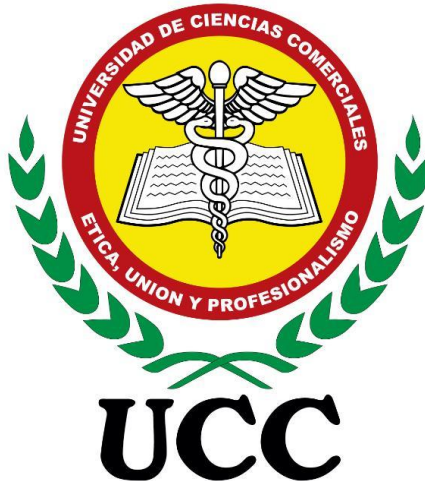


**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES**  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA  
COORDINACION DE INGENIERIA CIVIL.



**TRABAJO MONOGRAFICO**  
Para optar al titulo de Ingeniero Civil.

**TEMA**

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska, ubicado en Waslala, municipio de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, Nicaragua, en el periodo del segundo semestre del año 2021”

**TOMO I.**

Documento Tecnico de investigación.

Autor:

Br. Cristofer Alfonso Rojas Chavarria.

**TUTOR TECNICO:**

Ing. Luis Gonzalo Sobalvarro.  
Consultor Estructural.

Managua, Nicaragua

## **DEDICATORIA.**

A Dios, por permitirme la vida y por darme fortaleza cada día de mi vida permitiéndome terminar este trabajo con su inmensa bondad y amor.

A mi esposa e hija, por motivarme en cada momento y apoyarme incondicionalmente en todo este proceso y que junto a ella ha podido ser posible.

A mi madre, por darme la vida, amarme siempre, apoyarme, por su constante motivación para culminar mi carrera y ser uno de los pilares más valioso de mi vida.

A mi padre, por apoyarme y por todo su esfuerzo por darme un futuro mejor y estar presente siempre en mi vida.

A mis hermanos y hermana, por que ellos han creído en mi desde que inicie este largo viaje.

# AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro creador por darme su amor, salud, protección y fortaleza cada día y por permitirme culminar con éxitos esta nueva etapa de mi vida.

A mi esposa por motivarme en cada momento y apoyarme.

A mis padres por haberme dado su amor, comprensión y apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

A mis hermanos y hermana que siempre creyeron en mí para poder lograr este importante título en mi vida.

A mis padrinos matrimonio Jasón Hernández y Dina de Hernández por apoyarme en todo.

A mis familiares en general por siempre aconsejarme a seguir luchando a cumplir esta meta.

A mi tutor y asesor Ingeniero Luis Gonzalo Sobalvarro, de igual manera al Ingeniero Erick Puerta, por la disponibilidad de ayudarme en cualquier dificultad presentada durante la ejecución de este documento.

Agradezco muy especialmente al Ing. Ángel David Munguía Arauz, por motivarme y apoyarme para alcanzar esta meta.

Estelí 27 de diciembre de 2021.

Para: **Arq. Erick Puerta Castillo.**

Coordinador de Arquitectura, Arq. De Interiores e Ing. Civil.

**Universidad de Ciencias Comerciales. UCC. Managua.**

**Carta de Aprobación.**

Saludos Estimado Arquitecto Puerta.

Me complace informarle de que el **Br. Cristofer Alfonso Rojas Chavarría** tiene lista su primera presentación de borrador para ser revisada por coordinación a esperas de comentarios para puntualizar en ellos de requerirse para mejorar la presentación final de dicho material.

Esperando sus comentarios para proceder me despido.

Saludos.



Ing. Luis Gonzalo Sobalvarro Castillo Ingeniero Civil. UNI-

Managua.

Lic. M.T.I 6156

Cel: T 88056881

C 83551681

Mail. [luisobalvarro@gmail.com](mailto:luisobalvarro@gmail.com)

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación es realizado con el propósito de ampliar el conocimiento en el proceso de Fabricación de Vigas AASHTO para puente mediante el sistema del Concreto Pretensado, dicho estudio se realizó en el segundo semestre del año 2021”, aplicado en el proyecto Waslala.

Este trabajo esta enfocado en la fabricacion de Vigas para puentes. Tomando en cuenta normas que regulan este sistema de fabricacion en el pais. Se define lo que es el concreto pretensado, asi como los componentes de un puente, tipos de vigas y materiales que se utilizan para este sistema.

La investigacion nos permitió evidenciar que el uso del concreto pretensado en vigas para puentes es de gran importancia, permite reducir los tiempos de ejecucion del proyecto, por lo que este método es más rentable para las empresas Nicaragüenses, ingenieros especialistas en diseñar puentes, lo prefieren por encima del método postensado.

## ÍNDICE DE CAPÍTULOS.

<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES</b>	<b>12</b>
1.1 Introducción.	12
<b>CAPÍTULO II. LA PROBLEMÁTICA.</b>	<b>13</b>
2.1. Antecedentes del Proyecto.	13
2.2 Justificaciones.	15
2.3 El problema	16
2.4 Objetivos.	17
<b>CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.</b>	<b>18</b>
3.1. DESARROLLO.	18
3.1.1. Definición del Hormigón Presforzado.	18
3.1.2 Hormigón Pretensado.	18
3.1.3. Componentes de un puente.	21
3.1.4. Trabes para puente.	31
3.1.5. Materiales para el Concreto Pretensado.	35
3.1.5.1 Acero de Refuerzo.	35
3.1.5.2 Grados de Acero.	36
3.1.5.3 Acero para presfuerzo.	36
3.1.6. Cemento para concreto Pretensado.	40
3.1.6.1. Tipos de Cemento.	40
3.1.7. Agregados.	42
3.1.8. Aditivos	44
3.1.9. Hormigón Estructural de alta resistencia.	47
3.2. Aspectos económicos.	51
3.3. Entidades que fabrican Vigas de concreto Pretensado.	52
3.4. Metodología del proceso de Fabricación, viga AASHTO Tipo IV.	54
3.5. Procedimiento de izaje de Viga.	60
3.6. Descripción de la Viga.	63
3.6. Tiempo de Fabricación, viga AASHTO Tipo IV.	66
<b>3.8. SITUACION ACTUAL del proyecto.</b>	<b>71</b>
Conceptos y definiciones (acrónimos)	72
<b>CAPÍTULO IV: MARCO JURÍDICO.</b>	<b>75</b>
4.1 Normativas Nacionales Para la construcción de puentes.	75
4.2 Normativa Internacional.	78
<b>CAPITULO V: DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>80</b>
5.1 Tipo de Investigación	80

5.2 Área de Estudio.	82
5.3 Unidad de análisis.	82
5.6 Métodos e Instrumentos de Recolección de Datos.	83
<b><u>CAPITULO VI: Interpretacion de Resultados</u></b>	<b><u>84</u></b>
6.1. Interpretación.	84
6.3. Métodos e Instrumentos utilizados.	86
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>87</u></b>
<b><u>RECOMENDACIONES.</u></b>	<b><u>88</u></b>
<b><u>BIBLIOGRAFÍA.</u></b>	<b><u>89</u></b>
<b><u>WEBGRAFÍA.</u></b>	<b><u>90</u></b>
<b><u>ANEXOS</u></b>	<b><u>91</u></b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 4. Banco Fabricación de un elemento Pretensado.....	19
Ilustración 5. Elementos Principales de un puente.....	21
Ilustración 6. Junta abierta.....	22
Ilustración 7. Junta de placa de acero deslizante.....	23
Ilustración 8. Elementos de una superestructura de vigas de acero. ....	24
Ilustración 9. Apoyo tipo balancín.....	25
Ilustración 10. Apoyo fijo. ....	26
Ilustración 11. Marco rígido .....	26
Ilustración 12. Componentes del bastión. ....	27
Ilustración 13. Partes de la pila. ....	28
Ilustración 14. Pila tipo muro. ....	29
Ilustración 15. Pila tipo marco. ....	29
Ilustración 16. Columna sencilla.....	30
Ilustración 17. Pila tipo columna triple. ....	30
Ilustración 18. Vigas AASHTO Tipo I. ....	31
Ilustración 19. Trabe NEBRASKA N.U.....	32
Ilustración 20. Trabe T y doble TT.....	33
Ilustración 21. Trabe CAJON.....	34
Ilustración 22. Bombas Hidráulicas para tensar. ....	49
Ilustración 23. Gato (Pistón) para pretensar.....	50
Ilustración 24. Barril y cuñas para pretensar. ....	50
Ilustración 25. Antiguo Puente Yahoska.....	97
Ilustración 26. Instalación del Banco de Tensado. ....	98
Ilustración 27. Colocación de primera cara de molde.....	98
Ilustración 28. Verificación de las medidas de armadura, y colocación en el molde. 99	
Ilustración 29. Colocación y verificación de torones.....	100
Ilustración 30. Momento de Tensado de Torones. ....	101
Ilustración 31. Colocación de segunda cara del molde. ....	102
Ilustración 32. Pruebas de calidad del concreto en el Cono de Abrams. ....	102
Ilustración 33. Proceso colado del concreto. ....	103
Ilustración 34. Prueba de compresión a testigos.....	104
Ilustración 35. Desencofrado de Viga.....	105
Ilustración 36. proceso de Izaje.....	105
Ilustración 37. Proceso de almacenado y fraguado.....	106

Ilustración 38. Momento de cargar Viga.....	106
Ilustración 39. Verificación de Placas de Neopreno y Terreno.....	107
Ilustración 40. Montaje de vigas.....	109
Ilustración 41. Viga Transversal y junta de Expansión.....	109
Ilustración 42. Izaje de Vigas Estribo N°1 - Pila N°1.....	110
Ilustración 43. Nuevo Puente Yahoska.....	111

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Propiedades Trabes AASHTO. ....	31
<b>Tabla 2.</b> Propiedades Trabes NEBRASKA N.U. ....	32
<b>Tabla 3.</b> Propiedades Trabe T y doble TT. ....	33
<b>Tabla 4.</b> Propiedades Trabes CAJON.....	34
<b>Tabla 5.</b> Propiedades de Alambres Sin Revestimiento Revelados de Esfuerzo (ASTM A- 421).....	37
<b>Tabla 6.</b> Propiedades del Torón de 7 Alambres sin revestimiento. ....	38
<b>Tabla 7.</b> Propiedades de las varillas de acero de aleación. ....	39

## ÍNDICE DE PLANO TALLER

PLANO TALLER 1. PUENTE YAHOSKA.....	112
PLANO TALLER 2. SECCION TRANSVERSAL DE SUPERESTRUCCTURA .....	113
PLANOS TALLER 3. VIGA PRETENSADA DE SECCON I (30.46 M) .....	114
PLANO TALLER 4. DETALLE DE TORONES VIGA SECCION "I" (30.46M).....	115
PLANO TALLER 5. DETALLE PILA N <sup>a</sup> 1 Y N <sup>a</sup> 2.....	116
PLANO TALLER 6. DETALLE DE ARMADO DE PILA N <sup>a</sup> 1 Y N <sup>a</sup> 2 .....	117
PLANO TALLER 7. SECCION LONGITUDINAL DE SUPERESTRUCTURA. ....	118
PLANO TALLER 8. DETALLE DE LOSA DE APROXIMACION.....	119

## **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción.**

El Concreto pretensado, es un método de presfuerzo que se emplea para superar la debilidad del hormigón frente a los esfuerzos de tracción, fue hasta después de la segunda guerra mundial cuando los puentes con viga de hormigón pretensado adquirieron toda su potencia y desarrollo, por lo cual a nivel internacional el concreto pretensado ha venido creciendo en lo productivo, como en lo técnico, implementando nuevos sistemas y procesos de fabricación.

Bajo este sistema se ha implementado la construcción de Vigas para puentes, con el cual se logra obtener mayor resistencia a la oxidación, al verterse el hormigón directamente en las barras o cables ya tensado, logrando obtener un mejor desempeño a las cargas de servicio.

En nicaragua, el sistema de concreto pretensado ha sido adoptado desde principios del año 2015, cuando la empresa concretera Total prefabricó las Vigas del Paso a Desnivel Rubenia, con un total de 40 Vigas de 30 m, siendo esta empresa la encargada de demostrar en el país la garantía de este sistema. Hoy en día se han sumado empresas como Preconicsa y Duroblock en la fabricación de vigas Pretensadas.

Puentes como el paso Panaloya ubicado en Malacatoya Granada, o el Puente Santa Fe, ubicado en la ciudad de san Carlos, siendo este el más grande del país, han dado la oportunidad de adquirir mayor experiencia a las empresas nacionales.

## **CAPÍTULO II. LA PROBLEMÁTICA.**

### **2.1. Antecedentes del Proyecto.**

El Puente Yahoska está ubicado en el rio las Vallas camino Rural de la ruta el Comején – Waslala que, de acuerdo con la Clasificación Funcional, este tramo es una Troncal Secundaria y forma parte de la NIC. 5. que integra la RACCN con el departamento de Matagalpa, el puente anterior que se utilizaba para poder circular y comunicar los departamentos era de concreto reforzado, de aproximadamente unos 87m de longitud, el cual era muy bajo para el nivel de caudal que alcanza el rio en temporadas de lluvias, en el año 1988 el huracán Juana provoco grandes pérdidas en el país impactando gran parte de la zona del pacifico destruyendo el puente Yahoska, dejando sin comunicación y sin ningún acceso estos departamentos y sus comunidades.

Con el tiempo construyeron un puente provisional de una sola vía, de concreto reforzado y acero, 1m más alto que el anterior y de 97m de longitud, lo cual no garantizo la accesibilidad de los pobladores debido a las crecidas del rio durante cada invierno, debido que el caudal del rio era demasiado grande para el nivel del puente, provocando que el rio lo rebasara y de igual forma inhabilitando el tránsito lo cual dejaba sin comunicación y acceso a los pobladores.

Debido a los problemas anteriores en el puente Yahoska por el caudal del rio, el Gobierno de Nicaragua junto al MTI (Ministerio de transporte e infraestructura) y el financiamiento del Banco interamericano de desarrollo (BID), para el año 2017 basándose en el Plan de Desarrollo Humano, mejoramiento de accesibilidad del transporte en zonas rurales de Nicaragua con alta incidencia de pobreza, facilitando la integración de zonas productivas a áreas de consumo y de la población a servicios públicos y sociales; y contribuyendo a la reducción de la pobreza. Se aprobó el proyecto mejoramiento del camino Rural de la ruta el Comején – Waslala, como objetivos específicos del Proyecto para los tramos rurales intervenidos eran reducir los costos promedio de operación vehicular; reducir los tiempos promedio de recorrido (minutos-vehículo por tramo); y promover y facilitar el uso de la infraestructura vial

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

para el transporte de carga y de pasajeros, con la dotación completa de un sistema de drenaje menor y mayor, a fin de lograr un mejor funcionamiento y servicio.

La entidad encargada de llevar a cabo este proyecto era la empresa constructora nicaragüense **Astaldi S.P.A**, la cual en el primer semestre del año 2017 dieron inicio al mejoramiento de la carretera y drenajes, pero a 4 meses de a ver iniciado, la empresa declaro que no podría continuar el proyecto debido a su estado financiero. Por lo cual el **MTI**, en el mismo año dio a conocer una licitación Pública internacional con **No.LPI-004-2019**. La cual fue adquirida en 2019 por la empresa internacional **PRODECON.S.A.**

De los puentes en construcción en el proyecto el comején, el puente Yahoska era el más importante de todos por su Longitud, siendo este el más grande de toda la ruta con 122m de luz, dividido en 4 tramos de 30m cada uno, 3 pilas y 2 estribos de concreto reforzado en los extremos, con un total de 24 vigas de 30.46m de luz, 3 diafragmas intermedios y dos de apoyos en cada viga, así como un tablero de concreto armado, por lo cual se tomó como alternativa el sistema de concreto pretensado para la fabricación de las vigas de estos puentes, ya que este sistema da mayor resistencia y acelera el tiempo de producción de la obra.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

## **2.2 Justificación.**

El motivo de investigación sobre este tema es conocer y profundizar el conocimiento sobre el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes que actualmente existe, utilizando el sistema de hormigón pretensado, además de la importancia de tener presente normas que regulan este sistema de fabricación en Nicaragua.

La información recabada en este estudio me permita verificar que el uso del concreto pretensado en vigas para puentes es de gran importancia, ya que este permite reducir los tiempos de ejecución del proyecto, rentabilidad del mismo así como su óptima elección en este tipo de proyectos, además que este estudio sea de utilidad para futuras consultas por parte de la comunidad académica - educativa de la carrera de ingeniería civil y carreras afines.

## 2.3 El problema

En Nicaragua desde hace más de 10 años se ha venido innovando en el proceso constructivo de puentes, introduciendo la fabricación de Vigas mediante el uso del sistema de hormigón pretensado, el cual actualmente ha generado mayor demanda en el país.

El uso de las Vigas **AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes) tipo IV**, se considera idóneas porque son Vigas de concreto presforzado (sistema de hormigón pretensado), son elementos ideales para soportar cargas para puentes en claros hasta de 15 a 45 metros de longitud, esto garantiza reducir la extensión de tiempo de un proyecto por su proceso de automatización del armado de las partes de la viga.

Sin embargo, no se conoce aún las etapas que conforma el proceso de fabricación de vigas pretensado, porque cada empresa realiza la ejecución, fabricación y construcción de la viga **AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes) tipo IV** a su manera, teniendo problemas de programación de actividades a realizar.

### Formulación del problema

Determinar las etapas que conforman el proceso de fabricación de las vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del sistema de hormigón pretensado.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

## **2.4 Objetivos.**

### **Objetivo General.**

- Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, utilizando el sistema de hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska, ubicado en Waslala, municipio de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, Nicaragua, en el periodo del segundo semestre del año 2021

### **Objetivos Específicos.**

- Describir las etapas del proceso de fabricación de las vigas pretensada tipo IV para puentes, mediante la aplicando normativas AASHTO.
- Determinar el proceso de manufactura de las vigas AASHTO pretensada tipo IV para puentes, aplicadas al proyecto.
- Trazar la ruta crítica considerando las condiciones del proyecto Puente Yahoska.

## **CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.**

### **3.1. DESARROLLO.**

#### **3.1.1. Definición del Hormigón Presforzado.**

Se denomina hormigón o concretos presforzados a la tecnología de construcción de elementos estructurales de hormigón sometidos intencionalmente a esfuerzos de compresión previos a su puesta en servicio. Dichos esfuerzos se consiguen mediante barras, alambre o cables de alambre de acero que son tensados y anclados al hormigón.

El concepto original del concreto presforzado consistió en introducir en vigas, suficiente precompresión axial para que se eliminaran todos los esfuerzos de tensión que actuaran en el concreto, con la práctica y el avance en conocimiento, se ha visto que esta idea es innecesaria, pues pueden permitirse esfuerzos de tensión en el concreto y un cierto ancho de grietas.



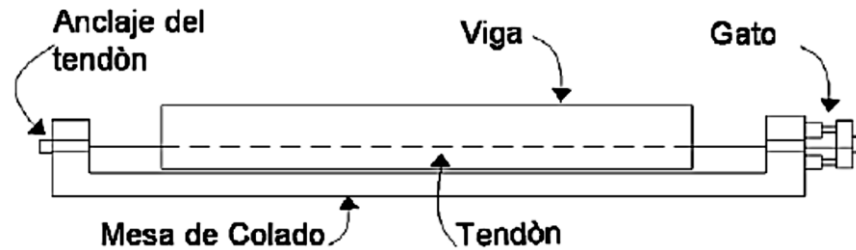
**El ACI (Instituto Americano del Concreto)** define que el Hormigón Presforzado: Concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes debido a cargas externas son contrarrestados a un grado deseado.

#### **3.1.2 Hormigón Pretensado.**

El término pretensado se usa para describir el método de pre-tensionado en el cual, las armaduras activas del elemento se tensan antes del vertido del concreto. Los tendones, que generalmente son de cable torcido con varios torones de varios alambres cada uno, se estiran o tensan entre apoyos que forman parte permanente de las instalaciones de la planta, (Ilustración.4)

Se mide el alargamiento de los tendones, así como la fuerza de tensión aplicada por el gato en uso.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



**Ilustración 1.** Banco Fabricación de un elemento Pretensado.

**Fuente:** Tesis, Diseño Estructural de Trabes tipo AASHTO IV, aplicadas al proyecto: “P.I.V. Entronque Acceso-GM” de la Carretera MEXICO-SAN LUIS POTOSI. Br. Gerardo Delgado Pérez.

Con el molde o cimbra en su lugar, se vacía el concreto en torno al tendón esforzado. A menudo se usa concreto de alta resistencia a corto tiempo, a la vez que curado con vapor de agua, para acelerar el endurecimiento del concreto, después de haberse logrado suficiente resistencia, los torones se cortan para liberar la viga, de esta manera la forma de presfuerzo es transferida al concreto, por adherencia, en su mayor parte cerca de los extremos de la viga, y no se necesita de ningún anclaje.

### **Características:**

1. Pieza prefabricada
2. El presfuerzo se aplica antes que las cargas
3. El anclaje se da por adherencia
4. La acción del presfuerzo es interna
5. El acero tiene trayectorias rectas
6. Las piezas son generalmente simplemente apoyadas (elemento estático).

### **Ventajas del Concreto Pretensado.**

- Mejora el comportamiento bajo la carga de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión.
- Permite la utilización de materiales de alta resistencia.
- Elemento más eficientes y esbeltos, menos material.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

- Mayor control de calidad en elemento pretensado (producción en serie). Siempre se tendrá un control de calidad mayor en una planta ya que se trabaja con más orden y los trabajadores están más controlados.
- Mayor rapidez al fabricar muchos elementos con las mismas dimensiones.
- Menos personal en la obra.
- Importancia de luces que salvan.
- Menos peso para pilares y fundaciones.
- Menores deformaciones.

**Desventajas:**

- Se requiere transporte y montaje para elementos pretensados. Esto puede ser desfavorable según la distancia a la que se encuentra la obra de la planta.
- Mayor inversión inicial.
- Diseño más complejo y especializado (juntas, conexiones, etc.).
- Planeación cuidadosa del proceso constructivo, sobre todo en etapas de montaje.
- Detalles en conexiones, uniones y apoyos.

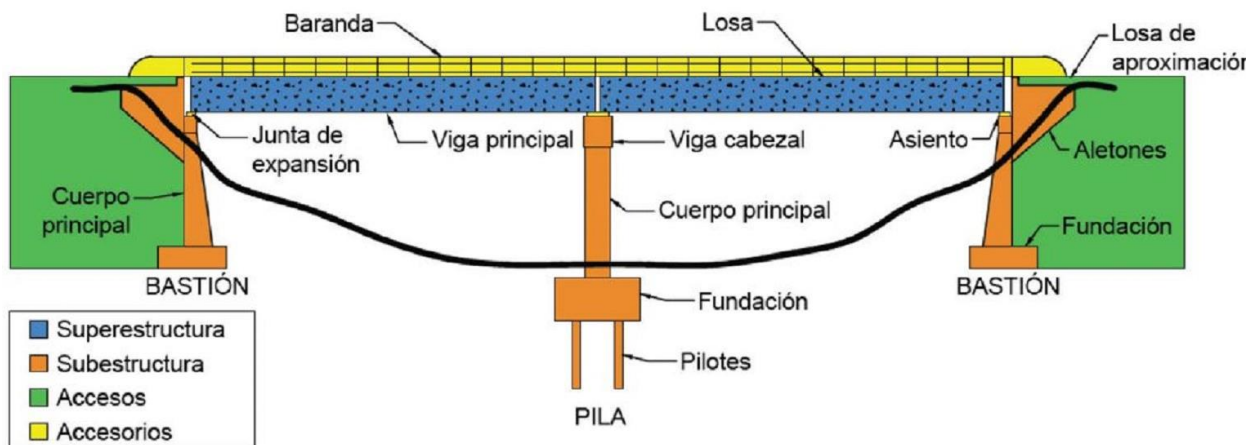
“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### 3.1.3. Componentes de un puente.

Un puente es una construcción que permite sobrepasar un accidente geográfico o cualquier obstáculo físico como un río, sus beneficios son muchos y para lograrlo, es necesario el uso de elementos técnicos especializados de calidad que garanticen seguridad

Los principales componentes de los puentes son:

- Accesorios
- Superestructura
- Subestructura
- Accesos de aproximación.



**Ilustración 2.** Elementos Principales de un puente.

**Fuente:** [www.libreriaingeniero.com/2021/08/tipos-de-puentes-que-existen-segun-su-estructura](http://www.libreriaingeniero.com/2021/08/tipos-de-puentes-que-existen-segun-su-estructura)

#### **Accesorio.**

#### **Superficie de rodamiento.**

Capa de desgaste que se coloca sobre la plataforma del sistema de piso para protegerlo de la abrasión que el tráfico puede producir. Se utilizan materiales como el asfalto y el concreto con espesores que pueden variar entre 2.54 cm y 5.0 cm.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

## **Baranda**

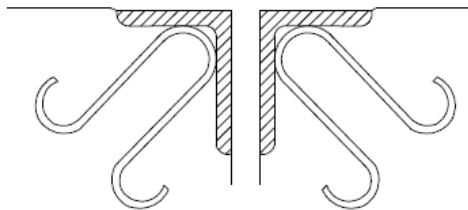
Sistema de contención longitudinal fijada al piso para evitar la caída al vacío de vehículos, ciclistas, peatones. Pueden ser de concreto o de acero.

## **Juntas de expansión**

Elementos divisorios de la losa instalados en los extremos de cada tipo de estructura que permita la traslación y/o traslación, para controlar la expansión y contracción de la superestructura por temperatura o sismo.

Los siguientes tipos de juntas de expansión:

**Juntas abiertas:** Es una abertura libre que no supera los 12,7mm (1/2 pulgada) entre las losas de concreto de tramos adyacentes, puede ser entre losa-losa, losa-bastión, losa de aproximación. Normalmente tiene angulares o perfiles de acero en los extremos para evitar el desprendimiento del concreto en los bordes. (Ver anexo, Plano taller, detalle de junta de



**Ilustración 3.** Junta abierta.

**Fuente:** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Pág. 4.

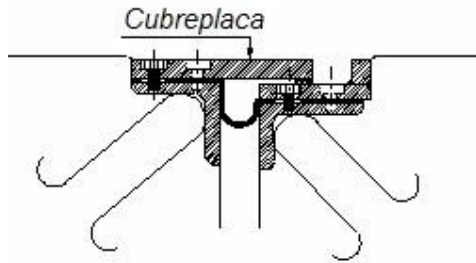
**Juntas rellenas:** Son utilizadas en puentes cortos que presenten desplazamientos inferiores a 38.1 mm (1 ½” pulgada), son similares a las juntas abiertas, pero cuentan con una tapa junta de goma o banda de hule preformado tipo “water stop” para garantizar el relleno premoldeado que se sella con hule chorreado.

**Juntas con sellos comprimidos de neopreno:** Son utilizadas en puentes que sufren desplazamientos entre 12.7 mm y 63,5 mm (de ½ a 2 ½ pulgada), se instala un sello elástico preformado normalmente de neopreno de celda abierta, comprimido

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

dentro de una junta abierta y adherido a esta, la elasticidad del material del sello logra la impermeabilidad de la junta y permite el movimiento de la losa.

**Juntas de placas de acero deslizante:** Se aplican en puentes con desplazamientos mayores a 101 mm (4” pulgadas). Se trata de una placa de acero anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza para permitir el movimiento de la superestructura.



**Ilustración 4.** Junta de placa de acero deslizante.

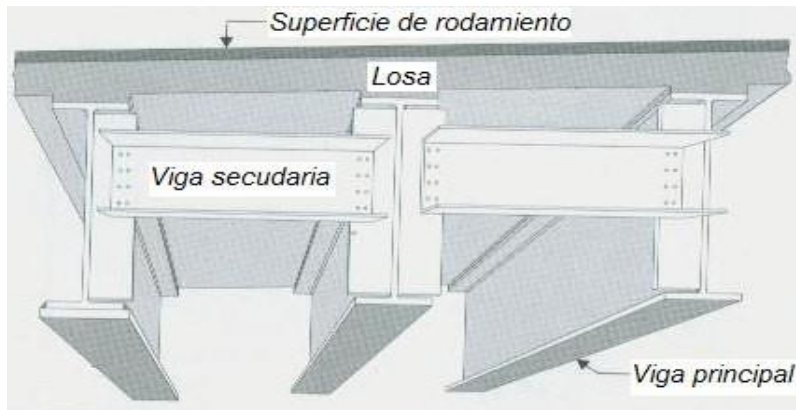
**Fuente:** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 5.

**Juntas de placas dentadas:** Son utilizadas en puentes con desplazamientos de hasta 610 mm (24” pulgadas), están formadas por dos placas de acero en forma de dedos o dientes que se entrelazan dejando un área libre entre sí para permitir los movimientos. Para poder garantizar la impermeabilización de la junta se necesita aplicar un drenaje con material elastomérico instalado por debajo de las placas.

### **Superestructura**

La superestructura está compuesta por todos los elementos estructurales que se encuentran sobre los apoyos del puente, como son el sistema de piso, los elementos principales como vigas, cerchas, arcos y sistemas de suspensión (puentes colgantes y atirantados), y los elementos secundarios como diafragmas, viguetas de piso, sistema de arriostamiento, portales, etc.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



**Ilustración 5.** Elementos de una superestructura de vigas de acero.

**Fuente:** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 6.

### **Sistema de piso**

Conocido como “losa”, es la plataforma sobre la cual circula la carga vehicular, los materiales más comunes son el concreto reforzado, acero o madera. El sistema de piso tiene como función permitir la transferencia de la carga viva a los elementos principales de la superestructura, que pueden ser arcos, cerchas y vigas, entre otros.

### **Elementos secundarios**

Son los elementos que distribuyen adecuadamente las cargas, generan mayor rigidez lateral y torsional restringiendo las deformaciones de los elementos principales para que estos sean más eficientes, por ejemplo, los diafragmas en sentido transversal, el arriostamiento en planta inferior y en planta superior que unen entre sí las vigas principales, cerchas y arcos.

### **Elementos primarios**

La función principal de estos elementos es soportar las cargas transferidas a ellos por el sistema de piso y además transmitir los esfuerzos resultantes hacia subestructura a través de los apoyos. Cada rango de longitud de puente cuenta con el tipo de elemento más eficiente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas, el cual también determina el tipo de superestructura.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

## Subestructura

La subestructura está compuesta por todos los elementos estructurales diseñados para soportar el peso de la superestructura y las cargas que a esta se aplican. Los tres elementos que se clasifican como subestructura son:

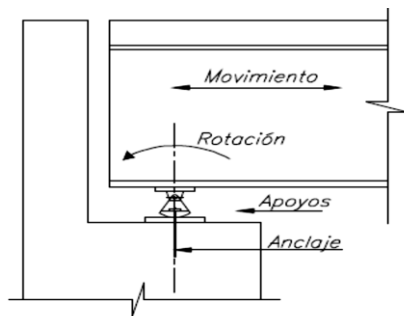
- Apoyos
- Bastiones
- Pilas

## Apoyos

Los apoyos son mecanismos que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura. El uso y la funcionalidad de esto dependen del tamaño y la configuración de los puentes. Otra de las funciones principales de los apoyos, aparte de transmitir todas las cargas de la superestructura a la subestructura, son garantizar los grados de libertad del diseño de la estructura como desplazamiento por expansión, contracción térmica o sismo, y la rotación causada por la deflexión de la carga muerta y la carga viva.

## Tipos de apoyos

**Apoyo de expansión:** Permite que la estructura rote y se traslade longitudinal, el sistema puede ser de placa, de neopreno, de nódulo o balancín.

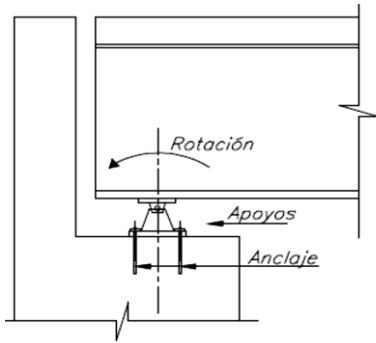


## Ilustración 6. Apoyo tipo balancín

**Fuente:** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 4.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

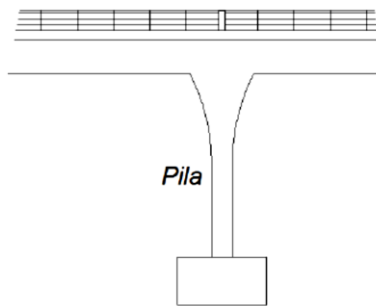
**Fijo:** Restringe la traslación y permite únicamente la rotación de la estructura. El anclaje es diseñado para restringir el movimiento horizontal de la placa.



**Ilustración 7.** Apoyo fijo.

**Fuente:** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 13.

**Rígido o empotrado:** Los apoyos rígidos restringen todos los movimientos de traslación rotación a que puede estar sometida la estructura.



**Ilustración 8.** Marco rígido

**Fuente.** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 15.

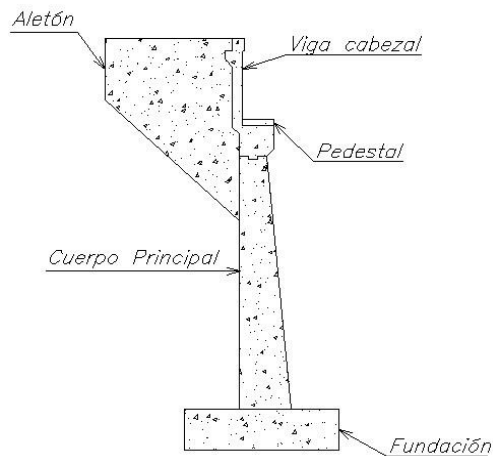
## Bastiones

Son los elementos de la subestructura que sirve de apoyo en los extremos de la superestructura, que puede ser construida de concreto, acero, madera o mampostería. Dado que los bastiones están en contacto con los rellenos de aproximación del puente, una de sus funciones principales es de absorber el empuje del terreno.

Componentes de los bastiones

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

Los bastiones son estructuras que están compuestas por varios elementos llamados Aletones, la viga cabezal, el cuerpo principal y la fundación.



### **Ilustración 9.** Componentes del bastión.

**Fuente.** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 16.

**Aletones:** Son las paredes laterales que tienen la función de confinar la tierra o material de relleno detrás del bastión, se diseñan como muros de retención.

**Viga cabezal:** Parte superior de un bastión sobre la cual se apoya el extremo de un tramo de la superestructura. La viga cabezal posee pedestales, que son columnas cortas sobre las que se apoyan directamente las vigas principales de la superestructura.

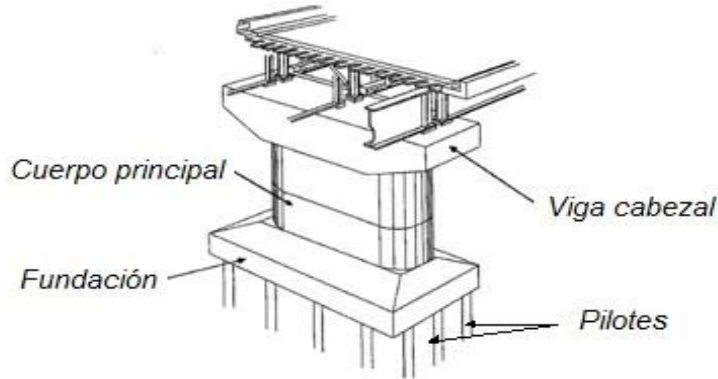
**Cuerpo principal:** Es el componente principal del bastión. Puede ser tipo pared (muro de retención con o sin contrafuertes) o marco rígido (dos o más columnas unidas en su parte superior a la viga cabezal).

**Fundación:** Es el conjunto formado por el cimiento o base del cuerpo principal y el suelo o roca soportante. Se clasifican en superficiales y profundas en función del mecanismo de transmisión de las cargas.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

## **Pilas**

Estructuras que sirven de apoyos intermedios a la superestructura. Normalmente, las pilas son construidas en concreto reforzado, ocasionalmente en concreto presforzado, acero o madera.



### **Ilustración 10.**Partes de la pila.

**Fuente.** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 22.

**Viga cabezal:** Parte superior de la pila sobre la que descansan el extremo inicial y final, respectivamente, de dos tramos continuos de la superestructura. La viga cabezal posee los pedestales sobre los que se colocan los apoyos de las vigas principales.

**Cuerpo principal:** Estructura sobre la que se apoya la viga cabezal. Puede ser una única columna, columnas múltiples, una pared o un grupo de pilotes.

**Fundación:** Base del cuerpo principal que tiene la función de transmitir las cargas de la subestructura al suelo. La fundación puede ser superficial o profunda, está compuesta por una placa, pilotes o una combinación de estos. Los tipos de fundación fueron explicados anteriormente en los componentes del bastión.

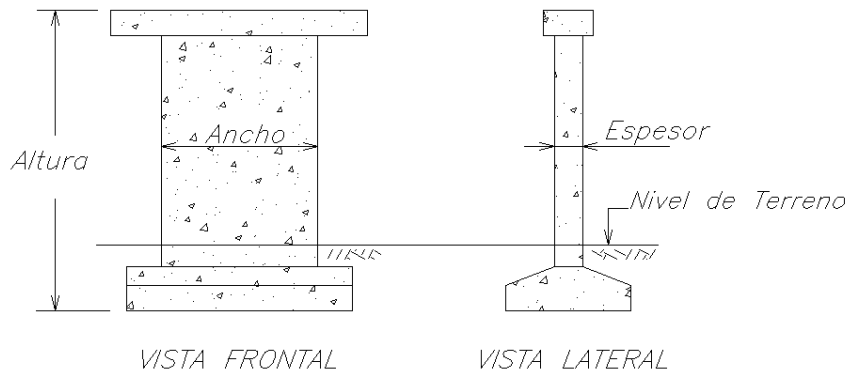
## **Tipos de pila**

Al igual que los bastiones, existe gran variedad de pilas de acuerdo con su configuración, forma y tamaño. El tipo de pila a utilizar dependerá en gran parte del

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

tipo de superestructura que se posea. Los tipos de pilas que se pueden encontrar son los siguientes:

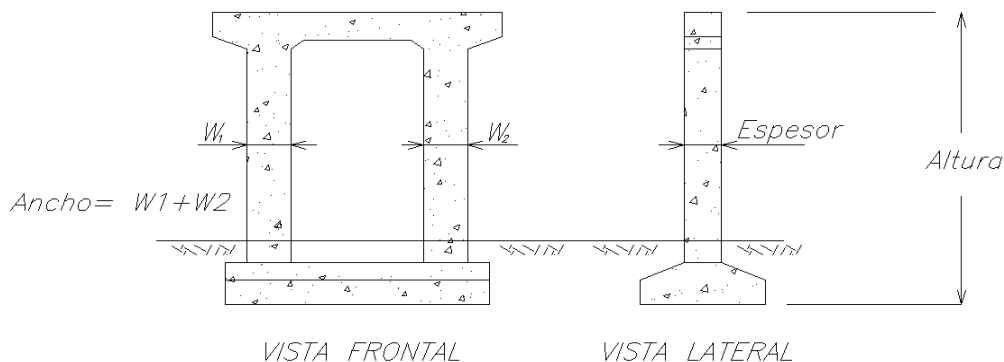
**Pila tipo muro:** Consiste en una pared que se extiende desde la fundación hasta la viga cabezal. En la viga cabezal se encuentran los pedestales sobre los que descansa la superestructura.



**Ilustración 11.** Pila tipo muro.

**Fuente.** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 23.

**Pila tipo marco:** Este tipo de pila está compuesta por una viga cabezal apoyada sobre dos columnas formando una estructura tipo marco. Las columnas son soportadas por la fundación. La sección transversal de las columnas puede ser circular o rectangular.

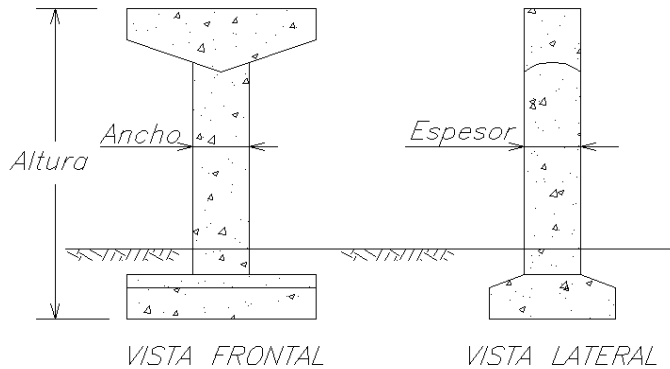


**Ilustración 12.** Pila tipo marco.

**Fuente.** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 23.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

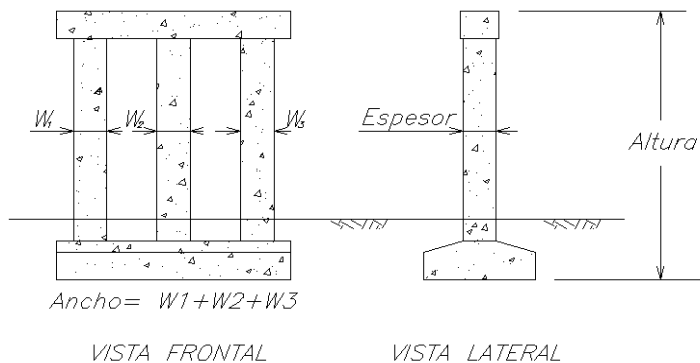
**Columna sencilla:** Generalmente, está compuesta por una viga cabezal en forma de martillo unida a una columna que puede ser de forma rectangular, elíptica, circular, entre otras, la cual se extiende hasta la fundación.



**Ilustración 13.** Columna sencilla.

**Fuente.** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 24.

**Columna múltiple:** Consiste en una viga cabeza soportada por tres o más columnas que se extienden hasta la fundación.



**Ilustración 14.** Pila tipo columna triple.

**Fuente.** Manual de Inspección de Puentes. Enero 2007. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Pág. 24.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### 3.1.4. Trabes para puente.

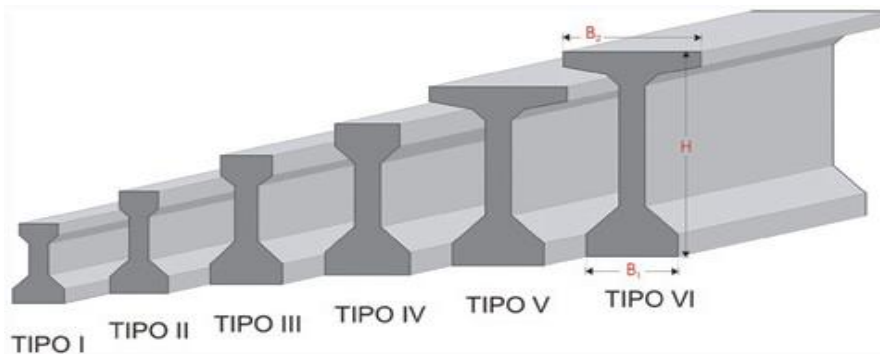
Existen 4 tipos de Trabes para puentes, cada una con diferentes características, para las cuales tenemos: **Trabes NEBRASKA N.U**, **Trabes T y doble TT**, **Trabes CAJON**, y las más utilizadas son las trabes **AASHTO Tipo I**. estas son elementos estructurales de concreto presforzado; Ideales para soportar cargas para puentes en claros hasta de 30m. Su longitud es variable de acuerdo con las necesidades del proyecto. Las trabes AASHTO pueden ser pretensadas, postensadas o combinadas.

Las trabes AASHTO se utilizan comúnmente en puentes de caminos y pasos a desnivel, salvando vías de ferrocarril, barrancas, ríos, etc. Debido a sus dimensiones se pueden transportar prácticamente a cualquier sitio, una de sus ventajas es el ahorro del tiempo total de ejecución de la obra.

**Tabla 1.** Propiedades Trabes AASHTO.

**Fuente.** Google. [www.mexpresa.com/productos/vigas\\_p.php](http://www.mexpresa.com/productos/vigas_p.php)

Propiedades de secciones de trabes AASHTO para puentes					
Tipo	H (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	Claro (m)	A (cm <sup>2</sup> )
I	71	40	30	10 a 13	1,743
II	91	45	30	12 a 18	2,325
III	115	56	40	16 a 24	3,629
IV	135	66	50	21 a 30	4,974
V	160	71	107	27 a 36	6,463
VI	183	71	107	33 a 42	6,923



**Ilustración 15.** Vigas AASHTO Tipo I.

**Fuente.** Google. [www.mexpresa.com/productos/vigas\\_p.php](http://www.mexpresa.com/productos/vigas_p.php)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### Trabe NEBRASKA N.U.

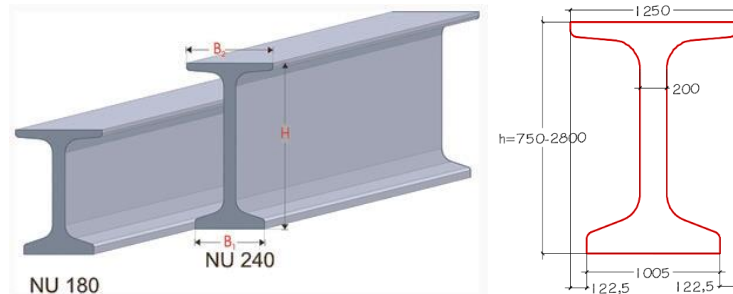
Las vigas Nebraska son vigas hormigón presforzado, clasificadas como vigas pretensadas o vigas postensadas, son secciones transversales utilizadas usualmente para puentes vehiculares, su sección se asemeja a un perfil “I” de acero. El patín superior es más ancho que los equivalentes a una sección de viga AASHTO. El peralte de la trabe varía dependiendo del claro y el tipo de carga que se requiere.

**Propiedades de secciones de trabes NU para puentes**

Tipo	H (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	Claro (m)	A (cm <sup>2</sup> )
<b>180</b>	180	101	125.5	38 a 42	64,620
<b>240</b>	240	100.5	125	42 a 52	74,220

**Tabla 2.** Propiedades Trabes NEBRASKA N.U.

Fuente. Google. [www.mexpresa.com/productos/vigas\\_p.php](http://www.mexpresa.com/productos/vigas_p.php)



**Ilustración 16.** Trabe NEBRASKA N.U.

Fuente. Google. [www.mexpresa.com/productos/vigas\\_p.php](http://www.mexpresa.com/productos/vigas_p.php)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

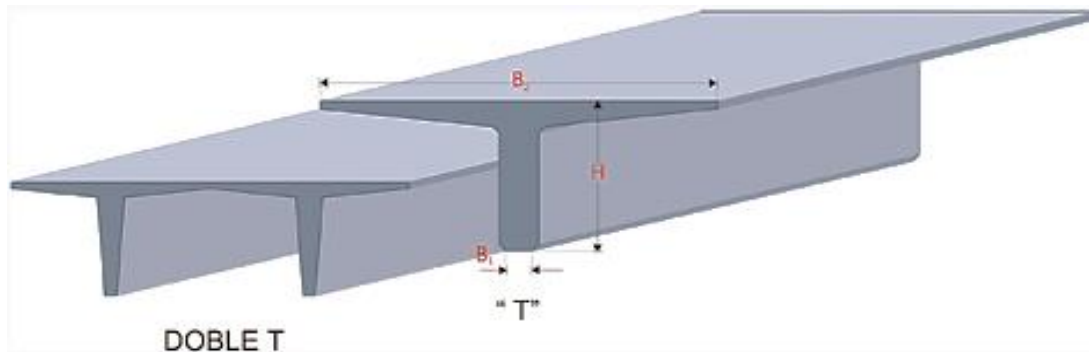
### Trabe T y doble TT

Son losas nervadas pretensadas de gran facilidad de uso y amplios recursos arquitectónicos. Sus características generales le permiten salvar grandes claros con diversas capacidades de carga. Se fabrican con diferentes peraltes con anchos que van de 250 cm a 300 cm y longitudes de acuerdo con los requerimientos del proyecto. Las losas TT se fabrican con moldes metálicos bajo el más estricto control de calidad.

Propiedades de secciones de trabes "T" y "Doble T"					
Tipo	H (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	Claro (m)	A (cm <sup>2</sup> )
T	120 Max	variable	300	15 a 20	variable
Doble T	90 Max	9	300	20 a 25	variable

**Tabla 3.** Propiedades Trabe T y doble TT.

**Fuente.** Google. [www.mexpresa.com/productos/vigas\\_p.php](http://www.mexpresa.com/productos/vigas_p.php)



**Ilustración 17.** Trabe T y doble TT.

**Fuente.** Google. [www.mexpresa.com/productos/vigas\\_p.php](http://www.mexpresa.com/productos/vigas_p.php)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

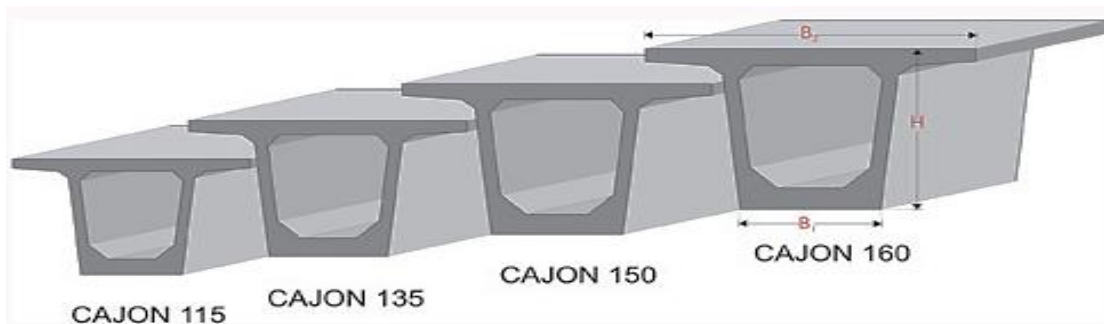
### Trabes CAJON

Una trabe cajón con aletas es un elemento prefabricado de concreto Presforzado la cual es hueca en su sección longitudinal y únicamente maciza en sus extremos, permitiendo reducir considerablemente su peso en función de su longitud y gracias a sus propiedades geométricas proporciona gran estabilidad y resistencia en claros grandes, además de ser un elemento muy versátil.

Propiedades de secciones de trabes CAJON para puentes					
Tipo	H (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	Claro (m)	A (cm <sup>2</sup> )
115	115	85	200	13 a 18	55,625
135	135	81	200	20 a 30	58,614
150	150	81	190	30 a 35	5,871
170	60	80	190	35 a 40	6,623

**Tabla 4.** Propiedades Trabes CAJON.

**Fuente.** Google. [www.mexpresa.com/productos/vigas\\_p.php](http://www.mexpresa.com/productos/vigas_p.php)



**Ilustración 18.** Trabe CAJON.

**Fuente.** Google. [www.mexpresa.com/productos/vigas\\_p.php](http://www.mexpresa.com/productos/vigas_p.php)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### **3.1.5. Materiales para el Concreto Pretensado.**

El material de construcción es una materia prima o, con más frecuencia, un producto elaborado, empleado en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil.

Los materiales de construcción son los componentes de los elementos constructivos y arquitectónicos de una edificación o de una construcción.

#### **3.1.5.1 Acero de Refuerzo.**

El uso del acero de refuerzo ordinario es común en elementos de concreto presforzado. Este acero es muy útil para:

- Aumentar ductilidad
- Aumentar resistencia.
- Resistir esfuerzos de tensión y compresión.
- Resistir cortante
- Resistir torsión
- Restringir agrietamiento
- Reducir deformaciones a largo plazo
- Confinar el concreto.

El acero de refuerzo suplementario convencional (varillas de acero) se usa comúnmente en la región de altos esfuerzos locales de compresión, en los elementos pretensados es usual proveer de varilla de acero longitudinal para controlar las grietas de contracción y temperatura, finalmente, a menudo es conveniente incrementar la resistencia a la flexión de vigas presforzadas empleando varillas de refuerzo longitudinal suplementarias.

Las varillas se pueden conseguir en diámetros nominales que van desde 3/8” Pulg, hasta 1 3/8” Pulg., con incrementos de 1/8 de Pulg, y también en dos tamaños más grandes de más o menos 1 3/4 y 2 1/4 Pulg de diámetro.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### **3.1.5.2 Grados de Acero.**

Acero de refuerzo de grado 40 y 60 Ksi (2800 y 4200 kg/cm<sup>2</sup>) son usados en la construcción de traveses AASHTO tipo I de concreto.

Aun cuando el refuerzo de grado 60 tiene mayor rendimiento y resistencia última que el de grado 40, el módulo de elasticidad del acero es el mismo y aumentar los esfuerzos de trabajo también aumenta el número total de grietas en el concreto. A fin de superar este problema, los puentes generalmente tienen separaciones menores entre barras. El refuerzo de grado 60 no es tan dúctil como el de grado 40 y es más difícil de doblar. (Referencia.4,8).

### **3.1.5.3 Acero para prefuerzo.**

Existen tres formas comunes en las cuales se emplea el acero como tendones en concreto preforzado: alambres redondos estirados en frío, torón y varillas de acero de aleación. Los alambres y los cables tranzados tienen una resistencia a la tensión de más o menos 17,600 kg/cm<sup>2</sup>, en tanto que la resistencia de las varillas de aleación está entre los 10,200 y 11,500 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo del grado. (Referencia. 8).

#### **Alambres Redondos.**

Los alambres redondos que se usan en la construcción de concreto preforzado postensados y ocasionalmente en obras pretensadas se fabrican en forma tal que cumplan con los requisitos de la especificación **ASTM A-421**, “Alambres sin Revestimiento, Relevados de Esfuerzo, para Concreto Preforzado”. Los alambres individuales se fabrican laminando en calientes lingotes de acero hasta obtener varillas redondas. Después del enfriamiento, las varillas se pasan a través de troqueles para reducir su diámetro hasta el tamaño requerido. En el proceso de esta operación de estirado, se ejecuta trabajo en frío sobre el acero, lo cual modifica grandemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

Los alambres se consiguen en cuatro diámetros, tal como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 5.** Propiedades de Alambres Sin Revestimiento Revelados de Esfuerzo (ASTM A- 421).

**Fuente.** DISEÑO DE LOSAS PREESFORZADAS DE CONCRETO LIGERO PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL. MONTERREY, N.L. DICIEMBRE. 2005. Reymundo Ibañez Vargas.

Diámetro Nominal		Mínima resistencia de Tensión				Mínimo esfuerzo. Para una elongación de 1%			
		Tipo BA		Tipo WA		Tipo BA		Tipo WA	
Pulg.	Mm	Lb/Pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Lb/Pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Lb/Pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Lb/Pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0.192	4.88	240,000	16,880	250,000	17,590	192,000	13,510	200,000	14,070
0.196	4.98	240,000	16,880	250,000	17,590	192,000	13,510	200,000	14,070
0.25	6.35	240,000	16,880	240,000	16,880	192,000	13,510	192,000	14,070
0.276	7.01	240,000	16,880	235,000	16,880	192,000	13,510	182,000	14,070

También se puede conseguir alambres de bajo relajamiento, a veces conocidos como estabilizados, se emplean cuando se quiere reducir al máximo la pérdida de presfuerzo.

Los tendones están compuestos normalmente por grupos de alambres, dependiendo el número de alambres de cada grupo del sistema particular usado y de la magnitud de la fuerza pretensora requerida. Se pueden emplear tendones múltiples, cada uno de ellos compuesto de grupos de alambres para cumplir con los requisitos.

### **Torones.**

El torón se usa casi siempre en elementos pretensados, es fabricado con siete alambres, 6 firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor. El paso de la espiral de torcido es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable, teniendo una resistencia a la ruptura garantizada de 17,590 kg/cm<sup>2</sup> conocido como grado 250K. Se ha estado produciendo un acero más resistente conocido como grado 270K, con una resistencia mínima a la ruptura de 270,000 lb/pulg<sup>2</sup> (18990 kg/cm<sup>2</sup>).

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

Para los torones se utiliza el mismo tipo de alambres relevados de esfuerzo y estirados en frio que los que se usan para los alambres individuales de presfuerzo. Sin embargo, las propiedades mecánicas se evidencian ligeramente diferentes debido a la tendencia de los alambres torcidos a enderezarse cuando se le sujeta a tensión, debido a que el eje de los alambres no coincide con la dirección de la tensión. Al torón se le releva de esfuerzos mediante tratamiento térmico después del trenzado, los torones de bajo relajamiento se pueden conseguir mediante pedido especial.

Los torones pueden obtenerse entre un rango de tamaños que van de 0.25 Pulgadas hasta 0.6 pulgadas de diámetro, (Ver tabla 6).

Diámetro Nominal		Resistencia a la ruptura		Área Nominal del Torón		Carga Mínima para una elongación de 1%	
Pulg	Mm	Lb	KN	Pulg <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	Lb	KN
<b>GRADO 250 KSI (17,590 kg/cm<sup>2</sup>)</b>							
0.250	6.35	9,000	40.0	0.036	23.22	7,650	34.0
0.313	7.94	14,500	64.5	0.058	37.42	12,300	54.7
0.375	9.53	20,000	89	0.08	51.61	17,000	75.6
0.438	11.11	27,000	120.1	0.108	69.68	23,000	102.3
0.500	12.7	36,000	160.1	0.144	92.90	30,600	136.2
0.600	15.24	54,000	240.2	0.216	139.35	45,900	204.2
<b>GRADO 270 KSI (18,990 kg/cm<sup>2</sup>)</b>							
0.375	9.53	23,000	102.3	0.085	54.84	19,550	87.0
0.438	11.11	31,000	137.9	0.115	74.19	26,550	117.2
0.500	12.7	41,300	183.7	0.153	89.71	35,100	156.1
0.600	15.24	58,600	260.7	0.217	140.00	49,800	221.5

**Tabla 6.** Propiedades del Torón de 7 Alambres sin revestimiento.

**Fuente.** Diseño de Losas Presforzadas de Concreto Ligero para Viviendas de Interés Social. MONTERREY, N.L. Diciembre. 2005. Reymundo Ibañez Vargas. Pág. 25.

### Varillas de acero de aleación.

En el caso de varillas de aleación de acero, la alta resistencia que se necesita se obtiene mediante la introducción de ciertos elementos de ligazón, principalmente manganeso, silicón y cromo durante la fabricación de acero. Adicionalmente se efectúa trabajo en frío en las varillas al fabricar se les releva de esfuerzos para obtener las propiedades requeridas.

Las varillas de acero de aleación se consiguen en diámetros que varían de  $\frac{1}{2}$  Pulg hasta  $1\frac{3}{8}$  de Pulg, (Ver tabla 7).

Diámetro Nominal		Área Nominal del Torón		Resistencia a la ruptura		Carga Mínima para una elongación de 0.7%	
Pulg	Mm	Pulg <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	Lb	KN	Lb	KN
<b>GRADO 145</b>							
$\frac{1}{2}$	12.7	0.196	127.0	28,000	125	25,000	111.0
$\frac{5}{8}$	15.88	0.307	198	45,000	200	40,000	178.0
$\frac{3}{4}$	19.05	0.442	285	64,000	285	58,000	258.0
$\frac{7}{8}$	22.23	0.601	388	87,000	387	78,000	347.0
1	25.4	0.785	507	114,000	507	102,000	454.0
1 $\frac{1}{8}$	28.58	0.994	642	114,000	641	129,000	574.0
1 $\frac{1}{4}$	31.75	1.227	792	178,000	792	160,000	712.0
1 $\frac{3}{8}$	34.93	1.485	957	215,000	957	193,000	859.0
<b>GRADO 160</b>							
$\frac{1}{2}$	12.7	0.196	127	31,000	138	27,000	120.0
$\frac{5}{8}$	15.88	0.307	198.9	49,000	218	43,000	191.0
$\frac{3}{4}$	19.05	0.442	285	71,000	316	62,000	276.0
$\frac{7}{8}$	22.23	0.601	388	96,000	427.00	84,000	374.0
1	25.4	0.785	507	126,000	561	110,000	490.0
1 $\frac{1}{8}$	28.58	0.994	642	159,000	708	139,000	619.0
1 $\frac{1}{4}$	31.75	1.227	792	196,000	872	172,000	765.0
1 $\frac{3}{8}$	34.93	1.485	958	238,000	1059	208,000	926.0

**Tabla 7.** Propiedades de las varillas de acero de aleación.

**Fuente.** DISEÑO DE LOSAS PREESFORZADAS DE CONCRETO LIGERO PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL. MONTERREY, N.L. DICIEMBRE. 2005. Reymundo Ibañez Vargas. Pág. 26.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### 3.1.6. Cemento para concreto Pretensado.

Se entiende por cemento, al producto resultante de la calcinación de una mezcla homogénea de caliza y toba, que posteriormente es pulverizada.

El cemento es el material de construcción más utilizado del mundo. Al mezclarlo con agua, la reacción química que sobreviene lo transforma en una pasta con la propiedad de dejarse moldear mientras se encuentra en estado plástico, luego fragua, endurece y forma un compuesto resistente, estable y durable. Debido a ésta y otras cualidades admirables.

#### 3.1.6.1. Tipos de Cemento.

##### Cemento GU.

El cemento Hidráulico tipo GU es aquel tipo de cemento que puede ser utilizado en todo tipo de construcciones siempre y cuando éstas no requieran las características y propiedades especiales de otro tipo de cemento. Los usos de este tipo de cemento son principalmente obras de albañilería y estructuras.

Requerimientos Físicos	NTON 12 006-11
Fraguado inicial:	min, 45
Fraguado final:	max, 420
Expansión (contracción):	0.80%
Resistencia a la Compresión:	
3 días	min, 1450
7 días	min, 2465
28 días	min, 4060

**Tabla 8.** Especificaciones Técnicas Cemento Canal GU.

**Fuente:** Google. [www.cemexnicaragua.com/web/cemex-nicaragua/productos-y-servicios/cemento/nuestros-cementos/cemento-hidraulico-tipo-gu](http://www.cemexnicaragua.com/web/cemex-nicaragua/productos-y-servicios/cemento/nuestros-cementos/cemento-hidraulico-tipo-gu)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### **Cemento HE.**

Es un cemento de alta resistencia inicial, ideal para la elaboración de concretos estructurales. También es ideal para la elaboración de productos prefabricados y estructuras moldeadas.

Es cemento finamente molido de color gris brillante, resultado de la trituración y calcinación de materiales de origen natural: caliza, arcilla, minerales de hierro y pequeñas cantidades de otras materias primas.

<b>Requerimientos Físicos</b>	<b>NTON 12 006-11</b>
Fraguado inicial:	min, 45
Fraguado final:	máx., 420
Expansión (contracción):	0.50%
<b>Resistencia a la Compresión:</b>	
1 días	min, 1450
3 días	min, 2465
7 días	min, 4060
28 días	

**Tabla 9.** Especificaciones Técnicas Cemento Canal HE.

**Fuente:** Google.[www.cemexnicaragua.com/web/cemexnicaragua/productos-y-servicios/cemento/nuestros-cementos/canal-plus-5000](http://www.cemexnicaragua.com/web/cemexnicaragua/productos-y-servicios/cemento/nuestros-cementos/canal-plus-5000)

### 3.1.7. Agregados.

Los agregados son un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados. Pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra, junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto.

La importancia del uso, tipo y calidad correcta del agregado no se puede subestimar. Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto, e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, y en las propiedades de la mezcla del concreto.

Los agregados deben de ser transportados y acopiados de manera que se evite su segregación y contaminación, debiendo mantener las características granulométricas de cada una de sus fracciones hasta su incorporación a la mezcla, tienen que cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en las normas **ASTM C33**.

#### **Agregado Fino:**

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (N° 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas. El porcentaje de arena triturada no podrá constituir más del 30% del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir con los requisitos que se indican en la tabla 01.

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que Pasa (%)</b>
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (N°.4)	95 a 100
2.36 mm (N°.8)	80 a 100
1.18 mm (N°.16)	50 a 85
600 µm (N°.30)	25 a 60
300 µm (N°.50)	05 a 30
150 µm (N°.100)	0 a 10

**Tabla 01:** Granulometría de arena.

**Fuente:** Google. [www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto](http://www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### **Agregado Grueso:**

Se denomina agregado grueso a la porción del agregado retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4). Dicho agregado deberá de proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas: sus fragmentos deben de ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar la calidad de la mezcla de concreto (Tabla. 02).

CARACTERISTICAS	REQUISITOS		UNIDAD
	MIN	MAX	
Módulo de finura	2.3	3.1	N. A
Pasante de la malla N° 200	N. A	5	%
Cloruros solubles	N. A	1000	ppm
Sulfatos solubles	N. A	12000	ppm
Terrones de arcilla y Partículas deleznable	N. A	3	%
Impurezas Orgánicas	N. A	3	Plato de calor
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	N. A	15	%

**Tabla 02:** Limite de sustancias nocivas en el agregado fino

**Fuente:** Google. [www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/](http://www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/)

### 3.1.8. Aditivos

Además de los principales componentes del concreto, usualmente se utilizan aditivos para mejorar el comportamiento de este. Existen aditivos para acelerar o retardar el fraguado y el endurecimiento, para mejorar la manejabilidad, para aumentar la resistencia, para mejorar la durabilidad, para disminuir la permeabilidad y para proporcionar o afectar otras propiedades (ver la referencia 5). Los efectos benéficos de algunos aditivos son bien conocidos. Los aditivos químicos deben cumplir los requisitos de la norma internacional **ASTM C-494**, "Especificación estándar para aditivos químicos para concreto"

#### Tipos de aditivos

La clasificación más utilizada para los tipos de aditivos se realiza de acuerdo con el efecto que tiene el concreto, de esta manera podemos identificar cinco tipos de aditivos básicos:

**Plastificantes o reductor de agua:** estos aditivos permiten que se use menos agua para generar una mejor trabajabilidad, y finalmente una mejor resistencia, pues reducen la relación agua/cemento, sin alterar su consistencia.

Esto se logra mediante el efecto de base, es decir se crea una interface entre el cemento y el agua en la pasta, lo que ocasiona que las partículas se repelen y así se moja el proceso de hidratación.

Estos aditivos disminuyen la densidad del concreto debido a que aumentan la relación de vacíos y por tanto disminuyen su resistencia; sin embargo, esta disminución puede balancearse parcialmente mediante la reducción del agua de mezcla sin que se pierda manejabilidad. El principal uso de los concretos con aire incorporado es en pavimentos, pero también se utilizan para estructuras, particularmente en elementos expuestos

**Aditivos súper plastificantes:** se utilizan para producir concretos de alta resistencia con una baja relación agua-cemento manteniendo los altos asentamientos requeridos para una adecuada colocación y compactación del concreto. Los súper

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

plastificantes se diferencian de los aditivos reductores de agua convencionales en que no afectan la tensión superficial del agua en forma significativa; de esta manera pueden utilizarse en dosis más altas sin producir una excesiva incorporación de aire.

Los efectos particulares de los aditivos reductores de agua varían con los diferentes cementos, con cambios en la relación agua-cemento, con la temperatura de mezclado, con la temperatura ambiente y con otras condiciones del trabajo por lo cual se requieren en general mezclas de prueba.

**Aditivos acelerantes;** se utilizan para reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo inicial de resistencia. El acelerante más utilizado es el cloruro de calcio gracias a su bajo costo, pero debe ser utilizado con precaución en concreto presforzado o en concreto reforzado en ambientes húmedos, debido a su tendencia a suscitar la corrosión del acero. Existen aditivos acelerantes patentados, sin cloruros y sin agentes corrosivos

**Aditivos retardantes;** se utilizan principalmente para contrarrestar los efectos acelerantes de altas temperaturas ambientales y para mantener la trabajabilidad del concreto durante todo el periodo de colocación. Esto ayuda a eliminar el agrietamiento debido a deflexiones de la formaleta y también mantiene la trabajabilidad del concreto permitiendo el vaciado de concreto adicional sin el desarrollo de juntas "frías".

**Aditivos inclusores de aire;** Este tipo introduce diminutas burbujas de aire que se distribuyen regularmente por toda la pasta de cemento. Esto se hace con el fin de evitar fisuras por el congelamiento y el deshielo del agua en el concreto. La dosis regular de estos aditivos oscila entre los 50 y 150 ml por cada 100 kg de material cementante.

Los inclusores de aire funcionan para mejorar la resistencia contra los daños causados por temperaturas de frío extremas. Asimismo, reducen el sangrado y la segregación, sobre todo si la mezcla tiene déficit de agregados finos.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

<b>ADITIVOS.</b>	<b>NORMAS</b>
Incorporadores de aire o Inclusores	AASHTO M 134, ASTM C 260
Retardantes	AASHTO M 194, ASTM C 494
Acelerantes	AASHTO M 194, ASTM C 494
Reductores de agua, reductores de agua y retardantes, Reductores de agua y acelerantes, reductores de agua de alto rango y reductores de agua de alto rango y retardantes tipo A, D, E, F Y G	AASHTO M 194, ASTM C 494
Plastificantes y plastificantes y retardantes tipo I Y II	ASTM C1070
Cloruro de Calcio	AASHTO M 144, ASTM D 98
Ceniza Volante de Carbón y Otras Puzolanas Naturales o Artificiales	AASHTO M 295, ASTM C 618
Escoria Granulada de Alto Horno como aditivo mineral.	AASHTO M 302, ASTM D 989, para grados 100 y 120
Humo de Silice (Microsilice) <sup>1</sup>	AASHTO M 307, ASTM C 1240
Aditivos Expansivos y Reductores de Contracción.	ASTM C 845 sin producir efectos nocivos secundarios en el concreto

**Tabla 03.** Tipos de aditivos y Normas

**Fuente:** Elaboración Propia.

<sup>1</sup> Utilizados en casos especiales como reemplazo parcial del cemento, siempre que no existan en el mercado cementos hidráulicos mezclados o adicionados que contengan estos aditivos. (Manual de Construcción de puentes de concreto. El salvador. Ciudad universitaria, septiembre de 2004.)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### **3.1.9. Hormigón Estructural de alta resistencia.**

El concreto utilizado en los elementos pretensados debe cumplir con la resistencia requerida para que en las diferentes etapas de carga no se sobrepasen los esfuerzos admisibles, tanto de tensión como de compresión.

Los límites se pueden encontrar en el **capítulo 18 del ACI 318** o en el manual de la Asociación Americana de carreteras del Estado y funcionarios del Transporte (**AASHTO**) en el capítulo de diseño de concreto presforzado.

El concreto que se usa en la construcción de elementos pretensados se caracteriza por una mayor resistencia que aquel que se emplea en concreto reforzado ordinario. Se les somete a fuerzas más altas, y por lo tanto un aumento en su calidad, generalmente conduce a resultados más económicos.

#### **Uso y aplicaciones**

Se emplea en elementos constructivos en general. Los elementos típicos donde se utiliza este concreto son todos aquellos que forman parte integral de cualquier construcción tales como:

- Zapatas y muros
- Cimentaciones Simples y Reforzadas
- Vigas y Muros Armados
- Cisternas y Canales
- Estructuras en general

El uso de concreto de alta resistencia permite la reducción de las dimensiones de la sección de los miembros a un mínimo, lográndose ahorros significativos en carga muerta siendo posible que grandes claros resulten técnica y económicamente posibles. Las objetables deflexiones y el agrietamiento, que de otra manera estarían asociados con el empleo de miembros esbeltos sujetos a elevados esfuerzos, pueden controlarse con facilidad mediante el presfuerzo.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

La práctica actual pide una resistencia de 350 a 500 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto pretensado, mientras el valor correspondiente para el concreto reforzado es de 200 a 250 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente.

El concreto de alta resistencia tiene un módulo de elasticidad más alto que el concreto de baja resistencia, de tal manera que se reduce cualquier pérdida de la fuerza pretensora debido al acortamiento elástico del concreto. Las pérdidas por flujo plástico que son aproximadamente proporcionales a las pérdidas elásticas son también menores.

La alta resistencia en el concreto pretensado es necesario por varias razones:

Primero, para minimizar su costo, los anclajes comerciales para el acero de presfuerzo son siempre diseñados con base de concreto de alta resistencia. De aquí que el concreto de menor resistencia requiere anclajes especiales o puede fallar mediante la aplicación del presfuerzo. Tales fallas pueden tomar lugar en los apoyos y en la adherencia entre el acero y el concreto, o en la tensión cerca de los anclajes.

Segundo, el concreto de alta resistencia a la compresión ofrece una mayor resistencia a tensión y cortante, así como a la adherencia y al empuje, y es deseable para las estructuras de concreto pretensado ordinario.

Por último, otro factor es que el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación del presfuerzo.

Para obtener una resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup>, es necesario usar relación agua/cemento no mucho mayor a 0.45 en peso. Con el objeto de facilitar el colado, se necesitarían un revenimiento de 5 a 10 cm a menos que se fuera a aplicar el vibrador más tiempo de lo ordinario.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### 3.1.10. Equipo y dispositivos de anclaje.

El método pretensado es aplicado mediante la utilización de un conjunto de Gato y bomba hidráulica además de las cuñas, que se ajusta a la cabeza del tendón (placa + cuña), apoyado sobre la placa o banco de tensado

Las bombas hidráulicas pueden ser manuales o eléctricas, de acuerdo con las especificaciones del diseño, el operador selecciona el equipo adecuado para la actividad.

Los pistones varían dependiendo el diámetro del tendón a tensionar, al momento de tensionar el tendón.

#### **Bomba hidráulica para tensar.**

Las bombas para tensar se emplean para accionar principalmente gatos hidráulicos para la producción de hormigón pretensado. Normalmente las bombas son equipos con motores eléctricos trifásicos, pero también se pueden equipar con motores de corriente alterna, motores de gasolina y de aire comprimido.

El mando de los aparatos se realiza principalmente a través de una robusta válvula manual de mando con pérdida de presión reducida. También pueden suministrarse agregados pequeños con mando eléctrico para cualquier función.

Existen bombas hidráulicas de 100 bar a 500 bar para concreto pretensado. En la siguiente ilustración se muestra una bomba hidráulica Marca Paul de 30 lts (300 bar).



**Ilustración 19.** Bombas Hidráulicas para tensar.

<sup>2</sup> Fuente: Google.

<https://irpcdn.multiscreensite.com/76393796/files/uploaded/pesta%E2%80%A2a%2Bservicios3835.pdf>

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### **Gato hidráulico.**

Los gatos hidráulicos para concreto pretensado normalmente son Mono-toron de 6 Ton hasta 25 Ton. Estos equipos se utilizan solo para realizar el tensado de los cables uno por uno.

Existen para diferentes diámetros de tendones, desde 3/8” Pulg hasta 1/2” Pulg.



**Ilustración 20.** Gato (Pistón) para pretensar.

**Fuente:** Google<sup>3</sup>

### **Barrilitos y Cuñas.**



**Ilustración 21.** Barril y cuñas para pretensar.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Estos son anclajes temporales que se utilizan en el concreto pretensado solo al momento de realizar el presfuerzo en el tendón. De los cuales existen pasivos y activos, estos barriles se encargan de anclar el tendón al banco de presfuerzo, hasta el momento de destensar los cables.

<sup>3</sup> <https://irp-cdn.multiscreensite.com/76393796/files/uploaded/pesta%E2%80%A2a%2Bservicios3835.pdf>

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### 3.2. Aspectos económicos.

Cuando se habla de economía en el empleo del pretensado se puede enfocar como un ahorro de materiales, aunque la mayor parte del costo total de la estructura no derivará de la propia ejecución.

Para la fabricación de una viga para puente utilizando Vigas Tipo AASHTO “I”, se debe realizar un análisis de los costos en general, un elemento Pretensado es más económico, por su ahorro en materiales, el equipo para tensar, y la maquinaria (Grúas) a utilizar, además que es un elemento que pesa menos que un Postensado y sus maniobras por tal razón se hacen más fácil de realizar.

Tabla Comparativa de Costos de Producción y Montaje de Vigas

Vigas AASHTO Pretensado		Vigas AASHTO Postensado		
Actividad	Consumo	Actividad	Consumo	Porcentaje
Armado, colado de concreto	\$ 96,210.50	Armado, colado de concreto	\$ 138,694.70	44%
Grúas Producción Grúas Montaje.	\$ 128,850.55	Grúas Producción Grúas Montaje.	\$ 184,597.58	43%
Equipo de Tensar	\$ 25,750.20	Equipo de Tensar	\$ 36,050.28	40%
Molde de Viga	\$ 66,520.40	Molde de Viga	\$ 91,852.60	38%
Materia Prima	\$ 153,360.65	Materia Prima	\$ 213,592.70	39%
Equipos de Laboratorio	\$ 5,219.80	Equipos de Laboratorio	\$ 6,310.00	21%
Instalación, techo, Seguridad	\$ 34,970.00	Instalación, techo, Seguridad	\$ 41,385.00	18%
<b>Total</b>	<b>\$ 510,882.10</b>		<b>\$ 712,482.86</b>	<b>39%</b>

\* Viga Pretensada Tipo IV, Claro 30 metros Vs Viga Postensada Tipo V, Claro 30 metros

\*\* Fuente: Entrevistas Realizadas. \*\*

### 3.3. Entidades que fabrican Vigas de concreto Pretensado.

En Nicaragua existen muchas empresas concreteras, pero son pocas las que fabrican Vigas de concreto pretensado, de las más conocidas y capacitada en este sistema es la empresa **Concretera Total (C.T)**. En su competencia están **Preconicsa (Prefabricados de Nicaragua S.A.)**, y **DUROBLOCK**.

**C.T.** es una empresa especializada en la fabricación de productos prefabricados, fundada en 1997, inicialmente con capital mixto hasta 2004. C.T, a fabricado las vigas con el sistema de concreto pretensado del puente paso a desnivel ubicado en **Rubenia**, Puente Dos Bocas ubicado en **Malacatoya**, etc.

En la actualidad está la empresa **Preconicsa. (Prefabricados de Nicaragua. CONCRENIC.)**. Con aproximadamente 5 años en la industria de prefabricados en Nicaragua. Esta empresa está dividida en dos plantas de fabricación, San Carlos frente a la Tropicas cuesta el plomo y Planta km 47 Carretera vieja León contiguo a MECO.

La planta San Carlos se especializa en concreto liviano como lo son adoquines, bloques, losetas, postes, cajas de registro. En cambio, el Plantel Km 47 se especializa en concretos pesados como son Alcantarillas de concreto reforzado, Pilotes, pozos de visita, Caja puentes, y la fabricación de vigas de concreto Pretensado o Postensado.

**CONCRENIC**, ha fabricado vigas de concreto pretensado para los puentes en la nueva carretera el comején del camino troncal ubicado entre los municipios de Rancho Grande – Matagalpa a Waslala que forma parte de la NIC-5. Puente las carpas, Babaska, el Calvario y el puente Yahoska. De estos, el más grande es el puente Yahoska con una longitud de 120m de luz, 24 Vigas de sistema pretensado.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

**DUROBLOCK.** Es una empresa fundada en 2018, dedicadas al segmento de prefabricados de concreto, fabrican concreto liviano como lo son adoquines, bloques, losetas, postes, cajas de registro. Esta empresa ha fabricado Vigas de concreto pretensado para los puentes, El Pedernal ubicado en Rio San Juan, El Borbollón en Managua, el más conocido el Puente Panaloya ubicado en Malacatoya Granada.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### **3.4. Metodología del proceso de Fabricación, viga AASHTO Tipo IV.**

El término metodología se define como el grupo de mecanismos o procedimientos racionales, empleados para el logro de un objetivo, o serie de objetivos que dirige una investigación científica.<sup>4</sup>

Una metodología, permite mejorar el trabajo en equipo y seguir la evolución del producto, centrándose siempre en la calidad de la producción y los plazos de entrega. Es un sistema de trabajo a partir de pequeños ciclos de actividades dentro de un proyecto.

Esta se puede realizar mediante gestión de actividades con el uso de un flujo de proceso, donde las metodologías de gestión por procesos son capaces de automatizar procesos de cualquier naturaleza y objeto de negocio. Ya sea dentro de un solo departamento o aplicados a un grupo empresarial en su conjunto.

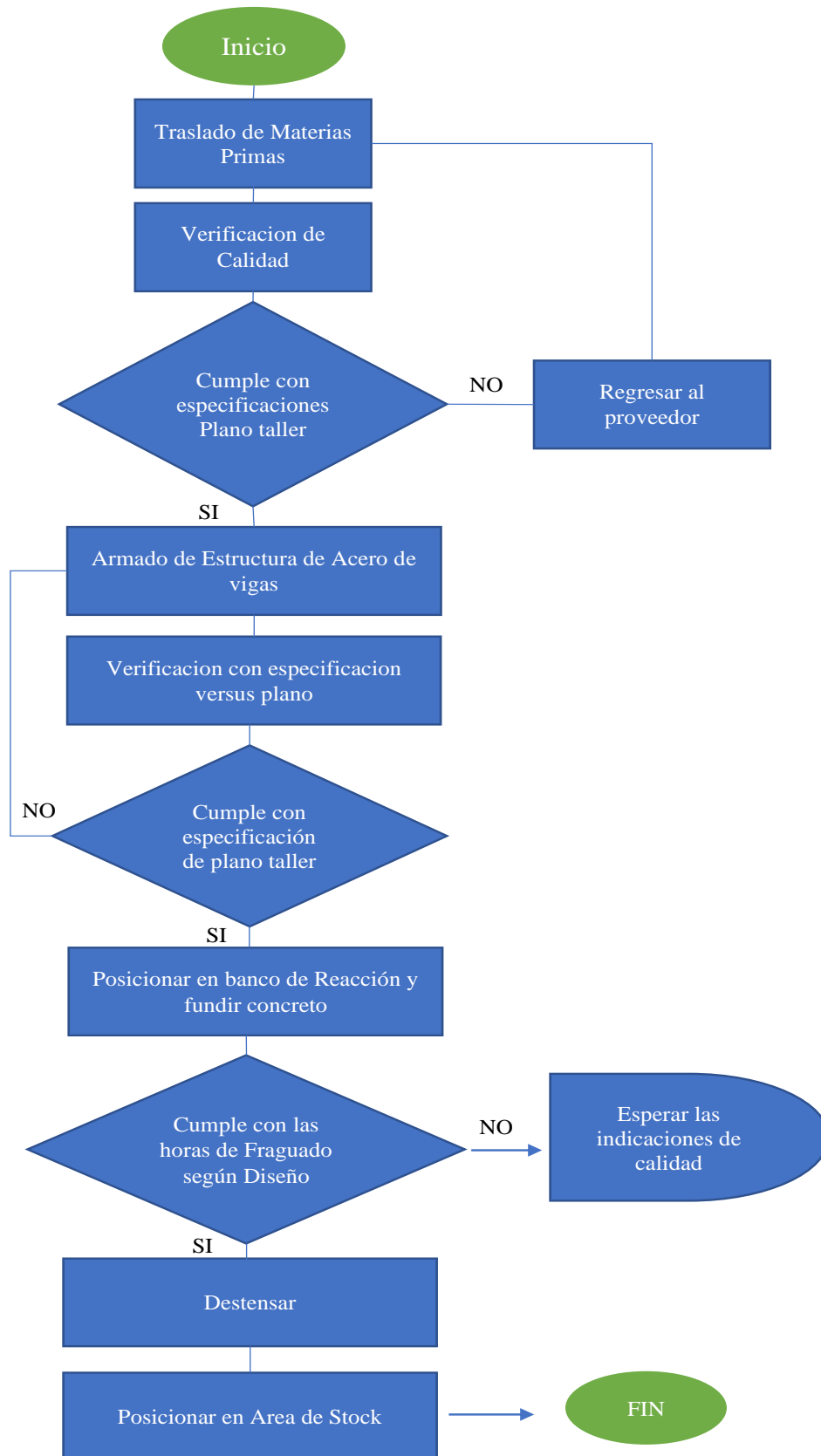
Para el proyecto Yahoska, se realizó un diagrama de flujo el cual permite identificar actividades sin valor agregado para mejorar el rendimiento del proceso.

El diagrama de flujo, también conocido como flujograma, es una herramienta utilizada para representar la secuencia de las actividades en un proceso. Para ello, muestra el comienzo del proceso, los puntos de decisión y el final de este. Todo ello proporciona una visualización del funcionamiento del proceso, volviendo la descripción más intuitiva y analítica.

---

<sup>4</sup> Pérez, Mariana. (Última edición:28 de julio del 2021). Definición de Metodología. <https://conceptodefinicion.de/metodologia/>. Consultado el 9 de junio del 2022

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



<sup>5</sup> Fuente: Elaboración Propia.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

El procedimiento constructivo comienza con la instalación de un banco de Tensado capaz de soportar la carga de presfuerzo (ver Anexo ilustración 26.) el cual también será utilizado para reforzar el sistema encofrado mediante Varillas ya que este se encuentra dividido en dos caras, en la cual se procede a instalar una primero y una vez finalizado se inicia la instalación de la armadura tradicional y los cables para tensar en forma simultánea.

El proceso de tensado se ejecuta una vez los encargados de la supervisión y operador encargado de tensado hayan revisado que los cables se encuentren en posición correcta y proceden a tensar, al finalizar de tensar los cables se procede a instalar la segunda cara del molde y así Luego poder vaciar el concreto. Cuando el concreto ha alcanzado la resistencia suficiente, es capaz de soportar las cargas para la que fue diseñada, por lo que se puede retirar la totalidad del encofrado. Finalmente se corta el resto de los cables que sobresale de la viga.

El proceso de fabricación para la viga se realiza mediante una programación de actividades, el cual se detalla de la siguiente manera.

1. Para iniciar la fabricación de vigas se necesita de la instalación del molde, el cual está dividido en dos caras, el tiempo de preparación de este, determinara mucho la duración de producción de cada Viga, ya que la primera cara del molde se instala tomando las medidas indicadas del plano taller. Es por eso que debe realizarse con mucho cuidado, verificar las medidas y que siempre se realiza bajo las indicaciones del encargado. Se recomienda aplicar Máster Finish (Desmoldante) al molde, para que el concreto no se adhiera, en este caso se debe aplicar antes de que se coloque la armadura, ya que este tipo de aditivo no debe hacer contacto con el acero. **(Ver Anexo. Ilustración 27)**
2. Una vez esté listo la primera cara del molde, se verifica que las medidas y los puntos de izaje de la armadura cumplan con las del plano taller, lo cual es responsabilidad del supervisor, para proceder a colocar la armadura con grúas de 30 o más toneladas. el supervisor o encargado debe tener mucho cuidado

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

de cómo se realiza el izaje y se coloca la armadura. **(Ver Anexo. Ilustración 28).**

3. Cuando la Armadura de viga este en la posición dentro del molde se procede a colocar de los tendones, el cual también es verificado por el supervisor o encargado, junto al plano taller, se debe verificar que todos los tendones este ubicados en su lugar ya que si algunos están enredados no se puede tensar, debido a que si se tensan provocaría fallas en la viga una vez sean cortados los cables. **(Ver Anexo. Ilustración 29).**
4. Luego que se hayan colocado todos los cables y verificados los puntos de izaje de la viga por el supervisor o encargado.
5. El supervisor debe autorizar al operador que proceda a tensar cada tendón con el gato hidráulico propiedad de la empresa subcontratada y en cargada de la fabricación de vigas, además deben de notificar al personal de trabajo que no deben de estar cerca del banco de tensado, por seguridad el operador encargado debe establecer un perímetro. Ya sea con conos o cintas de precaución para evitar alguna tragedia en caso de que un tendón falle. Se debe llevar un registrado en formato de cada tendón tensado según la tensión dada en el manómetro o con la medición de elongación del cable, para poder tener un respaldo que todos los cables fueron tensados según lo requerido en el plano taller. **(Ver Anexo. Ilustración 29, 30).**
6. Una vez se haya terminado de tensar todos los torones y queden registrado en el formato de tensado, supervisado por el ing. Residente y/o operador encargado. Se procede a la colocación de la segunda cara del molde, esta actividad se realiza con las grúas de 30 Toneladas o más, dependiendo del lugar de fabricación. Al momento de Realizar el izaje de estas piezas los encargados deben de notificar y verificar que no haya personal debajo cuando se esté realizando los movimientos. **(Ver Anexo. Ilustración 31).**

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

7. Cuando se tenga listo todos los cables tensados, el molde ya colocado y reforzado se procede al hormigonado de concreto, este tipo de concreto es de alta resistencia según lo requerido en el plano taller en el cual se elabora con **Cemento Canal HE, Aditivo retardantes, acelerante, Súper Plastificante, los agregados son de buena calidad.** Se verifica la mezcla y el flujo del concreto, con en el cono de Abrams, y tomando testigos de muestra por el encargado de calidad y el supervisor, cuando se aprueba la mezcla se procede a verter en el molde mediante camión Mixer de 7 M<sup>3</sup>. **(Ver Anexo, Ilustración 32, 33).**
8. Cuando se termine de verter el concreto en el molde o cimbra, se protege toda la estructura con plásticos negro para esperar las horas de Fraguado.
9. Una vez cumplidas las horas requeridas según diseño, se realizarán las pruebas de resistencia del concreto mediante la máquina de compresión, para conocer si la resistencia es la adecuada para poder liberar la viga, se requiere la resistencia mínima que serían 6000 PSI para que así se procede a desencofrar y destensar o cortar los tendones de tal manera que se pueda retirar la viga del banco y así iniciar a fabricar la siguiente. **(Ver Anexos. Ilustración 32).**
10. Una vez obtenida la resistencia y la autorización del ing. Residente o del encargado de verificar las pruebas se procede a cortar los tendones con el equipo de soldar, o bien destensar los cables **(Ver Anexo. Ilustración 32, 35).**
11. Por último, cuando se haya terminado de desencofrar la viga se procede a retirarla del molde o banco de fabricación, mediante 2 grúas de 30 o más Toneladas. Siempre bajo la supervisión del Ing. Residente o el encargado, el cual debe poner atención que esta actividad se realice correctamente para que, al momento de extraerla, esta no reciba golpes en los movimientos. **(Ver Anexo. Ilustración 35, 36).**

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

Cuando ya se haya finalizado todas estas actividades, se procese a colocar nuevamente el molde para empezar a fabricar la viga, teniendo siempre la supervisión y así poder producir una Viga por día.

Mientras las grúas Realizan los movimientos adecuados para llevar la viga ya fabricada a un lugar donde cumplirá el tiempo de curado para luego movilizar y hacer el izaje de esta, el cual será validado por los supervisores encargados los cuales tienen que validar que ya los neoprenos estén en el punto sobre la columna o pila donde se instalara la viga.

En la siguiente tabla se detalla el orden a cumplir de las actividades a realizar para la fabricación de la viga incluyendo el tiempo por cada actividad.

PROCESO	ACTIVIDAD	DURACION (HRS)
1	ARMADO DE 1 CARA DEL MOLDE	01:40:00
2	IZAJE DE ARAMADURA DE VIGA	01:40:00
3	COLOCACION DE TENDONES + TENSADO	01:40:00
4	ARMADO DE 2da CARA DEL MOLDE	01:30:00
5	COLADO DE CONCRETO	03:00:00
6	CIERRE	00:30:00
7	FRAGUADO	16:00:00
8	DESENCOFRE	01:00:00
9	CORTE DE TENDONES DE VIGA	00:30:00
10	IZAJE Y TRASLADO DE LA PIEZA	02:00:00
11	CURADO	72:00:00

**Tabla.** Orden de actividades para la fabricación de una Viga.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### **3.5. Procedimiento de izaje de Viga.**

Izaje, es la palabra técnica para la operación de levantamiento y suspensión de cargas. Por la naturaleza de su proceso, esta es una actividad de alto riesgo que requiere de coordinación de las partes involucradas y seguridad en el estado de los equipos a utilizar. Por ello, las operaciones deben ser previamente socializadas con las personas que intervendrán, se debe realizar inspección del área donde se verifique el radio de la carga, la distancia de desplazamiento y con ello garantizar que la operación sea adecuada según la tabla de capacidad de carga o capacidad de la grúa.

Esto debe quedar registrado en el plan de izaje y debe ser socializado en el momento de definir roles, responsabilidades, los riesgos y sus controles y los planes de acción en caso de emergencias. Así mismo, la zona de la operación debe estar despejada y en ninguna circunstancia se podrá suspender la carga sobre peatones (área prohibida).

Para realizar una operación de izaje segura, se debe posicionar el equipo de elevación sobre una superficie firme, estable, nivelada y que tenga la capacidad portante mínima necesaria. Se deben verificar los puntos de izaje de la carga y los accesorios. Las cargas se podrán suspender y desplazar sobre áreas previamente despejadas y controladas, para evitar circulación de personas ajenas a la operación. Estas maniobras de izaje se deben hacer delicadamente, muy lentos y sin cambios de dirección repentinos, para evitar que fuerzas adicionales a la de gravedad se adicionen a la carga.

Es importante no perder de vista los riesgos asociados a la mala operación del equipo, los límites estructurales y de estabilidad. El primer límite, estructural, es el que impone el material y la configuración de la grúa y define hasta que capacidad puede cargar, en caso de ser superada se fisurara o quebrara la pluma de cuando operes la grúa. El segundo límite es el de estabilidad, este define los pesos máximos que pueden ser suspendidos sobre ciertas áreas alrededor del equipo; en caso de superarlos, las fuerzas laterales generaran el volcamiento del equipo.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

El procedimiento de izaje para las vigas del puente Yahoska está bajo la responsabilidad de la empresa subcontrata. Mediante una programación de traslado y colocación, se encargará de colocar cada elemento en su punto como lo muestra el plano taller.

Para la colocación de la viga, los encargados del izaje realizaron una planificación y cálculos mediante el programa LICCON, para poder realizar de manera correcta los izaje en cada viga.



DESCRIPCION DE MANIOBRA – YAHOSKA		
	Grúa 145 ton	Grúa 30 ton
Radio de Acción	10 m	5 m
Capacidad de Carga	33.80 ton	15.5 ton
Angulo de trabajo	54°	38.68°
Altura máxima de elevación	14.69 m	7.5 m
Margen de Seguridad	65.76%	12.35%

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puento Yahoska.



### 3.6. Descripción de la Viga.

#### ➤ **Viga AASHTO Tipo IV Pretensada.**

Fueron diseñadas por el Ing. José Rafael García Balladares Gerente General de la Empresa **EDICRO** firma consultora contratada por el **MTI**, Estas vigas se diseñaron bajo normas americanas **AASHTO** para cargas HL-93. Fueron supervisadas por la empresa consultora **ASP (Estudios, Supervisión de Diseños de Carreteras y Obras)**, construidas por **Preconicsa (Prefabricados de Nicaragua. Concrenic)**, utilizando normas nicaragüenses **Nic-2000** para calles, carreteras, con un diseño de concreto  $f'c=8,000$  psi. **(Ver Plano Taller Puente Yahoska. Pág. 4).**

#### ➤ **Fabricación del Concreto**

El diseño del concreto es de 8,000 PSI a los 28 días según las especificaciones del plano taller, el diseño utilizado fue de 10,000 PSI las 16 Hrs, con el uso de aditivos, como súper plastificante el **Máster Glenium 7550**. Como acelerante el **Máster Set AC534**. Y como retardante el **Máster Polyheed 1035**. La fabricación se produce en un centro de mezclado provisional con depósito para los agregados, el cemento se dosifica en bolsas de 42.5 kg. La selección de la materia prima, el diseño del concreto, dosificación, fabricación y colado del concreto se hace cumpliendo las especificaciones **ASTM y ACI**. **(Ver Plano Taller, Viga pretensada “Tipo I”. Pág. 4, Anexo Certificados de calidad y diseño de concreto e ilustración 32).**

#### ➤ **Colocación del acero de refuerzo.**

La distribución y colocación del acero de refuerzo pasivo se hace de acuerdo con el plano taller. Previamente a la aplicación del presfuerzo en los cables se coloca la armadura en posición entre los bloques de reacción y se sujeta firmemente a los cables. El recubrimiento se garantiza usando bloques de mortero entre el molde metálico y la armadura. **(Ver Plano Taller, Viga pretensada “Tipo I”. Pág. 3,4)**

#### ➤ **Aplicación del Presfuerzo**

Los cables se colocan en la posición exacta que indica el plano taller, el cual especifica que los cables deben ser **Torón de ½”** de baja relajación, de tipo **fpu: 270 Ksi**, tensado al 0.75% fpu: **202.5 Ksi**. Para tal fin en los cabezales se disponen de

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

dispositivos metálicos o estructuras fuertemente diseñadas, en donde se perforan agujeros en la posición indicada, igualmente en el extremo del molde metálico una placa tiene los agujeros para el pase de los cables en la posición indicada. La aplicación del presfuerzo se hace cable a cable, la medición del presfuerzo se hace por medio del manómetro de la bomba hidráulica tensora, además de medir la elongación de cada cable. Se lleva un registro de la medición de la carga y elongación por cada viga fabricada. **(Ver Anexos, Juego de planos, Ilustración 29, 30).**

#### ➤ **Control de Calidad**

Durante la fabricación de las vigas de concreto pretensado, existe una estricta inspección de control de la calidad del producto, así como del proceso de producción. Se lleva un control de la materia prima utilizada en la fabricación de dichos elementos en donde los técnicos de control de calidad realizan el muestreo y análisis de agregados periódicamente. Entre los análisis realizados están: la determinación de la densidad aparente, densidad relativa, absorción de agua, humedad y granulometría. De igual forma se realiza muestreo del concreto para realizar los ensayos de revenimiento y temperatura, así como la fabricación de muestras para determinar la resistencia a la compresión del hormigón, entre otros. Todos los ensayos realizados tanto en el agregado como en el Concreto se realizan en base a las Normas Americanas **ASTM**.

El técnico de Control de calidad en compañía del supervisor de producción realiza inspección en cada proceso, verificación de armaduras, condiciones óptimas de moldes, equipos de tensado, fabricación del concreto en base al diseño de mezcla, garantizar un correcto colado y acabado **(Ver Ilustración 28, 32).**

#### ➤ **Colocación o colado del Concreto.**

El concreto se transporta desde el centro de mezclado por medio de Camión Mixer de 7M<sup>3</sup>, el camión traslada un concreto premezclado hasta el punto donde se ubica la bancada de pretensión, donde el encargado de calidad termina de dosificar la mezcla con aditivos. Usando vibradores de aguja y vibradores con motores de ½

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

HP. Se coloca el concreto y se acomoda en el molde hasta lograr la compactación y distribución adecuada. **(Ver Anexo ilustración 33)**

➤ **Curado**

Después de colado el concreto se cura bajo un régimen de vapor a bajas presiones. El procedimiento es según las indicaciones de la **sección 603.15** de la **NIC2000**. Cuando el concreto alcanza la resistencia mínima para la transferencia se procede al destensado de los cables, por medio del uso de equipo de Oxicorte (Acetileno). Después del curado y al lograr el enfriamiento total se continúa el curado con agua hasta por 3 días para su traslado y montaje.

➤ **Resane**

Imperfecciones generadas en el proceso de fabricación son resanadas antes del traslado de las piezas al sitio de construcción, para esta actividad se recomienda utilizar

➤ **Traslado o Transporte**

El traslado de las vigas de concreto pretensado de entre 30.46 m de longitud se hace usando rastras o carretas (extendibles de longitud variable) o con un Dolly cuando las vigas miden más de 21mts. En el caso del proyecto Waslala se utilizaron Rastras y Dolly **(Ver ilustración 38)**.

➤ **Izaje de la viga**

Con 1 grúa de 140 toneladas y 1 de 50 toneladas se realizó la instalación de las vigas usando para ella los puntos de izaje indicados en el diseño colocándolas en su posición final sobre los Neoprenos. Visitas previas al sitio de construcción del puente son realizadas por el personal técnico de A.S.P Consultores, se realizan para verificar, en conjunto con personal del contratante, que las dimensiones, claros ejes y detalles constructivos están conforme al diseño, con la finalidad que las operaciones y maniobras de instalación se realicen de una forma segura, ágil y garantizando la integridad del elemento prefabricado, así como la seguridad del personal y de los equipos a utilizar. **(Ver Ilustración 40, 42)**.

### **3.6. Tiempo de Fabricación, viga AASHTO Tipo IV.**

Hoy en día, en un entorno cada vez más tecnológico, donde el ahorro de costes y el aumento de la productividad, se ha convertido en el único camino a seguir, para poder ser competitivos en las actividades y procesos que llevamos a cabo en nuestros proyectos.

La gestión del tiempo es la gestión del tiempo dedicado y el progreso realizado en las tareas y actividades del proyecto. Una excelente gestión del tiempo en gestión de proyectos requiere la planificación, la programación, la supervisión y el control de todas las actividades del proyecto.

Realizar una buena gestión es de suma importancia en la metodología de trabajo de una empresa. Ayuda a planificar procesos y tareas dentro de un equipo además de identificar prioridades.

En la actualidad muchas empresas o Ingenieros al momento de planificar o realizar una programación de procesos de producción utilizan herramientas como Excel, Microsoft Project para una mejor gestión de las actividades a realizar.

#### **Cronograma de Actividades**

El cronograma es una herramienta esencial para elaborar calendarios de trabajo o actividades. Un documento en el que se establece la duración de un proyecto, la fecha de inicio y final de cada tarea; es decir, una manera sencilla de organizar el trabajo.

**Microsoft Project**, es una herramienta muy útil para la gestión eficiente de dirección de proyectos y carteras. Project se utiliza en varios sectores, pero es especialmente interesante para la industria de la ingeniería y construcción.

Trabajar con esta aplicación nos permite organizar la información para la asignación de tiempos a las tareas, los recursos y costos asociados, tanto de trabajo

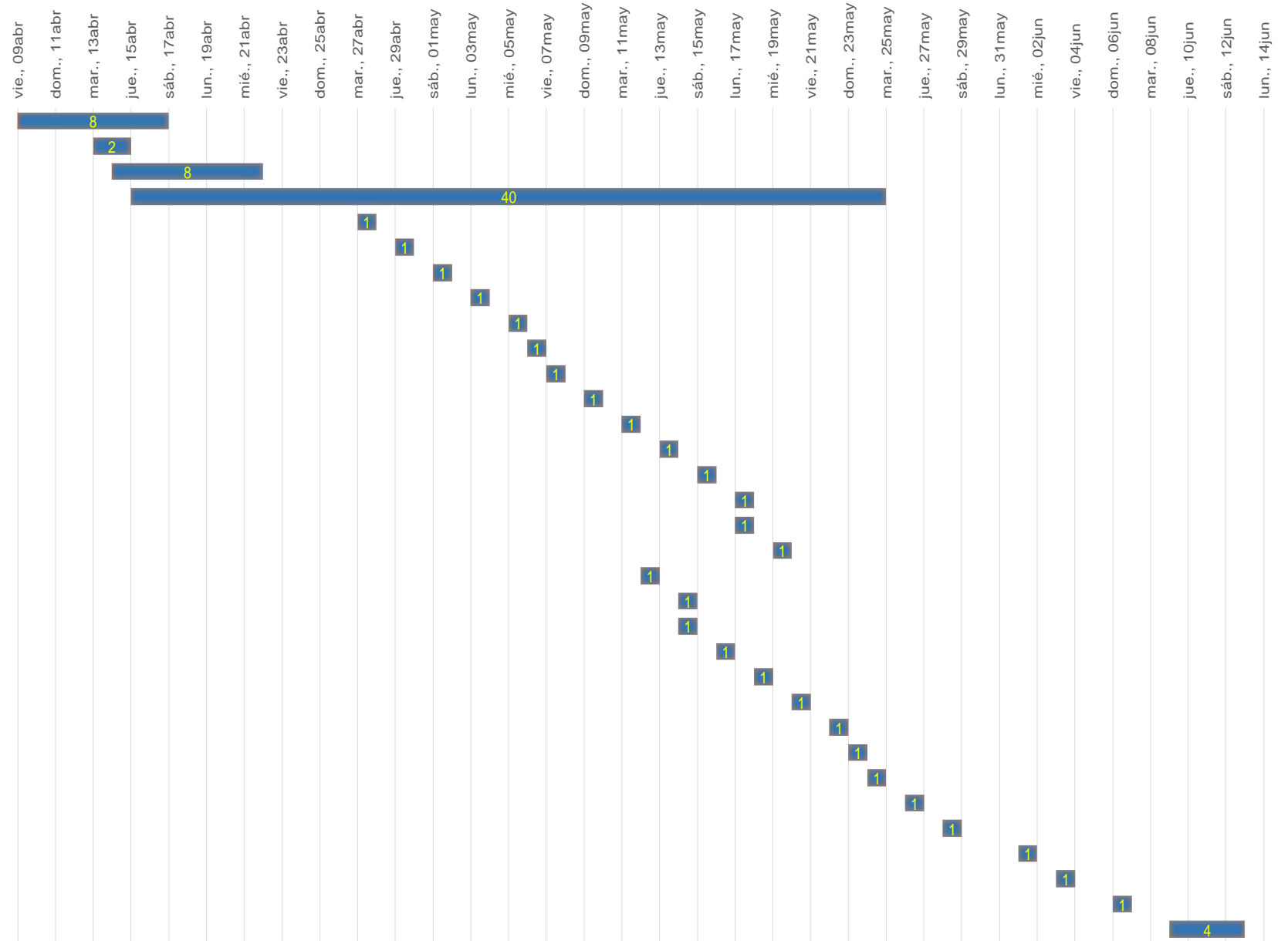
“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

como materiales del proyecto. De esta manera, nos permite respetar los plazos sin sobrepasar el presupuesto y conseguir así los objetivos marcados.

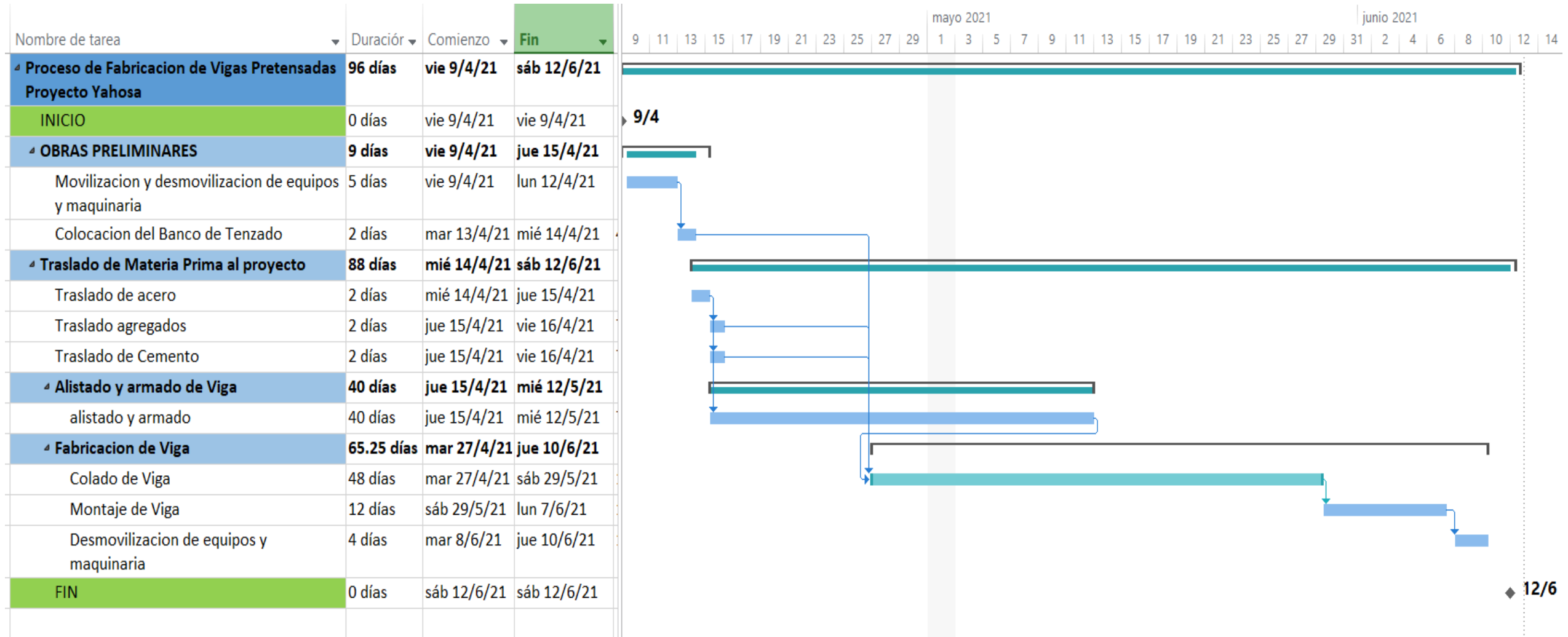
Microsoft Project es una herramienta de administración de proyectos eficaz y flexible y está diseñada en módulos en los que se incluyen equipos de trabajo, calendarios y finanzas del proyecto. La finalidad es ayudar a los usuarios a plantear objetivos realistas y realizar un seguimiento de todas las actividades y acciones para supervisar su progreso. Además, permite a los equipos y clientes del proyecto a definir horarios, distribuir recursos y administrar presupuestos.

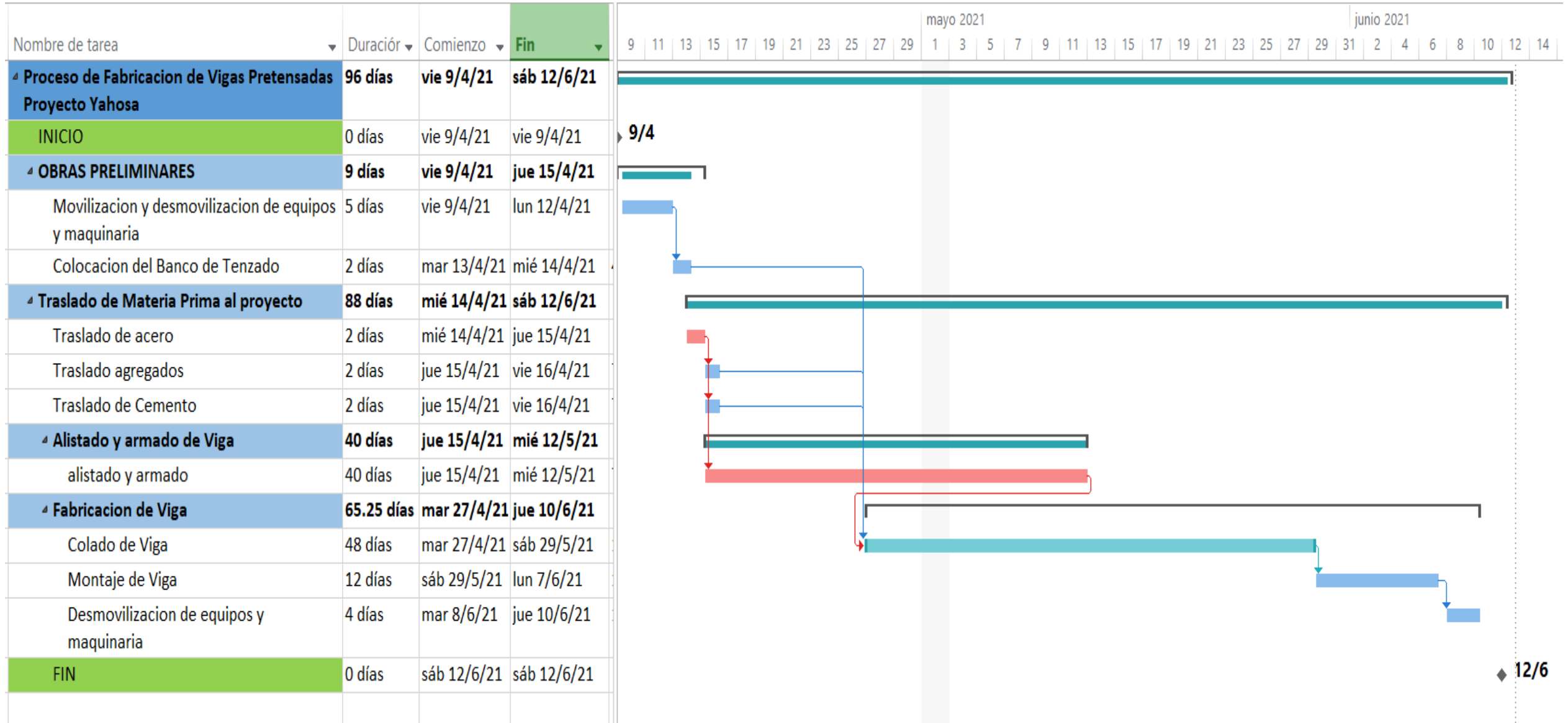
### PROGRAMACION DE FABRICACION PROYECTO WASLALA

TAREAS	PROGRAMA		DÍAS
	INICIO	FINALIZACIÓN	
Movilización de Equipos y Maquinarias	9-Apr	12-Jun	8
Instalación de Banco de Tensado	13-Apr	15-Apr	2
Traslado de Materia Prima (Acero, Agregados, Cemento, aditivos)	14-Apr	19-Apr	8
Alistado y Armado de Viga	15-Apr	12-May	40
Producción de viga 1 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>27-Apr</u>	28-Apr	1
Producción de viga 2 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>29-Apr</u>	30-Apr	1
Producción de viga 3 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>1-May</u>	2-May	1
Producción de viga 4 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>3-May</u>	4-May	1
Producción de viga 5 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>5-May</u>	6-May	1
Producción de viga 6 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>6-May</u>	7-May	1
Producción de viga 7 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>7-May</u>	8-May	1
Producción de viga 8 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>9-May</u>	10-May	1
Producción de viga 9 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>11-May</u>	12-May	1
Producción de viga 10 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>13-May</u>	14-May	1
Producción de viga 11 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>15-May</u>	16-May	1
Producción de viga 12 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>17-May</u>	18-May	1
Traslado y Montaje de 1-6 Vigas del Tramo 1 junto estribo Nº 2	<u>17-May</u>	18-May	1
Producción de viga 13 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>19-May</u>	20-May	1
Producción de viga 14 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>12-May</u>	13-May	1
Producción de viga 15 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>14-May</u>	15-May	1
Traslado y Montaje de 7-12 Vigas del Tramo 2 junto a estribo Nº 2	<u>14-May</u>	15-May	1
Producción de viga 16 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>16-May</u>	17-May	1
Producción de viga 17 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>18-May</u>	19-May	1
Producción de viga 18 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>20-May</u>	21-May	1
Producción de viga 19 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>22-May</u>	<u>23-May</u>	1
Traslado y Montaje de 13-18 Vigas del Tramo 2 junto a estribo Nº 2	<u>23-May</u>	<u>24-May</u>	1
Producción de viga 20 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>24-May</u>	25-May	1
Producción de viga 21 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>26-May</u>	27-May	1
Producción de viga 22 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>28-May</u>	30-May	1
Producción de viga 23 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>1-Jun</u>	2-Jun	1
Producción de viga 24 yahoska 30.46 mts 31tn	<u>3-Jun</u>	4-Jun	1
Traslado y Montaje de 19-24 Vigas del Tramo 2 junto a estribo Nº 2	<u>6-Jun</u>	7-Jun	1
Desmovilizaacion de Equipos y Maquinaria	<u>9-Jun</u>	10-Jun	4



### GESTION DEL PROYECTO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE MICROSOFT PROJECT





### 3.8. SITUACION ACTUAL DEL PROYECTO.

El puente Yahoska inicialmente era un puente de concreto armado de una sola vía de 87m de longitud de tan solo 2.5m de altura sobre el nivel del rio, el cual fue destruido por el Huracán Juana en 1988 debido al crecimiento del caudal del rio. Como alternativa a la falta de comunicación y acceso entre los departamentos de **RACCN y Matagalpa**, se construyó un puente provisional de concreto reforzado y vigas de acero para suplir la necesidad de los pobladores, este era de 97m de longitud con una altura de 4m sobre el nivel del rio, pero en temporadas de lluvia el caudal del rio crecía al punto de rebasar la altura del este, y que de igual manera dejaba sin acceso y comunicación los pobladores de estos municipios.

Debido a que cada invierno el Rio Yahoska con las lluvias se iba ampliando más, se decidió construir un puente que pudiera resistir y cumplir con la necesidad de circulación y comunicación segura para los pobladores de estos municipios.

El nuevo puente Yahoska es un vano de 122 m de longitud, de 2 vías de circulación, cuenta con 4 tramos de luz, 2 estribos abiertos en los extremos que transmitirán las cargas a la cimentación y el cual a su vez trabajarán como muro de contención, 3 pilas en puntos intermedios de toda la estructura, 6 vigas pretensadas de 30.46m de luz en cada tramo. 3 diafragmas distribuidos en el alma de la viga y dos diafragmas en los extremos.

## Conceptos y definiciones (acrónimos)

**RACCN:** Región Autónoma de la Costa Caribe Norte.

**ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

**AASHTO:** Asociación Estadounidense de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte.

**MTI:** Ministerio de Transporte e Infraestructura.

**BID:** Banco Interamericano de desarrollo.

**CONCRENIC:** Prefabricados de concreto de Nicaragua.

**DUROBLOCK:** Prefabricados de concreto.

**Asp Consultores:** Asociación de profesionales

**C.T:** Concretara Total.

**ACI:** Instituto Americano del Concreto.

**ISO 9001:** Sistemas de Gestión de Calidad.

**Nic 2000:** Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes.

**Nic-5:** Autopista nacional, ubicada en Nicaragua.

**NICASAP:** Sistema de administración de puentes de Nicaragua.

**Puente:** Un puente es una construcción que permite salvar un accidente geográfico como un río, un cañón, un valle o un cuerpo de agua, o cualquier otro obstáculo.

**Viga:** Es un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

**Pila:** Columna que soportan en puntos intermedios y además transmiten las cargas a la cimentación.

**Trabe AASHTO:** Son elementos estructurales de concreto presforzado; Ideales para soportar cargas para puentes en claros variables, ya que la longitud va de acuerdo con las necesidades del proyecto

**Estribo:** Soportan el tablero en los extremos, transmiten las cargas a la cimentación y además hacen función de muros de contención.

**Cimentación:** Puede ser directa o indirecta y su función es transmitir las cargas al suelo.

**Luz:** Es la distancia existente entre ejes de dos dispositivos de apoyo consecutivos.

**Vano:** Es la distancia existente de cara a cara de dos pilas contiguas o de cara a cara del estribo y la pila.

**Tramo:** Elemento estructural comprendido entre dos puntos que forman parte de una línea o de algo que se desarrolla linealmente, especialmente un camino o una vía.

**Cimbra:** Armazón que sostiene una estructura durante su construcción esta puede ser de madera o metálica.

**Molde:** Componente de encofrado en el que se vierte el hormigón fresco, al que contiene y da forma hasta que fragua y endurece, pueden ser de madera o metálicos, en algunos casos se suelen elaborar mediante la unión y ensamblaje de distintas piezas.

**Placa Neopreno:** conocidas como láminas de caucho, se utilizan como apoyo estructural que permite controlar la interacción de las cargas y movimientos entre las vigas y los bastiones que la soportan.

**Hormigón:** es una mezcla entre varios materiales hecho de cemento, arena, piedras. En el que a menudo, se usa como refuerzo con el acero.

**Concreto:** es una mezcla de materiales como la arena, grava y gravilla (también llamados agregados), y cemento. El concreto es un material que para endurecer sólo necesita agua durante el mezclado, es por eso que también puede ser utilizado bajo el agua.

**Concreto Presforzado:** Es la deliberada creación de esfuerzos internos permanentes, en una estructura o sistema, con el objeto de mejorar su desempeño. Tales esfuerzos son calculados para contrarrestar aquellos producidos por las cargas externas.

**Centroide:** El centroide de un área se refiere al punto que define el centro geométrico del área.

**Arriostramiento:** es una técnica supletoria que se suele aplicar en el campo de las construcciones para estabilizar y fortalecer la estructura en general.

**LICCON:** el sistema de planificación operativa hace posible la simulación asistida por ordenador de las aplicaciones de grúas, dependiendo de los siguientes parámetros de condición de carga: carga, alcance y altitud de elevación.

**Ksi:** Unidad de presión, esfuerzo, resistencia a la tracción perteneciente a las unidades del sistema inglés. (1 Ksi = 1000Lbf/in<sup>2</sup>)

**F<sup>´</sup>c:** Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>).

**F<sub>y</sub>:** Limite de Resistencia del acero (kg/cm<sup>2</sup>).

**E<sub>c</sub>:** Modulo de elasticidad del concreto.

**E<sub>s</sub>:** Modulo de elasticidad del acero.

**PSI:** Libra de fuerza por pulgada cuadrada es una unidad de presión perteneciente al sistema inglés unidades. (Lb/in<sup>2</sup>)

**m:** Metros.

**mm:** Milímetro.

**Cm:** Centímetros.

**Kg:** Kilogramos.

**Pulg:** Pulgadas.

**Ppm:** Partes por millón, evaluación que tiene un proveedor de satisfacer las necesidades del cliente.

**Ton:** Tonelada (Unidad de masa del Sistema Internacional de Unidades **SI**, de símbolo t o ton, que es igual a 1,000 kilogramos.)

## **CAPÍTULO IV: MARCO JURÍDICO.**

Las normas, ejercen un control sobre cada labor a realizar en la construcción, estas se encargan de regular el comportamiento para mantener un orden determinado, la aplicación de las normas establece procesos limpios y criterios que unifiquen los diseños, haciéndolas verificables, sostenibles y seguro.

En este capítulo mencionaremos normas que se utilizan al momento de Diseñar y construir un puente, tanto como nacionales e internacionales.

### **4.1 Normativas Nacionales Para la construcción de puentes.**

La norma que regula este sistema constructivo es la **NIC-2000. Para calles, carreteras y puentes**. Emitido en 1999. La cual es supervisada por el **Ministerio de transporte e infraestructura (MTI)**.

**Subdivisión 600 – Puentes.** Es el manual con todos los requisitos que se deben cumplir en la construcción de un puente durante el proceso de fabricación.

**Sección 602:** Concreto estructural. Consiste en el suministro, colocación, acabado y curación del concreto en puentes.

**Sección 603:** Estructura de concreto presforzado. Esta sección Rige la construcción bajo el sistema de presforzado. Los aceros de presfuerzo y refuerzo a utilizar y sus requerimientos

**Sección 611:** Dispositivos de apoyo. Requisitos que se debe cumplir para los apoyos a utilizar en la construcción de un puente además de la mención de la Norma Internacional **AASHTO 251**, la cual regula la fabricación y uso de este.

**Subdivisión 1000:** Especificaciones de calidad de los materiales. En esta sección se encuentran todos los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales a utilizar durante una construcción.

**Sección 1003:** Agregados, suelos y rocas. Sección que regula los tipos y requerimientos que deben tener los agregados.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

### **Normas Nacionales de Calidad**

Tienen su fundamento en la Ley N° 219 Ley de Normalización Técnica y Calidad. “Para los propósitos de esta norma, aplican los términos y definiciones proporcionadas en la norma ASTM C125.”

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense "Fabricación, Uso y Manejo del Cemento" **NTON 12 006-11**, describe las propiedades de los cementos hidráulicos y pruebas que deben realizarse a los mismos de acuerdo con la Sociedad Americana para la Prueba de los Materiales (**ASTM**).

“**NTN 15 021 - 18** Materiales de construcción. Concreto. Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado (**ASTM C1064/C1064M-17**).

Este método de ensayo provee un medio para medir la temperatura del concreto recién mezclado. La temperatura medida representa la temperatura al momento del ensayo y puede no indicar la temperatura del concreto recién mezclado un momento más tarde. Se puede usar para verificar el cumplimiento de un requisito específico de la temperatura del concreto.

“**NTN 15 025 – 19**”. Materiales de construcción. Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento, y contenido de aire (gravimétrico) del concreto.

Esta norma fue aprobada por el Comité Técnico de Normalización en su última sesión de trabajo el miércoles 25 de septiembre de 2019.

“**NTN 15 023 – 19**”. Método de ensayo para determinar el contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método por presión. Esta norma fue aprobada por el Comité Técnico de Normalización en su última sesión de trabajo el miércoles 27 de marzo de 2019.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

Esta norma es aplicable para la determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado a partir de la observación del cambio de volumen del concreto por un cambio de presión.

**“NTN 15 024 – 19”**. Materiales de construcción. Concreto. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto hidráulico.

Esta norma fue aprobada por el Comité Técnico de Normalización en su última sesión de trabajo el martes 30 de abril de 2019. Esta norma comprende la determinación del asentamiento del concreto hidráulico, tanto en laboratorio como en campo.

**“NTN 17 008 – 19”**. Materiales de construcción. Concreto. Muestreo de concreto recién mezclado. Esta norma fue aprobada por el Comité Técnico de Normalización en su última sesión de trabajo el miércoles 13 de febrero de 2019.

El propósito de esta norma es proveer requisitos y procedimientos normalizados para obtener muestras de concreto recién mezclado de los diferentes contenedores utilizados en la producción o transporte del concreto. Los requisitos detallados para materiales, mezclas, contenido de aire, temperatura, número de especímenes, asentamiento, interpretación de resultados, y precisión y sesgo están en los métodos de ensayo específicos.

## 4.2 Normativa Internacional.

### ❖ **Norma AASHTO para carga viva HL-93 (HS 30-44).**

HL-93 es un tipo de carga vehicular teórico propuesto por la AASHTO en 1993. Se utiliza como carga de diseño de estructuras viales en EE. UU. y otros países donde se sigue el código AASHTO. AASHTO HL-93 de carga viva vehicular es una combinación de tres diferentes cargas.

- 1- **HL-93**. Diseño de camión (anteriormente, **HS20-44 Truck**)
- 2- **HL-93**. Diseño en Tándem (anteriormente, militar alternativo).
- 3- Diseño del carril de carga.

Los detalles de aplicación y cálculo de diseño de vehículo de carga en vivo se explican en “AASHTO Puente Especificaciones de Diseño CI 3.6.1.2”.

### ❖ **Norma ASTM C150 Cemento Portland (2007).**

Norma que cubre ocho tipos de cementos portland. **Tipo I, Tipo IA, Tipo II, Tipo IIA, Tipo III, Tipo IIIA, tipo IV y Tipo V**. En el apartado 1.1.5. **Cemento Tipo III**. Es para usar cuando se desea alta resistencia inicial en el concreto.

### ❖ **Norma AASHTO. M31 Grado 60 (ASTM A 615/A615).**

Especificaciones del acero. El cual se regula en Nicaragua bajo las Normas **NTON 12 014 – 20**, en su apartado.3.1. **ASTM A 615/A615** “Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement”, (Especificación Normalizada para barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto).

La presente normativa deroga también en la Norma Nacional:

- ❖ Resolución Ministerial N° 014-2014 Acero de refuerzo, publicado en La Gaceta N° 45 del 07 de marzo del 2014.
- ❖ NTON 12 014 – 17 Materiales de construcción. Barras y alambres de acero de refuerzo para el concreto. Especificaciones y evaluación de la conformidad, publicada en La Gaceta N° 128 del 08 de julio del 2019

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

❖ **Norma ASTM C-494. Uso de Aditivos en concretos.**

Esta especificación cubre los requerimientos para la fabricación del hormigón premezclado, fabricado y entregado a un comprador como mezcla en estado fresco y sin fraguar como aquí se especifica. Los requerimientos de calidad del hormigón deben ser los aquí especificados o como los especifique el comprador.

❖ **Norma ASTM A-421 (415). Alambres de Acero Aliviado de Esfuerzo sin Recubrimiento para Concreto Presforzado.**

Esta especificación trata sobre dos tipos de alambre de acero de alto carbono redondo aliviado de esfuerzos comúnmente utilizados en construcciones lineales de concreto presforzado.

## **CAPITULO V: DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1 Tipo de Investigación**

Esta investigación cuyo diseño del tema es teórico - práctico, conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del sistema de hormigón pretensado, es porque el planteamiento de estudio, realización y conclusión abarca un tema derivado de una teoría, pretende comprobar dentro de un ambiente práctico, experimental o empírico. Esta investigación teórica como práctica, busca el desarrollo de un estudio más profundo sobre el tema al aplicar ambos métodos.

Por la forma de recopilación de datos, para comprobar la teoría puesta en práctica, es expositiva porque su contenido y aportaciones provienen de la experiencia, práctica o investigación específica de interés exclusivo del propio investigador. El propósito es exponer los resultados, las experiencias y los métodos utilizados en el desarrollo de la investigación con el debido rigor científico. El objetivo principal es dar a conocer y someter a consideración pública sus observaciones y ensayos particulares, el análisis del tema, el suceso especial y los resultados de investigación.

Por su enfoque investigativo es mixta (cualitativa y cuantitativa) ya que de acuerdo con el doctor Roberto Hernández Sampieri, este enfoque mixto es un método de investigación que “recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o serie de investigaciones para al planteamiento de un problema y puede implicar la conversión de datos cuantitativos en cualitativos y viceversa. El enfoque mixto puede utilizar ambos enfoques para responder distintas preguntas de investigación para un planteamiento del problema. Implica, desde el planteamiento del problema, mezclar la lógica inductiva y deductiva”.<sup>6</sup>

De acuerdo con los objetivos este estudio es de carácter explicativo. En esta clasificación podemos agrupar aquellas tesis cuyo objetivo de estudio es analizar un

---

<sup>6</sup>Roberto Hernández Sampieri, Metodología de la investigación, 4a. edición, México, McGraw Hill, 2006, pág. 755.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

fenómeno particular con la finalidad de explicarlo en el ambiente donde se presenta, interpretarlo y dar a conocer el reporte correspondiente.

Por la recopilación mixta de datos documentales, de campo y experimentales. Son los trabajos que combinan tanto la información documental referente al fenómeno en estudio, como la que se genera directamente del campo donde éste se presenta; toda esta información se utiliza para efectuar pruebas controladas dentro de un riguroso marco experimental. Esta recopilación mixta de información documental, de campo y experimental estará determinada por las características y los requerimientos de la metodología de investigación seleccionada.

De acuerdo con el origen de esta investigación es una investigación tecnológica, un concepto amplio que abarca un conjunto de técnicas, conocimientos y procesos, que sirven para el diseño y construcción de objetos para satisfacer necesidades humanas. En la sociedad, la tecnología es consecuencia de la ciencia y la ingeniería, aunque muchos avances tecnológicos sean posteriores a estos dos conceptos. La palabra tecnología proviene del griego tekne (técnica, oficio) y logos (ciencia, conocimiento).<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> <http://www.alegsa.com.ar/Dic/tecnologia.php>. Referencia de Internet, consultada en mayo de 2008.

## **5.2 Área de Estudio.**

En la presente investigación se tomó como área de estudio el Puente Yahoska, ubicado en Waslala, municipio de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, Nicaragua, en este diseño de puente, es donde se desarrolla el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del sistema hormigón pretensado.

## **5.3 Unidad de análisis.**

La unidad de análisis/muestreo son las vigas que en su totalidad se construyeron 24 vigas AASHTO tipo IV para puentes de 30.46 metros de longitud cada una, utilizadas para el proyecto de construcción del puente Yahoska ubicado en Waslala, en el periodo del segundo semestre del año 2021.

Estas vigas se construyeron bajo el proceso de construcción de sistema de hormigón pretensado que se considera idóneo ya que son elementos estructurales ideales para soportar cargas para puentes en claros hasta de 15 a 45 metros de longitud, esto garantiza reducir la extensión de tiempo de un proyecto por su proceso automatización del armado de las partes de la viga.

## **5.6 Métodos e Instrumentos de Recolección de Datos.**

El método de recolección de datos, como fuente primaria fue la observación, porque se realiza un control sistemático para poder describir las etapas del proceso de constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, esta información observada sistemáticamente se reporta en formatos que establecen las normativas de construcción de estas vigas.

Los instrumentos utilizados como fuentes secundarias fueron los formatos que establece la normativa de construcción del Manual Especificaciones generales para la construcción de Calles, Caminos y Puentes.(NIC-2000.), también se realizaron entrevistas a los participantes en el proyecto constructivo de las vigas AASHTO tipo IV, vitales en los procesos de construcción de estas, igual se aplican a empresas e ingenieros civiles con experiencia o especialidad en construcción y diseño de estructuras de vigas, así como el montaje de estas.

Como fuentes terciarias como libros, artículos, revistas, documentos electrónicos o internet, en este caso se tomarán en cuenta las recopilaciones y aportes de otros estudios realizados, sus fuentes secundarias y exposiciones temáticas. Ejemplo (tesis, ensayos, entre otros.).

## **CAPITULO VI: INTERPRETACION DE RESULTADOS**

### **6.1. Interpretación.**

En el capítulo que se expone a continuación se presenta los resultados obtenidos para conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del sistema de hormigón pretensado. Se tomó como área de estudio el Puente Yahoska, ubicado en Waslala, municipio de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, Nicaragua.

Para llevar a cabo un análisis de forma más clara se describe la información obtenida durante el transcurso de la investigación. Mediante la metodología seleccionada, se realizó una investigación teórica del tema, donde se obtuvo información tanto documental como experimental de personas capacitadas en el tema.

Se recopilaron datos teóricos y técnicos para entender cómo es el proceso de fabricación. Durante el tiempo que se dedicó para realizar la investigación, se fue conociendo más acerca de los métodos y actividades que se deben realizar para obtener buenos resultados al momento de producir Vigas AASHTO tipo IV con el sistema de Hormigón Pretensado.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

Como área de estudio se tomó el puente Yahoska, utilizando como muestra o unidad de análisis las 24 Vigas AASHTO tipo IV

Durante el momento de ejecución se realizó un estudio de tiempo de fabricación de cada Viga, tomando como referencia las actividades a realizar, donde se incluyen la cantidad de personas que laboran para poder realizar cada actividad, midiendo el tiempo por cada una, también se toman en cuenta los movimientos de máquinas (Grúa).

Para el inicio de las actividades, está el alistado y elaboración de estribos para la armadura de la viga, esta actividad la realiza un grupo de 6 personas, teniendo 2 personas que se dedican a cortar las varillas, y 4 que doblan y arman los estribos.

Luego de tener listo los estribos, se procede a armar el esqueleto de la viga, teniendo una cantidad de 6 personas alistando y armando una Viga, tomando un tiempo estimado de un día y medio (1 ½ día) para tener lista una armadura.

Una vez realizada esas actividades, el proceso se repite hasta tener las 24 armaduras listas para colar.

Para entender mejor el estudio de los tiempos de producción, se elaboró una tabla en Excel con el orden de las actividades, tomando el tiempo desde inicio hasta tener el producto terminado en el punto de fraguado.

PROCESO	ACTIVIDAD	PERSONAL	DURACION (HRS)
1	ARMADO DE 1 CARA DEL MOLDE	6	01:40:00
2	IZAJE DE ARAMADURA DE VIGA	4	01:40:00
3	COLOCACION DE TENDONES + TENSADO	5	01:40:00
4	ARMADO DE 2da CARA DEL MOLDE	6	01:30:00
5	COLADO DE CONCRETO	5	03:00:00
6	CIERRE	3	00:30:00
7	FRAGUADO	0	16:00:00
8	DESENCOFRE	6	01:00:00
9	CORTE DE TENDONES DE VIGA	4	00:30:00
10	IZAJE Y TRASLADO DE LA PIEZA	4	02:00:00
11	CURADO Y RESANE	1	72:00:00

### **6.3. Métodos e Instrumentos utilizados.**

Durante el tiempo de Investigación se utilizaron instrumentos para la recolección de información, donde como fuente primaria para la obtención de datos fue la observación, ya que mediante esta se realizó un control de cada actividad realizada, logrando obtener un tiempo estimado por cada etapa del proceso de fabricación, esto ayudo a conocer cuál es el orden de actividades.

Además, mediante este instrumento logramos adquirir conocimientos sobre el proceso de ejecución de cada actividad, durante el tiempo dedicado se logró conocer la cantidad de horas que requiere la producción tanto de armaduras como de colado de viga, obteniendo como resultados un mínimo de 6 personas, las cuales se desempeñan en la mayoría de las actividades durante horas determinadas o necesarias ya que una vez que terminan una actividad, el personal apoya en otra actividad si se requiere.

Mediante entrevistas realizadas, se logró conocer los tipos de Viga pretensadas para puentes, materiales y métodos de fabricación, como resultados de una de las preguntas formuladas, se obtuvo como respuesta, que en Nicaragua las Vigas AASHTO tipo IV Pretensada, son las más utilizadas ya que este tipo de Vigas representan menores costos en la obra y un método más seguro al momento de fabricar.

## **CONCLUSIONES**

El presente estudio me permitió evidenciar que el uso del concreto pretensado en vigas para puentes es de gran importancia, considerando sus características, ya que su diseño y proceso de construcción cumple tanto con las normas nacionales como internacionales, el uso del mismo es factible, muy útil e indispensable en el ámbito de la construcción de Vigas, además que el tiempo de producir este tipo de elementos y obtener un concreto más resistente es lo que ha llevado a que las empresas e ingenieros que se desempeñan en la Fabricación y Diseño de este, sea utilizado para la fabricación de vigas para puentes.

El uso de este método es más rentable para las empresas nicaragüenses, ya que ingenieros especialistas en diseñar puentes, lo prefieren por encima de otros métodos, lo cual garantiza que, en los próximos años, la construcción de puentes seguirá utilizando vigas pretensadas.

## **RECOMENDACIONES.**

- Al optar por el uso de Vigas con el sistema de concreto pretensado para dar solución constructiva a la infraestructura de un puente. Se recomienda realizar un análisis económico comparando donde es mejor fabricar este tipo de elemento.
- Siempre es importante tener en cuenta la distancia a la que se encuentra la fábrica de producción y la disponibilidad de estos, ya que una distancia muy grande implicaría también un costo de transporte elevado.
- De igual manera sucede con el tipo de agregado a utilizar en el concreto, depende donde esté ubicada el banco de agregados, estos también deben cumplir con los requisitos bajo Normas Nacionales NTON, NIC-2000 e internacional ASTM, AASHTO, y si la distancia del banco de materiales de Clase A, para el concreto a utilizar está muy lejos igual implicaría mayor costo en el traslado.
- Se requiere siempre la supervisión de ingenieros u operadores con experiencia para poder garantizar la calidad en todos los aspectos del proceso constructivo.
- Es necesario que el concreto cumpla con los requisitos de calidad bajo las Normas Internacionales ASTM Y ACI, teniendo en cuenta siempre el diseño especificado.
- Al momento de realizar las operaciones de pretensar los cables o movimientos de grúas, es recomendable verificar que no haya personal cerca de las maniobras, así evitar una tragedia.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Arthur H. Nilson. (1964). Diseño de estructura de concreto.
2. Nilson, Arthur H. (1987). Design of Prestressed Concrete. John Wiley & Sons. ISBN 0471830720.
3. Bayardo Altamirano. Apuntes de Materia Facultativa concreto reforzado II.
4. Comité 318 de ACI, Requisitos del código de construcción para hormigón armado, ACI Estándar 318-95. Detroit: Instituto Americano del Concreto, 1995.
5. CEAC, (EP-1980) Instrucciones para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado.
6. Asociación Estadounidense de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte AASHTO. (1996.). Especificaciones estándar para puentes de carretera. Washington, D.C.
7. Carlos Y. Rodríguez Castañeda. Trabajo de Diploma. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas Facultad de Construcciones (Cuba. 2009-2010) Manual para el diseño y revisión de vigas de hormigón pretensado.
8. Normas Nicaragüenses Nic-2000 para calles, caminos y puentes. Manual A.A.S.H.T.O- M31, grado 60 ( $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$ , acero de refuerzo
9. Bayardo Altamirano. Apuntes de Materia Facultativa en Puentes.
10. Jorge Daniel Urbina. UNAN Managua. Monografía. Proceso constructivo de Viga pretensada.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

## **WEBGRAFÍA.**

- 1- <https://psiconcreto.com/english/aditivos-para-concreto/>.
- 2- <https://es.slideshare.net/jonathancuottodellan/norma-aashto>.
- 3- [http://docplayer.es/87626970-Temas-fundamentales-de-concreto-presforzado-Ing-felipe-de-jesus-orozco-zepeda.html#download\\_tab\\_content](http://docplayer.es/87626970-Temas-fundamentales-de-concreto-presforzado-Ing-felipe-de-jesus-orozco-zepeda.html#download_tab_content).
- 4- <https://idoc.pub/documents/diseo-de-estructuras-de-concreto-presforzado-arthur-nilson-qn851er122n1>.

## **ANEXOS**

- Respuesta de Entrevistas 1.

**Entrevistado:** Ing. Ángel David Munguía Arauz

**Empresa:** Preconicsa. Prefabricados de concreto. CONCRENIC.

**Cargo:** jefe de planta KM 47.

**Correo:** a.munguia@concrenic.com.ni

### **¿Qué tipo de viga se utilizó en el proyecto puente Yahoska en Waslala?**

Las vigas fabricadas en el proyecto fueron vigas AASHTO tipo IV, para claros de 30m, con 45 tendones, 5 tendones ubicados en la parte superior de la viga, y 40 ubicados en la parte inferior.

### **¿Por qué se utilizaron este tipo de vigas en el proyecto?**

Porque se determinó la viabilidad económica y estructural para instalar 3 pilas y 2 estribo en los extremos.

### **¿Por qué no otro tipo de viga?**

Por qué en Nicaragua no hay empresas que logren construir vigas más grandes, quizás porque la mayoría de los puentes en el país son de 30m de longitud promedio.

### **¿Qué tipo de norma se utilizan?**

Las construcciones están reguladas por la Normas Nicaragüenses Nic-2000, y los procesos de dimensionamiento estructural están basados en las normas Internacionales AASHTO (LRFD) Y las normas internacionales ASTM (Cemento, Agregados, Acero, Aditivos).

### **¿Cuáles son las especificaciones que se utilizan en el proceso constructivo de vigas para puente?**

Las especificaciones para la construcción de las vigas para puente se regulan por la norma NIC-20000 para calles, caminos y puentes, en las especificaciones estructural para cálculos y diseños se trabaja con Normas Internacionales AASHTO (LRFD) por parte de la calidad del Concreto, Acero, Cemento y Aditivos se rigen bajo normas Internacionales ASTM.

### **¿Qué tipo de concreto y aceros se utilizan para la fabricación de este tipo de vigas para puente?**

El diseño de mezcla está determinado por el mismo estructural, para dar a la norma AASHTO (LRFD), usualmente se utiliza como mínimo un concreto 8000 PSI a 28 días.

Con respecto al acero, se implementó en el proceso productivo grado 60, y en los tendones se utilizó acero de baja relajación 270 KSI.

### **¿Cómo está dividido el proceso de fabricación de este tipo de vigas para puente?**

El proceso de fabricación para la viga se realiza mediante una programación de actividades a realizar, el cual se detalla de la siguiente manera.

1. La instalación del molde o cimbra de la viga el cual está dividido en dos caras, para la cual se coloca una cara primero.
2. Una vez verificada la armadura por el supervisor y lista la primera cara del molde se procede a colocar la armadura de la viga.
3. Una vez colocada la Armadura de viga en el molde se procede a la colocación de los tendones ubicados en su lugar según los planos.
4. Una vez colocados todos los tendones y verificados los puntos de izaje de la viga y que los tendones no estén enredados.
5. Se procede a tensar cada tendón con el gato hidráulico propiedad de la empresa subcontratada y en cargada de la fabricación de vigas, supervisado y registrado en formato se procede a pretensar la viga.
6. Cuando se haya terminado de pretensar todos los torones y se hayan registrado en el formato de registro de pretensado supervisado por un encargado especialista, se procede a colocar y terminar de encofrar la viga.
7. Se procede a la fundición del concreto, una vez hecha la mezcla y verificado el flujo del concreto en el cono de Abrams por el encargado y el supervisor, se vierte en el molde.
8. Al terminar de verter el concreto en el molde o cimbra se protege toda la estructura con plásticos para su fraguado.
9. cumplidas las horas requeridas según diseño, se realizarán las pruebas de resistencia del concreto, obtenida la resistencia se procede a

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

desencofrar y destensar los tendones para retirar la viga del banco y así iniciar a fabricar la siguiente viga.

Proceso	Actividades
1	Armado de 1 cara del molde
2	Izaje Viga
3	Colocación de Tendones + Tensado
4	Armado de 2da Cara del molde
5	Fundición
6	Cierre
7	Fraguado
8	Prueba
9	Desencofre
10	Corte de Tendón de Viga
11	Traslado de la pieza
1	Armado de 1 cara

### **¿Cómo es el control de calidad en todo el proceso constructivo de la viga para puente pretensada?**

La supervisión de cada uno de los ítems se da bajo la inspección de la empresa supervisora en este caso ASP Consultores.

- cumplimiento del diseño estructural de armaduras.
- Cumplimiento en el flujo del concreto.
- Cumplimiento en las especificaciones técnicas de agregados y cemento.
- Cumplimiento en la curva de resistencia en los testigos.
- Cumplimiento en las especificaciones dimensionales de la viga.

### **¿Cuentan con un plan de izaje de las vigas para puentes?**

Si, previamente al proceso de fabricación se estudian los planos de conjunto, y la estrategia de avance del cliente para poder determinar la factibilidad de avance y condiciones necesarias para terminar el puente.

## **Entrevista 2**

**Entrevistado:** Ing. Fabiola Benavides.

**Empresa:** ASP. consultores.

**Cargo:** Supervisor.

### **¿Qué es ASP consultores?**

Es una firma de consultora multidisciplinaria, orientada a la gestión integral de todo tipo de proyectos en áreas técnicas, administrativas, certificada bajo Norma ISO 9001, con personal y equipo calificado que brinda los servicios de supervisión de calidad. En este caso verificación de calidad de producción.

### **¿Cuándo inicio el proyecto del puente Yahoska en Waslala?**

El proyecto del puente Yahoska se dio inicio en el primer semestre del año 2021, empezando con las obras preliminares del proyecto por la empresa PRODECON S.A.

### **¿Cuándo inicio la producción de las vigas pretensadas para el puente Yahoska en Waslala?**

Un 28 de mayo del 2021, se inició la fabricación de vigas pretensadas para el puente Yahoska. Bajo la supervisión de ASP consultores una vez verificado todos los estándares de calidad.

### **¿Cómo es el proceso de supervisión de vigas para puentes?**

Se asigna un supervisor por la empresa ASP Consultores, quien se encarga de verificar las etapas de armado del acero, fabricación del concreto, y montaje de la viga, el supervisor debe verificar que se cumplan con las normativas de dimensionamiento de la pieza, normativa de tensión de los tendones, normativa para el concreto según el tipo de diseño, y la verificación al momento de romper los testigos o cilindros.

### **¿Cuáles son los parámetros de calidad del concreto en este tipo de vigas pretensadas para puentes?**

Los parámetros para el concreto que se evalúan son:

- El flujo del concreto a través del cono de Abrams invertido.
- La Relación agua-cemento para el cumplimiento de un  $F'c=8,000$  Psi.
- Que se cumpla con el diseño de mezcla para el concreto especificado para cumplir con los requerimientos del plano.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigón pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.

- Que el concreto cumpla con la resistencia necesaria antes de destensar los tendones que serían  $F'c=6,000$  Psi, mínimo para poder hacerlo.

### **¿Qué tipo de Materiales se utilizaron para lograr tener un concreto de alta resistencia inicial?**

Los materiales utilizados fueron, material cero de la planta de agregados de Holcim ubicada en cofradía.

La grava que se utilizó fue del plantel las cumbres.

El tipo de Cemento fue un cemento tipo HE de la empresa CEMEX.

Para la mezcla de concreto se utilizaron aditivos retardantes, Plastificante y acelerante para alcanzar la resistencia a 16 horas.

### **¿Qué tipo de parámetros utilizan para el montaje de vigas pretensadas en el proyecto Waslala?**

Los montajes de las vigas se hacen en coordinación tanto con la empresa subcontratada de las vigas y bajo la supervisión encargada, ya que la instalación de las vigas se debe hacer sobre el asiento de la viga en los cuales van instaladas placas de neopreno, por lo que se verifica con topografía que los asientos estén conforme al plano y así poder instalar las vigas.

### **¿Cómo calculan la contra flecha en viga para puente pretensada?**

La contra flecha normalmente se da como una reacción al presfuerzo que se le ejerce a la armadura, y normalmente quien se encarga de calcular esos esfuerzos es el ingeniero estructural.

### **¿Cuál es la medida máxima y mínima que se permite en contra flecha en las vigas para puente pretensada?**

Como una medida se trabaja con un rango de  $\pm 10$  cm el cual está dada por el ingeniero estructural.

**Entrevistado:** Ing. José Rafael García Balladares.

**Empresa:** EDICRO

**Cargo:** Gerente General, Ing. Estructural.

**¿Qué tipo de Norma Nacional o Internacional se utilizó al momento de diseñar el puente Yahoska?**

La norma de Diseño que se utilizó para el puente Yahoska es la Norma Americana para cargas Viva HL-93.

**¿Cuál fue el proceso de elección para construir un puente de 122 Metros?**

Para la elección de la longitud del puente se realizó un cálculo Hidráulico que se hace para determinar de dimensión del puente, se calcula para un periodo de retorno de 50 años.

**¿Por qué se Diseñó con vigas pretensadas y no postensadas?**

Porque es barato construir con este tipo de sistema, ya que para este solo se compran los cables, y son más fáciles de maniobrar.

**¿Qué tipo de cables utilizaron para el presfuerzo?**

Se utilizaron cables de  $\frac{1}{2}$ ", por las dimensiones y la cantidad de cables que se le van a meter a la viga

**¿Por qué?**

Porque este tipo de cable es el único que había en el mercado nacional ya que, en el momento de diseño del puente en el 2017, se utilizaba más ese tipo de cable.

**¿Utilizan algún programa para Diseñar y calcular la resistencia de las vigas?**

El programa que se utiliza para este tipo de diseño o cálculo se llama LEAD RC-PIER

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



<sup>8</sup> ILUSTRACIÓN 22. ANTIGUO PUENTE YAHOSKA.

---

<sup>8</sup> Fuente. Google.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Ilustración 23. Instalación del Banco de Tensado.

Fuente: Propia



Ilustración 24. Colocación de primera cara de molde.

Fuente: Propia

- 1- Colocación y alineación de primera cara del molde.
- 2- Colocación de refuerzos(arriostre) al molde una vez alineado.
- 3- Listo y alineado, se procede a aplicar Aditivo Máster Finish (Desmoldante, de la línea BASF)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Ilustración 25. Verificación de las medidas de armadura, y colocación en el molde.

Fuente: Propia

- 1- Verificación de medidas de armadura, para colocar en el molde.
- 2- Izaje de armadura para colocación en el molde.
- 3- Izaje de armadura en planta Concrenic Km 47 carretera vieja a león.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Ilustración 26. Colocación y verificación de torones.

Fuente: Propia

- 1- Banco de tensar con Orificios donde son colocados los cables para luego tensar.
- 2- Colocación de dispositivos de anclaje.
- 3- Colocación de cables cuando la armadura está ubicada en el banco de tensar.
- 4- Revisión de Cables, antes de tensar se debe realizar esta actividad para estar seguros de que ningún cable esta enredado con otro.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Ilustración 27. Momento de Tensado de Torones.

Fuente: Propia

- 1- Encargados de realizar el tensado toman registro de las medidas iniciales del cable, como también las medidas de tensión siempre corroborando la elongación del cable.
- 2- Momento de tensado, colocación del pistón para tensar los cables uno por uno.
- 3- Rigidez de la armadura al momento de haber terminado de tensar todos los cables.
- 4- Bomba hidráulica para tensar los cables
- 5- Armadura de viga totalmente tensada.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Ilustración 28. Colocación de segunda cara del molde.

Fuente: Propia

- 1- Izaje de molde para la colocación de la segunda cara.
- 2- Colocación y fijación de segunda cara de molde.
- 3- Finalización de colocación de molde, para proceder a vaciar concreto.



Ilustración 29. Pruebas de calidad del concreto en el Cono de Abrams.

Fuente: Propia

- 1- Ensayo de flujo para concreto autocompactante según Norma ASTM C-1611.
- 2- Se toman muestras o testigos en cilindros de 10 cm de diámetro por 20 cm de alto, para luego realizar pruebas de compresión.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Ilustración 30. Proceso colado del concreto.

Fuente: Propia

- 1- Proceso de colado de concreto en planta km 47 mediante el uso de un camión Auto hormigonado (Carmín).
- 2- Proceso de colado de concreto en Preconicsa (Prefabricados de Nicaragua planta km 47) mediante el uso de un camión Auto hormigonado (Carmín).
- 3- Colado de concreto de viga en Proyecto Yahoska mediante el uso de camión Mixer. (primer camión y segundo camión en la ilustración 3)
- 4- Al finalizar la llena de concreto, se cubre con plástico todo el molde en la parte superior para evitar la deshidratación del concreto.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Ilustración 31. Prueba de compresión a testigos.

Fuente: Propia

- 1- Máquina automática UTES, para pruebas compresión de 200 KN.
- 2- Momento de prueba de compresión de testigo para conocer la resistencia del concreto antes de destensar o cortar los cables.
- 3- La resistencia mínima para poder liberar el molde es de 6,000 Psi un equivalente a 420 Kg/cm<sup>2</sup>.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



**Ilustración 32. Desencofrado de Viga.**

**Fuente: Propia.**



**Ilustración 33. proceso de Izaje.**

**Fuente: Propia**

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



### Ilustración 34. Proceso de almacenado y fraguado.

Fuente: Propia.

- 1- Extracción de viga del Banco de tensar para colocar en punto de almacenado.
- 2- Lugar de almacenado de Vigas.
- 3- Vigas en el area de Fraguado, en espera de traslado al punto de montaje.



### Ilustración 35. Momento de cargar Viga.

Fuente: Propia.

- 1- Carga de viga en Camión Dolly para Traslado el punto de montaje.
- 2- Fijación de rastra para seguridad de carga.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Ilustración 36. Verificación de Placas de Neopreno y Terreno.

Fuente: Propia.

- 1- Placas de Neopreno Instaladas en el asiento para cada viga.
- 2- Mejoramiento de terreno, para colocación de grúas para realizar montaje de Vigas.
- 3- Proceso de Maniobra de montaje con Grúas.

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



Fuente: Propia

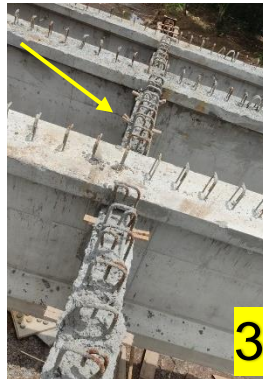
- 1- Viga en punto donde se procederá a realizar el izaje.
- 2- Colocación de Vigas de tramo del estribo N°1

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



**Ilustración 37. Montaje de vigas.**

**Fuente: Propia**



**Ilustración 38. Viga Transversal y junta de Expansión.**

**Fuente: Propia.**

- 1- Tramo del Estribo N°2- Pila 3.
- 2- Punto donde ira la junta de Expansión.
- 3- Viga transversal (Diafragma)

“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



**Ilustración 39. Izaje de Vigas Estribo N°1 - Pila N°1**

**Fuente: Propia.**

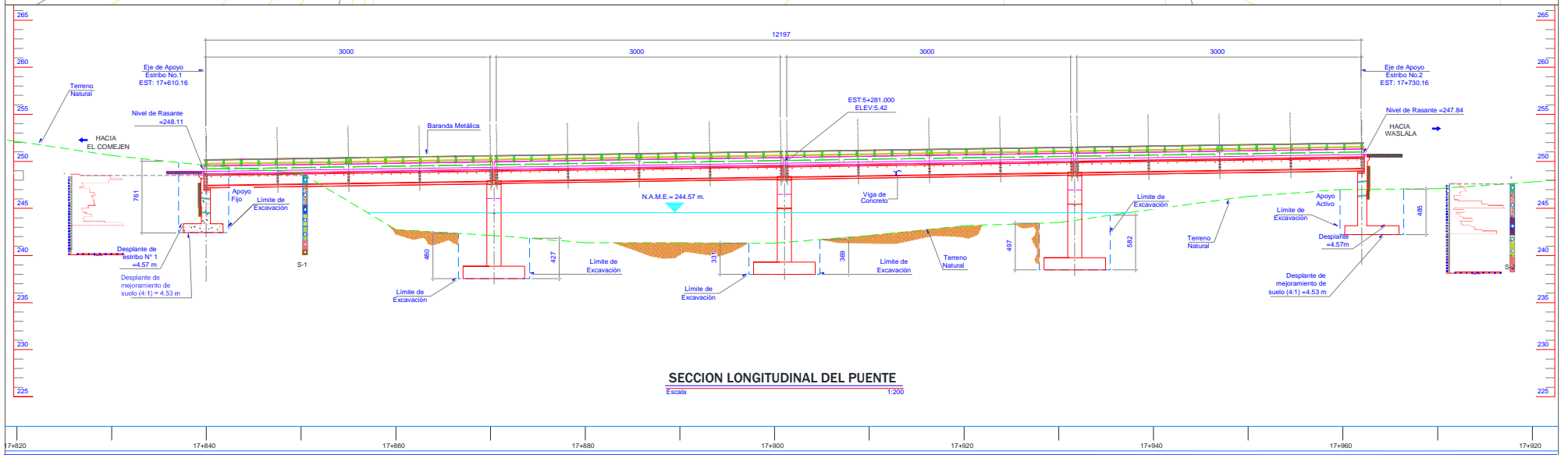
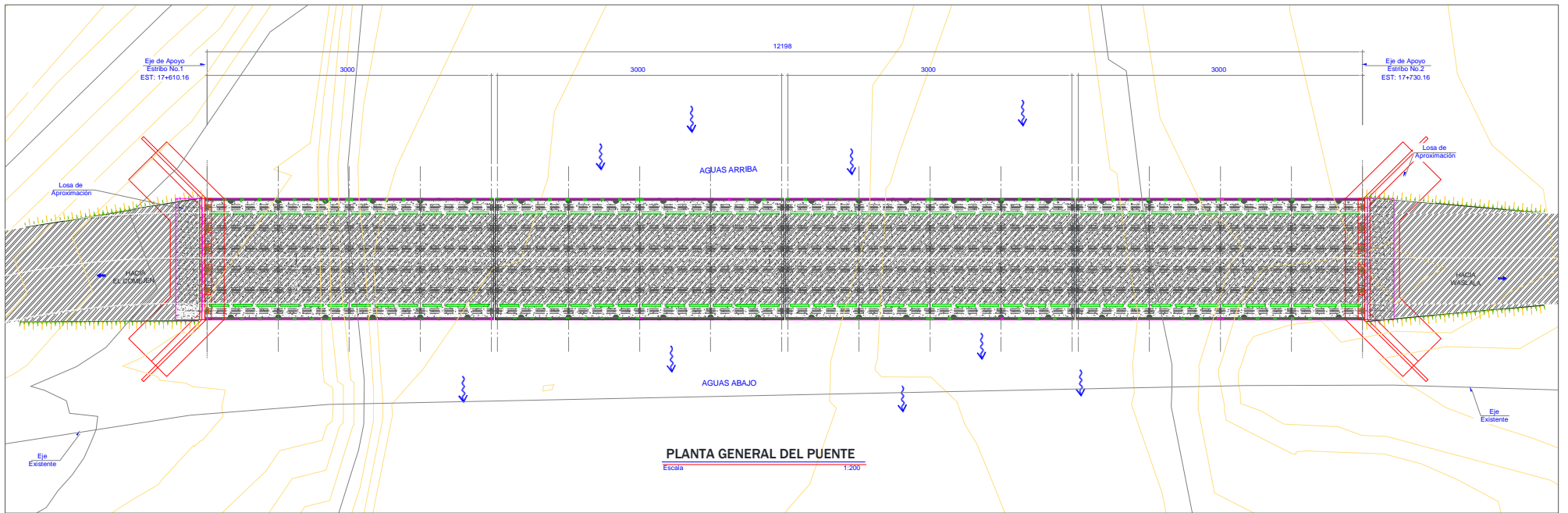
- 1- Colocación de ultimas vigas del eje del Estribo N°1.
- 2- Junta de Expansión.



“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



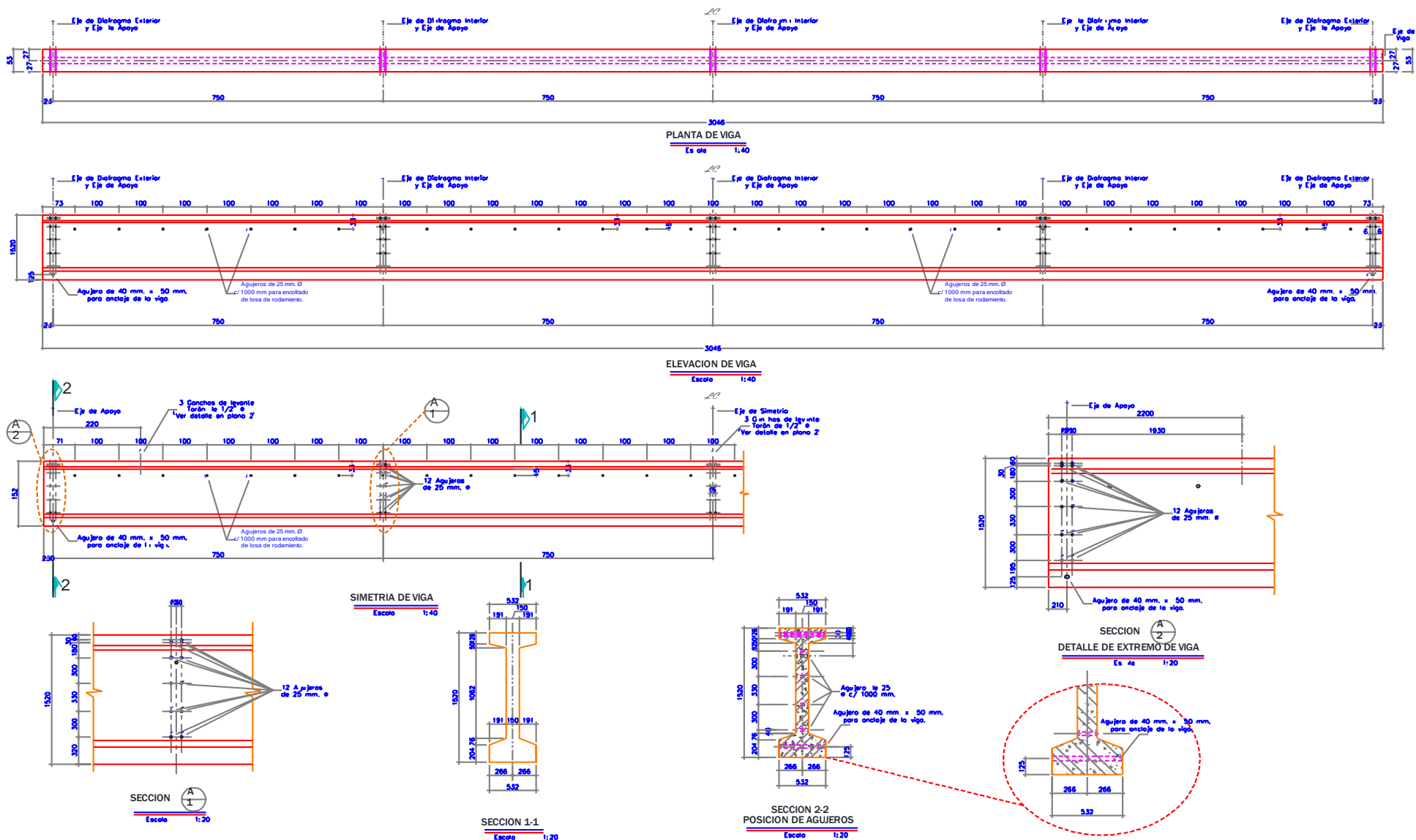
Ilustración 40. Nuevo Puente Yahoska.



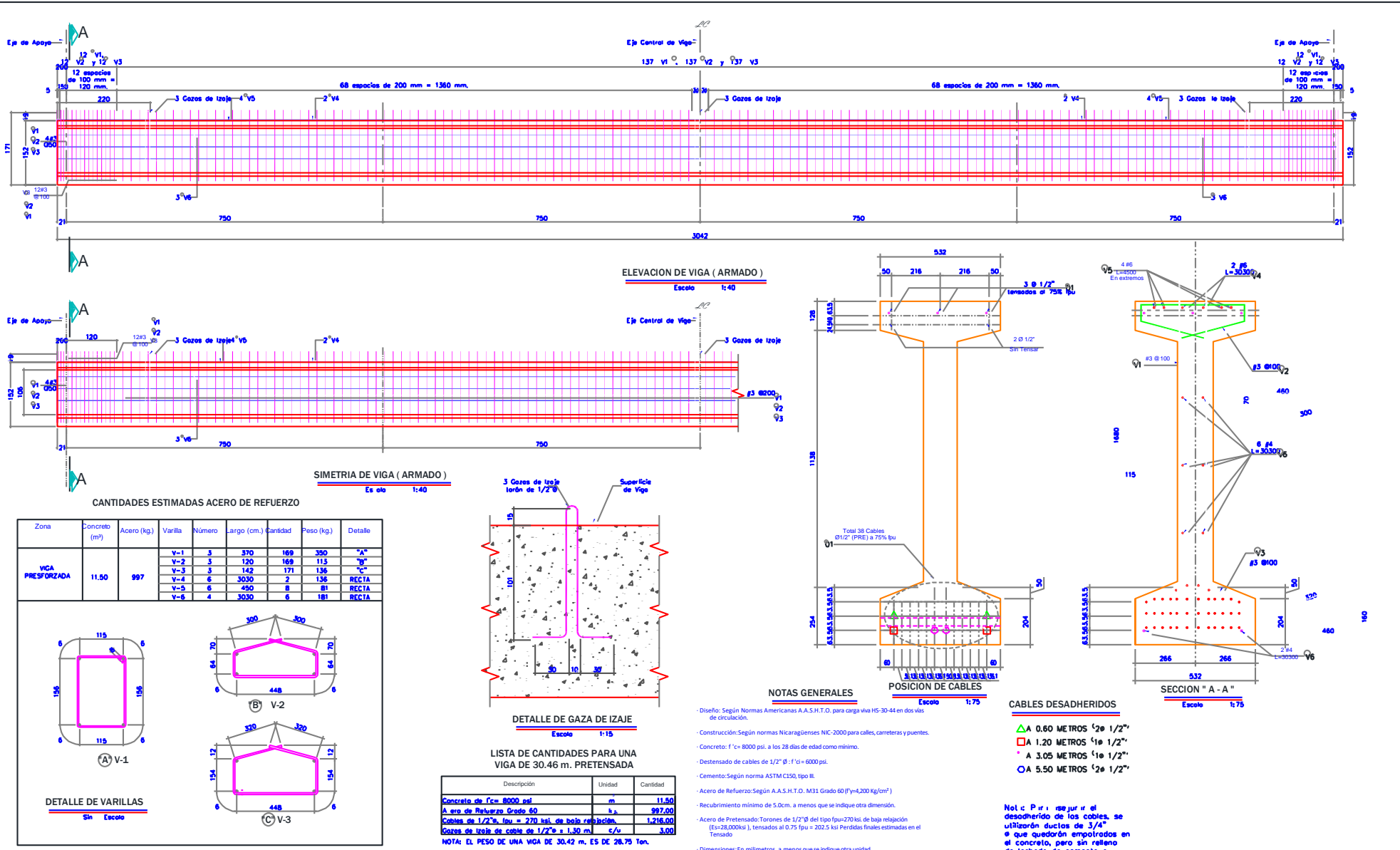
PLANO TALLER I. PUENTE YAHOSKA



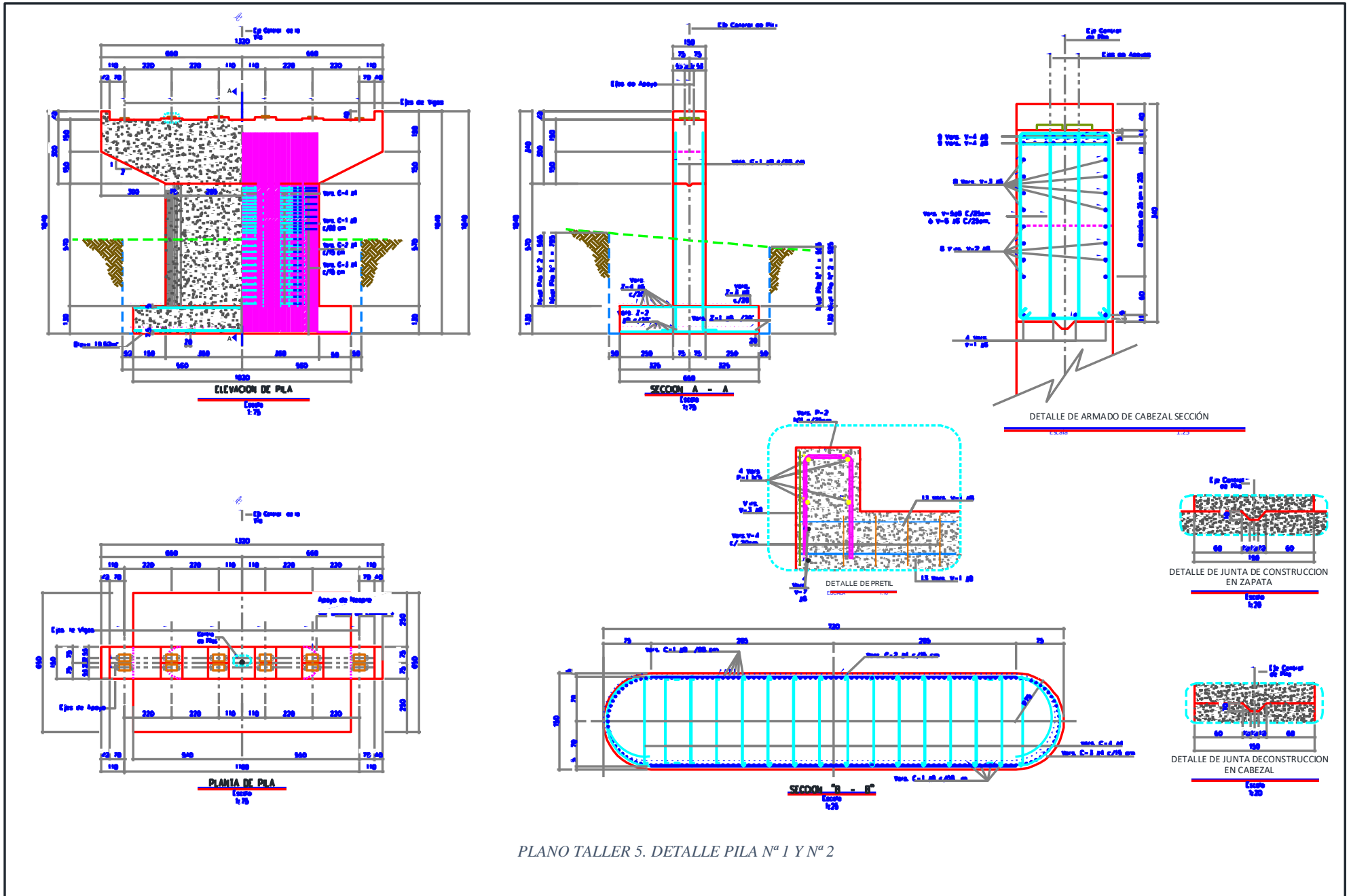
“Conocer el proceso constructivo de vigas AASHTO tipo IV para puentes, mediante el uso del hormigon pretensado, aplicado en el proyecto Puente Yahoska.



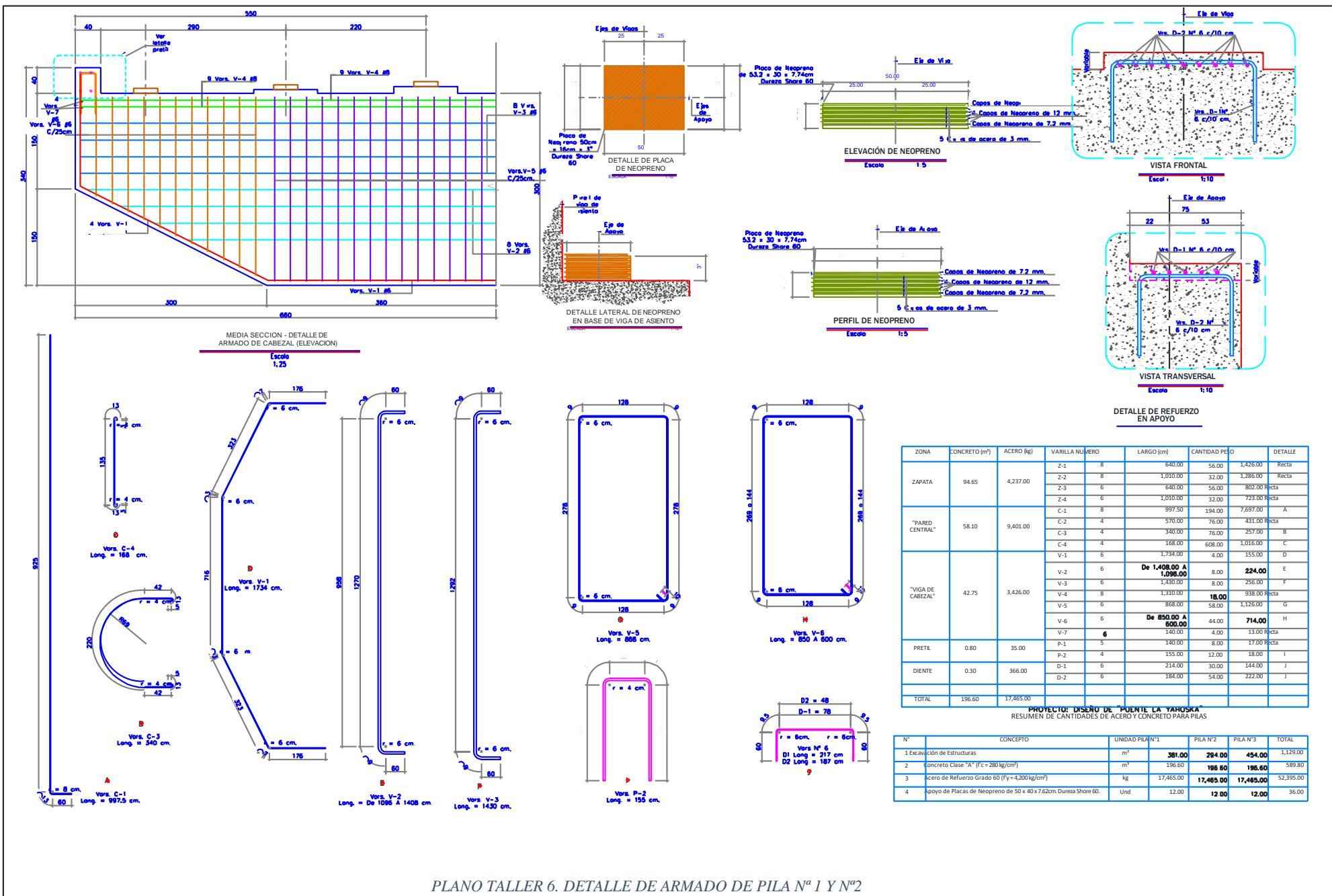
PLANOS TALLER 3. VIGA PRETENSADA DE SECCION I (30.46 M)



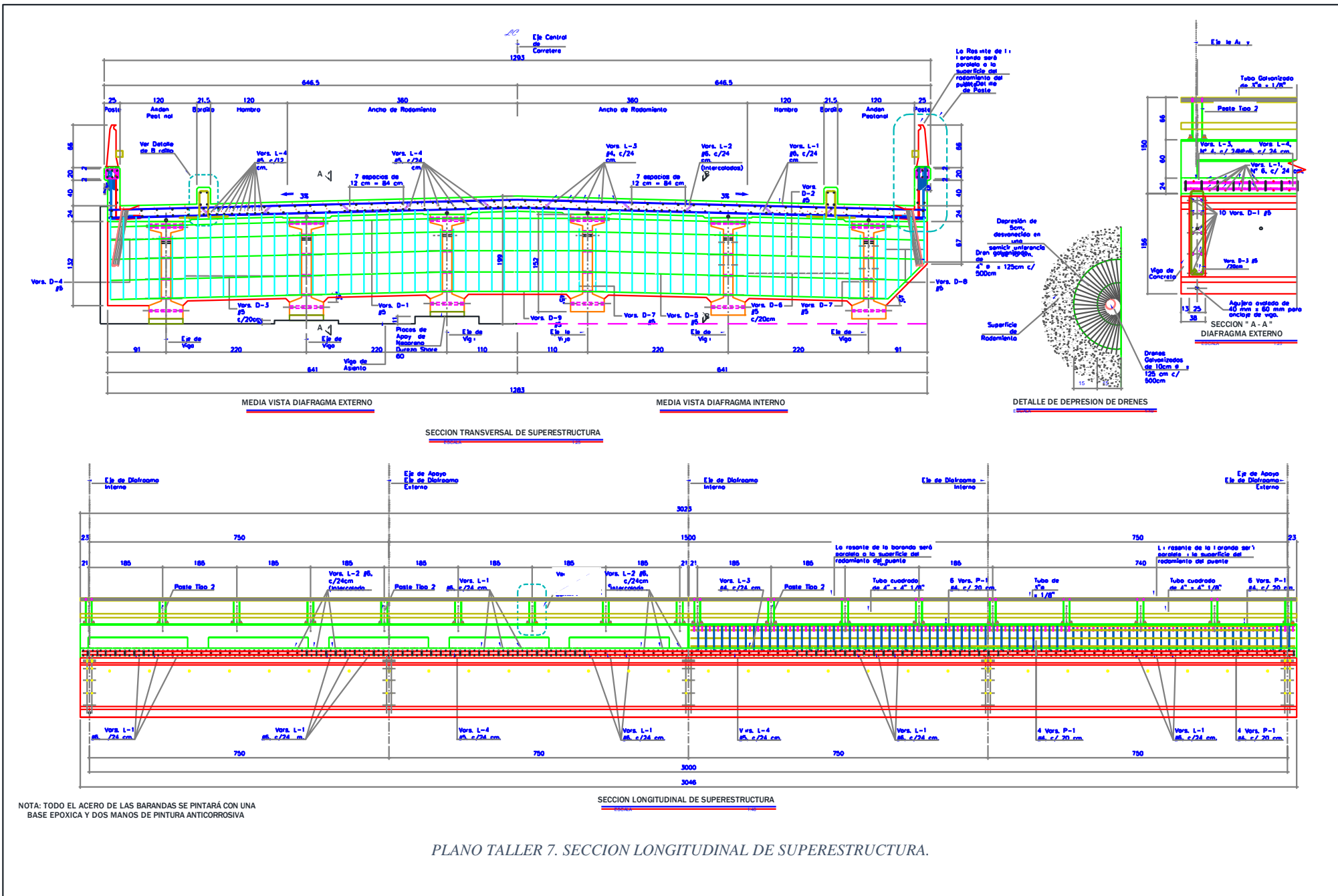
PLANO TALLER 4. DETALLE DE TORONES VIGA SECCION "I" (30.46M)

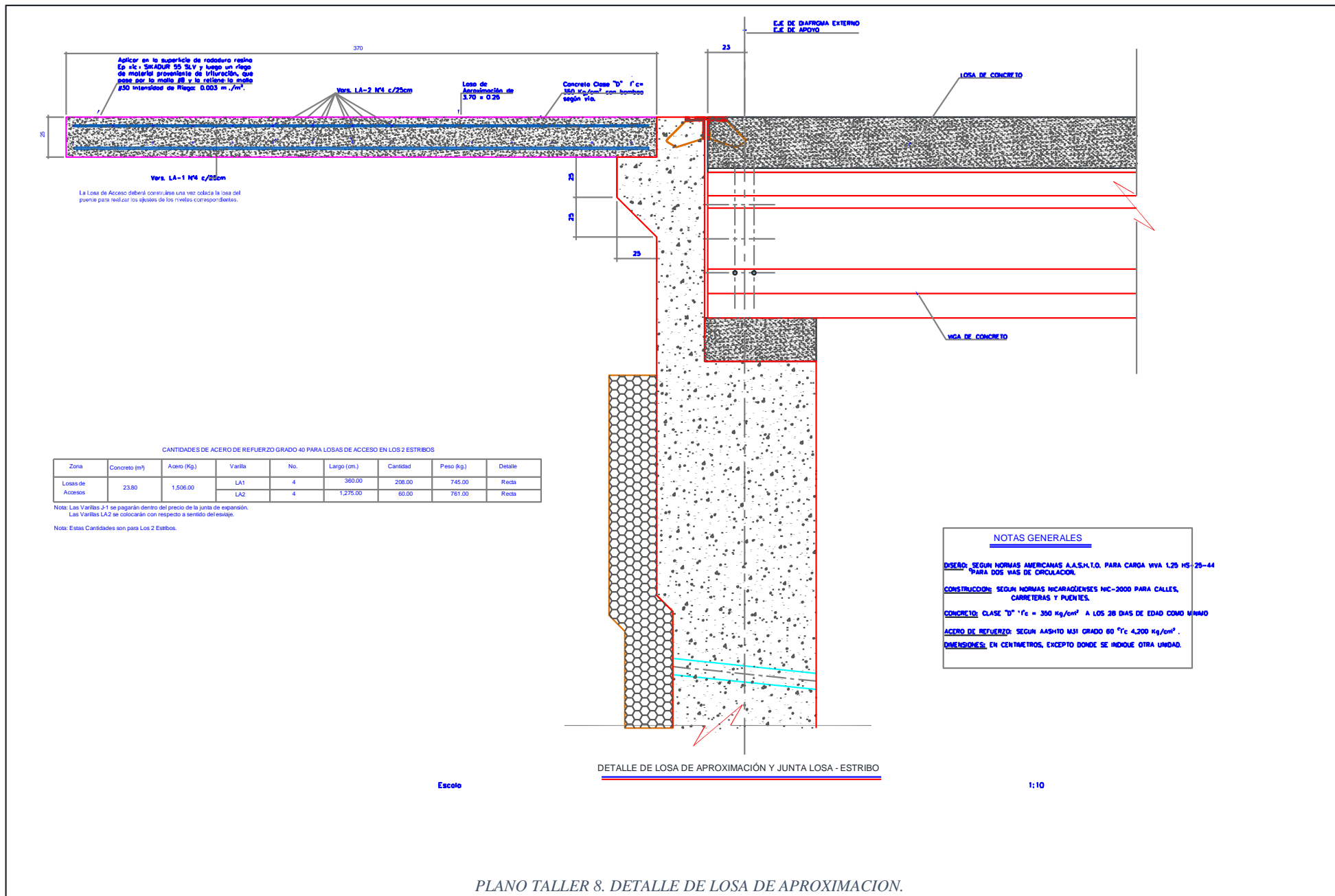


PLANO TALLER 5. DETALLE PILA N° 1 Y N° 2



PLANO TALLER 6. DETALLE DE ARMADO DE PILA N° 1 Y N° 2





PLANO TALLER 8. DETALLE DE LOSA DE APROXIMACION.