartín.Tarapoto., Tarapoto, Perú.
- Walther, R. (1999). *Cable stayed bridges (Second Edition ed.)*. London, Inglaterra.
- Zegarra Ciquero, L. (2007). Analisis y Diseño de Puentes Colgantes. (*Tesis de Mestria*). Pontificia Universidad Catolica del Peru, Lima, Peru.

**ANEXOS**

# **ANEXO N.º 1**

## **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Tabla 47** MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Problema	objetivos		Hipótesis	Variables				
	General	Específicos		Definición		Operacionalización		
				Conceptual	Operacional	Variable	Dimensiones	Indicadores
¿Cómo determinar una adecuada secuencia de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima?	Determinar una adecuada secuencia de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.	Analizar la estructuración geométrica de las secuencias constructivas para controlar las Deformaciones y Desplazamientos en los puntos de control en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima	Los Sistemas Estructurales que se Emplearon para construcción final del Puente no representan un peligro para El desarrollo equitativo, funcional y operacional de los Proceso Constructivo del Puente de la amistad.	El diseño de la ingeniería de campo y detalle para el proceso constructivo de un proyecto es muy importante porque podemos determinar todas las actividades y conjuntos de fases a ejecutar, para la materializaci	Dentro del análisis de los procesos constructivos del Puente de la Amistad, se realizó una secuencia de actividades en función al diseño de la ingeniería de campo y detalle para poder estimar y controlar las deformaciones y desplazamientos producidas durante las etapas de instalación y	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: (X)</b> - Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle	Estructuración Geométrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secuencia de lanzamiento.</li> <li>• Secuencia de tensado de tirantes.</li> </ul>

		<p>Formular el sistema de montaje basado en los planes trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.</p>		<p>ón y puesta en servicio del proyecto. Al igual que en la etapa de operación de una estructura. El análisis, diseño y ejecución del proceso constructivo debe seguir una serie de normas, reglamentos, leyes y controles para que su ejecución sea adecuada y segura durante su etapa de utilidad. Lazo D. y</p>	<p>construcción de estructuras provisionales y permanentes teniendo de referencia los puntos de control así mismo se hace una comparación con resultados obtenidos en campo, con resultados estimados por el cálculo numérico y modelamiento desarrollado en software.</p>		<p>Montaje In-Situ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control Topográfico</li> </ul>
		<p>Definir las etapas de construcción para elaborar los planes de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.</p>					<p>Etapas de Construcción</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Obras Provisionales.</li> <li>•Obras Permanentes.</li> </ul>

	<p>Explicar la Estructuración Geométrica de la secuencia constructiva basados en Los planes de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.</p>		<p>Barba E.(2019)</p>		<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> (Y) - Procesos Constructivos</p>	<p>Planes de Trabajos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montaje</li> <li>• Construcción de falso puente</li> <li>• Contruccion de losa de concreto del puente</li> <li>• Instalación y Tensado de tirantes del puente</li> </ul>
	<p>Analizar las etapas de construcción para controlar las Deformaciones y Desplazamientos en los puntos de control In-Situ en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.</p>					<p>Deformaciones y Desplazamientos en los puntos de control</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lanzamiento IN-SITU.</li> <li>• Construcción de losa de concreto y Tensado de tirantes del puente IN-SITU.</li> </ul>



# **ANEXO N.º 2**

## **INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

**FICHA DE CONTROL - PLAN DE MONTAJE**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

EVALUADOR:

N° DE HOJA:

**1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA**

<b>DISTRITO:</b>		<b>NOMBRE DEL PUENTE:</b>	
<b>PROVINCIA:</b>		<b>TIPO DE PUENTE:</b>	
<b>DEPARTAMENTO:</b>		<b>LONGITUD DEL PUENTE:</b>	
<b>TIPO DE USO:</b>		<b>N° DE TRAMOS:</b>	
<b>ALTITUD DEL PROYECTO:</b>		<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN:</b>	

**PLAN DE MONTAJE**

**2. PUNTOS A INSPECCIONAR**

**CONTROL TOPOGRAFICO:**

• Izaje y montaje In-Situ		• Trazo geométrico y nivel de apoyos:	
• conexiones provisionales de estructuras:		• Verificación del nivel y lineamiento de diseño:	
• contraflecha:		• Check list de equipos y herramientas:	

**CALIFICACION:**

<b>Muy Bueno:</b>	<b>1</b>
<b>Bueno:</b>	<b>0.75</b>
<b>Regular:</b>	<b>0.50</b>
<b>Pesimo:</b>	<b>0</b>

**3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS**

**INGENIERÍA DE DETALLE**

Empty space for detailed description of construction processes.


**INGENIERÍA DE CAMPO:**

UBICACIÓN_01	UBICACIÓN_02
Empty space for field engineering notes at location 01.	Empty space for field engineering notes at location 02.

**COMENTARIO:**

**COMENTARIO:**

Empty space for comments.

FICHA DE CONTROL - PLANES DE TRABAJO			
			
EVALUADOR: <input style="width: 90%;" type="text"/>			N° DE HOJA: <input style="width: 50px;" type="text"/>
1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA			
DISTRITO:		NOMBRE DEL PUENTE:	
PROVINCIA:		TIPO DE PUENTE:	
DEPARTAMENTO:		LONGITUD DEL PUENTE:	
TIPO DE USO:		N° DE TRAMOS:	
ALTITUD DEL PROYECTO:		AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	
PLANES DE TRABAJOS - OBRAS PROVISIONALES			
2. PUNTOS A INSPECCIONAR			
<b>CONTROL DIMENSIONAL:</b>			
<b>CONSTRUCCIÓN:</b>	<b>FABRICACIÓN E INSTALACIÓN:</b>	<b>CALIFICACION:</b>	
• Verificación del Trazo geométrico:	• Habilitado de elementos:	<b>Muy Bueno:</b>	<b>1</b>
• Verificación topográfica:	• Amado de elementos metálicos:	<b>Buena:</b>	<b>0.75</b>
• Verificación de excavaciones:	• Inspección visual de soldadura:	<b>Regular:</b>	<b>0.50</b>
• Verificación de vaciado de concreto:	• Izaje y montaje de elementos metálicos:	<b>Pesimo:</b>	<b>0</b>
• Check list de equipos y herramientas:	• Check list de equipos y herramientas:		
3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS			
INGENIERÍA DE CAMPO:	INGENIERÍA DE DETALLE:	COMENTARIO:	
<b>CONSTRUCCIÓN:</b>			
<b>FABRICACIÓN E INSTALACIÓN:</b>			

**FICHA DE CONTROL - SECUENCIA DE TRABAJOS**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

EVALUADOR:

N° DE HOJA:

**1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA**

<b>DISTRITO:</b>		<b>NOMBRE DEL PUENTE:</b>	
<b>PROVINCIA:</b>		<b>TIPO DE PUENTE:</b>	
<b>DEPARTAMENTO:</b>		<b>LONGITUD DEL PUENTE:</b>	
<b>TIPO DE USO:</b>		<b>N° DE TRAMOS:</b>	
<b>ALTITUD DEL PROYECTO:</b>		<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN:</b>	

**LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METALICA**

**2. PUNTOS A INSPECCIONAR**

<b>CONTROL TOPOGRAFICO:</b>			
• conexiones provisorias de estructuras		• Montaje y fijación de elementos secundarios	
• Inspección visual durante el procedimiento:		• Aprobación - deformación teórica o fuerza de objetivo-teórica:	
• contraflecha:		• Desplazamiento (x, y, z) producido en los ejes de las péndolas:	

<b>CALIFICACION:</b>	
<b>Muy Bueno:</b>	<b>1</b>
<b>Bueno:</b>	<b>0.75</b>
<b>Regular:</b>	<b>0.50</b>
<b>Pesimo:</b>	<b>0</b>

**3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS**

<b>INGENIERÍA DE CAMPO:</b>	<b>INGENIERÍA DE DETALLE:</b>
-----------------------------	-------------------------------

**SECUENCIA DE LANZAMIENTO - SISTEMA DE FALSO PUENTE COLGANTE**

<b>COMENTARIO</b>	

<b>COMENTARIO</b>	

<b>COMENTARIO:</b>	

**SECUENCIA DE LANZAMIENTO - ESTRUCTURACION GEOMETRICA**

<b>MODELO ESTRUCTURAL:</b>	

**FICHA DE CONTROL - SECUENCIA DE TRABAJOS**



**EVALUADOR:** \_\_\_\_\_

**N° DE HOJA:** \_\_\_\_\_

**1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA**

<b>DISTRITO:</b>		<b>NOMBRE DEL PUENTE:</b>	
<b>PROVINCIA:</b>		<b>TIPO DE PUENTE:</b>	
<b>DEPARTAMENTO:</b>		<b>LONGITUD DEL PUENTE:</b>	
<b>TIPO DE USO:</b>		<b>N° DE TRAMOS:</b>	
<b>ALTITUD DEL PROYECTO:</b>		<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN:</b>	

**INSTALACION Y TENSADO DE TIRANTES**

**2. PUNTOS A INSPECCIONAR**

**CONTROL TOPOGRAFICO:**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión de los 2 tirantes de retenida y de sistemas de tesado:</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión de los 2 tirantes delanteros y sistemas de tesado:</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• colocación de concreto al tablero:</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobación - deformación teórica o fuerza de objetivo-teórica:</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• contraflecha:</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazamiento (x, y, z) producido en los ejes de los agujeros:</li> </ul>	

**CALIFICACION:**

<b>Muy Bueno:</b>	<b>1</b>
<b>Bueno:</b>	<b>0.75</b>
<b>Regular:</b>	<b>0.50</b>
<b>Pesimo:</b>	<b>0</b>

**3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS**

<b>INGENIERÍA DE CAMPO:</b>	<b>INGENIERÍA DE DETALLE:</b>	<b>COMENTARIO:</b>
-----------------------------	-------------------------------	--------------------

**SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN - TENSADO DE TIRANTES DURANTE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO**

--	--	--

**SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN - COMPROBACIÓN DE LOS CÁLCULOS EN CAMPO**

--	--	--

# **ANEXO N.º 3**

## **VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## CONSTANCIA

### VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Por la presente el que suscribe Mg. Ing. Miguel Ángel Chan Heredia, con CIP N°88837, deja constancia de haber evaluado los instrumentos de recolección de datos para ser utilizados en la investigación titulada **“Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.”**, cuyo autor es el: **Bach. Sergio Luis Delgado Perez**, estudiante del taller de elaboración de tesis de la escuela de Pre Grado De Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo-Campus Piura.

Dichos instrumentos serán aplicados en la presente investigación, teniendo como objetivo general **“Determinar una adecuada secuencia de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.”** Por lo que cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la siguiente constancia a solicitud del interesado.

#### EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Nº	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El instrumento presenta coherencia con el objetivo de investigación.				X
2	El instrumento evidencia la información referida a procesos constructivos.				X
3	El instrumento guarda relación con el objetivo propuesto en la investigación.				X
4	En general, el instrumento permite un manejo a detalle de la información				X

1= Deficiente 2 = Regular 3= Bueno 4 = Excelente

Observaciones:

  
MIGUEL CHANG HEREDIA  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 88837

Piura 01 de Julio de 2021

FIRMA



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## CONSTANCIA

### VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Por la presente el que suscribe Mg. Ing. Luis Enrique Ordinola Enriquez, con CIP N°169831, deja constancia de haber evaluado los instrumentos de recolección de datos para ser utilizados en la investigación titulada "Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima.", cuyo autor es el: Bach. Sergio Luis Delgado Perez, estudiante del taller de elaboración de tesis de la escuela de Pre Grado De Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo-Campus Piura.

Dichos instrumentos serán aplicados en la presente investigación, teniendo como objetivo general "Determinar una adecuada secuencia de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puente de la Amistad, Lima." Por lo que cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la siguiente constancia a solicitud del interesado.

#### EVALUACION DEL INSTRUMENTO

Nº	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El instrumento presenta coherencia con el objetivo de investigación.				X
2	El instrumento evidencia la información referida a procesos constructivos.				X
3	El instrumento guarda relación con el objetivo propuesto en la investigación.				X
4	En general, el instrumento permite un manejo a detalle de la información				X

1= Deficiente 2 = Regular 3= Bueno 4 = Excelente

Observaciones:

Piura 01 de Julio de 2021



FIRMA

LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ  
ING. CIVIL CIP. 169831  
CONSULTOR EN OBRAS CIVILES C103435  
Mgtr: INGENIERIA ESTRUCTURAL  
Mgtr: TRANSPORTES Y CONSERVACION VIAL





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## CONSTANCIA

### VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Por la presente el que suscribe Dr. Ing. Roger Príncipe Reyes, deja constancia de haber evaluado los instrumentos de recolección de datos para ser utilizados en la investigación titulada **"Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puesto de la Amistad, Lima."**, cuyo autor es el: **Bach. Sergio Luis Delgado Perez**, estudiante del taller de elaboración de tesis de la escuela de Pre Grado De Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo-Campus Piura.

Dichos instrumentos serán aplicados en la presente investigación, teniendo como objetivo general **"Determinar una adecuada secuencia de trabajos en función al Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los Procesos Constructivos del Puesto de la Amistad, Lima."** Por lo que cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la siguiente constancia a solicitud del interesado.

#### EVALUACION DEL INSTRUMENTO:

Nº	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El instrumento presenta coherencia con el objetivo de investigación.				✓
2	El instrumento evidencia la información referida a procesos constructivos.				✓
3	El instrumento guarda relación con el objetivo propuesto en la investigación.				✓
4	En general, el instrumento permite un manejo a detalle de la información				✓

1= Deficiente 2 = Regular 3= Bueno 4 = Excelente


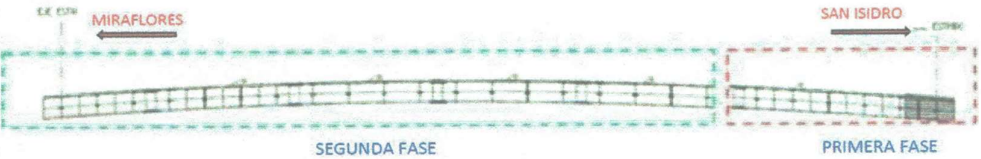




Observaciones:

Piura 01 de Julio de 2021

  
FIRMA  
**Roger Príncipe**  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP 43516

# **ANEXO N.º 4**

## **DESARROLLO DE LOS INSTRUMENTOS**

FICHA DE CONTROL - PLAN DE MONTAJE													
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>DISEÑO DE INGENIERÍA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA.</b>											
<b>EVALUADOR:</b> BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ		<b>N° DE HOJA:</b> 01											
1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA													
<b>DISTRITO:</b>	Miraflores / San Isidro	<b>NOMBRE DEL PUENTE:</b>	Puente de la Amistad										
<b>PROVINCIA:</b>	Lima	<b>TIPO DE PUENTE:</b>	Atirantado Asimétrico.										
<b>DEPARTAMENTO:</b>	Lima	<b>LONGITUD DEL PUENTE:</b>	48.00 mts										
<b>TIPO DE USO:</b>	Peatonal	<b>N° DE TRAMOS:</b>	1 tramo										
<b>ALTITUD DEL PROYECTO:</b>	79 m.s.n.m.	<b>AÑO DE CONSTRUCCIÓN:</b>	2019										
PLAN DE MONTAJE													
2. PUNTOS A INSPECCIONAR													
<b>CONTROL TOPOGRAFICO:</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Izaje y montaje In-Situ</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazo geométrico y nivel de apoyos:</li> </ul>	1										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• conexiones provisorias de estructuras:</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificación del nivel y lineamiento de diseño:</li> </ul>	1										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• contraflecha:</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Check list de equipos y herramientas:</li> </ul>	1										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CALIFICACION:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Muy Bueno:</b></td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td><b>Bueno:</b></td> <td style="text-align: center;">0.75</td> </tr> <tr> <td><b>Regular:</b></td> <td style="text-align: center;">0.50</td> </tr> <tr> <td><b>Pesimo:</b></td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table>		CALIFICACION:		<b>Muy Bueno:</b>	1	<b>Bueno:</b>	0.75	<b>Regular:</b>	0.50	<b>Pesimo:</b>	0
CALIFICACION:													
<b>Muy Bueno:</b>	1												
<b>Bueno:</b>	0.75												
<b>Regular:</b>	0.50												
<b>Pesimo:</b>	0												
3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS													
INGENIERÍA DE DETALLE													
													
INGENIERÍA DE CAMPO:													
LADO MIRAFLORES		LADO SAN ISIDRO											
													
													
<b>COMENTARIO:</b>		<b>COMENTARIO:</b>											
El aramado de las estructuras metalicas se realizo en el lado Miraflores con una longitud de 38 mts. al eje más, 1 metro que va embebida a la cimentación long = 39mts lineales		El aramado de las estructuras metalicas se realizo en el lado San Isidro area donde se construyo el macizo con una longitud de 10 mts. al eje más, 1 metro que va embebida al macizo con una long = 11 mts. lineales											

FICHA DE CONTROL - PLANES DE TRABAJO



DISÑO DE INGENIERÍA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA.

EVALUADOR: BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

N° DE HOJA: 01

1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA

DISTRITO:	Miraflores / San Isidro	NOMBRE DEL PUENTE:	Puente de la Amistad
PROVINCIA:	Lima	TIPO DE PUENTE:	Atrilado Asimétrico.
DEPARTAMENTO:	Lima	LONGITUD DEL PUENTE:	48.00 mts
TIPO DE USO:	Peatonal	N° DE TRAMOS:	1 tramo
ALTITUD DEL PROYECTO:	79 m.s.n.m.	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	2019

PLANES DE TRABAJOS - OBRAS PROVISIONALES

2. PUNTOS A INSPECCIONAR

CONTROL DIMENSIONAL:

CONSTRUCCIÓN:		FABRICACIÓN E INSTALACIÓN:	
• Verificación del Trazo geométrico:	1	• Habilitado de elementos:	1
• Verificación topográfica:	1	• Armado de elementos metálicos:	1
• Verificación de excavaciones:	0.75	• Inspección visual de soldadura:	1
• Verificación de vaciado de concreto:	1	• Taje y montaje de elementos metálicos:	1
• Check list de equipos y herramientas:	0.75	• Check list de equipos y herramientas:	0.75

CALIFICACION:	
Muy Buena:	1
Buena:	0.75
Regular:	0.50
Pesimo:	0

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

INGENIERÍA DE CAMPO:	INGENIERÍA DE DETALLE:	COMENTARIO:
		Se utilizó como cámara de anclaje parte del macizo dejando un ducto libre para poder ingresar los cables, para anclarlos en la parte trasera con una silla de anclaje, se desarrolló la ingeniería de campo controlando la ubicación de los ductos desde la entrada y la salida.
		Se construyó en el lado de Miraflores una cámara de anclaje de carácter provisional, se tuvo el control dimensional en función a la geometría del elemento a construir
		En campo se fabricó cuatro sillas de cambio de tipo A36 cuyo objetivo es la de dar transición al cable hacia la parte inferior del macizo del lado de San Isidro y por el lado de Miraflores a la parte inferior de la cámara de anclaje, se verificó el control dimensional en función a la geometría del elemento
		En campo se fabricó un sistema de andarivel cuyos elementos son planchas metálicas, 4 rondanas y dos conectores que tienen una separación de 355.60 mm, dejando un orificio en la posición central de la plancha superior para colocar una péndola que va conectada a la viga cuadrada, el objetivo del andarivel es la de desplazar la estructura metálica a través de los cables.
		En campo se fabricó dos vigas tubulares tipo A36 de sección cuadradas, cuyo objetivo de estas vigas es la de sostener la estructura metálica durante el desplazamiento horizontal de Miraflores hacia San Isidro se verificó el control dimensional en función a la geometría del elemento.

FICHA DE CONTROL - PLANES DE TRABAJO



DISEÑO DE INGENIERÍA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA.

EVALUADOR: BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

N° DE HOJA: 02

1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA

DISTRITO:	Miraflores / San Isidro	NOMBRE DEL PUENTE:	Puente de la Amistad
PROVINCIA:	Lima	TIPO DE PUENTE:	Atrantado Asimétrico.
DEPARTAMENTO:	Lima	LONGITUD DEL PUENTE:	48.00 mts
TIPO DE USO:	Peatonal	N° DE TRAMOS:	1 tramo
ALTITUD DEL PROYECTO:	79 m.s.n.m.	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	2019

PLANES DE TRABAJOS - OBRAS PROVISIONALES

2. PUNTOS A INSPECCIONAR

CONTROL DIMENSIONAL:

CONSTRUCCIÓN:		FABRICACIÓN E INSTALACIÓN:	
• Verificación del Trazo:	1	• Habilidad de elementos:	1
• Verificación topográfica:	1	• Armado de elementos metálicos:	1
• Verificación de excavaciones:	0.75	• Inspección visual de soldadura:	1
• Verificación de vaciado de	1	• Izaje y montaje de elementos metálicos:	1
• Check list de equipos y	0.75	• Check list de equipos y herramientas:	0.75

CALIFICACION:	
Muy Bueno:	1
Bueno:	0.75
Regular:	0.50
Pesimo:	0

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

INGENIERÍA DE CAMPO:	INGENIERÍA DE DETALLE:	COMENTARIO:
		Se instalo cuatro Torres de apoyos para cables, las dos primeras torres se instalaron en el lado de san isidro con cimentación de concreto, las dos restantes se instalaron en el lado de Miraflores utilizando la cimentación existente del estribo del puente en la distancia entre ejes de las torres de ambos margenes de 37 metros. Estas torres que utilizaron se uso otra obra de manera provisional.
		Se instalo un reticulado en ambos márgenes para enlazar las torres se verifico el control dimensional en función a la geometría del elemento

COMENTARIO: Instalación de sistema de cables provisionales para el falso puente colgante; primero se empotran los cables en el meczol del lado de San Isidro, luego se procede al traslado de cables hacia el lado de Miraflores instalándolos en la cámara de anclaje ya construida, por defecto de la instalación los cables va a estar colgando por peso propio, para calcular y controlar la catenaria de diseño de 1 metro, se desarrolló el tensado total de los cables dejándolos en línea recta ambos márgenes se calcula la cota en la torre se destensto a un metro desde la cámara de anclaje lado Miraflores para poder encontrar la catenaria de un metro en el centroide del arreglo del conjunto de cables de cada torón.

FICHA DE CONTROL - SECUENCIA DE TRABAJOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

DISEÑO DE INGENIERÍA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA.

EVALUADOR: BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

N° DE HOJA: 01

1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA

DISTRITO:	Miraflores / San Isidro	NOMBRE DEL PUENTE:	Puente de la Amistad
PROVINCIA:	Lima	TIPO DE PUENTE:	Atriantado Asimétrico.
DEPARTAMENTO:	Lima	LONGITUD DEL PUENTE:	48.00 mts
TIPO DE USO:	Peatonal	N° DE TRAMOS:	1 tramo
ALTITUD DEL PROYECTO:	79 m.s.n.m.	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	2019

LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METALICA

2. PUNTOS A INSPECCIONAR

CONTROL TOPOGRAFICO:

• conexiones provisionales de estructuras	1	• Montaje y fijación de elementos secundarios	1
• Inspección visual durante el procedimiento:	1	• Aprobación - deformación teórica o fuerza de objetivo-teórica:	1
• contraflecha:	1	• Desplazamiento (x, y, z) producido en los ejes de las péndolas:	0.75

CALIFICACION:

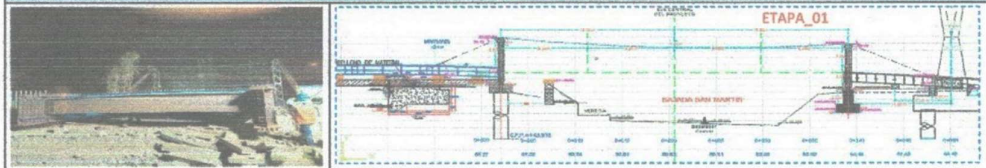
Muy Bueno:	1
Bueno:	0.75
Regular:	0.50
Pesimo:	0

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

INGENIERÍA DE CAMPO:

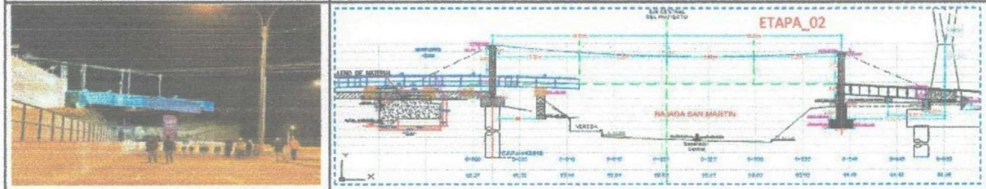
INGENIERÍA DE DETALLE:

SECUENCIA DE LANZAMIENTO - SISTEMA DE FALSO PUENTE COLGANTE



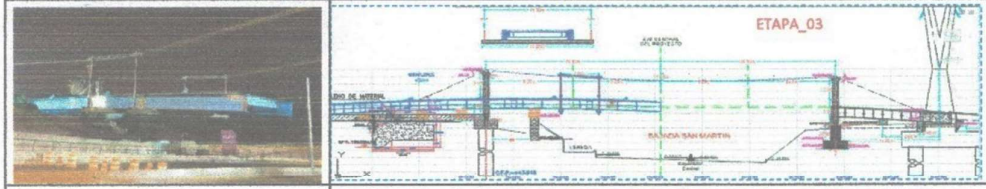
COMENTARIO

Posición inicial de la estructura metalica en el eje de la torre provisional saliendo con su contraflecha de montaje, dichos trabajos se desarrollaron en horas de la madrugada de 12:00am hasta 6:00am



COMENTARIO

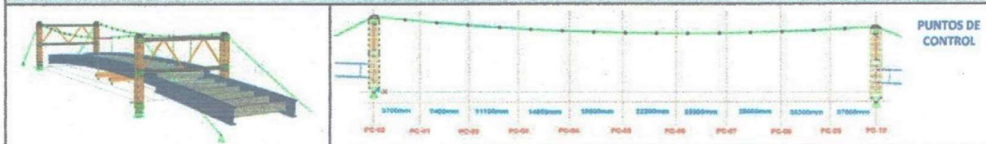
Desplazamiento a  $L/4 = 9.25$  mts. de la longitud del lanzamiento, se procedió al retiro y colocacion parcial de los apoyos de madera para evitar la deformación de la contraflecha en la estructura.



COMENTARIO:

Desplazamiento a  $L/2 = 18.5$  mts. de la longitud del lanzamiento se procede con la instalación del sistema de andarivel para poder desplazar a través de los cables la estructura metalica.

SECUENCIA DE LANZAMIENTO - ESTRUCTURACION GEOMETRICA



MODELO ESTRUCTURAL:

COMENTARIO: Al proceso de lanzamiento de estructuras metálicas del puente se le asigno puntos de control a cada 3.70mts. para tener un mejor alcance de las deformaciones verticales producidas por el desplazamiento horizontal.

FICHA DE CONTROL- SECUENCIA DE TRABAJOS



DISEÑO DE INGENIERÍA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA.

EVALUADOR: BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

N° DE HOJA: 02

1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA

DISTRITO:	Miraflores / San Isidro	NOMBRE DEL PUENTE:	Puente de la Amistad
PROVINCIA:	Lima	TIPO DE PUENTE:	Atirantado Asimétrico.
DEPARTAMENTO:	Lima	LONGITUD DEL PUENTE:	48.00 mts
TIPO DE USO:	Peatonal	N° DE TRAMOS:	1 tramo
ALTITUD DEL PROYECTO:	79 m.s.n.m.	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	2019

LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METALICA

2. PUNTOS A INSPECCIONAR

CONTROL TOPOGRAFICO:

● conexiones provisionarias de estructuras	1	● Montaje y fijación de elementos secundarios	1
● Inspección visual durante el procedimiento:	1	● Aprobación - deformación teórica o fuerza de objetivo-teórica:	1
● contraflecha:	1	● Desplazamiento (x, y, z) producido en los ejes de las péndolas:	0.75

CALIFICACION:

Muy Bueno:	1
Bueno:	0.75
Regular:	0.50
Pesimo:	0

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

INGENIERÍA DE CAMPO:

INGENIERÍA DE DETALLE:

SECUENCIA DE LANZAMIENTO - SISTEMA DE FALSO PUENTE COLGANTE



COMENTARIO:

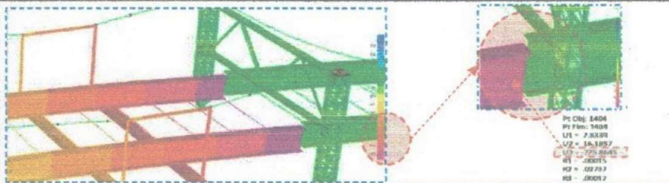
Aproximación de la estructura metalica al punto de control final con una longitud horizontal de  $\frac{1}{4} L = 27.75$  mts; Se verifico que en el lado de San Isidro un equipo técnico se encargó de jalar a través de un Tirfor la estructura metalica



COMENTARIO:

Aproximación de la estructura metalica al punto de control final con una longitud horizontal de  $L = 37.00$  mts; Se verifico que en el lado de San Isidro un equipo técnico se encargó de jalar a través de un Tirfor la estructura metalica

SECUENCIA DE LANZAMIENTO - COMPROBACION DE LOS CALCULOS EN CAMPO



COMENTARIO:

Previo al lanzamiento, se verifico las etapas de lanzamiento en el programa SAP2000 v22 teniendo un resultado predictivo de  $-725.86$ mm. En la posición final de la secuencia de lanzamiento In-Situ, la estructura metalica tuvo un desplazamiento de  $-584.83$ mm. en la punta de la estructura metalica tal como se aprecia en la ImagenTeniendo un porcentaje aprobatorio de 80.57%

FICHA DE CONTROL - SECUENCIA DE TRABAJOS


**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**DISEÑO DE INGENIERÍA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA.**

EVALUADOR: BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ N° DE HOJA: 01

1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA			
DISTRITO:	Miraflores / San Isidro	NOMBRE DEL PUENTE:	Puente de la Amistad
PROVINCIA:	Lima	TIPO DE PUENTE:	Atirantado Asimétrico.
DEPARTAMENTO:	Lima	LONGITUD DEL PUENTE:	48.00 mts
TIPO DE USO:	Peatonal	N° DE TRAMOS:	1 tramo
ALTITUD DEL PROYECTO:	79 m.s.n.m.	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	2019

**INSTALACION Y TENSADO DE TIRANTES**

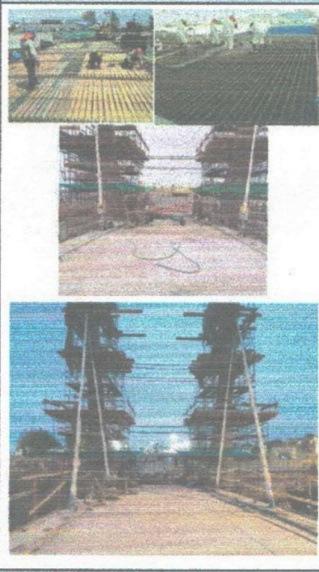
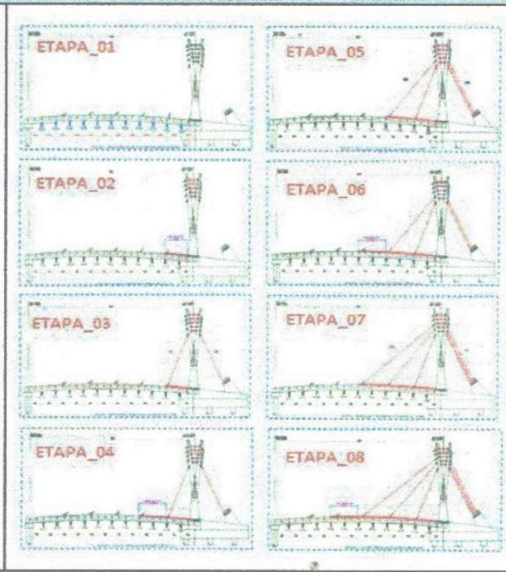
**2. PUNTOS A INSPECCIONAR**

CONTROL TOPOGRAFICO:				CALIFICACION:	
• Conexión de los 2 tirantes de retenida y de sistemas de	1	• Conexión de los 2 tirantes delanteros y sistemas de tesado:	1	Muy Bueno:	1
• colocación de concreto al tablero:	0.75	• Aprobación - deformación teórica o fuerza de objetivo-teórica:	1	Bueno:	0.75
• contraflecha:	1	• Desplazamiento (x, y, z) producido en los ejes de los agujeros:	1	Regular:	0.50
				Pesimo:	0

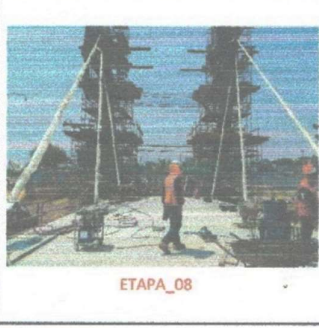
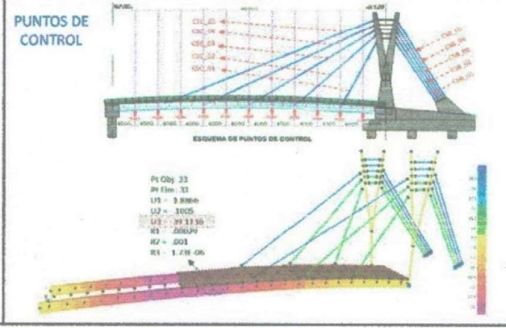
**3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS**

INGENIERÍA DE CAMPO:	INGENIERÍA DE DETALLE:	COMENTARIO:
----------------------	------------------------	-------------

**SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN - TENSADO DE TIRANTES DURANTE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO**

		<p>En la primera etapa se procedió con el control de la contraflecha del puente, acto seguido se procede con la colocación del encofrado y acero de refuerzo, luego se colocó los tirantes en la retenida para luego colocar el primer paño de losa, al día siguiente se calcula la contra flecha del puente en esa etapa de construcción para que en horas de la tarde se proceda con el tensado en dirección al tablero. Así sucesivamente en todas las demas etapas.</p>
--	---	---

**SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN - COMPROBACIÓN DE LOS CÁLCULOS EN CAMPO**

 <p style="text-align: center;">ETAPA_08</p>	<p><b>PUNTOS DE CONTROL</b></p>  <p>             P1 Obj: 33              P1 Filo: 33              L1: 3.8860              L2: 3.005              L3: 39.1136              R1: 280.0              R2: 201              R3: 1.78-06         </p>	<p>Previo a los trabajos de tensado, se verifico las etapas de construcción en el programa SAP2000 v22 teniendo un resultado predictivo en la etapa_08 una deformación vertical de -39.11mm. en el eje central del puente, por lo que en la secuencia de construcción In-Situ, en dicha etapa (etapa_08) se tuvo una deformación vertical de -38.50mm. Teniendo un porcentaje aprobatorio del 98.44%</p>
---	--	--



FICHA DE CONTROL - SECUENCIA DE TRABAJOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

DISEÑO DE INGENIERÍA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA.

EVALUADOR: BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

N° DE HOJA: 02

1. DATOS GENERALES DE LA SUPER ESTRUCTURA

DISTRITO:	Miraflores / San Isidro	NOMBRE DEL PUENTE:	Puente de la Amistad
PROVINCIA:	Lima	TIPO DE PUENTE:	Atriantado Asimétrico.
DEPARTAMENTO:	Lima	LONGITUD DEL PUENTE:	48.00 mts
TIPO DE USO:	Peatonal	N° DE TRAMOS:	1 tramo
ALTITUD DEL PROYECTO:	79 m.s.n.m.	AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	2019

INSTALACION Y TENSADO DE TIRANTES

2. PUNTOS A INSPECCIONAR

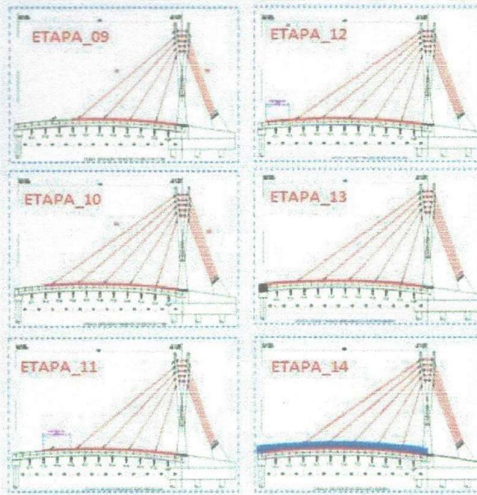
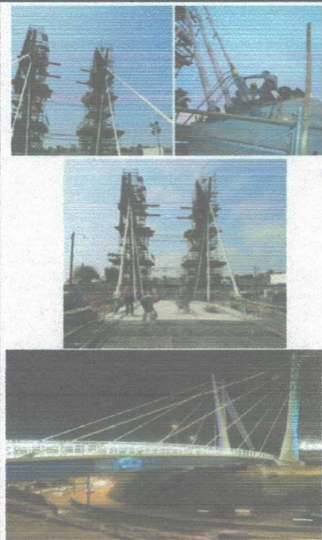
CONTROL TOPOGRAFICO:

● Conexión de los 2 tirantes de retenida y de sistemas de tesado:	1	● Conexión de los 2 tirantes delanteros y sistemas de tesado:	1
● colocación de concreto al tablero:	0.75	● Aprobación - deformación teórica o fuerza de objetivo-teórica:	1
● contraflecha:	1	● Desplazamiento (x, y, z) producido en los ejes de los agujeros:	1

CALIFICACION:	
Muy Bueno:	1
Bueno:	0.75
Regular:	0.50
Pesimo:	0

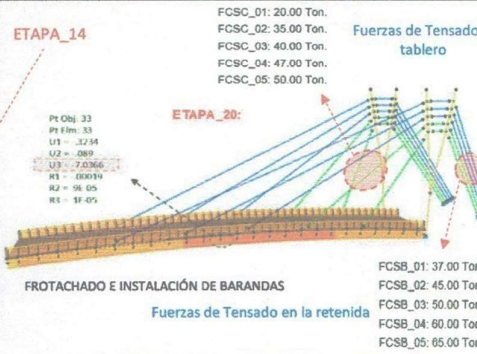
3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

INGENIERÍA DE CAMPO:	INGENIERÍA DE DETALLE:	COMENTARIO:
SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN - TENSADO DE TIRANTES DURANTE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO		



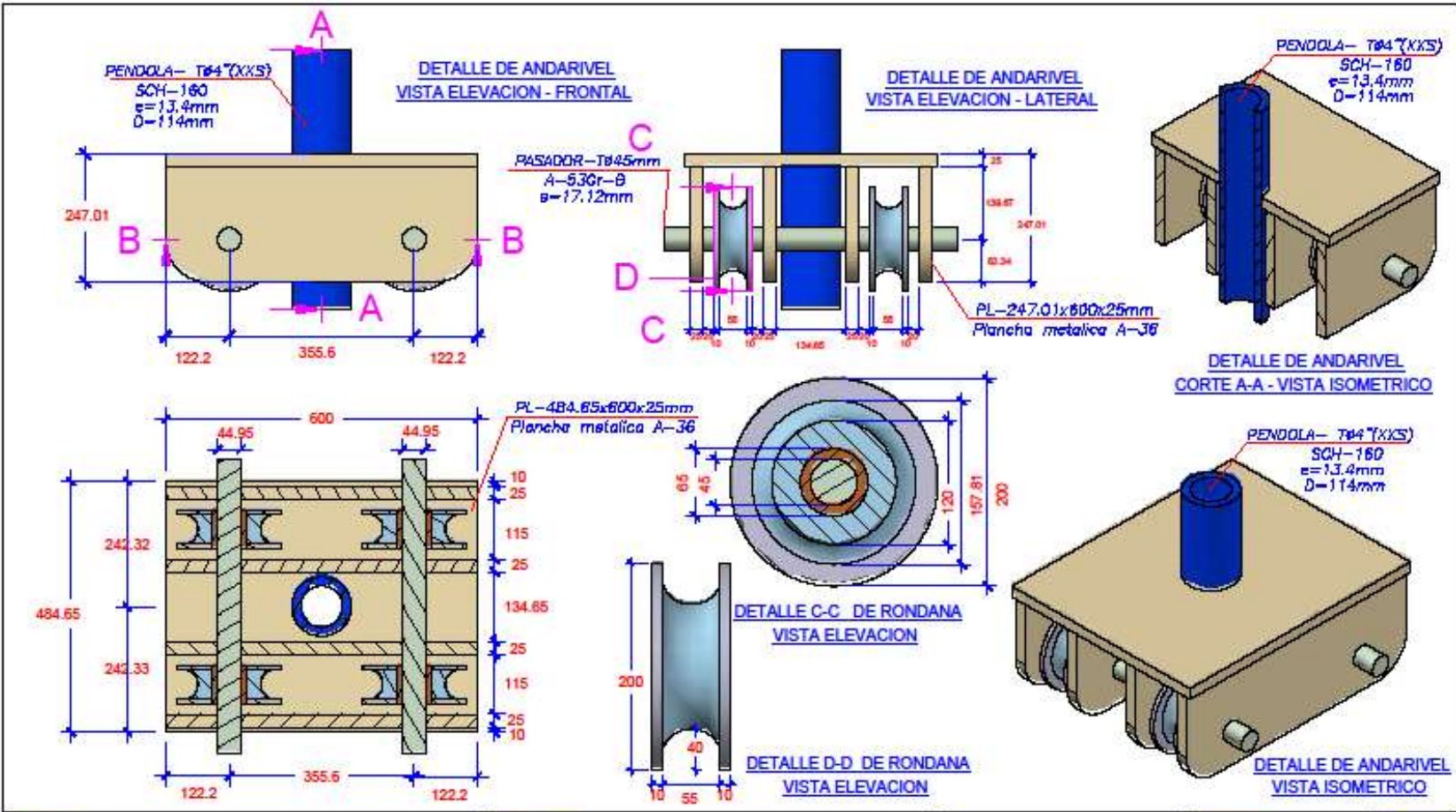
A partir de la etapa 09 se pueden apreciar la aproximación de las deformaciones esperadas en función al tensado de tirantes durante la colocación del concreto se tuvo un estricto control topográfico en cada una de las etapas, luego del tensado se procede al frotchado de piso instalación las barandas del puente

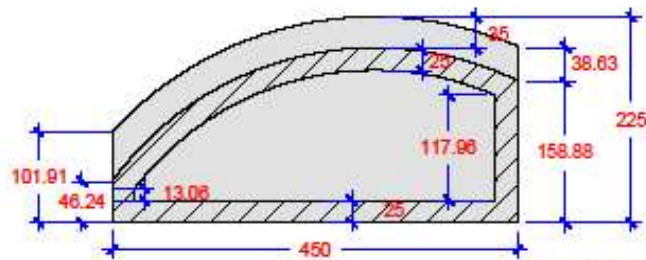
SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN - COMPROBACIÓN DE LOS CÁLCULOS EN CAMPO



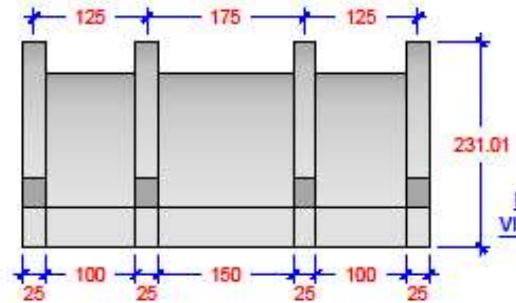
Previo a los trabajos de tensado, se verifico las etapas de construcción en el programa SAP2000 v22 teniendo un resultado predictivo en la etapa\_20 una deformación vertical de: -7.04mm. en el eje central del puente, por lo que en la secuencia de construcción In-Situ, en dicha etapa (etapa\_20) se tuvo una deformación vertical de: -17.16mm. Teniendo un porcentaje aprobatorio del 77.82%

**ANEXO N.º 5**  
**PLANOS DE INGENIERIA Y**  
**DETALLE**

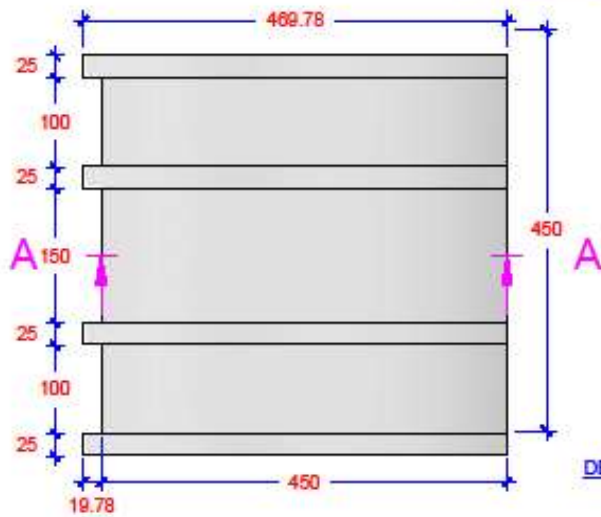




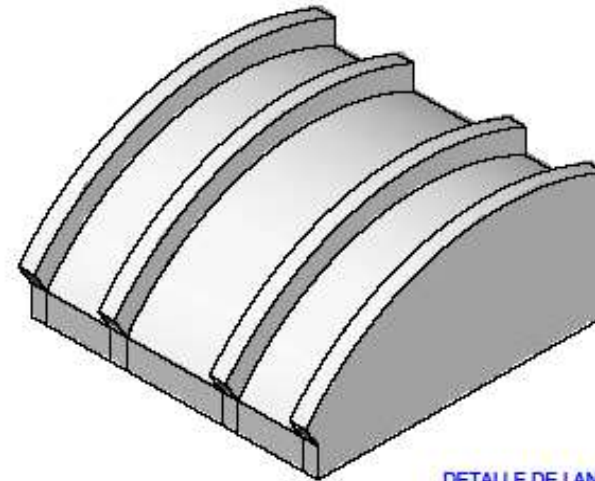
DETALLE DE LANZAMIENTO  
VISTA ELEVACION LATERAL - CORTE A-A



DETALLE DE LANZAMIENTO  
VISTA ELEVACION - FRONTAL



DETALLE DE LANZAMIENTO  
VISTA PLANTA



DETALLE DE LANZAMIENTO  
VISTA ISOMETRICO

NOMBRE DE LA TAREA:

**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

CENTRO DE ESTUDIOS:

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA

ELABORADO:

BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

FECHA:

DETALLE DE SILLA DE MONTAJE PARA TORRE

ELABORADO POR:

ING° LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ

UBICACION DEL PROYECTO:

Entre los distritos de San Juan de Miraflores y Lima, Perú

FECHA:

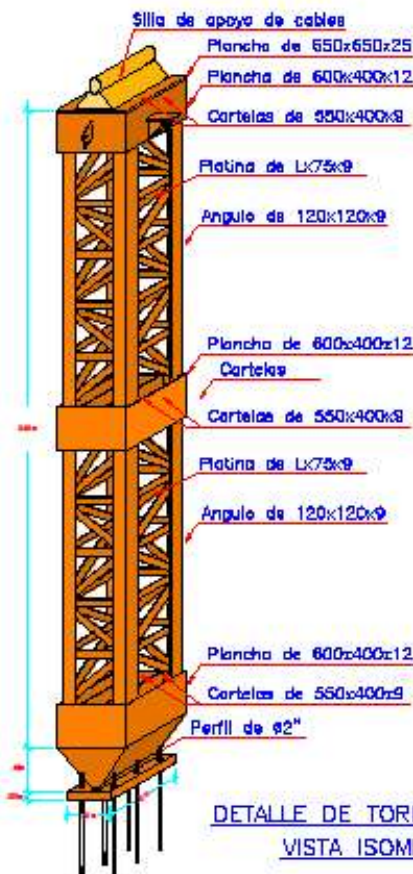
JULIO - 2021

ESCALA:

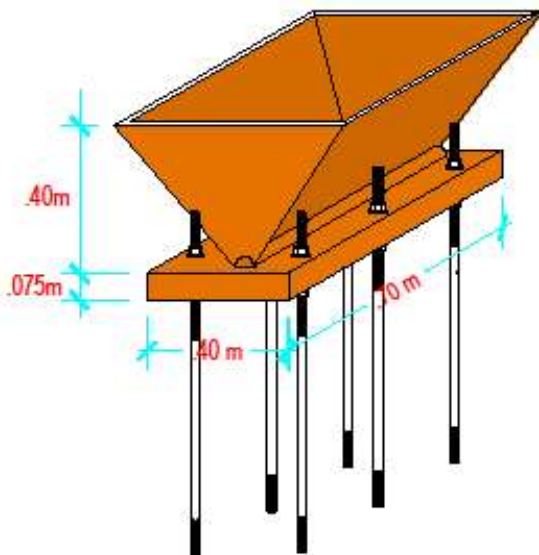
Indicada

Plan: E - 01

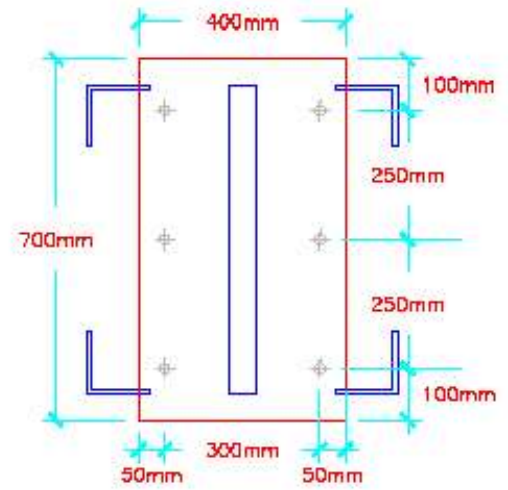




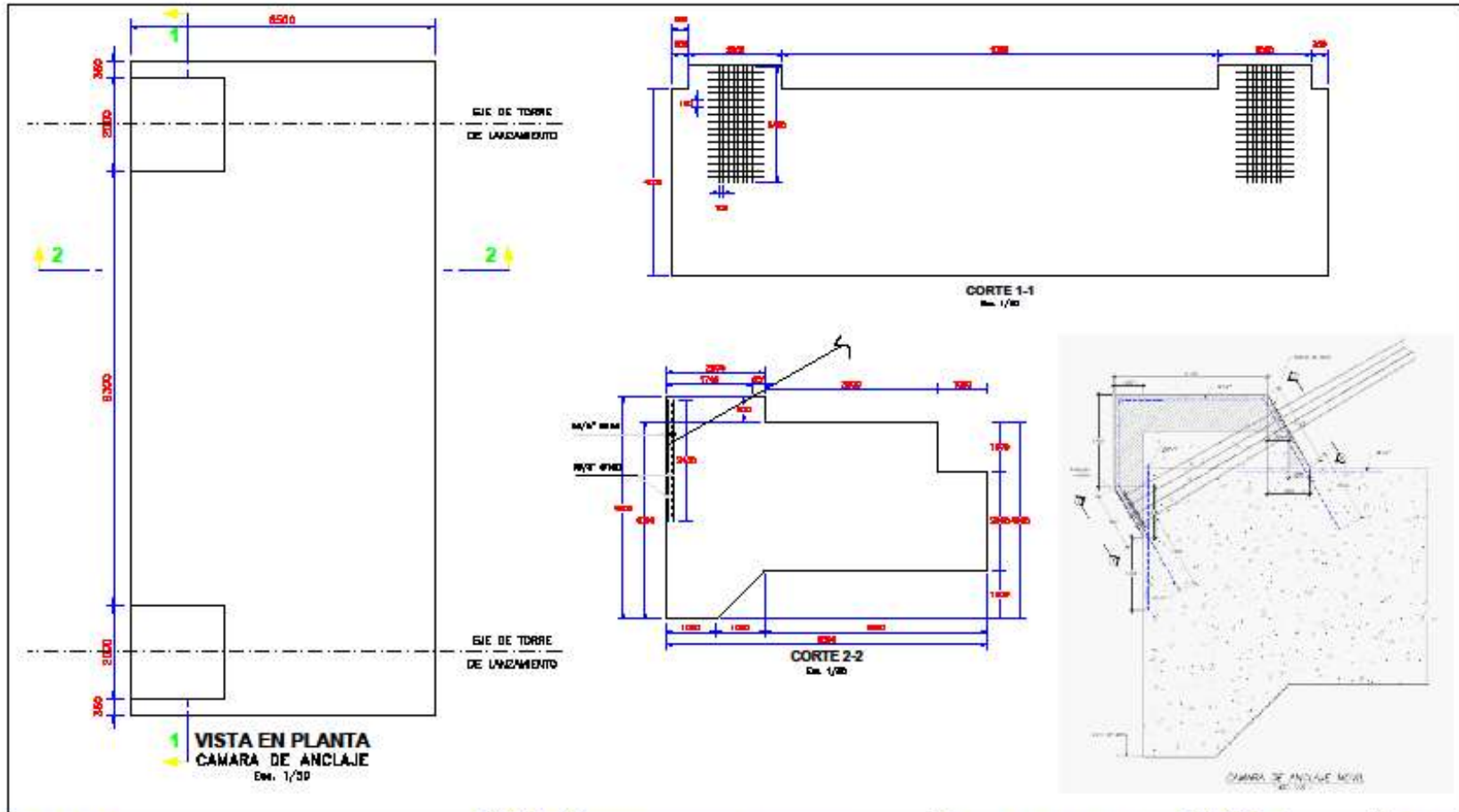
DETALLE DE TORRE DE APOYO  
VISTA ISOMETRICO



DETALLE DE PLANCHA DE APOYO  
VISTA ISOMETRICO



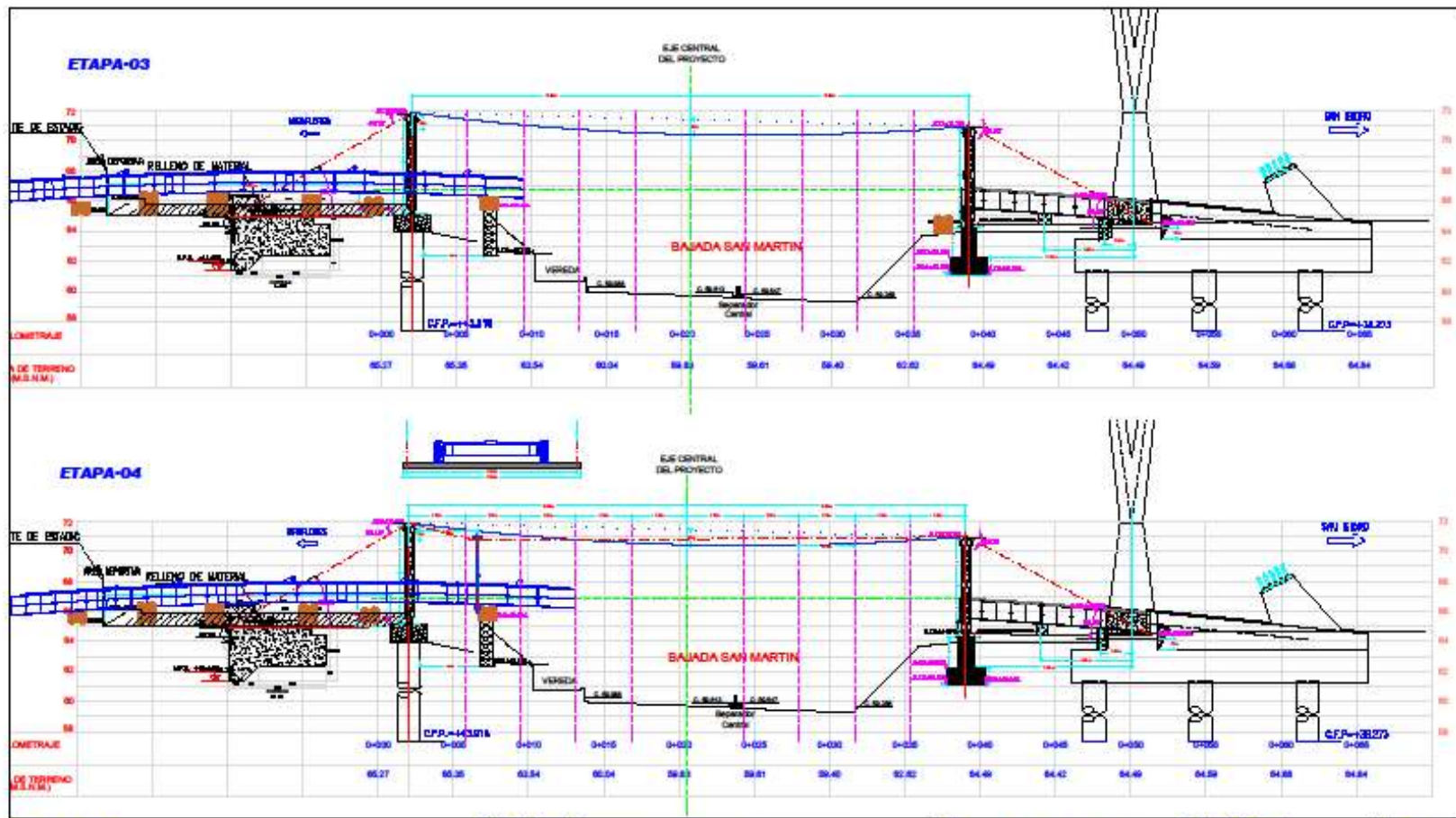
DETALLE DE PLANCHA DE APOYO  
VISTA PLANTA



<p><b>NOMBRE DE LA TAREA :</b>  <b>DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA</b></p>	<p><b>ESPACIO DE DISEÑO:</b>          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA</p> <p><b>ELABORADO:</b>          BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ</p>	<p><b>PLANTA:</b>          SECCION DE LANZAMIENTO          CAMARA DE ANCLAJE - LADO DE SAN ISIDRO</p> <p><b>ANEXO DE PLANOS:</b>          INI2 LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ</p>	<p><b>Modelo del Proyecto :</b>          Probar los detalles de refuerzo de las ANCLAJES.</p> <p><b>Fecha:</b>          JULIO - 2021</p> <p><b>Estado:</b>          Inicial</p>	<p><b>Planos:</b>          E-01</p> <p><b>UCV</b>          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</p>
--	--	---	---	--



<p><b>NOMBRE DE LA TAREA</b>  <b>DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA</b></p>	<p><b>ENTIDAD DE ORIGEN</b>          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA</p> <p><b>CLASIFICACION</b>          BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ</p>	<p><b>TITULO</b>          SECUENCIA DE LANZAMIENTO SISTEMA DE FALSO PUENTE COLGANTE</p> <p><b>FECHA DE EMISION</b>          ING° LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ</p>	<p><b>Ubicación del Proyecto</b>          Calle San Martín de Morúa, C. 100, Lima</p> <p><b>Fecha:</b>          JULIO - 2021</p> <p><b>Estado:</b>          Inicial</p>	<p><b>Plan:</b>          E-01</p> <p><b>UCV</b>          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</p>
--	--	---	---	--



NOMBRE DE LA TERCERA  
**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
 PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
 DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

ENTIDAD DE ORIGEN  
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA

CLASIFICACION  
 BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

TITULO  
 SECUENCIA DE LANZAMIENTO  
 SISTEMA DE FALSO PUENTE COLGANTE

FECHA DE TRABAJO  
 ING. LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ

FECHA DEL PROYECTO  
 PARA SU CONSULTA EN EL SISTEMA DE INFORMACION DE LA UCV

FECHA  
 JULIO - 2021

INDICADOR







**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**  
**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA**  
**DESIGNO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE**  
**PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS**  
**DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

**ESPECIALIDAD DE INGENIERIA**  
**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA**  
**ALUMNO**  
**BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ**

**TITULO**  
**SELECCION DE ARGUMENTO**  
**SISTEMA DE FALSO PUNTE COLGANTE**  
**PROFESOR DE TITULO**  
**ING. LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ**

**FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO**  
**FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO**  
**FECHA**  
**JULIO - 2021**  
**FECHA**  
**Indefinido**





**TÍTULO DE LA TERCERA**  
**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE**  
**PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS**  
**DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

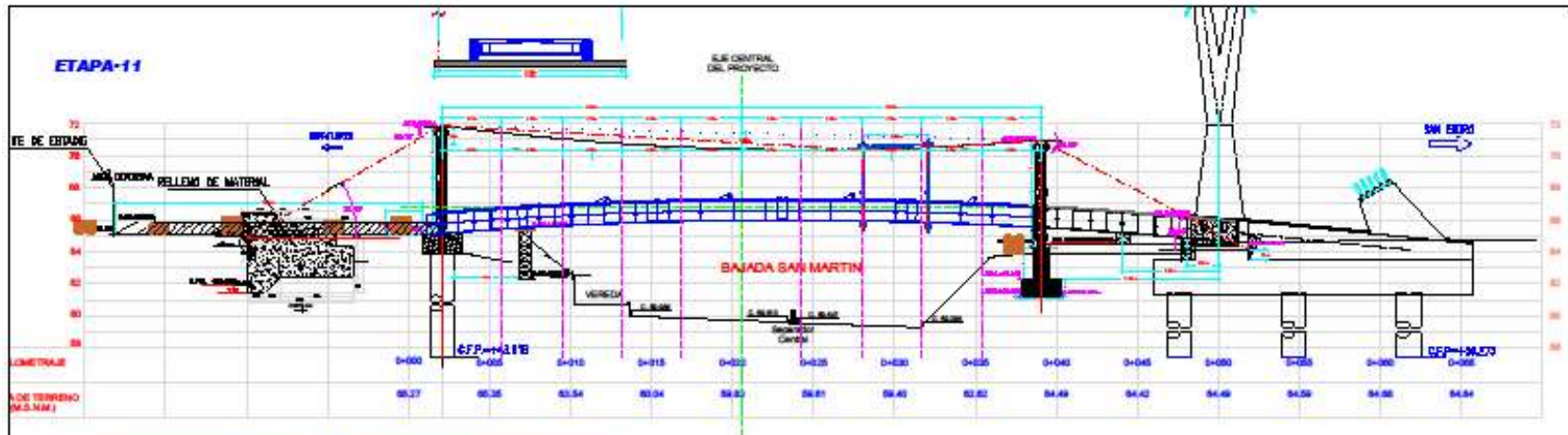
**ENTIDAD DE ORIGEN**  
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA  
**CUADRO**  
 BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

**TÍTULO**  
 SECUENCIA DE LANZAMIENTO  
 SISTEMA DE FALSO PUENTE COLGANTE  
**FECHA DE ELABORACION**  
 ING. LUIS ENRIQUE ORDÓÑEZ ENRIQUÉZ

**UBICACION DEL PROYECTO**  
 Entre las carreteras de Pisco y Arequipa, Lima-Lima  
**FECHA**  
 JULIO - 2021  
**INDICADOR**







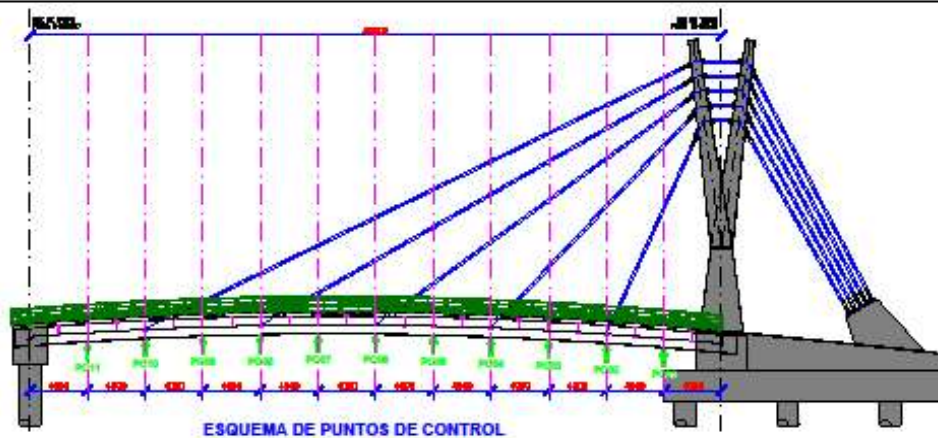
**HONOR DE LA TESIS**  
**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
 PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
 DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

**UNIVERSIDAD DE ORIGIN**  
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA  
**CLASIFICACION**  
 BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

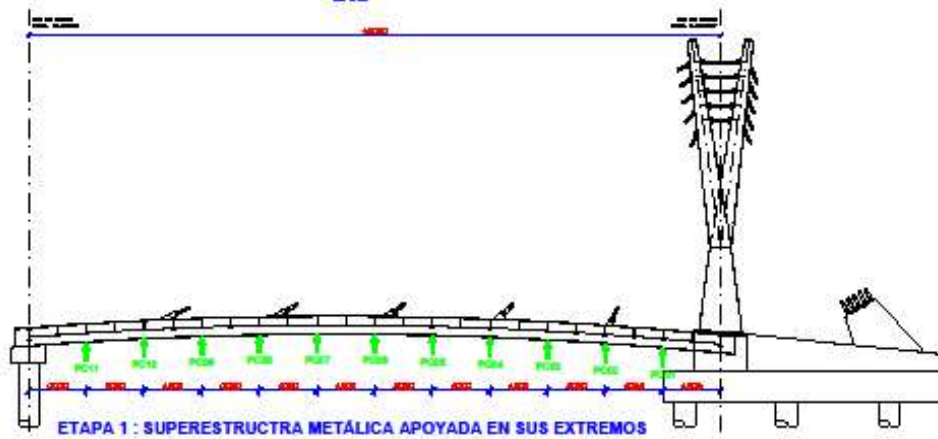
**PLAZA**  
 SECCION DE LANZAMIENTO  
 SISTEMA DE FALSO PUENTE COLGANTE  
**ASISTENTE DE TESIS**  
 ING° LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ

**Ubicación del Proyecto**  
 Calle de la Amistad (Intersección con la Vía Lima)  
**Fecha**  
 JULIO - 2021  
**Instituto**  
 Inbonda

**Folio**  
 E - 01  

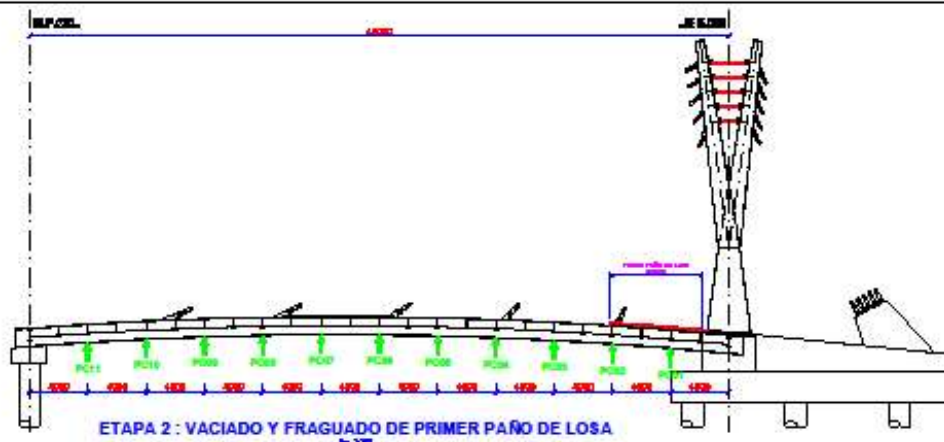



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN

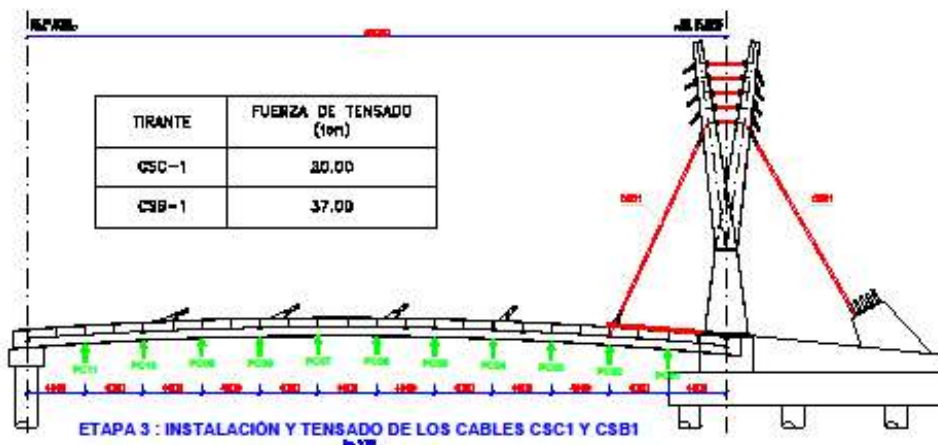


PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN

<p><b>NOMBRE DE LA TAREA :</b>  <b>DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE          PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS          DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA</b></p>	<p><b>CURSO DE CURSOS:</b>          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA</p> <p><b>ELABORADO:</b>          BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ</p>	<p><b>FECHA:</b>          SECUENCIA DE CONSTRUCCION - TENSADO DE TRANTES</p> <p><b>PROFESOR EN JEFE:</b>          ING° LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ</p>	<p><b>SEMANA DE PRÁCTICAS :</b>          Prácticas de Análisis Estructural - Métodos de Elementos Finitos</p> <p><b>FECHA:</b>          JULIO - 2021</p> <p><b>LUGAR:</b>          Ica</p>	<p><b>PROYECTO:</b>          E - 01</p> 
--	--	---	--	---



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN

NOMBRE DE LA TAREA:  
**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

CURSO DE EDUCACION:  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA

CURSADO:  
BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

FECHA:  
SECUENCIA DE CONSTRUCCION - TENSADO DE TRANTES

FECHA DE TRABAJO:  
ING° LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ

SEMESTRE DEL PROGRAMA:  
Fase de Análisis y Diseño del Puente

FECHA:  
JULIO - 2021

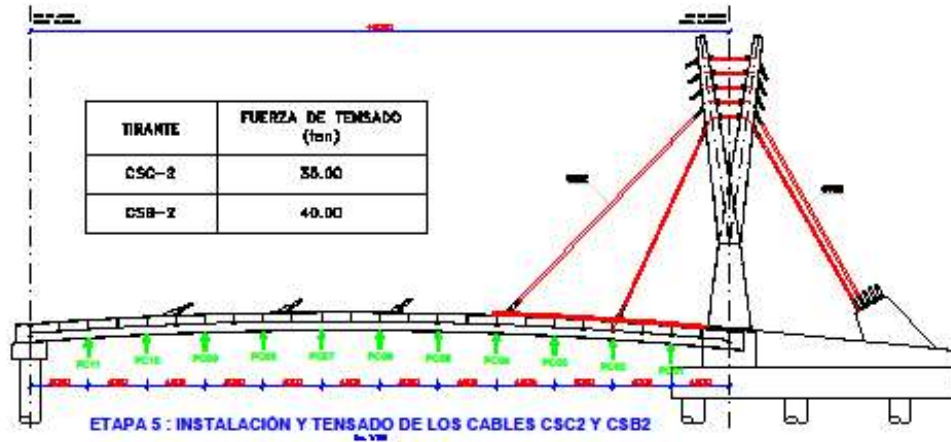
LUGAR:  
Incidencia

PROYECTO:  
E - 02

LOGO:  
UCV  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN

NOMBRE DE LA TAREA:  
**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

CURSO DE EDUCACION:  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA

CURSADO:  
BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

FECHA:  
SECUENCIA DE CONSTRUCCION - TENSADO DE TIRANTES

FECHA DE EMISIÓN:  
ING° LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ

Ámbito del Proyecto:  
Proyecto de Rehabilitación y Ampliación del Puente de la Amistad

Fecha:  
JULIO - 2021

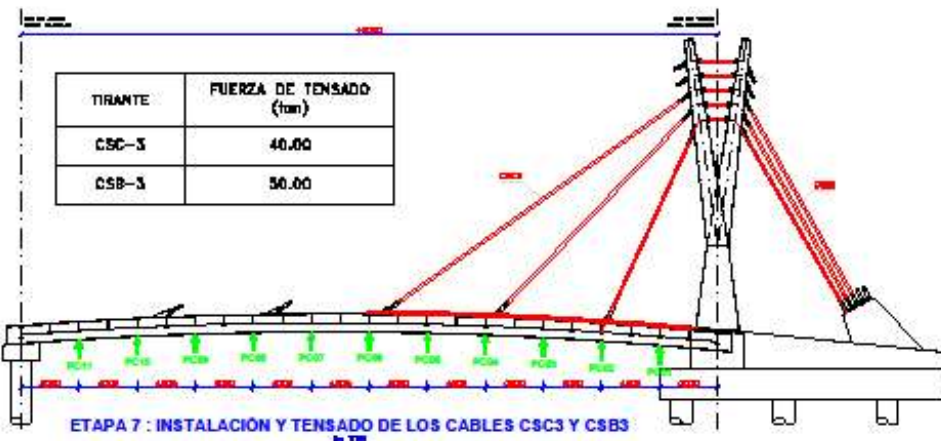
Lugar:  
Instituto

Proyecto:  
E - 02

Logo of UCV (Universidad César Vallejo) with the text 'UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO'.



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACION



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACION

NOMBRE DE LA TAREA  
**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

CURSO DE ESTUDIOS  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA

DOCENTE  
BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

FECHA  
SECUENCIA DE CONSTRUCCION - TENSADO DE TIRANTES

FECHA DE REALIZACION  
ING. LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ

ESTADO DEL PROYECTO  
Borrador

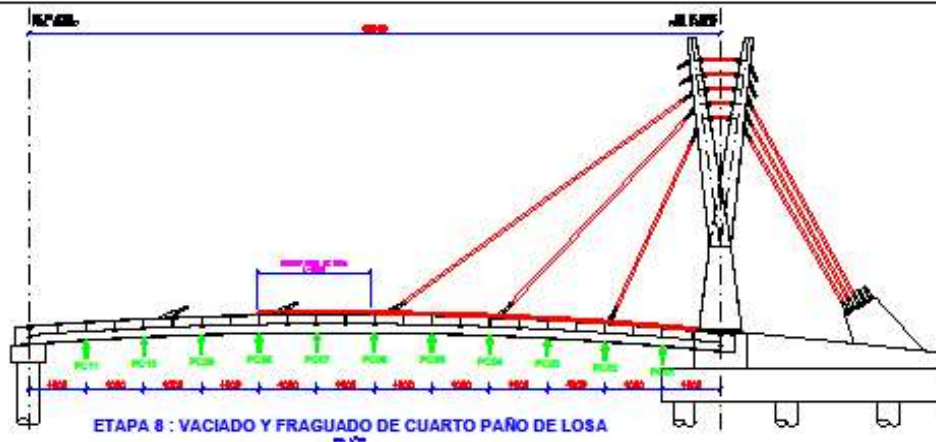
FECHA  
JULIO - 2021

LUGAR  
Iquitos

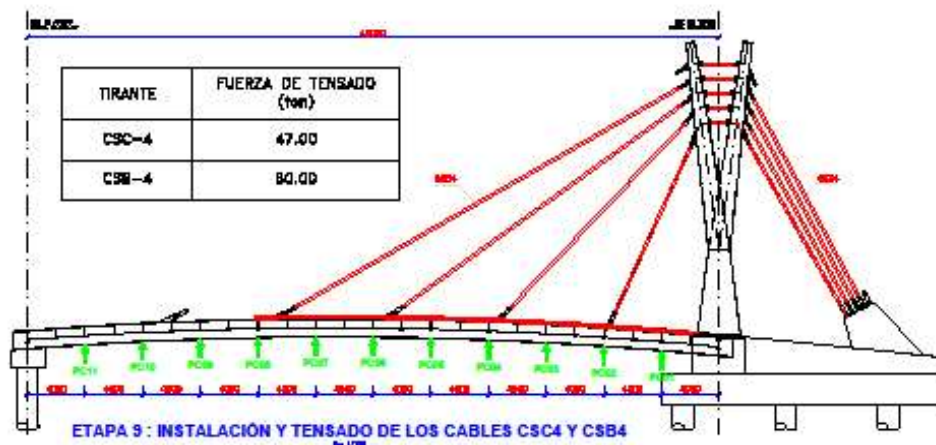
Plan  
E - 04

UCV  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO





PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN

TIRANTE	FUERZA DE TENSADO (ton)
CSC-4	47.00
CSB-4	80.00

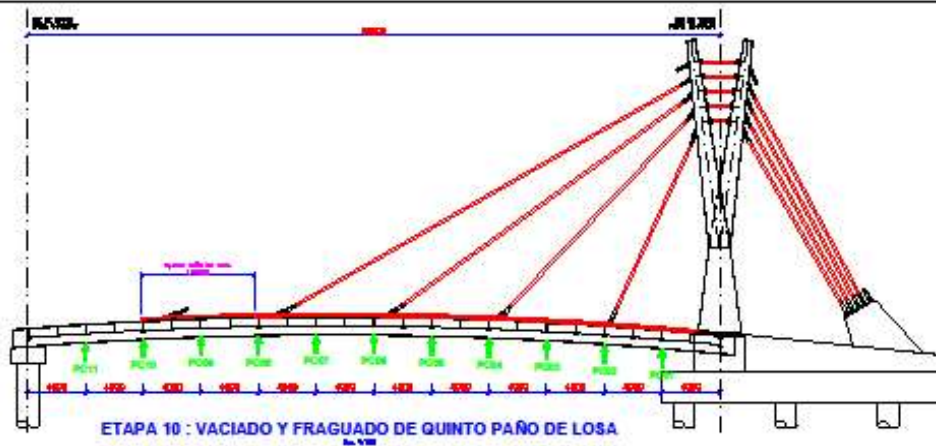
MEMBRE DE LA TESIS  
**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

CURSO DE GRADUACIÓN  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA  
CURSADOR:  
BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

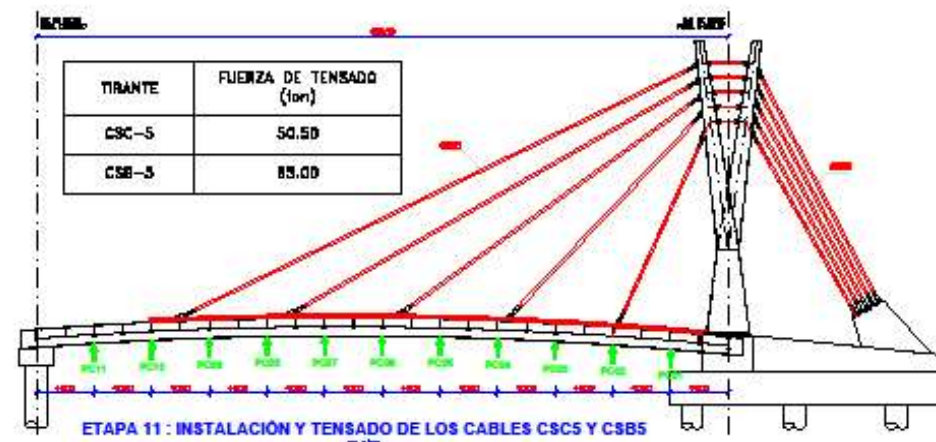
ÁREA:  
SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN - TENSADO DE TIRANTES  
AUTOR DE LA TESIS:  
ING. LUIS ENRIQUE ORDÓÑAGA ENRIQUÉZ

Edición del Proyecto 1  
Escala de la Vista: 1/1000  
Fecha:  
JULIO - 2021  
Lugar:  
Ica

Plan  
E - 05  
UCV  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN



PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA - ELEVACIÓN

MEMBRE DE LA TESIS :  
**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

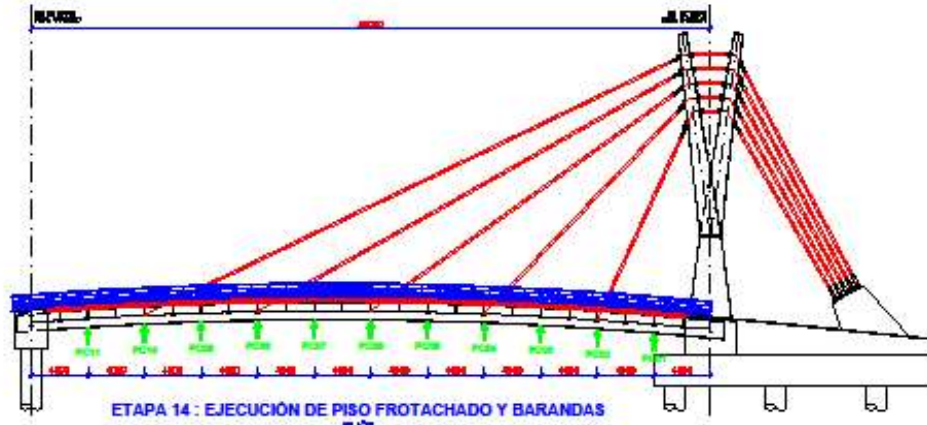
CURSO DE GRADUACIÓN:  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA  
CURSOS:  
SACH: SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

AVANCE:  
SECUENCIA DE CONSTRUCCION - TENSADO DE TIRANTES  
FECHA DE TRABAJO:  
ING° LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ

Ámbito del Proyecto :  
Ejecución de obra de construcción de puentes, LIMA 2014  
Fecha:  
JULIO - 2021  
Lugar:  
Ica

Plan  
E - 08  
UCV  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO





PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA – ELEVACIÓN

PUENTE DE LA AMISTAD  
VISTA – PRESENTACION 3D



NOMBRE DE LA TAREA

**DISEÑO DE INGENIERIA DE CAMPO Y DETALLE  
PARA ESTABLECER LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
DEL PUENTE DE LA AMISTAD, LIMA**

CENTRO DE ESTUDIOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CAMPUS PIURA

CURSADO

BACH. SERGIO LUIS DELGADO PEREZ

FASE

SECUENCIA DE CONSTRUCCION - TENSADO DE TRANTES

PROYECTO DE TESIS

ING° LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ

LENGUAJE DE PROGRAMAS

Plan de Diseño, AutoCAD, Revit, Lina 3D

FECHA

JULIO - 2021

LUGAR

Trujillo

PROYECTO

E - 08



# **ANEXO N.º 6**

## **CAPTURA DE PANTALLA DE LOS RESULTADOS DEL TURNITIN**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los  
Procesos constructivos del Puente de la Amistad, Lima.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Bach. Delgado Perez Sergio Luis (ORCID: 0000-0001-5707-7680)

ASESOR:

Mg. Ing. Ordínola Enriquez Luis Enrique (ORCID: 0000-0003-0439-4388)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

Diseño de Ingeniería de Campo y Detalle para Establecer los  
Procesos constructivos del Puente de la Amistad, Lima.

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	0%	%
ÍNDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe	2%
Fuente de Internet		
2	repositorio.urp.edu.pe	1%
Fuente de Internet		
3	vbook.pub	1%
Fuente de Internet		
4	www.slideshare.net	<1%
Fuente de Internet		
5	idoc.pub	<1%
Fuente de Internet		
6	www.scribd.com	<1%
Fuente de Internet		
7	qdoc.tips	<1%
Fuente de Internet		
8	es.slideshare.net	<1%
Fuente de Internet		
9	www.buenastareas.com	
Fuente de Internet		

